

エチオピア連邦民主共和国  
エチオピア道路公社（ERA）  
アジスアベバ市道路公社（AACRA）

エチオピア国  
道路アセットマネジメント技術アドバイザー業務

専門家業務報告書

2023年9月

独立行政法人国際協力機構（JICA）

株式会社エイト日本技術開発  
株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル  
阪神高速道路株式会社

社基
JR
23-109



エチオピア国  
道路アセットマネジメント技術アドバイザー業務  
専門家業務報告書

目次

第1章 プロジェクトの概要.....	1-1
1.1 プロジェクトの背景.....	1-1
1.2 プロジェクトの概要.....	1-2
第2章 活動内容.....	2-1
2.1 成果1.....	2-1
2.1.1 活動1-1：AACRAの人員体制、予算、業務内容を確認する.....	2-1
2.1.2 活動1-2：ERAの人員体制、予算、業務内容を確認する.....	2-21
2.1.3 活動1-3：過去に実施した道路維持管理プロジェクトを受けてAACRAが進めている橋梁維持管理ガイドラインの準備・活用などの取り組みについて助言を行う.....	2-47
2.1.4 活動1-4：世界銀行が整備中の橋梁維持管理システムの活用についてAACRAに対して技術的な助言を行う.....	2-73
2.1.5 活動1-5：過去の無償資金協力にて建設された新アバイ橋（エクストラードズド橋）の維持管理についてERAに対して技術的助言を行う.....	2-76
2.2 成果2.....	2-83
2.2.1 活動2-1：国道1号線及び国道3号線の整備方針、交通量、維持管理上の課題についてERAから情報を収集する.....	2-83
2.2.2 活動2-2：国道3号線においてJICAが過去に無償資金協力でリハビリ工事を行った区間の現状を確認した上で、維持管理上の課題についてERAから情報を収集する.....	2-97
2.2.3 活動2-3：国道1号線ミレガラフィ区間、及び国道3号線アバイ溪谷区間での補修工事にかかる課題を整理・分析の上でERAに対して技術的助言を行う.....	2-101
2.3 成果3.....	2-125
2.3.1 活動3-1：EU主導の東部アフリカ地域経済共同体における軸重計運用ルールについて、エチオピアにおける対応状況を確認する。また、JICAが過去に無償資金協力により整備した14か所の軸重計に関する指摘事項については、可能な対応策について提案する.....	2-125
2.3.2 活動3-2：JICAが過去に無償資金協力により供与した14か所の軸重計の稼働状況を確認し、整備機材の稼働に問題があった場合には、機材が非稼働である原因を特定し、再稼働に必要な対策を提案する。また、軸重計測所における体制上、運営上の課題を確認する.....	2-128
2.3.3 活動3-3：エチオピアでの軸重計測の運用にかかる法律・制度上の課題を確認する.....	2-151
2.3.4 活動3-4：今後の軸重計測所の運営・維持管理についてERAの対応策を検討・提案する.....	2-152

2.4 成果4.....	2 - 170
2.4.1 活動4-1：道路アセットマネジメント推進に関してERA、AACRAが今後取り組むべき活動を整理・助言する.....	2 - 170
2.4.2 活動4-2：AACRA及びERAに対する協力案を検討、整理する.....	2 - 181
第3章 実施運営上の工夫や課題・教訓.....	3 - 1
3.1 実施運営上の工夫.....	3 - 1
3.2 課題と教訓.....	3 - 5
巻末資料.....	A - 1
資料1 要員計画と実績.....	A - 1
資料2 C/Pリスト.....	A - 2
資料3 技術協力作成資料.....	A - 3
資料4 北部復興関連資料（運輸・交通分野）.....	A - 102
資料5 Bailey橋要請資料（AACRA作成）.....	A - 105
資料6-1 収集した見積（Bailey橋）.....	A - 149
資料6-2 収集した見積（ボーリングマシンスペアパーツ）.....	A - 151

---

## 図 表 リ ス ト

### <図リスト>

図 2.1 1 AACRA Department of Road Asset Management 組織図.....	2-2
図 2.1 2 入口看板.....	2-4
図 2.1 3 中国製 AP (60t/h) .....	2-4
図 2.1 4 日本製 AP (田中鉄工) 30t/h.....	2-4
図 2.1 5 不具合箇所.....	2-4
図 2.1 6 スtockヤードの骨材 (扁平・細長) .....	2-5
図 2.1 7 アスファルトのStock状況.....	2-5
図 2.1 8 IRI 測定結果 (AACRA) .....	2-6
図 2.1 9 点検が実施できていない市内橋梁 1 (AACRA) .....	2-12
図 2.1 10 点検が実施できていない市内橋梁 2 (AACRA) .....	2-12
図 2.1 11 2022 年 8 月 20 日に被災した橋梁.....	2-13
図 2.1 12 ERA Road Asset Management Directorate 組織図.....	2-22
図 2.1 13 訪問したプラント .....	2-26
図 2.1 14 PMS フロー図 (ERA) .....	2-29
図 2.1 15 ERA 組織図.....	2-34
図 2.1 16 JICA が橋梁維持管理技プロで供与した橋梁点検車.....	2-36
図 2.1 17 エチオピア国におけるエクストラロード橋.....	2-40
図 2.1 18 BMS ユーザーマニュアル.....	2-41
図 2.1 19 2021 年度 (左) と 2018 年度 (右) の IRI 測定結果.....	2-48
図 2.1 20 PCSS 稼働状況.....	2-52
図 2.1 21 VISS 稼働状況確認.....	2-53
図 2.1 22 研修状況.....	2-54
図 2.1 23 PCSS 研修状況.....	2-55
図 2.1 24 VISS 研修状況.....	2-56
図 2.1 25 維持管理計画 (RMMS) 研修状況.....	2-56
図 2.1 26 PCSV の不具合状況.....	2-57
図 2.1 27 PC (システム) の動作確認.....	2-57
図 2.1 28 橋梁点検研修の点検橋梁 1 .....	2-59
図 2.1 29 橋梁点検研修の点検橋梁 2 .....	2-61
図 2.1 30 橋梁点検研修の点検橋梁 3 .....	2-62
図 2.1 31 深刻な損傷の橋梁視察の視察橋梁 1.....	2-64
図 2.1 32 深刻な損傷の橋梁視察の視察橋梁 2.....	2-65
図 2.1 33 深刻な損傷の橋梁視察の視察橋梁 3.....	2-66
図 2.1 34 深刻な損傷の橋梁視察の視察橋梁 4.....	2-67

---

図 2.1 35 深刻な損傷の橋梁視察の視察橋梁 5.....	2 - 69
図 2.1 36 深刻な損傷の橋梁視察の視察橋梁 6.....	2 - 72
図 2.1 37 申請した新アバイ橋への移動ルート .....	2 - 76
図 2.1 38 納入されたドローン本体やバッテリー等のアクセサリ .....	2 - 77
図 2.1 39 ケーブル張力測定システム .....	2 - 78
図 2.1 40 「引張材を有する道路橋の損傷例と定期点検に関する参考資料」の表紙.....	2 - 79
図 2.1 41 目視による橋梁点検が可能な範囲（橋梁点検講習資料より） .....	2 - 80
図 2.1 42 橋梁点検講習資料の表紙.....	2 - 81
図 2.1 43 トレーニングの様子.....	2 - 81
図 2.2 1 ローターパーカッションボーリングマシン.....	2 - 86
図 2.2 2 Jimma-Chida 道路沿いの地すべり.....	2 - 89
図 2.2 3 LSO01 の状況（2022 年 9 月踏査時） .....	2 - 90
図 2.2 4 LSO01 の想定範囲（視察結果と Google Earth（画像取得日 2020/12/12）より推定） .....	2 - 90
図 2.2 5 LSO03 の状況（2022 年 9 月踏査時） .....	2 - 91
図 2.2 6 LSO03 の想定範囲（視察結果と Google Earth（画像取得日 2020/12/12）より推定） .....	2 - 91
図 2.2 7 LS006 の状況.....	2 - 92
図 2.2 8 LSO06 の想定範囲（視察結果と Google Earth（画像取得日 2020/12/12）より推定） .....	2 - 92
図 2.2 9 LS007 の状況.....	2 - 93
図 2.2 10 LSO07 の想定範囲（視察結果と Google Earth（画像取得日 2020/12/12）より推定） .....	2 - 93
図 2.2 11 LS008 の状況.....	2 - 94
図 2.2 12 LSO08 の想定範囲（視察結果と Google Earth（画像取得日 2020/12/12）より推定） .....	2 - 94
図 2.2 13 航空測量用 LIDAR（左）と大型デジタルカメラ（右） .....	2 - 95
図 2.3 1 軸重計測所の位置と現状.....	2 - 129
図 2.3 2 保守状況.....	2 - 130
図 2.3 3 Scatter Diagram（最高・最低電圧分布図） .....	2 - 134
図 2.3 4 Trend Graph（電圧・電流トレンド図） .....	2 - 134
図 2.3 5 Awash 計測所及び Kombolcha 計測所の状況（2022 年 6 月） .....	2 - 137
図 2.3 6 建設中の Awash 計測所（2023 年 5 月撮影） .....	2 - 137
図 2.3 7 ハイブリッド発電システム系統図.....	2 - 140
図 2.3 8 建屋機器配置図.....	2 - 140
図 2.3 9 Hybrid Power System の契約書（承認済み） .....	2 - 141
図 2.3 10 DDCE の概念図.....	2 - 142
図 2.3 11 KeNHA 組織図.....	2 - 152
図 2.3 12 開会記念撮影.....	2 - 156
図 2.3 13 研修会場の講堂の様子.....	2 - 156
図 2.3 14 静的計測所の基本構成.....	2 - 157
図 2.3 15 静的計測所での計測の様子 .....	2 - 158

---

図 2.3 16 計測所 屋内での監視の様子 .....	2 - 158
図 2.3 17 WIN システムにおけるセンサー、カメラが設置されているガントリ .....	2 - 159
図 2.3 18 (左) 追跡車両 (右) 通行可能車両には WS に緑色矢印が点灯 .....	2 - 159
図 2.3 19 計測所内部の機器 .....	2 - 160
図 2.3 20 計測所で捕捉された車両情報はシステムで確認される .....	2 - 160
図 2.3 21 VWS のガントリとコンテナ .....	2 - 160
図 2.3 22 ディスプレイに表示されている映像 .....	2 - 161
図 2.3 23 コントロールセンターのスタッフ .....	2 - 161
図 2.3 24 移動式軸重測定器 .....	2 - 162
図 2.3 25 Kenload で確認できる静的計測所のデータ .....	2 - 163
図 2.3 26 違反した場合、自動的に金額が確定し Kenload に登録される .....	2 - 163
図 2.3 27 通行許可証の QR コードでポータルサイトの情報を確認できる .....	2 - 164
図 2.3 28 KeNHA 法務部門の担当者の説明 .....	2 - 165
図 2.3 29 ALEFU による説明 .....	2 - 165
図 2.3 30 計測所で取締を行う ALEFU .....	2 - 165
図 2.3 31 計測を委託されている民間事業者 .....	2 - 166
図 2.3 32 民間事業者によるスタッフへのトレーニング .....	2 - 166
図 2.3 33 トラック協会によるプレゼンテーション .....	2 - 167
図 2.3 34 質疑応答、意見交換会の様子 .....	2 - 167
図 2.3 35 道路維持管理に係る視察 .....	2 - 168
図 2.3 36 MTRD での Hawkeye 2000 の視察 .....	2 - 168
図 2.3 37 ケニア研修報告会 .....	2 - 168
図 2.4 1 第 1 回ワークショップ写真 .....	2 - 172
図 2.4 2 第 2 回ワークショップの発出レター .....	2 - 174
図 2.4 3 第 2 回ワークショップのポスター .....	2 - 174
図 2.4 4 第 2 回ワークショップのアジェンダ .....	2 - 175
図 2.4 5 第 2 回ワークショップ写真 .....	2 - 180
図 2.4 6 ケーブル張力測定システム .....	2 - 183
図 2.4 7 タブレットを使った橋梁点検例 .....	2 - 183
図 2.4 8 劣化曲線の算出例 .....	2 - 184
図 2.4 9 ERA の BMS 画面 .....	2 - 184
図 2.4 10 Step4 の成果イメージ (等高線地形図の判読による、地すべりハザードの抽出) .....	2 - 188
図 2.4 11 ERA に対する地すべり対策調査設計能力向上プロジェクトのイメージ .....	2 - 189
図 2.4 12 AACRA が選定した緊急性が高い 15 か所の状況写真 .....	2 - 199

---

<表リスト>

表 2.1 1 Addis Abab City Administration Capital Budget .....	2 - 1
表 2.1 2 Rings Road 視察結果 (1/3) .....	2 - 6
表 2.1 3 Rings Road 視察結果 (2/3) .....	2 - 7
表 2.1 4 Rings Road 視察結果 (3/3) .....	2 - 8
表 2.1 5 AACRA の基準/マニュアル類 (2023 年 4 月現在) .....	2 - 10
表 2.1 6 AACRA 橋梁維持管理の現状、要望、対応策.....	2 - 15
表 2.1 7 Oromia 州の保有する道路維持管理機材 (2023 年 4 月現在) .....	2 - 20
表 2.1 8 Mille - Galafi Project Annual Accomplishment .....	2 - 21
表 2.1 9 Gohatsion - Dejen Landslide Project Annual Accomplishment.....	2 - 21
表 2.1 10 RRC 保有主要試験設備.....	2 - 25
表 2.1 11 TC 保有主要試験設備.....	2 - 25
表 2.1 12 ERA の基準/マニュアル類 (2023 年 4 月現在) .....	2 - 29
表 2.1 13 ERA から受領した機材リスト.....	2 - 37
表 2.1 14 ERA 橋梁維持管理の現状、要望、対応策.....	2 - 42
表 2.1 15 アンケート内容.....	2 - 49
表 2.1 16 PCSS チェック項目一覧.....	2 - 51
表 2.1 17 稼働状況確認実施内容.....	2 - 52
表 2.1 18 研修実施内容.....	2 - 54
表 2.1 19 PCSS データ処理研修 (実施内容) .....	2 - 54
表 2.1 20 VISS データ処理研修 (実施内容) .....	2 - 55
表 2.1 21 RMMS データ処理研修 (実施内容) .....	2 - 56
表 2.1 22 AACRA に供与した調達機材一覧表.....	2 - 62
表 2.1 23 TRANSIP の下で改訂されるマニュアル .....	2 - 75
表 2.2 1 路面状況調査 国道 3 号線.....	2 - 97
表 2.2 2 路面状況調査 国道 1 号線.....	2 - 102
表 2.2 3 AA 大学に委託したコンサルタント業務の成果物・訓練の一覧.....	2 - 115
表 2.2 4 業務従事者リストと資格要求.....	2 - 116
表 2.2 5 Necessary Spare Parts for Rotary Percussion Boring Machine.....	2 - 120
表 2.3 1 軸重計測所の現状.....	2 - 128
表 2.3 2 軸重計測所の稼働状況一覧.....	2 - 131
表 2.3 3 電力モニタ結果.....	2 - 134
表 2.3 4 2023 年度 (西暦) の軸重計に関する予算.....	2 - 136
表 2.3 5 未完成箇所の SOW .....	2 - 138
表 2.3 6 エリア毎の落雷頻度(Events/km2/year).....	2 - 141
表 2.3 7 現状報告様式サンプル.....	2 - 143
表 2.3 8 スペアパーツリスト .....	2 - 144

---

表 2.3 9 各スキームでの対応事項.....	2 - 145
表 2.3 10 概算予算の計算.....	2 - 145
表 2.3 11 箇所別スペアパーツ一覧及び費用（一括調達） .....	2 - 146
表 2.3 12 TTTFP 指摘事項（機材に対して） .....	2 - 147
表 2.3 13 TTTFP 指摘事項に対する対応（機材） .....	2 - 148
表 2.3 14 車両制限値の新基準ともなう納入システムの変更.....	2 - 149
表 2.3 15 FU 調達予定機材の納品期間.....	2 - 149
表 2.3 16 研修参加者一覧.....	2 - 153
表 2.3 17 行程表.....	2 - 155
表 2.4 1 日本の橋梁の長寿命化への取り組み等 .....	2 - 182
表 2.4 2 ERA 保有機材リスト（主要舗装用作業機械） .....	2 - 196
表 2.4 3 機材供与案件の例（主要道路維持工事用機械） .....	2 - 197

---

## 略語表

略語	英文	和文
AACRA	Addis Ababa City Roads Authority	アジスアベバ市道路公社
AASTU	Addis Ababa Science Technology University	アジスアベバ科学技術大学
AFD	Agence Française de Développement	フランス開発局
AfDB	African Development Bank	アフリカ開発銀行
ALEHU	Axle Load Enforcement and Highway Unit	軸重取締り及び高速道路ユニット
AVR	Automatic Voltage Regulator	自動電圧調整器
BMS	Bridge Management System	橋梁管理システム
BOQ	Bill of Quantity	数量明細書
BP	Bypass	迂回路
BRT	Bus Rapid Transit	バス高速輸送システム
CMI	Construction Management Institute	建設マネジメント協会
C/P	Counterpart	カウンターパート
DEM	Digital Elevation Model	デジタル標高モデル
dTIMS	Deighton Total Infrastructure Management System	デイトン総合インフラ管理システム
ECWC	Ethiopian Construction Works Corporation	エチオピア建設業務会社
EDP	Electric Data Processing	電子データ処理システム
ERA	Ethiopian Roads Authority	エチオピア道路公社
ETB	Ethiopia Birr	エチオピアブル（通貨）
EU	European Union	ヨーロッパ連合
GII	Geospatial Information Institute	エチオピア地理空間情報研究所
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GNSS	Global Navigation Satellite System	全地球測位システム
GSE	Geological Survey of Ethiopia	エチオピア地質調査所
HDM-4	The Highway Development and Management System-4	道路開発・管理システム4
HSWIM	High Speed Weigh in Motion	高速自動重量計測装置
IES	Institute of Ethiopian Standard	エチオピア規格協会
IMS	Incident Management System	事故マネジメントシステム
iRAP	International Road Assessment Programme	国際道路アセスメントプログラム
IRI	International Roughness Index	国際ラフネス指数
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
KeNHA	Kenya National Highway Authority	ケニア高速道路公社
LAN	Local Area Network	ローカルエリアネットワーク
LGRT	Landslide & Geotechnical Research Team	地すべり・地質調査チーム
LiDAR	Laser Imaging Detection and Ranging	レーザー画像検出と測距
LSST	Landslide & Slope Stability Team	地すべり・斜面安定化チーム
MMS	Maintenance Management System	メンテナンスマネジメントシステム
MoT	Ministry of Transport	運輸省
MoUI	Ministry of Urban and Infrastructure	都市開発・建設省

略語	英文	和文
MP	Master Plan	マスタープラン
NR	National Road	国道
ORLB	Oromia Road & Logistics Bureau	オロミア道路運輸局
PBC	Performance Based Contract	性能規定型契約
PCSS	Pavement Condition Surveying System	路面性状調査システム
PCSV	Pavement Condition Surveying Vehicle	路面状態計測車
PMB	Polymer Modified Asphalt	ポリマー改質アスファルト
PMS	Pavement Management System	舗装マネジメントシステム
RAMP	Road Asset Management Platform	道路アセットマネジメントプラットフォーム (JICA)
RAMS	Road Asset Management System	道路アセットマネジメントシステム
RMS	Road Management System	道路維持管理システム
RRC	ERA Road Research Center	ERA 道路研究所
TB	Addis Ababa City Transport Bureau	アジスアベバ市運輸局
TC	ERA Training Center	ERA トレーニングセンター
TIAMS	Transport Infrastructure Asset Management System	交通インフラアセットマネジメントシステム
TICMMS	Transport Infrastructure Construction and Maintenance Management System	交通施設建設・維持管理マネジメントシステム
TRANSIP	Transport Systems Improvement Project	交通システム改善プロジェクト
TTTTFP	Tripartite Transport & Transit Facilitation Programme	三国間輸送交通円滑化プログラム
UPS	Uninterruptable Power Supply	無停電電源装置
VISS	Visual Inspection Support System	目視点検サポートシステム
VWS	Virtual Weighbridge Station	無人計測所
WB	World Bank	世界銀行
WIM	Weigh in Motion	自動重量計測装置



## 第1章 プロジェクトの概要

### 1.1. プロジェクトの背景

内陸国であるエチオピアでは運輸交通の95%を道路が担っているが、国内の幹線道路は首都アジスアベバを中心に放射線状に整備されていることから、物流や生産のアジスアベバにおける一極集中に繋がり、国内交易の制限要因となっている。エチオピアの舗装率は僅か14%（エチオピア道路公社、2015年）と低く、道路総延長の30%は不良な状態となっており、効率的な輸送に支障をきたしている。エチオピアでは、近年の経済成長に伴う重量貨物車両の交通量の増加による幹線道路の損傷が深刻な問題となっており、JICAは無償資金協力「幹線道路軸重計整備計画」にて14か所のサイトに軸重計を供与したが、過積載車両の取り締まりが不十分であり、また電力未接続や機材の故障で一部が稼働できないなど軸重計測所の運営・維持管理が課題となっている。

また、主要幹線道路の一つである国道3号線は、首都アジスアベバとスーダン国を結ぶアフリカ縦断回廊の一部であり、かつエチオピア国の約40%の穀物を生産する穀倉地であるアムハラ州を縦断する重要な路線である。加えて、産油国スーダン国からエチオピアへ輸入される原油の約8割は、同路線を通じて重量車両により首都アジスアベバへ陸送されていることから、同路線はエチオピアの最重要路線である。我が国は、国道3号線に対し4次に亘り無償資金協力による整備を実施してきているが、大型車両の通行による道路舗装の損傷やアバイ渓谷における地すべりなどが課題になっている。

アジスアベバ市はエチオピアの首都で年間人口増加率は3.8%であり、人口増加に伴い渋滞と交通事故死者の増加が課題となっている。また、2015年からJICAが実施した「アジスアベバ市道路維持管理能力強化プロジェクト」を契機にアジスアベバ市道路公社（AACRA）では道路アセットマネジメントにかかる取り組みが進められている。近年AACRAは2017年から組織改革を行い、5つの地域道路アセットマネジメント事務所と道路アセットマネジメントおよびデータベース局が設立されたが、組織体制はまだ脆弱であり更なる能力強化が求められている。

このような背景の下、過去に実施された無償資金協力、技術協力の成果発現を後押しするとともに、先方関係機関における道路維持管理にかかる課題を明らかにした上で、エチオピア国の道路アセットマネジメント推進にかかる一層の技術移転が求められている。

## 1.2. プロジェクトの概要

### (1) 上位目標

エチオピア国において道路アセットマネジメントを推進するための協力枠組みが整理される。

### (2) プロジェクト目標

エチオピアでの道路アセットマネジメント推進に向けた ERA、AACRA の方針が整備される。

### (3) 期待される成果

成果 1 : ERA、AACRA の現状をレビューして、道路アセットマネジメント推進に関する課題が整理される。

成果 2 : ERA において国道 3 号線の舗装・維持管理にかかる能力が強化される。

成果 3 : ERA において軸重計の運用・維持管理に関する課題が整理される。

成果 4 : AACRA 及び ERA に対する協力案が整理される。

### (4) 活動の概要

活動 1-1 : AACRA の人員体制、予算、業務内容を確認する。

活動 1-2 : ERA の人員体制、予算、業務内容を確認する。

活動 1-3 : 過去に実施した道路維持管理プロジェクトを受けて AACRA が進めている橋梁維持管理ガイドラインの準備・活用などの取り組みについて助言を行う

活動 1-4 : 世界銀行が整備中の橋梁維持管理システムの活用について AACRA に対して技術的な助言を行う。

活動 1-5 : 過去の無償資金協力にて建設された新アバイ橋（エクストラロード橋）の維持管理について ERA に対して技術的助言を行う。

活動 2-1 : 国道 1 号線及び国道 3 号線の整備方針、交通量、維持管理上の課題について ERA から情報を収集する。

活動 2-2 : 国道 3 号線において JICA が過去に無償資金協力でリハビリ工事を行った区間の現状を確認した上で、維持管理上の課題について ERA から情報を収集する。

活動 2-3 : 国道 1 号線ミレ-ガラフィ区間、及び国道 3 号線アバイ渓谷区間での補修工事にかかる課題を整理・分析の上で ERA に対して技術的助言を行う。

活動 3-1 : EU 主導の東部アフリカ地域経済共同体における軸重計運用ルールについて、エチオピアにおける対応状況を確認する。また、JICA が過去に無償資金協力により整備した 14 か所の軸重計に関する指摘事項については、可能な対応策について提案する。

活動 3-2 : JICA が過去に無償資金協力により供与した 14 か所の軸重計の稼働状況を確認し、整備機材の稼働に問題があった場合には、機材が非稼働である原因を特定し、再稼働に必要な対策を提案する。また、軸重計測所における体制上、運営上の課題を確認する。

活動 3-3 : エチオピアでの軸重計測の運用にかかる法律・制度上の課題を確認する。

活動 3-4 : 今後の軸重計測所の運営・維持管理について ERA の対応策を検討・提案する。

活動 4-1 : 道路アセットマネジメント推進に関して ERA、AACRA が今後取り組むべき活動を整理・

助言する。

活動4-2 : AACRA 及びERA に対する協力案を検討、整理する。

(5) 対象地域

エチオピア全土

(6) 関係官庁・機関

エチオピア道路公社 (Ethiopian Road Authority : ERA)

アジスアベバ市道路公社 (Addis Ababa City Road Authority : AACRA)



## 第2章 活動内容

### 2.1. 成果 1

#### 2.1.1. 活動 1-1 : AACRA の人員体制、予算、業務内容を確認する

##### 道路維持管理

##### (1) 予算・財源

予算は、道路基金と市の独自の予算の2つから構成されている。新年度の開始は7月8日であり、その前に必要な予算を算出し要求を上げる。しかし、十分な予算配分はされていない。そのため、道路維持管理の一部(25%以下の範囲で)を外注委託する計画があるが、予算不足から実現は難しい状況である。ERAは、最も大きな課題として予算不足、次に Operation Department の技術力と資機材の不足と全体の維持管理事業を Management する能力の不足を課題として認識している。

道路維持管理に関する予算を次表に示す。

表 2.1-1 Addis Abab City Administration Capital Budget

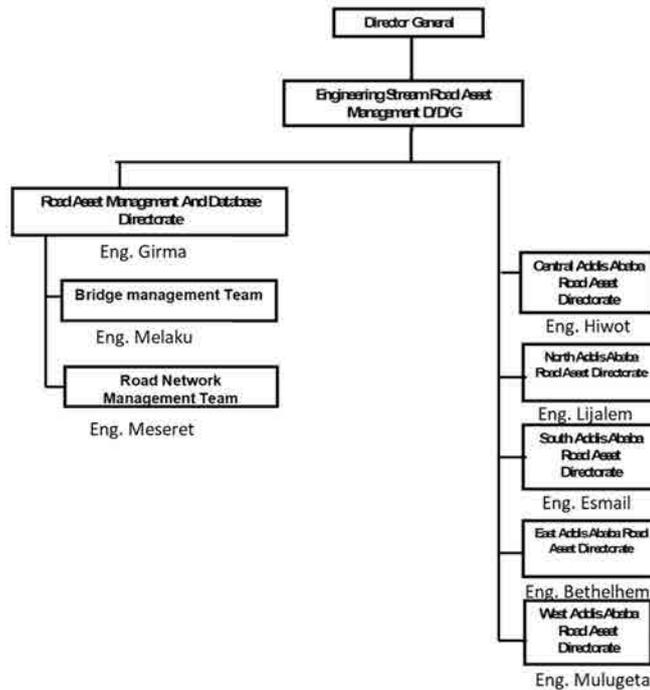
Budget year	Financer	allowed birr in millions	utilized
2009 eth.cal	City Administration	4369.2	4276.1
	Loan	30.3	11.3
	Road fund	67.4	66.9
2010 eth.cal	City Administration	5,054.20	4,705.46
	Loan		
	Road fund	67.4	10.5144
	recurrent budget		
2011 eth.cal	City Administration	4,500.12	3,250.80
	Loan	1,349	294.98
	Road fund	100	77.2932405
2012 eth.cal	City Administration	no data	no data
	Loan		
	Road fund		
2013 eth.cal	City Administration	4,598.03	4,101.25
	Loan	957.31	10.13
	Road fund	150	120.37

出典：AACRA より資料提供

##### (2) 組織

現在、AACRA の職員数は200名程度であり、そのうち Department of Road Asset Management (以降 DRAM と略す) の部署は8名構成である (Director1名、Road Maintenance 6名、Bridge Maintenance 1名)。

また、AACRA では市を5分割して道路維持管理を実施している。組織図を次ページに示す。なお、図中の Road Network Management Team の Eng. Meseret は、2022年より Eng. Hirut に変更となった。



出典：AACRA より資料提供

図 2.1-1 AACRA Department of Road Asset Management 組織図

### 工事实施機関

道路維持管理のための工事は、原則 AACRA の直営部隊（Own Force Road Maintenance Directorate）で実施される。同部署は、2つのプロジェクトオフィス（Lot1、Lot2）と1つの緊急班の合計3つの作業部隊で編成されている。総勢で1367名である。アジスアベバ市内を10の地域に区分し、Lot1が8地域、Lot2が2地域を受け持っている。Lot2の管轄する2地域は広範囲であるため、総面積としてはLot1もLot2もほぼ同程度である。

まれに民間企業に外注委託することもあるが、外注企業は独自で大きな仕事をたくさん持っているため、AACRAのための規模の小さな補修工事に回せるほどのキャパシティがない。よって、ほとんどを直営で行っている。その際、「Implementation Manual（JICA2019年6月）は参考にしている。

### 試験室

AACRAの試験所（AACRAにおいて試験所は「Engineering Stream Regulatory D/D/G」の下部組織であり、Road Assetとは別の部署である。）を視察した。

試験所は、ERAのRRCと同様に舗装工事に必要な一般的な骨材試験、マーシャル安定度試験による配合試験、および現場試験ができる設備が整っている。ただし、ERAの試験機器より型式の新しいものが多い。また、アスファルト性状試験関連については針入度試験器のほか伸度試験機があり、軟化点試験機およびホイトラッキング試験機（ミキサ、コンパクト共）があれば、改質アスファルトおよび混合物の物性確認が実施できる期待が持てる。

### 人材確保の問題について

ERA、AACRA とも、ある程度経験を積んだシニア技術者の民間への流出が課題である。民間企業では若年技術者の受け入れ枠は少なく、経験のあるシニア技術者を多く採用して入り、賃金ベースは 2~3 倍程度の差がある。流出する人材が多い一方で、官庁であれば設計、調達、施工、維持管理など幅広い知識と経験を得ることができることを魅力と感じて残る技術者もいる。

AACRA では海外留学は要請（JICA 等）があった場合に対応しており、特にルールは定めていない。要請を受けた後 AACRA 内部で候補者を選定し、試験等を含む評価を実施して決定する。現在、中国の大学（修士課程）に 5 名、日本の大学に 1 名を派遣しており、さらに JICA と 2 名（修士課程と博士課程）について調整している。

### (3) 道路維持管理状況

#### 保有機械

道路維持補修工事の実働部隊である「Own Force Road Maintenance Directorate」が建設機材を管理している。ERA と同様に、全般的に大型の重機が多く、道路維持のための軽微な作業用機械（バケット容量 0.25 m<sup>3</sup>以下のエクスカベータや小型転圧機械など）が配備されていない。予防保全型維持管理のためにはこれらの機材の配備が必要である。

AACRA はアジス市内に 2 拠点に計 3 基のバッチ式 AP がある。Fanuel に 1 基、Kaliti に 2 基である。そのうち、Kaliti の AP を視察した(図 2.1-2)。

- Fanuel の AP は稼働中であるが、Kaliti の方は 2 基とも修理中で稼働はしていない。
- 2 基のうち 1 基は中国製で、能力は 60t/h である(図 2.1-3)。型式は古い（正確な年式は不明だが、20 年以上経過しているとのこと）が、使用に際し何ら問題はないと思われる。
- 中国製は現在、加熱用オイルのボイラがメンテナンス中であり、部品が調達出来次第修理が可能である。しかし、部品調達には AACRA 内部での手続きが必要であり、手続き手順が複雑なためいつ調達できるかは見通しが立っていない。
- もう 1 基は日本製（田中鉄工社製）で、能力は 30t/h である。1996 年に無償協力によって供与されたものである(図 2.1-4)。Fanuel の AP は同型である。
- 日本製は、アスファルトケトルのポンプおよび配管の不具合があり、部材が国内で調達できないため修理できず、1 年以上稼働していない(図 2.1-5)。
- 両基とも、今後改質アスファルトを取り扱うことを想定すると、プレミックスであれば問題ないが、プラントミックスであった場合、ミキサへの改質材の投入口がないため、何らかの工夫・加工が必要であると思われる。フィルター用の計量ラインを利用できる可能性はある。
- スtockヤードの骨材は、扁平・細長の多いフレーキーな形状の骨材が多く、品質は良くない(図 2.1-6)。おそらく二次破碎が行われていないことが疑われる。現地のテクニシャンに、碎石プラントの製造ラインを確認するように助言した。

- ・アスファルトのストックは、もともと7,000tonであったが、現在は800tonである(図 2.1-7)。すべてが、Kaliti-AP に保管されており、必要な分量を Fanuel-AP を搬入している。近い将来に不足することが懸念されている。



図 2.1-2 入口看板



図 2.1-3 中国製AP (60t/h)



図 2.1-4 日本製AP (田中鉄工) 30t/h



図 2.1-5 不具合箇所



図 2.1-6 ストックヤードの骨材（扁平・細長）



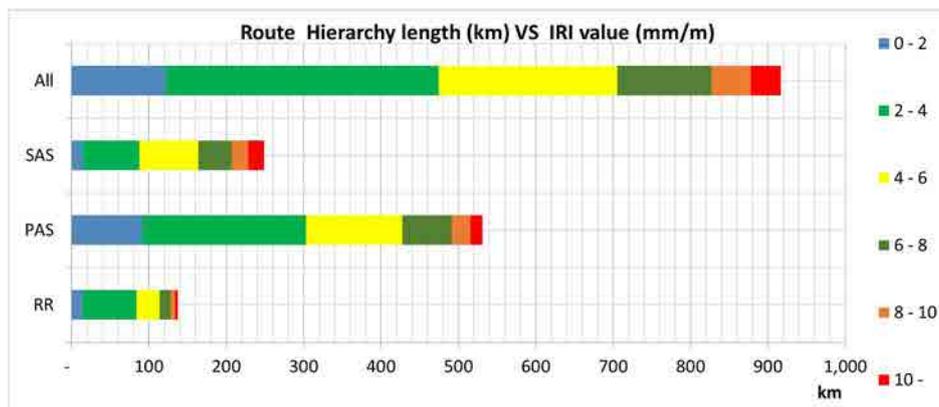
図 2.1-7 アスファルトのストック状況

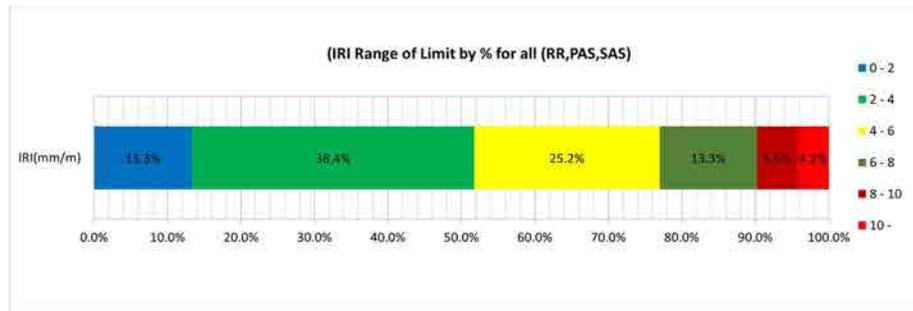
出典：JICA 調査団

### 道路点検

IRI やひび割れなど道路の状態を計測する JICA 供与の計測車両は、AACRA 本部で保管している。本部は運転手を派遣するのみで、計測作業は地方事務所の職員が行っている。計測作業は容易であり、誰でも操作可能である。

IRI について、環状道路、一次幹線道路、二次幹線道路、接続道路について計測している。未舗装道路は計測していない。2018 年のデータを見る限り、50%以上が問題なく（IRI4 未満）、補修が必要な範囲は 10%程度（IRI8 以上）であることから、アジスアベバ市内の舗装道路については比較的良好な状態が保たれているように見える。現状では補修範囲を判断する明確な IRI 値の基準は設けられていない。IRI の値よりも、予算額や路線の重要度によって補修範囲は決定されるとの事である。





提供：AACRA より資料提供

図 2.1-8 IRI 測定結果 (AACRA)

スマートフォンを利用した Mobile Inspection System について、現在5つある地方事務所で利用しており、評判は良いとの事である。

水路清掃は直営班（一部は外注委託）の作業に含まれているが、間に合っていない。Meseret 氏は、坂路の下流側など水が集中する構造の箇所が問題である。雨季のみならず、構造的に水が集中する箇所はともに流れてくる塵芥やゴミが問題となっていると考えている。

AACRA 管轄内（アジス市内）の特に深刻な損傷のある路面状況を視察し技術的なアドバイスを実施した。対象路線は重要幹線道路であり、比較的早期損傷が頻発している Rings Road を選定した。視察結果を表 2.1-2~表 2.1-4 にまとめる。

表 2.1-2 Rings Road 視察結果 (1/3)

			
破損形態	ポットホール	破損形態	・亀甲クラック
位置	ガブリエル橋アプローチ上流部	位置	ガブリエル橋アプローチ下流部
考えられる要因	・部分的な施工不良（舗装厚さ不足）が考えられる。 ・交通荷重	考えられる要因	・路面排水不良 ・交通荷重
状況	単独であり、かつ荷重がかかる車輪軌道上のみの破損であることから部分的な出来形（舗装厚さ）不	状況	滞水によって舗装がぜい弱化し、繰り返し荷重によって亀甲クラックが発生したものと考えられ

	足が考えられる。ただし、走行車両がポットホールをよけるように蛇行しているため、交通安全上早めの処置が望まれる。		る。地形的にサグ点でもあることから、雨季には常時滞水する位置である。写真手前に土砂で埋まった排水ますが確認できる。
推奨される対策	・応急的な穴埋め	推奨される対策	・日常管理による排水ますの清掃

出典：JICA 調査団

表 2.1-3 Rings Road 視察結果 (2/3)

			
破損形態	排水ます内に異物	破損形態	土砂堆積
位置	ガブリエル橋アプローチ下流部	位置	同左の最下流の呑み口
考えられる要因	・雨水による異物流入	考えられる要因	・出来形不良（仕上がり高さ）
状況	前頁右の位置の近傍である。放置すれば、同じように土砂で埋まると予想される。	状況	写真中央に流末への呑み口が確認できるが、路面の方が低いため土砂が堆積している。常態的に滞水していることが推察できる。
推奨される対策	・日常管理による排水ますの清掃	推奨される対策	・オーバーレイなどによる路面高さの嵩上げ

出典：JICA 調査団

表 2.1-4 Rings Road 視察結果 (3/3)

			
破損形態	ブリージング	破損形態	軽度な側方流動（こぶ）
位置	Lebu 交差点付近	位置	同左
考えられる要因	・プラントの品質管理	考えられる要因	・表層材料の不適合
状況	当該箇所はおそらく施工ジョイントである。プラントにおける当日の混合物製造開始直後のバッチが配合不良（アスファルト量過多）であったと考えられる。軽度なわだち掘れを伴っており、経過観察が必要である。	状況	アスファルト量過多または細骨材量過多（配合の不適合）が考えられる。左記の例と合わせて考察すると、施工当日の混合物製造工程に何らかのミス（アスファルトの計量ミスなど）が疑われる。
推奨される対策	・表層部分打ち換え	推奨される対策	・経過観察（軽度であるため応急処置などは不要）

出典：JICA 調査団

- ERA が管轄する NR3、NR1 と同様に舗装破損の主要な要因は、路面の排水不良にあると思われる。Eng. S.Kibru 氏によると、暗渠排水溝は設置されているが、雨季の降水量に対しそもそも排水能力が不足しているとのことであり、この問題は、アジス市全体に言えるとのことであった。サグ部では雨季に常時滞水している状態であり、舗装破損を助長していると考えられる。
- 当該路線では、部分的なポットホールや亀甲クラックが散見される。常態的に滞水が発生しやすい状況であるならば、路盤への雨水の浸入による舗装体の脆弱化が促進され、損傷箇所が増長することが懸念される。予防保全型維持管理の観点から、日常点検業務と同時に応急的な補修作業や排水設備の清掃などが並行して行われることが望まれる。

#### 点検・補修に関するマニュアル等

マニュアルの類について、点検、経理、設計など多岐にわたり多数存在するが、舗装破損の原因とそれ

に応じた補修方法に関するものはなかった。これまで、舗装破損に関する原因について検討されることはなく、スクラップ&ビルドを繰り返していると思われる。

#### (4) PMS について

AACRA では JICA のプロジェクトで供与された PMS については、問題なく稼働している。現時点ではシステムとして、機能の追加等カスタマイズの要望はないが、以下の理由により完全には活用されていない。

- JICA 供与の PMS の内、Road Condition に関する機能だけを使用している。
- その他の機能として、道路の補修履歴を入力する必要があるが、補修作業は、Maintenance Department の直営部隊によって、夜間作業で夜行われている。本来であれば、監督者であるアセットチームが記録し PMS に入力する必要があるが、アセットチームに夜間作業ができる余裕がなく、記録や写真などのデータが取れていない。また、メンテナンスチームは作業が忙しく、データを残す余裕はない。
- データ入力や分析等、PMS 全体トレーニングを受けた人員が離職している。(Meseret 氏もトレーニングの一部を受講したのみであり、全てを把握できていない。)

PMS は 2 基のパソコンに導入されている。現在、取り扱える職員は少ないが、比較的簡単なシステムなのでトレーニングしていきたいと考えているが、これには JICA の協力が必要である。

Meseret 氏は、PMS について、研修を受けた職員が全員離職しているため、現在在職している職員への再教育が望まれる。今後はシステムを習熟した職員が、別に職員に指導していくことで持続可能なものになりたいと述べている。

AACRA では、供与された PMS を使用して要求する予算の算出を実施し、維持管理の計画（優先度など）が策定されるが、それがそのまま採用されるわけではない。コストや政治的見解など様々な要素が加わって計画は変更される。このため、技術的な側面だけではなく、優先度を決めるために必要な他の要因も反映できるシステムへの改良が期待される。

#### TIAMS について

WB (インドのコンサルタント) から支援された TIAMS は、RMS (道路維持管理) 以外に、橋梁、付帯設備、水道など市全体のインフラ管理を目的としたものである。現在、デモ版の試用期間であるが、未だ使用したことは無い。また、JICA から供与された PMS の使い勝手が良いため、引き続き JICA の PMS を使用したいと考えている。WB のコンサルタントに、JICA の PMS との統合を依頼したが、それは難しいと却下された。JICA の支援によりシステムを統合することが期待される。なお、WB の PMS で要求される入力項目が JICA の PMS と同じかどうかは確認できていない。

#### (5) 基準／マニュアル類

AACRA の調査～設計～補修に関する基準、マニュアル類は、2004 年に一式作成された。舗装点検については JICA の技プロで作成されたマニュアル、橋梁点検については ERA のマニュアルを AACRA 版に改

定して使用している。維持／補修マニュアルについては、世銀プロジェクトの TIAMS で新たに作成された。

表 2.1-5 AACRA の基準／マニュアル類 (2023 年 4 月現在)

Survey/Design/Construction

分野	基準名 e
Design	1. Traffic and Axle Load Study Manual 2004
Design	2. Pavement Design and Rehabilitation Manual 2004
Design	3. Geometric Design Manual 2004
Design	4. Bridge Design Manual 2004
Design	5. Soil and Materials Manual 2004
Design	6. Drainage Design Manual 2004
Design	7. Street Lighting Manual 2004
Design	8. Standard Urban Infrastructure Drawings 2004
Design	9. Standard Detail Drawings 2004
Construction	10. Standard Construction Specifications – 2003

Inspection

分野	基準名 e
Pavement	Road Inspection Implementation Manual – 2019 (JICA)
Pavement	PCS Implementation Manual – 2019 (JICA)
Pavement	Guideline of road maintenance plan – 2019 (JICA)
Pavement	RMMS Implementation Manual – 2019 (JICA)
Pavement	Manual for pavement investigation Using dynamic cone penetrometer & Maintenance design – 2019 (JICA)
Bridge	Bridge Inspection Manual - 2010
Bridge	Bridges Inventory Format, Bridges Record Format
Bridge	Culvert Inventory, Culvert Inspection Format
Road/Bridge	TIAMS User Manual 2020

Maintenance & Repair

分野	基準名 e
Pavement	Road Maintenance Handbook – 2019 (JICA)
Roadworks	Maintenance and Rehabilitation Manual 2004
Road/Bridge	Road Maintenance, Bridge and Furniture Manual final 2022 (TIAMS)

出典：JICA 調査団

(6) 課題

- 1) 予算不足から、道路の排水構造物の改良工事ができない。
- 2) 離職率の高さによる人材不足（研修を受けシステムを熟知した人材が離職している）および権限の問題（システムの改良には高額な費用が発生する）から PMS が十分に活用されていない。
- 3) 道路維持管理の日常管理における軽微な補修作業を実施するための機材及び知見が十分でない。  
（予防保全型の維持管理に対する認識不足）
- 4) 舗装破損の原因及び原因に適応した補修方法に関する検討がなされていないため、維持管理作業が非効率である（外的要因・内的要因）。

## 橋梁維持管理

- 橋梁アセットチームは組織上1人（Mr. Melaku Tadesse, Main C/P）となっているが、チームリーダー1名（Mr. Melaku）、セクレタリー1名、サーバイヤー1名、データベース1名の計4名で活動している。
- 点検機材は供与された機材で十分だが、将来的には橋梁点検車を保有したい。点検に関する知識/技術は Team Leader が若手技術者を指導している。
- 損傷を見つけたとしても補修対策の手順がわからない技術者が多い。特に、ひび割れ等はその原因により対策手順が異なる。そうした補修対策の手順を記載したガイドライン（マニュアル）が必要と考えている。
- AACRA はアジスアベバ全域の橋梁、カルバート等の構造物を担当している。（ERA はアジスアベバの外側の連邦道路を管轄）
- マンパワー不足のため、点検の頻度は1か所当たり1回/年が限度である。点検記録は、JICA が ERA に支援した BMS の様式を AACRA 用に改変した Inventory Format を使用している。
- 定期点検を実施しており、437 橋について結果データを取りまとめている。点検結果は紙ベースと集計化結果としてエクセルに保存している。また、1,958 基のカルバートについても定期点検を実施し、橋梁と同様に結果データを取りまとめている。AACRA の行政区分である North、South、East、West、Central の5地区ごとに整理している。
- AACRA の Bridge Maintenance はパイプカルバートも擁壁も全ての構造物が管理対象である。
- 管理している橋梁は1橋が鋼橋（ベイリー橋）で残りは全てコンクリート橋である。ただし、災害復旧時にベイリー橋を架橋するので、今後、鋼橋の維持管理も必要となる。
- 人員不足により毎年の日常点検は実施できていないのが現状である。エチオピア国新年（2022年9月11日）から3年かけて全橋梁、カルバートの定期点検を実施する予定である。
- アジスアベバ市内の橋梁点検は、2023年6月時点で、第1フェーズ（2022年7月～12月）が終了し、第2フェーズ（2023年1月～6月）に入っている。
- 上記の点検結果をもとに、現在価値（Asset Value）を算出している。結果は中央政府に報告するが、どう活用されているかについては不明である。
- 橋梁/カルバートの状況により点検が実施できないものもある。点検が実施できていない橋梁/カルバート数は把握できていない。

### 点検が実施できていない市内橋梁の視察

#### ● Lideta 地区の橋梁

上流側：河川護岸端まで民間が土地を利用しており、上流側から河川にアクセスできないと AACRA は判断。河川の水流は少ないため、河床での点検作業は可能。

下流側：左岸側は護岸に未舗装道路があるが、トタン板が設置してある。右岸側はすぐ民地になる。橋梁と設置する部分にトタン板が設置してある。兩岸とも河川にアクセスできないと AACRA は判断。

結論：橋梁の高欄も低く、桁から河床までの高さも低いので、梯子などを用いれば河床に降りられ

る。河床からの点検を実施することが望ましい。



上流側左岸



下流側左岸フェンス

出典：JICA 調査団

図 2.1-9 点検が実施できていない市内橋梁 1 (AACRA)

● Lideta 地区の橋梁

上流側：上流側高欄部に煉瓦製の壁が構築されている。両岸ともに建物があり、河川へのアクセスは容易でない。右岸は公共トイレ・シャワー施設のため、今回は右岸側から河川を確認。河川の水流量は少ないため、河床での点検作業は可能。

下流側：下流側はトタン板の壁が設置されている。両岸ともに建物があり、河川へのアクセスは容易でない。左岸側の住民に河川及び橋梁の確認のために土地へ入る許可をいただき、河川及び橋梁を確認。河川の水流量は少ないため、河床での点検作業は可能。遠方目視（約5m）で、床版側面でのコンクリート剥離、鉄筋露出／腐食を確認。早急な対処が望ましい。

結論：上流側、下流側共に河川へのアクセスは容易ではないが、梯子などを使えば河床にアクセスが可能。河床からの点検を実施することが望ましい。下流側からの遠方目視で、床版側面でのコンクリート剥離、鉄筋露出／腐食を確認。早急な対処が望ましい。



上流側右岸



下流側

出典：JICA 調査団

図 2.1-10 点検が実施できていない市内橋梁 2 (AACRA)

- ・ 補修計画は、点検および補修の設計企画提案までを、BM 部署が担当する。それから DG に回議され、承認を得た後に設計の部署に回されて詳細設計が行われる。
- ・ WB の TRANSIP (Transport Systems Improvement Project) 事業により BMS を構築中であり、TRANSIP 事業はインドのコンサルタントに委託している。
- ・ 現在、支援のあるドナーは JICA と WB のみである。
- ・ エチオピア暦 2015 年 (西暦 2022/2023 年) には以下の予算が配分される。
  - AACRA City Administration の年間予算 : 77 億 ETB
  - 融資及び贈与契約を含む AACRA の年間予算 : 99 億 ETB
  - その内、橋梁維持管理に配分される予算 : 3143 万 ETB (全体の約 0.3%)
  - 維持管理対象橋梁数 : 20 橋
- ・ AACRA の予算の大部分は道路維持管理に配分される。橋梁維持管理予算は対象橋梁の 20 橋の補修には不十分で、1 橋の補修がやっとである。
- ・ 大規模な洪水被害等によって緊急対応が必要な場合には、当初維持管理する予定の橋梁に割り当てられる予算を緊急対応すべき橋梁に再配分することで対応している。Director に再三に渡り増額の要望書を提出しているがなかなか承認されない。
- ・ 2023 年 6 月時点において、Director に昨年 AACRA と日本人専門家で視察した損傷の激しい橋梁 (2022 年 8 月 20 日に被災) の対策を早急に促している。



被災橋梁全景 (1)



被災橋梁全景 (2)

出典 : JICA 調査団

図 2.1-11 2022 年 8 月 20 日に被災した橋梁

### 現時点で認識している課題

- ・ 橋梁点検の判断基準が点検者の経験に基づく判断である。点検者のトレーニングは ERA でしか行われておらず、AACRA では実施できていないことが課題である。
- ・ WB の TRANSIP による BMS はインドのコンサルタントに委託しており、コンサルタントに確認したところ、開発は完了しており、アプリケーションが AACRA のデータセンターに移行するの

を待っている状況である。今後、AACRA 職員によるデータの入力や現在の点検マニュアルとの整合性に関する運用上の課題があると考えられる。

### 技術支援のニーズについて

- ・ 橋梁が破損した場合の仮橋（Bailey 橋）設置の支援
- ・ 橋上から点検できる技術についての支援。（橋梁周辺で住居が増加したため、橋梁下部（橋台や橋脚のふもと）に入れなくなるという問題が発生しており、下方からの点検・調査が不可能）
- ・ 国別研修については非常に興味がある。非常に有意義であると思うので、次回プロジェクトでそういった研修を含むことを要望する。

### その他の情報

次期案件の要望調査のために、AACRA の Road Asset Administration & Database の DDG（Deputy Director General）と面会する機会を設けた。

- ・ 北部の山岳地帯にトンネルが必要と考える。現状は線形の悪いワインディング道路になっている。スーダンに抜ける唯一の幹線なので、改良したい。
- ・ AACRA は道路インベントリ調査を実施している。多くの道路／橋梁の竣工図（As-built drawing）がないので苦勞している。また、専門家のトレーニングもしている。JICA の短期、長期研修に専門家を派遣している。維持管理機材は徐々に充実してきているが（JICA にも協力してもらい）、Addis Ababa 内の道路には軸重の重い車両の交通量が多く、非常に頻繁に路面補修をしなければならぬ状況にある。特にリングロードの損傷が激しい。
- ・ AACRA は Addis Ababa 市の機関であり、連邦政府の組織ではない。MoUI とは現状ほとんど関係がない。Addis Ababa 市本部及び MoUI は上位の行政機関なので、ほとんど道路の専門家はおらず、AACRA に技術的な指示を出せる体制にない。
- ・ MoUI は安全基準などの上位基準は設定していて、民間企業（コントラクター及びコンサルタント）等も建設事業を計画／実施する際に、それに従っている。道路の技術基準／マニュアル等は設定しておらず、ERA 及び AACRA が独自に設定している。各マニュアルは大枠では同様の内容が記載されているが、ERA は全国道路網、AACRA は Addis Ababa 市内の道路網に適した記述を加えている。
- ・ AACRA は運用中の設計基準等の技術基準（15 以上の基準）を改定する事業を実施中で、2024 年末から 2025 年初旬にかけて完了する予定である。
- ・ 設計／施工の際に品質確保のために使用するチェックリストなどはあるが、実質ほとんど利用されていない。普及すれば品質が良くなるが、なかなか難しい。
- ・ AACRA の離職率は確かに高い。海外の研修に派遣した技術者が、帰国しない／帰国後民間企業に転職するケースは多い。ただ、彼らもエチオピア建設業界にはかかわっている場合がほとんどなので、全体で見ると技術レベルが上がっているため、研修等のトレーニングはこれからも積極的に活用したい。

下表に AACRA の橋梁維持管理の現状、要望、対応策を整理する。

表 2.1-6 AACRA 橋梁維持管理の現状、要望、対応策

ステージ	作業項目	AACRA		
		現状	要望	対応策
点検	マニュアル	2010 年版整備済 (ERA とほぼ同じ) PC 橋、特殊橋梁無し	アップデート、PC 橋追加	点検器具の調達、技術指導、 人員増員
	資機材	橋梁点検車無し、ドローン無し カメラ、GPS、メジャー (30m, 50m)、クラックゲージ	最低限の点検用品の提供、 その後は高所作業車等アクセスが難しい橋梁も点検ができるような大型機材の供与	
	知識/技術	Team Leader のみ、Junior Engineers & Inspector を指導	トレーニング	
	経験	Team Leader, Inspector は有	蓄積	
	人材	Team Leader, Inspector 各 1 名、Junior Engineer 2 名	増員	
	組織	本部の Bridge Maintenance Team のみ Regional office の Engineer/Inspector は関与しない	Regional office の関与	
分析/評価	マニュアル	Inspection Manual, Chapter 5 にて説明	アップデート、PC 橋追加	マニュアル整備、技術指導
	知識/技術	Team Leader のみ多少有	トレーニング	
	経験	Team Leader のみ多少有	蓄積	
	人材	Team Leader が実施	増員	
	組織	本部の Bridge Maintenance Team のみ Regional office の Engineer/Inspector は関与しない	増員	
補修工法選択/設計	マニュアル	未整備	整備したい	マニュアル整備、技術指導
	知識/技術	Team Leader のみ多少有	トレーニング	
	経験	Team Leader のみ多少有	蓄積	
	人材	Team Leader が実施	増員	
	組織	本部の Bridge Maintenance Team のみ Regional office の Engineer/Inspector は関与しない	増員	
補修施工	マニュアル	未整備	整備したい	マニュアル整備、技術指導、 施工資機材調達
	資機材	未確認、Own Force, Regional office に確認する	未確認、Own Force, Regional office に確認する	
	知識/技術	未確認、Own Force, Regional office に確認する	未確認、Own Force, Regional office に確認する	
	経験	未確認、Own Force, Regional office に確認する	未確認、Own Force, Regional office に確認する	
	人材	未確認、Own Force, Regional office に確認する	未確認、Own Force, Regional office に確認する	
	組織	実施は Own Force、現場監督は Regional office	未確認、Own Force, Regional office に確認する	

詳細調査	マニュアル	未整備	そこまで念頭がない、まずは日常/定期点検	必要な調査項目を絞り込んで、資機材購入、技術指導
	資機材	無い	そこまで念頭がない、まずは日常/定期点検	
	知識/技術	無い	そこまで念頭がない、まずは日常/定期点検	
	経験	無い	そこまで念頭がない、まずは日常/定期点検	
	人材	未採用	そこまで念頭がない、まずは日常/定期点検	
	組織	担当部署無し、実施の場合は Bridge Maintenance Team	そこまで念頭がない、まずは日常/定期点検	
BMS	マニュアル	未整備 TIAMS の BMS 要確認	TIAMS とは異なる BMS 構築	独自の BMS の構築
	システム	未整備 TIAMS の BMS 要確認	TIAMS とは異なる BMS 構築	
	知識/技術	無い	トレーニング	
	経験	無い	蓄積	
	人材	未採用	増員	
	組織	担当部署無し、実施の場合は Bridge Maintenance Team に人材補強か新部署設立	増員	
予算要求	制度・手順	Aset Management Team から Road Maintenance Team 補修業務をスペック、数量、費用と共に提案。 Road Maintenance Team が過年度の実績から予算要求し、認められた金額から配分して対応する。予算消化後は翌年度に先送り。	BMS の利活用	過年度の実績からでなく、点検データに基づいた予算要求ができるように BMS の整備、運用が必要
	経験	現状に限っては有、改善は難しい	念頭がない	
	人材	予算化可能な範囲では有	念頭がない	
予算配分	制度・手順	予算額確保後、上の 2 Teams 間で調整して、実施補修業務を決定。 Road Maintenance Team が選定された補修事業を実施 損傷度合がひどいもの（崩壊等）から選定	優先度による配分 橋梁維持管理に配分される 予算が非常に少ない	過年度の実績からでなく、点検データに基づいた予算配分ができるように BMS の整備、運用が必要
	経験	現状に限っては有、改善は難しい	念頭がない	
	人材	根拠ある効率的な配分は難しい	念頭がない	
施工監理	制度・手順	Regional office が現場を監督、コンサルによる SV はなし	念頭がない	民間による施工監理が可能なように、民間コンサルタントへの技術指導 そのための予算確保、民間コンサルタントを管理する AACRA の技術者の育成
	経験	無い	念頭がない	
	人材	民間コンサルに経験はある。委託できるがしていない	念頭がない	
日常点検/パトロール	マニュアル	2010 年版に記載なし	念頭がない、まずは橋梁定期点検を実施	BMS の整備において、日常点検/パトロール/維持管理の重要性を理解してもらい、技
	資機材	橋梁用はなし。道路用は技プロで提供されたものがあるはず。 運用状況不明		

	知識/技術	道路パトロールを実施して るのであれば、橋面上も実施 しては。要確認		術指導/資機材提供/体制構 築を実施する。
	経験	Bridge Maintenance Team が 相当するはずだが、未経験		
	人材	Bridge Maintenance Team が 相当するはずだが、タスクでは ない		
	組織	Bridge Maintenance Team が 相当するはずだが、実施してい ない		
日常維持管 理	マニュアル	2010 年版に記載なし	念頭がない、まずは橋梁定 期点検を実施	
	資機材	橋梁用はなし。道路用は技プロ で提供されたものがあるはず。 運用状況不明		
	知識/技術	橋梁用はなし		
	経験	Bridge Maintenance Team が 相当するはずだが、未経験		
	人材	Bridge Maintenance Team が 相当するはずだが、タスクでは ない		
	組織	Bridge Maintenance Team が 相当するはずだが、実施してい ない		

出典：JICA 調査団

### MoUI (Ministry of Urban and Infrastructure) に対する調査

次期案件を形成するための参考とするために、MoUI の State Minister 及び MoUI の傘下である Institute of Ethiopian Standard (IES) の Director General of Construction Management Institute と面会する機会を設けた。

- MoUI 傘下の Institute of Ethiopian Standard (IES) は ERA 等が作成したマニュアル類を承認し、シリアルナンバーを与える役割を有している。ISE には Technical Team があり、精査する能力がある。また、Capacity Building Part があり、能力開発も行っている。現在、ERA や AACRA は独自のマニュアル類を使用しているが、それらのマニュアルを統一したマニュアルに総合したいと考えている。Capacity Building の対象は全ての建設会社で民間会社も含まれる。Capacity Building を実施する予算は確保されているが、Capacity Building は現在、限定的であり、エチオピア全土にいきわたっていない。しかし、Ethiopian Construction Association (エチオピア建設協会) と強い関係があるので、協会の協力により全土に拡大したい。
- MoUI は傘下の Construction Management Institute が作成した 16 のマニュアルと 3 のガイドラインを合わせて、19 の Construction Project Management Manual がある。本マニュアルが対象にする Construction Project は道路・橋梁だけではなく、その他の運輸幹線施設、建築 (高層ビル含む)、通信施設、その他のインフラ施設等、すべての Construction Project が含まれる。
- IES には監視する権利があるため、Construction Project Manual が遵守されない場合は、改善する指導を実施する。また、検査はサンプルベースで実施している。

- ・ 工事安全基準の設定については、MoUI と国内の大学が連携して事業を実施している。安全対策のトレーニング方法の案等も準備している。安全だけでなく、技術者や工事関係者の資格制度についても検討している。

## (1) 道路／橋梁に関する基準の統一化について

上述の調査に基づき、別の機会に MoUI から要望のあった道路／橋梁に関する基準の統一化の目的、意義等について再確認を行った。

### 基準の統一化の意義

現在、下部組織（例えば Construction Management Institute : CMI）を含めた組織改編が進行中であり、各省庁の権限と責任範囲が明確化される予定である。統一基準を作成は、この方針の中に含まれている。MoUI の統一基準については、建物に関する基準類があるのみであるため、道路／橋梁分野に加え水分野（水道）についても統一基準の作成が必要である。ERA や AACRA の基準については、各組織の基準であり、それらはリーガルフレームワークに則ったものではない（リーガルドキュメントではない）。MoUI は国の組織として管轄する分野に対する説明責任（アカウンタビリティ）があるため、基準の統一化（Euro Code や設計／施工／品質管理に関する）は重要課題であると考えている。

### 統一化の手順

基準の統一化を図るための手順として、MoUI 内に関係者（CMI、ERA、その他道路管理者）による、技術基準の統一化を図るためのチームを作り、そこで議論していく方針でとしている。また、AACRA では、WB の支援のもとで全ての基準類を見直す作業を実施する等、作成される基準類との齟齬が懸念されるが、個別の基準との齟齬については、コンサルテーションを実施して洗い出しを行い、それぞれ解決していくことで解決できると考えており、大きな問題とは捉えていない。完成後の普及方法等については、政府の基準であるため普及に問題は無く、同時にトレーニングも実施していくとのことである。

### 日本へ要請した意図

ERA 等の道路管理者は、道路の建設と維持に特化しており、短期的な課題に対して対応できる優秀な人材はいるが、長期的な目線で物事を進めていく能力と経験、説明責任といった視点は不足している。また、国際的な知識についても不十分である。このため、国際的な視点を持つ外部に依頼した。道路／橋梁分野に関して言えば、山岳という地形的にも近く、高い品質を維持し、且つ国際的な経験が豊富な日本に期待している。また、内部事情として、このような事にさける予算が少ないことも要請した意図である。

## (2) 北部地域の復興について

多くの戦闘が道路上で行われたこともあり、道路や橋梁の被災はかなりの数になると思われる。現在、道路／橋梁のみならず、水道、保健／衛生、教育などの各分野でアセスメントを実施中である。最終的なアセスメントレポートに基づき復興の道のりが示される。復興には多くの資金を必要とするため、政府予算のみで対応することは難しい。このため、ドナーの協力も不可欠であると考えており、アセス

メントレポートも共有され予定である。

### (3) MoUI 基準統一化に対する意見

ERA や AACRA に対し、基準の統一化についてヒアリングした結果を以下に記載する。

#### ERA

- ・ 主要な道路管理者（ERA、AACRA、その他市や州）との協議がまず必要である。ERA の基準は適切に改定が実施されており、進んだ技術も採用しているため、いきなり全国基準とするのは難しいのではないかと。地方の道路管理者の意見を聞く必要がある。
- ・ よいアイデアだと思う。ERA も 3 年前に同様の要望を MOT にあげたことがある。

#### AACRA

- ・ 考え方は理解できる。ただし、州や市の独自性を考慮する必要がある。
- ・ 基準が統一化されれば道路管理者が受益者となるが、その効果がどのように受益者に反映されるかを明確にすることも重要である。
- ・ AACRA では WB の支援を受けて技術基準を全改定する予定になっている。他の州や市はわからないが、少なくとも AACRA では WB のプロジェクトと重複する。

#### Oromia 州

- ・ 基準の統一化は歓迎する。（「連邦基準となることで州道路も対象の一部となれる」ということが目的のようで、一部となることのメリットについては不透明）

### Oromia Road & Logistics Bureau に対する調査

#### (1) Oromia Road & Logistics Bureau の組織と担当

1993 年に ERA から分離し Oromia Road Authority となり、2021 年から Oromia Road & Logistics Bureau に格上げされた。職員数は約 1,200 名、その内道路維持管理関係者が 600 名程であり、州道路の管理を実施している。維持管理の予算は、道路基金より配分される。州の予算は、新設道路（大規模改修含む）にしか使用することができない。Oromia 州の ERA 管理道路を含む全道路延長は 58,981km（2022 年）である。舗装道路が全体の 1%、残りはグラベル道路となっている。As 舗装は、Jimma 等の主要都市とバスターミナル等で使用されている。維持管理予算が不足していることから、適切なメンテナンスが実施されているグラベル道路は 6,660km に過ぎない。

\*ERA に確認したところ、州や市のレベルでは、道路の管理延長を把握していないとのことである。構造物についても、その状態や数は全く把握されていないとのことである。

#### (2) 維持管理の方法

毎年コンディションサーベイを実施して、補修箇所、必要予算を決定している。サーベイマニュアルは、ERA のマニュアルに準拠している。独自のマニュアルが無いと、グラベル道路の維持管理も ERA のマニュアルを使用している。ERA や AACRA（日本支援）は、点検機材を用いたシステムティックな調査を実施しているが、ORLB にはそのような機材やシステムがないため、目視調査に留まっている。この分野への日本の協力が期待されている。

As 舗装の整備、維持管理能力（ノウハウ）が無いため、この整備、維持管理は ERA や外注に委託と  
している。グラベル道路は直営部隊によって維持管理しており、州政府の関心事項はグラベル道路の維  
持管理である。他州においても同様の状況である。ただし、維持管理に必要な資機材は全く足りていな  
い。この分野についても日本の支援が期待されている。

表 2.1-7 Oromia 州の保有する道路維持管理機材（2023 年 4 月現在）

No.	Machines Type	Total	Operable (>10yr)	Inoperable
1	Motor Grader	42	27	15
2	Excavator	9	5	4
3	Wheel Loader	28	22	6
4	Bulldozer	26	16	10
5	Dump Truck	198	98	89
6	Small Vehicle	47	36	11
7	Lobed	5	5	1
8	Fuel Truck	2	2	
9	Shower Truck	2	2	

出典：Oromia Road & Logistics Bureau

### (3) ERA との協力

前述の通り、As 道路の維持管理については ERA の支援を受けている。また、グラベル道路の維持管  
理についても ERA のマニュアルの活用や各 ERA 地方事務所で開催される研修の参加など技術的なサポ  
ートがある。また、JICA が以前技術協力を実施している ERA のアルムゲナトレーニングセンターの利  
用も可能である。ただし、資金的なサポートは無い。

## Road Fund に対する調査

### (1) Road Fund の組織と予算

Road Fund は ERA の下部組織であり、総勢 20 名で Technical、Audit、Monitoring の 3 部署がある。Road  
Fund の財源は、燃料税、車両更新税、国境での Transit 税である。有料道路料金は、高速道路の管理会社  
の収入であり、高速道路の維持管理に使用されるため、Road Fund の財源にはなっていない。

昨年度の予算額は 7.5Billion Birrs であり、65%が ERA、25%が州、10%が指定市（60 市）に割り振ら  
れる。指定市に Addis Ababa 市も含まれ、10%の半分が Addis Ababa 市に配分されている。この比率は毎  
年ほぼ同じであり、道路延長や人口等で決められた過去の比率を踏襲している。予算は、ERA の Board  
メンバー（Chairman: State Minister, Ministry of Finance）によって承認される。予算計画は、各道路管理者  
からの計画を Road Fund で集約し、それを取りまとめた上で次年度予算を考慮して前述の比率に分ける。

### (2) 制度の変更（過積載）

過積載の罰金は州で徴収され、州の道路維持管理予算に使用される。ただし、過積載の多くは ERA が  
管理する連邦道路を使用していることから、この罰金を中央（Road Fund）の予算に組み込むプロセスが  
進行中である。ただし、この制度変更に州は不満を持っている。

## 2.1.2. 活動1-2 : ERA の人員体制、予算、業務内容を確認する

### 道路維持管理

#### (1) 予算・財源

ERA の予算は、政府資金、ドナー支援、道路基金の3つから構成されている。そのうち道路基金の予算は、道路の維持管理が使用目的となっており、主に Road Asset Management Directorate の予算であり、Periodic, Routine, Heavy and Emergency Maintenance に利用される。政府予算は、その他の道路事業（新設道路、大規模道路改良、高速道路等）に利用される。NR1 と NR3 の過去3年の実績を下表に示す。

表 2.1-8 Mille - Galafi Project Annual Accomplishment

L No	Year (EFY)	Planned (KM)	Actual (Km)	%age	Planned (ETB)	Actual (ETB)	%age	Remark
1	2018/19	32.00	32.00		30,000,000.00	16,999,636.00	57%	Due to Asphalt Shortage
2	2019/20	5.00	-		40,000,000.00	-	0%	
3	2020/21	30.00	1.74		120,000,000.00	6,960,137.00	6%	
<b>Total</b>		<b>67.00</b>	<b>33.74</b>	<b>50%</b>	<b>190,000,000.00</b>	<b>23,959,773.00</b>	<b>13%</b>	-

出典：ERA より資料提供

表 2.1-9 Gohatsion - Dejen Landslide Project Annual Accomplishment

L No	Year (EFY)	Planned (ETB)	Actual (ETB)	%age	Remark
1	2017/2018	28,000,000.00	16,352,160.58	58%	
2	2018/19	31,000,000.00	19,360,314.32	62%	
3	2019/20	60,000,000.00	13,697,868.65	23%	
4	2020/21	60,000,000.00	75,879,456.07	126%	Additional Budget of ETB 25,000,000 Has been allocated following our request for the same.
<b>Total</b>		<b>179,000,000.00</b>	<b>125,289,799.62</b>	<b>70%</b>	

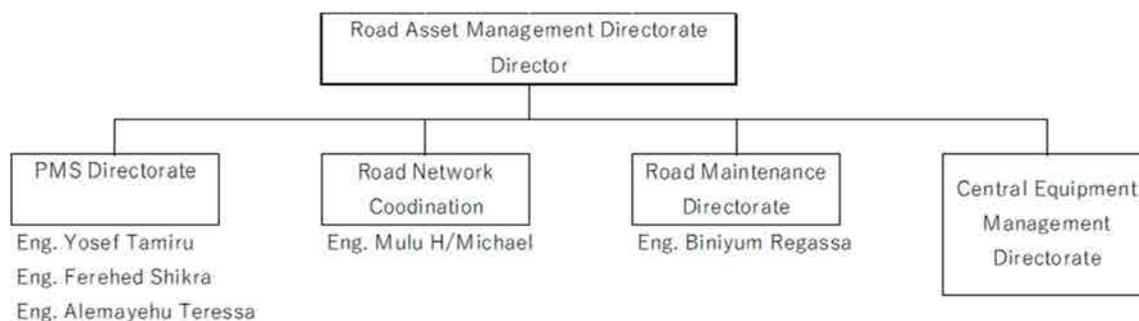
出典：ERA より資料提供

NR3 について、地すべりと道路補修を含むメンテナンスの計画予算は、95 百万 Birr (2020/21 年度)、200 百万 Birr (2021/22 年度) である。これらの金額は数年前の官定レートを根拠に算出しており、市場価格は反映していない。市場価格はこれらの2~3倍である。また、地すべりが発生した場合の予算については、財務省に「Budget for Landslide」という特別枠が設けられており、この予算から必要な追加資金が供給される。

## (2) 組織

現在 ERA では、組織内のメンバーで構成された組織改編委員会において、組織改編を計画中である。新組織の施行時期は不明であるが、2年以内に施行されると思われる。

なお、本プロジェクトにアサインメントされている職員の所属部署は以下のとおりである。なお、図中の PMS Directorate の Eng. Yosef は、現在 Eng. Mubeyin に変更となっている。



出典：JICA 調査団

図 2.1-12 ERA Road Asset Management Directorate 組織図

また、ERA にはこれまでに 10 の地方事務所があり、道路の維持管理を目的としてそれぞれが直営部隊や試験室を持っている。NR 3 を管轄するのは Alemgena 地方事務所、NR1 を管轄するのは Kombolcha 地方事務所である。2023 年 4 月にエチオピア東部の Gode に 11 か所目の地方事務所が開設された。

### Alemgena 地方事務所について

Alemgena 地方事務所は、所轄する道路網の維持を担当する Network と、維持管理作業や維持管理に必要な工事を担当する Maintenance からなる。Maintenance は機材を保有する実働部隊であるが、Network の指示に従って活動する。Road Network には 4 人のチームリーダー（ERA 職員：メンテナンス、ネットワーク、ファイナンス、軸重計）と、その下に 189 人の技術者がいる。また、その役割は、道路（橋梁や斜面も含む）の状態の調査（年 1 回）、道路工事（維持補修作業を含む）の管理、維持管理計画の策定、予算計画の策定等である。

また、ERA 本部で採用した 6 人のコンサルタント技術者が配置されており、工事の監理、道路の状態調査、斜面調査等、それぞれ役割が与えられている。アバイ渓谷には、専属チームが配置されている。

### ECWC について

ECWC（Ethiopian Construction Works Corporation）は 2012 年（西暦）に設立された国営建設企業である。組織は大きく 4 つの部門があり、その中の道路工事部門のうち Road Maintenance 部門（従業員数 6000～7000 人）が 2019 年より ERA に移動した。

### ERA Road Research Center（以下 RRC）について

RRC の所在地はボーレ空港の南側に位置し、ERA 本局とは空港を挟んで反対側にある。現在、試験室スペースを備えた新庁舎を建設中であり、RRC を東アフリカの道路技術センターにしようという

ERA の意気込みが認められる。

RRC そのものは、名称が意味する通り Research を主務としており、ERA の他の部局からの依頼を受けて Research を行う、という建付けである。

ERA では、15 年耐用で設計したアスファルト舗装が 5 年以内あるいは 10 年以内の早期に破損するという課題がある。RRC では、この早期破損について調査を計画（一部実施）している。それについて、ERA から説明を受けた。説明と現場サンプルを見る限り、早期破損の要因は、外的要因よりも内的要因である可能性が高いと考えられた。

アドバイザーチームから、調査計画及び結果より以下の事項をコメントした。

- ・ わだち掘れなどの表層の変形は、高気温地域のみでなく、比較的標高の高い中気温地域でも発生している。このことから、舗装の早期破損の要因は気候や低速重交通荷重などの外的要因よりも、表層材料の不具合などの内的要因である可能性が高い。
- ・ コアサンプリングやテストピットなどの調査箇所が破損箇所に限られている。近傍の健全箇所も同時に調査するべきであり、両者を比較することで破損原因の特定につながる可能性がある。
- ・ サンプリングされたコアには設計厚さ 5 cm に対して、4 cm にも満たないコアが多数見受けられる。これは施工不良であり、クラックやポットホールなどの破損の早期発生の原因となり得る。
- ・ サンプルコアの抽出試験の結果より、設計アスファルト量 5.0% に対し最大 6% 程度のものがあり、バラツキは大きい。これはアスファルトプラントの製造過程での品質管理に問題がある可能性がある。バッチ式プラントであると聞いているが、バッチ式ならこれほど大きなバラツキは発生しないはずである。また、アスファルト量過多はわだち掘れなど表層の変形の要因である。
- ・ 抽出後のふるい分けの結果より、フィラー分（75  $\mu$ m 通過量）が多いように見える。フィラー量過多も流動の原因である。使用している Quarry Dust の粒度の変動に留意すべきである。

### 世銀による試験機材の供与支援について

世銀の支援プロジェクト「Assignment of Individual Consultant for the Procurement of Laboratory Equipment for RRC」により、RRC に材料試験等の試験機材が供与される予定である。2023 年 5 月時点で、調達部にて試験機材の調達を開始した段階となっている。プロジェクトの中には、試験機材のキャリブレーション、使用方法のトレーニングが含まれている。（機材リスト受領）

### ERA Training Center（以下 TC）について

TC には、オペレータ研修用の重機操作シミュレータ（エクスカベータ、グレーダ、ホイロローダ、ブルドーザの 4 機種計 10 台）や、電気系統、エンジン（燃料系統）、トランスミッションの各ワークショップが整備されており、設備を見る限り高度な研修が行われていると思われる。しかし、ERA では TC の教育能力の低下を懸念しており、排水の問題が顕在化しているのはその背景もあると考えている。

試験室では、アスファルト混合物の骨材配合に関する講習が行われていた。形状の悪い粗骨材と良

い粗骨材のサンプルを用いた講習が行われており、有意義であると感じた。

2023年にTCには、FWD試験機（Falling Weight Diffractometer）が導入された。FWD試験は、舗装強度の解析に非常に有効な試験であるが、TCではFWD試験の経験がなく未使用の状態である。早期に試験機の操作や試験方法を習得して、舗装診断に活用されることが望まれる。

### 工事実施機関

ERAでは、道路維持管理のための工事は、原則ERAの直営部隊で実施される。ただし、対応しきれない場合には、民間企業へ委託する。先述したECWCは国営企業として残っているが、業務の受注は民間企業と同じく競争入札による。路側帯の排水溝清掃作業には、ERAが地元の人を雇用している。

ERAでは、舗装技術について、コンクリート舗装、加熱アスファルト混合物、常温アスファルト混合物、様々な安定処理工法を採用しており、それらの経験や知識はある。しかし、改質アスファルト等の経験のないものは支援が必要だと考えている。

### 試験室

ERAの10の地方事務所には、それぞれに試験所があり簡単な試験には対応しているが、高度な試験については規模の大きな試験所（RRC、TC）、および国立試験所（ECDSWC）を利用している。このうち、RRCおよびTCの試験所を視察した。

RRCは現在建設中で仮設の状態であり、新規導入を含めた試験備品を整備して本格稼働するにはあと1年かかると見込まれる。現状でも舗装工事に必要な一般的な骨材試験、マーシャル安定度試験による配合試験、および現場試験ができる設備が整っている。アスファルト性状試験関連については針入度試験のみであり、改質アスファルトを取り扱うには設備が不足している。また、耐流動性を評価するホイルトラッキング試験など、舗装の付加的性状を評価する試験設備はない。

TCには、前述RRCに整備されている試験機器のほか、アスファルト性状試験関連およびホイルトラッキング供試体用ミキサが整備されていた。ホイルトラッキング試験機があれば、改質アスファルトおよび混合物の物性確認が実施できる期待が持てる。各試験所の主要試験設備を下表に示す。

表 2.1-10 RRC 保有主要試験設備

種類		名称
骨材関連	共通	ふるい 1式
		比重吸水試験 1式
		乾燥炉
	粗骨材	細長扁平ゲージ
		破碎試験器
	細骨材	ロサンゼルス試験機
液性塑性試験器		
土質試験		実績量試験機
土質試験		CBR試験機
配合試験	マーシャル安定度試験器	
	恒温水槽	
	マーシャルランマ	
	抽出試験器	
	密度測定用はかり	
マーシャル用混合ミキサー		
アスファルト		針入度
現場試験	現場密度試験器	
	コアボーリングマシン	
	アスファルトカッター	
コンクリート関連	スランブ試験器	
	圧縮試験機	
	コンクリートミキサー	

出典：JICA 調査団

表 2.1-11 TC 保有主要試験設備

種類		名称
骨材関連	共通	ふるい 1式
		比重吸水試験 1式
		乾燥炉
	粗骨材	細長扁平ゲージ
		破碎試験器
	細骨材	ロサンゼルス試験機
液性塑性試験器		
土質試験		実績量試験機
土質試験		CBR試験機
配合試験	マーシャル安定度試験器	
	恒温水槽	
	マーシャルランマ	
	抽出試験器	
	密度測定用はかり	
	マーシャル用混合ミキサー	
アスファルト	ホイルトラッキング用混合ミキサ	
	針入度試験	
	軟化点試験	
	動粘度試験	
現場試験	伸度試験	
	現場密度試験器	
	コアボーリングマシン	
コンクリート関連	アスファルトカッター	
	スランブ試験器	
	圧縮試験機	
コンクリートミキサ		

出典：JICA 調査団

## アスファルトプラント

現在は、3つの地方 (Alemgena、Gonder、Jimma) にバッチ式プラント、1つの地方 (Sodo) に移動式プラントがある。今後、地方事務所の能力向上のため11の地方事務所すべてに導入するよう調達準備に取り掛かっている。ERA が保有する3か所のアスファルトプラントのうち、Alemgena のアスファルトプラントを視察した。AP は2021年製造の韓国製 (SPECO 社製) で、能力は60t/h である。新しい製品であるため、使用に際し何ら問題はない。ただし、今後改質アスファルトを取り扱うことを想定すると、プレミックスであれば問題ないが、プラントミックスであった場合、ミキサーへの改質材の投入口がないため、何らかの工夫・加工が必要であると思われる。

クラッシングプラントについて、岩質は堆積岩系砂岩であり問題はない。ただし、製造工程について一時破碎 (ジョークラッシャ)、二次破碎 (コーンクラッシャ) のラインであるが、コーンクラッシャが故障したまま使われていなかった。その結果、扁平・細長の多いフレーキーな形状の骨材が多く、品質は良くない。現地のテクニシャンに、二次破碎の重要性を助言した。骨材の品質を含め、プラントでの不適切な品質管理が、舗装の早期破損の要因である可能性が示唆された。



A D保有のアスファルトプラント (Sebeta)



A D保有の碎石プラント (Sebeta 同上敷地内)

出典：JICA 調査団

図 2.1-13 訪問したプラント

## 人材確保の問題について

### 1) 奨学金制度

国内の技術者（ERAに限らず民間を含む）であればだれでも応募することができる。ただし、これは国内修学に限られる。奨学金の返済方法について、ERAで一定期間就業する、または民間企業で働いて返済するなどがある。

### 2) 海外留学制度

海外留学はERA職員のみ応募できる。奨学金の条件では、帰国後もERAで働くこととなっているが、退職した場合の返済方法についても契約書に記載されている。そのため、海外留学制度が人材流出防止となっていないのが実情である。

### 3) 離職対策

- ・ 留学生の誓約書：ERAでは、在職中に海外留学に出た職員に対して帰国後離職しない旨の誓約書を提出させている。離職不可期間は、留学期間の2倍（2年留学したら4年は離職できない）。

- ・ 報酬 : エンジニア資格者の報酬を 10%引き上げた。また、ポストが空いておらず昇進できない職員が多いため、年功序列型の賃金体系を採用した。
- ・ 採用 : ERA の業務拡大のため、毎年、退職者の数を上回る 100 人以上の大卒者を採用している。そのため、ERA の人員は増加している（現在約 11,000 人、うち正社員 5,000 人、契約社員 6,000 人）。
- ・ 研修制度 : TCにおいて技術者の研修が行われている。研修生は年間で最低でも延べ300人以上。3か月のカリキュラムを年間4回実施している（オペレータ研修のみ6ヵ月）。研修生のほとんどはERAなどの公務員であり、民間からの受け入れは制限しており少ない。ここで研修を受けた人材は、基本的には元の公務に戻るが何年後かに離職してしまうことを制御することは出来ないのが実情である。

ERA では、RAMP について、若い技術者を留学させるより、中堅技術者の日本への技術研修が有効であるとする。中堅技術者は長期不在には出来ないため、3～6 か月程度の短期研修で実務を習得可能な民間企業への研修が効果的であると考えている。

### (3) 道路維持管理状況

#### 保有機械

各地方事務所には道路工事用の機械が配備されているが、一般的に大型の重機が多く、道路維持のための軽微な作業用機械（バケット容量 0.25 m<sup>3</sup>以下のエクスカベータや小型転圧機械など）が配備されていない。

北部地域（内戦地域）では、多くの資機材が失われた。Kombolcha（アムハラ州）事務所については、他の事務所の機材を回しているが十分な量が確保できていない。最も戦闘が激しかった Adigrat（ティグライ州）事務所では、ほぼ全ての資機材が無くなったが実態は把握できていない。実施中の各分野アセスメントレポートに何らかの情報が記載される予定である。

#### 道路点検

IRI について、1 台だけ所有している IRI 計測車両で計測している。1 台しかないため、幹線道路のみを 1 年に一度程度の頻度で計測しているに過ぎない。将来的にはほかの機種を調達する予定があるとの事であった。

道路の状態に関する点検は、地方事務所の職員が目視等で記録し、エクセルシートに手動で入力している。これらのデータを本部で収集して管理している。

#### 点検・補修に関するマニュアル等

2002 年に策定されたものであり、それ以降全く更新されていない。現在では点検の時に参照している。古すぎてオリジナルは現存しておらずコピーがあるだけである。ERA では、Road Maintenance に関するマニュアルの類について、いずれも古く（2003～2011 年発刊）改編や更新はされていないため、すでに現状に合わないところも多く、更新のための支援を望まれている。

道路補修のマニュアルについては、「Technical Specification for Road Maintenance Works, 2nd edition」と「ECWC, Transport Infrastructure Construction and Maintenance Management System Manual」(TICMMS) 2016 (ERA への再吸収前の建設会社) が使用している工事管理マニュアルが併用されているが、橋梁維持管理工事に関する記載はない。

### 補修方法について

排水構造物について、適切な設備を施工し健全に維持する重要性は理解したものの、限られた予算の中で排水設備の改良を追加する余裕がない。規模の大きな補修工事については、排水施設の設置も考慮するが、規模の小さなものについては舗装の修繕のみである。

### (4) PMS について

#### RAMS について

ERA では、現在 RAMS (Road Asset Management System) について研修を受けている最中である。

RAMS は 2019 年に AfDB からの支援により、イタリアのコンサル会社が開発したものであり、ほぼ完成段階に至っている。このシステムベースは dTIMS であり、交通量、事故、PMS、BMS、標識等、ERA の管理する道路、及び附属施設の全てのデータを集積して道路を管理するシステムである。PMS については、これまで使用していた dighton 社の dTIMS (ソフトウェア) をベースとし、AfDB のイタリアコンサルタントが ERA 用にカスタマイズした。入力データから Output へのアルゴリズムを ERA で構築しなければいけない等の多くの課題があるが、運用に向けた対応を行っている。

RAMS はデスクトップアプリケーションで、ERA は 2 本のライセンスを購入し、2 台のコンピュータに導入される。ライセンスを持つ人員は Yosef 氏と彼のメンバーのみである。なお、ソースコードが提供されていないため、機能の追加等のカスタマイズは、コンサルタントに有料で依頼することになる。

ライセンスの金額が高いため、各地方事務所を含め ERA 全体でシステムを共有することは困難である。

#### PMS について

2011 年に PMS を Aurecon 社 (オーストラリアに母体がある国際的な民間コンサルタント) から導入したが、使い勝手は悪く現在使用していない。アップデートもされていない。また、過去に PMS の研修を受けた人材は部署内に残っておらず、コンサルタントに確認しながら操作方法を習得中である。

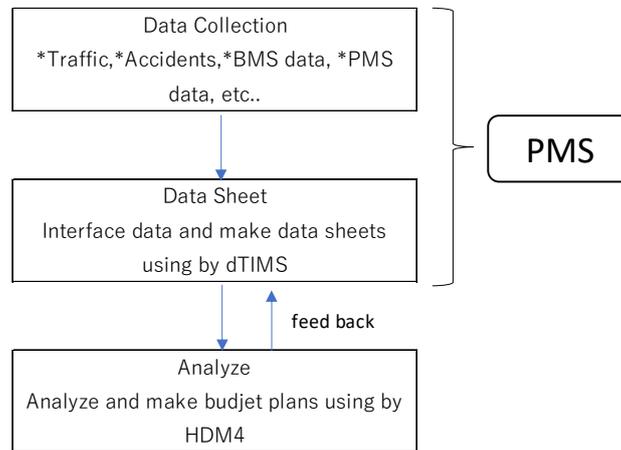
このため、PMS についても BMS と同様に ERA 独自で開発し、ERA でカスタマイズできるシステムが必要である。ERA は、そのための支援を必要としている。

ERA ではデータ収集から、各データの接合とデータシートの作成までを PMS として捉えている。それらの作業は dTIMS で行う。そのデータシートを分析して予算計画などのレポートを作成するのは HDM-4 を使用している。RAMS では、この HDM-4 の結果を dTIMS にフィードバックすることになる。ERA における PMS のフローを次ページに示す。

PMS のグループは、Yosef 氏を筆頭に、10 人の技師とその他 6 人の計 16 人である。過去に PMS の研

修を受けた職員は DDG 以外すでに全員いない。

地方事務所の Road Network では、道路の現状調査を実施し、そのデータを ERA 本部へ送付する。ERA 本部にて、そのデータを PMS に入力している。近い将来、地方事務所から PMS に直接データ入力できるシステムの完成が期待される。



出典：JICA 調査団

図 2.1-14 PMS フロー図 (ERA)

#### (5) 基準／マニュアル類

ERA の調査～設計～点検～補修に関する基準、マニュアル類は充実しており、これらは独自の基準類を持たない州や市の道路管理者も利用している。また、ERA は基準類のアップデートを適宜行っており、基準／マニュアル類に対する意識が高い。以下に ERA の現行の基準／マニュアル類を記載する。

表 2.1-12 ERA の基準／マニュアル類 (2023 年 4 月現在)

Survey/Design/Construction

分野	基準名 e
Survey	Guideline: Traffic Surveying and Basic Forecasting Techniques
Survey	Site Investigation Manual 2013
Survey	Route Selection Manual 2013
Design	Geometric Design Manual 2013
Design	Geotechnical Design Manual Final 2013
Design	Pavement Design Manual Volume I 2013 (Flexible and Unpaved Pavements)
Design	Pavement Design Manual Volume II Rigid Pavements 2013
Design	Pavement Rehabilitation and Asphalt Overlay Design Manual 2013
Design	Drainage Design Manual Final 2013
Design	Bridge Design Manual Part 1, Standards/Specifications/ for Bridge Design 2013
Design	Bridge Design Manual Part 2, Supplementary Guidance for Bridge Design 2013
Design	Bridge Design Manual Part 3, Appendices to Part1 &2 of the Bridge Design Manual 2013
Design	Best Practice Manual for Thin Bituminous Surfacing 2013
Design	Low Volume Roads Design Manual 2011
Construction	Standard Technical Specifications and Methods of Measurement for Roadworks 2014

## Inspection

分野	基準名 e
Pavement	Defect Identification and Data Collection Manual - 2011
Pavement	PMS User Manual for dTIMS and HDM4 Operations Version 3.0 - 2011
Pavement	PMS User Manual for PMS Operations - 2011
Bridge	Bridge Inspection Manual - 2017
Bridge	User Manual for Bridge Management System (BMS) Software Operation - 2017

## Maintenance & Repair

分野	基準名 e
Roadworks	Technical Specification for Road Maintenance Works 2nd Edition 2003
Roadworks	ECWC, Transport Infrastructure Construction and Maintenance Management System Manual 2016
Bridge Works	Standard Specification for Bridge Repair – 2008
Bridge Works	Concrete Bridge Maintenance Manual, 2nd Edition 2010
Bridge Works	Bridge Repair Revised manual

出典：JICA 調査団

また、交通安全管理の基準である Road Safety Audit Manual – 2004 は、「International Road Assessment Programme (iRAP)」に対応できていないことから、世銀の支援による「交通安全技プロ（検査基準作成を含む）」の中で改定される予定である。なお、この技プロはスウェーデンの道路公社が実施する予定である。

## (6) 課題

- 1) 予算不足から、道路の排水構造物の改良工事ができない。
- 2) 離職率の高さによる人材不足（研修を受けシステムを熟知した人材が離職している）および権限の問題（システムの改良には高額な費用が発生する）から PMS が十分に活用されていない。
- 3) 改質アスファルト（以下 PMB）および PMB 混合物の評価試験を実施するために必要な設備及び知見が十分でない。
- 4) 道路維持管理の日常管理における軽微な補修作業を実施するための機材及び知見が十分でない。  
（予防保全型の維持管理に対する認識不足）
- 5) 舗装破損の原因及び原因に適応した補修方法に関する検討がなされていないため、維持管理作業が非効率である（外的要因・内的要因）。

## 橋梁維持管理

### (1) 予算・財源

#### 1) 年間予算及び特定財源

- ・ 年間維持管理予算は、維持管理する橋梁数に依存する。橋梁数に依存する。その主な内容は、各橋梁の詳細な BOQ と単価である。
- ・ 橋梁維持管理工事の資金源は道路基金である。

#### 2) 予算編成スケジュール及び予算承認の手続き

- ・ 年間予算は、毎年、定期点検、緊急点検、及び主要点検結果の後に作成される。
- ・ 点検出力に従って予算を編成した後に、承認のために資金提供者（道路基金）に送付される。承認あるいはコメントを取得した後に、コメントに従って改訂される。その後、承認を得た後に、コントラクターは工事を開始する。
- ・ 予算承認の手続きについては、最初に橋梁管理チームから RAM DDG に要求される。そして、DDG は要求された予算を承認するために、資金提供者である道路基金に要求する。

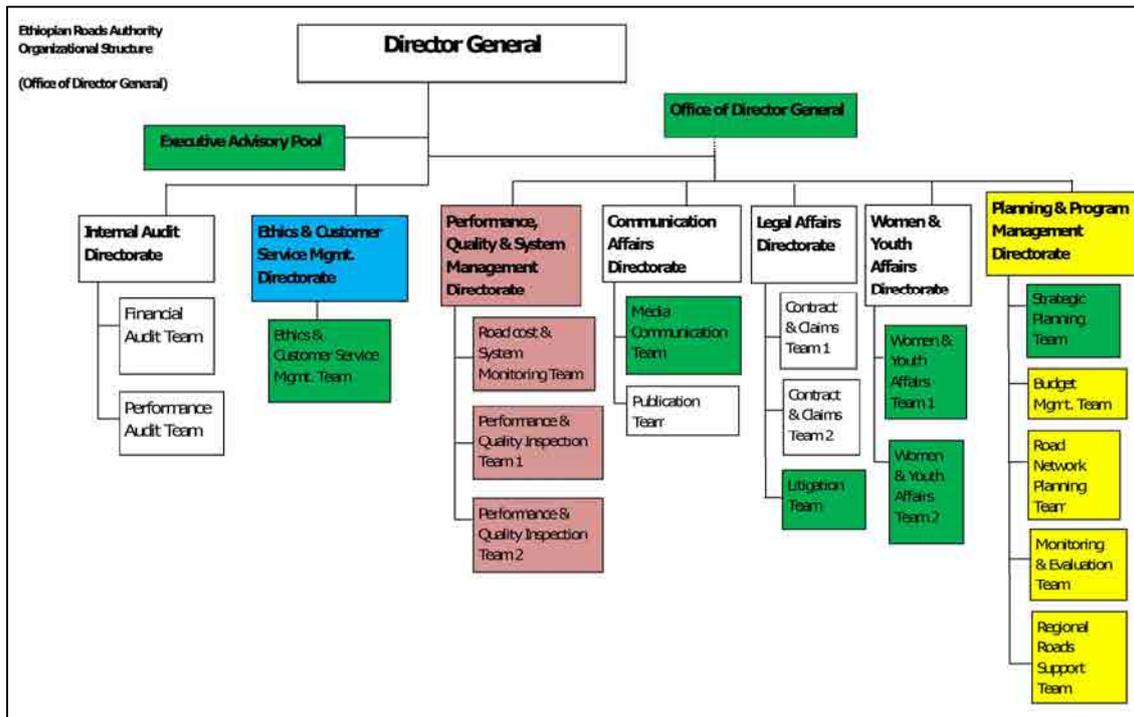
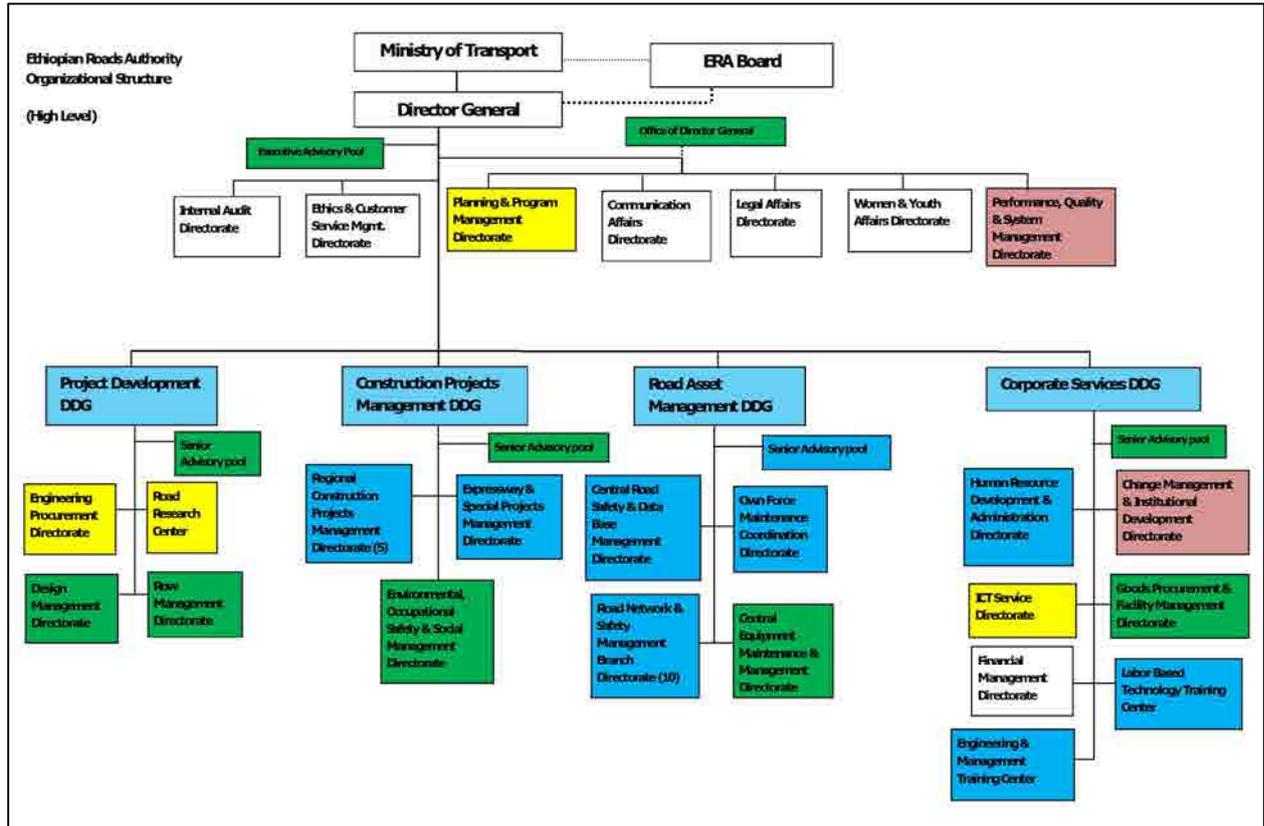
#### 3) 予算編成における BMS 活用状況

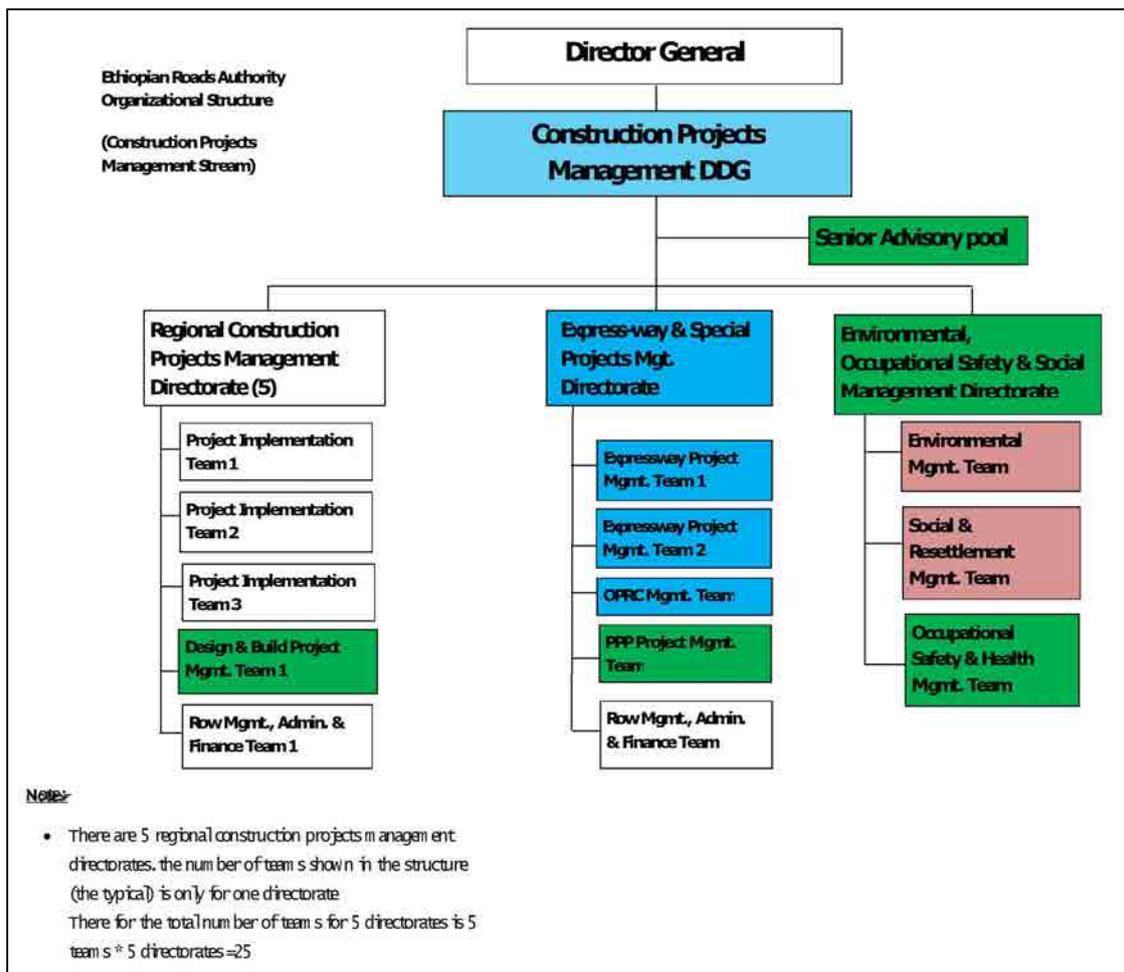
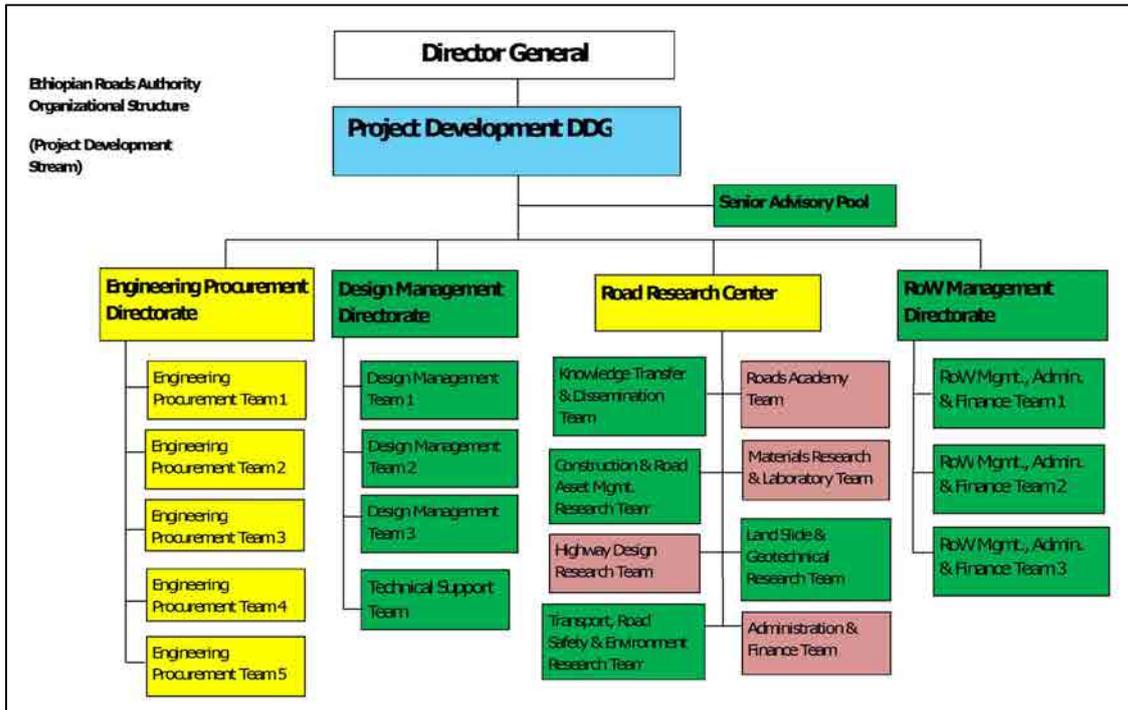
- ・ BMS は、主に必要な予算を決定するために使用される BOQ を識別するために使用される。

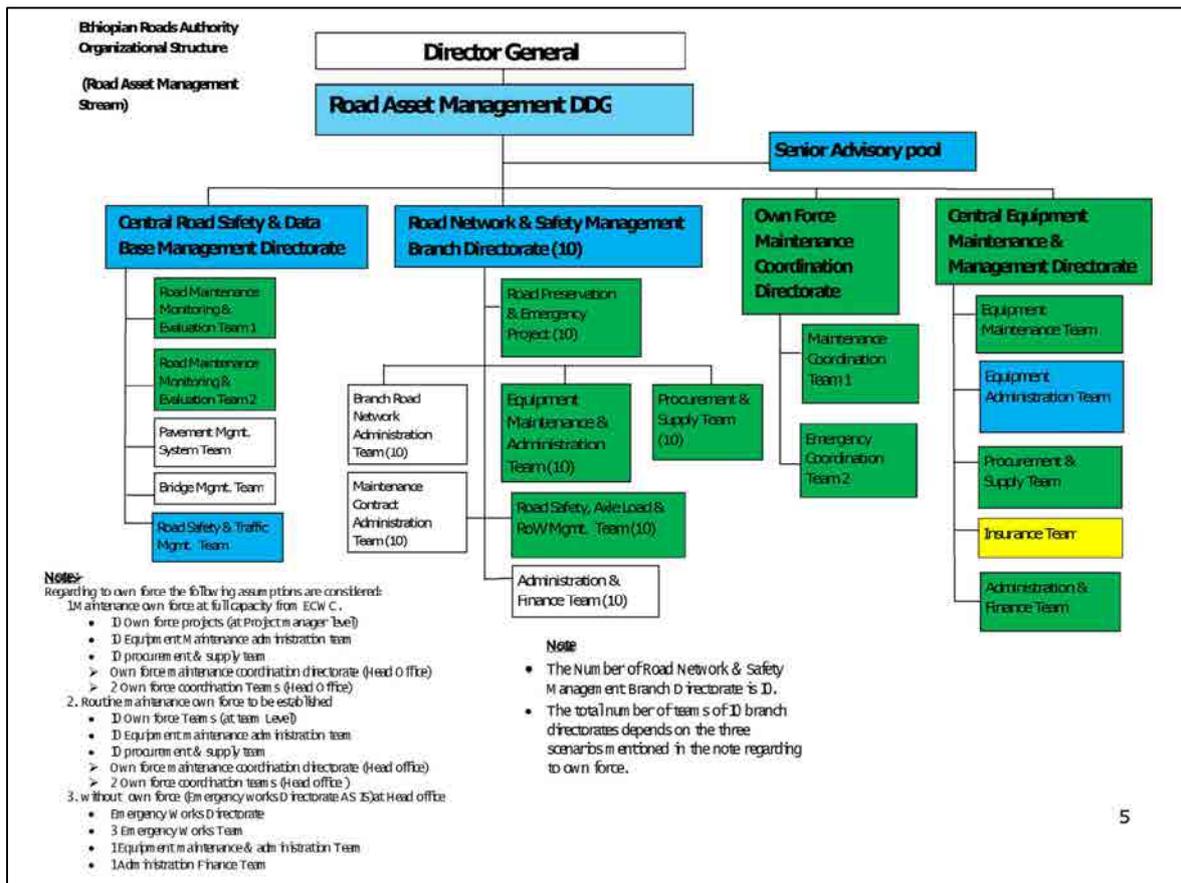
### (2) 組織

ERA の組織構造を下図に示す。

ERA の地方事務所には橋梁維持管理担当の技術者が 2 名ずつ配置されている。本部は Team Leader をはじめ数名の技術者が全体を管理する。10 ある地方事務所では最低各 2 名の橋梁維持管理担当の技術者が配置されている。







出典：ERA より資料提供

図 2.1-15 ERA 組織図

### (3) 橋梁維持管理状況

#### 1) 管理橋梁

- ・ 4,379 橋が ERA の BMS に登録されている (2016 年最終橋梁点検日現在)。ただし、第 5 ラウンドの主要点検が進行中であるため、上記の橋梁数は増加する。
- ・ 全ての橋梁は BMS ソフトウェアに登録されている。(ERA-BMS software manual 又は ERA BMS の Web サイト <http://213.55.97.172:8087/>を参照)

#### 2) 橋梁点検／診断

##### 1. マニュアル

「ERA Bridge Inspection Manual 2015 改訂版」が橋梁点検に適用されている。

##### 2. 橋梁点検の現状

- ・ ERA の橋梁点検マニュアルによると、日常点検は実施していない。
- ・ ERA の定期点検マニュアルによると、2 種類の定期点検がある。
  - (a) Regular Inspection: 目視点検のみの点検が毎年実施される。
  - (b) Major Inspection: 橋梁のすべての箇所の詳細点検で、3 年ごとに実施される。

- ・ ERA の橋梁点検マニュアルによると、緊急点検は事故、洪水及び地震の後に必要に応じていつでも実施される。
- ・ 橋梁の損傷が発見された後、その結果は BMS ソフトウェアに登録・処理され、維持管理のために優先順位付けがなされる。
- ・ Regular Inspection 及び Major Inspection はコンサルタントに外注している。契約期間は 2 年である。
- ・ 地方事務所、又はコンサルタントのエンジニアは、インスペクターを点検実施の前に点検方法についてトレーニングする。また、地方事務所 (Regional Office) の技術者にもトレーニングを実施する。通常、地方事務所の技術者はキャリアが浅く、十分な知識／経験が足りないためである。
- ・ 担当エンジニアは点検の資格 (Certificate) を ERA が発行している。資格獲得には、ERA が実施する点検／補修のトレーニングを受講し、維持管理業務の 5 年実務経験が必要である。担当エンジニアの選考は CV による。

### 3) 維持管理機材

- ・ ERA では下表に示す調達機材について、入札手続きが終わり、契約した業者が調達を実施中である。Schmidt Hammer、Reinforcement detector (鉄筋探査器)、Ultrasonic Thickness Gauge (超音波厚さ計)、Inspection Drone は調達済である。ただし、ドローンについては、調達する 4 機の内、2 機は橋梁点検用であるが、1 機は Right of Way、1 機は Pavement Management System に配備される。
- ・ 地すべり対策の分野においても地形図作成のためにドローンの活用は非常に有効である。ドローンの所有部署に申請すれば、配備されたドローンの地すべり対策の分野で使用することは可能である。ドローン・オペレーターの訓練には、地すべりを担当する Road Safety Department から訓練生が参加する予定である。
- ・ Digital Static Strain meter with switching Box and extension cables (デジタル静ひずみ測定器)、Static Data Logger with cables (静的データロガー)、Strain gauges for steel and concrete (鋼・コンクリート用ひずみゲージ)、Dynamic Datalogger with extension cables (動的データロガー) については日本から調達予定であるが、日本からエチオピアへの直接的な調達が困難なため、南アを経由して調達している。
- ・ JICA が橋梁維持管理技プロで供与した橋梁点検車は一時期故障していて使えない状態にあったが、修理して使えるようになった。今後は点検にも活用していく予定である。



出典：日本の関連コンサルタントより資料提供

図 2.1-16 JICA が橋梁維持管理技プロで供与した橋梁点検車

- ・ 橋梁点検車2台の調達を実施している。すでに発注と契約を締結し、製作中である。トラックのシャーシーはボルボ製、点検機器はヨーロッパ製であり、組立は中国で実施している。2023年6月時点において、橋梁点検車の本体はまだ組立中である。半導体の入荷遅れにより時間がかかっているとサプライヤーは言っている。点検車に使うソフトやコンピュータ等は既に Modjo Dry Port に来ているので、近々手に入る予定である。その他にも路面性状調査車の Hawkeye (ARRB) を4台 (1000×2台、2000×2台) 購入する予定である。
- ・ 大型の機材は ERA Alemgena 事務所で保管されるが、ほとんどの機材は小型であるため ERA HQ Office で保管する。ERA Alemgena 事務所には多くの道路維持管理機材が保管されている。管理責任は Eng. Ferehad にある。近々 Property Manager を配備する予定であり、機材は新しく任命された Property Manager が管理する。
- ・ リストの内、20~22 (Automatic Traffic Counting Equipment, Mobile Weigh Bridge Equipment, Dash-Cam Equipment) は橋梁維持管理用ではなく、舗装維持管理用として調達する。
- ・ 調達機材リストはアジスアベバ大学の教授にアドバイスをもらい必要な機材を選定した。
- ・ Schmidt Hammer、Reinforcement detector (鉄筋探索器)、Ultrasonic Thickness Gauge (超音波厚さ計)、Tablet は地方事務所に配備される。Schmidt Hammer はすでに4台保持しているので、今回の調達分と合わせて地方事務所に配備する。また、橋梁点検機材ではないが、Automatic traffic counting equipment (自動交通量計測装置)、Mobile Weigh Bridge Equipment (モバイル軸重計) も地方事務所に配備される。
- ・ 機材の使用法やいつどんな時に使うのかを記載したマニュアルはない。トレーニングセッションで ERA 職員に向けた研修を実施し、その経験を共有することで、技術及び知識が向上していくと考えている。  
→詳細調査用に調達するそれらの機材に関する事項をマニュアルに記載することは必要であると考えられる。

表 2.1-13 ERA から受領した機材リスト

<b>Lot II-Bridge, Axle load, Traffic, ROW and Other Data Collection Equipment</b>			
<i>It. No.</i>	<i>Data collection or inspection Equipment</i>	<i>Function</i>	<i>No. of Equipment</i>
1	Platform type crane mounted bridge inspection truck / Scupper.	To inspect physically unreachable bridge parts	2
2	Micro-core Apparatus	Micro-core Apparatus is used for drilling holes in reinforced concrete, masonry, and natural stone.	2
3	Schmidt Hammer	To determine the compressive strength of concrete	5
4	Reinforcement detector	To locate reinforcement bars within Reinforced concrete structures	5
5	Digital Crack scale/ measurement	To measure the width of concrete cracks	2
6	Digital Static Strain meter with switching Box and extension cables (Suitable for fieldwork)	To measure linear strain, on-field tests	2
7	Linear Vertical Displacement Transducers (LVDT)	To measure the vertical displacement of bridges, while load testing	5
8	Static Data Logger with extension cables	To store data obtained during bridge load testing	1
9	Strain gauges for steel and concrete with standard lead wire, standard Strain gauge adhesive and coating material, Pressing JIG, concrete, and Spot welder. Please refer to the specification for the quantity of each referred item.	apparatuses used to measure strain (elongation) while connected with a strainmeter	1 LS
10	Accelerometer with full accessories (power supply, different types of cables, mounting accessories and other materials)	To measure the vibration of Bridges	5
11	Dynamic Datalogger with extension cables	To store data obtained during bridge load testing	1
12	Ultrasonic Thickness Gauge	To measure the thickness of structural steel bridge components	6
13	Digital Impact hammer	To determine the compressive strength of concrete	2
14	High-speed processor Computer, Detailed specification with dual monitor	To run different software, analyze data and generate a report at the office	2
15	Tow truck	To deliver condition survey equipment during the unsuitable condition.	2
16	Digital Point Load Test Apparatus	Point Load Test Apparatus is used for compression test on small cylinder specimens	5
17	Crack Testing Agent (Cleaner, Penetrant, and colorfast especial developer)	To determine the size and location of cracks on structural steel elements which are invisible to the naked eye	5 for each item
18	Tablet (special system installed on it)	To collect road inventory and visual condition survey (special system)	12
19	Inspection Drone	To inspect physically unreachable bridge parts	4
20	Automatic traffic counting equipment	Used to record traffic data automatically.	30
21	Mobile Weigh Bridge Equipment		20
22	Dash-Cam Equipment		5

出典：ERA より資料提供

#### 4) 補修工事

##### 1. マニュアル

以下の2種のマニュアルが適用されている。

- ・ 「Concrete Bridges Maintenance Manual 2010年8月 Bridge Management Branch」
- ・ 「STANDARD SPECIFICATION FOR BRIDGE PEPAIR 2008年3月 ERA」

##### 2. 補修方法

- ・ 「Concrete Bridges Maintenance Manual 2010年8月 Bridge Management Branch」には以下に示すコンクリート構造の損傷に対する補修方法が示されている。

3.	Repair method for concrete structures defects
3.1	General .....
3.2	Repair method for concrete structures cracks .....
3.2.1	Stitching with reinforcement steel pins bonded with epoxy resin .....
3.2.2	Injection with flexible filler .....
3.2.3	Injection with rigid epoxy filler .....
3.2.4	Caulking using cement gout or epoxy filler .....
3.3	Repair method for concrete Peel off, Delaminating and void .....
3.3.1	Void filling by dry-pack mortar .....
3.3.2	Void repair by mortar blended with epoxy resin .....
3.4	Repair method for concrete structure honey comb .....
3.4.1	Preparatory Works .....
3.4.2	Resurfacing .....
3.5	Repair method for concrete spoiling , scaling and wear .....

出典 : Concrete Bridges Maintenance Manual

- ・ 「STANDARD SPECIFICATION FOR BRIDGE PEPAIR 2008年3月 ERA」には以下に示すコンクリート構造の損傷に対する補修方法が示されている。

<b>5</b>	<b>REPAIRING METHODS CONCRETE</b>
Concrete repairs can be classified either as cosmetic-repairs or rehabilitation-repairs.	
The following are commonly used methods for repairs.	
i) Dry-Pack Method for deep and narrow cavities (Mortar-Fill Method),	
ii) Pre-placed Aggregate Method (Pre-pack Method) for restoration of large areas such as walls, foundations and spillways,	
iii) Partial or Full Depth Concrete Replacement by casting or patching, using various types of concrete, e.g.	
▪ ordinary cement concrete, mortar	
▪ low-slump highly-dense concrete	
▪ high-alumina cement concrete	
▪ magnesia-phosphate cement concrete	
▪ latex-modified concrete	
▪ epoxy resin mortar or concrete	
▪ polymer concrete	
▪ Shotcrete and Guniting,	
▪ Epoxy Mortar Injection,	
▪ Cement Mortar Injection,	
▪ Crack Sealing and Filling by epoxy injection of cement grout-injection, and	
▪ Surface Protection by Overlays of different types of concretes or by various Sealing Coats.	

出典 : STANDARD SPECIFICATION FOR BRIDGE PEPAIR

### 3. 補修材料と仕入れ先

ERA の BMT は、橋梁補修マニュアルの ERA 標準仕様に従って材料を保守及び使用するよう  
にコントラクターに要求する。ただし、不足や入手不能品により、仕様書以外の材料を使用する  
場合がある。

### 4. 補修作業を実施するコントラクターの品質と評価

以前は、橋梁維持管理を請け負う訓練を受けた小規模のコントラクターが存在した。しかしな  
がら、そのパフォーマンス不足のために、その作業は終了した。現在、補修事業の実施はコントラ  
クターもしくは直営の施工部隊が実施する。架替／大規模補修をコントラクター、中小規模補修を直  
営が実施する。コントラクターの応札が少なく、落札に時間を要する場合が多い。

### 5. 記録

すべての維持管理作業の後に、維持管理の履歴は BMS ソフトウェア中にコード化される。

## 5) 維持管理計画

### 1. 年間維持管理計画

BMS ソフトウェアを使用することにより、維持管理が必要な出力橋梁が BOQ で選択され、利用  
可能な予算に従い計画が作成される。

### 2. 中長期維持管理計画

- ・ 中期維持管理計画

BMS ソフトウェアの出力を使用し、毎年の維持管理が必要な橋梁を優先順位付けする。

- ・ 長期維持管理計画

2011 年の GC で 5 年間のマスタープランが作成され、2016 年に改訂された。さらに、現  
在改訂中である。

### 3. 実施状況の検証及び未実施の場合の対策

維持管理作業の完了後、計画と比較される。また、維持管理が実施されてない橋梁がある場合は、  
それらは現在の計画に含まれる。ただし、それらが危険な状態にある場合には、緊急作業によって  
維持管理される。

## 6) 新アバイ橋（エクストラロード橋）の維持管理

### 1. 維持管理状況

維持管理マニュアル、経験及び緊張材の材料の不足のため、橋梁維持管理作業はまだ実施されて  
いない。なお、前述の維持管理マニュアルは RC 橋梁に限定されている。

点検結果（特定のエリアのみ）によれば、橋梁は良好な状態であることが判明した。ただし、高  
度な点検機材や緊張材の点検及び維持管理マニュアルの不足のため、緊張材や橋脚の点検は実施さ  
れていない。建設後 13 年が経過しているため、ERA としては早急に橋梁全体の定期点検を実施す  
る必要性を感じている。

### 2. 提供された 2 つのマニュアルの利用状況

- (a) BRIDGE INSPECTION & MAINTENANCE MANUAL

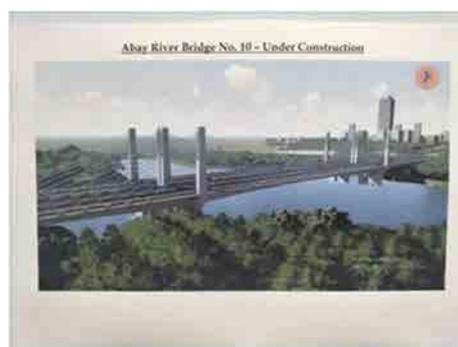
(b) INSPECTION MANUAL FOR CABLE STAYED BRIDGE

(WITH REFERENCE TO NEW ABAY BRIDGE IN ETHIOPIA)

- ・ 提供された点検及び維持管理マニュアルにはケーブル及び関連部品を詳細に点検する方法が含まれていない。また、具体的にどのように活用したらよいか理解できておらず、活用できていない。
  - ・ 損傷が確認されてからの対応について記述があるマニュアルがない。
3. その他の橋梁
- ・ 現在施工中の BAHIRDAR ABAY RIVER BRIDGE（自国資金）は2橋目のエクストラードズド橋が2023年に開通する予定である。ERAは、この橋梁の維持管理もBMSを利用して総合的に行いたいと考えている。



アバイ橋（無償資金協力）



バハルダール アバイ橋

出典：ERAより資料提供

図 2.1-17 エチオピア国におけるエクストラードズド橋

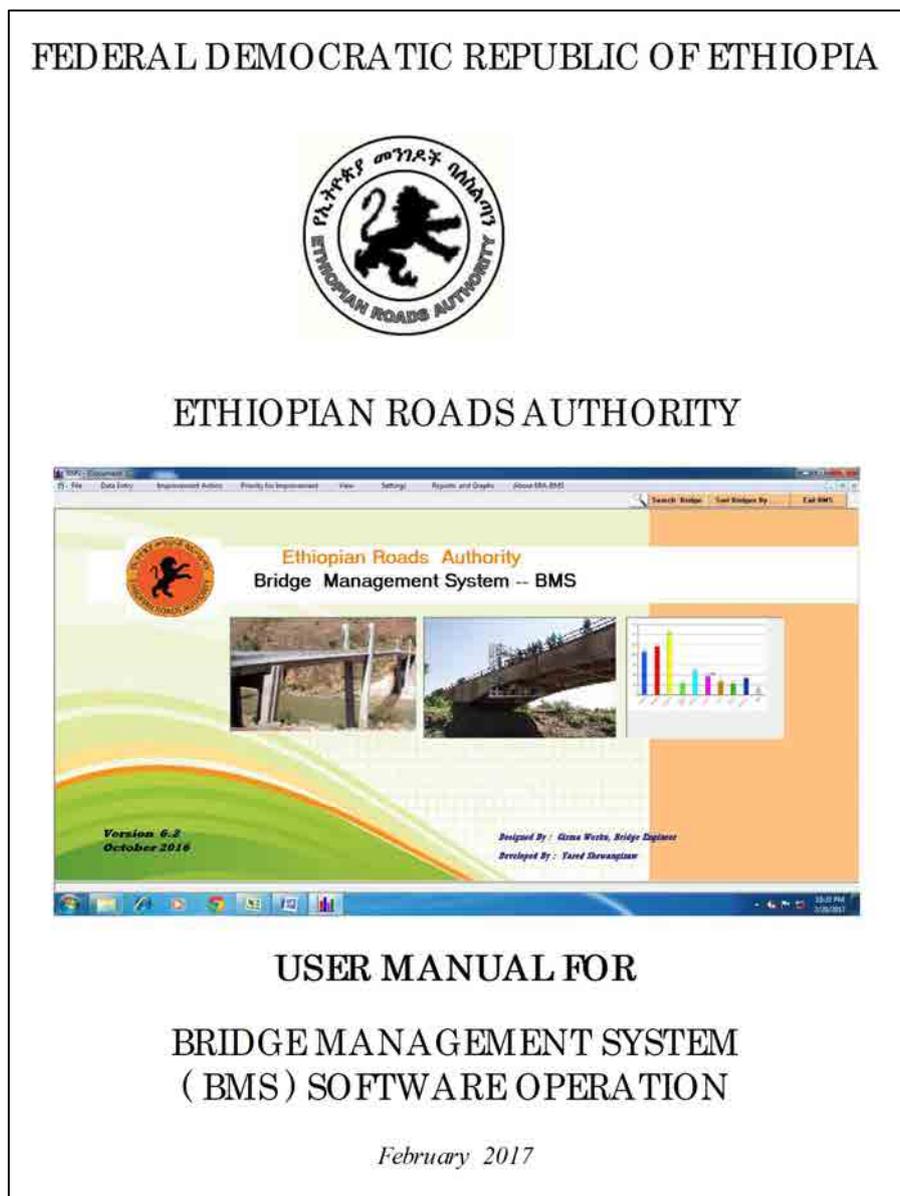
(4) BMS について

1) BMS の活用状況

- ・ ERAのBMSは2012年にERA独自で開発したものを使用している。以前は、JICAのプロジェクト支援で作成したMicrosoft Accessをベースとしたシステムを使用していた。新しく開発されたWebベースのBMSはSQLデータベースシステムを使用している。次のリンク (<http://213.55.97.172:8087/Home/Index>) で詳細が確認できる。
- ・ 非常によくできたシステムであり、導入されたRAMSは使用しない方向である。
- ・ 現状のBMSはRC上部工及び鋼製上部工の橋梁に対応しており、PC上部工及び新アバイ橋（エクストラードズド橋：JICA無償）等のその他の特殊橋梁には対応していない。
- ・ また、世銀の支援により、「Strengthening Road Asset Management Capacity for pavement and Bridge Management Works」が実施中であり、新技術を用いた点検方法等が紹介される予定であるが、新技術を用いた資機材の供与までは含まれていない。

2) BMS ユーザーマニュアル

- ・ 「USER MANUAL FOR BRIDGE MANAGEMENT SYSTEM (BMS) SOFTWARE OPERATION February 2017」が適用されている。



出典：USER MANUAL FOR BRIDGE MANAGEMENT SYSTEM (BMS) SOFTWARE OPERATION February 2017

図 2.1-18 BMS ユーザーマニュアル

### 3) ケニア国との橋梁維持管理に関する意見交換会について

- ・ BMS についての研修として3年前にケニアから技術者の団体を受け入れた。ERA には今後も継続して他国への支援を実施する意向がある。  
→ERA の BMS は他国へ技術/ノウハウを提供するレベルにあると考える。

(5) マニュアル

- ERA のマニュアルのアップデートは、年数と言うよりも内容が古くなった際に必要に応じて実施している。おおよそ7~10年に一度と考える。ERA が発行しているマニュアルは、ERA のそれぞれ関連する Directorate が発行している。マニュアルのリストは道路維持管理の項を参照のこと。

(6) 課題及び要望

- 橋梁の検査、メンテナンス、その他のマニュアルは、RC と鋼橋に限定されている。また、橋梁の状態を評価する際の BMS システムも RC および鋼タイプの橋梁に限定されている。
- 無償資金協力で建設されたアバイ橋については、点検マニュアルがコンサルタントと建設会社から提供されているが、内容が非常に少なく実際の点検や補修の詳細が不明である。
- ERA には優秀な技術者も多く、彼ら自身でマニュアルやガイドラインの更新も可能である。ただし、経験のない技術（例えば PC 橋の補修など）について、対応できない。
- 鋼材のクラック探査に使用するスプレー（探傷スプレー）についての情報の提供を依頼する。

下表に ERA の橋梁維持管理の現状、要望、対応策を整理する。

表 2.1-14 ERA 橋梁維持管理の現状、要望、対応策

ステージ	作業項目	ERA		
		現状	要望	対応策
点検	マニュアル	2015 年版更新済 (RC 橋、鋼橋) エクストラードズド橋 (2009) 有 PC 橋、特殊橋梁無し	PC 橋、特殊橋梁の点検マニュアルの整備 エクストラードズド橋の点検マニュアル改善、点検の実施	2015 年度版の部分的アップデート、追加 エクストラードズド橋のアップグレード PC 橋の 2015 年度版への追加
	資機材	橋梁点検車 1 台使用可 (JICA 供与) 橋梁点検車 2 台発注済 (材料: ヨーロッパ、組立: 中国) ドローン 2 機納入済み (オペレータのトレーニング未実施) 小規模点検機材 (点検ハンマー、クラックゲージ等) 有 安全機材 (ヘルメット、ベスト、靴、ベルト等) 有	アバイ橋点検実施の支援 点検のタブレットを使った電子化	ドローンを使った点検手法のマニュアル化 ケーブル張力測定システム機材の導入
	知識/技術	離職者が多いので継続性確保には苦労しているが、退職者が点検担当責任者になっている場合が多い コンサルタントの業務にトレーニングを加えることで、知識のない若い ERA 技術者の向上に努めている。 実施は国内を 3 エリアに分割し、コンサルタントに委託している。	継続性の確保 エクストラードズド橋について向上	

	経験	経験に関しても継続性確保をコンサルタントの情報交換により低下しないように努力している。	継続性の確保 エクストラードーズド橋について向上	
	人材	本部は Team Leader をはじめ数名の技術者が全体を管理する。10ある地方事務所では最低各2名の橋梁維持管理担当の技術者が配置されている。	継続性の確保	
	組織	本部及び10か所の地方事務所が担当	知識/技術/経験の向上、 継続性確保 エクストラードーズド橋について向上	
分析/評価	マニュアル	Inspection Manual, Chapter 4にて説明	PC橋、特殊橋梁のマニュアルの整備 エクストラードーズド橋のマニュアル整備	2015年度版の部分的アップデート、追加 エクストラードーズド橋のアップグレード PC橋の2015年度版への追加
	知識/技術	点検の同項目を参照	継続性の確保 エクストラードーズド橋について向上 劣化予測の実施	ドローンを使った点検結果の分析/評価方法のマニュアル化 日本の劣化予測の紹介
	経験	点検の同項目を参照	継続性の確保 エクストラードーズド橋について向上	
	人材	点検の同項目を参照	継続性の確保	
	組織	点検の同項目を参照	知識/技術/経験の向上、 継続性確保 エクストラードーズド橋について向上	
補修工法選択/設計	マニュアル	STANDARD SPECIFICATION FOR BRIDGE REPAIR (2008) Concrete Bridges Maintenance Manual (2010) PC橋、特殊橋梁(エクストラードーズド橋)無し	PC橋、特殊橋梁のマニュアルの整備 エクストラードーズド橋のマニュアル整備	2015年度版の部分的アップデート、追加 エクストラードーズド橋のアップグレード PC橋の2015年度版への追加
	知識/技術	点検の同項目を参照	継続性の確保 エクストラードーズド橋について向上	上のアップデート、アップグレードへの対応
	経験	点検の同項目を参照	継続性の確保 エクストラードーズド橋について向上	
	人材	点検の同項目を参照	継続性の確保	
	組織	点検の同項目を参照 加えて、設計の発注は Procurement Directorate、管理は Design Management Directorate が実施する。	知識/技術/経験の向上、 継続性確保 エクストラードーズド橋について向上	
補修施工	マニュアル	STANDARD SPECIFICATION FOR BRIDGE REPAIR (2008) Concrete Bridges Maintenance Manual (2010) PC橋、特殊橋梁(エクストラードーズド橋)無し	PC橋、特殊橋梁のマニュアルの整備 エクストラードーズド橋のマニュアル整備	2015年度版の部分的アップデート、追加 エクストラードーズド橋のアップグレード PC橋の2015年度版への追加
	資機材	直轄の施工部隊による施工が多い。総じて古く、耐用年数を超えているものも多い。	量的及び質的補充	施工機械の質的/量的補充のための機材無償 機械操作の技術的指導

	知識/技術	単純な補修技術はおおむね習得。複合的な損傷等複雑な対応が必要な物には、さらに踏み込んだ規模の大きな補修方法や、マニュアル化されていない技術が必要だと考えるが、それらはほとんど知識も経験もない。	継続性の確保 エクストラードーズド橋について向上 直営部隊と民間のレベル差を埋める 複合的な損傷等の複雑な補修方法のマニュアル化	機械運用を管理する日本のシステムの活用 (KOMATSU 等) 個別事業/作業対応ではなく、点検⇒分析⇒設計⇒施工の一括発注や、地域ごとの維持管理及び補修一括発注、道路維持管理とまとめた性能規定型発注等の紹介、運用方法指導、体制構築 数多くある日本の補修事例の紹介
	経験	直轄の施工部隊による施工が多い。民間の落札事業が少ないので、民間業者の蓄積が進まない。	継続性の確保 エクストラードーズド橋について向上 直営部隊と民間のレベル差を埋める	
	人材	施工監理は点検を実施したコンサルタントに委託 (原則) 管理は発注する地方政府、または地方事務所	継続性の確保 直営部隊と民間のレベル差を埋める	
	組織	10 か所の地方事務所のほかに、大規模な工事は地方政府 (Regional Directorate、10 か所) が実施する。	知識/技術/経験の向上、継続性確保 直営部隊と民間のレベル差を埋める	
詳細調査	マニュアル	シュミットハンマーを使ったコンクリート強度測定調査以外は資器材もなく実施できていない。橋梁の耐荷力の調査と診断ができない	機材の調達、詳細調査の知識/技術の習得 橋梁上部工の耐荷力の調査と診断	機材の調達、詳細調査の知識/技術の習得 日本の試験車載荷試験等の導入方法について検討
	資機材			
	知識/技術			
	経験			
	人材			
組織				
BMS	マニュアル	User Manual (2027) Administrator's Manual は未整備?	優先度順位付け基準及び算出する工費についての改善	BMS を中心にしたマネジメントサイクルは回っている。また、BMS のアップデートも実施できている。あとは、BMS 利用の効率化であり、正確性/制度の判定と向上への支援が必要になる。特に点検データ/分析結果の正確性、概算コストの実際の工費とのずれの縮減、ロングリストの順位と感覚のずれの解消等が上げられる。
	システム	WEB 版を 2018?年に整備、運用中 点検、診断/評価、補修工法選定、補修費用算出、ロングリスト作成まで可能 PC 橋、特殊橋梁に対応していない。 WEB 版は ERA 予算でエチオピア IT コンサルにより整備	同上 加えて、鋼橋、特殊橋梁 (特にエクストラードーズド橋) の追加	
	知識/技術	正確性/精度が判定できるのか不明	精度向上、感覚とのずれを埋める	
	経験	WEB 化とユーザインターフェースの向上により、操作できる職員が増えた。また、対面のトレーニングの経験も積まれたので、新人でも早く操作を覚えることができる状況ができています。担当が離職しても操作できないという事態は起こらないと考えています。	特になし	
	人材	同上	特になし	
	組織	Bridge Maintenance Department の Team Leader をはじめ数名の技術者	特になし	

予算要求	制度・手順	点検結果に基づき、ロングリストの上位は地方事務所の技術者が直接確認する。必要性が確認された橋梁には、設計業務を Procurement Directorate から発注し、業務管理は Design Management Directorate が実施する。その後、設計結果に基づき、大規模な補修工事は地方政府 (Regional Directorate、10 か所)、その他は ERA 地方事務所 (Regional office、10 か所) から予算要求がなされる。9 割以上認められるため、ほぼほぼ要求額が認められる。要求先は道路基金及び中央政府予算の二組織である。	予算が不足していること以外には特にない模様	点検データおよびロングリストによる要求体制は構築で来ている。事業実施決定後の設計実施、予算要求/承認の時間が非常に長く、タイムリーな補修ができていない。時間の短縮のため、ECI 等の紹介、運用方法指導、体制構築が可能
	経験	現状に限っては有、改善は難しい	予算が不足していること以外には特にない模様	
	人材	予算化可能な範囲では有	予算が不足していること以外には特にない模様	
予算配分	制度・手順	要求のうち、認められた事業に配分される。	予算が不足していること以外には特にない模様	
	経験	現状に限っては有、改善は難しい	予算が不足していること以外には特にない模様	
	人材	ほとんどが認められる。認められない場合の基準は不明	予算が不足していること以外には特にない模様	
施工監理	制度・手順	原則として点検を実施したコンサルタントに委託	点検を実施したコンサルタントが施工監理を実施できない場合の対処法	施工管理技術向上のための技プロはブータンで実施済み。必要に応じて他項目と合わせての実施が可能か？
	経験	ERA よりコンサルタントの方が経験がある場合が多い。点検から把握しているコンサルタントによる施工監理は業務の効果を上げるために必要と考えられている。	施工監理を実施するコンサルタントを管理できる技術者が ERA には少ない。	
	人材	ERA よりコンサルタントの方が経験・知識・技術がある場合が多い。	施工監理を実施するコンサルタントを管理できる技術者が ERA には少ない。	
日常点検/ パトロール	マニュアル	毎年の Routine Inspection が 2015 年版に Subchapter 2.3 に記載有 日本で言う日常点検のマニュアルは未整備	喫緊の課題でないと認識	ERA の橋梁維持管理分野において最も遅れていると考えられるのが、日常点検/パトロール/維持管理である。他項目の技術移転と併せて、マニュアル整備、資機材供与、技術指導等が可能。
	資機材	小規模点検機材は有り		
	知識/技術	2015 年版にパトロール車、障害物除去等の安全確保方法、パトロール中の損傷目視確認等、記述無し		
	経験	ほとんどない模様		
	人材	委託している業者が実施		
	組織	同上		
日常維持管理	マニュアル	2015 年版に Routine maintenance の記述無し、未整備	喫緊の課題でないと認識	
	資機材	清掃 (路面、排水溝)、除草用の高圧洗浄機等 未確認		

	知識/技術	清掃（路面、排水溝）、除草等の マニュアル無し		
	経験	ほとんどない模様		
	人材	委託している業者が実施		
	組織	同上		

出典：JICA 調査団

### 2.1.3. 活動1-3：過去に実施した道路維持管理プロジェクトを受けて AACRA が進めている橋梁維持管理ガイドラインの準備・活用などの取り組みについて助言を行う

#### JICA プロジェクトで供与された PMS について

##### (1) PMS の現状確認

##### PMS について

AACRA では JICA プロジェクトで供与された PMS については、問題なく稼働している。現時点ではシステムとして、機能の追加等カスタマイズの要望はないが、以下の理由により完全には活用されていない。

- JICA 供与の PMS の内、Road Condition に関する機能だけを使用している。
- その他の機能として、道路の補修履歴を入力する必要があるが、補修作業は、Maintenance Department の直営部隊によって、夜間作業で夜行われている。本来であれば、監督者であるアセットチームが記録し PMS に入力する必要があるが、アセットチームに夜間作業ができる余裕がなく、記録や写真などのデータが取れていない。また、メンテナンスチームは作業が忙しく、データを残す余裕はない。
- データ入力や分析等、PMS 全体トレーニングを受けた人員が離職している。

PMS は 2 基のパソコンに導入されている。取り扱える職員は少ないが、比較的簡単なシステムなのでトレーニングしていきたいと考えているが、これには JICA の協力が必要である。研修を受けた職員が全員離職しているため、在職している職員への再教育が望まれる。今後はシステムを習熟した職員が、別の職員に指導していくことで持続可能なものとしたいと考えている。

AACRA では、供与された PMS を使用して要求する予算の算出を実施し、維持管理の計画（優先度など）が策定されるが、それがそのまま採用されるわけではない。コストや政治的見解など様々な要素が加わって計画は変更される。このため、技術的な側面だけではなく、優先度を定めるために必要な他の要因も反映できるシステムへの改良が期待される。

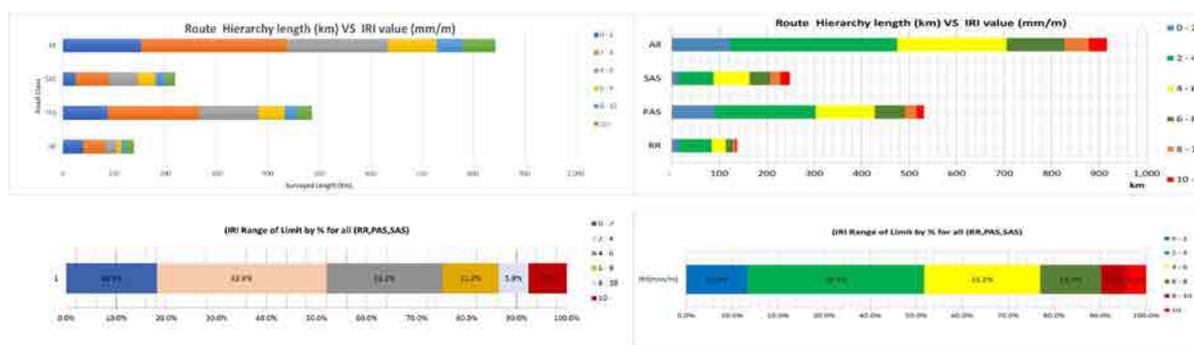
##### PCSV について

RMMS (Road Maintenance Management System) に集約するデータのうち、路面性状データについて、過年の JICA プロジェクトで供与された路面状態計測車両 (Pavement Condition Surveying System : PCSV) を活用している。PCSV は車載カメラと車載レーザーにより、IRI (International Roughness Index : 国際ラフネスインデックス) やひび割れなど路面の状態を計測する車両である。この PCSV を用いた RMMS によって路面状態を詳細に評価できるため、非常に利便性が高いと考えている。そのため、TIAMS 導入後も、PMS (道路管理) 分野については引き続き RMMS を利用したいと考えている。

ただし、PCSV は 2022 年 4 月時点で故障中であった。AACRA から JICA へ発出された“RMMS のエラーに関するレター”は、この PCSV の故障のことであった。状況を確認したところ、接続不良や、ソフトの誤作動といったものではなく、装置の深刻な故障であると思われた。この故障については、全道路技プロに記載のある保守契約に基づき、サポートサービス (PASCO) に問い合わせるよう助言した。2023 年 8 月時点では、後述する本プロジェクトで対応した PCSS サポート以降不具合は発生していな

い。

IRIについて、2018年度～2021年度までの3年間のデータを受領した。毎年1回の計測が順調に実施されていることがうかがえる。2021年度と2018年度のデータを比較すると、問題のない区間（IRI4未満）は50%程度と2018年度から変化はないが、補修が必要な区間（IRI8以上）が10%程度から13%程度に増加した。アジスアベバ市内の舗装道路については比較的良好な状態が保たれているが、若干劣化が進んでいるように見受けられる。現在は前述の通り PCSV が故障しているため、2022年度のデータ収集は出来ていない。この装置は、5m ピッチで画像をとらえることで路面状態を診断するシステムである。また、レーザーにより路面の凹凸をプロファイルする。雨天や曇天では、計測精度が下がるため、AACRA では2023年度の計測は雨季が明ける9月以降から開始する計画である。



出典：AACRA より資料提供

図 2.1-19 2021 年度（左）と 2018 年度（右）の IRI 測定結果

### 路面性状調査システム（PCSS : Pavement Condition Survey System）について

PCSS のモニタの故障については、サポートサービス（PASCO）と Web 会議を実施し、モニタを交換することで正常に稼働した。

ただし、車両に搭載されている 6 つの機能の内、GNSS、ACC、LDS の機能が停止して次のステップに進めないという現象が発生し、調査不可能な状況である。そこで、計測 Log を Pasco に送付し、開発者である Pasco で Log を確認したが、明確な問題点が特定できなかった。そこで、本業務内で RMMS の再トレーニングと合わせ PCSS の問題点の確認を実施した。

REA Light Data Processing Program には 3 つの機能（Import Segment information, IRI & Location, Inventory）があるが、使用しているのは IRI の分析のみである。JICA プロジェクトで研修を受けた技術者が退職したため使用方法がわからない。本来であれば 2 年に 1 度、インベントリ調査を行うこととなっているが、実施できていない。

Road Maintenance Management System (RMMS) については、GIS ソフトをプラットフォームとしているようだが、まったく使用方法がわからない。JICA の研修を受けた担当者のデータが残っているのみである。

2022 年 4 月より 5 名の新人が当部署に配属された。彼らへの教育を含めて JICA に再度プログラムの利用トレーニングをお願いしたい。

## (2) PCSS 及び VISS の稼働状況確認

### 1) 路面性状システム (PCSS) の現状確認 (国内)

#### アンケートと Web ミーティングによる状況確認

AACRA のアセットマネジメントチームを対象にしたアンケートを実施した。また、AACRA 本部の職員と Web 会議を実施し、アンケート結果に関する詳細内容の確認を行った。アンケートには本部、および各 Regional Office のエンジニア、計 27 名から回答があった。アンケート結果より、PCSS での路面性状調査を実施した経験のあるエンジニアは 7 名、スマートフォンを用いた点検を実施した経験のあるエンジニアは 15 名が在籍していた。しかし、車両およびスマートフォンで取得したデータを RMMS (DB システム) に登録した経験のあるエンジニアは 6 名程度しか在籍していない状況であった。

本アンケートと、Web ミーティングにより、本年度は PCSS に不具合が発生しており、PCSS による調査が実施できておらず、以降の作業がストップしていることが判明した。そのため、現地渡航においては PCSS による調査が実施できるよう、車両の不具合の解消を優先的に実施することとした。現地渡航にあたり、PCSS にリモートでのアクセスを試み、事前に不具合の詳細な状況調査を実施した。また、AACRA では車両による調査の他、スマートフォンアプリによる目視調査を実施しているが、一部のスマートフォンでアプリケーションが動作しないとの報告があった。

表 2.1-15 アンケート内容

Q1-1	Are you implementing pavement inspection using the PCSV in AACRA?
Q1-2	If "NO" to the previous question, what year was the last inspection implemented with PCSV?
Q2	What is the total length of the road you inspected in each of the last three year? e.g. in 2022 - XXX km in 2021 - YYY km in 2020 - ZZZ km
Q3	Do you carry our calibration work of PCSV every year?
Q4	Did you preparer the report of calibration?
Q5	Are there any failures or errors in PCSV? If YES, please descrive them in details.
Q6	Are there any problems for the implementation of PCSV?
Q7	Are you implementing Data Processing work after the field survey with PCSV?
Q8	What is the total length of the road you processed data in each of the last three year? e.g. in 2022 - XXX km in 2021 - YYY km in 2020 - ZZZ km
Q9	Have you done the confirmation of start and end points of survey route using Data Processing system?
Q10	Have you registered the new route information?
Q11	Have you surveyed the new routes?
Q12	Are you registering the data from the PCSV to the Road Maintenance & Managemement System (RMMS)?
Q13	Are there any problems for the Data Processing work?
Q14-1	Are you implementing Visual Inspection on site using the smartphone application?
Q14-2	If "NO" to the previous question, what year was the last Visul Inspection implemented with the smartphone?
Q15-1	Are you implementing Emergency Patrol on site using the smartphone application?
Q15-2	If "NO" to the previous question, what year was the last Emergency Patrol implemented with the smartphone?
Q16-1	Are you collecting Repair Information on site using the smartphone application?
Q16-2	If "NO" to the previous question, what year was the last Repair Information collected with the smartphone?
Q17	Are you registering the data from Mobile Application to the Road Maintenance & Managemement System (RMMS)?
Q18	Are there any problems for the Visual Inspction / Emergency Patrol / Repair Information Collection work with smartphone applicatiopn?
Q19	Do you preparer the Annual Maintenance Plan with RMMS?
Q20	Do you preparer the Middle/Long Term Maintenance Plan with RMMS?
Q21	Are there any problems for implementation of RMMS?

出典：JICA 調査団

### Web 接続による PCSS の状況確認

事前報告で、計測準備～計測までは正常に動作するが、計測を停止すると計測終了プロセスが完了せず、次の計測ができなくなるという不具合内容が報告されていた。現地渡航時に不具合対応を迅速に行うためには、不具合内容や発生状況を詳細に把握し、対応方針を検討しておく必要があることから、渡航前に PCSS の制御用 PC に日本からリモートアクセスを行い、不具合発生状況を確認した。制御用 PC にリモートアクセスするため、AACRA スタッフには現地で通信用 Wifi を用意してもらい、事前に周知した手順に従い制御用 PC をインターネットへ接続してもらった。確認した結果、計測機器の故障による不具合ではなく、データの処理プロセス、特にデータの読み込み、書き込みで問題が発生していたことが確認された。

リモートアクセスでの PCSS の状況確認の結果を受け、現地で実施するチェック項目を整理するとともに、必要な備品（新規外付け HDD、等）を準備した。

表 2.1-16 PCSS チェック項目一覧

場所	項目	確認事項	チェック
車外	カメラ①	外装に傷はないか	
		レンズに傷はないか	
		ケースのネジにゆるみはないか	
		配線に損傷はないか	
	カメラ②	外装に傷はないか	
		レンズに傷はないか	
		ケースのネジにゆるみはないか	
		配線に損傷はないか	
	カメラ取付台	外装に傷はないか ネジのゆるみはないか	
	GNSSアンテナ	外装に傷はないか 配線に損傷はないか	
	レーザー変位計	外装に傷はないか	
		コネクタのピンは破損していないか	
配線に損傷はないか			
ケースの中の機器は固定されているか（緩みはないか） ケースを設置する受け側はしっかり固定されているか			
車内	PC	汚れないか	
		配線は損傷していないか	
		異音はしていないか	
	PC内部	マウス、キーボードは正常に動作するか	
		カード類はしっかり刺さっているか	抜き差しをして確認
		メモリはしっかり刺さっているか	抜き差しをして確認
	MCU	汚れないか	
		全ての配線がしっかりと接続されているか	全ての配線を抜き差しをして確認
		コネクタのピンは破損していないか 電源のON/OFFした際に起動、終了に遅れは発生していないか	全ての配線を抜き差しをして確認
	バッテリー	バッテリーの電力は十分か	
		配線は損傷していないか	
		配線にゆるみはないか（+極、-極）	
サブバッテリー チャージャー	配線に損傷はないか		
	配線にゆるみはないか 電源はエンジンと連動して正常に起動するか メインLEDは赤で点灯しているか		
	異音はしていないか		
インバーター	外装に傷はないか		
	配線にゆるみはないか		
	正常に起動するか インジケーターはグリーンに点灯しているか 異音はしていないか		
システム	ソフトウェア	Windowsは遅延なく正常に起動するか	
		計測ソフトウェアは正常に起動するか	
		機器の接続は正常か（全てグリーンになるか）	
		保存容量（Internal、External）は十分か	
		計測開始、終了が正常に動作するか	
		車両の動揺と同期してレーザー変位計、加速度計の波形が動くか	テストスピードモードで確認
		位置座標が更新されるか（ソフトウェア画面右上）	テストスピードモードで確認
		カメラが一定距離ごとに更新されるか	テストスピードモードで確認
		カメラの撮影設定を変更した際に、追従して画面が変わるか	テストスピードモードで確認
		実走行で計測した際、機器の接続は正常か	実際に走行して確認
計測開始、終了が正常に動作するか	実際に走行して確認		
計測後のデータが解析ソフトウェアに取り込めるか	テスト計測後に確認		

出典：JICA 調査団

## 2) PCSS 及び VISS の稼働状況確認

### 路面性状調査システム (PCSS) の稼働状況確認

前述の通り、AACRA に導入された路面性状調査システム (PCSS) は、2017 年に稼働を開始しており、約5年が経過している。事前の Web 会議、アンケートでも PCSS に不具合があり、2022 年の調査が実施できていないとの報告があったことから、PCSS に搭載されている制御用 PC、各センサー類の稼働状況の確認を行った。

今回、事前に報告されていた不具合は、計測時に一度計測を停止すると、次の計測ができなくなっている状況であった。本業務における確認でも現象は再現されることを確認した。PCSS は処理状況を常に画面に表示しており、計測停止後に計測データを格納するための外付ハードディスク（HDD）への書き込み時に、遅延エラーが発生していることが判明した。そこで、計測データを格納する HDD を一時的に制御 PC 本体の内蔵 HDD に変更しテスト計測を実施し、エラーが発生しないことを確認した。次に、新しい外付け HDD を接続し、テスト計測を実施し、エラーが発生しないことを確認した。新しい HDD に換装後、半日程度 3 路線（上下）、計 6 路線の計測を実施し、その間はカメラ、レーザー変位計などの各センサーを含め、エラーは発生せず IRI データの取得ができています。

不具合対応の他、搭載機材の確認、清掃を実施した。各センサー類の確認ではセンサー部そのものに異常はないが、ケーブルコネクタ部の破損や稼働部品の油切れ、バッテリーの劣化などがあった。そのため、機材の清掃、バッテリー交換を実施した。

表 2.1-17 稼働状況確認実施内容

12/12	AM	搭載機材稼働確認、搭載機材清掃
	PM	HDD 交換（テスト計測）
12/13	AM	ロングテスト（6 路線）
	PM	バッテリー交換（車両、計測用サブバッテリー）

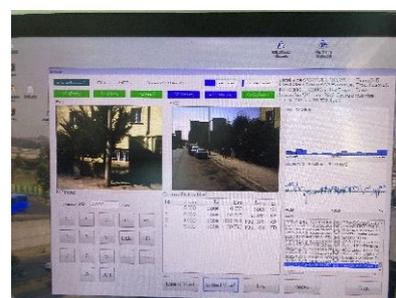
出典：JICA 調査団



カメラセンサー部 分解清掃



変位計センサー用 ケーブルコネクタ  
(軽微な破損、稼働に現状問題なし)



PCSS 計測中の画面

出典：JICA 調査団

図 2.1-20 PCSS 稼働状況

### 目視点検システム（VISS）の稼働状況確認

AACRA の舗装点検は、PCSS を用いた車両調査（IRI 調査）のほか、目視による調査を実施し、維持管理計画における補修箇所選定のためのデータを取得している。2015 年～2019 年に実施された技術協力プロジェクトでは、目視調査をサポートするツールとして、スマートフォンのアプリケーションを 5 台のスマートフォンと共に導入した。アプリケーションは Android OS 対応のアプリケーションであり、端末が不足する場合は、AACRA 職員所有の端末にインストールすることで、使用可能としていた。事前の Web 会議による報告で、技術協力で導入したスマートフォンのうち、1 台は故障、2 台は所在が不明となっていることが判明した。また、一部の職員所有スマートフォンにおいて、アプリケーションに

不具合が報告されていたことから、スマートフォンアプリケーションの不具合の詳細の確認を行った。

VISS は今回報告されていたアプリケーションの不具合は、新しいスマートフォンで VISS を利用する際、アプリケーションの機能で直接取得した画像情報を反映できないものであった。この不具合は、Android OS のバージョンによるものであり、かつ一部のスマートフォンでのみ発生しており、原因の解消は困難であった。一時的な解決策としては、スマートフォン既存のカメラアプリで、画像を取得後、VISS で、保存された画像を選択して調査データとして反映することで、当該機器でも目視点検を実施することができる。

根本的な解決策としては、VISS アプリケーションのバージョンアップであるが、本調査での対応は困難なことから、一時的な解決策の提供にとどまった。



VISS 画面

研修状況

出典：JICA 調査団

図 2.1-21 VISS 稼働状況確認

### (3) 道路維持管理にかかる研修の実施

本業務における調査で、AACRA 内部の人事異動等による担当者の交代時に、十分な業務引継ぎがなされていないことが判明した。アンケートの結果からも、PCSS、VISS による点検の経験者は回答者の半数近く在籍しているものの、その後のデータ処理、DB へのデータ登録作業等を経験した職員は若干名しか在籍していない。

本業務では、前述の調査結果、および AACRA からの技術移転の依頼に基づき、道路点検後のデータ処理から、DB へのデータ登録、維持管理計画作成までの一連の作業について、研修を実施した。研修は、本部、および Regional Office から計 29 名が参加して 12/14、15 の 2 日間で実施した。12/14 は、AACRA における維持管理業務の一連の流れを講義形式で実施した。12/15 はテスト計測で取得したデータを使用して、データ処理から DB 登録、維持管理計画作成までを実習形式での研修を実施した。

表 2.1-18 研修実施内容

開催日	2022年12月15日(木) 10:00~16:00、12月16日(金) 10:30~15:00	
開催場所	Washington Hotel セミナールーム	
参加人数 ※	29名 (HQ: 12名 East: 4名 West: 2名 South: 3名 North: 4名 Central: 4名)	
12月15日	AM	PCSSによる調査の流れ、VISSによる調査の流れ
	PM	舗装維持管理計画作ガイドライン
12月16日	AM	PCSS、VISS データ処理研修：データ処理、DB 登録
	PM	RMMS (維持管理計画)：舗装維持管理計画作成

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 2.1-22 研修状況

### 1) PCSS データ処理

事前に実施したアンケートでは、PCSSによる調査は実施しているものの、データ処理、DBへの登録が実施されていない状況であった。PCSSによる調査データは、Data processing Program を用いて、DB用フォーマットへの変換作業を実施する必要がある。また、維持管理計画に使用するデータとして、変換後にDBへ登録しなければならない。PCSS データ処理研修では、PCSVで取得したデータの処理およびDB (RMMS) への登録を実習形式で実施した。

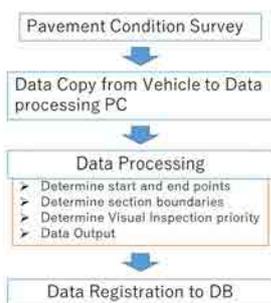
表 2.1-19 PCSS データ処理研修 (実施内容)

1	データ処理プログラム (Real Light Data Processing Program) セットアップ
2	計測起終点設定
3	セクション区切り箇所の設定
4	データ出力
5	DB (RMMS) へのデータ登録

出典：JICA 調査団

技術協力プロジェクトを実施当時、PCSSでの調査は本部で実施することとなっていたが、現在は各

Region Office で実施されている。アンケートでは Region の職員に PCSS のデータ処理経験者が在籍していなかったこともあり、研修では、データの基本となる路線の起終点、セクションなど、データの区切りとなる区間単位の定義考え方の説明を行った。それを踏まえ、テスト計測で取得したデータを用いて実習を行った。



PCSS ワークフロー



研修状況



出典：JICA 調査団

図 2.1-23 PCSS 研修状況

## 2) VISS データ処理

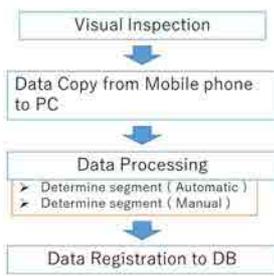
VISS においても、前述の PCSS のデータ処理と同様に、VISS による調査は実施しているものの、データ処理は実施されていなかった。VISS による調査データも PCSS による調査と同様に、維持管理計画のデータとして使用するために、DB に登録する必要がある。VISS のデータの位置情報は現場でのデータ取得時には座標情報で作成されるが、データ処理作業を経て、各路線の区間と紐づけをすることで、当該区間の損傷有無が登録され、維持管理計画に使用される。

VISS データ処理研修では、現場で取得したテストデータを使用して、データの DB 登録から、区間設定までの流れを、PCSS データ処理と同様に実習形式での研修を実施した。

表 2.1-20 VISS データ処理研修（実施内容）

1	データ登録 (to RMMS)
2	区間割り当て (自動処理)
3	区間割り当て (確認、確定処理)

出典：JICA 調査団



VISS ワークフロー

研修状況

出典：JICA 調査団

図 2.1-24 VISS 研修状況

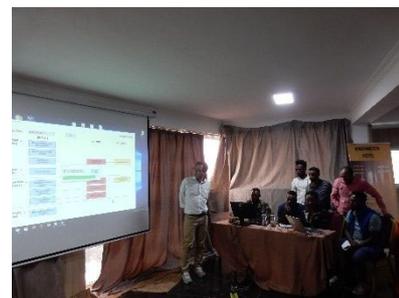
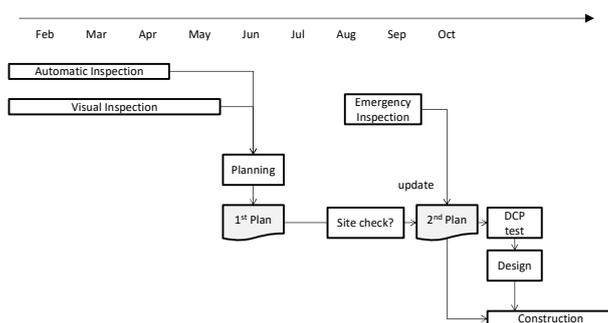
### 3) RMMS (維持管理計画)

維持管理計画はRMMSを使用して、舗装調査データに Road Profile、クリティカルセクションなどのパラメータを設定して、補修対象箇所のリストを作成する。舗装維持管理計画については、過年の技術協力プロジェクト実施当時から、本部で作成することとなっていた。現状においても、本部で作成することには変わりはないが、AACRA の職員の入れ替わりが多いことを鑑み、AACRA の道路アセットマネジメントにかかわる Regional Office を含めた職員に維持管理計画の考え方、RMMS を使用した年次修繕計画の作成について、研修を実施した。

表 2.1-21 RMMS データ処理研修 (実施内容)

1	道路維持管理計画のガイドライン
2	維持管理計画作成 (RMMS 操作)

出典：JICA 調査団



維持管理計画作成の年間作業フロー

研修状況

出典：JICA 調査団

図 2.1-25 維持管理計画 (RMMS) 研修状況

#### 4) PCSV の稼働状況確認のフォローアップ

2022年12月に修理を実施したPCSVの状態を確認したところ、再度計測機材が故障し使用できない状態であった。モニタに「No signal」が表示され、システムが稼働しない現象が発生していた。



「No signal」の表示



ケーブルの問題が想定される

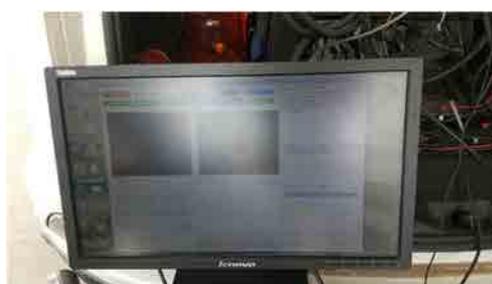
出典：JICA 調査団

図 2.1-26 PCSV の不具合状況

この現象を Pasco に相談し、外部電源と別モニタを使用した動作確認を実施した。



Windows は通常モードで起動



プログラムも通常通り起動

出典：JICA 調査団

図 2.1-27 PC（システム）の動作確認

この結果、PC は正常に立ち上がることが確認できた。故障の可能性としては以下に絞られる。

- Monitor 又は Monitor とケーブルの接続端子の故障
- ケーブルそのものの故障

Monitor 及びケーブルのテストは AACRA 自身で実施し、その結果を調査団へ連絡することとなった。ただし、ケーブルの購入について、AACRA 内部の手続きに時間がかかるとのことであった。その後、AACRA から連絡があり、ケーブルについてアジスアベバ市内で入手できないため提供依頼があった。このため、日本で購入して AACRA に提供した。

提供したケーブル：GeChic On-Lap シリーズ用 VGA ケーブル 2.1m

#### (4) 橋梁点検研修

AACRA の取り組んでいる橋梁維持管理に対して、AACRA の管理する橋梁について、実際に現地に日本人専門家が同行し、橋梁点検の研修を実施した。研修では、点検シートの記入方法及び留意点、供

与した機材の使用法、損傷に対する原因推定方法及び対策案の検討を実施した。以下に橋梁点検研修の概要を示す。

#### 1) 点検橋梁 1

##### 諸元

- 橋長約 50m、幅員約 70m
- 上部鋼構造：2 径間単純 RCT 桁橋
- 下部工構造：橋台：石積み(Masonry)橋台 Masonry、橋脚：Co 張出橋脚
- 建設後 6,7 年経過、竣工図は残っていない、エチオピア国の業者が施工

##### 下部工構造

- 6,7 年しか経過していないにも関わらず、両橋台端部に斜め方向の大きな亀裂が発生している。また、橋台壁前面がはらみ出している。橋台は構造計算されておらず、上部工荷重に耐えきれずに経年とともに損傷が進行していると推測される。
- 上記の損傷は非常に深刻な損傷と考えられる。対策としては、緊急対策として荷重をサポートするための仮設ベントの設置が望ましい。また、将来的な対策としては架け替えが推奨される。
- 橋台部及び橋脚部ともに伸縮装置の欠如により部分的に漏水が見られる。今後、漏水により劣化が急激に進行することが懸念される。
- 橋脚はコンクリート製で健全な状態である。

##### 上部工構造

- 全体的に施工品質が非常に悪い状況にある。施工時の木製及び鋼製の型枠が除去されていない状況が散見される。
- 施工不良により主桁の鉄筋露出が見られ、鉄筋は腐食している。また、豆板も多数確認できる。主桁の鉄筋が透けて確認できるためかぶりが非常に薄い状態であることがわかる。
- 床版にも腐食した鉄筋が見られる箇所があり、部分的には将来的に抜け落ちの可能性が懸念される。
- 橋面排水のための排水孔が見られるが、ただの孔であり蓋や排水パイプがないため、水が主桁に降りかかる不良な状態にある。
- 対策として、緊急対策として鉄筋の腐食を除去して断面修復を行うことが望ましい。また、将来的な対策としては架け替えが推奨される。

##### 橋面状況

- 舗装は数か所のポットホールが散見されるが、舗装表面は概ね良好な状態である。
- 上下線間の中央分離帯部には大きな水たまりがあり、そこから常時桁下に漏水があるものと推測される。排水状況は非常に悪い。
- 高欄はコンクリート製であるが、施工品質は非常に悪い。また、歩車道境界部には防護柵があったものと推測される支柱穴が確認できるが、盗まれたものか、現在は完全に消失している。
- 橋面の防水対策及び伸縮装置の設置が急務である。橋面からの漏水により劣化の加速化が懸念される。

現況写真



橋台



主桁及び床版 (1)



主桁及び床版 (2)



橋面



梯子を使つての支承点検



ノギスを使つてのひび割れ計測

出典：JICA 調査団

図 2.1-28 橋梁点検研修の点検橋梁 1

## 2) 点検橋梁 2

### 諸元

- 橋長約 94m、幅員約 15m
- 上部鋼構造：3 径間連続 PC 箱桁橋
- 下部工構造：Co 橋台、Co 橋脚
- 建設後 6,7 年経過、竣工図は残っていない、中国の業者が施工

### 下部工構造

- 研修橋梁 1 と同時期に建設された橋梁である。橋台堅壁前面に水平方向の微細なひび割れが見られるが、乾燥収縮によるものと推定され、深刻な影響を及ぼすものではない。
- 1 箇所の橋脚は河川の渡河部に構築されている。護岸がなく洗堀の進行が懸念される。対策としては、蛇籠等によって橋脚を保護することによる洗堀防止対策が望まれる。

### 上部工構造

- 主桁はプレキャスト製であり、良好である。プレキャスト部と場所打ち床版部の継ぎ目の施工品質に多少の不良が見られるが、全体として良好な状態にある。
- 橋面からの排水孔には網目の蓋が設置されているが、排水パイプが無いため、水が主桁に降りかかる不良な状態にある。また、橋台堅壁前面にも直接排水が降りかかる桟配置になっているため、構造的にもっと留意すべきである。さらに、橋面の歩道の排水は橋梁側面に垂れ流す構造であり、横断管により集水し、河川に排水する構造が望ましい。

### 橋面状況

- 伸縮装置も設置され、橋面状況は良好な状態である。

### 現況写真



全景



洗堀橋脚



主桁及び床版



橋面

出典：JICA 調査団

図 2.1-29 橋梁点検研修の点検橋梁 2

### 3) 点検橋梁 3

#### 諸元

- 橋長約 20m
- 上部鋼構造：2 径間連続 RC 床版橋
- 下部工構造：石積み橋台（と想定される）、Co 壁式橋脚
- 3 週間前の豪雨により片側橋台と上部工の一部が流失

#### 総合評価

- 人口過密地区に近接しており多くの人々が利用している。近くに迂回路となる橋梁もないため、現在は、2本の丸太を渡してその上に竹を敷いて人が通行できるようにしている。
- コンクリート橋の丸太での仮橋は非常に危険な状況で、コンクリート橋の損傷が進行すると落橋し人命に関わる危険がある。日本ならバリケードを設置して通行止めにする状況である。橋梁の被害を周知するための看板（サイン）を設置すべきである。
- 補修は不可能な状況と判断されるため、近隣箇所に新設橋の建設が急務である。

#### 現況写真



被災橋梁全景 (1)



被災橋梁全景 (2)

出典：JICA 調査団

図 2.1-30 橋梁点検研修の点検橋梁 3

- 研修のために以下に示す橋梁点検機材は調達し、AACRA に供与した。

表 2.1-22 AACRA に供与した調達機材一覧表

List of Bridge Inspection Equipment

No.	Name	Quantity
1	Work helmet	4
2	Safety vest	4
3	Safety belt	4
4	Safety gloves	4
5	Safety protection goggles	4
6	Boots (safety shoes)	4
7	Waders	4
8	Mowing sickle	4
9	Clip file	4
10	Light	4
11	Scale (convex)	4
12	Wire brush	4
13	Test hammer	4
14	Scraper	4
15	Rubber cone	4
16	Ladder	1
17	Steel tape (50m)	1
18	Caliper	2
19	Plumb bob	2
20	Blackboard for construction	1
21	Warning plate	2

出典：JICA 調査団

(5) 損傷が深刻な橋梁の視察

AACRA が管理する橋梁の内、損傷のある橋梁の視察を実施した。実際に現地に日本人専門家が同行し、状況の確認及び対応策等を助言した。

1) 視察橋梁 1

諸元

- 橋長：48m、幅員：20m
- 上部工：3 径間連続 PC 桁橋
- 下部工：石積み橋台、RC 橋脚

- 上下線で2橋に分離しており、架橋年次が異なる。

(新橋) 建設後 25 年程度経過、(旧橋) 建設後 50 年以上 (AACRA 談)

#### 主な損傷

- 新橋は比較的健全な状態である。ただし、洗堀防止の対策がされておらず、将来的に洗堀の可能性はある。また、橋脚部周辺には土砂・廃棄物が堆積しており、洪水時に障害となり、越水する危険性が想定される。
- 旧橋は新橋に比べ劣化が激しく、床版には広範囲に遊離石灰や漏水跡が見られる。また、年代は不明であるが、補修跡が見られる。新橋と同様に、洗堀、土砂・廃棄物の堆積が著しい。
- 旧橋の石積み橋台は僅かにはらみ出しが見られ、重交通の荷重に対する耐荷力不足の可能性が有る。
- 近隣のアルコール会社から汚水が橋梁周辺に垂れ流されている。周辺にはプランテーション農業が行われているため、農作物の汚染が懸念される。
- 橋面舗装は健全であるが、伸縮装置の欠如、孔を開けただけの排水装置、車両の衝突によるものと見られる Co 防護壁の損傷、照明柱の損傷 (部品の盗難による) が見られた。

#### 主な対応策

- 橋脚周りのごみを除去後、洗堀状況の確認、必要に応じて河床埋め戻し、防護工の設置
- 床版は補修後、床版上面に防水層を設置
- 工場からの排水パイプの移設
- 壁高欄の補修
- 橋台付近のヤギ関連のごみの清掃
- 石積み工の橋台は支持力が十分でないので、全面のはらみ出しやクラックの出現をモニタリングする。

#### 現況写真



橋梁全景 (新橋)



橋梁全景 (旧橋)



橋脚まわりに堆積したごみ（新橋）



床版の遊離石灰、補修跡（旧橋）



床版の遊離石灰、漏水跡



橋面状況

出典：JICA 調査団

図 2.1-31 深刻な損傷の橋梁視察の視察橋梁 1

## 2) 視察橋梁2

### 諸元

- 上部工：2 径間連続 RC 桁橋
- 下部工：ピアアバット（背面に石積み工の護岸）、RC 橋脚

### 主な損傷

- 橋脚部に大量の廃棄物が堆積しており、洪水時には障害となり、越水する危険性がある。過去に周辺が何度も冠水の被害にあったとのことである。
- 橋面、高欄のコンクリートの劣化
- 橋台の河積阻害

### 主な対応策

- 橋脚周りのごみの撤去、洗堀の有無の確認
- コンクリートの表面補修（現状歩道橋になっており、緊急性は低い）
- 橋台取替や橋梁架替により、河川断面の確保が可能だが、緊急性は低い。
- 橋面に洪水跡が見当たらないため、現状の事後保全で十分と考える。

### 現況写真



橋梁全景



橋脚まわりに堆積したごみ

出典：JICA 調査団

図 2.1-32 深刻な損傷の橋梁視察の視察橋梁 2

## 3) 視察橋梁3

### 諸元

- 橋長：60m、幅員：30m
- 上部工：3 径間単純橋（両端部は床版橋、中央部は PC 箱桁橋と想定）
- 下部工：RC 橋台、RC 橋脚

### 主な損傷

- 比較的健全な状態である。上部工及び下部工にも大きな損傷は見られない。
- 中央径間の桁高が高く、桁下空間が狭いため、河川の流下能力不足の可能性が高い。現に、過去に

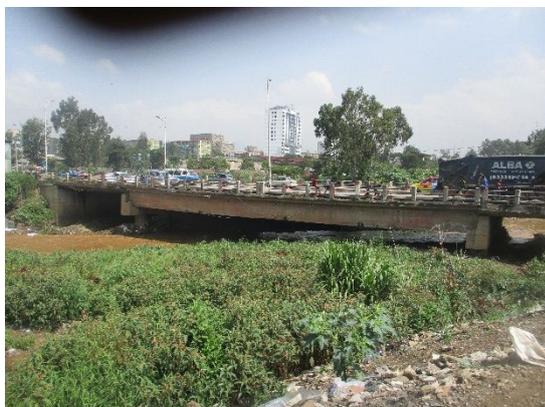
越水し、周辺の冠水により 10 名の死者が出たとのことである。

- 部分的なコンクリートの劣化、漏水
- 橋げたの中に住民居住

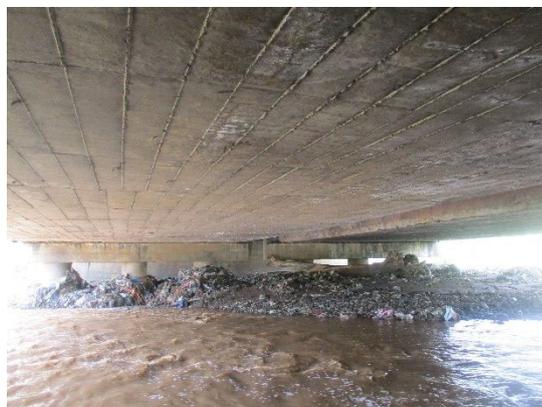
#### 主な対応策

- ごみの撤去
- 堆積土の除去
- コンクリート補修
- 床版上面への防水層設置
- 橋げた進入口への扉設置及び施錠

#### 現況写真



橋梁全景



中央径間床版のエフロレッセンス



端部径間床版のエフロレッセンス



橋脚まわりに堆積したごみ

出典：JICA 調査団

図 2.1-33 深刻な損傷の橋梁視察の視察橋梁 3

#### 4) 視察橋梁 4

##### 諸元

- 橋梁名：Bulgariya Tabot Maderiya
- 橋長：12m、幅員：2m
- 上部工：3主H鋼単純橋（想定）
- 下部工：石積み橋台

##### 主な損傷

- 以前はオートバイも通行していたが、現在は歩行者のみ利用している。地元の住民によると架橋後40年程度とのことである。周辺は人口密集地帯であり、遠くに車両の通行できる橋梁もあるが、この橋梁が周辺住民の主な連絡通路である。
- 側面から見るとたわみが生じており、外桁のH鋼の変形も見られる。

##### 主な対応策

- 早急な架替、Bailey 橋の活用

##### 現況写真



橋梁側面から見たたわみ



橋面状況



外桁H鋼の変形



橋面のコンクリートの剥離

出典：JICA 調査団

図 2.1-34 深刻な損傷の橋梁視察の視察橋梁 4

## 5) 視察橋梁 5

### 諸元

- 橋長：16m、幅員：15m
- 上部工：RC 単純桁橋
- 下部工：石積み橋台

### 主な損傷

- RC 床版から水漏れ、エフロレッセンスが散見された。橋面上に残った雨水が舗装下に浸水し、RC 床版内を通り抜けている。RC 床版から染み出る際にセメント分と共に流れ出している。場所によりコンクリートの密度が低下し、強度も低下していることが疑われる箇所が確認できた。
- RC 床版下面のコンクリートが部分的にはく離し、鉄筋が露出している。
- 床版に比べると RC 桁は流れ出たセメント分で汚れているが、進行した損傷は床版部分よりは少ない。しかしながら、数か所クラックが入り、浮きが発生している箇所が確認できた。
- 床版の劣化が進行し、抜け落ちる可能性があるため、RC 床版の補修は早急を実施することが求められる。その際、橋面からの水の浸透を防ぐ必要があるため、防水層の設置が必要になる。
- 橋面に施されている舗装の碎石のサイズが非常に大きく、品質が劣悪である。再舗装が必要であるが、その際の品質管理が必要になる。
- 橋台の下流部分の下端の地盤が洗堀で流出し、石積み工の下端部分が空中に突出した形になっている。
- 橋台基礎部の洗堀を放置すると、橋台全体の崩壊の危険性があるため、洗堀部を早急に埋めて、さらなる洗堀部分の拡大を防止することが求められる。しかしながら前面に護岸工や洗堀防止工を設置しない限り、洪水のたびに洗堀が起きる可能性が高く、短期的に繰り返し補修が必要になる。

### 主な対応策

- 床版／主桁の点検後、コンクリートの補修
- 床版上面の防水層設置
- 橋台下面への応急措置（緊急）、洗堀防止工（石積み工、蛇かご等）も必要
- 橋台の洗堀対策を本格的にするには、橋台下面の掘削／地盤置換等大掛かりな工事になる。橋台は石積み橋台であり、耐用年数も短いので橋梁の架替まで応急処置を繰り返すことが現実的。

現橋写真



橋梁全景RC床版下面(エフロレッセンス)



RC床版下面 (鉄筋露出)



RC桁 (クラック、水漏れ)



RC床版下面(密度低下) 橋台基礎部 (洗堀)



橋面 (路面損傷、滞水)



路面 (ポットホール)

出典：JICA 調査団

図 2.1-35 深刻な損傷の橋梁視察の視察橋梁 5

## 6) 視察橋梁 6

### 諸元

- 上部工：単純 PC 中空床版橋、8 径間連続 PC 中空床版橋
- 下部工：石積み橋台、RC 橋脚（二柱式）
- 施工は中国建設会社、供用後 10 年程度

### 主な損傷

- A2 橋台（8 径間連続中空床版橋側）正面から左部分の背面盛土が変異しており、側面の石積み工にひびが入っている。
- 背面盛土側壁高欄と橋梁側壁高欄にずれ（1～2cm）が発生。
- A1 橋台の排水パイプにつまりが疑われ、激しい漏水が確認できた。
- P1 上の伸縮装置から路面排水が激しく橋梁下に流出している。
- A1 及び P1 付近の排水柵が完全に詰まっている。
- P2～A2 間の橋面に排水柵が設置されていない。
- 伸縮装置が損傷され、アスファルトでカバーされている。
- 側面の石積み工のずれにより、路面脇の壁高欄にクラックが発生している。

### 想定できる主な対応策

- A2 背面盛土の変位を止めるには、上部工からの荷重を背面土で支持する現状の構造を変更する必要がある。例えば、石積み工前面に十分な支持力を確保した構造物を設置し、上部工からの荷重を支持して背面土への荷重を取り除く等が考えられる。その際、十分な支持力を確保するための地盤調査が必要。この損傷は放置しておく、橋台崩壊の可能性があり、早急に補修が必要である。
- A1 及び P1 付近の排水柵、パイプ内の清掃
- P2～A2 の排水は、壁高欄下部を削孔して排水パイプを設置する等が考えられる。
- 伸縮装置は取替が必要
- 路面脇の壁高欄のクラックは、損傷部をはつって目地を設置する等が考えられる。

現橋写真



橋梁全景



A2側面石積み工のクラック



壁高欄の高さのずれ (A2)



二柱式橋脚



激しい漏水 (P1)



架け違い部 (P1漏水箇所)



路面脇壁高欄の損傷（外側）



路面脇壁高欄の損傷（内側）



排水柵の詰まり



伸縮装置

出典：JICA 調査団

図 2.1-36 深刻な損傷の橋梁視察の視察橋梁 6

#### 7) 石積み工橋台について

- アジスアベバ市内に散見される石積み橋台について、問題点を解説した。特に幹線道路の橋梁にも採用されており、重車両による荷重により橋台前面／側面にクラックが発生したり、橋台前面にはらみ出しが発生したりしている。
- 石積み工は鉛直荷重に対する支持力が十分でなく、大規模な上部工に加え、重車両による荷重を支持できない。そのため、石積み工背面の盛土が沈下し、石積み工のクラック発生やはらみ出しが発生していることを解説した。
- 抜本的な補修は、橋台の取替しかない。
- 応急的なものとして、橋台前面に RC 橋台／ピアアバット／鋼製フレーム等を接して上部工の荷重を支持し、既存橋台の更なる沈下を防ぐことがあげられる。

## 2.1.4. 活動1-4：世界銀行が整備中の橋梁維持管理システムの活用について AACRA に対して技術的な助言を行う

### (1) TRANSIP

TRANSIP (Transport Systems Improvement Project) は世界銀行からの融資によるプロジェクトで、総額 192mil. USD である。主要な目的は Corridor Improvement であるが、その他にも多くのパッケージがある。ITS で CCTV Camera を設置し、TMS (Traffic Management System) Center への接続、160 カ所の交差点改良、5 路線の改良などである。その他に排水マスタープラン策定、交通マスタープラン策定、110 台のバスの調達、交通警察の無線システム、パトロールカー／オートバイの調達等がある。

TRANSIP 事業による BMS の詳細な情報を得るため、C/P の許可を得て委託先であるインドのコンサルタントにアクセスし、以下の資料を受領した。

《TRANSIP 事業委託コンサルタント》

LEA Associates South Asia Pve. (Mr. Basavraju P.S.)

TRANSIP 事業の概要を示す。

- TRANSIP 事業で構築しているシステムの名称は、Transport Infrastructure Asset Management System (TIAMS) であり、この中には、舗装、橋梁、暗渠、歩行者用橋、擁壁、交通標識、信号、排水路、ガードレール、道路標識など、効率的な輸送サービスの提供に不可欠なすべての資産が含まれる。従って、BMS は TIAMS の中の 1 システムである。

Road Management System (RMS)

**Bridge Management System (RFMS)**

Road Furniture Management System (RFMS)

Utility Management System (UMS)

Maintenance Management System (MMS)

Web-Geographic Information System (Web-GIS)

Incident Management System (IMS), and

Reports module

Administration & Security System

- BMS は、橋梁、カルバート、地下道、歩道橋の資産を管理するための TIAMS アプリケーション内の重要なモジュールである。このモジュールを使用して、資産の評価、保守要件の生成、および保守の優先順位付けが実行できる。
- TIAMS (BMS を含む) は開発が完了している。AACRA が道路資産管理システムを確立するためのハードウェア及びソフトウェアの調達が進行中であり、調達とインストール完了後に TIAMS アプリケーションは AACRA のデータセンターに移行される。

TIAMS (Transport Infrastructure Assets Management System) は、世銀の TRANSIP の下で実施されたプロジェクトであり、集中的な交通インフラの資産管理システムを開発し、交通インフラを管理するためのウ

ウェブベースおよび集中型プラットフォームを提供することを目的としている。市のサーバー導入が遅れていることから、2023年6月時点において、最終的な完了には至っていない。

TIAMSには、PMSとBMSの機能が備わっている。ただし、前述の通り最終運用に至っていないため、操作性や機能については十分わかっていない。AACRA内部においても2度ほど研修が実施されたが、担当者も実際の運用について理解できていない。PMSについては、既にJICA技プロ（2019年）で供与されたPMSがあるため、これを継続して利用していく予定である。BMSについては、コンサルタントが独自に調査した橋梁データが使用されている。ただし、全構造物が対象となっているわけではなく、全5地区の内3地区のデータのみが入力されているだけであり、運用が開始されればAACRA側でデータを追加していく必要がある。AACRAは、TIAMSのBMSについては、全ての道路アセットを含んだものであり、その中のBMSはシンプルなもの期待はしていない。JICAに支援を受けて整備したPMSのようなBMSをぜひ整備したいと考えている。現状はシステムがなく、AACRAには橋梁を効率的に維持管理するCapacityが様々な面で（人材面、制度面、設備面で）ない。トレーニングマニュアルに記載のある路面性状調査車両の購入はプロジェクトに含まれていない。また、予算不足の問題もあり購入の予定もない。

上述のように、TIAMSは最終運用に至っていないことから、操作性や機能については十分わかっていないが、AACRAは、PMS、BMSともにTIAMSとは異なる独自のシステムの整備を期待しており、JICAの支援を期待している。

TIAMSのデータ更新は市民からの通報と技術者による現地確認により更新される予定である。携帯電話から道路の破損を通報できるアプリ開発もプロジェクトに含まれている。また、AACRAには、JICAから提供された調査車両があるので、それを活用する。JICA供与の車両から得られるデータとTIAMSの互換性については、WBコンサルタントとの保守契約（3年間）の中で対応する。

→TIAMSのモジュールの一つであるBMSでは、①インベントリーデータからAsset Valueを出すこと、②点検データからBHI(Bridge Health Index)をアウトプットする機能があるが、点検データは点検者の主観で4段階に損傷を判断するものである。損傷別に補修工法をあてがって、概算工費を出す機能はない。道路全体のアセットマネジメントシステムとしてはこれでも十分であるが、ERAが運用しているようなBMSに比べると非常に性能は劣ると判断される。

AACRAでは、TRANSIPの下で「Consultancy Services for the Preparation of Manuals, Guidelines, Standard Specifications, Standard Bidding Documents and Standard, Terms of References for AACRA」による全ての基準／マニュアル（下表参照）の見直し作業が開始されている。本プロジェクトで改定、又は追加される基準／マニュアル類は以下の28の基準／マニュアル類である。

表 2.1-23 TRANSIP の下で改訂されるマニュアル

1. Geometric Design Manual	15. Urban Transport Planning Guideline
2. Urban Street Design Manual	16. Bridges Maintenance Manual
3. Intersection Design Manual	17. Standard Detail Drawings
4. Street Lighting Design Manual	18. Guidelines for the Design of Pedestrian Bridges
5. Right of Way Utilities Manual	19. Standard Technical Specifications for urban streets and Road Construction
6. Road Asset Management Manual	20. Standard Technical Specifications for urban streets and Road Maintenance
7. Road Safety Manual	21. Guidelines for Engineering Cost Estimates and Risk Analysis.
8. Drainage Design	22. Standard Bidding Documents.
9. Bridge Design Manual	23. Contract Administration Manual
10. Pavement Design Manual	24. Quality Control / Assurance Manual
11. Pavement Maintenance and Rehabilitation Manual	25. Environmental, Social Safeguard and Gender Guideline, and Land acquisition procedures.
12. Soil and Materials Manual	26. Occupational Health and Safety Manual
13. Geotechnical Manual	27. Standard terms of reference (TORs) for the different types of services like road / street design and supervision; bridge design and supervision, geotechnical investigation; road asset management, updating manuals, guidelines, and other standard documents
14. Traffic and Axle Load Study Manual	28. Training materials.

出典：JICA 調査団

## (2) その他の支援状況

その他の支援プロジェクトとしては、世銀による Drainage Master Plan、Transport Master Plan も実施中である。また、世銀+AFD (仏) によって、BRT の計画も進められている。

## 2.1.5. 活動1ー5：過去の無償資金協力にて建設された新アバイ橋（エクストラロード橋）の維持管理について ERA に対して技術的助言を行う

### (1) 橋梁点検方法の検討

#### 1) 日本人専門家による現地調査

新アバイ橋の現地調査について、空路でバハルダールに移動し、A3 号線を陸路で南下してデブレマルコスで宿泊するルートで計画した。また、安全を期すために ERA 職員の同行を求め、ERA 職員の了解を得た。しかしながら、JICA 安全管理部の審査の結果、JICA 安全管理部よりアバイ渓谷への渡航の不可の連絡があり、本業務中の新アバイ橋の日本人専門家による現地調査は実施しないこととなった。



出典：JICA 調査団

図 2.1-37 申請した新アバイ橋への移動ルート

#### 2) ドローンを用いた点検

実際に現地へ赴いて調査をする代替案を ERA と協議したところ、ERA が調達予定である点検用ドローンを使用し、日本人専門家の講習を受講後に ERA 職員により実施することで合意した。ドローンについては、ドローン本体やバッテリー等のアクセサリは納入済である。



出典：JICA 調査団

図 2.1-38 納入されたドローン本体やバッテリー等のアクセサリ

しかしながら、以下の理由によりドローンを用いた橋梁点検は困難であることが判明した。

- サプライヤーからはドローンのオペレータ訓練を受ける必要があるが、訓練は機材が揃わないと開始されないため、まだオペレータ訓練が受けられていない。
- ドローンの運用には、Security Force（治安維持部隊）の許可が必要となる。内戦のため、治安維持部隊はドローンの運用に神経をとがらせており、前もって飛行計画を提出し許可を受け、更に治安部隊の立ち合いも必要となる。現状では Security Force の許可が下りる可能性は低い。

### 3) ERA 職員による点検

ドローンが使用できないため、事前に ERA 職員が日本人専門家から橋梁点検に関する講習（トレーニング）を受けて、その後、現地で橋梁点検を実施し、併せてビデオと写真を撮影する。事後に現地で撮影したビデオや写真を参考として、日本人専門家からレビューを受けるというやり方を提案した。

本業務において、点検前の橋梁点検講習を実施し、以下の日程で橋梁点検を進めることを提案した。

- Preparation: 2023/6/9-6/20

- Transportation to the Site: 2023/6/21
- Site Inspection: 2023/6/22-6/23
- Arranging & Saving the Data: 2023/6/25-6/30
- Sending Data to Japanese Experts: 2023/6/30
- Analysis of Inspection Results: 2023/7/1-7/31
- Reporting: 2023/8/1-8/31
- Submittal of Report: 2023/8/31

しかしながら、2023年9月の時点で、新アバイ橋の橋梁点検について、アバイ渓谷は深刻な治安の悪化のため、現地に行くことができないことから ERA 職員による点検は実施できていない。

また、ERA の C/P と相談しながら、新アバイ橋のドローンによる点検ガイドラインを作成した。技術協力作成資料として報告書に添付する。

## (2) 技術的助言

### 1) ケーブル張力測定システム

阪神高速技術のケーブル張力測定システムの概要を説明した。当システムはアバイ橋（エクストラロード橋）の外ケーブルの張力を簡便に計測できるシステムである。システムは各時数の固有振動数をグラフとして示し、対象ケーブルの曲げ剛性と張力を算出する。状態の判定は行わない。状態の判定はエンジニアが実施する。建設時の張力検査の結果があれば、その値を比較することで判定が可能である。



<https://www.hex-eng.co.jp/technology/technology.html>

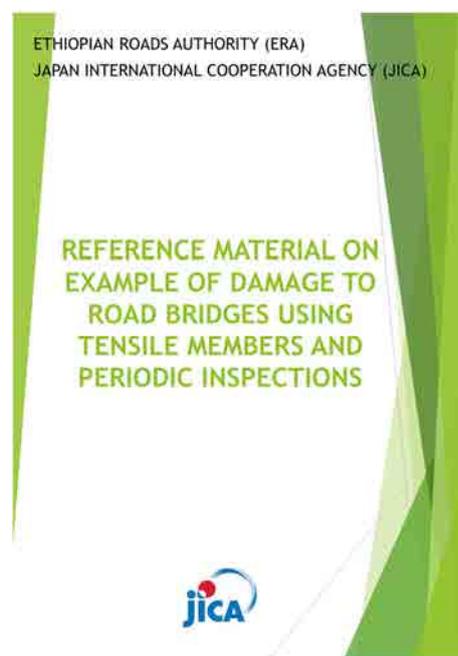
出典：阪神高速技術株式会社 HP

図 2.1-39 ケーブル張力測定システム

### 2) 引張材を有する道路橋の損傷例と定期点検に関する参考資料

「引張材を有する道路橋の損傷例と定期点検に関する参考資料」を提供した。新アバイ橋等のケーブル

を有する橋梁点検の一助になることが期待される。



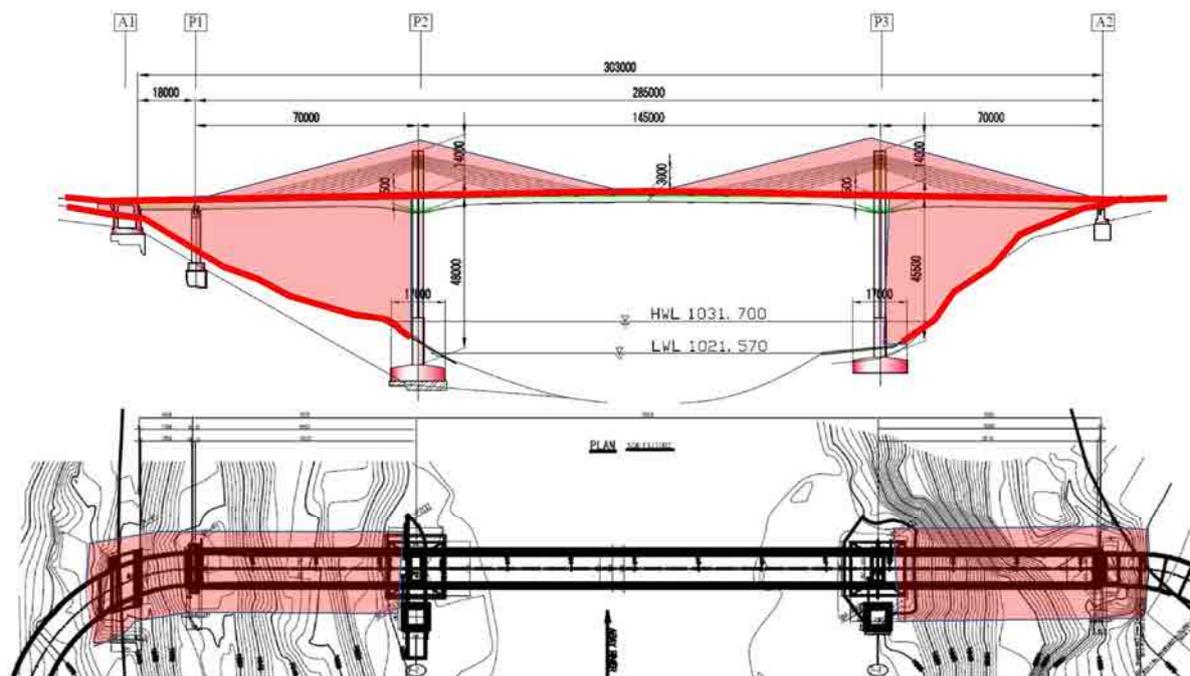
出典：JICA 調査団

図 2.1-40 「引張材を有する道路橋の損傷例と定期点検に関する参考資料」の表紙

### 3) 橋梁点検講習

前述のようにドローンが使用できないため、本業務において、点検前の橋梁点検講習を実施した。

まずは、点検できる部材について確認した。斜面にはアクセスが可能である。デブレマルコス側の橋脚は河川の流量が下がった時はアクセスが可能である。河川の流量の確認が必要であるが、今は通常は流量が少ない時期である。中央径間部は橋梁点検車による桁下の点検が可能である。ただし、新アバイ橋の上部工の桁高は高いので、桁下まで橋梁点検車が届くのかの確認が必要である。



出典：JICA 調査団

図 2.1-41 目視による橋梁点検が可能な範囲 (橋梁点検講習資料より)

新アバイ橋点検実施前のトレーニングを 2023 年 6 月 8 日 9:30-12:30 に開催した。事前に準備した研修資料とホワイトボードを用いながら、以下の内容について実施した。

(トレーニング参加者)

Kokebe Belay, S. Engineer

Mekdes Dewe, Engineer

Yemarikam Kibret, S. Engineer

Habtam Ewnetu, S. Engineer

Zelaley Tiaher, S. Engineer

Aidyu Musteqa, S. Engineer

Rahel Yoseph, S. Engineer

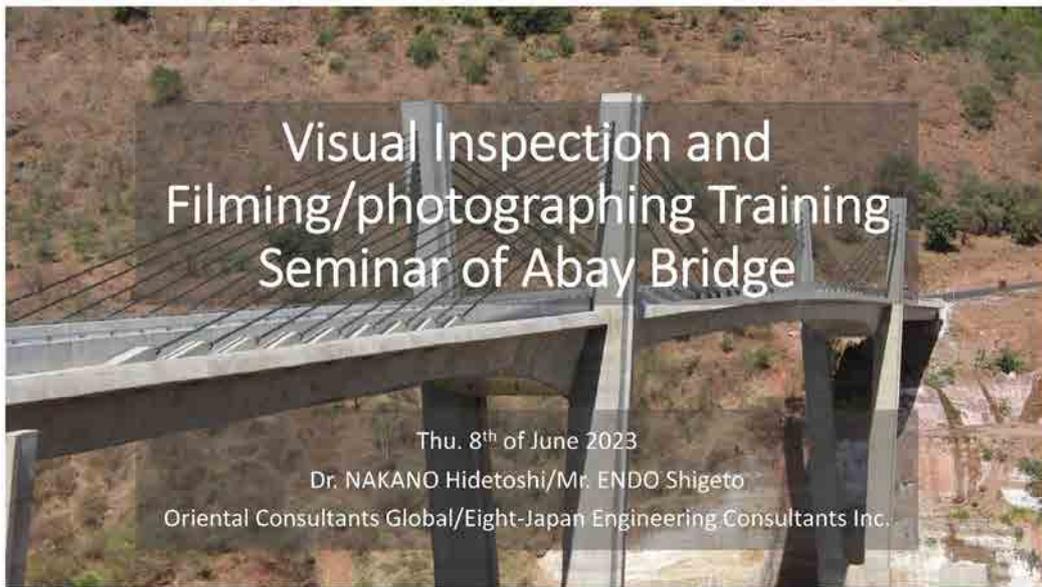
Samuel Tegeie, S. Engineer

Elsobet Geremes, S. Engineer

(トレーニング内容)

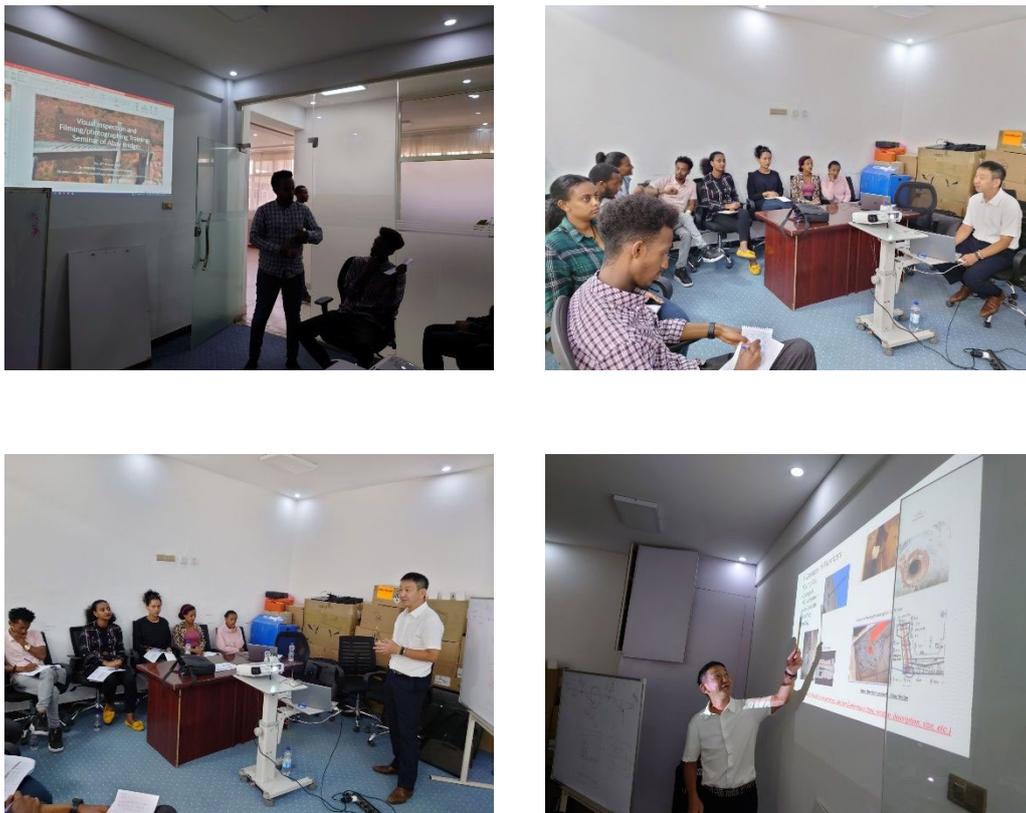
1. Understanding of New Abay Bridge
2. Where is accessible?
3. What to inspect, film, or take photos?
4. How to inspect, film, or take photos?
5. Damages of Members (Examples)
6. Planning/Scheduling the site inspection
7. Analysis of visual inspection and movies/photos
8. Reporting

9. Schedule for the Abay Bridge Inspection



出典：JICA 調査団

図 2.1-42 橋梁点検講習資料の表紙



出典：JICA 調査団

図 2.1-43 トレーニングの様子

#### 4) 新アバイ橋のドローンによる点検ガイドライン

本業務ではドローンによる橋梁点検は実施できなかったが、本業務の中で新アバイ橋のドローンによる点検ガイドラインを作成した。作成するにあたってはC/Pの意見を取り入れた。ドローンによる点検ガイドラインは、巻末資料3 技術協力作成資料に添付する。

## 2.2. 成果2

### 2.2.1. 活動2-1：国道1号線及び国道3号線の整備方針、交通量、維持管理上の課題について ERAから情報を収集する

#### 道路維持管理

##### (1) 国道1号線

ERA Road Network からのヒアリングでは、2022年3月時点では現在、ミレ〜ガラフィの区間ではわだち掘れによる損傷が激しく、通行だけなら可能（only passable）とのことであった。しかしながら、2023年8月時点では、当該区間はアスファルト舗装に代えてコンクリート舗装による更新工事が始まったとのことである。管轄は Kombolcha 地方事務所である。わだち掘れ対策としてコンクリート舗装を採用したことは一つの有効な手段である。

##### (2) 国道3号線

ERA では、アジスアベバ市北端よりバシホルダールまでの国道3号において、全線の改修工事を将来的な計画として構想を持っている。現在では、アジスアベバ市北端（国道3号起点）〜フィチェ（約93.8km）およびゴハチオン〜デジェン（50.2km）の2区間について、設計業務が発注され、韓国コンサルタントが受託し設計業務が完了している。そのほかの区間に関しては、まだ計画もされていない。

#### 道路防災

##### (1) ERA

道路防災に関する調査として、以下に示す ERA の部局に対して、質問票を介した情報収集とヒアリングを行った。

Planning Directorate

Design Directorate

Procurement Directorate

Road Research Center (以後、RRC と略する)

Alemegena District

また、以下の Deputy Director General と面談を行った。

Deputy Director General of Road Asset Management

道路防災の観点から、ERA 各部局の役割について記載し、所感を述べる。

##### 1) Deputy Director General of Road Asset Management

Alemayehu 氏 (Eng.) は Road Asset Management を担当する DDG であり、Alemegena District は同 DDG の配下となる。

同氏は、アバイ渓谷の地すべり対策に関する ERA を対象とした T/C が行われた際には、当時の RRC の Director であり、JICA による研修の経験者である。その為か、地すべりに関する JICA による技術支援に期待を寄せている。

アバイ渓谷区間の NR3 沿いの地すべりに対処する際に、JICA による ERA の支援先として、後述する Design Directorate と RRC が挙げられるが、同氏は RRC が支援先として相応しいという見解を示した。

また、アバイ渓谷区間の NR3 のメンテナンスのために、ERA がアジスアベバ大学と協定を結んでいる事に関しては、アジスアベバ大学は Geologist ですべてを片付けようと考えているが、Engineer も必要であるという見解を示している。この点は、今後の ERA に対する技術協力を模索する上で、重要である。

同氏はまた、エチオピアでは、地すべりが発生したら十分な調査を通じた原因の究明を行わずに、直ぐに対策工を実施してそれで済ませてしまう、という点に問題意識を持っている。ERA の指導層に地すべり対策に対する正当な認識が浸透している事は、JICA によるこれまでの技術支援の成果であるが、今後の技術支援にとって望ましい状況でもある。

## 2) Planning Directorate

Planning Directorate に対しては、Team Leader の Galana 氏 (Eng.) がヒアリングと質問票の回答に応じてくれた。Team Leader は Director の下位に位置する。

Planning Directorate だが、道路の計画に携わる部署というよりも、ERA による道路行政の計画や予算策定に携わる部署という認識が正しく、道路新設に際したアライメントの決定の際に、地すべりを避けるために配慮を行うというような直接的な作業は行っていない。

道路新設に対する Planning Directorate の関わりは、道路の起終点を指示し、Procurement Directorate に F/S コンサルタントの調達を依頼するという限られた行為に過ぎない。コンサルタントに対する TOR の作成や、調達したコンサルタントの指導には、後述する Design Directorate が携わる。そのため、道路の線形決定の際に地すべりを避けるような技術を普及させるためには、ERA であれば Design Directorate が技術移転の対象として相応しいと思われる。ただし、実際の線形計画や検討そのものは、民間のコンサルタントが実施していると考えられ、ERA の技術力向上に併せて、民間の技術力向上も望まれる。

## 3) Design Directorate

Design Directorate では、Director の Frew 氏(Eng.)が、ヒアリングと質問票の回答に応じてくれた。

Design Directorate は、ERA による道路新設と大規模改良事業に際しての設計を一手に担っている。ERA による道路新設プロジェクトや大規模な道路改良プロジェクトは、概ね以下のような流れで行われる。

1. Planning Directorate より発出された道路新設の計画（起終点）に基づいて、Procurement Directorate が F/S コンサルタントを調達し、Design Directorate が F/S を監督し、コンサルタントによるレポートを受領する。コンサルタント調達に掛かる TOR 作成も Design Directorate の管轄である。
2. F/S レポートに基づいて、Procurement Directorate が D/D コンサルタントを調達し、Design Directorate は D/D コンサルタントを監督し、報告書、図面、入札図書の提出を受ける。

3. Design Directorate が受領し、確認した入札図書を受け、Procurement Directorate が施工管理コンサルタントとコントラクターの調達を行う。施工管理コンサルタントとコントラクターは、各地域を担当する ERA のプロジェクト事務所が監督する。

計画・設計・建設・維持管理という道路建設の各段階において、地すべりの存在は道路に影響を与えるが、Design Directorate は特に、道路計画段階と設計段階における地すべりの認識と回避、回避不能な場合の地すべり対策の設計、および人為的な地すべり・崩壊発生を局限するための施策（切土勾配やのり面保護工の設計、および避けられない地すべりブロックへの対処）の実施を直接に担当し、コンサルタントを指導する部署であり、地すべり対処能力の向上が望まれる。

Director の Frew 氏は、地すべり対策や道路計画に詳細な等高線地形図が重要な役割を果たしている事に理解を示しており、後述する Geospatial Information Institute（以後、GII と略する）がレーザープロファイラ（航空機搭載型 LIDAR）を導入し、ERA と地形図の利用に関する協定を結んでいる事は、Frew 氏からもたらされた情報である。

#### 4) Procurement Directorate

コンサルタントやコントラクターの調達を一手に引き受ける部署となる。

一方、TOR、BOQ、スペック等の作成は Design Directorate が担当している。

地すべり調査や対策工の調達に関与すると思われるが、技術的な設計図書は Design Directorate が用意するため、Procurement Directorate として、特に地すべり対策に関して深く関与することはないと思われる。一方で、地すべりの調査・モニタリングなどは、一般的なコンサルタントの調達工期よりも長く設定されるのが常であるため、その特殊性に関する理解が求められる。また、地すべり対策工の施工には、通常の土地収用を大幅に超えた範囲の取得、もしくは貸与が必要となるケースも多いことから、同様に地すべり対策の特殊性への理解が求められる。

#### 5) Road Research Center

前回の ERA に対する T/C の C/P となった組織である。Director の Worku 氏(Eng.)、LGRT の Team Leader の Ahmed 氏(Eng.)は、いずれも T/C で訓練を受けている。LGRT は Landslide & Geotechnical Research Team の略であり、JICA による T/C を契機として当時の Research & Development Directorate の配下に設けられた LSST (Landslide & Slope Stability Team)の後身に当たる。

今回の調査において最も積極的にインタビューに応じてくれた組織であり、ERA における地すべり対策の第一人者としての自覚があるものと思われる。

RRC の所在地はボーレ空港の南側に位置し、ERA 本局とは空港を挟んで反対側にある。現在、試験室スペースを備えた新庁舎を建設中であり、RRC を東アフリカの道路技術センターにしようという ERA の意気込みが認められる。

RRC そのものは、名称が意味する通り Research を主務としており、ERA の他の部局からの依頼を受けて Research を行う、という建て付けである。そのため、目立った地すべりの被害が発生するなど、RRC

が関与できる特別な状況が発生した場合には、RRC の強みが発揮される。一方で、RRC そのものは、ERA の通常業務のスキームに組み込まれているわけではないので、組織の手順として、地すべり対策に必要なステップをプロジェクトの手順として恒常的に組み込みたい場合には、RRC が依頼を待たずに積極的な関与を行うか、ERA 本局の Design Directorate や Road Asset Management などが、地すべり対策のノウハウを、その手順に組み込む必要がある。

RRC では、JICA の T/C において供与された Rotary Percussion Boring Machine を、地すべり対策工である排水横ボーリングやソイルネイリングの施工機械として高く評価している。しかし、必要なスペアパーツが無い場合、稼働できない状況にある。

RRC は新庁舎の建設に伴い、地すべり対策用の室内試験機器の調達を考えており、必要機器リストへの助言を求められた。高度な試験機器の導入などには、JICA 等の国際支援機関の資金活用を見込んでいるとのことである。

ERA の組織の中で、その責任に地すべり対策を明確に示している組織であり、今後の JICA による技術支援の C/P の中核としての活躍が期待される。

## 6) Alemegena District

Alemegena District は、その管轄に NR3 のアバイ溪谷区間 を含んでおり、同区間の維持管理を目的に JICA より供与された道路維持管理用の機材を保有している。前述の T/C により供与された Rotary Percussion Boring Machine も、Alemegena District の管理下にある。常駐先はアバイ溪谷区間である。

### 【参考】

Rotary Percussion Boring Machine : ロータリーパーカッションボーリングマシンは、二重管式とそれ以外に分類できる。このうち、水抜き横ボーリングやソイルネイリングの施工に適しているのは、削孔時にケーシング（保護管）を同時に挿入する二重管式である。削孔時にケーシングを挿入することで、排水管やネイリング用の鉄筋を挿入するボーリング孔を確保することができ、孔壁崩壊などによる排水管の挿入不能やグラウトの打設不足を回避することが出来る。ケーシングは削孔後、引き抜いて回収する。



出典：(左) JICA、(右) Getu Temesegen 氏の FB ページ

図 2.2-1 ロータリーパーカッションボーリングマシン

上図に、JICA より ERA に供与されたロータリーパーカッションボーリングマシンを示す。左が二重管式であり、写真では水抜き横ボーリングの施工が行われている。右は2021年8月に発生した、アバイ渓谷区間 Sta05 での巨大落石の除去に活躍するマシンであるが、こちらは二重管式ではなく、発破用の穴を崩落した岩塊に穿っている。普段は採石場で使われているとの事である。

## 7) Jimma Directorate Office

### Jimma-Chida 道路の地すべりの現地視察

ERA Jimma District Office の District Manager、Engineering Service Team Leader、現場担当者2名、施工監理コンサルタント1名（韓国コンサルタント）、および中国建設会社3名が参加して、Jimma-Chida 道路の地すべりを対象に現地視察を行った。地すべりは25km 地点から45km 地点の20km 区間の丘陵地に集中している。以下に現地視察におけるインタビュー結果を示す。

- 今回の雨季の間にも、7か所で地すべりが発生している。中には2度発生した箇所もある。また、地すべりにより1週間程度、道路が遮断された箇所もある。地すべりが発生すると建設会社が応急処置を実施する。
- 当初の設計では、現道を外れたバイパス（以降BPと略する）計画が多くの区間であったが、現在は基本的に現道を利用する計画に変更されている。ただし、地すべり No.1（25km 地点）については、下流側へのBPを考えている。
- 各地すべり箇所については、ERA の別契約によって現地コンサルタントが地質調査を実施し、対策を検討中である。

→JICA は、2018年にJimma-Chida 道路の詳細設計レビュー（「エチオピア国ジンマ-チダ間及びソド-サウラ間道路改良事業（設計・維持管理計画支援・森林保全管理）【有償勘定技術支援】」）を実施している。調査は地表踏査（Visual Inspection）によるものであるが、今回、新たに説明された箇所以外の5か所の地すべりについて、必要な調査ボーリングと概略の対策工（案）を提案しているため、それを参考とするとよい。その報告書はERAにもあると思うが、確認できなければJICA 事務所へ依頼すること。

### Jimma-Chida 道路における地すべりの訴因誘因

Jimma-Chida 道路のこの区間の地すべりに関しては、上記の詳細設計レビュー業務で、地すべりの素因誘因などを指摘している。今回の現地視察は、5か所の地すべりを1時間以下で確認するという極めて限られた時間での調査であったが、上記詳細設計レビュー業務での指摘事項が裏付けられた。

この区間の地すべりには以下の特徴がある。

- ・（素因）基盤岩（風化岩盤）を被覆する粘土質の層が滑動している。この粘土質の層は、いわゆる residual soil（風化残積土）と、過去の地すべり活動により発生した崩土により構成されている。これらは薄いが脆弱であり、雨期の度にずるずると滑っている。
- ・（素因）また、既存道路の一部は盛土で作られており、その区間では上記の脆弱な粘土質の層の上に盛土荷重が載せられており、そもそもすべりやすい状況である。

- ・ (誘因) 地すべりの誘因は、河川や溪流による地すべり側部や末端等の溪岸浸食である。2018年にレビューを行った全ての地すべりで、末端や側部の溪岸浸食が確認されている。一方、当該の河川や溪流には、全く護岸工が認められない。今回(2022年)新たに把握した地すべり地でも、地すべりの末端や側部での浸食が確認されているか、或いは推測されている(限られた時間では道路上からの観察に留まり、地すべりの調査は出来なかった)。
- ・ (誘因) 更に、道路の路側排水や横断排水の流路も整備されておらず、表流水の流路から更に浸食が進行し、地すべりの不安定性を助長している。
- ・ (誘因) この不安定な状況に対して、道路建設による地形改変が、地すべりを促進している。

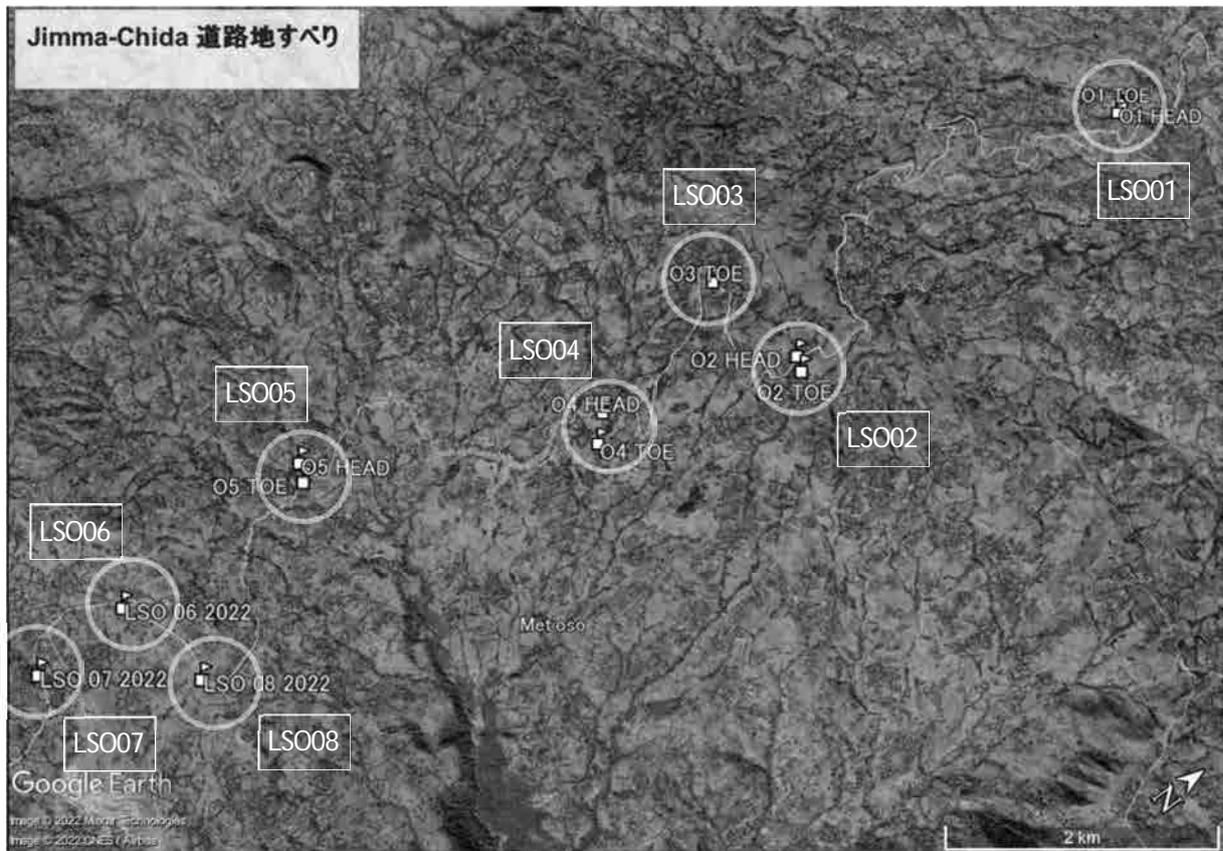
地すべり対策を行うには、地すべりの全貌を把握する必要がある、特にその形状を地形図による読図と地表踏査により確認する必要がある。これらにより、地すべりの主たる移動方向が判明すれば、その方向に沿って調査主測線を設定し、ボーリングを複数配置する。主測線沿いの測量を実施し、作成したプロファイルにボーリング結果を投影することで、地すべり地質断面図を作成し、これにより諸検討を実施することができる(他に、地下水位や地すべり活動のモニタリングなども必要となる)。これらが、地すべり対策工の設計に必要な調査となるが、現状では地すべり形状の把握すら、行われていない。

応急対策としては、難しい検討を行わなくても、地すべりの素因や誘因を除去することにより、一時的に地すべり活動を軽減することは可能である。主要な誘因を為す溪岸浸食に対しては、浸食を防止する護岸工などを実施すれば良く、それほど難易度は高くない。併せて地すべりの末端に抑え盛土を実施することが望ましいが、これも難易度は高くない。土嚢などを使えば、人力での施工すら可能である。また、道路沿いの排水路の整備も、それほど難易度は高くない。地すべり対策工を実施する以前に、現状でもできる事は多々あるという印象である。

#### 今回視察した Jimma-Chida 道路の地すべり

今回は5か所の地すべりを視察した。

このうちの3か所は、2018年の Jimma-Chida 道路の詳細設計レビュー時には顕在化していなかった地すべりであり、残り2か所は詳細設計レビュー時に確認したものである。以下に、今回新たに確認した地すべりと、詳細設計レビュー時に確認した地すべりの位置図を示す。



出典：Google Earth, JICA 調査団により加筆

図 2.2-2 Jimma-Chida 道路沿いの地すべり

上図において、LSO01~05 は詳細設計レビュー時に確認した地すべりで、当時の踏査で地すべりの頭部と末端を確認している。一方、今回の視察で新たに確認した LSO06~08 は道路上の被災箇所を視認したのみである。

以下に、今回確認した地すべりに関して、若干の説明を試みる。なお、以下で図示された地すべりの範囲は極めて限られた情報に基づく推測であるため、正確さは保証されない。現地での詳細地形図測量や地すべり専門家による踏査を通じた確認や修正が必要である。

(i) LSO01

2018 年の詳細設計レビュー時に確認した地すべりである。

地すべりの末端が Desera 川に浸食を受けており、当該箇所に浸食対策を施さない限り、地すべりの活動は収まらない。裏を返せば、浸食対策を実施し、併せて抑え盛土を施工することで、ある程度の地すべり活動の軽減が見込まれる個所である。施工監理コンサルタントによれば、当該区間をバイパスする案を検討しているというが、バイパス先に地すべりがないという保証はないため、バイパス予定地に対して地すべり調査を実施する必要がある。



起点側を望む。この先が地すべり区間



末端の浸食箇所を遠望。  
2017年よりも、浸食が進んでいるように見える。

出典：JICA 調査団

図 2.2-3 LSO01 の状況 (2022年9月踏査時)



出典：Google Earth、JICA 調査団により加筆

図 2.2-4 LSO01 の想定範囲 (視察結果と Google Earth (画像取得日 2020/12/12) より推定)

## (ii) LS003

こちらも 2018 年の詳細設計レビュー時に確認した地すべりである。

上記レビューの踏査時には地すべりの活動が顕著でなかったため、地すべりの頭部や末端は明確ではなかった。しかし、今回の踏査時には、地すべり活動の痕跡が明瞭に残っていたため、頭部や末端をある程度推測することができた。



地すべり頭部と道路の状況。頭部には滑落崖と引張亀裂が、道路には押し出されたことによる屈曲が明瞭である。

出典：JICA 調査団



側部から末端の状況。側部には明瞭な段差を伴う亀裂が発達するが、表流水によりさらに浸食されている。

図 2.2-5 LSO03 の状況 (2022 年 9 月踏査時)

現地状況から、上記レビュー時に想定したよりも、地すべり末端はより下方に伸びると想定され、他の地すべりと同様に、末端の溪岸浸食により不安定化していると推定される。従って、この地すべりも LSO01 と同様に、末端を侵食する溪流沿いに、浸食対策と抑え盛土を実施することで、ある程度の軽減が見込まれる。また、道路の横断排水の流末が適切に処理されておらず、谷側斜面が地すべり側部に沿って浸食されている状況が認められ、適切な路側排水や表面排水路の整備を行うことも必要である。



出典：Google Earth、JICA 調査団により加筆

図 2.2-6 LSO03 の想定範囲 (視察結果と Google Earth (画像取得日 2020/12/12) より推定)

(iii) LS006

こちらは今回の視察時（2022年9月）に新たに確認した地すべりとなる。新たに確認した3か所の地すべりはいずれも、2018年の詳細設計レビュー時に確認した地すべりよりも、チダ側に位置する。

当地すべりのチダ側の側部は、概ね距離程 43+209 辺りである。

この地すべりも、地すべり末端の溪岸浸食が誘因をなすと思われる。地すべり末端は、下図右写真に示す法尻部分か、200m 下流側の溪流部分が相当すると思われる。



地すべり頭部と道路の状況。頭部は不明瞭だが、道路は押し出されたことによる屈曲が明瞭である。

出典：JICA 調査団



道路の谷側のり面/斜面の状況。地すべり活動により地形が乱れている。

図 2.2-7 LS006 の状況



出典：Google Earth、JICA 調査団により加筆

図 2.2-8 LS006 の想定範囲 （視察結果と Google Earth（画像取得日 2020/12/12）より推定）

(iv) LS007

こちらでも今回の視察時（2022年9月）に新たに確認した地すべりとなる。

この地すべりも、地すべりの側部及び末端の溪岸浸食が誘因をなすと思われる。また、現道が盛土により構築されていることから、地すべり頭部～中部に载荷された状態であり、この点も素因若しくは誘因として挙げられる。

地すべりの頭部はチダに向かって左手の森の中にあると思われるが、道路盛土を頭部としてすべっている可能性もある。



道路盛土の状況。地すべり頭部は左手の森の中と思われるが、盛土部分からすべっている可能性もある。



地すべり側部及び末端の状況。溪流による浸食が顕著である。

出典：JICA 調査団

図 2.2-9 LS007 の状況



出典：Google Earth、JICA 調査団により加筆

図 2.2-10 LSO07 の想定範囲 （視察結果と Google Earth（画像取得日 2020/12/12）より推定）

(v) LS008

こちらでも今回の視察時（2022年9月）に新たに確認した地すべりとなる。

この地すべりも、地すべりの側部及び末端の溪岸浸食が誘因をなすと思われる。

地すべりの頭部は現道の崩落部分に当たるが、現道が盛土により構築されていることから、地すべり頭部に载荷された状態であり、この点も素因若しくは誘因として挙げられる。

横断排水の流末が適切に処理されていないため、地すべり側部を侵食し、地すべり活動を促進している。



地すべり頭部は現道の崩落部分が相当する。頭部に盛土をした状態であり、そもそも不安定である。

地すべり中部から末端の状況。横断排水の流末が処理されていないため、地すべり側部が浸食されている。

出典：JICA 調査団

図 2.2-11 LS008 の状況



出典：Google Earth、JICA 調査団により加筆

図 2.2-12 LSO08 の想定範囲 （視察結果と Google Earth（画像取得日 2020/12/12）より推定）

## (2) GSE

NR3のアバイ渓谷区間に関するERAへのT/Cの際には、エチオピア地質調査所（GSE：Geological Survey of Ethiopia）も関与している。また、GSEに対しては、ERAへのT/Cに先行して、地すべり調査能力を向上させるT/Cが行われている。

上記の経緯から、GSE・Geohazard Investigation Directorateに対して質問票とヒアリングによる調査を行った。

GSEはERAと比べて、T/C後の離職率が低く、移転された技術の定着度合いは、ERAと比べて高いような印象を受けた。一方、アバイ渓谷区間の調査結果としては、JICAによるT/C時の成果が示され、進歩がないことが窺われる。

ERAに対する技術支援を行う際には、アジスアベバ大学と並んで、調査委託先の選択肢となると思われる。

## (3) GII

Geospatial Information Institute（以後、GIIと略する）は、Ethiopia Mapping Agency（EMA）の後身であり、所在地も同じである。地図のみならず空間情報を扱う組織として、EMAから発展的にGIIが設立された。

GIIは、航空測量に関して積極的な機材導入を行っており、大型の航空測量用デジタルカメラ（Vexcel Ultracam）を2台導入したのに加え、航空測量用のレーザープロファイラー（LIDAR）1台（Leica Terrain Mapper 2）も最近導入した。航空測量用LIDARの導入は、アフリカで初めてとの事である。デジタルカメラは点群の取得で、レーザープロファイラーはレーザー照射によって、高精度・高密度の地形測量が可能である。



出典：JICA 調査団

図 2.2-13 航空測量用LIDAR（左）と大型デジタルカメラ（右）

これまでエチオピアでは、Ethiopia Mapping Agencyが提供する解像度の低い航空写真と、縮尺1/5万の地形図しか入手できなかったが、これらの最新機材の導入によって、高精度で大縮尺（縮尺の数字が小さい）の地形図が提供されることが期待される。

一方、GIIはエチオピアにおいて独占的に航空測量を行う組織でもある。他国では、民間ベンチャーによるドローン測量が発展しつつあるが、エチオピアにおいては測量用ドローンの飛行に対して当局が許可を出さず、GIIが独占的に行っている。

後述する民間コンサルタントへのインタビューにおいても、民間では測量用のカメラを積載するドローンの飛行が認められておらず、ドローンの利用は、小さなカメラを備え付けたドローンを使っているに過ぎないとの返答を得ている。

GIIは、LIDARの生産元から訓練を受けているが、昨今の等高線作図がソフト任せであり、現実とは異なる等高線が描画される事例が多いことから、LIDARやデジタルカメラで取得したデータを有効に活用した精度の高い等高線地形図を作成する技術の移転が望まれる。GIIもレーザープロファイラーの運用に関して経験が乏しいことから、豊富な経験を持つ先進国からの援助を期待している。

#### (4) コンサルタント

コンサルタントとして、ERAのDesign Directorateから紹介を受けたCore Consulting Engineers P.L.Cに対して、質問票とヒアリングによる情報収集を行った。

同社は地盤関連では老舗のコンサルタントであり、ボーリングマシンも保有している。保有するボーリングマシンは、掘削効率に優れたワイヤライン式の装軌型のものであり、斜面上に据え付けることができ、地すべりのコア採取に適したロータリー式の小型のものではない。

質問票に対しては、多種多様な地すべり調査を行う事が可能であるという、積極的な返答を得たが、同社そのものがノウハウを有している範囲は限られている。物理探査は他社への委託であり、地すべりモニタリングに関しては、仕様で要求されれば行う、という程度である。地すべりモニタリングを行った経験はないものと推察される。

## 2.2.2. 活動2-2：国道3号線において JICA が過去に無償資金協力でリハビリ工事を行った区間の現状を確認した上で、維持管理上の課題について ERA から情報を収集する

過去に第4期にわたり無償資金協力により、国道3号線はアジスアベバ市北端からデブレマルコスまでの約190kmについて道路整備工事が実施された。当路線では、最も道路損傷が激しいと懸念されていた、ゴハチオンからデジャンまでのアバイ渓谷を含む路線に関して、日本人専門家が視察をする予定であったが、治安上の問題から断念した。代えて、日本人専門家は、渡航可能な範囲でアジスアベバ市北端（国道3号起点）からスルルタ付近までの約20kmの区間を視察した。視察の結果判明した課題を下記に記す。

- NR3 で発生している舗装破損の主要な技術的要因は、舗装縁端の未処理および路面排水設備の未整備にあると考えられる。路肩盛土の洗堀による段差の発生や、アスファルト層下層への雨水の浸入により、舗装破損を助長していると考えられる。
- 今回視察が可能であった路線はすでに完成から20年以上（第一次幹線道路改修計画）経過しており、更新の時期に来ていることも確かである。

表 2.2-1 路面状況調査 国道3号線

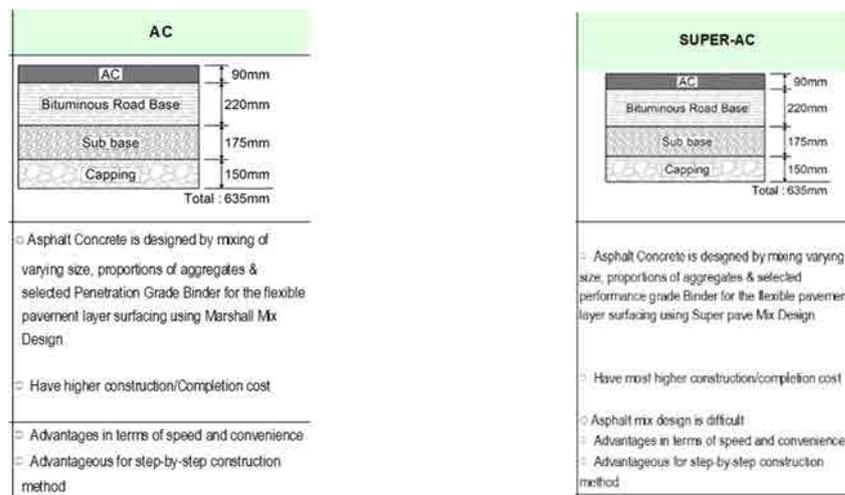
			
破損形態	舗装縁端（エッジ）の破損	破損形態	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポットホール</li> <li>・こぶ（押し出し Shoving）</li> </ul>
位置	起点から600m 森林地帯	位置	同左
考えられる要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・舗装縁端処理の不備</li> <li>・路面排水機能不全</li> </ul>	考えられる要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・舗装縁端処理の不備</li> <li>・アスファルト層下層への雨水の浸入</li> </ul>
状況	路肩が未舗装で雨水によるエロージョン（洗堀）を起こしているため、舗装の弱点であるエッジから破壊している。	状況	舗装端部が交通荷重により車輪軌道外側に押し出しによるこぶが形成され、車輪軌道には引っ張りによる縦断方向に線上クラックが発生している。さらに線状クラックが成長し、亀甲クラックを経てポットホールを形成した。
推奨される対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・舗装縁端に縁石や排水溝などの構造物の設置</li> <li>・未舗装路肩のキャッピング（As 簡易舗装、コンクリートシール、石張りなど）</li> </ul>	推奨される対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・舗装縁端に縁石や排水溝などの構造物の設置</li> <li>・未舗装路肩のキャッピング（As 簡易舗装、コンクリートシール、石張りなど）</li> </ul>

			
破損形態	深刻なポットホール	破損形態	・流動わだち ・こぶ (Shoving)
位置	起点から 700m 森林地帯	位置	起点より約 7 km (Shufune)
考えられる要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・路面排水機能不全</li> <li>・経年劣化</li> <li>・施工不良 (出来形不足)</li> </ul>	考えられる要因	・表層材料の品質不良
状況	アスファルト層 (厚さ 7 cm) が完全に消失し、路盤が飛散している。穴の深さは 20 cmあり、通過車両は十分にスピードを落とし、恐る恐る通過している状態である。直近でアジス市に向かう通行の検問を実施しており、相乗効果で南向き交通は深刻な渋滞を引き起こしている。	状況	約 200m にわたり、深刻な流動わだち掘れが形成されている。最大深さは 8 cmである。視察した区間の中では、これほど明確なわだち掘れはこの区間のみであり、表層材料の品質不良が考えられる (原料のばらつき、混合物製造時の品質管理)。
推奨される対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポットホールの穴埋めまたはパッチング</li> <li>・部分打ち換え</li> </ul>	推奨される対策	・切削オーバーレイ
			
破損形態	路肩の滞水 (水たまり)		
位置	起点より約 7 km (Shufune)		
考えられる要因	・路面排水機能不全		
状況	路肩に排水構造物が全くなく、自然排水状態であるが流末がないため雨季には常時滞水している状態である。		
推奨される対策	・舗装縁端に縁石や排水溝などの構造物の設置		

出典：JICA 調査団

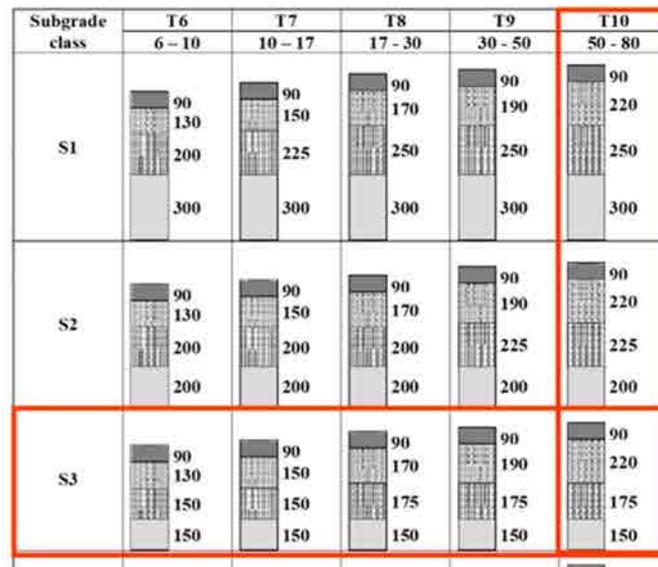
ERA ではすでに国道 3 号線の改修計画が進んでおり、そのうちのアジスアベバ市北端（国道 3 号起点）～フィチェ（約 93.8km）およびゴハチオン～デジェン（50.2km）の 2 区間について設計業務が完了している。その 2 区間について、設計報告書をレビューした結果を下記に記す。

- 路肩のキャッピングや排水構造物が採用されており、その点については推奨できるものである。
- 報告書内では、採用された AC（従来のマーシャル配合設計法によるアスファルト舗装）と Super AC（SuperPave 配合設計法によるアスファルト舗装）が比較検討されている。配合設計の容易さ、コスト安の点から AC が採用されている。エチオピアでは、SuperPave 法について、これまで全く経験がなく知見がないため配合法が難しいのは理解できるが、同じ舗装断面でありながらコスト高になる理由は不明である。
- 採用された断面は、上層路盤が 220mm のアスファルト混合物となっており、少し過剰設計のように感じる。ERA の道路設計マニュアルでは、マトリックス方式（カタログ方式）で交通荷重区分と路床強度区分の 2 要素でパターンが決まっている。そのマトリックスは AASHTO の舗装設計基準に準じ決定されているが、本来 AASHTO の設計指針はもっと自由度の高いものである。下層路盤を厚くして、上層路盤をもう少し薄くするなど検討すればさらに経済的な断面が採用できる。マトリックス方式に依存することは、断面検討の技術的な選択の自由度をなくすことになるため、改善が必要と思われる。



出典：ERA “Consultancy Service of Concept Design, Detail Landslide Mitigation Measures and Preparation of Tender Document through OPRC Delivery Method for Gotsion – Dejan Rehabilitation and Improvement of the Abey Gorge Road Condition”

CHART D1: HMA SURFACE, BITUMEN-BOUND ROADBASE



出典 : ERA “Flexible Pavement Design Manual Final Nov 2013”

## 2.2.3. 活動2-3：国道1号線ミレ~ガラフィ区間、及び国道3号線アバイ溪谷区間での補修工事にかかる課題を整理・分析の上でERAに対して技術的助言を行う

### 道路維持管理

#### (1) 国道1号線

国道1号線について、最もわだち掘れによる道路損傷が激しいと懸念されていた、ミレからジブチ国境に近いガラフィまでの路線に関して、日本人専門家が視察をする予定であったが、治安上の問題から断念した。代えて、日本人専門家は、渡航可能な範囲でアジスアベバ市内からモジョまでの約60kmの区間を視察した。視察の結果判明した課題を下記に記す。

- NR3と同様、NR1で発生している舗装破損の主要な要因は、舗装縁端の未処理および路面排水設備の未整備にあると思われる。路肩盛土の洗堀による段差の発生や、アスファルト層下層への雨水の浸入により、舗装破損を助長していると考えられる。
- 一部区間で、切削オーバーレイ工の改修工事途中で、表層を切削まで完了した状態で中断されている区間がある。Ermias氏（PMSチーム）の説明によると、アスファルト材料がないため作業が中断されているとのことであった。外貨不足であることが材料調達のネックとなっており、喫緊の課題であるとのことである。
- 切削後はタックコートを施しオーバーレイする計画であるとのことであった。現地にて、下記の留意点を助言した。
  - 切削後の表面をよく観察し、下層まで幅広の亀甲クラックが形成されている場合は、その上にオーバーレイを施工してもすぐにリフレクションクラックが発生し繰り返し破損する。そのような場合は、部分的に路盤から打ち換える「部分打ち換え工法」が有効である。

今回はMojoまでの約60kmについて視察したが、ポットホール、亀甲クラック、舗装版消失などが延々と存在している。本路線もすでに完成から20年以上経過しており、更新の時期に来ていることも確かである。2017年にMojoより少し東のAdamaまで有料自動車専用道路（高速道路）が開通している。複路線の強みを生かし、現道の整備が進むことを期待する。

NR1のミレ~ガラフィ区間の高気温地域におけるわだち掘れ対策として、調査団は本アドバイザー業務の初期に、表層材料に改質アスファルトを採用することを提案していた。しかしながら、ERAからのヒアリングでは、当該区間はアスファルト舗装に代えてコンクリート舗装による更新工事が始まったとのことである。管轄はCombolcha地方事務所である。わだち掘れ対策としてコンクリート舗装を採用したことは一つの有効な手段である。

表 2.2-2 路面状況調査 国道1号線

			
破損形態	排水不良	破損形態	・舗装版の消失
位置	起点から約800m	位置	起点から約1.2km
考えられる要因	・排水設備の未整備	考えられる要因	・路面排水不良 ・アスファルト層下層への雨水の浸入
状況	自然排水を見込んだ土側溝が設けられているが、流末が設けられていない。溢れた雨水が路面に悪影響を及ぼしている。	状況	地形的にサグ点でもあることから、特に雨水の影響を受けやすい場所で、舗装版が完全に消失している。
推奨される対策	・排水設備の整備	推奨される対策	・排水設備の整備

			
破損形態	横断方向に舗装版消失	破損形態	アリゲータ（亀甲）クラック
位置	起点より約2.3km	位置	起点より約6km
考えられる要因	・路面排水機能不全 ・交差点部	考えられる要因	・経年劣化
状況	当地点は交差点部である。交差点支線側が上流であり、流入する雨水によって横断方向に水道が形成されている。通過する車両が急激に速度を落とすため渋滞の要因となっている。	状況	路面全体に重度の亀甲クラックが発生している。舗装耐用年数を経過した経年劣化によるものと考えられる。
推奨される対策	・交差点横断部の横断排水（暗渠）などの構造物の設置	推奨される対策	・表層打ち換え

			
破損形態	舗装版消失および不陸	破損形態	表層切削後、未舗装のまま存置
位置	起点より約8km	位置	起点より約12km
考えられる要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>路面排水機能不全</li> <li>サグ点</li> </ul>	考えられる要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>舗装用材料（アスファルト材料）の不足</li> </ul>
状況	既設の舗装版が消失し、路盤が露出しており不陸を形成している。	状況	改修工事が開始されたが、切削まで完了して中断している状態である。表層用材料（アスファルト）の不足が要因。
推奨される対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>舗装縁端に縁石や排水溝などの構造物の設置</li> </ul>	推奨される対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>早急にオーバーレイの施工が望まれるほか、部分打ち換えが必要</li> </ul>



NR1 と並行する高速道路（中国支援）



建設中のパーキングエリア

出典：JICA 調査団

## (2) 国道3号線

国道3号線について、最も道路損傷が激しいと懸念されていた、ゴハチオンからデジャンまでのアバイ溪谷を含む路線に関して、日本人専門家が視察をする予定であったが、治安上の問題から断念した。代えて、日本人専門家は、渡航可能な範囲でアジスアベバ市内からモジョまでの区間を視察した。視察結果は前述している。

## 道路防災

### (1) ERA

活動 2-1 に記載した調査結果、及び並行して実施されている国別研修（「エチオピア国別研修「幹線道路の地すべり対策工」、「航空機搭載機 LiDER の計測データを活用した詳細等高線地形図作成の支援」」の担当技術者との意見交換とフィードバック、並びに GII（Geospatial Information Institute）に対する支援案に関する JICA 専門員との意見交換に基づき、ERA の地すべり対処能力を強化することを目的とした技術協力プロジェクト（案）を立案した。

#### 1) Deputy Director General of Road Asset Management

上記の ERA に対する技術協力プロジェクト（案）を説明した。

- 地すべり関連の次期案件として、調査・設計に関する技プロ（案）を JICA に提案予定である。対象は ERA の職員とするが、最終の設計段階については民間コンサルタントを含めたものとして考えている。  
→数年前の JICA の技プロに参加していた。エチオピアでは、南部地域を中心として、地すべりは大きな問題である。大変良い案であり期待したい。

#### 2) Deputy Director General of Project Development

ERA の地すべり対処能力を強化することを目的とした技術協力プロジェクト（案）を説明した。

- 地すべり関連の次期案件として、調査・設計に関する技プロを提案予定である。対象は ERA の職員とするが、最終の設計段階については民間コンサルタントを含めたものとして考えている。  
→提案の技プロは、大変良い案だと思う。エチオピアでは、地すべりの調査・設計が軽視される傾向にある。アバイだけではなく、地すべりは全国的な課題である。ジンマでも Felgeselam-Ameya-Chida 道路で地すべりが発生し道路が封鎖された。現在、韓国コンサルを雇って調査を行っている。
- レーザー測量による地形図作成について、GII と MOU を結んでいると聞いているが、MOU の内容は共有可能か。  
→MOU については、本部の設計部（Design Directorate）が担当しており、担当は Eng. フレオ（Fleyu: Director of Design）である。また、設計部はアバイ渓谷の設計担当でもあるので、その詳細についても情報が聞けるはずである。

#### 3) Design Directorate of Project Development

##### 技術協力プロジェクト（案）について

ERA の地すべり対処能力を強化することを目的とした技術協力プロジェクト（案）を説明した。

- 地すべり関連の次期案件として、調査・設計に関する技プロを提案予定である。対象はERA の職員とし、Design Directorate も C/P となるが、最終の設計段階については民間のコンサルタントを含めたものとしたと考えている。  
→説明された技プロ案を歓迎する。

### GII との MOU/TOR の収集

JICA による GII への技術支援項目に、ERA の新規路線沿いの地すべりを予察するための等高線地形図作成を追加するために、ERA と GII で締結した MOU や TOR が必要な旨を説明したところ、MOU のソフトコピーを入手した。また署名頁は PDF で入手した。

一方、TOR に関しては、新設道路を担当するコンサルタントが、直接 GII に指示をしているとのこと。TOR や Requirement の例を持っていないか聞いたが、手元にはないとのことであった。

成果品としては、GII から点群データがコンサルタントに直接渡されるとのことである。点群データの処理は PC の能力に依存するため、コンサルタントが所有している PC で扱えるよう、点群を間引いて使用している。

確かに、点群データから三次元処理することで、アライメントの検討やその後の設計がソフト上ではうまく進むだろうが、三次元データを扱えるソフトを多くの人を持つわけではなく、地形図を作成して、図面として理解する方が、より多くのエンジニアや関係者に判りやすく、かつ地すべりの判読も行いやすい旨を説明し、LiDAR から詳細地形図を作成する必要性を説明した。地形図に表現することで、これまで培ってきた読図の技術も活用できる。

費用に関しては、TOR を GII に送付したコンサルに対して、GII が見積を返送し、コンサルはそれを ERA に転送する。ERA はその見積を承認するという形で、ERA が費用を負担している。しかし、将来的には、ERA と GII で共通単価を設定したいとのことである。

既に 6 プロジェクトの ROW Management を目的に、航空機搭載 LiDAR のデータを取得している。トライアルであるため、平地や山地、および氾濫原など、様々な地形が対象となるように、路線を選んでいく。

2023 年 6 月の時点で、GII の所有する航空機搭載 LiDAR を活用する連携事業は 6 プロジェクトはほぼ完了し、良好な成果を得ることができたとのことである。LiDAR で取得した DEM を使った 3D モデリングは、長期間を要する地上測量が必要ないため、プロジェクトの実施効率を格段に向上させた。

LiDAR で取得した DEM を活用すると、道路計画路線上に存在する可能性のある未知の潜在地すべり危険地域を把握することが可能であり、前述の JICA による技術協力プロジェクト案で、そういった技術移転を含むことを提案している。

### アバイ溪谷の国道 3 号線 (NR3) における地すべり

アバイ溪谷の 3 号線 40 km の区間に対して、路線の移設を含めた検討と対策工の設計を行うため、韓国のコンサルタントを雇っている。2022 年 2 月からの契約で、現在、ボーリングや物理探査などの調査を行っている。

他にも、チダ近傍の地すべりに対して、韓国コンサルタントに調査と設計を依頼しているとのことである。

### コンサルタントによる調査と対策工の設計

ERA がアバイ渓谷での地すべり調査と対策工の詳細設計を韓国のコンサルタントに発注し、実施している。当該地すべり調査と対策工の詳細設計業務に関し、以下の情報を入手した。

- ボーリングや物理探査を含む地すべり調査（Geotechnical Investigation）は既に終了しており、レポートも上がっている。（インタビュー時にはこの様な回答を得たが、実際のところ、当該韓国コンサルタントはボーリング調査も物理探査も実施しておらず、前述の JICA による「地すべり対策工能力強化プロジェクト」において行ったボーリング調査結果と物理探査結果を報告書の巻末資料に転載していたに過ぎない）。
- 対策工詳細設計に関して、韓国コンサルタントは Draft Concept Design を提示したが、この設計は上記の調査結果を反映していない一般論的なものであったため、調査結果を反映するように強く指導した。

上記のアバイ渓谷の地すべり調査と詳細設計業務に関して、報告書の共有を Design Directorate に対して要請した。これを受け、Design Directorate から以下のドラフト報告書<sup>1</sup> が共有された。

- Landslide Survey Report (Draft), May 2022
- Draft Concept Engineering Design Report, December 2022

地すべり調査対策に関し、上記のドラフト報告書をレビューし、JICA アドバイザーとしてのコメントをまとめ、ERA の Design Directorate に共有した。コメントは巻末資料編に付す。このコメントは、地すべりに関するコンサルタント業務に対する、ERA の指導能力、監理能力の向上を目的としたものである。

また、併せて以下を ERA に勧告した。

- 当該コンサルタントの能力評価
  - 当該コンサルタントは地すべり調査と対策工の設計に関し、限られた能力しか持っていない。
  - 当該コンサルタントは、地すべり調査と対策工設計の方法に関して、良く知らないようである。
- 将来のコンサルタント調達に関する韓国
  - 将来、地すべり調査と対策工設計のコンサルタントを調達する際には、ERA は当該公示の入札者に対して、過去に行った地すべり調査と対策工設計の報告書の提出を求めた方が良い。提出された報告書は、地すべり調査と対策工設計に詳しい ERA の技術者、例えば RRC・LGRT の技術者が評価するべきである。

<sup>1</sup> 韓国コンサルタントに発注したコンサルタント業務の名称は次の通り。

“Consultancy Services of Concept Design, Detail Landslide Mitigation Measures and Preparation of Tender Document through OPRC Delivery Method for Gohatsion – Dejen Rehabilitation and Improvement of the Abay Gorge Road Condition”

### アバイ渓谷の地すべりの現状

アバイ渓谷の地すべりの現状に関して、上記のドラフト報告書から当該コンサルタントの認識を読み取ることができる。以下に列記する。

- Abay 橋の Gohatsion 側では、当該コンサルタントは落石と斜面崩壊に注目している。
- Gohatsion 側の地すべりは、当該コンサルタントに無視されているか、誤って評価されている。
- Dejen 側の Sta. 20+900 ~ 22 + 840 においては、当該コンサルタントは落石と道路右側の盛土崩壊/すべりに着目している。
- Dejen 側の Sta. 22+840 以降に関しては、当該コンサルタントは地すべりに注目している。

一方、ドラフト報告書に記された情報や現地写真からは、アバイ渓谷の地すべりの現状に関し、以下の状況が読み取れる。

- a) Gohatsion 側 Sta. 1+120~1+480 では、道路が未舗装のまま放置されており、未だに地すべりが国道三号線に路面の沈下を引き起こし、被害を与えている状況が理解される。
- b) Gohatsion 側 Sta. 2+020~2+400 と Sta. 4+700~5+640 では、玄武岩の柱状巨岩のトップリング崩壊と、玄武岩急崖斜面からの落石と岩盤すべりが、国道三号線に大きな脅威を与えている。
- c) Gohatsion 側 Sta. 14+400~19+840 では、砂岩の高く急な崖からの落石が、国道三号線に脅威を与えている。
- d) Dejen 側 Sta. 20+900 ~ 22 + 840 では、道路右側での盛土と崩土のすべりが危険である。この区間では、アバイ渓谷に合流する支谷が、道路右側に急崖を形成している。
- e) Dejen 側の Sta. 27+100~29+500、Sta. 31+160~31+900、Sta. 32+000~32+700、及び Sta. 32+780 ~ 33+260 では、地すべりが路面の沈下などのダメージを引き起こし、国道3号線に被害を与えている。

上記の内、a)、b)、及びe)に対する復旧と補修は、国道三号線を長期間にわたって通行止めにする可能性が高く、国道三号線の機能の維持に重大な影響を及ぼす。

### Jimma-Chida 道路に関して

2018 年に行った Jimma-Chida 道路改修の詳細設計レビューにおいて、Jimma-Chida 道路沿いの地すべり地に関して JICA 調査団は追加調査のレコメンデーションを行った。これに関して、建設段階において、コアボーリングを行っているとのこと。また、同調査の中で、地すべり調査のボーリングは、調査/設計段階で実施すべきとのレコメンデーションを行っているが、BP 等の新設道の場合、現場へのアクセスが困難な場合が多いため、施工段階の調査にならざるを得ないとの回答であった。

### BIM/CIM の普及に関して

エチオピアでの BIM/CIM の普及状況について確認したところ、Ministry of Construction にて、BIM (建築) をパイロット的に実施しているとのことである。CIM (土木) については、今のところ適用された事例はないとのことであった。

#### 4) Road Research Center

##### 技術協力プロジェクト (案) について

プレゼンテーションを行い、エチオピアに足りない部分の指摘と、新しい技術協力プロジェクトにおいて、それらをどのように技術支援するかについて説明した。エチオピアに足りない部分に関しては、RRC を対象としている国別研修を担当している国土防災技術(株)と意見交換し、同社も同様の認識を持っていることを説明した。

この新技プロの C/P には、RRC と Design Directorate が想定されるとも説明した。

新技プロの案に関し、歓迎の意を示したが、同時に以下のような議論を行った。

##### **Step 1 ドローンによる地形図作成に関して**

JICA の国別研修を通じて、日本で基礎研修を受けたものを、エチオピアの実際の地すべりに対して適用し、JICA 専門家の支援で応用能力を磨くと共に、同国のより多くの技術者を巻き込んで技術の定着を促す。

##### 質疑応答

Q : JICA の技プロはアバイ渓谷限定か。アバイ渓谷の地すべり対策に関しては、韓国のコンサルタントを雇っている。

A : JICA の技プロは、特定の区間で特定の目的を持ったプロジェクトを実施するものではなく、エチオピアへの技術移転を目的としており、特に ERA の技術者の能力強化を目的としている。そのため、韓国コンサルに委託した業務とは別に、技術移転を目的としてアバイ渓谷の何れかの地すべり地を対象として、Step 1 の現地講習を行うことには、特に問題ないと考えられる。また、アバイ渓谷以外に、2 か所ほどの地すべり地を対象として、合計 3 か所ほどで、地図作成の現地講習を行うことで、より効率的に、技術の定着を図れると考えられる。

##### **Step 2 地表踏査を通じた地すべり範囲の確定**

Step 1 で作成した地形図を使って、JICA 専門家と ERA の技術者が地表踏査を行い、地形図上で地すべりの範囲を特定する。これに基づいて、地すべり主測線を決定し、調査ボーリングの配置・内容などを検討する。

こうして作成した地すべりマップと主測線、及び調査位置・内容は、Step 3 を実施する基礎情報となる。したがって、Step 1 と 2 は、外部に委託するよりも、ERA の技術者が独力で実施できるようになることが望ましい。

##### **Step 3 コンサルタントの調達・監督支援に関して (1) 概要とコンサル調達**

ERA が実施する事業は、コンサルタントに設計を委託することが多いため、Step 3 においては、コンサルタントに地すべり対策の計画と設計を委託する際の、調達と作業監理の支援を行う。

JICA 専門家と共に、コンサルタントに委託する際の調査内容の指示や仕様書・TOR の作成を行い、コンサルタントの調達後は、コンサルタントの中間／最終成果物に対するコメントや作業監理を通じて、ERA がコンサルタントを指導する能力を育成すると同時に、調達したコンサルタントへの技術の波及も目的とする。

#### 質疑応答

Q：コンサルタントの調達には、JICA の資金を使えるのか。

A：エチオピア政府が調達する必要がある。そうしないと、コンサルタント調達・監督の支援にならない。

Q：エチオピアにはよい民間コンサルタントがいない。コンサルタントの調達期間も必要となる。民間コンサルタントを雇う代わりに、ERA の設計部をコンサルとして扱い、まずはERA が技術を習得する方がよいのではないか。民間コンサルタントにはボランティアとして参加して貰う方法もある。

A：エチオピアの現状を鑑みると、それも一案と言える。しかし、民間を上手く巻き込むことで、エチオピア全体の技術の底上げを期待するところがあるので、民間をなるべく関与させるようにした方がよい。民間コンサルタントをボランティアとして参加してもらった場合でも、将来的にERA がコンサルタントに委託する能力を向上することが目的であるので、仕様書の作成と、成果に対するコメント・監督を JICA 専門家と共にやることは必要である。

### **Step 3 コンサルタントの調達・監督支援に関して (2) 対策工**

Step 3 では、対策工の設計をコンサルタントに外注する予定だが、この場合の留意事項として、日本技術だけでなく、ヨーロッパなどの技術を活用するようにした方がよい。地すべり対策は対策工を実施することにより、初めて効果を発揮するが、日本企業にしか施工できない対策工は、日本企業がエチオピアに来ないと実現されないので、エチオピアにとってサステナブルとは言えない。よりエチオピアが調達しやすい技術を念頭に、設計を行う必要がある。

(調査団注：したがって、完全な対策というよりも、地すべりの緩和 (mitigate) を目的とすることになる。)

#### 質疑応答

Q：エチオピアでサステナブルな対策というのは重要なポイントだ。

A：例えば、イタリアの技術なども考慮に値する。排水横ボーリング工などは、日本の機械を使って日本の方法で作ると完璧だが、より簡易な機械を使うイタリアの方法でも、ある程度の目的を達することはできる。イタリアは地すべりが多い国なので、イタリアの技術を使う事も考えてもよいのではないか。イタリアには、簡易で安価な集水井の類似工法もある。

Q：イタリアでも、まだ高価だろう。メインのコントラクターは、やはり中国になってしまう。我々は資金が不足しており、品質に劣っても中国企業を使わざるを得ない。

A：中国企業には、日本企業や欧米企業並みの地すべり対策工は、恐らくできない。状況は了解した。地元企業を使っても、地すべりの緩和は出来るはずなので、方法を模索しましょう。

### Step 3 コンサルタントの調達・監督支援に関して (3) モニタリング

#### 質疑応答

Q：前回の技プロで導入した地すべりモニタリングは、エチオピアにとって新しい技術だ。設計に必要な技術でもあり、是非、エチオピアに根付かせたい。

A：確かにその通りである。しかし、日本のモニタリング機器を使う限り、メンテナンスに問題がある。メンテナンス部品を ERA が独自に調達できるならよいが、それができないなら、併せて他の方法も検討した方がよい。ヨーロッパもモニタリング機器はよいものを持っているし、精度に問題があるかも知れないがインドもモニタリング機器を生産している。

Q：技術の移転を受ける際には、日本のモニタリング機器で学びたい。Step 3 にモニタリングを加える事はできないか。

A：モニタリングは設計の基礎なので、加えた方がよい。日本の機器を使って調査・設計を進めつつも、エチオピアで調達可能なモニタリング機器を模索してもよい。また、イタリアの事例になるが、資金に不足しているイタリアは、対策工の実施を分割している。実施した対策工の成果を、モニタリングで検証し、後続する対策工の規模を修正している。(調査団注：これは日本でも行っているが、援助の現場ではなかなか実施されない) モニタリングを定着させると、こういった手法も可能となる。

### Step 4 LiDAR を用いた地すべり危険区域の判読

ERA の Design Directorate と GII が、航空搭載機 LiDAR の利用に関する協定を結んでいることを利用したものである。

LiDAR を使って作成した高精度の等高線地形図を使って、地すべり地形を判読し、道路線形の検討段階において、道路建設における危険地帯（地すべりがありそうな場所）を避けることが出来れば、地すべりの問題を軽減することができる。

Step 4 は、他と比べて難易度が高い。Step 1～3 は、目に見える地すべり（既に発生した地すべり）を対象としているが、Step 4 は、事業が関連して発生する可能性の高い地すべりを対象としており、現時点では目に見えていないものである。

なお、Step 1～3 は順を追って実施する必要があるが、Step 4 はそれらの流れとは切り分けて実施可能である。しかし、Step 2 で習得する技術と深い関係があるため、関連を持った実施が望ましい。

#### 質疑応答

Q：道路設計の時点で、危険な地域を見つけてそれを避けるというのは重要なポイントである。

Design Manual に反映したい。

A：LiDAR のデータは三次元データなので、設計も三次元で行えるが、それらはソフトを扱える一部の技術者しか確認・検証できない。LiDAR のデータを等高線地形図とする事で、多くの技術者が確認できるし、照査・検証も容易である。また、空中写真判読や地形判読など、既にバトルブールプされた技術を活用できるので、確実でもある。

## 民間への波及に関して

Step 3 で、コンサルタント調達の支援を予定しているが、Step 1 や 2、及び4に関する研修やセミナーなどにも、民間技術者をオブザーバー参加させ、民間への技術波及を促進することが望まれる。(あくまで、JICA 技プロの相手は ERA であることを強調しつつ)。

### 供与資機材などに関して

#### (1) ドローンに関して

ERA は、2~3 機のドローンを所有しているが、測量目的のものであり、地すべり対策にはなかなか回せそうにない。JICA からの供与を期待したい。

#### (2) 室内試験機器に関して

室内試験機器については、世界銀行 (WB) から予算を得た。

#### (3) Ph.D コースに関して

ERA 技術者の技術力底上げが必要なので、Ph.D コースへの職員の派遣を期待したい。

### アディスアベバ大学とのプロジェクトに関して

アディスアベバ大学 (以後、AA 大学と略す) との地すべりのハザードマップ作成と緩和策の立案、及びマニュアルの改訂を行うプロジェクトに関して、中間成果の共有を求めた。RRC によると、当該プロジェクトでは AA 大学はコンサルタントの立場であり、RRC からの委託を受けてプロジェクトを実施している。インタビューで得た情報は以下の通り。

- 調査期間は5年で現在は3年目 (第3フェーズ) であり、データ収集フェーズにあたる。
- 10か所の地すべり地帯からデータ収集を行っている。

インセプションレポート、第一、第二フェーズのインテリムレポートの共有を求めたが、業務途中での成果物の外部への共有は、AA 大学との契約並びに ERA の内規に違反するという事で、受け入れられなかった。そのため、共有可能な資料として、業務の TOR を入手した。

### アディスアベバ大学に委託した TOR の分析

RRC から入手した AA 大学に委託したコンサルタント業務の TOR に関し、以下に主なポイントを列挙した。

- Road Sector Development Program (RSDP) に取り組む ERA にとって、エチオピアに 700 か所あると見積もられている地すべりは重要な課題であるが、それに対応する適切なシステムや訓練された専門家が不足している。
- 地すべりが道路インフラに与える影響を調査するために、ERA は AA 大学に業務を委託した。
- 一方、キャパシティビルディングもこの委託業務の重要な柱である。
- 業務の主要な目的は以下の通り。

ERA の 10 年計画に基づき、ERA が管轄する道路に関連する地すべりを特定し、評価し、類別し、地図上に落とす。

主要な地すべりを選び、詳細な評価を行う。
地すべりの類別ごとに、対策案を提案する。また、上記の主要地すべりに対しては、詳細な対策案を提案する。
地すべりに対して、予備的なハザードリスク評価を行う。
地すべりに関連する ERA の文書をレビューし、アップデートする。これは現在の調査に統合される。
ERA の関連部局と実施機関に対するキャパシティビルディング計画を提案し、実施戦略を計画する。

- 業務の詳細な目的は以下の通り。

ERA 管轄の道路沿いに分布する地すべりを特定し、評価し、類別する。
ERA管轄の道路に関連する全国地すべりマップを作成する。
複雑さを加味しつつ、地すべり類別ごとに、対策案を提案する。
主要な地すべりに対して、詳細な対策を提示する。
地すべりに関するERAの設計マニュアルをレビューし、更新する。
道路設計と地すべり緩和策に関して、国の地すべりガイドラインを策定する。
将来の高度なリスク評価のベースとなる地すべりの予備的なハザードリスク評価を行う。
リスク評価を目的として主要な地すべりを選び出し、リスク評価を実施する。
地すべりに関連する問題に対する、現時点のERAの能力を評価する。
以下の項目に関し、ERAの地すべりに関連する部局の強みと弱みを特定する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 技術者の数</li> <li>- データ取得、モニタリング、管理体系</li> <li>- 試験室及び現地調査機器</li> <li>- 調査実施能力</li> </ul>
上記で特定された短所に基づき、適切なキャパシティビルディング計画とその実施戦略を提案する。
関連するERAの部局に対して、適切な訓練計画を提案／提供する。

- 業務範囲は以下の通り

調査の実施
<ul style="list-style-type: none"> <li>- エチオピアで行われた地すべり対策工のレビュー（デスクワーク）。</li> <li>- 地すべり発生機構の特定。</li> <li>- 業務の詳細目的を達成するための活動。</li> <li>- 全国レベルでのワークショップを4回行い、関係者からフィードバックを得ること。</li> <li>- 短期、中期、及び長期の調査計画を立案し、プロジェクト期間における RRC のアクションプランに対する到達度をレビューする。</li> <li>- 対象とされた地すべり地において、ArcGIS を使って、以下の地図を作成する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 水系図</li> </ul> </li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 集水域と地下水ポテンシャル図</li> <li>➤ 水理図</li> <li>➤ 地質図（斜面特性と安定を含む）</li> <li>➤ 地形図</li> <li>➤ 地すべり分布と危険度、及びリスク評価図</li> </ul>
<p>現状における ERA の地すべり及び地盤調査手法のレビュー</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 短期、中期、長期における調査ニーズの詳細な査定を行う。</li> <li>- 既存の地すべり調査方針のレビューと改善を行う。</li> <li>- 国外の成功事例を参考とし、エチオピアの道路セクターに最もふさわしい地盤調査と地すべり調査手法を提案する。</li> <li>- RRC と LGRT の新しい組織体制をレビューし、必要な改善を提案する。</li> <li>- LGRT とその調査計画に対し、目標設定と物理的及び資金的指標による進捗モニタリングと評価を可能とするツールとシステムを開発する。</li> </ul>
<p>技術図書の見直しと改善、及び作成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 地すべりに関する ERA の設計マニュアルをレビューし、改善する。</li> <li>- 道路と地すべり緩和策の設計に関する、エチオピア全土に適応できる地すべりガイドラインを作成する。</li> <li>- 地すべり点検マニュアルを作成する。</li> </ul>
<p>既存の技術情報管理及び普及システムのレビューと改善</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RRC の既存の技術情報管理システムをレビューし、修正／改善を提案する。</li> <li>- 道路関係機関、援助機関、大学、訓練機関及び関連する諸機関の持つ地すべり調査ニーズに関する情報を収集し分析できる合理的なシステムを開発する。</li> <li>- 国外の成功事例に基づき、現地調査および室内試験データを記録・保存し、レポートを作成する目的における LGRT の既存 IT システムの充足度をレビューする。</li> </ul>
<p>将来調査計画の優先順位</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 重要度の高い 10 分野の研究領域やテーマを提案する。</li> </ul>
<p>プロジェクトに必要な資器材</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 調査に必要な資器材のリストを作成する。</li> <li>- 地すべり及び地盤モニタリング機器の調達、運搬、及びパイロットサイトにおける調査現場や試験室への設置に関し、ERA を支援する。</li> </ul>
<p>技術支援と能力強化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ERA に対して必要な技術的支援を提供し、品質の高い調査を実施する能力を LGRT に与えるために必要な要求事項を特定する。これにはトレーニングコースを含む。</li> <li>- ソフトウェア、室内試験及び現地調査機器の使用に関する訓練を実施する。</li> <li>- LGRT のスタッフに足りないスキルと、現状及び将来にわたって必要となるスキルを特定する。</li> <li>- LGRT が行う調査研究の計画、見積、管理を行う財務フレームワークを開発する。</li> </ul>

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- LGRT が必要とするトレーニングを反映した短期、中期、長期計画を策定する。</li><li>- 長期訓練計画の詳細計画とスケジュールを作成する。</li></ul> |
|---|

- 5年計画で業務を実施し、インセプションレポート、月次進捗報告書、四半期進捗報告書、年次進捗報告書、及び完了報告書を提出する。
- その他に、表 2.2.1 に示す成果物を提出し、関連したトレーニングを行う。
- 表 2.2-2 業務従事者リストと資格要求に業務従事者リストと資格要求を示す。

表 2.2-3 AA 大学に委託したコンサルタント業務の成果物・訓練の一覧

No	Description	Submission date		Remark
		Draft	Final	
1	Inception report	4 months	5 months	
2	Stakeholder feedback workshop 1	Within 6 months		
3	Stakeholder feedback workshop report 1	6 months	6.5 months	
4	Revised project/research Proposal	7 months	7.5 months	
5	Equipment/software List	8 months	8.5 months	
6	Revised LGRT organizational structure	8 months	8.5 months	
7	List of 5 priority projects with detail proposal	9.5 months	10.5 months	
8	Training need assessment	8 months	9 months	
9	Training Program	8.5 months	9.5 months	
10	Training Module (1 <sup>st</sup> of few packages)	11.5months	12.5months	
11	Landslide study report for all five sites	21.5months	23.5months	
12	Stakeholder feedback workshop 2	22.5 months		
13	Stakeholder feedback workshop report 2	23.5 months	23.5months	
14	National Landslide distribution map	38 months	40months	
15	Landslide and slope instability policy	38 months	40 months	
16	Updated landslide identification manual	38 months	40 months	
17	Stakeholder feedback workshop 3	39 months		
18	Stakeholder feedback workshop report 3	39 months	40 months	
19	Research output Report	46 months	48months	
20	Stakeholder feedback workshop 4	47months		
21	Stakeholder feedback workshop report 4	47 months	48months	
22	ERA design manual review report pertaining to landslides	52months	54months	
23	Updated land slide mitigation manual	52 months	54months	
24	Landslide monitoring guideline	52 months	54months	
25	National landslide risk assessment report	56 months	60months	
26	National landslide hazard map (if applicable)	56 months	60months	
27	Stakeholder feedback workshop 5	57 months		
28	Stakeholder feedback workshop report 5	57 months	58months	
29	Consultancy completion Report	59 months	60 months	
30	Monthly progress report	monthly		
31	Quarterly progress report	quarterly		
32	Bi- Annual progress report	Bi annually		
33	Annual Progress report	Annually		

出典：TOR for Landslide Research Project (ERA & AAU) より引用

表 2.2-4 業務従事者リストと資格要求

No.	Position	Man-Month	Requirements (academic background)
1	Project Manager/ Team Leader + Senior Geotechnical Engineer	1x60=60	A minimum of PhD degree in civil engineering with specialization in Geotechnical Engineering
2	Senior Geotechnical Engineer / Geotechnical Researcher	3x40=120	PhD /M.Sc. in Geotechnical/Civil Engineering or related field with 10/15 years of relevant experience
3	Technical Assistant	1x30=30	A minimum of MSc degree in civil engineering or equivalent
4	Geotechnical Engineer (Intermediate Level)	4x25=100	A minimum of MSc degree in Civil Engineering with specialization in Geotechnical Engineering
5	Geotechnical Laboratory Manager	1x30=30	PhD degree in civil engineering with specialization in geotechnical engineering with 10 years relevant experience
6	Laboratory Engineer	2x15=30	Minimum of MSc Degree in civil engineering with specialization in geotechnical engineering
7	Engineering Geologist	2x20=40	PhD degree in engineering geology with 15 years relevant experience
8	Geophysicist	1x10=10	PhD/MSc degree in geophysics with 10/15 years relevant experience
9	Hydrologist	2x15=30	PhD/MSc degree in engineering hydrology with 15 years relevant experience
10	Topographic Surveyor	4x30=120	MSc / BSc degree in surveying/geomatics/geodesy with 8 / 10 years relevant experience
11	GIS expert	1x25=25	A minimum of M.Sc.(or MA) in ArcGIS or related with 10 years of relevant experience
12	Transport Economist	1x5=5	Minimum qualification of a master's degree in Transport Economics/Transport
13	Highway Engineer	1x8=8	Minimum qualification of MSc degree in Engineering/Road & Transport /Highway Planning or equivalent
14	Project Coordinator	1x25=25	MSc/BSc degree in construction management / project management with 5/7 years relevant experience
15	IT Expert	1x6=6	BA or B.Sc. Degree or equivalent in Information Technology / Computer Science / Computer Engineering / MIS or related fields with 12 years relevant Experience.

出典：TOR for Landslide Research Project (ERA & AAU) より抜粋引用

AA 大学に委託したコンサルタント業務の TOR から読み取れる、この業務の主な目的を以下に示す。

- 主にトレーニングを通じ、ERA の関連する部局の地すべり対応能力を強化する。
- 地すべり対応能力は、地形図作成、地すべり調査、モニタリング、地すべり機構解析、安定解析、対策工の立案設計まで、網羅的に行う。
- RRC、特に Landslide and Geotechnical Research Team (LGRT)の組織改革と能力強化、及び設備の増強を提案する。
- エチオピア全土の道路に関連する地すべりハザードマップを作成し、地すべりの分類を行う。
- 地すべり分類に応じた予備的な対策案を提案する。
- 5か所の主要な地すべりを選定し、これに対する具体的な対策を立案する。
- ERA の所有するマニュアル類に関し、地すべり対策の観点からの改訂を行う。
- 国外の最新の知見を取り入れ、ERA の地すべり対策の体制を見直す。

AA 大学に委託したコンサルタント業務は、ERA の地すべり対処能力の底上げを目的としており、また道路開発における基礎データとして、エチオピア全国における道路沿いの地すべりハザードマップを提供し、併せて地すべり分類に応じた予備的な設計案の提示を行う。

一方で、個別の地すべりに対する具体的な対策の立案は、5 箇所の主要な地すべりに対するものに留まる。全体的にデスクワークで実施可能なソフト対策に重きが置かれ、具体的な対策工の設計などのハード対策には、まだ踏み込めていない印象を受ける。

ERA が、自らの地すべり対処能力の向上を意図して、外部機関に対して包括的な組織能力強化を依頼したことは、画期的な動きとして評価できる。

ハザードマップの作成と地すべり分類に応じた予備的な対策工の提案は、今後の道路開発において地すべり地とその近傍で開発を行うに際し、ERA を含む事業の実施主体に対して地すべり対策の必要性を喚起し、必要な対応を取る契機となる。

また主要な 5 か所の地すべりでの具体的な対策工の立案は、その実施までをフォローアップすることができれば、貴重なケーススタディの事例として機能すると思われる。

但し、ハザードマップの作成だけでは、地すべり地とその近傍における道路開発において地すべりを緩和するには十分ではない。ハザードマップに示された地すべり地とその近傍において道路開発・改良を行う際には、通常の調査設計に加えて、地すべりの調査と対策工の立案を含んだ TOR をコンサルタントに提示し、個別具体的な対策を実施する必要がある。この意味において、地すべり対策を行うコンサルタントの調達支援は、JICA として有効な支援策であると言える。この点は、第四回調査で提案した技術協力プロジェクト案に盛り込まれている。

ハザードマップに示された地すべりを避けて道路を計画、或いは改良することが理想的であるが、多くの場合、何らかの形で地すべり地とその近傍を通過することになり、物理的な地すべり対策の導入は高い確率で必要となる。この場合、物理的な地すべり対策工の維持管理が道路の維持管理における課題として浮上する。山岳地帯や地すべり地帯の道路維持管理においては、我が国で行われているような道路斜面の防災点検と斜面データベースの運用が効果的である。

道路斜面の点検とデータベース化は、我が国が運用する特徴的な維持管理手法であり、我が国の強みでもある。これらに関し、将来的にエチオピア国に対して技術を移転するニーズが発生することが予想される。

2023 年 8 月 31 日に実施された当アドバイザー業務のワークショップにおいて、AA 大学の当該プロジェクトチームによるプロジェクトの中間報告成果の発表から、AA 大学の技術力を観察した。以下に AA 大学によるプレゼンテーションの流れを箇条書きによりまとめた。

- 発表を担当した Tezera 助教授は、ダムと地盤工学に関する経歴を持っている。プロジェクトのチームリーダーは Asarat 教授。

- JICA のガイドラインをレビューしている。
- エチオピア全国の地すべりマップを準備中。
- エチオピア全国の地すべり被害の実情を調査している。
- 調査には Google Map を多用している。
- データベースに接続された地すべりのインベントリーマップを作成している。これは、地図上に示された地すべりの情報を、地図をクリックすることで表示できる仕組みである。
- 調査では基本的な予察情報(preliminary information)をまとめている。
- 過去の道路排水、斜面排水の設計は、地球温暖化により変化した降雨量を検討していない、と指摘している。
- 道路建設（切土など）による地すべりの影響を検討している。
- 特に、道路排水、斜面排水の不備に注目している。
- 河川による地すべり末端の浸食に注目している。
- 地形、地質、及び地質構造に着目している。
- Residual soil、colluvium、expansive soil と地すべりの関係に注目している。
- 地すべり対策として、マイクロパイル、排水横ボーリング（JICA の技術移転により実施したアバイ溪谷の事例）、ガビオン、石積み擁壁、切土の小段（ベンチカット）が実施されている。
- Design Review も行っている。
- 地すべり対策を全く行っていない工事があることも問題である。
- 地すべり管理への提言をまとめている。
- 以下の三点を3つの挑戦として位置付けている。
  - 地すべりに関する情報の欠如
  - 地すべりの正確なマッピングの困難と予知の難しさ
  - 適正な地すべり管理の欠如
- 地すべりに関する知見や技術が、広く地方レベルのエンジニアに周知される必要があると主張している。
- また、地すべりが実際に起きているサイトに対する詳細調査と対策工の設計施工技術が不足していると、自国の技術を評価している。

AA 大学の発表及びその後の質疑応答などから、AA 大学の技術力に関し、観察した事項を以下に示す。

- プレゼンテーションは写真と図を多用し、判り易い。また、地すべりにおいて注目すべきポイントを押さえている。
- 地すべりマップやインベントリの作成等の能力は十分に持っている。
- 地すべり現地踏査時には、Google Map を用いて地すべりの範囲を確定させているが、等高線地形図と比べて Google Map では、正確な地形の表現が示されていないため、調査精度は低くなる。等高線地形図により踏査をすると、等高線に示された地形的特徴を現地で確認することで、地すべりの範囲を確認し、かつ確定することができる。また、等高線地形図はスケールを持った図面である

ため、そのまま解析や設計に使う事ができ、地すべりプロファイルの作成も可能である。

- 上記に示した地すべり踏査における等高線地形図の重要性を、AA 大学の発表者 2 名は認識しており、プレゼンの中で地形図作成能力に乏しいことに触れている。
- エチオピア全土の地すべり分布とその性状や被害の把握といった、マクロ的視野の業務を実施するのに、AA 大学は十分な能力を持っている。
- 他方、特定の地すべりに対する対策を詳細に検討し、設計する能力に関しては、まだまだ不足していると、AA 大学の発表者も認識している様子であり、プレゼンの中でもそう触れていた。
- AA 大学の発表者が特に強調していたことは、地すべりに関する認識 (Awareness) の向上である。特に道路建設事業において、地すべりの認識が不足している点に懸念を示していた。プレゼン前に意見交換を行ったが、その際には、地すべり多発地帯に道路を建設するにも関わらず、地すべりの調査や対策の設計が皆無のプロジェクトが珍しくないことや、適切な調査や設計が行なわれていない事に対して、意見の一致をみた。

AA 大学の能力は、独力で地すべり対策に関する上流工程から下流行程までを全て行える域にはまだ至っていないようであるが、地すべりの認知と被害の調査、地すべりマップとインベントリーの作成など、地すべりの基本情報の把握と情報の整理及び管理に関しては、十分な能力を有している。

今後、AA 大学の支援により、ERA の地すべり対策能力が向上することが見込まれる。しかし、AA 大学も認識しているように、特定の地すべりに対する詳細な調査や対策工の設計、施工、維持管理に関しては、我が国や欧米先進諸国からの技術移転が必要であると思われる。

### 「地すべり対策工能力強化プロジェクト」において供与したロータリーパーカッションボーリングマシンの現状調査

ERA に対する「地すべり対策工能力強化プロジェクト」において供与した二重管式<sup>2</sup>ロータリーパーカッションボーリングマシンは、ERA がアバイ溪谷において地すべり対策工を実施する際に相当に活用されていたが、重要なスペアパーツが入手出来ないことから、本アドバイザー業務開始後の 2021 年 8 月の調査時点において、稼動していないという情報を入手した。

当該のロータリーパーカッションボーリングマシンは、供与から既に 10 年が経過しており、当該マシンを製作した株式会社ワイビーエムによると、メンテナンスが必要な時期にあるとのこと。なお、供与したマシンは特別仕様の一点ものとのことである。

---

<sup>2</sup> 掘削に伴い孔壁を保護するケーシングを挿入しながら、迅速に掘削することができるタイプのロータリーパーカッションボーリングマシン。排水横ボーリング工では、目詰まり防止のスクリーンを巻いたストレナーパイプをボーリング孔に挿入する必要から、パイプの挿入まで孔壁を保護する必要があり、二重管式のボーリングマシンが必要となる。また、ロックボルトやグラウンドアンカーの施工に際しても、グラウトの確実な充填を期するため、部材の挿入までは孔壁の保護が必要であり、効率的かつ確実な施工を期するには二重管式のボーリングマシンが必要となる。

RRC が管理し運用している二重管式ロータリーパーカッションボーリングマシンの他にも、ロータリーパーカッションボーリングマシンが JICA から供与されているらしい。このロータリーパーカッションボーリングマシンは、2021 年 8 月時点で稼動中であり、Alemegena District の管理下にあった。主に石切り場での発破充填孔の掘削に用いられている様子。このロータリーパーカッションボーリングマシンは二重管式ではないため、ERA がアバイ溪谷で実施していた水抜きボーリング工やソイルネイリングの施工には向いていない。

当該マシンは、RRC の管理下にある<sup>3</sup>が、配置はアバイ溪谷であり、本業務における調査では現物の確認を行う事は出来なかった<sup>4</sup>。

第8回調査では、同社から当該マシンのパーツリストや仕様書などを入手して臨んだ。RRC の Landslide and Geotechnical Research Team (LGRT) の Team Leader である Eng. Ahmad Heredin に、当該マシンに必要なスペアパーツに関して確認したが、氏では詳細は判らず、当該マシンを運用している技術者 (technician) への確認が必要との回答を得た。ワイビーエム社より入手したパーツリストや仕様書 (簡単な図面を含む) を Eng. Ahmad Heredin に提供し<sup>5</sup>、必要なスペアパーツを具体的にリストアップするように依頼した。氏からは上記の技術者に確認の上、返答するとの回答を得た。

第9回調査では、当該の技術者 (technician) が必要なスペアパーツのリストを作成し、それを回収する可能性を期待していた。残念ながらアバイ溪谷の治安状況は、エチオピア人すらアクセスが憚られるような状況にあり、当該マシンの状況を現地確認した上で作成された、詳細なスペアパーツのリストを入手することはできなかった。

しかし、Eng. Ahmad Heredin を介して、当該技術者から必要なスペアパーツの概略を聞き出すことには成功した。下表に示す。

表 2.2-5 Necessary Spare Parts for Rotary Percussion Boring Machine

Necessary Spare Parts Items	
Starting Inner short rod 75mm diameter 1meter length	Outer casing coupling 118mm and 133mm
Outer short rod 118 and 133 diameter	Bottom bit 75mm inner rod
Rod reducer inner short rod	Outer bit 133mm
Rod reducer outer short rod 118mm	Drifter hoses
Inner short rod 1.5meter	Percussion hoses

出典：RRC

株式会社ワイビーエムに上表の情報を提供し、概算の見積を依頼した。数量に関しては、リストに上げられたパーツが消耗品に類するものであるため、前技プロにおいて当該マシンを供与した際の数量を参考にした見積を依頼した。

上表は、アバイ溪谷に渡航できないという状況で入手した限られた情報であるため、実際のスペアパーツの購入に際しては、少なくとも ERA・RRC の技術者 (technician) がアバイ溪谷の現地で当該マシンを確認した上で作成したリストが必要となる。

<sup>3</sup> RRC が管理し運用している二重管式ロータリーパーカッションボーリングマシンの他にも、ロータリーパーカッションボーリングマシンが JICA から供与されているらしい。このロータリーパーカッションボーリングマシンは、2021年8月時点で稼動中であり、Alemegna District の管理下にあった。主に石切り場での発破充填孔の掘削に用いられている様子。このロータリーパーカッションボーリングマシンは二重管式ではないため、ERA がアバイ溪谷で実施していた水抜きボーリング工やソイルネイリングの施工には向いていない。

<sup>4</sup> 何れの調査でも、調査時点において、アバイ溪谷への渡航は安全上の理由で禁止されていた。

<sup>5</sup> ワイビーエム社の了解のもとに提供した。

なお、スペアパーツの供与に関し、ERA には JICA に概算の金額を報告するが、JICA が供与するとは限らない旨を説明している。

## 5) JICA

GII への支援策を検討された JICA 専門員及び JICA エチオピア事務所と、GII の所有する航空機搭載 LiDAR の測量成果を ERA の Design Directorate が利用して地すべりの予察を行うことに関して、意見交換を行った。

### 調査団よりの説明

- エチオピアにてこれまでに収集した等高線地形図や空中写真を共有し、GII の等高線地形図作成能力に関する懸念を説明した。
- 現状の地形図では、ERA の開発する新規路線沿いの地すべり地形の判読は難しい。
- LiDAR による DEM 取得はメリットがあるが、多くの土木技術者にとって利用しやすいのは、等高線地形図であり、LiDAR を活用した高精度な等高線地形図を、1/1,000～1/25,000 程度で作成できる能力が強化されると、ERA に対する支援も展開が開ける。新規路線沿いの地すべりの予察を、LiDAR を用いて作成した等高線地形図を読図する事によって、ERA などが行う能力を強化することができる、アバイ溪谷のような事例を減らすことができる。

### ディスカッション

- 空中写真を使って地形図を作成する従来型の方法と、LiDAR を使って等高線地形図を作成する方法は異なるので、その点にスポットを当てた支援は妥当性がある。LiDAR データから DEM データに変換⇒自動でコンター図作成⇒手動で修正しながらコンター図を仕上げるという手順となるが、手動での作業に職人技術が必要。(専門員)
- そのため、GII への支援に上記の専門家を組み込むことを検討したい。その場合には、ERA と GII との協力の形態を明確とする必要がある。ERA による新規路線の開発に GII が LiDAR 測量を用いて協力する場合、費用は ERA が負担するものと思われるが、その際に、ERA から GII に依頼する際の仕様書 TOR の内容を確認したい。(専門員)  
→ERA 設計部より、GII に依頼する際の TOR や縮尺指定の情報を入手したい。
- 地図関連の支援の際には、JICA の策定した技術仕様を満たすだけの能力が強化されるように、途上国の支援を行っている。これらの仕様書は、ERA から GII への地形図作成依頼の仕様書としても使う事ができる。

## 6) イタリアの援助機関に対する調査

次期支援候補案件である「ERA 地すべり対策調査設計能力向上プロジェクト (案)」では、優れた地すべり対策能力を持つイタリアとの協調を提案した。これに関し、イタリアの援助機関に対して、その関心の有無や程度をサウンディングした。

## 1) Italian Agency for Development Cooperation (AICS)

アジスアベバのイタリア大使館敷地内にある Italian Agency for Development Cooperation (AICS)を訪問し、「ERA 地すべり対策調査設計能力向上プロジェクト (案)」への協力を打診した。

こちらからは以下のようにイタリアとの協力の必要性を説明した。

- アバイ渓谷やジンマ付近の道路事業に見るように、ERA の地すべり対処能力の向上が必要である。
- エチオピア側には、地すべり対策用の地図作成と地すべり踏査の技術が不足しているため、これを上記の技プロ案で技術移転する案を持っている。併せて、ボーリング調査による地すべりプロファイル作成の技術移転も考えている。
- 一方、日本の地すべり対策工の設計技術は特殊であり、日本のコントラクターしか対応できないものが多い。しかし、距離の問題、商習慣の違い、及び日本国内での需要が高いことから、日本のコントラクターがエチオピアに進出する可能性はかなり低い。日本の地すべり対策工設計技術をエチオピアに移転したとしても、日本のコントラクターがエチオピアに来なければ、無駄に終わる可能性が高くなる。
- イタリアで3週間ほど、地すべり対策に携っている研究所、官公庁、民間企業の調査を行ったが、イタリアでも日本と同様の機能を持つ地すべり対策工を実施していることが判った。日本の対策工よりも安価に施工できる簡易な集水井も見学した。イタリアの設計手法は、ヨーロッパにおける一般的な手法と同じであり、イタリアの設計手法をエチオピアに移転することで、距離的にも近く、進出へのハードルが低いイタリアのコントラクターによる地すべり対策の実施が可能となる。安価な対策工を用いれば、エチオピア政府にとっても、よりサステナブルなものとなる。
- ERA の技術者にイタリアで研修を受けさせることもできると考えている。
- 加えて、イタリアの地すべりモニタリング技術は優秀であり、エチオピアへの導入が望まれる。日本の地すべりモニタリングも同様に優秀だが、スペアパーツの調達が難しく、残念ながらエチオピアにとってサステナブルではない。

ウェブ会議で参加したイタリア側の地すべり技術者からは以下の返答があった。

- エチオピアでの対策実施に興味を持つ会社が3社ある。
  - V IGANÓ PAVITEX BERGAMO - Italy ([www.pavitex.com](http://www.pavitex.com))
  - ARR IGO GABBIONI Calolziocorte LECCO - Italy ([www.arrigogabbioni.com](http://www.arrigogabbioni.com))
  - RISP SRL VASCON Treviso ([www.risprockfallprotection.com](http://www.risprockfallprotection.com))
- エチオピアの技術者の訓練や研修は可能であると思われる。
- イタリアには落石防止網やガビオン用のネットのサプライヤーとして有名なマカフェリ社がある。マカフェリ社はマテリアルサプライヤーだけでなく、コンサルタント業務や施工にも関わっており、それらのトレーニングも行う事もできる。地すべり対策の集水井だけでなく、落石

防止ネットや斜面崩壊対策、浸食対策のネット、またガビオン工法などで幅広く対応が可能である。マカフェリ社は設計用のソフトも提供できる。

- 上記の企業の協力で技術協力を行う素地はある。また、対策工の施工に必要な仕様書も提供できる。
- エチオピアの技術者の訓練や研修を行う素地はある。
- 地すべりモニタリングもイタリアには強みがあり、数社紹介できると思う。

また、アジスアベバ駐在の AICS の職員からは以下の説明があった。

- エチオピアに対する援助は主に河川流域管理を主体としており、水資源関係の官庁と一様に仕事をしている。60 million1（通貨は不明）規模の援助を6つの河川流域に対して行っており、代表的なものは Awash と Abay である。土砂浸食対策は主に平地で行っているが、地すべり対策に応用が可能と思う。
- Capacity Building も行っているが、現在は情報収集がメインである。
- マカフェリ社も以前、エチオピアに進出しようとしたことがあったが、ガビオンに使う金網をエチオピア国内で生産したため、失敗したことがある。
- 日本の協力は地すべり対策に関する資金協力を含むのか？

これらの議論から、事業のタイミングが合うかどうかは疑問だが、日本側が地図作成から踏査、及び調査までの技プロを行い、イタリア側が対策工の設計の技術移転を行う支援を行う事に関し、イタリア側は興味を示した。

なお、2023年8月の時点で、Filippo Guidi 氏に、改めて、5月のプレゼンテーションを再確認した。して、イタリア式対策工をエチオピアで実施するのに必要なイタリアの設計技術などの移転に関し、イタリア側でどのような協力が可能であるかを情報交換した。以下に概要を示す。

イタリア側による技術協力プロジェクト（以下、T/C と略す）の実施に関しては、以下のような回答を得た。

- AICS には、水資源を支援するセクターがあるが、地すべり対策を支援するセクターは無く、また予算も今すぐにはない。JICA と協力して独自に T/C を立ち上げるにしても、今すぐというのは難しい。予算も2025年までは決まっているので、それ以降の話となる。
- また、T/C を行う業者の調達にしても、EU の規則に準じているので、イタリアの企業に限定して調達するのは難しい。

イタリア側による協力の形態に関して、例えば、1) JICA が主催する T/C イタリア技術を移転するためのエンジニアを派遣できるか、2) 同様にイタリアでの研修を受け入れられるか、3) 或いは、JICA とは別にイタリアの設計技術を移転する T/C をイタリア側で個別に立ち上げる事ができるか、これらの可能性に関する質問に関しては、以下の回答を得た。

- 3) に関しては、直ぐには難しいと思うが、1) と 2) に関しては、5月に聞いた説明に関心を持つイタリア企業が3社ある。これらの会社は、技術者の派遣にも、研修の受入れにも、積極的である。

また、イタリアの対策工を導入する際のスペックの提案に関しては、以下の回答を得た。

- ERA の使っている共通仕様書は、2003年にアメリカのコンサルタント会社で作ったものなので、もうだいぶ古い。(Filippo Guidi氏は、前世紀のエチオピア内戦が終結し状況が安定した2000年代前半から、エチオピアでの経験を持っている)。

イタリアは地すべりモニタリング技術も高く、設計技術と併せて、イタリアのモニタリング技術を移転することも考えられる。この点に関しては以下の回答を得た。

- イタリアには多くのモニタリング技術があるので、紹介できる。

最後に、JICAがこのプロジェクトを採択するかどうかはJICA次第であり、約束できない旨を説明した上で、引き続きの情報交換の継続を依頼したところ、承諾を得た。

### イタリアとの協力の可能性

イタリアとの協力に関して、1) JICAが主催するT/Cにイタリア技術を移転するためのエンジニアを派遣でき、2) 同様にイタリアでの研修を受け入れられるか民間企業の協力が得られる、との回答を得た。

現時点で三社のイタリア企業が協力できるとの情報があるが、これらは材料のサプライヤーである。一方、イタリアの斜面对策・地すべり対策は、日本と同様に幅広く多種にわたるが、サプライヤー主導の技術移転となると、移転される技術や情報が偏る可能性も否めない。紹介された三社<sup>6</sup>はジオテキスタイルやガビオン及び落石防止網のサプライヤーであり、技術移転も補強土盛土やガビオン、及び落石防止網とスチールネットを用いた斜面保護工<sup>7</sup>に偏る可能性がある。

イタリアの持つ多種多様な地すべり対策技術の移転には、特定の技術にとらわれないイタリアの官公庁や州政府、及び公立研究所の参画が必要と思われるが、これにはAICSによるT/Cの実施が必要と考えられる。ただし、近い将来の実現は難しいと判断せざるを得ない。

<sup>6</sup> 第八回調査報告書で示した三社を下記に再掲する。

- VIGANÓ PAVITEX BERGAMO - Italy ([www.pavitex.com](http://www.pavitex.com))
- ARRIGO GABBIONI Calolziocorte LECCO - Italy ([www.arrigogabbioni.com](http://www.arrigogabbioni.com))
- RISP SRL VASCON Treviso ([www.risprockfallprotection.com](http://www.risprockfallprotection.com))

<sup>7</sup> 我が国では、急斜面对策や斜面崩壊対策にはコンクリート法砕工を多用しているが、イタリアを含む欧州では、スチールネットを使った対策が普及している。

## 2.3. 成果3

### 2.3.1. 活動3-1：EU 主導の東部アフリカ地域経済共同体における軸重計運用ルールについて、エチオピアにおける対応状況を確認する。また、JICA が過去に無償資金協力により整備した14か所の軸重計に関する指摘事項については、可能な対応策について提案する

#### (1) ERA の TTTFP 対応方針

ERA の TTTFP 対応方針を列挙する。

- ERA としても、TTTFP の推奨するマルチデッキ化等は将来的な目標であり、直ぐに対応できるものではないことを認識している。このため、JICA の供与した14箇所軸重計の復旧と再稼働が当面の目標であることで間違いない。新しいJICA の機器を取り替えることは、現実的でないことをTTTFP には伝えている。
- EU からは、TTTFP に対する特別な支援枠があるわけではない。TTTFP は、毎年のセクターサポートの枠組の中で動いており、Technical Assistant のみに使用可能である。(資機材の購入は不可)
- ただし、新道路交通基本法 (Road Transport Proclamation 2022 (案)) では、TTTFP 対応の実施が運輸省の義務として規定されており、今後はTTTFP に準拠していくことになる。

#### ① 法制度面

Vehicle Weight Regulation 2021 (新規則) はTTTFP に準拠したものであり、反則金の額はERA が新規則において定めている。新規則はすでに議会の承認を得ており、関係業界への周知徹底を図った上で2022年内には運用を開始する予定である。調査団は、TTTFP 指摘事項への対応を含め、新規則がTTTFP に準拠していることを確認した。

- 違反の行政罰化→○

TTTFP : 罰則は行政罰として与えられる。

エチオピア : 旧の Road Transport Proclamation (2005)では全ての違反が刑法罰となっていたが、新法(2022)では軸重違反は民法のもとに罰せられることになる。

- 車両の事前登録・届け出→○

TTTFP : REVISED REPORT において、「エチオピアでは車両総重量、軸重の事前届け出が不要のため、計測所で車両単体の重量を把握することができない」と指摘

エチオピア : 新規則では、「車両の使用前に、総重量、寸法をERA に対して届け出、登録する」と規定。

- 各軸の超過許容値→○

TTTFP : 各軸最大5%までの超過の許容が認められている。

エチオピア : 旧規則の運用では、計測所で各軸 2,000 kg までの超過が慣用的に認められており、結果として総重量も超過していたが、この運用は廃止され、一切の許容は認められなくなる (ERA の説明)。

- 総重量の超過許容値→○

TTTFP : 56t から超過は認められない。

エチオピア : 新規則においては、56t から超過は認められないと規定。

## ② 機材/システム面

TTTTF からの機材/システム面に対する指摘事項については、以下のように取りまとめられる。

(出典：“REVISED REPORT ON EXTENT OF ETHIOPIA WEIGH STATION COMPLIANCE WITH TRIPARTITE STANDARDS, March 2020, Draft”)

5.1.1. Key Consideration 1: Ensure that each vehicle of the target group(s) on the road is accounted for

⇒交通量統計の必要性、WIM 導入の推奨

5.1.2. Key Consideration 2: Ensure that each vehicle is correctly weighed (by WIM and/or Static Scale) and scale readings recorded, as prescribed

⇒マルチデッキ導入の推奨。WIM 等による、計測所への適切な車両の誘導

5.1.3. Key Consideration 3: Ensure that the axle/axle unit mass and total vehicle mass detected by the scale is correctly recorded on enforcement document

⇒手を介さない計測関係書類の作成、計測結果のデータベース化

5.1.4. Key Consideration 4: Ensure that each enforcement document is finalised by payment of the overload fees or legal recourse

⇒手を介さない罰金支払関係書類の作成、罰金支払い方法の改善

これらの指摘に対して、ERA としては以下のような意向を持っている。

- TTTTF の指摘に対応するために、8 軸を計測可能にするための 4 m デッキの追加等ができればよいと考えている。
- 供与された軸重計が頻繁に壊れており、メンテナンスとスペアパーツの確保が重要。サステイナブルな運用のため、継続的に日本のスペアパーツが手に入る環境が必要である。
- 各書類の自動作成化や電子化は目指しているところであり、将来的には WIM を各計測所に置いて ERA で直接情報を受け取れる環境にしたい。アイデア段階だが、計測データをネットワーク化して ERA 本部で一元管理することも考えている。まず Awash にパイロットプロジェクトとして WIM を設置し、オンラインになる予定である。

### 参考：TTTTF 推奨のシステム構成

#### ◆ 交通制御

計測所付近の円滑な交通流制御及び確実な車両の計測所への誘導のために必要な機器

Traffic signals, Booms, Control loops, ID tag readers, Cameras, both for context and ANPR, Violation Loggers (VL).

#### ◆ コンピュータ機器

データベースのためのサーバー、ネットワーク機器に求められる機能

仮想ドメインコントローラー、仮想アプリケーションサーバー、仮想データベースサーバー、仮想ファイルサーバー、仮想バックアップサーバーのいずれかを使用した内部システムサーバー

仮想画像処理サーバー、仮想トラフィックコントローラーのいずれかを使用した外部システムサーバー。内部サーバーから外部ネットワークへの情報送信

#### ◆ 軸重管理情報システム

WIM システムからのデータ記録、計測所での輸送会社及び運転手に関する情報登録、計測所の機器の統合化、カメラ（ナンバープレート読み取り、車両画像取得）の統合化、WIM データと計測所データの自動連結化、過積載判定（関係情報システムへの違反登録を自動的に行う）、罰金支払い情報を違反情報システムから入手できる、計測所交通流（再計測、荷下ろし場所、本線復帰誘導に関する管理）、非過積載車への計測証明書の付与、外国籍の輸送会社／運転手情報交換のための National Transport System と TRIPS の統合化、外国籍の輸送会社への違反通知および罰則点付与のための罰則登録データベースと TRIPS の統合化

◆ 軸重施設運用

管理プロトコルと手順／組織構造の記録、オペレーション（バスとタンカーは現在計量されていないため、計量所で積み込み、積み下ろし、単体、複数にかかわらず、すべてのバスとタンカーを計量するためのオペレーション手順を導入する必要がある）、メンテナンス管理計画、インシデント管理および緊急時のプロトコル

◆ 職場の規則、方針、手順報告システム

計測所の処理能力統計データ（各計測プロセスでの滞留車両台数、平均待ち時間及び処理時間、各計測ポイントの通過台数 etc.）、過積載統計データ（車種、過積載重量、time distribution, etc.）、違反裁定報告、罰金支払い報告（User transaction reports）、地図ベース報告、各計測所のデータを統合した報告書作成、公的調査（Public enquiries）

③ その他

- 過積載車両の割合は、過去の信頼性の低いデータでは計測した全車両のうちの 50～60%だったが、今年の暫定値では 36%まで減っており、運送会社が過積載の問題を認識し始めたのかもしれない。TTTTFP の目標は、過積載車両を全通過車両のうち 25%まで低減させることであり、全車両計測のためには、WIM 等を設置し常時計測することが必要であるものの、まずは新規の施行前後で軸重違反台数がどの程度減少したか把握することが最重要である。暫定的には手動でも、計測所付近で定期的に過積載車両を計測した方がよい。

2023 年 6 月の段階において、ERA においては現在 TTTFP が求める基準の達成に必要な軸重計の更新や WIM の設置を行うための資金提供を求めるプロポーザルを作成しているとのこと。このプロポーザルは Sweroad というコンサルとともに作成しており、資料は大方完成している。社内での承認後に、AfDB などへ提出を予定している。

**2.3.2. 活動3-2 : JICA が過去に無償資金協力により供与した 14 か所の軸重計の稼働状況を確認し、整備機材の稼働に問題があった場合には、機材が非稼働である原因を特定し、再稼働に必要な対策を提案する。また、軸重計測所における体制上、運営上の課題を確認する**

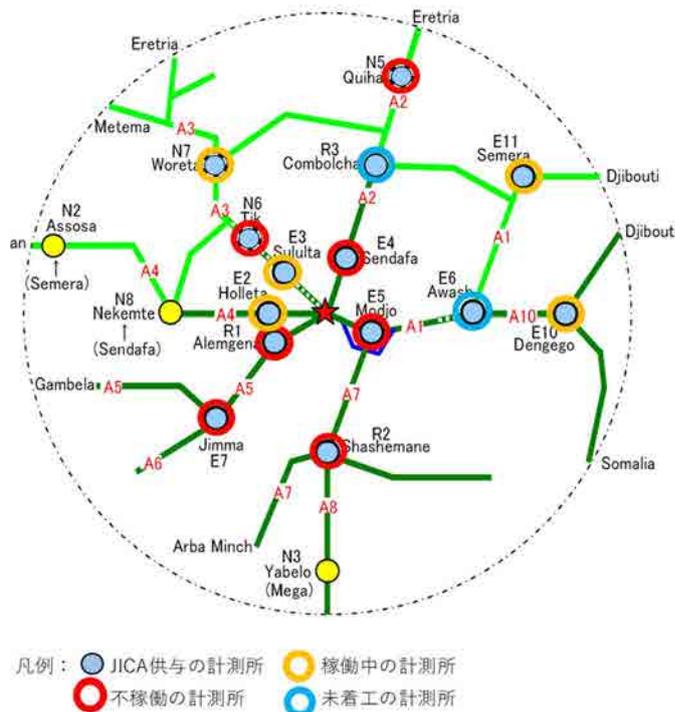
過年度の無償資金協力により供与した 14 箇所の軸重計の電力事情(モニタ)、機器の稼働状況の確認を実施した。

調査結果を下表に示す。本業務においては、14 箇所の軸重計のうち、全部で9 箇所の電力モニターデータの収集を終えた。その他 5 箇所については、治安上の問題から渡航禁止になっている。2022 年 6 月現在、稼働中の計測所は 5 箇所であり、9 箇所が観測不可能な状態である。この内、Awash と Kombolcha の 2 箇所が未完成の状態である。

表 2.3-1 軸重計測所の現状

	サイト名	電力モニタ	軸重計状況 2021/08	軸重計状況 2022/06	故障原因
1	Alemgena	2021/09/12 終了	故障中	故障中	停電復旧時のサージ過電圧
2	Holeta	2022/09/12 終了	計測可能	計測可能	配電トランスヘトラック衝突時の過電圧
3	Sululta	2021/09/05 終了	計測可能	計測可能	配電網落雷
4	Modjo	2021/09/17 終了	故障中	故障中	停電復旧時のサージ過電圧、 発電機電圧異常時切替
5	Sendafa	2021/09/05 終了	故障中	故障中	停電復旧時のサージ過電圧
6	Shachemane	2021/09/27 終了	全焼損	全焼損	暴徒による放火
7	Jimma	2021/10/12 終了	故障中	故障中	停電復旧時のサージ過電圧
8	Tik	2022/06/08 終了	(計測可能)	故障中	停電復旧時のサージ過電圧、配電トランスヘトラック衝突時の過電圧
9	Dengego	渡航禁止	(計測可能)	計測可能	停電復旧時のサージ過電圧 EDP:Awash を転用
10	Semera	渡航禁止	(計測可能)	計測可能	配電網落雷 EDP:Combolcha を転用
11	Woreta	2022/06/05 終了	(故障中)	計測可能	外部表示版故障中
12	Quiha	渡航禁止	(故障中)	故障中	停電復旧時のサージ過電圧
13	Awash	渡航禁止	未完成	未完成	アクセス道路未整備
14	Kombolcha	渡航禁止	未完成	未完成	鉄道の要求で移転決定。移転先未決定。

出典：JICA 調査団



No.	台数	設置場所	状況	稼働状況
E2	1	Hollela	調査済み	○
E3	1	Sululta	調査済み	○
E4	1	Sendafa	調査済み	×
E5	1	Modjo	調査済み	×
E7	1	Jimma	調査済み	×
R1	1	Alemgena	調査済み	×
R2	1	Shashemane	調査済み	×
N6	1	Tik	調査済み	×
E10	1	Dengego	未調査	○
E11	1	Semera	未調査	○
N7	1	Woreta	調査済み	○
E6	1	Awash	工事未着手	×
R3	1	Combolcha	工事未着手	×
N5	1	Quiha	進入不可	×

- 本プロジェクトで軸重計が置換えられる計測所
- 本プロジェクトで新設される計測所
- ERAが設置する計測所
- 新たに過積載が規制される区間
- 過積載規制が効率化・強化される区間
- 日本関係プロジェクト
- ★ Addis Ababa

出典：JICA 調査団

図 2.3-1 軸重計測所の位置と現状

Tik 計測所については、2021 年 8 月中～下旬、計測所敷地内にある配電トランスにトラックが衝突（右写真）した際に生じた供給電力異常で EDP が故障したため、計測不可能となっていた。また、Sululuta 計測所は、2021 年 9 月頃に故障したがトラブルシューティングで復旧している。故障箇所は、EDP 内臓の電源ユニットの電解コンデンサー焼損で、市中で交換部品購入して修理したとのことである。原因は供給電源異常と推測している。

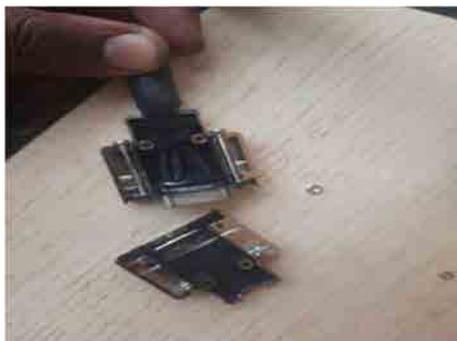
以下に ERA から入手した保守状況の写真を添付する。複数のサイトで同じ故障が発生している。



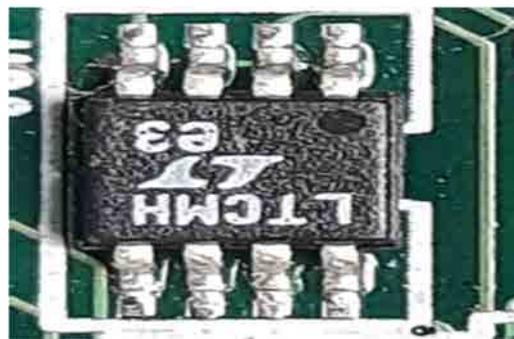
EDP 外部標示器コネクタ焼損



EDP メインボード焼損部



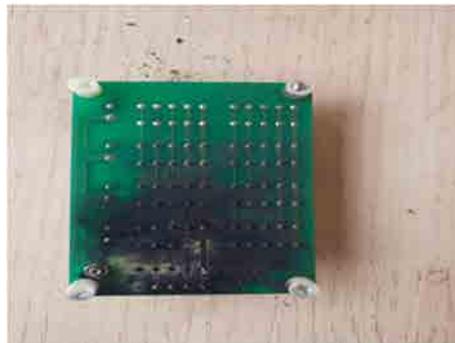
EDP ロードセル接続コネクタ



EDP メインボード複数回故障 IC



ターミナルボックス基板を外した状態



ターミナルボックス基板裏面焼損部

出典：ERA から資料提供

図 2.3-2 保守状況

無償供与された軸重計の主な故障原因は、以下のようにまとめられる（重複サイトあり）。

- ① 供給電力異常（配電トランスへトラック衝突、その他）：8箇所
- ② 配電網への落雷：2か所
- ③ 電源切替誤操作：1か所（発電機の電圧異常のまま切替）
- ④ その他：1か所（住民暴動時にサイトが放火された）

計測所要員へ点検修理実習は、Axle Load Management Team 所属の Tech. Mr Abel が頻繁に起こる計測所でのトラブルシューティングの際に、計測所要員へ運用、保守の説明を必要に応じて個別に実施している。

#### (1) 軸重計測所の稼働状況

2023年6月時点における軸重計測所の稼働状況のヒアリング結果を下表に示す。なお、現状、交通量が最多となっているのは Awash 計測所である。

表 2.3-2 軸重計測所の稼働状況一覧

名前	稼働	電力調査日	電力調査結果
Alengena	×	2021/9/12	停電復旧時のサージ過電圧
Awash	△ (旧型で代替)	未完成	建設中
Kombolcha	×	未完成	未建設
Dengego	○	セキュリティの問題で渡航禁止	停電復旧時のサージ過電圧 EDP:Awash を転用
Holleta	○	2021/9/12	配電トランスヘトラック衝突時の過電圧
Jimma	△ (旧型で代替)	2021/10/12	停電復旧時のサージ過電圧
Modjo	△ (旧型で代替)	2021/9/17	停電復旧時のサージ過電圧、発電機電圧異常時切替
Quiha	×	セキュリティの問題で渡航禁止 (状況は改善しつつある)	停電復旧時のサージ過電圧
Semera	○	渡航禁止	配電網落雷 EDP:Combolcha を転用
Sendafa	×	2021/9/5	停電復旧時のサージ過電圧
Shashemane	△ (旧型で代替)	2021/9/27	暴徒による放火
Sululta	○	2021/9/5	雷被害による UPS、LED 信号、モニターディスプレイ、プリンター、荷重変換器の損傷・故障。
Tik	×	2022/6/8	停電復旧時のサージ過電圧、配電トランスヘトラック衝突時の過電圧
Woreta	×	2022/6/5	外部表示版故障中

出典：JICA 調査団

## (2) 現状の課題の整理

### 1) ERA

第1回現地調査時に、ERAの3名より、電力モニタ調査の途中経過を報告後に、次の点を聴取した。

- ・ Mr Youssef Tamiru, Pavement Management System, Team Leader
- ・ Eng. Alemayehu Teresa, Road Safty and Traffic Management, Team Leader
- ・ Mr Abel Zelelew, Weight Bridge Technician (保守担当者)
- ・ 7軸計測の最新式を導入し大きく期待されたアウトプットは、全てのサイトで故障が続いたことで、全く得られているのは非常に残念だ。また、機器の保守が難しい。
- ・ 未完成の2サイト分の機器とその他の故障サイトからやり繰りして、ここまで維持してきた。
- ・ オリジナルシステムへカメラを追加する変更契約したのに動作せず車両ナンバーを手入力している。

(注)ERAの勘違いで計量データとナンバープレートの写真を記録する機能のみ追加した。

- ・ 雷の被害2か所のみで、その他サイトは停電復旧時の電力サージで故障している。
- ・ Holletaは配電トランスにトラックが衝突した事故でEDPが故障した。
- ・ Modjoは自家発電機があり、起動時の高電圧時に切り替えてEDPが故障したことがある。
- ・ 今回の電力モニタでEEP/EEUの供給品質が悪いのは確認できた。これらのサイトはアジス郊外なのでこれで済んでいるが、地方はもっと電力供給状況は悪いと推測している。
- ・ PCより先にEDPが壊れるのはEDPが弱いのではないか？
- ・ 計測所にAVR、インバーターを導入して、故障の頻度は減っているが、やはりEDPが先に故障している。
- ・ プリント基板の作りが部品交換に向いていない。部品交換不可で修理出来ないことがある。
- ・ この電力モニタ結果から故障の原因と、その対策は何か？
- ・ スペアパーツのサイト別リストを説明し了解された。コンサルからJICAへ提案し、JICAが取り扱い方針、内容を定める段取りになっている旨を説明した。
- ・ 2019年にModjo故障の件をERA内部で報告した。保守担当者が個人の携帯に記録した過去の修理写真を見せてくれた。電源回路に近い小ユニット、LANコネクタ等が焼損している。中には、破壊エネルギーの大きさを物語るコネクタ引き出し線(約0.5~1mm)がヒューズの如く溶断しているものがあつた。

(注)ERAメンテナンス記録を作成していない様子。

- ・ 無償供与された軸重計の主な故障原因まとめ(重複サイトあり)
  - ①供給電力異常(配電トランスへトラック衝突、その他) 8箇所
  - ②配電網への落雷 2か所
  - ③電源切替誤操作 1か所 (発電機の電圧異常のまま切替)
  - ④その他 1か所 (住民暴動時にサイトが放火された)

第3回現地調査時に、頻繁に発生する計測機器の故障に対するERAの認識を、ヒアリングにより確認

した。

Eng. Alemayehu Endale, Deputy Director General, Road Asset Management

- ・ 14箇所(箇所)の軸重計測所の課題については把握しており、電力の不安定な供給とスペアパーツの不足、この2点が大きな課題である。電力の問題については、ハイブリッド発電システム(発電機+ソーラー)の導入により解決する予定である。2度の入札不調があったが、2度めで契約者が決まった。6月か7月には機材一式が届く予定である。(海外からの調達) また、据付も9月か10月には完了したいと考えている。
- ・ 今後、スペアパーツ提供時の設置なども JICA で担当してほしい。

Mr Abel Zelelew, Weight Bridge Technician (保守担当者)

- ・ 予備品が入手困難で機器の保守が難しく継続運用が出来ていない。

【なぜ、旧軸重計は影響を受けない、受けにくいのか?】

無償案件の計画準備調査報告書(2013年) Page132~159のデータの旧軸重計の年間故障回数から求めた故障率と供与軸重計の稼働期間(2018年~2021年)を故障率へ変換したものを比較すると、予測に反して、旧軸重計の方が故障率が高く、電源変動等の影響を大きく受けていることが分かった。

- ① 旧軸重計: 故障率2/年(6か所平均)、半年に1回の故障修理を行っている。→予備品調達が容易で、直ぐに修復できて運用の支障になっていない。
- ② 供与軸重計: 故障率0.5/年(5か所平均)、2年に1回の故障している。→予備品無く修理復旧ができていない。軸重計の故障継続が問題である。

(注)一部サイトでは日本へ SEND BACK 修理(EDP2台)、または未完成サイトから転用して修理復旧している。

①②の故障率は機器本来の故障率より極端に大きいので、落雷、電源異常等の想定範囲外の外部要因により事故が頻繁に発生していることが分る。

## 2) 電力モニタ結果

事前に ERA から得られた、供給電力品質異常により軸重計システム機器の故障が発生しているとの情報を元に、電圧変動、負荷電流変動、停電回数、停電時間、トランジットについてデータをまとめた。各サイトにおいては、軸重計に供給される電力品質を電力品質アナライザ(PQ3100)でモニタ記録し、解析ソフトウェアによる解析を実施した。解析結果は下表の通りである。

(注) IEEE1366-2003 では、電力品質を評価する際に停電時間5分以下を伝送網、配電網の系統切替等に起因するとし、5分以上を Sustained Interruption(中断)と区別して扱っている。今回の分析もそれに習った。

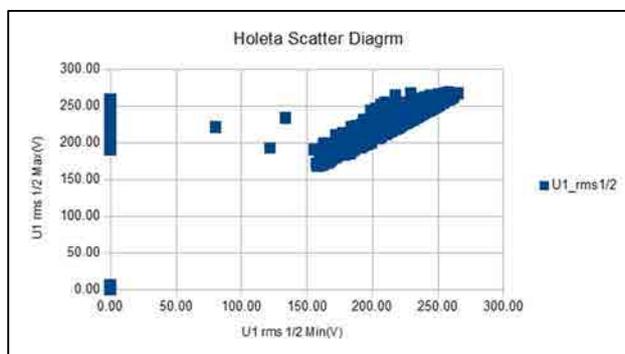
表 2.3-3 電力モニタ結果

Nominal Voltage(V)		電力モニタ結果								
#	Site Name	U1_rms1/2_MAX (V)	Fluctuation (%)	U1_rms1/2_MIN (V)	Fluctuation (%)	Interruption (times)	Sustained Interruption (times)	Interruption Duration	Monitoring period (Day)	Transit (times)
1	Alemgena	243.3	11%	195.8	-11%	12	7	4h19m	6d	2
2	Holeta	267.8	22%	80.2	-64%	3	6	2h08m	3d	23
3	Sululta	239.5	9%	194.8	-11%	0	1	15m	5d04h	1
4	Modjo	250.0	14%	114.6	-48%	2	0	4m	5d06h	6
5	Sendafa	274.7	25%	98.3	-55%	0	0	0m	4d06h	3
6	Shacshemane	236.3	7%	155.3	-29%	1	3	1h05m	4d19h	4
7	Jimma	234.3	7%	128.3	-42%	3	7	11h44m	5d08h	3
8	Woreta	227.7	3%	5.6	-97%	17	2	2h36m	1d18h	0
9	Tik	229.6	4%	11.6	-95%	3	2	7h38m	1d17h	0

出典：JICA 調査団

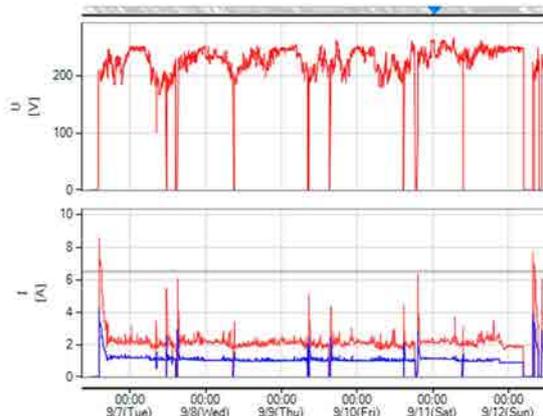
### 【Scatter Diagram と Trend Graph】

Holeta サイトの Scatter Diagram と Trend Graph をサンプルとして図 2.3-3 および図 2.3-4 に示す。



出典：JICA 調査団

図 2.3-3 Scatter Diagram (最高・最低電圧分布図)



出典：JICA 調査団

図 2.3-4 Trend Graph (電圧・電流トレンド図)

- ・ Scatter diagram から、最高、最低電圧分布を図示、電圧変動幅(安定度)が分かる。
- ・ Trend Graph は、電圧、電流の変動を時間軸で図示、変動のタイミングが分かる。
- ・ また、Trend Graph から停電の度に、その復旧に伴うサージ過電圧による大きな突入電流が発生しているのが読み取れる。

### 3) EEP から聴取した電力事情

供給電力の品質不良により各地の軸重計がダメージを受けている状況を伝え、以下を聴取した。

ヒアリング応対：Mr. MR Esmael Muzeyin, Mngager, Station Asset Management

- ・ EEP は発電所から変電所までの 135～500kV 送電網と変電所を管轄し、EEU(配電公社)が変電所から需要家(計測所)が担当している。
- ・ EEU でも、今回 JICA が要求の変電所～変電トランス～計測所までの電力品質データを持っていない。
- ・ しかし、変電所から計測所までの配電系統名が判明すれば、停電情報を集めることは可能。

- ・ 変電所の停電は3交代勤務で24時間手書き記録している。
- ・ 2020年頃から停電記録の電子ファイル化を始めている。
- ・ 計測所の詳細場所が分かればEEUに系統名を調べて貰う方法がある。
- ・ 全国に186箇所の変電所があり、保守と予防処置をしている。
- ・ 一つの変電所が停電すると、変電所停電の連鎖が発生する。
- ・ 強風により全国規模の停電が起こっている。
- ・ 年間を通じて停電するが特に雨季に多発。
- ・ 停電の原因は次のものがある。
  - ①強風
  - ②地すべり
  - ③倒木
  - ④碍子の絶縁不良等
- ・ EEUの配電電力品質は悪く、頻繁に冷蔵庫等の家電が故障している。

#### 4) 停電頻度に関する参考資料

Holeta 計測所に電力供給している Addis Alem 変電所のデータ(2017年、軸重計設置と同じ)を引用する。  
Reliability Assessment of Radial Distribution System With Distributed Generation”: (A Case Study of Cottebe Substations)  
<http://213.55.95.56/handle/123456789/6672>

#### 《資料の部分引用》

▼収集されたデータは、障害の種類、配電システムの15kV発信フィーダーの中断の頻度と期間を含むデータです。現在、アジスアレム変電所からサービスを受けている顧客は、頻繁な停電と電力品質の問題の影響を受けています。中断は主に地絡と短絡によって引き起こされます。運用目的で計画停止も計画されています。

▼変電所のシステム平均中断頻度指数(SAIFI)は顧客あたり年間178.37中断、システム平均中断期間指数(SAIDI)は顧客あたり年間152.22時間です。変電所は、設定されたエチオピア電気庁(EEA)の基準(SAIDI=25およびSAIFI=20)では信頼できません。

#### ▼Holeta フィーダー

顧客あたり停電回数年間(SAIFI) 291.99 中断 →(5分を超える停電、0.8回/日に相当)

顧客あたり停電時間年間(SAIDI) 195.63 時間

#### 5) 配電網が原因の停電

一般的に、配電網の停電の主な原因は次のものが挙げられる。

- ・ 雷を伴った大雨
- ・ 配電線への落雷
- ・ トランスの油漏れ

- ・ 架空配電線の短絡
- ・ 配電トランス増加

## 6) 電力調査結果総括

電力モニタ結果(9箇所)のデータ分析と参考情報から次の事が分かる。

- ① 常に変動する供給電圧(+25%~-97%)、システムの起動停止の繰り返し
- ② 頻繁に発生する停電(多い所で9回/日)時の復旧に伴うサージ過電圧の印加
- ③ 配電網への落雷、配電トランス故障、高低圧線の混触等によるサージ過電圧の印加

上記の供給電力異常の下、軸重計システムはダメージを受けて故障したものと推測する。また、これらの供給電力異常はERAが提示した軸重計システムの故障原因の裏付けにもなっている。

### (3) 軸重計測所に関する予算

軸重計測所に関する予算について2023年度(西暦)の予算案は確定している。その中で軸重計に関する予算は確保されている。その中で軸重計に関する予算は確保されている。(全計測所が含まれていないため、最終予算にて再確認が必要)

表 2.3-4 2023 年度 (西暦) の軸重計に関する予算

Heavy Maintenance Projects Physical Plan for 2015 EFY			
RMP	It No	Segments	Total Yearly Plan
			Financial (Birr)
Alemgena	6	Weighbridge Station Office Construction and Maintenance	12,000,000
Combolcha	13	Semera Axle Load	7,765,217
Diredawa	19	Awash Weigh Bridge	48,580,000
Shashemene	39	Bulbula shashemene weight bridge	5,652,174

出典：JICA 調査団

### (4) Awash 及び Kombolcha の状況

Awash 及び Kombolcha については、現地政府 (ERA) 側の負担事項であるアクセス道路が未完成の状態である。今後の整備方針について、以下の説明を ERA 側から受けた。

**Awash 計測所 (未完成)**：JICA 初期導入時に土木建築工事の請負会社が未完成のまま放置している。2023 年度 (西暦) 予算にて ERA 直営部隊で工事する手続きを進めている。WIN パイロット事業の対象である。アクセス道路の建設、及びハイブリッドジェネレーター対応を含め、この WIM システムの導入と同時にを行う予定である。2023 年 5 月現在、下記写真のとおりすでに建設工事が開始されており、年内には完成を

見込んでいる。設置予定の WIN システムについて、業者はすでに決まっており機材調達中である。

**Kombolcha 計測所 (未完成)** : ERC(鉄道会社)の要求を受けて ERA が軸重計設置場所の変更を 2021 年 11 月に決定。Kombolcha BP 整備に合わせ、その工事の中で実施するよう進めている。Kombolcha BP の計画に組み込まれている。建設会社 (Yonabe Construction : 現地企業) の見積りと、担当コンサルタント (Ethio Infra : 現地企業) の積算に大きな開きがあったため、2023 年 6 月現在、建設業者との価格交渉が続いており、締結には至っていない。土地収用や家屋移転が多くあり、この手続を現地政府 (Local Government) が実施するが、この必要期間が見通せない状況である。

工事は設計・施工 (D&B) ではない。設計/施工管理はコンサルタント、建設会社は施工のみを実施する。

また、2カ所の 2022 年 6 月における現状は以下の写真の通りで、赤丸枠 : 軸重計のプラットフォーム、黄丸枠 : アクセス道路建設に支障のあった場所を示している。



Awash 計測所



Kombolcha 計測所

出典 : ERA より資料提供

図 2.3-5 Awash 計測所及び Kombolcha 計測所の状況 (2022 年 6 月)



出典 : ERA より資料提供

図 2.3-6 建設中の Awash 計測所 (2023 年 5 月撮影)

無償供与プロジェクト実施から時間が経過しているため、ここに ERA と JICA の SOW 区分をリストにまとめ、下表に示した。無償資金協力事業の日本側負担事項（ハッチ部）については、全て作業が終了しており、今後の移設を含めて現地側の負担事項が残されるのみである。以下の表にて今後 ERA が実施すべき項目が把握できる。

表 2.3-5 未完成箇所の SOW

工程・機器/サイト名	Awash	Kombolcha	Kombolcha Re-location
■実施者	ERA	ERA	ERA
・計測所土地確保	済み	済み	移転先決定後に新設する。
・アプローチ道路	中断	未	
・計測所建物	中断	済み	
・室内機器用机・椅子	未	未	
・商用電源	未、発電機で試験	未、発電機で試験	
■実施者	JICA	JICA	ERA
○土木工事	完了	完了	移転先決定後に新設する。
・床盤基礎			
・屋外表示器基礎			
・信号器基礎			
・ハンドホール			
・管路			
○計測機器関連	設置済み	設置済み	
・ Platform assembly			
・ EDP1900			
・ Thermal printerPRT-400			
・ External large display board			
・ Step up-down transformer			
・ Load cell (6pscs)			
・ Terminal box			
・ Relay box			
・ Traffic light assembly (Green, Red)			
・ Camera with Housing			
・ Switch HUB for camera			
・ PC (Windows)			
・ Display			
・ Laser printer (A4)			
・ Cable EDP to Relay box			
・ Cable EDP to External display			
・ Cable EDP to load cell junction			
・ LAN cable 30mt long			
・ Power cable 2x3mm 30mt long			
○試験	完了	完了	
○訓練	完了	完了	不要
(注) 2018/02 室内機器はコンテナに全部入れて引き渡し。		(注) 2028/02 計測所室内へ設置のまま、引き渡し	

出典：JICA 調査団

## (5) ハイブリッド発電システム

供給電源の停電と電圧変動が課題であることをERA側も認識しており、その対策として軸重計を安定稼働させるために、エンジンジェネレーター、ソーラーパネル、バッテリーとインバーターを組み合わせたハイブリッド発電システムとこれらを設置する建屋を全計測所へ導入することを決定した。既に機器購入の契約は終了しており、設置工事の数量が確定した段階で同じ業者と設置工事の契約を結ぶ予定である。機器仕様から、携帯電話基地局の電源システムの流用と推測される。また、JICAチームの電力計測結果も参考されている。ERAハイブリッド発電の入札仕様書と製作図面から分かる主な機器仕様を列記する。

【導入計測所：全14か所】

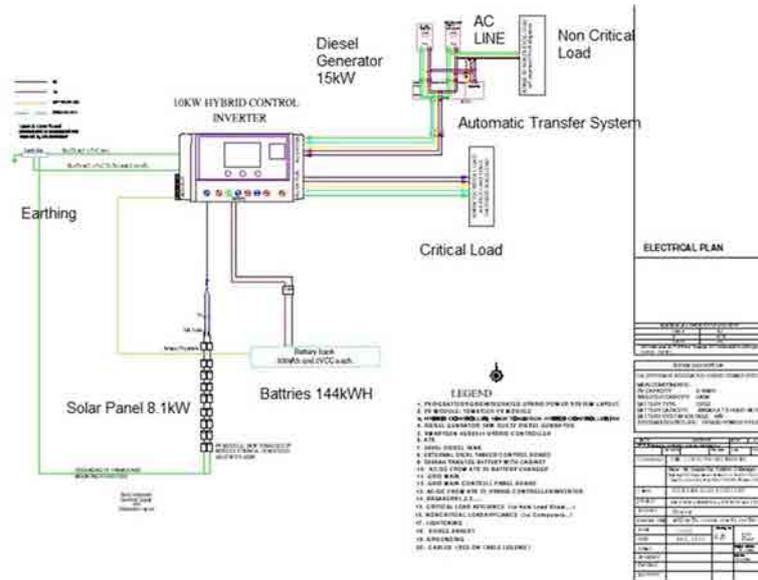
- PV:8.1kW (ドイツ製) 450W x18枚、屋上設置傾斜角約11度、原則南向き
- INVERTER:10kW (ドイツ製) DC 1系統、AC400V 3P-4W、系統連携型(注1)
- BATTERY CAPACITY:3000AH/2V (中国製) 24個
- BATTERY SYSTEM VOLTAGE:48V, 144kWH
- DIESEL GENERATOR 15kW (ドイツ製) AC400V 3P-4W
- 2000L FUEL TANK
- CONTROLLER (中国製) : システム全体の起動・切替・停止等を自動制御
- 発電機建屋新設(幅6.2m 奥行き12.0m 天井高4.0m)
- アース新設：銅バーで600x800x3000mmHの籠(縦棒8本、水平棒上中下3段)を地中へ埋設

注：このインバーターは系統連携用なので計測所への供給電源変動、異常電圧に対して高い耐力を持っているので導入効果を期待できる。また、単相受電の計測所は今回のハイブリッド発電システム導入に合わせて3相4線式の受電へ変更する。

2021年11月にコンサルタントと契約を結び、2022年の2月から3月にかけて現地調査を行った。現地調査後、6月にサプライヤーから図面と提案書が届き、ERA内部で建設に向けた意思決定がなされた。

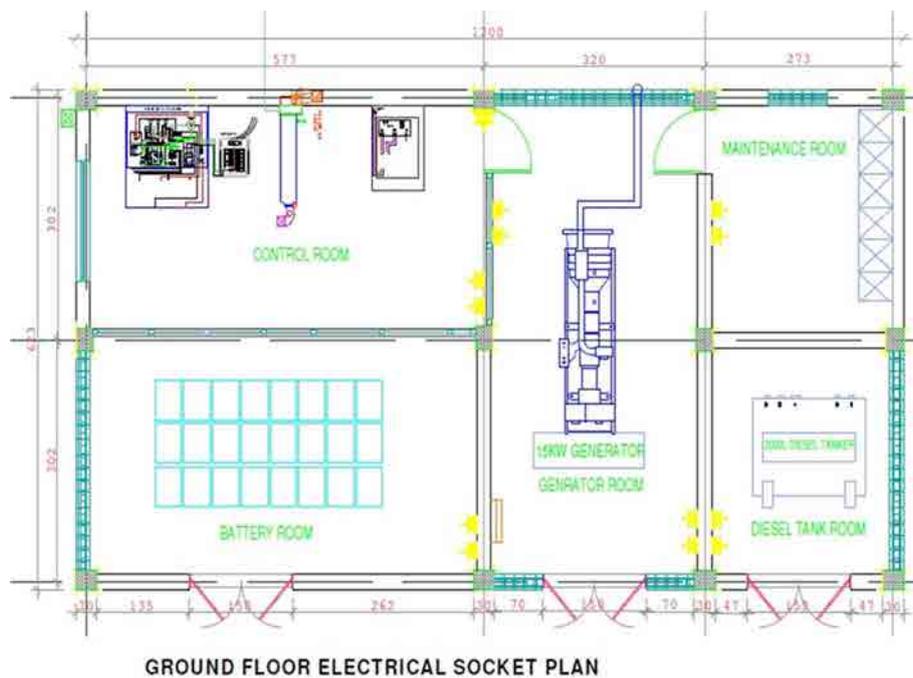
2023年6月現在、移転に至っていないKombolchaと渡航が禁止されているQuiha計測所を除いたそれ以外の計測所では、新システム設置のための建物の建設工事が85%完了している。この建屋及び電気工事は、ERAの直営部隊で実施されている。

また、給電システムの機器自体はすでに現地で完了しているが、まだ輸送手続きの途中であり、2023年6月時点でエチオピアに届いていない。なお、落雷・地絡防止のための電気部品の設置がMojo計測所で試験的に実施されている。調査団からは、現在調達が進められているフォローアッププロジェクトのスペアパーツの機材調達にはこのハイブリッド給電システムの導入が前提条件であるため、調達を急いでほしいと伝えた。



出典：ERA より資料提供

図 2.3-7 ハイブリッド発電システム系統図



出典：ERA より資料提供

図 2.3-8 建屋機器配置図



Power House の予算書 (承認済み)



Hybrid Power System 契約書 (承認済み)

出典 : ERA Axle Load Unit

図 2.3-9 Hybrid Power System の契約書 (承認済み)

**【落雷に関する参考資料】**

過去の落雷により軸重計2カ所が故障している。2016年～2021年の落雷頻度を計測所エリア別の一覧表にまとめ下表に示す。

表 2.3-6 エリア毎の落雷頻度(Events/km2/year)

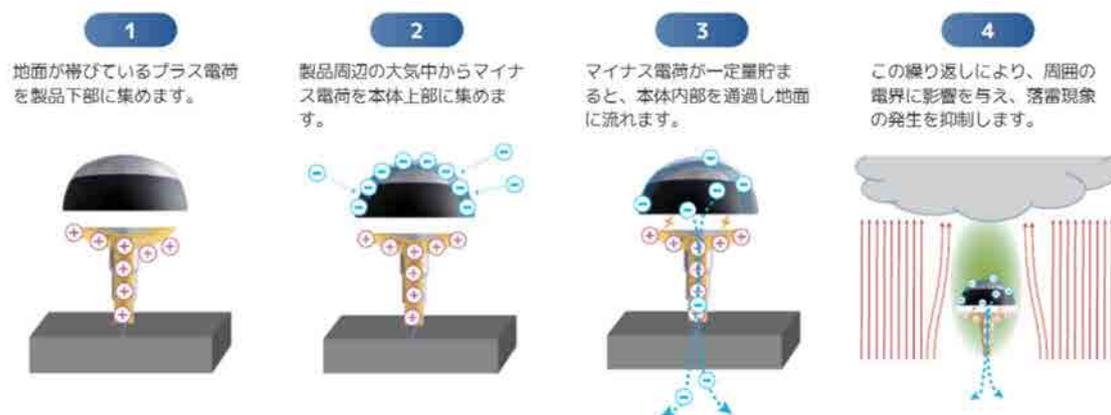
州	軸重計測所	落雷の頻度 (Events/km2/year)
Tigray	Quiha	24.8
Amhara	Combolcha, Woreta, Tik	18.7
Addis Ababa	Sululta, Alemgena, Holeta, Sendafa	16.2
Afar	Semera	13.1
Southern Nations, Nationalities and Peoples	Jimma	7.3
Oromiya	Modjo, Awash, Shashemane	7.2
Somali	Dengego	2.4
(Japan)	---	4.0

出典 : データ引用先URL : <https://interactive-lightning-map.vaisala.com/>

この一覧表から、各計測所は常に落雷の危険に晒された厳しい環境にあることが分かる。また、落雷はある一定の気象条件が整ったら発生するので、同じ個所に何度も繰り返し発生する。一度落雷による故障があったサイトは、故障再発が予想される。従い、落雷を誘発する従来の避雷針に換えて雷雲を中和させて落雷そのものを防止する手段が必要となる。

この機能を満足するものとしてDinnteco社のDDCEが挙げられる。従来の避雷針が雷を「誘導して落とす」仕組みであったのに対して、このDDCEは落雷現象を「発生させない」性能を持った新型避雷針である。電子機器・電気設備への依存度が非常に高い現代社会において、従来型避雷針では避けられない大きな問題である「直撃雷サージ (=雷を避雷針に落とすことによって生じる大電流が電子機器や電気設備を破損させる) 被害」を解決する。

DDCEの設置は一般的な避雷針と同様の材料、工法で設置する。設置高さ25m、半径約63mの保護半径の例を示した。例えば、計測所の中心にDDCE\_100\_Plus を高さ約15mに設置することで、半径約50mのエリアが保護される。



出典：Dinnteco 社 HP

図 2.3-10 DDCE の概念図

無償資金協力で納入した機材やERAの導入予定の機材にもSPD (Surge Protection Device) が付属しているが、雷の直撃で発生するサージへの対応は困難である。

#### (6) 保守記録設備

調査団からの何度も軸重計の現状を聴取に責任者、保守担当者からその都度回答を受けた。しかし、その内容は本人の記憶に頼っている様子だった。そこで、故障にID番号を付けて、その発生から修理完了までトレースできるように現状報告様式サンプル表 2.3-7を提示した。現状報告様式に修理履歴をまとめる（データベース化）メリットは次の様なものがある。

- 従来担当者の個人的な情報が、誰にでも客観的に事故発生サイト、原因、修理方法、必要部品と、その頻度を俯瞰できるようになる。  
例えば、配電トランスにトラック衝突による貫いEDP故障は過去2回(Holeta, Tik)発生しているので、3度目が必ず同じような誘導路とトランス位置関係の計測所(Woreta等)で発生すると容易にデータベースを見た人誰でも予測できる。事前のガード用ブロックを置くか、トランス位置を安全な場所へ移設する等の事前対策も考慮できるようになる。
- データベース共有により、ERA内部、外部からの問い合わせにも、保守担当者が不在でも同じ確度の回答が可能になる。また、修理進捗、問題点も同時に共有できる。今後、予想される保守担当者増員、交代等にも役立つツールとなる。

表 2.3-7 現状報告様式サンプル

Status report on JICA Weogh Bridge, 06 Jun 2022 (Sample)  
Reporter: Mr. Azab, Technician

No.	ID	Site	Service in date	Damaged date	Working duration in (month)	Cause of damage	Damaged unit/parts	Repaired date	Changed parts/unit for repair	Current service status	Remarks
1	1.01	Shashemane	2018/01/08	2020/07/xx	30	Burned down by fire on 30 July 2020.	Entire system in site control room.		No spare parts	Out of service	
2	1.02	Shashemane									
3	1.03	Shashemane									
4	2.01	Quiha	2018/01/08	2020/10/24	33	Unexpected fluctuations in voltage.	Malfunctions of printer, monitor-display.		No spare parts	Out of service	
5	2.02	Quiha									
6	3.01	Cambolcha	2018/02/07	2018/02/07	0	Completed installation with no spare parts in site.				Suspended civil works	Re-scheduling for re-installation.
7	3.02	Cambolcha									
8	4.01	Samara	2018/01/08	2019/07/07	?	Unexpected fluctuations in voltage.	EOP from Cambolcha site.	2019/07/07		In service	
9	4.02	Samara									
10	5.01	Awash	2018/02/07	2018/02/07	0	Completed installation with no spare parts in site.				Suspended civil works	Re-scheduling for remaining work.
11	5.02	Awash									
12	6.01	Woreta	2018/01/08		?	Unexpected fluctuations in voltage recovery of an interruption.			No spare parts	Out of service	
13	6.02	Woreta									
14	7.01	Tia	2018/02/07	2021/06/xx	42	Surge voltage given by when local distribution transformer.	EOP		No spare parts	Out of service	
15	7.02	Tia									
16	8.01	Alamgana	2018/02/07	2018/03/11	13	Unexpected fluctuations in voltage recovery of an interruption.	Malfunctions of monitor-display.		No spare parts	Out of service	Send back to Japan.
17	8.02	Alamgana									
18	9.01	Hafata	2018/01/08		?	Surge voltage given by when local distribution transformer.		2019/11/11	EOP	In service	
19	9.02	Hafata									
20	10.01	Sululta	2018/01/08	2021/01/05	36	Transfer into power line.	Malfunctions of UPS, monitor-display, load converting device and signal relay box.	2021/01/07	Data IC on main board.	In service	
21	10.02	Sululta	2021/01/xx/??	2021/06/xx	87	Unexpected fluctuations in voltage recovery of an interruption.	No function of EOP.	2021/06/xx	Chemical condenser in PS and of EOP.	In service	
22	10.03	Sululta									
23	11.01	Sendafa	2018/01/08	2019/12/12	?	Unexpected fluctuations in voltage recovery of an interruption.	Malfunctions of UPS, monitor-display, load converting device and signal relay box.		No spare parts	Out of service	
24	12.01	Modjo	2018/01/08	2019/07/07	?	Manual transfer to voltage generator voltage.		2009/09/08	?	In service	Send back to Japan.
25	12.02	Modjo	2008/06/08	2019/07/07	28	Unexpected fluctuations in voltage.		2019/07/07	No spare parts	Out of service	
26	12.03	Sendafa									
27	13.03	Modjo									
28	13.01	Jimma	2018/01/08	2020/06/02	?	Unexpected fluctuations in voltage recovery of an interruption.	Malfunctions of UPS, monitor-display and load converting device.			Out of service	
29	13.02	Jimma									
30	14.01	Dengege	2018/01/08	2019/07/07	?	Unexpected fluctuations in voltage recovery of an interruption.		2019/07/07	EOP from Addis Ababa site.	In service	
31	14.02	Dengege									

ID No. for each damage  
 1.01: 1st damage after service in  
 1.02: 2nd damage after 1st damage recovery  
 1.03: 3rd damage after 2nd damage recovery

出典：JICA 調査団

(7) 調査結果から考察される課題

調査全体（全2回）を通して、当初の無償資金協力を含め以下の課題があったと考えられる。

- 供給電力異常等の外部要因で大半の軸重計が故障したことを受けた結果論であるが、エチオピア国の主要幹線で24時間計測する軸重計を供与するにあたり、運用を継続する、言い換えると停止時間を最短にする視点が抜け落ちているように見える。
- 最新仕様の軸重計を供与して大きく計測作業の品質(確度、効率、省力)が大きく改善されたが、しかし、故障したら予備品の準備なく再稼働が出来ない期待外れの不満足な状態になっている。
- システムは故障したら修理に時間を要することから共通予備品の用意または、予算枠内で設置箇所を減らしてでも、予備品確保の検討が必要だったと思われる。

(8) 再稼働に必要な対応策

1) スペアパーツ／補修部品

軸重計の再稼働に必要なスペアパーツリストを現地調達、及び本邦調達に項目分けして下表に提示する。内容及び数量については、ERA より聴取したものを一覧表にまとめ相互に確認した。リストの項目 L1～L5 が現地調達可能分で、L1 ハイブリッド発電システムは前述の通り ERA から発注済みになっている。また、下記①～④の項目は、ハイブリッド発電システムに機能が包含されるので調達が不要となった。

- ① AC 電源サージアレスタを内蔵した停電時電源切り離し・切り戻し遅延装置 (本邦調達分)
- ② システム機器専用アース追加設置 (現地調達分)
- ③ AVR (約 2kW : 現地調達分)
- ④ インバーター (約 2kW, 約 3.6kWh : 現地調達分)

雷防止システム (No.19) については、調査団提案の資機材 (本邦調達) としてリストに記載した。また、継続運用のために将来予備は、今後のハイブリッド発電システムと落雷防止の効果を期待して、主要機器を2セット (ロードセルのみ1セット6個) 準備し、順次購入し補給することを考慮した。

表 2.3-8 スペアパーツリスト

	Designation/Site Name	Purchase from	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14 sites TOTAL	15 Future spare
			MODJO	SENDAGA	ALEMGENA	TIK	SHASHEMANE	DENGEKO	SEMERA	WORETA	QUIHA	SULULTA	JIMMA	AWASH	COMBOLCHA	HOLETA		
1	EDP1900 Complete set	Japan	1	1	1	1	1				1			1	1		8	2
2	EDP1900 Main board	Japan						1	1	1		1	1			1	6	2
3	SSD	Japan						1	1	1		1	1			1	6	2
4	Thermal printer PRT-400	Japan	1	1	1	1	1		1	1	1		1				9	2
5	External large display board	Japan	1				1		1	1		1					5	2
6	Step up-down transformer	Japan	1	1			1		1								4	2
7	Load cell	Japan							2			5	2				9	6
8	Terminal box	Japan	1	1			1					1					4	2
9	Relay box	Japan		1			1	1	1			1				1	6	2
10	Traffic light assembly (Green Red)	Japan	2				2	1	2	1		2	1			2	13	4
11	Camera with Housing	Japan					2										2	2
12	Switch HUB for camera	Japan	1	1			1	1	1			1					6	2
13	Cable EDP to Relay box	Japan					2										2	
14	Cable EDP to External display	Japan					2										2	
15	Cable EDP to load cell junction	Japan					2										2	
16	LAN cable 30mt long	Japan					4										4	
17	LAN cable connector	Japan	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30	
18	Power cable 2x3mm 30mt long	Japan					8										8	
19	Lightning protection system DDCE100 Plus (Dinnteco, Andorra)	Japan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	
	Total		10	8	4	4	33	7	13	7	4	15	8	3	3	7	126	30
L1	Hybrid Generation System (Engin Generator+Solar Pnaeru+Batteries)	Local, ERA															0	
L2	PC	Local, ERA					1	1				1	1			1	5	
L3	Display	Local, ERA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	
L4	Laser printer (A4 size)	Local, ERA	1	1			1		1								4	
L5	15m metal pole and earthing wire for DDCE 100 Plus	Local, ERA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	

出典 : JICA 調査団

## 2) 優先サイト（フォローアップ事業）

エチオピア国は深刻な外貨不足の状態にあり、海外からの補修部品の調達が難しい状況にある。このため、本邦調達部品に関しては我が国の支援が必要であり、JICA の支援スキームとしては「フォローアップ事業」が想定される。ただし、事業予算の制約もあることから、以下のような対応を提案する。

JICA の採用スキームにもよるが、一度に全てのスペアパーツを供与することは難しいため、第1段階では12箇所の軸重計測所を稼働可能な状態にするための機材、第2段階として計測事業の持続性を確保するためのスペアパーツの調達等として提案した。第2段階では、JICA の供与した機材に関連するものは含まれるが、新たな機材供与は含んでいない。また、EU とのデマケについても、引き続き JICA と EU で協議するものと考えられる。

表 2.3-9 各スキームでの対応事項

スキーム		協力内容
フォローアップ事業		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 優先7箇所(不稼働計測所:Modjo, Sendafa, Alemgena, Tik, Shashamane, Quiha, Jimma)への機材供与</li> <li>● 軸重規制値変更に対するシステム変更</li> </ul>
無償資金協力(提案)		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 低優先度(7箇所:稼働中5箇所(Dengego, Semera, Woreta, Sululta, Holeta)+未工事2箇所(Awash, Kombolcha))への機材供与</li> <li>● 持続性確保に必要な予備品供与</li> <li>● 落雷防止器(DINNTECO 社の DDCE)の供与</li> </ul>
TTTFP 対応	ERA の対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 法律/基準の改定(New Regulation の施行:完了、業界への Sensitization)</li> <li>● WIM の導入(交通量統計データ取得)</li> <li>● 罰金支払いの簡素化</li> <li>● 計測結果の電子化、データベース化、計測所及び本部のイントラ化</li> <li>● 警察との協働</li> </ul>
	日本側の対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 作成書類の自動化(人の手を介さない書類作成)</li> <li>● 22m 車両計測対応設備(4m デッキの追加+ソフトウェア変更)</li> </ul> <p>*資機材が日本製であるため同じ仕様の機材、ソフトウェアのみが動作保証可能。</p>
	本調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ケニア国を事例とした研修</li> <li>● 過積載車両数の実態調査支援</li> </ul>

出典：JICA 調査団

表 2.3-10 概算予算の計算

	対象	金額(万円)	備考
フォローアップ調査	優先7箇所(不稼働計測所)機材費	3,300	Modjo, Sendafa, Alemgena, Tik, Shashamane, Quiha, Jimma
	優先7箇所輸送費(Addis Ababa 市現着)	600	
	<b>優先7箇所合計</b>	<b>3,900</b>	
無償資金協力 (提案)	低優先度(7箇所)	2,600	Dengego, Semera, Woreta, Sululta, Holeta, <b>Awash, Kombolcha</b>
	持続性確保に必要な予備品金額	4,000	
	落雷防止器 DINNTECO 社の DDCE	4,100	帯電した雷雲の電荷の地中へ逃し中和させる。
	上記輸送費	1,100	
	<b>低優先箇所等合計</b>	<b>11,800</b>	

出典：JICA 調査団

表 2.3-11 箇所別スペアパーツ一覧及び費用（一括調達）

#	Designation/Site Name	Purchase from	Spear parts list draft (2022/06/05)														Future spare	Qty	unit prices (JPY)	total (JPY)	Future spare parts (JPY)	@Net(kg)	total kg		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14									
1	EDP1900 Complete set	Japan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	2	8	1,895,000	15,160,000	3,790,000	10kg	100.0
2	EDP1900 Main board	Japan																6	2	6	1,895,000	11,370,000	3,790,000	10kg	80.0
3	SSD	Japan																6	2	6	295,000	1,770,000	590,000	0.1kg	0.8
4	Thermal printer PRT-400	Japan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	2	9	316,000	2,844,000	632,000	2kg	22.0
5	External large display board	Japan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	2	5	3,789,000	18,945,000	7,578,000	200kg	1400.0
6	Step up-down transformer	Japan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	4	84,000	336,000	168,000	10kg	60.0
7	Load cell	Japan																9	6	9	632,000	5,688,000	3,792,000	20kg	300.0
8	Terminal box	Japan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	4	42,000	168,000	84,000	2kg	12.0
9	Relay box	Japan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	2	6	273,000	1,638,000	546,000	10kg	80.0
10	Traffic light assembly (Green Red)	Japan	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	13	4	13	800,000	10,400,000	3,200,000	80kg	1360.0
11	Camera with Housing	Japan																2	2	2	913,000	1,826,000	1,826,000	3kg	12.0
12	Switch HUB for camera	Japan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	2	6	75,000	450,000	150,000	2kg	16.0
13	Cable EDP to Relay box	Japan																2	2	2	23,000	46,000	-	2kg	4.0
14	Cable EDP to External display	Japan																2	2	2	23,000	46,000	-	2kg	4.0
15	Cable EDP to load cell/junction	Japan																2	2	2	59,000	118,000	-	60kg	120.0
16	LAN cable 30mt long	Japan																4	4	4	35,000	140,000	-	30kg	120.0
17	LAN cable connector	Japan	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30	30	30	1,000	30,000	-	1kg	30.0
18	Power cable 2x3mm 30mt long	Japan																8	8	8	35,000	280,000	-	30kg	240.0
19	Lightning protection system DDCE100 Plus (Dimiteco, Andorra)	Japan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	14	14	2,993,000	41,902,000	-	10kg	140.0
	Total(機材)		10	8	4	4	33	7	13	7	4	15	8	3	3	7	126	30					26,146,000		4100.8
20	Transportation cost (Approx.8,500kg (V/W) via air freight including inland freight at Addis Ababa		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14				16,877,000			
	Total(機材+輸送費)																					156,180,000			

：低優先度

出典：JICA 調査団

### 【保守要員育成と保守工具セット】

- ERA-DDG はスペアパーツ供給時に日本人 SV による現地訓練を希望している。
- 予備品供与にあたっては、ERA 保守要員が機器交換に留まらず、内部部品を含めてトラブルシューティングできるように、4 週間程度のメーカーでの研修（理論及び実技研修）を実施することが望ましい。これにより、ERA 独自に現在の故障軸重計が修理可能になる。また、この機会に現在 1 名の保守要員を 2 名は拡張する絶好の機会となる。最低 2 名の研修が望ましい。
- 訓練プログラム(案)：1 週間座学(故障の現状認識、測定原理、修理・点検の基礎(必要な測定器、工具、デジタル回路を含む)、2~3 週間実習(半田付け、部品取り外し等、実機によるトラブルシューティング、機器交換方法(SSD 交換、インストール等)、)と軸重計の設置個所と保守状態の見学等(注)訓練生の基礎知識によっては座学と実習を同時に進行させるなど臨機応変に進めることも可能と思われる。
- また、ERA 保守担当者から工具類の不足が話題になっている。これらの表面実装部品交換に必要な工具類、LAN ケーブルコネクタ付け工具、LAN ケーブルテスタ、マルチメータ等が挙げられるので、メーカー訓練等の機会に使用した工具類は持ち帰りさせる等が考慮できる。

### 3) TTTFP 対応

現在、無償資金協力で供与した機材に対し、TTTFP 側から指摘されている事項は以下の通りである。

表 2.3-12 TTTFP 指摘事項（機材に対して）

項目	指摘事項	Tripartite
荷重計の型式	幅 3m×長さ 18.5m の一面荷重計にロードセル 6 基設置。車両総重量あるいは複数車両の総重量の合計値を計測。個々の軸重は荷重計の上を低速で走行させた値から近似値を算出。低速でない場合は総重量のみ計測可能。二軸(タンデム)、三軸(トライデム)は算出できず、単軸のみ算出可能。	幅 3m×長さ 22m の 4 面計測装置+計測装置ごとに 4 基(合計 16 基)のロードセルへの変更。 4 面の計測装置はそれぞれ 3m×3m(操舵軸)、3m×6m、3m×7m、3m×6m。(合計 3m×22m)
計測結果の記録	二軸、三軸は計測できない。走行に伴う計測値の増加結果、停止位置での総重量は自動記録	車両全体が 4 面の計測装置の上で静止した状態の値(単軸、二軸、三軸それぞれ)を自動記録
総重量の計測精度	thermal weigh slip における各軸の左右別の値も不明。また、繰り返し計測からの算定近似値にばらつきがある。	
課金用書類	手書きとなっている。その値が正しいかどうかの監査が不可能。	すべての書類は VLMIS により作成されるべき。手書きは不可。

出典：Report on Extent of Ethiopia Weigh Station Compliance with Tripartite Standards: 5 Nov 2019 Draft

これらの指摘事項に対して、機材を納入した南部ヤマトハカリ(株)の検討結果を下表に示す。

表 2.3-13 TTTFP 指摘事項に対する対応（機材）

項目	質問	回答
計測可能車両	<p>新たな車両制限長である 22m の車両の軸重の計測は可能か。</p> <p>現在のシングルデッキに 4m のデッキを追加して、18.5m+4m で運用することは可能か。また、そのような事例はあるか。追加した 4m のデッキやロードセルが海外製品(他社製品)の場合、既存機器との互換性に問題はるか。</p>	<p>2 段階計測により対応可能。機材納入時に説明済み。</p> <p>既設はピット式のため、4m のデッキ増設もピット式となる。可能であるが基礎工事、据付工事、機器費、ソフト改造とコストインパクトが非常に大きく費用対効果が非常に小さい。この場合の効果は、2 段階計測の必要がなくなるだけである。また、過去事例はない。</p> <p>計量器は、ロードセルとアンブ(指示計)で構成されている。他メーカーとの組み合わせは計量値、動作保証ともできないため不可である。</p>
荷重計の型式	<p>低速でない場合は総重量のみの計測結果表示となっているが、どの程度の低速走行を要求しているのか。</p> <p>5km/h を超える速度で進入した場合でも、車両がデッキ上に静止した状態で総重量のみではなく、各軸の重さを計測することはプログラム変更で対応できるのか。</p>	<p>載台中央に時速 5km/h 以下にて進入することが条件である。</p> <p>軸重計測はデジタルロードセルにより重量計測を行い、weigh in motion のアルゴリズムを使用し表示している。正しい条件下で進入することが軸重計測の条件であり、ソフト変更での対応はできない。</p> <p>*Speed Hump の追加(物理的対応)</p>
計測結果の記録	<p>二軸、三軸グループの計測値の集計/表示が可能なシステムに変更はできるのか。</p>	<p>隣接軸をパターン化し、オペレータによるパターン入力を行うソフト変更により可能である。(資料-1)</p> <p>ソフト変更費用:990 万円(計量システム変更、現地派遣なし)</p>
総重量の計測精度	<p>各軸の左右別の値が不明。また、繰り返し計測からの算定近似値にばらつきがあるという指摘は正しいのか。</p>	<p>載台への乗り込み条件を満たしていれば、軸重・輪重のばらつきは小さくなるはずである。(資料-2)</p>
課金用書類	<p>準備調査報告書では、計測結果記録システムを導入し、違反切符も電子化対応すると記載されているが、この導入は見送られたのか。</p> <p>違反切符作成の作成(反則金の表示/印刷)まで、プログラム変更により対応可能か。</p>	<p>無償資金協力内での仕様では計量伝票の発行までである。その後 ERA との直接契約により、カメラシステムと印字システムを追加納入しているが、違反切符を発行する目的のものではない。(資料-3)</p> <p>金額の表示、印刷はソフト変更で可能であるが、反則金が課されるルール等が複雑である場合はソフト対応不可の可能性もある。詳細がわかれば検討可能である。</p>
軸重規制値	<p>エチオピアの軸重規制値が変更になるが、現地で簡単に閾値を変更することはできるのか。</p>	<p>EDP の設定変更のみで対応可能。費用はかからない。</p>

出典：JICA 調査団

車両制限値の新基準にともなう納入システムの変更について、以下の資料を提出した。

表 2.3-14 車両制限値の新基準にともなう納入システムの変更

軸形式	旧基準	新基準
Steering Axle.	8,000kg	7,700kg
Single Axle with Single tyres.	8,000kg	8,000kg
Single Axle with Dual tyres.	10,000kg	10,000kg
Tandem Axle Unit with Single tyres.	17,000kg	16,000kg
Tandem Axle Unit with Dual tyres.		18,000kg
Tridem Axle Unit with Single tyres.	30,000kg	24,000kg
Tridem Axle Unit with Dual tyres.		24,000kg
Vehicle or Combination of Vehicles	No limit legislated	56,000kg

出典：JICA 調査団

【軸重規制値変更に伴うシステム変更】

各軸の設定値変更は費用無く変更可能。ただし、上記表にあるタイヤ形式の変更は現行システムで対応できていないため、計量システムソフト変更が必要となる。

- ✓ 車種のパターン化（パターンはオペレータによる外部入力）
- ✓ 隣接荷重に対応
- ✓ 計量画面表示変更
- ✓ 印字画面変更
- ✓ 印刷フォーマット変更等のソフト変更
- ✓ アップデート方法：USB メモリを使用してアップデート

これらシステム変更に必要な金額は900万円となる。（機材納入社である大和製衡(株)に確認済み）

表 2.3-15 FU 調達予定機材の納品期間

No.	名称	英文名称	納期
1	トラックスケール用データプロセッサ	EDP1900 Complete set	6か月間
2	EDP1900 マザーボード	EDP1900 Main board	-
3	半導体ドライブ	SSD (Solid State Drive)	30日
4	感熱式プリンター	Thermal printer PRT-400	30日
5	外部表示機	External large display board	12か月以上
6	降圧トランス	Step up-down transformer	60日
7	ロードセル	Load cell	30日

8	中継端子箱	Terminal box	30 日
9	リレーボックス	Relay box	30 日
10	信号機	Traffic light assembly (Green Red)	6 か月間
11	カメラ、ハウジング付き	Camera with Housing	6 か月間
12	スイッチハブ	Switch HUB for camera	60 日
13	EDP-リレーボックス間ケーブル	Cable EDP to relay box	30 日
14	外部表示機-EDP 間ケーブル	Cable EDP to External display	30 日
15	EDP-ロードセル間ケーブル	Cable EDP to load cell junction	30 日
16	LAN ケーブル	LAN cable	30 日
17	LAN ケーブルコネクタ	LAN cable connector	30 日
18	電源ケーブル	Power cable	30 日

出典：JICA 調査団

### 2.3.3. 活動3-3：エチオピアでの軸重計の運用にかかる法律・制度上の課題を確認する

#### Vehicles Weight and Dimension Determination and Regulation Council of Ministers Regulation の改正法 (No:491/2022) の周知や施行について

改正法の施行について、2022年12月に議会からERAへの法律の承認通知があった旨を確認できたが、そこから特段の進捗はなくステークホルダーへの周知もまだ行われていなかった。

##### 1) 警察との協議について

Eng. Girma は、過積載を防止するために、ドライバーの逃亡を防ぎ、さらに計測所スタッフの安全を守るためには、計測所に道路警察や道路パトロール隊の創設が必要であるということを認識を持っており、すでにDDGにも提案しているとのこと。もし政府警察との協働が難しい場合は民間警察を雇うことも考える必要がある。

ERAでは現在も計測所をすり抜ける車両が多く問題視されており、計測所には逃亡車両を追いかけるための車両が1台置かれているが、スタッフだけでは対応が難しい。そこで計測所に警察を常駐させることが必須だと考えている。

このアイデアを受けて、研修を行ったケニアは警察とのMoUを結んでいることや、日本においても軸重計測や取り締まりを行う際には警察と協働していることを伝え、実際に日本で共同取締を行う頻度や根拠法律についてなど情報提供を行った。

##### 2) 軸重計測業務の民間委託について

TTTTFPが推奨する軸重計測業務の民間業者への委託についても提言を行った。ERAでは、ケニア研修の報告を受けて、民間委託を検討する動きが出てきたとのこと。現状、エチオピアには委託にふさわしい業者はいないが、ポテンシャルを持った業者はいるため、今後検討を進めたいとしている。

##### 3) 特殊車両への料金徴収について

Eng. Girma から特殊車両へ通行許可を出すにあたって、特別料金を徴収するアイデアを検討しているとの相談を受け、日本でも車両登録料や、台数・経路の数によって手数料を収める制度となっていること、オンラインでも申請できるようになっていることの情報提供を行った。

## 2.3.4. 活動3-4：今後の軸重計測所の運営・維持管理について ERA の対応策を検討・提案する

### ケニア国研修

#### (1) ケニア国研修にかかる事前調整

##### 1) 実施目的

ケニアは2016年の事前調査時点で TTTFP が定める軸重計運用基準の遵守率が全参加国のうち4位であり、包括的な軸重計測システムの導入や、人の手を介さない過料金額の決定など TTTFP が求める軸重管理が実施されているほか、業務の民間委託も進んでいる。これらのことから、ケニアの計測プロセス、法制度、導入しているシステムなどの実態を調査し、エチオピアへの適用可能性について研究を行うことを目的として、受け入れ機関であるケニア高速道路公社(KeNHA:Kenya National Highways Authority) で研修を実施することとした。

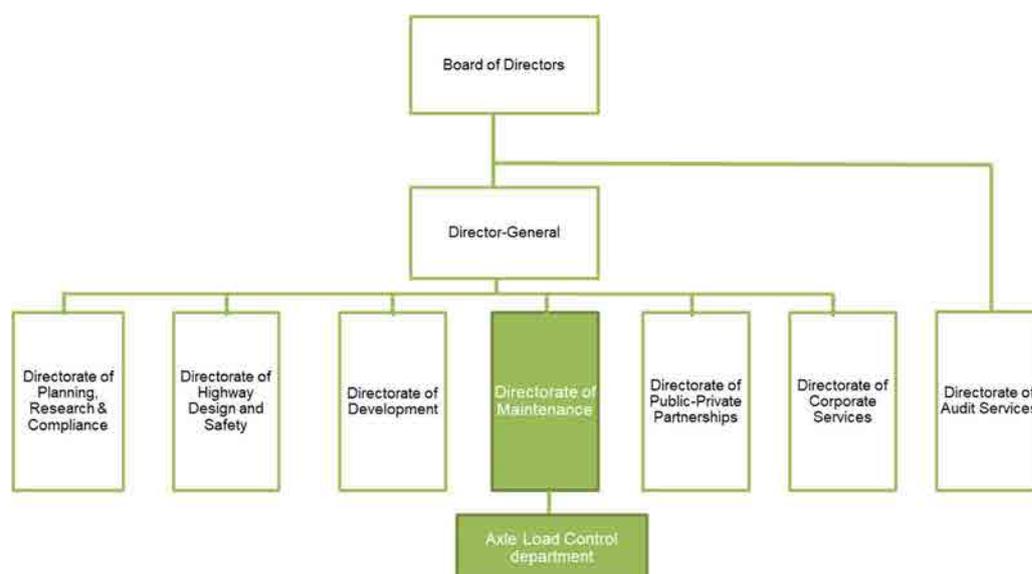
##### 2) 研修実施機関 (KeNHA) との事前調整

2022年9月14日に JICA エチオピア事務所より、KeNHA 宛てに研修実施を依頼するレターを送付した。その上で、研修内容や行程について KeNHA の以下3名と事前調整を行った。

- ・ Eng. Daniel S. Cheron, Ag Director, Directorate of Maintenance,
- ・ Eng. Michael A. Ngala, Assistant Director, Axle Load Control, Directorate of Road Asset and Corridor Management
- ・ Eng. Kennedy Ndugire, Senior Engineer, Axle Load Control, Directorate of Road Asset and Corridor Management

#### KeNHA について

KeNHA は2007年に制定されたケニア道路法に基づく機関で、2008年9月に設立された。ケニア国内の高速道路や幹線となる国道、総延長約20,000kmを管理・運営している。今回調整を行った Axle Load Control department は Directorate of Maintenance に設置されている。



出典：KeNHA より資料提供

図 2.3-11 KeNHA 組織図

### 3) 参加機関との事前調整

ERA のメンバー選出にあたっては、2022 年 6 年に JICA エチオピア事務所より選出を依頼するレターを發出し、同年 9 月 12 日より Eng. Girma Worku と直接コンタクトを開始、12 月に参加メンバーが確定し、研修実施に伴う調整を行った。

また、本研修の目的が他の TTTFP 参加国が抱える軸重計測の課題解決に寄与するものであることから、JICA エチオピア、ケニア事務所を通じ、モザンビーク、ジブチ事務所から各国道路関係機関に呼びかけ、軸重計測業務に従事しているメンバーを募り、最終的に 3 か国計 16 名の研修生が参加することとなった。ERA を含む最終的な参加者は下表のとおり。

表 2.3-16 研修参加者一覧

エチオピア: Ethiopian Roads Authority (ERA)		
1	Biruk Sisay Mitiku	Road Safety and Traffic Management Engineer
2	Mulugeta Asegidew Tekle	Weighing stations supervisor Engineer
3	Yared Alemayehu Eshete	Weighing station and Axle load control supervisor Woreta station
4	Mihret Yitayew Ayalew	Weighing station and Axle load control supervisor Tik station
5	Teshale Berhanu Gurmu	Weighing station and Axle load control supervisor Sendafa station
6	Habiba Jemal Mohammed	Weighing station and Axle load control supervisor Semera station
7	Motohiko Nishibayashi	JICA Expert
8	Kise Adachi	JICA Expert
モザンビーク : National Roads Administration (ANE)		
1	Cremildo Lourenco Mucavele	SEPRO Director (Central Service of Projects & Works)
2	Nelson Alberto Tsanzana	SEMAS Director (Central Services of Maintenance & Road safet)
3	Daniel Albano Machaie,	Road Safety Head of Department
4	Evaristo Rosa Mussupai	Bridges Head of Department
5	Ismarl Faruc Nurmahomed	Legal Head of Department
6	Masamune Takahashi	JICA Long-term Expert
ジブチ: Agence Djiboutienne de Routes (ADR)		
1	Mohamed Ahmed Doualeh	Head of Study Plans (Study Plans Division)
2	Nima Mohamed Ebo	Civil Engineer (Study Plans Division)
3	Abdourazak Ali Ahmed	Civil Engineer (Control Division)

4	AbdoulKani Ahmed Hassan	Civil Engineer (Study Plans Division)
5	Mohamed Ahmed Doualeh	Civil Engineer (Control Division)
6	Abebawork Abebe	JICA Ethiopia Office

出典：JICA 調査団

#### 4) ERA との事前調整

2023年1月31日に、メールでやり取りしていたERAのEng. Girma Workuと直接対面し、研修の目的・行程等について再度の報告を行ったほか、ERAでの軸重計測にかかる新たな動きについて確認を行った。

- ケニア研修についての報告
  - ① KeNHAの軸重計測システムやケニアのTTTTFPの遵守度について説明
  - ② 研修の目的と工程について説明
  - ③ 研修初日に行うERA側プレゼン資料の作成について再依頼
  - ④ 事前に視察リクエストのあった道路性状調査車両Hawkeye2000のERAでの導入について資料説明
  
- 軸重計測にかかるERAの現状
  - ① エチオピアにおけるVehicles Weight and Dimension Determination and Regulation Council of Ministers Regulationの改正法案について、2022年12月に議会からERAへ承認通知があった。現在、この改正のために警察などと協力し委員会を立ち上げようとしているとのこと。この改正は、ステークホルダーへの周知を経てから施行されるものと考えており、具体的な施行時期への言及はなかった。
  - ② 治安や用地買収の問題で未整備となっている2か所の計測所Kombolcha、Awashについて、1月末時点で工事は開始されておらず、進捗はないとのこと。
  
- Deputy Director GeneralであるEng. Alemayehu Endaleへの表敬訪問
  - ① ERA6名のケニア研修への参加、モザンビーク、ジブチからも研修生が参加することについて報告を行ったところ、他国とのディスカッションや現地視察を通して、人的対応と機器両方の面から解決策を見出してERAへ還元することを望むとのコメントがあった。

また、2月1日に研修参加者6名のうち5名とERA本部で対面し、KeNHAと調整した最終行程や入国手続きにかかる諸注意について口頭で伝えた。

#### (2) ケニア国研修

##### 1) 研修内容

KeNHAとの調整を経て、KeNHAの軸重管理システムの説明、有人・無人軸重計測所の視察、民間事業者への管理委託プロセス、ステークホルダーとの協力関係の説明に加え、参加者よりリクエ

ストのあった道路・橋梁維持管理の説明を組み込んでもらうこととした。実際の行程表は下表のとおり。

表 2.3-17 行程表

2月26日(月)	
AM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KeNHA Director General への表敬訪問</li> <li>• エチオピア、モザンビーク、ジブチによる各国の現況紹介</li> <li>• 軸重計測方法についてのプレゼンテーション</li> <li>• ケニアにおける法制度、過積載料金についてのプレゼンテーション</li> </ul>
PM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ナイロビ警察高速道路隊による軸重取締についてのプレゼンテーション</li> <li>• 質疑応答、意見交換</li> </ul>
2月27日(火)	
AM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KeNHA 軸重計測システム (KenLoad) と ICT 活用についてのプレゼンテーション</li> <li>• 軸重計測を委託されている民間会社の紹介</li> </ul>
PM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 質疑応答、意見交換</li> <li>• Virtual Weighbridge Station Control Center 視察</li> </ul>
2月28日(水)	
AM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mlolongo 計測所 (有人) 視察</li> <li>• Juja 計測所 (有人) 視察</li> <li>• トラック輸送協会 (SACCO) によるプレゼンテーション</li> </ul>
PM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Southern Bypass Virtual 計測所 (無人) 視察</li> </ul>
3月1日(木)	
AM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KeNHA 道路・橋梁維持管理、PBC についてのプレゼンテーション</li> </ul>
PM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 維持管理現場 (Muthiga-Kiambu B32 Road) での路面、橋梁、ボックスカルバートの視察</li> </ul>
3月2日(金)	
AM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 質疑応答、意見交換</li> </ul>
PM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hawkeye 2000 の視察 (Ministry of Roads and Transport, State Department Of Infrastructure Materials Testing And Research Division (MTRD))</li> <li>• 閉会式、送別会</li> </ul>

出典：JICA 調査団

研修開始にあたって、KeNHA の Director General である Eng. Kung'u Ndung'u から挨拶があり、「ケニアのモンバサ港からウガンダへ通じる北部回廊は東アフリカ地域で重要な役割を果たしており、この幹線道路の持続可能な発展のためには、関係国が一丸となって適切な軸重管理と規制を行うことが必要不可欠であるため、本研修を通して、共に学び共にシェアしていく姿勢が求められる」という発言があった。

また、本研修には3か国の研修生の他に、KeNHA の軸重計測業務を受注している民間事業者や、KeNHA

の若手職員も参加し、プレゼンテーションには常時40名程度が参加していた。



出典：JICA 調査団

図 2.3-12 開会記念撮影



出典：JICA 調査団

図 2.3-13 研修会場の講堂の様子

### 参加3か国の軸重管理について

研修初日に、参加3か国の代表者が、各国の軸重計測の現状や課題、近年の新たな取り組みについて、数十分程度のプレゼンテーションを行い、それらに対して KeNHA や参加国からも質問やフィードバックがあった。

#### 1. エチオピア

2022年の法改正において、各軸の最大許容荷重の基準は TTTFP に合わせられ、罰金も地方裁判所ではなく ERA に直接支払われることとなったこと、電力不足の課題のためにソーラーシステムを導入することなどを発表。しかし、TTTFP の基準を満たさないシングルデッキの計測所であること、部品不足のため稼働していない計測所があること、手書きの書類などを課題と認識し、本研修においてケニアでの罰則金の徴収方法や、計測所間のデータ共有システムについて学ぶことを期待すると発言があった。ケニアに比べるとエチオピアにおける罰金は非常に低額であり、車両が道路に与えるダメージに見合っていないという指摘があった。

#### 2. ジブチ

国内に重要港を有し各幹線において過積載が問題となっている。特に隣国エチオピアからの過積載車が多い。今後の目標は各幹線の計測所の増設と HSWIM(High Speed WIM)を設置し、計測できる台数を増やしていくことである。また、プレゼンのなかで、ジブチにおける現行法制度は、TTTFP の定める各軸の最大許容荷重基準を満たしていないことが明らかとなった。

#### 3. モザンビーク

15か所の計測所、4か所の WIM、25個のモバイル計測所に加え、計測結果を自動集計できるシステムを有しており、機器においては参加3か国のうち最も TTTFP の基準に近い。しかし、軸重計測は交

通警察の管轄であり、また、コンセッションにより一部の幹線における測定所はANE ではない運営機関が運営しているため、ANE として徴収できる罰金が限定的であることを課題としている。

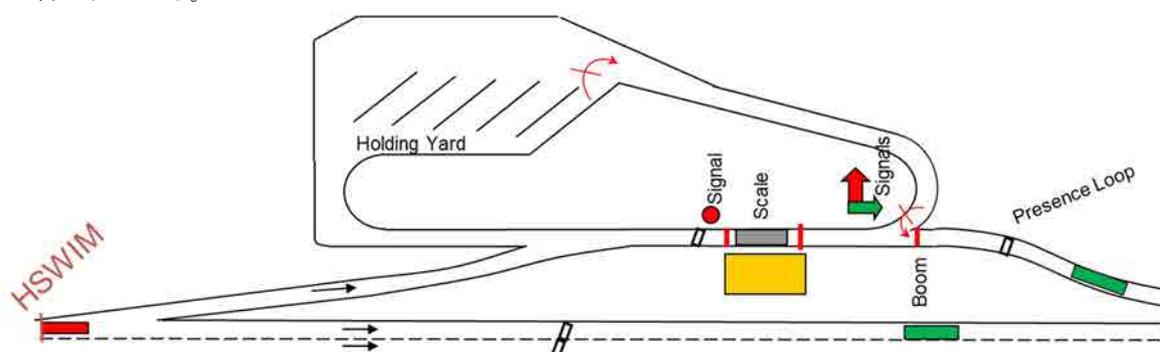
## KeNHA の軸重計測について

KeNHA における軸重計測の仕組みや機器の概要を下記に記す。

### 1. 静的計測所（マルチデックスケール）

研修期間中に、モンバサを起点とする北部回廊に位置する Mlorongo 計測所とエチオピア等を結ぶ路線で Thika Superhighway 上を結ぶ Juja 計測所を見学した。これらを含み、ケニアでは全国 11 か所に 24 時間体制の有人静的計測所が設置されていて、その全てにおいて民間委託による運営・維持管理がなされている。

静的計測所の機器、施設の基本構成は以下の通りである。機器類は四半期ごとに点検とキャリブレーションが行われている。



出典：KeNHA より資料提供

図 2.3-14 静的計測所の基本構成

スケールデッキの寸法は次の通りで、これは TTTFP の標準設計仕様に適合している。

- プラットフォーム 1 (デッキ A) : 3 m x 3.5 m (操舵軸用デッキ)
- プラットフォーム 2 (デッキ B) : 6 m x 3.5 m
- プラットフォーム 3 (デッキ C) : 7 m x 3.5 m
- プラットフォーム 4 (デッキ D) : 6 m x 3.5 m

計測は、次のような機器によって自動化されている。有人計測所の入り口付近には、後述の WIM（一部では HSWIM）が設置され、静的計測が必要な車両のスクリーニングを行っている。

- 入口ブームバリア
- 車体番号を撮影する ANPR カメラ
- マルチデッキに載せた車両の全体像を撮影するためのオーバービューカメラ
- 計量中に車軸ごとの車両重量をドライバーに表示するリモートディスプレイユニット
- 計量終了後、ドライバーに信号の有無を知らせる信号機

- 出口ブームバリア：不適合車両には閉じたままホールディングエリアに誘導



出典：JICA 調査団

図 2.3-15 静的計測所での計測の様子



出典：JICA 調査団

図 2.3-16 計測所 屋内での監視の様子

## 2. WIM

WIM は、計測所に誘導されるトラックを選別するため、計測所のスクリーニングエリアに設置されていて、10km/h～120km/h の速度で動作する。WIM システムは、基本的にピエゾ式センサー、自動車番読取装置(ANPR: Automatic Number Plate Reading)カメラ、可変情報版(VMS: Variable Message Signboard)、通過車両補足システムで構成されている。スクリーニングの手順は、以下のとおりである。

1. 大型車両をセンサーが設置されている車線に誘導し、センサーで軸重を計測。同時に ANPR で車番を読み取る。
2. 軸重が過積載判定の閾値を超えた場合、該当車両を静的計測所に誘導するために、VMS に車番と赤色の矢印を表示する。超えない場合は、同じく車番と緑色の矢印を表示し、本線に

誘導する。

3. 静的計測所への移動を無視した車両は、捕捉システムで関係者に通知され、待機している追跡車両 (Chaser) で追跡、該当車両を捕捉し、計測所に連れ戻す。



出典：JICA 調査団

図 2.3-17 WIN システムにおけるセンサー、カメラが設置されているガントリー



出典：JICA 調査団

図 2.3-18 (左) 追跡車両

(右) 通行可能車両には WS に緑色矢印が点灯

### 3. Virtual Weighbridge Station (VWS)

静的計測所に加え、HSWIM で構成される無人計測所である Virtual Weighbridge Station(VWS)が 23 か所に設置されており、適正な軸重計測を補完している。ここでは、本線上の HSWIM を車両が通過することで、軸重が計測され、併せて車番認識、写真撮影が自動的に行われる。コンテナの中にハードディスクやインターネット回線などの機器類が格納されており、集められたデータはそこから KeNHA 本部の VWS コントロールセンターに送信、保存され、他の計測所との共有が行われる。

過積載車両への取締はその場では行われず、車両の写真や重量、走行場所などのデータが近隣の静的

計測所と計測所の警察官に通知され、それを基に車両が静的計測所を通過するときに捕捉し、再度の計測と過料支払い等が行われる。

VWS も民間委託による運用、維持・管理がなされており、計測所の警備も含まれている。契約単位は全国統括で1つである。もし不具合が発生した場合は 24 時間以内に復旧させ、監視できない時間が長引けば民間事業者の契約金額に反映される。

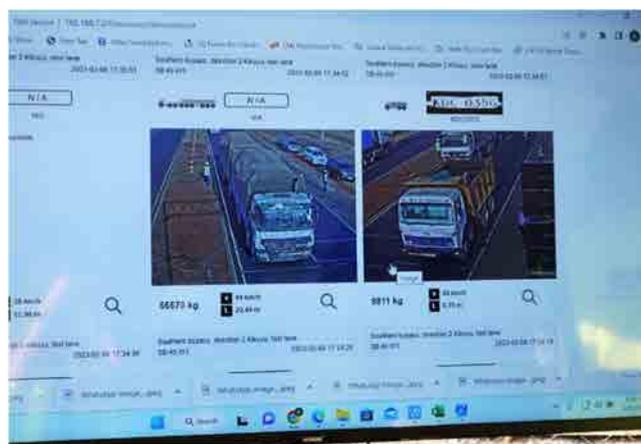
VWS に搭載されている機器は以下の通りである。

- ピエゾ式センサー : 車両の車軸重量を測定
- ANPR カメラ : 車両のナンバープレートを撮影
- 全体カメラ : 車両画像を撮影
- 40ft コンテナオフィス : 運営設備をコンテナに収納している
- バックアップ機能 : 72 時間分のデータを計測所に保管。ネットは 2 回線で補完している。



出典：JICA 調査団

図 2.3-19 計測所内部の機器



出典：JICA 調査団

図 2.3-20 計測所で捕捉された車両情報はシステムで確認される



出典：JICA 調査団



図 2.3-21 VWS のガントリーとコンテナ

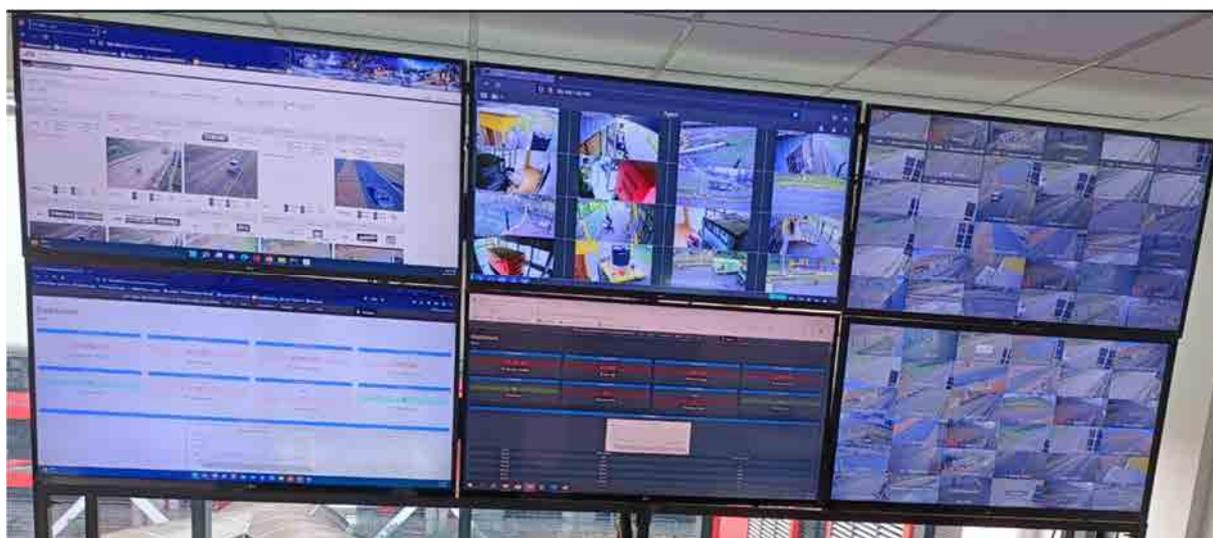
#### 4. VWS コントロールセンター

KeNHA 本部に設置されている VWS コントロールセンターでは、後述する KenLoad システムによって、各 VMS から集められた情報を 6 台のディスプレイでリアルタイムに確認することができる。

スタッフは 3 交代制で 24 時間監視しており、VMS の日常的なオペレーションやステークホルダーとのコミュニケーション、管理者の関与が必要な場合の報告と措置、機器障害やセキュリティ事案が発生した場合の緊急対応を行っている。

ディスプレイに表示されている主な情報は以下の通りである。

- VWS 通行車両の情報とナンバー、車両画像
- 各計測所を通行した車両の VMS の結果
- 測定所などのセキュリティ映像
- 交通データのダッシュボード



出典：DANKA AFRICA (K) LTD.

図 2.3-22 ディスプレイに表示されている映像

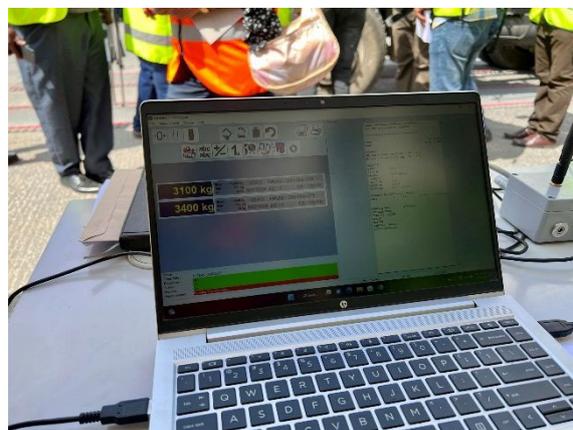


出典：JICA 調査団

図 2.3-23 コントロールセンターのスタッフ

## 5. 移動式軸重測定器

その他の場所で不定期に計測するために、移動式軸重測定器が KeNHA 本部、計測運営委託会社、国家警察(NPS)の計測管理部門である ALEHU (Axle Load Enforcement and Highway Unit) の 6 か所の拠点にそれぞれ配備され、遠隔からでも計測結果を確認できる。バッテリー式であり、数日間の稼働が可能。また、プリンターを併設しており、すぐに結果の印刷が可能。



出典：JICA 調査団

図 2.3-24 移動式軸重測定器

### 計測システムについて

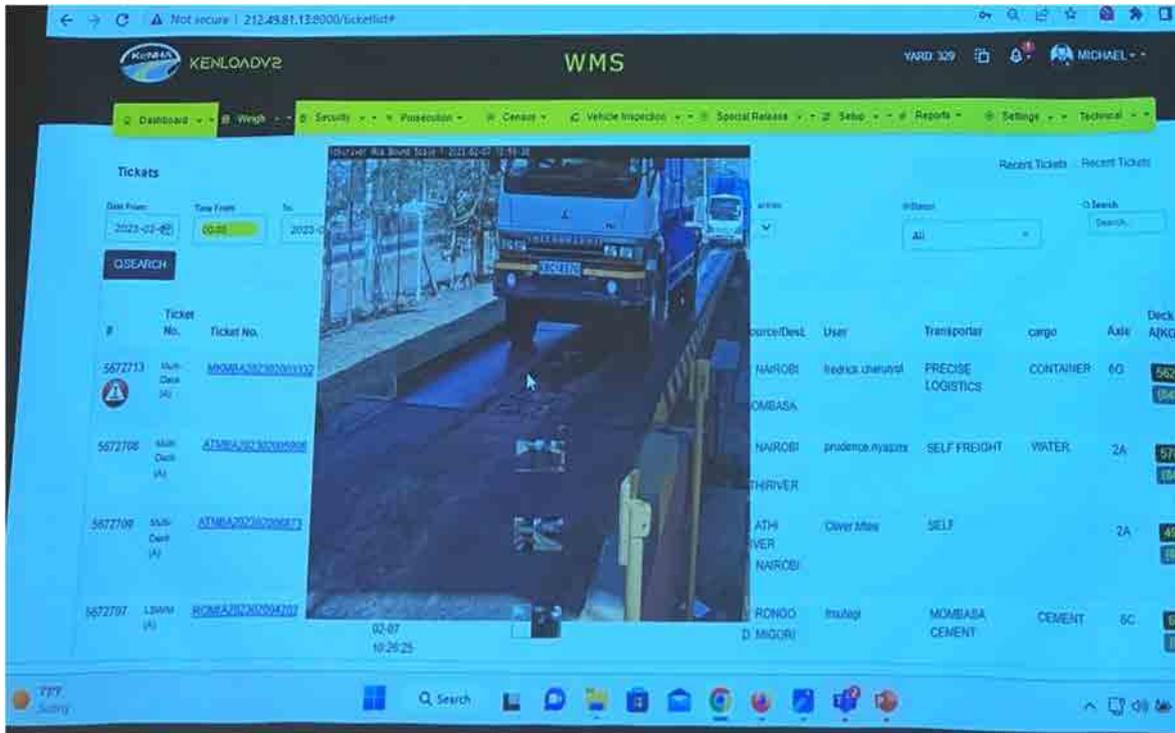
計測した車両のデータは KenLoad という独自のシステムにより管理されており、必要書類の作成、軸重、写真、車両情報等のデータの監理、違反金の支払い有無の確認が自動的に行われ、各端末で確認できる。これにより、手書き等の人の介入なしに、計測や取り締まりを行うことが可能になっている。

また、システム上では台数や超過した重量などの統計値が確認できるほか、KeNHA の会計システムに結合しており、料金の支払い管理の一元化が可能である。

一方、運転手に対しては、違反車両の通知書確認や、支払い確認、免除許可証の発行などが一連で行える許可証申請ポータルサイトを設けており、これらのデータは各計測所でも確認できる。許可証などの書類には QR コードが付与されており、読み込むと KeNHA のポータルサイトでの許可証データにリンクさ

れ、許可証の偽造防止に役立っている。

これらのデータは KeNHA のデータセンター上に7年間保存される。

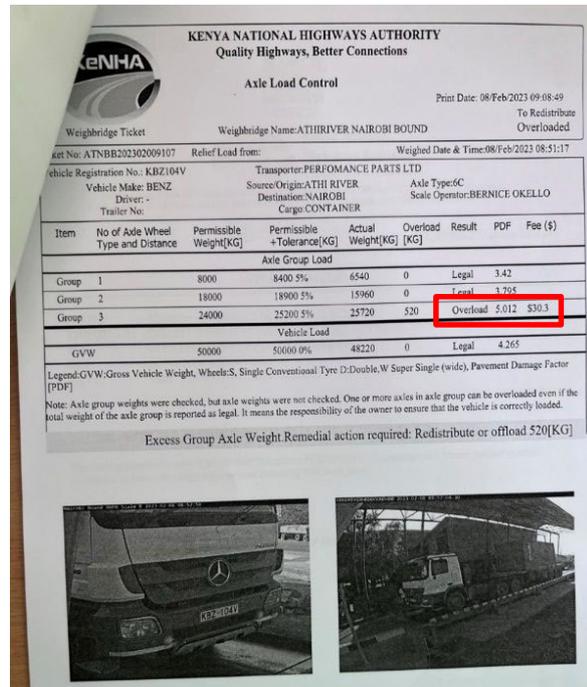


出典：JICA 調査団

図 2.3-25 Kenload で確認できる静的計測所のデータ

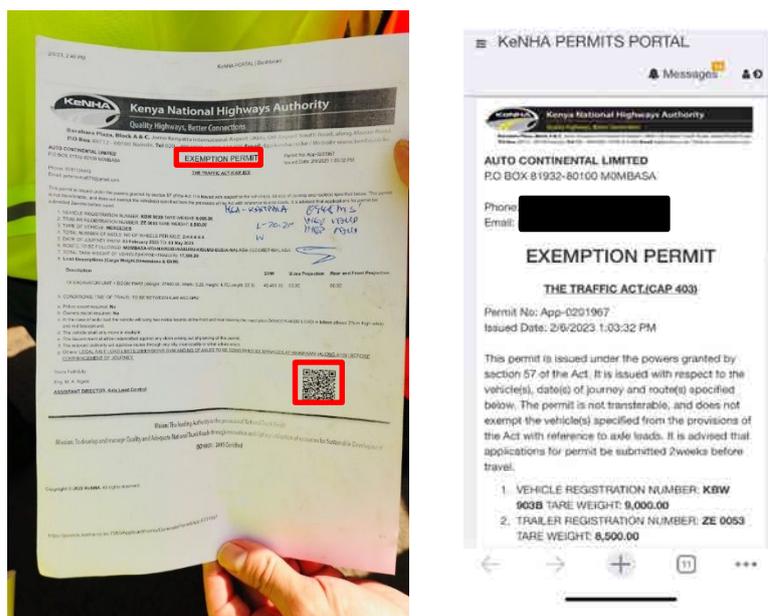


出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 2.3-26 違反した場合、自動的に金額が確定し Kenload に登録される



出典：JICA 調査団

図 2.3-27 通行許可証の QR コードでポータルサイトの情報を確認できる

## 法制度について

下記 3 種類の法律に基づいて運用が行われている。軸重違反により徴収された料金は維持管理に利用され、国内に還元される。

### 1. ケニア道路法 (Kenya Roads Act)

国と道路機関の構成法令を定め、各機関の任務と権限を規定。

### 2. 交通法および同法に基づく規則 (Traffic Act as well as Rules under the Act)

車軸の最大許容荷重と車両総重量を規定しているほか、裁判所の手続きなどについて規定。罰金について、過積載量に応じた罰金を規定しているほか、初犯と再犯の区別がある。罰金の上限を Ksh. 400,000 (約 3,205.13 ドル) に設定。

各機関に許可証を発行する権限を付与し、オンライン・ポータルを通じて許可証を申請することを義務付けている。

### 3. East African Community Vehicle Load Control Act, 2016

EAC 加盟国内での調和の取れた法執行を規定する法律で、他の東アフリカ共同体加盟国とを結ぶ国際回廊道路に適用され、上記交通法に代わって適用されている。大きな違いは、軸重違反車に適用されるのは、裁判所経由で国庫に支払う罰金でなく、道路管理者に支払う過料にしていることである。罰則化による手続きを簡略化することと、過料を道路の維持管理財源として活用することが目的である。また、3,500kg 以上の車両は計測が必要であることや、運送業者を違反対

象者としており、計測所回避や汚職に対し最高 15,000 ドルの罰金を科している。積み直しの処置後でなお違反する場合、初回違反の 3 倍の過積載料金を規定するなど、厳しい規定を設けている。



出典：JICA 調査団

図 2.3-28 KeNHA 法務部門の担当者の説明

#### 警察との協力関係について

KeNHA と NPS 間において、当事者間の協力枠組みを強化し、前述の法律執行に基づくケニアの道路資産保護に資するため MoU を締結している。

計測所には警察高速道路隊の警察官が常駐し、管理請負業者と連携して計測を行っている。また、East African Community Vehicle Load Control Act, 2016 に基づき、過積載のコンプライアンスを強化するため、計測所の係員を援助することが求められている。

輸送業者による賄賂などの汚職防止のため、計測所におけるすべてのプロセスは自動化されている。また、警察官の毎月の手当は期限内に支払われることを前提とし、違反した場合は厳しい処分が定められている。



出典：JICA 調査団

図 2.3-29 ALEFU による説明



図 2.3-30 計測所で取締を行う ALEFU

## 業務の民間委託について

軸重計測所の管理・運営は2012年からKeNHA直営ではなく、複数の民間会社に委託されている。計測所は3交代制で24時間運営されている。契約単位（クラスター）は、各地域別に5つに分かれており、複数のクラスターを受け持つ業者を含めて4社が参入している。

民間委託のメリットとして、KeNHA直営で行うよりも民間事業者のほうが公正で適切な罰金を与えやすいことがあげられる。また、スタッフの能力構築のためのトレーニングを効率的に実施できる。

ただ、質疑応答において、輸送業者と結託し計測を回避している警官、計測時に違反者と共謀しているスタッフや、ランダムで行っている移動式計測の情報を流出させるスタッフがいることが問題であると発言があった。また、計測を免れるためナンバープレートを外したり偽る車両も多く、法制度を順守させる取り組みが課題である。



出典：JICA 調査団

図 2.3-31 計測を委託されている民間事業者



出典：EBENEZER COMMERCIAL WORKS LTD

図 2.3-32 民間事業者によるスタッフへのトレーニング

## トラック協会による自主測定について

トラック協会(Truckers Association of Kenya)は、ケニアの輸送業界における140以上の協同組合(SACCO)が集まった団体であり、業界における適切なサービス提供の推進や規制や法律課題への対応を行っている。

プレゼンテーションのなかで、軸重超過による道路状態の悪化は、結果的に輸送業者のビジネスのサステナビリティを貶めることとなり、また通行料金の値上げにつながる恐れもあることから、各社で車両重量の自主測定などに協力していると発表があった。

協会内における意見交換や勉強のためのミーティングのほか、国やKeNHAなどの道路機関とも年に数回のミーティングを行っている。



出典：JICA 調査団

図 2.3-33 トラック協会によるプレゼンテーション

## 2) 参加者からのフィードバックについて

質疑応答の時間では、研修生からケニアにおける取り組みに対して常に質問が上がり、自国で同じ制度やシステムを導入するためにはどうしたらよいかという議論が活発に行われた。また、研修中の休憩やランチの時間では、各国間での意見交換が活発になされ、お互い学ぶところが多いという声が多かった。

研修実施機関である KeNHA からは、「軸重超過は東アフリカ地域一丸となって取り組むべき課題であるため、このようなトレーニングは非常に有用であり、引き続き各国間の協力を続けていきたい。トラックの荷重管理は、機器だけでなくソフトスキルが重要であり、ステークホルダーのエンゲージメント、運送会社や警察との協力関係構築に継続的な努力をすることが不可欠である。ケニアにおける次の課題は裁判所とのさらなる関係の構築と法制度の適正化である。」と総括があった。



出典：JICA 調査団

図 2.3-34 質疑応答、意見交換会の様子

## 3) 研修内容の ERA への適用について

ERA の参加者からは、KenLoad による一元化システム、計測の民間委託、WIN の仕組み、無人計測所の仕組みなどについて特に学ぶところが多かったと感想があった。

KeNHA で積極的に行われているトラック協会、民間事業者、警察、裁判所などのステークホルダーとの勉強会などによる sensitization については、今後法改正の周知を課題としているエチオピアでも実施していきたいということで、研修生は実施頻度などについて質問していた。

また、本研修では、軸重計測の他にケニアにおける道路・橋梁維持管理手法や PBC についてもプログラムが組み込まれており、点検や補修を直営で対応しているエチオピアにとって大変興味深いものであったり、PBC は今後エチオピアでも導入を検討していきたいという感想もあった。

維持管理に関して、事前に ERA から視察希望があった舗装状態などのデータを計測する Hawkeye 2000 という車両について、ケニアの Materials Testing And Research Division (MTRD) で使用されていたことから、ERA の一部の研修生のみ視察を行い、使用方法などについて確認を行った。



出典：JICA 調査団

図 2.3-35 道路維持管理に係る視察



出典：JICA 調査団

図 2.3-36 MTRD での Hawkeye 2000 の視察

#### 4) ケニア研修の報告会について

ケニア研修について、4 月中に ERA 内部にて研修報告書が提出されていたことを確認したとともに、研修に参加したメンバーから今回あらためて調査団に向けて渡航報告会が実施された。

発表者：Eng. Biruk Sisay Mitiku

参加者：Eng. Mulugeta Asegidew Tekle、Eng. Abel Zelelew



出典：JICA 調査団

図 2.3-37 ケニア研修報告会

ケニアで実施されている取締りや機器について ERA との比較をしながら、下記 3 つの取り組みを導入できれば、エチオピアにおいてもより発展した軸重計測が可能であるという提言がなされた。

- ① 取り締まり時の警察との協働
- ② HSWIM と無人測定所の設置
- ③ 車両情報や罰金額の計算が可能な軸重計測システム

発表の中で、ERA では現在移動式の軸重計を 20 機追加発注しようとしていることがわかった。既存の軸重計は 6 機のみで、故障していて使えない機材があるため、新規調達予定機材はマルチデッキにも対応しているものを選定する意向とのことだった。

軸重計測所への警察の常駐については、警察と MoU を締結しているケニアのようにエチオピアでどのような形になるかはわからないが、警察と協働することはできると思うとの見解だった。

また、軸重計測システムの導入にあたっては、インターネット回線の増強や整備が必要となるが、それについてはエチオピア地方部においては特に整備が遅れているが、Ethio Telecom や新しく進出している Safaricom は基地を増やしており状況は改善しつつある。将来的にはシステムを介したデータ共有を可能にしたいという感想が聞かれた。

ERA にはまだ ICT を専門とした部署はないが、システムを構築し、軸重計測所のデータを本部で管理する段階になれば、ICT に特化した部署を創設したり人員を確保する必要があると予測しているとのことだった。

## 5) PBC の紹介について

ケニア研修時に KeNHA から説明のあった PBC (Performance Based Contract) について、ERA 研修参加メンバーの関心が高かったことから、別プロジェクトである「全世界・開発途上国における性能規定型道路維持管理にかかる技術協力に関する調査 (プロジェクト研究)」にて作成した成果品のパンフレットと動画を紹介したところ、ERA でも、すでに道路維持管理のいくつかの契約で PBC の導入を検討していると説明があった。特に、Road Maintenance 担当の Eng. Biniyam Regassa は PBC に関する修士論文を書いた実績もあり知識があるため、彼が主担当とのことである。

PBC は世界中で広まっており、特にケニアでは道路維持管理に活用されているが、エチオピアにおいて軸重維持管理を民間委託する場合においても、PBC の概念を活用することが可能だと考えていると提言を行った。

## 2.4. 成果4

### 2.4.1. 活動4-1：道路アセットマネジメント推進に関して ERA、AACRA が今後取り組むべき活動を整理・助言する

本業務において、ERA、AACRA が今後取り組むべき活動を2回のワークショップという形で整理・助言した。

#### 1. 第1回ワークショップ

ERARRC の協力の下、ERA Head Office Conference Hall にて2022年8月30日に第1回ワークショップを開催した。

ワークショップのテーマは、舗装維持管理と橋梁維持管理である。

舗装維持管理の発表題目は、「Anti-rutting of Pavements (from JICA Handbook)」、橋梁維持管理の発表題目は、「DX (Digital Transformation) Development in Bridge Maintenance in Japan」である。

参加者はERA 関係者を主体とした20名程度であった。

舗装維持管理に関する参加者との質疑応答の内容を以下に示す。

- ポットホール等が発生した場合、アスファルトを製造して対応すると、時間とコストがかかるが、この場合コンクリートによるポットホールの穴埋めは問題ないか。  
→日本では、そのような事例を聞いたことは無いが、緊急的な措置としては考えられる。ただし、アスファルトとコンクリートの付着の問題（補修箇所からの水の浸入）、お互いに剛性が異なることによる走行性の問題や平坦性の問題があるので、速やかにアスファルトでの再補修が推奨される。
- 工事スペックを満足していても、わだち掘れの発生を防ぐことができていないが。  
→エチオピアは国土が広く、東西南北で自然条件が大きく異なる。このため、地域の実情に見合ったローカル的な工事仕様書が必要である。日本でも、暑い地域（沖縄）では、独自のわだち掘れ対策を実施している。今回のプレゼンでは、主に施工に着目しているが、調査/設計の初期段階で地域の条件にあった設計方法や工事仕様書を検討することも必要である。JICA のハンドブックにも、そのような記載がある。
- 各地域で使用する砂の状況が異なるが、これにはどのような対応が必要か。  
先程説明したように、地域の材料特性も考慮した事前の試験が重要である。また、工事する道路の特性（累積軸重や交通量）も考慮する必要がある。日本の高速道路会社では、都市部の渋滞区間では低速走行を前提とした試験（WT 試験）を実施するなど、その道路の特性を考慮している。日本の舗装分野の工学博士とも話をしたことがあるが、道路や地域の特性（材料特性）を考慮した上で、課題を解決するために必要な試験（目的を持った試験）を実施することが重要であるとの見解であった。

橋梁維持管理に関する参加者との質疑応答の内容を以下に示す。

- 「Advanced Bridge Inspection and DX using Drone」について、日本では労働力が不足していることから、ドローンの橋梁点検への適用は有効であると理解できるが、エチオピア国では事情が異なる。エチオピア国には、若い労働力が豊富にあるため、ドローンを使用して点検する場合と労働力を投

入して点検する場合のコスト面を考慮する必要があると思うがどうか。

→若い労働力が豊富にあるといっても、規模の大きな橋梁や河川橋は近接目視点検が困難な箇所がある。こうした近接目視点検が困難な橋梁に対してドローンによる点検はエチオピア国でも有効である。また、近接が難しい橋梁に対して全て近接目視点検を行うのではなく、まずはドローンにより橋梁の状態を把握した後に、必要に応じて技術者が実際に橋梁の点検を行うことで効率化が図れるものと期待される。

- 「Advanced Bridge Inspection and DX using Drone」について、ドローンに3D レーザースキャナを搭載すればより効率的に計測が行えるのではないかと。  
→それは一案であるが、現段階ではドローンの使用と3D レーザースキャナは別の目的での使用を想定している。それらの機器により得られた情報を総合的に取りまとめることで適切な維持管理ができる。
- 「Utilization of 3D scanning and Development of 360° EDITOR」について、精度はトータルステーションを使用した従来の計測方法と比べてどうか。また、ひび割れ等の損傷も再現できるのか。  
→位置情報や構造寸法はほぼ従来の計測方法と同程度である。また、この機器は損傷の発見及び表示を目的としたものではない。損傷の確認は別途、ドローンや近接目視で行うことになる。この機器はあくまで図面の残っていない構造物の復元を目的としている。
- 「Utilization of 3D scanning and Development of 360° EDITOR」について、これは1箇所からの計測で3Dモデルの作成が可能なのか。  
→プレゼンでは1箇所の計測を示しているが、実際には複数箇所からの計測が必要となる。
- 「Introduction to Non-Destructive Tests Concrete tester (compressive strength)」について、リバウンドハンマーとコンクリートテスターの精度が異なるのはなぜか。それぞれの原理を教えてください。  
→シュミットハンマーはコンクリートにバネによる打撃を与え、返ってきた衝撃の強さを基に強度を測定する仕組みで、コンクリートテスターはハンマーの打撃中の最大力とハンマー速度を測定する仕組みである。精度が異なる理由は詳しくはわからないが、リバウンドハンマーはコンクリート表面の状態や打撃角度によるばらつきが大きいいため、コンクリートテスターよりも精度が劣る結果になったものと思われる。しかしながら、プレゼンでしめした結果はあくまで一例であり、リバウンドハンマーが有効でないことを示すものではない。

第1回ワークショップの状況写真を示す。



図 2.4-1 第1回ワークショップ写真

## 2. 第2回ワークショップ

ERA RRC の協力の下、ERA RRC Conference Hall にて 2023 年 8 月 31 日に第2回ワークショップを開催した。

開催日時: 2023 年 8 月 31 日 (木) 9 時～

会場: RRC Conference Hall

開催にあたっては、JICA エチオピア事務所から RRC Director 宛てに協力の要請レターを発出いただいた。



Japan International Cooperation Agency

JICA Ethiopia Office  
Hanseem Building 2<sup>nd</sup> & 3<sup>rd</sup> Floor  
P.O. Box 5384, Addis Ababa, Ethiopia  
Tel: 011-5504755 Fax: 011-5504465

Date: June 21, 2023  
Ref. No. JICA(ET) 2023 06 21002

Attn: Eng. Worku Asraite  
Director, Road Research Center, Ethiopian Roads Administration (ERA)  
Federal Democratic Republic of Ethiopia

**Subject: Request for the collaboration for holding workshop of "The Project for Technical Advisory on Road Asset Management"**

Dear Sir,

We sincerely appreciate your kind understanding and generous supports to the JICA.

Regarding the workshop of "The Project for Technical Advisory on Road Asset Management" to be held on August 31, 2023, we kindly request formal collaboration in the preparation and holding of the workshop.

- The objective of the workshop  
The JICA Advisory Team will present the results of their survey and conclusions in each field, and the ERA or AACRA will present the current situation and issues in each field. Afterwards, the objective is to deepen mutual understanding between JICA and Ethiopia through meaningful discussions, which will be useful for future technical cooperation by JICA.
- The respective duties and responsibilities of ERA and JICA Advisory Team  
ERA:
  - Preparation for the workshop (invitation of participants, selection and request of Ethiopian presenters, preparation of the venue, arrangement of lunch on the day of the workshop etc.). The costs of the lunch and refreshment will be covered by the JICA Advisory Team in line with Appendix 2
  - Smooth progress in the day of the workshopJICA Advisory Team:
  - Selection of JICA Advisory Team presenters
  - Payment of workshop expenses (see Appendix 2)

- The date of the workshop  
August 31, 2023 (see Appendix 1)
- Expected participants of the workshop  
See Appendix 3
- Expenses required for the workshop  
See Appendix 2. The costs shown in Appendix 2 shall be borne by the JICA Advisory Team.

Thank you for your kind cooperation in advance.

Sincerely yours,

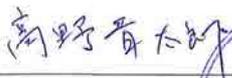
  
Katsuki Morihara  
Chief Representative  
JICA Ethiopia office



図 2.4-2 第 2 回ワークショップの発出レター

以下にワークショップのポスター及びアジェンダを示す。



図 2.4-3 第 2 回ワークショップのポスター



**AGENDA FOR WORKSHOP**  
**31<sup>st</sup> August, 2023**

Time	Agenda	Responsible /Presentation	Remarks
8:30-9:00	Registration		
9:00-9:15	Welcoming Speech	DR. WORKU	15 min
9:15-9:30	Opening Remarks and Introduction	ENG. HIRUT	15 min
9:30-10:00	Presentation on Bridge Maintenance Management (Presented by JICA Survey Team)	NAKANO	30 min
10:00-10:20	Presentation on Bridge Maintenance Management (Presented by ERA)	FERHAD	20 min
10:20-10:50	Discussion on Road Maintenance Management	EHITABEZAHU	30 min
10:50-11:10	☕ Tea Break		20 min
11:10-11:40	Presentation on Road Maintenance Management (Presented by JICA Survey Team)	FURUKAWA	30 min
11:40-12:00	Presentation on Road Maintenance Management (Presented by AACRA)	WONDOSEN	20 min
12:00-12:30	Discussion on Bridge Maintenance Management	EHITABEZAHU	30 min
12:30-13:30	🍴 Lunch		1 hr
13:30-14:00	Presentation on Landslide (Presented by JICA Survey Team)	KAWAMURA	30 min
14:00-14:20	Presentation on Landslide (Presented by AAiT)	DR. TEZERA	20 min
14:20-14:50	Discussion on Landslide	YITAGESU	30 min
14:50-15:10	☕ Tea Break		20 min
15:10-15:40	Presentation on Axle Load Control (Presented by JICA Survey Team)	NISHIBAYASHI	30 min
15:40-16:00	Presentation on Axle Load Control (Presented by ERA)	SAMUEL	20 min
16:00-16:30	Discussion on Axle Load Control	YITAGESU	30 min
16:30-17:00	Special Presentation on Performance Based Contracting	NISHIBAYASHI	30 min
17:00-17:10	Closing Remarks	TAKANO	10 min

図 2.4-4 第2回ワークショップのアジェンダ

ワークショップの参加者は80人程度であり、ERA、AACRA、大学関係者及びエチオピア国のコンサルタントが参加した。また、JICA 事務所から、高野次長、河合氏、アベマワーク氏に参加いただいた。

「橋梁維持管理」、「道路維持管理」、「地すべり」、「軸重計運営」の各分野において、日本人専門家側及びエチオピア側から発表を行った後に、それぞれの分野に関する討論の時間が設けられ、積極的な議論が交わされた。また、「PBC (Performance Based Contract)」に関する特別講演も行われ、同国におけるPBCの導入の有効性が発表された。

各分野に関する主な討議内容を列挙する。

#### 橋梁維持管理

- ERA の Emergency Management System
- ERA の補修工事のレベル
- 日本における気候変動に対する橋梁設計
- ERA の耐震設計
- 内戦に対する橋梁の耐荷性能

#### 道路維持管理

- アバイ渓谷の舗装の損傷原因
- AACRA の Traffic Control
- Recycle Asphalt Pavement
- AACRA の道路アセットマネジメントのデジタル化の状況
- AACRA のマスタープランの課題
- AACRA の雨季の排水の課題
- AACRA の道路アセットマネジメントの課題、ギャップ、組織
- 道路の予防保全に対するアドバイス、モデル
- Cold Mix Asphalt

#### 地すべり

- 地すべりに対する植生による対策
- 地すべりデータの取得方法、戦略
- 地すべりモニタリング技術
- 地すべり地帯における路線選定
- 調査マニュアル
- アジスアベバ大学の学科の課題
- 調査の迅速化の方法
- 地すべり調査方法のメカニズム
- 分析するソフトウェア

#### 軸重計運営、PBC

- 軸重計測の外注化
- PBC におけるコンプライアンス

第2回ワークショップの状況写真を示す。



Welcoming Speech



Opening Remarks and Introduction



Presentation on Bridge Maintenance Management (Presented by JICA Survey Team)



Presentation on Bridge Maintenance Management (Presented by ERA)



Presentation on Road Maintenance Management (Presented by JICA Survey Team)



Presentation on Road Maintenance Management (Presented by AACRA)



Presentation on Landslide (Presented by JICA Survey Team)



Presentation on Landslide (Presented by AAiT)



Presentation on Axle Load Control (Presented by JICA Survey Team)



Presentation on Axle Load Control (Presented by ERA)

# Performance-based Contract (PBC) in Kenya

The Project for Strengthening of Capacity on Road Maintenance Management Through Contracting



Special Presentation on Performance Based Contract



Closing Remarks



会場の様子



昼食の様子



集合写真

図 2.4-5 第2回ワークショップ写真

## 2.4.2. 活動4-2 : AACRA 及び ERA に対する協力案を検討、整理する

本業務における活動を通じて、AACRA 及び ERA に対する協力案を次期支援候補案件として整理した。

### 1. ERA 橋梁点検技術能力向上プロジェクト (案)

#### 【背景】

ERA の橋梁維持管理は、JICA 橋梁維持管理能力向上プロジェクト (2007 年 1 月～2012 年 7 月) で作成された簡易 BMS を独自にアップデートし、非常に優れた機能を持つ BMS を開発するなど、非常にシステムティックに実施されている。また、同プロジェクトで作成された 2 種類のマニュアル、「Concrete Bridges Maintenance Manual」、「STANDARD SPECIFICATION FOR BRIDGE PEPAIR」は現在でも最も活用されており、他に維持管理マニュアルは存在しない。この 2 種類のマニュアルに記載されている単純な補修技術は概ね習得したと彼ら自身も述べている。このように、一定水準の橋梁維持管理技術を ERA は有していると判断することができる。

一方で、AACRA をはじめとする他の地方都市などの機関については、橋梁の維持管理技術は ERA に大きく遅れているのが現状である。AACRA の例を挙げると、以下のような数多くの課題がある。

- 1) 橋梁維持管理システム (BMS) がない
- 2) 橋梁維持管理分野に配分される予算が非常に少ない
- 3) 橋梁維持管理に従事する職員は、Team Leader, Inspector 各 1 名、Junior Engineer が 2 名と非常に少ない (管理する橋梁は 437 橋、カルバートは 2,395 基)
- 4) 橋梁施工時の施工監理がずさんなため、将来の維持管理に大きな影響がある
- 5) 独自の維持管理に関するマニュアルはなく、ERA のものを流用している

このような AACRA をはじめとする他の地方都市などの機関に対して、ERA は以下のような点で貢献している。

- ERA 主催の研修への地方道路管理者の参加受け入れ
- アルムゲナ研修センターにおける地方道路管理者のトレーニングの受け入れ
- 能力の低い地方道路管理者に対する技術的支援や助言
- 道路維持補修の代行 (舗装道路)
- ERA の基準/マニュアルに基づく地方道路管理者の業務実施

また、2021 年 9 月には ERA の所属する組織改編があり、ERA が Ministry of Transport (MoT) から Ministry of Urban and Infrastructure (MoUI) に移管された。新しい移管先の MoUI の所掌に建設に関するマニュアル、ガイドラインの一元管理があり、MoUI 傘下の Institute of Ethiopian Standard (IES) は ERA 等が作成したマニュアル類を承認し、シリアルナンバーを与える役割を有している。そのため、将来的には、国家レベルで道路・橋梁に係る制度・システム及びマニュアル (ガイドライン) を整備することを目標としている。ただし、現状においては、ERA と AACRA をはじめとする他の地方都市などの機関の橋梁維持管理能力は乖離が非常に大きく、要望する支援内容も異なるため、国家全体を対象とした能力向上プロジェクトの構築は非常に困難であると想定される。

このような状況を鑑みて、前述のように他の機関へも技術支援を実施しており、エチオピア国の橋梁維持管理の実質的なリーダーである ERA を対象とした能力向上プロジェクトを実施することが、エチオピア国全体の橋梁技術の能力向上に資するものであると考えられる。

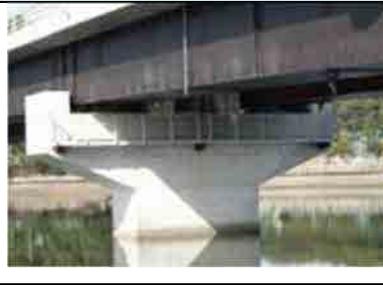
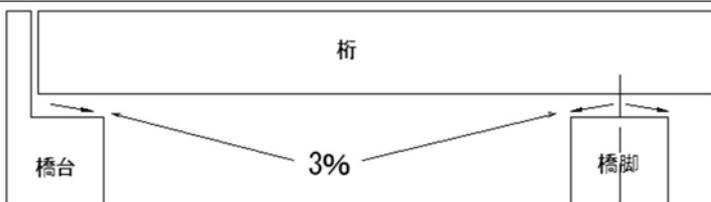
さらに、ERA に対して実施した JICA 橋梁維持管理能力向上プロジェクト（2007 年 1 月～2012 年 7 月）であるが、実施後 10 年以上が経過しており、維持管理技術の日々の技術革新に伴い新たな課題が明らかとなっている。

### 【技術移転の必要性】

本業務で実施したヒアリングの結果から、以下の点についてさらなる支援が必要であると考えられる。

- 橋梁上部工の耐荷力の調査と診断ができない。大型貨物などの積載重量が大きい車両は事前の申請により通行を許可するため、その路線上の橋梁の活荷重に対する耐荷力を確認する必要がある。現状はすべて外部コンサルタントに委託しており、ERA 内に技術力がない。
- 複合的な損傷等複雑な対応が必要な物には、さらに踏み込んだ規模の大きな補修方法や、マニュアル化されていない技術が必要だと考えるが、それらはほとんど知識も経験もない。
- 橋梁等の構造物の劣化に大きな影響を与える水処理や点検を考慮した構造について、設計段階から考慮できるように技術基準のアップデートが必要である。

表 2.4-1 日本の橋梁の長寿命化への取り組み等

水切りの設置(床版張出部)	コンクリートの塗装(桁端部)	検査路の設置
		
床版端部で雨水をシャットアウトすることで、上部構造等への雨水侵入を低減する。湿潤状態では、乾燥状態に比べて 100～300 倍の速さで床版が破壊に至ったことが明らかになっている。	桁端部は伸縮装置からの漏水により常時ウェットな状態になりやすいため、桁端部のコンクリート塗装を施すことにより、コンクリート内部に雨水が侵入するのを低減できる。	定期的な点検が円滑に行えるように、点検用検査路を設置する。やむを得ず検査路が設置できない場合でも、点検方法の代替案を考えておくことは道路管理者の責務である。
橋座等での水処理		
		
下部構造頂部は、伸縮装置からの漏水の他、支承部廻りは一般に風通しが悪く、塵芥や湿気が溜まるなど腐食・劣化しやすい環境にある。このため、水が溜まらないように橋軸方向に下図のような 3% の勾配をつける対策を講じる。		

出典：JICA 調査団

- 橋梁上の障害物の除去、排水溝の清掃、ポットホールの補修など地味での重要な作業について、マニュアル類のアップデートが必要である。
- 新バイ橋（エクストラロード橋）等のケーブル橋について、外ケーブルの張力を計測する技術がない。点検マニュアルへの張力検査等について追加、及び異常が見つかった場合の補修方法に導入が必要である。下図は、阪神高速技術のケーブル張力測定システムである。当システムは斜張橋（エクストラロード橋）の外ケーブルの張力を簡便に計測できるシステムである。システムは各時数の固有振動数をグラフとして示し、対象ケーブルの曲げ剛性と張力を算出する。状態の判定は行わない。状態の判定はエンジニアが実施する。建設時の張力検査の結果があれば、その値を比較することで判定が可能である。



<https://www.hex-eng.co.jp/technology/technology.html>

出典：阪神高速技術株式会社HP

図 2.4-6 ケーブル張力測定システム

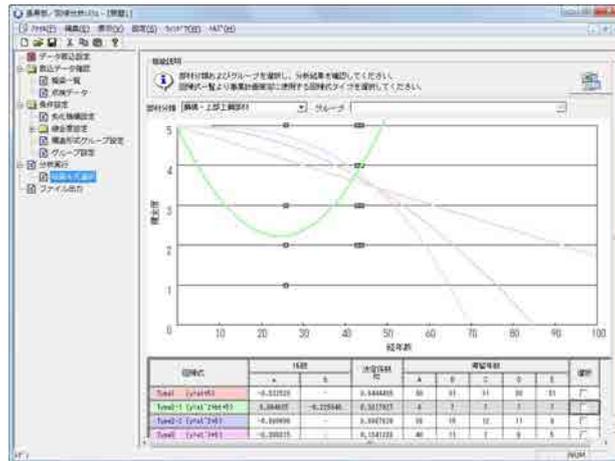
- 不効率な紙ベースの点検作業から、効率的なタブレットを使った効率的な点検作業への移行が求められている。



出典：<https://www.infra-mainte.com/>

図 2.4-7 タブレットを使った橋梁点検例

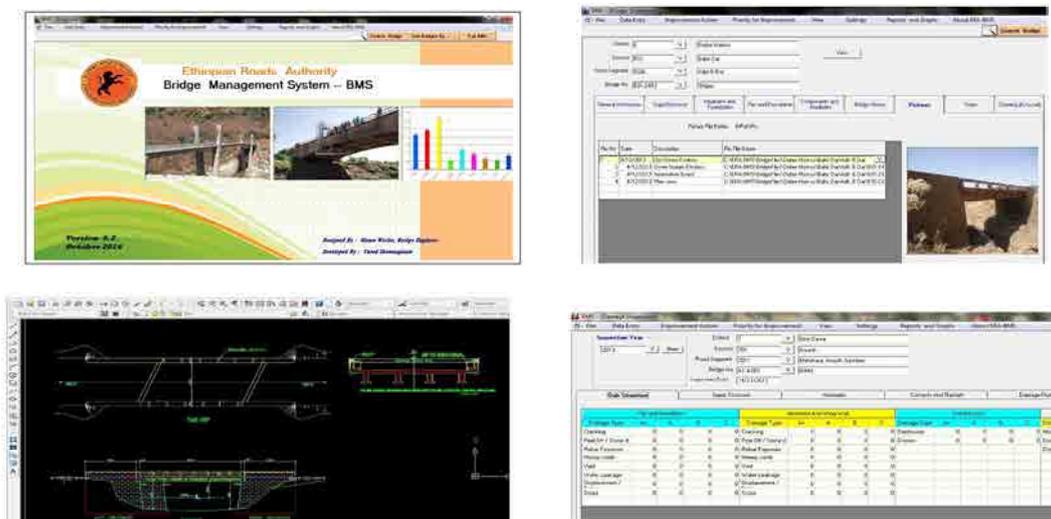
- 橋梁の劣化予測ができないため、中長期維持管理計画が策定できない。劣化予測を組み込んだBMSのバージョンアップが必要である。



出典：JIPテクノサイエンス株式会社 HP

図 2.4-8 劣化曲線の算出例

- BMS は有効に活用されているものの、新アバイ橋（エクストラードロード橋）等の特殊橋梁の入力ができないため、BMS のアップデートが必要である。また、BMS を中心にしたマネジメントサイクルは回っているものの、課題としては、BMS 利用の効率化であり、正確性/制度の判定と向上への支援が必要になる。特に点検データ/分析結果の正確性、概算コストの実際の工費とのずれの縮減、ロングリストの順位と感覚のずれの解消等が上げられる。



出典：ERA BMS ユーザーマニュアル

図 2.4-9 ERA の BMS 画面

【想定される技術協力の内容】

- 橋梁の耐荷力の調査及び診断技術の導入
- 複合的な損傷等の複雑な損傷の補修事例の紹介及び補修対策の考え方の技術移転
- 補修マニュアルに基づく直営工事部隊による補修の実施

- 水処理や点検を考慮した構造を含めた技術基準の改定
- 予防的維持保全を加えたマニュアルのアップデート
- ケーブル張力測定システム機材の導入
- 橋梁点検アプリケーションプログラムの開発（タブレットによる点検）
- BMS への特殊橋梁及び劣化予測機能の追加、BMS の正確性・精度の向上

### 【技術協力の波及手段】

上述の ERA が支援している研修、技術的支援や助言を拡大するための制度・システムを支援することが考えられる。そのためには、ERA 内の部署の整備、人員配置の編成を促す必要がある。また、将来的には MoUI と連携して国家レベルで道路・橋梁に係る制度・システム及びマニュアル（ガイドライン）を整備することが国家レベルの道路・橋梁維持管理技術の能力向上につながるものと期待される。

## 2. ERA 地すべり対策調査設計能力向上プロジェクト（案）

### 【背景】

地すべりは、アバイ渓谷やその他の多くの地点において、エチオピアの道路交通網を阻害している。しかし、ERA はそれらの地すべりを抑止する、或いは軽減するための十分な技術力を持ち合わせていない。

一方、JICA は既にアバイ渓谷の地すべり被害軽減のため、ERA に対して「地すべり対策工能力強化プロジェクト」(2011.6-2016.3)を実施したが、技術移転を受けた職員の多くが繰返退職するなどして ERA を去っており、移転した技術の定着が課題となっている。

### 【技術移転の必要性】

「地すべり対策工能力強化プロジェクト」では、地すべり対策に関するガイドラインやハンドブックを作成し、地すべり対策の基本に関してはそれらの書籍で網羅されている。

しかし、本案件を通じた調査や、並行して実施中のエチオピア国別研修「幹線道路の地すべり対策工」の業務従事者との意見交換から、エチオピアでの地すべり対策の実施において、地すべり地における等高線地形図の作成と、それをを用いた地すべり調査の能力が ERA には十分でなく、技術支援の必要性があることを認めた。

- ・ ERA の地すべり調査報告書には、地すべりの位置や規模、更に踏査結果を図示した等高線地形図が添付されておらず、被害を及ぼしている地すべりの全貌が理解されていない。
- ・ 地すべり調査報告書には、地表踏査を通じて把握した地すべりの形状や範囲などを示した等高線地形図を示す必要がある。
- ・ 地すべりの形状や範囲を明確とするのは、地すべりのメカニズムを理解するのに不可欠である。地すべりメカニズムの理解は、地すべり対策工設計に不可欠である斜面安定解析の実施に必要である。

- ・ 等高線地形図の作成は、国別研修で基礎的なトレーニングが施される予定だが、それをエチオピアに根付かせるためには、多くの現地エンジニアが参加できるように同国の地すべり地における訓練が必要であり、併せて現地での応用的な対処に関し、日本人専門家によるフォローアップが必要となる。
- ・ 上記の等高線地形図の作成と地表踏査を通じた地すべり範囲の確定は、以前実施した「地すべり対策工能力強化プロジェクト」で移転した技術を生かす前段となり、過去の技術協力プロジェクトの成果の拡大も期待される。
- ・ 一方で、技術移転を受けた ERA の職員が転退職することにより、技術移転の効果を減ずることを防ぐ必要がある。これに対しては、技術移転の成果を民間に波及させることにより、エチオピア国全体の技術力の底上げを企図することで、ある程度の対処が必要となる。
- ・ 実際、ERA は道路の計画・調査・設計・施工監理をコンサルタントに外注しており、ERA 職員の技術力向上と併せて、コンサルタントの技術力向上を図ることにより、技術協力プロジェクトの効果がより拡大されることが期待される。

### 【想定される技術移転のステップ】

技術移転のステップとして、以下の4ステップを想定する。

#### Step 1 ドローンを用いた等高線地形図の作成

ERA 所管の道路に実際に被害を及ぼしている地すべりを対象として、ドローンを使って等高線地形図を作成する能力を、エチオピア国に定着させる。

3か所ほどの地すべりを選び、ドローンを使った測量から等高線地形図の作成までを、JICA 専門家の指導の下で実施する。3か所のうち1か所は、アバイ溪谷から手頃な規模のサイトを選択する。

C/PはERAのRRCとDesign Directorateを想定する。

#### Step 2 地すべり地表踏査（踏査結果を等高線地形図に表現）

JICA 専門家の指導の下、Step 1 で作成した等高線地形図を用いて、地すべり地表踏査を実施し、地すべり範囲を等高線地形図で表現する訓練を行う。地表踏査で観察した地すべり特有の地形を等高線地形図に落とし（ルートマップの作成）、それに基づいて地すべりの形状を判断し、頭部、側部、端部を決め、地すべりの移動方向を把握する。

C/PはERAのRRCとDesign Directorateを想定する。

#### Step 3 地すべり調査と対策工設計の調達・監理の支援

JICA 専門家の指導の下、Step 2 で作成した地すべり踏査結果と地すべり形状を基に、地すべり調査計画を立案する。同じく、地すべり調査計画に基づき、地すべり調査と対策工設計をコンサルタントに外注する際の業務仕様書（TOR）を作成する。コンサルタントの調達後は、その（中間／最終）調査結果等に対するコメントを通じて、ERA によるコンサルタントの監理能力を向上させ、併せてコンサルタントの能力向上を図る。

C/PはERAのRRCとDesign Directorateを想定し、調達されたコンサルタントに対しては、ERAによる指導を介して技術の波及を期待する。

内容が多岐に渡るため、Step 3は、以下の2つに分割することを提案する。

### Step 3-1 調査の調達と監理

Step 3-1では、地すべり調査とモニタリングの立案及び実施に焦点を置く。

地すべり調査とモニタリングをコンサルタントに外注する際の業務仕様書の作成能力を向上させる。また、委託した業務の実施を通じて、地すべり調査を受注したコンサルタントを監理するERAの能力を向上させ、併せてERAからの指導を通じたコンサルタントの能力向上も期待する。

### Step 3-2 設計の調達と監理

Step 3-1の成果に基づき、地すべり対策工の設計に焦点を置く。

地すべり対策工の設計をコンサルタントに外注する際の業務仕様書の作成能力を向上させる。また、委託した業務の実施を通じて、地すべり対策工設計を受注したコンサルタントを監理するERAの能力を向上させて、併せてERAからの指導を通じたコンサルタントの能力向上も期待する。これには、技術仕様書の作成も含む。

対策工の設計に関して、本邦企業しか施工できない対策工の設計技術を移転しても、本邦企業がエチオピアに進出ししない限り、エチオピアにとって持続可能な解決とはならない。そのため、エチオピアのコントラクターで実施可能な対策工の設計を移転することにより、地すべり活動の緩和を目指すことが肝要である。エチオピアのコントラクターで実施可能な対策工は限られるため、地すべりを完全に抑止するのではなく、地すべりによる影響を軽減することを、技術移転の目標とした方が良い。

あるいは、エチオピアから近く、相応の地すべり対策工施工能力を持つイタリアなどのコントラクターの活用も想定される。イタリアを始めとするヨーロッパの対策工は本邦技術とは設計方法が異なるため、Step 3-2ではイタリアの援助機関と協力し、ヨーロッパの設計手法も併せて導入することも考慮される。

### Step 4 航空機搭載LiDARによる詳細等高線地形図を用いた地すべりの予察

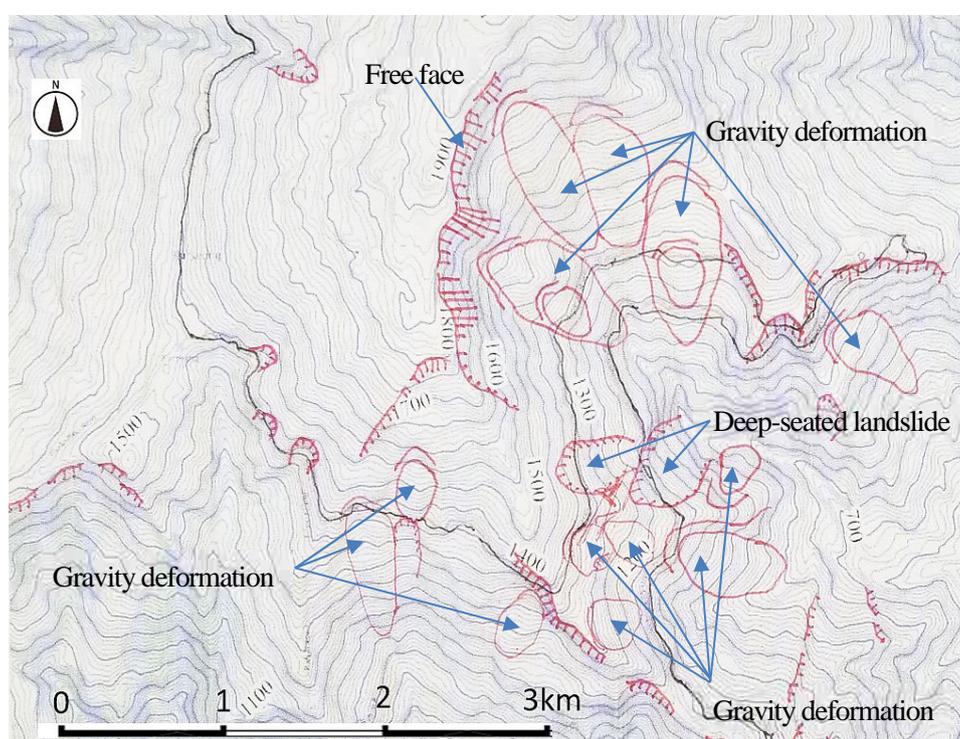
Step 4は、Step 1～3に比べて、難易度が高いものとなる。

Step 1～3は、既に発生した、目に見える地すべりを対象としているのに対して、Step 4では将来の道路開発によって引き起こされる可能性のある地すべりを、航空機搭載LiDARにより取得したDEMから作成した詳細等高線地形図を判読する事により、抽出することを目的とする。道路予定地において、災害ポテンシャルのある箇所を特定し、それらを避ける道路線形を採用することにより、地すべり被害を減少させようとするものである。

Step 4 は、GII に対する技術支援と連携して行う必要があり、GII に対する技術支援が行われない、或いは詳細な等高線地形図の作成に関する技術支援が行われない場合は、Step 4 もキャンセルとなる。

航空機搭載 LiDAR は、三次元の点群データを取得し DEM を作成する。DEM を用いれば、三次元 CAD を用いた地形の把握や道路の設計が可能となるが、これらを運用できるパーソナルコンピューターは限られるため、事業に関わる全てのエンジニアが確認できる訳でもなく、それらを検証できるエンジニアの数も限られる。

DEM を用いて等高線地形図を作成すると、汎用フォーマットや文書での共有が可能となり、多くのエンジニアが利用し、かつ検証することができるようになる。また、これまでに十分な実績のある空中写真判読や地形図読図の技術を活用することができるのもメリットとなる。



出典：JICA 調査団

図 2.4-10 Step4 の成果イメージ (等高線地形図の判読による、地すべりハザードの抽出)

### 【技術移転の民間への波及手段】

ERA の職員の転退職による影響を低減すること、及びERA の道路計画、調査、設計、施工監理がコンサルタント委託されている現実を鑑み、技術移転の成果をなるべく民間に波及することが望まれる。

Step 3 はコンサルタントの調達と管理を通じて民間を巻き込むが、Step 1、2、4 に関しても、ERA によるセミナーや民間のオブザーバー参加などを通じて、なるべく民間に技術が波及するような策を講ずる必要がある。

一方、ERA・RRC からは、エチオピアのコンサルタントは能力が低いため、ERA・RRC が Design Directorate に対して発注する形で、Step 3 を実施するのが良いという案が出されている。民間コンサルタ

ントを調達すると、その調達期間が必要となることを考えると、RRC 案はプロジェクト期間の短縮には好都合である。ただし、既に実施した「地すべり対策工能力強化プロジェクト」(2011.6 - 2016.3)との重複を避けるには、コンサルタント調達と監理の技術移転が必須のステップとなるため、Design Directorate を疑似的にコンサルタントとして扱うとしても、技術仕様書の作成、及び中間成果や成果物へのコメントを通じてコンサルタントを監理するステップは行う必要がある。

RRC 案を使う場合、RRC は民間のコンサルタントをボランティアで参加させる案を出しているが、この案は採用すべきである。JICA による技術移転はあくまで ERA を対象としたものであるが、他方で移転された技術を吸収して応用する素地に関しては、ERA の技術者よりも民間のコンサルタントの方が高いと期待される。

技術移転では基本に加えてある程度の応用技術を移転することができるが、移転された技術を実際の地すべりの現場に適用させていくには、さらなる応用能力が必要である。この応用能力は、職業上の必要に迫られたコンサルタントに対して、より多く期待されるものである。RRC 案を採用し、Design Directorate を疑似的にコンサルタントとして扱う場合は、JICA の技術移転の趣旨から外れない程度に、民間コンサルタントをボランティア、或いはオブザーバーとして参加させ、技術の民間への波及を企図する必要がある。

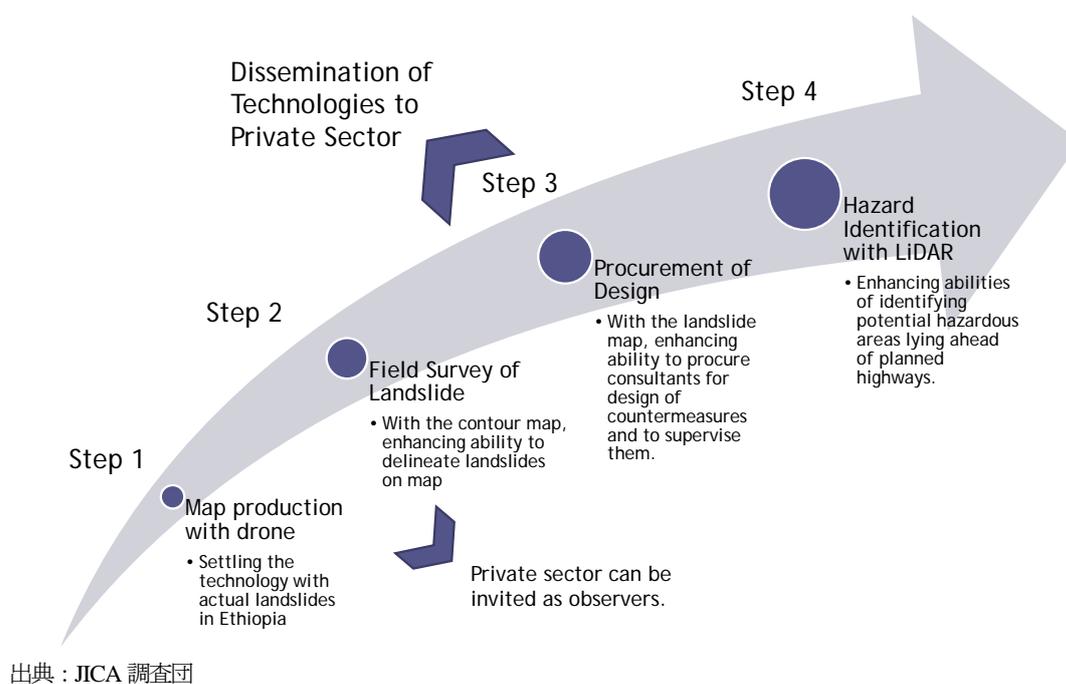


図 2.4-11 ERA に対する地すべり対策調査設計能力向上プロジェクトのイメージ

### 【国別研修との連携】

これまでに説明した技術移転の計画は、エチオピア国別研修「幹線道路の地すべり対策工」の業務従事者との意見交換に基づき、作成している。その際には、同国別研修が今年度（令和四年度）に終了するという前提のもと、今年度の同国別研修において、ドローンを使った地形図作成を日本において実際の機材を用いて実地で研修するという情報に基づいて立案している。

この実地研修において基礎技術が移転されることを前提として、本調査で提案した「地すべり対策調査設計能力向上プロジェクト」（以降「提案技プロ」と略する）においては、派遣される日本人専門家の指導のもと、エチオピア国の実際の地すべり災害地において、国別研修で学んだ技術の応用的利用を通じて技術の定着を深め、さらにより多くの同国の技術者をプロジェクトサイトに招いて研修を行い、移転された技術をより広範囲に拡大することを意図している。

上記の活動が Step 1 となる。続く Step 2 と Step 3 は、Step 1 で定着した「ドローンを使った地形図作成」を用いて展開することが前提である。

来年度以降の国別研修を計画する場合は、以下のような方法で、提案技プロとの連携を図ることが可能である。

本調査の Step 1 の前提にしている、国別研修による基礎技術の移転と、提案技プロによる、エチオピア国での応用技術の定着と技術の普及という仕組みを、Step 2 においても実施することで、提案技プロの実施がよりスムーズになることが期待される。Step 2 は、Step 1 で作成した地形図を用いて、地すべり地の地表踏査を行い、必要な調査計画を立案するステップとなる。来年度以降の国別研修においては上記に関する基礎技術の移転を行うことで、提案技プロがより効率的に実施され、効果の定着が期待される。Step 2 に続く国別研修を計画する場合は、本調査で提案した提案技プロの流れとは異なり、Step 4 の基礎技術を移転する方が、移転する技術の関連性という観点から望ましいと思われる。

## ERA 地すべり対策調査設計能力向上プロジェクト（案）の補足

### Step 1 ドローンを用いた等高線地形図の作成

Step 1 「ドローンを用いた等高線地形図の作成」であるが、本業務を通じたエチオピア国の地すべり対策技術の調査と評価において、同国の地すべり調査報告書には等高線地形図を用いた地すべり踏査結果が殆ど示されていないことが判明したことを受けた提案であり、同国にとって必要性の高いステップとなる。上記の評価に関しては、今年（2003年）7月に本邦研修を実施したエチオピア国別研修「幹線道路の地すべり対策工」の業務従事者との意見交換においても、同様の見解が示されている。

上記の本邦研修において、地すべり調査に用いる地形図の作成能力が低いことを受け、ドローンを用いて地形図を作成する技術移転<sup>8</sup>が行われた。この研修そのものは十分な効果を上げていると思われるが、ERA・RRC からのヒアリングによると、地すべり対策に直接かかわる RRC の LGRT（Landslide and Geotechnical Research Team）からの参画は、チームリーダーの Ahmed Heredin 氏のみであった。地すべり対策の基本技術を学ぶ研修において、エチオピア国の地すべり対策を技術的に主導し、指導する立場にある LGRT のメンバーが、チームリーダーのみしか参加していないことから、エチオピア国における技術の普及に際して、国別研修の効果を根付かせるには不足であると思われる。

提案している Step 1 は、ドローンを用いた地形図作成を、エチオピア国の実地において指導し、より多くのエチオピア国のエンジニアを対象により幅白い技術移転を行う事を意図している。AA 大学の研究者や民間コンサルタント技術者にオブザーバー参加を許すことで、同国の学術・民間分野への技術移転も望

<sup>8</sup> 多くの場合、地すべり活動の影響を受け、地すべり地には樹木などの植生が乏しいため、ドローンによる写真測量、点群データの取得を通じた地形図作成が可能である。

むことができる。このため、ERA 職員の離職により移転した技術が喪失される事態を未然に防ぐことも可能となる。

また、上記の国別研修の成果を更に拡大拡充し、エチオピア国に広く根付かせるという意味で、Step1 はなるべく早めに実施した方が良いと考える。

一方、使用するドローンについては、ERA は独自にドローンを購入しており、橋梁や舗装の維持管理に使用する予定である。このドローンは RRC の LGR T も使用することができるため、Step1 のために新たなドローンを追加供与することは不要と考える。

## Step 2 地すべり地表踏査（踏査結果を等高線地形図に表現）

Step2 「地すべり地表踏査（踏査結果を等高線地形図に表現）」も、Step1 と同様に、エチオピア国の地すべり調査報告書に欠けている技術であり、同国にとって必要性の高いステップとなる。また、Step 1 と同様に、前述の国別研修の業務従事者とその必要性に関して意見の一致を得た技術となる。

Step1 で作成した等高線地形図を利用して、エチオピア国の実地において地すべり地表踏査を指導し、多くのエチオピア国のエンジニアを対象に、技術の移転を図る必要があると思われる。Step1 と同様に、AA 大学の研究者や民間コンサルタント技術者にオブザーバー参加を許すことで、同国の学術・民間分野への技術移転も望むことができ、ERA 職員の離職により移転した技術が喪失される事態を未然に防ぐことも可能となる。

## Step 3 地すべり調査と対策工設計の調達・監理の支援

Step3 は、Step1 と Step2 の技術移転が完了した上で、ERA によるコンサルタントの調達・管理能力の向上を意図したものである。従って、本ステップの実施は、ERA によるコンサルタントの調達が前提となる。JICA の資金によりコンサルタントを調達した場合、ERA による調達・管理の技術移転という目的が全うされない上に、ERA によるオーナーシップの確保もおぼつかなくなる。従って、Step3 の実施時には、JICA によるコンサルタント調達は避けるべきである。

第八回調査において、上記のスキームを ERA・RRC と意見交換した際に、RRC はコンサルタントの代わりに、ERA の Design Directorate を使う代案を提示した。この点に関し、当 JICA アドバイザーは特に異論を示していない。しかし、コンサルタントの調達・管理能力の向上という目的で民間コンサルタントを関与させることにより、ERA への技術指導を通じて民間にその効果を波及させ、ERA 職員の離職により移転した技術が喪失される事態を防ぐ狙いもあるため、RRC の意見を単純に「是」とすることも難しい。

上記の様に、Step3 に対する認識は、当 JICA アドバイザー と ERA で完全に一致しているとは言えない状況であり、実施段階で思わぬ障害や反発が発生する可能性を否定できない。

一方、第八回調査においてレビューを実施した韓国コンサルタントによるアバイ溪谷の地すべり対策調査設計を含む業務の報告書<sup>9</sup>に見る通り、エチオピア国で調達できるコンサルタントの質はかなり低い

<sup>9</sup> 韓国コンサルタントが、地元コンサルタントをアソシエーションとして行った業務であり、内容から察するに、地すべり対策調査設計の部分はエチオピア国のコンサルタントが実施したと思われる。

め、Step3の実施は、エチオピア国にとってはまだハードルが高いかもしれない。

エチオピア国の民間コンサルタントの能力向上には、ERAを対象に行った「地すべり対策工能力強化プロジェクト」(2011年6月～2016年3月)で作成したハンドブックなどの公開が役に立つと思われるが、RRC・LGRTの内部、及び一部のコンサルタントにLGRTから提供された他には、まだ一般には普及していない様子である。LGRTのチームリーダーのAhmed Heredin氏によると、ERAのウェブサイトでは依然として公開されていないとのことである。

上記の事情より、現段階においては、Step3に関しては当初提案よりも規模を縮小して実施することも、プロジェクトの確実な成功と実効性の確保という観点からは、検討に値すると思われる。

### Step 3-1 調査の調達と監理

Step3の規模を縮小する場合、実際のコンサルタントへの調達を行わず、調査計画の立案とコンサルタントに調査を発注するためのTORや仕様書を作成するまでを、技術移転のスコープとすることが想定される。Step2で実施した地表踏査結果に基づいて、実効性のある調査計画を立案することは、いずれにしてもエチオピア国にとって必要な技術である。また、立案した調査計画に基づき、コンサルタントを調達するTORや仕様書を作成することも、同様にエチオピア国にとって必要な技術である。いずれにしてもこれらの技術移転は必要であり、またそれほど大きな困難に直面することなく実施可能と思われる。

他方、実際のコンサルタント調達には、調達期間や契約手続き、及びコンサルタントの能力など、プロジェクトの実施に不確定要素を取り込む問題が多い。コンサルタントの監理とそれを通じたERAの技術力向上と民間への波及は、滞りなくプロジェクトが実施されるなら望ましいが、望ましい成果を得られないままプロジェクトが停滞する可能性は否定できない。

規模を縮小して実施する際にも、ERAよりも高い技術力を持っていると目されるAA大学を参画させ、技術移転の受け皿を増やすことも検討に値する。本年(2023年)8月31日に実施したワークショップを通じて、AA大学はハザードマップの作成や地すべりインベントリーの作成等、包括的な地すべり災害の理解に対しては十分な技術力を持つことが理解されたが、個別具体的な地すべりに対する対策に関しては、我が国からの技術移転に期待するところが大きい。

また、ERAによる随意契約が可能であり、調達などがスムーズに進むのであれば、AA大学をコンサルタントとして扱い、規模を縮小せずにStep3-1を行う事も検討に値するだろう。

また、イタリアと協力してStep3-2の技術移転を行う事は、次節に述べるように相当に困難であることから、Step3-1の内容に加えて、地すべり対策工設計の基本技術を移転することは検討に値する。本邦技術にしてもイタリアの技術にしても、安定解析手法に違いはあるものの、地すべりの性状を把握し、すべり面を設定し、地すべり安定解析を行い、必要抑止力を検討する手順は同じである。この共通部分の技術を

移転することで、イタリアなどから地すべり対策を導入する際の敷居を低くすることが可能となると思われる。

### Step 3-2 設計の調達と監理

本邦企業のエチオピア進出は余り望めないため、イタリアの対策工を導入し、イタリアの設計技術の移転を企図したステップを提案した。そのためには、イタリアの援助機関の能力や意志の調査確認が必要であった。今回調査で実施したイタリアの援助機関(AICS)に対する調査結果は 2.2 章でまとめた。以下に概略を示す。

- 本件に係る JICA との協力に関しては、やぶさかでない。
- しかし、AICS には地すべり対策のセクターがなく、2025 年までは予算がない。その為、2025 年までは AICS 側で T/C を立ち上げることは難しい。
- 一方、イタリアの民間企業三社は、研修の受入れや JICA の行う T/C への技術者の派遣に積極的である。
- 上記の民間企業は、ジオテキスタイルやガビオン、落石防止網のサプライヤーである。他方、イタリアの地すべり対策技術はそれらに留まらない幅広いものであり、包括的な技術移転を行うには、国や地方自治体<sup>10</sup>などの公的機関の関与が必要と思われる。
- イタリアの公的機関を関与させるには、AICS による T/C の実施が望まれる。AICS による T/C が実施されないとして、イタリアの公的機関から技術者を招いたり、研修を受け入れてもらったりするには、AICS からの協力は必要不可欠である。

上記より、Step3-2 の技術移転を行う T/C を AICS が 2025 年までに実施することは考えられず、またそれ以降に関しても、相当に難しいことが窺える。包括的な地すべり対策技術を移転するには、イタリアの官公庁や地方自治体を巻き込んだ AICS による T/C の実施が必要であると考え、継続的にアプローチを続けられない限り、これは相当に困難であるように思える<sup>11</sup>。

現実的な対応としては、AICS を通じた紹介により、JICA のプロジェクトにイタリアのエンジニア<sup>12</sup>を招いて、ワークショップやセミナーを行い、イタリアの地すべり対策技術を紹介する方法が考えられる。この際には、特定の技術にフォーカスするだけでなく、イタリアの地すべり対策全般に関する紹介や説明を併せて依頼することが必要になると思われる。

いずれにしても、エチオピアにおける、道路に関連する地すべりの問題を最終的に解決するには、日本や欧州など高い地すべり対策技術を持つ国の関与が必要であり、エチオピアと深いつながりのあるイタリアが関与することは、我が国には直接的に裨益しないが、エチオピアの問題を解決するには役に立つと思

---

<sup>10</sup> イタリアは州 (伊: Regione) の権限が強く、各州で特色のある地すべり対策が実施されている。基本的な技術の移転であれば、実際の設計施工に慣れた州の技術者の参画が、国の技術者に比べてより実効的とも考えられる。

<sup>11</sup> エチオピアにおける出先機関同士の協議のみで、これ以上の協力が進展するのは困難と思われる。

<sup>12</sup> イタリアの技術者は、官公庁に所属しない場合には、フリーランスであることが多い。会社相手の契約とはならない場合がある点に注意が必要となる。

われる。

#### Step 4 航空機搭載 LIDAR による詳細等高線地形図を用いた地すべりの予察

Step 4 は、提案した技プロ案の中で最も難易度が高い段階となる。一方で、Step 4 は道路の計画段階において道路の建設や維持管理に悪影響を与える地すべりを見つけ出し、それらを避けるように道路を計画することにより、地すべりによる被害を未然に防ぐものであり、エチオピア国にとって有用な技術である。

Step 4 を実施するには、エチオピア国の空間情報を扱う GII<sup>13</sup>の所有する LiDAR により取得された DEM<sup>14</sup>から、地すべりを判読するに足る詳細な等高線地形図が作成されることが条件となる。

また、等高線地形図判読技術の習得は、比較的難易度が高い。この習得を試みるには、少なくとも Step 2 で移転する地表踏査技術と、その結果を等高線地形図で整理する能力が確実に移転される必要がある。

従って、Step 1 と 2 での技術移転の進捗を確認した上で、Step 4 の実施を検討することが望ましいが、技プロの計画の中にこのような判断を入れることは現実的ではない。そのため、Step 3-1 と同じように、ERA よりも比較的高い能力を有すると目される AA 大学を参画させて技術移転を行い、移転した技術を AA 大学に根付かせることも検討に値する。

---

<sup>13</sup> GII: Geospatial Information Institute。旧エチオピア地図局。

<sup>14</sup> DEM: Digital Elevation Model

---

### 3. ERA 道路維持管理機材整備計画（無償）

#### 【背景】

ERA は、地方道路管理者の能力向上の他、補修技術を持たない地方道路管理者の依頼により As 舗装の補修等を代行するなど、地方道路の維持管理にも協力している。ただし、ERA の保有している資機材も 1970 年から 80 年代のものであり、かなり古くなっている。また、スペアパーツが既に市場になく、修理不可能な機材もある（Jimma の例）。また、北部地域（内戦地域）の Kombolcha（アムハラ州）事務所、Adigrat（ティグライ州）事務所では多くの機材が失われた。これに対して他の事務所の機材を回すなどの対応をしているが十分な量が確保できていない。このため、ERA に対する維持管理機材の供与は北部復興のみならず、エチオピア全体の道路維持管理の能力向上に資するものである。

#### 【ERA 保有機材】

ERA からアムハラ州デブレマルコスを除く各地方事務所の保有機材リストを受領した。保有機材リストを表 2.4-2 に示す。なお、表中の空欄は無回答であったことを示す。

表 2.4-2 ERA 保有機材リスト (主要舗装用作業機械)

Item No	Districts		1. Alemgena	2. Adigrat	3. Combolcha	4. Debremarkos※	5. Diredawa	6. Gonder
	Total Road Length		Paved: 2,406km, Unpaved: 2,087km	Paved: 1,859km, Unpaved: 232km	Paved: 1,892km, Unpaved: 1,020km	Paved: 715km, Unpaved: 1,154km	Paved: 1,686km, Unpaved: 1,453km	Paved: 1,504km, Unpaved: 706km
	Equipment Type	Capacity	Current State	Current State	Current State	Current State	Current State	Current State
			Active + Repairable	Active + Repairable	Active + Repairable	Active + Repairable	Active + Repairable	Active + Repairable
1	Dozer	More than 20 tons class	6	1	5	4	4	5
2	Loader	Bucket capacity of 1.2 m3 or more	7	3	6	5	4	7
3	Chain Excavator	Bucket capacity of 1.0 m3 or more	1	0	0	0	1	1
4	Chain Excavator (Jackhammer)	Bucket capacity of 1.0 m3 or more	2	0	0	0	0	0
5	Excavator (less than 0.25m3)		0	0	0	0	1	1
6	Grader	3.7m class	12	2	3	6	4	6
7	Dump Truck	Load capacity 10t or more	39	14	18	15	12	17
8	Carrier Truck	Load capacity 10t or more	6	2	5	1	2	4
9-1	Water Truck	Load capacity 10t or more	10		6	4	6	5
9-2	Water Truck	Tank capacity 1.4kl		3				
10	Fuel Truck	Load capacity 10t or more	4	2	2	1	2	
11	Cargo crane	Crane load 3t	3	2	1	0	2	2
12	Low bed		4	1	1	0	2	1
13	Paver	Max Width 6.5m	3	0	1	0	1	2
14	Mini Paver (Max width 4m)			0		0	0	
15-1	Asphalt distributor	Tank capacity 6,000l	2	1	4	1	1	
15-2	Asphalt distributor	11t						2
16	Asphalt plant		1			0	0	1
17	Asphalt Plant with generator		3		1		1	
18	Mobile Asphalt plant			0				0
19	Chip spreader		1	1	1	1	1	
20	Pneumatic Roller	10-15t	3	1	1	0	1	2
21	S/drum Roller			0	1		0	
22-1	D/drum Roller	10-12t	9	1	3		1	3
22-2	D/drum Roller	4t			1		1	3
22-3	D/drum Roller	1t			1			1
23	Convined Roller (2.5t)					0	0	
24	Mini hot mix plant		2	1	0	1	1	0
25	Asphalt cutter		2	2	2	1	3	2
26	Asphalt Miller(350KW)			0	0		0	1
27	Crusher Plant	50-100ton/hr	6	1	3		1	1
28	Wheel Excavator	Bucket capacity of 1.0 m3 or more	3	0			0	

Item No	Districts		7. Jimma	8. Nekemte	9. Shashemene	10. Sodo	11. Gode	Total
	Total Road Length		Paved: 1,104km, Unpaved: 1,684km	Paved: 933km, Unpaved: 1,182km	Paved: 648km, Unpaved: 831km	Paved: 1,490km, Unpaved: 538km	Paved: 639km, Unpaved: 1,428km	Paved: 14,876km, Unpaved: 12,315km
	Equipment Type	Capacity	Current State	Current State	Current State	Current State	Current State	Current State
			Active + Repairable	Active + Repairable	Active + Repairable	Active + Repairable	Active + Repairable	Active + Repairable
1	Dozer	More than 20 tons class	4	5	3	4	0	41
2	Loader	Bucket capacity of 1.2 m3 or more	11	9	5	8	0	65
3	Chain Excavator	Bucket capacity of 1.0 m3 or more	0	1		1	0	5
4	Chain Excavator (Jackhammer)	Bucket capacity of 1.0 m3 or more	1		0	0	0	3
5	Excavator (less than 0.25m3)		0	0	0	0	0	1
6	Grader	3.7m class	7	7	8	8	0	63
7	Dump Truck	Load capacity 10t or more	24	20	18	20	0	197
8	Carrier Truck	Load capacity 10t or more	5	4	2	3	0	34
9-1	Water Truck	Load capacity 10t or more	8	5	4	7	0	55
9-2	Water Truck	Tank capacity 1.4kl						3
10	Fuel Truck	Load capacity 10t or more	2	2	3	3	0	21
11	Cargo crane	Crane load 3t	1	1	2	2	0	16
12	Low bed		3	2	2	4	0	20
13	Paver	Max Width 6.5m	1		1		0	9
14	Mini Paver (Max width 4m)		1					1
15-1	Asphalt distributor	Tank capacity 6,000l	3	1	3		0	16
15-2	Asphalt distributor	11t						2
16	Asphalt plant		1				0	3
17	Asphalt Plant with generator				1		0	6
18	Mobile Asphalt plant		0					0
19	Chip spreader		0	1	2	1	0	9
20	Pneumatic Roller	10-15t	4	1	2	2	0	17
21	S/drum Roller		2		0		0	3
22-1	D/drum Roller	10-12t	9	5	6	4	0	41
22-2	D/drum Roller	4t			1	5		11
22-3	D/drum Roller	1t		1	1	2	0	6
23	Convined Roller (2.5t)		0					0
24	Mini hot mix plant		2	0	1		0	8
25	Asphalt cutter		9	3	2		0	26
26	Asphalt Miller(350KW)		0					1
28	Wheel Excavator	Bucket capacity of 1.0 m3 or more	0		0	0		3

※：4. Debremarkos のみ 2021 年 4 月の情報

出典：ERA から受領した資料を基に JICA 調査団が集計

上表は、4. Debremarkos 以外から収集された保有機材リストのうち、主に舗装工事に使用する建機のみを抜粋し集計したものである。4. Debremarkos は 2021 年のデータである。なお、11.Gode は 2023 年 4 月に開設されたばかりであり、まだ機材はなにも配備されていない。

色掛け箇所は、舗装工事の中でも日常的な舗装補修作業に適した小型の建設機械である。表に示されている通り、各地方事務所とも小型機械はほとんど配備されていない。ほとんどの保有機械は、大規模な造成工事などの重機土工を伴うような工事に適したものである。道路アセットの維持管理という観点から小型建機の配備が望まれる。また、北部復興のための作業に際し、これらの小型建機は輸送も容易であり、必要とされる地域へ迅速に招集できる利点もある。

ERA では、現状で考えられる必要機材の優先は、アスファルト混合機械である。その次に、材料運搬用のダンプトラック、エクスカベータなどの土工機械である。すべての地方事務所にミキシングプラントがあるわけではなく、アスファルトフィニッシャーも不足している。アスファルトフィニッシャーは地方事務所間で移動して運用しているが、すべてのネットワークをカバーできていない。また、アスファルトフィニッシャーなら移送することもできるが、混合プラントはそれができない。そのような事情から、ERA では混合機械が最優先と考えている。大きな容量のものではなくてもいい（例えば移動式）ので、各事務所に導入したい意向を持っている。

さらに、ERA としては材料の調達よりも機械の調達の方が難しいという課題がある。その背景には、自国には国産品の建設機械はなく、すべて輸入品に頼らざるを得ないため、コスト高になり手続きも煩雑で時間も手間もかかること、なおかつ、外貨不足により外貨による支払いが難しいという実情がある。

### 【想定される調達機材】

以上のことを考慮して、機材供与案件の例を表 2.4-3 に示す。総事業費は約 13 億円の想定である。

表 2.4-3 機材供与案件の例（主要道路維持工事事用機械）

Item No	機種名	Districts 仕様・能力・型式など	1	2	3	4	5	6	備考	
			Alemgena	Adigrat	Combolcha	Debremarkos	Diredawa	Gonder		
1	ホイールローダ	バケット容量0.5m <sup>3</sup>	1	1	1	1	1	1	1	各地方1台ずつ
2	バックホウ	バケット容量0.25m <sup>3</sup>	1	1	1	1	-	-	1	各地方1台ずつ
3	ロードスタビライザ		1	-	1	-	-	-	-	主要地方のみ
4	ダンプトラック	積載量10t	1	1	1	1	1	1	1	各地方1台ずつ
5	キャブバッククレーン	3ton吊	1	1	1	1	1	1	1	各地方1台ずつ
6	排水管清掃車	4t	1	-	1	-	-	-	-	主要地方のみ
7	汚泥吸引車	タンク容量2.7m <sup>3</sup>	1	-	1	-	-	-	-	主要地方のみ
8	アスファルトディストリビュータ	タンク容量1.5t	1	1	1	1	1	1	1	各地方1台ずつ
9	アスファルト目地注入機		1	-	1	-	-	-	-	主要地方のみ
10	アスファルトプラント	60t/h ミキサー容量1t	-	1	-	1	-	-	-	プラントがない地方のみ
11	コンバインドローラ	2.5～3.5t	1	1	1	1	1	1	1	各地方1台ずつ
12	アスファルトミニフィニッシャー	最大幅員3.1m	1	1	1	1	1	1	1	各地方1台ずつ
Total										

Item No	機種名	Districts 仕様・能力・型式など	7	8	9	10	11	Total	備考
			Jimma	Nekemte	Shashemene	Sodo	Gode		
1	ホイールローダ	バケット容量0.5m <sup>3</sup>	1	1	1	1	1	11	各地方1台ずつ
2	バックホウ	バケット容量0.25m <sup>3</sup>	1	1	1	1	1	10	各地方1台ずつ
3	ロードスタビライザ		-	-	-	-	-	2	主要地方のみ
4	ダンプトラック	積載量10t	1	1	1	1	1	11	各地方1台ずつ
5	キャブバッククレーン	3ton吊	1	1	1	1	1	11	各地方1台ずつ
6	排水管清掃車	4t	-	-	-	-	-	2	主要地方のみ
7	汚泥吸引車	タンク容量2.7m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	2	主要地方のみ
8	アスファルトディストリビュータ	タンク容量1.5t	1	1	1	1	1	11	各地方1台ずつ
9	アスファルト目地注入機		-	-	-	-	-	2	主要地方のみ
10	アスファルトプラント	60t/h ミキサー容量1t	-	1	-	1	1	5	プラントがない地方のみ
11	コンバインドローラ	2.5～3.5t	1	1	1	1	1	11	各地方1台ずつ
12	アスファルトミニフィニッシャー	最大幅員3.1m	-	1	1	1	1	10	各地方1台ずつ
Total									

出典：JICA 調査団

## 4. AACRA 都市洪水対応仮設機材整備計画（無償）

### 【背景】

近年の市内の洪水（気候変動）により、市内の多くの橋が破損している。しかし、AACRA の予算及び能力的な制約もあり、破損した橋梁の復旧は緊急を要する箇所に限られている。破損や落橋により交通に支障をきたしている地域からは、橋の再建の要望が多く上がってきているが対応できていない。予防保全を含めた維持管理能力の向上も重要であるが、既に破損や老朽化した橋が多いことから、この問題が何年も続くことを AACRA は危惧している。この問題に対する対策として、Bailey 橋（仮橋）による橋梁の復旧が効果的であり、市内道路の交通網の改善にも資すると考えられる。

AACRA の Road Asset Administration & Data Base Directorate の Bridge Management Team Leader から JICA 調査団に要望書が提出されている。

以下に緊急性が高いと AACRA が判断している 15 か所を示す。

Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinate	Y-Coordinate		
1.	Goto-1	11 m	480911	994892	August, 2022.	One of the two Abutments is totally washed away by flood. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinate	Y-Coordinate		
2.	Goto-2	16 m	480974	994954	August, 2022	The flood is overtopped on the bridge & it has many other defects. It need replace. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinate	Y-Coordinate		
3.	Goto-3	30 m	481057	995343	August, 2022	The bridge is totally washed away by flood. It need replace. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinate	Y-Coordinate		
4.	Talossa Sefer	11 m	470360	997850	2016.	Abutment scoured & then Deformed. It need replace. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinate	Y-Coordinate		
5.	Bulgariya Tabot Maderiya	15 m	472178	993802	2018.	Bending to collapses. In the previous time this bridge was used for passing bajaj & Motor Cycle, but now it uses only for Pedestrian. It need replace.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinate	Y-Coordinate		
6.	Ayer Tena Processing area	Wood 6 m	467237	992193	2018.	It was a mistake during bridge construction, as a result of shortening the span. This causes for scour the abutment repeatedly. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates X-Coordinate Y-Coordinate	Year of Collapse/damage	Remark
7	Mother Teresa	5 m	474165 999154	2015	It is a Culvert, But One side of abutment defomed and only pedestrian uses now. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates X-Coordinate Y-Coordinate	Year of Collapse/damage	Remark
8	Addis Kejema	6 m	471000 998871	2012	The Slab is much Deteriorated At the moment it Uses for Pedestrians only. We want to replace the bridge based on the defect. In the future we want to the bridge gives the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates X-Coordinate Y-Coordinate	Year of Collapse/damage	Remark
9	Abinet Clinic	4 m	469995 997156	2017	Both Abutments is highly scored. It needed to replacement. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates X-Coordinate Y-Coordinate	Year of Collapse/damage	Remark
10	Genji Giorgis	34 m	479638 994561	August, 2022	Steel Pedestrian Bridge. The bridge is totally washed away by flood during the rainy season. It need replace. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates X-Coordinate Y-Coordinate	Year of Collapse/damage	Remark
11	Genji Wefcho Bat	27 m	479762 994792		It is Wood Bridge. It should Replace by Either Bailey or any adequate structure. But not Safe.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates X-Coordinate Y-Coordinate	Year of Collapse/damage	Remark
12	Ayer Tena Wood Process area	30 m	467239 992197		It gives Service, But not Safe. It is Wood Bridge. It should Replace by Either Bailey or any adequate structure. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates X-Coordinate Y-Coordinate	Year of Collapse/damage	Remark
13	Around Zambiya Embassy- Kulan/Molmer	8 m	471294 992727	Not Good Condition	It gives the service for both vehicle & Pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates X-Coordinate Y-Coordinate	Year of Collapse/damage	Remark
14	Ayer Tena Rufael Church	12 m	466046 992469		It gives Service, But not Safe. It is Wood Bridge. It should Replace by Either Bailey or any adequate structure. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates X-Coordinate Y-Coordinate	Year of Collapse/damage	Remark
15	Ayer Tena Gebreal Belekristan	8 m	466565 992477		It gives the service for both vehicles & Pedestrian. The superstructure is highly deteriorated. It needs replacement. Damaged railing. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



出典：AACRA より資料提供

図 2.4-12 AACRA が選定した緊急性が高い 15 か所の状況写真

**【想定される調達機材】**

Bailey 橋の供与：40 か所（その内、緊急性の高いもの 15 か所）

## 5. AACRA 都市道路ネットワーク強化（気候変動対応）技術強化プロジェクト

### 【背景】

現在発生している気候変動を原因とする洪水による橋梁の破損や流出の状況を見ると、橋台、橋脚基礎の洗掘、橋台背面の土砂流出、及び護岸の崩壊が原因であるものが多い。このため、単に Bailey 橋を供与するのではなく、これらの原因分析、水理・水文学解析を含めた調査／解析能力の向上、及び解析結果を踏まえた設計能力の向上が重要となる。また、実際の工事管理や品質管理についても重要であることから、Bailey 橋架設（下部工建設を含む）のパイロット事業により、これらの管理手法の能力向上もプロジェクトに含むこととする。なお、パイロット事業については、AACRA の直営部隊による実施とする。

AACRA の Road Asset Administration & Data Base Directorate の Bridge Management Team Leader から洪水耐性のための設計とメンテナンスの能力構築の要望が提出されている。

### 【想定される技術協力の内容】

- 洪水発生時の現地調査及び被害評価方法のマニュアル作成
- 現地測量（機材含む）による地形図の作成（ドローンの活用も考慮）
- 水理・水文（河川）解析の能力強化
- 洗掘等を考慮した橋梁下部工の設計基準の作成
- 直営部隊によるパイロット事業での下部工施工と Bailey 橋の架設
- 工事における品質管理マニュアルの作成

## 6. MoUI 長期専門家派遣（道路／橋梁）

### 【背景】

MoUI より要請のあった、道路／橋梁分野の国家基準の作成については、AACRA を除く道路管理者からは概ね受け入れられるとの回答であった。ただし、どの管理者も事前の説明、統一基準作成の効果、作成手順の説明が必要であるとの意見であった。また、基準作成チームの設置も必要であることから、現時点で技術協力プロジェクトを実施するのは時期尚早であると考えられる。

一方で、MoUI は北部復興の責任機関の一つであることから、JICA としての北部復興支援、他ドナーとの調整を含めた情報収集が重要である。

以上の点を踏まえ、MoUI に対する長期専門家派遣を提案する。なお、日本大使館は、長期専門家派遣による案件創出の遅れを気にしている点に留意が必要である。

### 【長期専門家の TOR】

- 道路／橋梁分野の国家基準作成に向けた事前調整
- 道路／橋梁分野の国家基準作成に向けた組織構築
- 道路／橋梁分野の国家基準作成に向けた技術協力プロジェクトの TOR の作成
- 北部地域復興に向けた情報収集

- 北部地域復興に向けた MoUI 協議及び案件創出
- 北部地域復興に向けた TOR の作成



## 第3章 実施運営上の工夫や課題・教訓

### 3.1. 実施運営上の工夫

#### (1) プロジェクト関係者の参加意識と信頼関係の醸成

##### 多岐にわたる専門分野に対する適切なC/Pの配置と団内でのC/Pの情報共有

本業務は、道路維持管理、橋梁維持管理、道路防災（地すべり）、軸重計と専門分野が多岐に渡っている。そこで、C/Pとしては、各専門分野のほか、Main Coordinator を選定して各分野のC/Pとのやり取りを円滑に行う工夫を行った。また、本業務中にも諸事情によりC/Pが交代することが何度かあったが、その都度、新任のC/Pに本業務の概要を説明し、継続調査ができる環境を整えるとともに、C/Pの連絡先を記載したC/Pリストを団内で共有し、次に渡航する専門家がスムーズにC/Pと面会することができるように団内で情報共有を図ることで、C/Pとの信頼関係を醸成することができたと考えている。

##### 各専門家とC/Pのそれぞれの発表機会を設けたワークショップの開催

本業務の集大成として、2023年8月31日（木）に本業務に関連する、道路維持管理（舗装）、橋梁維持管理、道路防災（地すべり）、軸重計、PBC（Performance Based Contract）の分野を対象としたワークショップを開催した。ワークショップでは、日本人専門家による発表のみではなく、各分野のエチオピア人による発表の機会を設け、各分野の現状と課題に対して当事者意識を強く持たせることができた。また、各分野の日本人専門家による発表とエチオピア人による発表の後に全員参加のディスカッションの時間を設けることで、プロジェクト関係者の参加意識と両国の共同作業による課題解決の意識を高めることができたと考えている。

#### (2) 業務実施における柔軟性の確保

以下の2つの業務を追加することで、C/Pが抱える課題に柔軟に対応した。

##### 供与機材（軸重計）の供給電力状況及び計測システムの改良等の調査に係る業務の追加

###### 1) 無償資金協力事業により整備した軸重計の現状

無償資金協力事業「幹線道路軸重計整備計画」（2015年G/A締結）によって整備した軸重計（14箇所）について、現地政府からの提供資料、及び国内での関連資料の収集協議の結果、以下の点が明らかとなった。

###### ① 整備機材の破損原因と考えられる供給電力の対策が必要である。

整備機材の破損原因として、スペアパーツの調達が課題であるとの認識であったが、現状の破損原因の分析から、一次電源側の供給電力異常が原因である可能性が確認された。このため、整備した14箇所の軸重計測所に関して、電力供給側の情報を収集し、電力異常による破損原因の把握と対策の計画・立案が必要となった。

###### ② 計測システム変更について対応する必要がある。

EUが支援する過積載車両対策に対する技術協力（TTTFP：Tripartite Transport and Transit Facilitation Programme）において、無償資金協力で整備した14箇所の軸重観測施設について、過積載車両に関する

計測システムが不十分であるとの指摘があった。具体的には、軸重のユニット計測（二軸、三軸）が困難、車長 22m の大型車の計測が困難、計測値の精度が低い、計測結果が適切に記録・保管されていない等の課題が TITFP の調査結果として報告されている。このため、今後の継続的な計測機器の使用のために、計測システムの見直しや変更等の対策が必要となった。また、軸重計測所の管理者である ERA は、システムの Mother Board や Load Cell（計測センサー）にスペアパーツ調達を計画しているが、前述の供給電力異常以外の破損原因についても確認することが必要となった。

## 2) 対応及び業務の変更内容

軸重計測所（供給電力調査）と軸重計測所（軸重計測機器）業務を追加した。

### ① 供給電力状況の確認と対策の計画・立案 軸重計測所（供給電力調査）

- 既存施設の破損状況（電力関連）の確認
- 電力供給状況調査（遠隔地については、日本人の移動が制限されていることから、調査の一部を特殊傭人によって実施する。）
- 電力異常に対する対策案の検討
- 対策に必要な機器の調達方法等の計画・立案

### ② 計測システム改良案等の計画・立案 軸重計測所（軸重計測機器）

- 既存施設の Load Cell（計測センサー）等の物理的破損状況、及び計測システム（Mother Board 等）の破損状況の確認（遠隔地については、日本人の移動が制限されていることから、調査の一部を特殊傭人によって実施する。）
- 上記破損状況調査を踏まえた必要スペアパーツの確認と調達計画
- 計測システム（計測方法、計測記録、計測精度等）の見直しに必要なシステム変更等の計画・立案

## 「路面性状調査」の業務及び業務従事者の追加

### 1) 追加理由

JICA により 2017 年に導入された、AACRA の路面性状調査システム（PCSS）について、導入当時に研修を受けた技術者が退職したため使用方法が伝承されていない状況であり、新しく配属された技術者を含めて使用方法の研修を AACRA から強く要請された。

### 2) 業務内容

- 前回の技プロの課題の確認
- 現地研修の準備
- 路面性状システム（PCSS）の運用状況の確認
- 道路点検の実施体制の確認
- 道路点検にかかるデータ管理状況の確認
- 路面性状システム（PCSS）の使用法の研修
- 現地調査結果の整理
- 現地研修の課題の整理

### (3) 他の JICA 案件との情報共有

#### 道路防災に係る JICA 専門員との意見交換

GII への支援策を検討した JICA 専門員及び JICA エチオピア事務所と、GII の所有する航空機搭載 LiDAR の測量成果を ERA の Design Directorate が利用して地すべりの予察を行うことに関して、意見交換を行った。意見交換を通じて、LiDAR を使って等高線地形図を作成する支援の妥当性を確認し、次期支援案の中に LiDAR を用いた地すべり危険区域の判読を盛り込むこととなった。

### (4) 現地での安全を最優先した業務運営

エチオピア国内の内戦による国内の情勢悪化を受けて、2021 年 11 月～2022 年 2 月の 4 ヶ月間にわたり渡航見合わせの指示が出された。渡航見合わせが解除になった後も、本業務契約完了時までアムハラ州などの北部地域を中心として日本人専門家の現地渡航が許可されない事態となったため、それに代わる代替案を検討し、円滑に業務が遂行できるように工夫した。

#### 新アバイ橋の橋梁点検方法の検討

##### 1) 日本人専門家による現地調査の可能性の検討

新アバイ橋の現地調査について、空路でバハルダールに移動し、A3 号線を陸路で南下してデブレマルコスで宿泊するルートで計画した。また、安全を期すために ERA 職員の同行を求め、ERA 職員の了解を得た。しかしながら、JICA 安全管理部の審査の結果、JICA 安全管理部よりアバイ渓谷への渡航の不可の連絡があり、本業務中の新アバイ橋の日本人専門家による現地調査は実施しないこととなった。

##### 2) ドローンを用いた点検の検討

日本人専門家による現地調査が実施できないため、代替案として、ERA が調達予定である点検用ドローンを使用し、日本人専門家の講習を受講後に ERA 職員により実施することで合意した。しかしながら、以下の理由によりドローンを用いた橋梁点検は困難であることが判明した。

- サプライヤーからドローンのオペレーター訓練を受ける必要があるが、訓練は機材が揃わないと開始されないため、オペレーター訓練が受けられていない。
- ドローンの運用には、Security Force（治安維持部隊）の許可が必要となる。内戦のため、治安維持部隊はドローンの運用に神経をとがらせており、前もって飛行計画を提出し許可を受け、更に治安部隊の立ち合いも必要となる。現状では Security Force の許可が下りる可能性は低い。

##### 3) ERA 職員による点検

ドローンを用いた点検が実施できないため、代替案として、事前に ERA 職員が日本人専門家から橋梁点検に関する講習（トレーニング）を受けて、その後、現地で橋梁点検を実施し、併せてビデオと写真を撮影する。事後に現地で撮影したビデオや写真を参考として、日本人専門家からレビューを受けるというやり方を提案した。

本業務において、ERA 職員による点検前の橋梁点検講習を実施した。

### 国道3号線の渡航制限下における代替支援の検討

国道3号線において JICA が過去に無償資金協力でリハビリ工事を行った区間の現状を確認することが特記仕様書で求められていたが、エチオピア国の内戦による国内の情勢悪化のため、国道3号線アバイ渓谷への渡航は認められなかった。

その代替案として、国道3号線で ERA が進めている整備計画の資料を共有してもらい、その資料の内容をレビューし、専門家としての技術的助言を行うこととした。

受領データを以下に示す。

- Addis- Chanco-Fiche (103km) 区間
  - ・ Draft Concept Design Report Addis -Fiche (Appendix を含む)
- Gohatisation-Dejen (47km) 区間
  - ・ Draft Concept Design Report (revised) 1
  - ・ Landslide survey report (draft)

### 現地の特殊傭人の雇用による軸重計測所の電力供給状況調査

無償資金協力事業「幹線道路軸重計整備計画」(2015年G/A締結)によって整備した軸重計(14箇所)について、電力異常による破損原因の把握及び電力異常以外の破損原因の確認のために軸重計測所に赴く必要があったが、エチオピア国の内戦の影響により日本人専門家の移動は大きく制限される状況であった。そこで、供給電力調査及び軸重計測機器の技術力を有する現地の特殊傭人を雇用して彼らに軸重計測所に赴いてもらうようにすることで、現地での専門家の安全を確保しながら円滑な業務遂行を行うことができた。

#### (5) コロナ禍における柔軟な情報収集及び確認方法による調査実施

##### 現地業務の国内業務への振替

2021年3月22日に JICA エチオピア事務所より、同国において新型コロナウイルス感染症が急拡大している状況を JICA として重く受け止め、これから1~2ヵ月中のエチオピアへの出張は感染リスクが非常に高いと判断し、「渡航見合わせ」とする、という連絡を受けた。

また、2021年5月~7月上旬は同国の選挙期間前後のため、渡航見合わせ時期であることから、業務開始から2021年7月末までの期間は渡航ができなくなった。

そこで、2021年7月末までの期間は、可能な範囲で、現地業務を国内業務からの遠隔で実施することを検討した。国内業務への振替で対応した業務概要は以下の通りである。

- 経済社会開発計画(無償)に関する対応
- JICA が整備した軸重計に関する対応
- AACRA 及び ERA の人員体制、予算、業務内容の確認

## 3.2. 課題と教訓

### (1) 課題

本業務の課題としては、以下の点が挙げられる。

#### 国道3号線及び国道1号線への渡航制限

本業務において、エチオピア国内戦による国内の情勢悪化に伴い、新アバイ橋のある国道3号線アバイ溪谷区間や国道1号線ミレガラフィ区間への現地調査が実施できなかった。

2023年8月においても、エチオピア・アムハラ州では、本年4月のエチオピア連邦政府による州特別部隊の解体及び警察・国防軍への統合決定以降、同決定に対抗して武装勢力と治安部隊の間での対立が激化しており、最近になって衝突事案等が州内各地で発生し、複数の民間人が死亡する等、治安状況が悪化しているため、このような状況を受け、8月4日に連邦政府は、アムハラ州全域に非常事態宣言を発令している。

このように、エチオピア国の治安情勢は不安定であり、同国の調査には常に治安上の課題がある。

#### エチオピア国での調達遅れ

エチオピア国で資機材の調達は予定よりも大幅に遅れることが多々あり、業務を遂行する上で支障となることがある。主な例として2つ挙げる。

- 「経済社会開発計画（無償）」における改質アスファルトの調達

本業務の当初から「経済社会開発計画（無償）」における改質アスファルトの調達に関して技術的助言を行い、調達状況を注視してきたが、2023年8月時点で、未だ調達には至っていない。本業務において、改質アスファルトの配合設計、品質管理等の技術的助言を行う予定であったが、調達が遅れたために実施できない事態となった。

- 橋梁点検機材の調達

ERAが調達を予定している橋梁点検機材の調達状況は予定より大幅に遅れている。例えば、橋梁点検車2台を調達予定であるが、半導体の入荷遅れで、2023年1月には納入予定であったものが、2023年8月時点で、未だに調達には至っていない。また、ドローンについても橋梁点検用に2台調達予定であったが、ERAの全ての調達品が揃わないため、サプライヤーからドローンオペレーターへの訓練が受けられておらず、ドローンを使用する点検ができない状態にある。

このようにエチオピア国では、調達の大規模な遅れがしばしば発生するため、それに伴う業務スケジュールや業務実施方法の変更が必要となることがある。

## (2) 教訓

### 軸重計測所の運営・維持管理に関するケニア研修（周辺国と連携した研修の実施）

#### 1) 実施目的

ケニアは2016年の事前調査時点でTTTFPが定める軸重計運用基準の遵守率が全参加国のうち4位であり、包括的な軸重計測システムの導入や、人の手を介さない過料金額の決定などTTTFPが求める軸重管理が実施されているほか、業務の民間委託も進んでいる。これらのことから、ケニアの計測プロセス、法制度、導入しているシステムなどの実態を調査し、エチオピアへの適用可能性について研究を行うことを目的として、受け入れ機関であるケニア高速道路公社(KeNHA:Kenya National Highways Authority)で研修を実施することとした。

#### 2) 参加機関

本研修の目的が他のTTTFP参加国が抱える軸重計測の課題解決に寄与するものであることから、JICAエチオピア、ケニア事務所を通じ、モザンビーク、ジブチ事務所から各国道路関係機関に呼びかけ、軸重計測業務に従事しているメンバーを募り、最終的にエチオピア国、モザンビーク国、ジブチ国の3か国計16名の研修生が参加することとなった。

#### 3) 周辺国との共同研修の教訓

質疑応答の時間では、研修生からケニアにおける取り組みに対して常に質問が上がり、自国で同じ制度やシステムを導入するためにはどうしたらよいかという議論が活発に行われた。また、研修中の休憩やランチの時間では、各国間での意見交換が活発になされ、お互い学ぶところが多いという声が多かった。

研修実施機関であるKeNHAからは、「軸重超過は東アフリカ地域一丸となって取り組むべき課題であるため、このようなトレーニングは非常に有用であり、引き続き各国間の協力を続けていきたい。トラックの荷重管理は、機器だけでなくソフトスキルが重要であり、ステークホルダーのエンゲージメント、運送会社や警察との協力関係構築に継続的な努力をすることが不可欠である。ケニアにおける次の課題は裁判所とのさらなる関係の構築と法制度の適正化である。」と総括があった。

このように周辺国が連携して課題に取り組むことはC/Pのオーナーシップを高め、C/Pの課題解決能力を高める上で非常に有意義である。他の分野においても周辺国との連携することで同様の成果が挙げられるものと期待される。

### 各専門家とC/Pのそれぞれの発表機会を設けたワークショップの開催

前項でも述べたが、本業務の集大成として、2023年8月31日(木)に本業務に関連する、道路維持管理(舗装)、橋梁維持管理、道路防災(地すべり)、軸重計、PBC(Performance Based Contract)の分野を対象としたワークショップを開催した。ワークショップでは、日本人専門家による発表のみではなく、各分野のエチオピア人による発表の機会を設け、各分野の現状と課題に対して当事者意識を強く持たせることができた。また、各分野の日本人専門家による発表とエチオピア人による発表の後に全員参加のディスカッションの時間を設けた。こうしたワークショップの開催はC/Pのオーナーシップを高めるのに非常に有効であり、今後の教訓として生かされることが期待される。

### 週報による情報共有

本業務は計9回にわたり現地調査を実施した。各調査期間は1ヶ月～1ヶ月半程度と長期にわたっていたため、1週間（又は2週間）の頻度で現地での活動概要及びC/Pや関係者との協議メモを作成し、関係者間で情報共有を行った。このことにより、団内で現地での調査状況や課題をタイムリーに把握することができ、課題に対する対応を迅速に行うことができた。こうした現地調査の情報共有は他のプロジェクトにおいても有効であると考えられる。

### WhatsAppによるC/Pとの迅速な情報伝達

エチオピア国のC/Pは「WhatsApp」を一つの重要な連絡ツールとしている者が多い。電子メールによるやり取りでは返信が遅くなる場合も少なくないため、頻繁にやり取りを行うC/Pとは「WhatsApp」による連絡が望ましいと考えられる。「WhatsApp」を利用すれば専門家がエチオピア国を不在としている場合にもタイムリーにC/Pと連絡することが可能となり、業務を円滑に遂行することが可能となる。



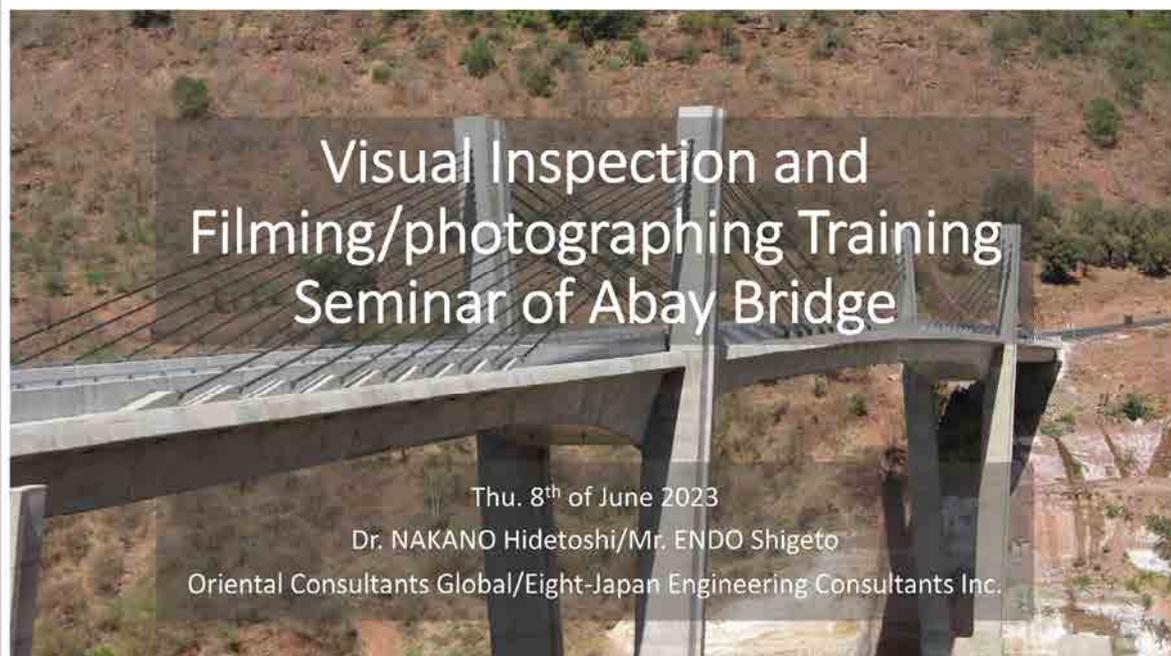


資料2 C/P リスト

Organization	In Charge	Name
AACRA	Main Coordinator Director	Eng. Girma Negash (前任)
	Main Coordinator Deputy Director General	Eng. Ahmedin Busser (後任)
	Road Maintenance	Eng. Meserete Abara (前任)
		Eng. Gedion Woldesenbet (後任)
	Road Network Management Lead Engineer	Eng. Solomon Kassahow
	Road Network Management Senior GIS Expert	Eng. Yihene Getachew
	Bridge Maintenance	Eng. Melaku Tadesse
ERA (Road Asset Management)	Deputy Director General	Eng. Alemayehu Endale
	Director	Eng. Girma Worku
	Main Coordinator (PMS)	Eng. Yosef Tamiru (前任)
		Eng. Mubeyin Readwan (後任)
	Road Maintenance	Eng. Biniyam Regassa
	Bridge Maintenance (BMS)	Eng. Ferehad Shikura
	RN1 and 3 (Road Network)	Eng. Mulu H/Michael
	Axle Load Control	Eng. Alemayehu Teresa (前任)
Eng. Sumuel Tamenne (後任)		
ERA (Research Center)	Deputy Director General Project Development	Eng. Hirut Yohannes
	Director	Eng. Worku Asraite
	Landslide	Eng. Ahmed Heredin
	Highway Design Research Team Leader	Eng. Ehitabzahu Nigussie

資料3 技術協力作成資料

(1) Visual Inspection and Filming/Photographing Training Seminar of Abay Bridge



## OUTLINE of the Training Seminar

1. Understanding of New Abay Bridge
2. Where is accessible?
3. What to inspect, film, or take photos?
4. How to inspect, film, or take photos?
5. Damages of Members (Examples)
6. Planning/Scheduling the site inspection
7. Analysis of visual inspection and movies/photos
8. Reporting
9. Schedule for the Abay Bridge Inspection

## 1. Understanding of New Abay Bridge

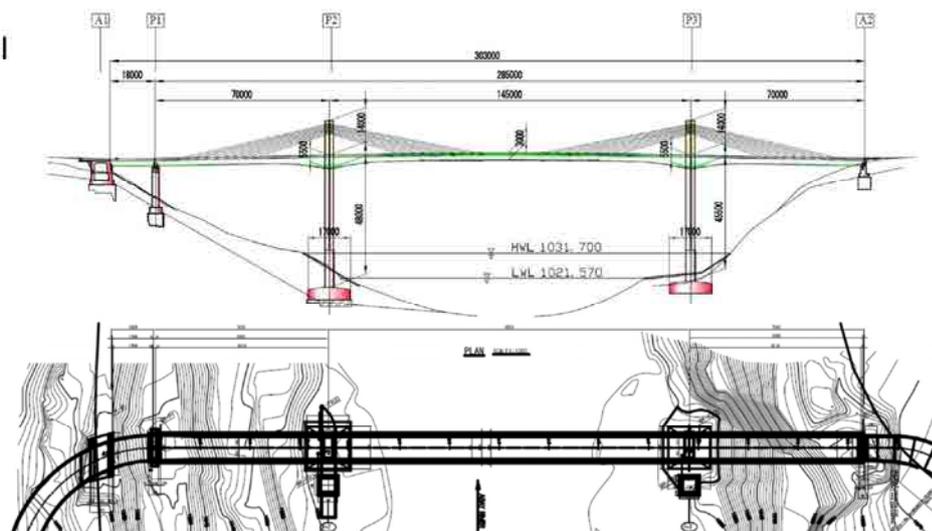
- Outline

Name	New Abay Bridge
Length	303.00m
Span	18.0+(70.0+145.0+70.0)
Width	Girder: 12.4m, Tower Top: 16.0m
Typical Cross Section	1.0+0.5+1.0+3.5+3.5+1.0+0.5+1.0=12.0m
Superstructure	Extradosed (PC-box Girder), RC-box Girder
Girder Hight	3.0 to 5.5m
Tower Hight	14.0m
Numbers of Outer Cable	72 (=2*4*9)
Substructure	RC, Spread Foundation (P2 with Manmade Rock)
Pier Hight	P1=19.0m , P2=53.0m , P3=50.5m
Abutment Hight	A1=11.0m, A2=8.0m



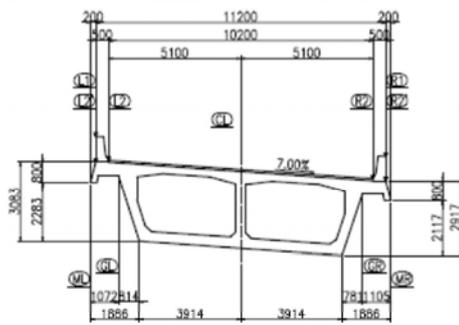
## 1. Understanding of Abay Bridge

- General View

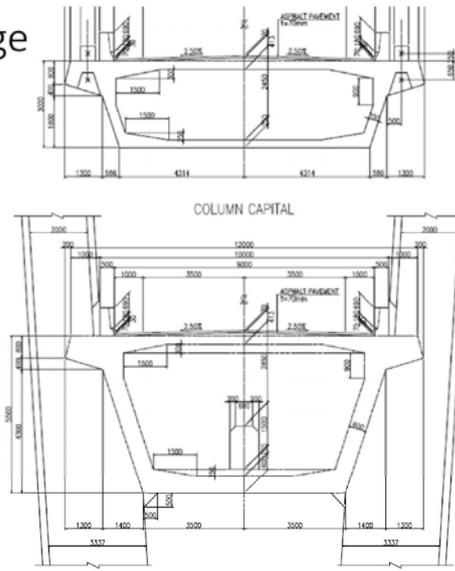


# 1. Understanding of Abay Bridge

## • Typical Cross Section



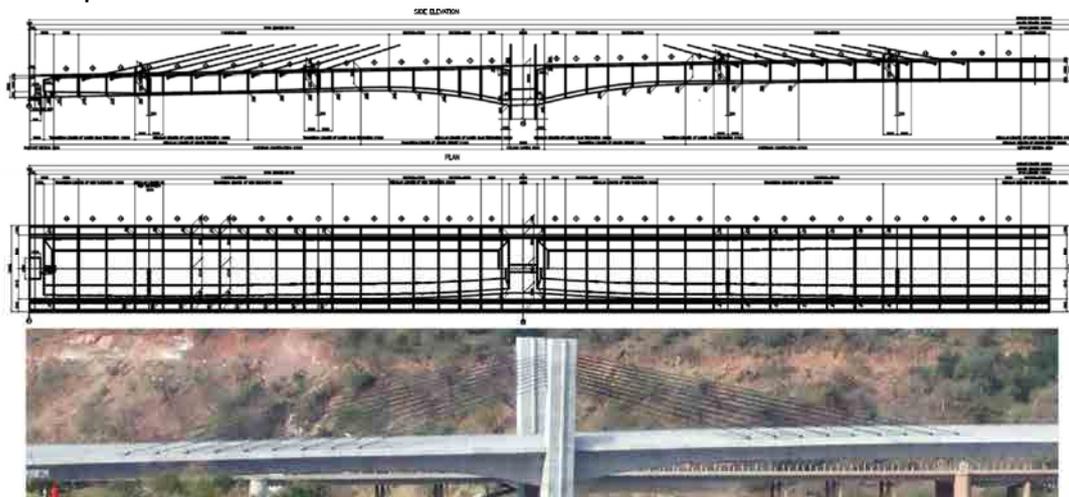
RC-box Girder



PC-box Girder

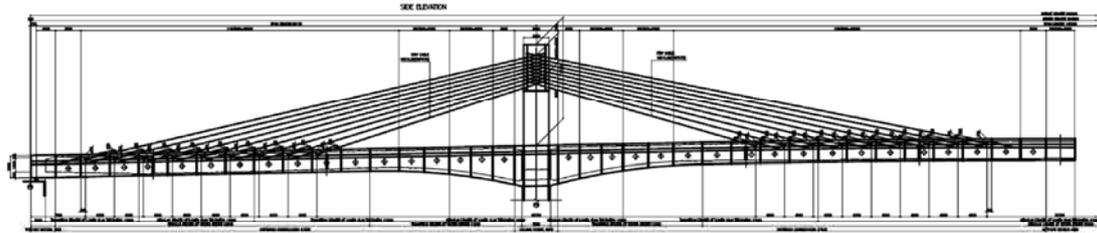
# 1. Understanding of Abay Bridge

## • Superstructure



## 1. Understanding of Abay Bridge

- Outer Cable Arrangement



## 1. Understanding of Abay Bridge

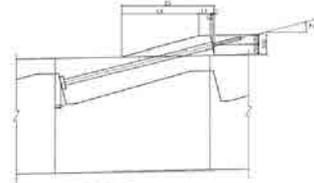
- Anchorage on Girder



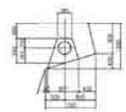
CROSS SECTION SCALE=1/30



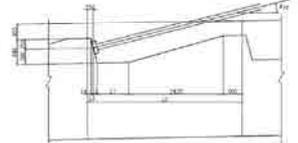
SIDE ELEVATION SCALE=1/30



CROSS SECTION SCALE=1/30



SIDE ELEVATION SCALE=1/30

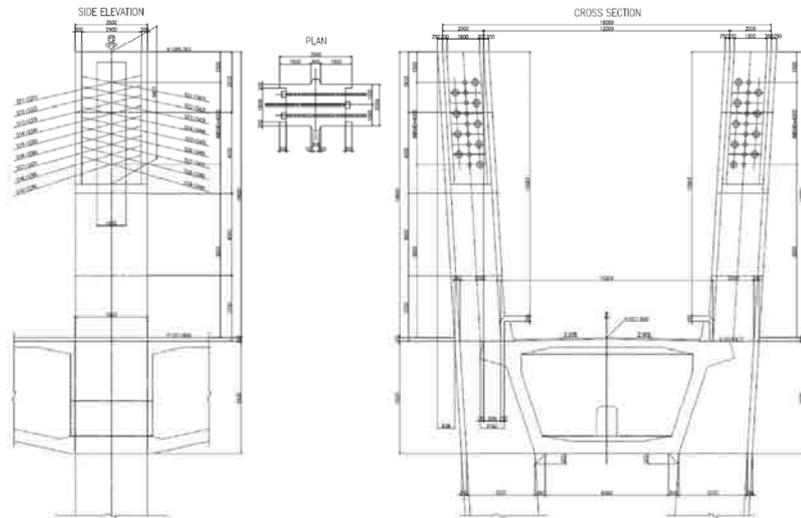


MARKING DIAGRAM



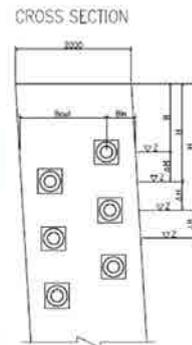
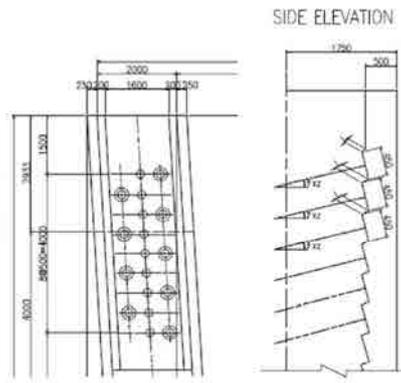
## 1. Understanding of Abay Bridge

- Tower



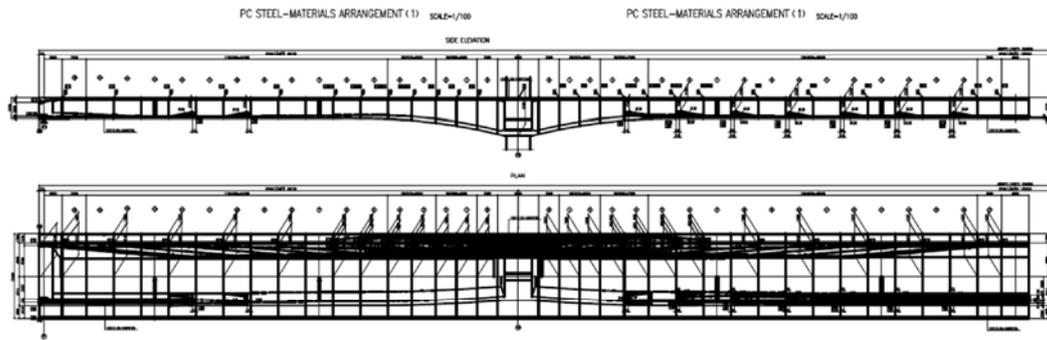
## 1. Understanding of Abay Bridge

- Anchorage on Tower



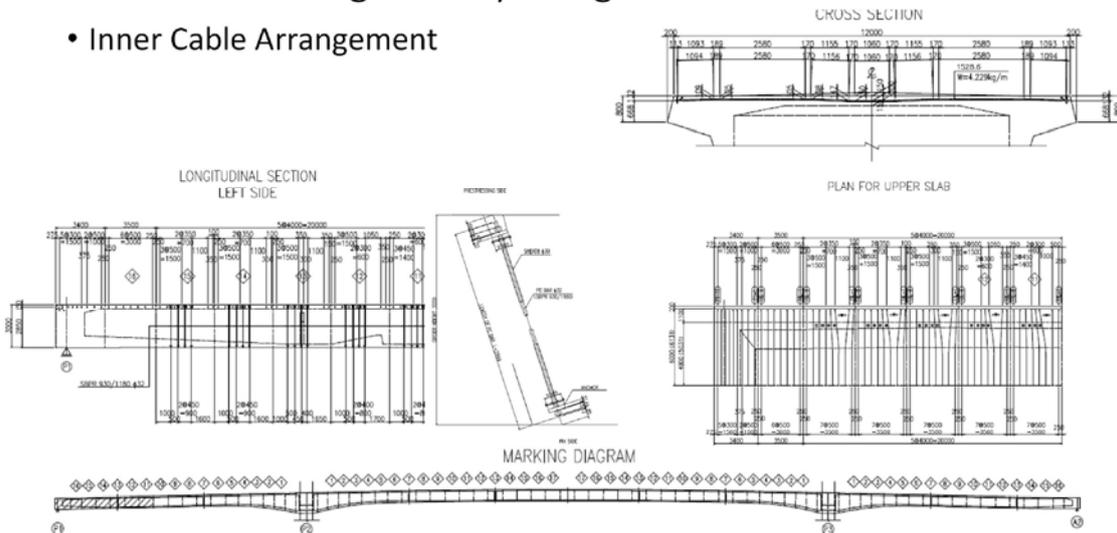
# 1. Understanding of Abay Bridge

- Inner Cable Arrangement



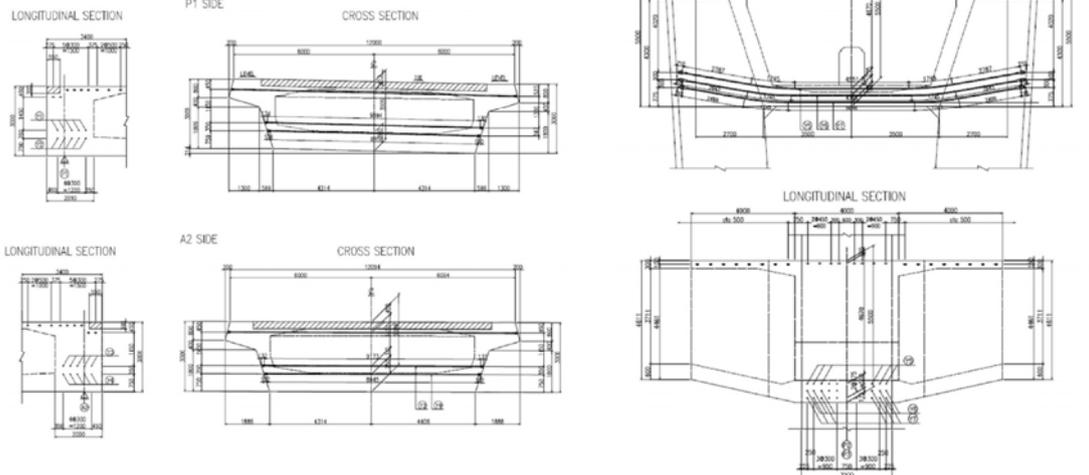
# 1. Understanding of Abay Bridge

- Inner Cable Arrangement



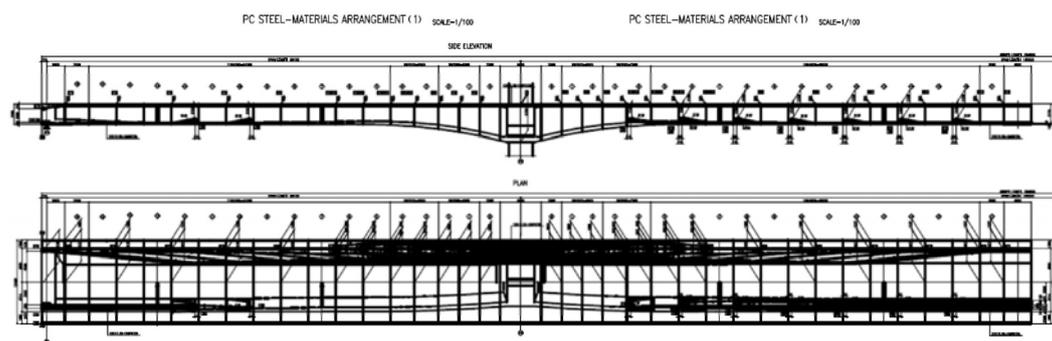
## 1. Understanding of Abay Bridge

### • Inner Cable Arrangement



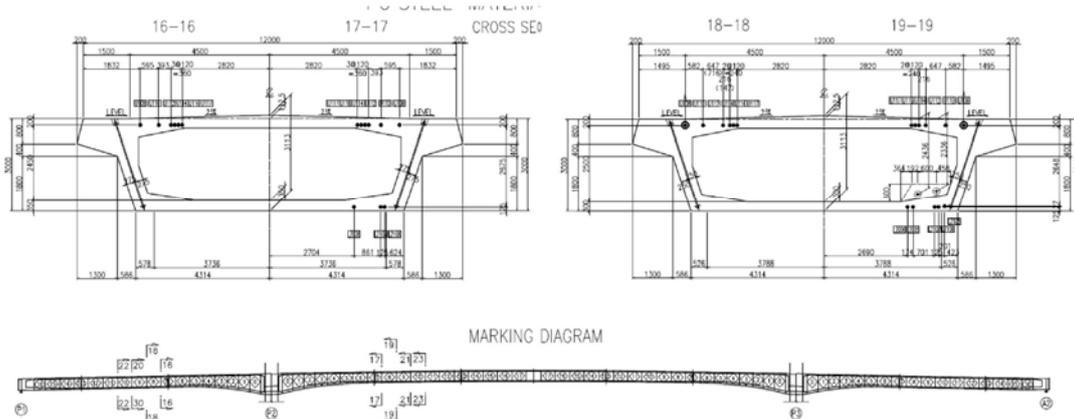
## 1. Understanding of Abay Bridge

### • Anchorage inside of Girder



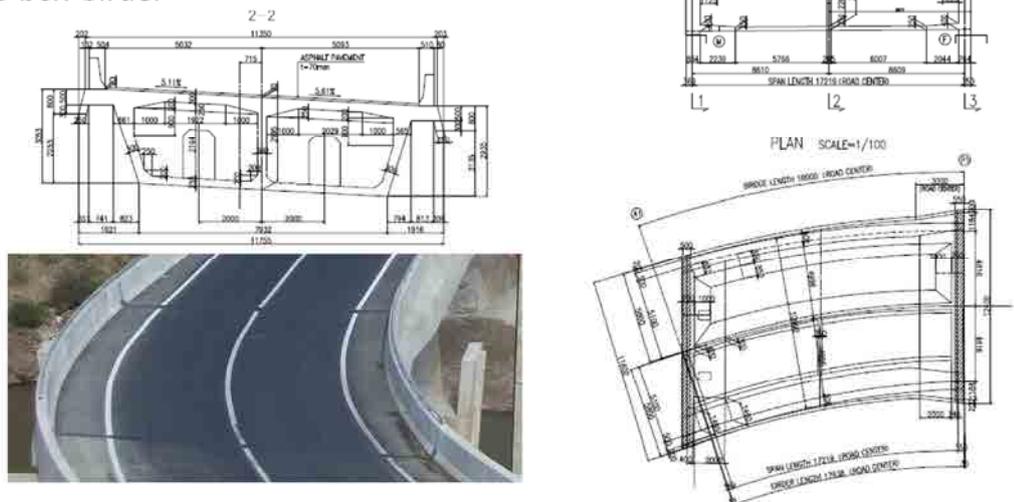
## 1. Understanding of Abay Bridge

- Anchorage inside of Girder



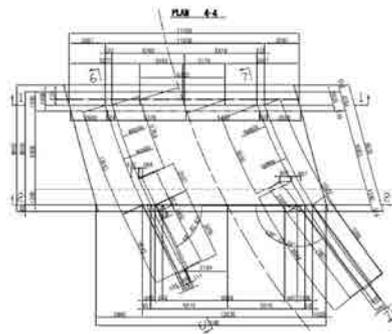
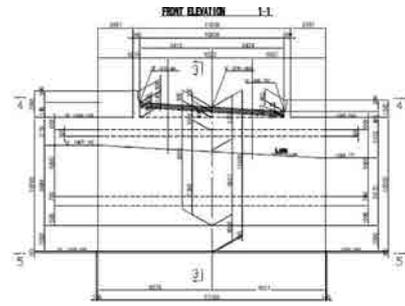
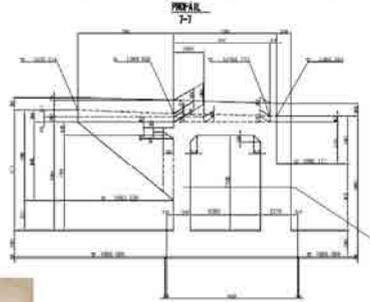
## 1. Understanding of Abay Bridge

- RC-box Girder



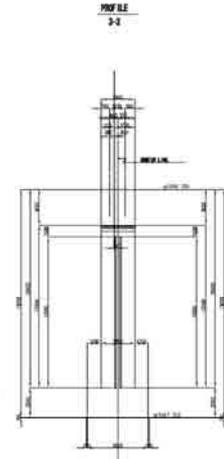
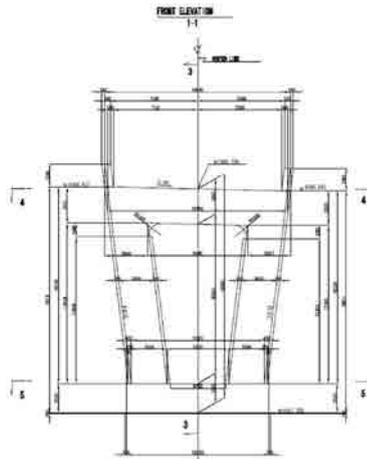
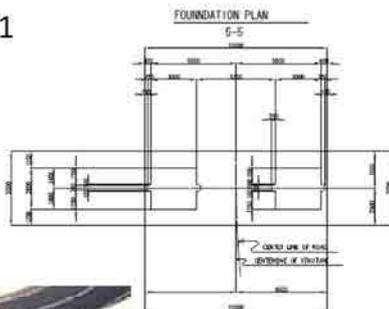
# 1. Understanding of Abay Bridge

• A1



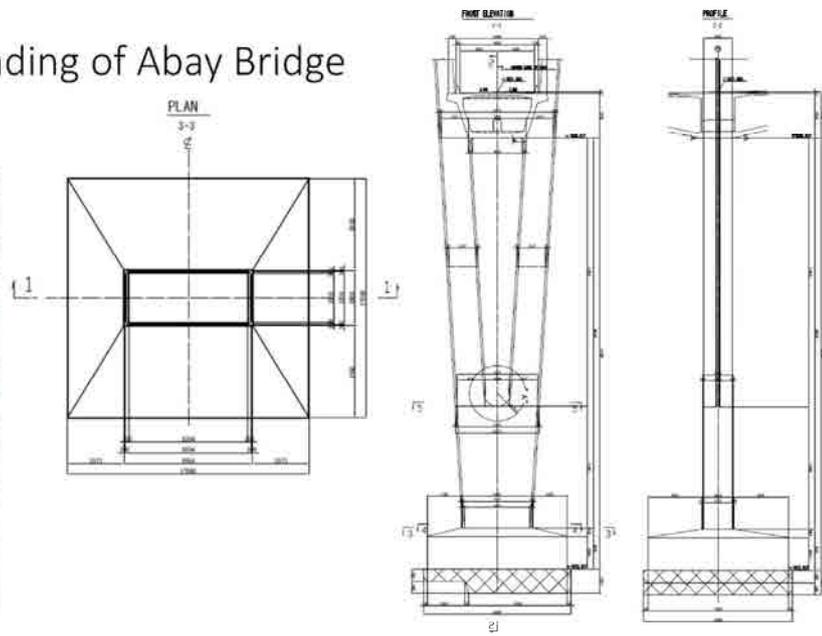
# 1. Understanding of Abay Bridge

• P1



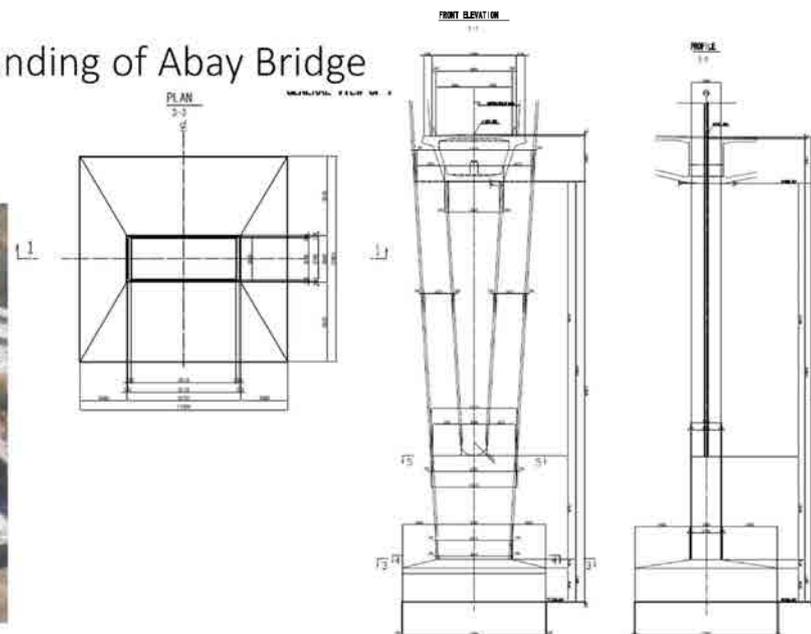
# 1. Understanding of Abay Bridge

• P2



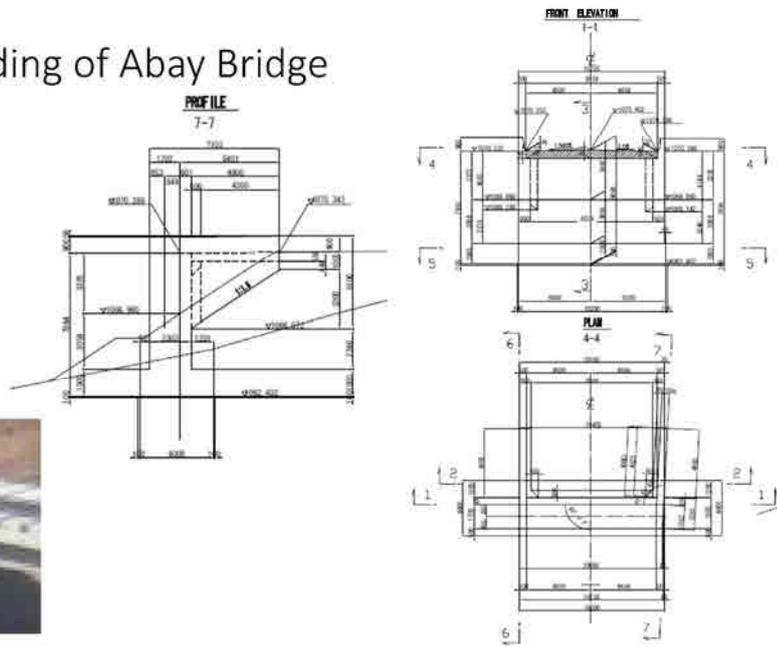
# 1. Understanding of Abay Bridge

• P3



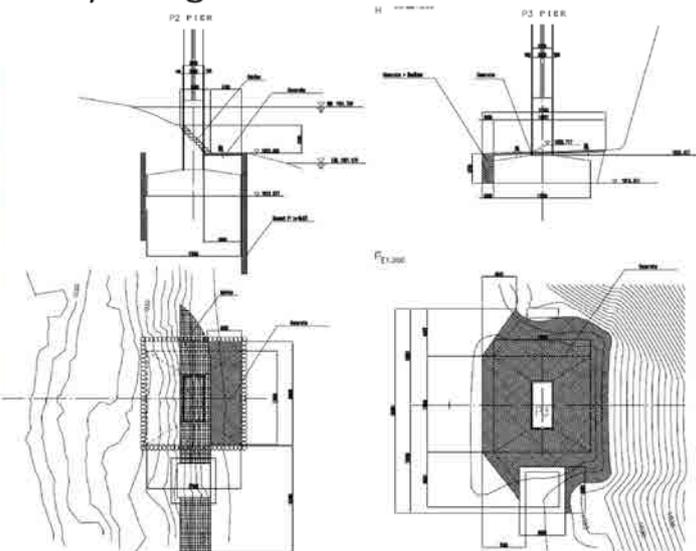
# 1. Understanding of Abay Bridge

- A2



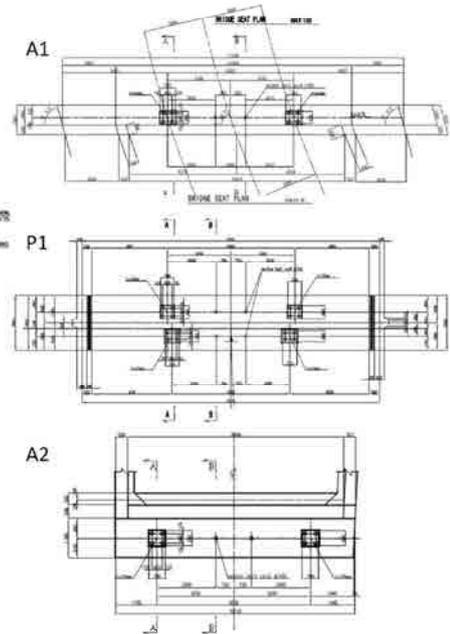
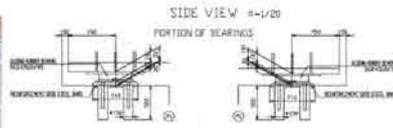
# 1. Understanding of Abay Bridge

- Revetment



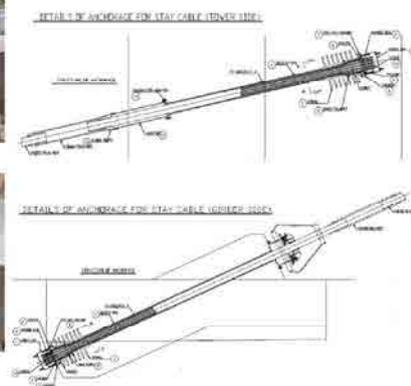
## 1. Understanding of Abay Bridge

### • Rubber Bearings



## 1. Understanding of Abay Bridge

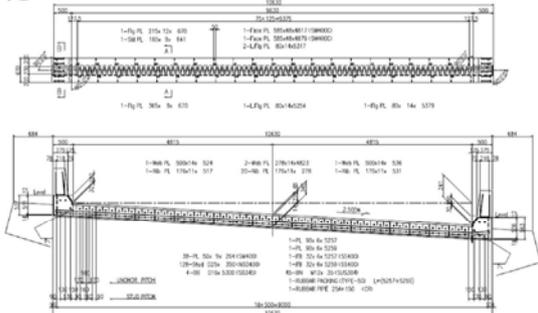
### • Anchorage



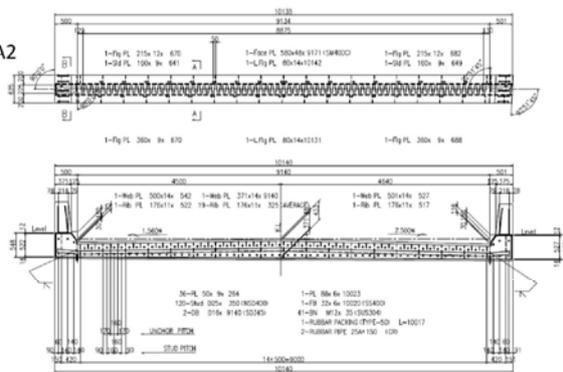
# 1. Understanding of Abay Bridge

## • Expansion Joint

P1



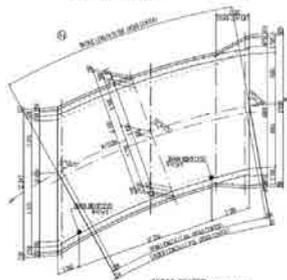
A2



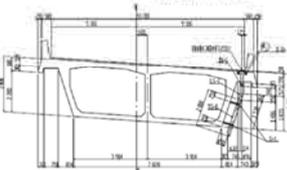
# 1. Understanding of Abay Bridge

## • Drain Pipe

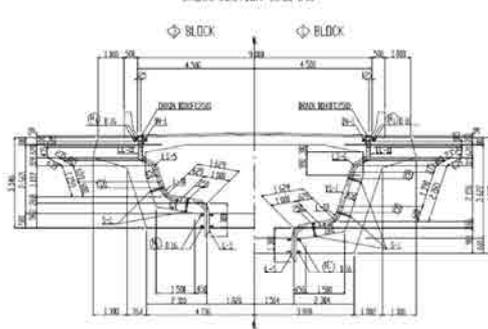
FLOOR VIEW SCALE: 1/100



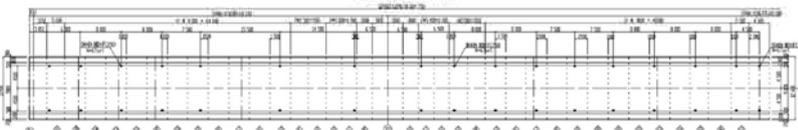
CROSS SECTION SCALE: 1/100



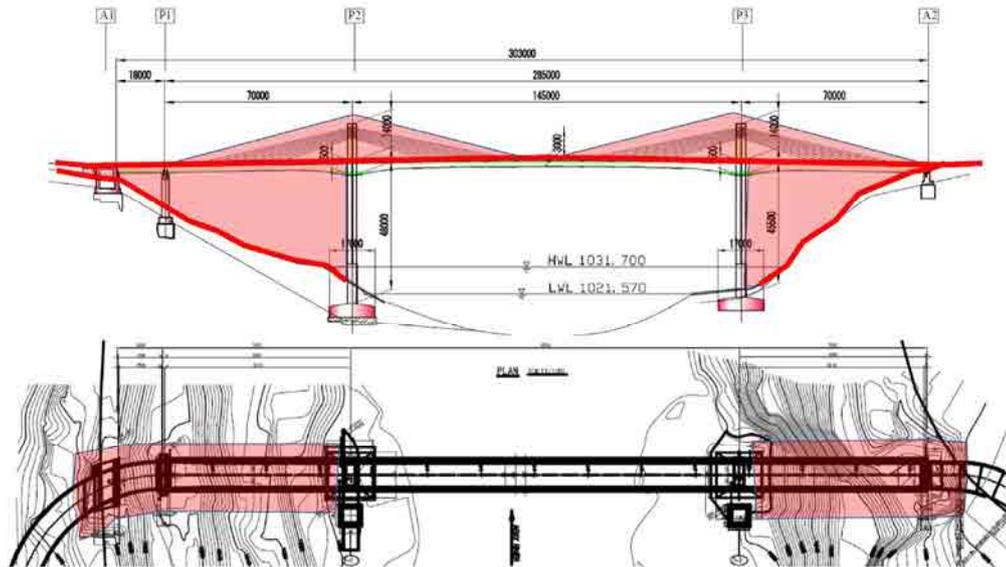
CROSS SECTION SCALE: 1/40



FLOOR VIEW SCALE: 1/100



## 2. Where is accessible?



## 3. What to inspect, film, or take photos?

### Road Surface

- Pavement,
- Railing,
- Anchorage on Girder,
- Cable,
- Anchorage on Tower,
- Tower,
- Expansion Joint,

### Ground Slope

- A1 (Body, Wing Wall, Bridge Seat),
- P1 (Body, Bridge Seat),
- P2 (Addis side),
- P3 (Debre Markos side),
- A2 (Body, Wing Wall, Bridge Seat),
- Revetment (P2, P3),
- Bearing (A1, P1, A2),
- Bottom/side surface of Girder,
- Drain Pipes (A1-P1)

#### 4. How to inspect, film, or take photos?

##### CLOSE SIGHT

###### Road Surface

- Pavement,
- Railing,
- Anchorage on Girder,
- Cable (near the road surface),
- Tower(near the road surface),
- Expansion Joint

###### Ground Slope

- A1 (Body, Wing Wall, Bridge Seat),
- P1 (Body, near the ground slope),
- P2 (Addis side , near the ground slope),
- P3 (Debre Markos side, near the ground slope),
- A2 (Body, Wing Wall, Bridge Seat),
- Revetment (P2, P3),
- Bearing (A2),
- Bottom/side surface of Girder (near A1, P1 & A2),
- Drain Pipes (A1-P1, near A1)

#### 4. How to inspect, film, or take photos?

##### FAR SIGHT

###### Road Surface

- Cable (far from the road surface),
- Tower(far from the road surface),
- Anchorage on Tower,
- Tower

###### Ground Slope

- P1 (Body, far from the ground slope)
- P2 (Addis side, far from the ground slope)
- P3 (Debre Markos side, far from the ground slope)
- Bearing (A1, P1)
- Bottom/side surface of Girder  
(A1-P1, P3-A2: far from A1 & A2,  
P1-P2: all  
P2-P3, near P2 & P3)
- Drain Pipes (A1-P1, near P1)

#### 4. How to inspect, film, or take photos?

##### CANNOT BE CHECKED

###### Box Girder

- Box-girder inside surface
- Anchorage inside the girder
- Crossbeam/Diaphragm
- Drain Pipes (Inside the girder)
- Manhole
- Tower (Top surface)

###### Substructure

- Bridge Seat (P1)
- P2 (Debre Markos side, Side surface)
- P3 (Addis Ababa side, Side surface)

#### 5. Damages on Members (Examples)

##### Same with Other Concrete Bridges

- Pavement,
- Railing,
- Expansion Joint,
- A1 (Body, Wing Wall, Bridge Seat),
- P1 (Body, Bridge Seat),
- P2 (Addis side),
- P3 (Debre Markos side),
- A2 (Body, Wing Wall, Bridge Seat),
- Revetment (P2, P3),
- Bearing (A1, P1, A2),
- Bottom/side surface of Girder,
- Drain Pipes (A1-P1)

## 5. Damages of Members (Examples)

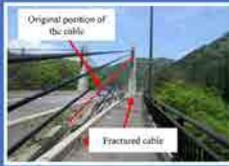
### Unique in Extra-dozed Bridges

- Anchorage on Girder,
- **Cable,**
- Anchorage on Tower,
- Tower,

### Cable

components	Types of damage
Prestressed cables	Corrosion, Cracks, Looseness or detachment, Fracture, Leakage or water accumulation, Abnormal sound or vibration, Excessive deflection, Deterioration of corrosion protection function, Deformation or loss

Photographs	Remarks
	Example of damage to the coating of the diagonal cable in a cable-stayed bridge. In the case of diagonal cables, corrosion protection is provided through coatings such as polyethylene. Verification should be performed to check for damage to the coating and any indications of water ingress into the main cables.

Photographs	Remarks
	Example of corrosion and fracture due to water ingress near the anchorage zone of a polyethylene-coated extradosed bridge's diagonal cable.
	Detailed photograph of the fracture location in the above bridge. Not all visible signs may be apparent externally, and significant damage may occur internally, necessitating caution.
	Example of abnormal deflection occurring in the diagonal cable of a cable-stayed bridge. Verification should be conducted to ensure no abnormal deflection in the cables or tension force disturbances caused by seismic events.
	

## 5. Damages of Members (Examples)

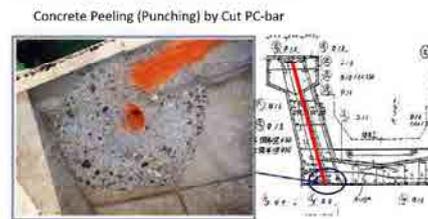
- Anchorage

components	Types of damage
Anchorage	Corrosion, Cracks, Looseness or detachment, Fracture, Leakage or water accumulation, Abnormal sound or vibration, Excessive deflection, Deterioration of corrosion protection function, Deformation or loss.

Photographs	Remarks
	An example of a protective cover for the anchorage of a cable-stayed bridge. Check if the drainage system, such as water outlets, is functioning properly to prevent water stagnation at the cable anchorage.
	An example where insufficient filling of the filling material inside the protective cover has caused partial corrosion of the anchorage steel. Water infiltration and corrosion along the diagonal member are also concerns. Checking for the presence of voids inside the protective cover using tapping sounds during the inspection can be effective.
	An example of corrosion occurring at the cable anchorage. There is a possibility that corrosion factors have penetrated from the anchorage into the internal part, so caution is necessary. It is also important to pay attention to the decrease in drainage function of other components, such as water infiltration from expansion devices.
	Examples of inspections near the anchorage of cable members include cases where the anti-corrosion protection of the anchorage is deteriorated or when rainwater infiltration is suspected.
	An example of the main girder-side PC anchorage where the diagonal cable member has ruptured. If the anchorage is prone to water stagnation, there is a possibility of water infiltration and corrosion of the diagonal cable member, requiring caution.
	An inspection example near the main girder-side anchorage. In some cases, removing the protective cover and checking for water infiltration, stagnation, and internal corrosion can be effective.

## 5. Damages of Members (Examples)

- Cutting of PC-strand/bar with Concrete Punching (Peeling)



Concrete Peeling (Punching) by Cut PC-bar

Same Structure applied to Abay Bridge

*If you see any damage related to the cable or the anchorage, take sketch and report (type, location, description, size, etc.)*

## 6. Planning/Scheduling the site inspection

Let's plan the inspection activity!

- Where to start?

A1

- What time to start?

7:30-16:15

- Who will go and do what?

4 people (Engineers)

As 1 leader and 3 inspectors

- What to bring?

Ladder, Measure (50m, 5m), GPS, Crack Gauge, Inspection Formats, Torch, Camera, Video Camera, Safety vest, Helmet, Safety shoes, Schumit hammer, As-built Drawings, Inspection Manual, Binocular, Test hummer, White board, Marker, Chalk, Carbonation test equipment, First Aid, Safety Cone, Brush, Shovel, Rope, (water, food)

## 6. Planning/Scheduling the site inspection

Let's plan the inspection activity!

- Which order to check the members?

=BRIDGE SURFACE=

1. Expansion joint, pavement, railing (A1-P1)
2. Expansion joint, pavement, railing (P1-P2)
3. Anchorage, Outer cables (P1-P2)
4. Tower (P2, body, anchorage, cable)
5. Pavement, railing (P2-P3)
6. Anchorage, Outer cables (P2-P3)
7. Tower (P3, body, anchorage, cable)
8. Expansion joint, pavement, railing (P3-A2)
9. Anchorage, Outer cables (P3-A2)

=GROUND SLOPE=

1. A1 (Body, Wing Wall, Bridge Seat, Bearings),
2. Drain Pipes (A1-P1)
3. Bottom/side surface of Girder (A1-P1)
4. P1 (Body, Bridge Seat),
5. Bottom/side surface of Girder (P1-P2)
6. P2 (Addis side, revetment),
7. A2 (Body, Wing Wall, Bridge Seat, Bearings),
2. Drain Pipes (P3-A2)
3. Bottom/side surface of Girder (P3-A2)
4. P1 (Body, Bridge Seat),
5. Bottom/side surface of Girder (P2-P3)
6. P2 (Addis side, revetment),

- What is the route of inspection?

1st bridge surface

2ne under the girder

## 6. Planning/Scheduling the site inspection

Let's plan the inspection activity!

- How long does it take?

1day from the bridge surface

1day from under the girder

- How often do you take a break?

Every 2-3hours

7:30-9:30, break

9:45-11:45 , break

13:00-15:00 , break

(15:15-16:15)

## 6. Planning/Scheduling the site inspection

Let's plan the inspection activity!

- How to record the inspection result?
- How to save the inspection result?

Inspection formats

Prior numbering of cables and anchorages

Inspection formats,

Cables, Anchorages, use record format.

## 6. Planning/Scheduling the site inspection

Let's plan the inspection activity!

- How to record the inspection result?

**BRIDGES INSPECTION FORMAT**

Bridge No.	Bridge Name	Section	Road Number	Bridge No.	Bridge Name	Bridge parts		Bridge parts		Bridge parts	
						Bridge parts	Bridge parts	Bridge parts	Bridge parts	Bridge parts	Bridge parts
1	Rock slab			1	Sub Structure			1	Deck		
2	Concrete			2	Pier and Foundation			2	Expansion		
3	Steel Girder			3	Approach and Wingwall			3	Work & Riding		
4	Arch			4	Abutment and Wingwall			4	Expansion		
5	Box Girder			5	Substructure			5	Deck		
6	Beam			6	Approach and Wingwall			6	Expansion		
7	Beam			7	Substructure			7	Deck		
8	Beam			8	Approach and Wingwall			8	Expansion		
9	Beam			9	Substructure			9	Deck		
10	Beam			10	Approach and Wingwall			10	Expansion		
11	Beam			11	Substructure			11	Deck		
12	Beam			12	Approach and Wingwall			12	Expansion		
13	Beam			13	Substructure			13	Deck		
14	Beam			14	Approach and Wingwall			14	Expansion		
15	Beam			15	Substructure			15	Deck		
16	Beam			16	Approach and Wingwall			16	Expansion		
17	Beam			17	Substructure			17	Deck		
18	Beam			18	Approach and Wingwall			18	Expansion		
19	Beam			19	Substructure			19	Deck		
20	Beam			20	Approach and Wingwall			20	Expansion		

**BRIDGES RECORD FORMAT**

Project: \_\_\_\_\_ Section: \_\_\_\_\_

Inspector: \_\_\_\_\_

Comments and Remarks: \_\_\_\_\_

Bridge History, Repair History: \_\_\_\_\_

Special Recommendation of the Inspector: \_\_\_\_\_

**BRIDGE DAMAGES RECORD FORMAT**

Bridge No.: \_\_\_\_\_

Section: \_\_\_\_\_

Inspector: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_

Location: \_\_\_\_\_

Damage Description: \_\_\_\_\_

Severity: \_\_\_\_\_

Remarks: \_\_\_\_\_

## 7. Analysis of visual inspection and movies/photos

- The same procedure for analysis will be carried out for the same members of concrete bridges.

1. Record the damages on “INSPECTION FORMAT”
2. Describe the damage information on “BRIDGE RECORD FORMAT”
3. Draw a sketch on “BRIDGE DAMAGES RECORD FORMAT”, including location size, damage grade, and any other related information.
4. Analyse the damages, damage grade, cause, treatment, repair method, etc.
5. Prepare the inspection report with inspection sheets and photos.

## 7. Analysis of visual inspection and movies/photos

- Damages related to cable or anchorage will be recorded as follows,

1. Take Photos including surrounding areas.
2. Take Video including surrounding areas.
3. Draw a sketch on “BRIDGE DAMAGES RECORD FORMAT”, including location size, damage grade, and any other related information.
4. Write down description on “BRIDGE RECORD FORMAT”.
5. Send photos and videos to Japanese Experts with the inspection format.
6. Meanwhile, try to analyse damage grade, cause of the damages.
7. After receiving the comments from Japanese Experts, prepare the report.

## 8. Reporting

### TABLE OF CONTENTS

1. General
2. Schedule
3. Inspection Results
4. Analysis Results
5. Requirement of Treatment
6. Conclusion and Recommendation

## 9. Schedule for the Abay Bridge Inspection

- PREPARATION: 9/6/23 - 20/6/23
- TRANSPORTATION to the SITE: 21/6/23
- SITE INSPECTION: 22/6/23 - 23/6/23
- ARRANGING & SAVING the DATA: 25/6/23 - 30/6/23
- SENDING DATA to JAPANESE EXPERTS: 30/6/23
- ANALYSIS of INSPECTION RESULTS: 1/7/23 - 31/7/23
- REPORTING: 1/8/23 - 31/8/23
- SUBMITTAL of REPORT: 31/8/23

(2) Bridge Inspection Guideline of New Abay Bridge by UAV (Drone)

**BRIDGE INSPECTION GUIDELINE  
OF  
NEW ABAY BRIDGE  
BY  
UAV (DRONE)**



**SEP. 2023**

**Eight-Japan Engineering Consultants Inc.  
Oriental Consultants Global Co., Ltd.**

3.23	Components which can be inspected by UAV or on scaffoldings.....	42
3.24	Components which cannot be inspected by UAV.....	42
3.25	Components which require special equipment/tools for inspection.....	43
4.	Planning of Inspection.....	44
4.1	Components to inspect by UAV.....	44
4.2	Inspection Team.....	44
4.3	Equipment.....	48
4.4	System.....	49
4.5	Communication.....	49
4.6	Flight Route.....	50
4.7	Schedule.....	52
4.8	Preparation of the Inspection.....	53
5.	Execution of Inspection.....	56
5.1	Overall Sight.....	56
5.2	Pressressed Cables.....	56
5.3	Anchorges.....	57
5.4	Towers.....	58
5.5	Box Girder (Side and Bottom Surface).....	59
5.6	Box Girder (Inner Surface).....	59
5.7	Canilever Slab.....	60
5.8	Bearings.....	61
5.9	Pier.....	62
5.10	Abutment.....	62
5.11	Bridge Surface.....	63
5.12	Drainage Pipes.....	63
5.13	Approach Road.....	63
5.14	Slope.....	63
6.	Analysis of Inspection.....	64
6.1	Prestress Cable Surface.....	64
6.2	Anchorage.....	66
6.3	Concrete Surface.....	69
6.4	Bearings.....	81
6.5	Riverbed.....	84
6.6	Revetment.....	86
6.7	Pavements, Expansion Joint, and Drainage Facilities.....	88
6.8	Railings.....	92

## Table of Contents

1.	Introduction.....	1
1.1	Background.....	1
1.2	Purpose.....	1
1.3	Scope.....	1
1.4	Target.....	1
1.5	Structure.....	2
2.	Precondition of the Inspection.....	3
2.1	Contents of inspection.....	3
2.2	Inspection Method in UAV (Drone) Inspection.....	3
2.3	What cannot be done in UAV (Drone) Inspection.....	3
3.	Understanding of the New Abay Bridge.....	4
3.1	Outline of the bridge.....	4
3.2	Cross Section.....	5
3.3	Superstructure.....	6
3.4	Outer Cable Arrangements.....	7
3.5	Anchorage on Girder.....	8
3.6	Tower.....	9
3.7	Anchorage on Tower.....	12
3.8	Inner Cable Bar Arrangement.....	13
3.9	Anchorage inside of Girder.....	18
3.10	RC-box Girder.....	20
3.11	A1.....	22
3.12	P1.....	24
3.13	P2.....	27
3.14	P3.....	30
3.15	A2.....	32
3.16	Revetment.....	33
3.17	Rubber Bearings.....	36
3.18	Anchorage.....	37
3.19	Expansion Joint.....	37
3.20	Drainage Pipes.....	38
3.21	Components which should be inspected periodically.....	40
3.22	Components which can be inspected without scaffoldings or UAV.....	41

6.9	Approach Road.....	93
6.10	Slope.....	94
7.	Expansion to the Other Bridges and Analysis.....	97
7.1	Steel Truss/Arch Bridges.....	97
7.2	PC-girder Bridges.....	97
7.3	Other Bridge with Outer Cables.....	97
7.4	3D Scanning Data Utilization.....	98

### List of Figures

Fig. 1	General View and Overview Photo of the New Abay Bridge.....	5
Fig. 2	General View and Overview Photo of the New Abay Bridge.....	6
Fig. 3	Dimension of the Superstructure (Extra-dozed Section, P2-Center).....	7
Fig. 4	Outline of Balanced-Cantilevered Construction Method.....	7
Fig. 5	Outer Cable Arrangement (P2-Center).....	8
Fig. 6	Dimension of the Anchorages (on Girder).....	8
Fig. 7	Photographs of Anchorages (on Girder).....	9
Fig. 8	Cross-section of the Tower.....	10
Fig. 9	Side View and Plan of the Tower.....	11
Fig. 10	Photographs of Tower.....	12
Fig. 11	Anchorages of Tower (Outer side).....	12
Fig. 12	Anchorages of Tower (Inner side).....	13
Fig. 13	Inner Cable Arrangement (Longitudinal).....	14
Fig. 14	Cross-section of PC-Girder (inside P2).....	14
Fig. 15	Cross-section of PC-Girder (Center of the Center Span).....	15
Fig. 16	Cross-section of PC-Girder (End of girder, A2).....	15
Fig. 17	Cross-section of the Top Slab of the PC-Girder.....	16
Fig. 18	Cross-section wise Cable Arrangement of the Top Slab (Section near A2).....	16
Fig. 19	Cross-section wise Cable Arrangement of the Cross Beam (above P1).....	16
Fig. 20	Cross-section wise Cable Arrangement of the Cross Beam (above P2).....	17
Fig. 21	Cross-section of PC-Girder with PC-bars inside Web.....	18
Fig. 22	Vertical PC-bar Arrangement of the PC-box girder.....	18
Fig. 23	Location of the Anchorages of Longitudinal Cables inside Top Bottom Slab.....	19
Fig. 24	Location of the Anchorages of Longitudinal Cables inside Bottom Slab (Center to P3).....	19
Fig. 25	Location of the Anchorages of Cross-section wise Cables inside Cross Beam (A2).....	19
Fig. 26	Location of the Anchorages of Cross-section wise Cables inside Cross Beam (P2, P3).....	20
Fig. 27	Location of the Anchorages of Vertical PC-bar inside Webs.....	20
Fig. 28	Plan of RC-box Girder.....	21
Fig. 29	Side View of RC-box Girder.....	21
Fig. 30	Cross section of RC-box Girder.....	22
Fig. 31	Photograph of RC-box Girder Section.....	22
Fig. 32	Dimension of A1.....	24
Fig. 33	Photograph of A1.....	24

Fig. 34 Dimension of P1 .....	26
Fig. 35 Photograph of P1 .....	27
Fig. 36 Dimension of P2 .....	29
Fig. 37 Photograph of P2 .....	29
Fig. 38 Dimension of P3 .....	31
Fig. 39 Photograph of P3 .....	31
Fig. 40 Dimension of A2 .....	33
Fig. 41 Photograph of A2 .....	33
Fig. 42 Dimension of Revetment (P2) .....	34
Fig. 43 Photograph of Revetment (P2) .....	34
Fig. 44 Dimension of Revetment (P3) .....	35
Fig. 45 Photograph of Revetment (P3) .....	35
Fig. 46 Dimension of Rubber Bearings (P1, PC-box Girder) .....	36
Fig. 47 Location of Rubber Bearings .....	37
Fig. 48 Details of Anchorage .....	37
Fig. 49 Dimension of Expansion Joint (P1) .....	38
Fig. 50 Dimension of Expansion Joint (A2) .....	38
Fig. 51 Details of Drainage Pipes (RC-box Girder) .....	39
Fig. 52 Details of Drainage Pipes (PC-box Girder) .....	40
Fig. 53 Example of Call Tree .....	50
Fig. 54 Location of the Components for Inspection by UAV .....	51
Fig. 55 Sample of the Flight Route .....	51
Fig. 56 Changes in Bridge Condition due to Prestress Loss .....	64

<b>List of Tables</b>	
Tab. 1 Outline of New Abay Bridge .....	4
Tab. 2 Implementation members and preferred skills .....	44
Tab. 3 Preferred skills for the UAV's pilot and conductor .....	45
Tab. 4 List of Equipment Tools for the Inspection Members .....	48
Tab. 5 Sample of the Flight Schedule .....	52
Tab. 6 An Example of the Schedule of the Inspection by UAV .....	53
Tab. 7 Types of Damage .....	65
Tab. 8 Examples of Damages .....	65
Tab. 9 Types of Damage .....	67
Tab. 10 Examples of Damages .....	67
Tab. 11 Types of Damage .....	69
Tab. 12 Examples of Damages .....	70
Tab. 13 Types of Damage .....	81
Tab. 14 Examples of Damages .....	81
Tab. 15 Types of Damage .....	84
Tab. 16 Examples of Damages .....	84
Tab. 17 Types of Damage .....	86
Tab. 18 Examples of Damages .....	86
Tab. 19 Types of Damage .....	88
Tab. 20 Examples of Damages .....	88
Tab. 21 Types of Damage .....	92
Tab. 22 Examples of Damages .....	92
Tab. 23 Types of damage .....	94
Tab. 24 Examples of damages .....	94
Tab. 25 Types of damage .....	95
Tab. 26 Examples of damages .....	96

List of Abbreviations

ABBREVIATION	COMPLETE WORDS
3D	3 Dimension
BMSS	Bridge Management Support Service
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight
ERA	Ethiopian Road Authority
GIS	Geographic Information System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GFS	Global Positioning System
JICA	Japan International Cooperation Agency
JSCE	Japan Society of Civil Engineering
RC	Re-enforced Concrete
PC	Prestressed Concrete
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
VLOS	Visual Line of Sight

Glossary of Terms

TERM	DEFINITION
Structural Components	
Abutment	Support elements of the upper structure installed at both ends of the bridge, along with piers, to transfer the load of the bridge to the ground. Abutments are essential for maintaining the stability of the bridge.
Anchorage	Refers to the components and mechanisms used to anchor cables to main towers or piers in cable-stayed bridges like extradosed bridges. Anchorage transmits cable tension and plays a crucial role in supporting the bridge's load.
Bearing	Components that connect the upper and lower structures of the bridge, allowing for deformation and movement. Bearings can move in response to bridge expansion, contraction, and load changes.
Diaphragm	Refers to components or structures within a structure that transmit stress and vibration. Diaphragms are placed between girders and support members to disperse forces and transmit stresses efficiently. They play a crucial role in ensuring structural strength and stability.
Drainage Pipe	Installed in the upper structure, piers, and other parts of the bridge to drain rainwater and moisture, preventing structural deterioration.
Expansion Joint	Devices used to absorb the bridge's expansion, contraction, and thermal expansion, reducing abnormal stress on the bridge.
Girder	The main component of the upper structure connected to the cables, supporting the loads of vehicles and pedestrians.
Inner Cable	Cables placed within the girders of an extradosed bridge, mainly responsible for exerting tension within the girders. This helps control stress and deformation within the girders and ensures the stability of the bridge.
Manhole	An access point in the bridge structure that allows entry to the interior for inspection. It enables assessment of concrete deterioration, corrosion, steel conditions, cable conditions, and the need for maintenance. It also facilitates maintenance tasks such as repairs and replacements.
Outer Cable	Cables extending diagonally from the main towers that generate tension in the PC box girders to reduce bending moment forces and support the upper structure of the bridge.

TERM	DEFINITION
Cracking	Cracks or fissures in concrete surface or steel materials. Cracking can be caused by loads or external factors. Cracking can weaken strength and durability.
Deformation/Loss	Distortion or loss of material in bridge components, potentially leading to reduced structural stability and strength.
Delamination	Separation of layers within concrete structures. It can result from factors like improper construction, uneven material distribution, or water infiltration, potentially affecting durability, affecting durability.
Deterioration of Corrosion Protection	Degradation of surface coatings or coatings meant to prevent corrosion, potentially accelerating corrosion progression.
Discoloration and Deterioration	Surface discoloration or deterioration of bridge concrete, impacting aesthetics and durability.
Disintegration	Partial detachment or detachment of concrete. This can weaken strength and stability.
Fracture	Physical damage to steel components due to applied loads or external forces, which could lead to the collapse of the entire structure.
Fracture of Bearing	Damage or breakage in bearing components, potentially compromising bridge stability and load distribution.
Honeycomb	Honeycomb refers to the pattern of holes and voids seen on the surface or inside of concrete. This occurs when concrete does not flow uniformly and solidifies, resulting in an uneven appearance. Not only does honeycomb affect aesthetics, but it can also lead to a decrease in structural integrity and durability.
Leakage and Efflorescence	Infiltration of water or efflorescence (calcium deposits) from within the concrete. These factors can accelerate cracking.
Leakage/Seepage	Ingress of water through gaps or cracks in concrete or steel component. Water can accelerate corrosion and crack propagation.
Loosening/Detachment	Parts or fasteners of steel becoming loose or detaching, potentially compromising the structural stability.
Malfunction of Bearing Function	Bearing function no longer performing as expected, potentially leading to uncontrolled vibrations or deformation.
Delamination	Formation of surface voids or pits on concrete. Delamination can contribute to detachment and spalling.

x

TERM	DEFINITION
Pavement	Pavement enhances safety and comfort for traffic flow and can include materials like asphalt, concrete, and stone, chosen based on traffic volume and purpose.
PC-bar	A bar-shaped element made of high-tensile steel used in prestressed concrete structures. PC-bars are placed within the concrete structure and tensioned to create compressive stress in the concrete, enhancing its load-bearing capacity and durability.
PC-cable	Similar to PC-bars, PC-cables are cable-shaped elements made of high-tensile steel used in prestressed concrete structures. They are tensioned to induce prestress in the concrete, improving its durability and load-bearing capacity while reducing construction costs and material volume.
Pier	Support elements other than the main towers that support the girders of the bridge. Piers are installed at intervals along the bridge, distributing the load to the ground.
Railing	Refers to handrails or barriers installed alongside roads or bridges to enhance traffic safety and protect pedestrians. Railing prevents vehicles or individuals from straying off the road and is available in various materials and designs based on environment and usage.
Revetment	Refers to methods or facilities used to protect land near water bodies like rivers and coastlines from erosion or scouring. It prevents soil erosion caused by natural water flow or waves and prevents soil from being washed away.
Tower	Supporting the outer cables and providing support to the superstructure of the bridge. The greater the height of the tower, the more it reduces the bending moment forces on the girders.
Deterioration	
Accumulation of Sediment	Accumulation of soil or debris in bearing components, potentially affecting functionality and load distribution.
Corrosion	Deterioration of steel due to environmental or chemical influences, leading to the formation of rust on the surface. Corrosion can weaken strength and durability.

ix

TERM	DEFINITION
Pothole	Holes or depressions occur on pavement or road surfaces. Potholes are formed as a result of the impact of passing vehicles' loads and weather conditions, causing deterioration of pavement materials and resulting in the collapse of the surface.
Scouring	Erosion of the soil around bridge pier foundations due to water flow or waves. This can reduce foundation support capacity.
Settling, Movement, Tilt	Indication of non-uniform settling, movement, or tilt in bridge pier foundations, potentially compromising bridge stability.
Spalling and Rebar Exposure	Detachment or peeling of the concrete surface, exposing reinforcement bars. This can lead to corrosion of the reinforcement.
Surface Irregularities	Formation of irregularities, irregularities, steps or protrusions in the surface around the expansion joint or pavement. This can impact the functioning of the expansion joint system and potentially reducing strength and stability on the pavement surface.
Unusual Deflection	Unexpected bending or deformation observed in concrete or steel components, potentially compromising structural stability and durability.
Unusual Gap	Unusually large gaps or variations between concrete elements, compromising overall strength and uniformity.
Unusual Gap of Bearing	Unusually large gaps or variations between bearing components, affecting bridge stability and uniformity.
Unusual Gap of Expansion Joint	Anomalous conditions observed in the expansion joint system. Abnormalities can hinder expansion and contraction, affecting bridge operations.
Unusually at Attachment Points	Detachment or damage occurring at connection points of concrete components, potentially affecting stability.
Unusual Sounds and Vibrations	Occurrences of unusual sounds or vibrations in bridge components, indicating cracks, detachment, potential fatigue or other deterioration.

## 1. Introduction

### 1.1 Background

New Abay Bridge was constructed which was funded by Japanese grant aid and opened 2008. It has never been inspected in detail since its opening. The management organization, ERA, Ethiopian Road Authority, has been requesting JICA for assistance to perform the periodic inspection of New Abay Bridge for several time recently. JICA and ERA has agreed to conduct the joint inspection during the "Road Asset Management Technical Advisor Project" which was implemented from 2021 to 2023. However, domestic conflict prevented Japanese Experts to access the site during the advisor project. Therefore, ERA has agreed to conduct a visual inspection activity and film/photograph the components of New Abay Bridge by their engineers. The data which is collected in the activity will be shared with Japanese Experts and They will give advice in diagnosing and evaluation the damages which are found in the activity. It will improve engineers of ERA understanding the actual condition of New Abay Bridge. It will also support to plan the treatment (repair or detailed inspection) is the damage is found in the activity.

### 1.2 Purpose

This guideline is prepared for the inspection of New Abay Bridge by UAV: Unmanned Aerial Vehicle (Drone), to collect the data/information of soundness of the components which are visible but difficult to access. If the surfaces of the components have damages, are deteriorated, or covered with different materials, the movie or photos taken by the inspection UAV shall be observed carefully and the following treatment shall be decided. If the damage is surely severe, it shall be investigated in detail. If the damage is uncertain and it could be severe, the management organization must find a method to check the damage directly in close sight as quickly as possible. This guideline is prepared to collect data of the condition of all the visible components of the New Abay Bridge and support the management organization to make further decisions for the damages/uncertainty which are found in the inspection by UAV.

### 1.3 Scope

This guideline's contents are described to inspect the New Abay Bridge. However, it can be utilized as a reference in inspecting other concrete bridges or bridges with outer cables.

### 1.4 Target

The target of this guideline is to demonstrate the followings.

- Procedure of inspection by UAV (Drone)
- Components to inspect
- Types of damages which could the components have
- Give advice to decide what kind of treatment shall be executed.

### 1.5 Structure

This guideline has 6 chapters. 1<sup>st</sup> chapter is introduction chapter, 2<sup>nd</sup> defines the precondition of the inspection. Chapter 3 describes the planning of the inspection by steps. Chapter 4 explains the execution of the inspection. Chapter 5 demonstrates the possible damages which could be found in the inspection by components. Chapter 6 is prepared as a reference to expand this guideline to other bridges.

## 2. Precondition of the Inspection

### 2.1 Contents of Inspection

Inspection by UAV (Drone) is very handy to investigate the components of the bridge which are difficult to access. The UAV can even check the blind surfaces which are even difficult to see directly from ground or bridge surface. However, it can only perform visual inspection with the camera which is attached to it.

There are other inspection contents which could be done if the UAV has other tools attached to it. It can inspect delamination/void inside of concrete if it has infrared sensor/camera attached to it. It can also carry out the hammering test with special device for it. It can remove small debris if it is strong enough to perform such a movement. It can also collect 3-dimensional point data by using lidar/3D scanner using laser. This is usually done from the ground, but UAV can supplement the data of blind surfaces.

However, the drone which is purchased for the inspection of New Abay Bridge by ERA, it is for visual inspection at the moment. Therefore, this guideline concentrates on visual inspection which could be done by UAV.

### 2.2 Inspection Method in UAV (Drone) Inspection

The method of inspection which could be done by UAV is visual inspection. It can be seen from very close sight when the UAV approaches the components of bridge closely and use the zoom function of the camera which is attached to it. However, basically the UAV cannot touch and check the component whether it is damaged or not. UAV collects visual data (movies and photos) while it is executing the inspection flight and it can be analyzed by certain applications. However, each application requires certain conditions for movies/photos to analyze the damage if the result is requested to have certain accuracy (crack width/length, spalling delamination area, etc.). It is necessary to check the requirement of the application and plan the inspection route and when/how to take visual data before the actual flight is executed.

### 2.3 What cannot be done in UAV (Drone) Inspection

As it is mentioned above, ordinarily UAV can only perform visual inspection. Therefore, it is very difficult to perform any other inspection methods which can be done by human inspectors by accessing the surfaces of components very closely.

It is also impossible to inspect the components which are close to other components. Therefore, it can inspect the bearings from the front side, but not from the back side.

It is not easy to go through the narrow spaces as well. Therefore, the inside surface of the box girder is not inspectable by UAV at New Abay Bridge.

Needless to say, it cannot inspect the structures below the water level.

3. Understanding of the New Abay Bridge

It is dispensable that well understanding of the bridge requires for good inspection. This chapter explains the structure of the bridge and components which consists of the bridge. All the drawings in this chapter are from the As-built drawings of the New Abay Bridge which are shared by ERA. The photographs are also shared by ERA.

3.1 Outline of the bridge

New Abay Bridge is known as an extra-dozed bridge. However, it is combined with simple RC-box girder bridge between A1 and P1. The outline of New Abay Bridge is as follows.

Tab. 1 Outline of New Abay Bridge

Name	New Abay Bridge
Length	332.00m
Span	18.0-(70.0+145.0)-70.0
Width	Girder: 12.4m, Tower Top: 16.0m
Typical Cross Section	1.0+0.5+1.0+3.5+3.5+1.0+0.5+1.0=12.0m
Superstructure	Extradosed (PC-box Girder) 285.0m, RC-box Girder 18.0m
Girder Height	3.0 to 5.5m
Tower Height	14.0m
Numbers of Outer Cable	72 (=2*4*9)
Substructure	RC, Spread Foundation (P2, with Mainmade Rock)
Pier Height	P1=19.0m, P2=43.0m, P3=50.5m
Abutment Height	A1=11.3m, A2=8.0m

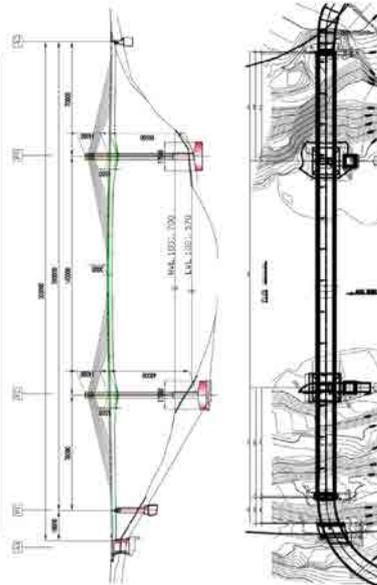


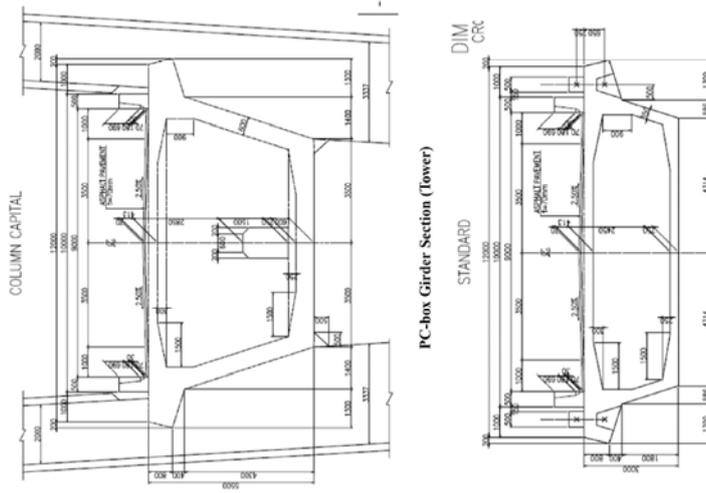
Fig. 1 General View and Overview Photo of the New Abay Bridge

3.2 Cross Section

It has two lanes of carriageway (one for each direction), and the width is from 11.6m (RC-box girder) to 12.4m (PC-box girder). Typical cross-section is as follows, RC-box girder has double cell box girder and PC-box girder is single cell box girder.



RC-box Girder Section



PC-box Girder Section (Center/End)  
Fig. 2 General View and Overview Photo of the New Abay Bridge

**3.3 Superstructure**  
This subchapter explains the structure of the superstructure of extra-doized bridge. Extra-doized girder (section) was constructed by balanced cantilever method, both piers have 17 segments on both sides (P2: P1 side and Center side, P3: Center side and A2 side). Each segment is 3 to 4m

long. It is connected by the center segment (4m). It is rigidly connected P2 and P3. The girder ends are supported by moving bearings. Constructing long span superstructure by segment in balanced cantilevered method is very common in all over the world to save construction cost. It reduces considerable amounts of temporary works and structures.

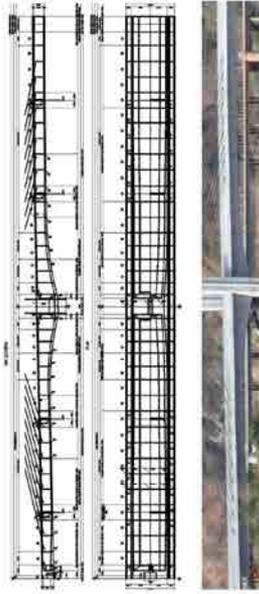
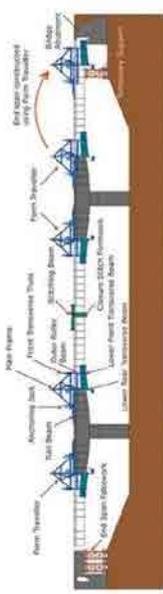


Fig. 3 Dimension of the Superstructure (Extra-doized Section, P2-Center)



Reference: Balanced Cantilever Method of Bridge Construction. The Contractor - CH Engineering Home  
(<https://theconstructor.org/structures/balanced-cantilever-method-bridge-construction/6137/>)

Fig. 4 Outline of Balanced Cantilevered Construction Method

**3.4 Outer Cable Arrangements**

PC-box girder has 72 outer cables which connect girder segments and tower. The cables are located on both sides of the piers and outside of RC-railings. There are 4 towers in the bridge and each tower has 9 cables on both sides. These outer cables provide tension to PC-box girder and reduces the bending moment at the P2 and P3. The higher the tower is, the more reduces the bending moment, because there will be larger eccentricity in girder design calculations.



Fig. 7 Photographs of Anchorages (on Girder)

3.6 Tower

There are 2 towers on P2 and P3 and 4 towers all together. Tower is 14m high and 16m wide at the top end. The width gradually gets narrow as it approaches the PC-box girder and is connected to the piers. The ratio of the height of the tower to the length of the span, approximately 14m, (H/L) is 1/10. JSCE (Japan Society of Civil Engineering) recommends this value between 1/10-1/15. It is within the recommendable range.

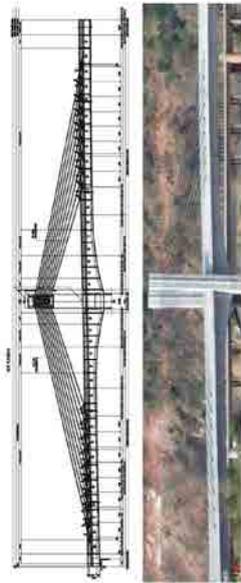


Fig. 5 Outer Cable Arrangement (P2-Center)

3.5 Anchorage on Girder

Anchorages on girder are located outside of RC-railings. Each set are 9 anchorages and connect the outer cables and girder firmly. The anchorages are penetrated to cantilevered slab and the end is observable from the bottom. The dimensions of the anchorages on girder is as follows,

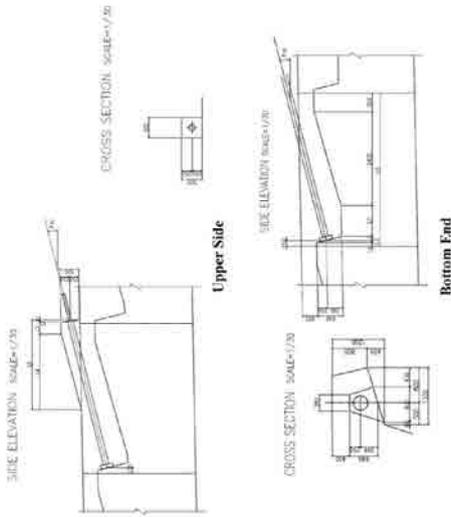


Fig. 6 Dimension of the Anchorages (on Girder)

BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEW ABAY BRIDGE BY UAV (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

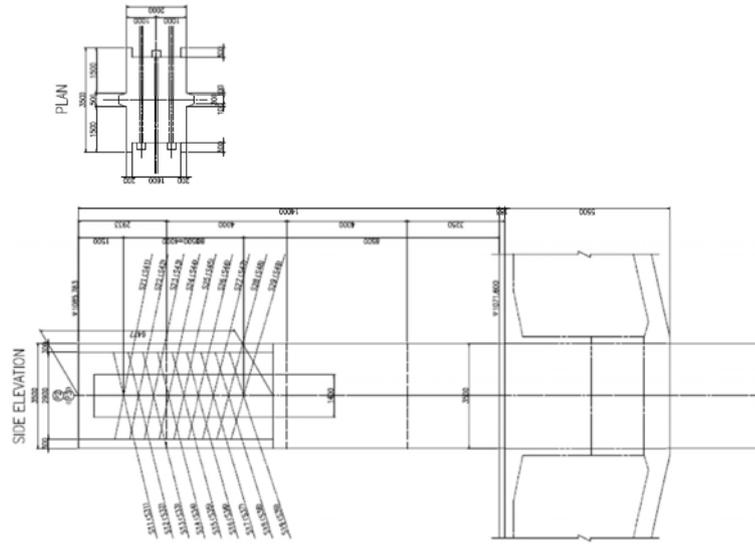


Fig. 9 Side View and Plan of the Tower

11

BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEW ABAY BRIDGE BY UAV (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

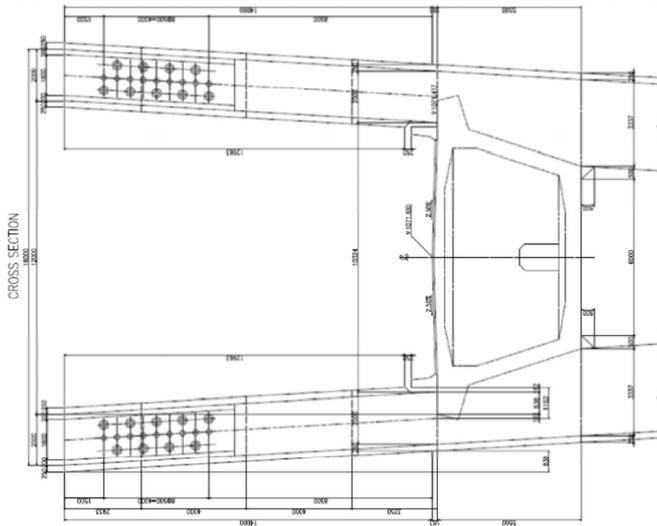


Fig. 8 Cross-section of the Tower

10



Fig. 10 Photographs of Tower

3.7 Anchorage on Tower

Each tower has 9 cables penetrated on both sides, 18 in total. Each cable is anchored by anchorages. Anchorages of the cables on outer side of the tower (P2, P1 side, P3; A2 side) are set in line along the centerline of the tower. Anchorages of the cables on inner side of the tower (P2; center side, P3; center side) are set in zigzag shape. The interval of the outer side cables is smaller than that of the inner side cables. Which means concrete blocks around the anchorages of outer side cables bears more stress than that of the inner side cables. When inspecting the surrounding surfaces of the anchorages on towers, more careful attention is necessary for those of outer side cables.

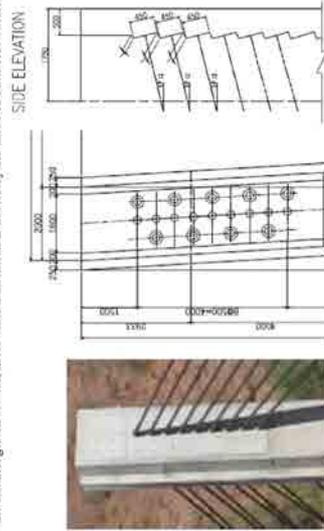


Fig. 11 Anchorages of Tower (Outer side)

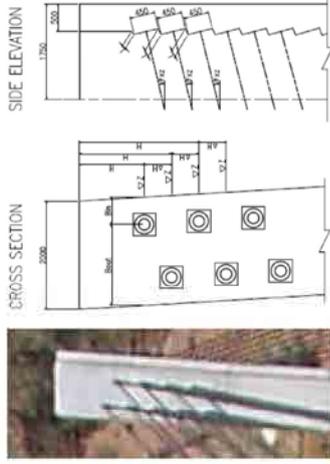


Fig. 12 Anchorages of Tower (Inner side)

3.8 Inner Cable/Bar Arrangement

There are 4 types of inner cables in this box girder as follows.

- Cables to give tension longitudinally inside top slab
- Cables to give tension longitudinally inside bottom slab
- Cables to give tension cross-section wise inside top slab
- Bars to give tension vertically inside web

Longitudinal cables in the top slab are anchored by anchorages at the end of segments. These cables were added gradually as the balanced cantilevered construction progressed. There are 17 cables on both sides of the top slab. These cables are located at P2 and P3. Therefore, there are 2\*2\*17=68 cables all together inside of the top slab of the PC-girder.

The function of these cables is basically the same with the outer cables above the PC-box girder. These cables also reduce the bending moment of the girder on the piers (P2 and P3) together with the outer cables. It reduces the height of the PC-box girder and also reduces the volume/weight of the material and overall construction cost and period.

On the other hand, longitudinal cables in the bottom slab are anchored by anchorages which are placed on the bottom girder. There are 3 sections which have longitudinal cable in the bottom slab, one is the section near P1, the next is center of the center span, and the last is the section near A2. The section near the girder ends (section near P1 and A2) has 2 cables on both sides of the bottom slab, the section in the center span has 13 cables on both sides of the bottom slab. Therefore,

there are 2\*2\*2\*13=34 cables all together inside of the bottom slab of the PC-girder. These cables also reduce the bending moment of the girder. But these cables reduce the bending moment of the middle section of the span. This is why the cables are concentrated in the center section of the span. The cables which are located in the side spans are not really necessary to be installed till the end of the girder. However, it is extended to the end so that it simplifies the construction process. These cables also reduce the height of the PC-box girder and also reduces the volume/weight of the material and overall construction cost and period.

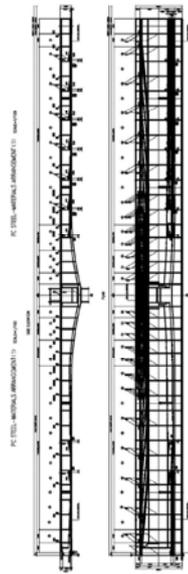


Fig. 13 Inner Cable Arrangement (Longitudinal)

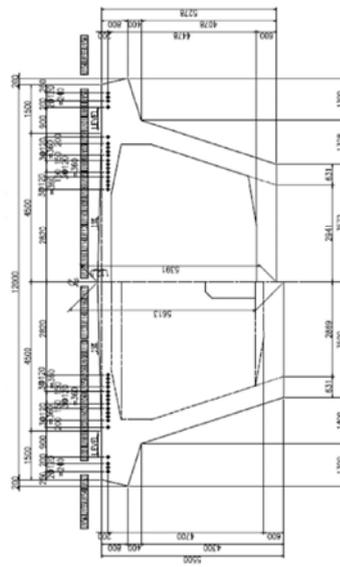


Fig. 14 Cross-section of PC-Girder (inside P2)

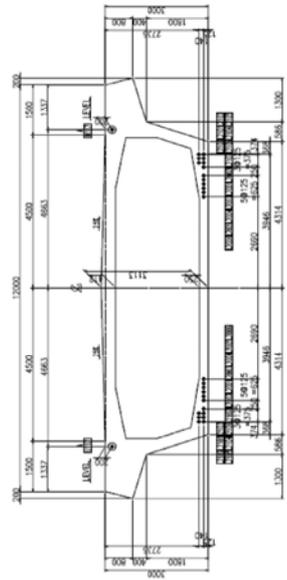


Fig. 15 Cross-section of PC-Girder (Center of the Center Span)

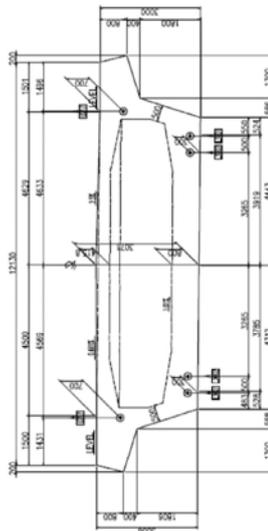
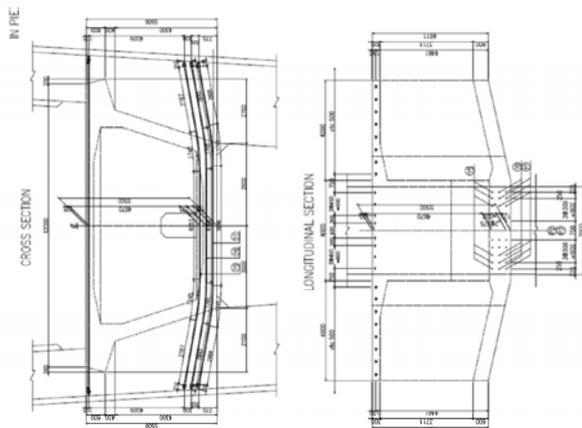


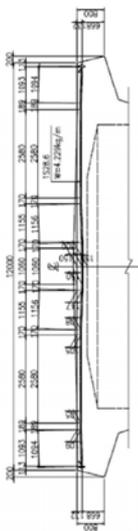
Fig. 16 Cross-section of PC-Girder (End of girder, A2)

Cross-section wise cables inside top slab are located in the all segments of the PC-box girder. It is located with 500mm interval in all the segments including the segments between the towers at P2 and P3. There are approximately 500 cross-section wise cables inside the top slab.

The function of these cables is to reduce the bending moment of the center section of the slab. It reduces the thickness of the slab and reduces the volume/weight of the slab considerably. Which leads to smaller substructure and foundation.



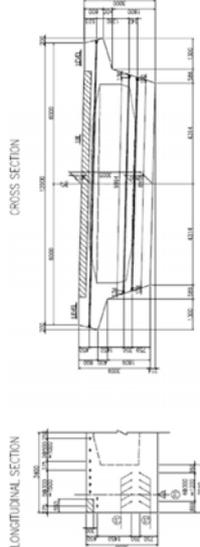
**Fig. 20 Cross-section wise Cable Arrangement of the Cross Beam (above P2)**  
PC-bars inside web is located in the 36 segments of the PC-girder. Each segment has 4 PC-bars in both webs (right/left web). Therefore, there are 2\*4\*36=288 PC-bars in the webs of PC-box girder. The function of these cables is to improve the rigidity of PC-box girder. It improves the connectivity of top slab and bottom slab in the center section of span.



**Fig. 17 Cross-section of the Top Slab of the PC-Girder**



**Fig. 18 Cross-section wise Cable Arrangement of the Top Slab (Section near A2)**  
Cross-section wise cables inside bottom slab are located only in the cross beams above the substructures (P1, P2, P3, and A2). There are 10 cables in the cross beam above P1 and A2, 30 cables in the cross beam above P2 and P3. Therefore, there are 80 cross-section wise cable all together inside the bottom slab. The function of these cables is to improve the rigidity of PC-box girder. The cables at the piers also improve the connectivity between the PC-box girder and Piers.



**Fig. 19 Cross-section wise Cable Arrangement of the Cross Beam (above P1)**

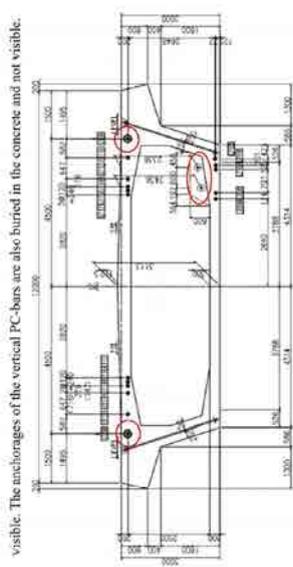


Fig. 23 Location of the Anchorages of Longitudinal Cables inside Top/Bottom Slab

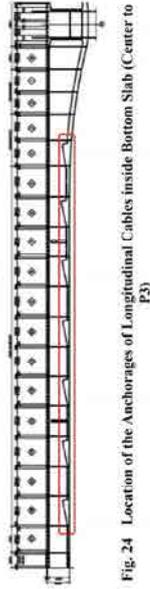


Fig. 24 Location of the Anchorages of Longitudinal Cables inside Bottom Slab (Center to P3)

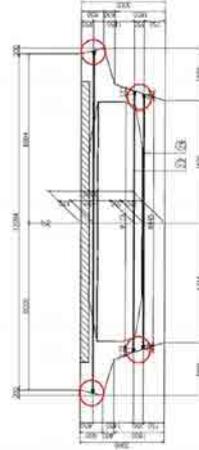


Fig. 25 Location of the Anchorages of Cross-section wise Cables inside Cross Beam (A2)

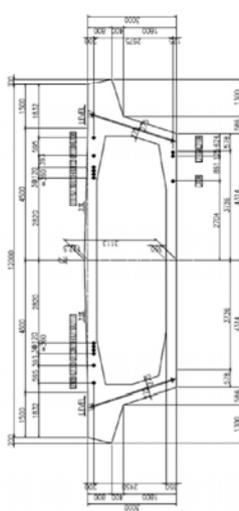


Fig. 21 Cross-section of PC-Girder with PC-bars inside Web

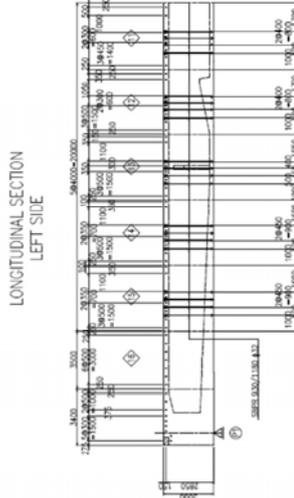


Fig. 22 Vertical PC-bar Arrangement of the PC-box girder

### 3.9 Anchorage inside of Girder

Both sides of every PC-cable are anchored by anchorages, therefore every inner cable has anchorages in both ends. The location of the anchorages differs by the types of the cable.

The cables inside the top slab have their anchorages at the end of the segments. Therefore, most of them are not visible from anywhere after the completion of construction. The anchorages at the ends of the girder can be seen with endoscope.

The anchorages for the cables inside bottom slab have its anchorage visible from inside of the PC-box girder. The location of the anchorages is at both bottom corners of the cross section. Anchorages of cross-section wise cables are all buried in the concrete and all of them are not

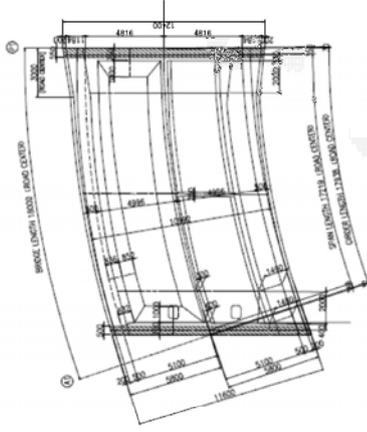


Fig. 28 Plan of RC-box Girder

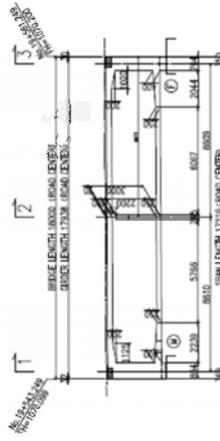


Fig. 29 Side View of RC-hox Girder

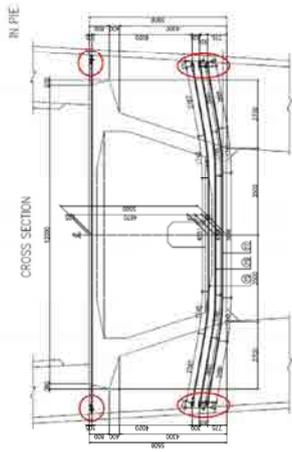


Fig. 26 Location of the Anchorages of Cross-section wise Cables inside Cross Beam (P2, P3)

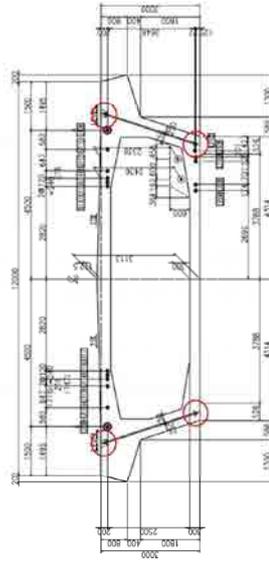
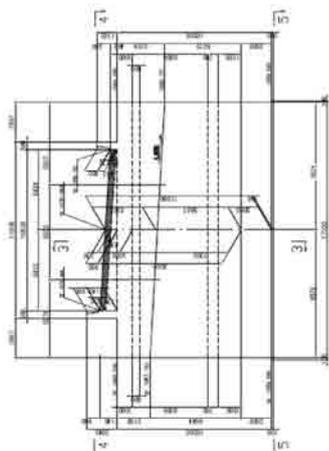


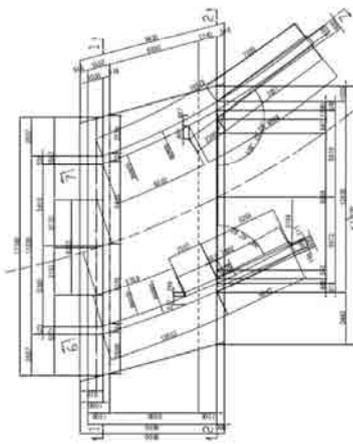
Fig. 27 Location of the Anchorages of Vertical PC-bar inside Webs

### 3.10 RC-box Girder

RC-box Girder is located between A1 and P1, with 18.0m of length. It is in the curve section with radius of 55.0m. The cross section has 2 cells, and it has center wall in the middle. The height of the girder is 3m.



Front View



Plan

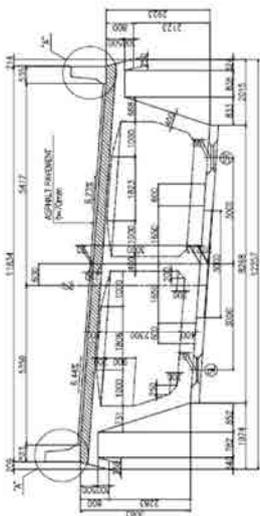


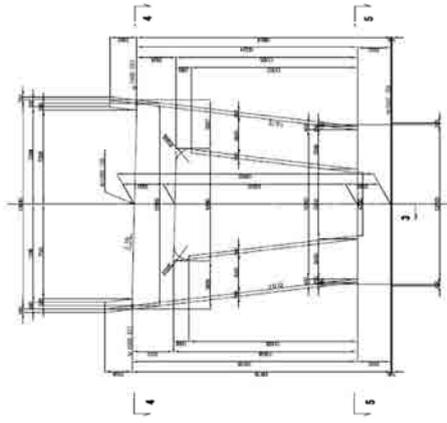
Fig. 30 Cross section of RC-box Girder



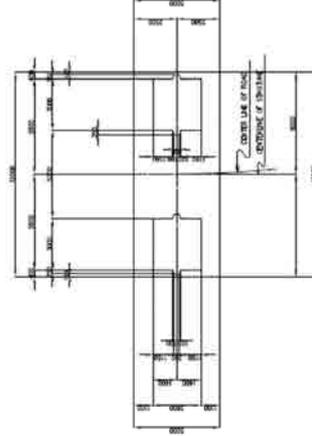
Fig. 31 Photograph of RC-box Girder Section

3.11 A1

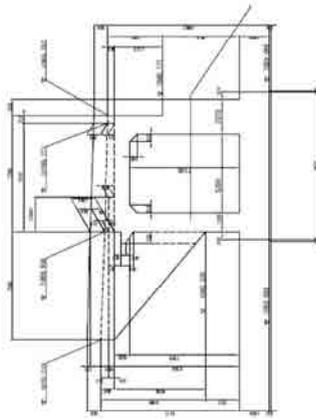
A1 is a box type abutment which allows the local traffic to cross the bridge through the box culvert-shaped section of the abutment. Therefore, the size of the abutment increased than that of the ordinary Reverse T-shaped abutment. However, it can reduce the length of the superstructure considering securing the pass to the local traffic under the superstructure. The foundation is spread foundation. It is the beginning point of the bridge and has 2 rubber bearings to support RC-box girder.



Front View



Plan (Foundation)



Side View

Fig. 32. Dimension of A1



Fig. 33 Photograph of A1

3.12 P1

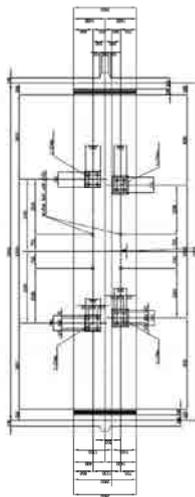
P1 connects RC-box girder section and PC-box girder section. There are 2 rubber bearings each to support both girders. The foundation is spread foundation.



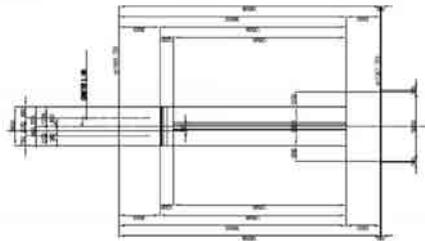
Fig.35 Photograph of P1

3.13 P2

P2 is the beginning point of the extra-towered bridge. It is very high structure with 48.0m height columns. The foundation is spread foundation and supported by Man-made Rock with 1.5 to 3.0m of thickness. The columns continuously form towers for the outer cables, and they are connected rigidly with PC-box girder.

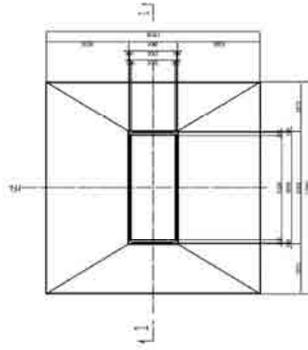


Plan (Bridge Seat)



Side View

Fig.34 Dimension of P1

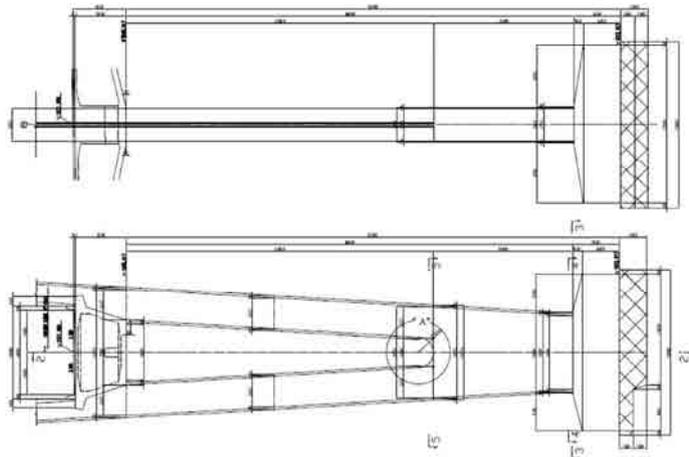


Plan

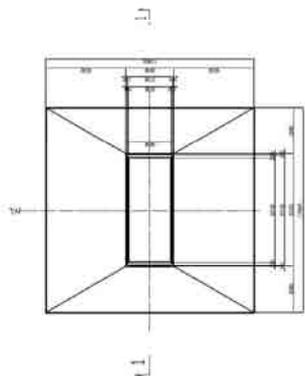
Fig. 36 Dimension of P2



Fig. 37 Photograph of P2



Front and Side View



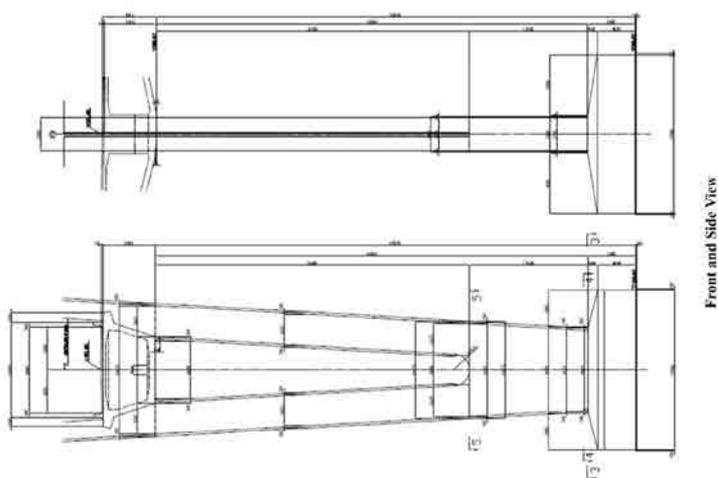
Plan  
Fig. 38 Dimension of P3



Fig. 39 Photograph of P3

3.14 P3

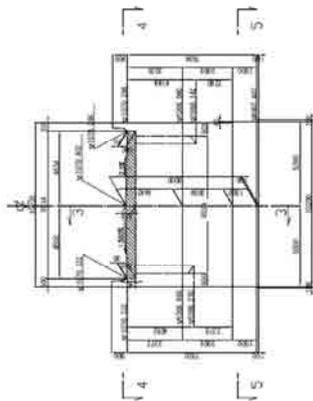
P2 is the beginning point of the extra-closed bridge. It is very high structure with 45.5m height columns. The foundation is spread. The columns continuously form towers for the outer cables, and they are connected rigidly with PC-box girder.



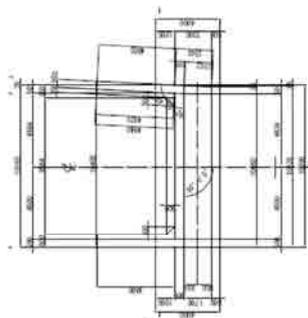
Front and Side View

3.15 A2

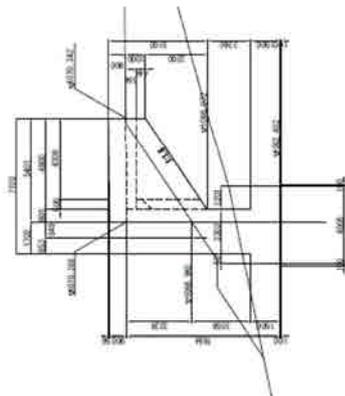
A2 is the ordinary reversed T-shaped with height of 8.0m (including footing). The foundation is spread foundation. It is the end point of the bridge and has 2 rubber bearings to support PC-box girder.



Front View



Plan



Side View

Fig. 40 Dimension of A2



Fig. 41 Photograph of A2

3.16 Revestment

There are revestments constructed around the P2 and P3. It shall be inspected in the dry season because it will be covered by river flow in the rainy season. It can be inspected by sight without UAV easily. Frequent sight checking is recommended to protect the most important structures of the bridge.

BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEW ABAY BRIDGE BY UAV (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

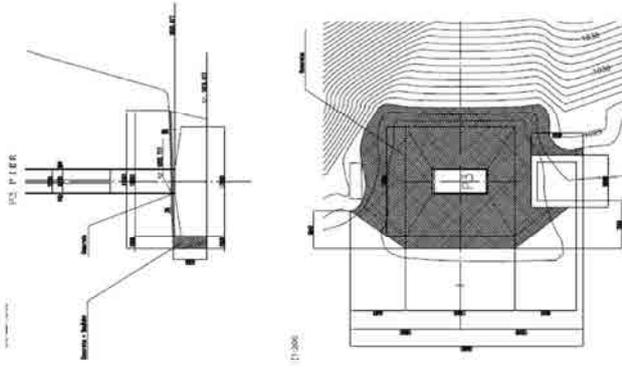


Fig. 44 Dimension of Revetment (P3)



Fig. 45 Photograph of Revetment (P3)

35

BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEW ABAY BRIDGE BY UAV (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

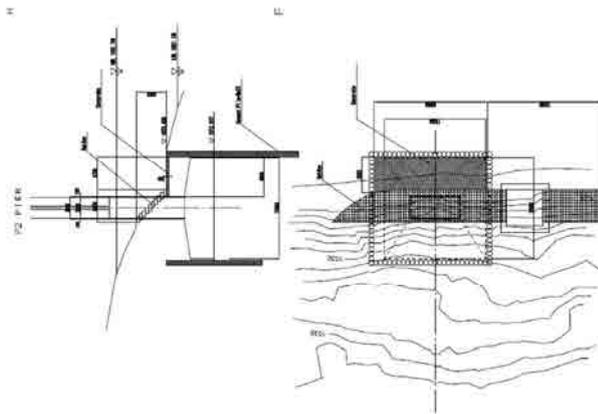


Fig. 42 Dimension of Revetment (P2)



Fig. 43 Photograph of Revetment (P2)

34

### 3.17 Rubber Bearings

There are 8 rubber bearings to support superstructures of the New Abay Bridge. 4 for RC-box Girder and 4 for PC-box girder. A1 has 2, P1 has 4, and A2 has 2 bearings.

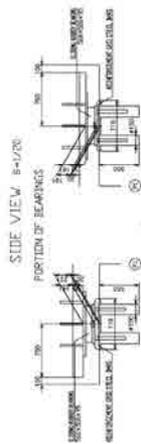


Fig. 46 Dimension of Rubber Bearings (P1, PC-box Girder)

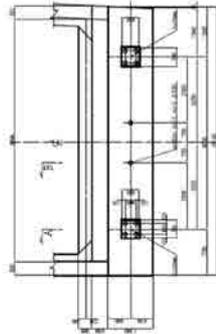
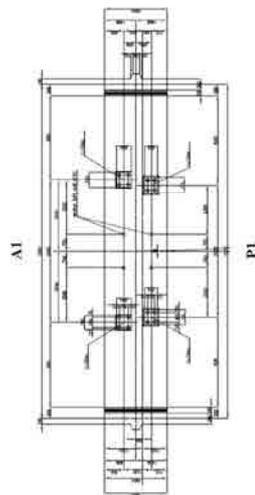
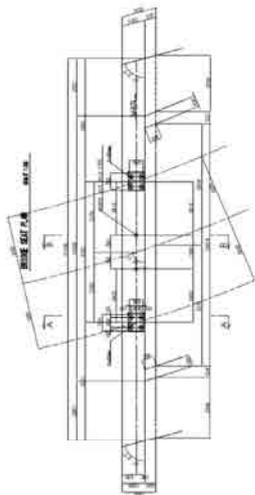


Fig. 47 Location of Rubber Bearings

### 3.18 Anchorage

The details of anchorage of outer cables are as follows. It is basically covered by concrete. Only the end is visible.

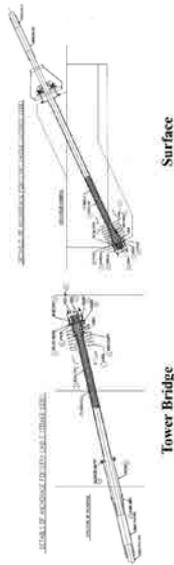


Fig. 48 Details of Anchorages

### 3.19 Expansion Joint

There are 3 expansion joints on the New Abay Bridge. One above A1, the other above P1, and the last one is above A2. The gap is 30mm, 130mm, and 100mm respectively. It can be inspected by sight without UAV easily. Frequent sight checking is recommended to keep it in good condition. It prevents the rainwater infiltrating into the slab, girder components and also will the preventive measures to extend the service life of the bridge.

There are 68 drainage basins on the surface of PC-box girder. Drainpipes are installed inside of PC-box girder. It is not easy to inspect visually. However, the basins can be inspected by sight without UAV easily. Frequent sight checking is recommended to check and clean if the basins or pipes are stuffed by waste/med, etc. It requires for the inspectors to go inside of the box girder periodically.

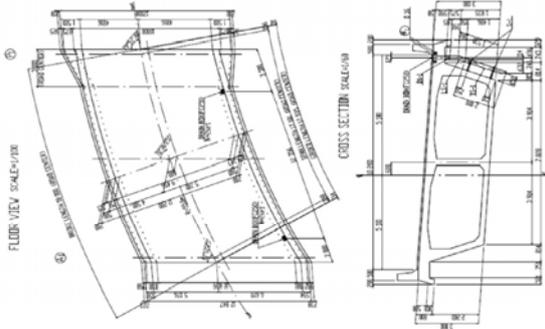


Fig. 51 Details of Drainage Pipes (RC-box Girder)

There are 2 drainage basins on the surface of RC-box girder. Drainpipes are installed outside of side surface of girder. It can be inspected by sight without UAV. Frequent sight checking is recommended to check and clean if the basins or pipes are stuffed by waste/med, etc. It requires for the inspectors to go inside of the box girder periodically.

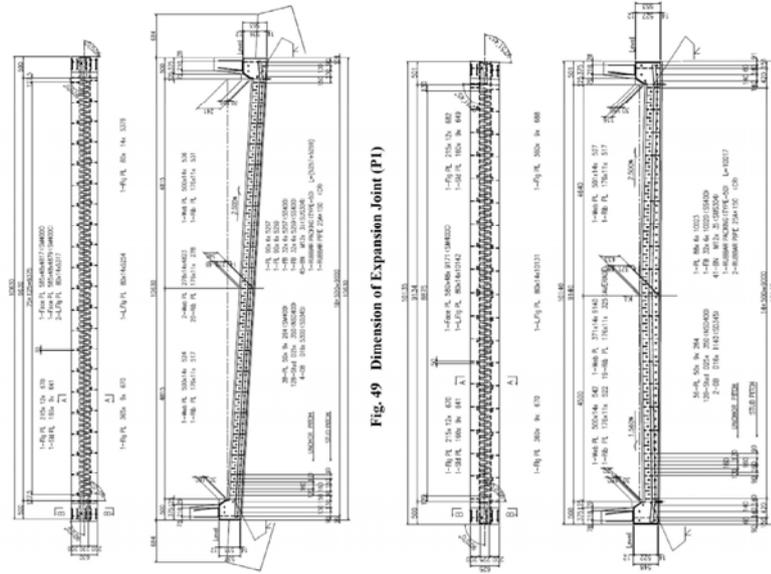


Fig. 49 Dimension of Expansion Joint (P1)

Fig. 50 Dimension of Expansion Joint (A2)

3.20 Drainage Pipes

There are 2 drainage basins on the surface of RC-box girder. Drainpipes are installed outside of side surface of girder. It can be inspected by sight without UAV.

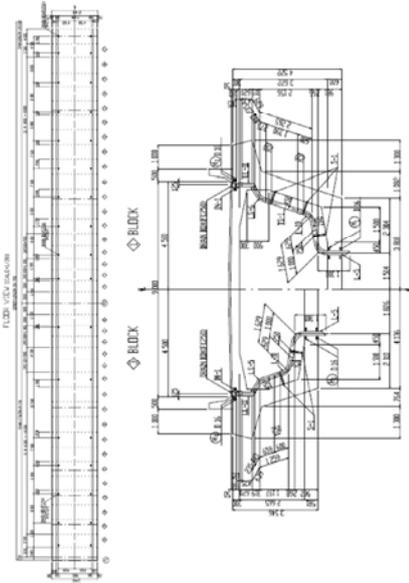


Fig. 52. Details of Drainage Pipes (PC-box Girder)

**3.21 Components which should be inspected periodically**

This subchapter summarizes the components of the New Abay Bridge which should be inspected periodically. It is divided into group of the location for inspection.

- (1) Road Surface
  - 1) Pavement,
  - 2) Railing,
  - 3) Anchorage on Girder,
  - 4) Outer Cable (near the road surface),
  - 5) Tower (near the road surface),
  - 6) Expansion Joint
- (2) Ground Slope
  - 1) A1 (Body, Wing Wall, Bridge Seat),
  - 2) P1 (Body, near the ground slope),
  - 3) P2 (Addis side, near the ground slope),
  - 4) P3 (Debre Markos side, near the ground slope),
  - 5) A2 (Body, Wing Wall, Bridge Seat),
  - 6) Revetment (P2, P3),
  - 7) Bearing (A2),

- 8) Bottom/side surface of Girder (near A1, P1 & A2),
- 9) Drainpipes (A1-P1, near A1)
- (3) On Scaffolding or by UAV
  - 1) Outer Cable (far from the road surface),
  - 2) Tower (far from the road surface, Top surface),
  - 3) Anchorage on Tower,
  - 4) P1 (Body, far from the ground slope)
  - 5) P2 (Addis side, far from the ground slope)
  - 6) P3 (Debre Markos side, far from the ground slope)
  - 7) Bridge Seat (P1)
  - 8) Bearing (A1, P1)
  - 9) Bottom/side surface of Girder
    - A1-P1: far from A1,
    - P3-A2: far from A2,
    - P1-P2: all,
    - P2-P3: all
- 10) Drainpipes (A1-P1, near P1)
- 11) Manhole (outside)
- (4) Inside box girder
  - 1) Box-girder inside surface
  - 2) Anchorage inside the girder
  - 3) Crossbeam/Diaphragm
  - 4) Drainpipes (PC-box girder)
  - 5) Manhole (inside)

**3.22 Components which can be inspected without scaffoldings or UAV**

The following components among the components of New Abay Bridge, which are listed in subchapter 3.21, can be inspected without scaffoldings or UAV.

- (1) Road Surface
  - 1) Pavement,
  - 2) Railing,
  - 3) Anchorage on Girder,
  - 4) Outer Cable (near the road surface),
  - 5) Tower (near the road surface),
  - 6) Expansion Joint
- (2) Ground Slope
  - 1) A1 (Body, Wing Wall, Bridge Seat),

- 2) P1 (Body, near the ground slope),
- 3) P2 (Addis side, near the ground slope),
- 4) P3 (Debre Markos side, near the ground slope),
- 5) A2 (Body, Wing Wall, Bridge Seat),
- 6) Retement (P2, P3),
- 7) Bearing (A2),
- 8) Bottom/side surface of Girder (near A1, P1 & A2),
- 9) Drainpipes (A1-P1, near A1)

### 3.2.3 Components which can be inspected by UAV or on scaffoldings

The following components among the components of New Abay Bridge, which are listed in subchapter 3.2.1, require scaffoldings or UAV for inspection.

(1) On Scaffoldings or by UAV

- 1) Outer Cable (far from the road surface),
- 2) Tower (far from the road surface, Top surface),
- 3) Anchorage on Tower,
- 4) P1 (Body, far from the ground slope)
- 5) P2 (Addis side, far from the ground slope)
- 6) P3 (Debre Markos side, far from the ground slope)
- 7) Bridge Seat (P1)
- 8) Bearing (A1, P1)
- 9) Bottom/side surface of Girder  
A1-P1: far from A1,  
P3-A2: far from A2,  
P1-P2: all,  
P2-P3: all
- 10) Drainpipes (A1-P1, near P1)
- 11) Manhole (outside)

### 3.2.4 Components which cannot be inspected by UAV

The following components among the components of New Abay Bridge, which are listed in subchapter 3.2.1, require engineers/inspectors to go inside of box-girder for inspection.

- (1) Inside box girder
- 1) Box-girder inside surface
  - 2) Anchorage inside the girder
  - 3) Crossbeam/Diaphragm
  - 4) Drainpipes (PC-box girder)

- 5) Manhole (inside)

### 3.2.5 Components which require special equipment/tools for inspection

The following components among the components of New Abay Bridge, which are not listed in subchapter 3.2.1, have very important role for bridge structure. If there are some severe damages found in the periodic inspection, it shall be immediately repaired or replaced.

- 1) Inner PC cables/bars
- 2) Reinforcement bars inside of reinforced concrete
- 3) Cement Concrete inside of reinforced concrete

**4. Planning of Inspection**

**4.1 Components to inspect by UAV**

Considering the structure and components of the New Abay Bridge, the list of the components which shall be inspected by UAV is as follows,

- 1) Outer Cable (far from the road surface),
- 2) Tower (far from the road surface, Top surface),
- 3) Anchorage on Tower,
- 4) P1 (Body, far from the ground slope)
- 5) P2 (Addis side, far from the ground slope)
- 6) P3 (Debre Markos side, far from the ground slope)
- 7) Bridge Seat (P1)
- 8) Bearing (A1, P1)
- 9) Bottom/side surface of Girder  
A1-P1: far from A1,  
P3-A2: far from A2,  
P1-P2: all,  
P2-P3: all
- 10) Drainpipes (A1-P1, near P1)
- 11) Manhole (outside)

However, the other components are requested to be inspected as well by the engineers/inspectors since it is very important to collect the damage data of the entire bridge periodically to analyze the soundness of the bridge, also to plan the necessary repair works (short term maintenance plan), also the mid-long term maintenance plan.

It is strongly recommended the inspection from inside the box girders, shall be conducted together with the inspection by UAV.

**4.2 Inspection Team**

This section provides implementation members of inspection team and their required skills.

The positions of implementation members of the inspection, the minimum required number of personnel, and the preferred skills are as follows:

**Tab. 2 Implementation members and preferred skills**

Position	Min. number of personnel	Preferred skills
Bridge Inspection Operator	1	BMSS consultant with a proven track record in bridge inspection and evaluation work.
UAV Pilot	1	The following piloting skills for the equipment used in the inspection

Position	Min. number of personnel	Preferred skills
Conductor	1	The following piloting skills for the equipment used in the inspection
Traffic Controller	2 or more	An experienced specialist with a high awareness of traffic safety and the ability to comply with traffic laws.

The UAV pilot must acquire piloting skills prior to conducting the inspection. To become familiar with UAV operation, conduct more than 10 hours of piloting practice until the following operations can be easily performed. It is desirable to carry out the training under the supervision of an experienced individual. The training should be conducted in a location that does not require permission or in a location where permission has been obtained for training purposes. Additionally, regular piloting practice should be conducted to maintain these skills. The training should be carried out in a location that does not require permission or in a location where permission has been obtained for training purposes.

**Tab. 3 Preferred skills for the UAV's pilot and conductor**

No.	Training Item	Overview	Required Skills
1	Basic Techniques Takeoff and Landing	Take off to a height of 3m from the pilot and land within a specified area.	Ability to perform this flight steadily for five consecutive times.
2	Hovering	Hover at eye level of the operator for a certain period of time.	Ability to remain within a specified area (within a radius of 1 meter).
3	Sideways Movement	Move from a specified takeoff point to a landing point 20m away in the left or right direction.	Ability to perform this flight steadily for five consecutive times.
4	Forward and Backward Movement	Move from a specified takeoff point to a landing point 20m away in the forward or backward direction.	Ability to perform this flight steadily for five consecutive times.
5	Flight in the Horizontal Plane	Maintain a certain height and sequentially move to specified points.	Ability to perform this flight steadily for five consecutive times.
6	Techniques Required for Operation Visual Line of Sight (VLOS) operations	Smoothly perform sideways movement, forward and backward movement, and flight in the horizontal plane through VLOS operations.	Ability to perform flights, combining horizontal flight, ascent, and descent, from a point 10m away from the pilot, steadily for five consecutive times.
7	Eight (8) figure flight	Perform Eight (8) figure flight.	Ability to perform this flight steadily for five consecutive times.
8	Techniques Required for Training Night Flying	Perform practice No. 17 in a location with permission or	Ability to perform this flight steadily for each required skill.

No.	Training Item	Overview	Required Skills
9	Night Inspections Techniques Required for Beyond Visual Line of Sight (BVLOS) Operations	indoors at night. Perform practice No. 17 with a conductor in a location with permission or indoors where the pilot cannot visually see the UAV, coordination with the conductor.	Ability to perform this flight steadily for each required skills while maintaining smooth coordination with the conductor.

Bridge inspection operator, UAV operators, and conductors must adhere to the following guidelines during inspections using UAVs:

- a. To prevent harm to third parties, UAVs must not be flown over areas where there are people.
- b. Before flying, ensure that the weather conditions, UAV status, and flight path are suitable for safe operation. Check for the presence of other UAVs and aircraft in the vicinity of the flight path and make efforts to ensure safety.
- c. Immediately cease flying if unforeseen circumstances occur that make it unsafe to operate the UAV, such as sudden gusts of wind.
- d. Do not fly in cloudy or foggy conditions where sufficient visibility cannot be ensured.
- e. Immediately cease flying if it is determined that the airspace above a gathering of people is being flown over.
- f. Do not operate the UAV while under the influence of alcohol or drugs that may impair the ability to fly the UAV properly.
- g. Do not fly in areas where there is a risk of endangering flight operations.
- h. If an aircraft in flight is observed before takeoff, do not proceed with the flight.
- i. Before flying, if other UAVs in flight are observed, coordinate with the operators of those UAVs regarding flight date, flight path, flight altitude, etc.
- j. If an aircraft in flight is observed during the UAV's flight, take necessary actions to avoid collision or close proximity, such as landing.
- k. During flight, maintain a safe distance from other UAVs in flight and take necessary actions to avoid collision or close proximity, and coordinate with the operators of other UAVs regarding flight date, flight path, flight altitude, etc., when it is determined that there is a risk of collision.
- l. Avoid unnecessary low-altitude flights, flights that produce excessive noise, or steep descents that may cause inconvenience to others.

- m. When performing suspended or towing operations, set limits on flight distance and altitude to avoid unnecessary flights. Consider and evaluate the impact on nearby third parties or properties due to unforeseen events such as gusts of wind or radio interference, and increase the number of assistants if necessary.
- n. To ensure the safety of UAV flights, regularly inspect and maintain the aircraft in accordance with the handling instructions specified by the manufacturer. Create inspection and maintenance records.
- o. When flying a UAV, record the following information related to the flight:
  - Date of flight
  - Name of the person operating the UAV
  - Registration mark of the UAV
  - Flight summary (purpose and content of the flight)
  - Takeoff location and time
  - Landing location and time
  - Flight duration
  - Incidents or issues that affected the safety of the UAV flight (near-miss incidents, etc.)
- p. The conductor should raise awareness to ensure that third parties do not enter the flight area.
- q. The conductor should be positioned in a location where they have a clear view of the entire flight path, constantly monitoring the unmanned aircraft's flight status, changes in weather conditions, and providing necessary advice to the operator to ensure safe flight.
- r. Prior to conducting the flight, assess and evaluate the potential impact on people or properties near the flying location, and consider additional conductor personnel or measures as needed.
- s. In the event of death or injury to individuals, damage to third-party properties, loss of the aircraft during flight, or incidents involving collision or close proximity with aircraft, the following items shall be promptly reported to the relevant parties according to the Call Tree specified in "4.5 Communication":
  - Date and number of the permit or approval related to the UAV flight,
  - Name of the person who operated the UAV,
  - Date, time, and location of the accident or incident,
  - Registration mark of the UAV,
  - Summary of the accident or incident involving the UAV,
  - Other relevant information, and

User	Equipment/Tools	Use
Other	Phone Camera/Video Laptop/Computer Tablet Monitor	Incidents occur To secure the quality of the inspection, it is necessary to check the data/information The inspection team can assign a quality controller to check if all the components which shall be inspected are clearly recorded

#### 4.4 System

It is useful to use the camera and its software to measure the damages, such as the width/length of cracks, the area of spalling/rebar exposure of box girder. It is very useful to know the area of the corrosion of outer cable as well. It is very useful to know the scale of any damages which could be found by UAV inspection. This can be done by the software of the UAV filming system as well as the analyzing application for images and videos collected in the inspection. This information can be utilized for planning the detailed inspection of the damages found in the UAV inspection.

#### 4.5 Communication

As it is described in the subchapter 4.3, All members shall be connected with a communication tool, especially to react rapidly for unexpected/emergent incidents. If the mobile phone functions well at the site, the members can utilize the mobile phone network and its communication application. If the site is out of mobile network or the signal is not strong enough, the team shall prepare other method of communication, such as walky-talky. Securing the communication method in emergent situation is very important to minimize the damage. It is indispensable to prepare and be familiar in using it. The inspection shall not be executed without it. It is recommended that the inspection team prepare the call tree before the execution of the inspection activity. This will make it easier and faster to share the emergent information among related personnel when the serious incident occurs.

- t. When flying, the person operating the UAV must carry the original or a copy of the permit or approval document.

#### 4.3 Equipment

Equipment for inspection by UAV is to secure the quality and safety of the inspection. Safety equipment is basically the same with the usual inspection. The members of the inspection shall wear helmet, safety vest, safety shoes, working uniform, and gloves. If the pilot/conductor requires to go to the places with danger of falling, it is recommended to wear a safety vest and secure the hook to connect the vest.

It is required to install the sign board which clearly mentions the execution of inspection of bridge by UAV. The traffic controller shall have guide rod and whistle. All members shall carry monocular/binocular to see the UAV's flight path, or to know the situation in emergency. UAV's crash for instance. They should have a communication tool which enable continuous communication among all the members since individual will be located separately at the sight. Specifically, it is necessary when unexpected or emergent incidents occur. Also, it is required to have mobile phone to make contact with management organization. If the site is out of the mobile communication area, the inspection team shall obtain other method to secure the immediate communication with the management organization, such as satellite phone for instance.

To secure the quality of the inspection, there shall be a device to check the data/information (movies, photos) collected. The equipment can be laptop computer, tablet, or monitor. If the monitor is connected by radio wave with UAV, the inspection team can assign a quality controller to check if all the components which shall be inspected are clearly recorded.

Tab. 4 List of Equipment/Tools for the Inspection Members

User	Equipment/Tools	Use
For All Members	Helmet	For all workers, it is necessary to ensure safety during operations
	Safety Vest	Wearing is required when there is a risk of falling during work.
	Safety Hook	
	Safety Shoes	For all workers, it is necessary to ensure safety during operations
	Working Uniform	
	Gloves	
For Traffic Controllers	Sign Board	During the inspection of using UAV, it is necessary to clearly mention the execution of inspection
	Guide Rod	Traffic controllers are required to use for the safe guidance of vehicles
	Whistle	
	Monocular/Binocular	It is necessary to see the UAV's flight path, or to know the situation in emergency, UAV's crash for instance
	Mobile Phone/Satellite	It is necessary to secure the immediate communication with the management organization when unexpected or emergent

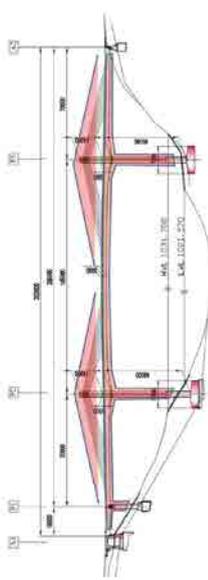


Fig. 54 Location of the Components for Inspection by UAV

When conducting inspections using UAVs, it is necessary to perform a preliminary site assessment and design an appropriate flight route that minimizes the distance traveled while ensuring comprehensive capture of necessary images and data. Considering the accessibility of the structure and flight distance, it is desirable to capture footage in the following order: overall bridge, towers, prestressed cables, bearing sections, box girder surfaces and guardrails, and piers. Furthermore, creating a flight route requires consideration of constraints and environmental factors such as UAV battery life, wind conditions, and solar radiation. For the flight route, it is essential to use the drawing to make a flight path plan. List up the inspection points and assume the required time for each inspection. Based on the total inspection time required, consider the UAV's battery life and divide flights into multiple times. Additionally, while planning the flight route, it is necessary to consider the pilot's and conductor's positions during UAV take-off and landing.

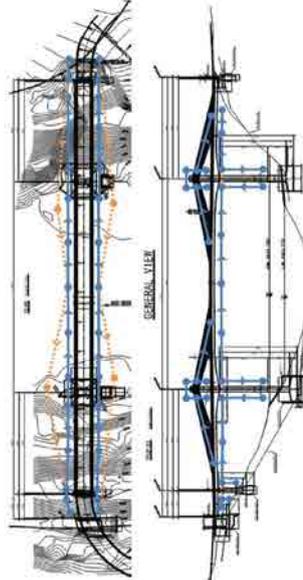


Fig. 55 Sample of the Flight Route

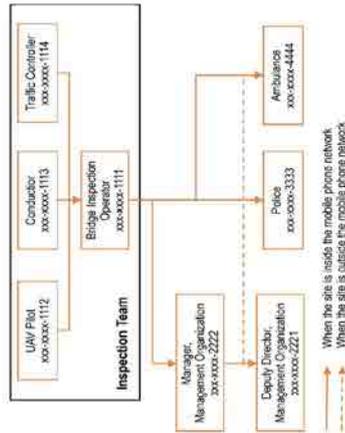


Fig. 53 Example of Call Tree

#### 4.6 Flight Route

This section provides an explanation of UAV flight routes and constraints for civil engineering technicians. The target for inspection is the New Abay Bridge, which is an extradosed bridge with a bridge length of 303m and a maximum span of 145m, and it includes the following structural components:

- Prestress Cables (Outer Cables, far from the road surface)
- Towers (far from the road surface, Top surface)
- Anchorage on Tower
- Box Girder (Bottom and side surface of girder)
- Rubber Bearings (A1 and P1)
- Piers (P1, P2, and P3)
- Drainpipes (A1-P1, near P1)
- Manhole (outside)

Tab. 5 Sample of the Flight Schedule

No. of Flight	Components of UAV Inspection
1 <sup>st</sup> Flight	Bearing of A1 and P1, Bridge Start of P1, Bottom and side surface of girder between A1 to P1, Drainpipe between A1 to P1
2 <sup>nd</sup> Flight	Bottom and side surface of girder between P1 to P2, Surface of P2 (P1 side), Drainpipe near P1
3 <sup>rd</sup> Flight	Bottom and side surface of girder from P2 to the midpoint between P2 and P3, Surface of P2 (P3 side)
4 <sup>th</sup> Flight	Bottom and side surface of girder from the midpoint between P2 and P3 to P3, Surface of P3 (P2 side)
5 <sup>th</sup> Flight	Bottom and side surface of girder from P3 to A2, Surface of P3 (A2 side)
6 <sup>th</sup> Flight	Outer cable between P1 to P2, Anchorage on tower (P1 side), Surface of tower (P1 side, and top of tower)
7 <sup>th</sup> Flight	Surface of tower (P2 side), Anchorage on tower (P2 side), Outer cable between P2 to the midpoint between P2 and P3
8 <sup>th</sup> Flight	Outer cable between the midpoint between P2 and P3 to P3, Surface of tower (P2 side), Anchorage on tower (P2 side), Surface of tower (A2 side, and top of tower), Anchorage on tower (A2 side), Outer cable between P3 to A2

#### 4.7. Schedule

This section provides an inspection schedule and work plan for bridge inspections using UAVs. Bridge inspections using UAVs require the following steps to be taken:

- Reviewing inspection results from previous years.
- Conducting on-site assessments of the target bridge.
- Developing an inspection plan.
- Obtaining the necessary flight permits and approvals for bridge inspections using UAVs.
- Inspecting the UAV to be used.
- Capturing images/movies of the bridge using the UAV.
- Inspecting accessible bridge components, such as inside surface of the box girder, handrail, expansion joint, etc., through close-range visual inspection.
- Reviewing, analyzing, and diagnosing inspection results obtained through UAV and close-range visual inspections.
- Creating inspection reports.
- Updating the bridge registry.

In particular, when creating a schedule for bridge inspections using UAVs, it is important to consider the following factors, which can be assessed during the preliminary on-site assessment:

- UAVs do not have waterproof capabilities, so flights cannot be conducted in rainy weather. It is advisable to check the weather conditions in advance and avoid inspections during the rainy season.
- Wind speeds near rivers, in valley, or near the structure components can be higher than in flat areas, which may hinder capturing footage. When scheduling bridge inspections, measure the wind speed and do not allow flights to take place when the wind speed exceeds the aircraft's wind resistance capabilities. Also, if strong winds occur during the inspection, promptly halt the operations.
- On sunny or cloudy days, normal filming conditions apply. However, when conducting bridge inspections using UAVs, consider the influence of shadows on the bridge. Adjust the timing of filming on the upstream and downstream sides to minimize the impact of shadows.
- The filming range of UAVs is estimated to be around 1,000 square meters per day. It is necessary to create an inspection schedule taking into account the daily filming range.

Tab. 6 An Example of the Schedule of the Inspection by UAV

TASK ACTIVITY	SEPTEMBER	OCTOBER	NOVEMBER	DECEMBER
PREPARATION				
a. Previous Inspection Review				
b. Conducting On-site Assessment				
c. Making Inspection Plan				
d. Permits and Approvals for UAV Inspection				
e. Checking UAV				
f. UAV Inspection				
g. Visual Inspection				
h. Review, Analyze, Diagnose Inspection Results				
i. Making Inspector Report				
j. Create/Update Registry				
SUMMARY				

#### 4.8. Preparation of the Inspection

This section provides explanations regarding the preparation and verification tasks for conducting bridge inspections using UAVs. When performing UAV bridge inspections, the following preparations are necessary before conducting the inspections:

- Inspection of the UAVs
  - Ensure that all equipment is securely attached (check for loose or missing screws, etc.).
  - Check for any abnormal noises from the engine or motors.

- ・ Inspect the aircraft (propellers, frame, etc.) for damages or deformations.
- ・ Verify that the fuel or battery charge is sufficient.
- ・ Check the functionality of communication systems, propulsion systems, power systems, and automatic control systems.
- ・ Create an inspection and maintenance record after conducting the aircraft inspection.

- C. Flight Record
  - ・ Create a flight record when operating the UAV and manage the records electronically or in written form.

- b. Inspection Work Preparation
  - a. Install "Aerial Inspection in Progress" signs at 50 meters and 100 meters before both directions of the roadway leading to the bridge.
  - b. Assign several traffic controllers, in addition to the conductor, to ensure the safety of passing vehicles (pedestrians).
  - c. Notify the river authority and nearby residents in advance about the UAV inspections.
  - d. Prepare rubber mats in a flat area beneath the bridge for UAV takeoff and landing.
  - e. Approximately 1m x 1m of space is required as a landing area.

Furthermore, the following tasks are required during and after the UAV filming period:

- A. Tasks during UAV Filming:
  - ・ After every 20 hours of flight, perform the following inspections on the unmanned aircraft:
    - ・ Check for any parts that need replacement.
    - ・ Ensure all equipment is securely attached (check for loose or missing screws, etc.).
    - ・ Inspect the aircraft (propellers, frame, etc.) for damages or deformations.
    - ・ Verify the functionality of communication systems, propulsion systems, power systems, and automatic control systems.
    - ・ Create an inspection and maintenance record after conducting the aircraft inspection.
- B. Post-flight UAVs' Inspection
  - ・ After conducting the inspection, perform the following UAV inspections:
    - ・ Check for any debris or foreign objects attached to the aircraft.
    - ・ Ensure all equipment is securely attached (check for loose or missing screws, etc.).
    - ・ Inspect the aircraft (propellers, frame, etc.) for damages or deformations.
    - ・ Check for abnormal heat generation from any equipment.
    - ・ Replace the damaged parts with spare parts if there are damages
    - ・ Purchase the spare parts if some of them were used to repair the UAV

## 5. Execution of Inspection

### 5.1 Overall Sight

An extradosed bridge is a structure that extends the prestressed cables beyond the range of the concrete girder height. It is a structure where support columns are provided on intermediate piers, and the external cables are significantly eccentric to the girder height. The diagonal cables are components that introduce axial force and eccentric bending moments to the girder. In such a structure, the following aspects need to be examined:

- ・ Abnormalities in the rupture of prestressed cables or anchorage points can have an impact on the overall shape, and abnormalities may be detected from linear measurements, etc.
  - ・ If overall deflections or abnormalities are observed, it may be caused by components other than prestressed cables.
  - ・ If abnormalities such as deflections in the overall shape are occurring, there is also a possibility of ruptured prestressed cables or abnormalities in cable anchorage points. Therefore, the overall inspection is conducted to understand the topography of the inspection area, as well as to confirm the shape of the target bridge. If the bridge site allows the use of GIS, autonomous operation (using GNSS (GNSS: Global Navigation Satellite System) or similar technology to determine the position of the aircraft and autonomously operate according to a pre-planned route) is also possible. However, due to the potential risk of accidents such as the UAV crashing due to sudden gusts of wind, precautions must be taken to avoid flying directly over the bridge, and diagonal imaging should be conducted from the upstream and downstream sides of the river. Alternatively, the lanes where the UAV is flying should be closed off to vehicle traffic (including pedestrians) during the imaging process.
- Additionally, visual inspection by inspectors should be performed to check for tilting of the bridge deck, abnormal vibrations, and the presence of waterproofing for rainwater.

### 5.2 Prestressed Cables

When a prestressed cable breaks, it can affect other components and cables, disturbing the balance of the cable structure and potentially leading to damage to other components or cables, thus affecting the overall safety of the bridge. Prestressed cables have the following characteristics:

- ・ If there are unfilled areas in the grout, or scratch/pilling on coating significant corrosion of the PC steel material can occur, potentially leading to its fracture.
- ・ When the PC steel material fractures, accumulated strain can be released, resulting in the protrusion of the PC steel material.
- ・ Leakage of water or lime deposits near the PC steel material or at the joint regions may indicate potential water damage/corrosion to the internal PC steel material.

56

### 5.3 Anchorages

Anchorage is typically placed inside the RC components or covered by a protective casing; this makes direct visual inspection difficult. Check for any signs of surrounding concrete, water leakage, seepage of rust, thinning, and efflorescence. If there are any symptoms, it is necessary to remove the protective cover and inspect the inside.

In terms of cable anchorage, the following features should be considered:

- ・ Cracking of the surrounding concrete is more likely to occur due to stress concentration.
- ・ The upper edge anchorage can serve as a pathway for water intrusion to the PC steel material.
- ・ Assessing the deterioration of the anchorage and surrounding concrete, as well as the corrosion of the steel components, can provide valuable insights into internal corrosion.
- ・ Attention should be given to the possibility of new protrusions, which can not only cause harm to third parties but also result in secondary damage during regular inspections.
- ・ It is important to note that corrosion environments, corrosion protection specifications, and stress distributions may vary depending on the anchoring method, so different weak points in terms of corrosion and fatigue should be considered for each anchorage method respectively.
- ・ If cable slippage or fracture occurs at the anchorage, the ability to support dead loads or live loads acting on the girder is lost partially, thereby potentially impacting the overall safety of the bridge.
- ・ Damage to the protective mechanisms, such as coatings, can facilitate localized corrosion.
- ・ Detecting corrosion from the outside is extremely challenging, even if corrosion is occurring internally.
- ・ Attention should be given to the fact that rubber or similar materials used to alleviate cable kinking are not necessarily designed for waterproofing. Water ingress into the anchorage can lead to cable corrosion.

Therefore, when conducting inspections, it is necessary to examine the following aspects based on UAV footage:

- ・ Check for cable corrosion, breakage, or signs of such conditions, including identifying potential causes. Additionally, if internal corrosion is suspected, it is advisable to comprehensively assess various information obtained through external visual inspection, tapping, and tactile examination to estimate the internal condition.
  - ・ Verify the presence of water ingress and accumulation in the girder-side anchorage, which may serve as a potential cause of cable corrosion.
- If damage is identified through UAV inspection, consider conducting close-range visual inspection using rope access or other methods, as well as conducting detailed investigations. In the case of anchorage regions, always perform visual inspection to confirm any damage.

57

**5.5 Box Girder (Side and Bottom Surface)**  
The side and bottom surfaces of the box girders generally require the presence of bridge inspectors or other personnel for inspections. However, the use of UAVs may improve the efficiency of inspections. It should be noted that during close-range imaging, the UAV may face challenges such as GPS signal disruption and increased vulnerability to wind conditions over the river, also, the impact of shadows becomes more significant. Because of these effects, careful planning considering the weather and shooting time is necessary.

- To conduct UAV inspections of the box girder's side and bottom surfaces, the following steps are recommended:
- a. Attach ribbons or markers to the railing to clearly indicate the center position of the span.
  - b. Launch the UAV and maneuver it towards the center position of the span.
  - c. Once the UAV reaches the center position, orient it horizontally towards the main girder (bridge side).
  - d. Adjust the camera angle as necessary for the desired shot and gradually bring the UAV closer to the bridge.
  - e. With the camera angle set, slowly move the UAV along the bridge, capturing footage while maintaining proximity.
  - f. Repeat step a. to e. at other spans of the bridge.

**5.6 Box Girder (Inner Surface)**

Access to the interior of the box girder is achieved through inspection manholes, and internal inspections are conducted. The method of inspecting the interior of the box girder can be done by engineers/inspectors where is accessible. However, there are sections which are not easy to access, bottom surface of the slab near P2 & P3 for instance. Execution of inspection by UAV is determined based on the capabilities of the UAV (required clearance). If the UAV cannot be used due to insufficient clearance, the use of a 360° camera or other alternatives should be considered to streamline the inspection process. Ladder and selfie stick can be a solution to take images of components which are located in higher positions.

- The characteristics of the box girder are as follows:
- A. At the End of the Girder
    - It often becomes a narrow space where degradation conditions such as high humidity and dust accumulation are severe. Particularly in cases where the bearing height is small, it may be difficult to visually inspect the underside or lower surfaces of the girder.
    - Leakage can occur from expansion devices.
    - The bearing parts are susceptible to high stresses and can sustain damage such as cracking during earthquakes.
    - Abnormal clearances can occur due to abnormal movements in the upper structure or

- Confirm whether drainage systems are functioning properly to prevent water accumulation in the cable anchorage.
  - If necessary, remove protective covers and inspect the condition inside.
- Verify the functionality of drainage systems designed to prevent water accumulation in the cable anchorage.

**5.4 Towers**

To conduct close-range visual inspection, such as crack detection, delamination, exposed reinforcement, deflection, water infiltration, and efflorescence, on the tower, a high-altitude work vehicle may be necessary due to its 14m height concrete structure. To streamline the inspection process, UAV footage and photographs can be analyzed to identify areas with severe damage, and consideration can be given to conducting close-range visual inspections and tapping tests using high-altitude work vehicles. The tower has the following characteristics:

- It is a critical component that resists vertical and horizontal forces from the main cables.
- Imbalance in the cable structure can occur due to deformation or eccentricity of the main tower, so attention should be given to the absence of section defects or inclination.
- Compression forces prevail, making it crucial to ensure that the load-bearing capacity against buckling is not compromised. Attention should be paid to the inclination or deformation of the tower itself, stability of the foundation, ground conditions, and stability of the surrounding hills.

It is desirable to conduct tower inspections using UAVs according to the following procedure:

- a. After launching the UAV, move it to the top of the tower.
- b. Adjust the UAV camera horizontally toward the main tower.
- c. Adjust the camera angle as desired and bring the UAV closer to the bridge.
- d. Descend the UAV slowly while keeping it along the main tower, capturing footage.
- e. Lower the UAV near the road and finish capturing footage, then change the orientation of the UAV at that position.
- f. Move the UAV to capture the desired face of the main tower, ascend to the top again, and capture footage.
- g. Since cables emerge from both the front and back sides of the tower, it is necessary to capture images/movies of both sides during inspections.
- h. Remember to capture footage of the cable connections extending from the main tower, not just the tower's wall surface.

Tower inspections using UAV are susceptible to strong wind conditions. Therefore, it is essential to have skilled operators conduct the inspections and implement measures such as road/lane closures to prevent harm to third parties, especially the road users.

movements in the lower structure.

- B. At Intermediate Supports of the Girder**
- It often becomes a narrow space where degradation conditions such as high humidity and dust accumulation are severe, and damage involving corrosion of reinforcement progresses.
  - These areas serve as support points and, similar to the end of the girder, are susceptible to high stresses and can sustain damage such as cracking.
- C. At the Midspan of the Girder**
- This is a critical location where significant stresses occur, and if members suffer extensive damage such as cracking, it can have potentially catastrophic effects such as bridge collapse.
  - Cracks resulting from corrosion of internal steel materials such as PC cable/bar and re-bars, as well as discoloration caused by rust runoff, may be observed.
- D. At 1/4 Span**
- This section has a thinner web and a lower amount of reinforcement due to bending moment, making it prone to shear cracking.

### 5.7 Cantilever Slab

Same as the box girder, access to the surface of a cantilever slab is also achieved through inspection manholes, and inspections are conducted from the underside of the cantilever slab. The characteristics of damages occurring in the slab are as follows:

- Cracking is prone to occur due to repeated loading.
  - Lime deposits and rust stains are likely to occur due to water supply from the top surface of the slab.
  - Fatigue-related cracking, combined with factors such as neutralization and salt damage, can lead to the formation of honeycombs, delamination, and exposed reinforcement in the cover concrete.
  - In cases where fatigue-related cracking and rainwater infiltration into the interior occur, rapid deterioration of the slab concrete can lead to sudden accidents such as falling off.
- Furthermore, through close visual inspection from the bridge deck, the presence of the following damages is checked:
- The impact of vehicular loads is susceptible to the effects of road surface irregularities and expansion devices.
  - If there are signs of pavement sinking or traces of cement discharge, it indicates significant degradation, such as the top surface of the slab being eroded and becoming sandy.
- New Abay Bridge has very short cantilever slab in its cross section both of PC-box girder and RC-box girder. Also, PC-box girder's top slab is pre-stressed by PC cables. Therefore, there

60

is very scarce possibility of the damages which are mentioned in this section occur on the cantilever slab of the New Abay Bridge. However, longer cantilever slabs tend to have the damages mentioned above. It can happen on any cantilever slab of different types of superstructure.

### 5.8 Bearings

For bearings of the A2 side, it is possible to access close enough and do the visual inspection. Considering the use of UAVs for inspections is recommended, especially for bearings that are challenging to access closely. It is important to confirm the required distance for UAV operations. The characteristics of supports and their installation environment are as follows:

- Bearings are often installed narrow spaces and exposed to harsh corrosion environments such as high humidity and dust accumulation, which can lead to local corrosion, abnormal corrosion, and rapid deterioration of rubber.
- Bearings are subjected to significant stresses and are prone to fracture, damage, or failure during seismic events.
- Abnormal displacements may occur due to abnormal movements in the superstructure or substructure, leading to abnormal clearances.
- The impact of vehicular loads is transmitted through road surface irregularities and expansion devices, affecting the bearings.
- Bearing bed are subjected to significant stresses and are prone to cracking, uplift, and damage.

In addition, there are specific areas in supports that are prone to damage and require special attention during regular inspections. The following table illustrates the key areas to focus on for each type of support:

- Damage and deterioration of the rubber bearing (presence of harmful cracks).
  - Displacement or deviation of the rubber bearing (allowable shear strain should not exceed 70%).
  - Abnormalities such as bulging in the rubber bearing.
  - Presence of skin peeling on the contact surface between the rubber bearing and the upper bearing plate.
  - Damage to the side blocks and breakage of side block bolts.
  - Damage to the upper bearing plate stopper.
  - Breakage of set bolts.
  - Contact damage (breakage or pull-out) and corrosion of anchor bolts, and
  - Damage to the bearing mortar or bearing concrete.
- Inspection by UAV leaves blind side/surface even if the UAV approaches to the bearings very closely. Therefore, it is not sufficient to inspect bearings just by UAV, and visual inspection by

61

engineers/inspectors are recommended even if the damage of the bearings was not found by UAV.

#### 5.9 Pier

The New Alby Bridge has two piers, with a height of over 30m from the high water level (P2 and P3). Due to the difficulty of accessing the entire surface of the piers from the river, it usually requires bridge inspectors or similar personnel. However, the use of UAVs can improve the efficiency of inspections. It is desirable to conduct inspections of bridge piers using UAVs, similar to the inspection of towers, by operating the UAVs.

Specific areas of the piers that are prone to damage and require special attention during regular inspections are the top surface, bridge seat area, corner sections, protruding attachment parts, joint locations, changes in cross-section, and column bases.

The characteristics of each area are as follows:

- ・ In the protruding sections, the environment is harsh, with direct exposure to rainwater, making them susceptible to damage.
  - ・ The upper part of the protruding attachment area experiences significant stress and is prone to cracking.
  - ・ The bearing sections are susceptible to cracking.
  - ・ The bearing sections are often confined spaces, prone to high humidity, dust deposition, and corrosive environments, leading to accelerated deterioration.
  - ・ Within the river, scouring may occur.
- During the inspection of the piers, the focus should be on identifying damages such as cracks, efflorescence, scouring, settlement, subsidence, movement, and tilting.

#### 5.10 Abutment

If it is possible to approach the abutment due to the local conditions, inspections should be conducted through close-range visual examination. UAV could be used to inspect A1 (box type abutment), at the bottom surface of the slab of box culvert section and high section of the front surface. However, it is better to inspect them directly by engineers/inspectors if the conditions allow. The following are the damages that should be particularly checked on the bridge piers:

- ・ Areas where rainwater directly falls are prone to cracking.
- ・ Cracks in areas exposed to water supply from the back can lead to the formation of efflorescence and rust stains.
- ・ Due to direct influence from the ground, settlement, tilting, and movement are more likely to occur.
- ・ Substructures located on slopes may become unstable due to undermining and erosion of the underlying ground.

#### 5.11 Bridge Surface

Inspections of the bridge surface, pavement, expansion joint, railing, and etc. should focus on the following specific damages:

- A. Joints and expansion gaps:
  - ・ Cracking and loss of continuity or integrity can occur at boundary sections.
  - ・ Presence of through cracks may lead to water leakage and significant efflorescence.
- B. Drainage basin:
  - ・ The area around the drainage system is prone to leakage and progressive damage.
  - ・ Waste and dirt/mud/soil can easily block the drainage currency and clogged.
- C. Pavement:
  - ・ Abnormalities in the concrete floor slab can lead to damages in the pavement.
  - ・ JUNCTIONS with expansion devices may experience steps or water pooling.

#### 5.12 Drainage Pipes

Inspection of drainage pipe shall be focused on the damage of the pipes (cracks, fractures, etc.) and damage of the hanging steel tools (corrosion, fracture, etc.). It is usually easy to access by UAV and check the condition.

#### 5.13 Approach Road

Inspection of approach road shall be focused on the pavement condition (crack, potholes, rutting, depression, etc.). If there is approach slab installed behind the abutment, there could be bump at the end of the slab.

#### 5.14 Slope

Inspection of slope near the bridge shall be focused on the damage of the slope which could damage the bridge in the future. Therefore, the slight damages shall be treated quickly so that there will be no harm to the bridge. There will be erosion at the begging of the damage, and could be developed to cracks, settlement, and slide. It is usually can be repaired by hand or with very small tools (shovel, soil materials, etc.).

The condition of the vegetation shall be taken care of as well. If it is dried the soil material of the slope tends to be washed away easily by the rain so it shall be repaired quickly. It is also usually easy to repair. If it is overgrown, it shall be cut quickly.

6. Analysis of Inspection

In this section, we provide examples of considerations for typical anomalies to serve as references for damage analysis at the component level. However, during actual routine inspections, it is necessary to assess and classify anomalies appropriately based on the specific conditions of the target bridge.

6.1 Prestress Cable Surface

Prestressed concrete girders usually consist of concrete with prestressed cables placed inside sheaths. After tensioning, the gaps within these sheaths are filled with cement paste called grout to prevent corrosion. However, if the grout injection is insufficient, chloride can penetrate the cables, leading to corrosion. If left unaddressed for an extended period, the corrosion progresses, resulting in a decrease in cable strength and tensioning force, gradually compromising the bridge's safety.

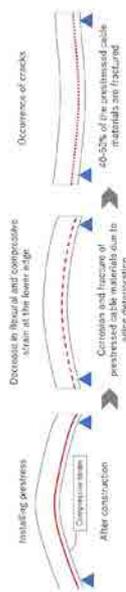


Fig. 56 Changes in Bridge Condition due to Prestress Loss

In contrast, the external cable method, also known as the external prestressing method, involves placing PC steel strands on the exterior of concrete members, distinguishing it from the conventional internal cable method where PC steel strands are positioned within the concrete elements. The external cable configuration enables a reduction in member thickness and a decrease in the web weight of the main girder by bringing the PC steel strands located within the web to the exterior. This facilitates the lightweighting of the self-weight of the main girder. The distinctive features of the external cable configuration are as follows:

- Weight Reduction of Members: By placing the cable arrangement on the outer side of the member's cross-section, the member thickness can be minimized.
- Flexibility of Arrangement: Cable arrangement in space allows compatibility with composite structures involving steel.
- Improved Constructability: Assembly of steel components and concrete pouring work can be eased.
- Reduced Maintenance: Inspection and replacement of PC steel strands are facilitated, and they offer excellent durability.
- Retrofitting of Existing Bridges: Enhancing load-bearing capacity of bridges while in

service is possible.

The tables below show types of damage to prestressed cables and provides examples.

Tab. 7 Types of Damage

Components	Types of Damage
Prestressed Cables	Corrosion, Cracks, Loosening/Detachment, Fracture, Leakage/Seepage, Unusual Sounds and Vibrations, Unusual Deflection, Deterioration of Corrosion Protection, Deformation/Loss

Tab. 8 Examples of Damages

Photographs	Remarks
	In structures that employ cables, the fracture of components or anomalies in the anchorage zones can have an impact on the overall shape. Therefore, it is possible to identify signs of anomalies from linear elements, among others. Abnormal deflection, for example, may not be solely attributed to the main cables but may also be caused by other components.
	Example of corrosion and fracture due to water ingress near the anchorage zone of a polyethylene-coated extruded bridge's diagonal cable.
	Detailed photograph of the fracture location in the above bridge. Not all visible signs may be apparent externally, and significant damage may occur internally, necessitating caution.

Photographs	Remarks
	Example of abnormal deflection occurring in the diagonal cable of a cable-stayed bridge. Verification should be conducted to ensure no abnormal deflection in the cables or tension force disturbances caused by seismic events.
	Example of damage to the coating of the diagonal cable in a cable-stayed bridge. In the case of diagonal cables, corrosion protection is provided through coatings such as polyethylene. Verification should be performed to check for damage to the coating and any indications of water ingress into the main cables.

Reference : Reference Materials for Damage Examples and Regular Inspection of Road Bridges with Tension Members, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (2022). ([https://www.mlit.go.jp/road/aisaku/yobozosen/tener/yoboz\\_1\\_2.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/aisaku/yobozosen/tener/yoboz_1_2.pdf))

### 6.2 Anchorage

Anchorage is a structure embedded in concrete elements, and it is necessary to inspect the entire anchorage, including the internal part of the embedded section, for any abnormalities or signs. Additionally, when using dissimilar metals such as stainless steel for fasteners, there is a risk of significant corrosion occurring in the steel due to dissimilar metal contact. In such cases, caution is required as simultaneous corrosion may occur in other components of the same structure. It is also necessary to check for water infiltration or stagnation within the fasteners. The tables below show types of damage to anchorage and provides examples.

Tab. 9 Types of Damage

Components	Types of Damage
Anchorage	Corrosion, Cracks, Looseness/Detachment, Fracture, Leakage/Seepage, Unusual Sound and Vibration, Unusual Deflection, Deterioration of Corrosion Protection, Deformation/Loss

Tab. 10 Examples of Damages

Photographs	Remarks
	Examples of inspections near the anchorage of cable members include cases where the anti-corrosion protection of the anchorage is deteriorated or when rainwater infiltration is suspected.
	An example of the main girder-side PC anchorage where the diagonal cable member has ruptured. If the anchorage is prone to water stagnation, there is a possibility of water infiltration and corrosion of the diagonal cable member, requiring caution.
	An inspection example near the main girder-side anchorage. In some cases, removing the protective cover and checking for water infiltration, stagnation, and internal corrosion can be effective.

Photographs	Remarks
	Fracture and Protrusion of Vertically Tied PC Steel Bars on the Underside of the Main Girder Due to Insufficient Grout Fill. The insufficient grout fill was the cause behind the fractures and protrusions of vertically tied PC steel bars on the underside of the main girder.
	Fracture and Protrusion of PC Steel Wire due to Absence of Grout Fill. Fracture and protrusion of PC steel wire due to the absence of grout fill.
	Fracture and Protrusion of Main Steel Bars. During construction, the gaps between the sheath and the steel bars were small, and the quality of the grout was suboptimal. This is believed to have caused inadequate grouting, resulting in the fractures and protrusions of the main steel bars.

Reference : (Reference Materials for Damage Examples and Regular Inspection of Road Bridges with Tension Members (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism 2020-2). ([https://www.mlit.go.jp/road/taisyo/yokozemibankei/yokoz\\_1-2.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/taisyo/yokozemibankei/yokoz_1-2.pdf))

### 6.3. Concrete Surface

The typical damages and examples occurring in concrete structures are presented in the tables below.

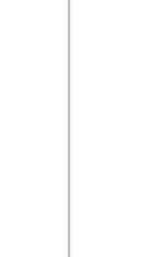
Tab. 11. Types of Damage

Components	Types of Damage	
	Superstructure	Girder
Substructure	Tower	Cracks, Delamination, Leakage and Efflorescence, Disintegration, Popout, Unusual Gap, Unusuality at Attachment Points, Discoloration and Deterioration, Leakage/Seepage, Unusual Sounds and Vibrations, Unusual Deflection, Deformation/Loss.
	Pier Abutment	Cracks, Delamination, Leakage and Efflorescence, Disintegration, Popout, Unusual Gap, Unusuality at Attachment Points, Discoloration and Deterioration, Leakage/Seepage, Unusual Sounds and Vibrations, Unusual Deflection, Deformation/Loss.

Photographs	Remarks
	An example of a protective cover for the anchorage of a cable-stayed bridge. Check if the drainage system, such as water outlets, is functioning properly to prevent water stagnation at the cable anchorage.
	An example where insufficient filling of the filling material inside the protective cover has caused partial corrosion of the anchorage steel. Water infiltration and corrosion along the diagonal member are also concerns. Checking for the presence of voids inside the protective cover using tapping sounds during the inspection can be effective.
	An example of corrosion occurring at the cable anchorage. There is a possibility that corrosion factors have penetrated from the anchorage into the internal part, so caution is necessary. It is also important to pay attention to the decrease in drainage function of other components, such as water infiltration from expansion devices.
	Case of Corrosion Fracture and Protrusion of Lateral Tying Steel Bars. Instances where lateral tying steel bars of a PC girder experienced corrosion-induced fractures and protrusion. The lateral tying of PC girders often had gaps due to the small clearance between the sheath and the steel bars, as well as the inadequacy of the grout material to sufficiently fill the gaps until the current viscous grout and larger sheath diameters were introduced. Water penetration into the gaps is presumed to have led to the corrosion of the sheath and steel bars, ultimately resulting in fractures.

Photographs	Remarks
	There are numerous cracks, delamination, and exposed reinforcement in the girder, and corrosion of internal steel is widespread.
	Cases where significant visible cracks strongly indicate corrosion of internal steel members at the anchorage of PC bridges.
	Visible cracks are easily noticeable upon close inspection, and rapid deterioration is expected due to significant ongoing leakage.
	The condition where easily visible cracks are present, and rapid deterioration is expected due to significant ongoing leakage, etc. (Urgent measures stage)
	There are numerous cracks in the main structural members, and internal steel fractures are suspected to occur in various locations.

**Tab. 12 Examples of Damages**

Photographs	Remarks
	<b>Cracks</b> The condition where there is no impairment to the functionality of the structure, but measures are desirable from a preventive maintenance perspective (Preventive maintenance stage).
	This case where easily visible cracks are present but is considered to have a low probability of progression. For example, in locations or conditions where there is minimal or no cyclic stress variation, and where there is no or minimal possibility of corrosion to internal steel due to rainwater infiltration.
	This case shows prominent cracks that are easily noticeable visually, and if left untreated, deterioration is expected to progress significantly due to factors such as rainwater infiltration into the interior.
	The condition where there are prominent visible cracks that, if left unaddressed, will inevitably deteriorate due to factors such as rainwater infiltration into the interior (Early intervention stage)
	This case shows visible cracks that are easily noticeable upon close visual inspection, and corrosion of internal reinforcing bars or prestressed steel is progressing.

BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEWABAY BRIDGE BY UAV / (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

Photographs	Remarks
	This case shows widespread regular cracks without prominent efflorescence, and it is necessary to understand the underlying cause.
	This case shows irregular cracks occurring in two directions without prominent efflorescence. (If aggregate pop-outs are observed, alkali-aggregate reaction is also suspected to occur.)
	This case shows suspicion of salt damage or alkali-aggregate reaction occurring.
Cracks in Slabs 	The structure is not experiencing any functional impairment, but it is desirable to take measures from a preventive maintenance perspective. (Preventive maintenance stage)

BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEWABAY BRIDGE BY UAV / (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

Photographs	Remarks
	Numerous cracks are occurring in the main structural members, and internal steel fractures are suspected to occur in various locations.
	Significant cracks are occurring at locations such as the beam support of the main structural members, where failure directly leads to bridge collapse.
	The condition where impairment to the functionality of the structure has occurred or is highly likely to occur, requiring urgent measures (Emergency measures stage).
	Significant cracks are occurring in the lower beam or column, and there is a possibility of bridge collapse if further progression occurs.
Instances requiring a detailed understanding of the condition 	This case shows suspicion of salt damage or alkali-aggregate reaction occurring.

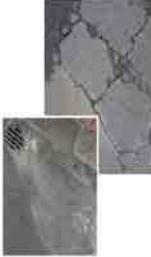
BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEW ABAY BRIDGE BY UAV (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

Photographs	Remarks
	This case shows densely developed grid-like cracks accompanied by leakage or widespread damp crack concentration on the underside of the floor slab.
	This case shows densely developed grid-like cracks accompanied by significant leakage or if there are widespread damp crack concentration areas on the underside of the floor slab.
	Rainwater has penetrated into the interior of the floor slab, causing widespread corrosion of the reinforcing bars.
	The condition where easily visible cracks are present, and rapid deterioration is expected due to significant ongoing leakage, etc. (Urgent measures stage)
	The concrete of the floor slab has lost its integrity in certain areas (easily dislodged under actions like cyclic loading).

BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEW ABAY BRIDGE BY UAV (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

Photographs	Remarks
	This case shows extensive grid-like cracks throughout the entire floor slab without significant leakage.
	This case shows relatively few cracks but noticeable penetrating cracks (leakage, lime deposits).
	This case shows significant infiltration of rainwater into the interior of the floor slab, and rapid deterioration is expected if left untreated.
	This case shows relatively few cracks but noticeable penetrating cracks (leakage, lime deposits).
	The condition where there are prominent visible cracks that, if left unaddressed, will inevitably deteriorate due to factors such as rainwater infiltration into the interior (Early intervention stage).

BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEW ABAY BRIDGE BY UAV (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

Photographs	Remarks
	This case shows noticeable lifting, delamination, and exposed reinforcement on the underside of the floor slab. Deterioration may be progressing within the floor slab.
	This case shows unique discoloration and leakage observed in certain parts of the floor slab.
	In case where there is no grid-like cracking accompanied by significant leakage, but prominent discoloration is spreading across the entire surface, raising suspicion of stagnant water within the concrete.
	This case shows distinctive cracks and white discoloration are observed on the pavement surface, there may be significant damage to the underlying floor slab.
<p><b>Spalling and Rebar Exposures, and Popout</b></p> <p>The condition where biters and delamination occur on the surface of concrete members, and if reinforcement is exposed in the delaminated areas, it is referred to as reinforcement exposure. (If cracks are present, they are also evaluated.)</p>	

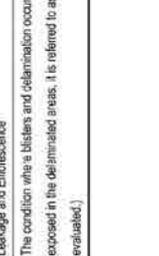
BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEW ABAY BRIDGE BY UAV (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

Photographs	Remarks
	This case shows significant cracks accompanied by leakage and clear spalling on the underside of the floor slab.
	This case shows densely developed grid-like cracks accompanied by significant leakage.
	This case shows development of white cracks with lime deposits and discoloration due to infiltration in certain parts of the underside of the floor.
	<p>Cases where a detailed assessment of the condition is necessary.</p> <p>This case shows where irregular cracks have developed and prominent discoloration is spreading across the entire surface, there may be a combination of deteriorations such as alkali-aggregate reaction.</p>

BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEW ABAY BRIDGE BY UAV (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

Photographs	Remarks
	When water leakage occurs from the floor slab (continuous leakage from the same location due to penetrating cracks, etc.), local deterioration may become apparent.
	When water leakage occurs from the boundary between members (due to degradation of the jointing material or rainwater infiltration into the member, resulting in deterioration of the member), Corrosion of the transverse reinforcement crossing the boundary may occur.
	When water leakage and efflorescence occur at the joints of precast members (due to corrosion of PC steel members or reinforcement between members and the spread of corrosion inside the members along the steel members).
Discoloration and Deterioration 	Characteristic discoloration is observed on the surface of a PC bridge. It may indicate severe corrosion of internal PC steel members.

BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEW ABAY BRIDGE BY UAV (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

Photographs	Remarks
	The condition where there is delamination and exposed reinforcement in concrete members, and concrete fragments may fall off.
	This case shows blistering and delamination in concrete members, there may be ongoing corrosion of the steel reinforcement inside.
	This case shows blistering and delamination in concrete members, there may be internal cracking progressing due to significant external forces such as earthquakes.
	This case shows blistering and delamination in concrete members, it may occur due to the deterioration of repaired sections.
Leakage and Efflorescence 	The condition where a blisters and delamination occur on the surface of concrete members, and if reinforcement is exposed in the delaminated areas, it is related to as reinforcement exposure. (If cracks are present, they are also evaluated.)

Photographs	Remarks
	Stagnant water occurs inside members such as box girders (due to leakage into the members caused by cracks or damaged drainage facilities). Stagnant water may be present.

Reference : 「Guidelines for Regular Inspection of Road Bridges (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism 2020.2)」 ([https://www.mll.jp/road/saku\\_yobozoe/kenkyuobok\\_1.pdf](https://www.mll.jp/road/saku_yobozoe/kenkyuobok_1.pdf))

#### 6.4 Bearings

The typical damages and examples occurring in bearings are presented in the tables below.

Tab. 13 Types of Damage

Components	Types of Damage
Bearing	Fracture, Unusual Gap of Bearing, Malfunction of Bearing Function, Discoloration and Deterioration, Leakage/Seepage, Unusual Sounds and Vibrations, Deformation/Loss, Loosening/Detachment, Accumulation of Sediment.

Tab. 14 Examples of Damages

Photographs	Remarks
	The condition where there is no impairment to the functionality of the structure, but measures are desirable from a preventive maintenance perspective (Preventive maintenance stage).  The paint on the bearing has deteriorated, and the pedestal concrete has started to peel off. If left untreated, further deterioration is expected, making it difficult to maintain the bearing's functionality through repairs.

Photographs	Remarks
	Fire marks are observed. It may indicate a decrease in the strength of the members.
	Abnormal discoloration is observed on the surface of concrete members. It may exhibit unique colors due to the deterioration of aggregates or infiltration conditions.
Leakage/Seepage	
	Cases where abnormal water leakage or stagnant water occurs on the surface or inside the members, independent of the original rain drainage mechanism such as expansion joints or drainage facilities. (Temporary stagnant water due to heavy rainfall or similar causes, which is not abnormal, is excluded.)
	Significant water leakage is observed between girders. It may cause long-term stagnant water on the underside of the superstructure, where water such as leakage is not promptly drained.
	Stagnant water occurs inside members such as box girders (due to gaps in the members or leakage into the members caused by damaged drainage facilities). Stagnant water may be present.

BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEW ABAY BRIDGE BY UAV (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

Photographs	Remarks
	Abnormal space is observed in the bearings or at the ends of the beam, further investigation is required to determine the cause.
	Damage to the bearing attachment affects its functionality, further investigation is necessary to determine the cause and evaluate the load-carrying capacity.
	Loosening/Detachment of Bolts The anchor bolts or attachment bolts of the bearing are loose.
	Accumulation of Sediment Sediment accumulates on the bridge abutment surface, it creates an environment prone to water stagnation, which can lead to concrete degradation.  This case shows sediment accumulation on the bearing, it may lead to functional impairment by promoting corrosion.

BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEW ABAY BRIDGE BY UAV (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

Photographs	Remarks
	The corrosion resistance function of the bearing component significantly deteriorates, and corrosion progresses throughout, it is expected that rapid restoration of functionality would be difficult if left unattended.
	The condition where there are prominent visible cracks that, if left unaddressed, will inevitably deteriorate due to factors such as rainwater infiltration into the interior. (Early intervention stage).  This case shows significant cracks in the rubber bearing body, it is believed that it may not provide the required functionality against significant external forces such as earthquakes.
	The condition where easily visible cracks are present, and rapid deterioration is expected due to significant ongoing leakage, etc. (Urgent measures stage).
	The pedestal mortar is damaged, leading to a significant decrease in the load-carrying capacity of the bearing (posing a potential risk of large road surface unevenness or beam detachment), remedial measures should be taken.  The beams and substructure of the bearing and its mounting area are significantly damaged, it indicates a loss of bearing functionality, which may lead to the risk of bridge collapse.
Cases where a detailed assessment of the condition is necessary.	

Photographs	Remarks
	In river bridges, if deformation is observed in the entire bridge. (The bridge may be in a hazardous condition due to scouring or substructure settlement.)
	In river bridges, if deformation of the entire bridge is observed due to pier settlement. (The bridge may be in a hazardous condition due to scouring or substructure settlement.)
	In river bridges, if deformation of the entire bridge is observed due to pier tilting. (The bridge may be in a hazardous condition due to scouring or substructure settlement.)
Scouring Scouring occurring in the foundation.	Significant scouring of the foundation due to flowing water.
	

Photographs	Remarks
	Sediment accumulates on the bridge abutment surface (creating an environment prone to water stagnation and potential concrete degradation).

Reference : Guidelines for Regular Inspection of Road Bridges (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism 2020.2). ([https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozon/tenken/yoboh\\_1.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozon/tenken/yoboh_1.pdf))

### 6.5 Riverbed

The typical damages and examples occurring in riverbed is presented in the tables below.

Tab. 15 Types of Damage

Components	Types of Damage
Riverbed	Cracks, Spalling and Rebar Exposure, Settling, Movement, Tilt, Scouring.

Tab. 16 Examples of Damages

Photographs	Remarks
	Visible deformation observed in the entire bridge. (The entire bridge may be in a hazardous condition due to substructure tilting or settlement.)

Photographs	Remarks
	This case shows signs of sand ejection around the substructure. (In the event of liquefaction, the substructure may experience subsidence or tilting.) Note: The presence or absence of abnormalities in the example photo is unknown.
	This case shows suspicion that the bridge piers have subsided, moved, or tilted due to the collapse of backfilling. (If there are changes in the ground around the substructure, the entire bridge may be in a dangerous state.)
	Repairing walls that protect the substructure from erosion have subsided due to excavation.
	This case shows significant changes in the ground near the foundation (such as compromised stability of the substructure), the entire bridge may be in a dangerous state.

Reference : 「Guidelines for Regular Inspection of Road Bridges (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism 2020.2)」 ([https://www.mlit.go.jp/road/sakuyobohosen/kenkyubok\\_1.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sakuyobohosen/kenkyubok_1.pdf))

Photographs	Remarks
	This case shows scouring progressing due to a flood (Scouring can lead to settlement and tilting of bridge piers.)

Reference : 「Guidelines for Regular Inspection of Road Bridges (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism 2020.2)」 ([https://www.mlit.go.jp/road/sakuyobohosen/kenkyubok\\_1.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sakuyobohosen/kenkyubok_1.pdf))

### 6.6 Revetment

The typical damages and examples occurring in revetment is presented in the tables below.

Tab. 17 Types of Damage

Components	Types of Damage
Revetment	Cracks, Spalling and Rebar Exposure, Settling, Movement, Tilt, Scouring

Tab. 18 Examples of Damages

Photographs	Remarks
	This case shows suspicion of displacement in the substructure. (If there are changes in the ground around the substructure, the entire bridge may be in a dangerous state.)

Settlement, Movement, or tilt.  
Unusual settlement, movement, or tilt occurring in the foundation or substructure. (For bearings, it is evaluated as a functional impairment of the bearing.)

6.7 Pavement, Expansion Joint, and Drainage Facilities

The typical damages and examples occurring in pavement is presented in the tables below.

Tab. 19 Types of Damage

Components	Types of Damage
Pavement	Surface Irregularities, Unusuality of Attachment Points, Accumulation of Sediment.
Expansion Joint	Unusual Gap of Expansion Joint, Surface Irregularities, Deformation and Deterioration, Leakage/Seepage, Unusual Sounds and Vibrations, Deformation/Loss, Accumulation of Sediment.
Drainage Facilities	Corrosion, Friction, Deterioration of Corrosion Protection, Discoloration and Deterioration, Leakage/Seepage, Deformation/Loss, Accumulation of Sediment.

Tab. 20 Examples of Damages

Photographs	Remarks
	Unusuality in pavement Cases of unusuality such as cracks, popout, potholes, and the seepage of water or fine on the pavement surface.
	This case shows specific damages observed on the pavement surface, it is possible that the floor panels have been significantly damaged. (For example, the upper surface of a concrete floor panel has become sandy.)
	This case shows specific damages observed on the pavement surface, it is possible that the floor panels have been significantly damaged. For example, the floor panel has become sandy (in the case of concrete floor panels) or fatigue cracks have appeared (in the case of steel floor panels).

Photographs	Remarks
	This case shows specific damages observed on the pavement surface, it is possible that the floor panels have been significantly damaged. For example, the floor panel has become sandy (in the case of concrete floor panels) or fatigue cracks have appeared (in the case of steel floor panels).
	This case shows specific damages observed on the pavement surface, it is possible that the floor panels have been significantly damaged. (For example, there are penetrative cracks on the steel floor panels.)
	Unusual Gap Cases of unusual gap in the spacing between girders, as well as in the displacement and clearance of expansion joints, supports, and bridge collapse prevention systems.
	The end of the girder is in contact with the substructure. (The substructure may be displaced.)
	The expansion joint has an abnormally narrow gap. (It may be caused by the displacement of the substructure due to earthquakes.)

BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEW ABAY BRIDGE BY UAV (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

Photographs	Remarks
	This case shows a clear misalignment in the expansion joint. (It may be caused by the subsidence of the earthwork section or the destruction of the supports due to earthquakes.)
<b>Accumulation of Sediment</b>	
	The road surface drainage is poor due to accumulation of sediment. The expansion joint is clogged with soil and sand.
	The road surface drainage is poor due to clogging of the drainage inlet.
	The drainage pipe is corroded and has missing sections. (The damage to the drainage pipe can have a serious impact on the bridge structure due to the scattering of drainage.)

Reference : 「Guidelines for Regular Inspection of Road Bridges (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism 2020)」. ([https://www.mlit.go.jp/road/saisaku/rozkosenkenkyujob4\\_1.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/saisaku/rozkosenkenkyujob4_1.pdf))

BRIDGE INSPECTION GUIDELINE OF NEW ABAY BRIDGE BY UAV (DRONE)  
Sep. 2023, JICA

Photographs	Remarks
	The expansion joint has an abnormally narrow gap. (It may be caused by the displacement of the substructure due to earthquakes.)
	The gap of the expansion joint is uneven (in the perpendicular direction to the bridge axis). (In addition to the displacement of the substructure caused by earthquakes, abnormal horizontal displacements can occur in the superstructure and substructure due to abnormalities in the superstructure or damage to the supports.)
	This case shows irregularities at the boundary with the expansion joint. (Partial damage may occur due to impact loads from vehicles.)
	This case shows a clear gap at the boundary with the earthwork section. (The earthwork section may have subsided due to earthquakes.)
	This case shows significant irregularities in the road surface at the boundary between spans. (It may be caused by the subsidence or tilting of the substructure or damage to the supports.)

### 6.8 Railings

The typical damages and examples occurring in railings are presented in the tables below.

Tab. 21 Types of Damage

Components	Types of Damage
Railings	Cracks, Spalling and Rebar Exposure, Leakage and Efflorescence, Popout, Discoloration and Deterioration, Deformation, Loss

Tab. 22 Examples of Damages

Photographs	Remarks
	Delamination with exposed reinforcement on the surface of the pavement indicate that neutralization has progressed due to insufficient concrete cover, leading to corrosion of the reinforcement. Further corrosion occurs due to water penetration, resulting in concrete spalling. This area with insufficient cover is exposed to an environment that facilitates neutralization, particularly due to exhaust gas.
	Delamination with exposed reinforcement on the surface of the pavement.
	Within the blistering on the painted surface, neutralization and water penetration likely occurred before the painting process, causing expansion and corrosion of the reinforcement, leading to blistering and delamination in the concrete. Impact sound testing is necessary.

Photographs	Remarks
	Delamination and exposed reinforcement on the surface of the subgrade suggest that neutralization has progressed due to insufficient concrete cover, resulting in corrosion of the reinforcement. Further corrosion occurs due to water penetration, leading to concrete spalling.
	Delamination and exposed reinforcement on the surface of the subgrade suggest that neutralization has progressed due to insufficient concrete cover, resulting in corrosion of the reinforcement. Further corrosion occurs due to water penetration, leading to concrete spalling.
	Delamination and exposed reinforcement on the subgrade.

Reference : 「Guidelines for Conducting Overall Inspections (Draft) (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, H25.2)」 (<https://www.mlit.go.jp/road/ir/fr-council/pdf/roadbook02.pdf>)

### 6.9 Approach Road

The typical damages of approach road very similar to the damages of asphalt pavement surface. If there are approach slabs behind the abutment wall, there would be damages due to the existence of the approach slab. The examples of the damages due to the existence of approach slab are presented in the tables below.

Tab. 23 Types of damage

Components	Types of damage
Approach Road	Settlement, Bumps Cracks, Potholes. Depression of approach road is found only when the approach slabs are heavily damaged. If there is no approach slab installed behind the abutment wall, the damage is very similar to the asphalt pavement of embankment section

Tab. 24 Examples of damages

Photographs	Remarks
	When the approach embankment settles, the approach slab will follow the settlement and it will leave the gradient change. It could also leave bump at the end section of the approach slab.
	Depression with potholes is usually observed when the approach embankment is settled considerably. It is remarkable when the approach slab is not installed. However, it can also be observed at the section with approach slabs when the slab is heavily damaged. This type of damage can be found by crack on the surface at the very beginning of the damage.

6.10 Slope

The typical damages and examples of slope behind the abutment of bridge are presented in the tables below.

Tab. 25 Types of damage

Components	Types of damage
Slope (embankment)	Erosion, Vegetation (Drying, Overgrowth), Crack, Settlement, Slide, etc. Small erosion and abnormal vegetation are a first sign of the damages on the slope on the embankment. It should be removed/repairs as soon as possible after it is observed. Crack, settlement, slide is very severe damage of the slope. The traffic shall be regulated, and necessary emergency repair is required before filling the regulation.
Slope (Cut section)	There are basically very similar types of damage on the slope of the cut section behind the abutment. However, there are often supported by retaining wall, riprap and masonry. When these structures support the slope, the damages of these structures shall be inspected and evaluated for the future repair works.

Tab. 26 Examples of damages

Photographs	Remarks
	<p>Slope can be eroded by rain flow and the damage can be increased very easily. The upper photo is the erosion of the cut section, and the bottom is the embankment section. If it is accessible by foot, it shall be inspected by the inspector by himself. How ever if it is very difficult to access by foot, UAV is utilized to see the details.</p>
	<p>Taking care of the vegetation is also very important to keep the slope in good condition. The photo is an example of overgrowth of the vegetation which requires cutting.</p>

7. Expansion to the Other Bridges and Analysis

Sight Inspection by UAV (Drone) can be extended to other types of bridges which has difficult access. It can be because the bridge is located at the very high altitude from the bottom of crossings, such as riverbed, road/railway surface. The main objectives of the inspection by UAV are to find visual damages which cannot be found without getting close to them. Therefore, the most part of the inspection method can be extended to other types of bridge. This chapter treats the important and additional aspects in inspecting other types of bridge.

7.1 Steel Truss/Arch Bridges

Steel Truss/Arch Bridges usually have long spans and difficult access to the components/members of them because these types of superstructure have been selected to cross wide rivers or deep valleys. Therefore, these bridges should be inspected by UAV in the same method with the Abay Bridge.

However, the details of damages shall be referred to those of steel members. Specially if there is the crack/fracture of the structural members, it is necessary to execute the detailed inspection with appropriate equipment. It is also required to consider regulating the traffic (specifically the heavy vehicles) which crosses the bridge. The bridge operation organization shall remember that a fracture of a steel structural member can result in sudden collapse of the superstructure.

7.2 PC-girder Bridges

PC-girder bridges without outer cables also have long spans and are erected to cross wide rivers or deep valleys. Specifically, relevantly new bridges are constructed with concrete rather than steel members due to the development of new construction methods of concrete superstructure.

There are huge needs of inspection by UAV for these bridges as well. This guideline can also be a guideline for the inspection of PC-girder bridges since it covers all the damages which could be found on the PC-girder bridges as well.

7.3 Other Bridge with Outer Cables

Suspension bridges, Cable-stayed bridges, and PC-box girders with outer cables are the other bridges with outer cables apart from Extra-dozed bridges. These cables basically have same damages and characters with Abay Bridge's outer cables. There are huge needs of inspection by UAV for these bridges as well. This guideline can also be a guideline for the inspection of these types of bridges since it covers most of the damages which could be found on the outer cables of these bridges as well.

#### 7.4 3D Scanning Data Utilization

Inspection by UAV can be extended by 3D scanning of the existing bridges. It is remarkably valuable if there are not any as-built drawings available for the management organization. It can be utilized to restore the general view of the bridge as well as the main components of the bridge. It is also useful to manage the direction, displacement, and incline of the bridge. It is also able to expand to digital twin for the bridge asset management of the future. There are many possibilities for the bridge management utilizing UAV for effective and efficient bridge management in the future. Therefore, the inspection by UAV should not be limited to the contents of this guideline and the bridge management organization shall update and upgrade the inspection contents and result.

# REFERENCE MATERIAL ON EXAMPLE OF DAMAGE TO ROAD BRIDGES USING TENSILE MEMBERS AND PERIODIC INSPECTIONS



## (3) Reference Material on Example of Damage to Road Bridges Using Tensile Members and Periodic Inspections

### 1. Examples of Structural Types of Road Bridges with Tension Members

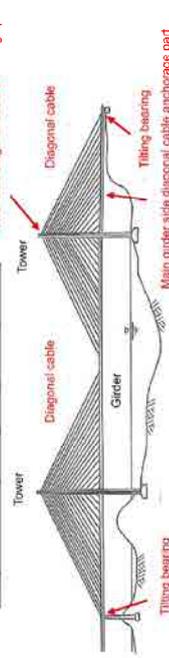
In some road bridges, it is feared that if a tension member breaks, the entire bridge may reach a fatal state or have a significant impact on the behavior of the bridge as a whole. For example, a bridge with the following members would fall under category.

- 1) Tension member: cables, hanging members, rocking bearings, ground anchors, etc.
- 2) Anchorage zone of 1) (Anchorage elements for anchoring tension members and reinforced parts for placing anchors)
- 3) Members that affect the behavior of 1) and 2)

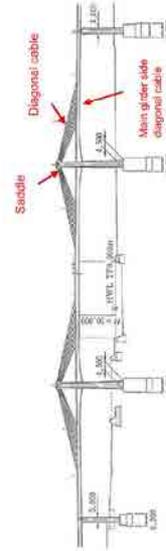
Representative structures having these members are following structures. For structures other than these, during periodic inspections, it is advisable to check whether the bridge has tension members that have a large impact on the stability and behavior of the entire bridge when fractures occur.

#### 1) Cable-Stayed Bridge, Extradosed Bridge

Example of cable-stayed bridge configurations (Side-view)

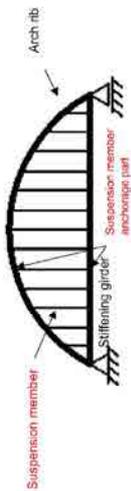


Example of extradosed bridge configurations (Side-view)



3) Arch Bridge

Example of arch bridge configurations (Lothse Bridge) (Side-view)



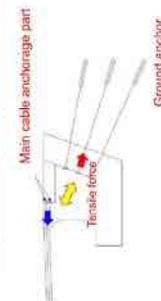
Case where suspension members are arranged diagonally

- 1.) Tension member : Suspension member
- 2.) Tension member anchorage : Suspension member anchorage

4) Suspended Slab Bridge

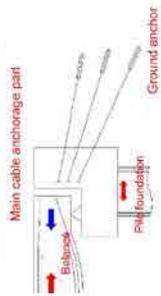


Straight Road Type Suspended Slab Bridge



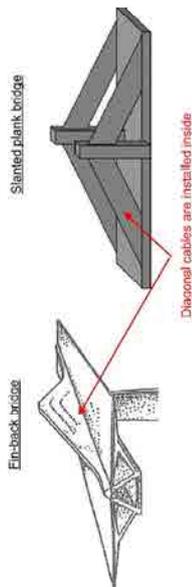
Other anchor type anchorage structure

Deck Type Suspended Slab Bridge



Self-anchor type anchorage structure

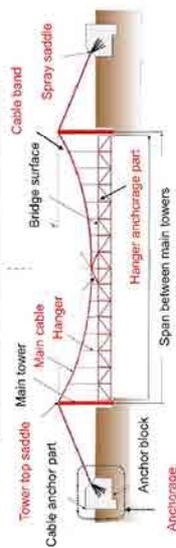
Other structural types



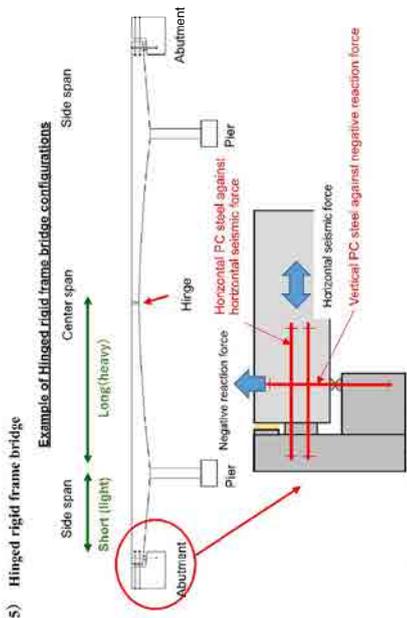
- 1.) Tension member : Diagonal cables  
Tilting bearings
- 2.) Tension member anchorage : Main girder diagonal cable anchorage  
Tilting bearing anchorage
- 3.) Members that affect the behavior of 1) and 2) : Saddle

2) Suspension Bridge

Example of suspension bridge configurations (Side-view)



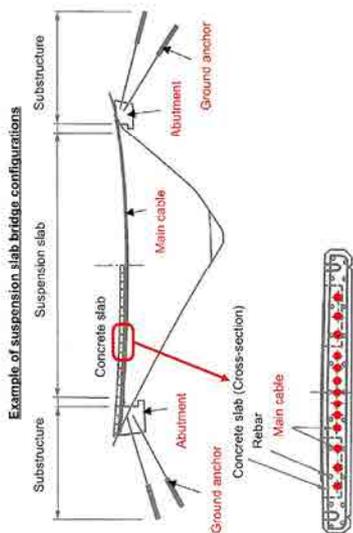
- 1.) Tension member : Main cable  
Hanger
- 2.) Tension member anchorage : Anchorage (Main cable anchorage)  
Hanger anchorage (Hanger anchorage part (main girder side))  
Cable band (Hanger anchorage (main girder side))
- 3.) Members that affect the behavior of 1) and 2) : Saddle



- 1) Tension member : Vertical PC steel  
Horizontal PC steel
- 2) Tension member anchorage : Vertical PC steel anchorage  
Horizontal PC steel anchorage
- 3) Member that affect the behavior of 1) and 2) : Abutment



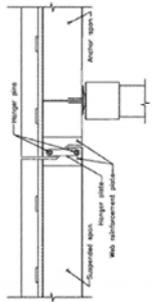
- 1) Tension member : Outer cable
- 2) Tension member anchorage : Outer cable anchorage
- 3) Member that affect the behavior of 1) and 2) : Deflection part



- 1) Tension member : Main cable  
Ground anchor
- 2) Tension member anchorage : Main cable anchorage  
Ground anchor anchorage
- 3) Member that affect the behavior of 1) and 2) : Abutment

Cable	1/35
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cables support dead loads of girders and live loads acting on girders, and are members that transmit the tension to towers and anchorages in suspension structure bridges.</li> <li>• As the cable breaks, the load that it is supporting and influences of impact affects other members and cables. This may affect the safety of the bridge as a whole by causing damage to other members and cables.</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Typical examples of cables and anti-corrosion methods are as follows.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Examples of stranded wire                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Plating (one strand) </li> <li>Plating (multiple bundles) </li> <li>Plating+wrapping wire+painting </li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Rust preventive oil + polyethylene coating  <ul style="list-style-type: none"> <li>Concrete coating </li> </ul> </li> </ul> <li>• Examples of locked coil                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Plating </li> <li>Example of parallel cable                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Plating + wrapping wire + painting </li> </ul> </li> </ul> </li> </div> <p style="margin-top: 10px;">                 ■ <b>Note</b>                  Various types of cables are used, and each type has different mechanical properties, safety factors, and anti-corrosion specifications. In inspection, it is necessary to identify the type of cable, understand its characteristics and structure, and then accurately diagnose abnormalities related to soundness and their symptoms.             </p>

**7) Other structural examples**  
 As an example, a case is shown in which a pin hanger is used to connect girders in the middle of spans.  
 In addition to this, it is advisable to carry out periodic inspections of tension members, bearing in mind the impact on the bridge if they break.



**Example of pin hanger structure**

**2. Notes on Periodic Inspection**  
 Based on the results of periodic inspections and diagnostic results, examples of damage to the members and bridges shown in 1. and points to note in periodic inspections are shown. In addition, since there is a limit to grasping deformation by close-up visual inspection, it is necessary to consider applying non-destructive inspection technology etc. as necessary.

Cable	3/35
 <p data-bbox="363 324 523 604">An example of cracks in a suspension slab of a suspended slab bridge in which the main cable is placed inside concrete. In the case of the inner cable, check whether there is any damage to the concrete and whether there is any deformation that may indicate water intrusion into the main cable.</p> <p data-bbox="523 324 582 604">* The photo shows an example of cracks on the underside of a suspended slab bridge</p>	 <p data-bbox="590 324 790 604">An example of cracking along the PC steel on the concrete covering the PC steel.</p>
 <p data-bbox="790 324 949 604">* The photo shows an example of cracks on the lower surface of the PC girder</p> <p data-bbox="949 324 1189 604">A case where cables placed in concrete corroded or broke due to insufficient grout filling or water intrusion. When the cables of cable-stayed bridges and extradosed bridges are covered with concrete, the deformation of internal steel may appear as floating concrete, pooling, rust juice, and precipitation of free lime. Therefore, it is better to check the condition of the concrete by hammering test.</p>	<p data-bbox="1189 324 1212 604">* The photo shows an example of cracks on the lower surface of the PC girder</p> <p data-bbox="1212 324 1236 604"><b>Note</b></p> <p data-bbox="1236 324 1276 604">■ If the steel inside the concrete is suspected of being corroded, it is conceivable to check the inside by chipping or non-destructive inspection.</p>

Cable	2/35
 <p data-bbox="391 1265 582 1534">A case where a stay cable covered with concrete was broken and a bridge collapsed.</p>	 <p data-bbox="590 1265 742 1534">A case of collapse of a cable-stayed bridge with stay cables covered with concrete. (Polcevera viaduct)</p>
 <p data-bbox="758 1265 949 1534">A case of collapse of suspended slab bridge with cables inside concrete. (Troja-footbridge). (Source : <a href="https://structure.net/structures/troja-footbridge/">https://structure.net/structures/troja-footbridge/</a>)</p>	 <p data-bbox="957 1265 1276 1534">In a structure using cables, a breakage of a member or an abnormality in an anchorage tends to affect the overall shape, so there are cases where signs of an abnormality can be found from the alignment or the like. If abnormal deflection is observed, it may be caused not only by the main cable but also by other members.</p> <p data-bbox="1117 1265 1276 1534">* The photo is an example of a suspension bridge.</p> <p data-bbox="1276 1265 1300 1534"><b>Note</b></p>

Cable	5 / 35
	<p>A case of corrosion and breakage due to water intrusion near anchorage of stay cable of polyethylene-coated in extruded bridge.</p>
	<p>A photo of the broken section of the bridge above. It is important to note that signs do not necessarily appear on the visible outside, and that there may be more serious damage inside than assumed from the signs on the outside.</p>
	<p>An example of damage to the PC steel coating of a suspended slab bridge where the main cable is placed outside the concrete. In the case of external cables, corrosion protection is provided by coating such as polyethylene. It is necessary to check whether there is any damage to the coating and whether there is any deformation that may indicate water intrusion into the main cable.</p>
	<p>An example of the PC anchorage on the main girder side of the above bridge where the stay cable was broken. If the anchorage has a structure that allows water to accumulate, water may enter the inside of the anchorage and corrode the stay cable, so care must be taken.</p>
<p><b>Note</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ The cause of fracture is not only the effect of corrosion, but also the effect of fatigue due to live load or wind load, or a combination thereof. Therefore, it is necessary to check whether there is any damage to the surrounding members installed for wind resistance, and to confirm the possibility of the effect of fatigue.</li> </ul>	

Cable	4 / 35
	<p>An example of regular damage to concrete covering PC steel. Even if there are no cracks, there may be discoloration, floating, and peeling due to corrosion of spacers, assembled reinforcing bars, shear reinforcing bars, etc., and further deformation of the internal steel may be suspected. It is necessary to estimate the internal state by comprehensively judging the information obtained from the external appearance.</p>
	<p>* The photo shows an example of cracks on the lower surface of the PC girder.</p>
<p><b>Note</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ If the steel inside the concrete is suspected of being corroded, it is conceivable to check the inside by chipping or non-destructive inspection.</li> </ul>	

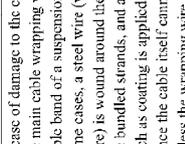
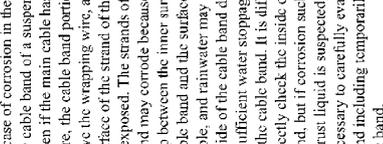
Cable	7/35	<p>Cable damage may be caused not only by corrosion, but also by fatigue caused by live load or wind load, or by a combination thereof. Therefore, it is advisable to pay attention not only to the cable main body but also to whether or not the surrounding members are damaged.</p>  <p>The photo shows an example of damage to the saddle protection cover.</p>  <p>The photo shows an example of control wire damage.</p> <p><b>Note</b></p>
-------	------	--

Cable	6/35	<p>An example of inspection near the main girder anchorage. Depending on the situation, it may be effective to remove the protective cover and check for water intrusion, retention, and internal corrosion.</p>  <p>A case of abnormal deflection of the stay cables of a cable-stayed bridge. It is necessary to check whether the cable has been abnormally flexed due to an earthquake, etc., and whether the cable tension has been abnormal.</p>   <p>A case of damage to the covering of a stay cable of a cable-stayed bridge. In the case of stay cable, corrosion protection is provided by coating such as polyethylene. It is necessary to check whether there is any damage to the coating and whether there is any deformation that may indicate water intrusion into the main cable.</p>  <p><b>Note</b> ■ It is better to consider how to grasp the detailed condition inside the cable.</p>
-------	------	---

Cable	9/35
	<p>A case where deterioration of the anti-corrosion function and corrosion are observed in the entire main cable.</p>
	<p>A case where corrosion accompanied by cross-section reduction is observed in the main cable.</p>
	<p>A case where a break is seen in the main cable.</p>
	<p>A case where the corrosion of the main cable progresses and disconnection is seen in the strands.</p>
<p><b>Note</b></p> <p>■ When dissimilar metals such as stainless steel are used for fasteners and the like, there is a risk that the steel material will be significantly corroded due to contact between the dissimilar metals. In this case, it is necessary to pay attention to the possibility that other parts of the same structure may be simultaneously corroded.</p>	

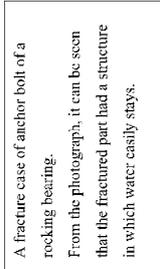
Cable	8/35
	<p>A case where the galvanization of the main cable of a suspension bridge is worn out. It is difficult to accurately diagnose an abnormality such as corrosion inside a cable, in which a plurality of strands are bundled, just by looking at the appearance. Therefore, it is necessary to comprehensively judge the various information obtained from the appearance, such as the state of corrosion on the surface, leakage of rust liquid from the inside, deterioration and rust liquid from the inside, deterioration and consumption of rust preventive oil, and estimate the state of the interior that cannot be seen from the outside.</p>
	<p>A case where localized corrosion (pitting corrosion) is seen on the main cable.</p>
<p><b>Note</b></p>	

Cable	11/35
	<p>A suspected case where the anticorrosive function of the main cable of a suspension bridge is lost due to the deterioration of the anticorrosive agent.</p>
	<p>A case of wire breakage inside the wrapping wire. Since the surface of the cable is strictly protected against corrosion, it is often difficult to detect abnormalities such as internal corrosion from the outside. If an internal abnormality is suspected, it may be necessary to remove the anti-corrosion (anticorrosion material, protective wire, etc.) and check the inside.</p>
	<p>A case of a break in the strand of the main cable near the end of the cable band of a suspension bridge.</p>
<p><b>Note</b> ■ If an abnormality inside the cable is suspected, it is necessary to check whether there is any non-destructive inspection technology that can be applied. If necessary, it is necessary to consider removing a part of the wrapping wire or driving a wedge into the wire to confirm the inside directly visually.</p>	

Cable	10/35
	<p>A case of damage to the caulking of the main cable wrapping wire and the cable band of a suspension bridge. In some cases, a steel wire (wrapping wire) is wound around the surface of the bundled strands, and anti-corrosion such as coating is applied thereon. Since the cable itself cannot be seen, unless the wrapping wire is removed, it is necessary to check the soundness of the wrapping wire and the surface of the wrapping wire for signs of internal anomalies.</p>
	<p>A case of corrosion in the cable inside the cable band of a suspension bridge. Even if the main cable has a wrapping wire, the cable band portion does not have the wrapping wire, and the surface of the strand of the main cable is exposed. The strands of the cable band may corrode because there is a gap between the inner surface of the cable band and the surface of the main cable, and rainwater may reach the inside of the cable band due to insufficient water stoppage at the end of the cable band. It is difficult to directly check the inside of the cable band, but if corrosion such as leakage of rust liquid is suspected, it is necessary to carefully evaluate the band including temporarily releasing the band.</p>
<p><b>Note</b> ■ If an abnormality inside the cable is suspected, it is necessary to check whether there is any non-destructive inspection technology that can be applied. If necessary, it is necessary to consider removing a part of the wrapping wire or driving a wedge into the wire to confirm the inside directly visually.</p>	

Cable Anchorage	13 / 35
	<p>A case where corrosion occurred in the anchorage part of the cable. Care must be taken because corrosive factors may have entered the inside from the anchorage part. It is also necessary to pay attention to the deterioration of the drainage function of other members, such as the infiltration of water from the expansion joint.</p>
	<p>In the case that the anchorage part is embedded in concrete, the joint will become a water path, and there is possibility that water will stay in the buried position where there is no escape route. It is assumed that stagnant water causes corrosion of PC steel materials, so caution is required. (The photo shows the upper edge anchorage part of the removed girder).</p>
	<p>A case where free lime is generated in the anchorage part. It is important to check the condition of the protective cover and protective concrete, as well as the route of water infiltration, in order to check whether the PC steel material is properly protected against corrosion.</p>
<p><b>Note</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>It is difficult to accurately judge abnormalities such as corrosion and breakage of the tension member in the anchorage only from the appearance. Therefore, it is necessary to comprehensively judge the various information obtained from the appearance, such as the leakage of rust juice from the inside and the infiltration of water from the anchorage part and estimate the internal state that cannot be seen from the outside.</li> </ul>	

Cable Anchorage	12 / 35
	<p>A case of an anchorage on the main girder side of a cable-stayed bridge. (Note: The opening of the anchorage cannot be inspected due to the protective cover.) It should be noted that the cover provided at the opening of the anchorage may not have a structure that can completely prevent water from entering.</p>
	<p>A case of a protective cover for the anchorage part of a cable-stayed bridge. If there is a drain to prevent water from accumulating in the cable anchorage part, check if it is functioning.</p>
	<p>A case where a gap was created due to corrosion at the anchorage on the main girder side of a cable-stayed bridge. It should be noted that the design and construction of the rubber, etc., used to alleviate the corner bending of the cable may not be actively expected to be waterproof. Care must be taken since water may enter the inside of the anchorage part and corrode the cable.</p>
	<p>A case where the steel material of the anchorage part is partially corroded due to insufficient filling in the anchorage device protective cover. There is also concern that water may enter along the diagonal member and corrode it. During inspection, it is also effective to confirm the presence or absence of voids in the protective cover by tapping sound or the like.</p>
<p><b>Note</b></p>	

Rocking Bearing	14 / 35
<ul style="list-style-type: none"> <li>If the rocking bearing is broken or its anchorage part is pulled out, the bridge body will float at the end fulcrum, making it extremely difficult to restore the function of the bridge.</li> </ul>	<p>A fracture case of anchor bolt of a rocking bearing. From the photograph, it can be seen that the fractured part had a structure in which water easily stays.</p> <p>A case where the girder lost its support function against the negative reaction force due to the disengagement and breakage of the anchor bolt, which is a member for preventing lifting, and the girder lifted. Also check for any deformation that could be a sign of escape, such as cracks in the anchorage concrete.</p>
 <p>Fractured part</p>  <p>The girder is floating</p>	<p>A case of corrosion on a rocking bearing. It is necessary to check not only for corrosion but also for the presence or absence of cracks. In addition, there are many joints of members such as pins, which tend to be weak points both in terms of stress and corrosive environment, so it is necessary to check the state of the joints.</p>
<p><b>Note</b></p>	

Saddle	15 / 35
<ul style="list-style-type: none"> <li>The saddle is a member that secures slip resistance by pressing with cable tension and holds the cable position.</li> <li>If a cable loosens or slides at the saddle, the length of the cable between the spans changes, which can upset the balance of the cable structure and affect the safety of the entire bridge.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Typical examples of saddles include: <ul style="list-style-type: none"> <li>Example of Vertex-Saddle   </li> </ul> </li> </ul> <p>In small suspension bridges, the pressing force of the main cable itself is insufficient to obtain the necessary frictional force, so in some cases the pressing force is reinforced by clamping from above with a plate.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Example of Spray-Saddle   </li> </ul> <p>In addition, there are various shapes.</p> <p><b>Note</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>The inside of the saddle is often not directly visible, so it is necessary to carefully check for corrosion on the main cable inside the saddle or near the saddle doorway.</li> </ul>

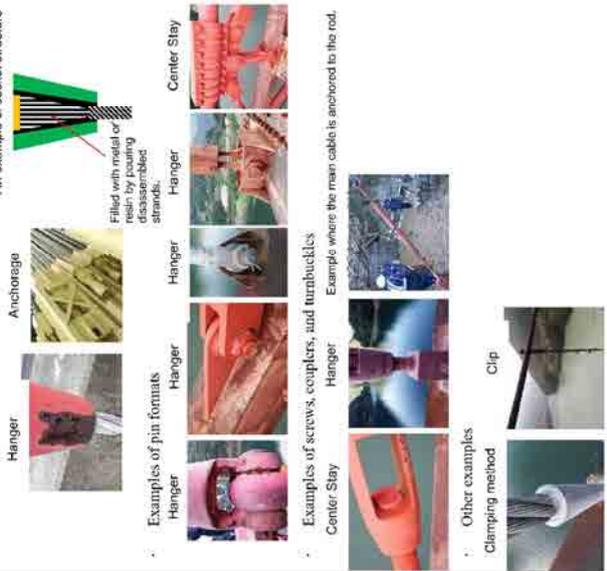
Cable Band	17 / 35
<p>1. The cable band of a suspension bridge is a connecting member for attaching hanging member to the main cable. In general, it is fixed by friction due to the tightening force of the band bolt, and if the frictional force decreases, such as when the axial force of the band bolt decreases, slippage may occur between the band and the main cable.</p> <p>2. As the cable band slides, the cable structure becomes unbalanced, potentially affecting the safety of the entire bridge.</p>	<div data-bbox="496 320 901 862"> <p>Typical examples of a suspension bridge include:</p>  </div> <p>In addition, there are various shapes.</p> <p>Factors that reduce the axial force of the band bolt include relaxation of the bolt, creep of the strands of the cable, and reduction of the air gap due to rearrangement of the cable. It may also decrease if the tension is increased due to changes in load conditions after tightening the cable band. Especially in large-scale bridges, the thicker the cable diameter, the greater the risk, which may require additional tightening, so appropriate management is required.</p> <p>In many cases, it is considered to secure a safety factor of 3 to 4 or more for the safety factor against slippage of the cable band. However, in reality, there are various uncertainties such as variations in construction and changes in the porosity of bundled cables. Therefore, it is necessary to check that the band is not dislocated at all times during service and to watch for signs of weakening of the tightening force.</p> <p><b>Note</b></p> <p>■ Cable bands come in a variety of shapes, and each shape has different properties. In inspections, it is necessary to accurately judge abnormalities related to soundness and their signs after understanding their properties.</p>

Saddle	16 / 35
<p>A case where a cable slipped out from the Vertex-Saddle due to partial breakage of the strands of the main cable.</p> <p>If the cable slips on the saddle, the length of the cable between the spans will change, which can lead to a fatal impact on the entire bridge, such as an imbalance in the cable structure.</p> <p>As for suspension bridges, fractures of members and abnormalities in anchorage tend to affect the overall shape, so signs of abnormalities can sometimes be found from the alignment.</p>	<div data-bbox="496 1256 901 1870">  </div> <p>A case where the bolt that fixes the Vertex-Saddle has fallen off. It is necessary to pay attention to whether there are loose bolts, abnormal plates, and traces of removal.</p> <p>A case where corrosion is seen on the Vertex-Saddle.</p> <p><b>Note</b></p>

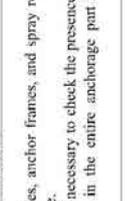
Cable Band	19/35
	<p>A case of connecting hanging members with wire clips. If a slip occurs due to corrosion of the wire clip, the hanging member may break, so it is necessary to check whether the bolt is loosened or corroded.</p>
	<p>A case of corroded bolts of suspension member fixing brackets of an arch bridge. Care must be taken as loosening of the fixing bracket may cause excessive vibration in the cable, causing fatigue damage, or the cables may come into contact with each other and be damaged.</p>
<p>Note</p>	

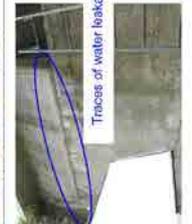
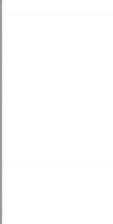
Cable Band	18/35
	<p>A case of corrosion on the bolts of cable bands of a suspension bridge. Check the cable band for corrosion (including dissimilar metal contact corrosion), looseness, and slippage.</p>
	<p>A case of using clips on the cable side anchorage part of the hanging member. If the clips are not installed correctly, the efficiency will be significantly reduced, so care must be taken in how to fasten them.</p>
	<p>A case of corrosion occurring in the anchorage part of the cable side of the hanging member.</p>
	<p>A case of corrosion occurring in the anchorage part of the cable side of the hanging member.</p>
<p>Note</p> <p>■ When dissimilar metals such as stainless steel are used for fasteners and the like, there is a risk that the steel material will be significantly corroded due to contact between the dissimilar metals. In this case, other members of the same time, so care must be taken.</p>	

Anchorage part of suspension member	21 / 35
	<p>A case of corrosion on the girder side anchorage part of the hanging member. If the anchorage part, which is expected to move, deteriorates due to corrosion or the like, local stress that is not assumed in the design may occur. Also, it is necessary to pay attention to the occurrence of fatigue cracks in the threaded part of the rod and the cable wire at the mouth of the socket anchorage part.</p>
	<p>A case where the suspension member anchorage part is connected by welding. Particular attention must be paid to fatigue cracks in welds since the suspension member anchorage part of the girder side is prone to repeated stress due to vehicle load and wind load.</p>
	<p>A case of corrosion on the bolts on the suspension member anchorage part of the girder side.</p>
<p><b>Note</b></p>	

Anchorage part of suspension member	20 / 35
<ul style="list-style-type: none"> <li>• There are various types of fixing methods in the anchorage part of the cable or hanging member.</li> <li>• If a cable pulls out or loosens at an anchorage part, the balance of the cable structure is lost, and the safety of the entire bridge may be affected.</li> <li>• Along with the breakage of the cable in the anchorage section, the impact of the supported load and impact affects other members and cables. This can lead to unbalanced cable structures and damage to other members and cables, affecting the overall safety of the bridge.</li> <li>• Typical examples of fixing methods for cables and hanging members include the following.             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Examples of socket formats                 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hanger</li> <li>• Anchorage</li> <li>• An example of socket structure</li> <li>• Filled with metal or resin by pouring disassembled strands.</li> <li>• Hanger</li> <li>• Hanger</li> <li>• Center Stay</li> </ul> </li> <li>• Examples of pin formats                 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hanger</li> <li>• Hanger</li> <li>• Hanger</li> <li>• Center Stay</li> </ul> </li> <li>• Examples of screws, eyeclips, and turnbuckles                 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hanger</li> <li>• Example where the main cable is anchored to the rod.</li> </ul> </li> <li>• Other examples                 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clamping method</li> <li>• Clip</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• In addition, there are various fixing methods.</li> </ul>	
<p><b>Note</b></p> <p>■ Since the corrosive environment, anti-corrosion specifications, and stress distribution are different for each fixing method, it should be noted that the locations that are vulnerable to corrosion protection and fatigue also differ for each fixing method.</p>	

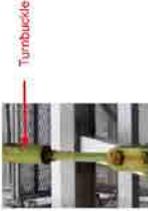
Anchorage	23 / 35
	<p>A case where the cable is anchored to the ground. Even if multiple cables are installed, if they are placed in the same corrosive environment, corrosion may progress at the same time, so care must be taken.</p>
	<p>A case anchored with wire clips. If one wire clip loosens due to corrosion, there is concern that it will slip in a chain reaction and lose its ability to support the load. In addition, it is necessary to be careful because there is possibility that corrosion progresses at the same time because they are in the same corrosive environment.</p>
	<p><b>Example of broken turnbuckle.</b> When dissimilar metals such as stainless steel are used for fasteners and the like, there is a risk that the steel material will be significantly corroded due to contact between the dissimilar metals. In this case, other members of the same structure may be corroded at the same time, so care must be taken. Also, it is necessary to check whether there is water intrusion or stagnant water inside the turnbuckle.</p>
<p><b>Note</b></p>  <p>Broken point</p>	

Anchorage	22 / 35
<p>The anchorage is the member to which the main cable is anchored and the member that bears all the tension of the main cable.</p> <p>In large-scale suspension bridge anchorages, most of the anchor frames are embedded in concrete, and the main cables are anchored to the anchor frames in units. Some small suspension bridges have no spray rooms or saddles and directly integrated with the natural ground.</p>	<p>Examples of typical anchorage structures for suspension bridge anchorages include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Example with one main cable anchorage</li> </ul>
<p>Anchored to the ground</p> 	<p>Embedded directly in concrete</p> 
<p>Terminal processing by wire</p> 	<p>Connection by turnbuckle</p> 
<p>Anchored to the anchor frame</p> 	<p>Anchor frame</p> 
<p>Example in which the main cable anchorage part is divided into multiple sections. Distributed and anchored to the anchor frame</p> 	
<p>Even if the anchorage part is stored in the building, it may corrode due to dew condensation.</p> 	
<p><b>Note</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>In addition, there are various types.</li> <li>Anchorages includes saddles, anchor frames, and spray rooms, and their composition varies from bridge to bridge.</li> <li>During the inspection, it is necessary to check the presence or absence of abnormalities and signs of abnormality in the entire anchorage part including the inside of the embedding section.</li> </ul>	

Abutment	25 / 35
<p>Suspension slab bridges, etc., where the abutment has a structure that constantly resists tensile force, may have an impact on the safety of the entire bridge if the reinforcing bar breaks due to corrosion and loses its integrity as a structure.</p>	
	<p>The abutment of the fallen suspension slab bridge. Water entered through the joints and corroded and fractured the reinforcing bars, causing the abutment to rotate significantly toward the span.</p>
 <p>Traces of water leakage</p>	<p>A case where the abutment moved. If water penetrates through waterways such as joints and reinforcing bar corrodes, it is possible that the structural integrity will be lost.</p>
	<p>A case of water leakage at the construction joint of abutment. In the case of abutments, where cable anchorages are embedded to constantly resist tensile force, corrosion and breakage of reinforcing bars can cause the integrity of the members to be lost, and the safety of the entire bridge to be lost.</p>
<p>Note A case of water leakage in the burying part of the abutment. The openings made during the construction members are often filled with concrete or non-shrinkable mortar, but caution is required as the joints may become waterways and corrode the reinforcing bars inside.</p>	

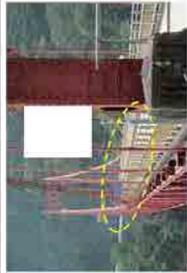
Anchorage	24 / 35
	<p>A case where a wire breakage is seen in the anchor part of the main cable.</p>
	<p>A case where deposition of sediment is seen at the anchorage of the wind resistant cable.</p>
<p>Note</p>	

Abutment	26 / 35
<p>As a ground anchor breaks, the load it was supporting and the impact of the impact affect other ground anchors. This can lead to damage to other ground anchors, and the loss of stability of the abutment can affect the safety of the entire bridge.</p>	<p>A case of filling material leaking from the protective cover of the ground anchor: If the filling material such as rust preventive oil in the protective cover leaks, it is possible that the corrosion of the steel material of the anchorage part will progress, so care must be taken.</p> <p>A case where the head of the ground anchor is lifting. If the concrete head of the ground anchor is lifted or displaced, it is possible that the PC steel is damaged or the ground is deformed, so caution is required.</p> <p>A case where precipitate is generated from the ground anchor anchorage part. If there is water leakage or precipitate from the anchorage part of the ground anchor, it is possible that the PC steel material is corroding inside the anchorage part or in the soil, so caution is required.</p>
	
	<p><b>Note</b></p>

Suspension member	27 / 35
<p>Suspension members are members for suspending girders and transmit loads such as dead loads of stiffening girders and live loads acting on stiffening girders to main cables in a suspension bridge and to arch ribs in an arch bridge.</p> <p>When a suspension member breaks, the load that it was supporting, and impact effect affect other suspension members. This can lead to unbalanced cable structures and damage to other members and suspension members, affecting the safety of entire bridge.</p>	<p>Typical examples of suspension members are as follows.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Examples of wire types                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Stranded wire </li> <li>Parallel wire </li> </ul> </li> <li>• Example of damping ropes placed on covered hangers </li> <li>• Example of steel rod  Turnbuckle</li> <li>• Example of PC steel bar  Protected by a stainless tube  Link body </li> </ul> <p>In addition, there are various types.</p> <p><b>Note</b></p> <p>Various types of suspension members are used, and each type has different mechanical properties, safety factors, anti-corrosion specifications, etc. It is necessary to identify the type of suspension member, grasp its characteristics and structure, and then accurately judge any abnormalities related to soundness and their signs.</p>

Hanging member	29 / 35
	<p>A case of corrosion on the surface of a cable-type hanger suspected of internal corrosion. Hangers often become severely corrosive environments due to vibrations and the downflow and retention of rainwater. Therefore, it is necessary to pay attention not only to confirm the state of surface corrosion, but also to the occurrence of internal corrosion.</p>
	<p>A case of corrosion inside the cable of a suspension bridge hanger. When checking the wire, it is necessary to pay attention not only to confirming the state of corrosion on the surface, but also to the occurrence of internal corrosion.</p>
	<p>A case of corrosion occurring in the socket of the hanger of a suspension bridge. Deterioration of the anti-corrosion function may cause rainwater to enter the inside of the socket or hanger, and corrosion may progress, so caution is required.</p>
<p><b>Note</b></p>	

Suspension member, Wind-resistant cable	28 / 35
<ul style="list-style-type: none"> <li>Suspension members and wind-resistant cables are members for suppressing wind-induced vibrations of suspension bridges.</li> <li>Loosening or breakage of suspension members and wind resistance cables installed to suppress vibration may lead to deterioration of wind resistance stability and deterioration of fatigue durability of each part.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Typical examples of suspension members and wind resistant cables are as follows.                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Example of suspension member (member that connects the main cable and girder diagonally)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Steel rod</li> </ul> </li> <li>Strand wire (galvanized + painted)</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Example of wind resistant cable (a member that suppresses the movement of the girder by pulling it diagonally downward in cooperation with the hanger that pulls it upward)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>In addition, there are various types.</li> </ul>	
<p><b>Note</b></p> <p>Damage (breakage, loosening) to suspension members and wind resistant cables may lead to a decrease in the fatigue durability of each part of the bridge. Therefore, it is necessary to check whether there is any deterioration in performance due to breakage, corrosion, etc., or deterioration due to loosening.</p>	

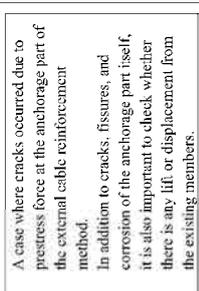
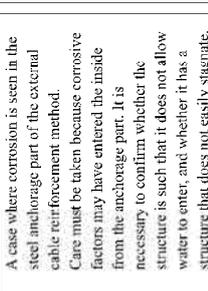
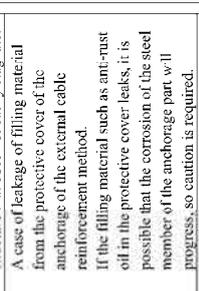
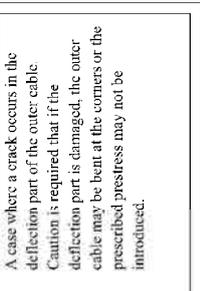
Suspension member, Wind-resistant cable	30 / 35
 	<p>A case of a crack occurring in the threads of a steel rod of a suspension bridge hanger.</p> <p>A threaded portion of a steel rod with paint damage from lightening is likely to be a weak point for corrosion protection. If corrosion occurs due to the deterioration of the anti-corrosion function of the threaded portion, the threaded portion where high stress occurs, such as the mouth and rod, may become a weak point where cracks may occur, so care must be taken. When the coating deteriorates and the coating film cracks, it becomes difficult to easily find damage such as cracks.</p>
	<p>A case where a steel rod of a hanger of a suspension bridge is fractured.</p> <p>The threaded portion of the rod are prone to cracking due to stress concentration. Cracks are more likely to occur when there are vibrations and stress fluctuations due to wind and live loads. If the anticorrosion function is lowered or corrosion occurs, cracks are more likely to occur, so caution is required.</p>
	<p>A case of a break in the wind-resistant cable of a suspension bridge.</p> <p>Care must be taken because loosening or breakage of wind-resistant cables installed for damping measure may lead to a decrease in wind resistance stability and a decrease in fatigue durability of each part of the bridge.</p>

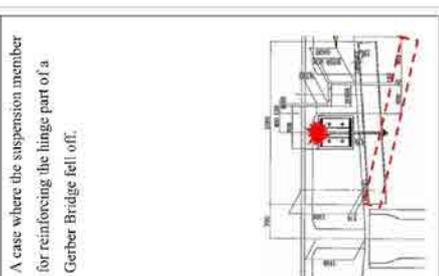
Note

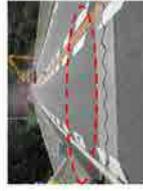
Suspension member	31 / 35
   	<p>A case of cross-section loss due to corrosion in suspension members of an arch bridge.</p> <p>There may be a gap between the protection tube and the steel member due to poor construction or deterioration. Furthermore, if the waterproofing treatment at the seam of the protective tube is insufficient, or if a material that easily deteriorates is used, the internal steel members will be corroded due to the ingress of water. In particular, in the lower part, rainwater or the like that has permeated the inside of the protective tube may flow down and accumulate, causing significant corrosion of the steel members.</p> <p>If it is not possible to directly check the inside of the protection pipe, it is necessary to estimate the internal situation from the surrounding conditions, such as whether there is damage to the protection pipe or water leakage from the protection pipe.</p>
	<p>A case of water leakage and cracks in concrete-embedded parts of suspension members of an arch bridge.</p> <p>Embedded part is prone to deformation such as gaps and cracks, which may cause damage to the internal steel members. It is also necessary to estimate the damage inside the embedded part that cannot be seen from the outside, based on the water leakage situation.</p>
	<p>Example of broken turnbuckle (repost).</p> <p>It is necessary to check whether there is water intrusion or stagnant water inside the turnbuckle.</p>

Note

■ When dissimilar metals such as stainless steel are used for protective tubes, fasteners, etc., there is a risk that the steel members will be severely corroded due to contact between the dissimilar metals. In this case, other members of the same structure may be corroded at the same time, so care must be taken.

Outer cable anchorage part	33 / 35
	<p>A case where cracks occurred due to prestress force at the anchorage part of the external cable reinforcement method.</p> <p>In addition to cracks, fissures, and corrosion of the anchorage part itself, it is also important to check whether there is any lift or displacement from the existing members.</p>
	<p>A case where corrosion is seen in the steel anchorage part of the external cable reinforcement method.</p> <p>Care must be taken because corrosive factors may have entered the inside from the anchorage part. It is necessary to confirm whether the structure is such that it does not allow water to enter, and whether it has a structure that does not easily stagnate.</p>
	<p>A case of leakage of filling material from the protective cover of the anchorage of the external cable reinforcement method.</p> <p>If the filling material such as anti-rust oil in the protective cover leaks, it is possible that the corrosion of the steel member of the anchorage part will progress, so caution is required.</p>
	<p>A case where a crack occurs in the deflection part of the outer cable.</p> <p>Caution is required that if the deflection part is damaged, the outer cable may be bent at the corners or the prescribed prestress may not be introduced.</p>
<p><b>Note</b></p> <p>■ In the external cable reinforcement method, complex stress is generated by prestressing in the existing members where the anchorage and deflection sections are installed, so it is necessary to confirm that the soundness of both the new and existing sections is maintained.</p>	

Suspension member	32 / 35
	<p>Structural example of a pin hanger</p>
	<p>A case of bridge collapse due to fatigue crack of pin hanger</p>
	<p>A case where the suspension member for reinforcing the hinge part of a Gerber Bridge fell off.</p>
<p><b>Note</b></p> 	

Anchorage part of other tensile members	34 / 35
	<p>A case where horizontal prestressing steel members are anchored in the girder of a hinged frame bridge. Even inside the girder, water may enter through cracks, so care must be taken.</p>
	<p>A case where a penetrating crack has occurred in the slab and water is leaking into the girder. Water may enter the girders of concrete girders, so even if PC steel is anchored in the girders, it is necessary to pay attention to corrosion.</p>
	<p>In hinged rigid frame bridges, when anchorages of PC steel are provided at the edge of the girder, the anchorages cannot be seen directly. Therefore, it is necessary to check the condition of the pavement and whether there is water intrusion from the bridge surface.</p>
<p>※ The photo shows the state inside the box girder of a hinged rigid frame bridge.</p>	
<p>※ The photo shows the state of the pavement near the anchorage part of the hinged rigid frame bridge. No abnormalities are observed.</p>	
<p><b>Note</b></p>	

Other tensile members	34 / 35
<p>In the hinged rigid frame bridge, when a vertical PC steel members breaks, the impact of the load and impact that was supported affects other PC steel members, leading to damage to other PC steel members. Loss of load-bearing function can lift the bridge body at the end supports and affect the stability of the bridge as a whole.</p>	
	<p>A case of abnormal deflection near the center of the span. If there is abnormal deflection in the superstructure, it is possible that the PC steel members are damaged. Therefore, careful evaluation is required, such as considering the implementation of a detailed grasp of the situation.</p>
<p>※ The photograph shows an example of abnormal deflection of a bridge with a central hinge.</p>	
	<p>The condition of the end fulcrum of a hinged rigid frame bridge. If the end fulcrum is lifted, it is possible that the PC steel members are damaged. Therefore, careful evaluation is required, such as considering the implementation of a detailed grasp of the situation.</p>
<p>Check for lifting.</p>	
	<p>A case of corroded exposed parts of vertical PC steel members at the bearing part in a hinged rigid-frame bridge. PC steel members are often protected against corrosion by coating with rubber or resin. If the PC steel member can be seen directly visible, check for corrosion. It is also effective to check the reduction of the cross section with a vernier caliper. If direct visual observation is not possible due to covering, etc., it is necessary to check for water intrusion by paying attention to whether the structure is prone to water retention and whether the covering is damage.</p>
<p><b>Note</b></p> <p>■ It is also effective to use a hand mirror to visually check narrow areas such as around bearings.</p>	

#### 資料4 北部復興関連資料（運輸・交通分野）

エチオピア国の北部復興計画に記載される「運輸・交通分野」の復興計画（案）について記載する。出典は「ETHIOPIA DAMAGE AND NEEDS ASSESSMENT - Volume A (December 2022)」である。

##### ■ 紛争による運輸・交通分野への影響

- 都市中心部や市場へのアクセスの欠如や移動頻度の制限、安全でない交通サービスや移動時間の増加による市場のつながりの混乱
- 道路や鉄道プロジェクトの一時中止による雇用と収入の損失
- 農業投入物、消費財、その他の物資の配達遅延
- 道路の破損や輸送サービスの頻度低下による、医療サービスへの受診頻度の低下、医薬品や医療機器の不十分な供給
- 非農業的な代替雇用機会や現金収入源の減少による農村の生活再建・向上の阻害
- 輸送費、旅客運賃、貨物運賃の上昇による、医療関係者や教師の確保が阻害
- 女性、子ども、高齢者、障害者など、農村地域の不利な立場にある人々の移動に対するさらなる圧力
- 学校、保健施設、給水施設の復旧・復興に必要な建設資材の供給に対する大きな制約
- 輸送事業者のコスト高騰による輸送業者の財政的持続可能性の阻害
- 道路工事や鉄道プロジェクトの中断による人材等派遣企業の市場喪失

紛争の影響を受けた地域における運輸部門の損害および経済的損失総額及び地域配分をまとめると、推定総額は11億3,000万米ドルであり、このうち約7億2,600万米ドル（65%）、2億8,600万米ドル（26%）、6,780万米ドル（6%）がそれぞれオロミア、アムハラ、ティグライ地方の被害額である。

Type of asset (infrastructure, equipment, or material)	Afar (US\$)	Amhara (US\$)	Benishangul-Gumuz (US\$)	Oromia (US\$)	Tigray (US\$)	Interregional (US\$)	Total costs (US\$)
<b>Damages</b>							
Major federal roads and bridges	-	2,586,857	-	-	-	12,726,588	15,313,445
Regional roads, bridges, culverts, and Universal Rural Road Access Program roads	4,657,735	196,593,209	6,086,358	653,770,608	-	-	861,107,910
<b>Subtotal</b>	<b>4,657,735</b>	<b>199,180,066</b>	<b>6,086,358</b>	<b>653,770,608</b>	-	<b>12,726,588</b>	<b>876,421,355</b>
Federal/regional equipment and machinery, public and private sector vehicles, office materials, electronics, etc.	4,118,339	51,641,994	-	37,669,098	-	-	93,429,430
<b>Subtotal</b>	<b>4,118,339</b>	<b>51,641,994</b>	-	<b>37,669,098</b>	-	-	<b>93,429,430</b>
City/municipal roads, equipment, and machinery	-	835,671	-	-	7,389,612	-	8,225,283
<b>Subtotal</b>	-	<b>835,671</b>	-	-	<b>7,389,612</b>	-	<b>8,225,283</b>
Airport damages (to building blocks) and loss of airport equipment and material	-	881,272	-	-	-	-	881,272
<b>Subtotal</b>	-	<b>881,272</b>	-	-	-	-	<b>881,272</b>
Municipal equipment and machinery	-	2,163,041	-	-	-	-	2,163,041
<b>Subtotal</b>	-	<b>2,163,041</b>	-	-	-	-	<b>2,163,041</b>
<b>Total damages</b>	<b>8,776,074</b>	<b>254,702,045</b>	<b>6,086,358</b>	<b>691,439,706</b>	<b>7,389,612</b>	<b>12,726,588</b>	<b>981,120,381</b>
<b>Economic losses</b>							
Compensation claims by road contractors	-	29,792,538	7,898,382	35,554,102	59,148,439	-	132,393,460
Compensation claims by railway contractors	-	-	-	-	-	1,524,701	1,524,700
<b>Subtotal</b>	-	<b>29,792,538</b>	<b>7,898,382</b>	<b>35,554,102</b>	<b>59,148,439</b>	<b>1,524,701</b>	<b>133,918,160</b>
Airport operations revenue	149,469	1,550,151	-	-	1,302,418	-	3,002,037
<b>Subtotal</b>	<b>149,469</b>	<b>1,550,151</b>	-	-	<b>1,302,418</b>	-	<b>3,002,037</b>
Policy needs and institutional strengthening needs	-	-	-	-	-	7,380,351	7,380,351
<b>Subtotal</b>	-	-	-	-	-	<b>7,380,351</b>	<b>7,380,351</b>
<b>Total economic losses</b>	<b>149,469</b>	<b>31,342,690</b>	<b>7,898,382</b>	<b>35,554,102</b>	<b>60,450,856</b>	<b>8,905,052</b>	<b>144,300,549</b>
Major federal roads and bridges	-	390,599,562	-	-	-	12,726,588	403,326,149
<b>Total damages and economic losses combined</b>	<b>8,925,542</b>	<b>286,044,735</b>	<b>13,984,740</b>	<b>726,993,808</b>	<b>67,840,468</b>	<b>21,631,640</b>	<b>1,125,420,930</b>
<b>Proportion (%) of total damages and economic losses combined</b>	<b>1</b>	<b>25</b>	<b>1</b>	<b>65</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>100</b>

Source: Assessment team based on data provided by the Government of Ethiopia, including Ethiopian Roads Administration (ERA), Regional Road and Transport Bureaus and Regional Road Authorities.

Note: Lack of data inhibited a complete assessment of the damages and economic losses. In particular, data and information for the SNNPR region was unavailable.

### ■ 政策・制度強化の必要性

紛争による物理的損害と交通部門への経済的損失に加え、政策と制度的枠組み（特に資産管理と地方・農村アクセス道路の保守サービスの分散化された提供）のギャップが、引き続き交通コストを増大させている。このニーズ・アセスメントでは、物理的損害と損失に関連する介入策を以下の観点から提案する。

- (1) 道路の車道と排水システムの補修または改修
- (2) 国内空港の建物ブロックおよびその他の施設の修理または改修
- (3) 道路建設・維持設備、作業場設備、コンピューター、資材の投入
- (4) 公共部門および民間部門の道路輸送供給（車両）の投入
- (5) 国内空港の機能性と効率的な運営のために不可欠な設備、車両、幅広い物資の復旧
- (6) 運航停止による空港収入の損失を補うための支援
- (7) アクセシビリティと居住性を向上させるための、市町村の幹線道路や道路の復旧

### ■ 投資ニーズ

道路網の物理的損傷の補修には、緊急に必要とされる補修と、交通を回復するための定期的なメンテナンス、アスファルト舗装道路の車道の再シール、砂利舗装道路の補修と再舗装を含む大規模な復旧工事、排水の改善、ポットホール補修と修復が含まれる。国内空港については、ロケット弾の直撃で損傷した施設の復旧に重点が置かれている。被害を受けた空港のほとんどは、アムハラとティグライ地方にある。

### ■ コストの見積もり

紛争被災地域における運輸部門の復興ニーズに対応するための総費用は11億3,000万米ドルと見積もられ、そのうち約92.6%（10億4,000万米ドル）が道路の復旧、機械・設備・物資の交換、道路・鉄道請負業者からの請求の決済に充てられる。残額の7.4%は、空港施設の復旧と旅客・貨物輸送サービスの提供、国内空港の収入減の相殺、政策・制度強化支援のためのものである。

道路の物理的状態や耐荷力（その他の重要な設計パラメータ）に関する基本的なデータや情報が不足しているため、復旧に必要な総費用を正確に見積もることが困難であることに留意すべきである。より良い道路を建設する必要性だけでなく、見積もられたコストは、環境への影響を抑えたより質の高い資材の使用や、気候変動に強い排水設備や斜面保護設備の設置を想定している。

Category	Early recovery needs (months 0-5) (US\$, millions)	Short-term needs (months 6-24) (US\$, millions)	Medium-term needs (years 3-5) (US\$, millions)	Total costs (US\$, millions)
<b>Policy and Institutional strengthening needs</b>				
Policy needs	0.25	0.10	-	0.35
Institutional strengthening needs	0.49	2.62	3.93	7.03
<b>Subtotal</b>	-	-	-	-
<b>Investment needs</b>				
Federal roads	0.85	18.60	27.33	46.78
Regional roads	13.45	386.77	533.24	933.46
Compensation claims by contractors	n.a.	67.72	66.20	133.92
Airports/airlines	0.44	3.44	n.a.	3.88
<b>Subtotal</b>	<b>14.74</b>	<b>476.53</b>	<b>626.77</b>	<b>1,118.04</b>
<b>Total</b>	<b>15.48</b>	<b>479.24</b>	<b>630.69</b>	<b>1,125.42</b>

Source: Assessment team based on data provided by the Government of Ethiopia, including Ethiopian Roads Administration (ERA), Regional Road and Transport Bureaus and Regional Road Authorities, Ethiopian Civil Aviation Authority, and the Ethiopian Airport Enterprise, and Ethiopian Railway Corporation (ERC).

Notes: Federal road support excludes Tigray; regional road support is for Afar, Amhara, and Oromia, and municipalities; contractor claims are for the north and west regions covered by the Ethiopian Roads Administration, and for the Afar, Amhara, and Oromia regions.

## 資料5 Bailey 橋要請資料 (AACRA 作成)

From Melaku Tadesse

Addis Ababa City Roads Authority

Road Asset Administration & Data Base Directorate

Bridge Management Team Leader

To:- Eight-Japan Engineering Consultants Inc.

:- Oriental Consultants Global Co.Ltd

:- Hanshin Expressway Co.Ltd

### Issue:- About the requesting of need of the Bailey Bridge

Addis Ababa City Roads Authority Manages and build roads, Bridges, Culverts and other Road Acessoseris which is found on Addis Ababa Roads. At the same time, when the roads and structures are damaged due to the number of services, he does the necessary maintenance work. In this paper, I will try to write about the bridges and culverts which are found in our city roads. Some bridges and culverts in our city roads are severely damaged. Some of these have been put into service through repairs. Some need to be completely replaced.

Therefore, according to the budget of our office, reconstruction will be done only for those who need the most difficult and urgent work. The road authority has limited capacity and cannot build all of them, so that the problem will be there for years.

There is an only one bailey bridge on Addis Ababa city roads. It is obtained from the Ethiopian Roads Administration. In the past, a bridge called Gogicha located in Duquem city was badly damaged so it needed to be replaced. Then the Bailey bridge was built on the detour and put into service on this river. After the construction of the bridge was finished, it was moved from the place to provide to Addis Ababa city roads and was made to work on a river that collapsed due to flood in Balderas village in the center of Addis Ababa. Apart from this, there is no bailey bridge. Although there are bridges that have not been built due to capacity limitations, there are also many requests from the community.

As per the condition of damages on many bridges, No maintenance or other measures have been taken so far because there is a capacity limitation. i.e. financial/budget. They have to replace the bridges that are severely damaged. It is possible to solve these problems quickly, especially if there have a Bailey bridge.

Therefore, if JICA administration supports us with Bailey bridges, it can be made to provide services by building on bridges that are kept idle due to limited capacity.

In addition to the Bailey Bridges AACRA Request the Design and Maintenance Capacity Building for Flood Resisitance.

In the table below, we've provided a photo-supported list of bridges that are in serious trouble and need to be replaced.

**Note**

-From No. 1 up to No. 15 are Urgent

-From No. 16 up to No. 40 are as per Community request with its defect and the Most of the bridge are used the material is wood. Then it should be replaced by Either Bailey or any other better structure. I added from No. 38, No. 39 & No. 40.

Sincerely

Melaku Tadesse

Bridge Management Team Leader

Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
1	Goro-1	11 m	480911	994892	August, 2022,	One of the two Abutments is totally washed away by flood. It was given the services for both vehicles & pedestrian.




Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
2	Goro-2	16 m	480974	994954	August, 2022	The flood is overtopped on the bridge & it has many other defects. It need replace. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
3	Goro-3	30 m	481057	995343	August, 2022	The bridge is totally washed away by flood. It need replace. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
4	Tolossa Sefer	11 m	470360	995850	2016	Abutment scoured & then Deformed. It need replace. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
5	Bulgariya Tabot Maderiya	15 m	472178	993802	2018	Bending to collapses. In the previous time this bridge was used for passing bajaj & Motor Cycle, but now it uses only for Pedestrian. It need replace.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
6	Ayer Tena Processing area	6 m	467237	992193	2018	It was a mistake during bridge construction, as a result of shortening the span. This causes for scour the abutment repeatedly. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
7	Mother Teressa	5 m	474165	999354	2015	It is a Culvert, But One side of abutment deformed and only pedestrian uses now. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
8	Addis Ketema	6 m	471080	998871	2012	The Slab Is much Deteriorated. At the moment it Uses for Pedestrians only. We want to replace the bridge based on the defect. In the future we want to the bridge gives the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
9	Abinet Clinic	4 m	469995	997156	2017	Both Abutments is highly scoured. It needed to replacement. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
10	Gerji Giorgis	34 m	479638	994563	August, 2022	Steel Pedestrian Bridge. The bridge is totally washed away by flood during the rainy season. It need replace. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
11	Gerji Wefcho Bet	27 m	479762	994792	It gives Service, But not Safe.	It is Wood Bridge. It should Replace by Either Bailey or any adequate structure. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
12	Ayer Tena Wood Process area	30 m	467239	992197	It gives Service, But not Safe.	It is Wood Bridge. It should Replace by Either Bailey or any adequate structure. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
13	Around Zambiya Embassy-KidaneMihiret	8 m	471294	992727	Not Good Condition.	It gives the service for both vehicle & Pedestrians.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
14	Ayer Tena Rufael Church	12 m	466046	992469	It gives Service, But not Safe.	It is Wood Bridge. It should Replace by Either Bailey or any adequate structure. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name		Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
				X-Coordinates	Y-Coordinates		
15	Ayer Tena Betekistean	Gebreal	8 m	466565	992477	It gives the service for both vehicles & Pedestrians	The superstructure is highly deteriorated. It needs replacement. Damaged railing. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
16	Ayer Tena woreda 02	6 m	466795	992401	It gives the service for both vehicles & Pedestrians	The superstructure is highly deteriorated. It has Rebar exposure, and Back fills & foundation scoured. It needs replacement. Damaged railing. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
17	Alem Bank Silitte Mosque	6 m	463819	995207	Not Good Condition	It gives Service, but the Abutment foundation is scoured as a result of abutment stand on the river channel. The concrete slab also deteriorates and reinforcement exposed to air at the top. It needs replacement. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
18	Rufael Ambessa Garage	7 m	470009	1001894	Highly Deteriorate	The road is Two lane, then It needs two lane Bailey Bridges/or two Bailey. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
19	Akaki Yemengist School	7 m	476842	978788	2016	It gives Service. Abutment & Pier are highly scoured. The concrete slab is deteriorate and forms a hole. All parts of the bridge is either deformed or deteriorate. It needs Replacement. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
20	Ayer Tena Alfa School	6 m	463819	995207	Not Good Condition	It gives Service, but the Abutment foundation is scoured. It needs replacement. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
21	18 Mazoriya Tero Mesjid	6 m	467887	999913	Not Good Condition	It gives Service, but the Abutment foundation is scoured on both sides @ the inlet & Outlet sides. It needs replacement. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
22	Lideta Mihiretu wefcho bet	10 m	469980	997237	Not Good Condition	It gives Service, but the superstructure is highly deteriorated. It needs replacement. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
23	Bulgariya Salvatore Devita	10 m	471959	994099	It gives the service for both vehicles & Pedestrians	<p>The bridge has constriction, the It has overtopping during Flood. It was given the services for both vehicles &amp; pedestrian.</p> 

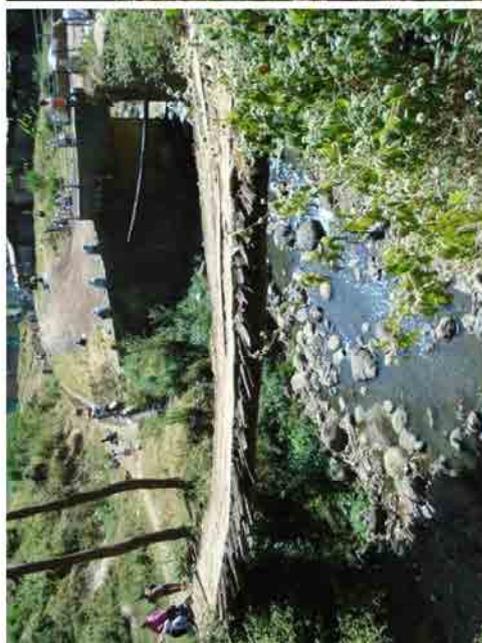
Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
24	Addisu gebeya EgziAbher	9 m	471087	1001428	It gives the service for both vehicles & Pedestrians	The superstructure is highly deteriorated. It needs replacement. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
25	Philipos Mebrat Hail	6 m	467893	999065	It gives the service for both vehicles & Pedestrians	The superstructure is highly deteriorated. It needs replacement. Damaged railing. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
26	Ferensay Weybila Mariyam	10 m	474376	1001676	It gives Service, But not Safe.	It is Wood Bridge. It should Replace by Either Bailey or any adequate structure. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
27	Tesfa Jember Sarefian	6 m	471674	996813	It gives the service for both vehicles & Pedestrians	The superstructure is highly deteriorated. It needs replacement. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
28	30 Kebele Geja sefer	6 m	471311	997306	It gives the service.	The superstructure is highly deteriorated. It needs replacement. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
29	5th Police 47 Kebele	6 m	471847	997014	It gives the service.	The superstructure is highly deteriorated. It needs replacement. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



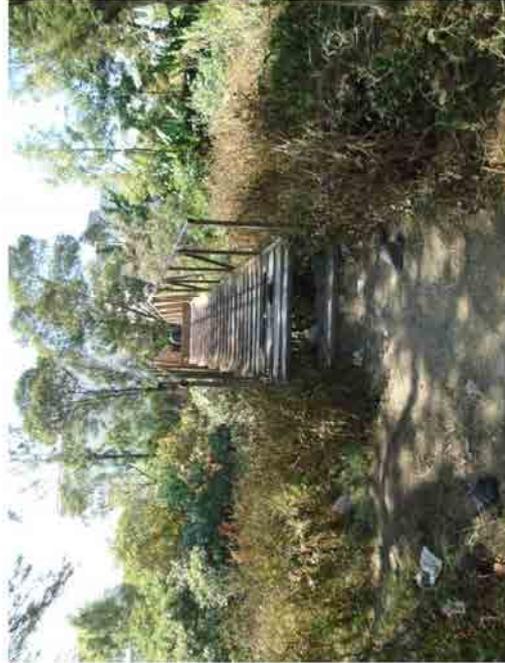
Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
30	Gulele wereda 1	6 m	473622	1002872	It gives the service.	The superstructure is highly deteriorated. It needs replacement. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
31	D' Afrique Mutu wengel	8 m	471700	996490	It gives the service.	The superstructure is highly deteriorated. It needs replacement. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
32	Jemmo-1 Burka School	40 m	469409	989844	It gives the service for pedestrian only	It is steel structure. The superstructure is highly Corrugated and the footing also scoured. It needs replacement.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
33	Lebu Medhani/Alem	6 m	472220	988452	2018	The Concrete Slab is deteriorate and forms a Hole. We want to change the bridge. It was given the services for both vehicles & pedestrian.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
34	Gurd Shola-Misrak Ber School	30 m	481147	995936	It gives Service, But not Safe. It is in Danger condition.	It is Wood Bridge. It should Replace by Either Bailey or any adequate structure. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
35	Gurd Shola Ketena 2-Kuas Meda	50 m	479762	994792	August, 2022	It was Slab bridge & support the slab at the middle by masonry pier. Pedestrian Bridge. The bridge is totally washed away by flood during the rainy season. It need replace. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
36	ባቲዋረዳ 1- ሄራዳጊ	40 m	466852	992126	It gives Service, But not Safe. It is in Danger condition.	It is Wood Bridge. It should Replace by Either Bailey or any adequate structure. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
37	Sefere Genet	15	481262	995642	It gives Service, But not Safe. It is in Danger condition.	It is Wood Bridge. It should Replace by Either Bailey or any adequate structure. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
38	WeyBila Ashewa Meda	12	465424	997516	It gives Service, But not Safe. It is in Danger condition.	It is Wood Bridge. It should Replace by Either Bailey or any adequate structure. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
39	WeyBila Mariyam- Addis Sefer	10	465267	997457	It gives Service, But not Safe. It is in Danger condition.	It is Wood Bridge. It should Replace by Either Bailey or any adequate structure. It was given the services for pedestrian only.



Item No.	Bridge Name	Span Length	Co-Ordinates		Year of Collapse/damage	Remark
			X-Coordinates	Y-Coordinates		
40	Addis Sefer-Tor Hiloch	15	465570	997934	It gives Service, But not Safe. It is in Danger condition.	It is Wood Bridge. It should Replace by Either Bailey or any adequate structure. It was given the services for pedestrian only.



資料 6-1 収集した見積 (Bailey 橋)

# 橋梁リスト 15橋



Item No.	Bridge Name	既設橋 (m)	提案 (m)	Width (m)	Area (m2)	Weight (ton)
1	Goro-1	11	12.5	3.35	41.875	9.756
2	Goro-2	16	17.5	3.35	58.625	13.659
3	Goro-3	30	30	3.35	100.500	23.245
4	Tolossa Sefer	11	12.5	3.35	41.875	9.756
5	Bulgariya Tabot Madenya	15	15	3.35	50.250	11.707
6	Ayer Tena Wood Processing area	6	7.5	3.35	25.125	5.995
7	Mother Teressa	5	5	3.35	16.750	4.694
8	Addis Ketema	6	7.5	3.35	25.125	5.995
9	Abinet Clinic	4	5	3.35	16.750	4.694
10	Gerji Giorgis	34	35	3.35	117.250	23.245
11	Gerji Wefcho Bet	27	27.5	3.35	92.125	21.339
12	Ayer Tena Wood Process area	30	30	3.35	100.500	23.245
13	Around Zambiya Embassy- KidaneMihret	8	10	3.35	33.500	7.805
14	Ayer Tena Rufael Church	12	12.5	3.35	41.875	9.756
15	Ayer Tena Gebreal Betekislean	8	10	3.35	33.500	7.805
				Total	795.625	182.696

## 設計条件

Bridge Type	Half Through Truss
Bridge Length	29.566 m
Span Length	29.256 m
Bridge Width	3.350 m (Effective Width)
Road Alignment	
Plane Curve	R = ∞
Gradient	i = 0.0 %
Gross Fall	i = 0.0 %
Deck	Checkered Plate t = 6 mm
Design Load	HS-20 (AASHTO)
Live Loads	
Steel Grade	SS400, SM400, SM490Y, HTB-M22(F8T)
Specifications	AASHTO Japanese Specifications for Highway Bridges (JSHB)

橋長 (m)	面積 (m2)	鋼重 (ton)		
		主構 床組み	床板	合計
5.0	16.75	2.765	1.929	4.694
7.5	25.13	3.045	2.950	5.995
10.0	33.50	4.007	3.798	7.805
12.5	41.88	5.008	4.748	9.756
15.0	50.25	6.010	5.697	11.707
17.5	58.63	7.012	6.647	13.659
20.0	67.00	8.025	7.528	15.553
22.5	75.38	9.028	8.469	17.497
25.0	83.75	10.040	9.359	19.399
27.5	92.13	11.044	10.295	21.339
30.0	100.50	12.055	11.190	23.245
32.5	108.88	13.060	12.123	25.183
35.0	117.25	14.064	13.055	27.119



## (参考見積) 工事金額



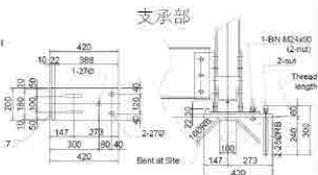
参考 橋長20m、幅員3.35m

工種	単位	橋面積	単価 (円)	金額(円)	
1 パネル製作 (15ton)	M2	67	130,000	8,710,000	ベトナム
2 (現地工事 (架設・床板))			26,000	1,740,000	参考値
3 輸送費			38,000	2,750,000	40ftコンテナ
4 購入品			4,000	270,000	F8T メッキボルト
<b>上部工 合計</b>			<b>198,000</b>	<b>13,270,000</b>	

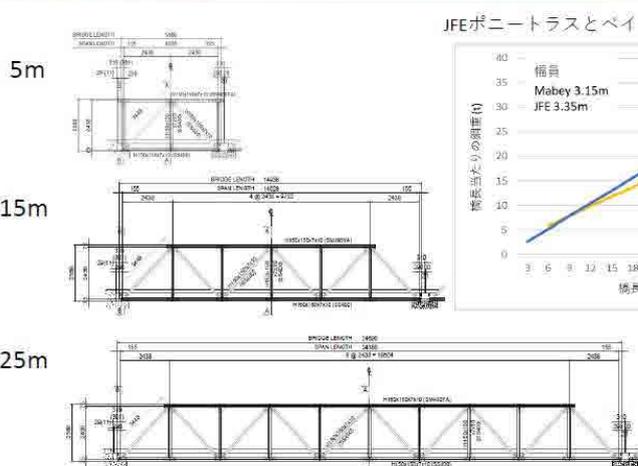
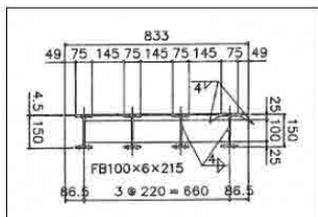
15橋分：橋面積795m2 x 19.8万円 = 1.57億円

- ・為替レートは130円/USD前提で見積りをしていますので、契約時にはその時点の為替レートにてご契約金額 (円建円払い) を変更させていただきます。
- ・仕様：普通鋼材、亜鉛メッキ塗装
- ・床板：スチールデッキパネル。長期の使用の場合、表面に変形が生じる場合があります。
- ・輸送費は日本からジブチ港までの海上費および、港から現場までの陸送費を含んでいます。
- ・一般管理費を含みます。
- ・現場事務所建設、運営費は含んでおりません。
- ・日本の消費税は含まれておりません。また、エチオピア国の諸税 (法人所得税、個人所得税、VAT、関税等) 及びその他租税公課は含まれておりません
- ・現地技術指導員の費用は含んでおりません。

# JFE ポニートラス



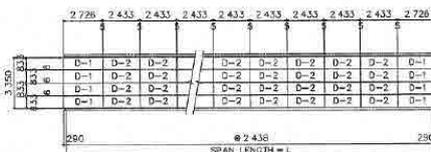
パネル詳細  
寸法：833mm x 2343mm  
厚さ：154.5mm  
重量：0.9ton



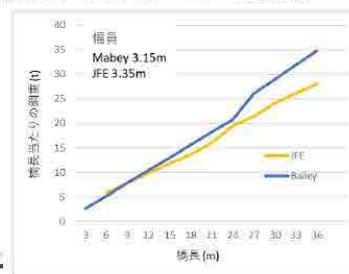
部材重量 (1部材当り)

Chord	Floor beam	Lateral brace	Deck panel
350kg	150kg	100kg	250kg

床板レイアウト



JFEポニートラスとベイリー橋の比較



## Demonstration for Erection Work in Bangladesh -Site Assembly-



資料 6-2 収集した見積 (ボーリングマシンスペアパーツ)

(様式0301-3)

No. 00230150- 1

2023年 09月 11日

# 御 見 積 書

株式会社オリエントコンサルタンツグローバル



下記の通り御見積いたします。  
何卒御用命賜ります様お願い申し上げます。

海外営業部 佐賀県唐津市原1534番地  
TEL(0955)77-1121 (代) / FAX(0955)70-6010  
ホームページ (http://www.ybm.jp/)

納 期	別途御協議
代金御支払条件	別途御協議
運 賃	別途御協議
御引渡場所	別途御協議
合計御見積金額	¥3,729,837-

担 当 者	認 印

※ 本見積の有効期限は、見積書発行日より 30日となっておりますので、期間経過後は一応御照会願います。

No	品 名	数 量	単 価	金 額
	エチオピア国ハイバク谷向けRPC-900整備用部材御見積			
	-Drifter hoses percussion hose-			
A.	HYDRAULIC HOSE ASS'Y			
1	油圧ホース 210K*3/4"*(強化NPF)*930L	1本		¥31,000
2	油圧ホース 210K*3/4"*(強化NPF)*1050L	1本		¥32,125
3	油圧ホース 350K*3/8"*(強化NPF)*1500L	1本		¥18,250
4	油圧ホース 350K*1/4"*(強化NPF)*850L	1本		¥10,950
5	油圧ホース保護チューブ YHK-040 φ25x5.0m	1本		¥5,000
6	油圧ホース保護チューブ YHK-060 φ38x5.0m	1本		¥7,500
7	インシュロック SG-200W(黒)	100個	@¥15	¥1,500
8	インシュロック SG-300W(黒)	100個	@¥45	¥4,500
	※編組チューブは結束バンドにて油圧ホースに取り付け			
10	カーボンシート 1000*2000 注文コード: 06181752	1枚		¥12,875
11	耐熱テープ<ミスミ> MCAT50	2巻	@¥4,013	¥8,026
	合 計			¥131,726
B.	PIPING ASS'Y			
12	7ヶブク(オス・オス) 1013 16:PT-PF1" (NPF)	4個	@¥1,200	¥4,800
13	7ヶブク(オス・オス) 1013 12:PT-PF3/4" (NPF)	6個	@¥663	¥3,978
14	7ヶブク(オス・オス) 1013 08:PT-PF1/2" (NPF)	4個	@¥400	¥1,600
15	7ヶブク(オス・オス) 1013 06:PT-PF3/8" (NPF)	4個	@¥375	¥1,500
16	7ヶブク(オス・オス) 1013 04:PT-PF1/4" (NPF)	4個	@¥263	¥1,052
17	7ヶブク(オス・オス) 1009 16:PT-PF1" (NSF)	4個	@¥1,163	¥4,652
18	7ヶブク(オス・オス) 1009 12:PT-PF3/4" (NSF)	6個	@¥663	¥3,978

(様式0301-3)

No. 00230150 - 2

2023年 09月 11日

## 御 見 積 書

No	品 名	数 量	単 価	金 額
19	アダプタ(オス・オス) 1009 08:PT-PF1/2"(NSF)	4個	@¥325	¥1,300
20	アダプタ(オス・オス) 1009 06:PT-PF3/8"(NSF)	6個	@¥288	¥1,728
21	アダプタ(オス・オス) 1009 04:PT-PF1/4"(NSF)	6個	@¥275	¥1,650
22	六角ニップル(高圧) PT1"	2個	@¥1,463	¥2,926
23	六角ニップル PT3/4"(高圧)	6個	@¥713	¥4,278
24	六角ニップル(高圧) PT1/2"	4個	@¥413	¥1,652
25	六角ニップル PT3/8"(高圧)	6個	@¥338	¥2,028
26	六角ニップル(高圧) PT1/4"	6個	@¥288	¥1,728
27	ネジ込タイー PT3/4"(高圧)	1個		¥1,763
28	ネジ込タイー PT1/2"(高圧)	1個		¥1,225
	合 計			¥41,838
C.	DRIFTER ASS'Y			
29	アウトレットアダプター(YHG-80VS用) 部品番号: 80GVS40 (11000607A)	1個		¥30,125
30	Oリング 1BP-24	2個	@¥59	¥118
31	90°エルボ(YHG-80VS用) 部品番号: 302112 (47002704A)	1個		¥6,113
32	座付きエルボ(YHG-80VS用) 部品番号: 108619 (47003207A)	1個		¥10,938
33	167アダプタ(YHG-80VS用) 部品番号: 3002F16 (47002512A)	2個	@¥5,813	¥11,626
34	ホスエオンエルボ(YHG-80VS用) 部品番号: 105925 (47003501A)	2個	@¥15,500	¥31,000
35	座付きエルボ(YHG-80VS用) 部品番号: 107125 (47003211A)	2個	@¥15,875	¥31,750
36	Oリング 1BP-29	3個	@¥175	¥525
37	16オンスアダプタ(YHG-80VS用) 部品番号: 3008F16 (47002605A)	2個	@¥4,688	¥9,376
38	エオンホースアダプタ(YHG-80VS用) 部品番号: 100625 (47003401A)	1個		¥6,813
39	エオンホースアダプタ(YHG-80VS用) 部品番号: 100825 (47003402A)	1個		¥11,538
40	油圧ホース(YHG-80VS用) 部品番号: WP21025450L (47007704A)	1本		¥66,625
41	油圧ホース(YHG-80VS用) 部品番号: WP21025360L (47007705A)	1本		¥64,000
42	油圧ホース(YHG-80VS用) 部品番号: WP21025760L (47007706A)	1本		¥75,750
43	油圧ホース(YHG-80VS用) 部品番号: WP210251200L (47007707A)	1本		¥70,750
45	油圧ホース 210K*1/4"*(NSF)*710L	1本		¥4,788
48	油圧ホース 210K*1/4"*(NSF)*480L	1本		¥3,300
49	クランプイラレューブ SPT-9 黒 50m巻*9*10.6*0.8	1式		¥11,138
	合 計			¥446,273
	総 合 計			¥619,837

(様式0301-3)

No. 00230150- 3

2023年 09月 11日

# 御見積書

No	品名	数量	単価	金額
	【ご参考】			
D.	全ての油圧ホス	1式		¥3,110,000
	合計			¥3,110,000

注) 上記価格に消費税は含まれておりません。

(様式0301-3)

No. 00230149- 1

2023年 09月 11日

# 御見積書

株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル

下記の通り御見積いたします。  
何卒御用命賜ります様お願い申し上げます。



海外営業部 佐賀県唐津市原1534番地  
TEL(0955)77-1121 (代) / FAX(0955)70-6010  
ホームページ (http://www.ybm.jp/)

納期	別途御協議
代金御支払条件	別途御協議
運賃	別途御協議
御引渡場所	別途御協議
合計御見積金額	¥31,360,625-

担当者	認印

※ 本見積の有効期限は、見積書発行日より 30日となっておりますので、期間経過後は一応御照会願います。

No	品名	数量	単価	金額
	エチオピア国7ハイ渓谷向けRPC-900整備用部材御見積			
I	Starting Inner short rod 75mm diameter 1meter length			
1	インナーロッド RTR-73*1.0M	5sets	@¥100,625	¥503,125
II	Outer short rod 118 and 133 diameter/ Rod reducer outer short rod 118mm			
1	スターチングケーシング OSRT-118*1.420M	2pcs	@¥118,500	¥237,000
2	スターチングケーシング OSRT-133*1.420M	3pcs	@¥157,500	¥472,500
III	Rod reducer inner short rod			
1	ロッドレジュチ ECO-73*710N	4pcs	@¥151,250	¥605,000
IV	Inner short rod 1.5meter			
1	インナーロッド RTR-73*1.5M	118pcs	@¥126,000	¥14,868,000
V	Outer casing coupling 118mm and 133mm			
1	ケーシングカップリング CCV-133*118*280N	2pcs	@¥268,750	¥537,500
VI	Bottom bit 75mm inner rod			
1	インナービット 82D-P73C-WZ	25pcs	@¥50,250	¥1,256,250
2	インナービット 80D-P73X-CZ	25pcs	@¥52,750	¥1,318,750
3	インナービット φ102*73 WE(Wコニカル)	25pcs	@¥61,000	¥1,525,000
4	インナービット φ102*73 PE(パリスティック)	25pcs	@¥61,000	¥1,525,000

(様式0301-3)

No. 00230149- 2

2023年 09月 11日

# 御見積書

No	品名	数量	単価	金額
VII	Outer bit 133mm			
1	アウタービット φ140*133 WE(ワコニカル)	25pcs	@¥85,625	¥2,140,625
2	アウタービット φ140*133 PE(パリスティック)	25pcs	@¥89,625	¥2,240,625
VIII	【ご参考】 Outer bit 118mm			
1	アウタービット 123D-P120H-WZ	25pcs	@¥80,875	¥2,021,875
2	アウタービット 123D-P120H-CZ	25pcs	@¥84,375	¥2,109,375