ジョージア国
地域開発・経済基盤省
道路局

ジョージア国
東西ハイウェイ整備事業（フェーズ 2）
協力準備調査

ファイナル・レポート

公開用資料

平成 30 年 9 月
（2018 年）

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社パデコ
株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル

東中
JR（先）
18-006

目　　次

要約 要約-1

第 1 章　業務の概要 1-1

1.1　プロジェクトの背景 1-1
1.2　事業概要 1-3
1.3　本調査の目的 1-3

第 2 章　E-60 および調査対象道路の現況と課題 2-1

2.1　道路の現状と調査地域の交通状況 2-1
2.1.1　ジョージアの道路開発状況 2-1
2.1.2　東西ハイウェイ整備計画 2-9
2.1.3　調査地域の交通状況 2-11
2.1.4　社会状況 2-16
2.1.5　経済状況 2-17

第 3 章　交通量予測 3-1

3.1　概要 3-1
3.2　F/S 交通量予測のレビュー 3-1
3.2.1　方法論 3-1
3.2.2　結果 3-2
3.3　交通調査／軸重調査 3-3
3.3.1　F/S による交通調査 3-3
3.3.2　D/D による交通調査 3-4
3.3.3　軸重調査 3-4
3.4　既存交通量予測の確認 3-5
3.4.1　現況交通量 3-5
3.4.2　交通量増加率 3-7
3.5　将来交通量の推計 3-8
3.6　F/S 予測と更新予測の比較 3-11

第 4 章　E-60 F4 セクション（ショラパニ～アウグヴェタ）の詳細設計 4-1

4.1　自然条件調査 4-1

4.1.1 気象および水文調査 4-1
4.1.2 地形測量 4-12
4.1.3 地質調査及び地質解析 4-14
4.1.4 斜面調査 4-40
4.2 E-60 F4 セクション（ショラパニ～アウグヴェタ）の詳細設計 4-48
4.2.1 概要 4-48
4.2.2 適用すべき基準 4-48
4.2.3 道路幾何構造設計 4-54
4.2.4 橋梁および構造物設計 4-64
4.2.5 トンネル設計 4-69
4.2.6 のり面および斜面保護工設計 4-89
4.2.7 舗装設計 4-94
4.2.8 排水施設設計 4-96
4.2.9 交通管理及び安全施設設計 4-98
4.2.10 高度交通システム（Intelligent Transportation System） 4-105
4.2.11 残土処理計画 4-112

第 5 章 E-60 F4 セクション（ショラパニ～アウグヴェタ）に適用可能な本邦技術 5-1

5.1 概要 5-1
5.2 橋梁 5-1
5.3 トンネル設計 5-7
5.4 のり面および斜面保護工設計 5-7
5.4.1 のり面設計 5-7
5.4.2 斜面保護工設計 5-8
5.4.3 のり面及び斜面保護工設計の本邦技術 5-8
5.5 道路維持管理技術 5-11
5.6 工期短縮手法 5-13
5.6.1 橋梁 5-13
5.6.2 トンネル 5-13
5.6.3 施工管理 5-15

第 6 章 事業実施および維持・管理計画 6-1

6.1 事業のフレームワーク 6-1
6.1.1 全体フレームワークと関連する組織 6-1
6.1.2 事業実施組織（道路局 - RDMRDI） 6-2

6.2 事業調達 6-6
6.2.1 調達スケジュール 6-6
6.2.2 調達手順 6-8
6.2.3 コンサルタントの調達 6-8
6.2.4 工事用地買収 6-8
6.2.5 施工業者の調達 6-8
6.2.6 瑕疵責任 6-12
6.2.7 維持管理 6-12
6.3 調達手順 6-13
6.3.1 調達支援 6-13
6.3.2 工事監理業務 6-13
6.3.3 工事施工 6-14
6.3.4 維持管理 6-15
6.4 施工計画 6-16
6.4.1 工事内容 6-16
6.4.2 施工方法 6-19
6.4.3 仮設工事 6-28
6.4.4 主要材料と機材の調達先 6-31
6.4.5 国内施工業者 6-31
6.4.6 工事プログラム 6-32
6.5 事業リスクとリスク低減策 6-38

第 7 章 プロジェクトの概算事業費 7-1

本章は非公開

第 8 章 環境社会配慮 8-1

8.1 はじめに 8-1
8.2 環境配慮 8-2
8.2.1 環境影響評価（EIA） 8-2
8.2.2 EIA 概要 8-4
8.2.3 結論と提案 8-30
8.3 社会配慮 8-30
8.3.1 ジョージアの用地取得にかかる法的な枠組み 8-31
8.3.2 住民移転に関する ADB、世銀、JICA ガイドライン 8-31
8.3.3 本プロジェクトの住民移転方針 8-37
8.3.4 住民移転計画（LARP）概要 8-38

8.3.5 結論 8-56

第 9 章 経済分析 9-1

本章は非公開

第 10 章 プロジェクトの評価 10-1

10.1 プロジェクトの概要 10-1

10.2 プロジェクトの評価 10-1

10.2.1 設計内容の妥当性の確認 10-1

10.2.2 プロジェクトの妥当性の確認 10-5

10.2.3 有効性の確認 10-6

第 11 章 結論と提言 11-1

添付資料

添付 4.1　鋼橋上部工概略設計関連図書
添付 4.2　山岳側線形の設計変遷（FS～DD 完了まで）
添付 4.3　各 IC の設計変遷（FS～DD 完了まで）
添付 4.4　地形とトンネルの位置関係
添付 4.5　追加地質調査結果
添付 6.1　工期別工費の計算根拠資料集：工事費に係る箇所は非公開
添付 7.1　数量表（F4-Bill of Quantities）：本添付は非公開
添付 8.1　EIA
添付 8.2　LARAP
添付 12.1　調査団員・氏名
添付 12.2　主要協議資料：本添付は非公開

図

図 1-1：東西ハイウェイの位置 1-1
図 1-2：既存東西ハイウェイの写真 1-1
図 1-3：東西ハイウェイの整備状況 1-3
図 2-1：ジョージア国際道路網（"S"ルート） 2-2
図 2-2：ジョージア幹線道路網 2-4
図 2-3：東西ハイウェイ整備進捗状況 2-10
図 2-4：E-60 の横断面構成 2-11
図 2-5：地点別時間交通量比 2-13
図 2-6：週間交通量変動 2-13
図 2-7：車種別時間交通量 2-14
図 3-1：F/S における交通量予測の方法論（概要） 3-1
図 3-2：F/S における交通調査地点 3-3
図 3-3：ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の更新需要予測、2019 年～2049 年 3-9
図 3-4：ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の更新需要予測、2019 年～2049 年 3-10
図 3-5：ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の F/S 予測と更新予測の比較、
2019 年～2049 年 3-11
図 3-6：ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の F/S 予測と更新予測の比較、
2019 年～2049 年 3-12
図 4-1：月別気温と降水量の平均値 4-2
図 4-2：月別平均気温と変化の幅 4-2
図 4-3：水文調査の対象となる河川流域 4-3
図 4-4：水文調査の対象となる小河川流域 4-4
図 4-5：クビリラ川のシミュレーション結果 4-6
図 4-6：設計 Bridge 1 のシミュレーション結果 4-7
図 4-7：設計 Bridge 2 のシミュレーション結果 4-8
図 4-8：設計 Bridge 4 のシミュレーション結果 4-9
図 4-9：現地地質調査の位置（1） 4-15
図 4-10：現地地質調査の位置（2） 4-16
図 4-11：地すべり地形 4-17
図 4-12：調査地の地層構成 4-18
図 4-13：トンネル 1 における物理探査の位置 4-29
図 4-14：トンネル 1 始点側坑口部における物理探査と追加ボーリング調査の結果 4-30
図 4-15：トンネル 1 における追加ボーリング調査の位置 4-30
図 4-16：トンネル 1 終点側 低土被り区間の位置（縦断） 4-31
図 4-17：トンネル 1 終点側 低土被り区間の位置（縦断、拡大） 4-31
図 4-18：トンネル 1 終点側 低土被り区間の位置（平面） 4-32
図 4-19：トンネル 5 における追加ボーリング調査の位置 4-32

図 4-20：BRI4101 想定地質断面....4-33
図 4-21：BRI4102 想定地質断面....4-34
図 4-22：BRI4103 想定地質断面....4-34
図 4-23：BRI4104 想定地質断面....4-35
図 4-24：BRI4105 想定地質断面....4-35
図 4-25：推定される地すべりの地形的特徴....4-36
図 4-26：推定される地すべりの地質断面図....4-37
図 4-27：地下水利用に関する補足調査結果....4-38
図 4-28：トンネル 5 坑口付近の考古学的遺構....4-39
図 4-29：要注意斜面（Sta. 35+260～Sta.35+850）....4-41
図 4-30：要注意斜面（Sta.36+150～Sta.36+250）....4-41
図 4-31：要注意斜面（Sta.39+800～Sta.40+200）....4-42
図 4-32：要注意斜面（Sta.40+400～Sta.41）....4-42
図 4-33：要注意斜面（ATsta. 0+000～ATsta.0+164）....4-43
図 4-34：要注意斜面（TAsta.0+625～ATsta.0+747）....4-44
図 4-35：自然斜面内の転石....4-45
図 4-36：既存の排水路工....4-45
図 4-37：BH52 の水平ボーリングのコア状況....4-45
図 4-38：要注意斜面（TAsta.4+294～TAsta.4+614）....4-46
図 4-39：要注意斜面（ATsta.4+618～ATsta.5+550）....4-47
図 4-40：最終的に決定した標準断面....4-51
図 4-41：F/S におけるトンネル断面....4-52
図 4-42：提案トンネル断面....4-52
図 4-43：最終決定したトンネル断面....4-53
図 4-44：線形設計を行う側線....4-55
図 4-45：設計のパラメータ....4-56
図 4-46：F4 開始地点付近の線形図....4-57
図 4-47：クヴェダ イレミ付近の線形図....4-57
図 4-48：Tun-3 付近の線形図....4-58
図 4-49：IC-2 付近の線形図....4-58
図 4-50：ゼスタフォニ丘陵地帯の線形図（部分）....4-59
図 4-51：道路線形別死傷者事故率（一般国道）....4-59
図 4-52：IC と E-60 の交通の流れ....4-60
図 4-53：IC-1（ショラパニ東）....4-61
図 4-54：IC-2（ショラパニ西）....4-62
図 4-55：IC-3（ゼスタフォニ西）....4-63
図 4-56：IC-4（アウグヴェタ）（End Point）....4-63
図 4-57：河川内における円柱橋脚のメリット....4-66
図 4-58：鋼橋梁断面図....4-68
図 4-59：トンネル AT-6 西坑口部における地形とトンネルの位置関係....4-75

図 4-60：トンネル TA-6 西坑口部における地形とトンネルの位置関係 4-76
図 4-61：トンネル T-AT-3 および T-TA-6 における坑口の位置....4-77
図 4-62：トンネル排水工に関する DD コンサルタントの設計と日本の一般的な
設計の比較 4-82
図 4-63：箱抜き部周辺ライニング厚さの比較 4-83
図 4-64：DD コンサルタントによる避難連絡坑の設計....4-84
図 4-65：のり面排水工と種子吹付工を推奨するのり面（⑧,⑩,⑩’）
（青線は地下水位線）....4-89
図 4-66：地すべり想定縦断面図およびボーリング調査計画位置図....4-90
図 4-67：自然斜面内の露岩 4-90
図 4-68：現道脇の落石 4-90
図 4-69：落石防止工 4-91
図 4-70：道路に到達する落石発生源の範囲 4-91
図 4-71：のり面箇所番号 4-92
図 4-72：のり面箇所番号 4-93
図 4-73：コンクリート舗装の標準横断図 4-95
図 4-74：インターチェンジ箇所の舗装構成横断図 4-96
図 4-75：横断排水路と法尻排水路及び小段排水の例 4-97
図 4-76：縦排水と法尻排水路の例 4-98
図 4-77：橋梁排水管の例 4-98
図 4-78：警戒・規制標識の例 4-99
図 4-79：交通安全施設 4-102
図 4-80：インターチェンジの案内設置 4-103
図 4-81：インターチェンジの機器設置 4-104
図 4-82：情報及び処理の流れ 4-107
図 4-83：ITS 機器配置計画（1） 4-110
図 4-84：ITS 機器配置計画（2） 4-111
図 5-1：BR4004 終点付近の他施設との位置関係 5-5
図 5-2：BR4004 終点付近位置関係図 5-6
図 6-1：プロジェクトフレームワーク 6-1
図 6-2：RDMRDI 組織図 6-3
図 6-3：全体事業調達スケジュール 6-7
図 6-4：工事の位置 6-18
図 6-5：トンネル 4 と 5 の間に計画された仮設ヤードよりの掘削土搬送ルート....6-20
図 6-6：推定日平均トラック交通量（台／日） 6-26
図 6-7：迂回路の位置 6-27
図 6-8：工事期間と工事費の関係 6-33
図 6-9：予想される全体工事工程 6-37
図 8-1：関連機関相互の関係 8-2
図 8-2：環境モニタリング計画実施体制（工事中） 8-29

図 8-3：年齢別構成比率 8-41
図 8-4：年齢別・性別構成比率 8-41
図 8-5：教育レベル 8-42
図 8-6：性別教育レベル 8-42
図 8-7：就業状況 8-43
図 8-8：性別就業状況 8-43
図 8-9：用地取得／住民移転関連の実施体制 8-46
図 10-1：標準横断図 10-2
図 10-2：トンネル区間横断図 10-3
図 10-3：コンクリート舗装構成図 10-5

表

7 章及び 9 章に関する表は非公開

表 1-1：本事業の概要 1-3
表 2-1：国際幹線道路一覧表 2-1
表 2-2：道路局が計画・実施中のプロジェクトリスト（2018 年 1 月） 2-5
表 2-3：東西ハイウェイの開発状況 2-10
表 2-4：東西ハイウェイの交通状況 2-12
表 2-5：車種別時間交通量比 2-14
表 2-6：車種別速度 2-15
表 2-7：交通量／容量比とサービスレベル 2-16
表 2-8：ジョージアの国内総生産・国民人あたり所得 2-17
表 3-1：本業務対象区間における新設道路の F/S による交通量予測結果 3-2
表 3-2：F/S から計算された交通量増加率 3-3
表 3-3：F/S による交通量調査の結果、2014 年 3-4
表 3-4：D/D による交通調査の速報結果、2017 年 7 月 3-4
表 3-5：違反事実、過積載、超過重量、2013 年～2017 年 3-5
表 3-6：過去の交通量自動計測、2007 年～2016 年 3-6
表 3-7：RDMRDI と F/S の交通量比較 3-6
表 3-8：D/D と F/S の交通量比較 3-7
表 3-9：各機関におけるジョージアの GDP 成長率予測値（%） 3-7
表 3-10：需要予測の各パラメータの設定 3-8
表 3-11：F/S と本調査の交通量増加率比較（%） 3-8
表 3-12：ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の更新需要予測、2019 年～2049 年 3-9
表 3-13：ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の更新需要予測、2019 年～2049 年 3-10
表 3-14：F/S 予測と更新予測の比較 3-12
表 4-1：ゼスタフォニの気象観測ステーションの気象概要 4-1
表 4-2：ズィルラ川とクビリラ川の最大流量算出結果 4-4
表 4-3：異なる方法による小河川の最大流量算定値 4-5
表 4-4：余裕高と水位上昇 4-6
表 4-5：Bridge 1A の洗堀計算結果 4-10
表 4-6：計画道路における岩盤状況の要約 4-20
表 4-7：岩盤のパラメータ 4-21
表 4-8：礫と砂の地質工学的パラメータ 4-22
表 4-9：シルト質粘土：圧密試験とせん断試験結果 4-23
表 4-10：既存の盛土の地質工学的パラメータ 4-23
表 4-11：粘土質泥灰岩の地質工学的パラメータ 4-24
表 4-12：岩石と土砂の透水係数の要約 4-25
表 4-13：追加ボーリング調査箇所一覧 4-27

表 4-14：トンネル 1 始点側坑口部における弾性波探査結果....4-29
表 4-15：主要設計要素基準....4-49
表 4-16：構造基準で規定された最小曲線半径....4-49
表 4-17：緩和曲線基準値....4-50
表 4-18：縦断勾配....4-50
表 4-19：インターチェンジ付近の本線線形....4-50
表 4-20：F/S 断面構成要素の幅員....4-51
表 4-21：最終決定した断面構成要素の幅員....4-51
表 4-22：望ましい最小曲線半径....4-55
表 4-23：F4 工区の橋梁概要....4-65
表 4-24：トンネル計画区間延長の変化経緯....4-73
表 4-25：トンネルの最終設計の区間および延長....4-74
表 4-26：DD コンサルタントの標準支保パターン....4-78
表 4-27：日本の 2 車線道路トンネル標準支保パターン....4-80
表 4-28：RMR 法による地盤分類....4-81
表 4-29：発破掘削時の振動の予測....4-85
表 4-30：気象庁震度階級と対応する変位加速度、振動レベル....4-86
表 4-31：ボーリング・コアを用いた室内試験結果....4-87
表 4-32：露頭調査時採収された試料を用いた室内試験結果....4-88
表 4-33：のり面諸元表....4-92
表 4-34：F/S による等価軸荷重....4-94
表 4-35：D/D で提案された舗装設計....4-94
表 4-36：破線の実線と間隙の比率....4-100
表 5-1：本プロジェクトの橋梁に適用可能な本邦技術....5-1
表 5-2：STEP 適用工法比較表（橋梁）....5-4
表 5-3：トンネル関連にて適用を検討した本邦技術....5-7
表 5-4：のり面工の本邦技術（有用な新技術）....5-8
表 5-5：斜面保護工の本邦技術（有用な新技術）....5-10
表 5-6：本邦研修中に紹介した日本における維持管理点検車両....5-12
表 5-7：日本における発破掘削時の標準進長....5-14
表 5-8：F1 区間に提案された Q 値に基づく ÖNORM の支保パターン表....5-15
表 5-9：DD コンサルタントの最大一掘進長....5-15
表 6-1：各組織の役割....6-2
表 6-2：国際および 2 級幹線道路への年間支出の推移（2004 年～2015 年）....6-4
表 6-3：他ドナーからの拠出により実施中または国家予算で予定されている道路事業（2017 年 3 月時）....6-5
表 6-4：工事の可能なパッケージングと比較....6-10
表 6-5：各専門家と役割....6-13
表 6-6：国際道路及び 2 級幹線道路の日常・定期維持管理年度別支出....6-15
表 6-7：瑕疵通知期間と維持管理期間における施工業者の責任とエンジニアの役割....6-16

表 6-8：工事内容一欄 6-17
表 6-9：橋梁の特徴と施工方法 6-21
表 6-10：トンネルの特徴と施工方法 6-23
表 6-11：仮設工事と詳細設計 6-29
表 6-12：主要材量と機材の調達先 6-31
表 6-13：ヒヤリングしたジョージア国内業者 6-32
表 6-14：詳細設計コンサルタント（DDC）のスケジュールと JICA 調査団（JST）
によるコメント 6-35
表 6-15：想定できるリスクと低減策 6-39
表 8-1：ADB／世銀／JICA ガイドラインとジョージア国法律のギャップ分析 8-4
表 8-2：大気モニタリング結果 8-5
表 8-3：表流水質モニタリング結果 8-7
表 8-4：土壌サンプリング結果 8-8
表 8-5：地下水質モニタリング結果 8-9
表 8-6：環境管理計画（DD／工事前） 8-13
表 8-7：環境管理計画（工事中） 8-16
表 8-8：環境管理計画（供用時） 8-24
表 8-9：環境モニタリング計画（工事中） 8-25
表 8-10：環境モニタリング計画（供用時） 8-26
表 8-11：環境モニタリング計画 コスト 8-26
表 8-12：機器モニタリングコスト（工事中） 8-28
表 8-13：機器モニタリングコスト（供用中） 8-28
表 8-14：ADB、JICA ガイドライン（世銀）間のギャップ分析 8-33
表 8-15：ジョージア国の法令と JICA ガイドラインの比較一覧表 8-34
表 8-16：影響を受ける土地分類結果 8-39
表 8-17：影響エリアに位置するゼスタフォニ市を含む村の人口 8-39
表 8-18：土地利用詳細 8-40
表 8-19：職業別の教育レベル 8-44
表 8-20：家財所有状況 8-44
表 8-21：農作物別の生産農家数一覧（世帯） 8-44
表 8-22：家畜所有農家数 8-45
表 8-23：農産品別農家数 8-45
表 8-24：受給資格一覧表 8-46
表 8-25：苦情処理プロセス 8-54
表 8-26：工程表 8-55
表 8-27：補償予算一覧表 8-55
表 10-1：コンクリート舗装で用いられた各層厚 10-4
表 10-2：ジョージア東西ハイウェイ事業対象区間検討の目標値 10-6

略　語　表

AADT	Annual Average Daily Traffic	年平均日交通量
AC	Asphalt Concrete	アスファルト・コンクリート
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AGF	All Ground Fasten	AGF(工法)
AHs	Affected Households	影響を受ける世帯
APs	Affected Persons	影響を受ける住民
ATC	Automatic Traffic Count	交通量自動計測
BOT	Build-Operate-Transfer	建設・運営・移管
CBR	California Bearing Ratio	CBR
CC	Cement Concrete	セメント・コンクリート
CPI	Consumer Price Index	消費者物価指数
DBFO	Design-Build-Finance-Operate	設計・建設・資金・運営
DBST	Double Bituminous Surface Treatment	二層瀝青表面処理
D/D or DD	Detailed Design	詳細設計
DEM	Digital Elevation Model	数値標高モデル
DPR	Detailed Project Report	詳細プロジェクト報告書
DSM	Digital Surface Model	数値表層モデル
DTM	Digital Terrain Model	数値地形モデル
ESC	Environment and Social Consideration	環境社会配慮
EA	Environmental Assessment	環境評価
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIRR	Economic Internal Rates of Return	経済的内部収益率
EMMP	Environmental Mitigation and Monitoring Plan	環境監視と緩和計画
EMP	Environment Management Plan	環境管理計画
EPC	Engineering-Procurement-Construction	技術・調達・建設
EWHCIP	East-West Highway Corridor Improvement Project	東西ハイウェイ回廊 改善プロジェクト
F/S or FS	Feasibility Study	実行可能性調査
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
GOJ	Government of Japan	日本政府
GPS	Global Positioning System	全地球無線測位システム
HFL	High Flood Level	高洪水レベル
ICB	International Competitive Bidding	国際競争入札
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境評価
IRI	International Roughness Index	国際ラフネス指数
IUCN	International Union for Conservation of Nature	国際自然保護連合
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JST	JICA Survey Team	JICA 調査団
KP	Kilo Post	キロポスト

LARAP	Land Acquisition and Resettlement Action Plan	土地収用・住民移転実施計画
LGV	Light Goods Vehicle	軽貨物車
LiDAR	Light Detection and Ranging / Laser Imaging Detection and Ranging	光検出と測距／ レーザー画像検出と測距
MDB	Multilateral Development Bank	国際開発銀行
MMC	Manual Classification Count	（手動）交通量調査
MoENRP	Ministry of Environment, Natural Resources and Protection	環境・資源保護省（環境省）
NHCC	National Highway Control Center	高速道路監視・管理センター
OD	Origin-Destination	起終点
OP4.01		世界銀行の環境評価ポリシーOP4.01
OP4.12		世界銀行の住民移転ポリシーOP4.12
PAP(s)	Project Affected Person(s)	プロジェクト被影響者
PCI	Per Capita Income	一人当たり国民所得
PCU	Passenger Car Units	乗用車換算
PHF	Peak Hour Factor	ピーク時間係数
PM	Penetration Macadam	砕石路面
PPP	Public-Private-Partnership	官民協働
RAP	Resettlement Action Plan	住民移転計画
RPF	Resettlement Policy Framework	住民移転方針フレームワーク
R&IPDP	Resettlement and Indigenous People Development Plan	再定住と先住民開発計画
RDMRDI	Roads Department, Ministry of Regional Development and Infrastructure	ジョージア国 地域開発・経済基盤省 道路局
ROW	Right of Way	道路用地
RSI	Roadside Interview	路側 O-D 調査
SBST	Single Bituminous Surface Treatment	一層瀝青表面処理
SEIA	Summary Environmental Impact Assessment	環境影響評価概要書
SES	Socio-Economic Survey	社会経済調査
SEZ	Special Economic Zone	経済特別区
SIA	Social Impact Assessment	社会影響評価
TA	Technical Assistance	技術支援
TOR	Terms of Reference	特記仕様書
TRACECA	Transport Corridor Europe-Caucasus-Asia	欧州・コーカサス・アジア輸送回廊
TTC	Travel Time Cost	旅行時間費用
V/C or VCR	Volume Capacity Ratio	交通容量比
VGF	Viability Gap Funding	採算補填費
VOC	Vehicle Operating Cost	車両走行費用
WB	World Bank	世界銀行（世銀）

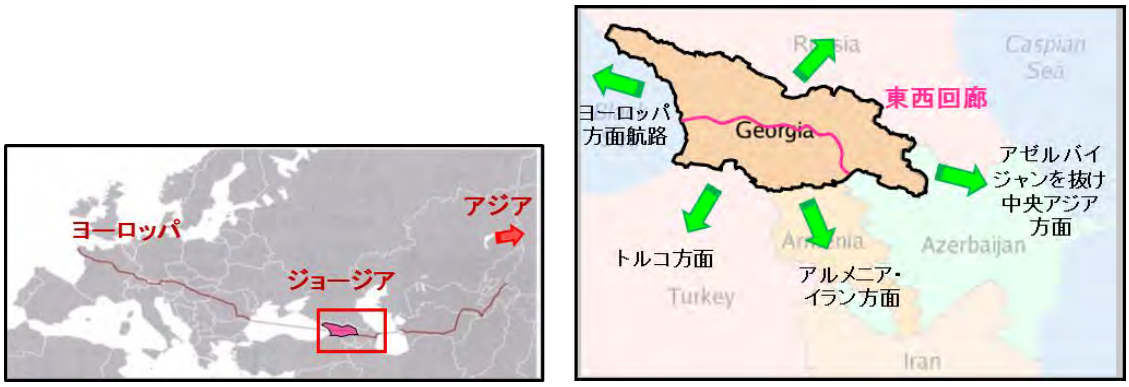
要　　約

1. 業務の概要

(1) プロジェクトの背景

ジョージア国内を東西に横断する国際幹線道路（以下、東西ハイウェイ）は、ヨーロッパとアジアを繋ぐ物流の要衝であり、コーカサス地域経済振興を司る大動脈としての機能を有している。東西ハイウェイの位置を図 S-1 に示す。

東西ハイウェイを国際幹線道路の規格に整備することは、ジョージアの国家としての最優先事業である。東西ハイウェイは、同国の首都トビリシと主要都市であるクタイシ、バトゥミ、ポチなどと接続されており、人・物の輸送の観点から同国の経済活動の大動脈と言える。また、ジョージアのみならず周辺各国へも物資を輸送する国際回廊としても非常に重要で、これまで世界銀行（WB）、アジア開発銀行（ADB）、欧州投資銀行（EIB）、JICA などによる整備・改良が進められてきた。しかしながら現状では、冬季には積雪の影響も受ける急峻な山岳区間を含み、落石や斜面の崩壊なども所々で発生している約 67 km の未改修区間が残っており、同区間の整備が急務となっている。



出典：JICA 調査団

図 S-1：東西ハイウェイの位置

（狭隘な山岳区間を連なって走る車列）　（冬季の未整備区間の様子）

出典：JICA 調査団

図 S-2：既存東西ハイウェイの写真

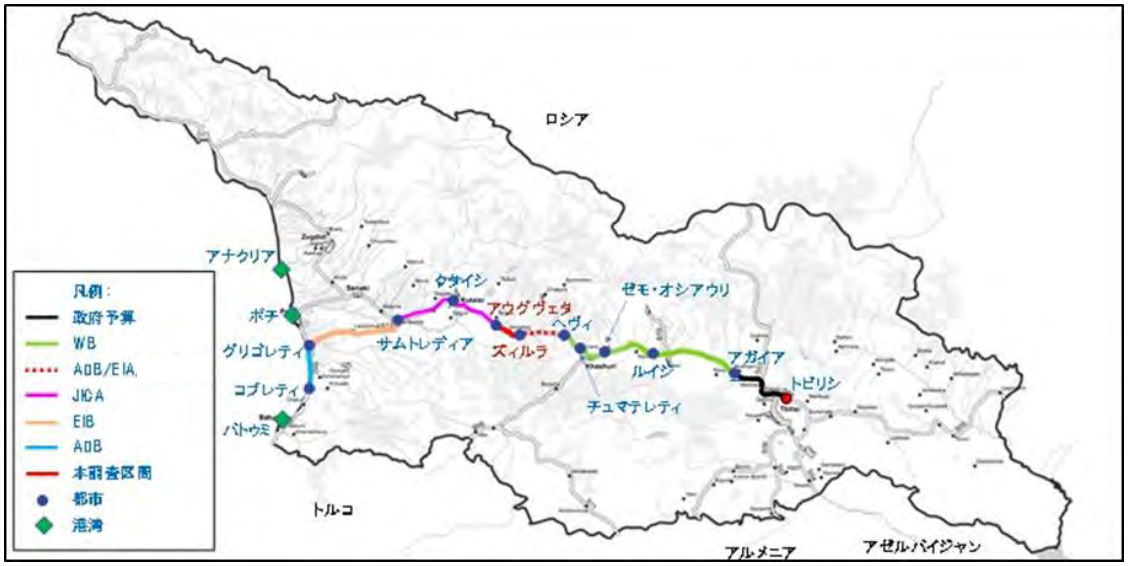
ジョージアは人口約 370 万人（2015 年時点）であるが、地政学的な優位性がある。欧州とアジア（東西）、ロシアと中東（南北）をつなぐ地域にあってエネルギーおよび物資の輸送回廊が通り、カスピ海産の石油・ガスパイプラインの欧州への輸出経由地として、またコーカサス諸国と中央アジア各国の物流中継基地として、その重要性は高まっている。物流については、黒海沿岸にポチ港およびバトゥミ港の二つの国際港湾を有するが、水深が十分ではないため、ジョージア政府はアブハジア地域に近接する沿岸に、アナクリア港の新規整備を進めている。同港が完成し大型船の入港が可能になれば、アゼルバイジャンなどの近隣国や中央アジア諸国との間で、東西ハイウェイを通る物流量はさらに増加することが見込まれている。また、アゼルバイジャン側ではバクーの南約 65 km のアラットエリアに新港を開発中であり、この港はヨーロッパと中央アジア・中国を繋ぐ TRACECA[1] ラインの主要ポイントも担うべく、その設計・開発が進められている。そのため、国家開発計画「Georgia 2020」においても、国内・国際物流輸送の効率化、道路輸送網の安全性と物流中継基地としての利便性の向上、地域経済振興を目的とした道路整備が重視されており、東西ハイウェイ整備が最優先事業と位置付けられている。

JICA は、東西ハイウェイ整備事業フェーズ 1 として 2010 年に約 177 億円の円借款、2016 年に約 44 億円の追加円借款を供与し、サムトレディア～クタイシ～アウグヴェタ区間全 59 km 整備を支援しており、今年 7 月に全区間が開通した[2]。本事業はそのフェーズ 2 として、アウグヴェタ～ショラパニ区間の整備を対象としている。同区間は、現状では片側 1 車線の 2 車線道路であり、山間部の狭隘な地形を通るために利用可能な土地が限られていることから、国際幹線道路規格に沿った片側 2 車線の 4 車線道路として整備するにはトンネルや橋梁の建設が避けられない。それに伴い、平野部での道路整備と比べて建設費が大きくなる。また、ジョージアでは落石や地滑りなどの斜面災害の対策に対する認識が不十分であり、道路交通寸断のリスクを低減し、整備した道路の安全および開発効果を確保するためにも、適切な道路安全対策を施すことが必要不可欠である。

本事業の対象である「ショラパニ～アウグヴェタ区間」、さらにその東の「ゼモ・オシアウリ～ショラパニ区間」の計 67 km 区間については、WB が 2015 年にフィージビリティスタディ（F/S）を実施済みで、WB は継続して「ゼモ・オシアウリ～チュマテレッティ区間」の事業実施を支援している。さらに、ADB は「チュマテレッティ～アウグヴェタ区間」の詳細設計（D/D）および EIA・LARAP の作成を実施し、「チュマテレッティ～ショラパニ区間」のうち、「ヘヴィ～ショラパニ区間」は EIB が、「チュマテレッティ～ヘヴィ区間」は ADB が、それぞれ事業実施を支援する予定である。

かかる状況のもと、ADB が実施する D/D 業務と並行し本事業「ショラパニ～アウグヴェタ区間」の道路整備を我が国円借款事業として実施するために、本業務が実施されることとなった。

[1] Transport Corridor Europe-Caucasus-Asia, 今回の改修対象であるジョージア東西ハイウェイもこの TRACECA ラインの一部として考えられている。
[2] サムトレディア～クタイシ区間は、道路構造上は片側 2 車線の暫定施工であり、現在は交通運用上西から東へ一方通行となっている。



出典：JICA 調査団

図 S-3：東西ハイウェイの整備状況

(2) 事業概要

本事業の概要を下記に示す。

表 S-1：本事業の概要

1) 事業名：	東西ハイウェイ整備事業（フェーズ 2）
2) 要請概要（対象区間）：	● イメレティ州ショラパニ～アウグヴェタ区間既存 2 車線道路改修および拡幅（4 車線化）、トンネル（12 ヶ所）、橋梁（14 か所）の建設を含む、全長 14.7 km 区間の道路整備 ● 道路安全対策（落石防止・斜面対策等） ● コンサルティング・サービス（詳細設計レビュー、施工監理等）
3) 対象地域：	「ジ国」イメレティ州ショラパニ～アウグヴェタ区間
4) 関係官庁・機関：	ジ国地域開発・経済基盤省道路局 （Roads Department, Ministry of Regional Development and Infrastructure = RDMRDI）

出典：JICA 調査団

(3) 本調査の目的

本調査の目的は、「東西ハイウェイ整備事業（フェーズ 2）」について、ADB が実施する D/D のレビュー及び本邦技術の活用妥当性検討のための追加調査を行うとともに、我が国有償資金協力事業として実施するための必要な調査を行うことである。具体的には、ADB が実施する D/D をレビューのうえ、本事業の概要、事業費、実施スケジュール、実施（調達・施工）方法、本邦技術の適用妥当性及び技術の適用方法、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境及び社会面の配慮等を検討する。特に、本邦技術の適用が想定される道路・トンネル施工方法、橋梁形式、道路安全対策などの分野において丁寧な検討を行う。

2. E-60 および調査対象道路の現況と課題

(1) 道路の現状と調査地域の交通状況

ジョージアの主要幹線道路は、ヨーロッパ横断道路（TEM、Trans European Motorway）の一部を構成する E-60（レッドブリッジートビリシーポチ）、E-70（ポチーバツミーサーピ）などの、1 級幹線道路（S1～S13）として国際的重要性の高い道路としての位置づけの国際幹線道路（1,603 km）とそれを補完する 2 級幹線道路（5,298 km）がある。このほかの道路区分としては延長約 15,000 km[3]地方道路（Local Roads）があるが地方市町村等政府の管轄となっている。総延長は約 7,000 km 以上におよぶ道路網の整備状況である。

ジョージアの経済成長にとって欠かせないのは、国土の地政学的な優位性を如何に有効に活かすかにある。欧州とアジア（東西）、ロシアと中東（南北）をつなぐ地域にあってエネルギーおよび物資の輸送路が通り、カスピ海産の石油・ガスパイプラインの欧州への輸出経由地とし、その交通回廊（Transit Corridor）としての重要性は高い。これまでトビリシから順次西に向け世界銀行（WB）を中心に、アジア開発銀行（ADB）、欧州投資銀行（EIB）、JICA などによる整備・改良が進められてきた。トビリシから黒海をつなぐ道路区間の中で約 67 km のリコティ峠を含む未整備区間が残っている。

出典：Road Sector of Georgia, Overview

図 S-4：東西ハイウェイ整備進捗状況

[3] GIRCA Economic Review によると 15,415 km、Road Sector of Georgia, Overview (RD) によると 13,426 km

表 S-2：東西ハイウェイの開発状況

道路区間	延長	道路計画	資金元	現　況
Tbilisi – Natakhari	11 km	4 lane, dual carriageway	State Budget	Completed
Natakhari - Aghaiani	16 km	4 lane, dual carriageway	State Budget	Completed
Aghaiani - Ruisi	50 km	4 lane, dual carriageway	World Bank	Completed
Ruisi – Agara	19 km	4 lane, dual carriageway	World Bank 2014	Completed
Agara – Zemo Osiauri	12 km	4 lane, dual carriageway	World Bank 2015	Completed
Zemo Osiauri – Chumateleti	14 km	4 lane, dual carriageway	World Bank	Under Preparation
Chumateleti - Argveta	53 km	4 lane, dual carriageway	WB, ADB, JICA	Design Stage
Zestafoni - Samtredia	59 km	2 to 4 lane, dual carriageway	JICA	2017 completed
Samtredia – Choloki	70 km	4 lane, dual carriageway	EIB 2016	Ongoing
Choloki – Kobuleti bypass	33 km	2 lane single carriageway	ADB 2016	Under Preparation
Batumi Bypass Road Project	14.3 km	2 lane single carriageway	ADB & AIIB 2017	Ongoing

出典：F/S 報告書と RDMRDI Web をもとに調査団作成、2017 年現在

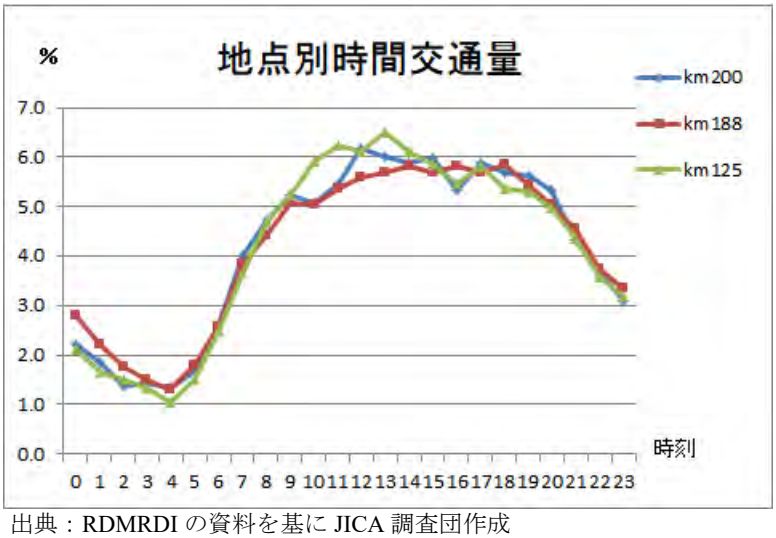
トビリシ周辺部区間の交通量は地方都市周辺及び都市間の交通に比べて多い。周辺区間の年平均交通量（AADT）は 37,000 台[4]（2013 年、大型車混入率 17%）、49,000 台（2016 年、大型車[5]混入率 28%）となっておりトビリシから離れるにつれ交通量は減少する。

今回の詳細設計対象となるショラパニ～アウグヴェタ区間はトビリシからは約 150 km 程度離れているため、短距離利用の交通が少なくなっている。しかしながら、ジョージア国内およびアゼルバイジャン～トルコをつなぐトラック及びバスなどの長距離交通はかなりの比率（37－38%）[6]を占める。

調査地域の交通現況

1) 3 か所の自動交通量観測地点の時間交通量比率を下図に示したが、時間交通量比率は低いという特性を示している。
2) 地点別速度観測結果を下表に示したが、規制速度が 50 km/h であることを考慮すると、速度は概ね高いと言える。

[4] ジョージア道路局
[5] 全体の交通量から、乗用車等を除いたミニバス、バス、トラックの比率
[6] 2017 年 D/D コンサルタントの調査結果による。



出典：RDMRDI の資料を基に JICA 調査団作成

図 S-5：地点別時間交通量比率

表 S-3：地点別速度

unit: km/h

	km125		km188		km200	
	to east	to west	to east	to west	to east	to west
small vehicle	67.6	69.4	61.9	69.7	57.8	50.0
medium vehicle					57.4	51.2
large vehicle	64.5	63.1	54.0	65.2	50.9	46.4
volume(veh/12h)	6,904	6,205	5,662	4,847	6,883	6,651

出典：RDMRDI の観測データ

3) サービスレベル

TEM ではアメリカの HCM（Highway Capacity Manual）に準拠して交通容量の算定を規定しているが、これによると

可能交通容量 = 2,800 × 0.93 × 0.82 = 2,135 (pcu/h)

が得られ、km 188 地点の交通のピーク時間交通量の v/c は 0.72 であり、サービスレベルは D である。

(2) 社会経済状況

ジョージアはかつてソビエト連邦の構成国であったが、1991 年に独立した。独立後の数年間はかつての計画経済から、市場経済への移行がいくつかの理由から困難な時期であった。それらの中には、国内の内紛、南オセチアとアブハジアの 2 地域における衝突、高い犯罪率、かつてあった市場の喪失とそれにとって代わる市場の拡大が不十分、労働力人口の流出、などが挙げられる。この労働力人口の流出は人口の動向にも如実に反映されている。上記南オセチアとアブハジアを除いたジョージアの人口は 2008 年で 438 万人[7]、2014

[7] Georgia Statistics

年では約 373 万人[8]であった。1992 年に約 550 万人[9]の人口を記録して以来減少の傾向にある。

近年の経済成長の伸びは堅調ではあるものの、2009 年は戦争の結果マイナス成長、2010 年～2013 年は 6－7%台の成長率であるものの、ロシア経済の落ち込み以降はまた弱くなっている。

また産業構造は依然元のままで、雇用機会の増加は緩やかである。2007 年で 13.3%[10]、2008 年に 16.5%であったが 2012 年になって雇用の伸びで失業率は 15%まで落ちたが依然高い水準である。

20 世紀以前のジョージアは農業中心の経済であった。ジョージアの近代経済は、黒海観光、かんきつ類、茶、ブドウの栽培を中心に展開しており、これらに大産業として発展するワイン、金属、機械、化学品、繊維製品の生産などが加わった。それが、ソビエト連邦の崩壊とともに市場を失い、多くの産業は衰退を余儀なくされた。

ジョージアの国内総生産（GDP）はソ連崩壊（1991 年）にともない急落したが、経済的・民主的諸改革によって 2 桁台の経済成長を遂げ、2000 年代中頃には復活を遂げ、2005 年には 64 億 11 百万 USD と急激な伸びを示した。この国は黒海地域で最も腐敗の少ない国であり、Transparency International's 2017 報告書によると隣接する諸国よりも透明性において上回り、ヨーロッパ連合諸国と並ぶ水準であると報告されている。

3. 交通量予測

(1) 概要

本章ではまず F/S の交通量予測をレビューした後[11]、現況交通量と交通量増加率に着目の上、F/S に記載の需要予測内容を精査し、最後に需要予測の更新を提案する。

(2) F/S 交通量予測のレビュー

世銀の F/S による交通量予測のプロセス（概要）は、過去の交通量自動計測（ATC）データ、及び F/S で実施された ATC、交通量調査、OD 調査を含む交通調査結果等に基づき現況交通量（AADT）を推計し、交通量増加率の設定、開発・誘発交通量の設定を行った上で、交通調査地点における 2049 年までの車種別交通量の予測を行っている。

(3) 交通調査／軸重調査

東西ハイウェイにおけるゼモ・オシアウリ～アウグヴェタ区間の交通量予測のための交通データを収集するため、2014 年 10～11 月に交通調査が実施された。これら交通量調査（2014 年時点）によると、ショラパニ～ゼスタフォニ区間では約 11,000 台/日、ゼスタフォニ～アウグヴェタ区間では約 14,000 台/日～15,000 台/日がカウントされた。さらに、F/S

[8] www.geostat.ge, preliminary data
[9] United Nations, Department of Statistics, Demographic Yearbook
[10] Source: Geo Stat
[11] F/S 報告書の名称は以下の通り：RDMRDI, *Upgrade of Feasibility Studies for E-60 Highway Section from Zemo Osiauri to Argveta and Undertaking Detailed Design for E-60 Highway Section from Zemo Osiauri to Chumateleti (Feasibility Study for E-60 Highway Section from Zemo Osiauri to Argveta)*, Final Report, December 2015.

による交通量データを精査するため、2017 年 7 月に D/D の一部として交通量自動計測が 3 地点で実施された。

(4) 既存交通量予測の確認

リコティ～ゼスタフォニ区間（Km 179）及びゼスタフォニ～クタイシ区間（Km 215）における 2007 年～2016 年の RDMRDI による定期的な交通量自動計測（ATC）のデータによると、多少の変動は見られるものの、全体の交通量は年率平均 8.5～9.0%で増加している。

D/D による交通量自動計測の結果から季節変動を考慮すると、年平均日交通量は Km 188 が 14,489 台/日、Km 200 が 17,060 台/日となる。F/S における 2019 年の年平均日交通量予測は Km 188 が 13,872 台/日、Km 200 が 18,519 台/日であることを考慮すると、F/S における 2019 年の交通量の設定は Km 188 で若干過小、Km 200 で概ね妥当と考えられる。

F/S で設定された交通量増加率を精査するため、ジョージアの GDP は将来的に年率 4.5%で成長すると仮定した。この設定では、国際機関及び主要機関による短期の GDP 成長率の予測を参考とした。F/S の交通量増加率は、本調査で設定した増加率からみて短中期的に若干過小と考えられるものの、長期的に妥当な範囲と考えられる。

(5) 将来交通量の推計

上記で精査した現況交通量及び交通量増加率を考慮し、F/S 交通量予測を更新することが、より良いと考えられる。つまり、前節で設定したパラメータを用い、ショラパニ～ゼスタフォニ東区間とゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の交通量を更新することを提案する。

(6) F/S 予測と更新予測の比較

F/S 予測と更新予測との比較を以下に示す。初年度交通量と交通量増加率に係る主要点は以下にまとめる通りであり、詳細は表 S-4 に示す。

- F/S における初年度交通量はショラパニ～ゼスタフォニ東区間で若干過小、ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間で概ね妥当と考えられる。
- F/S の交通量増加率は、本調査で設定した増加率からみて短中期的に若干過小と考えられるものの、長期的に妥当な範囲と考えられる。

表 S-4：F/S 予測と更新予測の比較

	F/S 予測	更新予測
初年度交通量	ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の初年度交通量は 14,208 台/日、ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の初年度交通量は 15,158 台/日と推計されている。	ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の初年度交通量は 14,884 台/日、ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の初年度交通量は F/S と同等（＝15,158 台/日）と設定した。

	F/S 予測	更新予測
交通量増加率	F/S から得られた交通量増加率は、2019 年から 2029 年にかけて年率 4.7%、2029 年から 2039 年にかけて年率 3.3%、2039 年から 2049 年にかけて年率 2.6%となっている。	旅客の交通量増加率は 2019 年から 2029 年にかけて年率 5.9%、2029 年から 2039 年にかけて年率 4.2%、2039 年から 2049 年にかけて年率 2.8%と設定した。 一方、貨物の交通量増加率は 2019 年から 2029 年にかけて年率 5.4%、2029 年から 2039 年にかけて年率 3.9%、2039 年から 2049 年にかけて年率 2.5%と設定した。
予測結果	ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の交通量は 22,405 台/日（2029 年）、30,915 台/日（2039 年）、39,971 台/日（2049 年）と推計されている。 ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の交通量は 23,910 台/日（2029 年）、32,997 台/日（2039 年）、42,666 台/日（2049 年）と推計されている。	ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の交通量は 25,950 台/日（2029 年）、38,780 台/日（2039 年）、50,517 台/日（2049 年）と設定した。 ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の交通量は 26,451 台/日（2029 年）、39,555 台/日（2039 年）、51,551 台/日（2049 年）と設定した。

出典：JICA 調査団

4. E-60 F4 セクション（ショラパニ～アウグヴェタ）の詳細設計

(1) 自然条件調査

気象及び水文調査

詳細設計の成果達成状況及び今後の課題については、JICA 調査団からのコメントとしては以下のとおりである。

- 計画道路周辺に存在する 2 箇所の気象ステーションで測定された気象データについては、D/D 調査レポートでの開示が望まれる。これらの詳細な気象データは、現在環境天然資源保全省の環境庁気象水理局が観測を含めて管理しており、有償によるデータ提供が可能である。
- JICA 専門員による現地調査では、計画道路が橋梁で横断するズィルラ川及び クビリラ川に関して、水理学検討に基づく高水流量を用いた洪水解析及び橋脚の河積阻害や洗堀の検討が必要との指摘があった。これを踏まえて、D/D 調査でシミュレーション計算を含む検討を行い、橋脚の設計に関して安全性が確認された。
- 洪水防御に関しては道路局の河川護岸整備局（Bank Protection Division）が国内河川の局所的な洗堀対策等の工事検査を 8 名で実施。橋脚基礎に対する保護工や河岸道路一部区間や IC エリアの周辺護岸整備や河床洗堀対策に関してサポートが期待できる。
- D/D 調査によれば、気候変動に関して留意すべきデータは今のところ存在しない。しかしながら、年間気温は今後 30 年に平均 1～1.5℃の気温が上昇し、雨量は減少することが予想される。また、暑い日が多くなるので、舗装タイプではこの点に考慮すべきとの指摘があることが確認された。

地形測量

詳細設計の成果達成状況及び今後の課題について、JICA 調査団からのコメントは以下のとおりである。

- 航空写真の精度：デジタルオルソ画像の解像度は、ピクセルサイズは 9.94 cm で十分な精度を確保されていることが確認できた。
- 航空レーザー測量の制度については、以下のように十分な解像度と精度が得られた。
  i　誤差（標準偏差）は 0.0676 m（10 cm<）
  ii　Lidar データと GCP（Ground Control Point）の地上 GPS との誤差は 10 cm 以内
  iii　メッシュデータ（DTM, DSM）は 0.5 m × 0.5 m
- 追加の測量については、航空測量の確認及び水理解析に必要な 47 か所の河川横断（深浅測量）について実施された。しかしながら、トンネル坑口のような重要な個所については実施していないので、詳細な地形把握のために必要に応じて追加測量の実施が望まれる。
- 地すべり危険箇所および斜面対策箇所においては、JICA 調査団によりドローンを使った空撮を実施したが、自然斜面が植生に覆われ期待したほどの結果を得ていない。このため、必要に応じて追加の測量の実施が望まれる。
- 上記の測量で得られたデータについては DD 調査に十分に活用されていることを確認できた。成果として、CAD 図面については 10 m ピッチの横断図と縦断図、1 m コンター入り平面図（写真レイヤーを含む）が利用できることなどが挙げられる。

地質調査及び地質解析

- 短期間にも関わらず、ボーリング調査、現地踏査、物理探査及び土質試験等を含む総合的な地質調査は、ほぼ計画通りに実施できたことは評価に値する。
- 現地調査及び地質調査、物理探査については必要十分な項目内容と数量が実施されている。しかしながら、トンネル坑口や橋梁基礎等については、詳細設計に必要な位置で必ずしも実施されなかったため、地質状況の把握には不十分な内容であった。また、地山区分等を考慮した地質断面図の作成に際して、これらの物理探査結果及びボーリング調査結果が十分に反映されたとは言い難い。
- 岩石供試体（露頭サンプル／ボーリングコア）、不かく乱試料、かく乱試料の室内試験については、内容及び数量、さらに試験結果について必要十分な内容が示された。課題として、これらの試験結果を詳細設計や施工計画にどのように反映させた（させる）のかについての記載が十分とは言い難い。
- 自然条件調査（地形測量調査、水文調査、地質調査）の中で実施された公共施設調査では、計画道路に影響する公共施設が明らかにされたが、支障物件が具体的に何になるのか、報告書の中では言及されていない。環境社会配慮（EIA）調査との関連を踏まえた記述が必要と思われる。
- D/D 調査では、車載型ボーリングマシンを使用したことで、道路から外れた急峻な地形上のトンネル坑口、地すべり箇所、橋脚/アバットの位置のボーリングによる地

質調査が不可能であった。このため、詳細設計の精度を高め数量根拠を確実にするために追加ボーリング調査が必要と考えられる。

- 道路線形の変更や地形上の困難さに伴いボーリング調査が実施できなかった箇所や、地すべり地形の詳細調査に関して、JICA 調査団の提案に基づき、追加ボーリング調査等による検討が望まれる。
- 調査結果を概観すると、計画道路の基礎地盤は概して良好なことが明らかになった。地質に関連して想定される懸念事項は以下の通りで、建設工事では安全に配慮し個別に対応することが求められる。
    - トンネル坑口斜面（TB-1, 2, 3, 4）の斜面落石対策
    - 地滑り箇所の調査と対策
    - TN-1 と TN-2 間の切土のり面保護（落石対策）
    - 石灰岩質砂岩等の風化帯分布とトンネル、開削、高盛土区間（一部不等沈下）
    - トンネル掘削時の突発的湧水対策（断層が多く分布するが、大きな破砕帯はないので可能性は低い）
    - トンネル工事による地下水低下は場所によっては起こりうる
    - 河床礫の層厚と橋梁基礎根入れ等の地盤情報の不足
- 現地踏査により、トンネル工事によって影響を受ける可能性のある井戸が散見されている。また、トンネル掘削で生じる地下水位低下により、農地への影響（土壌の乾燥化）や一部地盤沈下が懸念される。工事前から、工事中の地下水の季節的変化をモニタリングすることについても考慮する必要がある。

斜面調査

概要

JICA 調査団は D/D コンサルタントから最終線形および、切土位置が決定する以前に FS で示された平面線形に基づいて斜面調査における要注意箇所の範囲を机上で抽出したものを提供した結果、斜面の要注意箇所のいくつかは、線形の変更により回避された。しかしながら、自然斜面調査や切土のり面対策の必要性についての検討が不十分であることは否めず、追加調査の必要性を指摘した。

机上事前調査での要注意箇所の抽出

要注意箇所の抽出の基準として、日本の急傾斜地崩壊危険区域の指定条件に準じて道路が高さ 5 m 以上の自然斜面に接していること、30 度以上の斜面であることとした。なお、自然斜面の斜面調査の範囲は遷急線までとした。また、斜面内に渓流がある場合には落石の経路や土石流の危険性について調査する一方、対策工の有無を検討するためののり面は、切土計画高が 5 m 以上となる箇所とした。

現地調査結果

JICA 調査団が現地視察を行った結果、T1 の起点側の斜面は、安定しており、表土が発達しているため落石の発生源はほとんど存在しないが、降雨時には、のり面の高い位置に流下する表流水が想定されるため、のり面内に縦排水工の設置が望ましいものと思われる。

T1 と T2 間の明かり部の上方斜面は、高さ 150 m を越えており、自然斜面内に露岩や転石など落石の発生源となるものと想定され、斜面裾部には、径 1 m を越える転石が認められているため、露岩や転石の分布調査の後、これらを固定する落石防止工が必要である。

一方、T1 トンネル終点側坑口部には長さ 150 m 幅 100 m の地すべりと推定される地形があり、DD コンサルタントがこの付近で実施した水平ボーリングの結果では掘進長 22 m 付近まで土砂状のコアが採取されており、地すべりブロックの可能性は否定できない。

T3-TA の終点側の斜面は、切土のり面となるため斜面対策は不要となる。坑口付近の渓流は、常時流水がなく渓流対策は不要である。

インターチェンジの起点側の斜面は、露岩が切土により除去され、ボーリング調査の結果、風化深度が 4～6 m と浅いため切土のり面は新鮮岩が露出するものと想定されるため、のり面保護工の必要性はない。

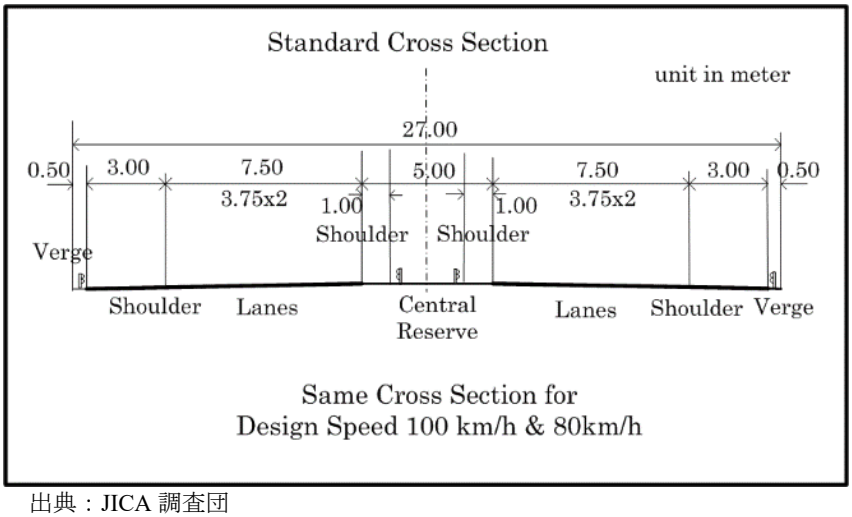
(2) E-60 F4 セクション（ショラパニ～アウグヴェタ）の詳細設計

適用すべき基準

幾何構造

幾何構造設計基準は TEM（Trans European Motorway）基準を基本的に使用することとし、記載のない項目については G/S（Georgian Standard）、アメリカの「AASHTO」、日本の「道路構造令」等を参照する。Snip は、これにより建設された現道を検証する場合に限り参照する。

RDMRDI、IRD と協議の結果、設計速度 80 km/h と 100 km/h では同一の横断面構成となった。



出典：JICA 調査団

図 S-6：最終的に決定した標準断面

橋梁構造

橋梁計画は ADB による D/D 業務の中で、D/D コンサルタントと JICA 調査団が連携しながら線形計画と同時に検討・立案された。このうち、本邦技術適用可能な構造として、鋼

製橋梁の上部工を挙げた。上部工については、全連続桁形式の合理化鈑桁を採用することにより、高い走行性を得ると同時に耐震性、耐久性、維持管理性の大幅向上を図った。さらに、本邦耐震技術の代表の一つである水平力分散支承を採用し、河川部橋脚のコンパクト化を図った。また、ジョージア国では凍結防止剤使用が無いことを確認し、耐候性鋼材を採用した。

設計については、設計方法を含めて本邦独自の技術であることから D/D コンサルタントによる設計が事実上困難であると考えられたため、また時間的および契約上の制約等から JICA 調査団により発注に必要な精度の上部工の予備設計を行うこととなった。設計基準については、本邦独自の技術であること、日本の基準による設計は結果的に Eurocode による設計をカバーできると考えられること等から、日本の基準に準拠して実施することとした。

斜面対策

道路安全対策として現道の状況から判断される危険要素は、切土のり面からの表層崩壊による落石や土砂による通行障害、自然斜面からの落石や土砂崩壊による被災、比較的降水量が低いものの渓流からの土砂や落石の流出による通行障害や被災が想定される。

現状設計の道路線形と土工からこれらの危険要素の想定される箇所と斜面調査範囲を抽出したものを別添資料に示した。これらの危険斜面を対象に踏査を行い、災害タイプや規模、性状を把握し、「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成 21 年道路協会）」、「落石対策便覧（平成 12 年道路協会）」、「地すべり防止技術指針及び同解説（平成 20 年国土交通省）」により対策方針を検討する。

道路幾何構造設計

設計速度 80 km/h の最小曲線半径は 240 m であるが、400 m を目標値として、設計を行った。当初案ではこの最小半径でズィルラ川に沿った線形が設定されていたが、その後、橋梁で対岸に渡る案が採用され、線形は大幅に改良された。

出典： DD コンサルタントの設計図

図 S-7： 線形図

ゼスタフォニの丘陵地帯では緩和曲線が適切に使用され、FS ではぎごちなかった線形が滑らかになっている。

インターチェンジは 4 か所で計画されている。始点側 2 か所は変形トランペット型、終点側 2 か所はダイヤモンド型である。いずれの場合も接続道路との交差点はラウンドアバウト形式である。

トンネル設計

トンネルの区間および延長

1) 6 ケ所、12 本のトンネル、総延長 8,515.09 m
2) 総 12 本のトンネルの総延長（8,515.09 m）の内訳は以下の通りである。
   発破および機械による掘削トンネル（NATM Tunnel）合計　：7,975.40 m
   各トンネル坑口での開削トンネル（Cut & Cover Tunnel）合計　：539.69 m

トンネル坑口の位置

トンネル 1 からトンネル 5 までの坑口位置は概ね問題がない。

但し、トンネル 1 のアウグヴェタ側坑口部においては地すべりの懸念があるため、追加ボーリング調査の結果を確認する必要がある。また、トンネル 2 のアウグヴェタ側坑口とトンネル 5 のアウグヴェタ側坑口の位置については、D/D コンサルタントと異なる技術的見解があったが、問題となる規模ではないことを確認した。

しかしながら、トンネル 6 の終点（アウグヴェタ）側の坑口位置は適切ではないことは JICA 調査団から D/D コンサルタントへ指摘し、議論を重ねた。JICA 調査団の見解では、現在の D/D 案はトンネルの延長が無駄に長く、それぞれ 80 m ほどは短くできるものと考えている。同個所は、土被りが 10 m 以下と浅い上、掘削面に土砂が現れる可能性が高いことから、トンネル掘削時安定性の確保が十分ではないために他区間に比べ工事費が高くなる区間である。また周辺に民家などはなく、環境上配慮しなければならない箇所ではない。従って、終点側坑口の位置を、T-AT-6 の場合 9+726.883 から 9+642.883、T-TA-6 の場合 9+709.02 から 9+625.02 に変更することが望ましいものと考える。

トンネル・インバートの設置有無

D/D コンサルタントの設計は、ADECO（Analisi delle DEformazioni COntrollate, Analysis of Controlled Deformation）Method という解析に基づいている。その特徴として、ライニングおよびインバートの厚さが日本基準の設計に比べて厚いことが挙げられる。

特にインバートがトンネル区間全体に渡って 70～80 cm と厚く設計されている。日本における 2 車線道路トンネル建設時の標準支保パターンと比較すると厚い上、比較的に地盤条件が良くなるとインバートを必要としない日本の設計思想および実績とは異なる考え方である。インバートの必要性については、DD コンサルタントのトンネル・エンジニアと協議をし、施工時の地盤状況が RMR による地盤分類で Class II 以上（RMR≧61）であればインバートを設けなくても良いという意見もあったが、現段階では設計には反映されていない。施工時に確認される地盤状況に基づいて再度検討すべきである。

トンネルの排水システム

覆工背面に湛水すると、水圧が外力として覆工に作用し、トンネルとしての安定性を損なう恐れがあるほか、覆工等から漏水が生じると、凍害による覆工の劣化、冬期のつらら、側氷の発生、照明・防災機器類の腐食および短絡など、トンネルの耐久性や維持管理上の問題が発生する。特に、漏水による機器寿命短縮に伴う損失は、トンネルの維持管理費の

増加につながる。従って、一般的には吹付けコンクリートと覆工との間に防水材を設け、トンネル内への湧水の流入を防ぐなどして、対応が図られる。

DD コンサルタントによる最終設計案での排水工設計では、覆工防水工によって集水された湧水を 50 m 間隔の横断排水工（φ150 mm）を通じて導水し、トンネル両側に 1 箇所ずつトンネル全長に渡る縦断排水工（φ250 mm）を設けることとしている。日本の設計においては、50 m 間隔の横断排水工（φ150 mm）を通じて導水し、トンネル中央にトンネル全長に渡る縦断排水工（φ300 mm）を 1 箇所設けることが一般的であり、これと D/D 案を比較すると、D/D 案でのトンネル坑外への導水能力は問題ないものと考えられる。

箱抜き部のライニング厚さ

箱抜き部周辺のライニング厚さに対して、DD コンサルタントの設計と日本の一般的な設計に相違があり、DD コンサルタントの設計の方が日本の設計と比較して、薄いものとなっている。しかしながら、今回のトンネル等級に設置される非常用施設の大きさが大きくないことから、箱抜き部周辺のライニング厚さは、DD コンサルタントの提案の値で問題ないものと判断される。

避難連絡坑の設計

F-4 区間では 6 ケ所 12 トンネルが計画されているが、各トンネルの延長により、トンネル 3（T-AT-3 と T-TA-3 の間）で 2 ケ所、トンネル 4（T-AT-4 と T-TA-4 の間）で 1 ケ所、トンネル 5（T-AT-5 と T-TA-5 の間）で 2 ケ所の総 5 ケ所で避難連絡坑が計画されている。

現在の DD コンサルタントの設計では、避難連絡坑に換気ファンや 2 重ドア、避難室などが設けられているが、当該坑は一刻も早く避難させることが目的であることを考えると、これら付帯設備は極力設置しないことが望ましいと考える。

機械掘削の必要性

トンネル 5（T-AT-5、T-TA-5）とトンネル 6（T-AT-6、T-TA-6）は土被りが浅いうえトンネル直上に民家が点在しているため、住民および構造物に対する振動・騒音のような環境上の配慮を設計に反映しなければならない。このような条件下では、一般的に機械掘削を適用する。

直上に共同住宅が位置する Sta 7+900（トンネル 5 の終点側では最も高い所、土被り 36 m 程度）における発破掘削時の振動を予測した結果、80.4 dB と算出された。この値は、屋内にいる人のほとんどが揺れを感じる、また恐怖感を覚える人もいるという震度 3 弱のレベルに相当する。規制値として、日本の火薬学会が提言する夜間 64 dB（昼間 79 dB）の発破振動レベルを満たす距離を計算すると、民家が発破地点から 103 m 離れる必要がある。

以上の結果から、トンネル 5 及びトンネル 6 においては、機械掘削工法が適用されることが望ましい。

機械掘削マシン（ロードヘッダー）の規格

機械掘削の対象となるトンネル 5（T-AT-5、T-TA-5）とトンネル 6（T-AT-6、T-TA-6）に対する試料の地質は石灰砂岩（Calcarenite）であり、それらの一軸圧縮強度は 11.49～

85.60 N/mm^2 と幅が広く、所々強度が高い箇所では掘進の遅れが発生する可能性があることを示している。従って、掘削機の選定にあたっては、より馬力のある掘削機を使用することが望まれる。日本の機械掘削マシンを製作しているメーカはそれぞれ、地盤の一軸圧縮強度 20 N /mm^2 前後までを対象とするマシンと、50 N/mm^2 前後までを対象とするマシンが製作されている。

トンネル計画深度付近の試料を対象に得られた一軸圧縮強度は 20 N/mm^2 より高い強度を持つところが多くみられるため、最低でも 20 N/mm^2 以上に対応可能な掘削機が選定されるべきである。

機械掘削マシン（ロードヘッダー）の必要台数

機械掘削マシン（ロードヘッダー）を用いて掘削するトンネルは 2 ケ所 4 トンネルであり、長さは、T-AT-5：1,193 m、T-TA-5：1,152 m、T-AT-6：450 m、T-AT-6：444 m である。

T-AT-5、T-TA-5 は延長が 1,000 m を超える上に、機械掘削マシンには機動性がないため、それぞれに専用マシンが一台ずつ必要である。一方、T-AT-6、T-TA-6 は同じ箇所に位置する延長が短いトンネルであり、トンネル延長の約 70%が補助工法を必要とする。T-AT-6 が補助工法の施工時、T-TA-6 では掘削作業を実施する、または反対に T-AT-6 が掘削作業の時は、T-TA-6 では補助工法を施工するなどの施工上の工夫が必要である。機械掘削マシンに機動性はないが、両トンネル（TA-6、AT-6）とも坑口の位置が同じであり、同じ平面上に位置するため、マシンの共有が可能である。

以上より、本プロジェクトのために必要な機械掘削マシン（ロードヘッダー）は 3 台が適切である。

<u>のり面および斜面保護工設計</u>

概要

切土部に分布する地質状況に応じてのり面の安定工を選択する必要がある。切土付近のボーリング調査の結果から、切土部が土砂の場合や岩質自体が脆弱な場合あるいは風化変質が進んでいる場合や切土後の劣化が想定される場合は、表層崩壊に対する保護工が必要となる。また、地下水位の高い場合ののり面設計では、小段排水工や縦排水工を設置する必要がある。

現地視察の結果からは、ATsta.0+550 付近に地すべりの疑われる地形が認められ、トンネル坑口付近の切土のり面の設計には注意を要し、地すべりブロックを切土する場合には、斜面安定工を設計しなければならない。

のり面上方や道路側方の自然斜面に不安定な浮石や転石が残存している場合には、これらの落石防止工あるいは落下した場合に道路面に達することのないように待ち受け対策工を設計する必要がある。現地踏査の結果では、落石発生源をのり面上方に持つ斜面は、T1、T2 間の斜面に限られている。

切土のり面対策工について

地質分布から、表 S-5 に示すのり面箇所番号①から⑥までは硬岩に、のり面箇所番号⑦から⑩は軟岩に位置付けられる。日本の切土に対する標準のり面勾配は硬岩が 1:0.3～1:0.8（73.3°～51.3°）、軟岩が 1:0.5～1:1.2（63.43°～39.8°）である。①'-2、②、②'で 5°程度急となるがのり面保護工は不要と判断する。⑦のトンネル坑口斜面は 15°程度標準よりも急となるため、他のトンネル坑口部と同様にコンクリート吹付が必要と考えられる。その他ののり面は、標準勾配に収まっているが、⑧、⑩、⑩'ののり面は、ボーリング調査結果で風化部にのり面が位置し地下水位が高いことが予想されるため、のり面排水工により浸食を防止するとともにのり面保護工が必要と考えられ種子吹付工の施工を推奨する。

地すべり対策工について

トンネル施工に先立って、地すべりの有無とすべり面の位置を特定し、トンネル坑口掘削及びトンネル掘削による緩みによる地すべり活動の誘発の可能性について検討する必要がある。

調査結果に基づいて対策方針を検討するが、トンネル線形および施工基面をすべり面から十分な離隔を保つように変更して回避するか抑止杭工を施工するなどの工法が考えられる。

落石対策工について

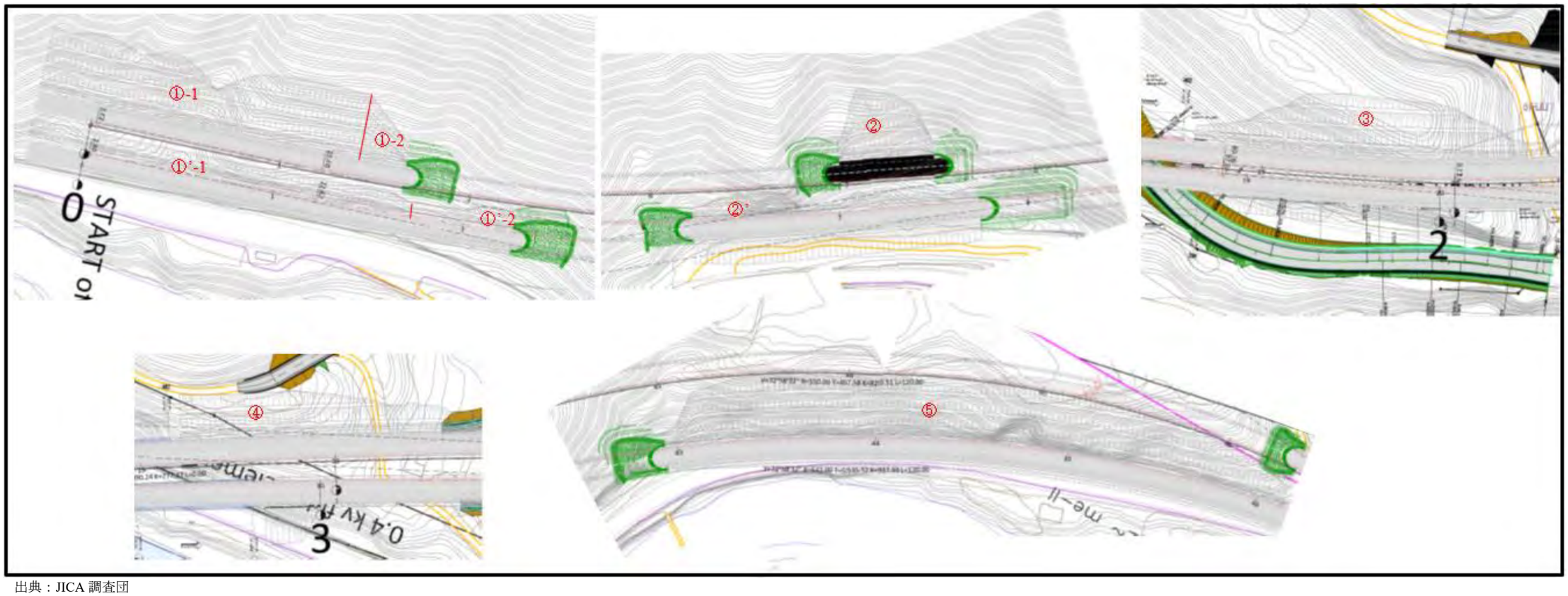
T1、T2 間の明かり部の延長は、50 m で遷急線までの比高が 150 m に達する急斜面が連続しており、不安定な露岩が分布しているため、落石の発生が懸念される。実際に現道脇には、直径 1 m を越える落石が複数認められている。

発生源位置が高い場合には、落石エネルギーが膨大となることが予想されるため、待ち受け対策工の設計外力の算定が困難であることから、対象となる露岩の分布範囲を特定した上で発生源対策を行うこととする。

表 S-5：のり面諸元表

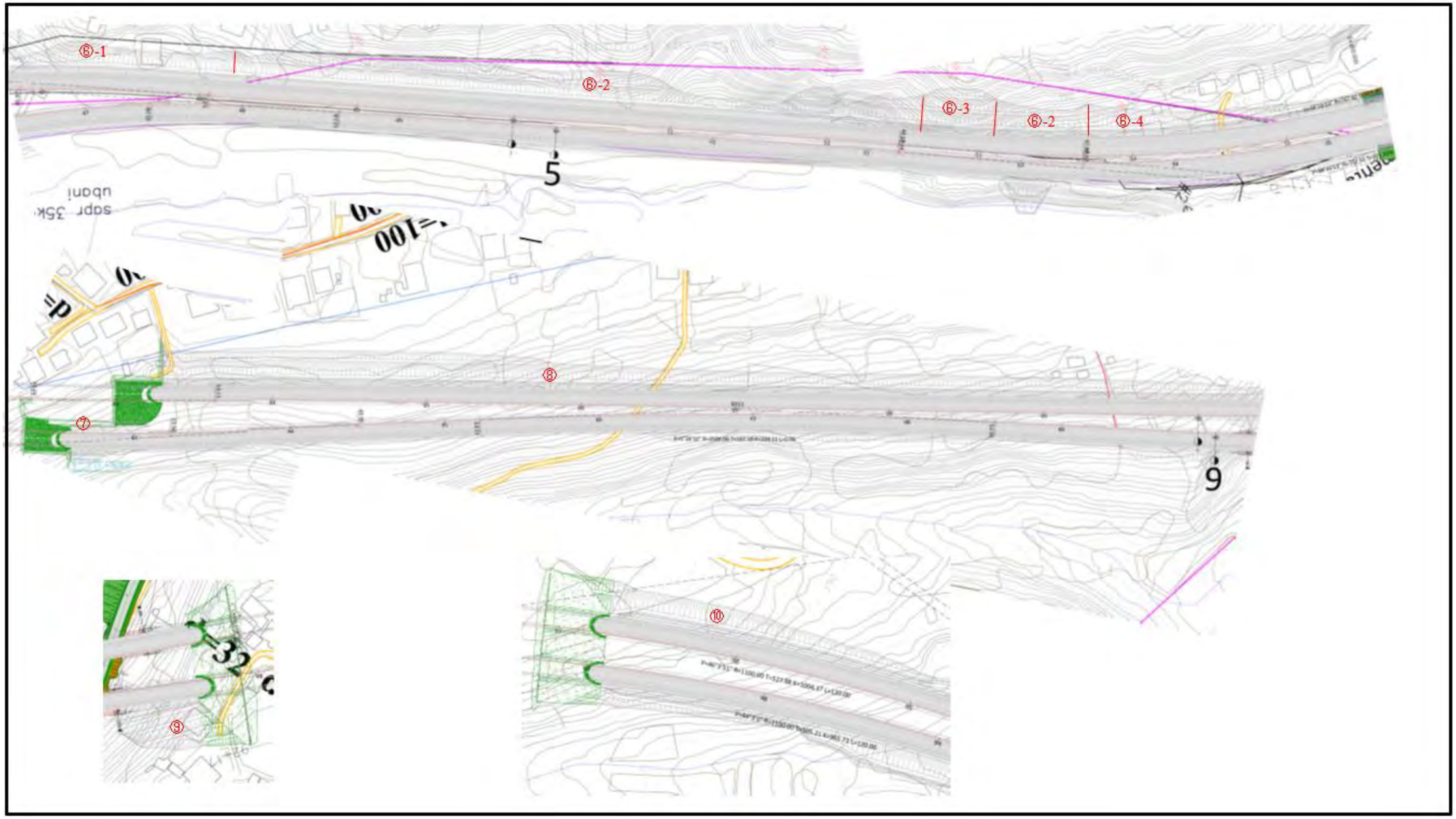
のり面箇所番号	位置	STA	地質状況	ボーリング	風化深度	孔内水位	勾配(°)	のり高(m)	延長(m)	斜面長(m)	のり面積(m^2)	発生源面積(m^2)	対策工法	
①-1	起点AT	0 + 0 ～ 0 + 138	ポーフィライト	BH-38	8.5m	-10.9m	59	32	138	37.33	3,783.39		不要	当該箇所は非公開
①-2		0 + 138 ～ 0 + 163					68.9	32	25	34.31	629.93		不要	
①'-1		0 + 0 ～ 0 + 170		BH-37	9m	-14.2m	45.0	4	170	5.66	961.67		不要	
①'-2		0 + 170 ～ 0 + 224					78.7	21	54	21.42	963.68		不要	
②	T1,T2間AT	0 + 696 ～ 0 + 747	ポーフィライト				78.7	25	51	25.49	1,014.16	69290m^2の20%	落石防止工(プラスネット)	
②'	T1,T2間TA	0 + 625 ～ 0 + 682	ポーフィライト20m	BH-52	20m	-	78.7	25	57	25.49	1,133.47	13,858		
③	B1,B2間AT	1 + 878 ～ 2 + 45	ポーフィライト2.5m	BH-27,28	4.0m,7m	-6.6,-5.7m	59.0	31	167	36.17	4,968.11		不要	
④	B2,B3間AT	2 + 920 ～ 3 + 61	ポーフィライト	BH-24	8m	-5.9m	59.0	24	141	28.00	2,960.92		不要	
⑤	T3,B4間TA	4 + 294 ～ 4 + 614	ポーフィライト	BH-32,49	0m	-6.8,-m	59.0	41	320	47.83	12,132.99		不要	
⑥-1	T3,B4間AT	4 + 618 ～ 4 + 829	ポーフィライト				45.0	12	211	16.97	3,580.79		不要	
⑥-2		4 + 829 ～ 5 + 364	ポーフィライト	BH-44,45	5m,4m	-8.8,10.3m	59.0	24	535	28.00	11,234.68		不要	
⑥-3		5 + 260 ～ 5 + 308	ポーフィライト				59.0	31	48	8.17	195.99		不要	
⑥-4		5 + 364 ～ 5 + 550	ポーフィライト	BH-46	6.4m	-13.2m	45.0	13	186	18.38	3,419.57		不要	
⑦	T5,B5間TA	8 + 257 ～ 8 + 286	砂岩5.5m	BH-26	16.6m	-5.15m	78.7	12	29	12.24	266.16		コンクリート吹付工	
⑧-1	T5,B5間AT	8 + 328 ～ 8 + 575					53.0	18	247	22.54	4,639.16		種子吹付工	
⑧-2		8 + 575 ～ 9 + 40	砂岩2.8m	BH-10	5.3m	-18.45m	53.0	14	465	17.53	8,151.40		不要	
⑨	B5,T6間TA	9 + 218 ～ 9 + 264	砂岩3.65m	BH-17	5.5m	-5.1m	45.0	17	46	24.04	845.70		不要	
⑩	T6終点側AT	9 + 726 ～ 9 + 908	砂岩8.7m	BH-7	13.6m	-5.0m	53.0	13	182	16.28	2,962.55		種子吹付工	
⑩'	T6終点側TA	9 + 708 ～ 9 + 818					45.0	5	110	7.07	777.82		種子吹付工	

出典：IDR 報告書から抽出し JICA 調査団で調整



出典：JICA 調査団

図 S-8：のり面箇所番号



出典：JICA 調査団

図 S-9：のり面箇所番号

交通管理施設及び安全施設

道路標識

インターチェンジ分岐手前の誘導標識は TEM の規定により、分岐点より 1 km 手前で最初の案内を行い、それから 500 m 及び分岐地点に設置する。

高速道路では警戒標識や規制標識はあまり必要ではない。

路面標示

車道の外側に引かれる連続線は適切であるが、車線の境界線に引かれる破線は、実線と間隙との比率が 1:3 で間隙が長すぎる。少なくとも TEM に従い 1:2 程度にはするべきである。その他、合・分流部の多数の矢印、本線上の棒状突起（noise bar）の設置は交通安全上からも効果が少ない点からも廃止するべきである。

安全施設

車両の路外への逸脱を防ぐために路肩寄りにはガードレール、中央分離帯寄りにはコンクリートバリヤーが計画されている。

高度交通システム（Intelligent Transportation System）

交通事故、故障車、路面凍結等の異常事態を車両感知器、CCTV、非常電話等の機器により検知し、クタイシに設置される予定の NHCC（National Highway Control Center）に伝送され、そこで情報は処理される。処理された情報は VMS（可変情報版）、VTS（可変交通標識）や公共 TV、Internet 等のメディアを通じて利用者に提供される。また、必要に応じ交通規制を行い、異常事態の形態によっては救急車等の出動要請を行う。

5. E-60 F4 セクション（ショラパニ～アウグヴェタ）に適用可能な本邦技術

(1) 橋梁

橋梁計画は ADB による DD 業務（IRD）の中で、JICA 調査団と連携しながら線形計画と同時に検討・立案された。このうち本邦技術適用可能な構造として、鋼製橋梁 BR4001、BR4002、BR4004 の上部工を挙げることとした。採用した技術内容は以下の通りである。

1) 鋼合理化桁；期待される効果は、製作・工事の単純化、工期短縮
2) 耐候性鋼材；期待される効果は、維持管理コストの縮減
3) 合成床版；期待される効果は、工事の安全性、現場工期短縮、耐久性向上
4) 水平力分散支承；期待される効果は、耐震性、走行性、維持管理性の向上

上部工設計基準については、本邦独自の技術であること、日本の基準による設計は結果的に Eurocode による設計をカバーできると考えられること等から、日本の基準、すなわち道路橋示方書（日本道路協会）および関連する設計マニュアルに準拠して設計を行った。

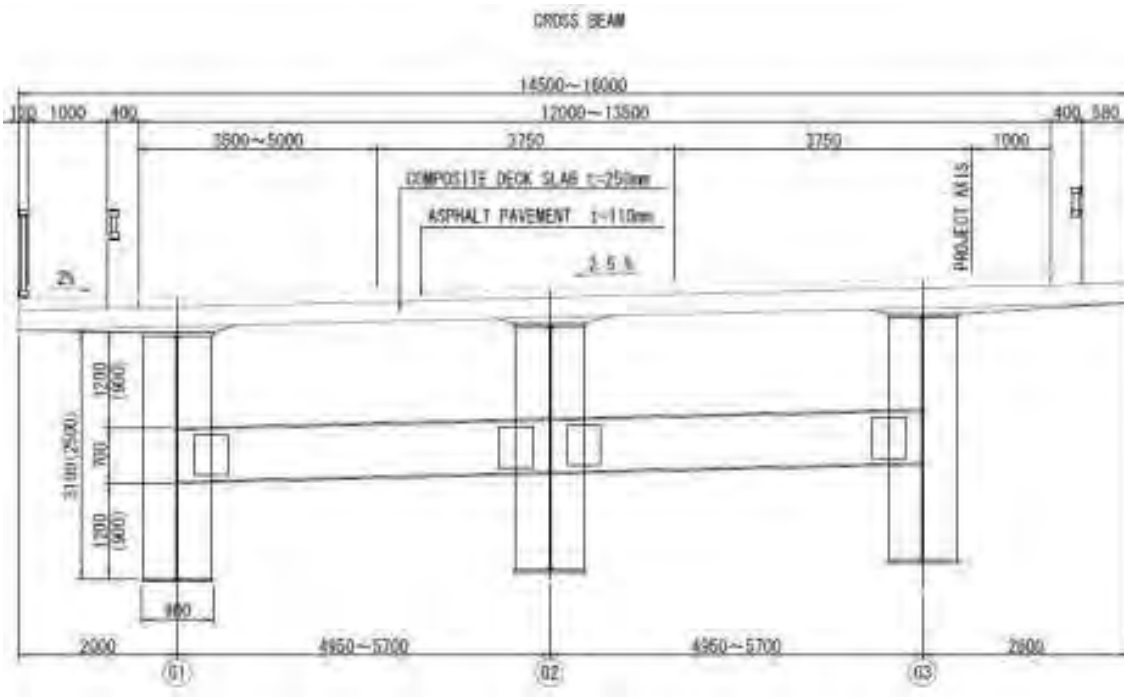
耐候性鋼材については、ジョージア国では凍結防止剤使用が無いことを確認し、採用することとした。本設計では、全連続桁形式を採用することにより高い走行性を得ると同時

に、耐震性、耐久性、維持管理性向上を図った。さらに、本邦耐震技術の代表の一つである水平力分散支承を採用した。これにより河川部橋脚のコンパクト化が可能となった。

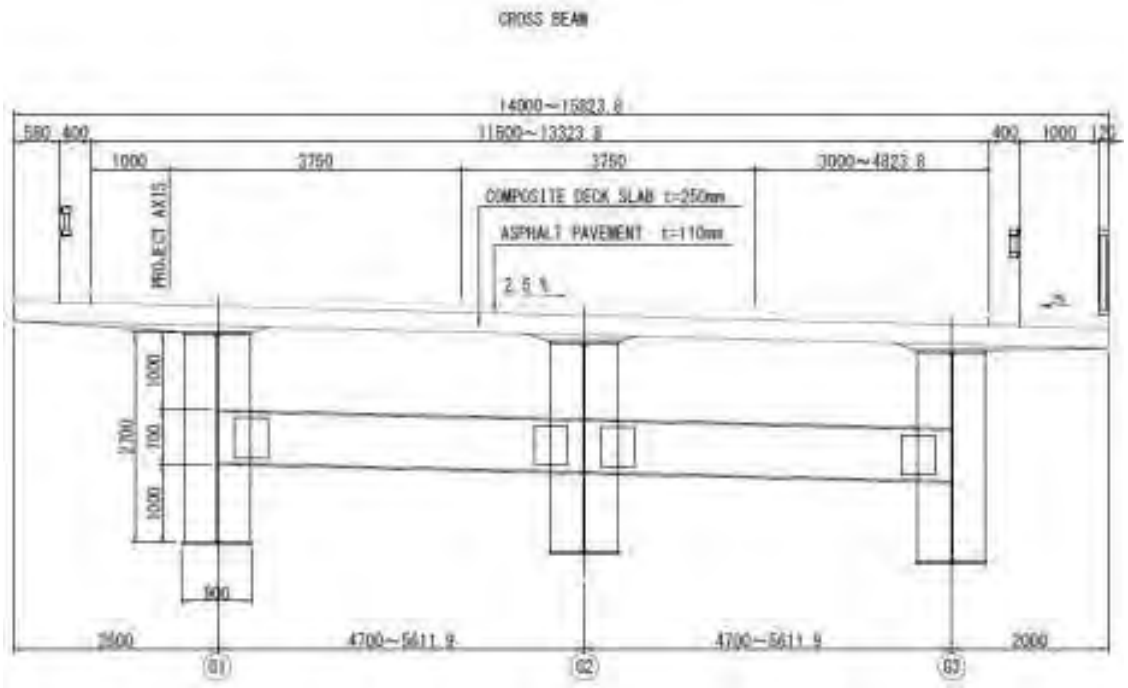
合理化鈑桁＝少数鈑桁は、日本の設計マニュアルで述べられている通り以下の点に留意して設計を行った。

1) 床版支間は 6 m 程度（5～7 m）が望ましい。
2) 床版側端部張出し長は中央支間長の 0.4 以下とする。
3) 上下フランジ幅はウェブ高の 1/3 以下とする。（局部座屈に対する許容圧縮応力低下防止）
4) 横桁は鋼鈑形式とし、縦・横リブ、ブラケット等小片部材を極力使用しない。

採用した鋼上部工断面を下図に示す。



BRI4004AT



BRI4001AT, BRI4002AT

出典：JICA 調査団

図 S-10：鋼橋梁断面図

(2) トンネル設計

トンネル建設と関連する適用可能な本邦技術は次表の通りである。しかしながら、橋梁分野での本邦技術適用により STEP 条件が概ね満たされたこと、また、以下トンネル分野における本邦技術適用に伴う初期コストの増加に対して、先方政府関係者の了解が得られなかったことから、本案件における以下の本邦技術適用は叶わなかった。

表 S-6：トンネル関連適用可能本邦技術

項目	適用箇所	目的
機械掘削工法	• ゼスタフォニ北側、軟岩地質の 4 トンネル	• トンネル周辺民家等構造物への振動影響解消 • 余掘りの削減、無振動
補助工法 長尺鋼管先受け工 （AGF 工法）	• 土被りの薄いトンネル区間 • あるいは坑口部	• 掘削時の安定性確保
けれん機能付きセントル （剥離剤塗布装置併設）	• セントルの外周研磨 • 剥離剤塗布	• 美観の良い覆工 • 剥離剤塗布作業を同時可能 • サイクルタイムの短縮
セントルの加圧充填	• 覆工天井部へのコンクリート打設	• 覆工天井部コンクリートの過充填
パイプ式引抜バイブレーター	• 覆工天井部のコンクリート打設	• 均一な締固め

出典：JICA 調査団

(3) のり面および斜面保護工設計

のり面設計

のり面①の ATsta.0+020 および ATsta.0+060 付近の渓流は切土されて渓流の出口がのり面の高い位置となる。したがって、のり面に縦排水工の設置が必要である。ただし、上方斜面には落石の発生源となる露岩が認められていないため渓流対策の必要性はない。

D/D コンサルタントののり面の設計においては、のり面保護工が提案されていないが、日本では、切土が強風化岩や土砂の場合には、種子吹付工やのり枠工、岩盤の場合には、コンクリート吹付工などの保護工が一般的に用いられている。降雨量が日本よりも少ないことを考慮すれば、地下水位の高い風化岩の分布するのり面に対して種子吹付工と排水工を設置することを提案する。

のり面⑧ATsta.8+328~9+040、のり面⑩AT 9+726~9+98 およびのり面⑩'TA 9+78~9+818 ののり面は近傍のボーリング調査結果から風化深度が深く地下水位が高いことが予想されるためのり面の浸食防止のために種子吹付工の施工が望ましい。

のり面⑦TA 8+257~8+286 の切土のり面は、風化岩で 79 度と急勾配であるためコンクリート吹付工によりのり面崩壊を防止する必要がある。

斜面保護工設計

TA0+625～AT0+747 ののり面②'およびのり面②の切土のり面上方の自然斜面には火山礫凝灰岩の露岩の分布が認められた。本邦技術の中では、環境適応型落石防止工であるプラスネット工（東京製綱 NETIS 登録番号 HK-150003-A）が提案できる。樹木伐採など植生を損なうことなく施工が可能であり、高耐久仕様のものを用いれば、強塩害地でも 27 年の実績を持つなど耐用年数が長くメンテナンスが軽減される。

のり面及び斜面保護工設計の本邦技術

のり面保護工として、本邦技術では、上記に述べた通り、種子吹付工やのり枠工、岩盤の場合には、コンクリート吹付工などの保護工が挙げられる。

一方、自然斜面における不安定な浮石や転石の落下防止に資する発生源対策の工法として落石防止工があり、待ち受け工には落石防止柵工がある。

6. 事業実施および維持・管理計画

(1) 事業実施組織 RDMRDI

RDMRDI は職員数約 190 名を擁し約 7,000 km におよぶ国際、2 級幹線道路網の計画、改良、維持管理に責任を持つ。国際ドナーによる道路プロジェクト支援額は 2007 年以降著しく増加している。10 年以上に渡っての 国際ドナー支援によるプロジェクトを通して得た経験は本プロジェクトを遂行していく上で十分に生かされると考える。

(2) 調達計画

全体工程

ジョージア政府は 2020 年末までの本プロジェクト区間（F4）、F2、そして F3 からなるケヴィ～アウグヴェタ区間の完成を目指している。F4 に関して言えば、3 年以内に施工業者、監理コンサルタントの調達、工事施工を完了する非常にタイトな調達、事業実施計画となっている。RDMRDI のスケジュールでは；

プレッジより工事契約締結までを 7 カ月（JICA 標準期間 12-14 ヶ月）

契約工期 30 ヶ月（調査団は 4-5 年の工期を提案、道路局は 33-36 ヶ月を考慮中）

施工業者の調達は STEP の場合は、

i. PQ の免除、

ii. 入札は円借款事業のための調達ガイドラインに基づき、JICA 標準入札図書、一段階一札入札の適用が予定されている。

a) **STEP**

ジョージア政府は本邦技術の橋梁、のり面保護工事分野への適用に強い興味を持っている。JICA STEP 適用規定での諸条件が満たされているかの検討がされてきた。現在の調達計画は STEP に基づいたものである。

b) **パッケージング**

本邦業者の入札参加に支障のない契約規模、パッケージ（契約）間の相互関係、工期短縮等を検討し、2 パッケージ案（橋梁 4 を境に東工区、西工区）が調査団により提案され、道路局からは原則的な同意を得ている。

維持管理計画

RDMRDI はパイロットプロジェクトを通し試験的にアウトプットベース維持管理契約、契約期間の長期化（現在の 1 年から 3 年）、個々の維持管理契約でのスコープの拡大（単一工種から道路、橋梁、トンネルを含む契約）、モニタリングコンサルタント（工事における監理コンサルタント）による工事の監理を試みてきた。2018 年からは殆どの維持管理契約は 3 年契約となる。

工期と施工についての検討

トンネル 12 本、総延長 8,515 m, 橋梁 14 橋、総支間長 5,010 m、上下線道路総延長 約 14,700 m の工事量にもかかわらず、契約工期は 30 か月と短く非常にタイトなスケジュールとなっている。調査団の行った工事期間と工費の関係の検討では最適工期は 4-5 年という結果を得ている。

各工事の相互関係がない為、多くのパーティー、十分な資機材をタイムリーに投入することにより各工事を同時に進め、かつスムーズな工事監理が達成されれば、2.5 年の工程は物理的には可能である。道路局は現在 33 – 36 ヶ月への延長を考慮している。

橋梁 1、2、4 の上部工は鋼橋であり STEP の対象となる、合理化桁が計画されている。PC 橋も含めた全ての上部工工事にはクレーン（200-250 t）架設が計画されている。架設

は河床あるいは現地盤から行うことになる為、仮設鋼ベント、堅固なアクセスが必要である。橋梁 4 終点側橋台の施工はジョージア鉄道との近接施工となる為、工事用アクセスランプ沿いには防護壁、必要に応じては鉄道上空に構台が必要となる。ジョージア鉄道との密なコミュニケーションは不可欠である。

トンネル 1、2、3、4 の地質は硬岩の為、発破工法による掘削が計画されている。トンネル 5、6 では軟岩が主体の為、ロードヘッダーを使用した機械掘削が予定されている。

F4 での切土量合計約 2,200,000 m^3、盛土量合計 1,500,000 m^3、推定残土量 700,000 m^3 が発生する。RDMRDI はプロジェクトサイトより約 20 km 西に位置する新クタイシバイパスの用地内にこの残土を搬送・仮置きし、新クタイシバイパス工事の盛土材として利用する計画でいる。

7. プロジェクトの概算事業費：非公開

8. 環境社会配慮

本事業の環境影響評価（EIA）案および用地取得・住民移転実施計（LARP）案は ADB により実施される DD のコンサルタントが策定した。一方、JICA 調査団は、ジョージアの関連法令および JICA 環境ガイドラインに基づき、策定された EIA 案および LARP 案をレビューし、必要な調査・手続きが取られていることを確認した。

EIA の結果、影響の評価対象のほとんどの項目では小～中程度の影響が予想された。工事中に比較的大きな影響を与える可能性のあるものとしては、道路建設による土地および財産の損失、残土運搬の交通量、爆破等の際に発生する物的損害があげられ、道路供用時の比較的大きな影響の可能性としては、車両からの騒音の増加があげられた。

JICA 調査団は、2018 年 3 月に提出されたファイナル EIA のレビューを通じて、土壌汚染の扱いや騒音対策等、大きな課題点として残っていた項目について、これまでの JICA / JICA 調査団 / RD との協議内容・修正要請が、以下の通り反映されていることを確認した。

- 土壌汚染の扱い

DD コンサルタントが 4 地点で追加調査を実施し、その結果汚染の可能性があると判断された場合には、対象区間については掘削土処分前にさらなる分析、そして土壌の入れ替え等の対策が必要となる。

- 騒音対策

供用に予想される騒音問題に対して、2037 年の予測結果を基に最終的には最長 5,950 m の防音壁の設置が提案されており、これは詳細設計にも組み込まれている。ただ実際には、供用後に騒音モニタリングおよび住民へのヒアリングを行い、必要性が認められ、かつ住民が望む場合にのみ建設されることが提案されている。

一方、LARP 調査の結果、以下の通り用地取得・住民移転等の影響が確認された。

- 用地取得（約 64 ha）

プロジェクトによって影響を受ける土地は 642,825 m² で、これら影響を受ける土地は所有形態によって以下の通り分類される。

カテゴリ I：正式に登録された土地で 381 プロット（378,749 m²）
カテゴリ II：未登録の土地で 194 プロット（150,965 m²）
カテゴリ III：非合法的に所有している登録対象ではない土地で 2 プロット（11,956 m²）
カテゴリ IV：不法占拠者が居住していない政府用地は 32 プロット（101,155 m²）

- 住民移転：21 世帯
- 14 件の商業施設（レストラン 4 軒、小規模な商店 2 軒、小規模な工場 8 軒）が影響を受け、このうち、41 名が職を失う等影響を受ける見込み。
- 農産物への影響（1,003,602 m² のトウモロコシ、豆他の野菜耕作地に影響）
- 樹木への影響（301 プロットの土地に植栽されている 14,552 本の樹木に影響）

9. 経済分析：非公開

10. プロジェクトの評価

(1) プロジェクトの概要

ジョージアは地政学的な優位性がある。欧州とアジア（東西）、ロシアと中東（南北）をつなぐ地域にあってエネルギーおよび物資の輸送回廊が通り、カスピ海産の石油・ガスパイプラインの欧州への輸出経由地として、またコーカサス諸国と中央アジア各国の物流中継基地として、その重要性は高まっている。そのような観点から、東西ハイウェイを国際幹線道路の規格に整備することはジョージアの国家としての最優先事業である。現状では、地形条件や気象条件の厳しい約 67 km の未改修区間が残っており、同区間の整備が急務となっている。

本事業はショラパニ～アウグヴェタ区間の整備を対象としている。同区間は山間部の狭隘な地形を通過しており、同区間を国際幹線道路規格に沿った 4 車線道路として整備するにはトンネルや橋梁の建設が避けられない。また、落石や地滑りなどの斜面災害の対策による道路交通寸断のリスクを低減し、整備した道路の安全および開発効果を確保するためにも、適切な道路安全対策を施すことが必要不可欠である。

(2) プロジェクトの評価

<u>設計内容の妥当性の確認</u>

幾何構造設計基準は TEM（Trans European Motorway）基準を基本的に使用することとし、記載のない項目については G/S（Georgian Standard）、アメリカの「AASHTO」、日本の「道路構造令」等を参照する。SNIP は、これにより建設された現道を検証する場合に限り参照する。

橋梁の設計は、Snip との整合を図りつつ AASHTO や BS 等が使用されている。尚、ADB による D/D 業務では Eurocode（EN）を使用することとしている。また、鋼橋上部構造（STEP 適用）設計に際しては、日本の基準（道路橋示方書）に準拠して実施することとした。日本の基準による設計は結果的に Eurocode による設計をカバーできると考えられる。

当該区間の中で多くの延長を占めるのはトンネルである。トンネルの掘削方法は通過する地盤とトンネル上部の条件により、発破および機械による掘削トンネルとで構成される。機械による掘削は、土被りが浅いうえトンネル直上に民家が散在しているため、居住民および構造物に対する振動・騒音の諸問題を避けるために実施される。

現地調査で観察された地質分布は粗粒砂岩と火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩、安山岩で、地質構造は、走向は概ね西北西-東南東で低角（南に 5～15°）であり、複雑な構造を示していない。地質分布から、のり面の多くは硬岩に、一部軟岩に位置付けられる。硬岩箇所は 5°程度急となるがのり面保護工は不要と判断する。道路用地内外からの落石が想定される箇所はネットによる防止工が考えられている。

舗装の種類は大きくアスファルト舗装とコンクリート舗装に分かれる。コンクリート舗装は、一般に初期投資が高く乗り心地はアスファルト舗装に比べ劣るが、ジョージアではセメントが現地で調達でき、維持管理が容易なコンクリート舗装を選択している。隣接する E60 の建設で既に使用しており、現地のコントラクターは施工に慣れている。

本事業は「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」（2010 年 4 月）（以下、「JICA 環境ガイドライン」という。）が掲げる道路セクターおよび影響を及ぼしやすい特性に該当し、カテゴリ A に分類されている。

プロジェクトの妥当性の確認

ジョージア政府は国家開発計画「Georgia 2020」において、東西ハイウェイ整備は、ジョージアの経済活動の大動脈であり、同国のみならず周辺各国へも物資を輸送する国際回廊としても非常に重要な役割を担い、最優先事業と位置付けられている。

本事業は、これら上位計画に合致するものである。また、交通計画、事業費および経済分析を検討した結果、基本ケースとしての経済的内部収益率（EIRR）値は13.03%となっており、この数値から本事業の実施は、国民経済的な視点から妥当な推計結果と言える。

有効性の確認

ジョージア東西ハイウェイ事業（フェーズ 2）の定量効果指標として、下表に示す通り、目標値の設定を行った。評価指標パラメータの値は基準年（2017）及び目標年（2023）について設定した。

表 S-7：ジョージア東西ハイウェイ事業対象区間検討の目標値

評価指標	地点・区間	基準値（2017 年）	目標値（2023 年）
年間平均日交通量（台/日）	ズィルラ (km 188)	14,489	18,589
	アウグヴェタ (km 200)	17,060	18,938
平均所要時間（分/台）	ショラパニ－アウグヴェタ	20.64	11.03
平均走行速度（km/時間）	ショラパニ－アウグヴェタ	50	80

出典：JICA 調査団

当該区間の高速道路は、既存の E-60 から離れて設置されており、殆どの区間がトンネルでの通過となっていて既存集落への直接的影響は少ない。その分、E-60 に比較すると平面線形が良くなり走行性は高まりかつ車両の運行費用も経済的になり、交通安全性は高まる。将来の物流の伸びが期待される。特にゼスタフォニバイパス区間は既成の市街地を迂回し、東西ハイウェイがもたらす、排ガス、騒音、振動などの問題を回避できるばかりか、現道である E-60 の交通問題と生活環境の改善を図ることができる。

11. 結論と提言

E-60 はジョージア政府にとって重要な路線であるにも拘らず、地形、気象など厳しい自然条件が理由で、本調査対象区間の工事着手と施工は遅れている。新設の道路の建設により、質の高い走行性と安全性を提供できることは、多額の費用をかけても実施する価値がある。本事業の有効性は定量的・定性的に確認され、本プロジェクトは妥当であり、有効である。

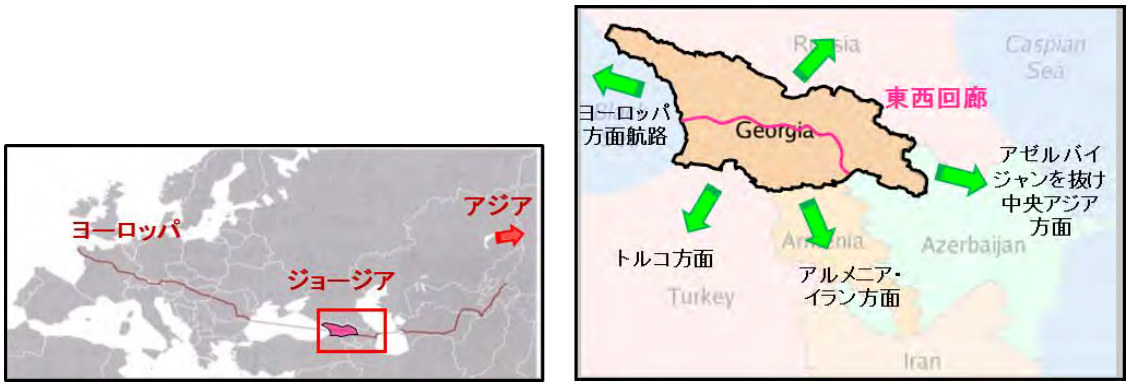
なお、東西ハイウェイに共通する課題ではあるが、完成した道路を常に良好に保つためには、道路の維持管理の組織、機材・人材、技術並びに情報収集・情報提供を含む交通管理の更なる充実が望まれる。これらの観点から、我が国の道路の維持管理状況をつぶさに見学してジョージアの体制強化に繋げることは効果がある。

第1章　業務の概要

1.1　プロジェクトの背景

ジョージア国内を東西に横断する国際幹線道路（以下、東西ハイウェイ）は、ヨーロッパとアジアを繋ぐ物流の要衝であり、コーカサス地域経済振興を司る大動脈としての機能を有している。東西ハイウェイの位置を図 1-1 に示す。

東西ハイウェイを国際幹線道路の規格に整備することは、ジョージアの国家としての最優先事業である。東西ハイウェイは、同国の首都トビリシと主要都市であるクタイシ、バトゥミ、ポチなどと接続されており、人・物の輸送の観点から同国の経済活動の大動脈と言える。また、ジョージアのみならず周辺各国へも物資を輸送する国際回廊としても非常に重要で、これまで世界銀行（WB）、アジア開発銀行（ADB）、欧州投資銀行（EIB）、JICA などによる整備・改良が進められてきた。しかしながら現状では、冬季には積雪の影響も受ける急峻な山岳区間を含み、落石や斜面の崩壊なども所々で発生している約 67 km の未改修区間が残っており、同区間の整備が急務となっている。



出典：JICA 調査団

図 1-1：東西ハイウェイの位置

（狭隘な山岳区間を連なって走る車列）　（冬季の未整備区間の様子）

出典：JICA 調査団

図 1-2：既存東西ハイウェイの写真

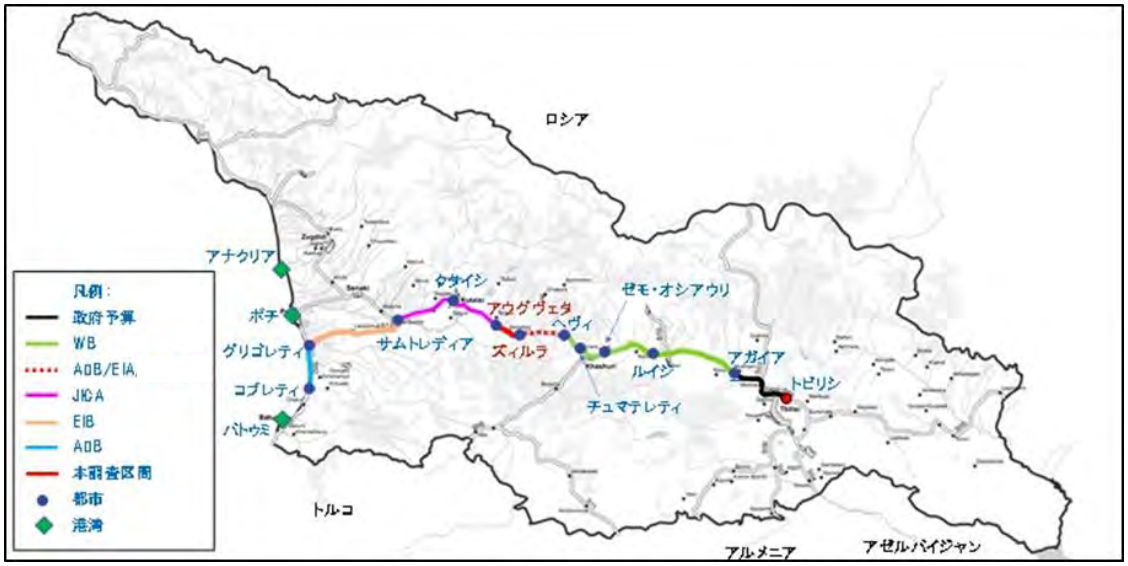
ジョージアは人口約 370 万人（2015 年時点）であるが、地政学的な優位性がある。欧州とアジア（東西）、ロシアと中東（南北）をつなぐ地域にあってエネルギーおよび物資の輸送回廊が通り、カスピ海産の石油・ガスパイプラインの欧州への輸出経由地として、またコーカサス諸国と中央アジア各国の物流中継基地として、その重要性は高まっている。物流については、黒海沿岸にポチ港およびバトゥミ港の二つの国際港湾を有するが、水深が十分ではないため、ジョージア政府はアブハジア地域に近接する沿岸に、アナクリア港の新規整備を進めている。同港が完成し大型船の入港が可能になれば、アゼルバイジャンなどの近隣国や中央アジア諸国との間で、東西ハイウェイを通る物流量はさらに増加することが見込まれている。また、アゼルバイジャン側ではバクーの南約 65 km のアラットエリアに新港を開発中であり、この港はヨーロッパと中央アジア・中国を繋ぐ TRACECA[1] ラインの主要ポイントも担うべく、その設計・開発が進められている。そのため、国家開発計画「Georgia 2020」においても、国内・国際物流輸送の効率化、道路輸送網の安全性と物流中継基地としての利便性の向上、地域経済振興を目的とした道路整備が重視されており、東西ハイウェイ整備が最優先事業と位置付けられている。

JICA は、東西ハイウェイ整備事業フェーズ 1 として 2010 年に約 177 億円の円借款、2016 年に約 44 億円の追加円借款を供与し、サムトレディア～クタイシ～アウグヴェタ区間全 59 km 整備を支援しており、今年 7 月に全区間が開通した[2]。本事業はそのフェーズ 2 として、アウグヴェタ～ショラパニ区間の整備を対象としている。同区間は、現状では片側 1 車線の 2 車線道路であり、山間部の狭隘な地形を通るために利用可能な土地が限られていることから、国際幹線道路規格に沿った片側 2 車線の 4 車線道路として整備するにはトンネルや橋梁の建設が避けられない。それに伴い、平野部での道路整備と比べて建設費が大きくなる。また、ジョージアでは落石や地滑りなどの斜面災害の対策に対する認識が不十分であり、道路交通寸断のリスクを低減し、整備した道路の安全および開発効果を確保するためにも、適切な道路安全対策を施すことが必要不可欠である。

本事業の対象である「ショラパニ～アウグヴェタ区間」、さらにその東の「ゼモ・オシアウリ～ショラパニ区間」の計 67 km 区間については、WB が 2015 年にフィージビリティスタディ（F/S）を実施済みで、WB は継続して「ゼモ・オシアウリ～チュマテレッティ区間」の事業実施を支援している。さらに、ADB は「チュマテレッティ～アウグヴェタ区間」の詳細設計（D/D）および EIA・LARAP の作成を実施し、「チュマテレッティ～ショラパニ区間」のうち、「ヘヴィ～ショラパニ区間」は EIB が、「チュマテレッティ～ヘヴィ区間」は ADB が、それぞれ事業実施を支援する予定である。

かかる状況のもと、ADB が実施する D/D 業務と並行し本事業「ショラパニ～アウグヴェタ区間」の道路整備を我が国円借款事業として実施するために、本業務が実施されることとなった。

[1] Transport Corridor Europe-Caucasus-Asia, 今回の改修対象であるジョージア東西ハイウェイもこの TRACECA ラインの一部として考えられている。
[2] サムトレディア～クタイシ区間は、道路構造上は片側 2 車線の暫定施工であり、現在は交通運用上西から東へ一方通行となっている。



出典：JICA 調査団

図 1-3：東西ハイウェイの整備状況

1.2　事業概要

本事業の概要を下記に示す。

表 1-1：本事業の概要

1) 事業名：	東西ハイウェイ整備事業（フェーズ 2）
2) 要請概要（対象区間）：	● イメレティ州ショラパニ～アウグヴェタ区間既存 2 車線道路改修および拡幅（4 車線化）、トンネル（12 ヶ所）、橋梁（14 か所）の建設を含む、全長 14.7 km 区間の道路整備 ● 道路安全対策（落石防止・斜面対策等） ● コンサルティング・サービス（詳細設計レビュー、施工監理等）
3) 対象地域：	「ジ国」イメレティ州ショラパニ～アウグヴェタ区間
4) 関係官庁・機関：	ジ国地域開発・経済基盤省道路局 （Roads Department, Ministry of Regional Development and Infrastructure = RDMRDI）

出典：JICA 調査団

1.3　本調査の目的

本調査の目的は、「東西ハイウェイ整備事業（フェーズ 2）」について、ADB が実施する D/D のレビュー及び本邦技術の活用妥当性検討のための追加調査を行うとともに、我が国有償資金協力事業として実施するための必要な調査を行うことである。具体的には、ADB が実施する D/D をレビューのうえ、本事業の概要、事業費、実施スケジュール、実施（調達・施工）方法、本邦技術の適用妥当性及び技術の適用方法、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境及び社会面の配慮等を検討する。特に、本邦技術の適用が想定される道路・トンネル施工方法、橋梁形式、道路安全対策などの分野において丁寧な検討を行う。

第2章　E-60 および調査対象道路の現況と課題

2.1　道路の現状と調査地域の交通状況

2.1.1　ジョージアの道路開発状況

ジョージアの主要幹線道路は、ヨーロッパ横断道路（TEM、Trans European Motorway）の一部を構成する E-60（レッドブリッジートビリシーポチ）、E-70（ポチーバツミーサーピ）などの、1 級幹線道路（S1～S13）として国際的重要性の高い道路としての位置づけの国際幹線道路（1,603 km）とそれを補完する 2 級幹線道路（5,298 km）がある。その二つの区分の道路の開発および維持管理は地域開発インフラ省（Ministry of Regional Development and Infrastructure）傘下の道路局（RD）の重要な業務である。このほかの道路区分としては延長約 15,000 km[1]地方道路（Local Roads）があるが地方市町村等政府の管轄となっている。幹線道路網を表 2-1 に示すが、総延長は約 7,000 km 以上におよぶ道路網の整備状況である。

表 2-1：国際幹線道路一覧表

Index	Trunk Highway	Total Length
S-1 (E-60) (E-97) (E-117)	Tbilisi-Senaki Leselidze (Russian Federation Border)	552 km
S-2 (E-60) (E-70)	Senaki-Poti (Bypass)-Sarpi	119 km
S-3 (E-117)	Mtskheta-Stepandtsminda-Larsi (Russian Federation Border)	139 km
S-4 (E-60) (E-117)	Tbilisi-Tsiteli Khidi (Border of Republic of Azerbaijan)	57 km
S-5	Tbilisi-Bakurtikhe-Lagodekhi (Border of Republic of Azerbaijan)	160 km
S-6 (E-117)	Ponichala -Marneuli-Geguti (Border of Republic of Armenia)	98 km
S-7 (E001)	Marneuli (from Kostava Street) to Sadakhlo) (Border of Republic of Armenia)	34 km
S-8 (E-691)	Khashuri-Akhaltsikhe-Vale	97 km
S-9 (E-60) (E-117)	Entrance to Tbilisi	49 km
S-10	Gori (Interchange)-Tskhinvali-Gupta-Java-Roki (Russian Federation Border)	92.5 km
S-11 (E-691)	Akhaltsikhe-Ninotsminda (Border of Republic of Armenia)	112 km
S-12 (E-692)	Samtredia-Lanchkhuti-Grigoleti	57 km
S-13	Akhalkalaki-Kartsakhi	36.5 km

注：表中 S 道路（国際道路）に相当する E 道路（ヨーロッパ横断道路）の対比を示している。
出典：RDMRDI Homepage

[1] GIRCA Economic Review によると 15,415 km、Road Sector of Georgia, Overview (RD) によると 13,426 km

注：図中の表示はジョージア語で、英語の標記 "S"（表 2-1）を表す。
出典：RDMRDI Homepage

図 2-1：ジョージア国際道路網（"S"ルート）

上記国際幹線道路の総延長は 1,603 km[2]で 2 級幹線道路（ルートナンバー1～201 まで）の総延長は 5,298 km に及ぶ。道路局（RD）の道路計画・開発の優先施策[3] としては以下の通りである。

- EU の道路基準に近づける。
- 安全な道路整備。
- 道理的な道路インフラ整備
- 道路運営・管理システムの進展
- モニタリング機能の改善
- 競争の原理の確保
- 環境保全
- 住民移転等社会配慮の改善

優先施策を基にした開発の方向性を踏まえた結果、具体的施策は以下のとおりである。

- E60 及び E70 道路の建設
- その他国際道路の新設と改良
- 2 級幹線道路の新設、改良と修繕
- 構造物の新設と改良
- 道路全体の維持管理
- 新規計画の策定
- 河川堤防の保護

[2] 2017 RDMRDI Website
[3] RDMRDI Homepage

道路局は 1,603 km の国際幹線道路と 5,298 km の 2 級幹線道路の建設・維持管理を担当している。その中で国際道路である E60（レッドブリッジートビリシーポチ）と E70（ポチーバツミーサーピ）の区間は通過交通量が最も多い。これら二つの道路は港湾都市であるポチで合流・分岐しており延長 450 km に及ぶ。これら道路の改良・建設は 2006 年から開始されており、段階を踏んで建設が進められている。

道路局は実施中約 200 km、調達・計画中約 500 km、進行中の建設計画など約 450 km、と合計 1,200 km 以上のプロジェクトを計画・実施している（表 2-2 参照）。表から明らかなように多くのプロジェクトは海外からの国際融資機関（ドナー）をはじめ、多くの投資が行われている。中には政府資金によるものもある。

注：図中黄色表示は主要都市域を示す

出典：Pre-feasibility Study for the modernization of existing roads Poti-Tbilisi-Red Bridge, Report 2004

図 2-2：ジョージア幹線道路網

表 2-2：道路局が計画・実施中のプロジェクトリスト（2018 年 1 月）

N	道路名（区間）	概略延長（km）	ドナー	設計書類の準備		建設調達の期間		事業実施期間		状況
				開始	終了	開始	終了	開始	終了	
建設中										
1	Zestafoni-Kutaisi New Bypass（Upgrading and Construction of Zestafoni-Kutaisi New Bypass Section of the E-60 Highway）	59.00	JICA					Jul-13	Jan-18	建設中
2	Samtredia-Grigoleti (LOT-I)（Upgrading and Construction of Samtredia-Grigoleti Section of the E-60 Highway Lot-I）	11.50	EIB					May-14	Dec-19	建設中
3	Samtredia-Grigoleti (LOT-II)（Upgrading and Construction of Samtredia-Grigoleti Section of the E-60 Highway Lot-II）	18.50	EIB					Mar-16	Dec-19	建設中
4	Samtredia-Grigoleti (LOT-IV)（Upgrading and Construction of Samtredia-Grigoleti Section of the E-60 Highway Lot-IV）	9.50	EIB					May-15	Dec-18	建設中
5	Kobuleti Bypass (LOT II)（Upgrading and Construction of Kobuleti Bypass Section of the E-70 Highway Lot II）	18.00	ADB					May-13	Jun-18	建設中
6	Construction of Akhmeta-Telavi-Bakurtsikhe-Gza (Bakurtsikhe-Gurjaani) Bypass Road (15 km)	15.00	WB					Dec-16	Jun-19	建設中
7	Devdoraki Tunnel	1.20	GOG					Mar-17	Jun-18	建設契約済
8	Stefentsminda-Sameba Church	5.66	GOG					Apr-17	Nov-18	建設契約済
9	Zestafoni-Kutaisi Lightning（Upgrading and Construction of Zestafoni-Kutaisi New Bypass Section of the E-60 Highway）	15.17	JICA					Jun-17	Feb-18	建設中

N	道路名（区間）	概略延長（km）	ドナー	設計書類の準備		建設調達の期間		事業実施期間		状況
				開始	終了	開始	終了	開始	終了	
コントラクター調達中並びに計画中										
1	Batumi Bypass Road（Upgrading and Construction of Batumi Bypass Road Section of the E-70 Highway）	14.30	ADB+ AIIB			Oct-16	Jul-17	Oct-17	May-20	建設契約済
2	Samtredia-Grigoleti (LOT III)（Upgrading and Construction of Samtredia-Grigoleti Section of the E-60 Highway Lot III）	12.00	EIB			Oct-16	Jun-17	Sep-17	Nov-19	建設契約済
3	Zemo Osiauri-Chumateleti (LOT I) Upgrading and Construction of Zemo Osiauri-Chumateleti Section of the E-60 Highway Lot I)	8.25	EIB			Feb-16	Jul-17	Aug-17	Aug-19	建設契約済
4	Zemo Osiauri-Chumateleti (LOT II)（Upgrading and Construction of Zemo Osiauri-Chumateleti Section of the E-60 Highway Lot II）	14.50	WB			Feb-16	Jul-17	Aug-17	Aug-20	建設契約済
5	Grigoleti-Choloki（Upgrading and Construction of Grigoleti-Choloki Section of the E-60 Highway）	14.50	EIB	Apr-16	Jul-17	Aug-17	Feb-18	May-18	May-20	建設契約済
6	Dzirula-Moliti (LOT I) (Secondary road improvement project linking Dzirula-Chumateleti-Kharagauli)	24.6	ADB	Feb-17	Jul-17	Aug-17	Feb-18	May-18	May-20	建設契約済
7	Moliti-Chumateleti (LOT II) (Secondary road improvement project linking Dzirula-Chumateleti-Kharagauli)		ADB	Feb-17	Jan-18	Feb-18	Jul-18	Aug-18	Feb-21	詳細設計

N	道路名（区間）	概略延長（km）	ドナー	設計書類の準備		建設調達の期間		事業実施期間		状況
				開始	終了	開始	終了	開始	終了	
8	Khulo-Goderdzi (LOT I) (Reconstruction and Rehabilitation of the road section of Khulo-Goderdzi)	29.70	KUWAIT			Feb-17	Aug-17	Sep-17	Sep-19	詳細設計・調達手続き中
9	Goderdzi-Zarzma (LOT II)	17.40	WB				Aug-17	Sep-17	Sep-19	詳細設計 調達手続き中
10	Construction of Bridge over Debeda River (Sadakhlo-Bagratashen Bridge Project)	0.11	EBRD			Jul-16				建設契約済
11	Sino-Juta-Roshka-Shatili-Omalo-Khadori Gorge-Akhmeta-Batsara	250.00	GOG	Dec-16	Feb-18	Aug-17	Sep-17	Oct-17	Oct-20	建設契約済
12	Baghdati-Abastumani	60.00	GOG	Jan-17	Jan-18	Aug-17	Sep-17	Oct-17	Oct-20	建設契約済
13	Zemo Imereti-Racha	50.00	GOG	Jan-17	Jan-18	Aug-17	Sep-17	Oct-17	Oct-20	建設契約済
14	Kobuleti Bypass (LOT I) Lightening	12.40	ADB			Jun-17	Nov-17	Dec-17	May-18	調達手続き中
進行中の計画・設計										
1	Chumateleti-Khevi (F1)（Upgrading and Construction of Chumateleti-Khevi Section of the E-60 Highway）	11.20	WB	Feb-17	Mar-17	May-18	Oct-18	Nov-18	Nov-21	詳細設計
2	Khevi-Ubisa (F2)（Upgrading and Construction of Khevi-Ubisa Section of the E-60 Highway）	15.50	ADB	Apr-17	Apr-18	Jun-18	Nov-18	Dec-18	Dec-21	詳細設計
3	Ubisa-Shorapani (F3)（Upgrading and Construction of Ubisa−Shorapani Section of the E-60 Highway）	11.60	EIB	Apr-17	Mar-18	May-18	Oct-18	Nov-18	Dec-21	詳細設計
4	Shorapani-Argveta (F4)（Upgrading and Construction of Shorapani=Argveta Section of the E-60 Highway）	14.70	JICA	Apr-17	Dec-17	Feb-18	Aug -18	Oct-18	Oct-20	詳細設計

N	道路名（区間）	概略延長（km）	ドナー	設計書類の準備		建設調達の期間		事業実施期間		状況
				開始	終了	開始	終了	開始	終了	
5	Kvesheti-Kobi (Preparation of Pre - Feasibility Study and Feasibility Study for Jinvali - Larsi Road and Detailed Design for the Construction of Kvesheti -Kobi Road Section)	26.00	WB	May-17	May-18	July-18	Dec-18	Jun-19	Jan-22	F/S と詳細設計
6	Natakhtari-Zhinvali	30.00		Jun-17	Sept-18	Dec-18	May-19	Apr-19	Dec-21	F/S と詳細設計
7	Batumi (Chorokhi)-Sarpi	11.00	ADB+ AIIB	Dec-17	Sept-18	Nov-18	Apr-19	May-19	Nov-21	F/S と詳細設計
8	Rustavi-Red Bridge	35.00	ADB	Feb-17	Mar-18	May-18	Oct-18	Nov-18	May-21	詳細設計
9	Algeti-Sadakhlo	40.00		Feb-17	May-18	July-18	Dec-18	Jan-19	July-21	詳細設計
10	Tbilisi-Sagarejo (Preparation of Feasibility Study for Upgrading of Tbilisi-Bakurtsikhe, Tsnori-Lagodekhi Road and Detailed Design for the Upgrading of Tbilisi-Sagarejo and Sagarejo-Bakurtsikhe Road	30.00	WB	Jun-17	May-18	Jul-18	Dec-18	Jan-19	July-21	F/S と詳細設計
11	Sagarejo-Bakursikhe (same as above)	50.00	WB	Jun-17	Jun-18	Aug-18	Feb-19	Marc-19	Marc-21	F/S と詳細設計
12	Zugdidi-Anaklia (PFS and FS)	90.00	WB	Feb-17	Nov-18	Dec-18	May-19	Jun-19	Dec-20	Pre F/S と F/S
13	Gurjaani (Chumalaki)-Telavi Bypass	30.00	WB	Mar-17	Dec-17					調達手続き中
14	Bakurtsikhe-Tsnori	16.00	WB	Mar-17	Feb-18	Feb-18	Apr-18	Oct-18	Apr-21	調達手続き中
15	Bridge over Rioni river nearby Poti	5.00		Apr-16	Nov-17	Jan-18	Jun-18	Jul-18	July-20	詳細設計
16	Lentekhi-Mestia	35.00	GOG	Dec-16	July-18					調達手続き中

出典：RDMRDI Homepage（http://www.georoad.ge/?act=home&lang=eng）

2.1.2　東西ハイウェイ整備計画

ジョージアの経済成長にとって欠かせないのは、国土の地政学的な優位性を如何に有効に活かすかにある。欧州とアジア（東西）、ロシアと中東（南北）をつなぐ地域にあってエネルギーおよび物資の輸送路が通り、カスピ海産の石油・ガスパイプラインの欧州への輸出経由地とし、その交通回廊（Transit Corridor）としての重要性は高い。特にソ連邦の崩壊の後、1990 年代における欧州－コーカサス－アジアの輸送に占めるジョージアの重要性はより一層高まった。

ジョージアが交通回廊としての位置づけを鮮明にしたのは、欧州東西回廊から黒海をわたり南コーカサスを経由してカスピ海につなぐ回廊整備の構想が進められてからである。そしてこの回廊は欧州においてはヨーロッパ横断道路（Trans European Motorway）として整備され、中央アジアにおいてはアジアハイウェイとして整備された。その時期、1993 年 5 月にブリュッセルに於ける EU 諸国会議で、EU 諸国、コーカサス、アジアの国々を結ぶ多国間の輸送ルートの確立のための合意が行われた。それに基づき TRACECA（Transport Corridor Europe-Caucasus-Asia）が創設された。これにより、道路と鉄道の整備が促進され、黒海沿岸のヨーロッパ諸国との距離を短縮し、経済的結びつきを高め輸送力の強化、貿易の促進を図ることが可能となる。1997 年に開かれた TRACECA のコーカサス会合ではアゼルバイジャンと共同主催でジョージアの当時大統領のシュワルナゼ（Shevardnadze）がホストを務めた。一方で、TRACECA 計画は欧州とコーカサス、中央アジア諸国との結びつきを強め旧ソ連圏諸国の政治的、経済的独立を支援する狙いがある。

TRACECA にはアルメニア、アゼルバイジャン、ブルガリア、ジョージア、カザフスタン、キルギス、モルドバ、ルーマニア、タジキスタン、トルコ、トルクメニスタン、ウクライナ、およびウズベキスタンが加盟している。

このような背景の中で東西ハイウェイの整備はジョージアのみならず周辺各国へも物資を輸送する国際回廊としても非常に重要で、これまでトビリシから順次西に向け世界銀行（WB）を中心に、アジア開発銀行（ADB）、欧州投資銀行（EIB）、JICA などによる整備・改良が進められてきた。トビリシから黒海をつなぐ道路区間の中で約 67 km のリコティ峠を含む未整備区間が残っている。その区間は標高が高いことと峠越えがあることで、冬季には積雪の影響も受ける急峻な山岳区間である。現在の国道は急なカーブが連続するうえ、落石や斜面の崩壊なども頻発している。一方トビリシから東の区間は、トビリシバイパス（55 km）、ルスタビ～レッドブリッジ（35 km）、ルスタビ～サダクロ（Sadakhlo）（30 km）が事業中でアゼルバイジャンとの国境に伸びている。現時点における整備状況及びドナー分けは、図 1-3 に示した通りである。また、各区間の進捗状況は図 2-3 および表 2-3 に示す。

出典：Road Sector of Georgia, Overview

図 2-3：東西ハイウェイ整備進捗状況

表 2-3：東西ハイウェイの開発状況

道路区間	延長	道路計画	資金元	現　況
Tbilisi – Natakhari	11 km	4 lane, dual carriageway	State Budget	Completed
Natakhari - Aghaiani	16 km	4 lane, dual carriageway	State Budget	Completed
Aghaiani - Ruisi	50 km	4 lane, dual carriageway	World Bank	Completed
Ruisi - Agara	19 km	4 lane, dual carriageway	World Bank 2014	Completed
Agara – Zemo Osiauri	12 km	4 lane, dual carriageway	World Bank 2015	Completed
Zemo Osiauri - Chumateleti	14 km	4 lane, dual carriageway	World Bank	Under Preparation
Chumateleti - Argveta	53 km	4 lane, dual carriageway	WB, ADB, JICA	Design Stage
Zestafoni - Samtredia	59 km	2 to 4 lane, dual carriageway	JICA	2017 completed
Samtredia – Choloki	70 km	4 lane, dual carriageway	EIB 2016	Ongoing
Choloki – Kobuleti bypass	33 km	2 lane single carriageway	ADB 2016	Under Preparation
Batumi Bypass Road Project	14.3 km	2 lane single carriageway	ADB & AIIB 2017	Ongoing

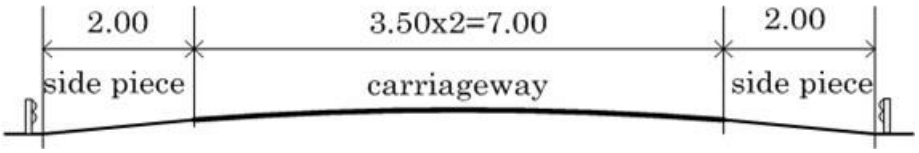
出典：F/S 報告書と RDMRDI Web をもとに調査団作成、2017 年現在

2.1.3　調査地域の交通状況

ジョージアは、起伏の多い地形にもかかわらず交通網は比較的発達している。そしてまた、その位置の地理的・政治的重要性によって欧州・コーカサス・アジア輸送回廊（TRACECA）計画における鍵となるメンバーのひとつとなっている。ヨーロッパとアジアの中間に位置しているため、近い将来、「現代のシルクロード」における繁忙なハブ（結節点）となることが期待されている。そのため、国家開発計画「Georgia 2020」においても、国内・国際物流輸送の効率化、道路輸送網の安全性と物流中継基地としての利便性の向上、地域経済振興を目的とした道路整備が重視されており、東西ハイウェイ整備が最優先事業と位置付けられている。

(1)　道路現況

現在の国道は、国道 S-1 が TEM により E-60 に組込まれたものである。この路線は国際的重要路線と位置付けられる。構造規格は Georgian Standard（GS）によれば設計速度 80 km/h を想定すれば下図のようになる。



出典：GS に基づき JICA 調査団が作成

図 2-4：E-60 の横断面構成

(2)　交通現況

1) 概況

東西ハイウェイはトビリシから順次整備されてきた。トビリシ周辺部区間の交通量は地方都市周辺及び都市間の交通に比べて多い。周辺区間の年平均日交通量（AADT）は 37,000 台[4]（2013 年、大型車混入率 17%）、49,000 台（2016 年、大型車[5]混入率 28%）となっておりトビリシから 30 km の距離にあるナタクタリ地点で 21,000 台（2013 年、大型車混入率 21%）、26,000 台（2016 年、大型車混入率 30%）となっている。4 車線の道路としては、当面問題がないが将来の需要に対してある程度のサービス水準を維持するのが困難になると推測される。2016 年の交通量は、現在 4 車線開通している区間（ハシュリまで）は 20,000 台弱の日交通があり大型車混入率もおおむね 30%となっている。

今回の詳細設計対象となるショラパニ～アウグヴェタ区間はトビリシからは約 150 km 程度離れているため、短距離利用の交通が少なくなっている。しかしながら、ジョージア国

[4] ジョージア道路局
[5] 全体の交通量から、乗用車等を除いたミニバス、バス、トラックの比率

内およびアゼルバイジャン～トルコをつなぐトラック及びバスなどの長距離交通はかなりの比率（37－38%）[6]を占める。表 2-4 に最近の交通量調査の結果を示す。

表 2-4：東西ハイウェイの交通状況

単位：台/日

	D/D コンサルタントの調査結果 1)	道路局の交通量調査結果	FS での交通調査	FS での交通量予測		
				低予測	中間予測	高予測
	2017 年	2016 年	2014 年	2019 年		
区間 3 - km 188（リコティ～ゼスタフォニ）	**17,249**	12,855 2)	11,072	13,000	13,900	15,000
区間 4 - km 200（ゼスタフォニ～クタイシ）	**20,310**	14,656 3)	14,291	15,400	18,900	19,400

1) 手動カウントによる。自動カウントでは 15,186 台/日となっている。
2) 道路局の測定点は 179 km 地点
3) 道路局の測定点は 215 km 地点
出典：D/D コンサルタント、RDMRDI、F/S を基に JICA 調査団作成

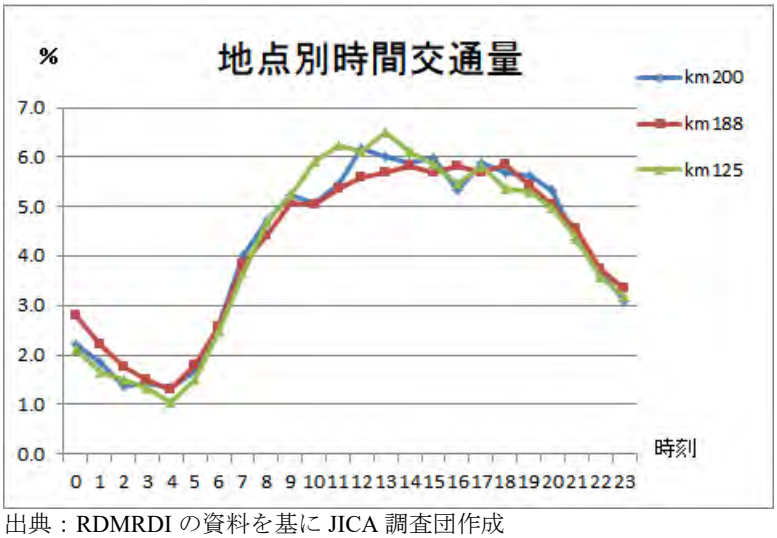
2)　時間交通量

RDMRDI の管理する自記交通観測地点の資料を基に解析を行う。この交通量の解析は IRD の Interim Report II においても記述があるが、ここでは時間交通量とその比率を主として対象として解析する。地点は自記観測地点の km 200、km 188 と km 125 である。

a) 地点別時間交通量

7 月 26 日のこれらの 3 地点の時間交通量を図 2-5 に示した。これによるとが、明確なピークパターンは見られず、昼間は交通量が多いといえるだけである。また、そのピーク比率も低く、km 188 では 6%にも達していない。

[6] 2017 年コンサルタントの調査結果による

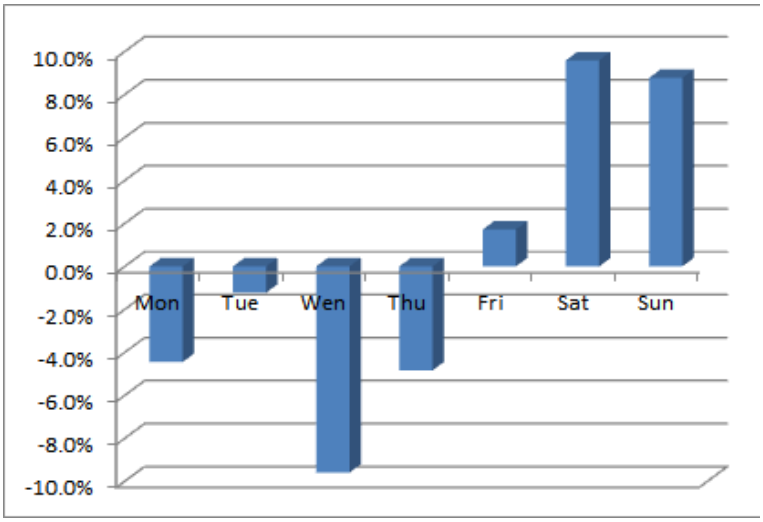


出典：RDMRDI の資料を基に JICA 調査団作成

図 2-5：地点別時間交通量比

b) 週間変動

Km 188 地点の 7 月 25 日から 8 月 1 日までの 1 週間の日交通量の変動を図 2-6 に示した。これによると土曜日、日曜日は交通量が多いという傾向を示している。このパターンはこの地域に特有のパターンと思われ、FS レポートにも、類似のパターンを示すグラフが掲載されている。



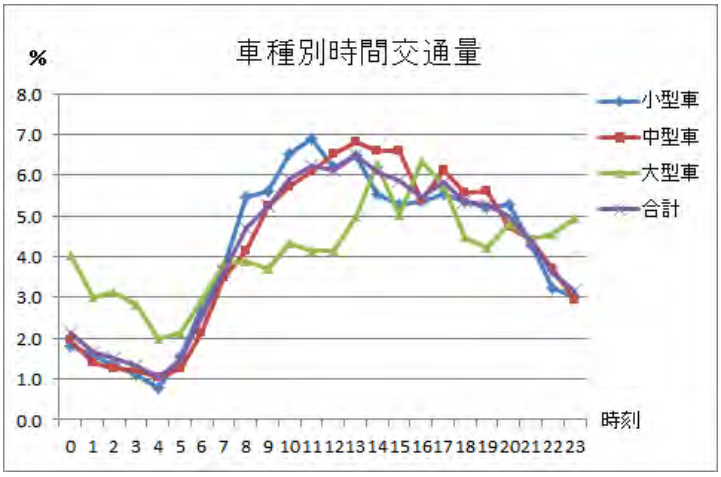
出典：RDMRDI の資料を基に JICA 調査団作成

図 2-6：週間交通量変動

3) 車種別時間交通量比

Km 200 地点の自記交通量観測から車種別時間交通量を表 2-5 及び図 2-7 に示した。車種比率は：

- 小型（小型乗用車、2 輪車）：43.9%
- 中型（中型以上の乗用車、ピックアップ、ミニバス）：45.2%
- 大型（貨物車、大型バス、トレーラ）：10.9%



出典：RDMRDI の資料を基に JICA 調査団作成

図 2-7：車種別時間交通量

表 2-5：車種別時間交通量比

時刻	小型車		中型車		大型車		合計	
	台数	%	台数	%	台数	%	台数	%
0	157	1.8	187	2.1	81	3.8	425	2.2
1	145	1.7	164	1.8	79	3.7	388	2.0
2	86	1.0	145	1.6	51	2.4	282	1.4
3	92	1.1	95	1.1	36	1.7	223	1.1
4	82	1.0	91	1.0	32	1.5	205	1.0
5	132	1.5	122	1.4	60	2.8	314	1.6
6	223	2.6	201	2.2	64	3.0	488	2.5
7	333	3.9	323	3.6	69	3.2	725	3.7
8	419	4.9	389	4.4	76	3.5	884	4.5
9	488	5.7	487	5.4	89	4	1,064	5.4
10	554	6.5	520	5.8	101	5	1,175	6.0
11	538	6.3	508	5.7	104	5	1,150	5.9
12	576	6.8	511	5.7	99	5	1,186	6.0
13	567	6.6	540	6.0	111	5	1,218	6.2
14	517	6.1	558	6.2	123	6	1,198	6.1
15	480	5.6	533	6.0	120	6	1,133	5.8
16	470	5.5	569	6.4	152	7	1,191	6.1
17	494	5.8	570	6.4	125	6	1,189	6.1
18	471	5.5	546	6.1	96	4	1,113	5.7
19	457	5.4	490	5.5	112	5	1,059	5.4
20	377	4.4	430	4.8	118	5	925	4.7
21	336	3.9	401	4.5	103	5	840	4.3
22	295	3.5	305	3.4	70	3	670	3.4
23	241	2.8	252	2.8	86	4	579	3.0
	8,530	100	8,937	100	2,157	100	19,624	100
車種構成比								
		43.5		45.5		11.0		
昼間12時間交通量							13,226	
夜間12時間交通量							6,398	
昼夜率							1.48	

出典：RDMRDI の資料を基に JICA 調査団作成

4) 速度特性

これらの 3 か所の観測点では速度も測定されており、その結果を表 2-6 にまとめて示した。

Km 200 地点でのみ車種は 3 車種に分類されており、他の観測点では 2 車種である。このまとめは 6 時から 18 時の昼間のデータについて行った。

速度は速度規制が 50 km/h であることを考慮すれば高いといえる。Km 188 の観測点では西行方向が高い値を示しているが、これはリコティトンネルから続く下り勾配が影響していると思われる。

表 2-6：車種別速度

unit：km/h

	km125		km188		km200	
	to east	to west	to east	to west	to east	to west
small vehicle	67.6	69.4	61.9	69.7	57.8	50.0
medium vehicle					57.4	51.2
large vehicle	64.5	63.1	54.0	65.2	50.9	46.4
volume(veh/12h)	6,904	6,205	5,662	4,847	6,883	6,651

出典：IRDMRD の観測データ

5)　交通容量

a) 交通容量の算定

TEM ではアメリカの HCM に準拠して交通容量の算定を規定している。これに沿って E-60 の交通容量の算定を行った。

$C_c = C_B * \gamma_L * \gamma_T$

C_C：道路の可能交通容量（pcu/h）

C_B：基本交通容量（pcu/h）= 2,800

γ_L ：0.93（車線幅員が 3.60 m 以下であるため）

γ_T ：0.82（大型車の混入による補正）

$\gamma_T = 100/(100+(E_T-1)*T)$

E_T：大型車の乗用車換算係：3（TEM の Rolling 地形より）

T ：大型車の混入率（%）：11%

$\gamma_T = 100/(100+2.0*11) = 100/122 = 0.82$

これにより E-60 の交通容量は、

$C_c = 2,800 \times 0.93 \times 0.82 = 2,135$ (pcu/h)

となる。

b) v/c 比率の算定

表 2-5 に示す交通量を使用し

pcu = 577+625+110*3 = 1,532 pcu/hr (peak hour)

v/c = 1,532/2,135 = 0.72

が得られた。

TEM の表 2b（表 2-7 に再掲）によるとサービスレベルは D である。これは交通容量に近づいているが、まだ少しは交通量の増加を吸収できる状況である。

表 2-7：交通量／容量比とサービスレベル

TEM Standards and Recommended Practice

Table 2b – Source HCM 1997

LEVELS OF SERVICE FOR SINGLE TWO-LANE HIGHWAY (INITIAL MOTORWAY CONSTRUCTION STAGE) SEGMENTS

Level of Service	% Time Delay	v/c RATIO (1)																			
		LEVEL TERRAIN						ROLLING TERRAIN						MOUNTAINOUS TERRAIN							
		AVG SPD(2) km/h	PERCENT NO PASSING ZONES						AVG SPD(2) km/h	PERCENT NO PASSING ZONES						AVG SPD(2) km/h	PERCENT NO PASSING ZONES					
			0	20	40	60	80	100		0	20	40	60	80	100		0	20	40	60	80	100
A	30	93	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	92	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	90	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
B	45	88	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	87	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	87	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.10
C	60	83	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	82	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	79	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
D	75	80	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57	79	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	72	0.58	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33
E	>75	72	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	64	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	56	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78
F	100	<72	-	-	-	-	-	-	<64	-	-	-	-	-	-	<56	-	-	-	-	-	-

(1) Ratio of flow rate to an ideal capacity of 2800 pc/h in both directions.
(2) These speeds are provided for information only and apply to roads with design speeds of 100km/h or higher.

出典：TEM

2.1.4　社会状況

ジョージアは大コーカサスの南麓、黒海の東岸にあり、北側にロシア、南側にトルコ、アルメニア、アゼルバイジャンと隣接する。古来数多くの民族が行き交う交通の要衝であり、幾度もの他民族支配にさらされる地にありながら、キリスト教信仰をはじめとする伝統文化を守り通してきた。

ジョージアはかつてソビエト連邦の構成国であったが、1991 年に独立した。独立後の数年間はかつての計画経済から、市場経済への移行がいくつかの理由から困難な時期であった。それらの中には、国内の内紛、南オセチアとアブハジアの 2 地域における衝突、高い犯罪率、かつてあった市場の喪失とそれにとって代わる市場の拡大が不十分、労働力人口の流出、などが挙げられる。上記南オセチアとアブハジアを除いたジョージアの人口は 2008 年で 438 万[7]人、2014 年の国勢調査では約 373 万人[8]であった。1992 年に約 550 万人[9]の人口を記録して以来減少の傾向にある。その中で人口の最も多いのはトビリシ（111 万人）で国全体の人口の 30%を占め、第二の都市であるバツミ（15 万 2 千人）を遥かにしのいで、都市への人口集中が顕著である。

ジョージアは独立以来の幾度かの政治革命により長引く経済の停滞を経験した。2004 年になって新たな構造改革を実施。その目的は、経済の成長を促し、国民の自信と自覚の基で持続的な成長を目指すものであった。経済の分野での政府の主たる目標は、民間企業の

[7] Georgia Statistics
[8] www.geostat.ge, preliminary data
[9] United Nations, Department of Statistics, Demographic Yearbook

活力を活かした経済成長、雇用機会の創出及び貧困の削減であった。その他に、自然資源の有効活用、安全の確保と経済成長がもたらす自然災害の防止である。

近年の経済成長の伸びは堅調ではあるものの、2009 年は戦争の結果マイナス成長、2010 年～2013 年は 6－7%台の成長率であるものの、ロシア経済の落ち込み以降はまた弱くなっている。

また産業構造は依然元のままで、雇用機会の増加は緩やかである。その結果としての失業率は、2007 年で 13.3%[10]、2008 年に 16.5%であったが 2012 年になって雇用の伸びで失業率は 15%まで落ちたが依然高い水準である。特に若年層の失業率は依然高く、15－19 歳の年齢層では 2007 年に 27.7%、2012 年には 36.9%にまで達し、将来の経済とそれを担うべき人口の減少が懸念される。

2.1.5　経済状況

20 世紀以前のジョージアは農業中心の経済であった。ジョージアの近代経済は、黒海観光、かんきつ類、茶、ブドウの栽培を中心に展開しており、これらに大産業として発展するワイン、金属、機械、化学品、繊維製品の生産などが加わった。それが、ソビエト連邦の崩壊とともに市場を失い、多くの産業は衰退を余儀なくされた。

この国の国内総生産（GDP）はソ連崩壊（1991 年）にともない急落し、1994 年で 25 億 14 百万 USD[11]、2000 年に 30 億 57 百万 USD、に留まった。その後の平和的なバラ革命（2003 年）によってもたらされた経済的・民主的諸改革によって 2 桁台の経済成長を遂げ、2000 年代中葉には復活を遂げ、2005 年には 64 億 11 百万 USD と急激な伸びを示した。

ジョージアはまた、比較的自由で透明性の高い雰囲気のなかで経済活動が行われている。黒海地域で最も腐敗の少ない国であり、Transparency International's 2017 報告書によると隣接する諸国よりも透明性において上回り、これはヨーロッパ連合諸国と並ぶ水準である。以下表には、2010 年以降の国内総生産及び国民一人当たり所得を示す。

表 2-8：ジョージアの国内総生産・国民人あたり所得

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
GDP real growth, percent	6.2	7.2	6.4	3.4	4.6	2.9	2.8
GDP deflator, percent	8.5	9.5	1.1	-0.8	3.8	5.9	4.2
GDP per capita (at current prices), GEL**	4,675.7	5,447.1	5,818.1	5,987.6	6,491.6	8,550.9	9,146.4
GDP per capita (at current prices), USD**	2,623.0	3,230.7	3,523.4	3,599.6	3,676.2	3,766.6	3,864.6
GDP at current prices, mil. USD	11,636.5	14,438.5	15,846.8	16,139.9	16,507.8	13,988.1	14,377.9

出典：geostat.ge/index.php?action=page&p_id=119&lang

[10] Source: Geo Stat
[11] World Bank Data, Georgia

2014 年（発効は 2016 年 7 月）以来、ジョージアはヨーロッパ（EU）の包括的自由貿易圏の一部となっており、対 EU 貿易はジョージアにおける貿易総額の 4 分の 1 以上を占め、EU は同国にとって最大の貿易相手であり続けている。EU との貿易協定ののち、2015 年には二国間の相互貿易はさらなる増加を記録した。

さらに 2018 年 1 月からジョージアと中国との間では FTA[12]が発効された。これにより中国からの輸出品の約 96.5%の関税が無くなる一方で、ジョージアから中国への輸入品の約 91%の関税が直ちに不要になる。また 5 年以内にはさらに 3%の品目の課税が免除になる。ジョージアから中国への主な輸出品は、銅鉱物、鉄鉱、ナッツ、ワイン、蒸留酒、金、及び半製品である。一方、中国からジョージアへの輸出品は建設機械、工場設備、鉄鋼、電気製品、繊維製品及び家庭用品である。

[12] China Daily USA 05/15/2017

第3章　交通量予測

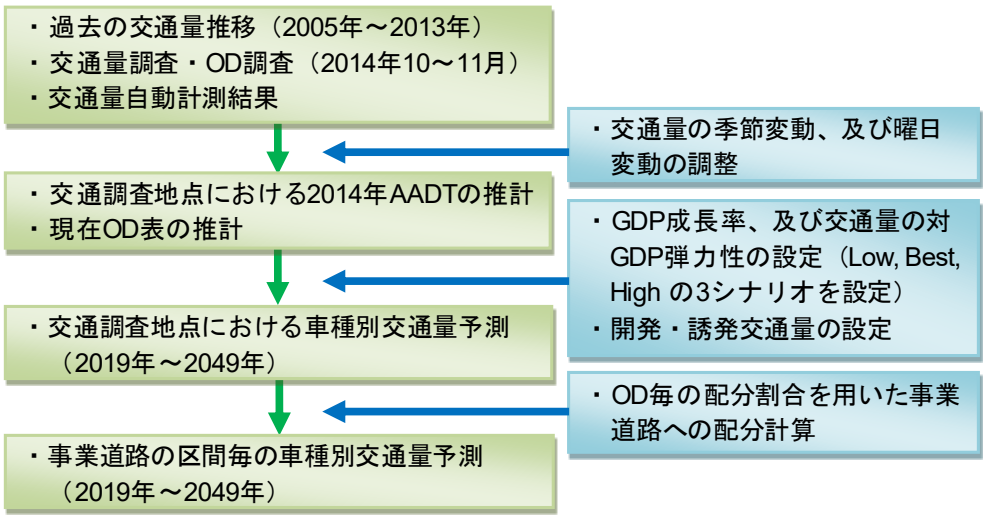
3.1　概要

本章ではまず F/S の交通量予測をレビューした後[1]、現況交通量と交通量増加率に着目の上、F/S に記載の需要予測内容を精査し、最後に需要予測の更新を提案する。以上のステップをまとめると以下の通り：(i) F/S の既存予測を精査し、主要点を整理する、(ii) 現況交通量を、RDMRDI 及び D/D による交通量調査を参考に精査する、(iii) F/S で設定された交通量増加率を、GDP 予測及び需要の GDP に対する弾力性を基に精査する、(iv) ショラパニ～ゼスタフォニ東、ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の交通量予測の更新を提案する。

3.2　F/S 交通量予測のレビュー

3.2.1　方法論

世銀のF/Sによる交通量予測のプロセス（概要）を図 3-1に示す。過去の交通量自動計測（ATC）データ、及びF/Sで実施されたATC、交通量調査、OD調査を含む交通調査結果等に基づき現況交通量（AADT）を推計し、交通量増加率の設定、開発・誘発交通量の設定を行った上で、交通調査地点における2049年までの車種別交通量の予測を行っている。そして、OD毎の配分割合を用いて、事業完成後の新設道路への交通量配分を行い、新設道路の区間毎の車種別交通量を予測している。F/Sにおけるこれら交通量予測の方法論には特段の問題は見当たらず、妥当と判断される[2]。



出典：F/S を基に JICA 調査団作成

図 3-1：F/S における交通量予測の方法論（概要）

[1] F/S 報告書の名称は以下の通り：RDMRDI, *Upgrade of Feasibility Studies for E-60 Highway Section from Zemo Osiauri to Argveta and Undertaking Detailed Design for E-60 Highway Section from Zemo Osiauri to Chumateleti (Feasibility Study for E-60 Highway Section from Zemo Osiauri to Argveta)*, Final Report, December 2015.

[2] なお、世銀による東西ハイウェイに係る直近の融資の審査資料に示されている交通量予測は、この F/S による予測結果と整合している。（出典：World Bank, East-West Highway Corridor Improvement Project, Project Appraisal Document, October 2015）

3.2.2 結果

本業務対象区間における新設道路の F/S による交通量予測結果の主要点は下記の通り。

- F/S におけるショラパニ～ゼスタフォニ東、ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の両方向交通量予測（Best シナリオ）は、表 3-1 に示す通りであり（主要年の予測を抜粋）、高速道路開業を 2019 年と想定し、2019 年から 2049 年までの予測を行っている。
- 2019 年のショラパニ～ゼスタフォニ東区間の交通量は 14,208 台/日であり、このうち、58%は乗用車、12%がバス、12%が軽貨物車、18%がトラックという割合である。予測では交通量が 2029 年に 22,405 台、2039 年に 30,915 台と上昇し、2049 年には 39,971 台に達すると推計されている。
- 2019 年のゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の交通量は 15,158 台/日であり、このうち、60%は乗用車、12%がバス、11%が軽貨物車、17%がトラックという割合である。予測では交通量が 2029 年に 23,910 台、2039 年に 32,997 台と上昇し、2049 年には 42,666 台に達すると推計されている。

表 3-1：本業務対象区間における新設道路の F/S による交通量予測結果

年	乗用車	ミニバス	バス	軽貨物車	2軸	3軸	4軸以上	合計
新設道路のショラパニ～ゼスタフォニ東区間								
2019	8,256	1,537	145	1,706	262	168	2,134	14,208
2029	13,103	2,440	222	2,708	402	258	3,272	22,405
2039	18,129	3,376	303	3,747	548	351	4,461	30,915
2049	23,491	4,375	387	4,855	702	450	5,711	39,971
新設道路のゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間								
2019	9,037	1,659	214	1,728	417	199	1,904	15,158
2029	14,343	2,634	328	2,742	639	306	2,918	23,910
2039	19,844	3,644	447	3,794	871	417	3,980	32,997
2049	25,714	4,722	572	4,916	1,115	533	5,094	42,666

注：(i) 上記は既存道路の交通量は含まない。(ii) 乗用車は自家用車・タクシー・自家用使用の四輪駆動車、ミニバスは乗車定員15人未満のバス、軽貨物車はバン及びピックアップ、2軸は2軸6輪のトラック、3軸は前1軸・後2軸のトラック、4軸以上は4軸以上のトラックまたは4軸以上のトラックとトレーラーの組み合わせ。
出典：F/S

- F/S から得られた交通量増加率は、表 3-2 に示す通りであり、2019 年から 2029 年にかけて年率 4.4～4.7%、2029 年から 2039 年にかけて年率 3.1～3.3%、2039 年から 2049 年にかけて年率 2.5～2.6%となっている。

表 3-2：F/S から計算された交通量増加率

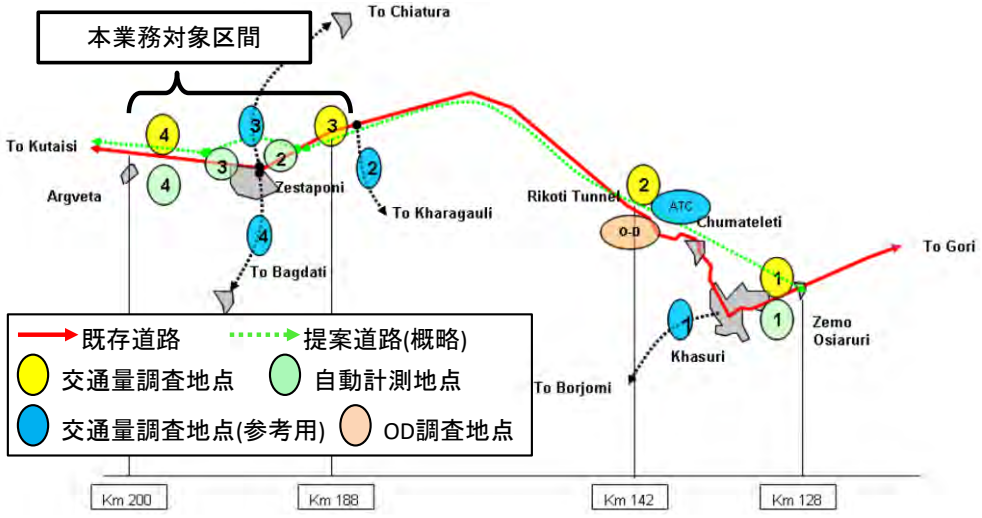
年	乗用車	ミニバス	バス	軽貨物車	2軸	3軸	4軸以上	合計
新設道路のショラパニ～ゼスタフォニ東区間								
2019-2029	4.7%	4.7%	4.4%	4.7%	4.4%	4.4%	4.4%	4.7%
2029-2039	3.3%	3.3%	3.2%	3.3%	3.1%	3.1%	3.1%	3.3%
2039-2049	2.6%	2.6%	2.5%	2.6%	2.5%	2.5%	2.5%	2.6%
新設道路のゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間								
2019-2029	4.7%	4.7%	4.4%	4.7%	4.4%	4.4%	4.4%	4.7%
2029-2039	3.3%	3.3%	3.1%	3.3%	3.1%	3.1%	3.2%	3.3%
2039-2049	2.6%	2.6%	2.5%	2.6%	2.5%	2.5%	2.5%	2.6%

出典：F/Sを基にJICA調査団作成

3.3　交通調査／軸重調査

3.3.1　F/S による交通調査

東西ハイウェイにおけるゼモ・オシアウリ～アウグヴェタ区間の交通量予測のための交通データを収集するため、2014 年 10～11 月に交通調査が実施された。具体的には、交通量自動計測（4 地点）、交通量調査（8 地点、うち 4 地点は参考用）、OD 調査（1 地点）等を含む。これら F/S で実施された交通調査の地点は図 3-2 の通りであり、本業務対象区間であるショラパニ～アウグヴェタ区間はカバーされている。



略語：OD = Origin-Destination
注：(i) 図中の番号（1～4）は F/S における交通調査地点の番号。(ii) 交通量調査地点は既存道路の交通量を把握するための地点、交通量調査地点（参考用）はボルジョミ、ハラガウリ、バグダティ、チアトゥラ方面への道路から提案道路への転換交通量を推計するための地点。
出典：F/S

図 3-2：F/S における交通調査地点

これら交通量調査（2014 年時点）によると、ショラパニ～ゼスタフォニ区間では約 11,000 台/日、ゼスタフォニ～アウグヴェタ区間では約 14,000 台/日～15,000 台/日がカウントされた（表 3-3）。これらのうち、59%は乗用車、11%がバス、12%が軽貨物車、18%がトラックという割合である。また、全貨物量の約 8%が国際貨物であり、その 62%が 4 軸以上のトラック、35%がバスとなっている。

表 3-3：F/S による交通量調査の結果、2014 年

地点*	2014 年交通量（台/日）
ズィルラ（MCC3）Km 188	11,072
ゼスタフォニ東（ATC2）	11,391
ゼスタフォニ西（ATC3）	14,107
アウグヴェタ（MCC4）Km 200	14,291
アウグヴェタ（ATC4）	15,186

注：カッコ内の文字と数字は F/S における交通調査の種類と地点の番号
出典：F/S

3.3.2　D/D による交通調査

F/S による交通量データを精査するため、2017 年 7 月に D/D の一部として交通量自動計測が以下の 3 地点で実施された：(i) ゼモ・オシアウリ～ハシュリ区間の Km 125、(ii) ハラガウリ～ゼスタフォニ区間の Km 188、(iii) ゼスタフォニ～アウグヴェタ区間の Km 200。これらの計測地点は、F/S のために設置された交通量調査地点と同じである。Km 125 及び Km 200 の交通量計測は連続する 3 日間、Km 188 の交通量計測は連続する 7 日間にわたり実施された。これら交通量自動計測の速報結果は表 3-4 に示す通りであり、本調査区間において約 17,000 台/日～20,000 台/日の交通量を示している。ただし、これらは生データであり、年平均日交通量に換算するための調整が必要である（詳細は 3.4.1（2）項を参照）。

表 3-4：D/D による交通調査の速報結果、2017 年 7 月

単位：台/日

	乗用車	ミニバス及びピックアップ	バス及びトラック	トレーラー及び 3 軸以上トラック	合計
ゼモ・オシアウリ Km 125	14,196	3,137	1,994	1,276	20,604
ズィルラ Km 188	11,826	2,626	1,684	1,113	17,249
アウグヴェタ Km 200	12,614	4,948	1,624	1,123	20,310

出典：D/D コンサルタント

3.3.3　軸重調査

ジョージアでは内務省傘下の交通警察部により軸重規制が実施されている。交通警察部によると、車両重量計（Vehicle Weighing Equipment）が東西ハイウェイのハラガウリ（Km 152）に設置されており、ジョージアにおける行政上の違法行為に関する法律

（Administrative Offences Code）第 129 条の規定に該当する場合、全ての過積載車両が再検査され、違反に対し適切な措置が講じられることになっている[3]。

表 3-5 に 2013 年～2017 年の当該規定に違反した事実の件数、このうち過積載の件数、超過重量の合計を示す（注：2017 年は 7 月までのデータ）。交通警察部が特定した違反事例は 1 年当たり 129 件～242 件にのぼり、このうち過積載が 79 件～173 件、超過重量の合計が 54 トン～250 トンであった。これらのデータは、再検査された車両当たり平均 0.6 トン～1.7 トンの過積載が行われたことを示している。

表 3-5：違反事実、過積載、超過重量、2013 年～2017 年

年	違反事実の件数	過積載の件数	超過重量の合計 (kg)
2013	242	88	145,310
2014	521	173	250,040
2015	217	79	116,605
2016	155	89	54,370
2017*	129	114	100,990

注：2017 年は 7 月までのデータ。
出典：交通警察部

3.4 既存交通量予測の確認

3.4.1 現況交通量

(1) RDMRDI による交通量自動計測

F/S で実施された交通調査とは別に、RDMRDI は定期的な交通量自動計測（ATC）を東西ハイウェイを含む道路ネットワーク（国際道路及び二級道路）で実施している。ATC は 4 月、7 月、10 月の年に 3 度、48 時間ずつ実施されており、(i) 乗用車、(ii) ミニバス及びピックアップ、(iii) バス及びトラック、(iv) トレーラー及び 3 軸以上のトラック、の 4 種の平均日交通量を計測している。

リコティ～ゼスタフォニ区間（Km 179）及びゼスタフォニ～クタイシ区間（Km 215）における 2007 年～2016 年の ATC データを表 3-6 に示す。多少の変動は見られるものの、全体の交通量は年率平均 8.5～9.0%で増加している。車種別では、乗用車が 8.8～9.1%、ミニバス及びピックアップトラックが 6.0～8.8%、バス及びトラックが 12.2～13.8%、トレーラー及び 3 軸以上のトラックが 2.0～6.7%の増加となっている。2016 年の交通量はリコティ～ゼスタフォニ区間が 12,855 台/日、ゼスタフォニ～クタイシ間が 14,656 台/日であった。

[3] 行政上の違法行為に関する法律 第 129 条によると、以下の全てまたはいずれかに該当する場合、当該車両の運転手と当該車両の所有者の両方またはいずれか一方に、過積載 1 トンにつき 500 ラリの罰金を科すことになっている：(i) 道路上を運行する車両の軸重が 10 トンを超える、(ii) 実際の車両重量が 44 トンを超える、(iii) 実際の車両重量が最大許容重量を超える、の全てまたはいずれかに該当する場合。

表 3-6：過去の交通量自動計測、2007 年～2016 年

	乗用車	ミニバス及びピックアップ	バス及びトラック	トレーラー及び 3 軸以上トラック	合計
リコティ～ゼスタフォニ区間（Km 179）					
2007	4,243	750	356	567	5,917
2008	5,427	699	429	770	7,325
2009	4,733	824	465	658	6,680
2010	5,106	1,067	543	778	7,494
2011	6,288	1,629	714	934	9,565
2012	6,140	886	507	1,044	8,577
2013	9,090	790	690	1,312	11,882
2014	8,373	846	583	1,107	10,909
2015	9,465	324	792	1,413	11,993
2016	9,090	1,608	1,143	1,014	12,855
年平均増加率	8.8%	8.8%	13.8%	6.7%	9.0%
ゼスタフォニ～クタイシ区間（Km 215）					
2007	4,971	996	498	573	7,039
2008	6,288	1,043	556	701	8,588
2009	6,221	1,521	657	634	9,033
2010	6,258	1,493	583	563	8,897
2011	6,604	962	592	868	9,026
2012	9,585	1,325	737	912	12,558
2013	12,730	1,241	907	1,927	16,805
2014	11,822	1,133	777	1,185	14,917
2015	12,121	1,688	829	1,147	15,786
2016	10,879	1,682	1,410	685	14,656
年平均増加率	9.1%	6.0%	12.2%	2.0%	8.5%

注：上記は各年の 4 月、7 月、10 月における交通量自動計測の平均である。
出典：RDMRDI

表 3-7 は 2014 年の年平均交通量を RDMRDI による ATC 結果と F/S による交通量調査結果で比較したものである。リコティ～ゼスタフォニ区間の交通量は RDMRDI が 10,909 台/日、F/S が 11,072 台/日、ゼスタフォニ～クタイシ区間の交通量は RDMRDI が 14,917 台/日、F/S が 14,739 台/日であり、両区間とも RDMRDI による交通量は F/S における交通量と同等であることを示している。これより、F/S における 2014 年の現況交通量の設定は妥当と考えられる。

表 3-7：RDMRDI と F/S の交通量比較

	RDMRDI, 2014 年	F/S, 2014 年
リコティ～ゼスタフォニ区間	10,909	11,072
ゼスタフォニ～クタイシ区間	14,917	14,739*

注：(i) 交通量調査地点は RDMRDI が Km 179, Km 215、F/S が km 188, Km 200。(ii) ゼスタフォニ～クタイシ区間の F/S 交通量は交通量自動計測値と手動計測値の平均。
出典：RDMRDI、F/S を基に調査団作成

(2) D/D による交通量自動計測

D/D による交通量自動計測の速報結果は 3.3.2 項に記した通り、ズィルラ（Km 188）で 17,249 台/日、アウグヴェタ（Km 200）で 20,310 台/日であった。ただし、これらの値は 2017 年 7 月における交通量であるため、季節変動を考慮の上、年平均に換算する必要がある。2016 年の ATC から得られる換算係数 0.84（=12,855/15,224：12,855 は Km 179 における年平均日交通量、15,224 は同 2016 年 7 月の日交通量）を仮定すると[4]、D/D における年平均日交通量は Km 188 が 14,489 台/日、Km 200 が 17,060 台/日となる。表 3-8 に D/D と F/S の交通量の比較を示す。F/S における 2019 年の年平均日交通量予測は Km 188 が 13,872 台/日、Km 200 が 18,519 台/日であることを考慮すると、F/S における 2019 年の交通量の設定は Km 188 で若干過小、Km 200 で概ね妥当と考えられる。

表 3-8：D/D と F/S の交通量比較

	D/D, 2017 年 7 月	D/D, 2017 年 AADT	F/S, 2019 年 AADT
リコティ～ゼスタフォニ区間	17,249	14,489	13,872
ゼスタフォニ～クタイシ区間	20,310	17,060	18,519*

注：(i) 交通量調査地点は D/D、F/S ともにリコティ～ゼスタフォニ区間が Km 188、ゼスタフォニ～クタイシ区間が Km 200。(ii) ゼスタフォニ～クタイシ区間の F/S 交通量は交通量自動計測値と手動計測値の平均。
出典：D/D コンサルタント、F/S を基に調査団作成

3.4.2 交通量増加率

F/S で設定された交通量増加率を精査するため、以下の設定を行った。

- ジョージアの GDP は将来的に年率 4.5%で成長すると仮定した。この設定では、国際機関及び主要機関による短期の GDP 成長率の予測を参考とした。表 3-9 に示す通り、2020 年～2022 年の予測値は 3.5-5.5%となっている。

表 3-9：各機関におけるジョージアの GDP 成長率予測値（%）

年	IMF[1)]	WB[2)]	ADB[3)]	EIU[4)]
2017	3.5	3.5	3.8	4.0
2018	4.0	4.0	4.5	3.3
2019	4.5	4.5	-	3.2
2020	5.0	-	-	3.5
2021	5.5	-	-	3.7
2022	5.5	-	-	-

出典：1) IMF, World Economic Outlook Database, April 2017.
2) World Bank, Global Economic Prospects, June 2017.
3) ADB, Asian Development Outlook 2017, April 2017.
4) Economic Intelligent Unit (EIU), Country Report: Georgia, 2nd Quarter 2017.

[4] なお、Km 215 のデータを用いて換算係数を試算したところ、Km 179 と同様に 0.84（=14,656/17,485：14,656 は Km 215 における年平均交通量、17,485 は同 2016 年 7 月の日交通量）という値を得た。

- 安全側と考えられる設定として、GDP 成長率は、時系列的に徐々に低下し、長期的に年率 2.5%になると設定した。
- 短期的な需要の GDP に対する弾力性（2019 年～2029 年の値）は、世銀の審査資料で設定された仮定を参考にし、乗用車・ミニバス・バスを含む旅客交通で 1.3、軽貨物車・トラックを含む貨物交通で 1.2 と設定した[5]。更に、安全側と考えられる設定として、需要の GSDP 成長率に対する弾力性は、時系列的に徐々に低下すると仮定した。

以上の設定に基づくパラメータの値を表 3-10 にまとめた。

表 3-10：需要予測の各パラメータの設定

年	GDP 成長率 (%)	需要の GDP に対する弾力性	
		旅客交通	貨物交通
2019–2029	4.5	1.3	1.2
2029–2039	3.5	1.2	1.1
2039–2049	2.5	1.1	1.0

出典：JICA 調査団

F/S の交通量増加率と本調査で設定した増加率（GDP 成長率と需要の GDP に対する弾力性の積）を表 3-11 で比較した。F/S の交通量増加率は、本調査で設定した増加率からみて短中期的に若干過小と考えられるものの、長期的に妥当な範囲と考えられる。

表 3-11：F/S と本調査の交通量増加率比較（%）

年	F/S	本調査	
		旅客交通	貨物交通
2019–2029	4.7	5.9	5.4
2029–2039	3.3	4.2	3.9
2039–2049	2.6	2.8	2.5

出典：JICA 調査団

3.5　将来交通量の推計

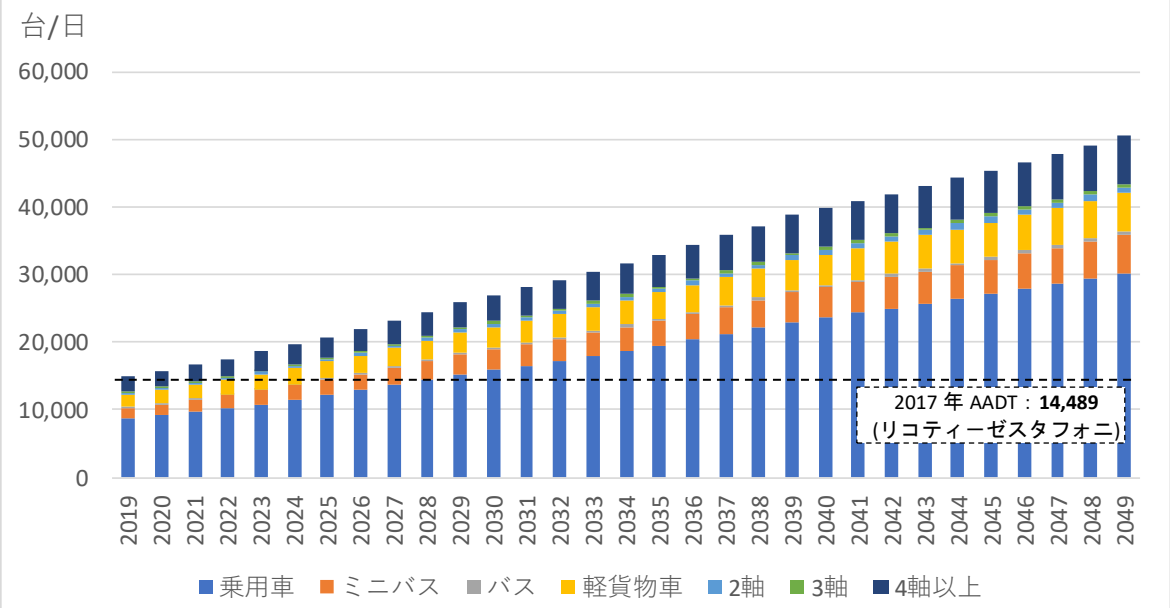
3.4.1 項で精査した現況交通量、及び 3.4.2 項で設定した交通量増加率を考慮し、F/S 交通量予測を更新することが、より良いと考えられる。つまり、前節で設定したパラメータを用い、ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の交通量を表 3-12 及び図 3-3 に示す通り、ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の交通量を表 3-13 及び図 3-4 に示す通り、更新することを提案する[6]。

[5] 出典：World Bank, *East-west Highway Corridor Improvement Project*, Project Appraisal Document, October 2015
[6] ショラパニ～ゼスタフォニ東区間における初年度（2019 年）の交通量は以下の仮定の下、14,884 台/日と設定した：(i) 2017 年交通量は D/D による交通量調査を含む既存データを参考に 14,000 台/日と設定、(ii) この 2017 年交通量を 3.4.2 項で設定した交通量増加率、及び開発交通 7%を考慮の上、2019 年交通量に変換、(iii) F/S での設定を参考に、この既存道路における 2019 年交通量の 89%を本事業対象区間における新設道路に配分。ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間における 2019 年交通量は D/D による交通量調査に基づき F/S での交通量と同等と仮定。

表 3-12：ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の更新需要予測、2019 年～2049 年

年	乗用車	ミニバス	バス	軽貨物車	2 軸	3 軸	4 軸以上	合計
2019	8,649	1,610	152	1,787	274	176	2,235	14,884
2020	9,155	1,704	161	1,884	289	185	2,356	15,734
2021	9,690	1,804	170	1,985	305	196	2,483	16,633
2022	10,257	1,910	180	2,093	321	206	2,618	17,584
2023	10,857	2,021	191	2,206	339	217	2,759	18,589
2024	11,492	2,139	202	2,325	357	229	2,908	19,652
2025	12,164	2,265	214	2,450	376	241	3,065	20,775
2026	12,876	2,397	226	2,583	397	254	3,230	21,963
2027	13,629	2,537	239	2,722	418	268	3,405	23,219
2028	14,427	2,686	253	2,869	441	283	3,589	24,547
2029	15,271	2,843	268	3,024	464	298	3,782	25,950
2030	15,912	2,962	279	3,140	482	309	3,928	27,014
2031	16,580	3,087	291	3,261	501	321	4,079	28,121
2032	17,277	3,216	303	3,387	520	334	4,236	29,273
2033	18,002	3,351	316	3,517	540	346	4,400	30,473
2034	18,758	3,492	329	3,653	561	360	4,569	31,722
2035	19,546	3,639	343	3,793	583	374	4,745	33,022
2036	20,367	3,792	358	3,939	605	388	4,927	34,376
2037	21,223	3,951	373	4,091	628	403	5,117	35,785
2038	22,114	4,117	388	4,248	652	418	5,314	37,253
2039	23,043	4,290	405	4,412	678	434	5,519	38,780
2040	23,676	4,408	416	4,522	695	445	5,657	39,819
2041	24,327	4,529	427	4,635	712	456	5,798	40,885
2042	24,996	4,654	439	4,751	730	468	5,943	41,981
2043	25,684	4,782	451	4,870	748	480	6,092	43,106
2044	26,390	4,913	463	4,992	767	492	6,244	44,260
2045	27,116	5,048	476	5,116	786	504	6,400	45,446
2046	27,862	5,187	489	5,244	805	516	6,560	46,664
2047	28,628	5,330	503	5,375	826	529	6,724	47,915
2048	29,415	5,476	517	5,510	846	543	6,892	49,199
2049	30,224	5,627	531	5,648	867	556	7,065	50,517

出典：JICA 調査団



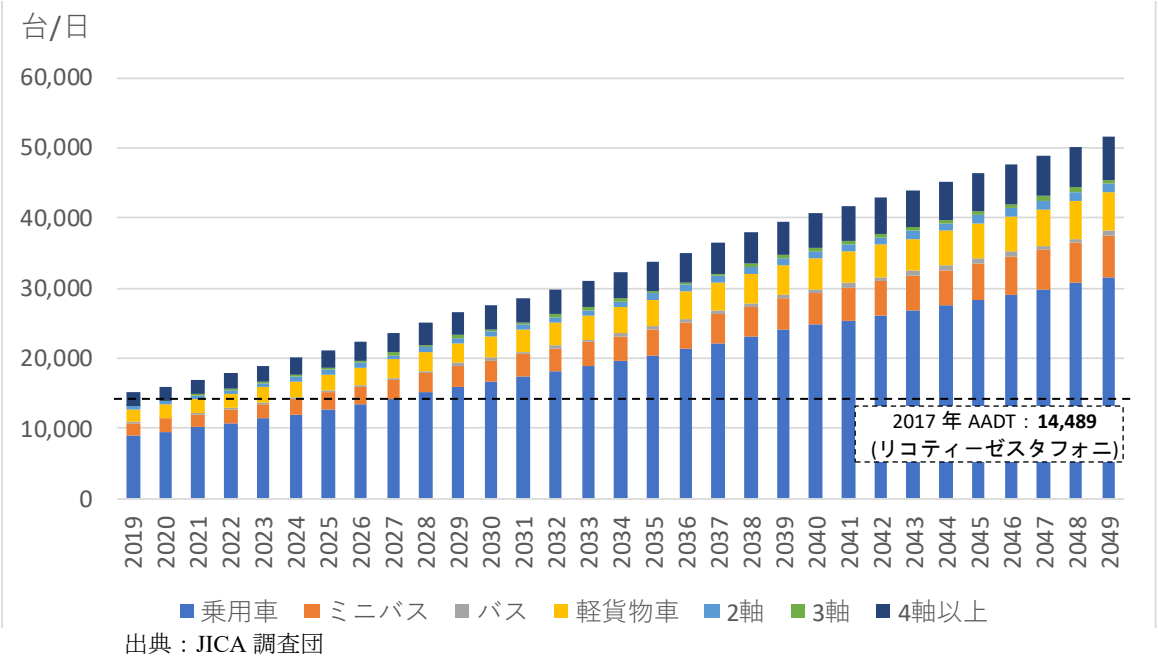
出典：JICA 調査団

図 3-3：ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の更新需要予測、2019 年～2049 年

表 3-13：ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の更新需要予測、2019 年～2049 年

年	乗用車	ミニバス	バス	軽貨物車	2 軸	3 軸	4 軸以上	合計
2019	9,037	1,659	214	1,728	417	199	1,904	15,158
2020	9,566	1,756	227	1,821	440	210	2,007	16,026
2021	10,125	1,859	240	1,920	463	221	2,115	16,943
2022	10,718	1,968	254	2,023	488	233	2,229	17,913
2023	11,345	2,083	269	2,133	515	246	2,350	18,938
2024	12,008	2,204	284	2,248	542	259	2,477	20,023
2025	12,711	2,333	301	2,369	572	273	2,610	21,169
2026	13,454	2,470	319	2,497	603	288	2,751	22,381
2027	14,241	2,614	337	2,632	635	303	2,900	23,663
2028	15,074	2,767	357	2,774	669	319	3,057	25,018
2029	15,956	2,929	378	2,924	706	337	3,222	26,451
2030	16,626	3,052	394	3,036	733	350	3,346	27,537
2031	17,325	3,180	410	3,153	761	363	3,474	28,667
2032	18,052	3,314	427	3,275	790	377	3,608	29,844
2033	18,811	3,453	445	3,401	821	392	3,747	31,070
2034	19,601	3,598	464	3,532	852	407	3,891	32,345
2035	20,424	3,749	484	3,668	885	422	4,041	33,673
2036	21,282	3,907	504	3,809	919	439	4,197	35,056
2037	22,176	4,071	525	3,956	955	456	4,358	36,496
2038	23,107	4,242	547	4,108	991	473	4,526	37,994
2039	24,077	4,420	570	4,266	1,029	491	4,700	39,555
2040	24,740	4,542	586	4,373	1,055	504	4,818	40,616
2041	25,420	4,667	602	4,482	1,082	516	4,938	41,706
2042	26,119	4,795	619	4,594	1,109	529	5,062	42,826
2043	26,837	4,927	636	4,709	1,136	542	5,188	43,975
2044	27,575	5,062	653	4,827	1,165	556	5,318	45,156
2045	28,334	5,201	671	4,947	1,194	570	5,451	46,368
2046	29,113	5,344	689	5,071	1,224	584	5,587	47,612
2047	29,913	5,491	708	5,198	1,254	599	5,727	48,891
2048	30,736	5,642	728	5,328	1,286	614	5,870	50,203
2049	31,581	5,798	748	5,461	1,318	629	6,017	51,551

出典：JICA 調査団



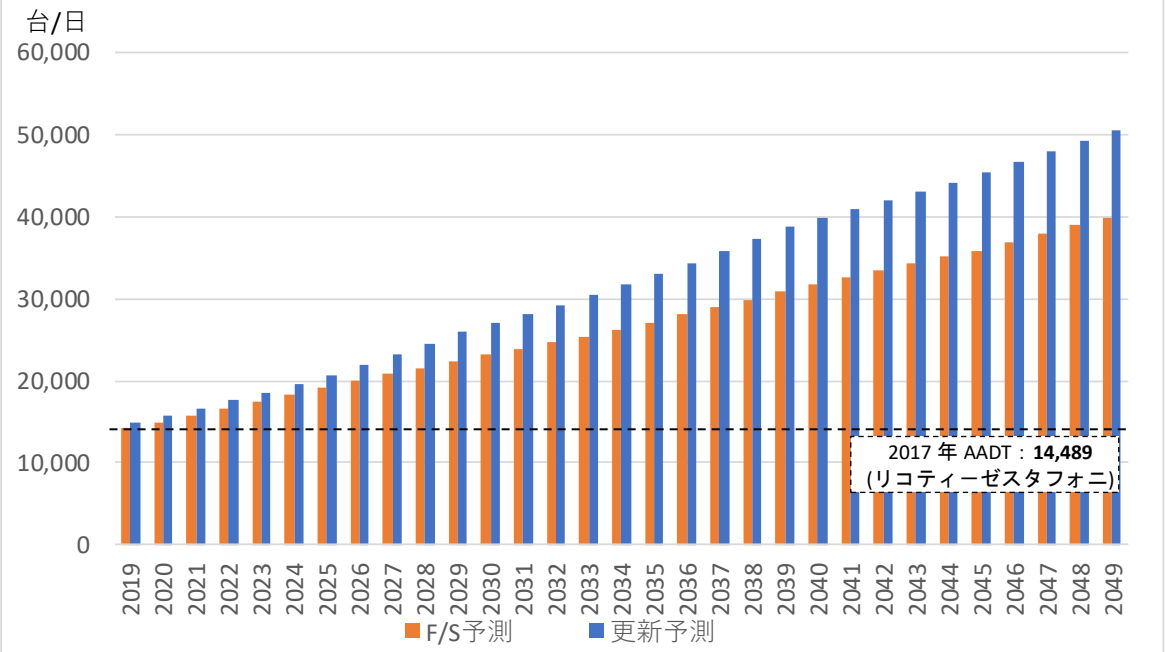
出典：JICA 調査団

図 3-4：ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の更新需要予測、2019 年～2049 年

3.6　F/S 予測と更新予測の比較

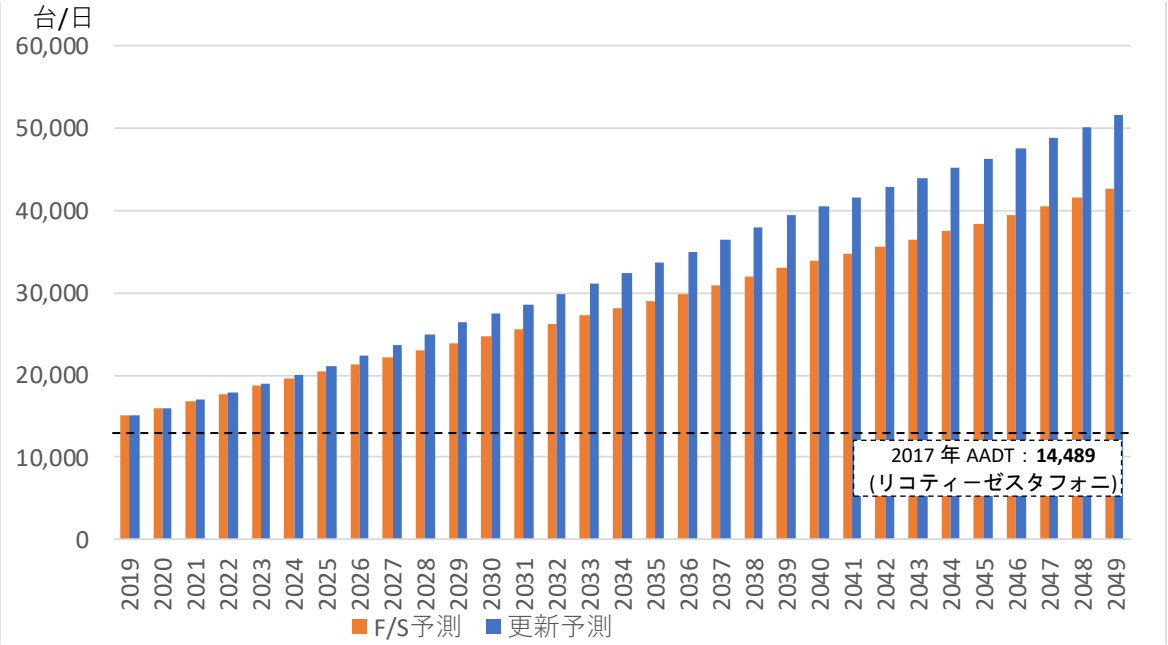
F/S 予測と更新予測との比較を図 3-5（ショラパニ～ゼスタフォニ東区間）、図 3-6（ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間）に示す。初年度交通量と交通量増加率に係る主要点は以下にまとめる通りであり、詳細は表 3-14 に示す。

- F/S における初年度交通量はショラパニ～ゼスタフォニ東区間で若干過小、ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間で概ね妥当と考えられる。
- F/S の交通量増加率は、本調査で設定した増加率からみて短中期的に若干過小と考えられるものの、長期的に妥当な範囲と考えられる。



出典：JICA 調査団

図 3-5：ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の F/S 予測と更新予測の比較、2019 年～2049 年



出典：JICA 調査団

図 3-6：ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の F/S 予測と更新予測の比較、2019 年～2049 年

表 3-14：F/S 予測と更新予測の比較

	F/S 予測	更新予測
初年度交通量	ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の初年度交通量は 14,208 台/日、ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の初年度交通量は 15,158 台/日と推計されている。	ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の初年度交通量は 14,884 台/日、ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の初年度交通量は F/S と同等（＝15,158 台/日）と設定した。
交通量増加率	F/S から得られた交通量増加率は、2019 年から 2029 年にかけて年率 4.7%、2029 年から 2039 年にかけて年率 3.3%、2039 年から 2049 年にかけて年率 2.6%となっている。	旅客の交通量増加率は 2019 年から 2029 年にかけて年率 5.9%、2029 年から 2039 年にかけて年率 4.2%、2039 年から 2049 年にかけて年率 2.8%と設定した。 一方、貨物の交通量増加率は 2019 年から 2029 年にかけて年率 5.4%、2029 年から 2039 年にかけて年率 3.9%、2039 年から 2049 年にかけて年率 2.5%と設定した。
予測結果	ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の交通量は 22,405 台/日（2029 年）、30,915 台/日（2039 年）、39,971 台/日（2049 年）と推計されている。 ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の交通量は 23,910 台/日（2029 年）、32,997 台/日（2039 年）、42,666 台/日（2049 年）と推計されている。	ショラパニ～ゼスタフォニ東区間の交通量は 25,950 台/日（2029 年）、38,780 台/日（2039 年）、50,517 台/日（2049 年）と設定した。 ゼスタフォニ西～アウグヴェタ区間の交通量は 26,451 台/日（2029 年）、39,555 台/日（2039 年）、51,551 台/日（2049 年）と設定した。

出典：JICA 調査団

第4章　E-60 F4 セクション（ショラパニ～アウグヴェタ）の詳細設計

4.1　自然条件調査

4.1.1　気象および水文調査

(1)　概要

アウグヴェタからショラパニまでの本業務対象区間路は、山地ではズィルラ川の南岸の斜面を走り、ショラパニで丘陵地を、アウグヴェタで平坦地を走っている。最高点は標高 210 m 程度、平坦地では標高 140 m 程度であり、縦断的な条件は厳しいものではない。しかしながら現状では、冬季には積雪の影響も受ける急峻な山岳区間を含み落石や斜面の崩壊なども頻発しているため同区間の整備が急務となっている。

(2)　気象条件

F/S 調査によれば、プロジェクト対象地域の気象については、当該地域の中心に位置するトゥシパの気象観測ステーション提供のデータが基本となる。このトゥシパ気象観測ステーションのデータによると、年平均気温は＋6.2°C、最低気温は－24°C、最高気温は＋38°C である。年間平均相対湿度は 76%で、気温が最高となる月は 59%、最低となる月は 70%である。年間平均降水量は 1,187 mm で、日最大降水量 102 mm を記録している。降水量の多い地域はコルヘェティ山地の典型的な樹林帯景観を形成している。そのため、ここでの気象は湿潤であることを考慮すべきである。降雪日数は年間 6-20 日間である。一方、計画路線の南側に近接するゼスタフォニ市に設置されている気象観測ステーション 1982 年から 2012 年のデータを要約すると以下のようである。

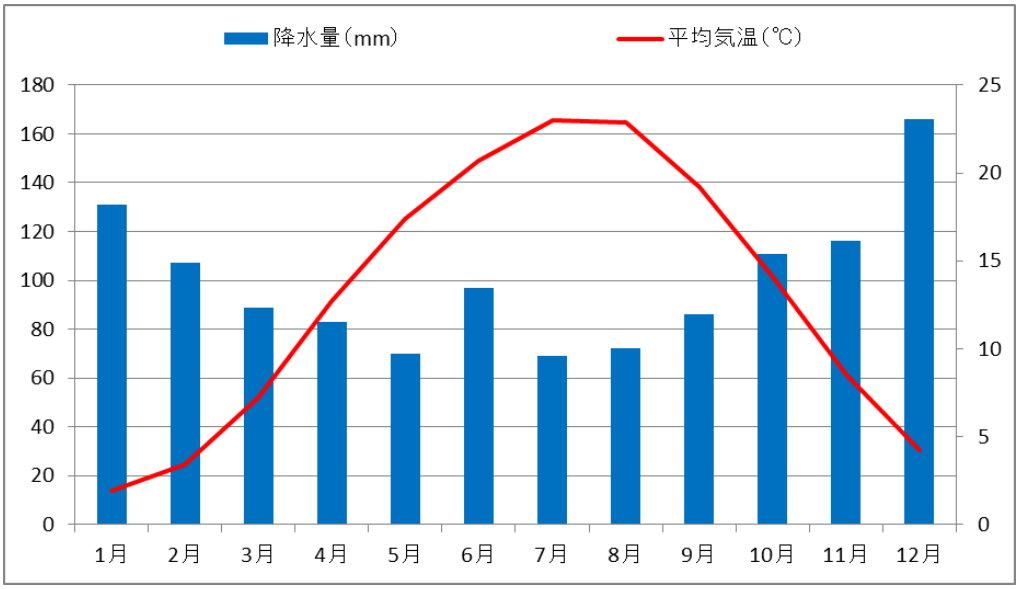
<u>ゼスタフォニの気象観測ステーションの気象概要</u>

- 観測地点：ゼスタフォニ市（英語名：Zestafoni）
- 観測点標高：163 m
- 気候区分（ケッペン区分）：Cfa、温暖湿潤気候
- 年平均気温：12.9°C、最高月気温：23°C（7 月）、最低月気温：1.9°C（1 月）
- 年間平均降水量：1,197 mm
- 月平均降水量：97 mm、最大月降水量：166 mm（12 月）
  最小月降水量：69 mm（7 月）
- データソース：https://pt.climate-data.org/location/28416/（1982 年～2012 年の気象データ）

表 4-1：ゼスタフォニの気象観測ステーションの気象概要

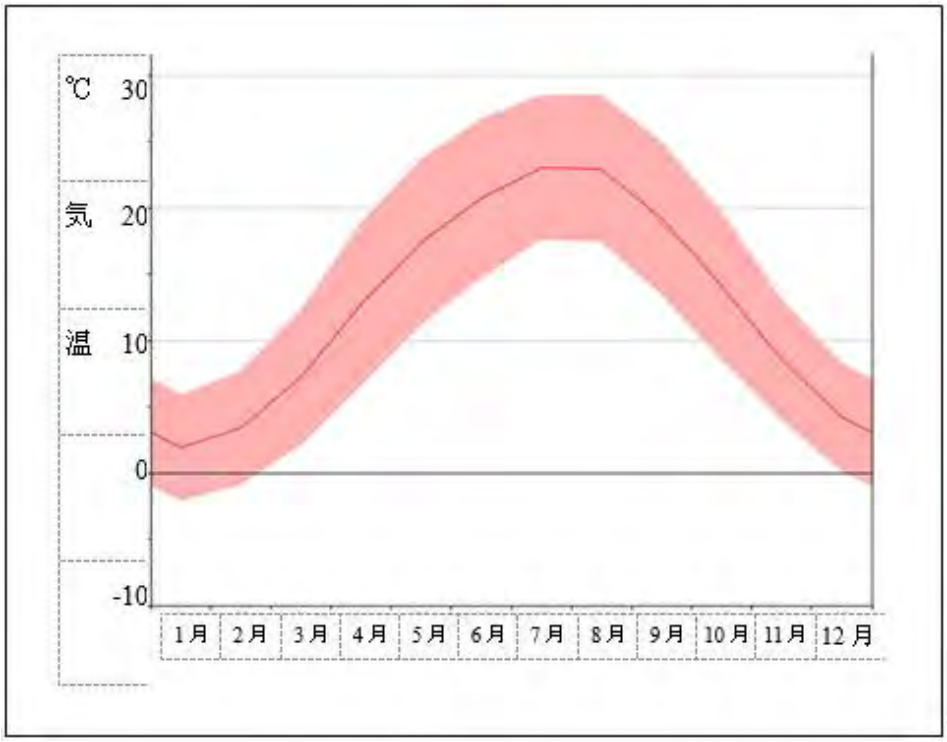
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
平均気温（°C）	1.9	3.4	7.2	12.7	17.4	20.7	23	22.9	19.2	14.1	8.5	4.2
最低気温（°C）	-2.1	-0.9	2.1	6.6	11.2	14.7	17.6	17.4	13.4	8.5	4	0.1
最高気温（°C）	5.9	7.7	12.3	18.9	23.7	26.7	28.5	28.5	25	19.7	13.1	8.3
降水量（mm）	131	107	89	83	70	97	69	72	86	111	116	166

出典：https://pt.climate-data.org/location/28416/



出典：https://pt.climate-data.org/location/28416/

図 4-1：月別気温と降水量の平均値



出典：https://pt.climate-data.org/location/28416/

図 4-2：月別平均気温と変化の幅

(3)　水文調査

a.　概要

水文・水理調査は、計画路線を横切る全ての河川水路等について異なる発生周期の流出量を評価することを目的としている。計画の洪水流出の発生周期は河川、水路、構造物によって以下のように異なる。

- 主要河川を横断する橋梁（流域面積 1 km^2 以上）：200 年確率を確認のうえ 100 年確率
- 水路や小峡谷を横断するカルバート（流域面積 1 km^2 以下）：50 年確率
- 高速道路の路面排水：50 年確率
- 付帯道路など：20 年確率

水理・水文調査は以下の手順で実施された。

i. 計画道路を横切る主要な流水を明らかにするための予備調査
ii. 既存道路を横切る主要な排水構造のインベントリー調査
iii. 道路を横断する流水の設計流量に関する水文学的検討
iv. 計画道路の排水構造を決定するための水理的検討
v. 洪水対策を含む詳細な水文および水理学的検討レポートの作成

b.　水文調査

(i). 流域面積 400 km^2 以上の河川の流量

計画区間における最も重要な河川はズィルラ川とクビリラ川で、それぞれ 1,204 km^2 と 2,450 km^2 の流域面積を有する。これらの河川は、切り立った斜面の狭い V 次谷を曲がりくねって流れ大きな縦断勾配（平均 10‰ 以上）と際立った浸食地形を呈している。

図 4-3 に示した流域面積 400 km^2 以上の流域を持つ上記の河川の最大流量については、ソビエト連邦表流水資源便覧（volume IX, issue I, 1969）の水文参考資料の地域特性を考慮した経験式により特にクビリラ川とその支川について示されている。推奨された地域特性を考慮した経験式によって算定されたズィルラ川とクビリラ川の最大流量の計算結果は表 4-2 に示したとおりである。

出典：GD-REP-4000-GE-GR-0001_General Report

図 4-3：水文調査の対象となる河川流域

表 4-2：ズィルラ川とクビリラ川の最大流量算出結果

PK	River	F, sq.km	Q0.2%, m^3/s	Q0.5%, m^3/s	Q1%, m^3/s	Q5%, m^3/s	Q10%, m^3/s
-10+00	ズィルラ	1,177	1,276	1,084	959	639	544
13+50	ズィルラ	1,192	1,285	1,092	966	644	547
25+00	ズィルラ	1,204	1,292	1,098	972	648	551
62+00	クビリラ	2,450	1,924	1,634	1,466	964	820

出典：GD-REP-4000-GE-GR-0001_General Report

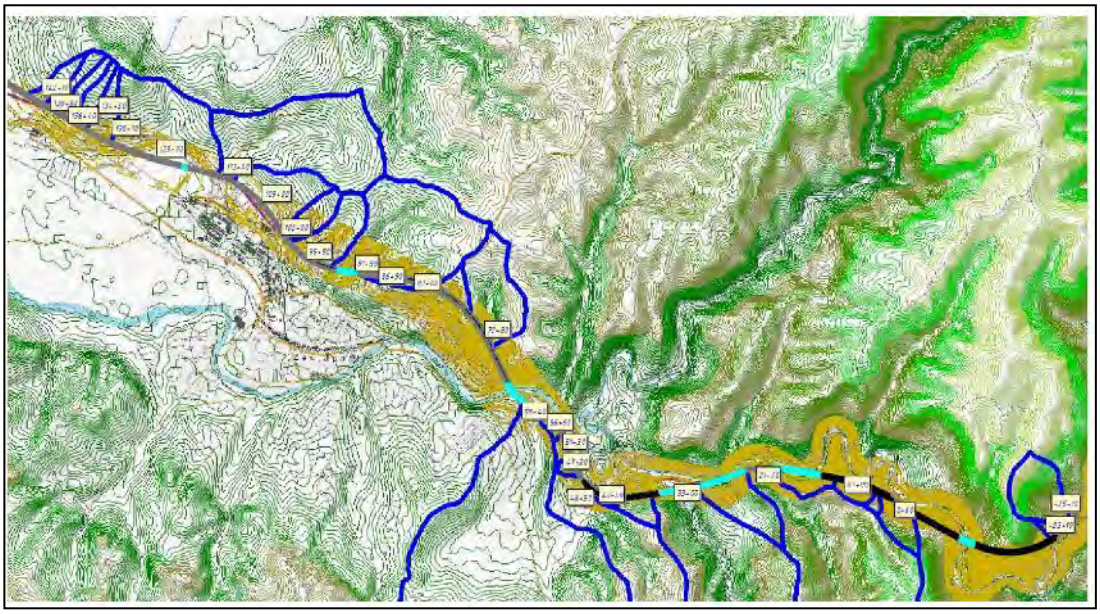
(ii). 流域面積 400 km^2 以下の河川の流量

流域面積 400 km^2 以下の河川の流量は以下の方法で決定された。

- 地域性を考慮した経験式（Regional formula）による最大流量算定結果
- 「鉄道及び道路橋の調査と設計基準」の PMP-91 による最大流量算定結果
- 「水文設計定理」の中の基準 SP 33-101-2003 による最大流量算定結果

上記の異なる方法で計算された小河川の最大流量は表 4-3 に示したとおりである。

水路構造設計の計画流量については、水文観測データと計算結果の比較によって選択されなければならない。しかしながら、流域面積 20 km^2 以下の小河川の観測結果は限られ、流出の地域的特性が大きいことから、異なる方法で得られた流量の中で大きな値が妥当な値として使われた。



出典：GD-REP-4000-GE-GR-0001_General Report

図 4-4：水文調査の対象となる小河川流域

表 4-3：異なる方法による小河川の最大流量算定値

PK	F, sq.km	Q 1% m^3/s			Q 10% m^3/s		
		SP 33-101-2003	PMP-91	Regional Formula	SP 33-101-2003	PMP-91	Regional Formula
-25+10	0.55	5.34	8.21	8.15	2.99	1.10	3.42
-23+10	0.05	0.54	1.38	1.80	0.30	0.19	0.75
00+60	0.26	2.74	4.58	4.89	1.53	0.62	2.05
07+00	0.11	1.20	2.51	2.99	0.67	0.34	1.25
21+00	8.52	20.9	45.3	30.8	11.69	6.09	12.9
33+00	59.6	75.9	1.37	85.9	42.52	18.4	36.1
43+50	0.04	0.43	1.08	1.39	0.24	0.14	0.58
46+50	1.72	5.90	15.4	12.2	3.30	2.07	5.14
47+20	0.04	0.41	0.97	1.20	0.23	0.13	0.51
51+30	0.06	0.63	1.34	1.59	0.35	0.18	0.67
56+60	0.05	0.52	1.13	1.36	0.29	0.15	0.57
59+40	9.86	29.0	48.5	34.5	16.23	6.50	14.5
70+80	0.80	7.02	9.18	8.27	3.93	1.23	3.47
83+60	0.03	0.33	0.79	1.03	0.18	0.11	0.43
86+90	0.04	0.42	0.96	1.19	0.24	0.13	0.50
91+80	1.88	10.56	16.2	12.9	5.92	2.17	5.43
99+90	0.50	3.30	6.09	5.46	1.85	0.82	2.29
102+00	0.26	2.30	3.89	3.83	1.29	0.52	1.61
109+00	0.58	5.62	7.18	6.68	3.15	0.97	2.81
113+40	2.14	12.1	16.8	13.2	6.77	2.26	5.54
123+00	1.31	10.8	12.4	10.5	6.07	1.66	4.40
130+10	0.22	2.07	3.46	3.50	1.16	0.47	1.47
134+50	0.16	1.54	2.74	2.87	0.86	0.37	1.21
136+40	0.16	1.10	2.83	3.01	0.61	0.38	1.27
138+60	0.17	1.17	2.96	3.13	0.65	0.40	1.32
142+10	0.17	1.08	2.95	3.11	0.61	0.40	1.31

出典：MA-HYD-4000-GE-RP-0101_Hydraulic Report

c. 橋梁設計のための水理検討

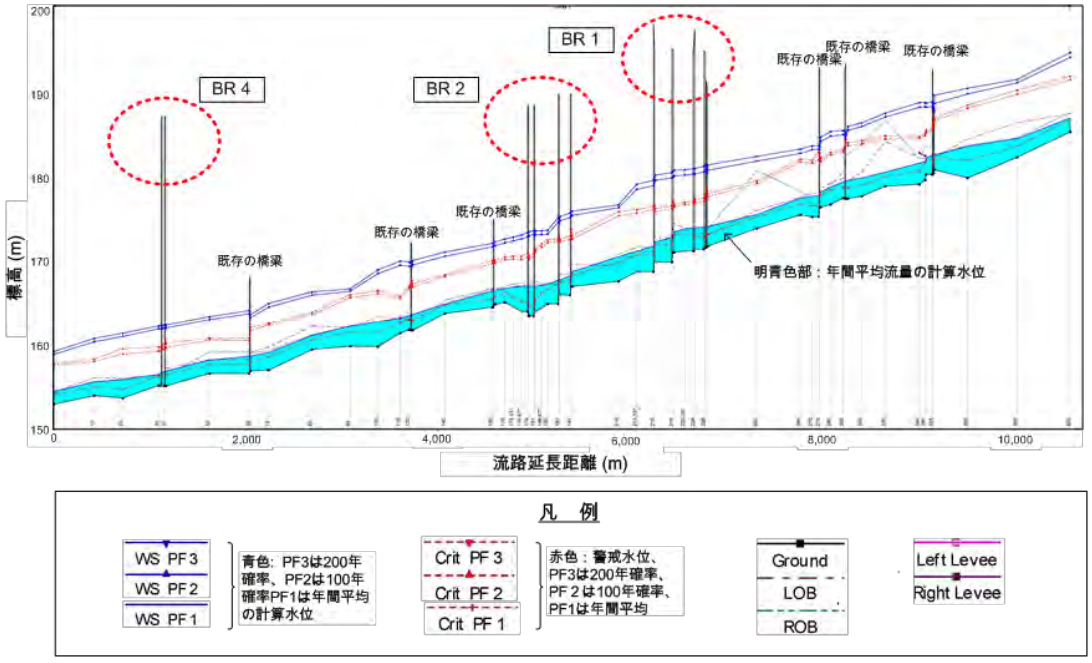
設計橋梁 1、2、および 4 を対象とし、生起確率 100 年及び 200 年のクビリラ川における最大洪水流量のシミュレーション計算を、一次元定常解析（Hec-ras ソフトウェア）を使って実施した。

(i). 設計高水流量

適用されるクビリラ川の設計洪水流量は、100 年及び 200 年の生起確率に対して 1,446 m^3/s と 1,625 m^3/s である。この値はソビエト連邦表流水資源便覧（volume IX, issue I, 1969）の水文参考資料の地域特性を考慮した経験式により得られたものである。平均流量（61 m^3/s）については、Journal of Earth Science and Engineering 5（2015）130-133, doi: 10.17265/2159- 581X/2015. 01. 005.に示される「黒海流域の河川の洪水特性と規則」から引用した。

(ii). 河川シミュレーション結果

設計橋梁 1、2 および 4 のシミュレーション結果は以下の図 4-5 に要約したとおりで、詳細なシミュレーション結果を図 4-6、図 4-7、そして図 4-8 にそれぞれ示した。各橋梁とクビリラ川の F4 計画区間に沿った数値計算結果は表 4-4 に数値データとして示した。図 4-5 の中で、明青色の部分は年間平均流量を、青色は 100 年及び 200 年の生起確率の高水位、赤色は警戒水を示している。



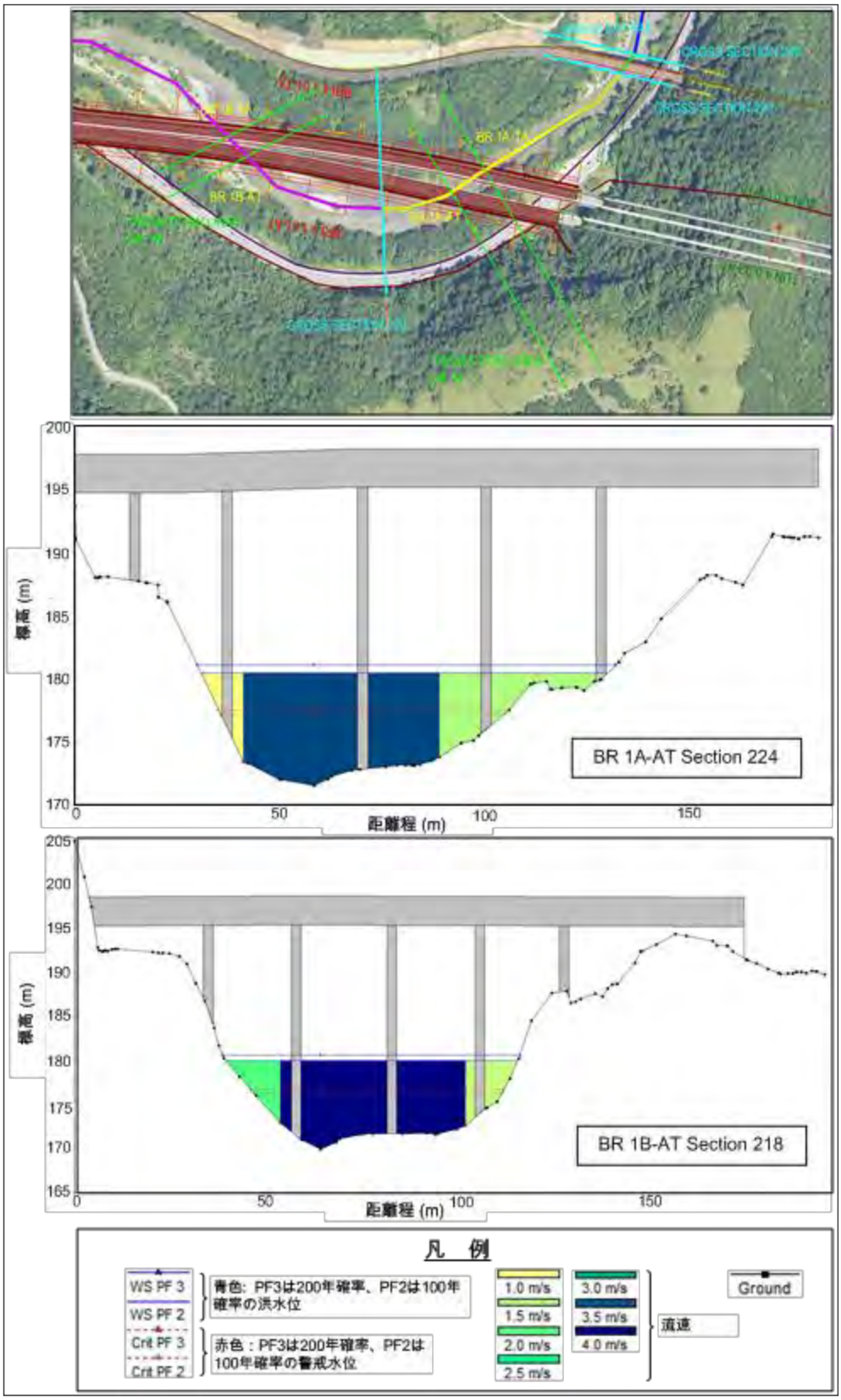
出典：MA-HYD-4000-GE-RP-0101_Hydraulic Report

図 4-5：クビリラ川のシミュレーション結果

表 4-4：余裕高と水位上昇

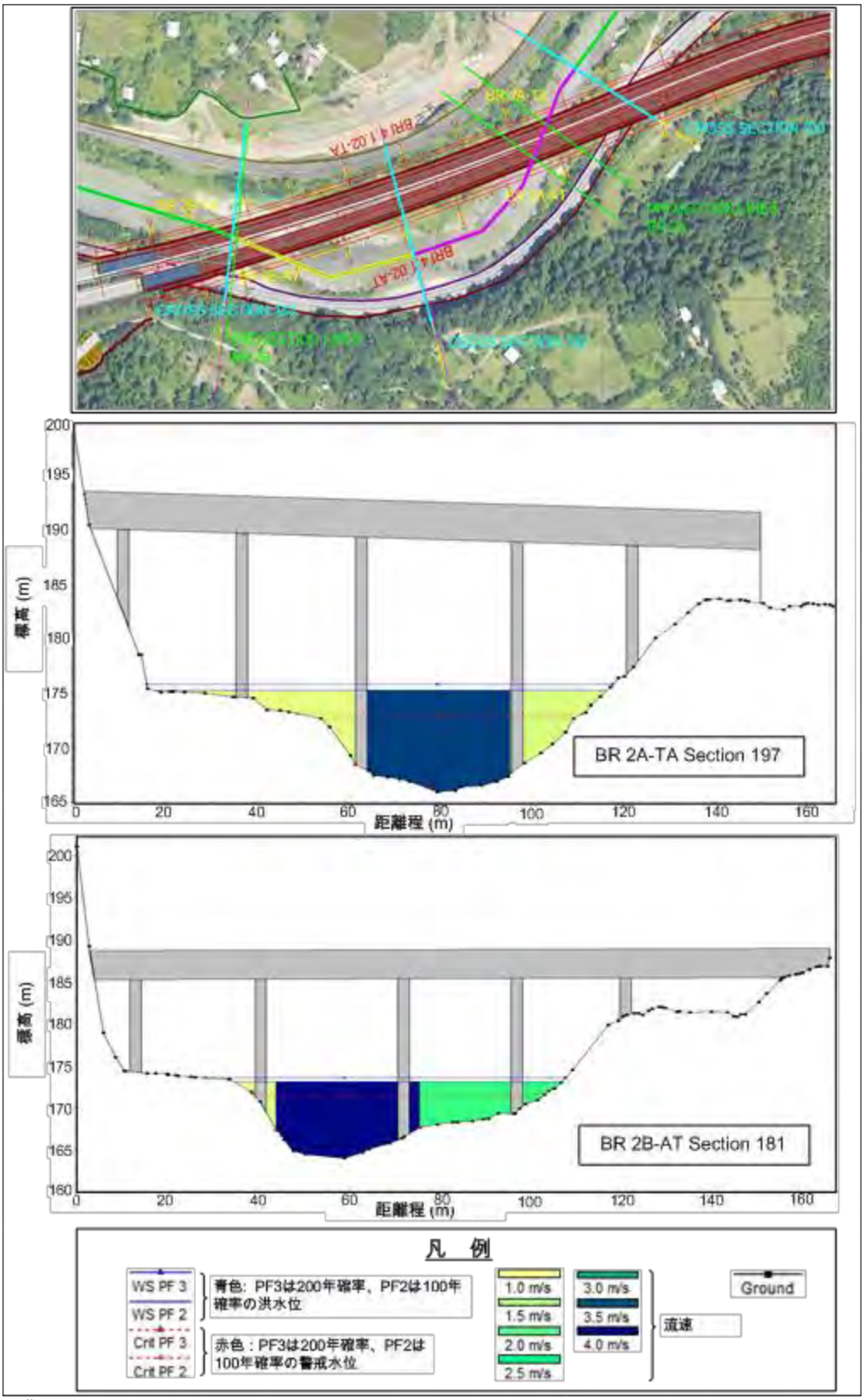
橋梁記号	横断図 No.	最低水路標高 (m)	現況水位標高 (m)	設計高水位標高 (m)	最高水深 (m)	桁下部の標高 (m)	余裕高さ (m)	橋脚による水位上昇(m)
BR 1A-TA	228	171.68	180.97	181.50	9.82	194.77	13.27	0.53
BR 1A-AT	224	171.48	180.60	181.17	9.69	194.77	13.60	0.57
BR 1B-AT	218	171.07	180.38	180.92	9.85	195.20	14.28	0.54
BR 1B-TA	215	169.94	179.95	180.37	10.43	195.20	14.83	0.42
BR 2A-TA	197	167.01	175.50	176.02	9.01	188.10	12.08	0.52
BR 2A-AT	193	165.97	174.86	175.38	9.41	188.10	12.72	0.52
BR 2B-AT	181	163.96	173.40	173.70	9.74	185.54	11.84	0.30
BR 2B-TA	179	163.48	173.42	173.59	10.17	185.43	11.84	0.17
BR 4-TA	37	155.11	162.39	162.44	7.33	183.20	20.76	0.57
BR 4-AT	33	155.13	162.36	162.38	7.25	183.20	20.82	0.53

出典：MA-HYD-4000-GE-RP-0101_Hydraulic Report



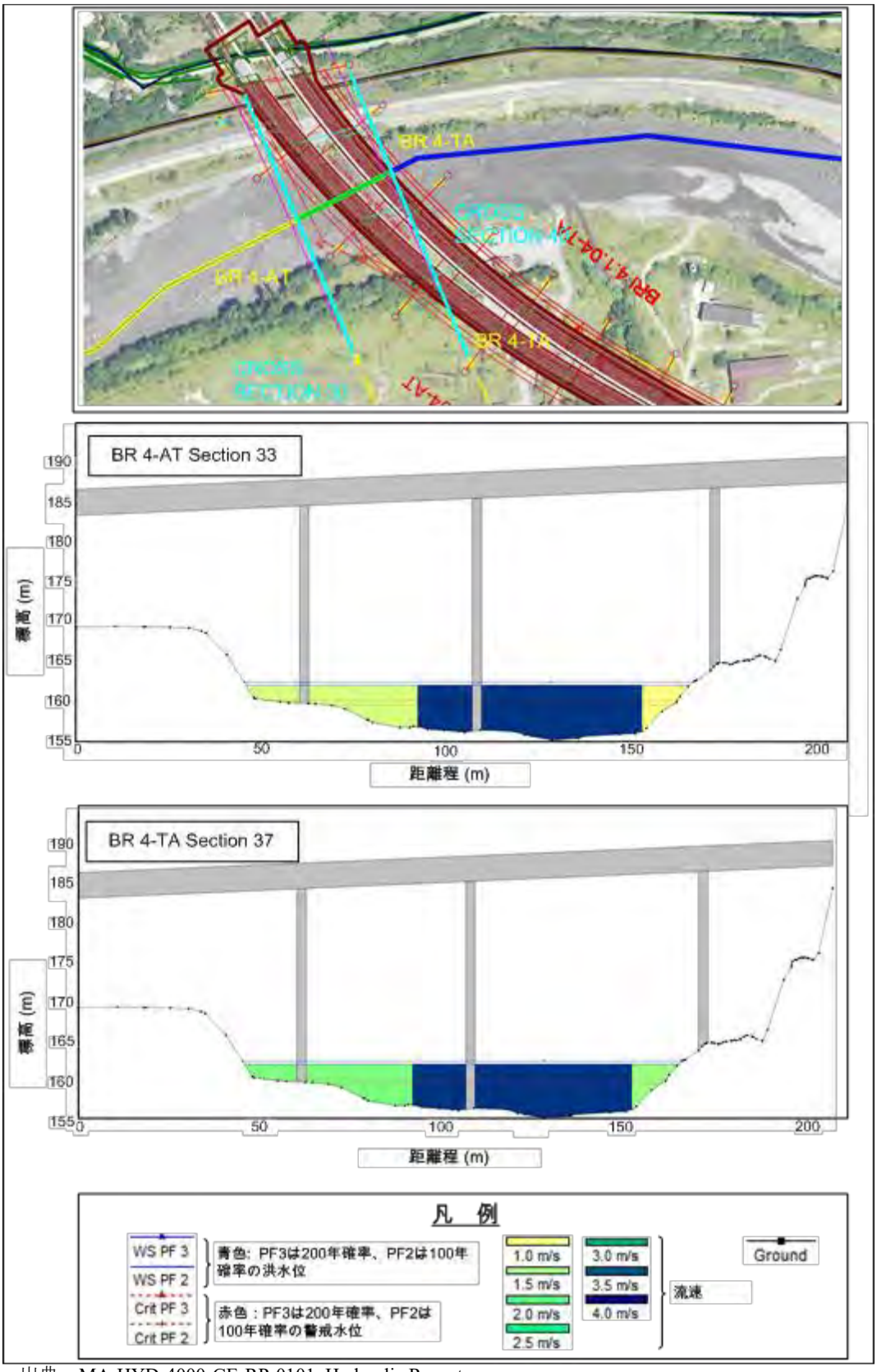
出典：MA-HYD-4000-GE-RP-0101_Hydraulic Report

図 4-6：設計 Bridge 1 のシミュレーション結果



出典：MA-HYD-4000-GE-RP-0101_Hydraulic Report

図 4-7：設計 Bridge 2 のシミュレーション結果



出典：MA-HYD-4000-GE-RP-0101_Hydraulic Report

図 4-8：設計 Bridge 4 のシミュレーション結果

(iii).橋脚周囲の洗堀

橋脚周囲の洗堀深推定のために Breusers 法が採用され、その結果は設計 Bridge 1A の橋脚について表 4-5 に示したとおりである。

表 4-5：Bridge 1A の洗堀計算結果

橋梁	01/A TA			01/A AT			
橋脚番号.	Pier 2	Pier 3	Pier4	Pier 2	Pier 3	Pier 4	Pier 5
流速（m/s）	3.542	3.542	3.542	3.542	3.542	3.542	3.542
橋脚の幅と長さ（m）	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
洗堀深（m）	2.27	2.33	2.06	2.32	2.33	2.32	2.20

出典：MA-HYD-4000-GE-RP-0101_Hydraulic Report

d. カルバートと道路排水システムの水理検討

(i). カルバート

カルバートの最適なサイズ設定には、i) 水文的検討あるいは IDF 曲線の推計値により現地流出量の算定、ii) 縦断勾配を含む現地の地形条件、iii) 2 か所以上の関係する水路の可能な統合等が考慮される。カルバートの設計には、カルバートの分析や小規模な流域や排水のための計画流量決定のため、水文学手法が採られた。これらの方法は、記述のように MP91 と地域特性による内挿法の推定排水量を基本にしている。カルバートの検討は以下の段階を踏んで記述されている。

- カルバートの位置
- 水理条件
- 適用可能なカルバートのモデル
- 水文学的計算
- 計画排水量
- 水理条件（計算結果）
- カルバートの最終設計

(ii). 道路排水システム

D/D 報告書では、様々な構造物が示され、以下の段階で計算方法が示され、水路とパイプの排水計算結果が記載されている。

- 排水管の設計
- コンクリート排水溝
- パイプネットワーク設計
- 橋梁の排水

(4)　気象及び水文調査結果に係るコメント

気象及び水文調査に関しては、一般論として以下の事項が明らかにされ、高速道路整備の詳細設計に活用される必要がある。

- 過去の気象災害履歴
- 降水、降雪、凍上、霧、風等の道路交通/工事への影響の有無
- ズィルラ川、クビリラ川の水文データ、洪水履歴、河川（護岸）工事、河川管理者、改修計画等
- 上記 2 流域の各確率年の流出解析結果（計画高水位）
- 水理計算による橋脚基礎設置による河積阻害、洗堀対策等の検討結果
- 計画道路を横断する渓流等の分布、既存の排水工事の位置と砂防工事等の必要性の有無

一方、JICA 調査団からは以下の確認等を含めた提案事項が検討された。

- 凍上、積雪などの気象条件を考慮した建設工事、維持管理の計画提案
- 水文解析結果を考慮した橋梁の設計（橋脚の河積阻害と洗堀対策への対応）
- 水文データの計画道路の排水構造設計への反映
- 現道拡幅区間（クビリラ沿川）における護岸工事等の洪水対策の必要性

詳細設計の成果達成状況及び今後の課題については、JICA 調査団からのコメントとしては以下のとおりである。

- 計画道路周辺に存在する 2 箇所の気象ステーションで測定された気象データについては、D/D 調査レポートでの開示が望まれる。これらの詳細な気象データは、現在環境天然資源保全省の環境庁気象水理局が観測を含めて管理しており、有償によるデータ提供が可能である。
- JICA 専門員による現地調査では、計画道路が橋梁で横断するズィルラ川及びクビリラ川に関して、水理学検討に基づく高水流量を用いた洪水解析及び橋脚の河積阻害や洗堀の検討が必要との指摘があった。これを踏まえて、D/D 調査でシミュレーション計算を含む検討を行い、橋脚の設計に関して安全性が確認された。
- 洪水防御に関しては道路局の河川護岸整備局（Bank Protection Division）が国内河川の局所的な洗堀対策等の工事検査を 8 名で実施。橋脚基礎に対する保護工や河岸道路一部区間や IC エリアの周辺護岸整備や河床洗堀対策に関してサポートが期待できる。
- D/D 調査によれば、気候変動に関して留意すべきデータは今のところ存在しない。しかしながら、年間気温は今後 30 年に平均 1～1.5℃ の気温が上昇し、雨量は減少することが予想される。また、暑い日が多くなるので、舗装タイプではこの点に考慮すべきとの指摘があることが確認された。

4.1.2　地形測量

(1)　航空地形測量

D/D 報告書によれば、航空地形測量は以下の内容で実施された。

- マッピングの基本は UTM 投影（Datum WGS84; Fuse 38N）
- 正標高はジョージアで使われている Quasi-geoid 2012 から取得
- 飛行機：PARTENAVIA P68C-TC（I-GEMK）
- センサー：Rigel LMS-Q780i と GNSS/IMU システム、Applanix model 510. Al Hasselblad H5D 校正レンズ 80 mm
- 横方向の重なり： 60%（5 pts/m^2 またはそれ以上）

ライダー[1]後処理は軌道補完と各ライダーストリップデータの最終補正により GPS[2]による地上データとライダーデータの間の誤差 10 cm 以下を考慮している。ライダーデータをプロセス処理後の成果は以下のとおりである。

- 3D ポイントクラウド（LAS フォーマット）
- 3D DTM/DSM[3]（0.5 m × 0.5 m グリッド）
- 2D マップ（縮尺 1:1,000; 同形 1 m 毎、DWG フォーマット）
- オルソフォト（空中撮影の解像度：ピクセルサイズ 9.94 cm）

上記の 3D 成果物は道路設計に使用され、2D 図面及びオルソフォトは道路設計図面の背景地図情報となる。

(2)　地形測量

以下の目的で地形測量を実施した。

- 特に問題となる箇所の航空測量結果の検証
- 河川横断図および渡河点（橋梁）

地形測量には以下の機材を用いた。

- TOPCON 製 2 周波 GPS ステーション（3 台）
- TOPCON 製 LN3002 レーザー及び赤外線波長測定トータルステーション（1 台）

測量は 2017 年 5 月に実施した航空地形測量のための基準点システムを基に実施され、追加地点が補完された。河川横断測量は、新設の橋梁や擁壁等の構造物による影響評価と道路構造物への負の影響回避を目的として水理モデルを作成し、現況の地形データ取得のために実施された。47 か所の河川横断図（水理モデルは縦断方向では少なくとも平均 200-300 m 毎にモデル断面が必要となるため）と 10 か所の渡河点（現橋梁）において測量が実

[1] LiDAR：Light Detection and Ranging / Laser Imaging Detection and Ranging（光検出と測距／レーザー画像検出と測距）
[2] DTM：Digital Terrain Model（数値地形モデル）、DSM：Digital Surface Model（数値表層モデル）
[3] GPS：Global Positioning System（全地球無線測位システム）

施され、可能な限り断面線は鉄道や現道方向へ延長して実施した。最低水位については、河床の正確な深さを基に決定され、同様に、既存の橋梁の橋脚やデッキなどの水流に対する障害等の現況は正確に記録された。

(3)　地形測量結果に係るコメント

地形測量調査に関しては、一般論として、以下の事項が明らかにされ、高速道路整備の詳細設計に活用される必要がある。

- 航空レーザー測量の解像度、精度の確認
- 航空レーザー測量で得た地上位置の高密度標高モデルに基づいた地物形状と地表面分類による 3 次元地図作成処理システムを用いた DTM、DSM 結果の確認
- 中心線測量、横断測量、深浅測量の実施の有無

これに加えて、JICA 調査団からは以下の確認事項等を含めた提案がなされた。

- ドローンを用いた詳細な地形調査の必要性
- 斜面対策、地すべり危険箇所、トンネル坑口、河岸（河床）など、設計上追加で必要な横断測量箇所の確認

詳細設計の成果達成状況及び今後の課題について、JICA 調査団からのコメントは以下のとおりである。

- 航空写真の精度：デジタルオルソ画像の解像度は、ピクセルサイズは 9.94 cm で十分な精度を確保されていることが確認できた。
- 航空レーザー測量の制度については、以下のように十分な解像度と精度が得られた。
  i　誤差（標準偏差）は 0.0676 m（10 cm<）
  ii　Lidar データと GCP（Ground Control Point）の地上 GPS との誤差は 10 cm 以内
  iii　メッシュデータ（DTM、DSM）は 0.5 m × 0.5 m
- 追加の測量については、航空測量の確認及び水理解析に必要な 47 か所の河川横断（深浅測量）について実施された。しかしながら、トンネル坑口のような重要な個所については実施していないので、詳細な地形把握のために必要に応じて追加測量の実施が望まれる。
- 地すべり危険箇所および斜面対策箇所においては、JICA 調査団によりドローンを使った空撮を実施したが、自然斜面が植生に覆われ期待したほどの結果を得ていない。このため、必要に応じて追加の測量の実施が望まれる。
- 上記の測量で得られたデータについては DD 調査に十分に活用されていることを確認できた。成果として、CAD 図面については 10 m ピッチの横断図と縦断図、1 m コンター入り平面図（写真レイヤーを含む）が利用できることなどが挙げられる。

4.1.3 地質調査及び地質解析

(1) 現地地質調査

調査地の詳細な地質モデルを作成するため、以下の現地地質調査が実施された。

- 詳細な地質、地形、地質工学的な現地調査
  - 36 箇所
- 地質調査（ボーリング）
  - 48 孔（垂直ボーリング）
  - 5 孔 （水平ボーリング）
- 物理探査
  - 表面波探査（Reflection）：19箇所
  - P+S波屈折法探査（Refraction）：23箇所
  - P波屈折法探査（Refraction）：50箇所
  - 電気探査（ERT：Electrical Resistivity Test）：17箇所

計画道路沿いの上記地質調査の位置は図 4-9 及び図 4-10 に示したとおりである。これらの試験結果は計画道路の詳細設計及び地質図及び断面図作成に使われた。

(2) 室内土質試験

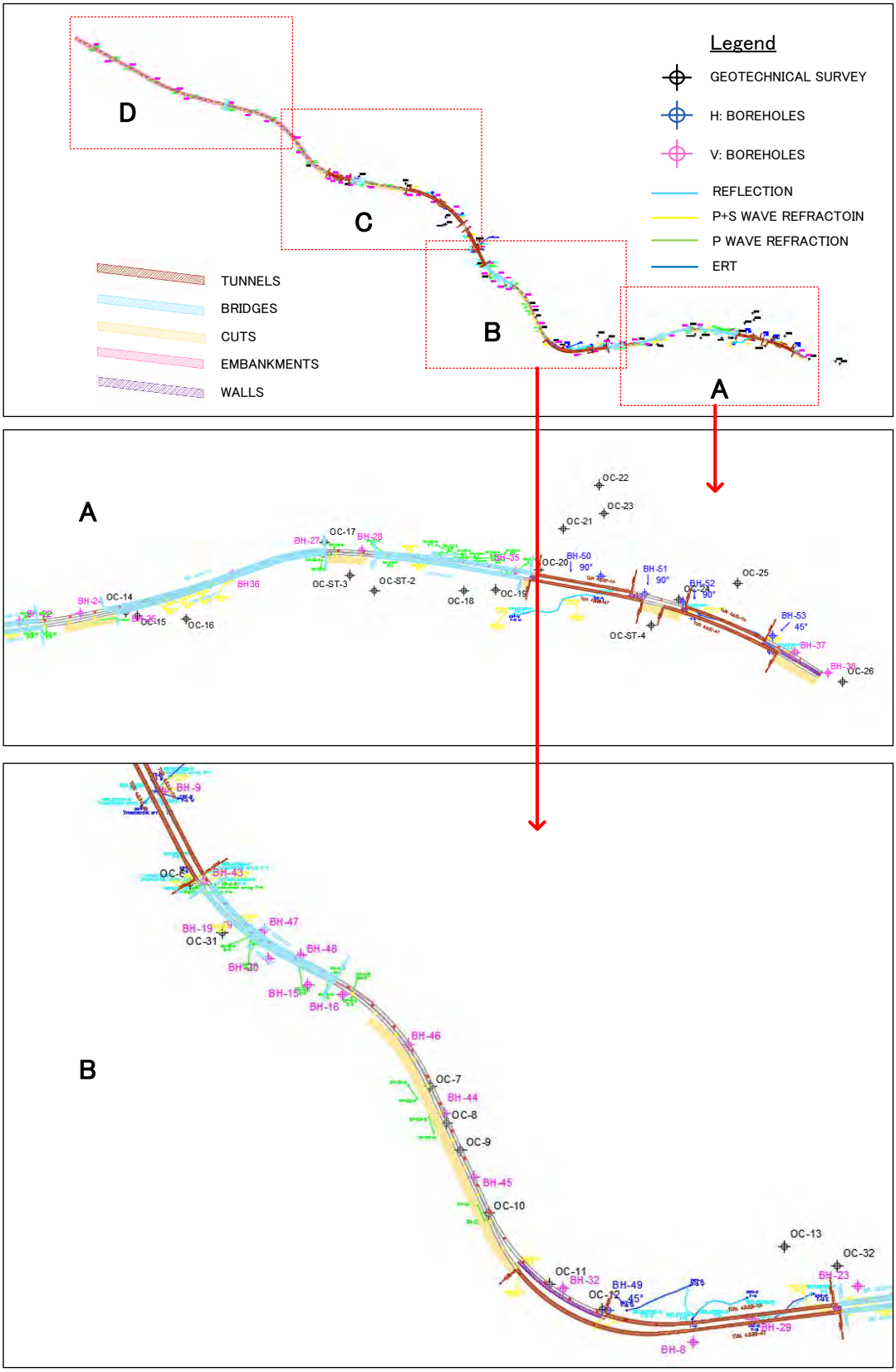
計画道路沿いの土砂及び岩石の地質工学的特性を明らかにするために、室内土質試験は以下の内容で実施された。

- 55 個の岩石供試体（露頭サンプル）：単位体積重量、ヤング率及び岩石強度判定のための一軸圧縮試験、点載荷試験、他
- 68 個の岩石供試体（ボーリングコア）：ヤング率及び岩石強度判定のための一軸圧縮試験、他
- 18 個の不かく乱土質試料：物理試験、非圧密非排水三軸圧縮試験及び直接せん断試験などの力学試験、他
- 20 個のかく乱資料（標準貫入試験で得られた土質試料）：コンシステンシー限界試験、粒度試験、土質分類、含水比、密度試験、他

(3) 公共施設調査

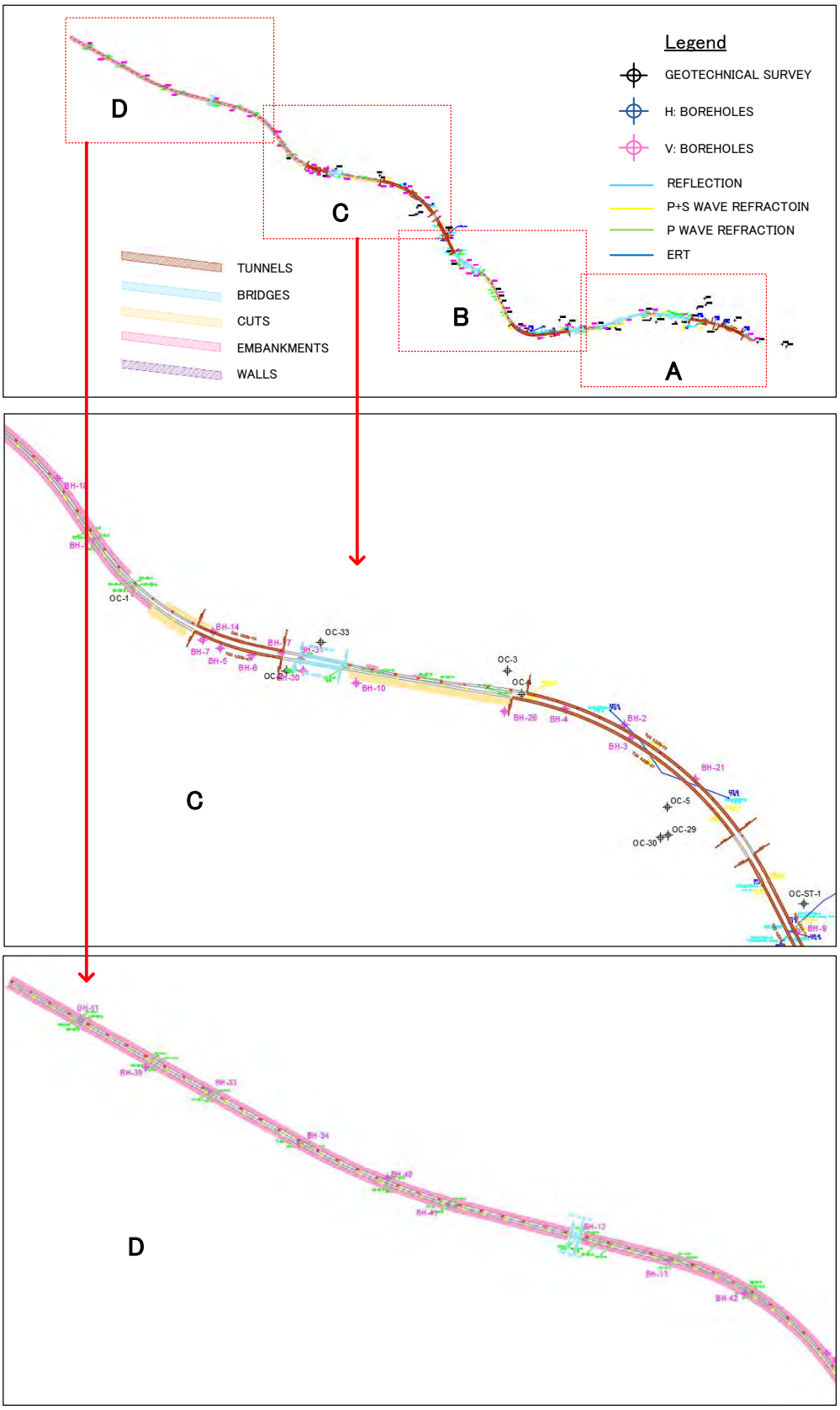
公共施設調査によって計画道路に影響する以下の公共施設の位置が明らかにされた。

- 地域の配電網：Energo Pro Georgia
- ガス供給パイプライン：Socar Georgia
- 水道パイプライン：United Water Supply Company of Georgia
- インターネットファイバー光ケーブル：PC MAX、FOPTNET、DELTA COMM、SILKNET



出典：GD-GEO-4000-GE-RP-0001-GEOLOGICAL REPORT

図 4-9：現地地質調査の位置（1）



出典：GD-GEO-4000-GE-RP-0001-GEOLOGICAL REPORT

図 4-10：現地地質調査の位置（2）

(4)　地形図（地形解析）

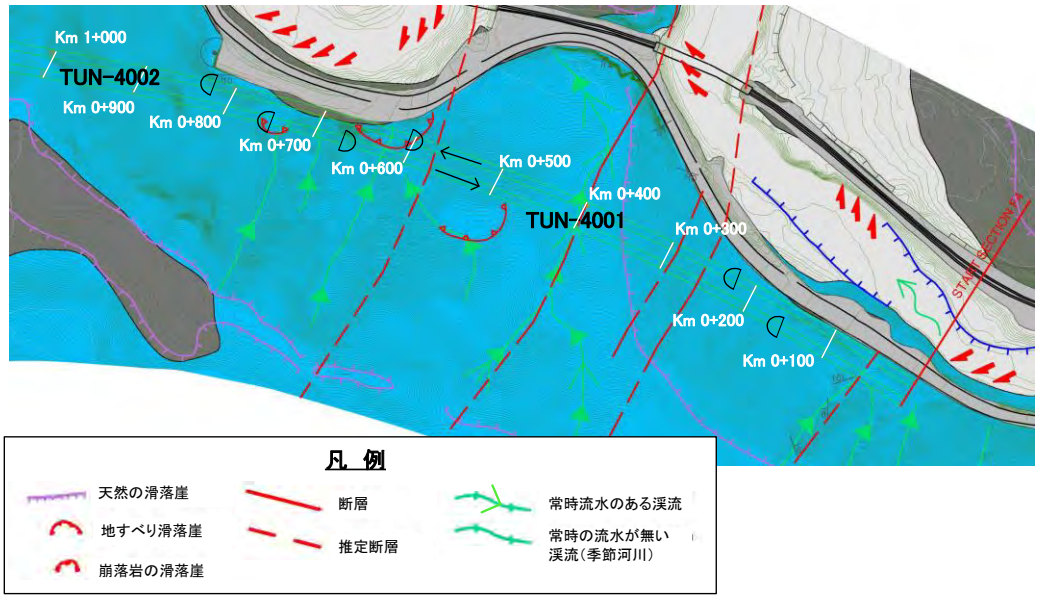
縮尺 1/2,000 の詳細な地形図は、以下の測量調査により作成された。

- 主要な地形確認の事前調査を目的とした空中写真解析
- 地形把握とその特性の解析のための地形測量
- 以下の地形要素を基本とした地形図作成：
  - 流水に関連する地形特性（要因：水）
  - 地塊と地すべりに関する地形特性（要因：重力）
  - 人為活動に関連した地形特性（要因：人間）

二次的水系は、大部分が季節河川となるが、調査地域全域に分布する。火山岩上の水系は概して狭い V 字型の渓谷を形成し、堆積層では凹地または平坦な地形を呈する。2 段で構成される沖積段丘はクビリラ川及びズィルラ川とそれらの主要な支流で発達している。河岸浸食は河流のエネルギーが大きい場合に見られ、蛇行と関係している。計画道路の終点側で 3 か所の扇状地形が確認されており、そこでは自然堤防の存在が推定される。地すべりや崩壊等の重力に関係する地形についても広く確認されており、自然な急斜面の端部で主に見られる。幾つかの地すべり（急崖端部と地すべり土塊）は確認されている。通常、これらの地すべりは、以下 2 つの土塊の移動を除き（図 4-11 参照）、計画道路への影響は無い。

- km 0+500 地点周辺、トンネル TUN 4.0.01-TA/AT 及びトンネル TUN 4.0.01-TA の西側坑口への影響
- km 0+750 地点周辺、トンネル TUN 4.0.02 TA/AT の東側坑口への影響

人為的な改変による地形は、主に土砂堆積に関係しており、それらはゼスタフォニ市の産業地区、鉄道及び道路盛土などである。



出典：GD-REP-4000-GE-GR-0001_General Report

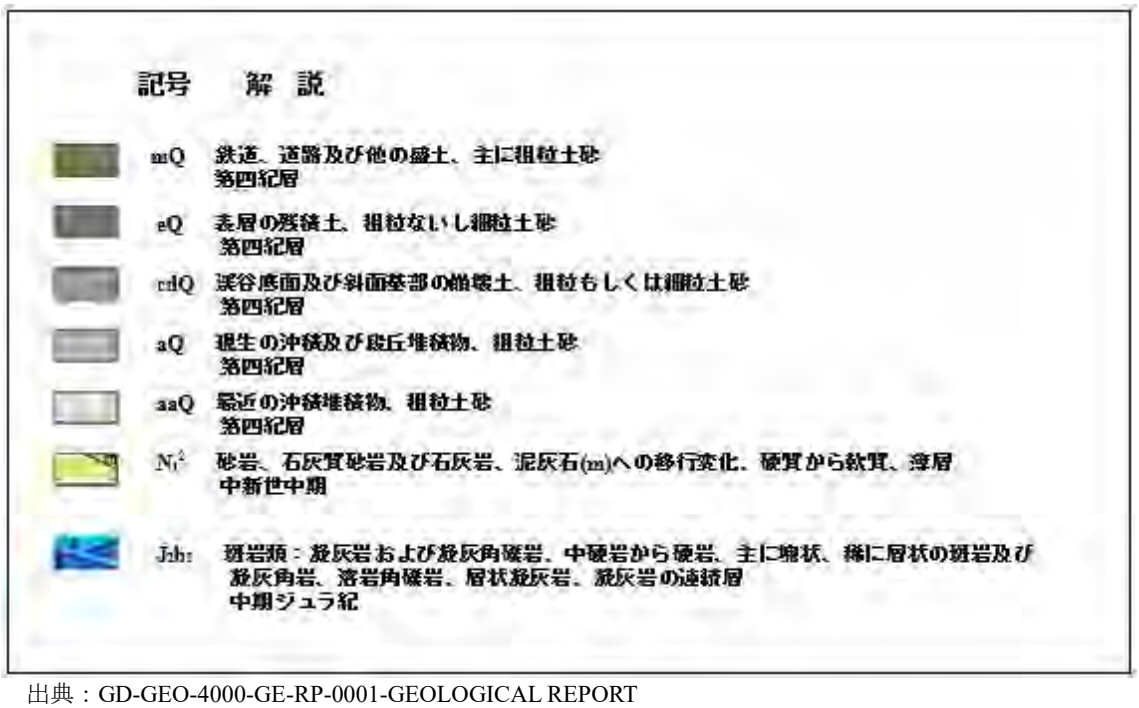
図 4-11：地すべり地形

(5)　地質図

計画道路（E60 高速道路のヘヴィ～アウグヴェタ区間）は、トランスコーカサス中央山塊の中、ジョージア・ブロックの中央部（GAMKRELIDZE I.P., GAMKRELIDZE P.D., 1977）に位置し、大コーカサス褶曲帯（北部）の南側斜面と、小コーカサス（南部）の Adjara-Trialeti 褶曲帯との間にある。トランスコーカサス山塊は結晶質岩類で構成され、これらの岩石はゼモ イメレティ台地に符合するロキ、カラミ、そしてズィルラ山塊の中で見られ、ジョージアの山間平地の隆起部分をなす。

地質図は以下の方法で作成された。

- 基本図面における地層構成は以下の特徴を基本に分類された（図 4-12 参照）：
  - 残積土及び崩積土、斜面基部の崩落土、細粒-粗粒、eQ層、cdQ層及びmQ層に含まれる
  - 沖積及び段丘堆積物、粗粒土砂、aQ及びaaQ 層に含まれる
  - 非常に硬質から軟質な石灰岩および砂岩、薄い堆積層、N12 に関係する
  - 斑岩類：凝灰岩及び凝灰角礫岩、斑岩、角礫斑岩、溶岩、角礫溶岩、層状凝灰岩、薄層から塊状、J2b2（A）層及びJ2b2（B）層に含まれる.
- 地質構造的な要素は図面上に記載されている（断層、層状区分、地層の走向など）



出典：GD-GEO-4000-GE-RP-0001-GEOLOGICAL REPORT

図 4-12：調査地の地層構成

詳細な地質図及び地質縦断図は縮尺 1：2,000 で作成され、その結果は以下のとおりである。

- 地質調査：既存資料に関して事前の収集と分析を含み、現場周辺の調査は、広範かつ十分な範囲をカバーし、岩質の現状、特性や、地層境界および各地層の層位関係を推定し、断層や褶曲等の主要な構造地質を把握した。
- 地質工学的調査：53 本のボーリング調査を実施し、この中で現地調査としてはそれぞれの岩質、地質工学的特性に対して標準貫入試験（SPT）、プレッシャーメーター試験、ルジオンテストなどを実施し、各地層の関係と工学的特性を把握した。
- 物理探査：高解像度地震屈折波探査トモグラフィー試験、高解像度反射法探査試験及び高解像度電気比抵抗トモグラフィー試験結果は、地層の層序関係の解明、破砕の程度の把握、断層の推定などに使われた。

計画道路の線形に沿った調査地では、地質図と断面図に示したように、以下の 3 つの地質単位で構成されることが明らかになった。

- **流出火山岩類** 結晶岩類からなる基盤（Lot F4 では露出していない）を覆う中期ジュラ紀の地層。これらは以下の地層を含む斑岩類で構成される。
  - J2b2（A）- 凝灰岩及び凝灰角礫岩、中硬岩から硬岩、主に塊状
  - J2b2（B）- 不規則に連続する、ひん岩、斑状角礫岩、溶岩角礫岩、層状凝灰岩、凝灰岩及び凝灰角礫岩、大部分は硬質、薄層から塊状で産する。

- **堆積岩類** 火山岩類を覆っており、中期中新世の地層、以下の地層で構成される。
  - N12（m）- 泥灰岩
  - N12 - 石灰岩と砂岩。高硬質岩から軟岩、薄い堆積層

- **第四紀層の土砂** 上記の火山岩類及び堆積岩類を覆い、以下で構成される。
  - eQ – 表層を覆う残積土、粗粒ないし細粒土砂
  - cdQ – 崩積土、峡谷の凹地及び斜面基部の崩落土塊、粗粒ないし細粒土砂
  - aQ – 現世の沖積及び段丘堆積物、粗粒土砂
  - aaQ – 最近の沖積堆積物、粗粒土砂
  - mQ – 鉄道、道路他の盛土、主に粗粒土砂

地質-岩質の観点から、道路線形に沿って均質な類似の岩質条件に区分されることが明らかとなった（表 4-6 参照）。

A. km 0+000 から 6+350の区間 - 露頭の地層は、主にJ_2b_2 (B)層の流出岩及びJ_2b_2 (A)層の火砕岩を含む斑岩類からなる火山岩で代表される。これら2つの地層の境界は概ね層状に接触し、溶岩の上に凝灰岩が乗っている。幾つかのケースでは、重要な断層は地層間の構造的な境界を原因としている。この区間のトンネルではJ_2b_2 (B)層の掘削が予想される。橋梁ではアバットと橋脚の基礎部分でJ_2b_2 (B)層を覆って第四紀層（様々な厚さのaQ、aaQ 及び mQ層e thick）が予想される。切土部分では、斑岩類が主に予想され、部分的に薄い第四紀堆積層が覆っている。
B. km 6+350 to から10+200の区間 - 露頭の地層は主にN_1^2層の炭酸石灰質砂岩によって代表される。J_2b_2 (A)層とは層序的に区切られて覆われ、このN_1^2層は、主要な渓谷にみられる。第四紀層の堆積物のこの区間で広く分布している。幾つかの断層も

みられる。この区間では斑岩類（J_2b_2 (A)層及びJ_2b_2 (B)層の両方）とN_1^2層の中をトンネルが貫通する。切土ではN_1^2層の掘削が予想される。

C. km 10+200 から14+726の区間 – この地域では、崩積土および沖積層堆積物（cdQ層及びaQ層）が非露出岩石層より優勢となる。

表 4-6：計画道路における岩盤状況の要約

同質の岩石区分	測点（km）	構造物	地層構成	断層
A	0+000 – 6+350	TUN 4.0.01	J_2b_2 (B)層のトンネル掘削	断層及び推定断層が道路線形の以下の測点を横切る km 0+054, km 0+256, km 0+292, km 0+399, km 0+570, km 1+605, km 1+631, km 2+913, km 3+722, km 4+119, km 4+181, km 4+273, km 4+547. 少なくとも、4つの断層が縦断方向に道路線形の測点km 6+200 から 6+500にかけて影響を与える可能性がある
		TUN 4.0.02	J_2b_2 (B)層のトンネル掘削	
		BRI 4.1.01	橋梁はJ_2b_2 (B)層を覆っている第四紀堆積層（aQ、aaQ、mQ）を横断	
		BRI 4.1.02	橋梁はJ_2b_2 (B)層を覆っている第四紀堆積層（aQ、aaQ、mQ）を横断	
		BRI 4.1.03	橋梁はJ_2b_2 (B)層を覆っている第四紀堆積層（cdQ、aQ、aaQ）を横断	
		TUN 4.0.03	J_2b_2 (B)層のトンネル掘削	
		BRI 4.1.04	橋梁はJ_2b_2 (B)層を覆っている第四紀堆積層（aQ、aaQ、mQ）を横断	
B	6+350 – 10+200	TUN 4.0.04	J_2b_2 (A)層及びJ_2b_2 (B)層のトンネル掘削	少なくとも4つの断層と推定断層が縦断方向に道路線形の測点km 6+200 から 6+500にかけて影響を与える可能性がある。 断層および推定断層が以下の道路線形の測点で横切る km 6+641, km 7+077, km 7+446, km 7+520, km 7+602, km 7+710, km 7+752
		TUN 4.0.05	J_2b_2 (A)層及びN_1^2層のトンネル掘削	
		BRI 4.1.05	橋梁はN_1^2 層とそれを覆っているaQ層を横断	
		TUN 4.0.06	N_1^2 層のトンネル掘削	
C	10+200 –14+726	盛土、高架及び地下開削区間	盛土、高架および開削区間ではcdQ層及びaQ 層が対象となる。これら地層の下位にN_1^2 (m)層及びN_1^2 層が分布	-

出典：GD-GEO-4000-GE-RP-0001-GEOLOGICAL REPORT

(6)　地質工学的検討

a.　岩盤特性

岩石試料に関する地質工学的現地調査（シュミットハンマーによる評価他）及び圧縮試験結果を用いて岩石層の設計定数が評価された。計画道路の建設工事においては、以下の 3 つの岩石層が遭遇するが、それらは主に切土区間やトンネル区間の掘削である。

- N_1^2
- J2b2（A）
- J2b2（B）

露頭の岩石の地質工学的調査によると、泥灰岩（N_1^2 (m)）層は露頭では欠いており何本かのボーリングにのみ確認されているに過ぎない。そのため岩盤パラメータの検討は、石灰岩、砂岩、石灰質砂岩が優勢な N_1^2 層を対象とした。

地質工学的調査で収集した情報を基に、乾燥状態の岩盤パラメータ RMR（Rock Mass Rating）を評価するために Bieniawski による岩盤分類を実施した。岩盤分類と岩盤物性の検討結果は、主に切土区間の安定解析に使われ、とくに乾燥状態について検討された。

モール・クーロンの破壊基準のパラメータに加えて、締結強度を得るための Barton-Bandis モデルのパラメータ JRC（Joint Roughness Coefficient、表面粗さ）を計算で求めた。これは岩石節理（方向と強度）に関するブロックの安定性検討よる切土区間の安定解析に必要となる。安全性の見地から JRC の最小値は、現地調査により節理面についての控えめな値が推定された。一方、Barton-Bandis モデルにおける φ 値については、文献から推定された（表 4-7 参照）。

岩石のジョイント（接合面）の充填物質の影響を考慮するために、充填物質のモール・クーロン破壊基準が、N12 層、J2B2 (A)層および J2B2 (B)層の粘土質充填物質に関して、岩盤について文献から推定された（表 4-7 参照）。安定解析において、粘土充填物質の Barton-Bandis モデルのパラメータ及びモール・クーロンの破壊基準のパラメータが推奨された。

表 4-7：岩盤のパラメータ

岩石層		φ (岩盤)	C (岩盤)	E (岩盤)	φ_ (ジョイント)	JRC (ジョイント)	φ_ (充填物質)	C (充填物質)
		(°)	(kPa)	(GPa)	(°)	(°)	(°)	(kPa)
N_1^2	平均値	31	231	8.1	30	2.00	27	0
	最大値	31	225	7.5	35	2.00	28	0
	最小値	30	220	7.1	25	2.00	26	0
J2B2 (A)	平均値	38	298	19.1	31	2.74	27	0
	最大値	43	345	38.0	34	4.00	28	0
	最小値	35	265	6.0	28	2.00	26	0
J2B2 (B)	平均値	35	267	6.8	31	2.00	27	0
	最大値	42	340	36	34	2.00	28	0
	最小値	32	235	8.4	28	2.00	26	0

出典：GD-GTE-4000-GE-RP-0201_Section F4 - GEOTECHINCAL REPORT

b. 土砂及び泥灰岩の特性

計画道路線形に沿って以下の土砂タイプが分布する。

- 砂質礫および礫質砂
- シルト質粘土
- 土砂の盛土

地質学及び地質工学的観点から、以下の 2 つの主要なゾーンで特徴づけられる。

1) 測点10+283のBH1から測点14+283のBH11の間のゾーンでは、粘土質泥灰岩を覆って砂質礫とシルト質粘土の互層が分布し、これらの土層の厚さは5 mから約20 mと変化に富む。
2) 測点10+283のBH1から測点0+0022のBH38の間のもう一つのゾーンでは、土層（主に砂質礫）の厚さは実際には最大でもそれほどではなく、橋が建設される“谷間”において最大の厚さとなる。

“土砂の盛土”は鉄道や道路で構成される。幾つかのケース（例えば、ボーリング番号、BHs 8、32、37、38）では、表層（通常は最大 10 m から 15 m の厚さの土砂）が、土砂の代わりに岩石層として露出している場合が見られる。この理由はボーリング孔が道路線形の中心線からある程度の距離離れた地点にあるためである。さらに、これらのボーリング孔の孔口標高は、センターラインの標高とはかなり異なっている可能性もある。そのため、地質工学的断面図はセンターラインからの距離と高さの違いの両方について記載している。

(i). 砂質礫と礫質砂（gS-sG）

地質工学的特性の調査は、以下を基本として実施した。

- 標準貫入試験
- 粒度分析試験

相対密度 Dr の判定のために、Nspt 値と鉛直応力から N1(60)が計算される。平均 N1(60)=26 を考慮して相対密度は Dr= 65-85%（Clayton, 1995）と推定され、最大せん断抵抗は Schmertmann（1978）より 36°- 38°と計算された。N1(60)から排水条件のヤング係数 E’=95MPa が計算される。

Nspt 値が極めてばらついているとは言え、平均としては砂質礫と礫質砂は中密から密に分類される。浅い基礎または盛土の沈下や支持力に関して問題はない。

表 4-8：礫と砂の地質工学的パラメータ

Nspt_ Min	Nspt_ Averaged	Nspt_ Max	N1(60)_ Min	N1(60)_ Average	N1(60)_ Max	Dr_ Average (%)	φ_ Average (°)	C’ (kPa)	E'_Min (Mpa)	E'_ Average (Mpa)	E'_ Max (Mpa)	Gamma (kN/m³)
3	26	67	5	26	60	65-85	36-38	0	11	95	347	20

Gamma= unit weight of the ground
出典：GD-GTE-4000-GE-RP-0201_Section F4 - GEOTECHINCAL REPORT

(ii). シルト質粘土（sC）

地質工学的特性の調査は、以下を基本として実施した。

- 標準貫入試験
- 圧密試験
- せん断試験
- 粒度分析試験及びアッターベルグ限界（コンシステンシー試験）
- プレッシャーメーター試験（孔内載荷試験）

粒度分析試験、アッターベルグ限界および圧密試験から、シルト質粘土のような土質分類を推定することができる。上記の試験から以下のパラメータが計算される（表 4-9 参照）

- 過圧密比（OCR）
- 圧密係数（Cv）
- 透水係数（Kv）
- 塑性指数（PI）

表 4-9：シルト質粘土：圧密試験とせん断試験結果

	Cv (m^2/s)	OCR	Kv (m/s)	PI (%)	c' (kPa)	φ' (°)	Gamma (kN/m^3)
最小値	9.6E-09	1.6	1.0E-11	19	52	20	18
平均値	7.5E-08	3.7	1.5E-10	28	63	23	19.5
最大値	2.5E-07	8.4	5.7E-10	37	76	25	21

出典：GD-GTE-4000-GE-RP-0201_Section F4 - GEOTECHINCAL REPORT

上記の結果から、これらのシルト質粘土はかなりの過圧密特性を有することが判明し、実際、この結果は Nspt やせん断試験結果でも確認されており、有効粘着力 c'は(52-76) kPa が測定されている。

非排水せん断強度 Su（または Cu）を判定するために以下のデータと試験が検討された。

- Nspt 値（Terzaghi and Peck, 1967, Stroud, 1974）
- プレッシャーメーター試験（Mair and Wood, 1987）
- 塑性指数及び過圧密比（Skempton and Henkel, 1953, Ladd et al., 1977, Lancellotta, 1992）

(iii). 盛土の土砂（mQ）

地質工学的特性の調査は、以下の技術的知見を基に実施した。

表 4-10：既存の盛土の地質工学的パラメータ

	Gamma (kN/m^3)	φ' (°)	c' (kPa)	E' (MPa)
最小値.	18	34	0	40
平均値	20	35	0	60
最大値	22	36	0	80

出典：GD-GTE-4000-GE-RP-0201_Section F4 - GEOTECHINCAL REPORT

(iv). 粘土質泥灰岩と泥灰質粘土（MC）

粘土質泥灰岩は、測点 10+582 の BH18 から測点 14+360 の BH11 にかけて 5 m から 20 m の深さの範囲で見られた。これらは露頭の地質工学的調査や他のボーリング孔の岩石試料でも見つけられていない。

粘土質泥灰岩と泥灰質粘土の互層がボーリング孔でよく見られることを考慮すると、安全な設計の目的から、Stroud（1974 年）の方法は、非排水せん断抵抗 Su を判定するのに使われ、粘土に関しても同じ因子として Cu/Nspt=5 の仮定が使われる。非排水の尺度の Eu は同じ比率 Eu/Su=500 を適用して計算される。排水状態のヤング率は粘土質泥灰岩に排水ポアソン係数 nu=0.15 を用いた計算式で算定される（表 4-11 参照）。

粘土質泥灰岩のモール・クーロン・テルツアギーの排水せん断抵抗角 ϕ と有効粘着力 c’は、その上部層のシルト質粘土の ϕ と有効粘着力 c’の上昇から推定によって求められる。この有効粘着力 c’はシルト質粘土と粘土質泥灰岩の非排水せん断抵抗 Su の比較によって求められる。

表 4-11：粘土質泥灰岩の地質工学的パラメータ

	Gamma (kN/m^3)	N SPT	N1(60)	Cu_SPT (Stroud) (kPa)	Eu_SPT (Stroud) (MPa)	E'_SPT (Stroud) (MPa)	c' (kPa)	φ' (°)
最小値	20	20	13	100	50	38	127	20
平均値	22	62	48	308	154	118	288	23
最大値	24	90	68	450	225	173	320	25

出典：GD-GTE-4000-GE-RP-0201_Section F4 - GEOTECHINCAL REPORT

(7)　地下水位と透水係数

地下水位については地質断面図に示したとおりで、ボーリング調査で以下の測定が実施された。

ボーリング孔 BH1 と BH11 の間（測点 10+283 から測点 14+283）のゾーンでは、地下水位は泥灰岩を覆う土砂層の中で異なる深度を示している。盛土の設計のいかなる場合でも、地下水位については控えめに見ても高い値を考慮すべきである。

ボーリング孔 BH1 と BH38（測点 10+283 から測点 0+022）の間のゾーンでは、地下水位は岩石層と土砂の間に位置する。このゾーンでは地形に沿った通常の水位上昇が予想されるが、トンネル建設中には注意を払う必要がある。

水位計の設置により地下水位の季節変化をモニターすることが推奨され、特にトンネル工事に関連して測定数を増やすことも考慮する必要がある。

ルジオン試験では 3 つの岩石層 N12、J2b2（A）、J2b2（B）の透水係数が算定された。粘土質泥灰岩の透水係数は N12 層と同じオーダー規模と推定できる。表 4-12 は測定された全ての岩石と土砂の透水係数を示す。

表 4-12：岩石と土砂の透水係数の要約

岩石と土砂		k_min (m/s)	k_average (m/s)	k_max (m/s)
岩石タイプ	N_1^2	5.E-08	2.E-07	3.E-07
	J_2B_2（A）	1.E-07	4.E-07	6.E-07
	J_2B_2（B）	4.E-07	8.E-07	1.E-06
土砂タイプ	礫質砂と砂質礫	1.E-04	1.E-03	1.E-02
	シルト質粘土	1.0E-11	1.5E-10	5.7E-10
	土砂の盛土	1.E-06	5.E-06	1.E-05

出典：GD-GTE-4000-GE-RP-0201_Section F4 - GEOTECHINCAL REPORT

(8)　地質調査及び地質解析に係るコメント

岩石-地質学的な観点から、地質調査及び地質解析を通して一般論として、以下の事項が明らかにされ、高速道路整備の詳細設計に活用される必要がある。

- 表土、風化帯、基礎岩盤（軟岩、硬岩）の深度分布の確認（地表踏査、ボーリング）
- 石灰岩質地層の有無、地すべり地形、斜面崩壊、落石等
- 断層（推定断層を含む）、破砕帯等の地質構造上の問題箇所
- トンネルの岩質（土被りと基盤岩深度、岩盤特性）の確認
- 物理探査結果（屈折、反射、比抵抗）の解析結果
- 各種土質・岩石試験結果の確認
- 地下水モニタリング（ボーリング孔のルジオンテストや既存井戸を含めた地下水位観測）を含む水理地質調査結果に関して、トンネル掘削工事中の湧水排水の検討および計画道路周辺の既存井戸や農地に対して地下水低下の影響の検討など
- 道路開削、トンネル掘削に伴う井戸水枯渇、水質悪化

これに加えて、JICA 調査団からは以下の確認事項等が検討された。

- 地質工学的観点から、切土区間ののり面設計における適切な斜面勾配及び斜面保護工の提案が可能となるような調査結果の提示
- 地すべり地形の追加調査と必要な対策工の提案
- 道路線形の変更や地形上の困難さに伴い実施できなかった箇所の追加調査ボーリングの提案
- 盛土区間の表層土砂の深度と土質特性
- 橋梁基礎設計における設計深度等の検討へ反映
- 物理探査とボーリング調査を基にしたトンネル施工区間における地山の地質区分とトンネル掘削工法への反映
- 切土区間およびトンネル区間における地山区分と掘削土量（区分）の推定
- 水理地質的な観点から見た、トンネルや切土工事の影響による地下水位低下と周辺への影響（井戸枯渇、農地）への検討とモニタリングの必要性

詳細設計の成果達成状況及び今後の課題について、JICA 調査団からのコメントは以下のとおりである。

- 短期間にも関わらず、ボーリング調査、現地踏査、物理探査及び土質試験等を含む総合的な地質調査は、ほぼ計画通りに実施できたことは評価に値する。
- 現地調査及び地質調査、物理探査については必要十分な項目内容と数量が実施されている。しかしながら、トンネル坑口や橋梁基礎等については、詳細設計に必要な位置で必ずしも実施されなかったため、地質状況の把握には不十分な内容であった。また、地山区分等を考慮した地質断面図の作成に際して、これらの物理探査結果及びボーリング調査結果が十分に反映されたとは言い難い。
- 岩石供試体（露頭サンプル／ボーリングコア）、不かく乱試料、かく乱試料の室内試験については、内容及び数量、さらに試験結果について必要十分な内容が示された。課題として、これらの試験結果を詳細設計や施工計画にどのように反映させた（させる）のかについての記載が十分とは言い難い。
- 自然条件調査（地形測量調査、水文調査、地質調査）の中で実施された公共施設調査では、計画道路に影響する公共施設が明らかにされたが、支障物件が具体的に何になるのか、報告書の中では言及されていない。環境社会配慮（EIA）調査との関連を踏まえた記述が必要と思われる。
- D/D 調査では、車載型ボーリングマシンを使用したことで、道路から外れた急峻な地形上のトンネル坑口、地すべり箇所、橋脚／アバットの位置のボーリングによる地質調査が不可能であった。このため、詳細設計の精度を高め数量根拠を確実にするために追加ボーリング調査が必要と考えられる。
- 道路線形の変更や地形上の困難さに伴いボーリング調査が実施できなかった箇所や、地すべり地形の詳細調査に関して、JICA 調査団の提案に基づき、追加調査ボーリング等による検討が望まれる。
- 調査結果を概観すると、計画道路の基礎地盤は概して良好なことが明らかになった。地質に関連して想定される懸念事項は以下の通りで、建設工事では安全に配慮し個別に対応することが求められる。
    - トンネル坑口斜面（TB-1, 2, 3, 4）の斜面落石対策
    - 地すべり箇所の調査と対策
    - TB-1とTB-2間の切土のり面自然斜面保護（落石対策）
    - 石灰岩質砂岩等の風化帯分布とトンネル、開削、高盛土区間（一部不等沈下）
    - トンネル掘削時の突発的湧水対策（断層が多く分布するが、大きな破砕帯はないので可能性は低い）
    - トンネル工事による地下水低下は場所によっては起こりうる
    - 河床礫の層厚と橋梁基礎根入れ等の地盤情報の不足
- 現地踏査により、トンネル工事によって影響を受ける可能性のある井戸が散見されている。また、トンネル掘削で生じる地下水位低下により、農地への影響（土壌の乾燥化）や一部地盤沈下が懸念される。工事前から、工事中の地下水の季節的変化をモニタリングすることについても考慮する必要がある。

(9)　追加地質調査

E-60 のショラパニからアウグヴェタ間の追加地質調査は当プロジェクトの準備調査の一環で JICA 資金により 2018 年 4 月から 2018 年 8 月まで実施された。

この追加ボーリングと土質試験の目的は、E-60 のショラパニからアウグヴェタ間のトンネル坑口、橋脚箇所および地滑りが予想される個所の地質特性を明らかにすることである。追加ボーリング調査箇所一覧は下表に示すとおりである。尚、各調査地点の柱状図、コア写真及び岩石試験結果等の詳細なデータについては、添付資料 4.5 に示す。

表 4-13：追加ボーリング調査箇所一覧

番号	位置（距離程）	UTM 座標*1		標高 (m)*2	深度 (m)	地質（基盤岩）	ボーリング作業		備考
		X (mE)	Y (mN)				開始	終了	
1	Tbilisi side of Tunnel 1 (0.27 km)	345,278.09	4,661,700.00	218	11.2	J2B2(B), Porphyrite	12/08/18	14/08/18	
2	Argveta side of Tunnel 1 (0.64 km)	344,941.35	4,661,824.95	210	14.5	J2B2(B), Porphyrite	15/07/18	23/07/18	
3	Argveta side of Tunnel 1 (0.61 km)	344,974.83	4,661,852.91	199	18.8	J2B2(B), Porphyrite	23/07/18	29/07/18	
4	Argveta side of Tunnel 1 (0.57 km)	344,998.43	4,661,828.63	219	10.0	J2B2(B), Porphyrite	05/08/18	10/08/18	
5	Tbilisi side of Tunnel 2 (0.85 km)	344,723.90	4,661,888.62		0.0	J2B2(B), Porphyrite	Cancelled		
6	Argveta side of Tunnel 2 (1.19 km)	344,394.50	4,661,954.68		0.0	J2B2(B), Porphyrite	Cancelled		
7	Tbilisi side of Tunnel 3 (3.52 km)	342,066.66	4,661,697.29	253	30.0	J2B2(A), Tuff Breccia	21/05/18	24/05/18	
8	Argveta side of Tunnel 3 (4.56 km)	341,093.68	4,661,817.20	211	20.0	J2B2(A), Tuff Breccia	27/04/18	28/04/18	
9	Argveta side of Tunnel 4 (6.99 km)	339,728.45	4,663,748.65		0.0	J2B2(A), Tuff	Cancelled		
10	Tbilisi side of Tunnel 5 (7.19 km)	339,614.22	4,663,909.64		0.0	J2B2(A), Tuff	Cancelled		
11	Argveta side of Tunnel 5 (8.23 km)	338,737.37	4,664,490.31	238	20.0	N12(m), Calcarenite	15/08/18	17/08/18	
12	BR-1-1 (1.26 km)	344,314.73	4,661,964.79	196	8.0	J2B2(B), Porphyrite	11/04/18	11/04/18	
13	BR-1-2 (1.31 km)	344,257.27	4,661,959.50	187	25.0	J2B2(B), Porphyrite	10/04/18	11/04/18	
14	BR-1-3 (1.41 km)	344,147.57	4,661,994.86	174	15.0	J2B2(A), Tuff Breccia, Porphyrite	25/07/18	27/07/18	
15	BR-1-4 (1.55 km)	344,022.48	4,662,002.86	175	15.0	J2B2(B), Porphyrite	21/07/18	23/07/18	
16	BR-1-5 (1.76 km)	343,823.20	4,662,011.30	191	16.0	J2B2(B), Porphyrite	24/04/18	25/04/18	
17	BR-1-6 (1.85 km)	343,717.76	4,662,021.07	200	18.0	J2B2(B), Porphyrite	16/04/18	17/04/18	
18	BR-2-1 (2.12 km)	343,481.50	4,662,035.81	187	5.0	J2B2(B), Porphyrite	11/07/18	13/07/18	
19	BR-2-2 (2.23 km)	343,338.33	4,662,036.70	175	10.0	J2B2(B), Porphyrite	12/04/18	12/04/18	
20	BR-2-3 (2.36 km)	343,233.28	4,661,981.82	183	20.0	J2B2(B), Porphyrite	04/04/18	05/04/18	
21	BR-2-4 (2.59 km)	343,019.85	4,661,884.35	172	20.0	J2B2(B), Porphyrite	15/07/18	17/07/18	
22	BR-2-5 (2.76 km)	342,838.04	4,661,853.21	168	15.0	J2B2(B), Porphyrite	17/07/18	19/07/18	
23	BR-2-6 (2.89 km)	342,696.19	4,661,820.57	175	10.0	J2B2(B), Porphyrite	19/07/18	20/07/18	
24	BR-3-1 (3.23 km)	342,374.20	4,661,745.64	177	10.0	J2B2(B), Porphyrite	13/04/18	14/04/18	
25	BR-3-2 (3.38 km)	342,239.64	4,661,741.20	171	10.0	J2B2(B), Porphyrite	14/04/18	14/04/18	

番号	位置（距離程）	UTM 座標*1		標高 (m)*2	深度 (m)	地質（基盤岩）	ボーリング作業		備考
		X (mE)	Y (mN)				開始	終了	
26	BR-3-3 (3.45 km)	342,180.35	4,661,731.52	171	20.0	J2B2(B), Porphyrite	15/04/18	16/04/18	
27	BR-3-4 (3.48 km)	342,155.75	4,661,738.07	169	8.0	J2B2(B), Porphyrite	26/04/18	26/04/18	
28	BR-4 (6.27 km)	340,046.82	4,663,091.59	161	15.0	J2B2(B), Porphyrite	11/07/18	14/07/18	
29	BR-5-1 (9.04 km)	337,949.74	4,664,553.02	208	28.0	N12(m), Calcarenite	01/05/18	03/05/18	
30	BR-5-2 (9.08 km)	337,894.01	4,664,561.19	197	23.0	N12(m), Calcarenite	04/05/18	07/05/18	
31	BR-5-3 (9.15 km)	337,818.42	4,664,587.03	176	25.0	N12(m), Calcarenite	07/05/18	10/05/18	
32	Risk check for Land slide (0.58 km)	344,964.37	4,661,857.77	192	90.0	J2B2(B), Porphyrite	11/04/18	16/04/18	Horizontal Boring

*1：JICA 調査団担当により測定された GPS データ（誤差 5-10 m）
*2：JICA 調査団担当によるグーグルマップと縮尺 1：1,000 の地形図からの読み取りデータ
出典：JICA 調査団

<u>トンネル関連指定箇所に関する見解</u>

➢ トンネル 1 始点側坑口部（BH-01）

総延長 11.2 m のボーリングが実施され、土砂 1.5m（地表～深度 1.5 m 間）、軟岩（深度 1.5 m～2.5 m 間）、硬岩 8.7 m （深度 2.5 m 以深）が確認された。

一方、ほぼ同時点で実施された D/D コンサルタントの弾性波探査（図 4-13、表 4-14）の結果では、解析深度 12 m までにおいて、地表～深度 1 m では Vp=460m/sec（Unit 1）、深度 1 m～4 m 間は Vp=1,050m/sec（Unit 2）、深度 4 m 以深では Vp=1,570m/sec（Unit 3）の結果が得られている。

追加調査ボーリングで用いられたボーリングマシンの規模から不連続面を含むコアの採収は困難であったと考えられ、不連続面を含む部分の割合と性状が弾性波探査の結果に影響を及ぼしていると判断される。（図 4-14）

➢ トンネル 1 終点側低土被り区間（BH-02）

総延長 14.5 m のボーリングが実施され、土砂 9.0 m（地表～深度 9.0 m 間）、硬岩 5.5 m（深度 9.0 m 以深）が確認されている。

トンネル 1（AT）の終点側坑口部付近には、土被りが薄い区間が坑口部とは別に分布している（図 4-15～図 4-18）。図 4-17 に示した計画高と地表高の関係から分かるように、この低土被り区間ではトンネル掘削面の下半まで土砂層の分布が予想される。

➢ トンネル 1 終点側坑口部（BH-03、BH-04）

BH-03 では総延長 18.8 m のボーリングが実施され、土砂 4.5m（地表～深度 4.5 m 間）、硬岩 14.3 m（深度 4.5 m 以深）が確認されている。また、BH-04 では総延長 10 m のボーリングが実施され、土砂 1 m（地表～深度 1 m 間）、硬岩 9 m（深度 1 m 以深）が確認されている。

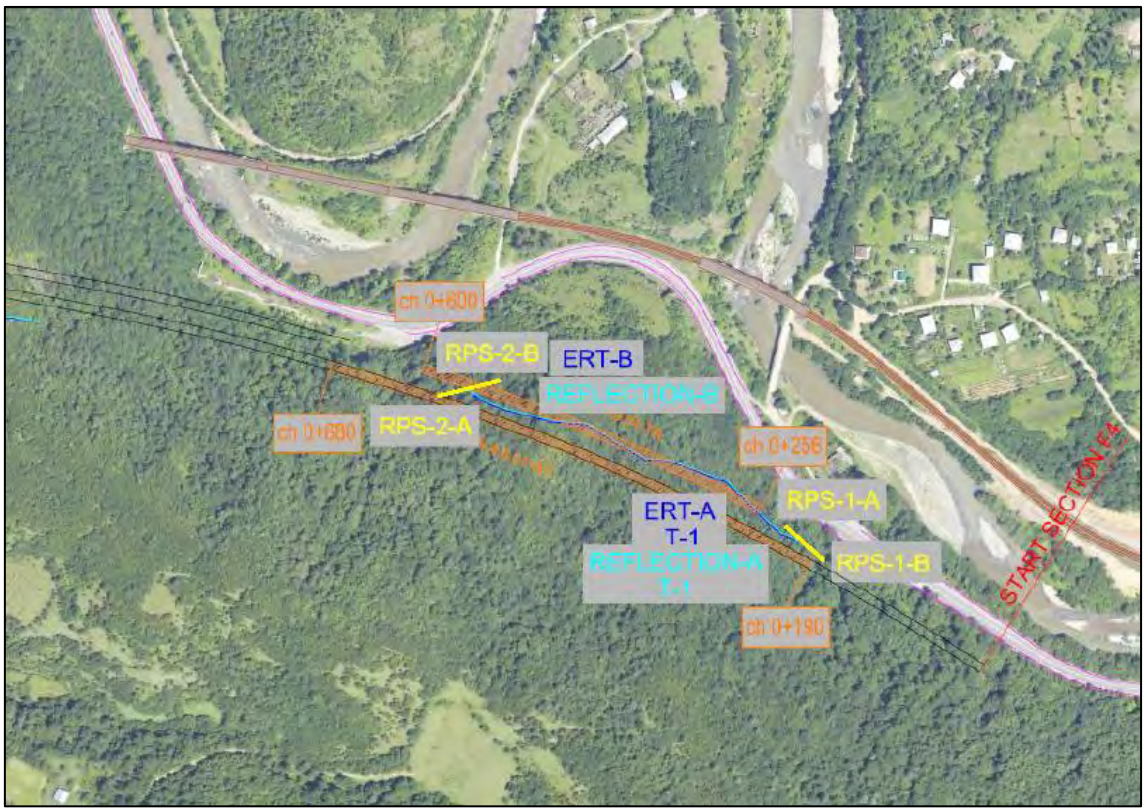
BH-03 と BH-04 を共に考えると、トンネル 1 終点側坑口部は、土砂層が 1～4.5 m の厚さを持つことと、深度 9 m 付近までは岩片の硬さは固いものの不連続面を含む部分の風化が進んでいることが想定される。

➢　トンネル 5 終点側坑口部（BH-11）

総延長 20 m のボーリングが実施され、地表面付近に 0.3 m 程度の土砂層が確認された以深では深度 20 m まで軟岩級の石灰砂岩が確認されている。

図 4-19 に示すように、既ボーリング調査 BH-2 と BH-26 は、追加ボーリング BH-11 の縦断方向および横断方向の同斜面の延長上に位置している。BH-2 では地表から深度 12 m 間に土砂層、12 m 以深では軟岩級の石灰砂岩がある深度まで確認されている。また、BH-26 では地表面から深度 8.5 m 間に土砂層、8.5 m 以深では石灰砂岩が確認されている。

以上より、沢部に位置する追加ボーリング BH-11 地点から斜面の上に向かって土砂層が段々厚くなると予想される。



出典：GD-GTE-4000-GE-RP-0201_Section F4 - GEOTECHINCAL REPORT

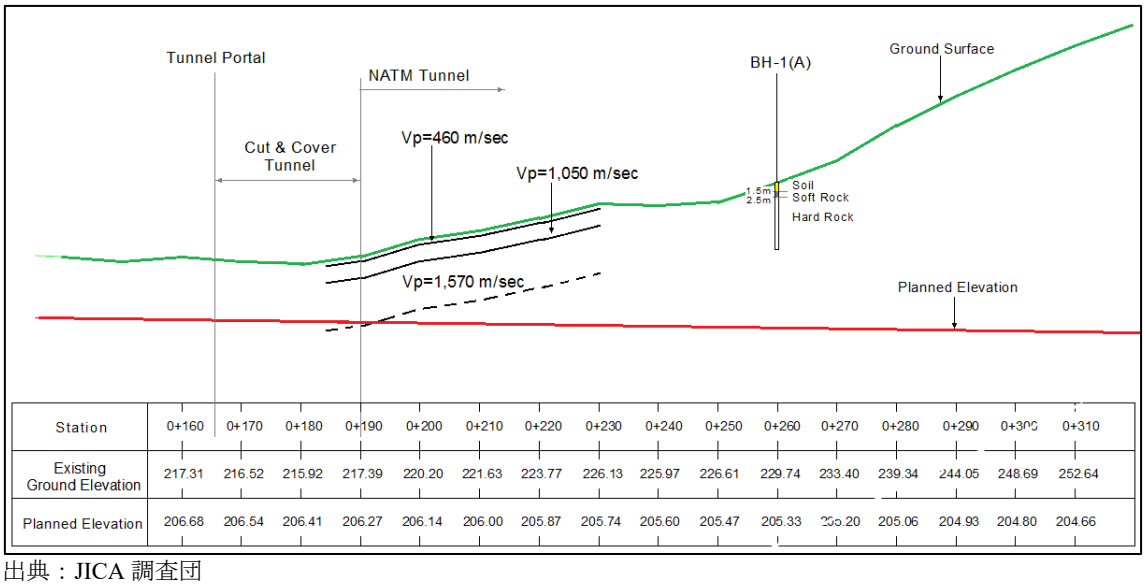
図 4-13：トンネル 1 における物理探査の位置

表 4-14：トンネル 1 始点側坑口部における弾性波探査結果

RPS-2

Seismo-Stratigraphy	Layer Bed Depth (m)	Thickness (m)	Vp (m/sec)	Presumable Lithology
Unit 1	1.5	1.5	550	TS
Unit 2	5	3.5	1,020	J2b2B Alt (Porphyrite)
Unit 3	undefined	7	1,700	J2b2B (Porphyrite)

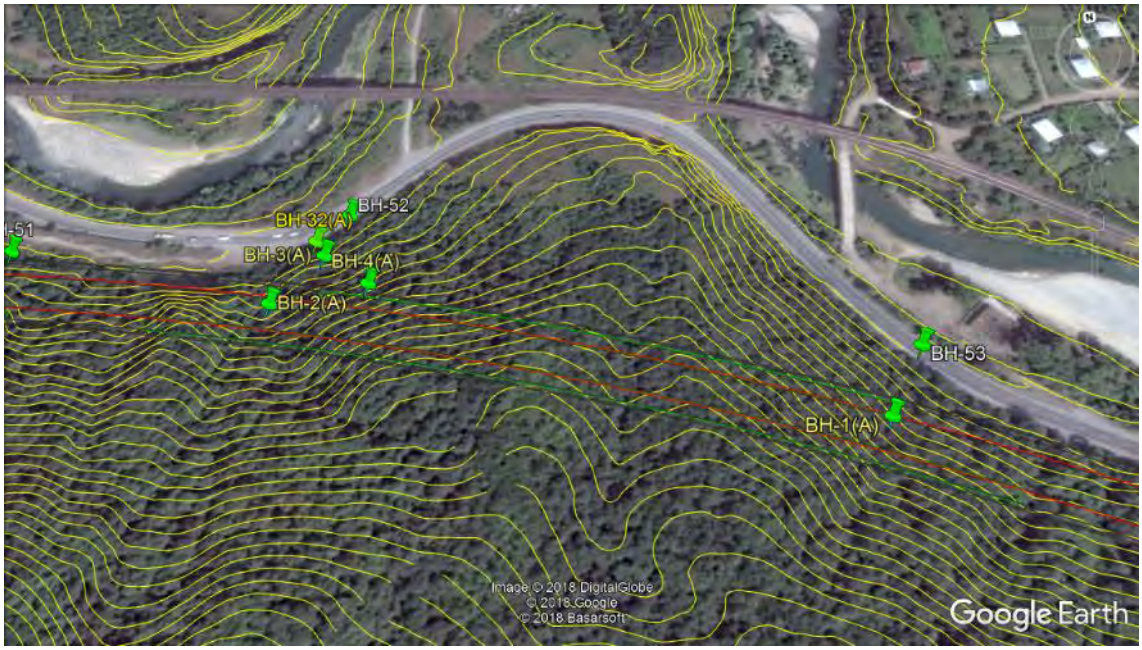
出典：GD-GTE-4000-GE-RP-0201_Section F4 - GEOTECHINCAL REPORT



Station	0+160	0+170	0+180	0+190	0+200	0+210	0+220	0+230	0+240	0+250	0+260	0+270	0+280	0+290	0+300	0+310
Existing Ground Elevation	217.31	216.52	215.92	217.39	220.20	221.63	223.77	226.13	225.97	226.61	229.74	233.40	239.34	244.05	248.69	252.64
Planned Elevation	206.68	206.54	206.41	206.27	206.14	206.00	205.87	205.74	205.60	205.47	205.33	205.20	205.06	204.93	204.80	204.66

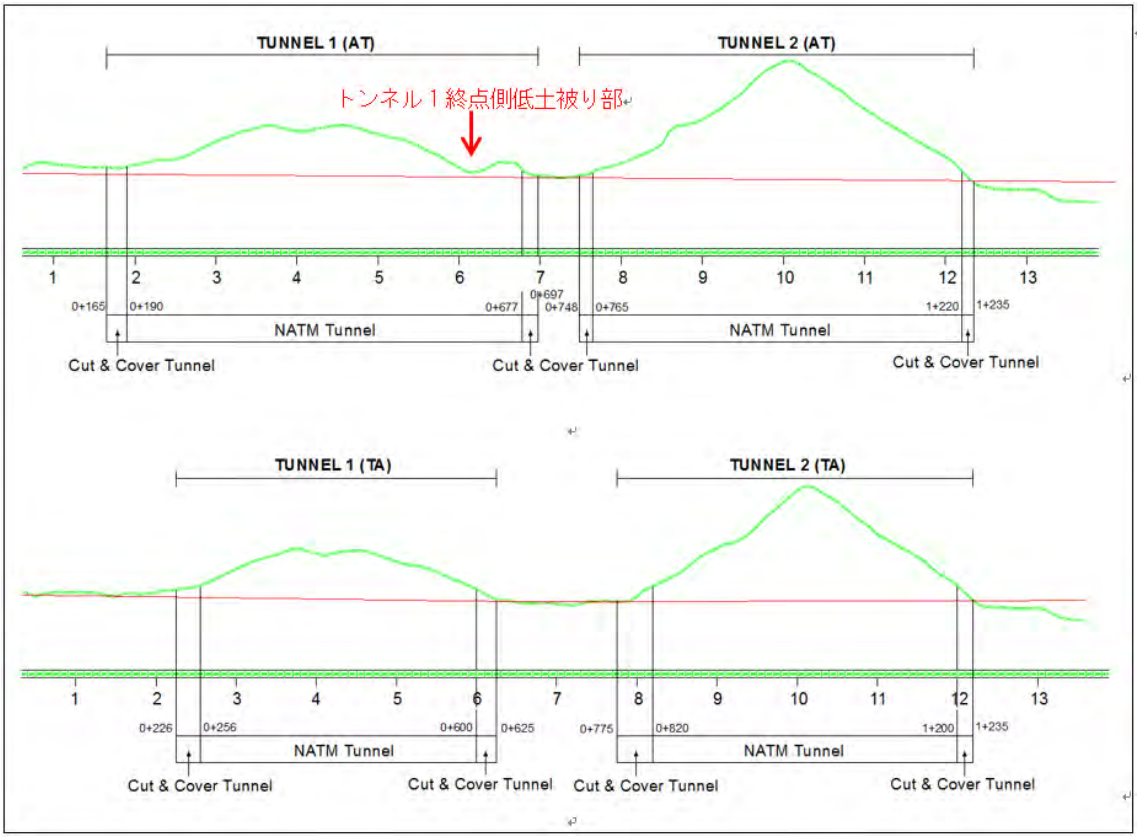
出典：JICA 調査団

図 4-14：トンネル 1 始点側坑口部における物理探査と追加ボーリング調査の結果



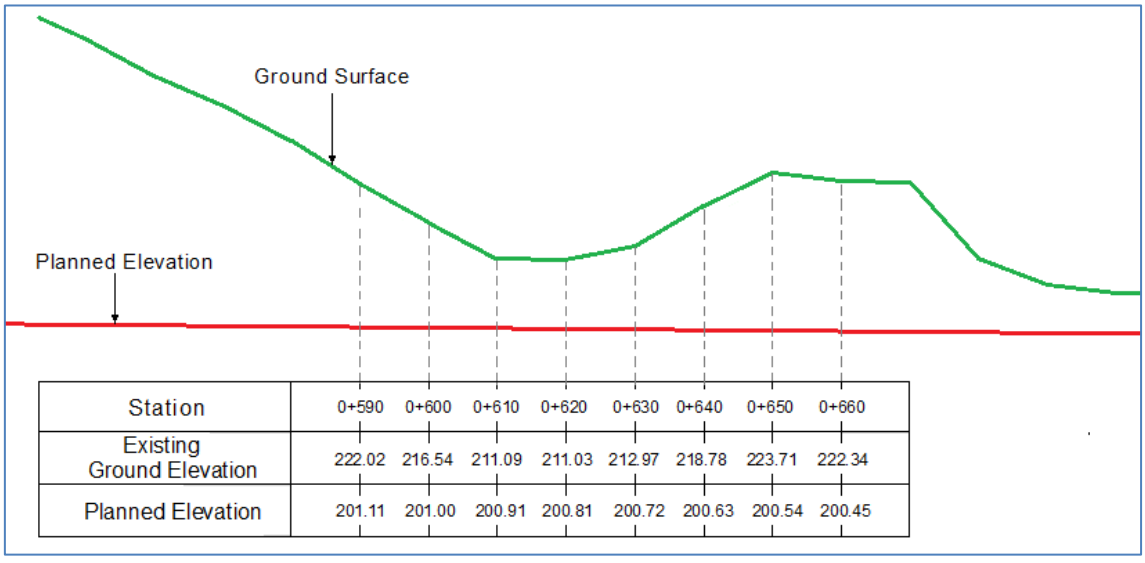
出典：JICA 調査団

図 4-15：トンネル 1 における追加ボーリング調査の位置



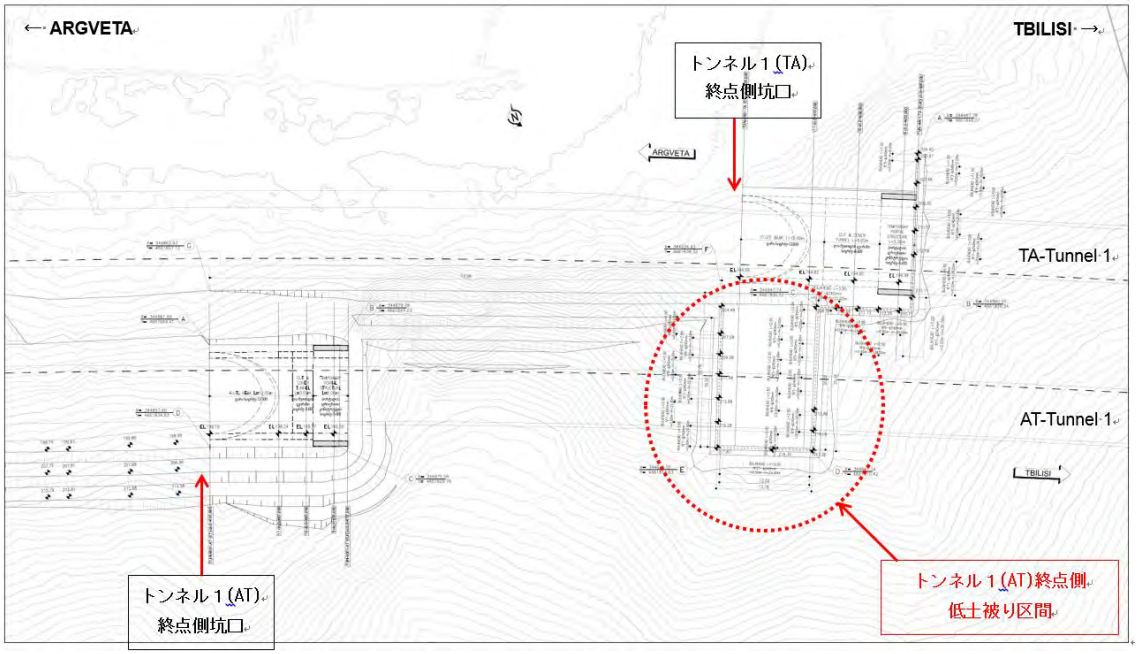
出典：D/D コンサルタントの Final Report を基に JICA 調査団作成

図 4-16：トンネル 1 終点側 低土被り区間の位置（縦断）



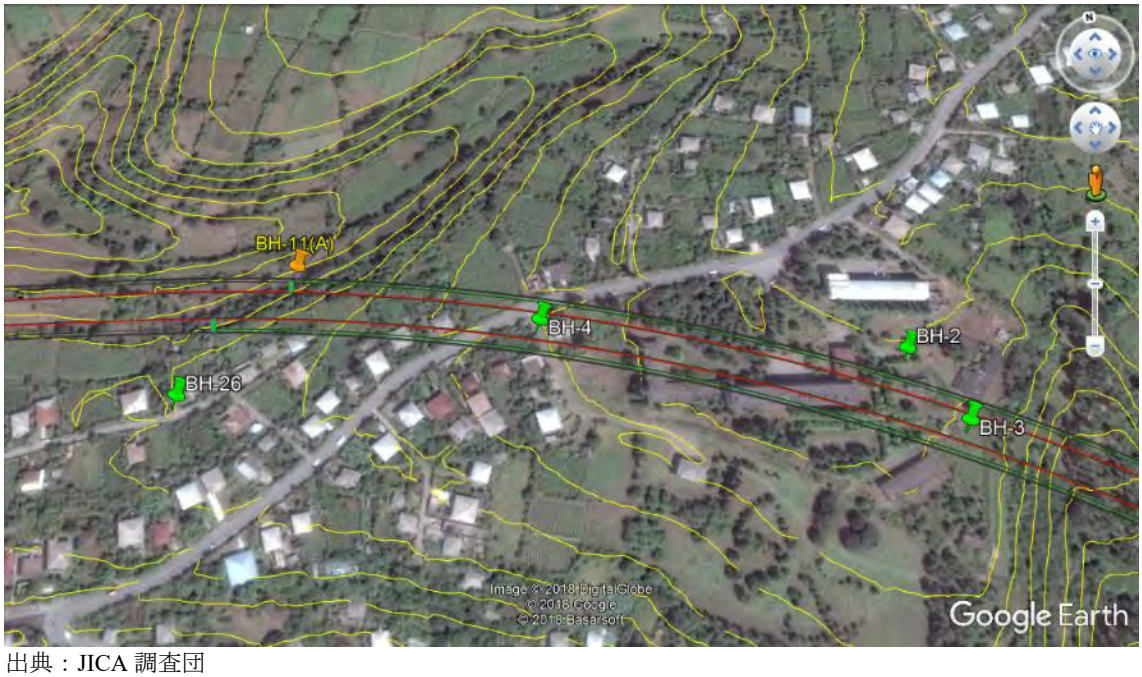
出典：D/D コンサルタントの Final Report を基に JICA 調査団作成

図 4-17：トンネル 1 終点側 低土被り区間の位置（縦断、拡大）



出典：D/D コンサルタントの Final Report を基に JICA 調査団作成

図 4-18：トンネル 1 終点側 低土被り区間の位置（平面）



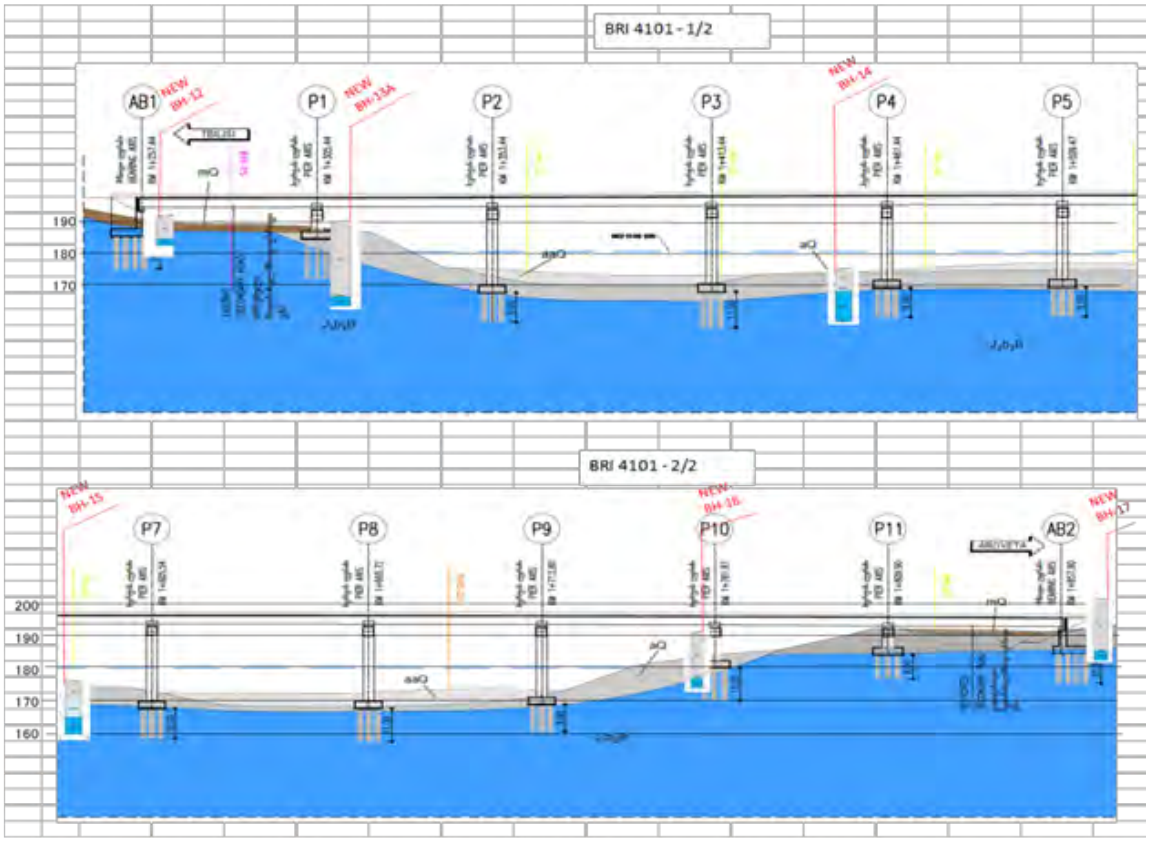
出典：JICA 調査団

図 4-19：トンネル 5 における追加ボーリング調査の位置

<u>橋梁関連指定箇所に関する見解</u>

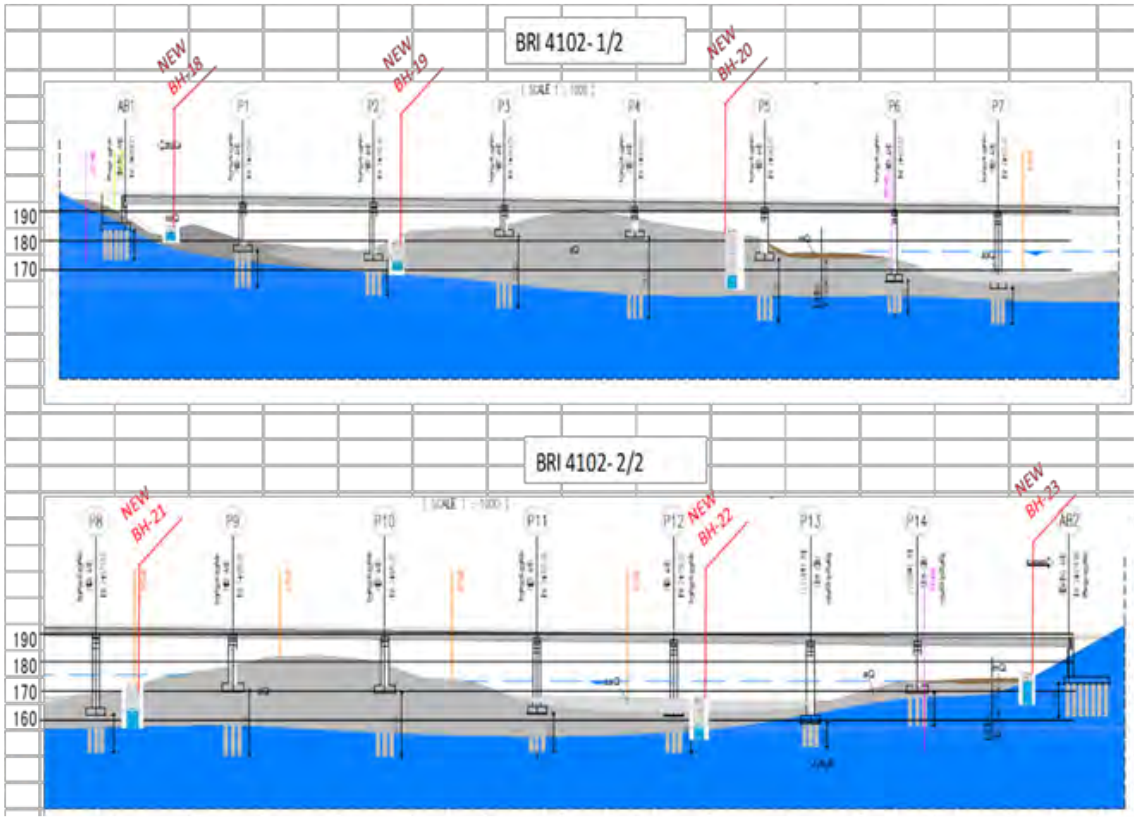
橋梁計画地点の D/D コンサルタントによる土質調査は物理探査が主体であり、ボーリング調査を最小限としたものであった。地盤特性の確認および工事実施時のコントラクターによる施工検討に資するべく、追加ボーリング調査を実施した。

図 4-20～図 4-24 は、D/D 時の橋梁部想定地質断面図に、追加ボーリングの調査箇所 BH-12.～31.を重ねて表示したものである。検討の結果、急斜面部で一部想定と異なる地層傾斜（1km+250～350 付近）があり、また岩の風化度合についての相違がみられるが、室内試験結果およびコア写真等から、D/D 時の想定地質断面は概ね妥当であったと考えられる。



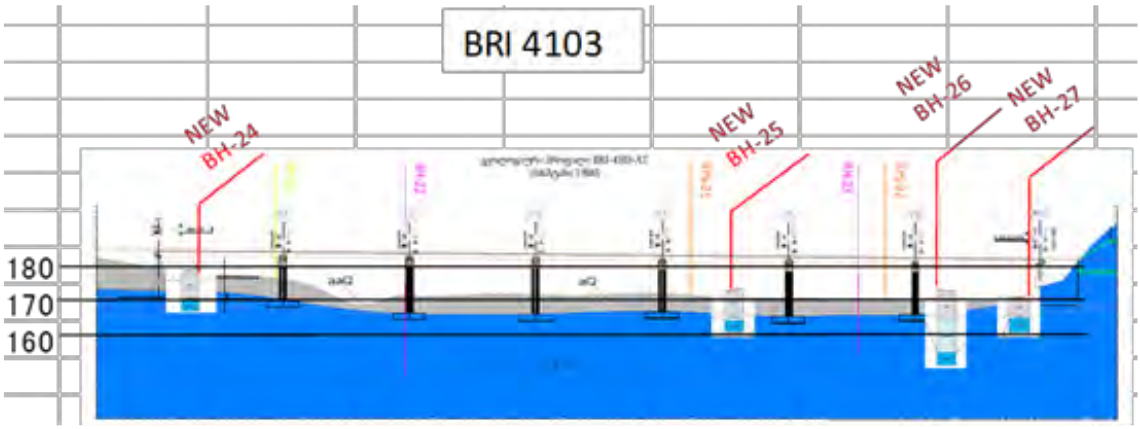
出典：D/D コンサルタントの Final Report を基に JICA 調査団作成

図 4-20：BRI4101 想定地質断面



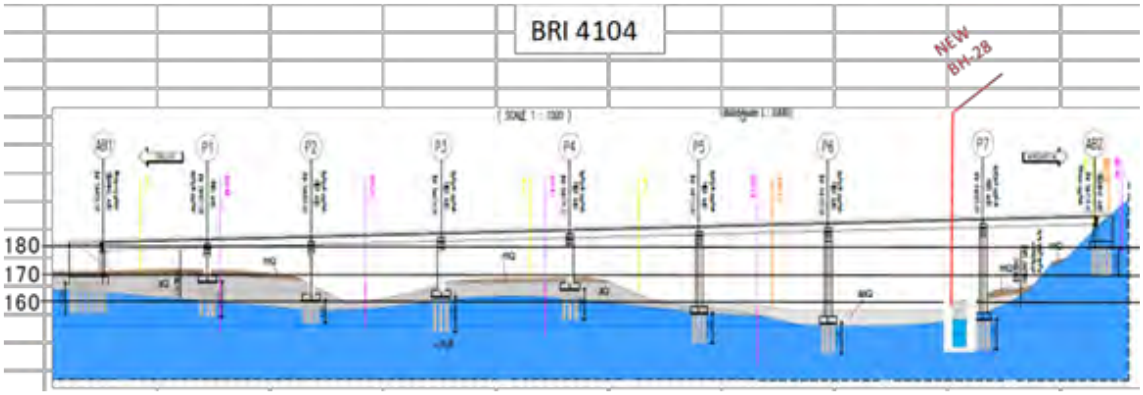
出典：D/D コンサルタントの Final Report を基に JICA 調査団作成

図 4-21：BRI4102 想定地質断面



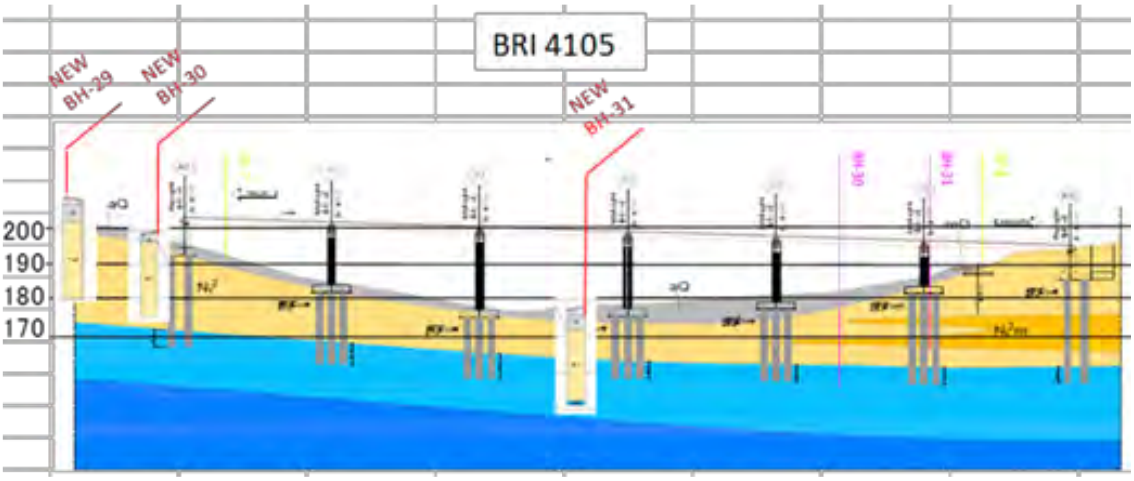
出典：D/D コンサルタントの Final Report を基に JICA 調査団作成

図 4-22：BRI4103 想定地質断面



出典：D/D コンサルタントの Final Report を基に JICA 調査団作成

図 4-23：BRI4104 想定地質断面



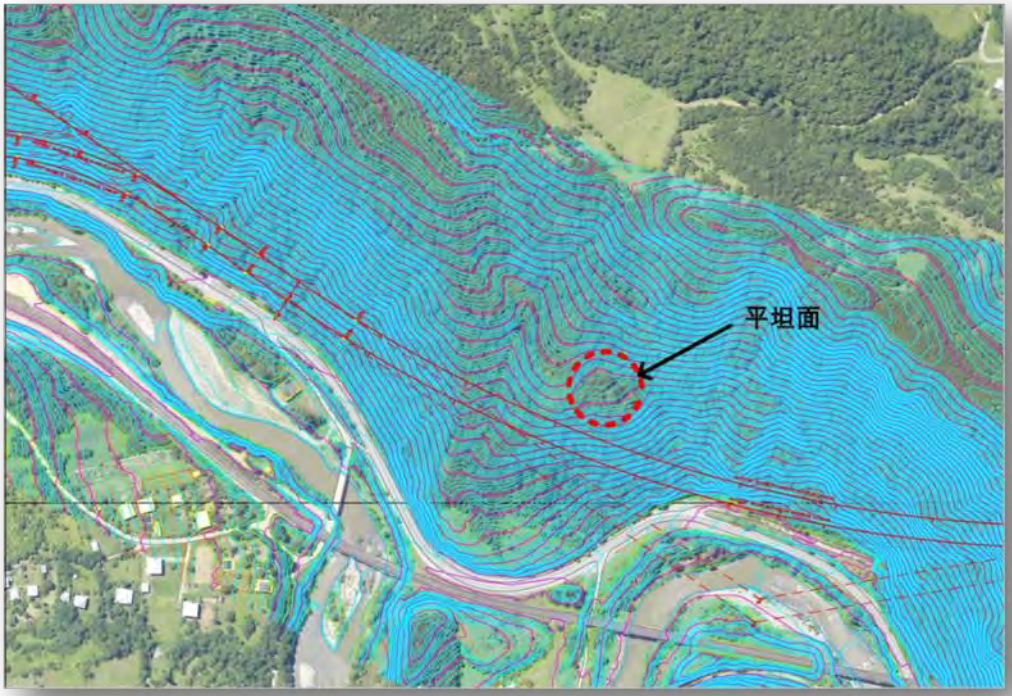
出典：D/D コンサルタントの Final Report を基に JICA 調査団作成

図 4-24：BRI4105 想定地質断面

<u>地すべり関連指定箇所に関する見解</u>

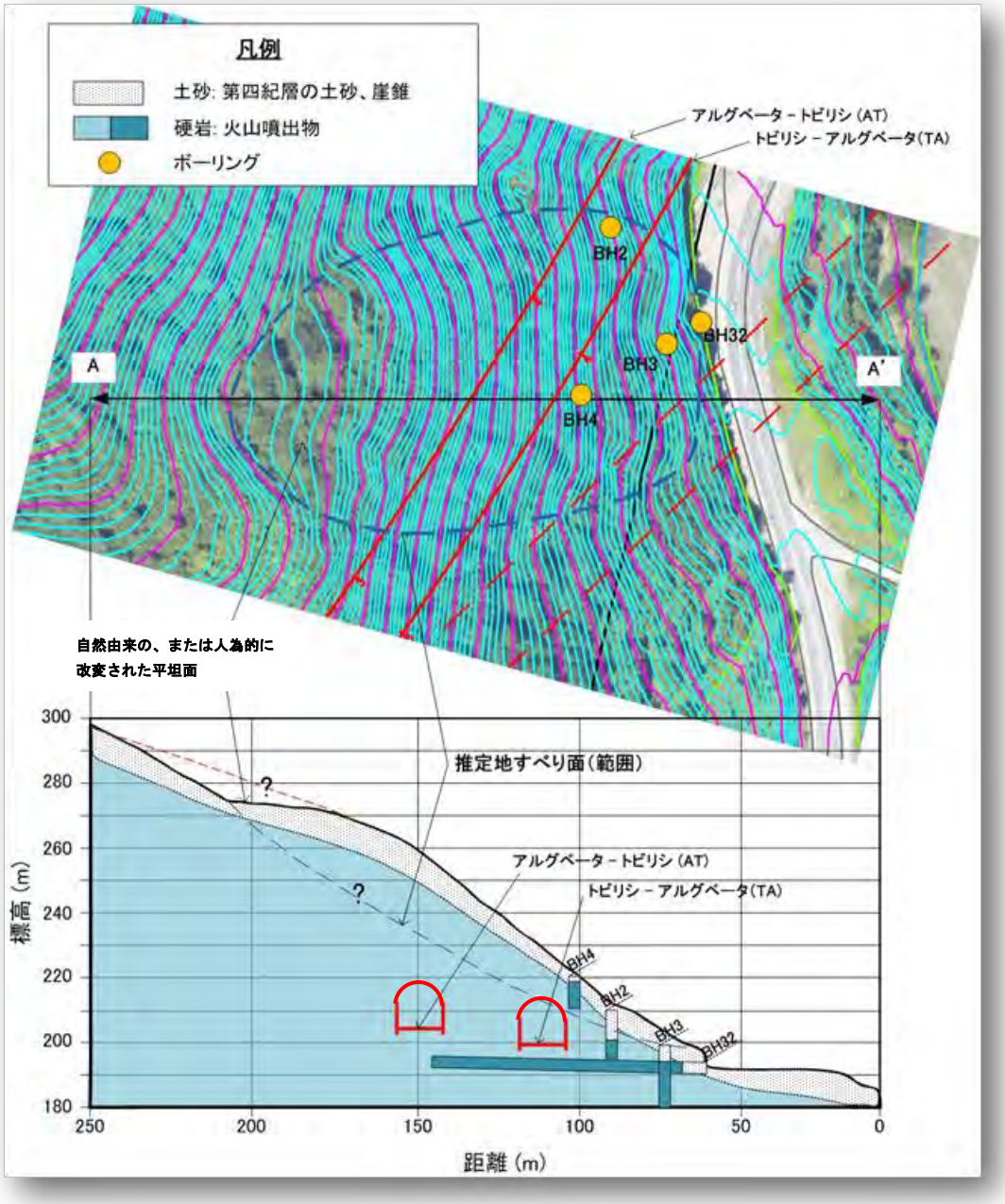
トンネル 1 とトンネル 2 の間の明かり区間（距離程 0.6 m）における地すべりの存在を確認するため、3 本の垂直ボーリング及び 1 本の水平ボーリングによる地質調査を実施した。このボーリング調査及び追加の現地踏査結果から、以下の結論が得られた。

- 縮尺 1：1,000 の地形図（図 4-25 参照）に見られるように、当該部には平坦面があり、同標高での段丘の存在が認められないため、過去の開墾のような人為的な地形改変、あるいは地すべりの痕跡の可能性が考えられる。
- ボーリング調査結果を基に作成した地質断面図を付した図 4-26 に示すように、新鮮な硬質な「ひん岩」からなる基盤岩は比較的浅い位置に確認された。
- 追加の現地踏査によれば、推定される地すべり地域には、現在、地すべり特有の活動痕跡は認められない。但し、この区間においてはトンネル掘削による上方地山の緩みにより斜面崩壊を引き起こす可能性があるため、極力緩ませない工法を選択する必要がある。



出典：D/D コンサルタントの Final Report を基に JICA 調査団作成

図 4-25：推定される地すべりの地形的特徴



出典：D/D コンサルタントの Final Report を基に JICA 調査団作成

図 4-26：推定される地すべりの地質断面図

(10) 地下水利用に関する補足調査

E-60 のショラパニからアウグヴェタ間の地下水利用に関する現地踏査は本プロジェクトの準備調査の一環として実施された。調査結果から、トンネル工事に伴う影響を受ける地域が下図のように推定された。

出典：JICA 調査団

図 4-27：地下水利用に関する補足調査結果

(11) 考古学的遺構に関する補足調査

D/D コンサルタント作成の考古学報告書（D-ARC-4000-GE-RP-0060）によれば、トンネル 5 のアウグヴェタ側坑口付近（距離程 8.23 km）にて石切り場跡が発見されており、ここでは追加地質調査（ボーリング番号 11）が実施された。このボーリング番号 11 の地質調査結果（下図参照）によれば、コア試料に石灰質砂岩が認められ、この付近では石灰質砂岩が地表に露出している。この石灰質砂岩は加工しやすく、この付近では古くから建築材料として使われている。考古学的観点から、この付近のトンネル工事に際しては特に注意が必要であると考える。

出典：JICA 調査団

図 4-28：トンネル 5 坑口付近の考古学的遺構

4.1.4 斜面調査

(1) 概要

斜面調査は、平面線形が決定した段階で自然斜面の調査に着手し、切土の位置が決定した段階で切土のり面対策必要性の調査に着手するのが原則である。現状 DD も終盤を迎え、確定した線形に対して、地質・地形調査が行われている。

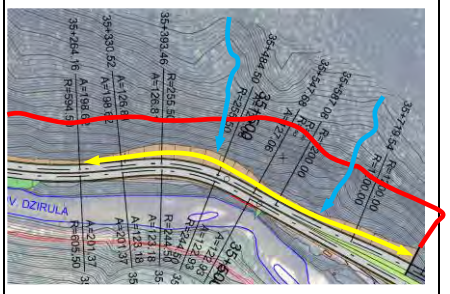
本項では、現在の最新線形に対し、落石・地すべり等の懸念がある要注意箇所について纏める。

(2) 机上事前調査での要注意箇所の抽出

要注意箇所の抽出の基準として、日本の急傾斜地崩壊危険区域の指定条件に準じて道路が高さ 5 m 以上の自然斜面に接していること、30 度以上の斜面であることとした。なお、自然斜面の斜面調査の範囲は遷急線までとした。また、斜面内に渓流がある場合には落石の経路や土石流の危険性について調査する一方、のり面の対策工の有無を検討するためのり面は、切土計画高が 5 m 以上となる箇所とした。

Google Earth から切り出したステレオ写真と要注意箇所抽出結果を以下に示した。

Sta. 35+260～Sta.35+850



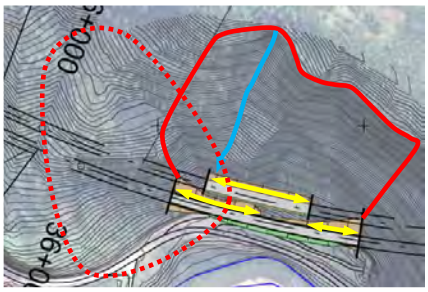
記号凡例

- 地表踏査による斜面調査範囲（赤線範囲）：
- のり面保護工検討箇所（黄色矢印区間）：
- 要注意渓流（青矢印）：

出典：JICA 調査団

図 4-29：要注意斜面（Sta. 35+260～Sta.35+850）[4]

Sta.36+150～Sta.36+250



記号凡例

- 地表踏査による斜面調査範囲（赤線範囲）：

地すべり調査

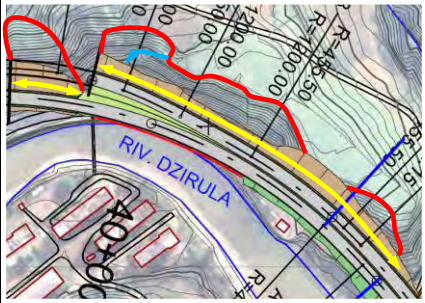
- のり面保護工検討箇所（黄色矢印区間）：
- 要注意渓流（青矢印）：

出典：JICA 調査団

図 4-30：要注意斜面（Sta.36+150～Sta.36+250）

[4] 同写真は実体視用のステレオ写真であり、地形や岩盤形状把握のため、並べて掲載するものである。以降の写真は同じ理由で並べて掲載する。

Sta.39+800～Sta.40+200



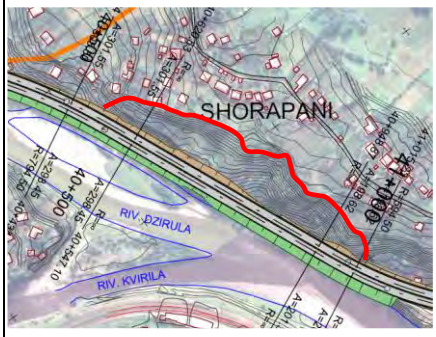
記号凡例

- 地表踏査による斜面調査範囲（赤線範囲）：
- のり面保護工検討箇所（黄色矢印区間）：
- 要注意渓流（青矢印）：

出典：JICA 調査団

図 4-31：要注意斜面（Sta.39+800～Sta.40+200）

Sta.40+400～Sta.41



記号凡例

- 地表踏査による斜面調査範囲（赤線範囲）：
- のり面保護工検討箇所（黄色矢印区間）：
- 要注意渓流（青矢印）：

出典：JICA 調査団

図 4-32：要注意斜面（Sta.40+400～Sta.41）

(3)　現地調査結果

机上で抽出した要注意箇所について JICA 調査団が現地視察を行った結果の要点を以下に示した。

T1 の起点側の斜面（図 4-33 参照）は、斜面が安定しており、表土が発達しているため落石の発生源はほとんど存在しない。しかし、表流水は少ないものの降雨時には、のり面の高い位置に流下する表流水が想定されるため、のり面内に縦排水工の設置が望ましいものと思われる。

出典：JICA 調査団

図 4-33：要注意斜面（ATsta. 0+000～ATsta.0+164）

T1 と T2 間の明かり部の上方斜面は、高さ 150 m を越えており、自然斜面内に露岩や転石が見られる（図 4-34 参照）ことから、落石の発生源となるものと想定される。実際、斜面裾部には、径 1 m を越える転石が認められているため、露岩や転石の分布調査の後、これらを固定する落石防止工が必要である。

一方、T1 トンネル終点側坑口部には長さ 150 m 幅 100 m の地すべりと推定される地形があり、周辺部には地すべり対策のために設置されたものと思われる排水路工が設置されている（図 4-36 参照）。また、DD コンサルタントがこの付近で実施した水平ボーリングの結果では掘進長 22 m 付近まで土砂状のコアが採取されており（図 4-37 参照）、地すべりブロックの可能性は否定できない。

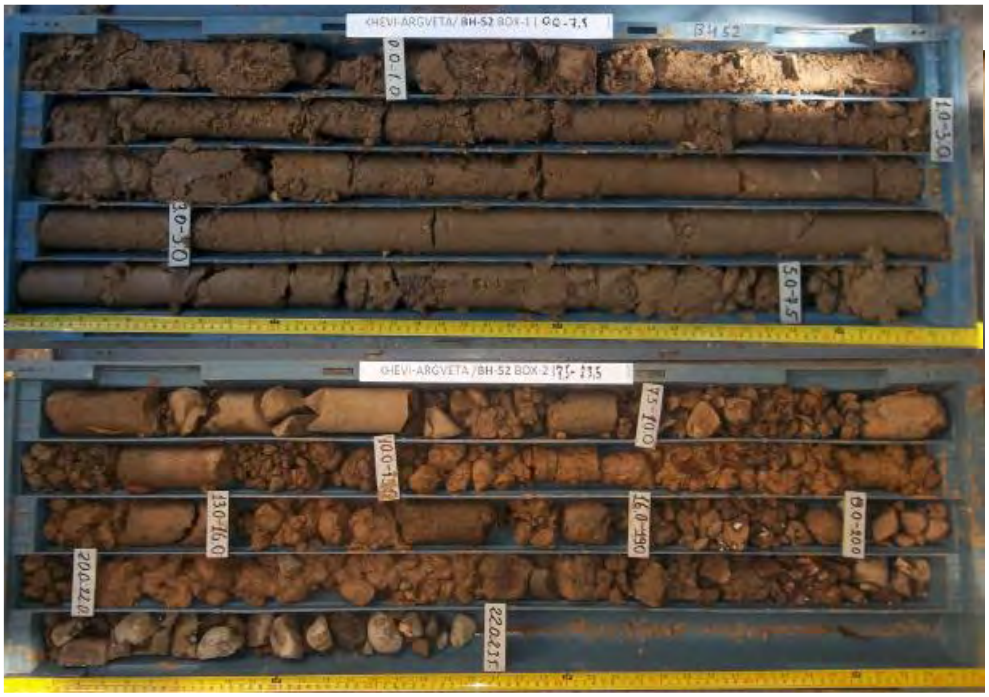
図 4-34：要注意斜面（TAsta.0+625～ATsta.0+747）

出典：JICA 調査団

図 4-35：自然斜面内の転石

出典：JICA 調査団

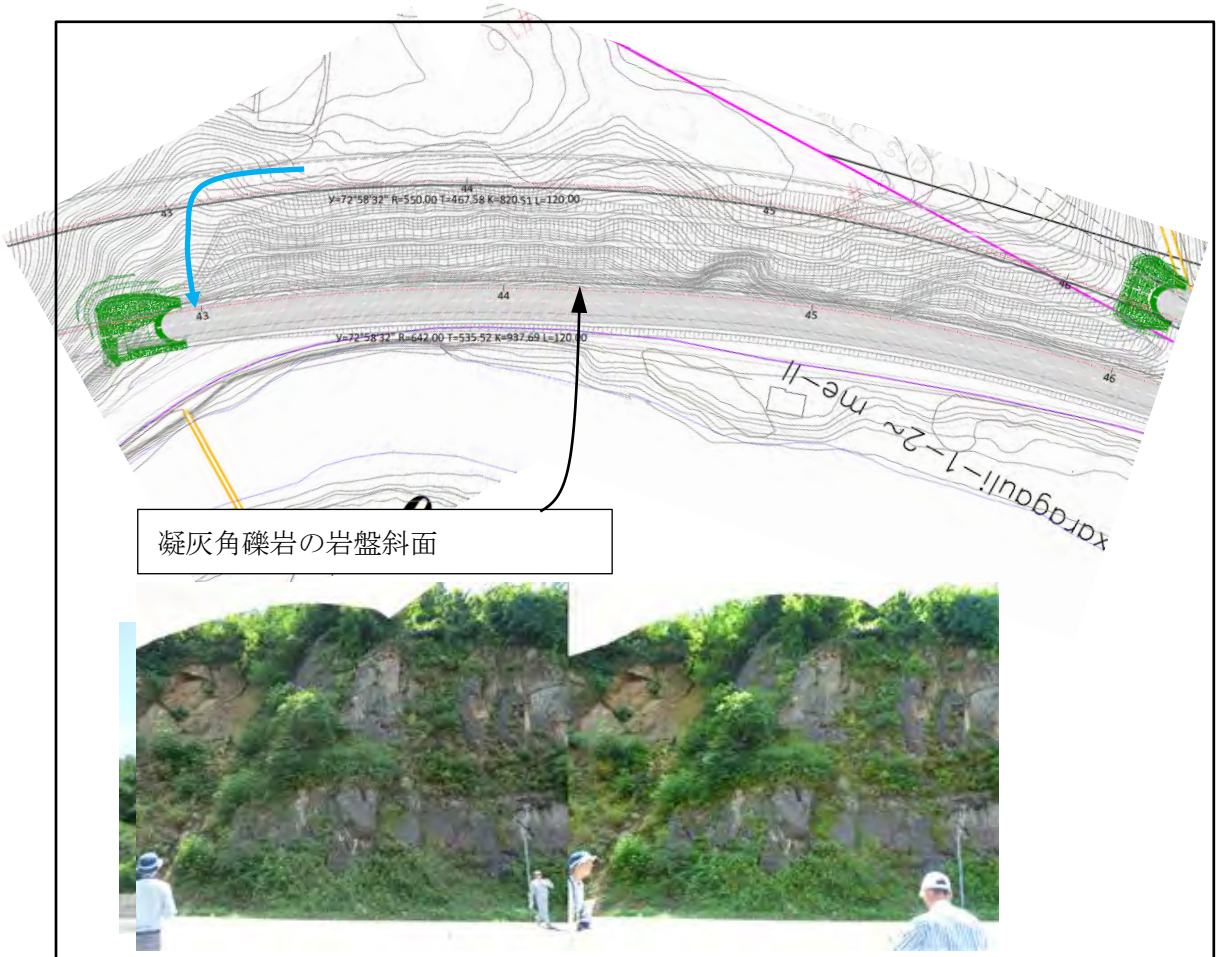
図 4-36：既存の排水路工



出典：IRD

図 4-37：BH52 の水平ボーリングのコア状況

T3-TA の終点側の斜面は、切土のり面となるため斜面対策は不要となる。坑口付近の渓流は、常時流水がなく渓流対策は不要である。



TAsta.4+294～TAsta.4+614

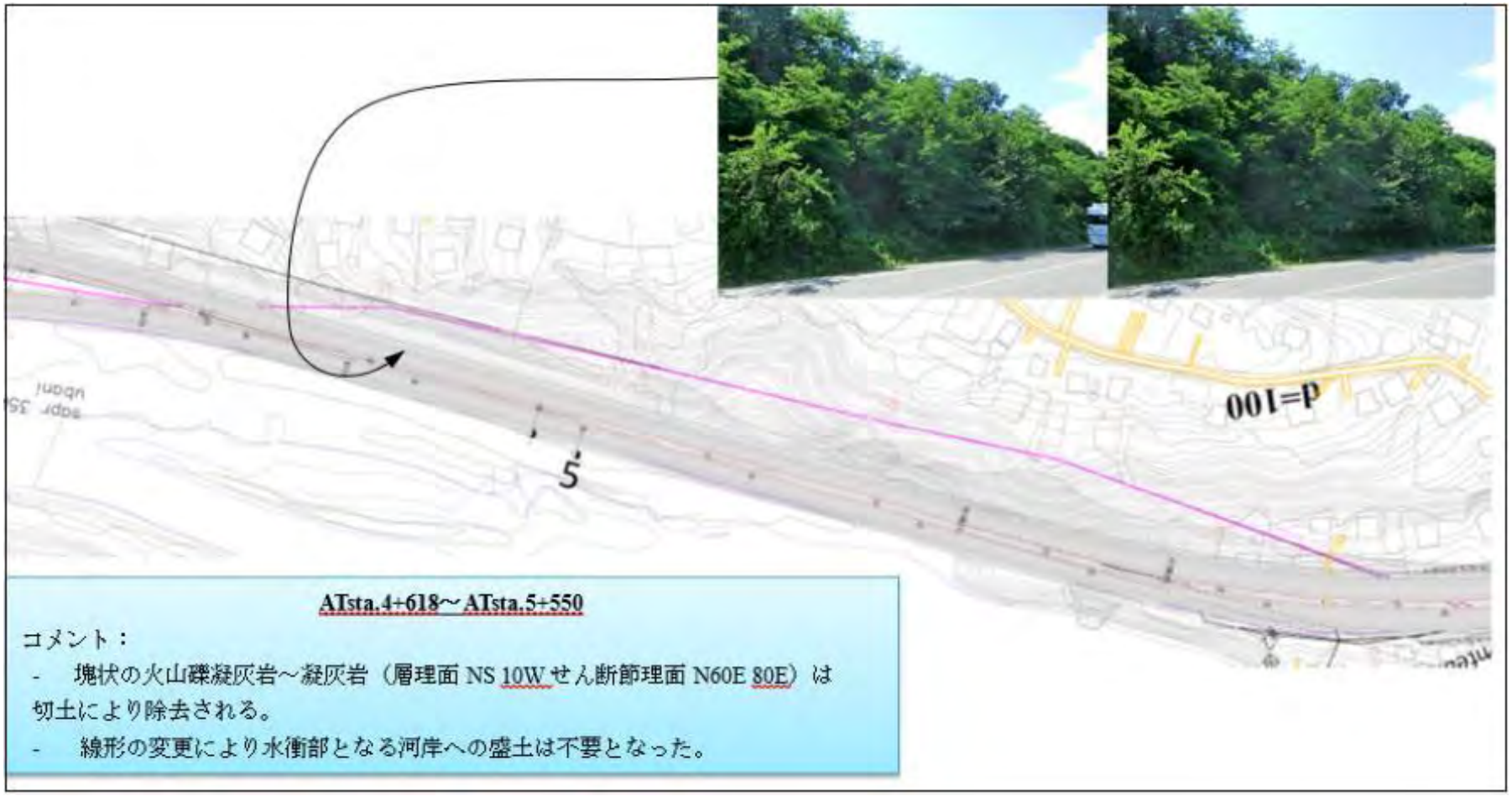
コメント：

- 渓流に常時流水はなく渓流対策は不要である。
- 現状の不安定な露岩は、切土により除去されるため斜面対策は不要となる。

出典：JICA 調査団

図 4-38：要注意斜面（TAsta.4+294～TAsta.4+614）

インターチェンジ（IC-1）の起点側の斜面は、露岩が切土により除去され、ボーリング調査の結果、風化深度が 4～6 m と浅いため切土のり面は新鮮岩が露出するものと想定されるため、のり面保護工の必要性はない。



出典：JICA 調査団

図 4-39：要注意斜面（ATsta.4+618～ATsta.5+550）

4.2 E-60 F4 セクション（ショラパニ～アウグヴェタ）の詳細設計

4.2.1 概要

ショラパニ～アウグヴェタ区間（F4）約 14.7 km の詳細設計は、IRD ENGINEERING S.R.L. & SPEA Engineering S.p.A. によって 2017 年 4 月 11 日に開始された。当該区間は、始点からゼスタフォニに至るまでは急峻な渓谷に沿って計画されており、ゼスタフォニの市街地をバイパスした後は比較的平坦な丘陵地となり、アウグヴェタ IC に接続する。F/S で用いられた線形は、ヨーロッパ横断道路（TEM）の基準を用いていた。D/D コンサルタントもその点を既に確認していたが、交通安全上から、より余裕のある線形を用いるよう JICA 調査団が提案した。この点については JICA 調査団と DD コンサルタントの意見が一致し、道路局と協議の上、D/D では設計速度 80 km/h 区間の平面半径は 400 m を最小とするとした。

F/S では、TEM の最小半径などの線形に基づいた設計をしたため、厳しい平面線形のみならず、現道（E-60）と近接している箇所が多かった。上記方針への設計の考え方の変更により、トンネル区間延長が長くなり、橋梁は緩やかな線形で河川を斜めに横断する箇所が増えた。従って、経済的な道路線形の選択がし易い平坦地・丘陵地などを通過する標準的な区間に比べて事業費が高くなっている。また、工程の検討においても、トンネルの施工工期が全体工程の鍵となっている。

4.2.2 適用すべき基準

(1) 幾何構造

1) TEM 基準

幾何構造設計基準は TEM（Trans European Motorway）基準を基本的に使用することとし、記載のない項目については G/S（Georgian Standard）、アメリカの「AASHTO」、日本の「道路構造令」等を参照する。SNIP は、これにより建設された現道を検証する場合に限り参照する。この設計要素の基準をまとめたものを、F/S レポートから引用すると表 4-15 のようになる。

表 4-15：主要設計要素基準

Design Speed	120 km/h			100 km/h			80 km/h		
Design Standard	TEM	Georgian	SNIP	TEM	Georgian	SNIP	TEM	Georgian	SNIP (1)
Min. Horizontal Radius	650m	700m	800m	450m	450m	600 m	240 m	250 m	250 m
Max. Super elevation	7%	7%	6%	7%	7%	6%	7%	7%	6%
Normal Cross-Falls on curves greater than	3,500m	3,300m	3,000m	2,500m	2,300m	3,000m	2,000m	1,200m	3,000m
Maximum Grade (gradient)	4%	4%	4%	5%	5%	5%	6%	6%	6%
Min Vertical Crest Curve	-2	22,600m (3)	15,000m	-2	10,000m (3)	10,000m	-2	5,000m (3)	5,000m
Min. Vertical Sag Curve	12,000m	7,700m (3)		6,000m	4,900m (3)		3,000m	3,200m (3)	1,000m
Min. Stopping Sight Distance	200m (4)	250m	250m	150m (4)	200m	200m	100m (4)	140m	150m

Notes:
(1) values allowed for mountainous terrain
(2) concave curves should have a vertical acceleration of no more than 0.25 m/sec2
(3) values for stopping sight distance
(4) values for straight and level conditions

出典：F/S 報告書

2)　道路構造令

日本の道路法によると、道路の新設又は改築の場合における道路の構造の一般的技術基準を道路構造令として定めた。これを日本の幾何構造基準（Japanese Standard）と呼称する。この特徴として山地部や密集市街地のような厳しい条件下でも道路建設が継続されるよう、安全性には十分留意する条件下で規定値を緩和した特例を設けたこと、およびインターチェンジ付近の本線線形に通常部以上の規定を設定したことである。以下に最小曲線半径、緩和曲線、最急縦断勾配、およびインターチェンジ付近の本線の規定について記述する。

①　最小曲線半径

最小曲線半径には標準最小と特例である絶対最小、および推奨される最小値がある。これを表 4-16 に示した。絶対最小値において最大片勾配は 10%であり、横方向摩擦が増加しないよう配慮されている。

表 4-16：構造基準で規定された最小曲線半径

設計速度	120km/h			100km/h			80km/h		
	絶対最小	標準最小	望ましい最小	絶対最小	標準最小	望ましい最小	絶対最小	標準最小	望ましい最小
最小曲線半径（m）	570	710	1000	380	460	700	230	280	400
最大片勾配（%）	10	6	6	10	6	6	10	6	7
最大横方向摩擦	0.099	0.100	0.053	0.107	0.111	0.052	0.119	0.120	0.056

出典：道路構造令

②　緩和曲線

緩和曲線について、構造基準の規定を表 4-17 に纏めた。

表 4-17：緩和曲線基準値

単位:m

設計速度	100km/h	80km/h
最小緩和曲線長	85	70
緩和曲線を必要としない最小曲線半径	3000	2000

出典：道路構造令

③　縦断勾配

縦断勾配には制限長のない標準勾配値と速度低下が大きくならないように制限長を設けた特例値がある。これを表 4-18 に示した。

表 4-18：縦断勾配

設計速度								
120km/h			100km/h			80km/h		
標準勾配	特例勾配	制限長(m)	標準勾配	特例勾配	制限長(m)	標準勾配	特例勾配	制限長(m)
2%	3%	800	3%	4%	700	4%	5%	600
	4%	500		5%	500		6%	500
	5%	400		6%	400		7%	400

出典：道路構造令

④　インターチェンジ付近本線の規定

本線に対し合流、分流および織り込みが行われるランプターミナル付近は本線の標準部に比べ、運転者にとっての視認性、運転の容易さの観点から一段上の基準を満足する必要がある。この観点から表 4-19 の基準を設定している。各設計速度の左列は標準の場合、右列は地形、地物の条件、経済性を考慮して設定されたやむを得ない場合の特例値である。

表 4-19：インターチェンジ付近の本線線形

設計速度（km/h）		120km/h		100km/h		80km/h	
最小平面曲線半径（m）		2,000	1,500	1,500	1,000	1,100	700
最急縦断勾配（%）		2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0
最小縦断曲線半径（m）	凸型	45,000	23,000	25,000	15,000	12,000	6,000
	凹型	16,000	12,000	12,000	8,000	8,000	4,000

出典：道路構造令

3)　標準横断

D/D において採用するべき横断面構成について、表 4-20 に示す F/S における断面構成要素を基に RD 及び IRD と協議した結果、80 km/h においても車線幅員は TEM の標準である 3.75 m とし、中央帯については TEM の基準値である 5.00 m を採用することとなった。この結果設計速度 100 km/h と 80 km/h は同一の断面構成となった。

表 4-20：F/S 断面構成要素の幅員

設計速度	車線数	車線	路肩	保護路肩	中央帯	総幅員
100 km/h	4	3.75	3.00	0.50	5.00	27.00
80 km/h	4	3.50	3.00	0.50	5.00	26.00

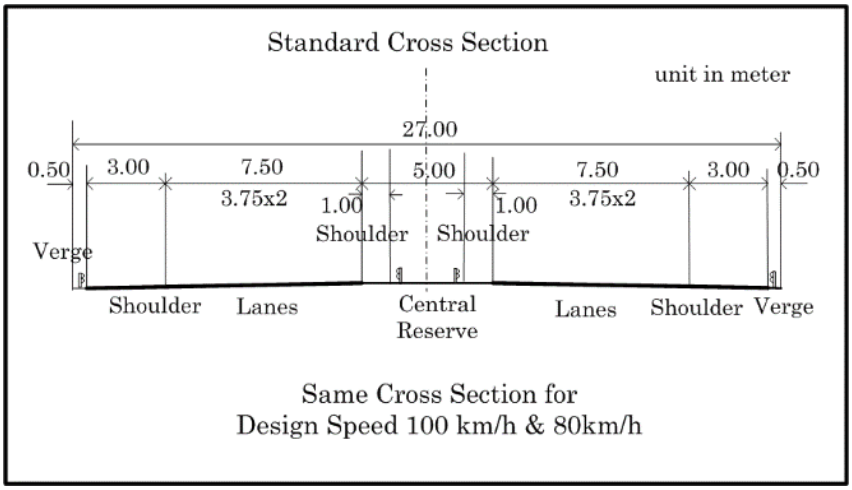
出典：F/S 報告書より JICA 調査団作成　　（単位：m）

この結果を表 4-21 に示し、図 4-40 に図示した。

表 4-21：最終決定した断面構成要素の幅員

設計速度	車線数	車線	路肩	保護路肩	中央帯	総幅員
100 km/h	4	3.75	3.00	0.50	5.00	27.00
80 km/h	4	3.75	3.00	0.50	5.00	27.00

出典：JICA 調査団　　（単位：m）



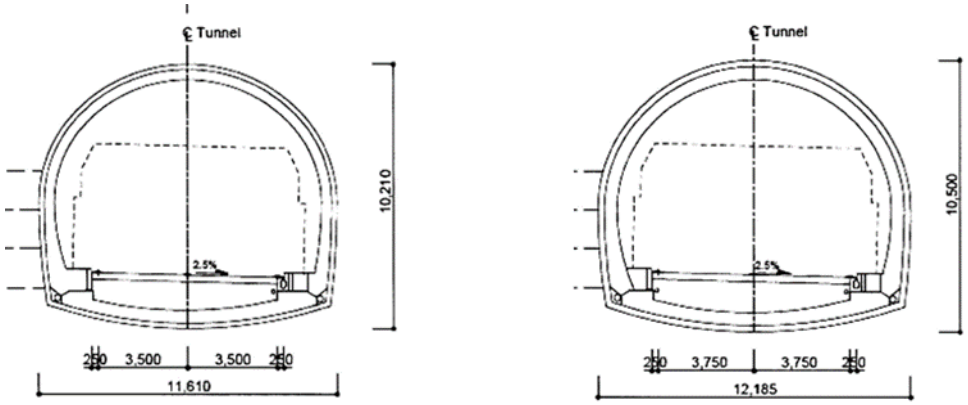
出典：JICA 調査団

図 4-40：最終的に決定した標準断面

4)　トンネル断面

①　F/S

F/S においては下記のトンネル断面が使用されているが、路肩幅員が 0.25 m と非常に狭い。標準部の路肩が広いのでその対比でなおさら狭く感じられるが、この路肩幅員で十分な安全性が確保されるのか懸念される。



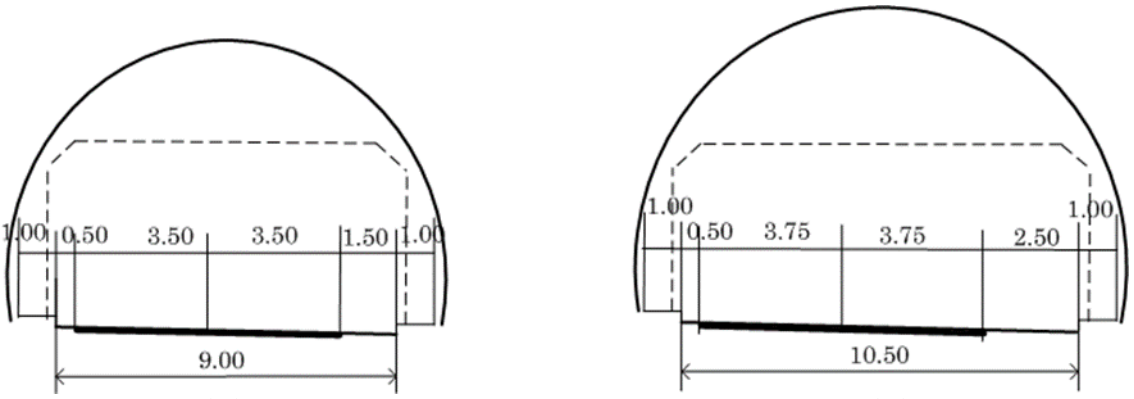
設計速度 80 km/h　　設計速度 100 km/h

出典：F/S 報告書

図 4-41：F/S におけるトンネル断面

② JICA 調査団提案断面

これに対し図 4-42 に示すように、JICA 調査団は右側に半路肩または全路肩、左側に狭路肩を設置した断面を提案した。この断面で地覆間距離は設計速度 80 km/h では 9.00 m、設計速度 100 km/h では 10.50 m が確保されている。9.0 m の幅があれば大型車が 2 台同時に停車した場合でも交通流は確保され、10.5 m の幅があれば停止車両は本線交通を妨げることなく路肩に収容できる。



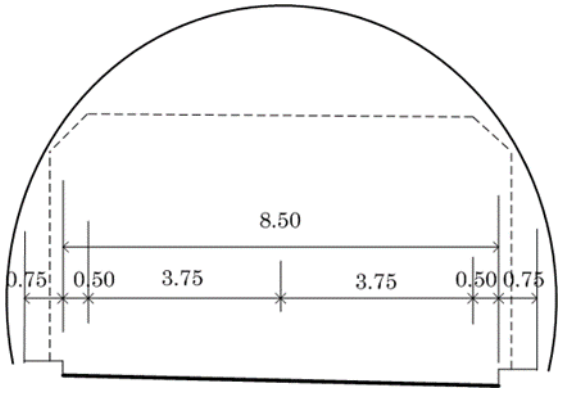
設計速度 80km/h　　設計速度 100km/h

出典：JICA 調査団

図 4-42：提案トンネル断面

この断面について RDMRDI 及び IRD と協議した結果、80 km/h の区間は図 4-43 に示す断面とすることが決定された。80 km/h の設計区間がアウグヴェタ側に移動したのでトンネルは 80 km/h の設計区間にだけ存在することになった。

この断面で 80 km/h に対する 100 m の視距を確保するためには曲線半径 526 m 以上が必要である。



設計速度 80 km/h

出典：JICA 調査団

図 4-43：最終決定したトンネル断面

この断面に決定した経緯としては、RD 側のリクエストにより、RD が断面積の増大による工費の増加を抑えたかったこと、ジョージアにおけるこれまでのトンネルの実績よりは広い点でベターなこと、及び断面の決定は F4 区間だけの問題でなく、他の区間に波及するため、以上の状況を総合して決定された。

5)　設計速度区間

F/S ではズィルラ川沿いの山地部は設計速度 80 km/h、ゼスタフォニ～アウグヴェタの丘陵地－平坦地では設計速度 100 km/h が適用されていた。その境界はクビリラ川橋梁と想定されていたが、RDMRDI 及び IRD との協議の結果、約 2 km 西側に移動することとなった。

(2)　橋梁構造

ジョージアの建設事業は発注者・業者・学術界とも、旧ソ連時代に培われた技術・システムの影響を色濃く残しており、基準は Snip（ロシア規準）－Gost（ロシア規格）が使用されるのが普通である。但し、Snip は、AASHTO、BS（EN）等ほど実務的でないため、国際入札事業では Snip との整合を図りつつ AASHTO や BS 等が使用されている（AASHTO による設計後、Snip 荷重で照査、等）。

尚、ADB による D/D 業務では Eurocode（EN）を使用することとしており、Snip との整合をどう図るかが課題である。また、STEP 適用に際しては、現地での日本の道路橋示方書認知度は非常に低いため、EN 及び Snip との関係を明記する必要がある。さらに材料を現地調達する場合は、Gost との関係も明確にする必要がある。

鋼橋上部構造（STEP 適用）の設計基準については、本邦独自の技術であること、日本の基準による設計は結果的に Eurocode による設計をカバーできると考えられること等から日本の基準（道路橋示方書）に準拠して実施することとした。

(3) 斜面対策

道路安全対策として現道の状況から判断される危険要素は、切土のり面からの表層崩壊による落石や土砂による通行障害、自然斜面からの落石や土砂崩壊による被災、比較的降水量が低いものの渓流からの土砂や落石の流出による通行障害や被災が想定される。

現状設計の道路線形と土工からこれらの危険要素の想定される箇所と斜面調査範囲を抽出したものを別添資料に示した。これらの危険斜面を対象に踏査を行い、災害タイプや規模、性状を把握し、「道路土工-切土工・斜面安定工指針（平成 21 年道路協会）」、「落石対策便覧（平成 12 年道路協会）」、「地すべり防止技術指針及び同解説（平成 20 年国土交通省）」により対策方針を検討する。

4.2.3 道路幾何構造設計

(1) 前提条件

1) 設計速度区間

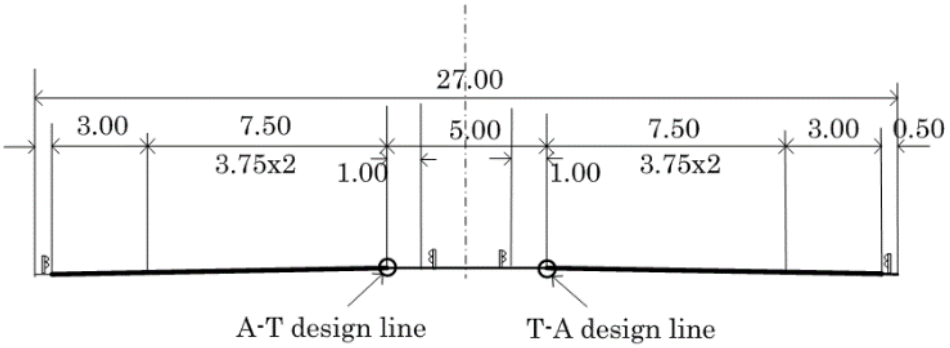
FS においてはズィルラ川沿いの山地部は設計速度 80 km/h、ゼスタフォニ～アウグヴェタの丘陵地－平坦地では設計速度 100 km/h が適用されており、その境界はクビリラ川橋梁と想定されていた。しかし、RDMRDI 及び IRD との協議の結果、この境界は約 2 km 西側に移動することとなった。

2) F4 区間開始位置

FS ではズィルラ川を渡る橋梁のアバットが F4 区間の開始地点であったが、DD においてはアウグヴェタ側に約 1 km 移動した。F/S の設計では F4 区間開始位置では、R=250 m の最小半径が使用されていたが、D/D においてはこの半径を大きくし、またトンネルにより尾根部の下を通過するオプションもあった。DD の開始時点では線形が未決定であり、これにより F4 区間の線形が左右されないように、影響が及ばない地点までずらしたとのことである。この地点は FS Chainage では km35+700.931 である。

3) 線形設計を行う側線

DD では、FS においても同様であったが、中央分離帯よりの車線と路肩の境界線に対して線形を与えている。これは往復の車道が独立の線形を有する場合に採用される形式である。従って、この形式では中心線の線形は存在しないことになる。



出典：JICA 調査団

図 4-44：線形設計を行う側線

4)　最小曲線半径

設計速度 80 km/h 区間においては、設計に使用する最小曲線半径として 400 m が設定された。これは参照したどの設計基準の最小曲線半径よりも大きく、努力目標値である。実際の DD においては、全ての曲線区間でこの目標値は達成されている。

同じ考え方を設計速度 100 km/h と 120 km/h に適用すると、曲線半径は 700 m と 1,000 m である。この値は構造令における望ましい最小曲線半径であり、幾何構造基準の項で紹介しているが、これらを下表にまとめる。

表 4-22：望ましい最小曲線半径

設計速度	120 km/h	100 km/h	80 km/h
曲線半径（m）	1,000	700	400
片勾配（%）	6	**6**	7
横方向摩擦係数（f）	0.05	0.05	0.05

出典：JICA 調査団

Direction: Argrave --> Tbilisi

Vertex No.	1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11
Curve Direction	L	L	L	R	R	L	R	L		R	L	R
Vertx Angle (Deg)	21.90	5.31	25.03	12.72	72.98	38.25	35.66	53.46		46.06	41.59	14.76
Radius of Curvature (m)	2,191.50	3,100.00	798.00	3,500.00	550.00	747.50	750.00	1,488.75		1,100.00	1,297.50	3,302.50
Clothoid Length (m)	120.00	0.00	119.75	0.00	120.00	120.00	120.00	119.55		120.00	119.88	0.00
Clothoid Parameter (A)	512.82	0.00	309.13	0.00	256.90	299.50	300.00	421.88		363.32	394.39	0.00
Tangent Length (m)	484.02	143.84	237.17	390.24	467.58	319.50	301.49	809.75		527.88	552.86	427.65
Curve Length (m)	957.59	287.48	468.38	777.28	820.52	619.07	586.81	1,508.69		1,004.37	1,061.72	850.57

Direction: Tbilisi --> Argraveta

Vertex No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Curve Direction	R	R	R	L	L	R	L	R	L	L	R	L
Vertx Angle (Deg)	21.90	5.31	25.03	12.72	72.98	38.25	35.66	56.92	5.47	44.05	41.59	14.76
Radius of Curvature (m)	2,208.75	3,700.00	803.00	3,500.00	642.00	753.00	750.00	1,511.25	3,500.00	1,100.00	1,302.50	3,297.50
Clothoid Length (m)	119.78	0.00	120.25	0.00	120.00	120.00	120.00	120.45	0.00	120.00	120.12	0.00
Clothoid Parameter (A)	514.36	0.00	310.74	0.00	277.56	300.60	300.00	426.65	0.00	363.32	395.55	0.00
Tangent Length (m)	487.25	171.68	238.53	390.24	535.52	321.41	301.49	879.58	167.18	505.21	554.88	427.00
Curve Length (m)	963.96	343.12	471.07	777.28	937.69	622.74	586.81	1,621.74	334.11	965.72	1,065.59	849.28

出典：IRD の設計図から JICA 調査団作成

図 4-45：設計のパラメータ

(2)　主要区間の設計上の特色

1)　F4 区間開始地点

F/S の設計では F4 区間の開始地点では尾根部と谷部の回り込みで、R=250 m の最小半径が使用されていた。しかし、最終的に決定された線形では、曲線半径を大きくし、Tun-1、Tun-2 トンネル 1、2 を経由して、ズィルラ川対岸の浅瀬に橋脚を建設し、橋梁（B-1）で渡っている。

出典：DD コンサルタントの設計図

図 4-46：F4 開始地点付近の線形図

2)　クヴェダ イレミ付近

F/S の設計ではクヴェダ イレミ付近では R=250 m の S 字型曲線で尾根部と谷部を回り込んでいた。しかし D/D ではズィルラ川の対岸の浅瀬に脚を建設し、ズィルラ川を渡河する橋梁を設定することにより線形は改善されている。

出典：DD コンサルタントの設計図

図 4-47：クヴェダ イレミ付近の線形図

3) トンネル-3 付近の線形変更

IP#7 の曲線部に計画されている Tun－3 は斜面を横断する形なので、T-A 車道は切土構造、A-T 車道はトンネル構造となる個所が出現し、非常に不安定である。このため両車道

間の離隔距離を大きく取ることが求められた。A-T 車道の曲線半径を 650 m から 550 m と小さくすることで Secant length を小さくし、結果的には離隔距離を大きく確保することができた。この線形を図 4-48 に示した。

出典：DD コンサルタントの設計図

図 4-48：Tun-3 付近の線形図

4)　IC No. 2 付近の線形

IC No. 2（ショラパニ西）付近の線形は曲線半径 550 m で S 字カーブを形成している。IC 付近の本線は合流、分流が行われることから、通常の区間以上の良い線形が求められている。この半径は設計速度 80 km/h で 1,000 m であり、特例値で 700 m である（表 4-19 参照）。従って、図 4-49 に示すように、この S 字カーブの半径を 750 m とする変更が行われた。

出典：DD コンサルタントの設計図

図 4-49：IC-2 付近の線形図

5)　ゼスタフォニ丘陵地の線形改良

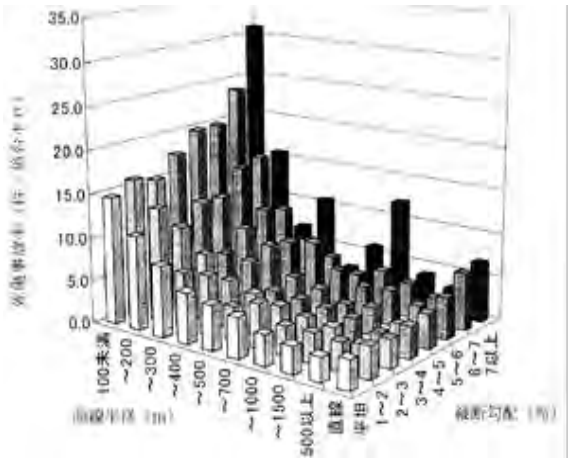
ゼスタフォニ丘陵地はなだらかな丘陵が連なり、本線の線形もなだらかなものである。F/S 設計図では円弧を直線と直結する、または円弧が反対方向に曲がる場合でも直結するような線形が見られた。これに対して DD においては緩和曲線を挿入し、S 字型曲線でも適切に処理されている。

出典：DD コンサルタントの設計図

図 4-50：ゼスタフォニ丘陵地帯の線形図（部分）

(3)　線形改良の定量的評価

線形を定量的な数値で評価するために事故率を使用した手法がある。図 4-51 は道路線形について平面線形と縦断線形のランク別に死傷者事故率を示したものである。縦軸は事故率で、1996 年から 3 年間の国道の死傷事故件数を億台キロ単位の交通量（台・km）で除したものである。この図によると平坦地で、半径が増加するに従い事故率は減少するが、100 m 未満から 400 m までは急激であり、400 m から 1,500 m までの減少は緩やかである。曲線半径 250 m（200 と 300 の間）では事故率 10 以上であるが、450 m（400 m と 500 m の間）では事故率は約 6 である。すなわち曲線半径を大きくすることは、事故率の低下に寄与していることが言える。



出典：平成 11 年道路交通センサス、交通事故統合データ
（平成 8～11 年）

図 4-51：道路線形別死傷者事故率（一般国道）

(4)　縦断線形

1)　ズィルラ川沿い区間

この区間は D/D では平面線形の改良のためにズィルラ川の対岸の浅瀬に橋脚を建て、橋梁を建設することにより平面線形を改良しているが、このことは縦断線形にも良い影響を及ぼしている。即ち、F/S では 3.5%の勾配区間も見られたが、D/D では 2%以下に抑えられている。

最大の勾配は2%で、クビリラ川及び鉄道を超える箇所で設定されている。この線形はインターチェンジも含む 1 つの長い縦断線形となっている。この勾配値はインターチェンジ付近の本線の規定値を満たしている。

2)　ゼスタフォニ丘陵区間

この区間の縦断線形は基本的な形状は F/S と酷似しているように見えるが、F/S で見られたような短い勾配区間で上下に折ることを繰り返すようなことはなく、統合されて長い勾配区間となっている。この結果、勾配値も低くなっている。

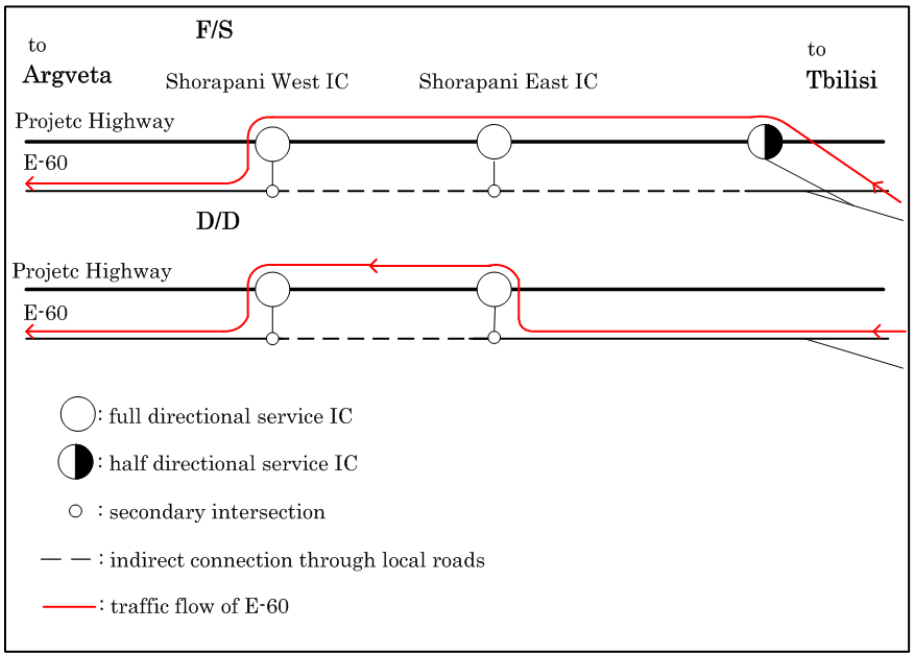
(5)　インターチェンジ（IC）

1)　F4 開始地点付近の IC

F/S ではこの位置にアウグヴェタ方面にだけサービスする IC が計画されていた。この地点よりアウグヴェタ方面の E-60 の現道道路敷が、計画道路に利用されるので、E 60 の交通機能を確保するためには必要な IC であった。しかし、ランプが取り付く道路が E 60 の本線でなく支線であり、サービス機能が十分に発揮されなかったであろうと思われる。

D/D においては、計画道路は現道道路敷を利用しないこととし、E-60 の交通機能はショラパニ IC まで維持されることとなった。従ってこの IC の必要性はなくなり、計画されていない。即ち、これによりズィルラ川と急峻な斜面との間の限られたスペースに IC を建設する必要はなくなった。

ショラパニ IC からゼスタフォニ東 IC までの間は計画道路は現道拡幅で建設されるので、E-60 の交通は現道を使用することができず、計画道路を利用することになる。この FS と DD のこれら IC 付近の交通の流れの変化を図 4-52 に模式的に表示した。

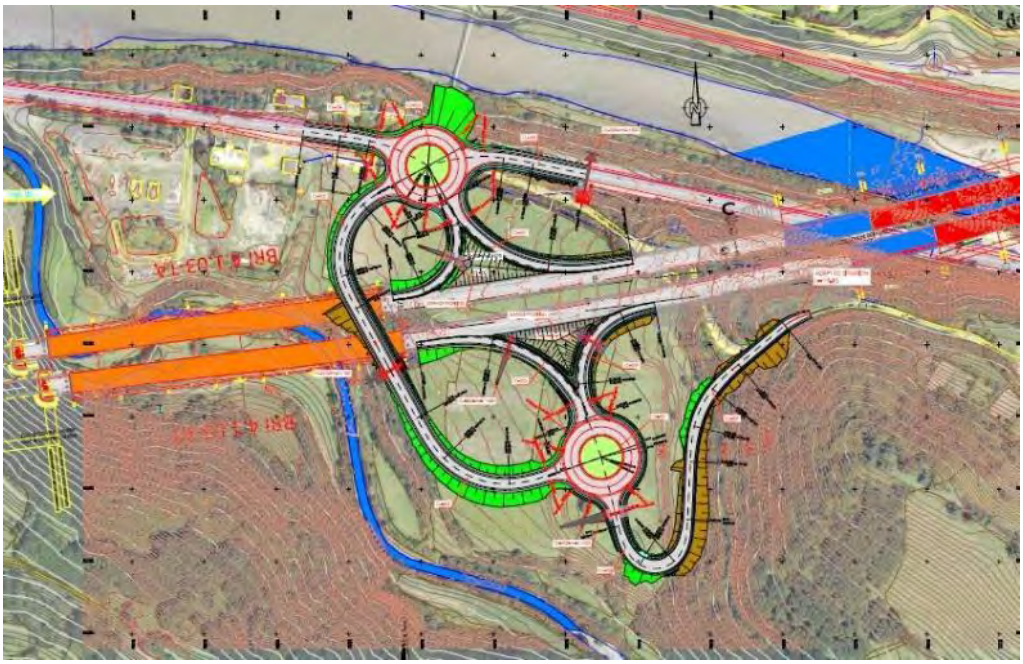


出典：JICA 調査団

図 4-52：IC と E-60 の交通の流れ

2)　IC-1（ショラパニ東）

トビリシ方向の左折ランプに対してはループを設定した変形トランペット形式である。本線と現国道との離隔距離があまりなく、右折ランプと左折ランプが別々に国道上のランドアバウトに取り付く形状となっている。また、アウグヴェタ方向はトンネルが近接して計画されており、これによる制約を受けている。更に山地側に存在する地方道が本線を超えて国道に接続するためのスペースがないため、左折ランプの途中にラウンドアバウトを設置して処理している。

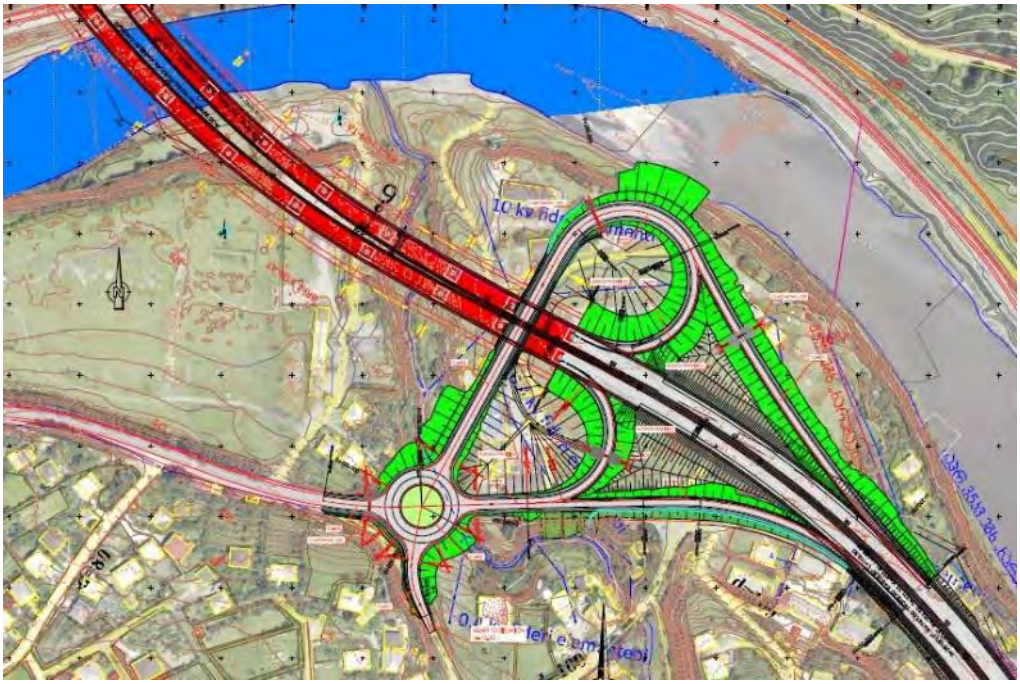


出典：DD コンサルタントの設計図

図 4-53：IC-1（ショラパニ東）

3)　IC-2（ショラパニ西）

アウグヴェタ方面の左折ランプにループを設置したトランペット形式である。長大な Br-4 のために、ノーズ位置が制約を受け、ノーズ位置、本線との交差位置ともにトビリシ方面にずれている。現国道との交差点はラウンドアバウト形式であるが、ここでも右折ランプと左折ランプは別々に接続している。

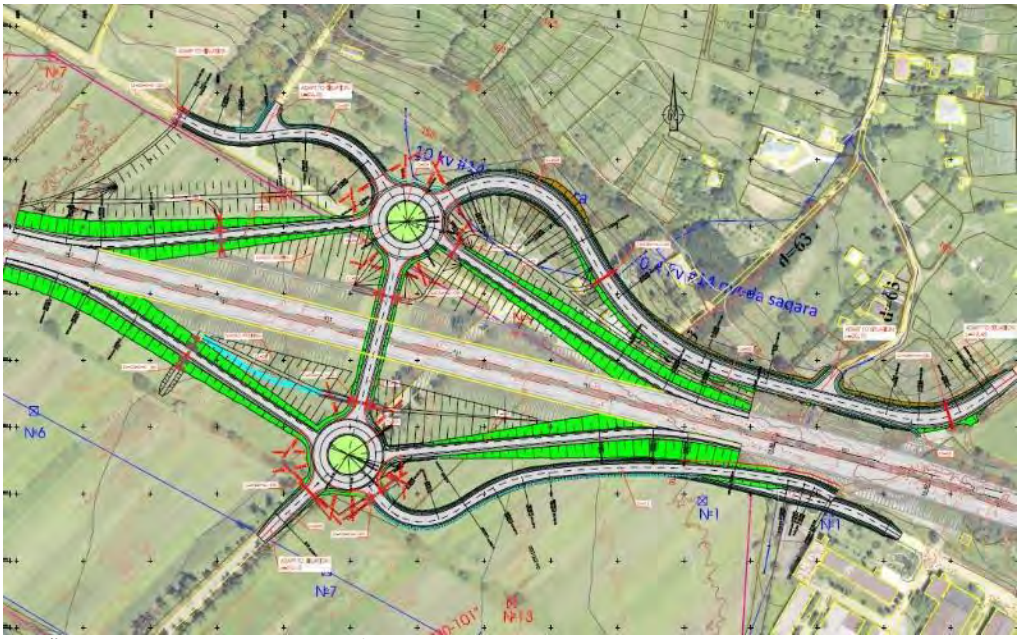


出典：DD コンサルタントの設計図

図 4-54：IC-2（ショラパニ西）

4）IC-3（ゼスタフォニ西）

ダイヤモンド形式のランプウェイで、現道取り付け個所には 2 か所のラウンドアバウト交差点を計画している。本線との交差は、現在の地方道との交差をアウグヴェタ方面に若干移動した位置で、ここには橋梁が計画されており、この橋梁で本線は IC の交通、地方道の交通と立体交差している。

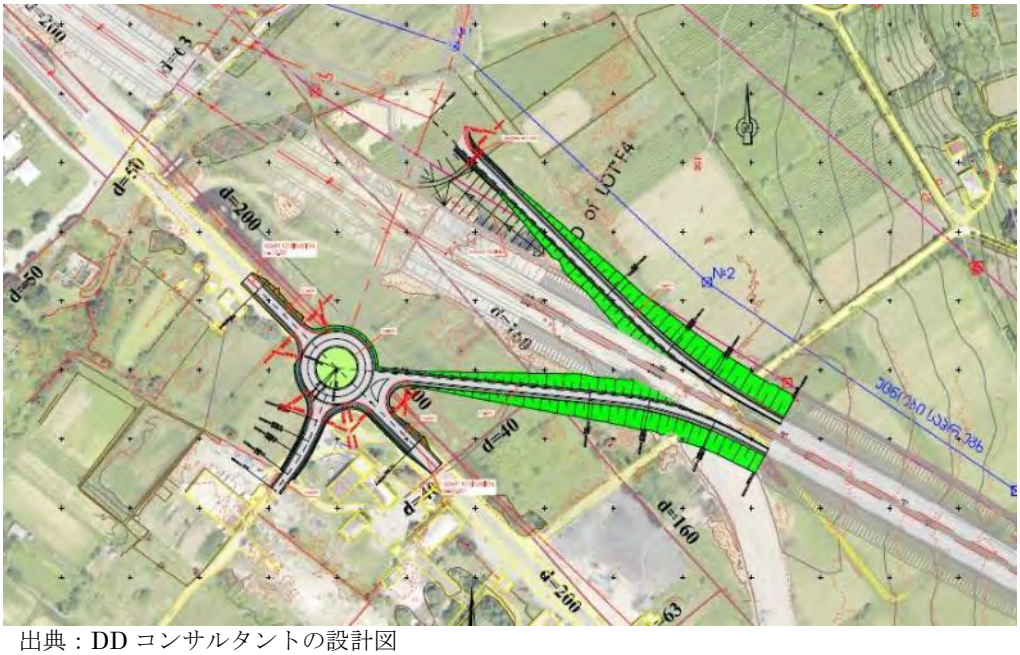


出典：DD コンサルタントの設計図

図 4-55：IC-3（ゼスタフォニ西）

5) IC-4（アウグヴェタ）

フェーズ 1 で計画され、既に着工しているこの IC の形状は、ランプウェイと交差道路との交差を 2 か所のラウンドアバウト交差点とするものである。



出典：DD コンサルタントの設計図

図 4-56：IC-4（アウグヴェタ）（End Point）

4.2.4 橋梁および構造物設計

(1) 概要

橋梁計画は ADB による DD 業務（IRD）の中で、JICA 調査団と連携しながら線形計画と同時に検討・立案された。その結果を表 4-23 に示す。

表 4-23：F4 工区の橋梁概要

No.	Direction	Location (km)		Length (m)	Width (m)	Number of Span	Span Arrangement	Approx.Max Pier height (m)	Crossing	Type
		Start	End							
BR4001	TA	1+246.25	1+875.70	630	14.0	12	42x2+60x4+54+60+48x4	23	Riv.Dzirula	Steel
	AT	1+257.44	1+857.90	600		12	48x2+60+48x4+60+48x4			
BR4002	TA	2+071.76	2+965.06	894	14.4-14.0 -16.0	16	48+54+60x4+48+60+54+60x3+48+60+ 42+60	21	Riv.Dzirula	Steel
	AT	2+068.21	2+914.98	846		15	54+60x5+48+60+54+60x2+54x2+42+6 0			
BR4003	TA	3+249.82	3+485.82	236	15.5-14.0	7	33 + 34 x5 + 33	13	IC	PSC
	AT	3+230.00	3+466.00	236		7	33 + 34 x5 + 33		Riv. Barimela	
BR4004	TA	5+833.97	6+276.62	438	16.0 - 14.5	8	48x2+54x4+72+54	31	IC Riv.Putula	Steel
	AT	5+859.08	6+316.45	462		8	48x2+60x4+72+54		Riv. Kvirila Railway	
BR4005	TA	9+009.00	9+211.00	202	14.0	6	33 + 34 x4 + 33	15	Valley	PSC
	AT	9+048.00	9+250.00	202		6	33 + 34 x4 + 33			
BR4006	TA	10+121	10+220	99	14.0	3	33x3	10	Valley	PSC
	AT	10+145	10+243	98		3	33x3			
BR4007	TA	7+034	7+066	32	14.0	1	33	6	Valley	PSC
	AT	7+064	7+097	33		1	33			
Total Length (m)		Steel (m)		PSC (m)		subtotal(m)				
	TA	1962	3,870	570	1,140	2,532	Grand Total (m)			
	AT	1908		570		2,478	5,010			

TA;Tbilisi →Argveda　AT;Argveda→Tbilisi　; STEP Applicable

出典：JICA 調査団

このうち本邦技術適用可能な構造として、鋼製橋梁 BR4001、BR4002、BR4004 の上部工を挙げることとした。

設計については、設計方法を含めて本邦独自の技術であることから D/D コンサルタントによる設計が事実上困難であると考えられたため、また時間的および契約上の制約等から JICA 調査団により発注に必要な精度の上部工の予備設計[5] を行うこととなった。なお設計基準については、本邦独自の技術であること、日本の基準による設計は結果的に Eurocode による設計をカバーできると考えられること等から日本の基準に準拠して実施することとした。

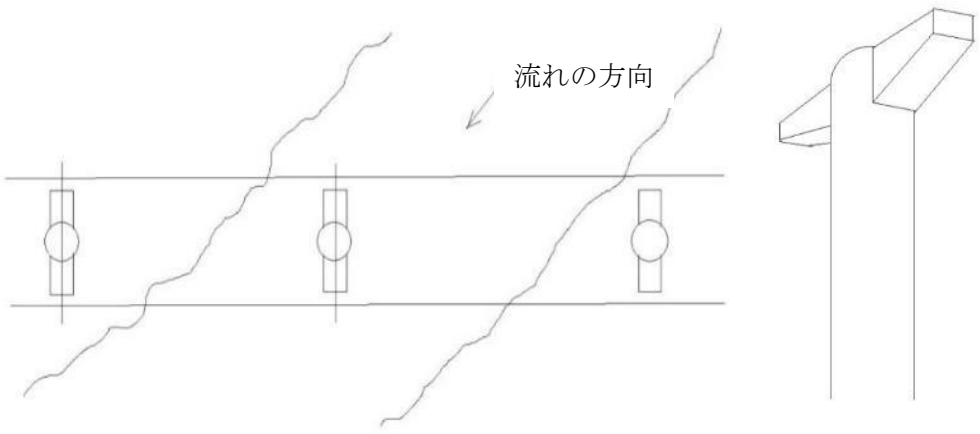
なお下部構造設計は、上記により算出された上部工反力を用いて D/D コンサルタントが実施した。

(2)　河川蛇行部橋梁

橋梁 BR4001 及び BR4002 は、ズィルラ川蛇行部を直線的に横切り、さらに両端部で現道と立体交差する橋梁である。

蛇行部の流れの方向は一定でないため、橋脚柱断面は円形とすることができる。この場合、局部洗掘深は、直径と同じ短辺幅の小判型と同じとなる（Evaluating Scour at Bridges（FHWA））。一方、河道幅は約 50 m～100 m で変化しており、河道内橋脚をφ3.0 m 円形断面一基とした場合、想定される河川阻害率（合計橋脚幅／計画河道幅（%））は最大で 6%（許容値 7%；日本の高速道路の場合）となる。当該橋梁の最大橋脚高さは 23 m であり、RC 柱が可能と考えられる。また円形柱とした場合、支承を設置する橋脚梁の方向が自由に選定できるため、上部工支承線方向を直角（直橋）とすることができるメリットがある。（図 4-57）

一方架橋付近のズィルラ川には、河道内に橋脚を有する多くの鉄道橋および道路橋が既にあること、および IRD による Hydraulic Report（GD.HYD.4000.GE.RP0120/IRD DFR December 2017）を踏まえ、橋梁の径間長は 60～72 m が適切と考えられた。



出典：JICA 調査団

図 4-57：河川内における円柱橋脚のメリット

[5] 下部工・基礎工の詳細設計は、上記により算出された上部工反力を用いて DD 担当会社が実施した。

現在、ジョージア国には河川構造物を制限する明確な基準が整備されていないため、JICA 調査団は、以下の条件を提示した。

1) 河川内の橋脚柱は、流れ方向に平行な小判型が設置できない場合、円柱断面とする。
2) 河川内橋脚の基礎は、計画河床高が設定されていない場合、現況河床から 0.5 m 以下に設置する。
3) 施工中においても、極力流れを阻害しない構造とする。

(3) 鋼上部工設計

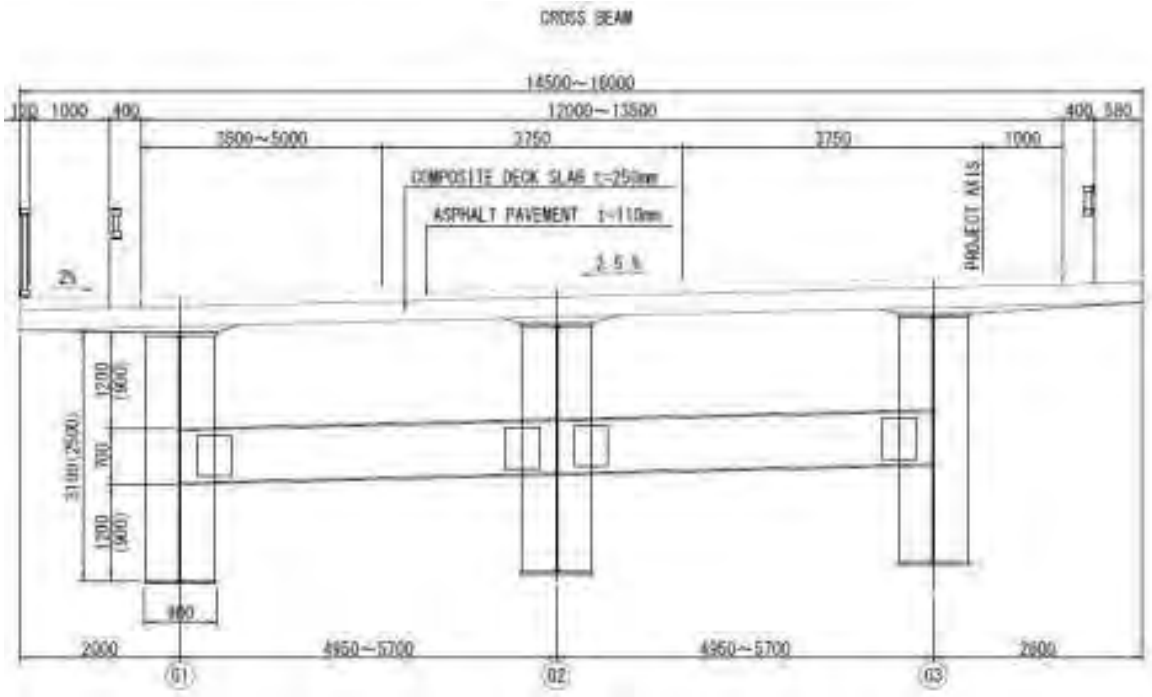
本設計では、全連続桁形式を採用することにより高い走行性を得ると同時に、耐震性、耐久性、維持管理性の大幅向上を図った。さらに、本邦耐震技術の代表の一つである水平力分散支承を採用した。これにより、河川部橋脚のコンパクト化を図った。

合理化鈑桁＝少数鈑桁の設計上の留意点として日本の設計マニュアルでは以下のように述べられている。

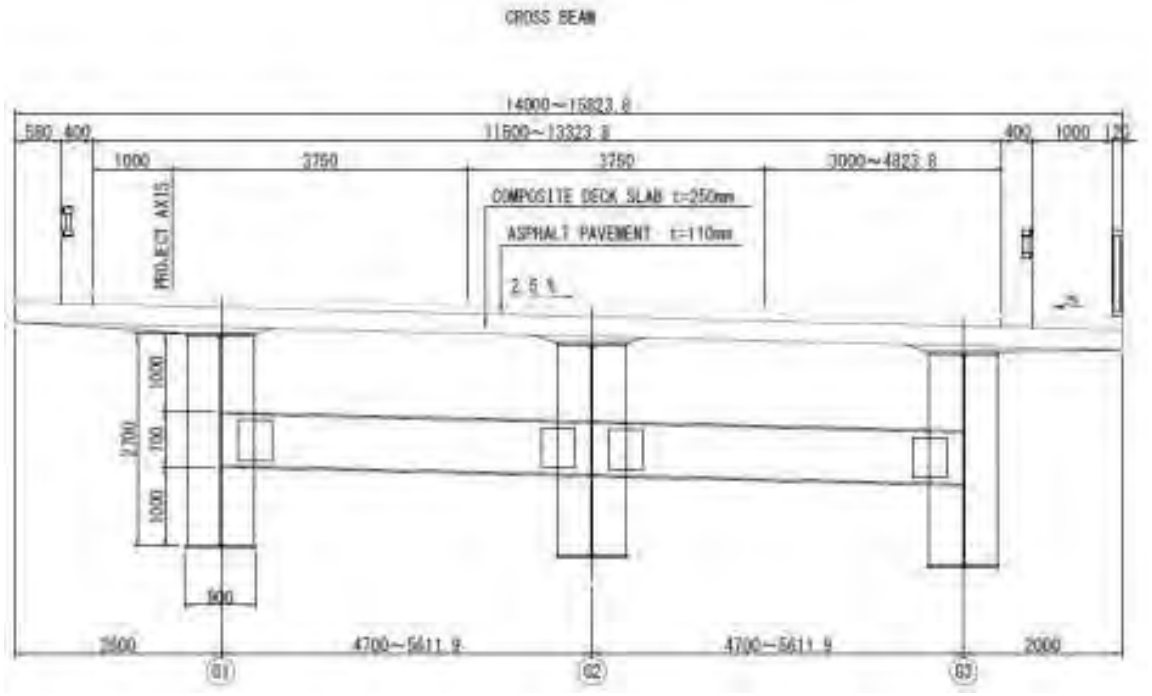
1) 床版支間は 6 m 程度が望ましい。
2) 床版側端部張出し長は中央支間長の 0.4 以下とする。
3) 上下フランジ幅はウェブ高の 1/3 以下とする。（局部座屈に対する許容圧縮応力低下防止）
4) 横桁は鋼鈑形式とし、縦・横リブ、ブラケット等小片部材を極力使用しない。

耐候性鋼材については、ジョージア国では凍結防止剤使用が無いことを確認し、採用することとした。

採用した上部工断面を図 4-58 に示し、設計結果を添付 4.1 に示す。



BRI4004AT



BRI4001AT, BRI4002AT

出典：JICA 調査団

図 4-58：鋼橋梁断面図

4.2.5　トンネル設計

(1)　トンネルの区間および延長

表 4-24 に、FS から最終設計段階までのトンネル計画区間の位置および延長の変化経緯を示している。表 4-25 には、最終設計におけるトンネル計画区間と延長について整理している。両表から重要な事項を記述すると以下の通りである。

① 表 4-24 に示したように、FS では 5 ケ所、10 個のトンネル、総延長 6,775 m として計画されていたが、詳細設計の最終では 6 ケ所、12 個のトンネル、総延長 8,514.399 m として計画された。
② 詳細設計の最終で追加となった 2 個のトンネル（T-TA-6、T-AT-6）は、FS では切土区間として計画されたが、詳細設計の初期段階にトンネル全区間を開削トンネルとして検討したものの、最終計画では縦断を下げ NATM トンネルとして変更となった。
③ 表 4-25 に示したように、総 12 個のトンネルの総延長 8,514.399 m は、発破および機械による掘削トンネル 7,975.409 m と開削トンネル 539.69 m で構成される。開削トンネルはトンネル 12 個の始点および終点に全部計画されている。開削トンネルが多く計画された背景には、トンネルの線形と現斜面がなす位置関係から、切土斜面の最小化を図ったのが最も大きい。

(2)　トンネル坑口の位置

添付 4.4 図 1-1～図 1-30 に坑口部付近におけるトンネルと地形の位置関係を示す。路線の平面線形からトンネル坑口の多くが急斜面の偏圧地形下に位置しているため、短いトンネルが繋がるトンネル 1 とトンネル 2 の間には切土斜面の高さが 40 m を超える。従って、詳細設計では切土後岩盤斜面として残る区間を最小化するため、工事中安定すれば良い切土斜面で対応できる開削トンネル区間をトンネルの両側に設けるなどの設計が行われている。

しかしながら、トンネル 6 の終点（アウグヴェタ）側の坑口位置は適切ではないことは JICA 調査団から D/D コンサルタントへ指摘し、議論を重ねた。JICA 調査団の見解では、現在の D/D 案はトンネルの延長が無駄に長く、80 m ほどは短くできるものと考えている。同個所は、図 4-59 および図 4-60 に示したように、土被りが 10 m 以下と浅い上、掘削面に土砂が現れる可能性が高いことから、トンネル掘削時安定性の確保が十分ではないために他区間に比べ工事費が高くなる区間である。また周辺に民家などはなく、環境上配慮しなければならない箇所ではない。従って、図 4-61 に示したように、終点側坑口の位置を、T-AT-6 の場合 9+726.883 から 9+642.883、T-TA-6 の場合 9+709.02 から 9+625.02 に変更することが望ましいものと考える。

(3)　トンネル・インバートの設置有無

D/D コンサルタントの設計は、ADECO（Analisi delle DEformazioni COntrollate, Analysis of Controlled Deformation）Method という解析に基づいている。その特徴として、ライニングおよびインバートの厚さが日本基準の設計に比べて厚いことが挙げられる。

特にインバートがトンネル区間全体に渡って 70～80 cm と厚く設計されている（表 4-26 参照）。表 4-27 に示した通り、日本における 2 車線道路トンネル建設時の標準支保パターンと比較すると厚い上、比較的に地盤条件が良くなるとインバートを必要としない日本の設計思想および実績とは異なる考え方である。インバートの必要性については、DD コンサルタントのトンネル・エンジニアと協議をし、施工時の地盤状況が RMR による地盤分類で Class II 以上（RMR≧61、表 4-28 参照）であればインバートを設けなくても良いという意見もあったが、現段階では設計には反映されていない。施工時に確認される地盤状況に基づいて再度検討すべきである。

(4)　トンネルの排水システム

覆工背面に湛水すると、水圧が外力として覆工に作用し、トンネルとしての安定を損なう恐れがあるほか、覆工等から漏水が生じると、凍害による覆工の劣化、冬期のつらら、側氷の発生、 照明・防災機器類の腐食および短絡など、トンネルの耐久性や維持管理上に問題が発生する。特に、漏水による機器更新時期の短縮に伴う損失額は、トンネルの維持管理費の増加につながる。従って、一般的には吹付けコンクリートと覆工との間に防水材を設け、トンネル内への湧水の流入を防ぐなどして、対応が図られる。

排水工の設計にあたっては、トンネル内の湧水、トンネル内の洗浄汚水、自動車走行に伴う持込水、漏水等をトンネル内に湛水させることなく速やかにトンネル外に排出できる機能を持たせることが必要不可欠である。このためには、十分な通水断面や勾配を確保する必要があるほか、排水系統の分離や将来の維持管理の方法も勘案した上で、適切な設計となるように心掛けねばならない。図 4-62 には、トンネル排水工に関する DD コンサルタントの設計と日本の一般的な設計の比較を示す。

DD コンサルタントによる最終設計案での排水工設計では、覆工防水工によって集水された湧水を 50 m 間隔の横断排水工（φ150 mm）を通じて導水し、トンネル両側に 1 箇所ずつトンネル全長に渡る縦断排水工（φ250 mm）を設けることとしている。日本の設計においては、50 m 間隔の横断排水工（φ150 mm）を通じて導水し、トンネル中央にトンネル全長に渡る縦断排水工（φ300 mm）を 1 箇所設けることが一般的であり、これと D/D 案を比較すると、D/D 案でのトンネル坑外への導水能力は問題ないものと考えられる。

(5)　箱抜き部のライニング厚さ

トンネル内には、一般に、非常電話ボックス、消火栓、消火器、照明用分電盤などの非常用施設関係の機器が設置される。これらの機器は、通常は側壁部に設置されるが、トンネル断面の余裕が少ないため機器寸法の大きなものは、あらかじめ覆工等内に収納するための空間（箱抜き）を設ける必要がある。

箱抜き部周辺のライニング厚さに対して、図 4-63 に示したように、DD コンサルタントの設計と日本の一般的な設計に相違があり、DD コンサルタントの設計の方が日本の設計と比較して、薄いものとなっている。しかしながら、今回のトンネル等級に設置される非常用施設の大きさが大きくないことから、箱抜き部周辺のライニング厚さは、DD コンサルタントの提案の値で問題ないものと判断される。

(6)　避難連絡坑の設計

F-4 区間では 6 ケ所 12 トンネルが計画されているが、各トンネルの延長により、トンネル 3（T-AT-3 と T-TA-3 の間）で 2 ケ所、トンネル 4（T-AT-4 と T-TA-4 の間）で 1 ケ所、トンネル 5（T-AT-5 と T-TA-5 の間）で 2 ケ所の総 5 ケ所で避難連絡坑が計画されている。全て対人用の避難連絡坑である。避難連絡坑は火災時等にトンネル内に取り残された運転者や同乗者をトンネルの外へ避難させるための設備である。

図 4-64 に示したように、現在の DD コンサルタントの設計では、避難連絡坑に換気ファンや 2 重ドア、避難室などが設けられているが、当該坑は一刻も早く避難させることが目的であることを考えると、これら付帯設備は極力設置しないことが望ましいと考える。

(7)　機械掘削の必要性

トンネル 5（T-AT-5、T-TA-5）とトンネル 6（T-AT-6、T-TA-6）は土被りが浅いうえトンネル直上に民家が点在しているため、住民および構造物に対する振動・騒音のような環境上の配慮を設計に反映しないといけない。このような条件下では機械掘削を適用する。

発破による掘削工法を採用したときの振動に対する検討結果は以下の通りである。

直上に共同住宅が位置する Sta、7+900（トンネル 5 の終点側では最も高い所、土被り 36 m 程度）における発破掘削時の振動を予測すると、表 4-29 の地盤振動レベル予測の計算結果①に示したように、80.4 dB が予測された。この値は、表 4-30 によると、屋内にいる人のほとんどが揺れを感じる、また恐怖感を覚える人もいるという震度 3 の弱のレベルに相当する。規制値として、日本の火薬学会が提言する夜間 64 dB（昼間 79 dB）の発破振動レベル満たす距離を計算すると、表 4-29 の地盤振動レベル予想の計算結果②に示したように、民家が発破地点から 103 m 離れる必要がある。

以上の検討結果を踏まえたとき、仮にトンネル 5 において発破掘削が採用された場合、トンネル T-AT-5 の場合 Sta.7+700（土被り約 26 m）付近から Sta.8+300（掘削区間の終点、土被り約 5.3 m)の間、掘削トンネル延長の約 52%が発破時振動の影響を受けると予測される。トンネル T-TA-5 の場合は、Sta.7+670（土被り約 15 m）付近から Sta.8+230（掘削区間の終点、土被り約 5 m）の間以外に Sta.7+520 付近約 160 m 区間、掘削トンネル延長の約 65%が発破時振動の影響を受けると予想される。

以上の結果からも、トンネル 5 及びトンネル 6 においては、機械掘削工法が適用されることが望ましい。

(8)　機械掘削マシン（ロードヘッダー）の規格

表 4-31 にボーリング調査時採収されたコアを用いた室内試験結果を、表 4-32 に地表面の露頭調査時採収された試料による室内試験結果を示した。機械掘削の対象となるトンネル 5（T-AT-5、T-TA-5）とトンネル 6（T-AT-6、T-TA-6）に対する試料の地質は石灰砂岩（Calcarenite）であり、それらの一軸圧縮強度は 11.49～85.60 N/mm^2 と幅が広く、所々強度が高い箇所では掘進の遅れが発生する可能性があることも示している。従って、掘削機の選定にあたっては、より馬力のある掘削機を使用することが望まれる。日本の機械掘削マシンを製作しているメーカはそれぞれ、地盤の一軸圧縮強度 20 N /mm^2 前後までを対象とするマシンと、50 N/mm^2 前後までを対象とするマシンを製作している。

トンネル計画深度付近の試料を対象に得られた一軸圧縮強度は 20 N/mm^2 より高い強度を持つところが多くみられるため、最低でも 20 N/mm^2 以上に対応可能な掘削機が選定されるべきである。

(9)　機械掘削マシン（ロードヘッダー）の必要台数

機械掘削マシン（ロードヘッダー）を用いて掘削するトンネルは 2 ケ所 4 トンネルであり、長さは、T-AT-5 : 1,193 m、T-TA-5 : 1,152 m、T-AT-6 : 450 m、T-AT-6 : 444 m である。

T-AT-5、T-TA-5 は延長が 1,000 m を超える上に、機械掘削マシンには機動性がないため、それぞれに専用マシンが一台ずつ必要である。一方、T-AT-6、T-TA-6 は同じ箇所に位置する延長が短いトンネルであり、トンネル延長の約 70%が補助工法を必要とする。その補助工法 Umbrella method（DD コンサルタントの報告書では Vault forepoling）は、1 シフト当り 2 日（レジン系の注入材）あるいは 3 日間（セメント系の注入材）の施工期間が必要である。補助工法の施工後、トンネル掘削は 2 日あるいは 3 日で終わる。補助工法が施工された 9～10 m 区間の掘削が終了すると、また新しい 1 シフトとしての補助工法施工に 2 日あるいは 3 日間の施工期間が必要である。その後、トンネル掘削は 2 日あるいは 3 日かかる。トンネル 6 ではトンネル延長の 70%以上の区間において、このような作業の繰り返しである。よって、T-AT-6 が補助工法の施工時、T-TA-6 は掘削作業をする、または反対に T-AT-6 が掘削作業の時、T-TA-6 は補助工法を施工するなどの施工上の工夫が必要である。機械掘削マシンに機動性はないが、両トンネル（TA-6、AT-6）とも坑口の位置が同じである上、同じ平面上に位置するため、マシンの共有による掘削作業の遅れが生じた場合でも、全体工程上クリティカルになるものではないと判断される。

以上より、本プロジェクトのために必要な機械掘削マシン（ロードヘッダー）は 3 台が適切である。

表 4-24：トンネル計画区間延長の変化経緯

Location		F/S		Interim 1		Final	
		TBILISI → ARGVETA (TA)	ARGVETA → TBILISI (AT)	TBILISI → ARGVETA (TA)	ARGVETA → TBILISI (AT)	TBILISI → ARGVETA (TA)	ARGVETA → TBILISI (AT)
TUNNEL-1	T-TA-1	300 m		330 m (0+260～0+590)		399 m (0+226～0+625)	
	T-AT-1		390 m		490 m (0+190～0+680)		532 m (0+165～0+697)
TUNNEL-2	T-TA-2	455 m		370 m (0+830～1+200)		445 m (0+775～1+220)	
	T-AT-2		780 m		460 m (0+760～1+220)		487 m (0+748～1+235)
TUNNEL-3	T-TA-3	570 m		770 m (3+500～4+270)		803.45 m (3+490～4+293.45)	
	T-AT-3		685 m		1,125 m (3+475～4+610)		1,161.411 m (3+475.31～4+636.721)
TUNNEL-4	T-TA-4	720 m		700 m (6+320～7+020)		734.7 m (6+288.32～7+023.02)	
	T-AT-4		690 m		685 m (6+345～7+030)		713.53 m (6+331.35～7+044.88)
TUNNEL-5	T-TA-5	1,085 m		1,120 m (7+130～8+250)		1,152 m (7+107.02～8+259.02)	
	T-AT-5		1,100 m		1,155 m (7+145～8+300)		1,193 m (7+136.883～8+329.883)
TUNNEL-6	T-TA-6			350 m (9+350～9+700)		444 m (9+265.02～9+709.02)	
	T-AT-6				350 m (9+350～9+700)		450 m (9+276.883～9+726.883)
Sub-Total		3,130 m	3,645 m	3,290 m	7,205 m	3,978.15 m	4,536.94 m
Total		6,775 m		7,905 m		8,515.09 m	

出典：DD Consultants の Draft Final Report を基に JICA 調査団作成

表 4-25：トンネルの最終設計の区間および延長

		TBILISI → ARGVETA (TA)	ARGVETA → TBILISI (AT)	Cut & Cover Tunnel (Tbilisi side)	Excavation Tunnel (NATM Tunnel)	Cut & Cover Tunnel (Argveta side)
TUNNEL-1	T-TA-1	399 m (0+226～0+625)		30 m (0+226～0+256)	344 m (0+256～0+600)	25 m (0+600～0+625)
	T-AT-1		532 m (0+165～0+697)	25 m (0+165～0+190)	487 m (0+190～0+677)	20 m (0+677～0+697)
TUNNE-2	T-TA-2	445 m (0+775～1+220)		45 m (0+775～0+820)	380 m (0+820～1+200)	20 m (1+200～1+220)
	T-AT-2		487 m (0+748～1+235)	17 m (0+748～0+765)	455 m (0+765～1+220)	15 m (1+220～1+235)
TUNNEL-3	T-TA-3	803.45 m (3+490～4+293.453)		15 m (3+490～3+505)	763.453 m (3+505～4+268.453)	25 m (4+268.453～4+293.453)
	T-AT-3		1,161.411 m (3+475.31～4+636.721)	6.69 m (3+475.31～3+482)	1,138.72 m (3+482～4+620.72)	16 m (3+620.721～4+636.721)
TUNNEL-4	T-TA-4	734.7 m (6+288.32～7+023.02)		20 m (6+288.32～6+308.32)	699.704 m (6+308.316～7+008.02)	15 m (7+008.02～7+023.02)
	T-AT-4		713.53 m (6+331.35～7+044.88)	20 m (6+331.35～6+351.35)	678.53 m (6+351.35～7+029.88)	15 m (7+029.883～7+044.883)
TUNNEL-5	T-TA-5	1,152 m (7+107.02～8+259.02)		15 m (7+107.02～7+122.02)	1,107 m (7+122.02～8+229.02)	30 m (8+229.02～8+259.02)
	T-AT-5		1,193 m (7+136.883～8+329.883)	15 m (7+136.883～7+151.883)	1,148 m (7+151.883～8+299.883)	30 m (8+299.883～8+329.883)
TUNNEL-6	T-TA-6	444 m (9+265.02～9+709.02)		25 m (9+265.02～9+290.02)	384 m (9+290.02～9+674.02)	35 m (9+674.02～9+709.02)
	T-AT-6		450 m (9+276.883～9+726.883)	25 m (9+276.883～9+301.883)	390 m (9+301.883～9+691.883)	35 m (9+691.883～9+726.883)
Sub-Total		3,978.15 m	4,536.94 m	258.69 m	7,975.4 m	281 m
Total		8,515.09 m		8,515.09 m		

NATM トンネル	7,975.40 m
開削 (Cut & Cover)トンネル	539.69 m

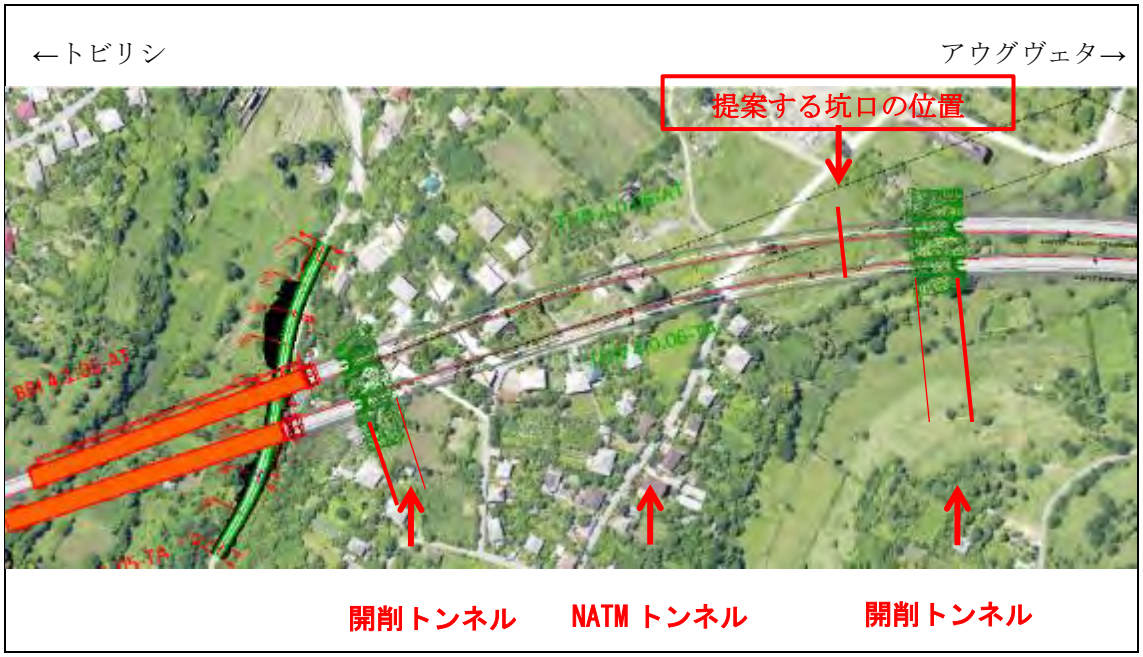
出典：DD Consultants の Draft Final Report を基に JICA 調査団作成

出典：DD Consultants の図面を基に JICA 調査団作成

図 4-59：トンネル AT-6 西坑口部における地形とトンネルの位置関係

出典：DD Consultants の図面を基に JICA 調査団作成

図 4-60：トンネル TA-6 西坑口部における地形とトンネルの位置関係



出典：DD Consultants の Draft Final Report を基に JICA 調査団作成

図 4-61：トンネル T-AT-3 および T-TA-6 における坑口の位置

表 4-26：DD コンサルタントの標準支保パターン（1／2）（一般区間）

Support \ Ground Condition			Good to Very Good rock mass condition			Good to Weak rock mass condition			
			A0	A1	A0V	B0	B1	B0V	B2V
SHOTCRETE	Material		SFRS	SFRS	SFRS	SFRS	SFRS	SFRS	SFRS
	Thickness (cm)		20	20	20	20	20	20	20
	Quality		C 32/40	C 32/40	C 32/40	C 32/40	C 32/40	C 32/40	C 32/40
	Steel Fiber Quantity		≧ 30 kg/m^3	≧ 30 kg/m^3	≧ 30 kg/m^3	≧ 30 kg/m^3	≧ 30 kg/m^3	≧ 30 kg/m^3	≧ 30 kg/m^3
ROCK BOLT	Length (m)		-	6	-	-	6	-	-
	Diameter (mm)		-	25	-	-	25	-	-
	Spacing (m)	Circumferential	-	2.05	-		2.05	-	
		Longitudinal	-	1.2	-		1.4	-	
	Numbers		-	9-10 Stagged	-	-	9-10 Stagged	-	-
	Anchorage Method		-	Grouting	-	-	Grouting	-	-
	Area of Installation		-	Top Heading、 162°	-	-	Top Heading、	-	-
STEEL SUPPORT	Material		S275	-	S275	S275	S275	S275	S275
	Identification		2 IPN 160	-	2 IPN 160	2 IPN 180	2 IPN 180	2 IPN 180	2 IPN 180
	Spacing (mm)		1.2	-	1.0	1.2	1.4	1.0	1.0
FOREPOLING	Material				S 355 Steel Pipe			S 355 Steel Pipe	S 355 Steel Pipe
	Length (m)				15			15	15
	Center to CENTER (cm)				39			39	39
	Area of Installation				Top Heading 132°			Top Heading 132°	Top Heading 132°
	Numbers				39			39	39
	Diameter of Steel Pipe (Outer、mm)				114.3			114.3	114.3
	Overlap Length (m)				Min. 5 m			Min.5 m	Min. 5 m
	Diameter of the Borehole (mm)				160			160	160
	Radial Inclination (%)				5.83 (3°～4°)			5.83 (3°～4°)	5.83 (3°～4°)
CORE-FACE REINFORCE-MENT	Material								Fiber Glass Bolt
	Length (m)								18
	OVERLAP (m)								8
	Numbers								55
	Grouting Material								Cement
LINING THICKNESS	Strength Class		C 28/35	C 28/35	C 28/35	C 28/35	C 28/35	C 28/35	C 28/35
	Vault (Crown、Side Wall) (cm)		40	40	40 - 110	65	65	40-110	40-110
	INVERT (cm)		70	70	70	80	80	80	80

出典：DD Consultants の Draft Final Report を基に JICA 調査団作成

表 4-26：DD コンサルタントの標準支保パターン（2／2）（拡幅断面区間）

Support \ Ground Condition			Good to Very Good rock mass condition			Good to Weak rock mass condition			
			A0 Wide	A1 Wide	A0V Wide	B0 Wide	B1 Wide	B0V Wide	B2V Wide
SHOTCRETE	Material		SFRS	SFRS	SFRS	SFRS	SFRS	SFRS	SFRS
	Thickness (cm)		20	20	20	20	20	20	20
	Quality		C 32/40	C 32/40	C 32/40	C 32/40	C 32/40	C 32/40	C 32/40
	Steel Fiber Quantity		≧ 30 kg/m^3	≧ 30 kg/m^3	≧ 30 kg/m^3	≧ 30 kg/m^3	≧ 30 kg/m^3	≧ 30 kg/m^3	≧ 30 kg/m^3
ROCK BOLT	Length (m)		-	6	-	-	6	-	-
	Diameter (mm)		-	25	-	-	25	-	-
	Spacing (m)	Circumferential	-	2.05	-		2.05	-	
		Longitudinal	-	1.2	-		1.4	-	
	Numbers		-	9-10 Stagged	-	-	9-10 Stagged	-	-
	Anchorage Method		-	Grouting	-	-	Grouting	-	-
	Area of Installation		-	Top Heading、 162°	-	-	Top Heading、	-	-
STEEL SUPPORT	Material		S275	-	S275	S275	S275	S275	S275
	Identification		2 IPN 160	-	2 IPN 160	2 IPN 180	2 IPN 180	2 IPN 180	2 IPN 180
	Spacing (mm)		1.2	-	1.0	1.2	1.4	1.0	1.0
FOREPOLING	Material				S 355 Steel Pipe			S 355 Steel Pipe	S 355 Steel Pipe
	Length (m)				15			15	15
	Center to CENTER (cm)				39			39	39
	Area of Installation				Top Heading 132°			Top Heading 132°	Top Heading 132°
	Numbers				39			39	39
	Diameter of Steel Pipe (Outer、mm)				114.3			114.3	114.3
	Overlap Length (m)				Min. 5 m			Min.5 m	Min. 5 m
	Diameter of the Borehole (mm)				160			160	160
	Radial Inclination (%)				5.83 (3°～4°)			5.83 (3°～4°)	5.83 (3°～4°)
CORE-FACE REINFORCE-MENT	Material								Fiber Glass Bolt
	Length (m)								18
	OVERLAP (m)								8
	Numbers								55
	Grouting Material								Cement
LINING THICKNESS	Strength Class		C 28/35	C 28/35	C 28/35	C 28/35	C 28/35	C 28/35	C 28/35
	Vault (Crown、Side Wall) (cm)		52	52	52 - 122	77	77	52-122	52-122
	INVERT (cm)		70	70	70	80	80	80	80

出典：DD Consultants の Final Report を基に JICA 調査団作成

表 4-27：日本の 2 車線道路トンネル標準支保パターン

(Ordinary section tunnel、inner width : about 8.5 m to 12.5 m)

一般部：

Class of ground	Support pattern	Standard Round Length (m)	Rock bolt				Steel support			Wire mesh	Thickness of Shotcrete (cm)	Thickness of Lining	
			Length (m)	Spacing		Area of Installation	Top heading	Bench	Spacing (m)			Arch、Side Wall (cm)	Invert (cm)
				Circumferential Direction (m)	Longitudinal Direction (m)								
B	B	2.0	3.0	1.5	2.0	Top heading 120°	—	—	—	—	5	30	
CI	CI	1.5	3.0	1.5	1.5	Top heading	—	—	—	—	10	30	(40)
CII	CII-a	1.2	3.0	1.5	1.2	Top heading、Bench	—	—	—	—	10	30	(40)
	CII-b						H-125	—	1.2				
DI	DI-a	1.0	3.0	1.2	1.0	Top heading、Bench	H-125	H-125	1.0	Top heading、Bench	15	30	45
	DI-b		4.0										
DII	DII	1.0 or less	4.0	1.2	1.0 or less	Top heading、Bench	H-150	H-150	1.0 or less	Top heading、Bench	20	30	50

坑口部：

Support pattern	Round Length (m)	Rock bolt				Steel support			Wire mesh	Thickness of Shotcrete (cm)	Thickness of Lining	
		Length (m)	Spacing		Area of Installation	Top heading	Bench	Spacing (m)			Arch、Side Wall (cm)	Invert (cm)
			Circumferential Direction (m)	Longitudinal Direction (m)								
DⅢa	1.0	4.0 (3.0)	1.2 (.06)	1.0 (1.0)	Top heading、Bench	H-200	H-200	1.0	Top heading、Bench	25	35	50

Notes: the values in parentheses represent the specification for foerpoling.

出典：Standard Specifications for tunneling – 2006 : Mountain Tunnels、Japanese Society of Civil Engineers

表 4-28：RMR 法による地盤分類

A. Classification Parameters and their Rating

Parameter			Ranges of Values						
1	Strength of intact rock material	Point-load strength Index (MPa)	> 10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	For this low range、uniaxial compressive test is preferred		
		Uniaxial compressive strength (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
	Rating		15	12	7	4	2	1	0
2	Drill core quality RQD (%)		90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25		
	Rating		20	17	13	8	3		
3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.6 – 2 m	200 – 600 mm	60 – 200 mm	< 60 mm		
	Rating		20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered Walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered wall	Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm Separation 1 – 5 mm Continuous	Soft gouge > 5 mm or Separation > 5 mm Continuous		
	Rating		30	25	20	10	0		
5	Groundwater	Inflow per 10 m Tunnel length (L/min)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Ratio of Joint water pressure and Major principal stress	0	< 0.1	0.1 – 0.2	0.2 – 0.5	> 0.5		
		General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
	Rating		15	10	7	4	0		

B. Rating Adjustment for Discontinuity Orientations

Strike and Dip Orientations of Discontinuities		Very Favorable	Favorable	Fair	Unfavorable	Very unfavorable
Ratings	Tunnels and Mines	0	-2	-5	-10	-12
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25
	Slopes	0	-5	-25	-50	-60

C. Rock Mass Classes Determined from Total Ratings

Ratings	100 -81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Class No.	I	**II**	III	IV	V
Description	Very good	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock

D. Meaning of Rock Mass Classes

Class No.	I	II	III	IV	V
Average stand-up time	20 years for 15-m span	1 year for 10-m span	1 week for 5-m span	10 hours for 2.5-m span	30 minutes for 1-m span
Cohesion of the rock mass (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Friction angle of the rock mass (deg)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

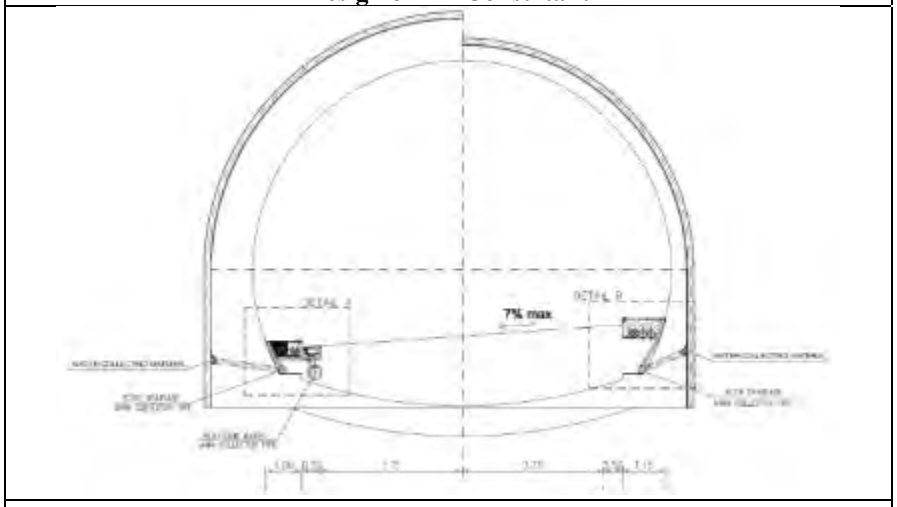
E. Effect of discontinuity strike and dip orientations in tunneling

Strike perpendicular to tunnel axis			
Drive with dip		Drive against dip	
Dip 45 - 90	Dip 20 - 45	Dip 45 - 90	Dip 20 – 45
Very favorable	favorable	Fair	Unfavorable

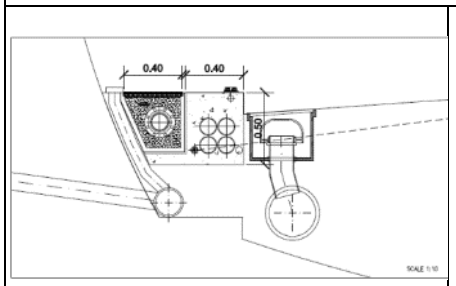
Strike parallel to tunnel axis		Irrespective of strike
Dip 20 - 45	Dip 45 - 90	Dip 0 – 20
Fair	Very unfavorable	Fair

出典：Engineering Rock Mass Classification、Z.T.Bieniawski

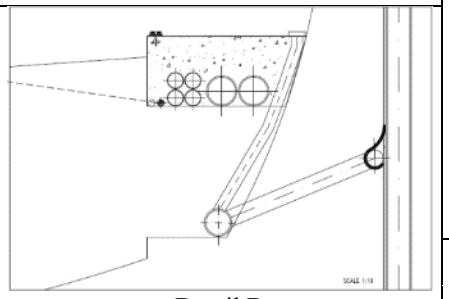
Design of DD Consultant



断面図



Detail A

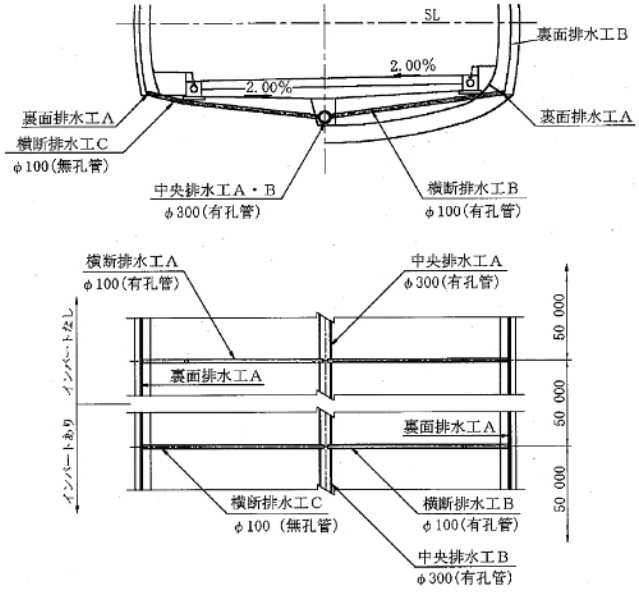


Detail B

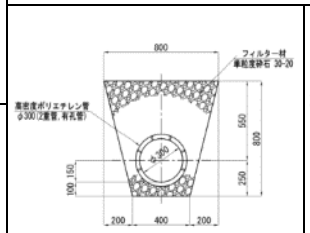
Platform Water Collector Pipe: 32 cm /37 cm
Rock Drainage Collector Pipe: 17.7 cm / 20 cm
(Inner Diameter / Outer Diameter)

出典：DD Consultants の Draft Final Report を基に JICA 調査団作成

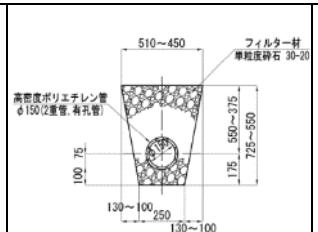
General Design in Japan



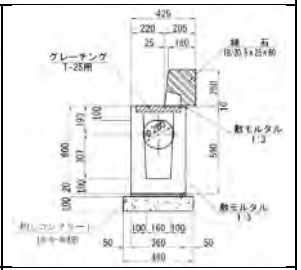
断面図および平面図



中央排水工



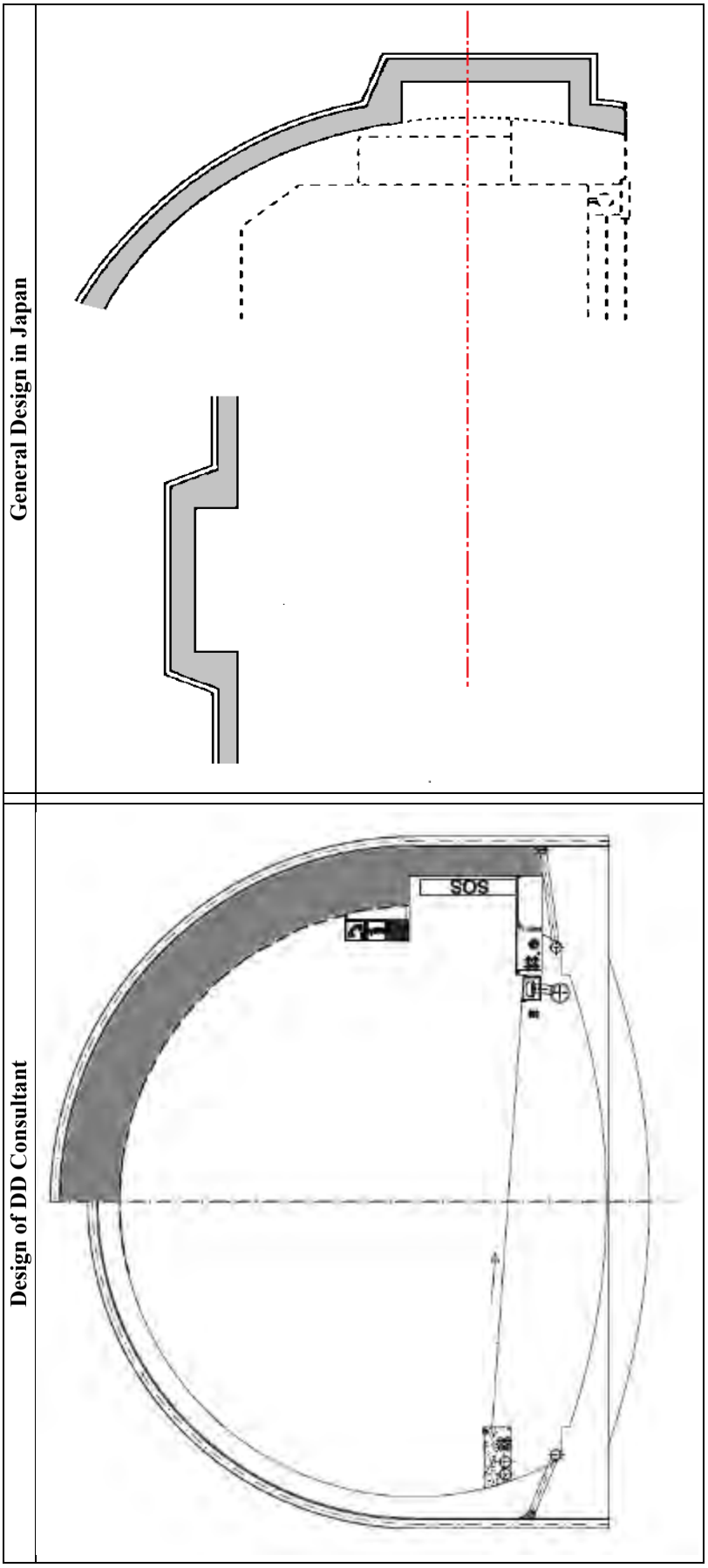
横断排水工



路側排水工

出典：Volume Ⅲ、Design Procedures、Nippon Express Cooperation (NEXCO)

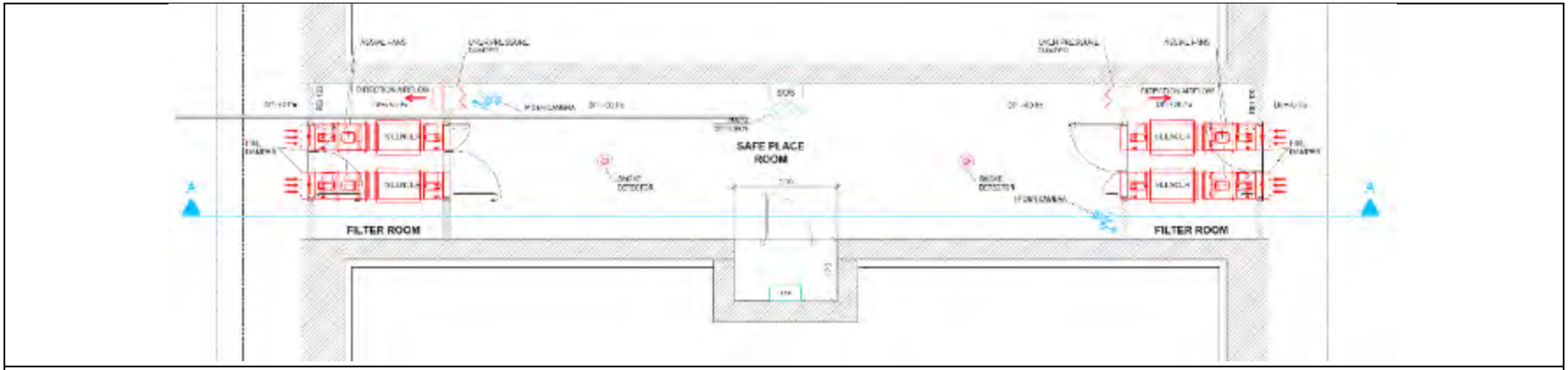
図 4-62：トンネル排水工に関する DD コンサルタントの設計と日本の一般的な設計の比較



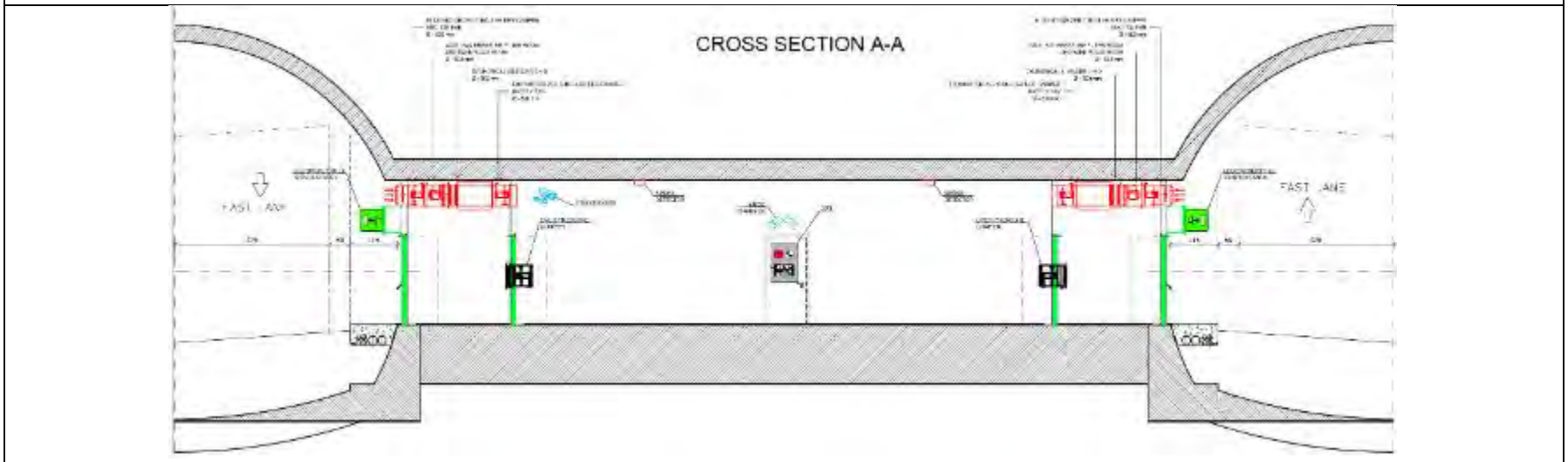
出典：Volume Ⅲ、Design Procedures、Nippon Express Cooperation (NEXCO)

出典：DD Consultants の Draft Final Repor

図 4-63：箱抜き部周辺ライニング厚さの比較



Plan View



Cross Section View

出典：DD Consultants の Interim (2) Report

図 4-64：DD コンサルタントによる避難連絡坑の設計

表 4-29：発破掘削時の振動の予測

発破振動レベル計算式：

最大振動速度：	$V_{peak} = K \times W^m \times D^{-n}$
振動レベル　：	$L_{vr} = 20 \times \log(V_{peak}) + 10 \times \log(1 - e^{(-Td/0.63)}) + N$
ここで V_{peak}	： 地表の変位速度（cm/sec、kine）
K	： 発破条件や岩盤特性による係数
W	： 1 段発当りの薬量（kg/段）の最大値（芯抜き：5 kg と想定）
m	： 定数（平均 ＝2/3）
n	： 定数（実体波 ＝2.0）
D	： 発破中心から評価地点までの距離（m）
L_{vr}	： 地表上の振動レベル（dB）
Td	： 振動の継続時間（sec）で岩盤上=0.1、地盤上=0.5 程度
N	変位速度→振動レベル変換時の補正係数=85（dB）

爆薬の特性、自由面数と K 値(最大値)：

火薬類の特性			爆破パターンに対する K 値		
			自由面の数		
			1	2	3
火薬類	爆ごう圧力 (kg/cm^2)	爆速 (m/sec)	V カット	バーンカット	払い
ダイナマイト類	130 X 10^3	6,500	1,000	700	500
含水爆薬	110 X 10^3	6,000	700	500	250
制御爆破用	50 X 10^3	2,800	200	150	100
爆薬（AN-O）	80 X 10^3	3,800	300	200	150
コンクリート破砕機	2 X 10^3	60	50	25	25
適用条件　（D=5～1,500 m、W=0.1～3,000 kg）					

出典：構造物等に近接したトンネルの設計施工に関する調査研究（その 2）報告書、
（社）日本トンネル技術協会

地盤振動レベル予測の計算結果 ①：

トンネル直上に共同住宅が位置する Sta.7+900 における地盤の振動

段当りの薬量 (W)	m	n	K	D	V_{peak}	Td	N	予測値 L_{vr} (dB)	備考
5.0 kg	2/3	2	700	40 m	1.279	0.15	85	80.4	芯抜き

地盤振動レベル予測の計算結果 ②：

Sta.7+900 トンネル直上に共同住宅が位置における地盤の振動

段当りの薬量 (W)	m	n	K	D	V_{peak}	Td	N	予測値 L_{vr} (dB)	備考
5.0 kg	2/3	2	700	103 m	0.193	0.15	85	64.0	芯抜き

表 4-30：気象庁震度階級と対応する変位加速度、振動レベル

震度	人　間	木造構造物	鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ構造物	加速度 (cm/s^2)	振動レベル (dB)
0　無感	人は揺れを感じない。			0.8 以下	55 以下
1　微震	屋内にいる人の一部がわずかな揺れを感じる。			0.8～2.5	55～65
2　軽震	屋内にいる人の多くが揺れを感じる。眠っている人の一部が目を覚ます。			2.5～8.0	65～75
3　弱震	屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。恐怖感を覚える人もいる。			8.0～25	75～85
4　中震	かなりの恐怖感があり一部の人は身の安全を図ろうとする。眠っている人のほとんどが、目を覚ます。			25～80	85～95
5弱 強震	多くの人が身の安全を図ろうとする。一部の人は、行動に支障を感じる。	耐震性の低い住宅では、壁や柱が破損するものがある。	耐震性の低い建物では、壁等に亀裂が生じるものがある。	80～250	95～105
5強 強震	非常な恐怖を感じる。多くの人が、行動に支障を感じる。	耐震性の低い住宅では壁や柱がかなり破損したり、傾くものがある。	耐震性の低い建物では、壁、梁、柱等に大きな亀裂が生じるものがある。耐震性の高い建物でも壁等に亀裂が生じるものがある。		
6弱 烈震	立っていることが困難になる。	耐震性の低い住宅では、倒壊するものがある。耐震性の高い住宅でも、壁や柱が破損するものがある。	耐震性の低い建物では、壁や柱が破壊するものがある。耐震性の高い建物でも壁、梁、柱等に大きな亀裂が生じるものがある。	250～400	105～110
6強 烈震	立っていることができず、はわないと動くことができない。	耐震性の低い住宅では、倒壊するものが多い。耐震性の高い住宅でも、壁や柱がかなり破損するものがある。	耐震性の低い建物では、倒壊するものがある。耐震性の高い建物でも、壁や柱が破壊するものがかなりある。		
7　激震	揺れにほんろうされ、自分の意志で行動できない。	耐震性の高い住宅でも、傾いたり、大きく破壊するものがある。	耐震性の高い建物でも、傾いたり、大きく破壊するものがある。	400 以上	110 以上

出典：あんな発破、こんな発破、日本火薬工業会

表 4-31：ボーリング・コアを用いた室内試験結果

Tunnel No.	Borehole No.	Specimen Depth (m)	Lithology Symbol	Station	Unconfined Compressive Strength (N/mm^2)
Tunnel 3	BH-8	72.6-72.81	J_2B_2B	3+977	60.89
		80.1-80.33	J_2B_2B	3+977	60.75
		83.2-83.5	J_2B_2B	3+977	69.6
	BH-29	40.40-41.11	J_2B_2B	3+744	50.09
		46.6-46.84	J_2B_2B	3+774	21.32
		54.6-54.92	J_2B_2B	3+774	62.47
		58.73-58.95	J_2B_2B	3+744	87.88
Tunnel 4	BH-9	13.9-14.3	J_2B_2B	6+659	95.42
		18.15-18.35	J_2B_2B	6+659	46.63
Tunnel 5	BH-2	44.1-44.8	N_1^2	7+781	19.42
		49.98-50.06	N_1^2	7+781	23.16
		54.6-54.9	J_2B_2A	7+781	11.27
	BH-3	30.43-30.63	N_1^2	7+760	13.05
		35.19-35.42	N_1^2	7+760	11.49
		41.33-41.75	N_1^2	7+760	14.56
		46.94-47.32	N_1^2	7+760	8.41
	BH-4	20.05-20.38	N_1^2	8+066	47.87
		24.43-24.71	N_1^2	8+066	19.95
		29.25-29.47	N_1^2	8+066	79.44
		35.6-35.82	N_1^2	8+066	8.19
	BH-21	47.6-47.84	N_1^2	7+436	13.62
		54.7-54.96	N_1^2	7+436	13.82
		57.66-58.05	J_2B_2A	7+436	37.54
	BH-26	8.80-9.02	N_1^2	8+316	22.06
		15.1-15.4	N_1^2	8+316	42.71
		21.05-21.35	N_1^2	8+316	19.59
Tunnel 6	BH-5	7.10-7.38	N_1^2	9+563	11.09
		13.0-13.25	N_1^2	9+563	24.29
		17.95-18.26	N_1^2	9+563	21.55
		21.80-22.08	N_1^2	9+563	26.84
	BH-6	18.20-18.50	N_1^2	9+428	85.60
		24.75-25.00	N_1^2	9+428	35.32
	BH-7	11.30-11.52	N_1^2	9+644	16.17
		15、30-15.60	N_1^2	9+644	27.84
		21.36-21.56	N_1^2	9+644	26.06
		25.25-25.47	N_1^2	9+644	31.88
	BH-14	4.7-5.0	N_1^2	9+617	10.07
		9.90-10.10	N_1^2	9+617	25.59
		14.0-14.28	N_1^2	9+617	74.23
	BH-17	3.75-4.05	N_1^2	9+301	23.82
		9.70-9.94	N_1^2	9+301	23.98
		14.47-14.79	N_1^2	9+301	19.81

Lithology Symbol / N_1^2：Calcarenite 、J_2B_2A：Tuff 、J_2B_2B：Porphyrite
出典：DD Consultants の Draft Final Report を基に JICA 調査団作成

表 4-32：露頭調査時採収された試料を用いた室内試験結果

Tunnel No.	Outcrop No. (Sample No.)	Coordinate		Lithology Symbol	Unconfined Compressive Strength (N/mm^2)
		X	Y		
Tunnel 1	24 (18)	344,936	4,661,865	J_2B_2A	40.27
	25 (19)	345,168	4,661,931	J_2B_2A	119.21
	25 (SS-19)	345,168	4,661,931	J_2B_2A	133.19
	26 BH-29	345,586	4,661,535	J_2B_2A	177.45
Tunnel 2	18 (14)	344,083	4,661,900	J_2B_2A	92.14
	20 (33)	344,380	4,661,985	J_2B_2A	111.18
	23 (17)	344,639	4,662,211	J_2B_2A	75.37
Tunnel 3	11 (9.1)	341,176	4,661,814	J_2B_2A	79.34
	11 (9.2)	341,176	4,661,814	J_2B_2A	64.12
	12 (SS-10)	341,353	4,661,728	J_2B_2A	73.67
	13 (31)	341,952	4,661,940	J_2B_2A	71.58
	13 (SS-21)	341,952	4,661,940	J_2B_2B	111.30
Tunnel 4	ST-1	339,928	4,663,582	N_1^2	32.49
	6 (5.2)	339,991	4,663,156	J_2B_2A	26.71
	6 (6)	339,838	4,663,423	J_2B_2A	55.66
Tunnel 5	3 (3)	338,659	4,664,578	N_1^2	17.41
	3 (SS-6)	338,659	4,664,578	N_1^2	45.64
	4	338,720	4,664,478	N_1^2	31.69
	29 (SS-4)	339,315	4,663,864	N_1^2	30.66
Tunnel 6	1 (1)	337,049	4,664,918	N_1^2	43.06
	2 (2)	337,711	4,664,578	N_1^2	28.98
	33 (27)	337,859	4,664,699	N_1^2	25.79

Lithology Symbol / N_1^2：Calcarenite 、J_2B_2A：Tuff 、J_2B_2B：Porphyrite
出典：DD Consultants の Draft Final Report を基に JICA 調査団作成

4.2.6　のり面および斜面保護工設計

(1)　概要

切土部に分布する地質状況に応じてのり面の安定工を選択する必要がある。切土付近のボーリング調査の結果から、例えば切土部が土砂の場合や岩質自体が脆弱な場合あるいは風化変質が進んでいる場合や切土後の劣化が想定される場合は、表層崩壊に対する保護工が必要となる。地下水位の高い場合ののり面設計では、小段排水工や縦排水工を設置する必要がある。

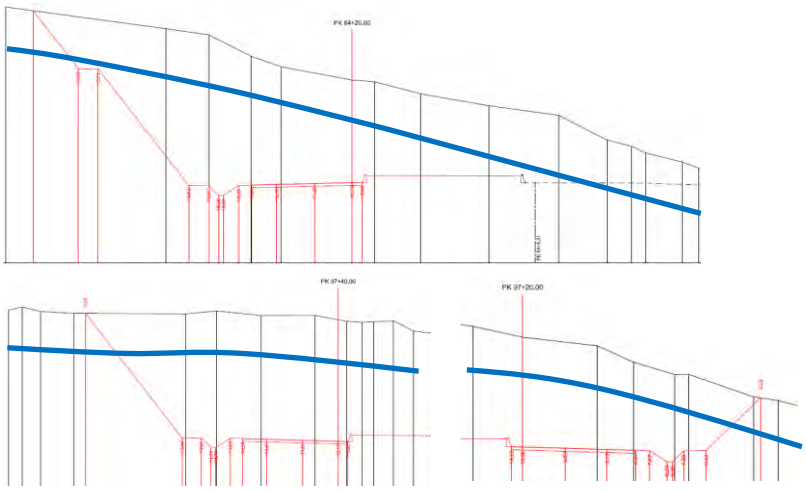
また、地すべりブロックを切土する場合には、斜面安定工を設計しなければならない。現地視察の結果からは、ATsta.0+550 付近に地すべりの疑われる地形が認められ、トンネル坑口付近の切土のり面の設計には注意を要する。

のり面上部や道路側方の自然斜面に不安定な浮石や転石が残存している場合には、これらの落石防止工あるいは落下した場合に道路面に達することのないように待ち受け対策工を設計する必要がある。いずれにしても、これらの判断のための地表踏査は欠かせない。

これら要注意箇所における現地踏査の結果では、落石発生源をのり面上部に持つ斜面は、T1、T2 間の斜面に限られている。

(2)　切土のり面対策工について

地質分布から、表 4-33 に示すのり面箇所番号①から⑥までは硬岩に、のり面箇所番号⑦から⑩は軟岩に位置付けられる。日本の切土に対する標準のり面勾配は硬岩が 1:0.3～1:0.8（73.3°～51.3°）、軟岩が 1:0.5～1:1.2（63.43°～39.8°）である。①’-2、②、②’で 5°程度急となるがのり面保護工は不要と判断する。⑦のトンネル坑口斜面は 15° 程度標準よりも急となるため、他のトンネル坑口部と同様にコンクリート吹付が必要と考えられる。その他ののり面は、標準勾配に収まっているが、⑧、⑩、⑩’ののり面は、ボーリング調査結果で風化部にのり面が位置し地下水位が高いことが予想されるため、のり面排水工により浸食を防止するとともにのり面保護工が必要と考えられ種子吹付工の施工を推奨する。



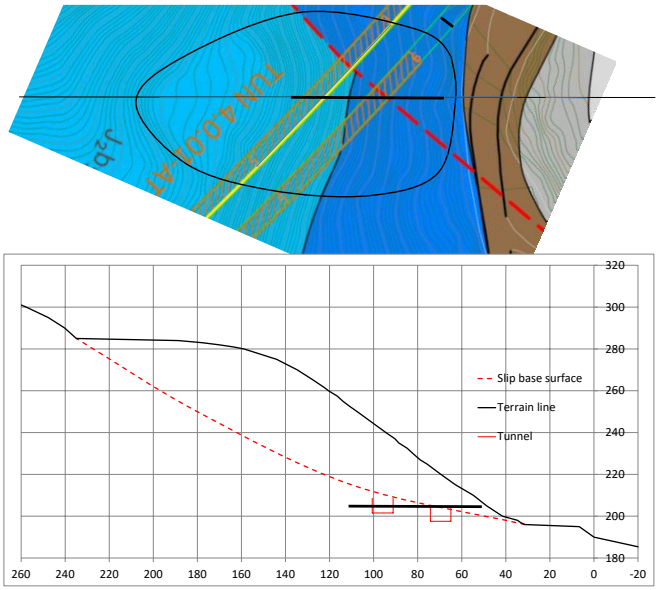
出典：JICA 調査団

図 4-65：のり面排水工と種子吹付工を推奨するのり面（⑧,⑩,⑩’）（青線は地下水位線）

(3)　地すべり対策工について

トンネル施工に先立って、地すべりの有無とすべり面の位置を特定し、トンネル坑口掘削及びトンネル掘削による緩みによる地すべり活動の誘発の可能性について検討する必要がある。

地すべり想定縦断面図およびボーリング調査計画位置図を図 4-66 に示す。調査結果に基づいて対策方針を検討するが、トンネル線形および施工基面をすべり面から十分な離隔を保つように変更して回避するか抑止杭工を施工するなどの工法が考えられる。



出典：JICA 調査団

図 4-66：地すべり想定縦断面図およびボーリング調査計画位置図

(4)　落石対策工について

1) 現地状況と対策工の方針

T1、T2 間の明かり部の延長は、50 m で還急線までの比高が 150 m に達する急斜面が連続しており、不安定な露岩が分布している（図 4-67 参照）ため、落石の発生が懸念される。実際に現道脇には、直径 1 m を越える落石が複数認められている（図 4-68 参照）。

出典：JICA 調査団

図 4-67：自然斜面内の露岩

出典：JICA 調査団

図 4-68：現道脇の落石

発生源位置が高い場合には、落石エネルギーが膨大となることが予想されるため、待ち受け対策工の設計外力の算定が困難であることから、対象となる露岩の分布範囲を特定した上で発生源対策を行うこととする（図 4-69 参照）。

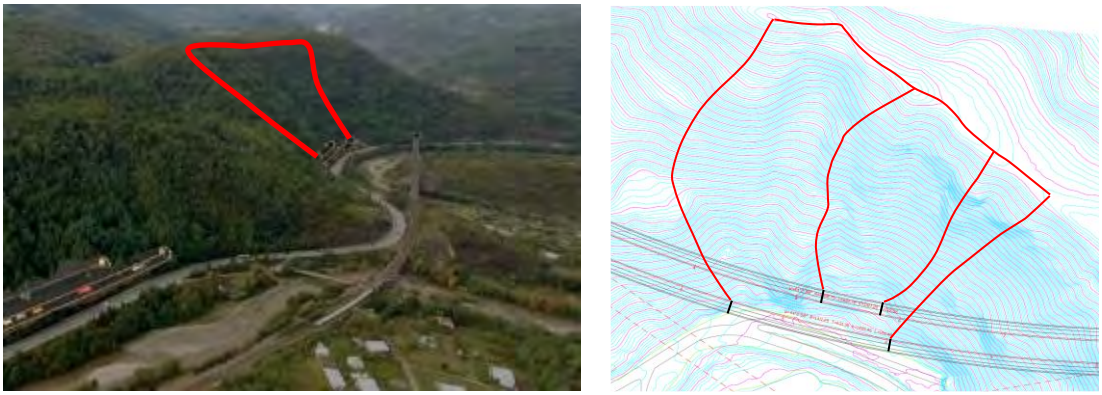
出典：東京製綱カタログ

図 4-69：落石防止工

2) 対策工の仕様について

落石発生源となりうる最大限の範囲は図 4-70 に示す範囲であり 69,290 m^2 である。この範囲のうち発生源対策の必要な範囲は施工時に露岩分布の再調査を実施し絞り込むものとする。

発生源対策として、落石防止工を提案する。耐用年数 50 年以上のメンテナンスの軽減が期待できる防食性の優れた高耐久仕様（JISH8641 に規定する HDZ35:350g/m^2 以上）のものとする。



出典：JICA 調査団

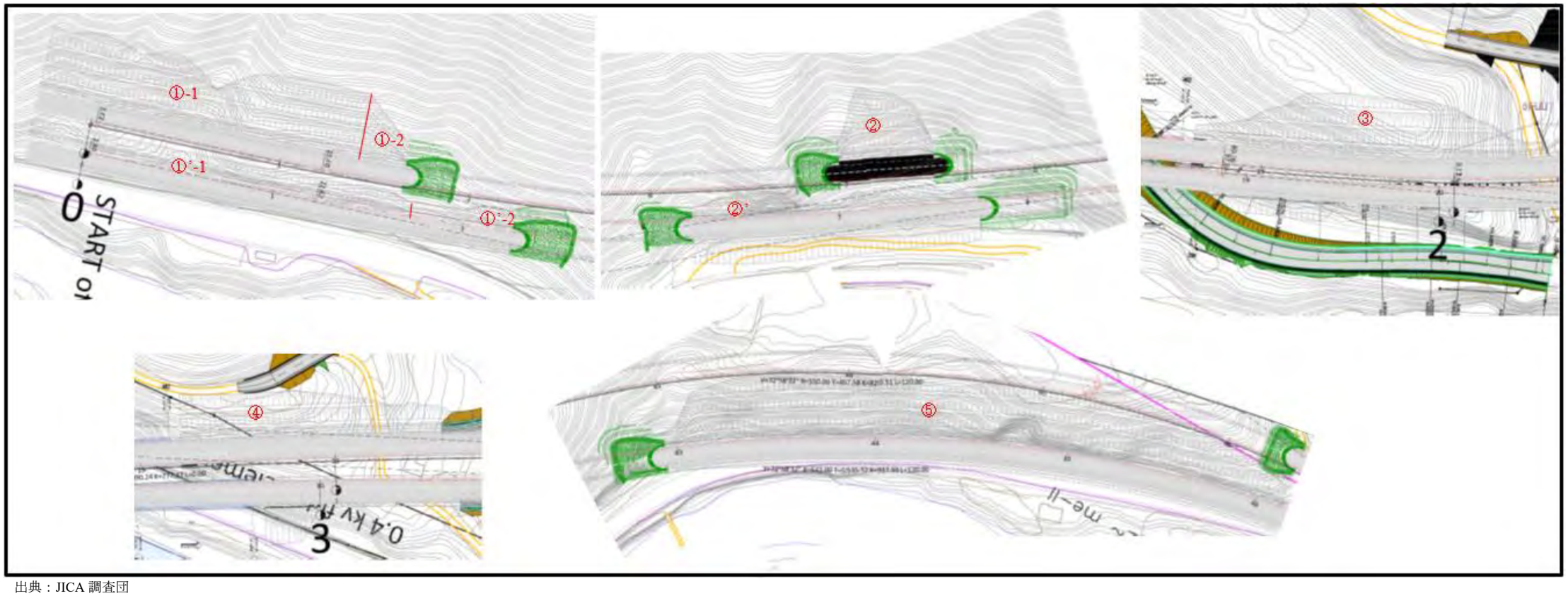
図 4-70：道路に到達する落石発生源の範囲

表 4-33：のり面諸元表

のり面箇所番号	位置	STA	地質状況	ボーリング	風化深度	孔内水位	勾配(°)	のり高(m)	延長(m)	斜面長(m)	のり面積(m²)	発生源面積(m²)	対策工法
①-1	起点AT	0 + 0 ～ 0 + 138	ポーフィライト	BH-38	8.5m	-10.9m	59	32	138	37.33	3,783.39		不要
①-2		0 + 138 ～ 0 + 163					68.9	32	25	34.31	629.93		不要
①'-1		0 + 0 ～ 0 + 170		BH-37	9m	-14.2m	45.0	4	170	5.66	961.67		不要
①'-2		0 + 170 ～ 0 + 224					78.7	21	54	21.42	963.68		不要
②	T1,T2間AT	0 + 696 ～ 0 + 747	ポーフィライト				78.7	25	51	25.49	1,014.16	69290m²の20%	落石防止工(プラスネット)
②'	T1,T2間TA	0 + 625 ～ 0 + 682	ポーフィライト20m	BH-52	20m	-	78.7	25	57	25.49	1,133.47	13,858	
③	B1,B2間AT	1 + 878 ～ 2 + 45	ポーフィライト2.5m	BH-27,28	4.0m,7m	-6.6,-5.7m	59.0	31	167	36.17	4,968.11		不要
④	B2,B3間AT	2 + 920 ～ 3 + 61	ポーフィライト	BH-24	8m	-5.9m	59.0	24	141	28.00	2,960.92		不要
⑤	T3,B4間TA	4 + 294 ～ 4 + 614	ポーフィライト	BH-32,49	0m	-6.8,-m	59.0	41	320	47.83	12,132.99		不要
⑥-1	T3,B4間AT	4 + 618 ～ 4 + 829	ポーフィライト				45.0	12	211	16.97	3,580.79		不要
⑥-2		4 + 829 ～ 5 + 364	ポーフィライト	BH-44,45	5m,4m	-8.8,10.3m	59.0	24	535	28.00	11,234.68		不要
⑥-3		5 + 260 ～ 5 + 308	ポーフィライト				59.0	31	48	8.17	195.99		不要
⑥-4		5 + 364 ～ 5 + 550	ポーフィライト	BH-46	6.4m	-13.2m	45.0	13	186	18.38	3,419.57		不要
⑦	T5,B5間TA	8 + 257 ～ 8 + 286	砂岩5.5m	BH-26	16.6m	-5.15m	78.7	12	29	12.24	266.16		コンクリート吹付工
⑧-1	T5,B5間AT	8 + 328 ～ 8 + 575					53.0	18	247	22.54	4,639.16		種子吹付工
⑧-2		8 + 575 ～ 9 + 40	砂岩2.8m	BH-10	5.3m	-18.45m	53.0	14	465	17.53	8,151.40		不要
⑨	B5,T6間TA	9 + 218 ～ 9 + 264	砂岩3.65m	BH-17	5.5m	-5.1m	45.0	17	46	24.04	845.70		不要
⑩	T6終点側AT	9 + 726 ～ 9 + 908	砂岩8.7m	BH-7	13.6m	-5.0m	53.0	13	182	16.28	2,962.55		種子吹付工
⑩'	T6終点側TA	9 + 708 ～ 9 + 818					45.0	5	110	7.07	777.82		種子吹付工

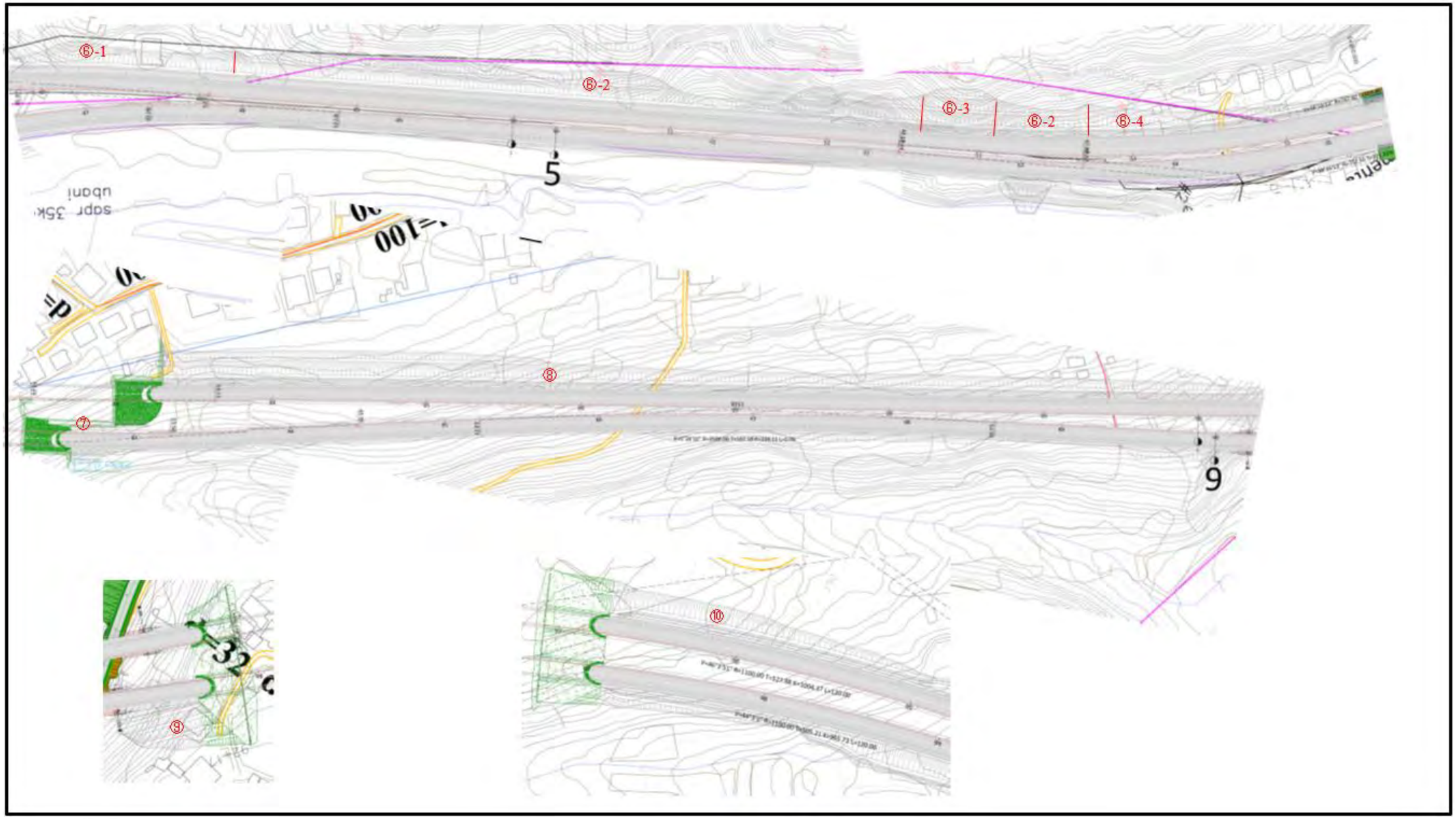
当該箇所は非公開

出典：IDR 報告書から抽出し JICA 調査団で調整



出典：JICA 調査団

図 4-71：のり面箇所番号



出典：JICA 調査団

図 4-72：のり面箇所番号

4.2.7　舗装設計

舗装設計は F/S では、前提となる供用後 20 年間の等価単軸荷重（ESAL）として、下表を基にして AASHTO と RStO（ドイツ基準：Richitlinien fur die Standardisherung des Oberbaues von Verkersflachen）の比較を実施している。設計パラメータとしては AASHTO が 8.16 t、RStO12 が 10 t の軸重である。現在の運用状況での軸重過積載の程度はそれ程酷くはないと言う報告があるが、総じて当該区間は交通回廊（Transit Corridor）という性格から重車両通過の可能性が高い。従って、配合設計でもその点を考慮すべきである。

表 4-34：F/S による等価軸荷重

道路区間	Cumulative ESA (unit: 10^6 (two way))
ゼスタフォニー東西	244.907
ゼスタフォニ～アウグヴェタ	282.568

出典：WB, F/S による

舗装の種類は大きくアスファルト舗装とコンクリート舗装に分かれる。コンクリート舗装は、一般に初期投資が高く乗り心地はアスファルト舗装に比べ劣る。ジョージアの高速道路ではセメントが現地で調達でき、耐久性が高く維持管理が容易なコンクリート舗装が多く用いられてきた。隣接する E60 の建設で既に使用されている。現地のコントラクターはコンクリート舗装の施工に慣れている。交通量等多少の違いはあるが、Phase 1 区間では無筋コンクリート舗装で 28 cm の舗装版、25 cm の 0-40 mm　砕石上層路盤、30 cm の砂交り砂利の下層路盤で建設された。

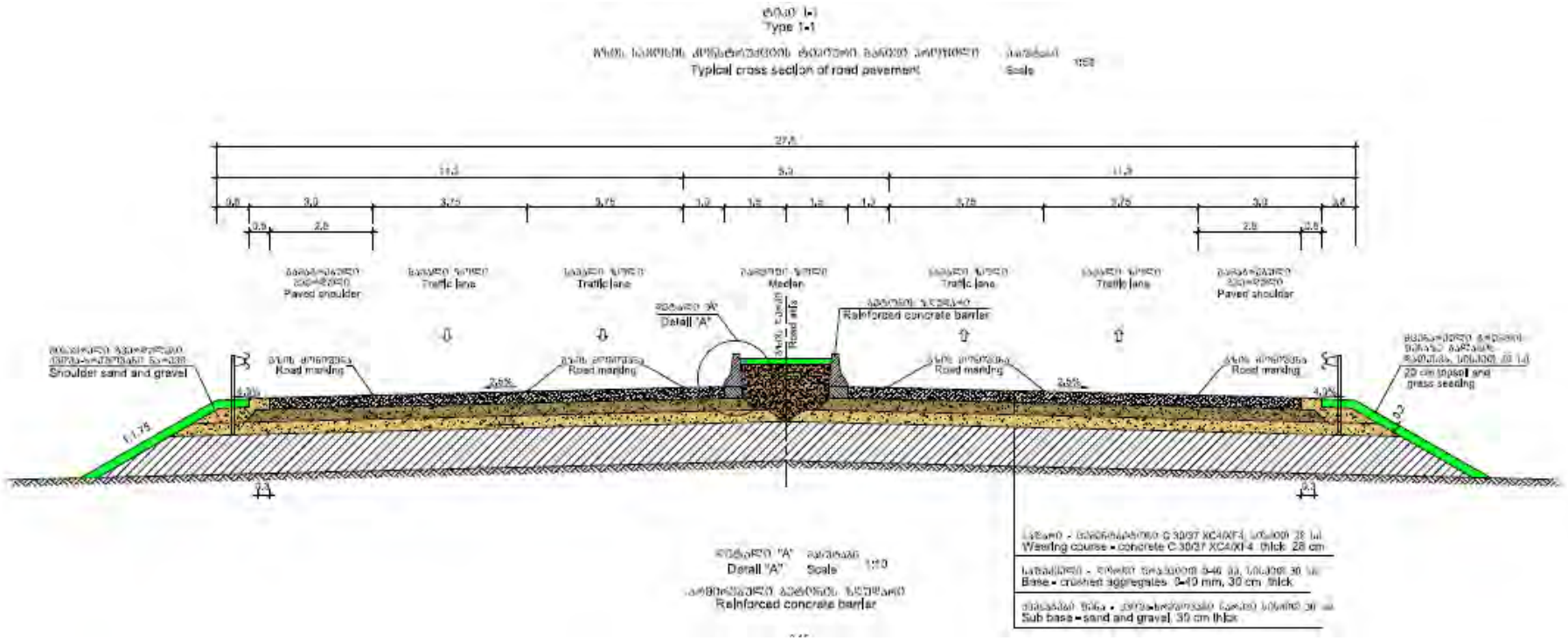
今回のフェーズ 2 区間では施工時期が異なることで、交通量が伸びていることから次の表の舗装が提案されている。

表 4-35：D/D で提案された舗装設計

N	Pavement layers	Thicknesses of layers mm
1	Cement concrete (pavement)	280
2	Crushed aggregates (base course)	300
3	Sand-gravel mix (underlying layer)	300

出典：ADB F4 区間詳細設計

以下の図に上記記載の標準的なコンクリート舗装横断構成を示す。



出典：ADB F4 区間詳細設計

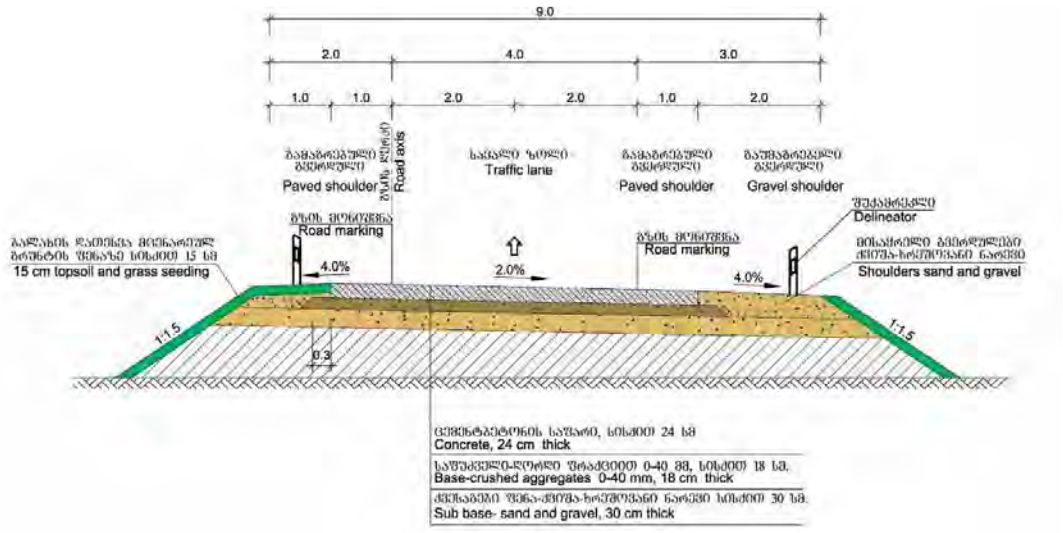
図 4-73：コンクリート舗装の標準横断図

なお、橋梁の上の舗装は橋梁床版に防水層が施工された後 11 cm 厚のアスファルト舗装が用いられている。

インターチェンジ箇所の舗装は本線と異なる。幅員構成は次のようになっている。

- 車道の幅員：4.0 m
- 舗装路肩の幅員：1.0 m
- 左側未舗装路肩幅員：1.0 m
- 右側未舗装路肩幅員：2.0 m

これを図に示すと以下のとおりである。



出典：ADB F4 区間詳細設計

図 4-74：インターチェンジ箇所の舗装構成横断図

図に示す様に、24 cm のコンクリート補装の表層、20 cm の砕石 0÷40 mm の上層路盤、及び 30 cm の砂混じり砂利の下層路盤で醸成される。

4.2.8 排水施設設計

(1) カルバート

排水横断構造物としてのカルバートの最適なサイズ設定には、i) 水文的検討あるいは IDF 曲線の推計値により現地流出量の算定、ii) 縦断勾配を含む現地の地形条件、iii) 2 か所以上の関係する水路の可能な統合等が考慮される。カルバートの設計には、カルバートの分析や小規模な流域や排水のための計画流量決定のため、水文学手法が採られた。これらの方法は、記述のように MP91 と地域特性による内挿法の推定排水量を基本にしている。

カルバートの検討は以下の段階を踏んで記述されている。

- カルバートの位置
- 水理条件
- 適用可能なカルバートのモデル

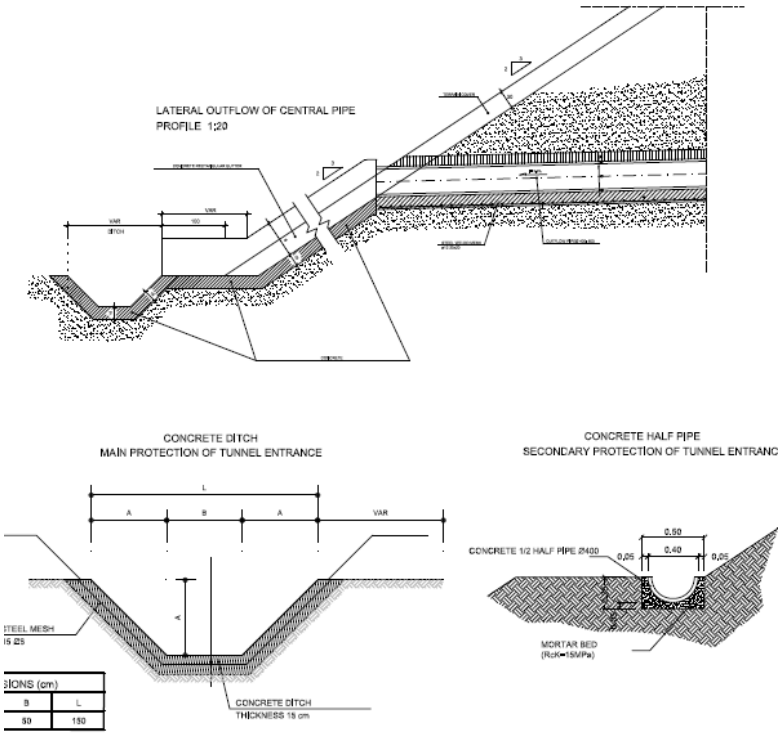
- 水文学的計算
- 計画排水量
- 水理条件（計算結果）
- カルバートの最終設計

(2) 道路排水システム

D/D 報告書では、様々な構造物が示され、以下の段階で計算方法が示され、水路とパイプの排水計算結果が記載されている。

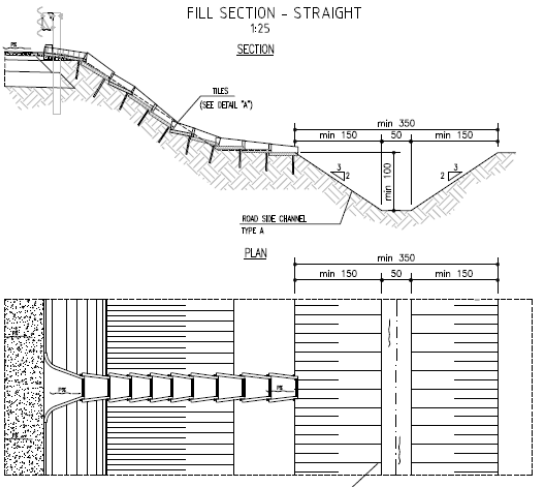
- 排水管の設計
- コンクリート排水溝
- パイプネットワーク設計
- 橋梁の排水

以下に幾つかの排水構造物の例を示す。



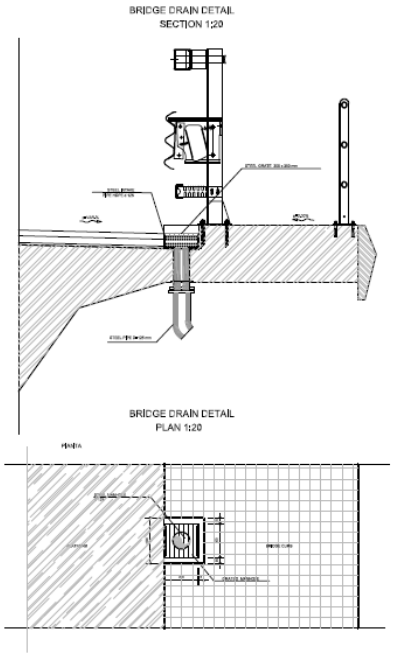
出典：ADB F4 区間詳細設計

図 4-75：横断排水路と法尻排水路及び小段排水の例



出典：ADB F4 区間詳細設計

図 4-76：縦排水と法尻排水路の例



出典：ADB F4 区間詳細設計

図 4-77：橋梁排水管の例

4.2.9　交通管理及び安全施設設計

交通管理施設を設置する目的は、利用交通を適切な管理施設で誘導することにより、道路施設を安全に効率的に運用することである。即ち、利用者に規制や警戒を伝達し、また案内するもので、これにより交通の混乱が生じないようにするものである。

(1)　道路標識

道路標識は大きく 3 種類に分類できるが、高速道路では案内標識以外はあまり多くの標識は必要ではない。

1) 警戒標識

利用者に道路の危険な状況に注意を喚起するものである。必要な標識にはインターチェンジ合流地点手前の本線における「前方合流車両あり注意」がある。その他にも「落石注意」が地点によっては必要となる場合も生じる。

2) 規制標識

利用者に従うべき義務、規制、禁止等を示す。高速道路上では速度規制が主なものである。図 4-78 に案内標識以外の必要な標識の例を示した。

合流交通あり	落石注意	速度規制

出典：各基準より引用

図 4-78：警戒・規制標識の例

3) 案内標識

この標識は運転者に路線の分岐、利用可能なサービス、興味のある地点および地理的、観光地等の情報を提供する。

a) インターチェンジ手前の分岐案内

計画道路には 4 か所のインターチェンジが存在するが、2 か所ずつ接近して設置されるという特色を有している。また分岐点より上流にはトンネルが存在し、標識の大きさ及び設置位置に制約を与えている。そのため許容される適切な位置に変更することも考慮するべきである。

インターチェンジ分岐案内は、TEM によれば図 4-79 に示すように分岐点より 1 km 手前で最初の案内を行い、それから 500 m 及び分岐地点に設置する。DD では適切に設置されている。

b) 地名等の案内

通過する地名、有名観光地、川等の地物は適切に案内する。この段階では確定できないためか DD では記載されていない。

(2) 路面標示

路面標示は道路利用者を誘導し、情報を与えるという重要な機能を持っている。しかし、積雪時、ゴミの堆積、水没により視認性は阻害される。また、耐久性は材質、交通量、天候及び場所により左右される。

1) 延長線

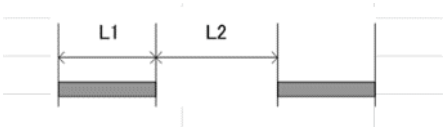
車道外側に設置され、車道の境界を示す。幅は多くの場合 15 cm で道路の全線に渡って設置される。DD では適切に計画されている。

2)　破線

a)　車道中心線（破線）

破線は多車線の境界線上に引かれ、実線とギャップとからなっている。この実線とギャップの比率は表 4-36 に示すように基準により種々のものがある。DD では実線と間隙の比率は 1:3 となっているが、他の基準と比較して間隙長は長いといえる。従って、DD においては TEM に規定されている 1:2 の比率を使用するべきである。

表 4-36：破線の実線と間隙の比率



Standards	L1	L2	備考
TEM	1	2	
アメリカ	3	5	MUTCD*(RP)
日本	1	1.5	Guide Line(RP)

*Manual on Uniform Traffic Contrl Devices
出典：各規準

b)　インターチェンジの合流、分流車線境界線

インターチェンジ合流・分流部において付加車線と本線の間に引かれるもので、実線と間隙の比率は 1:1～3 まで種々のものがある。幅は概して広く 20 cm～40 cm である。DD では適切に計画されている。

3）その他の表示

a)　矢印

合・分流部等において交通の方向を誘導する。高速道路においては暫定 2 車線共用時のように、交通を誘導する必要がある場合には適切な表示である。しかし、4 車線完成区間においては、必要はないものと考える。

b)　合分流部のゴアーの表示

合・分流部のノーズ付近の接近端においてこれらの交通を適切に誘導する三角形の表示である。DD の設置計画は適切である。

c)　棒状突起

種々の材質による棒状の突起物を路面に敷設し、運転者に対しショックを与えることで、特別な情報を伝達する。通常の運転状況では越えない線に使用されるべきである。

これを高速道路上の本線に設置することは、車両と舗装の両方に損傷を与える。突然のショックに驚いた運転者はブレーキをかけ、追突事故の原因となる可能性が高まり、また 2 輪車は転倒する可能性もある。そのうえ、運転者に対しては、この強烈なショックの意味が明確に伝わってこないことが問題である。分流前の本線交通に対し速度を低下させる、

また分流交通に対する注意の喚起がこの目的ならば、これ以外の方法でも目的は達成されるはずであり、本線上に棒状突起を設置することは推奨できない。

4) 視線誘導票（デリニエイター）

夜間に反射材により前照灯を反射し、運転者を適切に誘導する。曲線部の内側に用いて効力を発揮する。この機器の利点は夜間や豪雨、積雪等の悪天候下でも視認性を保持できることである。

DD における機器は反射性能は良いようであるが、形状は小さすぎて、遠方のものは視認性が落ちるのではないかと懸念される。形状を円形とした場合は直径 7 cm は必要と考える。

5) インターチェンジの合・分流部における機器の配置について

IC-1（ショラパニ IC）の合流・分流部の機器設置例に基づき、コメントする。

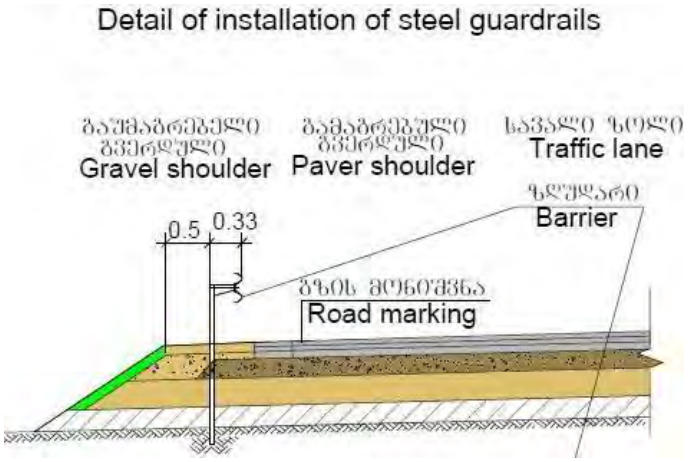
a) 路面の交通誘導矢印はこのように多数必要であるか疑問である。合・分流エリアの運転者は他の車両の動きに注意を集中しているので、大半の矢印は無視されるものと推測する。
b) 合流注意（5.15.5）および分流注意（5.15.3）標識の中心にある白い点線が越えられる線なのか、越えられない線なのかが不明瞭である。交通運用上は越えられる線であるが、そのように受け取られない可能性もある。この設置位置からは付加車線上の交通に対してしか意味を伝えられない。
c) 規制速度が 50 km/h となっているが、ランプの設計速度が 40 km/h であればそれより高い速度は規制速度として使用できないので、40 km/h とするべきと推奨する。
d) 警戒標識 1.7.4 の意味が分流注意であるならば、本線上の交通に注意を喚起するべきである。設置位置は、もっと上流の分流車線の前に移設するべきである。
e) 同じような注意喚起には合流注意がある。この標識を合流前の本線交通に見えるように設置するべきである。
f) 本線上に棒状突起（noise bars）を設置することは非常に危険であり、推奨されない。

結論として合・分流部に設置が推奨される機器は、分流の方向案内は当然必要であるが、e)前方合流交通に注意、c)ランプの 40 km/h の規制速度だけであろう。

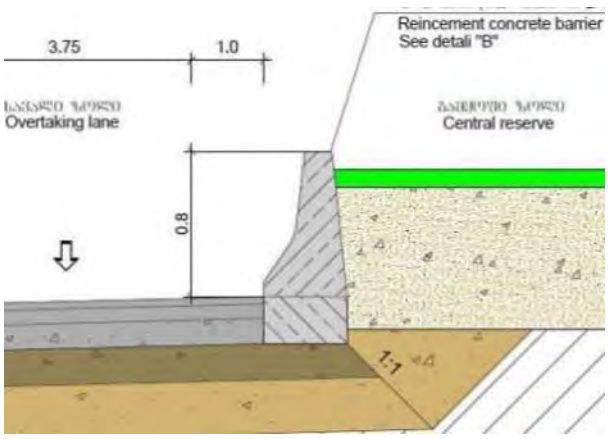
6) 防護柵

防護柵は車道の外側に設置して車両の路外逸脱を防止し、中央分離帯に設置し往復交通を分離し、車両の飛び出しを防止する。DD では外側線にガードレール、内側線にコンクリートバリヤーが設計されており、適切であると思われる。

ガードレール

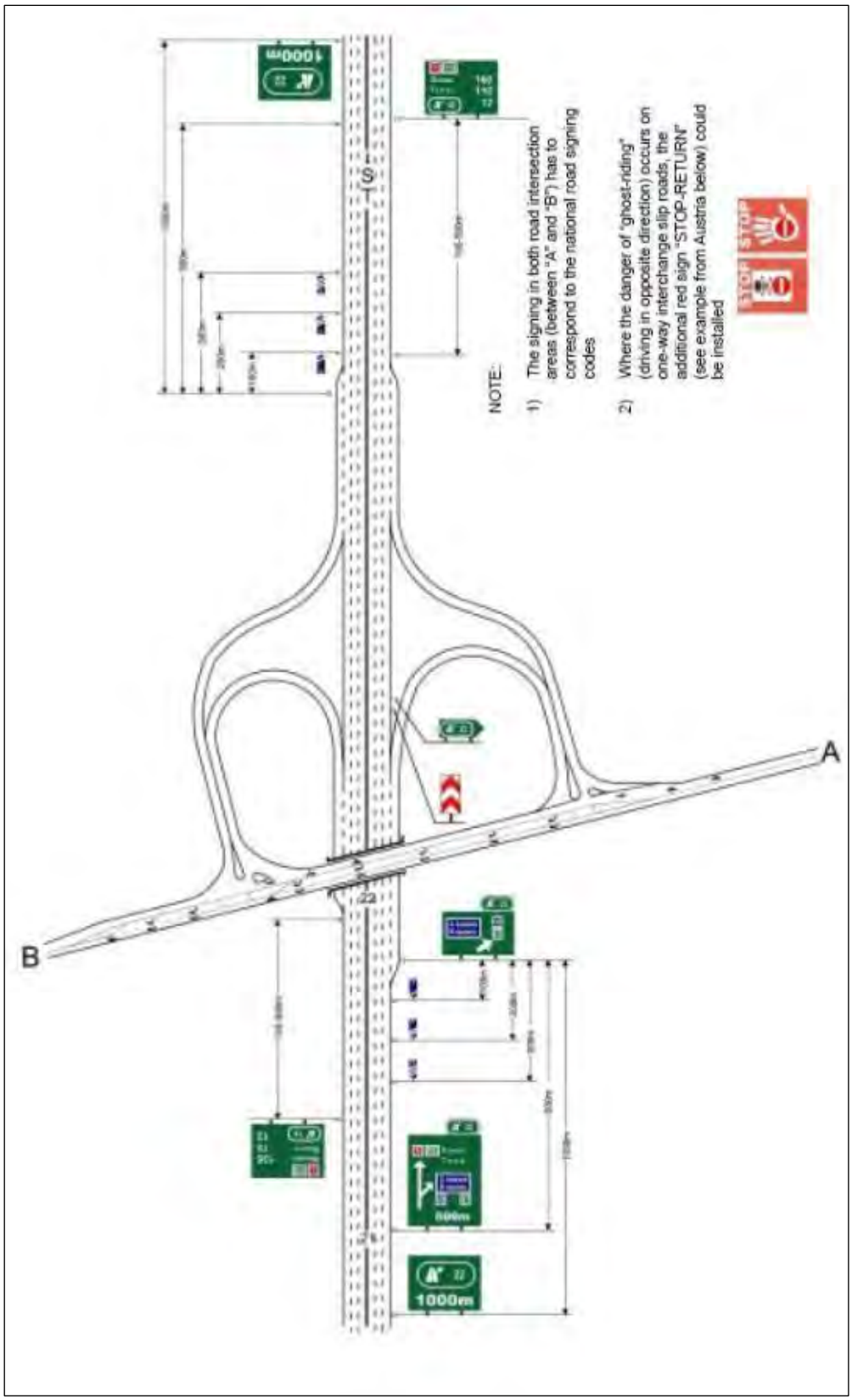


コンクリートバリヤー



出典：IRD の設計図

図 4-79：交通安全施設



出典：TEM

図 4-80：インターチェンジの案内設置

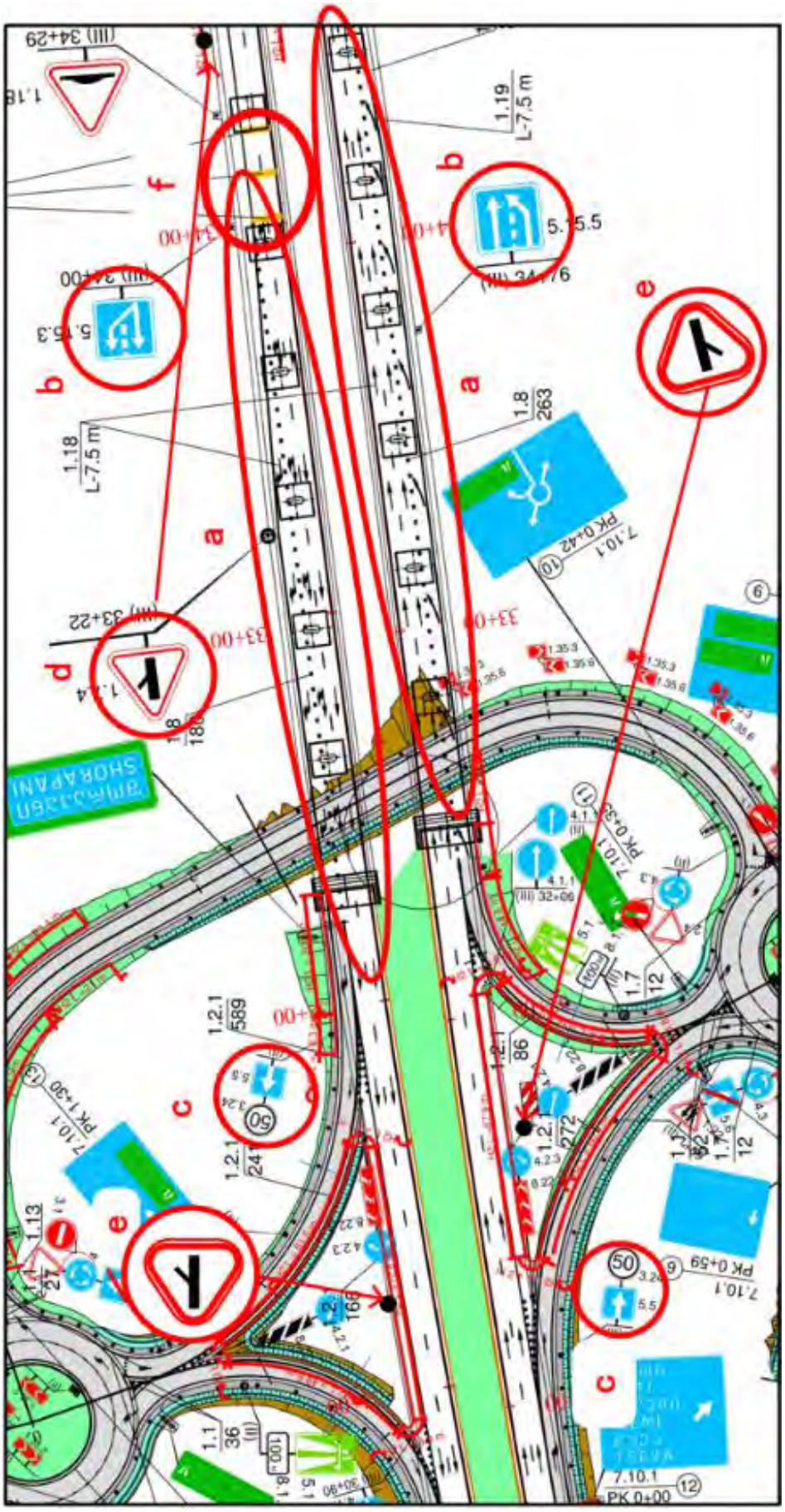


図 4-81：インターチェンジの機器設置

出典：IRD の設計図に JICA 調査団が加筆

4.2.10　高度交通システム（Intelligent Transportation System）

(1)　背景

東西ハイウェイ E-60 はジョージア国の骨格を形成する重要な路線であり、高速道路基準で 4 車線化が鋭意進められている。この道路の交通サービスを高度なものにするために、道路施設の整備だけでなく、ソフトのサービス向上も考慮されている。このために高度交通システム Intelligent Transportation System（ITS）の導入が検討されている。

ジョージア国政府は世界銀行（WB）の援助を受け、ITS の導入に関する調査・研究を行い、2016 年に成果を得ている。この計画は① ITS の必要性の算定、② 導入の戦略と行動計画からなっており、この計画を「ITS 計画 2016」と呼称する。本稿では全体的な方針および計画は ITS 計画 2016 に従うこととし、F4 フェーズ 2 プロジェクトで導入するべきシステムや、具体的な機器の配置計画を行うものとする。

(2)　ITS 導入の必要性

高速道路である東西ハイウェイは、地域の交通や活動に与える影響は広範囲に及び、一旦通行が阻害されると甚大な影響を及ぼす。従って、このような事態が発生しないように、適切な施設を設置し交通の監視、管制を行う必要がある。

また、高速道路は定められた IC でのみ出入できる閉鎖空間であるので、利用者に対して適切な情報を提供し、利用者が安心して走行できるようにする必要性がある。

(3)　ITS 機器の導入の時期

ITS 機器の導入は、ITS 計画 2016 では下記の 3 期間に分割して行う。

- 超短期（2017～2018）
  4 車線既供用区間を対象に CCTV や VTS の設置を行い交通監視・制御を行う。機器の管理はトビリシ市内の道路局事務所内で行う。
- 短期（2019～2020）
  更に機器を増強して監視・制御を強化する。WIM（Weigh In Motion）も両端の国境に設置される。管理はナタクタリ IC 内に設置される NHCC（National Highway Control Center）で行う。
- 長期（2021～2025）
  概成された 4 車線道路施設に機器を設置し、監視・制御を行う。管理はトビリシ、クタイシ及びバツミの 3 か所に置かれる NHCC で行う。

本事業区間である F4 を含むフェーズ 2 は、道路施設の完成の時期とも一致する 2021 年からの長期に導入されるべき区間と位置付けられている。

ITS の活動を統括するセンターとして、トビリシ、クタイシおよびバツミの 3 か所に NHCC を設置し、管理・制御する計画となっている。リコティトンネルからポチまでの区間はクタイシに設置される NHCC で管理・制御する計画となっており、本事業区間はこの管理区間に入ることになる。

(4)　ITS の基本的機能

1) 情報収集システム

高速道路上の情報収集のために、その目的と地点条件に合致した適切な機器を設置して交通状況を把握する。

a)　Closed Circuit Television（CCTV）

CCTV はインターチェンジ（IC）、長大橋梁部等に設置され、交通監視員の視覚的な道路・交通状況の認識に資する。

b)　Vehicle Detection System（VDS）（車両感知器）

車両感知器には種々のタイプがあるが、速度, 占有率、車長（車両種類）の計測も同時に行えるシステムが適切である。

- インダクション・ループ・コイル：
  計測値は正確であり、維持費は安価であることにより推奨される形式である。2 ループ方式では交通量、速度、占有率、車長（車種）が計測できる。路面の下に設置し、ループを形成する必要があるので、舗装の施工時にパイプを設置するか路面を切削して設置する。
- 超音波式：
  発信された超音波は車両で反射し、同じ機器で受信される。原理はレーダーと似ている。ただ違いは使用する波が音波とマイクロ波であることである。頭上に設置すれば車高も計測できる。
- このほかにもマイクロウェーブを使用した機器もあり、ドップラー効果により速度が計測できる。

この VDS は交通量が変化しない区間、つまり IC 間の適切な場所に設置する。

c)　非常電話（Call Box）（Emergency Telephone）

道路上で事態が発生した場合、利用者は管理者と連絡することが出来る。これにより管理者は事態の発生を認識でき、事態によって、利用者は救助を要請できる。

d)　パトロールカー

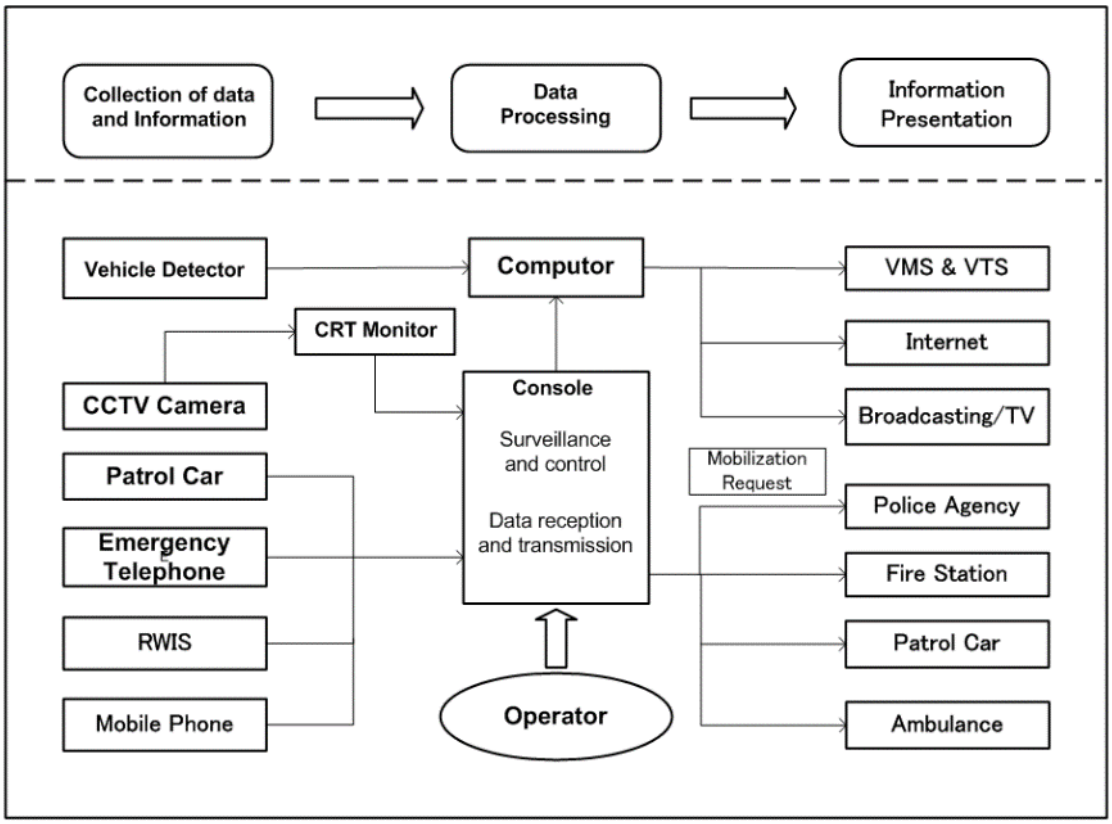
パトロールカーは常時高速道路を巡回しており、事態の発生し遭遇したら、NHCC に事態の状況を報告する。

e)　携帯電話、インターネット

これらのメディアを通じても利用者と管理者は、情報の伝達が可能なような設定を行うべきである。

2) 情報処理システム

このように各種機器により収集された情報やデータは NHCC に伝送され、中央処理装置により処理される。車両感知器からのデータは直接コンピュータに送られ、処理される。CCTV の映像や電話の情報は操作卓に集められ、監理員の判断に資する。



出典：JICA 調査団

図 4-82：情報及び処理の流れ

3) 情報提供システム

集められ、処理された情報・データに基づきコンピュータにより交通状況が判断される。それに基づき提供するべき情報を計算する。この情報により、VMS 及び VTS に表示するべき情報をコンピュータによる自動生成又は人力により出力する。

この情報はその重要度にもよるが、ラジオや TV およびインターネットで配信される。これらの情報及び処理の流れは図 4-82 に示される。

(5) F4 区間に導入するべきシステム

F4 区間に導入することが適切であると思われるシステムを考察し、その満たすべき機能と必要な機器とその配置について検討する。

1) 異常事態感知システム

高速道路の異常事態には下記のようなものがある。

① 交通事故、車両故障、交通渋滞、
③ 貨物車等からの落下物
④ 異常気象（大雨、強風、霧、積雪、凍結等）、地震
⑤ 道路施設保全のための工事･点検･清掃
⑥ 獣、鳥等の動物の進入
⑦ のり面火災
⑧ 道路構造の破損（地すべり、落石、道路施設の破損等）

これらの事態を早期に検知し、事態を的確に把握し、利用者に対する情報の提供及び利用者を誘導する交通制御を行うべきである。これにより 2 次災害の発生を未然に防ぐことが可能となる。

2) 速度制御システム

a) 可変速度規制

急激な天候の変化等により交通の流れが阻害を受ける場合で、適切な速度規制が必要とされる場合は VMS や VTS により、その状況に合致した適切な速度規制を実施するものである。

b) 速度超過車両の取り締まり

過度の速度超過違反は非常に危険であり、他の利用者の迷惑にもなるので適切に取り締まりを行うべきである。これには車両感知器による速度の計測と ANPR（Automatic Number Plate Recognition）によるナンバープレートの認識に基づき、違反車両所有者を特定する。違反者に対しては適切な方法で警告を与え、または取り締まりを行うものである。

3) 橋梁管理システム

F4 区間には長大橋梁区間が多く、強風、大雨、積雪、路面凍結等により交通は影響を受けるので、その発生を RWIS（Road Weather Information System）による測定で予測し、道路状況を VDS および CCTV で確認する。これらの結果に基づき、演算装置は対策案を VMS、VTS に出力する。この対策には速度規制、車線規制および通行止め、流出勧告等の規制がある。

4) トンネル管理システム

この項はトンネルの項で述べられる。

(6) 機器の配置計画

上記のような機能を発揮するためには適切な機器を設置する必要がある。

① Emergency Telephone System
トンネル区間は前後にずらすこととし、2 km 毎に設置する。8 か所。

② Vehicle Detector System
交通量が変化しない IC 間を原則として設置する。特に IC-1 と IC-2 の間は現 E-60 の交通も Highway を利用するので、この地点の計測は不可欠である。4 か所。

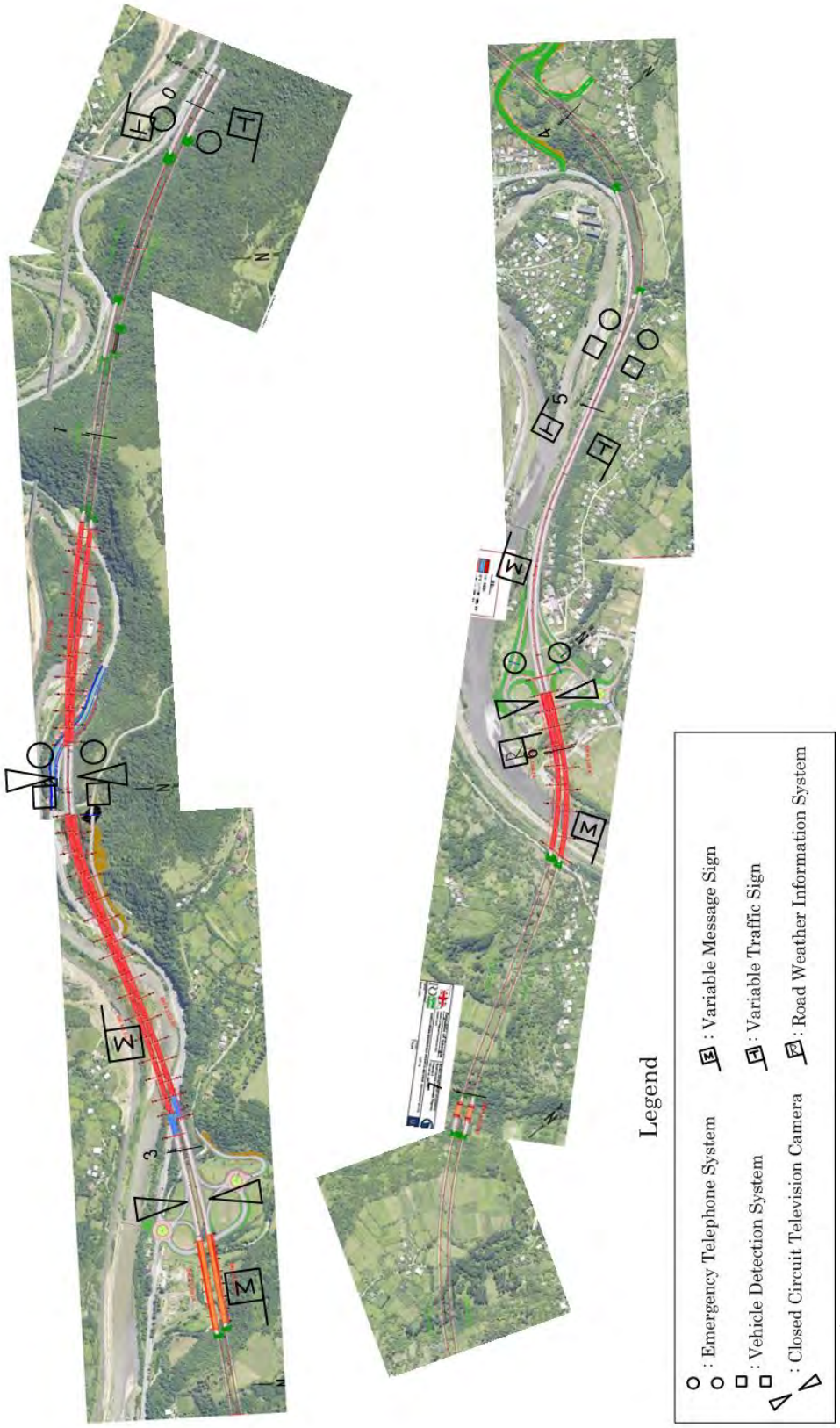
③ Closed Circuit Television Camera
長大橋梁区間およびインターチェンジに設置する。Br-4 と IC-2 に対する設置は支柱を共用することができる。4 か所。

④ Variable Message Sign
インターチェンジの分流点の手前に設置し、道路情報及びう回路の情報を伝達し、利用者の道路選択の判断に資する。7 か所。

⑤ Variable Traffic Sign
規制速度や車線規制を表示する。5 km 毎に設置する。3 か所

⑥ Road Weather Information System
天候の急激な変化の長大橋梁走行車両に対する影響を予測するために Br-1 と Br-2 に対してと、Br-4 に対しての 2 か所に設置する。

この機器設置計画を図 4-83 及び図 4-84 に示した。



出典： JICA 調査団

図 4-83：ITS 機器配置計画（1）

出典：JICA 調査団

図 4-84：ITS 機器配置計画（2）

4.2.11 残土処理計画

残土処理計画に関しては、土壌処理施設が「クタイシバイパス（河川側・将来のクタイシ・トビリシ車線）の第2期建設区間」であるとRDから指定を受けた。正確な処分場は、F4セクションの建設地点終点から約20 km西にあるチシュラ区域である。

懸念事項

- トンネルの発破掘削により発生する岩ズリに関しては、大きさも材質も不揃いとなることが多々あり、2次破砕が必要な状況が発生する。また、スレーキングを発生するような不良土砂では、埋め戻し材料として再利用できない場合も考えられることから、トンネル坑口近辺に発生土砂の仮置き場が必要となる。
- 発生土砂（残土）の仮置き等については、発注者指定の場所とし、移動・運搬・積み上げ、安全対策等の費用に関しては別途とする必要がある。
- ズィルラ側には盛り土区間が少ないことから、土砂をアウグヴェタ方面へ運搬せざるを得ない、発注者の要求事項により工期短縮ではなく、突貫工事となるため現道の渋滞が予見される。

第5章　E-60 F4 セクション（ショラパニ～アウグヴェタ）に適用可能な本邦技術

5.1　概要

ジョージア政府は本事業における本邦技術の適用を希望していることから、本調査を通じ、本邦技術の活用妥当性について検討する。検討の視点として、工期短縮・経済性および安全性向上・維持管理に配慮した本邦技術の優位性およびコスト等、道路・トンネル施工方法、及び橋梁形式・施工方法の検討にあたっては、自然条件と施工時の制約条件を勘案する。また、現 E60 を一部使用し、交通を確保するなど、道路・トンネル施工方法、橋梁形式・施工方法以外にも経済性、道路安全対策（落石防止・斜面対策等）技術の適用など、幅広く検討する。

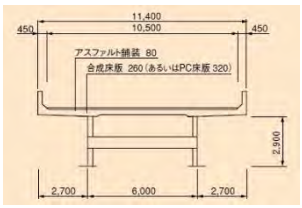
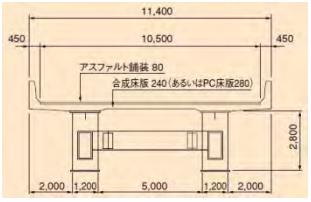
なお、適用を提案する本邦技術について今後ジョージア側関係機関、ADB 及び ADB による D/D コンサルタントと十分に協議・調整を行う。本調査によるレビュー結果を本邦技術活用の妥当性と共にジョージア政府を通して ADB 及び D/D コンサルタントに対して提案する。ジョージア政府のニーズやコストパフォーマンスを勘案したうえで現実的な本邦技術の活用を検討する。さらに、本邦技術の活用に関しては、RDMRDI を含むジョージア国政府側への技術移転も合わせて計画・検討する。

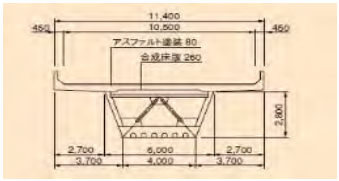
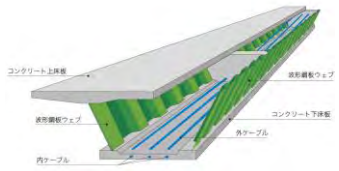
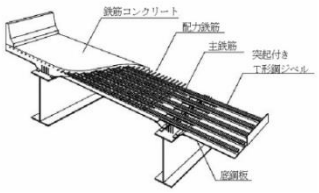
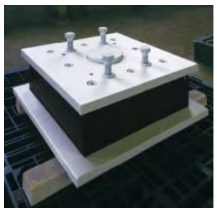
5.2　橋梁

(1)　本邦技術の概要

我が国は、多くの山岳地帯高速道路橋梁の建設経験を有する。表 5-1 に、本プロジェクトに適用可能な橋梁関連本邦技術の一覧を示す。

表 5-1：本プロジェクトの橋梁に適用可能な本邦技術

番号	工種	工法名称	工法概要	期待される効果	概念図・写真	STEP
1	上部工 主桁形式	鋼合理化桁 鈑桁	主桁本数を減らし、縦リブ・横リブなど小型材片の個数を大幅に削減することにより省力化・工期短縮に有効な工法。	• 鋼桁材量減少 • 製作・組立工の単純化 • 製作・組立工の工期短縮		○
2	上部工 主桁形式 （曲線橋）	鋼合理化桁 細幅箱桁	箱主桁断面幅を減らすことにより、縦リブ・横リブなど小型材片の個数を大幅に削減するため、省力化・工期短縮に有効な工法。	• 鋼桁材量減少 • 製作・組立工の単純化 • 製作・組立工の工期短縮		

番号	工種	工法名称	工法概要	期待される効果	概念図・写真	STEP
3	上部工主桁形式	開断面箱桁	合成床板との合成箱桁構造。縦リブ・横リブなど小型材片を大幅に削減し、省力化・工期短縮を実現。	• 鋼桁材量減少 • 製作・組立工の単純化 • 製作・組立工の工期短縮		
4	上部工主桁形式	合理化トラス	合成床板との合成トラス構造。縦リブ・横リブなど小型材片を大幅に削減することにより、省力化・工期短縮を実現。	• 鋼桁材量減少 • 製作・組立工の単純化 • 製作・組立工の工期短縮		
5	上部工主桁形式	波型鋼版ウェブ PC 橋	ウェブに波型鋼板を用いることにより、PC 橋の軽量化、省力化を実現した。	• PC 橋工事の単純化 • 工期短縮		
6	上部工主桁材料	耐候性鋼材	無塗装表面に緻密なさびが形成されることにより、それ以上の錆が永久的に防止されるため、LCC が大幅に削減できる。	• 橋梁維持管理コストの大幅削減		○
7	上部工床版	合成床版（SCC）	合理化鋼桁の床版として用いられ、耐久性の高い PC/SCC 床板による維持管理軽減に優れた工法	• 主桁本数減少による工期短縮 • 現場床版工事の大幅単純化による安全性向上、および工期短縮		○
8	支承形式	水平力分散支承	連続桁の地震時水平荷重を均等に分散する、積層ゴム支承。	• 耐震性向上 • 連続桁=ノージョイント化による、走行性、橋梁維持管理性の向上		○
9	支承防食工	プラズマアーク溶射を用いた支承	腐食し易い支承金属部の、高品質防食	• 支承の耐久性を大幅に改善し、橋梁維持管理性が向上する。		○

番号	工種	工法名称	工法概要	期待される効果	概念図・写真	STEP
10	急斜面上基礎	竹割工法	急斜面上に構造物施工する際の土留め工法。吹付＋ネイリング＆円筒 RC 壁。	• 急斜面上基礎の安全施工 • 急斜面での掘削範囲を最小限とすることによる作業効率化、環境保全。		
11	高橋脚躯体工	自昇式型枠足場	施工済部分に固定支持しながら型枠足場を連続的に上昇し、RC 柱を建設する工法。	• 高橋脚の急速・安全施工		

出典：JICA 調査団

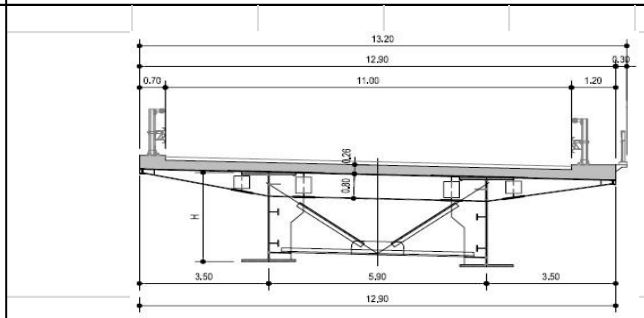
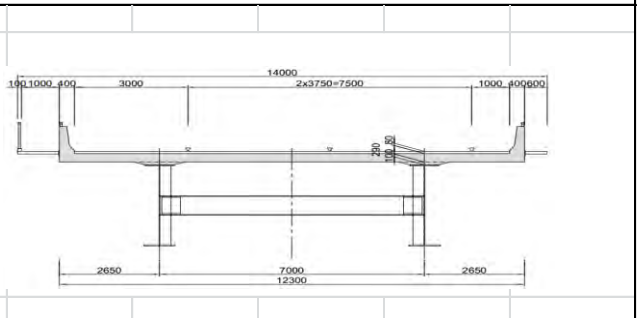
(2)　適用可能な本邦技術

F4 工区鋼橋に対して、以下の本邦技術を適用した場合について検討する。

1)　鋼合理化桁
2)　耐候性鋼材
3)　合成床版
4)　水平力分散支承
5)　プラズマアーク溶射を用いた支承

表 5-2 に、本邦技術を適用した場合としない場合の比較検討結果を示す。

表 5-2：STEP 適用工法比較表（橋梁）

工種 (Work Item)	鋼橋梁上部工	
工法 (Work Method)	IRD 提案工法	STEP 適用工法
	ラダーデッキ＋コールテン・ブリッジ	合理化鈑桁 ＋ 耐候性鋼
概念図 (Illustration)		
技術的説明 (Technical Description)	ヨーロッパで一般に用いられるラダーフレーム＝2主桁+横桁と、RC床版による合成鈑桁橋。コンクリート床版は主桁と横桁で支持され、橋軸方向が支間となる。床版は型枠支保工の寸法制限により、多数の施工目地が発生する。合成構造のため床版補修に手間がかかる。耐候性鋼材使用。連続桁形式。	日本で一般的に用いられる、合理化2主鈑桁と鋼−コンクリート合成床版による、非合成桁橋。リブ補強された底板とコンクリートによる合成床版は、主桁（ハンチ付）に支持された1方向版として設計される。非合成構造のため床版補修は容易。耐候性鋼材使用。水平力分散支承を用いた連続桁形式。
当該箇所は非公開		
現場工期 (Site Duration)	100%	80%（現場工期20%減）
工事の安全性等 (Safety)	床版工は主桁架設後、桁上での型枠支保工設置・撤去により、長期間の高所作業となる。	主桁は合成床板付きでの架設が可能であり、安全かつ大幅な工期短縮が可能である。
調達先等 (Procurement)	鋼材・製作 ； ジョージア	鋼材 ；日本 製作 ；東南アジアの日系企業製作工場
STEP適用有効性 (STEP Evaluation)		1）技術的合理性に加え、大幅な工期短縮と高い安全性が確保できる。 2）橋梁寿命の主要素である床版耐久性が、実験により確認されている。 3）高品質耐候性鋼材により、ライフサイクルコストが大幅に低減される。 4）水平力分散支承による連続桁のため耐震性、走行性、維持管理性に優れる。

出典：JICA 調査団

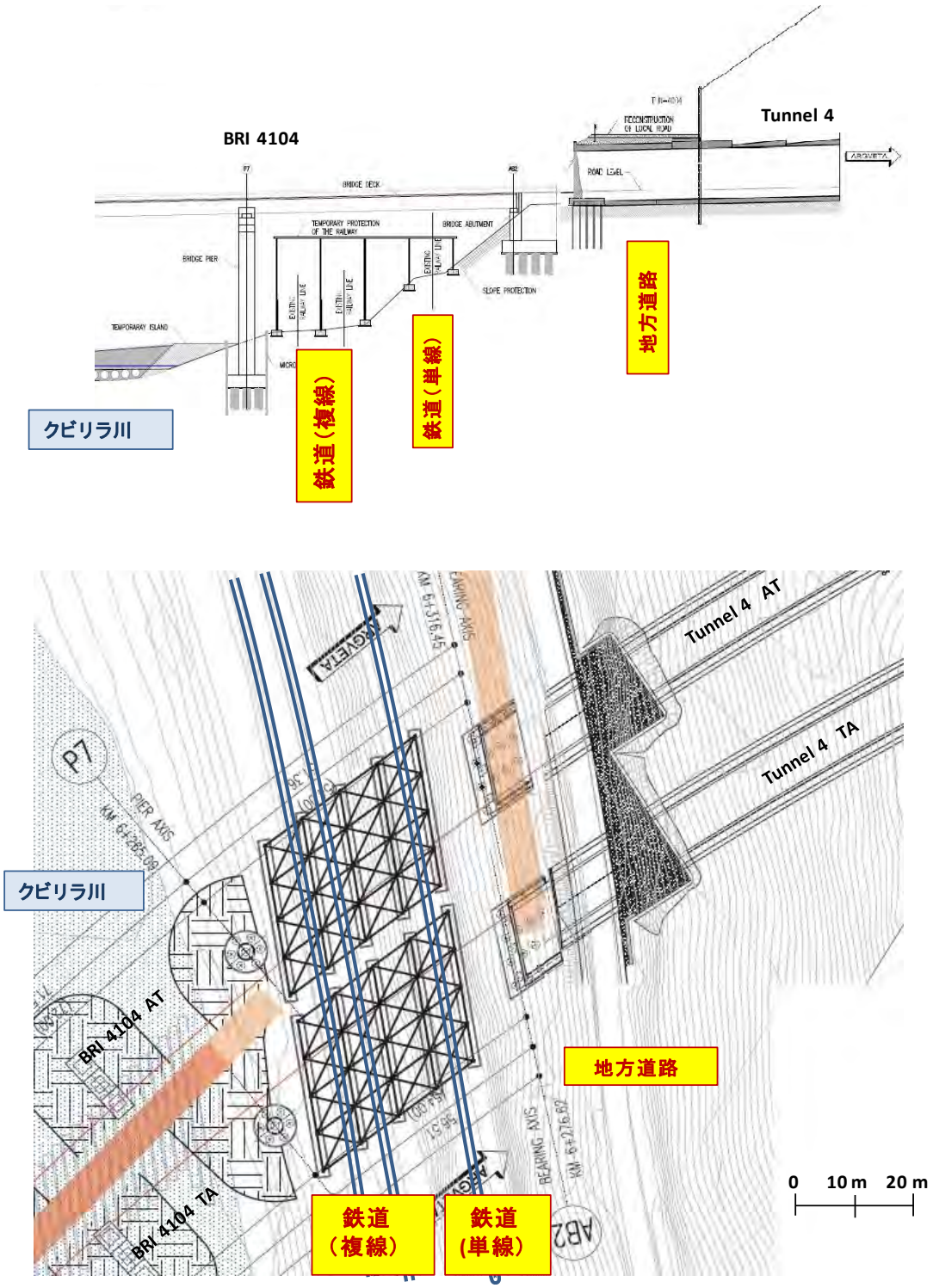
(3)　橋梁 BR4004 終点付近施設輻輳部建設工事（近接施工）

橋梁 BR4004 終点側～Tunnel 4 坑口付近は交差物として、クビリラ川右岸に沿うジョージア幹線鉄道（複線）と支線（単線）および地方道路が、数十メートル間隔で平行に走っている。また高さ方向では、現計画は支線鉄道軌道と地方道路の高低差 23 m から鉄道建築限界 6.5 m（フェーズ 1 より）を差し引いた“16.5 m”の空間の中で、全ての構造物工事；橋梁（建築限界 5.2 m＋上部工約 3 m＋仮設・施工スペース）およびトンネル（土被り＋トンネル構造物高約 10.5 m＋仮設・施工スペース）を行わなければならない。（図 5-2 参照）

当地点の最適な構造物設計、安全・迅速な工事は本プロジェクトの重要な課題である。日本は、このような鉄道や道路が輻輳した場所での建設工事の経験を多く有する。従って、その技術が活用されることが望ましい。

出典：JICA 調査団

図 5-1：BR4004 終点付近の他施設との位置関係



出典：JICA 調査団

図 5-2：BR4004 終点付近位置関係図

5.3　トンネル設計

トンネル建設と関連し、表 5-3 に示した本邦技術の適用を試みた。しかしながら、橋梁分野での本邦技術適用により STEP 条件が概ね満たされたこと、また、以下トンネル分野における本邦技術適用に伴う初期コストの増加に対して、先方政府関係者の了解が得られなかったことから、本案件における以下の本邦技術適用は叶わなかった。

表 5-3：トンネル関連にて適用を検討した本邦技術

項目	適用箇所	目的
機械掘削工法	• ゼスタフォニ北側、軟岩地質の 4 トンネル	• トンネル周辺民家等構造物への振動影響解消 • 余掘りの削減、無振動
補助工法 長尺鋼管先受け工 （AGF 工法）	• 土被りの薄いトンネル区間 • あるいは坑口部	• 掘削時の安定性確保
けれん機能付きセントル （剥離剤塗布装置併設）	• セントルの外周研磨 • 剥離剤塗布	• 美観の良い覆工 • サイクルタイムの短縮 • 剥離剤塗布作業を同時可能
セントルの加圧充填	• 覆工天井部へのコンクリート打設	• 覆工天井部コンクリートの過充填
パイプ式引抜バイブレーター	• 覆工天井部のコンクリート打設	• 均一な締固め

出典：JICA 調査団

5.4　のり面および斜面保護工設計

5.4.1　のり面設計

図 4-56 における、のり面①の ATsta.0＋020 および ATsta.0＋060 付近の渓流は切土されて渓流の出口がのり面の高い位置となる。したがって、のり面に縦排水工の設置が必要である。ただし、上方斜面には落石の発生源となる露岩が認められていないため土砂止めなどの渓流対策の必要性はない。

DD コンサルタントののり面の設計においては、のり面保護工が提案されていないが、日本では、切土が強風化岩や土砂の場合には、種子吹付工やのり枠工、岩盤の場合には、コンクリート吹付工などの保護工が一般的に用いられている。降雨量が日本よりも少ないことを考慮しても地下水位の高い風化岩の分布するのり面に対して種子吹付工と排水工を設置することを提案する。

のり面⑧ATsta.8＋328~9＋040、のり面⑩AT 9＋726~9＋98 およびのり面⑩'TA 9＋78~9＋818 ののり面は近傍のボーリング調査結果から風化深度が深く地下水位が高いことが予想されるためのり面の浸食防止のために種子吹付工の施工が望ましい。

のり面⑦TA 8 + 257~8 + 286 の切土のり面は、風化岩で 79 度と急勾配であるためコンクリート吹付工によりのり面崩壊を防止する必要がある。

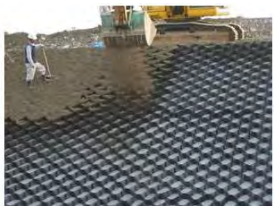
5.4.2　斜面保護工設計

TA0 + 625～AT0 + 747 ののり面②'およびのり面②の切土のり面上方の自然斜面には火山礫凝灰岩の露岩の分布が認められた。本邦技術の中では、表 5-5 13 番の環境適応型落石防止工であるプラスネット工（東京製綱 NETIS 登録番号 HK-150003-A）が提案できる。樹木伐採など植生を損なうことなく施工が可能であり、高耐久仕様のものを用いれば、強塩害地でも 27 年の実績を持つなど耐用年数が長くメンテナンスが軽減される。

5.4.3　のり面及び斜面保護工設計の本邦技術

のり面保護工として本邦技術には以下のものが挙げられる。

表 5-4：のり面工の本邦技術（有用な新技術）

番号	従来工法	工法名称（NETIS 登録番号）	工法概要	期待される効果	現場写真
1	モルタル吹付のり枠工（200 mm）+ 植生基材吹付工（t=3 cm 枠内）	GT フレーム工法（CB-070019-V）	ジオグリッドおよび短繊維混合補強砂を用いたのり面表層保護工	• シート養生が省略でき、廃棄物処理を削減でき、経済性の向上、環境負荷低減 • 配筋や枠内シート養生を省略でき、作業工程の大幅短縮、工期の短縮 • 軽量でコンパクトな材料のため、墜落・転落等の事故防止、安全性の向上	
2	プレキャスト法枠	立体ジオグリッド・ジオウエッブ工法（HK-090006-V）	のり面保護軽量法枠工	• 経済性が向上 • 材料が軽量で施工が容易なため、工程の短縮、施工性の向上 • 小型・軽量であり、吊り荷作業を必要としないため、安全性の向上	
3	プレキャストコンクリート法枠	ハイブリッドセル工法（HK-090008-VE）	ハイフレームのり面保護・土砂拘束工法	• 軽量コンパクトで最小作業ヤードで作業が出来る • 展開と充填の 2 作業なので手待ち、段取替えがない • 既存のり面との付着力があり、滑落しない（覆土緑化枠工）	
4	植生基材吹付工（厚 3 cm）	ソイルテクター（CB-100042-VE）	侵食防止強化型植生マットによるのり面保護 と緑化	• 侵食防止効果 • 工程の短縮と施工性の向上 • 緑化用植物の出芽・製品の選択性	

番号	従来工法	工法名称（NETIS 登録番号）	工法概要	期待される効果	現場写真
5	植生基材吹付工（t=3 cm）	金網付植生マット工法（CB-090029-VE）	かまくらマット肥料袋付植生マット工法	• 金網、ヤシ繊維ネット、植生マットによる三層構造により、積雪・融雪や、凍上への保護効果が期待できる。 • コスト削減が可能となる（12.25%縮減）。 • 施工性（工程）の短縮（32.96%短縮）。	
6	現場吹付のり枠工	田（DEN）パネル工法（KT-070060-V）	切土補強土用の緑化型鋼製受圧板	• 二次製品の設置のみで、設置手間の軽減により、工程の短縮 • 品質出来形の管理項目が減少 • 軽量な二次製品の設置で、のり面での作業時間が減り、安全性と施工性が向上	
7	ロックボルト付き 現場吹き付け法枠工	RS パネル（QS-100006-VE）	ガラス長繊維強化プラスチック発泡体を利用したリサイクル技術に基づいた反力体	• 腐食の恐れが無いため永久構造物として安心して使用可能である。また、形状が小型であるため、樹木等の保存も可能となる。 • 軽量化により省力化が可能となり、施工性が向上する。また、工場製品であるため、現場での組立てがなく工期短縮が図れて経済性が向上する。	
8	吹付法枠工	EP 受圧板（TH-110011-VE）	リサイクル材を使用し、全面緑化が可能な 環境に優しい切土補強土用受圧板	• リサイクルプラスチックを使用することによる環境負荷低減。材料の軽量化により人力施工が可能。また、安全性の向上。 • 吹付法枠よりも厚さが薄いことにより、斜面の全面緑化が可能。また、雨水等による腐食の懸念がない。	
9	現場打ち張コンクリート	プレキャストシール板（CB-100017-VE）	小段排水溝や縦排水溝の周囲を雨水や湧水から保護するプレキャスト版	• 現場でのコンクリート打設・養生が不要になり、工期を大幅に短縮できる。（約 78%短縮） • これまで設けていなかった伸縮目地が一定間隔（2 m 間隔）で形成され乾燥収縮などによるひび割れ発生を抑制できる。 • コンクリートの品質管理が向上し、寒冷地などで使用する際の凍結融解に対する抵抗性が向上する。	

出典：国土交通省資料 H29.7.12

一方、自然斜面における不安定な浮石や転石の落下防止に資する発生源対策の工法として落石防止工があり、待ち受け工には落石防止柵工がある。これらの対策工法に対して本邦技術としては以下のものが挙げられる。

表 5-5：斜面保護工の本邦技術（有用な新技術）

番号	従来工法	工法名称（NETIS 登録番号）	工法概要	期待される効果	現場写真
10	落石防護柵（ストーンガード設置工）	マウントロックフェンス工（KT-080032-VE）	傾斜地山腹に設置することが可能な、自然にやさしい落石防護柵	• 下部工（基礎）に鋼管杭を用いたため、斜面中腹に設置可能となり、施工場所を選ばないため、設置可能範囲が拡大する。 • 下部工（基礎）に鋼管杭を用いたため、斜面中腹に設置可能となり、落石発生源に近い場所で施工が 可能である。よって、落石エネルギーが小規模なうちに捕捉できる。	
11	落石防止網（ロックネット）設置工 パイプアンカー	PAD アンカー工法（HK-070002-V）	雪崩防止柵、落石防止金網用小型アン カー工法	• 土砂と岩盤が混在する土質の穿孔時間が短縮され、工期短縮・施工性向上。 • モルタル中詰めが省略でき、管理項目を無くすことが出来、工程短縮・施工性向上。 • アンカー本体建込み時、打設機械から離れて作業できるため、安全性の向上。	
12	落石防止網（ロックネット）設置工 現場吹付法枠工法（梁断面 300×300）	マイティーネット工（KK-100030-VE）	斜面安定化工法	• 大規模なのり面整形やモルタル吹付がなく、工期の短縮 • 施工性の向上 ・コンクリートの品質管理が不要となり、管理項目や頻度が減少 • コンクリート構造物がなく、自然植生の回復が期待できるため、景観に配慮した技術	
13	落石防止工（ロープネット工）（ロープ掛け工）	落石防止工（プラスネット工）（HK-150003-A）	環境適応型落石防止工法	• 露岩規模や状況に応じて形式やタイプの変更が可能である。 • 樹木伐採など植生を損なうことなく施工が可能である。	

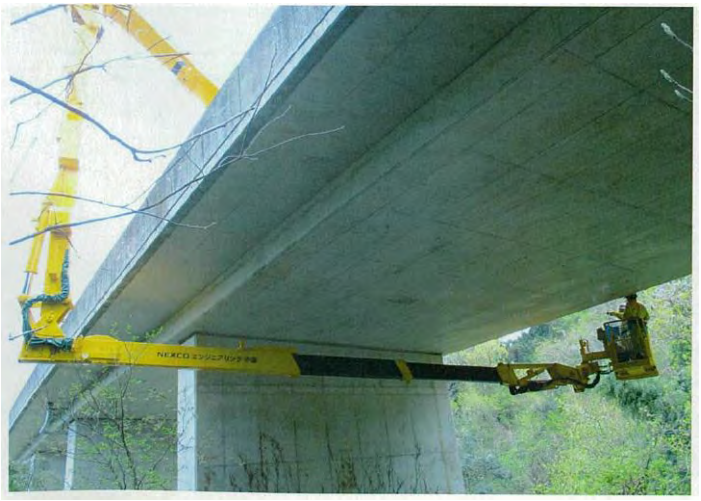
番号	従来工法	工法名称（NETIS 登録番号）	工法概要	期待される効果	現場写真
14	落石土石流対策工	カーテンネット工法（SK-980029-VE）	高エネルギー吸収落石防護網	• 落石エネルギーの吸収能力が高い • 支柱高が高く落石のポケットが広い • 支柱間隔が広いため支柱設置の制約が少ない • 維持管理が容易 • 耐食性、耐久性が優れている	
15	土石流対策工	サスペンションケーブルスクリーン工法（SK-010019-A）	沢状斜面の局所的高エネルギー吸収防護柵	• 繰り返しの落石に耐える • 土石流や流木の防護機能	

出典：国土交通省資料 H29.7.12

5.5 道路維持管理技術

2018 年 2 月に実施したジョージア国道路局員・財務省職員向けに開催された本邦研修のカリキュラムにおいて、日本の道路維持管理技術を紹介したところ、NEXCO 西日本及び NEXCO 西日本エンジニアリング中国（以下、エンジ中国）が所有する、トンネル・橋梁維持管理用の特別点検車両に対して、高い関心が寄せられた。具体的には以下の 3 種類について、興味関心が高いとの感想が聞かれた。

表 5-6：本邦研修中に紹介した日本における維持管理点検車両

1	トンネル内部コンクリート被覆用非破壊検査車両	
2	トンネル内部 目視・打音検査用車両	
3	橋梁・桁下 目視・打音検査用車両 （BT-400、BT-200）	

出典：NEXCO 西日本、NEXCO 西エンジ中国の本邦研修資料より抜粋

実際、これらの点検車両について、RDMRDI でも購入を検討したいとの話も浮上した。しかしながら、それぞれの車両について以下の問題点があり、現状での導入は断念された。

1	トンネル内部コンクリート被覆用非破壊検査車両	● 放射性物質を含むため、車両自体の輸出が厳しいこと ● 検査員および検査装置操作員に相当の技術力が必要であること
2	トンネル内部 目視・打音検査用車両	● 本点検車両はエンジ中国にて開発途中であること ● 車両購入金額がジョージア側の想定よりも高額であったこと
3	橋梁・桁下 目視・打音検査用車両 （BT-400、BT-200）	● 車両購入金額がジョージア側の想定よりも高額であったこと

5.6　工期短縮手法

5.6.1　橋梁

5.2 で記した橋梁への適用可能な本邦技術には、工期短縮も重要な効果として含まれている。以下にその内容を記す。

(1)　鋼合理化桁：鈑桁

主桁本数削減、横桁の簡素化、横リブ・縦リブ等小型材片の大幅削減により、製作期間および現場組立期間が短縮される。（数ヶ月程度）

(2)　合成床版

現場組立が容易なプレファブ化された鋼底板部材により、上部工工事で最も煩雑で工期を要し、かつ危険を伴う作業である床版型枠足場設置／撤去工が省略でき、また鉄筋工を削減することができるため、安全性の向上と同時に大幅な工期短縮が可能となる。

これらにより、上部工現場工事期間は、従来工法よりも約 20%（約 3 ヶ月程度）短縮できる。

なお、下部構造については、本工区 F4 での急斜面上工事、高橋脚（＞30 m）の適用基数が少なく、適用しないこととした。

5.6.2　トンネル

(1)　掘削・覆工同時施工

一定な間隔をおいてトンネル掘削とコンクリート・ライニングの打設を同時施工することにより、トンネル建設工期の短縮がゼスタフォニ北側の 2 トンネル（T-AT-5 / T-TA-5）に対しては可能である。

ゼスタフォニ北側の 2 トンネルは、西側のトンネル延長半分以上の区間において、トンネル直上あるいは周辺に病院と民家等が散在しているうえ、軟岩で構成されているので、機械掘削が必要である。掘削後すぐに実施される吹付コンクリート、鋼支保工、ロックボルトの打設以降の工種は、防水シート設置およびコンクリート・ライニングの打設である。

しかし、機械掘削になると、発破振動および発破時の飛石等による後続作業（防水シート設置、コンクリート・ライニング打設）への影響がある発破掘削と違い、それらの影響がないので、発破掘削作業が可能な東区間までコンクリート・ライニング併設作業が可能となるので、工期短縮となる。

(2)　長孔発破

トビリシ側の 2 ケ所 4 トンネル（T-AT-1/T-TA-1、T-AT-2/T-TA-2）に対しては 1 掘進時の発破延長を長くすることが可能と考えられる。特にこれらのトンネル周辺は民家がほとんど存在しないうえ、硬岩として予想されるため、長孔発破を適用することにより、サイクルタイムが短くなり、工期短縮に貢献できる。さらに、これらのトンネルを早く完成させることにより、ライニング・フォーム等の運用にも役に立つことになる。

日本の基準に基づくと、発破掘削時の 1 掘進長を 2.0 m 以上にすることが困難である。長孔発破を実施した事例がいくつか報告されているが、日本の場合は特別な岩質ではないと最大 1 掘進長が 2.0 m である（表 5-7）反面、海外の場合は 表 5-8 に示したように 2.0 m 以上の掘進長を採用する場合が多く、DD コンサルタントも表 5-9 に示したような最大一掘進長を提案している。掘進中に切羽観察および計測の結果から判断するべきであるが、可能な場合は長孔発破を採用し工期短縮を図る必要がある。

表 5-7：日本における発破掘削時の標準進長

地山等級	支保パターン	標準1掘進長(m)	ロックボルト				吹付コンクリート	鋼アーチ支保工		覆工厚（cm）		変形余裕(cm)	掘削工法
			長さ(m)	施工間隔（m）		施工範囲	厚さ(cm)	上半サイズ	下半サイズ	アーチ・側壁	インバート		
				周方向	延長方向								
B	B-a	2.0	3.0	1.5	2.0	上半120°	5	—	—	30	0	0	補助ベンチ付き全断面工法または上半工法
CⅠ	CⅠ-a	1.5	3.0	1.5	1.5	上半	10	—	—	30	(40)	0	
CⅡ	CⅡ-a	1.2	3.0	1.5	1.2	上下半	10	—	—	30	(40)	0	
	CⅡ-b			1.5	1.2			H125					
DⅠ	DⅠ-a	1.0	3.0	1.2	1.0	上下半	15	H125	H125	30	45	0	
	DⅠ-b	1.0	4.0										
DⅡ	DⅡ-a	1.0以下	4.0	1.2	1.0以下	上下半	20	H150	H150	30	50	10	

出典：日本高速道路株式会社の設計要領第三集トンネル建設編

表 5-8：F1 区間に提案された Q 値に基づく ÖNORM の支保パターン表

TYPE			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
Q-Value			40>Q≥10	10>Q≥4	4>Q≥1	1>Q≥0.4	0.4>Q≥0.1	0.1>Q≥0.01
ÖNORM Class			A2	B1	B2	B3-a	B3-b	C2
Round Length (m)				**2.0~2.5**	**1.5~2.0**	**1.25~1.5**	**1.25~1.5**	**0.75~1.25**
Rock Bolt	Length (m)		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0~6.0	6.0~8.0
	Spacing	Circumferential direction (m)	Spot	2	1.5	1.25	1.25	1.0
		Longitudinal direction (m)	Spot	2.0~2.5	1.5~2.0	1.25~1.5	1.25~1.5	0.75~1.25
	Area of Installation		Top heading	Top heading	Top heading Bench	Top heading Bench	Top heading Bench	Top heading Bench
Forepoling (m) ϕ28 mm (or 1.5”) steel pipe					6.0 (if required)	8.0	8.0	8.0
Shotcrete	Thickness (cm)		5	10	15	20	20	25
	Wire mesh			1 layer	2 layers	2 layers	2 layers	2 layers
	Area of Installation		Top heading	Top heading	Top heading Bench	Top heading Bench	Top heading Bench Invert	Top heading Bench Invert
Steel Arch Support	Size				INP 100 (if required)	INP 160	INP 160	INP 160
	Spacing				1.5~2.0	1.25~1.5	1.25~1.5	0.75~1.25
	Area of Installation				Top heading Bench	Top heading Bench	Top heading Bench Invert	Top heading Bench Invert

出典：F1 区間 D/D コンサルタント作成 IT/R

表 5-9：DD コンサルタントの最大一掘進長

TYPE	A0	A1	A0V	B0	B1	B0V	B2V
Maximum Round Length (m)	**3.6**	**3.0**	**1.0**	**3.6**	**2.8**	**1.0**	**1.0**

出典：D/D コンサルタントの DFR

5.6.3　施工管理

D/D コンサルタントとの協議により、以下の点について修正が加えられており、これらの複合的な要因により工程短縮が図られている。但し、発注者側から示された道路開通時期の指定により、本工区全域に渡って同時施工を余儀なくされるため、突貫工事となることが予見されている。

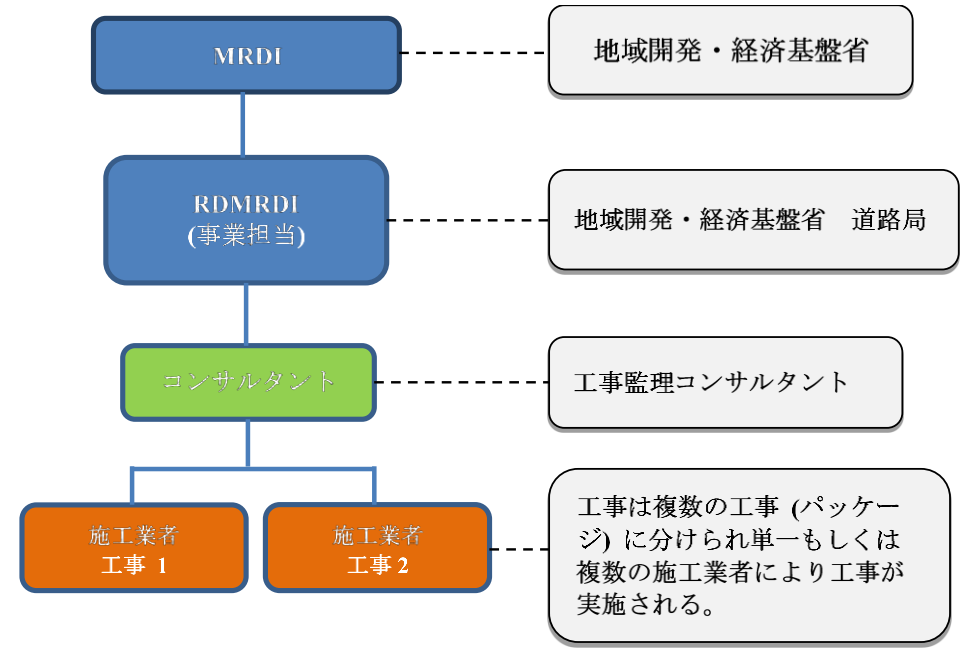
- 道路線形の変更
  - 走行速度の見直し、曲率半径の再考、縦断勾配の見直し
  - トンネル区間、橋梁区間の増大
  - 現道拡幅区間（現道改修）の最小化
- 構造物の変更
  - 橋梁構造（上部工）の見直し（長スパン化による橋脚の減量）
  - インターチェンジの見直し（位置及び形式）
- 施工機械の変更
  - トンネル工、大型自由断面掘削機械の導入（高効率化）

第6章　事業実施および維持・管理計画

6.1　事業のフレームワーク

6.1.1　全体フレームワークと関連する組織

事業を実施するにあたっては各種の組織が特定の役割を果たしていくことになる。図 6-1 はこれら組織の関係を示す事業の全体フレームワークである。



出典：JICA 調査団

図 6-1：プロジェクトフレームワーク

各組織の事業における役割を表 6-1 に示す。

表 6-1：各組織の役割

組織	役割	注釈
地域開発・経済基盤省（MRDI）	地域開発及び経済基盤の開発そしてその計画工事に関連し JICA、他の省庁、関連団体との公式連絡。	
地域開発・経済基盤省道路局（RDMRDI）	約 7,000 km に及ぶ幹線国道の建設・維持管理を行う。事業実施の担当者であり、工事監理コンサルタント、施工業者とそれぞれの契約に基づき工事を実施していく。	
工事監理コンサルタント	工事事業者（RDMRDI）のエンジニアとして工事監理に従事。	
施工業者	事業者との工事契約に基づき工事（パッケージ）を施工。	工事は 2 パッケージに分割される予定である。

出典：JICA 調査団

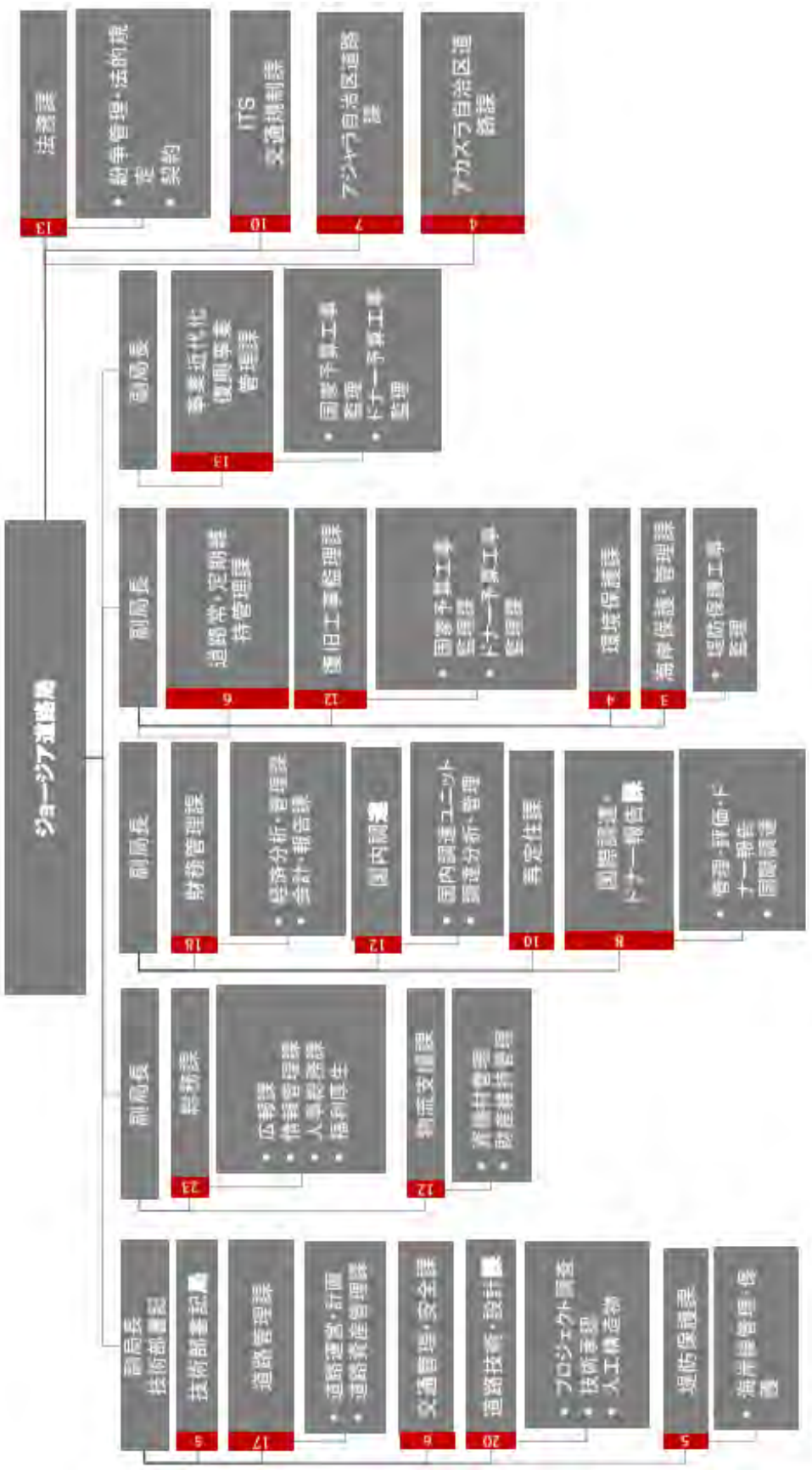
6.1.2　事業実施組織（道路局 - RDMRDI）

(1)　組織構造

図 6-2 に RDMRDI の組織図を示す。RD の職員数は約 190 名、そのうち 150 名は本部に属し、40 名は地域事務所に所属している。RDMRDI は約 7,000 km に及ぶ国際及び 2 級幹線道路網を管理している。従って、職員率は 2.7 名/100 km となり他開発途上国の道路管理組織に比べて、少ないとは言えない[1]。新規道路工事、維持管理、国際及び 2 級幹線道路の管理は RDMRDI により実施される。すべての工事は施工業者に発注されとともに工事の監理は別途契約された第三者コンサルタントにより行われる。

工事完成後の維持管理は第三者に業務委託される。維持管理の業務体制、予算については 6.3.4 章にて記述する。

[1] タンザニア（TransRoads, 約 2.3 名/100 km）、ガーナ（Department of Feeder Roads, 約 1.4 人/100 km）、インド（National Highway Authority, 約 2.1 人/100 km）



出典：RDMRDI

図 6-2：RDMRDI 組織図

(2)　当該組織により実施された事業

表 6-2 は国際及び 2 級幹線道路への年間支出の推移を示したものである。

WB、EIB、ADB、JICA 等のドナーからの拠出金による工事額は 2007 年度より目立って増加している。

表 6-2：国際および 2 級幹線道路への年間支出の推移（2004 年～2015 年）

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
GDP	5,126	6,411	7,745	10,173	12,795	10,767	11,638	14,367	14,367	16,143	16,506	13,989
新規工事	2	10	29	41	37	83	129	131	173	58	57	44
-政府予算		8	29	25	7	17	27	38	41	10	10	7
- ドナー	2	2		16	30	67	102	93	133	48	47	37
GDP 割合 %	0.0%	0.2%	0.4%	0.4%	0.3%	0.8%	1.2%	0.9%	1.2%	0.4%	0.4%	0.3%
補修・定期保守作業	24	40	52	92	96	182	249	174	92			
-政府予算	10	33	42	74	69	79	62	99	63	N/A	N/A	N/A
-MCG					19	67	118	39	0			
-ドナー	14	6	10	18	7	36	69	36	29			
GDP 割合%	0.5%	0.6%	0.7%	0.9%	0.8%	1.7%	2.3%	1.2%	0.6%			
常期維持管理	12	11	16	18	18	18	16	19	21	21	21	18
-政府予算	12	11	16	18	18	18	16	19	21	21	21	18
GDP 割合 %	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
合計	38	61	97	151	151	283	394	324	286			
GDP 割合 %	0.7%	1.0%	1.3%	1.5%	1.2%	2.6%	3.6%	2.3%	2.0%			

（注）単位：百万 USD
出典：WB 第 4 東西ハイウェイ整備事業、レポート No 75201-GE（2004-2012）、RDMRDI（2013-2015）
為替レート国立統計局

表 6-3 は WB、ADB、JICA、EIB、EU 等の他ドナーによる拠出資金により現在進められている道路事業を示したものである。これらの事業費総計は 1,100 億 GEL（440 億 US$）に達している。これら事業の遂行にあたっては施工業者、工事監理コンサルタントの選定、プロジェクト管理、工事資金管理、そして道路の維持管理に対し他ドナーにより規定された厳しいルールが適用されてきた。また汚職を防止する手段がこれらドナーによりとられてきた。

これら事業を通し RDMRDI は事業の調達、実施、維持管理に必要とされる十分な経験と知識を得てきたとともに事業実施の水準はこれら国際支援団体の要求に沿うレベルに達している。RDMRDI が判断の難しい問題を処理する為、外部のスペシャリストに依頼する場合がある。これは専門職員の不足もあるが、第三者からの公平なオピニオンを得る目的もある。このアプローチは有効であるが、プロセスに長い時間を要する。

国際調達・ドナー報告支援課は施工業者、工事監理コンサルタントの調達を担当している。道路管理課、交通管理・安全課、道路技術課を含む技術課は既存及び新規道路網の安全とスムーズ運航を維持するとともに新規工事、現況道路の復興作業の工事監理を担当している。新規、及び既存道路の維持管理は道路維持管理監視課により行われている。環境保護課は施工業者により提出される環境管理計画等を評価するとともに施工期間中の工事が及ぼす環境への影響を監視している。

再定住支援課は本事業により影響を受ける団体・個人への補償に関連した全ての件を再定住行動計画（RAP）に基づき処理している。

事業の財政管理と工事資金の支払いは外部組織の運輸改善・復興センターを通して行われる。

表 6-3：他ドナーからの拠出により実施中または国家予算で予定されている道路事業（2017 年 3 月時）

プロジェクト	契約日	事業完了予定日	契約額 借款/譲渡 通貨			注釈
			通貨	借款	譲渡	
道路事業						
第4 東西ハイウェイ整備事業 (アグラ-ゼモ オシアウリ) (WB)	06.06.2013	28.02.2018	SDR	24,500.0		- ゼモ-オシアウリ(約 12 km) 区間ハイウェイ建設工事 (工事は進行中, 7 km 区間は運航中); - 河岸保護工事 (約, 3,4. km)工事完了; -リコティ-ゼスタフォニ区間ハイウェイF/S 調査と準備調査 (第二リコティトンネルを含む)
			USD	38,000.0		
東西ハイウェイ整備事業 (ゼモ - リコティ) (WB, EIB)	10.02.2016	31.12.2020	USD	140,000.0		- ゼモ オシアウリ - チュマテレティ区間 (約14.1 km) 道路整備工事 (入札中); - ジョージア道路局の能力構築支援; - 経済・開発省による物流上の優先地域を確認する為のF/S準備作業の技術支援; - 道路網開発への将来投資調査支援と設計の準備.
			EUR	49,450.0		
道路回廊投資事業 (コブレッティ バイパス道路) (ADB)	29.10.2009	31.12.2017	SDR	75,892.0		- 新コブレティバイパス道路 (約32 km)の建設; 第一区間 (12.4 + 1.3 km) は開通, 第二区間は建設中.
			USD	140,000.0		
バツミ新バイパス道路 (ADB, AIIB)						- バツミバイパス 2車線14.3km 道路の建設 (計画); - 約200km の国際、地方道路の維持管理 (計画)
東西ハイウェイ整備事業 (ゼスタフォニ -クタイシ - サムトレディア) (JICA)	16.12.2009	24.06.2023	JPY	22,132,000.0		- ゼスタフォニ - クタイシ区間の工事 (建設中); - 新クタイシバイパス道路工事 (17.3 km 区間の工事は完了、2014年に開通); - 新クタイシ - サムトレディア道路区間工事 (24 km区間の工事完了、開通).
東西ハイウェイ整備事業 (サムトレディア-グリゴレティ-コブレッティ) (EIB, EU)	11.05.2012	28.11.2019	EUR	200,000.0	20,000.0	- 新サムトレディア - グリゴレティ4車線ハイウェイ工事(約52 km) (12kmの3工区を除き工事進行中); - ポティ-グリゴレティそしてグレゴレテ-コブレティバイパス道路 (チョロキ川)のF/S調査と詳細設計 (進行中).
第二次第二、地方道路事業 (SLRP II) (WB)	22.03.2012	30.06.2019	SDR	25,800.0		- ジョージア各地域での第二および地方道路 (約 総計225 km) の修復工事(継続中).
			USD	30,000.0		
第三次 第二、地方道路事業 (SLRP III) (WB)	09.07.2014	30.09.2018	USD	75,000.0		- ジョージア各地域での第二および地方道路 (約 総計200 km) の修復工事(継続中).
第二道路施設管理事業 (WB)	28.03.2016	31.12.2021	USD	40,000.0		- グリア地域の選ばれたセコンダリー道路の修復工事及び維持管理と技術作業; (計画) - ムスケタ- ミアネティ、ラカ- レカフミそしてシダ カルツュリ地域の選ばれたセコンドリー道路の修復工事; (入札中) - 施工監理とモニタリング (契約交渉進行中)
バツミ-アカルティケ道路事業 (クウロ-ゴデルジィ区間) (クウェート基金)	17.01/2017	31.12.2020	KWD	8,000.0		- バツミ-アカルツィカへ道路工事(二車線約29M)クロ-ゴデルジィ区間の修復、復興工事 (施工業者の有資格業者選考中)
サダクオロ - バグラタシェン橋梁事業 (EBRD)	30.12.2016	31.12.2019	EUR	6,000.0		- アルメニア共和国、ジョージア国境、サダキョロ-バグラタシェンの新橋梁建設工事(施工業者及び監理コンサルタント入札進行中)

出典：MRDI HP 情報を基に JICA 調査団作成

6.2 事業調達

事業の調達は RDMRDI が拠出を受けた国際機関により規定された調達方法に基づき実施される。

また、ジョージア公共事業調達法および“円借款事業のための調達ガイドライン”も遵守される。

6.2.1 調達スケジュール

RDMRDI により想定された東西ハイウェイ整備工事フェーズ 2 の事業調達全体スケジュールを図 6-3 に示す。ジョージア政府は 2020 年度中、遅くても 2021 年初旬までに工事完工を目指している。環境クリアランス、入札書類の準備、融資合意、監理コンサルタントの調達、施工業者の調達の作業は工事を出来るだけ早い時期に始める為、前倒しされている。監理コンサルタントの入札は工事用入札書類の準備後ただちに表明され、通常契約までの JICA 標準期間は 12 カ月であるが、RDMRDI は局内での作業期間の短縮を計り、5 カ月を取っている。工事の入札公示は JICA による同意がなされ次第行われ、工事契約締結まで通常は 10 カ月要すところを局内での作業期間の短縮を図ることにより 5 カ月をめざしている。

JICA 調査団は以下の事項を強く提案する。

a) 業者が工事内容を十分理解し、調査の行き届いた入札を準備する為、入札業者による書類準備期間を予定の 2 カ月から 3 カ月に延長。
b) RDMRDI は工事契約時 50%の用地買収完了、残り 50%は施工業者のモビライゼーション中を計画しているが、工事契約前に用地買収を 100%完了。

EW Highway F4 Section (Argveta-Dzilura) - Road Department Target Plan, Construction Period of 2.5 Years (30 months)

	活動	期間		担当	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	注釈
		道路局の計画	JICA 標準		Q1 Q2 Q3 Q4	Q1 Q2 Q3 Q4	Q1 Q2 Q3 Q4	Q1 Q2 Q3 Q4	Q1 Q2 Q3 Q4	Q1 Q2 Q3 Q4	Q1 Q2 Q3 Q4	
1	Pre Conditions											
	a 環境影響評価報告書(EIA)	DFR by 15/ 12/2017まで FR by 31/01/2018まで		D/D コンサルタント, JST								
	b 再定住計画報告書 (RAP)	Draft by 24/12/2017まで Final by 15/01/2018まで		D/D コンサルタント, JST								
	c JICA 助言委員会による EIA and RAP のレビュー	レビュー締切り3月初旬		JICA								
	d ジョージア政府によるEIA の承認	2.5 ヶ月		道路局								
	e EIA 情報開示期間		120 日間	JICA								
2	a JICA 融資事前承諾			JICA								
	b プレッジ			JICA								
	c 融資契約			ジョージア政府 - JICA								
3	入札書類準備											
	a 設計図面	2018/2019		D/D コンサルタント, JST, 道路局								
	b 仕様書											
	c 数量表											
	e STEPへの調整											
	f 入札書類の最終化											
	g RDによる承認	1 ヶ月		RD								
	h JICAによる賛同	2 wks		JICA								
4	工事監理コンサルタントの調達	3 ヶ月	12 ヶ月	入札書類の準備(3ヶ月)を含む								
	a 入札書類の準備 と JICAによる承認		1 ヶ月	道路局により指名された者								
	b RFP 案明とプロポーザルの準備	1.5 ヶ月		コンサルタント								
	c 技術プロポーザルの評価 + JICA による同意	1 ヶ月		国際ドナー、法務、技術提起当者よりなる委員会による評価と推薦								品質・コストベース選択
	d コストプロポーザルの評価 + JICA による同意	0.5 ヶ月										
	e 契約交渉とジョージア政府の承認	1 ヶ月		各担当課の代表(11-13人)からなる委員会による承認								
	f JICA による同意	1 ヶ月		JICA								
	g 発注			道路局								
5	工事監理の調達	5 ヶ月	10 ヶ月	入札書類の準備(3ヶ月)を含む								PQ有無/オプション & "Geo Envelope"
	a 事前資格(PQ)審査	STEPの為PQ省略										
	b 入札案明			道路局								
	c 入札準備	2 ヶ月	3 ヶ月	入札業者								
	d 入札評価	1 ヶ月	2 ヶ月	国際ドナー、法務、技術提起当者よりなる委員会による評価と推薦								最低価格と準備段階
	e 入札評価のJICA承認		1 ヶ月	JICA								
	f 契約交渉とジョージア政府による承認	1 ヶ月	2 ヶ月	各担当課の代表(11-13人)からなる委員会による承認								
	g JICA による同意	1 ヶ月	1 ヶ月	JICA								
	h 契約締結		1 ヶ月	道路局								
6	[illegible]							2.5 年(30 ヶ月), 2 契約ベース				
	a 工事	2.5 年		施工業者								用地買収 (契約時点で50%, 施工業者の着工制限なり 90%
	b 瑕疵保証期間	2 年										

クリティカル パス

出典：JICA 調査団

図 6-3：全体事業調達スケジュール

6.2.2 調達手順

RDMRDI は入札図書の準備、入札書類の評価と施工業者の選定、そして工事発注等の作業を進める。

RDMRDI 内の国際調達・ドナー報告課、法務課、及び技術課よりの職員 4～5 人からなる委員会が入札の準備、入札業者の評価と選定作業を指揮していく。

入札評価に基づき選定された施工業者は RDMRDI の副局長をトップとし、各課の課長 11～13 人からなる委員会により最終的に同意される。

RDMRDI の工事調達も含め、全ての政府予算による調達は公共調達法に従い電子調達の使用が義務付けられている。関係する職員は政府調達局により催されるプログラムに参加しており、公共調達法にも精通している。

RDMRDI は、推薦された施工業者の委員会による同意に必要な期間は調達期間に応じ調整可能としている。

6.2.3 コンサルタントの調達

コンサルタントは、「円借款事業のためのコンサルタント雇用ガイドライン」に従い国際競争入札を通して選定される。選定においては、品質とコストベース評価が適用される。コンサルタントの主要な役割は、工事中の工事監理業務である。また、コンサルタントは施工業者入札期間中、RDMRDI による入札図書の準備、修正、施工業者の評価、そして選定作業を補佐する役割も担う。

6.2.4 工事用地買収

必要道路用地（ROW）の公示後、予定道路建設により影響を受ける利害関係者からの意見を聞くため、一連の公聴会が開かれる。ドラフト再定住行動計画（RAP）が道路詳細設計を担当するコンサルタントにより準備される。用地買収と補償計画を含むドラフト再定住行動計画は RDMRDI による検討の後、JICA の同意を得るために提出される。RDMRDI 委員会による再定住行動計画のレビューと承認には 1-1.5 ヶ月を要すると予定されている。

用地買収と再定住（LAR）に関連した全ての活動は、道路工事の開始前に補償が完了すべく計画され、確実に実行されるべきである。この補償活動での遅れは、工事の中断や遅延に繋がるためである。

6.2.5 施工業者の調達

(1) 本邦技術利用とパッケージング

<u>本邦技術の適用</u>

橋長が 7 箇所 14 橋（総支間長（上下線合わせて）：5,010 m）、トンネルが 6 箇所 12 本（総延長（上下線合わせて）：8,515 m）、また数か所での斜面保護工が、複雑な地質を持つ計画道路線形上に計画されている。

これら構造物に適用可能な本邦技術を調査し、従来技術に比べコスト削減や工事期間短縮等の経済的、技術的利点が確認され以下の条件を満足した場合、本邦技術活用条件（STEP）適用案件となる。

a) 提案された本邦技術の工事適用が十分理由付けられる。
b) 技術活用条件（工事費の最低 30%は日本よりの材料費と日本業者によるサービスコスト 等）が満足される。
c) ジョージア政府の STEP 適用への合意を得る。

尚、入札書類は STEP の条件を考慮して修正が加えられる。

パッケージング

工事をいくつかのパッケージに分けることが推奨される。この理由は、橋梁あるいはトンネル工事等、専門性のある工事への施工業者の入札参入を促し、競争力のある工事価格を目指すこと、また工期短縮を図ることにある。

パッケージングにあたっては以下を考慮するとともに RDMRDI とプロジェクト全体にもたらす影響について十分協議し検討した。

a) それぞれのパッケージ工事コストはほぼ同額。
b) それぞれのパッケージ工事期間もほぼ同期間。
c) 一つのパッケージの工事が他のパッケージの工事に与える影響が最小になる。

これらを考慮に入れ、次の 3 つのパッケージ案を考察する。

- オプション 1 - 単一パッケージ（契約）
- オプション 2 - 2 パッケージ 東と西、そして
- オプション 3 - 3 パッケージ 東、中央と西

これら 3 パッケージが比較される。表 6-4 は比較結果のまとめである。

JICA 調査団は“オプション 2 – 2 パッケージ”が工事規模また、パッケージ間の依存関係が比較的少ないことから、2 パッケージを提案している。

表 6-4：工事の可能なパッケージングと比較

	オプション 1-1 パッケージ	オプション 2-2 パッケージ（2 契約）	オプション 3-3 パッケージ（3 契約）
内容	一施工業者が全工事を契約、施工。	工事は以下の 2 セクションに分けられ、それぞれが単独の工事契約となり施工業者に発注される • パッケージ 1：東（始点-橋梁 4 橋梁 4 を除く） • パッケージ 2：西（橋梁 4 – 終点、橋梁 4 含む） 図 6-4 参照	工事は以下の 3 セクションに分けられ、それぞれが単独の工事契約となり施工業者に発注される • パッケージ 1：東（始点-橋梁 2 橋梁 2 含む） • パッケージ 2：中央（道路 5 – 道路 9） • パッケージ 3：西（トンネル 5 – 終点、トンネル 5 含む） 図 6-4 参照
施工	施工業者は 2.5 年内に工事を完了させる為、一度に全ての人員、資機材を導入する必要がある。施工業者は少なくとも一斉に 9 橋梁パーティー、9 トンネルパーティーそして 6 道路パーティーを導入する必要がある。 大規模で経験豊富な国際施工業者が要求される。	各施工業者の人員、資機材を導入量は半減するので、管理しやすい工事契約サイズとなる。これは工事進捗を迅速させることにも繋がる。 いくつかの契約上の難しさも生じる、例えばパッケージ 1 からの掘削土をパッケージ 2 の盛土材として計画した場合だれが、砕石処理を行うか等である。	人員、資機材を導入量はオプション 1 のほぼ 3 分の 1 となる為、さらに管理しやすい工事契約サイズとなる。しかしながら、施工業者は一定の制限の下で工事を進める必要に強いられる、例えばパッケージ 1 の施工業者は掘削土の搬送をパッケージ 2 施工業者のサイトを通過し搬送しなければならない。これら制限は工事進捗を阻む可能性もある。
プロジェクト監理（PM）	契約監理は一つの契約だけとなる。	2 つの契約を同時に監理する必要がある為、追加要員が必要。 工事費の約 5%を PM コストと想定、 追加コスト 5% × (13,535,000) = 700,000	3 つの契約を同時に監理する必要がある為、追加要員が必要。 工事費の約 5%を PM コストと想定、 追加コスト 5% × (22,396,000) = 1,100,000

	オプション 1-1 パッケージ	オプション 2-2 パッケージ（2 契約）	オプション 3-3 パッケージ（3 契約）
STEP	STEP 有資格業者は非常に限られるか、いない可能性大。	STEP 有資格業者は増える為、入札数の増加が見込まれコスト競争が期待される。	見込まれる STEP 有資格業者にとっては妥当な契約サイズ。
評価	STEP 有資格業者にとって工事契約額が過大	2 契約により迅速な工事進捗が期待される。見込まれる STEP 有資格業者にとっては最大の契約サイズと考えられる。	入札数が増え価格競争が期待される。しかし工事中の制約が増しこれが工事進捗に悪影響を与える可能性が大きい。
結論		推薦案	

出典：JICA 調査団

(2) 入札

施工業者の選択には、国際競争入札が適用される。工事に必要な全ての用地（ROW）の買収の完了後に、入札公示が行われることが強く望まれる。

JICA 標準入札書類が入札に使用される。RDMRDI は入札プロセスの短縮化を図る為、事後有資格審査（post-qualification）を採用する予定でいる。入札書類は JICA 標準入札書類の”事前資格審査省略、オプション A - 一書類方式” をベースに D/D コンサルタントによりドラフトが作成された。入札書類は、2018 年 6 月 15 日に開示され、公示が開始された。

東西ハイウェイ整備事業フェーズ 1 では、45 日間の入札準備期間が入札業者に与えられたが、入札業者が入札書類、特に条件また作業量を精査し、現地の状況等を入念に考慮したプロポーザルを準備するためには、これよりも長い期間が必要であると考えられる。フェーズ 2 規模の工事入札においては、JICA は少なくとも 90 日間以上の入札準備期間を推奨している。

(3) 入札評価と工事発注

RDMRDI は通常入札の締切日より 30 日以内に、入札評価を行い施工業者の選定を行う。この選定は、RDMRDI の各課の課長からなる委員会における協議を経て、承認が進められる。

委員会による施工業者の承認、そして JICA による同意の後、落札通知が受注業者に発行されることになる。

事業実施スケジュールでは、入札公示より落札通知の発行まで約 6 ヶ月の期間が必要と仮定している。

6.2.6 瑕疵責任

施工業者は工事引渡証明の発行後、瑕疵通知期間（1 年間）はエンジニアにより指摘された瑕疵工事の補修義務がある。瑕疵通知期間は場合によって 2 年まで延長が可能である。RDMRDI は本工事の規模と複雑性から 2 年を適用する予定。

エンジニアは瑕疵通知期間が満了した時点で履行証明を発行する。

6.2.7 維持管理

工事完了後の維持管理業務は工事契約には含まれていない。RDMRDI の全ての維持管理作業は、競争入札により選ばれた国内施工業者に委託される。RDMRDI は作業の監理を行うとともに維持管理の方法、使用材料、作業量についても仕様を準備し、業者はこれに従い維持管理を進めることになる。

維持管理の契約期間は、現在冬季を含め通常 12 か月である。RDMRDI は 2018 年より 3 年の契約期間を殆どの契約に適応していく。

6.3　調達手順

6.3.1　調達支援

国際競争入札により選考されたコンサルタントが、RDMRDI との工事監理契約及び特記仕様に従い工事監理業務を行っていく。

コンサルタントの業務には入札書類の準備、入札業者の評価、選定において RDMRDI を補佐することも含まれる。

6.3.2　工事監理業務

各エリアの専門家からなるチームと、チームを支援するレジデントエンジニア、工事監督、積算、安全管理、環境再定住管理等を担当するエンジニアが工事期間を通し、発注者に代わり監理業務に従事していく。

表 6-5 に専門家とその役割を示す。

表 6-5：各専門家と役割

	専門家	人数	役割
1	チームリーダー	1	a) 工事の予算、品質、進捗に係わる全てを掌握し必要に応じ状況に適した指示を関係者に出していく b) 発注者、利害関係者、施工業者と連携し工事のスムーズな進捗を図るとともに必要文書を発行する c) 施工業者に契約上の各種証明書を発行する
2	上級道路技術者	1	a) 施工業者の道路詳細設計の評価 b) 道路工事作業の全体的な監修、必要に応じ作業指示書を含む諸書類を準備 c) 道路工事作業の検査立合い、助言を与える d) 工事中、施工業者による設計変更の評価・審査
3	上級橋梁技術者	2	a) 施工業者の橋梁及び構造物詳細設計の評価 b) 橋梁工事作業の全体的な監修、必要に応じ作業指示書を含む諸書類を準備 c) 橋梁・構造物作業の検査立合い、助言を与える d) 工事中 施工業者による設計変更の評価・審査
4	上級トンネル技術者	2	a) 施工業者のトンネル及び付帯構造物詳細設計の評価 b) トンネル工事作業の全体的な監修、必要に応じ作業指示書を含む諸書類を準備 c) 橋梁・構造物作業の検査立合い、助言を与える d) 工事中、施工業者による設計変更の評価・審査
5	上級地質技術者	1	a) 施工業者による道路・構造物詳細設計を地質条件の観点から評価 b) 橋梁・構造物作業の検査立合い、助言を与える c) 工事中、施工業者による設計変更の評価・審査
6	上級材料・舗装技術者	1	a) 施工業者により提出された材料資料の評価 b) 施工業者により設計で提案された材料の評価 c) 工事で使用された材料の検査・評価 d) テスト結果のコントロール、報告書の準備 e) 試験所技術者の監修

	専門家	人数	役割
7	上級労働安全対策管理者	1	a) 施工業者の準備した工事安全計画の評価 b) 施工業者の安全コンサルタントが行った安全監査の評価とともに独自の安全監査を実施 c) 現場での施工業者の安全管理体制を監修 d) 安全管理検査、助言 e) 安全管理報告書の準備
8	上級交通安全対策管理者		a) 施工業者の準備した交通安全計画の評価 b) 現場での施工業者の交通安全管理体制を監修 c) 交通安全管理検査、助言 d) 交通安全管理報告書の準備
8	上級契約管理者	1	a) 全ての工事契約文書の準備 b) チームリーダーへ契約上必要な行動提起 c) 工事契約・工事監理契約に関連した文書リジスターの準備・管理 d) 施工業者が準備したステージ支払請求書の査定 e) 工事月報、財務報告書など諸報告書の準備 f) ディスピュート委員会との連携
9	上級環境管理者	1	a) 施工業者の準備した環境管理計画の評価 b) 工事による環境への影響の監査 c) 工事の環境への影響の検査、対応策の提言 d) 工事の環境影響報告書の準備 e) モニター再定住の進捗、報告書の準備
10	上級再定住管理者		a) モニター再定住の進捗、報告書の準備

出典：JICA 調査団

これに加え、チームにはサイトエンジニア、積算担当者、測量士、CAD オペレーター、品質管理技士、試験技師、文書管理、現場事務所マネージャー、会計、秘書等からなるスタッフ群が加わり、これまでに述べた専門家とエンジニアグループを支援する体制をとる。

チームは工事期間、瑕疵責任期間を通し工事監理業務を務めていくが、スタッフレベルは工事進捗に従い増減するものの工事完了に向けて減少し、瑕疵責任期間中は最低限必要なスタッフのみとなる。

6.3.3　工事施工

過去の実績では、大規模工事は全てジョージア国外の施工業者が工事を受注しており、国内業者は海外施工業者の下請工事を請け負っている。国内業者は大型工事を遂行していくのに必要な職員、機材を持っておらず、当面はこの状況が続くものと考えられる。

6.2 章で述べた ICB により選択された施工業者は、契約締結後工事に必要な人員、資機材を現地に動員する。施工業者は契約に従い施工方法、工事プログラム、環境管理計画、安全管理計画、交通管理計画等の書類を準備し、エンジニアの承認を得る。

エンジニアは工事の品質、工程、コストを常時監理し RDMRDI に報告する。

エンジニアはプロジェクトに影響を与える瑕疵工事や工事の遅延などを最小限に抑える手段を、契約に従い講じていく。

工事主要材料の可能入手先、実行可能な施工方法、予想可能な工事プログラムについては 6.4 章に述べる。

6.3.4　維持管理

(1)　工事契約期間

施工業者は工事引渡証明発行日より 2 年間は瑕疵通知期間があり、瑕疵工事を補修する契約義務がある。エンジニアは、瑕疵通知期間中様々な役割を果たすこととなる。

(2)　維持管理

RDMRDI は、総延長約 7,000 km に及ぶ国際、2 級幹線道路の維持管理業務を担当している。表 6-6 は年度別日常・定期維持管理費の推移を示したものである。2016 年度における単位道路長当たりの維持管理費は 3,300 米ドル/km となっている、予算の半分は冬季の維持管理に使われており、夏季の維持管理作業（除草、排水溝の清掃、舗装の補修等）に充てられる予算は、十分ではないと考えられる。

表 6-6：国際道路及び 2 級幹線道路の日常・定期維持管理年度別支出

日常・定期維持管理 - 実費 (冬季含む)								
	年	日常(百万GEL)		定期 (百万GEL)	橋梁 (百万GEL)	トンネル (百万GEL)	合計 (百万 GEL)	Total in (百万 米$)
		国際道路	二級幹線道					
1	2012	15.7	19.7	日常に含む	別契約なし	-	35.4	
2	2013	15.1	19.1	日常に含む	別契約なし	0.7	34.9	21.0
3	2014	15.0	20.0	日常に含む	別契約なし	1.0	36.0	20.3
4	2015	17.5	22.7	日常に含む	別契約なし	1.0	41.2	18.2
5	2016	20.0	25.0	日常に含む	1.7	1.3	48.0	20.2
日常・定期維持管理 (冬季含む)								
6	2017, 1月 -8月	27.9	32.6	4.00	1.9	1.0	67.4	
	2017, 1月 -12月	= 67.4 百万 GEL x (12 ヶ月/8 ヶ月)					101.1	37.5

出典：RDMRDI

RDMRDI は国際、2 級幹線道路を 22 のゾーンに分け維持管理を行っている。本プロジェクトはゾーン 11 と 14 に含まれる。

これら全ての維持管理作業は国内業者にゾーンごとに委託される。契約期間は現在 12 か月であるが、RDMRDI は 2018 年からは 3 年に延長する予定である。業者は RDMRDI が準備した材料、作業方法、作業報告を規定する仕様に従い作業を行ってきた。RDMRDI の職員は業者の工事監理を行ってきた。

RDMRDI は近年カヘティ地区、グイラ地区におけるパイロットプロジェクトで成果ベース契約（Output and Performance based Contract [*1]）を試験的に導入した。維持管理業者は決められた成果指標を満足するよう維持作業を進めていく。競争入札で選択された監理コンサルタントにパイロットプロジェクトの監理を委託している。監理コンサルタントは工事の監理エンジニアと同様の役割があり、施工業者による維持管理作業の監理・報告を行う。

パイロットプロジェクトの結果にもよるが、RDMRDI の意向は、

a) 維持管理契約期間を現在の 12 カ月より延長する（3 年）
b) 複数のゾーンを契約に含める
c) 橋梁、トンネル、道路の維持管理を分けず、一つの契約に含める

表 6-7 にこれら期間中の施工業者の責任、エンジニアの役割を示す。

*1 Implementation of Performance based Contracting, World Bank Loan No 7741-GE 参照

表 6-7：瑕疵通知期間と維持管理期間における施工業者の責任とエンジニアの役割

期間	施工業者	エンジニア
瑕疵通知期間	a) エンジニアにより指摘された瑕疵工事の修復を行う b) 瑕疵の原因調査を行い報告書をエンジニアに提出する	a) 道路状態の検査と報告書の準備 b) 施工業者による瑕疵工事修復作業の監修、検査、そして必要に応じ指示書、証明を発行 c) 瑕疵保証期間終了時に瑕疵保証証明の発行
	本工事契約には含まれない。 別途契約下での施工業者	**RDMRDI**
維持管理期間	a) 維持管理計画書を準備する b) 定期的（最低一月に一度）、非定期の施工業者とエンジニアによる合同検査を行い維持管理レポートを作成する c) 維持管理期間中は利用者の安全に常時務める d) 事前のエンジニアによる承認がある場合を除きいかなる道路車線の通行止めは出来ない	a) 施工業者が準備した維持管理計画書の評価 b) 定期・非定期の施工業者と合同現場検査、施工業者が準備する維持管理レポートを審査 c) 施工業者による維持管理作業の監修、維持管理検査報告書を準備する d) 支払い証明書を準備・発行 e) 維持管理期間の完了時業務完了証明の発行 **注記：** RDMRDI は二つのパイロット維持管理プロジェクトにおいて業者による作業の監理業務を監理コンサルタントに委託している。

出典：JICA 調査団

6.4 施工計画

6.4.1 工事内容

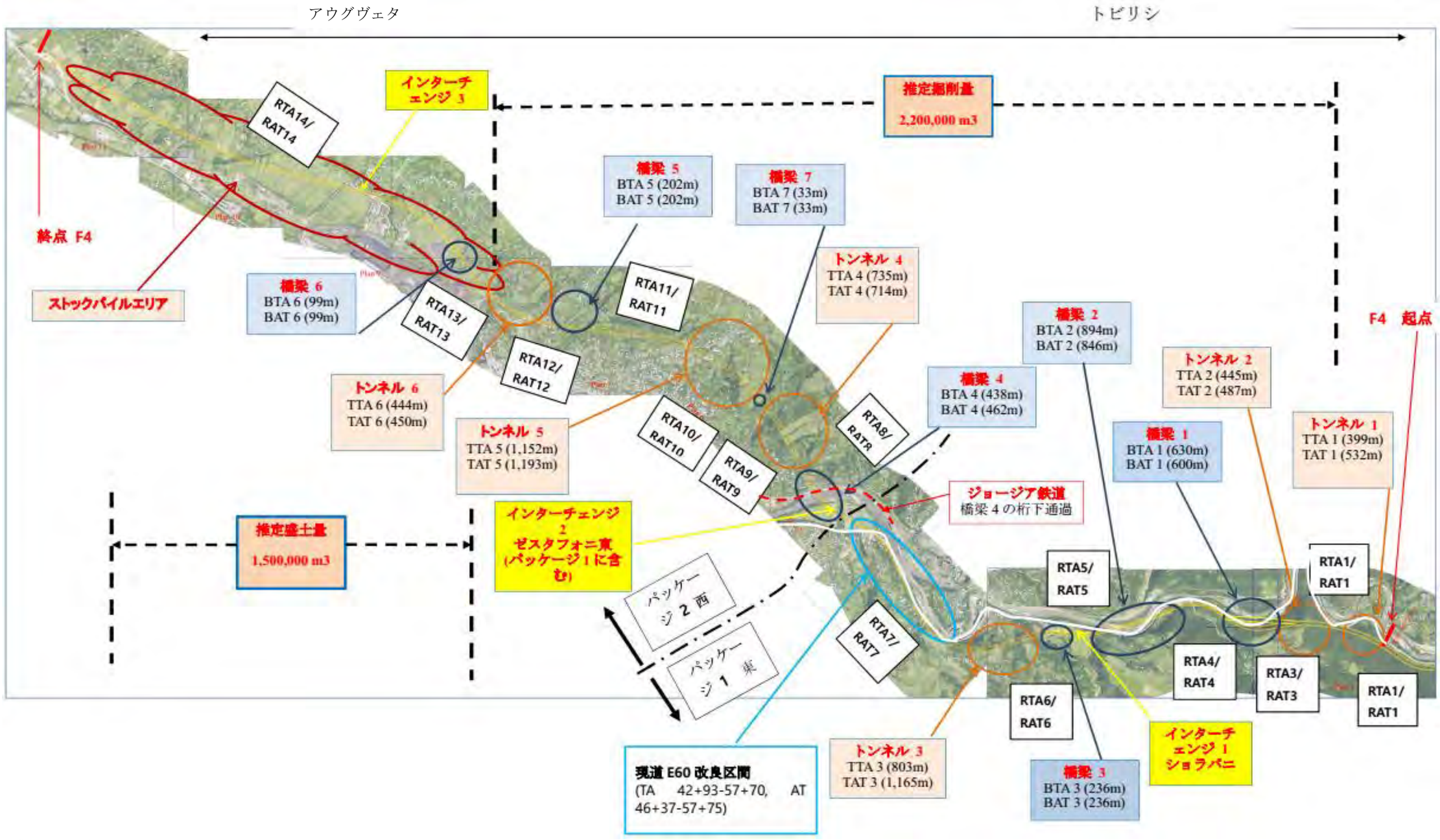
工事は 14 橋梁工事、12 トンネル工事、3 インターチェンジそして各主要構造にはさまれた 14 の道路区間の建設工事からなる。インターチェンジを含め道路区間には 5 擁壁が計画され、この他、斜面保護工、1 オーバーパス、3 つの異なる断面をもつカルバート延長 1,432 m そして電線、水道管、ガス管、光ファイバー等のサービスラインの移設工事も含まれている。

表 6-8 に工事内容がまとめられている。図 6-4 は各工事の位置を示したものである。

表 6-8：工事内容一欄

工事		数量			内容
		単位	トビリシ-アウグヴェタ	アウグヴェタ-トビリシ	
1	橋梁	支間長（m）			
	橋梁 1		630	600	12 径間 鋼合理化桁、円柱橋脚、直接基礎、もしくは柱列式連続壁基礎。
	橋梁 2		894	846	15 および 16 径間 鋼合理化桁、円柱橋脚、直接基礎、もしくは杭柱列式連続壁基礎。
	橋梁 3		236	236	7 径間プレストレスコンクリート桁橋、小判型橋脚直接基礎。
	橋梁 4		438	462	9 径間 曲線鋼合理化桁、円柱橋脚、直接基礎、もしくは杭柱列式連続壁基礎。
	橋梁 5		198	198	6 径間プレストレスコンクリート桁橋、小判型橋脚、直接基礎。
	橋梁 6		97	97	3 径間プレストレスコンクリート桁橋、小判型橋脚、場所打杭径 1.2 m。
	橋梁 7		33	33	単純径間プレストレスコンクリート桁橋、場所打杭径 1.2 m。
2	トンネル	延長（m）			
	トンネル 1		399	532	発破工法
	トンネル 2		445	487	発破工法
	トンネル 3		796	1,161	発破工法
	トンネル 4		738	717	ブレーカーと発破工法
	トンネル 5		1,152	1,193	ロードヘッダーによる機械掘削
	トンネル 6		444	450	ロードヘッダーによる機械掘削
3	インターチェンジ	舗装面積（m^2）	38,914		3 箇所ショラパニ、ゼスタフォニ東、ゼスタフォニ西
4	道路	延長（m）	8,219	7,710	東-7 道路区間、西-7 道路区間
5	斜面保護	法面積（m^2）	69,000		道路区間 1 で落石防止網を採用
6	擁壁	延長（m）	612		6 箇所で逆 T 型コンクリート擁壁（トンネル 4 のポータル付近に計画されているコンクリート擁壁は含まれない）
7	カルバート	延長（lm）	1,432		3 つの異なる断面、2 × 2.5、4 × 2.5、6 × 4.5
8	オーバーパス	支間長 (m)	32	32	単純径間プレストレスコンクリート桁橋
9	ユーティリティの移転				電線、光ファイバー、ガス、水道の移転と道路・橋梁照明の設置

出典：2017 年 12 月 25 日時点の詳細設計図情報を基に JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団

図 6-4：工事の位置

6.4.2　施工方法

計画線形はゼスタフォニ東でクビリラ川渡る地点までは現況 E60 にほとんど沿い計画されている（東工区）。ゼスタフォニ市内をさけるため、計画線形はこれより北側に振れ現在建設中のアウグヴェタインターチェンジに至る（西工区）。

東工区のうち、西側約 1/3 は平坦部、東側約 2/3 は山間部への移行地形で比較的単純な地層と硬岩に特徴づけられ、多量の岩盤掘削が必要とされるとともに、これら掘削土は東地区の主要盛土区間で使用する為、大型トラックでの搬送が必要となる。東工区では工区延長の約 60%はトンネルと橋梁が占める。

西工区では始点側の半分の区間は丘陵地形、東側半分は平坦地形である。西工区では工区延長の 65%が道路工事となる。

トンネル工事、橋梁工事、そして道路工事での各工事間の相互関係は最小限であり、また既存 E60 の改修工事個所もごく限られている。従って工事は複数の工事を同時に進めることが可能であり、工期の短縮が図れる。

主要橋梁とトンネル工事に適用される工法、工事中の E60、地方道路の迂回、トンネル工事から搬出される掘削土の搬送について述べる。

(1)　橋梁

表 6-9 は各橋梁の特徴と適用される施工方法をまとめたものである。

直接基礎がほとんどの橋脚に適用されている、径 6 m の杭列式連続壁基礎が河流付近に位置する橋脚に計画されている。径 1.2 m の場所打ち杭が橋梁 5、6 そして 7 に使われている。スリップフォームの適用が柱高 10 以上の橋脚には考えられる。

上部工の架設には 200-250 トンクレーンによる河床からのクレーン 2 台による架設が計画されている。 河床へのアクセスランプが橋梁 1、2 では必要となる。また、橋梁 4 の橋台 2 の建設工事はジョージア鉄道との近接工事となる為、ランプ沿いの防護壁、鉄道をカバーする構台等の防護構造物が必要となる。施工方法については事前にジョージア鉄道に説明し承認を取る必要がある。

(2)　トンネル

表 6-10 は各トンネルの特徴と適用される施工方法をまとめたものである。

掘削

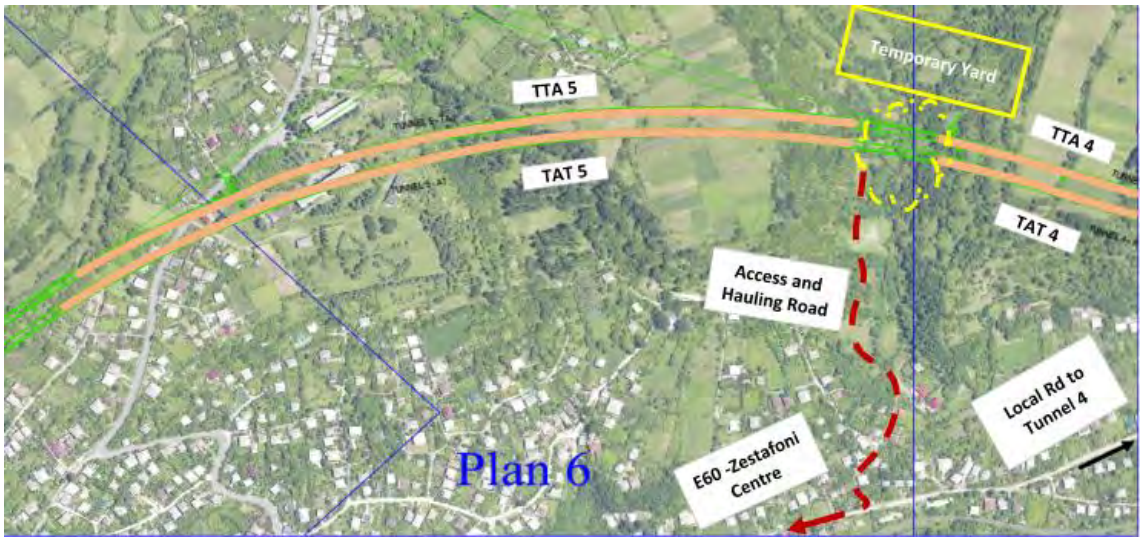
地質調査報告書によるとトンネル 1、2 での岩盤の一軸圧縮強度（UCS）は 100 N/mm^2 以上、トンネル 3、4 では 50-90 N/mm^2 を示しており硬岩の存在が示唆される。発破工法がこれらの工事には適用される予定である。これに対してトンネル 5、6 では UCS 50 N/mm^2 以下の軟岩が殆どを占める為、大型ロードヘッダーを使用した機械掘削が可能である。

各トンネルサイトには電気施設、コンクリートプラント、水処理施設、倉庫、機械整備施設等の設置に仮設備ヤード（約 100 m × 300 m）が必要である。

2 シフト そして 2 サイクル（掘削と 1 次ライニング）を考えており、日進 2-4 m が期待される。

搬送

トンネル 1、2、そして 3 からの掘削土は E60 を使い西工区の盛土に利用する為ストックパイルエリアに運搬される。トンネル 4、と 5 からの掘削土は図 6-5 に示されたようにトンネル 4 と 5 の間に位置する仮設ヤードより地方道路を経て E60 にアクセスを図る。トンネル 6 からの掘削土は盛土エリアに設置予定の砕石処理場に直接搬送される。



出典：JICA 調査団

図 6-5：トンネル 4 と 5 の間に計画された仮設ヤードよりの掘削土搬送ルート

表 6-9：橋梁の特徴と施工方法

橋梁	Km	支間長（m）	上部構造と架設	橋脚と施工		仮設工事	工事期間
				基礎形式	施工		
BTA1	1+246 - 1+876	630	12 径間鋼合理化桁、200-250 トンクレーン架設。	各橋 11 橋脚、河流付近-直径 6 m マイクロパイル（800 mm）杭列式連続壁基礎、河川敷及び橋台-直接基礎。	アースオーガー装着 100 トンクレーン。クラムシェル。橋脚高 10 m 以上の場合スリップフォームの適用考慮、それ以外は通常の型枠施工。	E60 から河床へのアクセスランプ必要、上部工組立ヤード、架設足場、鋼製ベントが必要。	2 パーティー 下部工-21 ヶ月/橋梁 上部工-12 ヶ月/橋梁
BAT1	1+258 - 1+858	600					
BTA2	2+071 - 2+965	894	15 もしくは 16 径間鋼合理化桁、200-250 トン、クレーン架設。	各橋 14 もしくは 15 橋脚、河流付近-直径 6 m マイクロパイル（800 mm）杭列式連続壁基礎、河川敷及び橋台-直接基礎。			2 パーティー 下部工-21 ヶ月/橋梁 上部工-12 ヶ月/橋梁
BAT2	2+069 - 2+915	846					
BTA3	3+250 - 3+486	236	7 径間プレストレスコンクリート桁、200-250 トンクレーン架設。	直接基礎	通常の型枠施工。	仮設道路、クレーン作業足場	単一パーティー 下部工-18 ヶ月 上部工-12 ヶ月
BAT3	3+230 - 3+466	236					
BTA4	5+834 - 6+272	438	9 径間曲線鋼合理化桁、200-250 トンクレーン架設。	各橋 8 橋脚、河流付近-直径 6 m マイクロパイル（800 mm）列式連続壁基礎、河川敷及び橋台-直接基礎。	アースオーガー装着 100 トンクレーン。クラムシェル。橋脚高 10 m 以上の場合スリップフォームの適用考慮、それ以外は通常の型枠施工。	E60 から河床へのアクセスランプ必要、上部工組立ヤード、架設足場、鋼製ベントが必要。橋台 2 の施工には地方道路より仮設ランプが必要、ジョージア鉄道の防護壁工事。	2 パーティー 下部工-15 ヶ月/橋梁 上部工-12 ヶ月/橋梁
BAT4	5+859 - 6+321	462					

橋梁	Km	支間長（m）	上部構造と架設	橋脚と施工		仮設工事	工事期間
				基礎形式	施工		
BTA5	9+011 - 9+209	198	6 径間プレストレスコンクリート桁、200-250 トンクレーン架設。	直接基礎	10 m 以上の場合スリップフォームの適用考慮、それ以外は通常の型枠施工。	仮設道路、クレーン作業足場。	単一パーティー 下部工-15 ヶ月 上部工-9 ヶ月
BAT5	9+050 - 9+248	198					
BTA6	10+122 - 10+219	97	3 径間プレストレスコンクリート桁、200-250 トンクレーン架設。	1.2 m 径、場所打杭基礎	アースオーガー装着 100 トンクレーン。通常の型枠施工。	仮設道路、クレーン作業足場	単一パーティー 下部工-12 ヶ月 上部工-6 ヶ月
BAT6	10+146 - 10+243	97					
BAT7	7+034 - 7+067	33	単純径間プレストレスコンクリート桁、200-250 トンクレーン架設。	1.2 m 径、場所打杭基礎	アースオーガー装着 100 トンクレーン。通常の型枠施工。	仮設道路、クレーン作業足場	単一パーティー 下部工-6 ヶ月 上部工-2 ヶ月
BAT7	7+064 - 7+097	33					

出典：2017 年 12 月 25 日時点の詳細設計図情報を基に JICA 調査団作成

表 6-10：トンネルの特徴と施工方法

トンネル	Km	延長	地質		掘削方向	掘削方法	支保工	ストックパイルと搬出経路	日進・工事期間
			UCS *1 (N/mm^2)	湧水					
TTA1	0+226 - 0+625	399	> 100	小	A ---> T	発破工法	鋼製連続リブ + 長尺先受工法 (A0v, B0v and B2v) = 266 m ロックボルト(A1) = 122 m 鋼製連続リブ(A0,B0, and B1) = 443 m	トンネル TTA1 と TTA2 の間、現国道 E60	3 m/日 1 パーティーで 21 ヶ月
TAT1	0+165 - 0+697	532							
TTA2	0+775 - 1+220	445	> 100	小	T ---> A	発破工法	鋼製連続リブ + 長尺先受工法 (A0v, B0v and B2v) = 250 m ロックボルト (A1) = 158 m 鋼製連続リブ (A0,B0, and B1) = 427 m	トンネル TTA1 と TTA2 の間、現国道 E60	3 m/日 1 パーティーで 21 ヶ月
TAT2	0+748 - 1+235	487							
TTA3	3+490 - 4+286	796	50-90	小	A ---> T	発破工法	鋼製連続リブ + 長尺先受工法 (A0v, B0v and B2v) = 400 m ロックボルト(A1) = 470 m 鋼製連続リブ (A0,B0, and B1) = 1,032 m	アウグヴェタ側用地、計画道路 RAT7、IC 2 を経由し国道 E60 を搬送。	3-5 m/日 2 パーティーで 18 ヶ月
TAT3	3+472 - 4+633	1,161							
TTA4	6+288 - 7+026	738	50-95	小	A ---> T	発破工法	鋼製連続リブ + 長尺先受工法 (A0v, B0v and B2v) = 400 m ロックボルト (A1) = 360 m 鋼製連続リブ (A0,B0, and B1) = 618 m	トンネル 4 と 5 の間。 既存地方道路を拡張し E60 にアクセス。	2-3 m/日 2 パーティーで 24 ヶ月
TAT4	6+331 - 7+048	717							

トンネル	Km	延長	地質		掘削方向	掘削方法	支保工	ストックパイルと搬出経路	日進・工事期間
			UCS *1 (N/mm^2)	湧水					
TTA5	7+107 - 8+259	1,152	10-50	小	T ---> A	ロードヘッダー出力 300（kW 以上）による機械掘削	鋼製連続リブ + 長尺先受工法 (A0v, B0v and B2v) = 645 m ロックボルト(A1) = 540 m 鋼製連続リブ (A0,B0, and B1) = 1,070 m	トンネル 4 と 5 の間。 既存地方道路を拡張し E60 にアクセス。	5 m/日 2 パーティーで 24 ヶ月
TAT5	7+137 - 8+330	1,193							
TTA6	9+265 - 9+709	444	10-50	小	A ---> T	ロードヘッダー出力 300（kW 以上）による機械掘削	鋼製連続リブ + 長尺先受工法 (A0v, B0v and B2v) = 478 m 鋼製連続リブ (A0,B0, and B1) = 296 m	アウグヴェタ側より直接盛土エリアへ搬送。	5 m/日 2 パーティーで 21 ヶ月
TAT6	9+277 - 9+727	450							

出典：2017 年 12 月 25 日時点の詳細設計図情報を基に JICA 調査団

図 6-6 はトンネル掘削土搬送トラックの予期される日平均トラック交通量（台/日）を示している。本工事 F4 (アウグヴェタ-ショラパニ）と同時期に F2（ショラパニ-ウビサ）と F3（ウビサ-ケヴィ）区間の工事も予定されている。F2 と F3 からの掘削土を搬送するトラック数も推定に含めた。搬送トラックによる現交通量への追加日交通量は約 1,560 台/日と推定され、これは現在の平均日交通量 15,000 台/日の約 10%となる。推定追加日交通量を含めた平均日交通量は 16,560 台/日であり、これは 2 車線の最大平均日交通量 約 20,000 台/日（大型車混入を考えた場合、18,000 台/日）に近い。ゼスタフォニ市内の鉄道平面交差、ラウンドアバウト、トンネル 4 と 5 からの搬出路の E-60 への合流点でのボトルネックを緩和する対策として工事用大型トラックの交通を南側の現道に限ることを考える。

(3) 迂回路

工事中には図 6-7 に示したように 4 か所にて交通の迂回が必要となる。

迂回路 1（Ch 1 + 900）

橋梁 1（BTA/BAT 1）の橋脚 11 及び橋台 2 の工事、E60 上での上部工の架設工事、そして現 E60 改修工事期間中は、交通は図に示す地方道路（既存地方道路 + 新規建設地方道路）に迂回される。

迂回路 2（Ch 4 + 6600 – Ch 5 + 550）

この区間での RTA の計画線形は図に示されているように既存 E60 と重複している。RAT7 の土工事を RTA7 道路工事に先行して進め、RAT7 をトンネル 3 からの掘削土の搬出用アクセスとして利用する。RTA7 での道路工事はトンネル TAT3 の工事が完成し交通を TAT3 に迂回してから開始。

迂回路 3（Ch 5 + 600）

計画線形は Ch 5 +600 付近で現 E60 と短い区間重複している。この区間の道路工事中は交通を図に示すように IC 2 を通し E60 への迂回を図る。

迂回路 4 橋梁 4 の終点側橋台とトンネル 4 の支店側ポータルの間の地方道路

橋梁 BAT/BTA 4 の終点側橋台、トンネル TAT4/TTA4 の始点側ポータル、そして地方道路に沿った擁壁の工事期間中、この地方道路は閉鎖される。ポータル東側の住民にゼスタフォニへのアクセスを維持する為、ポータルより東側の地方道路の改良が必要となる。改良工事にはクビリラ川をわたる新規橋梁工事も含まれる。

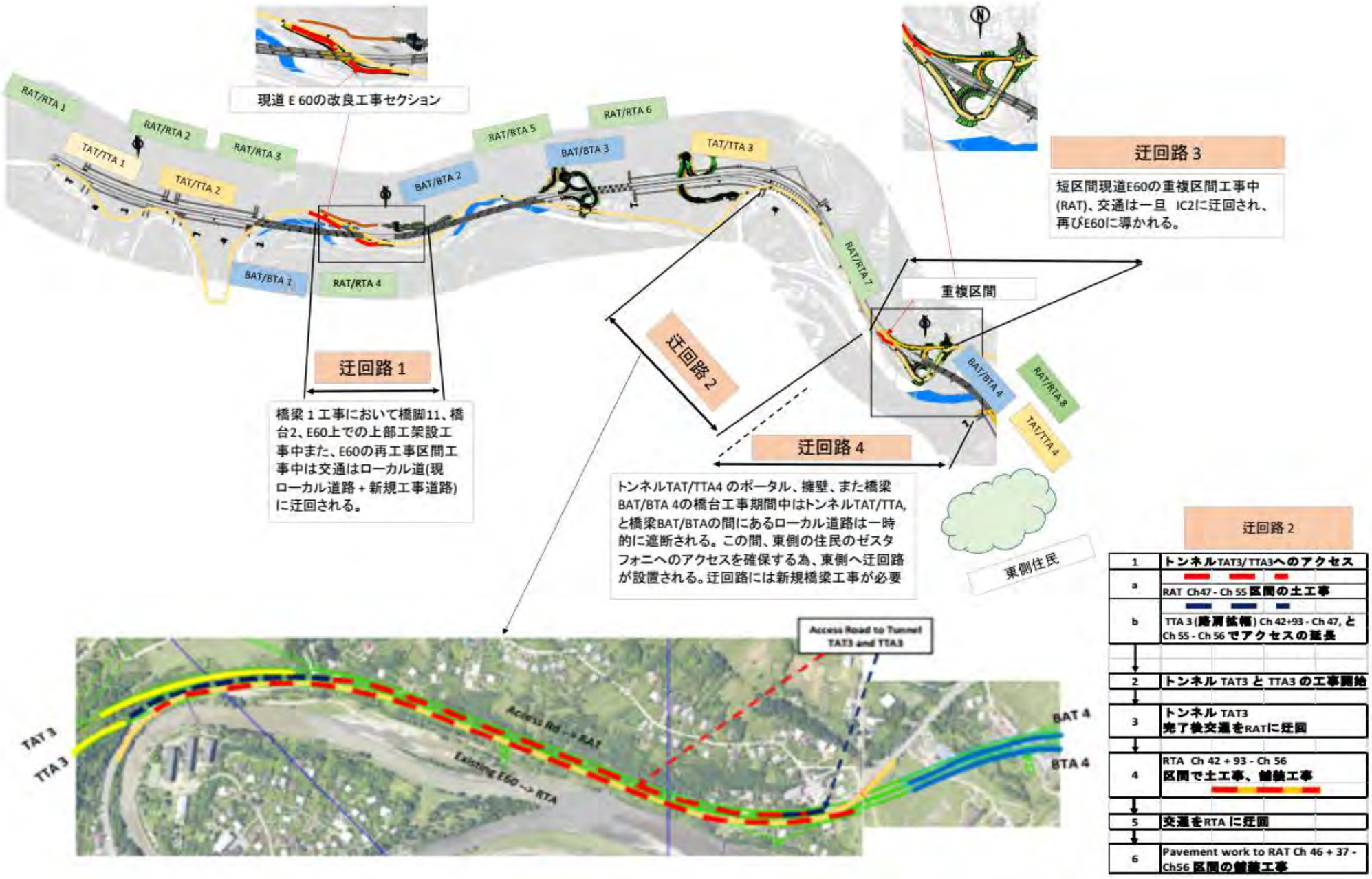
(4) 捨土

D/D によると約 700,000 m^3 掘削土が捨土と推定されている。道路局は現場より 20 km 西に計画中の新クタイシバイパス建設地を土捨場の候補地として提案している。

新クタイシバイパスは現クタイシバイパスの南側に並行して計画されている。チシュラ川より新クタイシバイパスの計画路線上　東側へ約 2.5 km は 幅 100-200 m にわたりストックパイル可能なエリアの存在を現地踏査で確認している。

出典：D/D コンサルタントによる切土・盛土バランス推定量に基づいて JICA 調査団作成

図 6-6：推定日平均トラック交通量（台／日）



出典：JICA 調査団

図 6-7：迂回路の位置

6.4.3 仮設工事

仮設工事には下記が含まれる。

- トンネルサイトでの仮設備ヤード
- コンクリートバッチングプラントや砕石プラントなど仮設プラント
- 橋梁、上・下部工の建設に必要なアクセス道路とランプ
- 上部工の架設に必要な仮設構造
- 交通、鉄道の防護工
- 交通迂回路
- 搬送道路
- 工事に利用された現道の修復工事

上記工事の一部は D/D に含まれている。

- サイト、サービス道路（CM-WSI-0000-GE-PL-3001~3006）
- 地方道路 No 2（SR-RDE-4602-GE-PL-0201/0202）
- 数量表 No 1 一般項目 No. 101 “施工業者のモビライゼーションとサイト準備”
- 数量表 No 3 土工事、項目 No 315 “盛土材使用のための砕石作業”
- 数量表 No 3 土工事、項目 No 318 “掘削時に使うコンクリート防護壁の生産”
  そして
- 数量表 No 5-1 TA/AT 橋梁、項目 No 502 “準備作業”

表 6-11 は工事に必要と考えられる仮設工事と D/D で考慮されている内訳をまとめたものである。

表 6-11：仮設工事と詳細設計

仮設工事		内容	詳細設計		コメント
			図面	数量表	
全トンネル	仮設備ヤード	電力、コンクリートプラント、水処理施設、資材置き場、機械整備施設等の設置エリアとして約 100 m × 300 m のヤードが各トンネル現場で必要と考える。	無し	数量 No 1 一般項目、101 “施工業者の工事準備” に一部コストが含まれている可能性あり。詳細無し	数量表はごく一部のコストしか含んでいないか全く含んでいない可能性大。
トンネル	サービス道路	詳細設計はサービス道路 1,2,9 と 12 をトンネル 1,2,4,5 と 6 に考慮	CM–WSI-000-GE-PL-3001/3002/30033004/3005	無し	数量表に含まれない可能性大
全橋梁	クレーン架設、上部工組立作業用足場	詳細設計ではクレーン架設を全橋梁に計画。クレーンによる上部工の組立、架設作業に強固な作業足場、アクセス道路が必要。	橋梁 1、2、3、4、5、6、と 7 に対しサービス道路、河川横断道を配慮 CM –WSI-000-GE-PL-3001/3002/30033004/3005/3006	数量 No 5.1 橋梁-502、“橋脚と橋台建設用仮設道路とサイトの建設が含まれる。	TA と AT の数量 No 5.1 には僅か 64,000 GEL が計上。 十分とは思われない。
全橋梁	上部工架設用鋼製ベント	詳細設計ではクレーン架設を全橋梁に計画。クレーン架設には鋼製ベントが必要と考えられる。	無し	数量 No 1 一般項目、101 “施工業者の工事準備” に一部コストが含まれている可能性あり。詳細無し	数量表はごく一部のコストしか含んでいなか全く含んでいない可能性大.
道路	迂回路 1	詳細設計では橋梁 2 の橋脚 11、橋台 E60 上での上部工架設、また E60 改修工事期間中、交通を迂回させる計画。（Section 6.4.2 章参照）	迂回路として新地方道路 2（SR-RDE-4602-GE-PL-0201/0202）の建設が必要。	数量 No 3 土工事、301-310 “地方道路”に含まれる。	図面、数量ともに詳細設計に含まれる。
現道改修区間	交通の防護	現道改修区間（km 4.6- km 5.6）の工事中はコンクリートバリアに加え防護ネット、防護壁の設置が必要と考える。	無し	数量 No 3 項目 318 “コンクリートバリアの設置”のみ。	掘削高は 5 m 以上あり交通防護の観点から制御され発破作業、防護壁の設置が必要。

仮設工事		内容	詳細設計		コメント
			図面	数量表	
橋梁 4 とトンネル 4	アクセスランプとジョージア鉄道の防護	橋梁 4 の橋台建設の為地方道路よりアクセスランプが必要。 アクセスランプはジョージア鉄道の安全を確保する為防護壁の設置が必要。	サービス道路 7（CM-WSI-0000-GE-PL-3003）が詳細設計で示されている。詳細無し。	数量 No 1 一般項目、101 “施工業者の工事準備” に一部コストが含まれている可能性あり。詳細無し。Bill 数量 No 5.1 橋梁-502、“橋脚と橋台建設用仮設道路とサイトの建設が含まれる。No 5.1	数量表に含まれるのはサービス道路建設の最小限のコストの可能性大。 ジョージア鉄道防護施設は含まれていない可能性大。
道路	迂回路 4	トンネル 4 のポータル東側の住民のゼスタフォニへのアクセスを確保するため、詳細設計では地方道路東側を改良しゼスタフォニへの交通を可能にする計画（6.4.2 章参照）。迂回路にはクビリラ川を渡る新設橋が含まれる。	無し	数量 No 1 一般項目、101 “施工業者の工事準備” に一部コストが含まれている可能性あり。詳細無し。	数量表に含まれていない可能性大。
トンネル 4 と 5	トンネル 4 と 5 に必要な搬出路	詳細設計ではトンネル 4 と 5 からの搬出路として既存地方道路を利用し E60 へのアクセスを図る計画（6.4.2 章、図 6-5 参照）。ダンプトラックの交通に対応する為拡幅工事が必要。	サービス道路 9（CM-WSI-0000-GE-PL-3004）		拡幅工事、地方道路の維持管理、復興工事等のコストは数量表に含まれていない可能性大。
道路	盛土材	約 1.5 百万 m^3 の盛土材が必要と推定されている。トンネル掘削土のほとんどが盛土材として流用される計画となっている。この為、広大なストックパイルエリア、砕石処理施設が必要と考えられる。	無し	数量 No 3 土工事-315、“盛土材利用の為、岩の砕石処理”	数量表にある数量及びレート過小と思われる。
道路	E60 復旧	工事中現況 E60 は工事用道路として利用される。工事終了後の復旧工事が必要と思われる。特にゼスタフォニ市内。	無し	無し	

出典：2017/12/25 時点の詳細設計を基に JICA 調査団

6.4.4　主要材料と機材の調達先

工事に必要な主要材料とプラント、それらの主な調達先を表 6-12 に示す。

表 6-12：主要材量と機材の調達先

品目	調達先		備考
	ジョージア	海外	
セメント	現地代理店		
鉄筋	ルスタビ、 現地代理店	トルコ、 ウクライナ	
鉄鋼製作	可能	トルコ	
ロックボルト		トルコ、イタリア	
型鋼	現地代理店	トルコ	
ワイヤーメッシュ	現地代理店	トルコ	
鋼線、鋼棒		トルコ	
U 排水溝、排水管	可能	トルコ	
コルゲートパイプ		トルコ	
トンネル用排水管とメンブレーン		トルコ	
ギャビオンと法面保護	現地代理店	トルコ	
アスファルト（ビチュミン）	現地代理店	イラン、 アゼルバイジャン	
道路施設		殆ど（80%）トルコ	
プレストレスコンクリート桁	現地生産		
鋼合理化桁		日本	STEP
落石防止ネット		日本	
長尺先受工（AGF）		周辺国	
大型ロードヘッダー		周辺国	

出典：JICA 調査団

6.4.5　国内施工業者

ジョージア国内業者で道路、橋梁、トンネル工事の経験を有す一般請負業者、鉄鋼製作所が存在する。調査団はこのうち表 6-13 に示す主要な業者とのヒヤリングを行った。このサイズの工事を単独で施工できる実力、実績を持つ国内業者はいないと判断される。サブコントラクターとして工事に参加することは十分可能である。

表 6-13：ヒヤリングしたジョージア国内業者

施工業者名	専門と経験
Zemo	一般請負業者
Caucasus Road Project	一般請負業者
Khidmsheni -99 LLC	橋梁工事
Elita Burji	橋梁製作を含む鉄鋼製作
Rustavi Metallurgical Plant	鉄鋼製作、鉄筋製造

出典：JICA 調査団

6.4.6　工事プログラム

RDMRDI は 2020 年末までの工事完了を構想している。これはこのプロジェクトに対し僅か 2 年ほどの工期を意味する。工事は、人員、資機材が許す限り、同時に異なる工事を進行させることが可能であり、工期の短縮が図れる。

工事期間を短縮すればするほど、必要な人員資機材は増加しそれに伴いコスト増を招くというのが、一般的に理解されている。コスト、工事期間の両観点から最適となる工事期間がある。工事費と工事期間の関係を調べ最適工事期間を求めるとともに、それに基づいて RDMRDI の 2.5 年工事期間を評価する。

(1)　最適工事期間

以下の 3 つの工事期間を考える。

- 非常にタイトなスケジュール– 2.5 年
- 適度なスケジュール– 5 年
- 急がないスケジュール– 7 年

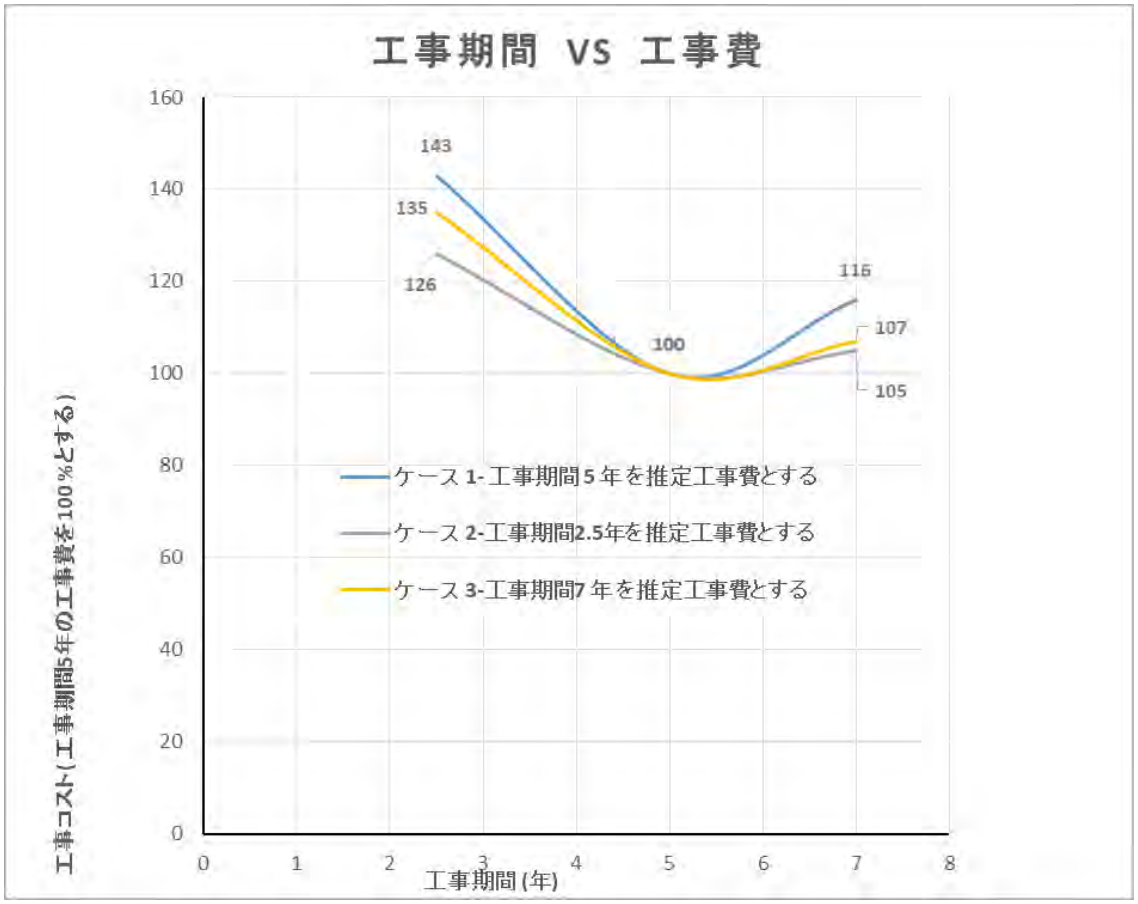
上記 3 つのスケジュールの全体工程、概算コストとコスト算出根拠を添付 6.1 に示す。

図 6-8 は“工事期間とコストの関係”を示す。

- ケース 1 – “5 年工事期間を概算工事コストとみなす場合”
- ケース 2 – “2.5 年工事期間を概算工事コストとみなす場合”
- ケース 3 – “7 年工事期間を概算工事コストとみなす場合”

結果からは次のことが言える。

i. 最適工事期間は 4-6 年間
ii. 最適工事期間より短くなるにつれ、コストは上昇する。また最適工事期間よりも長くなった場合もコスト増となる。これは一般的に予期される関係と合致する。
iii. 2.5 年工事期間のコストは最適工期に近い 5 年工事期間のコストに較べ約 24 – 36 % 高い。
iv. プロジェクトマネージメントに関連した追加コストは考慮されていない、これはさらに 2.5 年工事期間コストの増を招く。



出典：JICA 調査団

図 6-8：工事期間と工事費の関係

(2)　2.5 年工事期間と可能性

JICA 調査団は“5 年工事期間” が最適工事期間に近いことから、このオプションを強く提案してきた。複数パッケージを導入することにより 5 年は十分 4 年に短縮可能である。

“2.5 年工事期間” は可能であるが、条件として、

a)　上で示したコスト増、5 年工事期間に較べ 30 % 以上、が正当化される、そして
b)　2.5 年工事期間に伴い想定されるリスクが理解され、うまく管理される

2.5 年工事期間では橋梁 1、2、4 やトンネル 3、4、5 等多くの工事がクリティカルパスとなる為、そのプロジェクト監理は 5 年工事期間に較べはるかに困難を伴う。初期スケジュールでの単一工程での遅れが増幅され全体工程に大きな影響を及ぼすと予想される。施工業者、そして事業者はリスクを管理する為、以下が必要と考えられる。

施工業者

- 十分な人員、資機材（1 パッケージの場合）
- 9 橋梁パーティー
- 9 トンネルパーティー
- 6 道路パーティー
- 十分な財務とキャシュフロー能力（米ドル$20-30 百万）

事業者

- 契約時に 100%のサイトアクセスを確保できること
- 環境・社会条件を工事開始前に全てクリアできること
- 特に予想外の出来事に対して迅速な決定ができること

(3) 予想される 2.5 年工事期間スケジュール

図 6-9 は JICA 調査団による 2.5 年工事期間スケジュールを示す。

施工業者はモビライゼーションの後直ちに殆ど全ての工事フロントで作業を開始する必要がある。これは各工事の相互依存性がない為、施工業者が十分な人員、資機材を準備すれば可能である。

橋梁 1、2、そして 4、トンネル 3、4、そして 5 はクリティカルパス、橋梁 3、トンネル 1、2 は準クリティカルパスと考えられる。

施工業者は擁壁、カルバート、サービスラインの移設工事等の雑工事についても十分な計画を立て臨む必要がある。

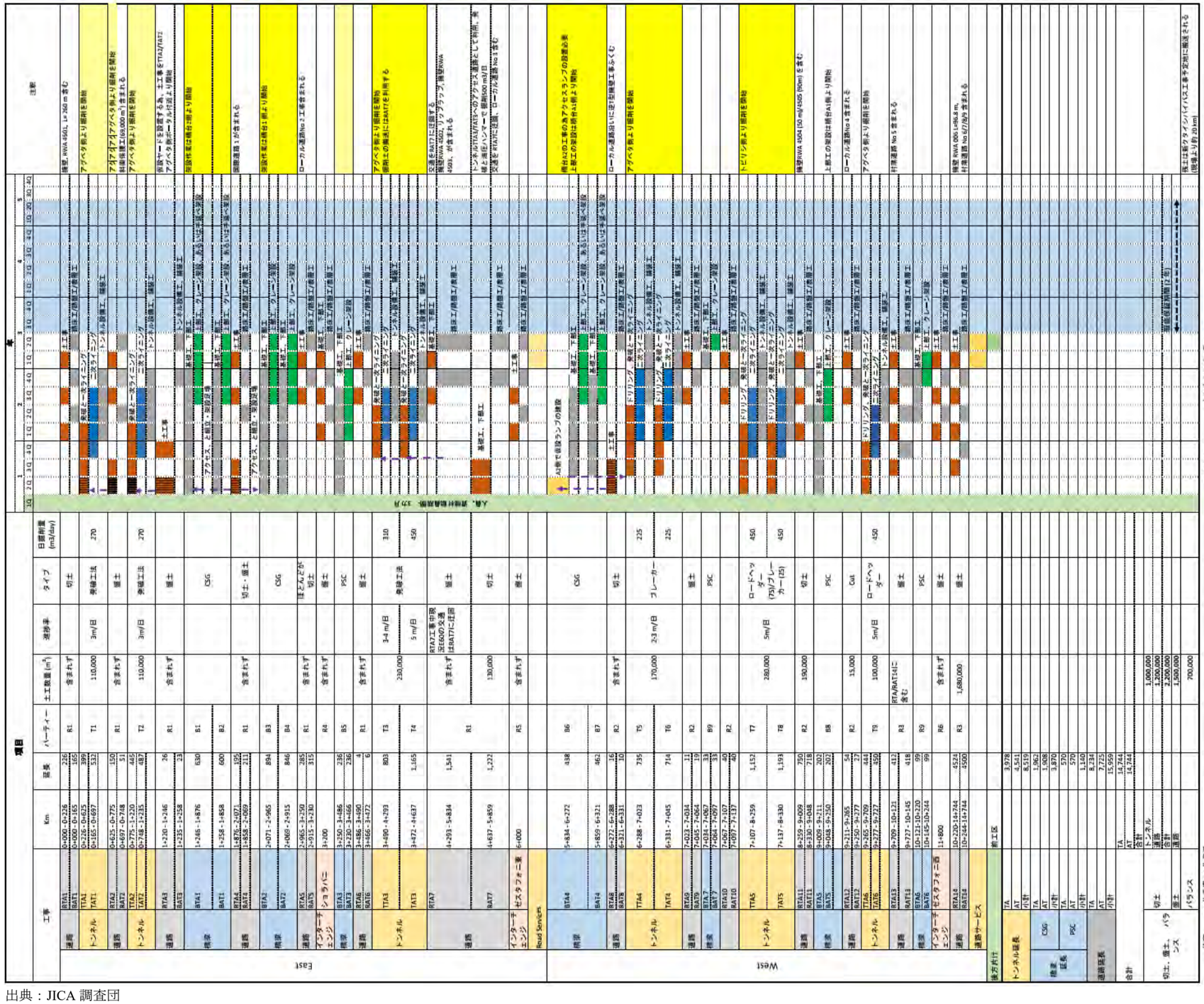
D/D で提案されたスケジュール（drawing reference; CM-WBS-4000-GE-PL-4000, Diagram of the Works）は JICA 調査団のスケジュールに類似している。相違点を表 6-14 に示す。

表 6-14：詳細設計コンサルタント（DDC）のスケジュールと JICA 調査団（JST）によるコメント

番号	工事	D/DC スケジュール	JST コメント
1	全体	2.5 年の工程はかなり厳しいが、可能と考えている。上部工の架設には全てクレーン架設の適用を考えている。	2.5 年の建設期間は可能だが、著しくタイトな工程。コスト-工期を解析結果から最適な建設期間として 4-5 年という結果を得ているのでこれを推薦する。橋梁 1 と 4 の架設には手延べ工法のほうがクレーン架設よりも適切と考える。トンネルに適応される工法については、ほとんど差違はない。
2	トンネル 1 TA / AT	総掘削長約 930 m、4 ポータルを含むトンネル TA & AT の 1 パーティーによる建設期間として 15.5 カ月を考慮。ライニング工、舗装工がそれぞれの前工事の開始から 1 カ月ラップで開始するベースでスケジュールしている。	工事をただちに開始することを勧める、また各工事のラグ（lag）は最低 2-3 か月は必要と考える。1 パーティーで TA と AT の工期 18 カ月を考慮。
3	トンネル 2 TA と AT	総掘削長 932 m、4 ポータルを含むトンネル TA & AT の 1 パーティーによる建設期間として 15.5 カ月を考慮。DDC はライニング工、舗装工がそれぞれの前工事の開始から一カ月ラップで開始するベースでスケジュールしている。	工事をただちに開始することを勧める、また各工事のラグ（lag）は最低 2-3 か月は必要と考える。1 パーティーで TA と AT の工期 18 カ月を考慮。
4	橋梁 1 TA と AT	2 パーティーによる TA と AT の建設期間として 19 カ月を考慮。架設は河床からのクレーン架設。	2 パーティーで 27 カ月の建設期間を考慮、最短でも 24 カ月。大きな吊り荷重と 20 m 以上の吊高が必要になる箇所があり手延べ架設のほうが工程、安全の観点から適切と考える。組立ヤードは橋梁 1 と 2 の間に確保可能、
5		全橋脚と橋台の工事期間として 9 カ月考慮。	2 パーティーで最低 1.2- 1.5 年は必要と考える。9 カ月は非常に難しい。
6		全橋脚と上部工の工事期間として 2 パーティー、13 カ月考慮	13 カ月は非常にタイト、2 パーティーで 2 年は必要
7	橋梁 3 TA と AT	下部工を 1 パーティー、上部工を 2 パーティーにより計 11 カ月の工程	非常にタイトな工程と考えられる。最低でも 1 パーティーで 20 カ月。

番号	工事	D/DC スケジュール	JST コメント
8	Tunnel 3 TA と AT	2 パーティーにより 18 カ月の工程を考慮。E60 よりアウグヴェタ側のポータルへのアクセスを計画。	18 ヶ月の工程は妥当。E60 よりアウグヴェタ側ポータルへのアクセスは狭く、難しい。道路 RAT 7 を最初に施工し、これをトンネル工事アクセスとして利用することを提案。（6.4.2 章、参照）。
9	道路 7	掘削工事を 4 カ月目から開始。	トンネル 3 の工事へのアクセス道路として利用する為、工事の前送りを提案。
10	橋梁 4 TA と AT	1 パーティーにより仮設道路、基礎工と橋脚工、2 パーティーによる上部工を考え 16 カ月の工程を考慮。上部工は河床上のクレーンより架設。橋台とトンネル 4 のポータルの間に逆 T 擁壁を計画（MA-TUN-4004-GE-TB-4312）。建設期間はポータル付近で地方道路を交通止め、ポータル東側の住民は東側に計画された迂回路でゼスタフォニにアクセス。迂回路にはショラパニ駅東で新橋梁の建設が必要。	2 パーティーにより 24 カ月。起伏のある河床、吊上げ高 20 m 以上の区間を考慮すると、手延べが工程、安全の観点から適切と考える。橋台 2 の工事に必要なアクセスランプはジョージア鉄道保護の為防護壁が必要。提案された逆 T 擁壁と迂回路提は有効と考える。
11	Tunnel 4 TA と AT	アウグヴェタ側からの掘削を計画、2 パーティーで 21 カ月の工程。仮設ヤードをトンネル 4 と 5 の間に計画。土砂の搬送は既存の地方道路を使用。	アウグヴェタ側よりの掘削を支持。24 カ月の工程。DDC21 カ月工程は妥当。またトンネル 4 と 5 との間の仮設ヤード設置、地方道路を土砂搬出路として利用も妥当と判断する。（6.4.2 章、参照）
12	トンネル 5 TA と AT	TA & AT 2 パーティーで 27 カ月の工程	2 パーティーにより 75%はロードヘッダーによる機械掘削、残りは発破工法で 24 カ月の工程。
13	橋梁 5 TA と AT	1 パーティーにより基礎工を含む下部工に 8 カ月、2 パーティーによる上部工に 6 カ月、全工程 12 カ月を考慮。	全工程 12 カ月はかなり難しいと考える。1 パーティーで 21 カ月が妥当。
14	トンネル 6 TA と AT	TA & AT 2 パーティーで 26 カ月の工程	ロードヘッダーによる機械掘削 2 パーティーで 21 カ月の工程。

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 6-9：予想される全体工事工程

6.5 事業リスクとリスク低減策

異なるタイプの工事契約があり、本工事では JICA 版 FIDIC 工事契約が適用されている。表 6-15 は契約上想定されうるリスク、可能性、重大度、リスク低減策を示したものである。

次に上げるリスクについては特に注意を要する。

a) 工事用地：
未解決の工事用地買収により施工業者の工事現場へのアクセスが出来ない場合、工事の遅延が生じ、結果として建設費の増加につながる。従って、工事契約締結前に全ての工事用地の買収を完了する努力が必要である。

b) 環境クリアランス：
工事の進行に支障がないよう、環境クリアランスを取得する必要がある。工事用地（ROW）に関しては Employer 主導の下、その取得が進められる。仮設設備用地や資材置き場等の工事用地外で施工業者が工事に必要な用地については、施工業者の主導・責任の下、その取得が義務付けられる。施工業者においては、工期の遅れとならぬ様、前広に環境クリアランス取得準備を実施することが望まれる。

c) 既存サービスラインの移転や新規サービスラインの布設：
サービスラインの移転及び布設は工事のコストと期間に大きな影響を与える。

d) ジョージア鉄道（GR）、St 42 付近の跨線橋：
施工業者は GR とエンジニアの満足のいく施工方法、安全対策を入念に準備する必要がある。

e) 複数の施工業者となる場合、工事が他の施工業者の工事へ影響を与える。例えば、一工事区での交通規制が予定より長引けば他工事区の作業進捗に影響を与える。

表 6-15：想定できるリスクと低減策

リスク		工事への影響		
		小	中	大
可能性	大（起こりやすい）	小さい	大きい	非常に大きい
	中（ありえる）	小さい	中位	大きい
	小（まれにある）	小さい	小さい	大きい

事業リスク	評価					
	可能性	影響	可能性と損害度の分析	低減策	事業実施時の対策	予備対策 (ある場合)
1. 利害関係者に関連したリスク						
1.1 ジョージア鉄道（GR）						
計画道路線形が既存の鉄道路線あるいは将来計画されている路線と干渉しあう。	まれにある	大きい	既存および将来の鉄道計画は道路設計段階でその詳細が得られる為、干渉を防ぐ対策を取り入れた設計・施工を実施することが出来る。したがって、このリスクの可能性は低い。計画道路線形が鉄道路線を干渉する場合、線形の変更を含めた、設計変更が生じ、事業のコスト、期間に大きな影響を与える。St 42 付近では跨線橋が予定されており詳細設計及び施工中には注意が必要である。	既存および将来の GR 鉄道路線計画についての徹底した調査。	GR 担当者と密な連絡を維持するとともに施工時期、期間、内容、方法については早い時期に説明し工事前に承認を受ける。	
1.2 環境省						
政府により設けられた規定・基準が道路設計もしくは施工中に満足されない。	まれにある	大きい	政府により規定された環境保護基準は設計そして施工時に全て考慮される。したがってこのリスクが生じる可能性は少ない。環境補修作業は工事の大幅な遅延につながるため影響は大きい	環境保護基準を設計そして工事契約に網羅する。 第三者による環境に焦点をおいた設計監査を行う。	施工業者に環境基準に従った環境管理計画を準備するよう要請しエンジニアは施工業者による計画の遵守を確実にするとともに道路局に連絡。	

事業リスク	評価					
	可能性	影響	可能性と損害度の分析	低減策	事業実施時の対策	予備対策(ある場合)
1.3 ユーティリティ提供者（上水道／下水道／電気／電話等）						
設計道路線形がこれらユーティリティに干渉する	まれにある	大きい	既存および将来のユーティリティ計画は道路設計段階でその詳細が得られる為、干渉を防ぐ対策を取り入れた設計・施工を実施することが出来る。したがって、このリスクの可能性は低い。ユーティリティを干渉する場合、線形の変更を含めた、設計変更が生じ、事業のコスト、期間に大きな影響を与えることになる。	既存ユーティリティの移転もしくは新設計画についての徹底した調査。	ユーティリティ提供業者との密な連絡を図る。工事の時期、期間、内容、方法については早い時期に説明する。工事前に承認を取り工事後は合同検査を行う。	
1.4 土地保有者（個人、農家、牧畜家等）						
未解決の用地買収。 土地利用における変化例えば水の流れ、またアクセスによる損害を最小限にする為、工事中に追加工事が必要となる	ありえる	中位-大きい	工事施工開始前に施主が全ての用地買収を完了できないことはよくある、また工事以前の土地利用が想定しなかった影響を与えることもよくあり得る。対処策は工事費そして期間に影響を与える。	工事着工前に全ての用地買収を完了する。 EIA そして RAP 準備中に工事に影響される土地保有者との十分な話し合いを持つ。	アクセスができない場合、出来れば、工事の一時停止を防ぐ為、工事順序の変更を考える。必要に応じ、農家、牧畜家から定期的な聞き取りを工事中に行う。	工事着工時に未解決の用地買収が残る場合、当初の計画にこれらコストと期間を考慮。
工事に起因し土地所有者の土地利用が阻害された場合、ダメージを防ぐ為の追加工事の必要性が発生、例えば土地への水の流れ、アクセスの変化。	ありえる	中位	工事により予想されていなかった土地利用への影響が出る可能性あり。	徹底した詳細設計。	工事に隣接した土地所有者との定期的なコンサルテーションを図る。	

事業リスク	評価					
	可能性	影響	可能性と損害度の分析	低減策	事業実施時の対策	予備対策 (ある場合)
2. 事業実施組織のリスク						
2.1. 事業遂行リスク						
不十分な人的資源の為、事業の進捗が影響を受ける可能性あり。	まれにある	中位	RDMRDI はこれまでに WB、ADB、JICA 等多くの国際支援団体からの資金援助による道路事業を進めてきた。従って RDMRDI はこれら国際支援団体の要求に精通していると考えられる。 リスクは少ない。	過去の事業経験から得た教訓を本プロジェクトに生かせるよう議論していく。	事業者、JICA との初期での話し合い。	
2.2. 実施管理能力リスク						
国際支援団体により資金援助を受けた事業を実施していくにあたって必要な政策、規定が事業者により確立されていない。これが事業の進捗に影響を与える。	まれにある	中位	RDMRDI はこれまでに WB、ADB、JICA 等多くの国際支援団体からの資金援助による道路事業を進めてきた。従って RDMRDI はこれら国際支援団体の要求に精通していると考えられる。 リスクは少ない。	過去の事業経験から得た教訓を本プロジェクトに生かせるよう議論していく。	事業者、JICA との初期での話し合い。	
2.3. 不正・汚職のリスク						
事業主の職員による本事業に関連した不正・汚職活動	まれにある	中位	RDMRDI はこれまでに WB、ADB、JICA 等多くの国際支援団体からの資金援助による道路事業を進めてきており、不正・汚職が生じた際の結果 については十分認識している。 リスクは少ない。	例えば国家鑑定局あるいは JICA に認定された第三者による定期的な監査。	不正・汚職防止教育コースへの職員の参加。 JICA ホットラインへの連絡。	

事業リスク	評価					
	可能性	影響	可能性と損害度の分析	低減策	事業実施時の対策	予備対策(ある場合)
3. 事業実施リスク						
3.1. 設計変更リスク						
多くの設計変更により事業の中断そして遅延が生じる。	ありえる	大きい	予定道路沿いでの複雑な地質の為、予想されていない地盤条件に遭遇することが予想される。この場合、通常設計変更が必要となる。特に斜面保護、地すべりには要注意。 リスクは高い。	複雑な地質をもつ箇所を明らかにし、これら箇所では適度な設計（余裕がある設計と限界に近い設計の中間）を適用していく。	当初想定した作業手順を変更することにより工事の中断による影響を最小限に抑える。	工事プログラムおよびコストに予備期間・コストを計上しておく。
3.2. 施工リスク						
トンネル 1 と 2 間の道路区間での落石のリスク	ありえる	大きい	現地踏査結果はこのエリアでの落石の可能性を示している。	ボーリング、傾斜計等による観測を行い確認する必要がある。落石防止ネットの設置をD/D は考慮	施工業者は斜面のモニターを常時行うとともに工事中は仮設壁の設置も考える。	
トンネル 4 と 5 工事中の地下水位の変化	ありえる	中	トンネル 4 と 5 での掘削により地下水位の低下が生じた場合、近隣住民の生活に影響を与える。	トンネルの線形を若干下方移動した。工事中の地下水位レベルの観測。	影響範囲の住民と常に連絡を取る。	
騒音、振動、ホコリ	ありえる	中	工事近隣、特にゼスタフォニ市内の住民は常に工事による騒音、振動、ホコリに悩まされる可能性がある。 住民一部からの苦情により工事が影響されることもありえる。	住宅街の仮設道路の設置を避ける。トラックにはカバーをつける。水散布を実施し、夜間のダンプトラック操業を避ける。	影響範囲の住民と常に連絡を取る。施工業者は影響を受ける地域での観測を実施するとともにエンジニア、道路局に報告。	

事業リスク	評価					
	可能性	影響	可能性と損害度の分析	低減策	事業実施時の対策	予備対策(ある場合)
ジョージア鉄道	ありえる	大きい	トンネル 4 のポータルと逆 T 擁壁、橋梁 4 の橋台の工事はジョージア鉄道に沿っての近接工事となる。工事中における建設資機材、転石等の鉄道用地への落下は甚大な被害をもたらす。	工事前には必ず、工事計画について防護策も含め、GR 担当者と密な打ち合わせを持ち、GR からの承認を得て工事を開始。経験豊富な現場安全管理者を配置。	発破工事、クレーンによる楊重作業等の危険な作業は鉄道の運行がない時間帯を選ぶ。（上段の線路-1 日 2 本運行、下段の線路-1 日 40 本運行） 施工業者は工事時間を GR と調整。	
3.3. プログラムのリスク						
設計変更の評価をめぐる紛争により事業の進捗が妨害される。	起こりやすい	大きい	リスク 3.1 で述べた通り、複雑な地質条件により設計変更の可能性は非常に高い。設計変更に伴う工事の遅延・追加費用の評価を巡る紛争はよく発生し、プロジェクトに与えるコストは非常に大きい。	経験豊かな契約監理技術者、工程管理技術者を施工監理チームに配置。紛争に発展しそうな場合初期の時点で紛争調停委員会に事情を説明する。	クリティカルパスメソッドを使ったプロジェクトソフトにより工事プログラムを管理、解析していく。 紛争調停委員の定期現場訪問の際は設計変更について説明する。	工事費そしてスケジュールに予備を考慮しておく。
工事工程と遅延	起こりやすい	大きい	このサイズの工事に対し 2.5 年の工期はかなり短いと考えられる。ほとんど全ての工事が同時に進行している。一つの作業における遅延が他の工事に影響を与えていく。影響は大。	道路局、エンジニア、施工業者間での協力的なアプローチが必要。契約上の問題よりも工事自体に目を向けていく姿勢。紛争調整委員（DB）の有効な活用。	工事の進捗に影響を与える問題を早期に認知し他パーティーに連絡、遅れを最小限にする対策の実施。	予備費の確保。

事業リスク	評価					
	可能性	影響	可能性と損害度の分析	低減策	事業実施時の対策	予備対策(ある場合)
3.4. 施工品質リスク						
斜面保護、橋梁、トンネル工事等にジョージアで初めての技術、工法材、材料が適用された場合、工事員の経験不足と施工業者の監督不足により欠陥工事と補修工事が起こる。	まれにある -ありえる	中位-大きい	経験のある国際施工業者がエンジニアに承認された品質管理システムと関連した仕様書に従い工事を進める限りリスクは小さい。	新しい工法の採用は正当化されない限り控える。 新しい工法を含む工事を指定業者に実施させるよう契約書に明記。	構造の品質にとって重要な立ち合い検査項目を明確にし、関連した仕様、品質管理システムに従い資格を有する監督およびエンジニアによるこれら検査項目の試験とテストを実施	
2.5 年という短い工期に起因する瑕疵工事	ありえる	中位	施工業者は工事マイルストーンを達成する為、必要な手順を省き、結果として瑕疵工事につながる。 多くの修正・補修工事により工事が大幅に遅れる。	施工業者は品質管理に必要なラボ、材料技術者、品質管理者、等を十分備える。エンジニアも十分な職員により品質管理を行う。	契約に従ったエンジニアによる品質管理の厳格な監理が必要。	
3.5. 施工業者の財務リスク						
施工業者が工事期間中に財務上の困難に遭遇、工事の進捗が大幅に影響を受ける、また契約解除の可能性	まれにある	大きい	東西ハイウェイ整備事業フェーズ 1 で実際に起こったリスク。施主、施工業者とも非常に多くの時間と多大な努力を費やした。Major プロジェクトのコストと期間に大きな影。	入札業者の財務事情を厳密に評価する。 共同企業体合意書ではリード企業が財務問題で不履行に陥った場合の協力企業による置換え要求が可能にする。	施工業者の財務事情を下請け、サプライヤーそして労務者への支払い等から常に監視する。	

事業リスク	評価					
	可能性	影響	可能性と損害度の分析	低減策	事業実施時の対策	予備対策 (ある場合)
4 他のリスク						
4.1 工事中の交通管理						
交通事故により生じる工事進捗の妨害	起こりやすい	中位	工事区間の約 3 分の 1 は山沿いに位置し狭い道幅の蛇行した線形となっている。交通規則を無視し制限速度以上で運転するドライバーが多い。事故による死亡率は 2009 年度が 16.8 人/100,000 人口、2011 年度、11.7 人、オランダの 4.8 人、ノルウェーの 5 人（出典：WB）に比較して高い。 工事中の交通事故は増加するであろうと予測される。事故現場の復元、事故調査は工事作業を妨害し進捗に影響を与える。	有効で厳しい交通管理の適用と経験のある交通管理者の配置。 重要な場所では警察官の配置も考慮する。	標準な緊急手続を準備しておく。	
5. 総合リスク評価	ありえる	中位	非常にタイトと考えられる 2.5 年工期が工事費、品質、安全に与える影響は大きい。 関係者間での協力的な姿勢、十分な人員と資機材、良好な品質管理がない場合は事業費超過、工事遅延に繋がる。	リスク 3.1、3.2、3.3 と 3.4 参照	リスク 3.1、3.2、3.3 と 3.4 参照	工事費そしてスケジュールに予備を考慮しておく。

出典：JICA 調査団

第7章　プロジェクトの概算事業費：本章は非公開

非公開

第8章　環境社会配慮

8.1　はじめに

本事業は「東西ハイウェイ整備事業（フェーズ 2）」について、アジア開発銀行 （ADB）が実施する Detailed Design（DD）をレビューし、我が国有償資金協力事業として実施するために必要な調査を行うものである。

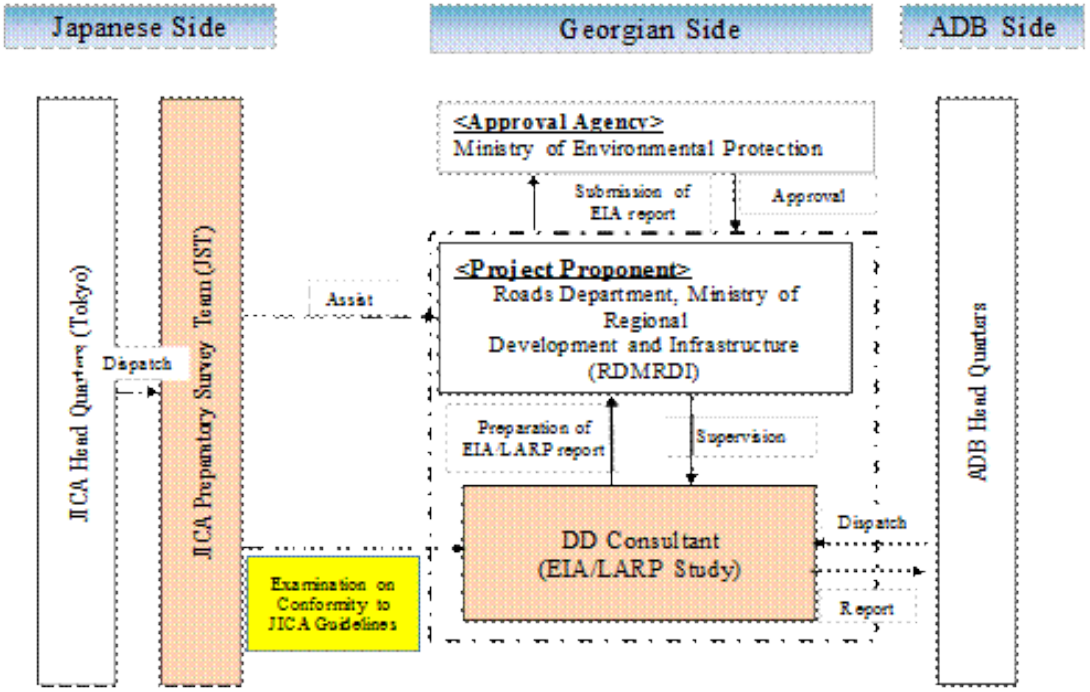
本事業の対象路線は、「東西ハイウェイ整備プロジェクト」のうち、イメレティ州アウグヴェタ～ショラパニ区間（約 15 km）である。2015 年に世界銀行（世銀）は、この区間を含むゼモ オシアウリ～アウグヴェタ区間（約 81 km）の FS を実施しており、環境社会配慮に関する検討の一環で、“Report of Environmental Analysis” および “Resettlement Policy Framework” が作成されている。

本事業は「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」（2010 年 4 月）（以下、「JICA 環境ガイドライン」という。）が掲げる道路セクターに該当し、カテゴリ A に分類されている。

本事業の環境影響評価（EIA）案および用地取得・住民移転実施計（LARP）案は ADB により実施される DD のコンサルタントが策定した。一方、JICA 調査団は、ジョージアの関連法令および JICA 環境ガイドラインに基づき、策定された EIA 案および LARAP 案をレビューし、必要な調査・手続きが取られていることを確認した。

確認作業においては、EIA および LARP 案が極力 JICA 環境ガイドラインの要求事項も満たされる文書になるように、関連書類の作成過程においても、関係機関（カウンターパート、ADB）との密接な情報交換に努めた。なお調査の過程では、JICA 調査団は、作業中の書類も含めて DD コンサルタントと頻繁に情報交換を行い、成果品に対して適宜追加修正を行うことを求めた。更に EIA の審査スケジュール・承認プロセスにおいても、確認およびドナー間の調整を行い、承認プロセスが予定通り進む様にカウンターパートをサポートした。

本事業における関連機関相互の関係を図 8-1 で示す。



出典：JICA 調査団

図 8-1：関連機関相互の関係

8.2　環境配慮

ここでは、ジョージアの法律に基づく環境影響評価と JICA（必要に応じて ADB、世銀）のガイドラインの概要およびそれらの比較、および EIA の概要について記す。

8.2.1　環境影響評価（EIA）

(1)　ジョージア国における環境影響評価に関する法的枠組

ジョージアの環境影響評価実施の枠組みは、以下二つの法律により形成されている。

- ジョージア国環境影響許可法（2007）
- 環境影響評価規制（2013）

「ジョージア国環境影響許可法」は、ジョージア国内において環境評価審査および環境影響許可の取得が義務付けられている活動、および、同許可の取得法を定義している。「国際高速道路と鉄道の建設、およびその上を通る橋や関連する建造物」も記載されており、本プロジェクトも対象に含まれている。

EIA の手続きと要項は「環境影響評価規制」にて定義されている。EIA 実施後、ジョージア国環境保全・農林省[1]（MoENRP）にその報告書を提出し、審査を通過することにより、

[1] 2017 年 11 月までは環境・資源保護省（Ministry of Environment and Natural Resources Protection）、通称 MoENRP

プロジェクト実施者に環境影響許可証が発行される。審査には、書面による申請書を下記の書類とともに MoENRP に提出する：

a) 法律によって定められた基準に従って作成された EIA 報告書
b) プロジェクトサイトの設計図
c) 予想される排出量と種類
d) 活動の要約
e) 申請書の機密部分に関する声明

環境影響許可証は、建設許可証取得の必須条件となっている。

(2) 環境配慮に関する JICA ガイドライン

JICA ガイドラインは、JICA が行う環境社会配慮の責務と手続き、相手国等に求める要件を示すことにより、相手国等に対し、適切な環境社会配慮の実施を促すとともに、JICA が行う環境社会配慮支援・確認の適切な実施を確保することを目的とする。JICA は、以下の 7 項目が特に重要であると認識している。JICA は、

1. 環境及び社会面の幅広い影響を環境社会配慮の項目とする。
2. マスタープラン等においては、戦略的環境アセスメントを適用する。早期段階からモニタリング段階まで、環境社会配慮が確実に実施されるよう相手国等に働きかける。
3. 協力事業の実施において、説明責任と透明性を確保する。
4. 現場に即した環境社会配慮の実施と適切な合意の形成のために、ステークホルダーの意味ある参加を確保し、ステークホルダーの意見を意思決定に十分反映する。
5. 説明責任の確保及び多様なステークホルダーの参加を確保するため、環境社会配慮に関する情報公開を、相手国等の協力の下、積極的に行う。
6. 環境社会配慮が十分かつ効果的に達成されるよう常に留意し、その組織体制と実施能力の強化に努める。
7. 環境社会配慮を行いつつ、事業実施に向けた迅速化の要請に対処する。

また JICA は環境社会配慮等に関し、プロジェクトが世界銀行のセーフガードポリシーと大きな乖離がないことを確認する。

(3) 環境配慮に関するジョージア国法律と国際ガイドラインの比較

JICA／世銀／ADB の環境配慮に関するガイドライン間には大きな乖離はないが、これらガイドラインと環境評価に関するジョージア国の法律には多少のギャップが存在する。しかし本プロジェクトでは、全体的にドナー機関のガイドラインに従う方針であることが確認されている。表 8-1 は、参考までに、ギャップ分析の概要を記したものである。

表 8-1：ADB／世銀／JICA ガイドラインとジョージア国法律のギャップ分析

項目	JICA（世銀／ADB）	ジョージア国	対応策
スコーピング	• スコーピング、EIA 準備手順を詳細に説明	• スコーピングは国内法では考慮されていない	• スコーピングコンサルテーションを開催し、その結果を踏まえて調査範囲・調査項目・調査方法を確定した
EIA の承認	• プロジェクトは A、B、C カテゴリに分類し、A カテゴリプロジェクトには EIA が必須、B カテゴリは必要に応じて	• A / B / C 分類はない。EIA 実施を求められる活動は、ジョージア国環境影響許可法で定義	• JICA/ADB では本事業はカテゴリ A で EIA 必須、ジョージアでも法制度上 EIA が必要な為、乖離なし
EIA の公開	• JICA：現地政府承認を受けた EIA を合意文書締結の 120 日以前に公開 • 世銀／ADB：ドラフト EIA を委員会審査に一般公開	• MoENRP への承認申請前に、ドラフト EIA を 45-60 日間一般公開	• ドラフト段階で現地で公開し、承認手続きを踏んだ後、承認済みのものを JICA が 120 日間公開
環境管理計画・モニタリング計画	• A・B カテゴリのプロジェクトでは、環境管理計画、環境モニタリング計画を作成	• プロジェクトの環境管理計画の形式や手順の定義はない	• 環境管理計画および環境モニタリング計画を EIA に含む
代替案	• 代替案または緩和策は「プロジェクトなし」の状況を含め調査し、プロジェクト計画に組み込む	• 候補地、採用技術などにおいて代替案を検討する	• 「プロジェクトなし」の状況を含め複数の代替案を検討
ステークホルダー協議	• 協議は最低 2 回は実施し、必要に応じてプロジェクト実施中も継続的に行う • 協議内容を記録し、結果をプロジェクト計画に組み込む	• ドラフト EIA の公聴会を開催し、ステークホルダーの意見を考慮する	• 公聴会に加え事前にスコーピングコンサルテーションも開催。2 回の協議を通じて住民の意見をプロジェクト計画に組み込んだ

出典：JICA 調査団

なお、国際ガイドライン間の調整として、インテリムレポート提出時には確認中であった EIA の公開期間については、ローン実施機関である JICA の公開期間（120 日間）のみが適応され、ADB は公開しないことを確認・合意した。環境保全・農林省は、2018 年 3 月 26 日に環境影響許可証を発行し、道路局がプロジェクトを進めることを認証した。

8.2.2　EIA 概要

本プロジェクトに関する 1st ドラフト EIA は 2017 年 11 月後半に提出された。それに対して JICA 調査団はレビューを行い、JICA からのコメントも考慮し、保護区への影響の可能

性の確認、ジョージア特有の State Forest Fund システムについての追加説明、環境管理計画費用の確認、地図の更新、等について修正を依頼した。マンガン工場付近の土壌汚染のリスクがある場所の扱い、および供用中の防音対策として提案された防音壁の設置の可能性についても、道路局および DD コンサルタントと協議を重ねた。それらの協議結果を反映した 2nd ドラフト EIA は、1 月半ばに提出された。2nd ドラフトのレビューでは、大気質・水質等の基準値の出典、植え直しや補償金といった希少樹木伐採の緩和策、井戸水が低下した場合の補償方針、プロジェクト予定地に「重要な森林」が存在しないこと、ユーラシアカワウソの生態と保護策、等を更に確認し、修正・補足説明を依頼した。

EIA の結果、影響の評価対象のほとんどの項目では小～中程度の影響が予想された。工事中に比較的大きな影響を与える可能性のあるものとしては、道路建設による土地および財産の損失、残土運搬の交通量、発破等の際に発生する物的損害があげられ、道路供用時の比較的大きな影響の可能性としては、車両からの騒音の増加があげられた。ファイナル EIA は 2018 年 3 月に提出された。環境管理計画・環境モニタリング計画を含み、以下に概要を示す。詳細はファイナル EIA（Appendix 8.1）参照。

(1)　環境の現況

大気

計画道路の南端に位置する Georgian American Alloys（GAA）マンガン工場を含む産業施設や既存の計画道路の車両からの排出が主な空気汚染源である。2017 年 8 月に 9 つの場所で実施された大気モニタリングの結果、ほぼ全てのパラメーターはジョージア国（場合に寄っては及びIFC）の定める基準内であったが、2ヶ所で平均30分間の基準値を超えるNO_2が記録された。

表 8-2：大気モニタリング結果

#	Time	Wind speed, m/s	Wind direction	CO, µg/m³	NO2, µg/m³	SO2, µg/m³	PM10, µg/m³	PM 2.5, µg/m³	TSP, µg/m³
NVA-1									
1	12:30 -13:50	1.3	W	<1,000	376	<500	28	26	<100
2	19:30-19:50	1.4	W	<1,000	<200	<500	91	61	200
3	01:30-01:50	1.0	W	<1,000	<200	<500	18	15	<100
4	06:55–07:15	1.0	W	<1,000	<200	<500	10	9	<100
NVA-2									
1	13:00-13:20	2.0	SW	<1,000	550	<500	48	32	120
2	18:50-19:10	1.6	SW	<1,000	376	<500	72	39	170
3	01:00 -01:20	1.0	SW	<1,000	<200	<500	18	15	<100
4	06:50-07:10	1.0	SW	<1,000	<200	<500	10	9	<100
NVA-3									
1	10:30 -10:50	2.0	SW	<1,000	<200	<500	12	9	<100
2	18:20-18:40	1.6	SW	<1,000	<200	<500	29	21	<100
3	00:30-00:50	1.2	SW	<1,000	<200	<500	10	7	<100
4	06:20 -06:40	1.0	SW	<1,000	<200	<500	5	4	<100
NVA-4									
1	12:00-12:20	2.0	W	<1,000	<200	<500	36	24	110

#	Time	Wind speed, m/s	Wind direction	CO, µg/m³	NO2, µg/m³	SO2, µg/m³	PM10, µg/m³	PM 2.5, µg/m³	TSP, µg/m³
2	17:50-18:10	1.2	W	<1,000	<200	<500	35	25	120
3	24:00-24:20	1.1	W	<1,000	<200	<500	11	8	<100
4	05:50-06:10	1.0	W	<1,000	<200	<500	<1.0	<1.0	<100
NVA-5									
1	10:00 -10:20	1.6	NW	<1,000	<200	<500	5	4	<100
2	17:20-17:40	1.2	NW	<1,000	<200	<500	25	16	<100
3	23:30-23:50	1.1	NW	<1,000	<200	<500	<1.0	<1.0	<100
4	05:20-06:40	1.0	NW	<1,000	<200	<500	<1.0	<1.0	<100
NVA-6									
1	09:10-09:30	1.0	SW	<1,000	<200	<500	<1.0	<1.0	<100
2	16:40-17:00	1.0	SW	<1,000	<200	<500	16	11	<100
3	23:10-23:30	1.2	SW	<1,000	<200	<500	<1.0	<1.0	<100
4	04:10-04:30	1.0	SW	<1,000	<200	<500	<1.0	<1.0	<100
NVA-7									
1	08:30-08:50	1.5	NW	<1,000	<200	<500	9	6	<100
2	16:10-16:30	1.1	NW	<1,000	<200	<500	16	12	<100
3	22:50-23:10	1.0	NW	<1,000	<200	<500	<1.0	<1.0	<100
4	04:10-04:30	1.1	NW	<1,000	<200	<500	<1.0	<1.0	<100
NVA-8									
1	07:30-07:50	2.2	S	<1,000	<200	<500	12	8	<100
2	15:30-15:50	1.1	S	<1,000	<200	<500	26	19	<100
3	22:30-22:50	1.1	S	<1,000	<200	<500	<1.0	<1.0	<100
4	03:30-03:50	1.3	S	<1,000	<200	<500	<1.0	<1.0	<100
NVA-9									
1	07:00-07:20	2.0	SW	<1,000	<200	<500	17	15	<100
2	15:00-15:20	1.1	SW	<1,000	<200	<500	21	10	<100
3	22:10-22:30	1.0	SW	<1,000	<200	<500	16	10	<100
4	03:00-03:20	1.2	SW	<1,000	<200	<500	<1.0	<1.0	<100
	MPC/guideline values/limits		**Aver. period**	**CO, µg/m³**	**NO_2, µg/m³**	**SO_2, µg/m³**	**PM10, µg/m³**	**PM 2.5, µg/m³**	**TSP, µg/m³**
1	National limit – max. permissible one time (volley) concentration (MPC), µg/m³		24 h	3,000	40	50	n/a	n/a	150
			30 min	5,000	200	500	n/a	n/a	500
2	IFC/WHO (updated 2016) – guideline value, µg/m³		1 year	n/a	40	50	20	10	n/a
			8 h	10,000	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
			24 h	n/a	n/a	20	50	25	120
			1 h	30,000	200	n/a	n/a	n/a	n/a
			30 min	60,000	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
			10 min	100,000	n/a	500	n/a	n/a	n/a
3	EU limit, µg/m³		1 year	n/a	40	n/a	40	25	n/a
			8 h	10,000	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
			24 h	n/a	n/a	125	n/a	n/a	n/a
			1 h	n/a	200	350	n/a	n/a	n/a

出典：final EIA (March 2018)

地質

地すべりの可能性については、DD コンサルタントはリスクは非常に低いという見解を示していたが、JICA 調査団は地すべりの可能性は否定できず、追加調査が必要だと考えた。RD・DD コンサルタント・JICA 調査団間の協議の結果、セーフティネット設置などのマイナーな緩和策を詳細設計に組み込むのに加え、追加の地質調査も行われることとなった。

表流水

プロジェクト範囲内にはクビリラとズィルラの 2 つの主要な河川といくつかの小さな支流が存在する。2017 年 9 月に行われた水質モニタリングの結果、両方の河川の表流水質は国内最大許容濃度（MAC）を満たしていた。サンプルはズィルラの橋 BRI 4.1.01-AT/TA とクビリラの橋 BRI 4.1.04-AT/TA にて採取された。

表 8-3：表流水質モニタリング結果

#	パラメーター	単位	SW-1 (ズィルラ)	SW-2 (クビリラ)	方法／標準	国内最大許容濃度
1	pH	-	8.2	8.1	ISO 10523-08	6.5-8.5
2	Electrical conductivity (EC)	S/m	0.027	0.0248	ISO 7888-85	n/a
3	Turbidity	FTU	3.87	176	ISO 7027-99	n/a
4	BOD5,	mg/lO_2	2.7	1.7	ISO 5815-03	6
5	COD	mg/lO_2	<15	<15	ISO 6060-89	30
6	Dissolved oxygen (DO)	mg/l	9	7.6	ISO 5815-03	≥4
7	Total suspended solids (TSS)	mg/l	26	96	ISO 11923-97	increase by no more than 0.75
8	Oil and grease	mg/l	<5.0	<5.0	EPA 413,1-97	n/a
9	Total Phosphorus	mg/l	<0.1	0.1	ISO 6878-04	2
10	Total Nitrogen	mg/l	0.25	0.3	GOST 18826-73	n/a
11	Total Ammonium	mg/l	<0.1	<0.1	GOST 4192-82	0.5 mg/l NH4
12	TPH	mg/l	<0.04	<0.04	EPA 48,1-97	0.3
13	Total residual chlorine	mg/l	<0.05	<0.05	GOST 18190-72	n/a
14	Total Zinc	mg/l	<0.003	<0.003	ISO 8288-A-86	1
15	Dissolved Copper	mg/l	<0.003	<0.003	ISO 8288-A-86	1
16	Manganese	mg/l	<0.02	0.28	EPA 3005 A-92	1
17	Total Coliform Bacteria	100 ml	680	800	ISO 9308-1:2014	≤10,000

出典：final EIA (March 2018)

土壌

プロジェクト地域の土壌は生産性が高く、多用な作物が栽培されている。一方で、GAA 工場やその他の小型製錬所で発生する有害廃棄物は、土壌汚染の原因となり得ると考えられる。プロジェクト地域の土壌サンプリング調査の結果、ヒ素と鉛を除く全てのパラメーターが現在のジョージアの許容範囲内であった。既存のジョージアの基準値は旧ソ連時代に定められた時代遅れの規制であることが認められており、近々更新されることが予定されている為、JICA 調査団は DD コンサルタントと相談し、国際基準と比較してみる方針となった。そこで数値を EU（イタリア、英国等）基準と照らし合わせてみたところ、サンプリングされた全てのパラメーターが EU の居住地域の許容範囲内であることが確認された。更に分析結果は、2018 年に発効予定である MoENRP が設定したジョージアの国内基準値内に十分収まっている。

表 8-4：土壌サンプリング結果

#	パラメーター	単位	GWS-1	GWS-2	方法／標準	National limit, maximum allowable concentration	Proposed National Limit, MAC	Proposed National Preventive limits of risk elements in agricultural soil	Italian Standard for Residential Areas	UK Soil Guidelines for Residential Areas
1	Copper, Cu (mobile)	mg/kg	1.35	2.30	GOST P50683-1994	3-132	60-100	60	120	
2	Zinc, Zn (mobile)	mg/kg	<0.5	3.6	GOST P50686-1994	23-220	130-200	120	150	
3	Nickel, Ni (mobile)	mg/kg	1.0	0.25	GOST P50683-1994	4-80	60-80	50	120	
4	Chromium, Cr (mobile)	mg/kg	<0.5	<0.5	GOST P50683-1994	6	100-200	90	150	
5	Lead, Pb (total)	mg/kg	41.5	47.0	ISO 14869-.1-2001	32-130	100-140	60	100	
6	Arsenic, As (total)	mg/kg	14.4	16.2	GOST 4152-89	2-10	30	20	20	32
7	Cadmium, Cd(total)	mg/kg	<2.0	<2.0	ISO 14869-.1-2001	2	0.5 – 1.0	0.5	2	
8	Polychlorinated biphenyl PCB	mg/kg	<7.0	<7.0	EPA 8082 A-2007	60	10	-	5	
9	Asbestos		nd	nd	NIOSH 9002 -1989	3-132	-	-	100 (next law)	

出典：final EIA (March 2018)

地下水

GAA 工場の裏側にある 2 つの井戸から 2 つの地下水サンプルを採取し、ベースライン調査が行われた。ジョージアでは地下水質の基準が定められていない為、飲料水の基準と比較された。その結果、GWS-1 の全パラメーターは MAC および（該当する場合）WHO の基準値を満たしていたが、GWS-2 では、高い硬度、全溶解固形分、カルシウム、マグネシウム、および硫酸塩が検出された。

表 8-5：地下水質モニタリング結果

#	パラメーター	単位	GWS-1	GWS-2	方法／標準	国内最大許容濃度	WHO ガイダンス値, mg/l
1	pH	-	7.35	7	ISO 10523-08	6.5-8.5	n/a
2	Dissolved oxygen (DO)	mg/l	7.1	5	ISO 5815-03	n/a	n/a
3	Electrical conductivity (EC)	S/m	0.0478	0.178	ISO 7888-85	n/a	n/a
4	Alkalinity	mg-eq/l	<0.2	<0.2	Gost 23268.3-78	n/a	n/a
5	Hardness	mg-eq/l	5.38	22.5	Gost 23268.5-78	7-10	n/a
6	Total suspended solids (TSS)	mg/l	<2.0	<2.0	ISO 11923-97	n/a	n/a
7	Total dissolved solids	mg/l	466	1,946.7	Calculated	1,000-1,500	n/a
8	Arsenic, As	mg/l	<0.005	<0.005	Gost 4152-89	<0.01	0.01
9	Chlorides	mg/l	17	41.1	Gost 23268,17-78	<250	n/a
10	Iron, Fe	mg/l	<0.02	<0.02	EPA 3005 A-92	<0.3	n/a
11	Nitrates	mg/l	8.91	8.86	Gost 18823-73	<50	50
12	Sodium, Na	mg/l	17.1	125.4	ISO 9964-3-93	<200	n/a
13	Potassium, K	mg/l	1.05	3.08	ISO 9964-3-93	n/a	n/a
14	Calcium, Ca	mg/l	80	245	Gost 23268,5-78	<140	n/a
15	Magnesium, Mg	mg/l	16.8	124	Gost 23268,5-78	<85	n/a
16	Lead, Pb	mg/l	<0.01	<0.01	ISO 8288-A-86	<0.01	0.01
17	Sulphates	mg/l	36	960	Gost 23268,3-78	<250	n/a
18	Manganese, Mn	mg/l	<0.02	<0.02	EPA 3005 A-92	<0.4	0.4*

出典：final EIA (March 2018)

生態的資源

プロジェクト範囲には、森林地帯、農地、丘陵の森林斜面、住宅地、河川生態系が含まれる。農作物や開発の影響により、自然の植生はほとんど残っておらず、この地域で確認される動物は、ほとんどが人間の存在に対して耐性をもっている。生態的資源に関する調査は、既存データ収集・分析、および 2017 年 8 月と 9 月の現地調査の二つの側面から実施された。

既存の情報によると、プロジェクト地域には、ジョージア国のレッドリスト上で"*vulnerable*"に分類されている 2 つの種（ユーラシアカワウソ、ペルシャリス）が存在している可能性があるが、現地調査の結果では、この 2 種及び巣の存在は確認されなかった。

植物調査では、プロジェクト地域は本 EIA 調査では 6 タイプの生息地に分類され、そのうち 5 つは EIA 上 low conservation status となっている。アウグヴェタ周辺の一部分のみ、ジョージア・レッドリスト上で vulnerable と分類されているシナノグルミ、ケヤキが確認され、EIA 上 high conservation status に区分されている。

道路の終点から南西約 5 km に位置する Ajameti Managed Reserve が計画道路に最も近い保護区域であるが、プロジェクトの影響を受ける可能性はほぼないと予想される。

経済発展

ゼスタフォニ最大の経済活動は農業生産量の 80%を占めるブドウ栽培で、地域最大の会社は GAA 工場である。地域の道路は、主にトビリシとバツミを結ぶ既存の E-60 が占める。上下水道システムは、ゼスタフォニを含む主要都市にのみ存在し、村では主に地下水資源が利用されている。住宅は主に、地方道路に沿って分布する 1～2 階建ての住宅で構成されている。

社会・文化的資源

社会調査によると、対象人口の平均月収は 650GEL であり、うち 70%は主な収入源が賃金、20%が年金／手当、5%が自営業となっている。プロジェクト地域付近にはいくつかの文化的資産が存在するが、工事の直接的な被害が考えられる場所、又は作業員が通常近づく場所には位置しておらず、プロジェクトがそれらに及ぼす直接的影響はないと思われる。しかし用心の為、比較的プロジェクト道路付近に存在する墓地と天然温水には防音壁・不法侵入を防ぐ為のフェンスを設置し、毎週視察が行われる。なお、JICA 調査団は、これらの情報収集源や調査方法について、地元自治体や文化財管理機関が管理するリストを照会しており、建物の外観検査の実施、歴史学者・考古学者・地域住民などとも協議も行われたことを確認し、地域の文化財を網羅できていることを確かめた。

騒音・振動

現状の騒音・振動モニタリングによると、振動値は低く、構造的／表面的な損傷を引き起こしたり住民に迷惑をかける可能性は低いと考えられる。騒音モニタリング結果では、既存の道路付近の騒音レベルが現状で IFC の日中および夜間の基準を上回っている区間があるが、ゼスタフォニ北のバイパスに入ると、どちらも IFC 基準値内となる。

代替案

代替案検討では、「プロジェクトを実施しない」場合、工事による環境影響を避けることは可能となるが、既存の道路・橋梁・排水構造の継続的な劣化をもたらすとともに、長期的には地域の経済発展を阻害することになることが懸念されている。アウグヴェタ～ショラパニ区間の交通量は 2040 年までに 2017 年の交通量の倍以上に増えることが予想されており、本道路区間の改修の必要性は高いと思われる。ジョージア国、特にこの地域の複雑な地形を考慮すると、既存道路の通過可能地域以上に適切かつ妥当なオプションは困難であり、この地形の中で考えられる最適な設計が適用されている。DD 段階では、住民移転、アクセス、騒音などの社会的側面も考慮され、最終線形の決定に向けて適切な微調整

が行われていることを確認した。更に当プロジェクトは、E-60 の全体的なアップグレード計画の一部を構成している為、ジョージア政府の意向も現道路線形を決める上での重要な要素となっている。

(2) 環境への影響

以下に主要な環境影響の予測について記す。

大気質

工事中には、建設機械の稼働、廃棄物の焼却、採石場・土取場・運搬等から発生する排出ガスやほこりによる影響が想定される。供用時には、走行する車両からの排出ガス（主に CO、NO_X、HC、SO_2、CO_2、PM）が汚染源となり得る。しかし、コンピューターモデルの分析では、道路線形や路面の改良により効率の良い運転が期待出来るため、供用時の空気質は現状よりも改善されるという結果が予測されている。

土壌

工事中には、もし対策が不十分な場合、表土流出、浸食、有害物質による汚染などの可能性が考えられる。上記の通り、ベースライン調査の結果ヒ素と鉛は既存のジョージアの国内基準値を超えていたものの、今年更新予定の新しいジョージアの基準や国際基準と比較した場合には、ヒ素も鉛も基準値内となる。しかし、2 地点のみのサンプリングであった為、汚染範囲がサンプリング箇所以外にも広がっている可能性がある。これに対する DD コンサルタントの提案は当初「施工段階でコントラクターが追加調査を行う」となっていたが、JICA 調査団はそれではリスクが大きすぎると判断し、詳細設計段階で追加調査を実施することを要求した。その要求に応え、DD コンサルタントが 4 地点追加調査を実施し、結果は EIA の Addendum として追って提出されることとなった。土壌汚染の可能性があるのは GAA プラント背後の 2 つの廃棄物処分地付近なので、追加調査ではそれぞれから 1 サンプルずつ、そして（アライメントに沿って）この 2 つの山の西側と東側から 1 サンプルずつ採取する。この追加調査はあくまで掘削土が汚染されているリスクの程度を判断するための調査であり、汚染がないと判断された場合にはそれ以上の調査は行われない。汚染の可能性があると判断された場合には、対象区間については以下の通り、さらにコントラクターが掘削土処分前に分析を実施する計画となっている。

表土を 5,000 m^2 ずつ取り除き、ストックパイルとして不浸透性表面の一時保管場所に保管する。ストックパイルを 250 m^2 ずつの四分円に分割し、エンジニアの立ち会いの基、認定を受けたラボがサンプリングを行い、その分析を実施する。汚染の可能性があると判断された場合には、そのサンプルが摂取された四分円は有害廃棄物として処分される。その他の汚染されていない土壌は、無害廃棄物として廃棄する。汚染された土壌の最終処分は、許可を受けた廃棄物管理会社が行う。通常の廃棄物と同様に、現場から取り除かれた有害廃棄物を記録する。

水質

工事中は、もし不適切な施工監理が行われた場合、工事現場・コンクリートプラント等からの排水、橋梁建設時による液体廃棄物の流出や沈泥の増加等の発生の可能性がある。供用時は、橋梁から生じる排水により河川等の汚染が生じる可能性がある。

動植物

道路は主に農地と部分的に森林を通過する。動物に対しては、生息地の喪失、生息環境の悪化、密猟、などが考えられるが、大部分は既に開発された土地である。動植物への影響については EIA での記載が少なかった為、JICA 調査団が現地関係者やコンサルタントに話を聞いたところ、都市地域付近の動物は以前から、インフラ・人間の存在に既に適応していることに加え、プロジェクト付近には同様の生態系や生活環境が多数存在している為、生息環境分断や移動経路への影響は特に想定されないという情報を得た。加えて、森林伐採が生じるエリアは殆ど橋梁・トンネル部分で、盛土もないので、生息環境分断や移動経路の妨げはないと考えられる。

ベースライン調査では確認されなかったユーラシアカワウソであるが、河岸の改変には脆弱な生き物である。JICA 調査団は、ジョージア国内のカワウソの生態系などについて資料ベースで事実確認をすると共に、橋梁建設前のカワウソの巣穴の調査方法、およびカワウソの巣穴が発見された場合の対応について確認した。対策や現状などについて現地関係者にもヒアリングを行った。実際の対応は状況によって異なるが、穴が確認された場合には、コントラクターがその付近の施工計画書を作成し、施工管理コンサルタントの許可を得ることになっている。

ジョージアには、”*State Forest Fund*”という、政府から使用が認められている森林のシステムが存在する。この様な使用可能な森林の管理システムは日本では馴染みがないと思われた為、JICA 調査団は SFF について細かく RD/DD コンサルタントに説明を求めると共に JICA 調査団としても情報収集を行い、当システムについて EIA への加筆修正を求めた。

SFF は国の定める森林地区であるが、保護区ではなく、森林資源の無断使用を避ける為の管理が目的である。国の規定では、SFF は高速道路の建設やその他用途が認められた活動の為に使用を許可するとされており、該当する活動がジョージア国内の環境評価審査を必要とする場合、活動実施者はプロジェクト地域内の SFF の樹木を伐採前に SFF 登録簿から外す”de-listing”申請を行う必要がある。SFF 内の樹木を登録簿から削除する判断は原則として National Forestry Agency が行うが、ジョージア国のレッドリスト上で保護されている樹木に限っては MoENRP の判断となる。

本プロジェクトは、環境評価審査を必要とする用途が認められている活動である為、上記の手続きが必要となる。SFF 該当樹木数は 7,232 本となる予定であり、RD は既にこれら樹木の de-listing について National Forestry Agency・MoENRP への手続きを進めている。伐採される樹木の中に”*vulnerable*”に分類されるシナノグルミ、ケヤキや IUCN レッドリスト NT 種が含まれる予定となっており、ジョージアの法律上問題がないとしてもその事実は懸念事項であった為、JICA 調査団はこの点についても追加で現地専門家の見解、および緩和策の強化を求めた。その結果、伐採が予定されている IUCN レッドリスト NT 種は周辺の森林にも生息しており、プロジェクト内の地域のみではないことが確認されている。加

えて、ジョージアの法律上では SFF への（伐採される樹木に対しての）現金支払いのみ義務付けられているところを、当プロジェクトでは、希少種に関しては更に植え直しが奨励されることとなった。

地方交通およびユーティリティ

主な影響は、道路の迂回とアクセス経路の一時的な閉鎖などがあるが、影響は小さい。また、建設時には電力線、給水管、ガス管の仮移設などの影響が考えられる。

トンネル

地表沈下や斜面の不安定性の誘発、井戸水の枯渇や地下水の変質、騒音、振動などが考えられる。

コミュニティ

車両と歩行者・家畜間の交通事故の増加や、騒音や大気質の一時的な悪化が想定される。

騒音・振動

騒音に関しては、工事中は建設機械から発生する騒音が問題となる可能性がある。供用時には、特にゼスタフォニバイパスエリアでの騒音レベルの増加が予想される。供用時に関しては現在の需要予測を基にした騒音予測モデルが使用され、インパクトを高めに見積もった場合、2037 年には IFC 基準値を超える騒音が周辺住民に発生する可能性があり、騒音壁を設置しても夜間の基準値を超える可能性もあるという分析結果が出ている。振動に関しては、工事中は建設作業が引き起こす振動が構造物に損傷を引き起こす可能性がある。道路供用時には振動の影響は殆どないと考えられる。

(3)　環境管理計画及び環境モニタリング計画

表 8-6、**表** 8-7、表 8-8 で、工事前、工事中、供用時におけるプロジェクトの管理計画による緩和策の概要を示す。

表 8-6：環境管理計画（DD／工事前）

項目	環境影響	緩和策	責任機関
大気質	工事中	輸送経路含む Air Quality Plan（AQP）の準備	コントラクターが準備、エンジニアがレビュー&承認
	固定源からの影響	設置場所はエンジニア・MoENRP が承認。設置に際し要政府の許可・ライセンス取得。採石場、土取場、コンクリート製造プラントは都市部から 500 m 以上離す。	コントラクターが候補地を選択、エンジニアと MoENRP が承認
土地利用	土地・財産の損失	LARP の準備、JICA の承認、工事開始前の実施	RD が RAP を準備、JICA が承認、RD が計画を実施
	伐採	私有地における伐採の補償方法は LARP に含まれる	

項目	環境影響	緩和策	責任機関
気候変動	洪水・降水量の増加によるダメージ	洪水対策としての排水溝断面の増加や堤防の法面安定性向上のための種子工の導入等。	工事開始前にエンジニアが設計文書をレビュー、必要に応じて調整
土壌	農業土壌の損失	LARP の準備、工事開始前の実施	RD が RAP を準備、JICA が承認、RD が計画を実施
	土壌汚染	GAA プラント付近 4 か所で追加のサンプリング・土壌分析、その結果は EIA の Addendum として提出	DD コンサルタントがラボに分析を委託、分析結果は Addendum として提出
土取場、採石場	新しい採石場	新しい採石場には工事開始前に承認&許可を取得（エンジニア・MoENRP の許可含む）。	コントラクターが候補地を選択。MoENRP およびその他規制機関が承認。エンジニアが場所・承認・許可をレビュー。
	既存の土取場	土取場の使用契約前に、当該土取場の適正について確認を行う。	当該土取場の適正についてエンジニアは確認を行い、RD とコントラクターにその結果を提示する。
	新しい土取場	規制機関から必要な許可を取得の上 Borrow Pit Action Plan（BAP）を作成	コントラクターが候補地を選択。MoENRP およびその他規制機関が承認。エンジニアが場所・MoENRP からの承認・許可をレビュー。
水質	橋梁建設	耐用年数 100 年・100 年確率の設計。橋梁床版が 50 m 以上の橋においては汚染防止の為適切な排水設備を設置。設計には環境との調和を配慮	工事開始前にエンジニアが設計文書をレビュー
		魚の産卵期への影響を考慮	コントラクターは魚の産卵期間に関して MoENRP と相談
	カルバート	カルバートは、50 年確率の設計とする。	工事開始前に DD コンサルタント/エンジニアが設計文書をレビュー
	トンネル工事	トンネル毎に Ground Water Management Plan を準備、工事開始 4 週間前までに承認	コントラクターが計画を準備、エンジニアがレビュー・承認
	施設の場所	労働者キャンプは川や用水路から 500 m 以上離して建設	コントラクターが候補地を選択。エンジニア/ MoENRP が承認。
動植物	伐開、整地	コントラクターは Clearance, Re-vegetation and Restoration Management Plan を準備、エンジニアが承認。コントラクターは伐開作業開始前に樹木調査を実施、希少種の有無を確認。工事施設は二次的な森林の成長が確立されていない土地に設置	コントラクターが計画を準備・実施、エンジニアがレビュー&承認。コントラクターが樹木調査を実施
	State Forest Fund	伐採前に、State Forest Fund の登録簿から外す（de-listing）。補償金を支払う	RD が de-listing ライセンスを取得、エンジニアがレビュー、RD が補償金を支払う

項目	環境影響	緩和策	責任機関
	保護区	保護区内の土取場、採石場、運搬道路等を禁止	コントラクターが実施、エンジニアが Borrow Pit Plans、Traffic Management Plans をレビュー・承認
	街灯の鳥類への影響	反射を軽減する為、ワット数の低い電球を使用	DD コンサルタントが緩和策を計画に組み込む
労働者キャンプ	キャンプ地の選定	Construction Camp Site Plan の作成、Spills Response Plan の作成、キャンプ地は都市部から 1 km・表面水路から 50 m・保護区域から 2 km 以上離す	エンジニアが計画をレビュー・承認、エンジニアと RD がサイトを承認
交通・ユーティリティ	道路への損害	工事前に、道路状態の調査を実施	エンジニアが調査を実施、コントラクターが調査結果を確認
	交通整理	Traffic Management Plans の準備	コントラクターが計画を準備、エンジニアがレビュー・承認
労働安全・衛生	衛生・安全	Occupational Health and Safety Plan（OHS Plan）を準備、作業開始前に SSEMP をサブコントラクターに配布	コントラクターが OHS plan を準備・配布。エンジニアが計画をレビュー・承認
	交通安全	作業開始前に Traffic Management Plan（TMP）を地域の交通機関に提出	コントラクターが TMP を準備、エンジニアが承認
緊急時	発破等	Emergency Response Plan（ERP）の作成	コントラクターが ERP を準備、エンジニアがレビュー・承認
廃棄物管理	廃棄物管理	Waste management Plan 及び Construction Camp Management Plan の作成	コントラクターが準備、エンジニアがレビュー・承認
	トンネル・盛り土の残土	クタイシ・バイパス・コントラクターとクタイシ・バイパスでの盛土利用について協議、Spoil Disposal Plan の準備	コントラクターが RD とクタイシ・バイパス・コントラクターと協議の上準備、RD とエンジニアがレビュー・承認
文化遺産	偶然の発見	コントラクターがジョージア国の法律に従い対応策・手順を準備	コントラクターが準備、エンジニアがレビュー・承認
騒音	防音壁	防音壁の設置計画・場所を DD に含む	DD コンサルタント
振動	工事の振動	Tunnel Blasting Plan（TBP）の準備	コントラクターが TBP を準備、エンジニアがレビュー・承認
SSEMP（Site Specific Environmental Management Plan）要件	アクションプランの準備	SSEMP の準備	コントラクターが準備、エンジニアがレビュー・承認
	入札図書	環境管理計画要件を満たした環境・社会影響対策とコントラクターの責任の入札図書への盛り込み	入札図書への盛り込みを RD が確認

出典：final EIA (March 2018)

表 8-7：環境管理計画（工事中）

項目	環境影響	緩和策	責任機関	モニタリング	責任・スケジュール
大気質	廃棄物の屋外焼却	廃棄物の屋外での焼却禁止	コントラクターが実施	Engineers NES (National Environmental Specialist)	毎日の現場視察
	砕石プラント	プラント稼働中はスプリンクラーを稼働、スプリンクラーシステムの流出水（run-off）は排出前に処理	コントラクターが実施、エンジニアがコントラクターの作業を定期的にモニター	Engineers NES	毎日の現場視察
	稼働機械からの排出ガス	汚染物質を排出する可能性のある設備はエンジニアの許可が必要、工事設備の維持管理	コントラクターが実施、エンジニアがコントラクターの作業を定期的にモニター	Engineers NES	毎日の現場視察
	稼働車両からの排出ガス	車両からの排出ガスは国・地域の基準に従う、ドライバー指導、エンジン・車両の維持管理	コントラクターが実施、エンジニアがコントラクターの作業を定期的にモニター	Engineers NES	毎日の現場視察
	粉塵	風の影響を配慮する（特にコンベヤーベルト周辺）。運搬用トラックにはカバーをかける。最低一日 3 回散水で粉じんを抑える。民家から 500 m 以内の地域では、風速 20 km/h を超える時は作業停止	コントラクターが実施、エンジニアがコントラクターの作業を定期的にモニター	Engineers NES	毎日の現場視察
土壌侵食と土壌汚染	土壌汚染	燃料や化学物質、瀝青は、水路・湿地から離れた場所に保管し不浸透性の表面・材質、十分な容量の容器で流出を防止する等、適切に保管・管理・処理。労働者キャンプは不浸透性の表面に建設、同様に流出を防止。給油作業は指定場所でのみ行い厳密に管理。瀝青や廃油の適切な保管・処理。無断使用や破損防止のセキュリティ対策も実施。	コントラクターが実施、エンジニアが保管場所や給油作業等を工事開始前に承認・レビュー	Engineers NES	毎日の現場視察

項目	環境影響	緩和策	責任機関	モニタリング	責任・ スケジュール
	表土の 損失	表土の仮置き場は、排水路の外側に計画し、周囲には、土壌侵食防止のためのシルトフェンスを設置する。表土から不要な物質を除去する。土壌圧縮防止の為作業は出来るだけ RoW 内に限定する。私有地に影響があった場合、速やかに所有者に相談する	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察
	土壌浸食	浸食の影響を受けにくい材料の選択。露出された土地の植生。エンジニア・コントラクターは土壌浸食がないかモニタリングを行う	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察
	土地の 汚染	GAA プラント付近の追加土壌サンプリングの結果、汚染の可能性が認められた場合、その辺りの掘削土には以下の通り更なる調査が行われる：表土を 5,000 m^2 ずつ取り除き、ストックパイルとして不浸透性表面の一時保管場所に保管。ストックパイルを 250 m^2 ずつの四分円に分割し、エンジニアの立ち会いの下、認定を受けたラボがサンプリングを行い、その分析を実施。汚染の可能性があると判断された場合には、そのサンプルが摂取された四分円は有害廃棄物として処分、その他の汚染されていない土壌は無害廃棄物として廃棄。汚染された土壌の最終処分は、許可を受けた廃棄物管理会社が行う。通常の廃棄物と同様に、現場から取り除かれた有害廃棄物を記録する。	コントラクターが緩和策を実施、エンジニアが認定を受けたラボに検査を委託・結果をレビュー、エンジニアが定期的にストックパイルを視察し適切な処理が行われていることを確認	Engineers NES	毎週の現場視察
水質	水質汚染	下記労働者キャンプ、上記土壌汚染関連の緩和策を実施。作業員の為に簡易トイレの設置	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察
	地下水 枯渇	各トンネル付近の井戸の地下水位を週ごとにモニタリングを実施。水位低下が著しい場合、飲食水の一時的な供給源の提供。トンネル工事終了後も 2 ヵ月間はモニタリングを実施。その期間に低下した水位が戻らなかった場合は新しい井戸を掘る	コントラクターが実施	Engineers NES	地下水モニタリング報告書の毎週のレビュー

項目	環境影響	緩和策	責任機関	モニタリング	責任・ スケジュール
	橋梁	橋脚付近の分水。囲いぜき、シルトフェンス等、シルトの移動防止対策。囲いぜき洗浄等、沈泥防止対策。発電機は川から 20 m 以上離れた場所に設置。迂回路を提供し、既存道路の交通を継続。有害な液体は川から 10 m 以上離して保管、コンクリート等含み不法廃棄禁止、等、川への廃棄物投棄を禁止・防止。現場からポリスチレンの適切な収集・除去。建設現場に携帯用トイレを提供。作業員に個人用保護具を提供。コントラクターは MoENRP と相談の上、魚の産卵期の影響を最小限に抑えるスケジュールを策定。	コントラクターが MoENRP と協議の上エンジニアに計画を提出	Engineers NES	定期的なモニタリングで MoENRP ガイドラインに沿っているか確認
	排水と洪水	洪水や土砂による土地の被害の予防策を実施。灌漑への影響を最小限に抑えるよう、影響を与える可能性がある作業に関してはコミュニティの代表者と協議。灌漑施設に影響が出た場合には通知から 24 時間以内に施設を回復させる。建設資材や廃棄物が排水路を防がないよう確認。	コントラクターが実施	Engineers NES	排水路の毎週のモニタリング
	トンネル工事の湧水現象	トンネル工事から発生した排水をいったん貯水槽に貯めて汚染の有無をチェック。週ごとの水質モニタリングを実施。当該排水が飲料水基準を満たせば、建設で枯渇した井戸への再利用を考慮。	コントラクターが実施、エンジニアが貯水槽の設置場所とデザインをレビュー・承認	Engineers NES	毎週の貯水槽の水質モニタリング、毎週の貯水槽の検査
	給水	法律上許可された水資源のみ使用	コントラクターが実施、エンジニアが許可を確認	Engineers NES	毎週の検査、毎年許可の確認
動植物	伐採	私有地から伐採された樹木は LARP に準じて補償、鳥の巣作りの時期には伐採は行わない	政府が LARP を実施	LARP に準ずる	LARP に準ずる

項目	環境影響	緩和策	責任機関	モニタリング	責任・スケジュール
	State Forest Fund	RD はコントラクターに SFF の地図を提供、State Forest Fund 内は、National Forestry Agency スペシャリストの監視の下コントラクターが伐採を実施。コントラクターが伐採された樹木を National Forestry Agency から指定された場所に運び出す	RD がコントラクターに計画を提案、コントラクターが伐採を実施、コントラクターが木を運び出す	National Forestry Agency	N/A
	植え直し	National Forestry Agency と相談の上、プロジェクトサイト内に 615 本の希少種を植え直しする場所を確保する。活着率が 80%以下になった場合、1:1 の割合で追加で植え直す。最低 2 年間はメンテナンスを実施。	コントラクターが NFA と協力しながら実施、コントラクターが苗木の購入・植え直し・維持、（活着率に満たなかった場合の）追加植え直しを実施	エンジニアが活着率をモニター	毎月の活着率のモニタリング
	希少種の保護	工事中の保護策として、工事前の調査で工事現場 5 m 以内に位置する希少種の周りには根の部分を含み木のフェンスを設置	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察
	伐開	化学物質の使用禁止	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察
	魚の産卵	魚の産卵期間に関して MoENRP と相談、工事スケジュールの考慮	コントラクターが実施	Engineers NES	MoENRP 提供のドキュメントのレビュー
	生息地への影響	川付近の工事開始前に土手 10 m 以内にユーラシアカワウソの巣がないか生態学者と共に調査。見つかった場合には対策 Method Statement を作成し、エンジニアの承諾を得る	コントラクターが生態学者に依頼、Method Statement を準備、エンジニアが Method Statement を承諾	Engineers NES	Method Statement レビュー、定期的な作業現場視察
	密漁	密漁禁止	コントラクターが実施	N/A	N/A
廃棄物・残土処理	リサイクル・再利用	可能な限りリサイクル・再利用を奨励、廃油は認可された廃油リサイクル会社に販売	コントラクターが実施	Engineers NES	廃棄物記録の毎月のレビュー

項目	環境影響	緩和策	責任機関	モニタリング	責任・スケジュール
	残土	私有地・川への投棄禁止、残土の運搬経路は Traffic Management Plan に記載、使用される現道の維持・必要に応じ修復、現道使用は 10pm-6am は禁止、乾季には散水を実施	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察
	不活性固形廃棄物および液体廃棄物	各現場に廃棄物保管容器を提供。現場を清潔・安全に保つ。全作業員に廃棄物管理を指導。無害廃棄物を収集し、承認された処分場に輸送。現場に廃棄物記録のコピーを保管	コントラクターが緩和策とトレーニングを実施、エンジニアが廃棄物処理場を許可	Engineers NES	毎日の現場視察、トレーニングセッションの定期的なレビュー
	アスファルト・コンクリート	廃アスファルト、廃棄コンクリートは可能な限り再利用。未使用タール・瀝青製品は、サプライヤーの生産プラントに返却。残留コンクリートは、建設現場の地面などに洗い流さないように留意。	コントラクターがアスファルト再利用を考慮、緩和策を実施	Engineers NES	毎日の現場視察
	有害廃棄物	液体含む有害廃棄物（使用済み含む）は特殊容器に分けて、不浸透性の床・屋根を備えた安全で火気のない場所に廃棄物管理計画および MSDS（Material Safety Data Sheet）に従い収集・保管・処理。全作業員に適切な訓練と個人用保護具を提供。有害廃棄物処分は、許可を受けた廃棄物管理会社が行う。現場の廃棄物の種類と量を毎週記録する。	コントラクターが緩和策を実施、エンジニアが廃棄物処理場を許可・廃棄物管理票をレビュー	Engineers NES	毎日の現場視察、廃棄物管理票の毎月のレビュー
交通・ユーティリティ	交通	地域住民に工事スケジュールや予測されるアクセス制限について 24 時間前までに告知。迂回路の提供。未舗装道路使用の場合は乾季に散水を行う、標識、照明、人員配置で交通整理を実施、臨時アクセス道路は工事終了後修復	コントラクターが実施	Engineers NES	毎週の現場視察
	鉄道付近の工事	KM 6.3・Bridge BR 4.0.1.AT/TA での鉄道上の作業に備えコントラクターが Environmental, Health and Safety Method Statement を準備	コントラクターが Method Statement を準備、エンジニアがレビュー・承認	Engineers NES	毎週の現場視察

項目	環境影響	緩和策	責任機関	モニタリング	責任・ スケジュール
	ユーティリティ	関連ユーティリティ業者と連携し、工事中（特に冬季）・工事終了後、継続したサービスを補償。移動が必要な場合はコントラクターがユーティリティ会社・コミュニティと相談し供給に変化がないことを補償	コントラクターが実施	Engineers NES	毎週の現場視察
土取場、 採石場	新しい 土取場	作業前に表土を取り除き、作業完了まで維持。表土の仮置き場は表水路から 50 m 以上離し、高さは 3 m 以内。土取り場へのアクセス道路を提供、この道路のみを使用。エンジニアが危険であると判断した場合はフェンスと警告標識を設置するようコントラクターに指示。輸送経路は可能な限り確立された輸送ルートを使用。景観の損傷や生息地の喪失を避けるため、原状復帰を実施（機器・廃棄物の除去、斜面安定化対策等）。契約に基づく承諾・支払いの前に、土取場と周辺の原状復帰に関してエンジニアの承諾が必要。既存の土取り場の原状復帰が完了するまでは新しい土取場の使用は認めない。	コントラクターが候補地を選択、MoENRP その他規制機関から必要な許可・ライセンスを取得。エンジニアが場所・（MoENRP の）承認・許可をレビュー、フェンシングの必要性を確認。	Engineers NES Engineers NES / IES が原状復帰 を検査	毎月の土取場視察、 原状復帰の最終検査
	既存の 土取場	土取場の適正レビュー実施、コントラクターとオペレーターの契約書のコピーをエンジニアに提示	エンジニアは適正レビューを行い、コントラクターがエンジニアに契約書を提示	N/A	N/A
	新しい 採石場	新しい採石場には承認&許可を取得。都市部や保護区から 1 km 以上離れた場所を選択。	コントラクターが土取場を選択し、MoENRP およびその他規制機関が承認。エンジニアが場所・承認・許可をレビュー。	N/A	N/A

項目	環境影響	緩和策	責任機関	モニタリング	責任・ スケジュール
アスファルトプラント	排出・ 騒音	アスファルトプラントは都市部の風下、1 km 以上離れた位置に設置。適切な保護具の提供。 MSDS の提示、MSDS に従った有害廃棄物の保管・取り扱い・処分、現場の有害廃棄物の種類と量の記録を保管、有害廃棄物の保管場所を示すサイトプランを保管	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察、廃棄物記録の毎月のレビュー
	車両	Traffic Management Plan にアスファルト管理計画を含む	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察
	安全と 衛生	瀝青を取り扱う作業員は、全身保護具を着用。瀝青の輸送、取り扱い、保管は経験者が行う。保護用マスク、耳当ての提供。応急処置キットの提供。化学製品の MSDS の提示。	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察
労働者 キャンプ	汚染・ 排出	雨水の適切な収集・除去、排水処理施設の整備、未処理の排水・汚水・有害物質を直接排出の禁止、油等の流出はすぐに清掃、建設現場と作業現場には衛生設備を設置、土砂を含む建設用水の適切な処理、浄化装置の現場での維持管理、等の対策を実施。燃料および化学物質の保管においては、給油作業は指定場所でのみ行い厳密に管理、全ての燃料・化学物質は適切に保管、タンクの中身は明確に記載、車両の清掃、等の対策を実施。	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察
コンクリート製造プラント	汚染・ 排出	粉じん対策として、プラントを都市から離す・風下に設置する、乾燥期の散水及び飛散しやすい資材運搬時には湿った状態を保ちカバーをする、適切な保管をする、運搬道路を舗装する、風から保護する、セメントは封印された状態で保管する、等全行程において対策を実施。汚染水・プロセス廃水は適切に保管・処理・再利用。	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察
コミュニティの安全・	発破	発破エリア周辺に安全区を定めそこから避難する等、鉱業業界の標準的な手順で実施	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察

項目	環境影響	緩和策	責任機関	モニタリング	責任・スケジュール
衛生	HIV / AIDS	スタッフ・コミュニティ向けに、専門業者が HIV の意識向上プログラムを毎 4 ヵ月以内に提供	コントラクターが実施、専門業者がトレーニングを提供、エンジニアがレビュー	Engineers NES	意識向上プログラムの毎年のレビュー
	行為規範	行為規範を含む研修プログラムの実施。行為規範のコピーを全作業員に提示。	コントラクターが実施	Engineers NES	行為規範が提示されているか、定期的に作業員を評価
	毎月の会議	プロジェクト地域で工事中毎月のコミュニティ会議を開催	コントラクターが実施	Engineers NES	NES は全てのコミュニティ会議に参加
労働安全・衛生	作業員の安全・衛生	作業員の安全対策コース参加の義務付け。安全トレーニングプログラムの策定・実施。毎月の安全会議の実施。安全装置の定期的な点検。応急処置ベースの設置。個人用保護具の提供。地域の公衆衛生責任者たちと病院使用などについて合意。	コントラクターが実施。エンジニアがトレーニングプログラムのレビュー・承諾	Engineers NES	毎日の現場視察、トレーニングセッションの定期的な見学（質・参加者数のモニタリング）
	下請け業者の安全・衛生	SSEMP の配布。コンプライアンス要件の下請け契約への盛り込み。下請け業者による安全代表者の任命。	コントラクターが SSEMP を提供。下請け業者がコンプライアンスの確認	NES	下請け業者の作業の定期視察
	騒音	80 dBA 以上の地域を示し、個人用保護具の着用を徹底	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察・モニタリング
文化遺産	墓地	（TUN 4.0.06-AT/TA から約 50 m 南に位置する）墓地の北側に不法侵入を防ぐ為のフェンスを設置	コントラクターが実施	Engineers NES	毎週フェンスの視察
	天然温水	GAA 工場の北に位置する天然温水の周りに防音壁・フェンスを設置	コントラクターが実施	Engineers NES	毎週フェンスの視察
	文化遺産・遺跡	仮に発見された場合には、コントラクターが準備する Chance Find Procedure およびジョージア国の法律に従い対応	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察

項目	環境影響	緩和策	責任機関	モニタリング	責任・スケジュール
騒音	工事音	周辺住民に対する時間の配慮（エンジニアが承認）、騒音中断期間の提供、住民への事前通知、最新技術の使用、器具のメンテナンス、等、可能な限り工事音・騒音レベルを抑える為の処置を取り、作業時間にも気を配る。騒音レベル 85 dB(A)以上の現場では作業員に保護道具の提供。	コントラクターが実施	Engineers NES	毎日の現場視察
振動	トンネルの振動	トンネル入り口 100 m 以内は発破禁止、発破は日中のみ実施、地域住民への発破スケジュールの告知。 手順は EIA セクション F.8.6 記載の手順に従う：TBP の準備。TUN4.0.02-AT/TA の 250 m 以内で発破前の現状調査実施。工事開始後、振動モニタリング実施。建物の損傷チェック。Tunnel Excavation Plan（各トンネル）の準備。	コントラクター・エンジニアが実施	N/A	N/A
	杭打ちの振動	橋脚から 50 m 以内の建物の調査	エンジニアが実施	N/A	N/A
	発破	入口から 100 m 以内禁止。作業は日中のみ。コミュニティに作業スケジュールの通知。	コントラクター・エンジニアが実施	Engineers NES	定期視察

出典：final EIA (March 2018)

表 8-8：環境管理計画（供用時）

項目	環境影響	緩和策	責任機関	モニタリング	責任・スケジュール
樹木の植え直し	樹木メンテナンス	樹木のメンテナンスが工事期間よりも長くなった場合でも、コントラクターは 2 年間はメンテナンスを実施	コントラクター（DLP 内）	N/A	N/A
騒音	道路交通騒音	毎年の騒音モニタリングの結果に基づき、騒音壁を設置、又は被影響住民に相談の上、防音窓等のその他の緩和策を実施	エンジニア（DLP 内）	N/A	N/A

出典：final EIA (March 2018)

上記の緩和対策のモニタリングは、エンジニアと独立したモニタリングスペシャリストによって実施される。以下の表で、工事中および供用中のモニタリング計画の概要を示す。

表 8-9：環境モニタリング計画（工事中）

項目	緩和策	場所	スケジュール	責任機関	報告
大気質	工事中は定期的に大気質モニタリングを実施（PM10, PM2.5）	KM 4.4 KM 5.8 KM 6.4 KM 9.2 KM 12.6 KM 13.3	工事期間中毎月	エンジニアは、認定を受けたラボに委託	ラボは結果をエンジニアにモニタリング実施から 3 日以内に報告
騒音	工事中は定期的に騒音モニタリングを実施（Laeq 1 h (dBA)）	KM 4.4 KM 5.8 KM 6.4 KM 9.2 KM 12.6 KM 13.3	工事期間中毎月、日中と夜間	エンジニアは、認定を受けたラボに委託	ラボは結果をエンジニアにモニタリング実施から 3 日以内に報告
振動	PPV モニタリング用の振動センサー	各トンネル毎	トンネル発破期間中	コントラクターが購入、設置、モニター	結果を毎週エンジニアに報告
表面水質	工事中は定期的に水質モニタリングを実施（pH; Suspended Solids; BOD5; COD; Coliforms; Nitrate (NO3); Phosphate (PO4); Oil and Grease）	橋梁から 50 m 上流・50 m 下流	橋梁建設中、毎月	エンジニアは、認定を受けたラボに委託	ラボは結果をエンジニアにモニタリング実施 から 7 日以内に報告
トンネルの水	トンネル工事から発生した排水の水質をモニター。ジョージアの飲料水基準を満たすために必要なパラメーターを全て含む。	全ての貯水槽	毎週	エンジニアは、認定を受けたラボに委託	ラボは結果をエンジニアにモニタリング実施から 5 日以内に報告
地下水	地下水レベルのモニタリング	10 か所	毎週	エンジニアが実施	エンジニアが毎週影響を受ける当事者に報告
土壌	必要に応じて GAA 北側の掘削土の土壌サンプリングを実施	掘削土を混ぜ、10 等分する	掘削土を移動する前に実施	エンジニアは、認定を受けたラボに委託	ラボは結果をエンジニアにモニタリング実施から 20 日以内に報告。エンジニアはすぐに有害物質であるかどうかの結果をコントラクターに報告

出典：final EIA (March 2018)

表 8-10：環境モニタリング計画（供用時）

項目	緩和策	場所	スケジュール	責任機関	報告
大気質	PM_{10}、$PM_{2.5}$、NO_X、SO_X、CO のモニタリングを実施	工事中と同じ	年に 2 回（DLP 内）	エンジニア（DLP 内）	年に 2 回 JICA に提出
騒音	日中および夜間の騒音モニタリング LAeq 1 h (dBA)	全ての騒音観測地点	年に 2 回（DLP 内）	エンジニア（DLP 内）	プロジェクト終了から 2 年間、毎年 JICA に提出
防音壁モニタリング	完成した防音壁の騒音緩和策がデザイン通り機能していることを確認	全ての騒音観測地点	日中・夜間一回ずつ	コントラクター	防音壁の設置完了後一か月以内に RD へ報告

出典：final EIA (March 2018)

表 8-11、表 8-12 に予想される環境モニタリング計画コストおよび機器モニタリングコストを示す。

表 8-11：環境モニタリング計画 コスト

活動	項目	単価	金額/ US$	責任機関	JICA 資金	RD
工事前						
SSEMP	SSEMP および関連計画	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
労働者キャンプの位置に関する承認	承認	プロジェクト予算	-	エンジニア	X	
入札図書への環境項目の盛り込み	入札図書	DD 予算	-	RD		X
許可取得	許可	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
State Forest Fund	補償金	約$4,200	約 4,200	コントラクター		X
工事前合計額						$4,200
工事中						
サイト管理、その他環境対策	汚水処理タンク	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	スピルキット	20 / US$200	4,000	コントラクター	X	
	燃料貯蔵容器	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	廃棄物容器	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	廃棄物保管場所	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	廃棄物収集・処分	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	有害廃棄物の保管場所	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	砕石プラント用スプリンクラー	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	排水	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	車の洗浄場所	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	

活動	項目	単価	金額/ US$	責任機関	JICA 資金	RD
	火災安全	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	個人用保護具	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	管理ヤードや瀝青材の保管庫などのための不透過性の舗装	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	応急処置施設	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	動物の横断歩道	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	土取場のフェンス	8 / $,2000	16,000	コントラクター	X	
	遺跡のフェンス	2 / $1,000	2,000	コントラクター	X	
	給水車	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	スプリンクラー	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	粉じん対策	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	ターポリン	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
伐採、植林	労働	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
希少種の周りの保護フェンス	フェンス	約 200 / $50	10,000	コントラクター	X	
希少種の植え直し	苗木	615 / $10	6,150	コントラクター	X	
トンネル掘削	事前条件調査	約 200 / $100	20,000	コントラクター	X	
樹木／植生の維持管理	労働、水	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
盛土植生、土壌浸食対策	植生、労働、維持管理	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
汚染の可能性のある土壌	残土処分	TBD	TBD	コントラクター	X	
トレーニングプログラム	安全トレーニング	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	HIV/AIDS トレーニング	4 / US$1,000	4,000	独立コントラクター	X	
	ツールボックストレーニング	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	オリエンテーションミーティング	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
	ステークホルダー協議	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
工事現場清掃	労働、廃棄物処理	プロジェクト予算	-	コントラクター	X	
環境スタッフ	環境専門家	30 / US$ 2,000	60,000	コントラクター	X	
	専門家助手	5 / US$ 20,000	100,000	エンジニア	X	

活動	項目	単価	金額/ US$	責任機関	JICA 資金	RD
	現地環境担当者	30 / US$ 1,500	45,000	エンジニア	X	
工事中合計額						US$267,150
供用中						
騒音	防音壁	5,950 m / $1,352 m	8,044,440	コントラクター	X	
	防音壁の基礎	4,822 m / $200 m	964,400	コントラクター	X	
	土地収用	max 120	RAP 参照	RD		X
	その他の防音対策	max 120 / US$ 2,000	240,000	コントラクター	X	
供用中合計額						US$9,248,840
Total Cost						**US$9,520,190**

出典：final EIA (March 2018)

表 8-12：機器モニタリングコスト（工事中）

活動	頻度／責任者	単価	金額/USD
大気モニタリング	毎月（6 か所）／エンジニアは、認定を受けたラボに委託	200 per site	36,000
土壌サンプリング	8 つのストックパイル（2,500 m^3）からそれぞれ 10 サンプルずつ／エンジニアは、認定を受けたラボに委託	400 per sample	32,000
騒音モニタリング	毎月（6 か所）／エンジニアは、認定を受けたラボに委託	200 per site	36,000
水質モニタリング	毎週、橋梁にて（3 か所）／エンジニアは、認定を受けたラボに委託	200 per site	28,800
地下水位モニタリング	毎週、トンネル毎／エンジニアは、認定を受けたラボに委託	20 per site	2,880
トンネル湧水対策	毎週、トンネル毎／エンジニアは、認定を受けたラボに委託	200 per site	41,600
振動モニタリング	発破中は継続的に。リスクゾーン内の家の集団ごとに 1 つのセンサー。100 m 以内に最低 5 つのセンサー、その外に 5 つ、計 10 個のセンサー／コントラクター	800	8,000
Total			**185,280**

出典：final EIA (March 2018)

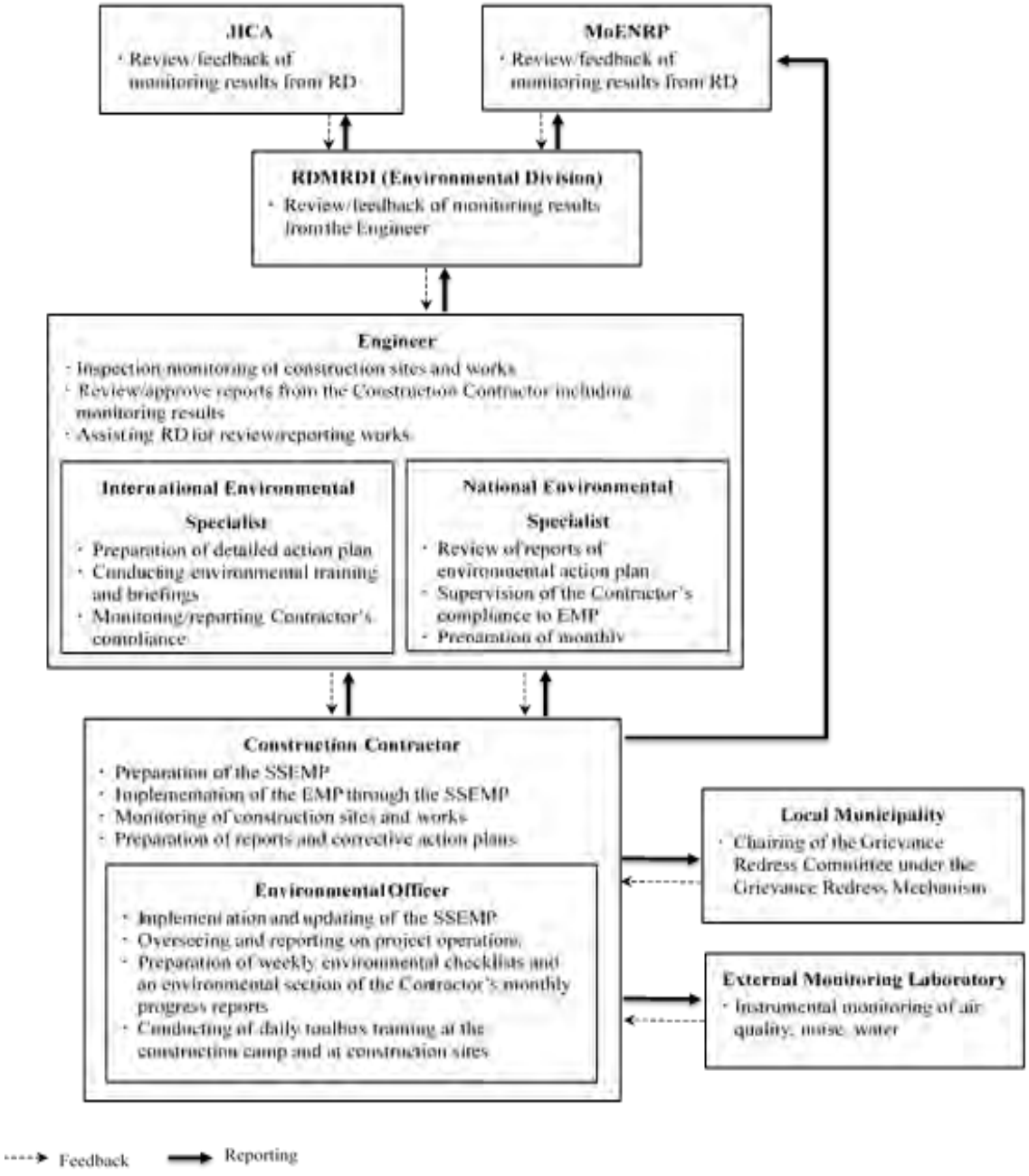
表 8-13：機器モニタリングコスト（供用中）

活動	頻度	単価	金額/USD
大気モニタリング（JICA への報告）	年に 2 回（6 か所）、2 年間／エンジニア（DLP 内）	200 per site	2,400
騒音モニタリング（騒音緩和策）	年に 2 回（全ての騒音観測地点）／エンジニア	200 per site	Max 80,000
Total			**82,400**

出典：final EIA (March 2018)

(4)　実施体制

図 8-2 で、工事中の実施体制を示す。



Implementation and reporting/feedback structure of EMP (construction stage)

出典：JICA 調査団

図 8-2：環境モニタリング計画実施体制（工事中）

(5) ステークホルダー協議

2017 年 6 月 7 日に、ゼスタフォニで第一回ステークホルダー協議（スコーピングコンサルテーション）が開催され、その結果を踏まえて調査範囲・調査項目・調査方法が確定された。プロジェクトに対して特に反対姿勢は見られなかったが、主な疑問・懸案事項として、掘削土の処分、土砂崩れの可能性、工事中の土地へのアクセス（アクセス道路）、道路沿いの事業への影響、などが参加者から挙げられた。協議で特定された問題は、EIA において環境影響の一部として検討され、それぞれ緩和策が提案されている。第二回ステークホルダー協議は 2018 年 1 月 17 日にゼスタフォニで行われ、MoENRP の環境影響許可証発行を担当する部の職員も参加した。ドラフト EIA は事前に一般公開されていたが、更にビジュアルプレゼンテーションを伴う調査結果の概要説明が行われ、それについて協議が行われた。環境に関しては、トンネル工事付近の地下水位低下の可能性、街灯が渡り鳥に及ぼす影響の有無、等について質問が挙がったが、特にプロジェクトに対する反対や不安の声は聞かれなかった。

8.2.3 結論と提案

JICA 調査団は、何度も細かい調整・修正が行われて 2018 年 3 月に提出されたファイナル EIA のレビューを通じて、土壌汚染の扱いや騒音対策等大きな課題点として残っていた項目も含め、これまでの JICA / JICA 調査団 / RD との協議内容・修正要請が反映されていることを確認した。2018 年 1 月 17 日に行われた第 2 回ステークホルダー協議、および EIA を承認した MoENRP からは、特にその他追加の修正要請は挙がらなかった。

土壌汚染の扱い

DD コンサルタントが 4 地点で追加調査を実施し、その結果汚染の可能性があると判断された場合には、対象区間については掘削土処分前にさらなる分析、そして土壌の入れ替え等の対策が必要となる。

騒音対策

供用時に予想される騒音問題に対して、2037 年の予測結果を基に最終的には最長 5,950 m の防音壁の設置が提案されており、これは詳細設計にも組み込まれている。ただ実際には、これまでの JICA 調査団との協議も踏まえ、供用後に騒音モニタリングおよび住民へのヒアリングを行い、必要性が認められ、かつ住民が望む場合にのみ建設されることが提案されている。この提案は現実的で合理的なものであると考えられる。供用開始が近づいてきた頃に、改めて実施期間側の騒音測定→評価→緩和策の検討、という一連の作業に対する体制が整っているか、JICA として確認が必要であると思われる。

8.3 社会配慮

ここでは、ジョージアの用地取得にかかる法的な枠組みを概観するとともに ADB をはじめとする関連ドナーのガイドラインの内容について確認した。

8.3.1 ジョージアの用地取得にかかる法的な枠組み

ジョージアにおける道路建設のための用地を取得するための主要な関連法は、以下の通りである。

- ジョージア国憲法（1995 年 8 月）
- ジョージア国土木規則（1997 年 6 月）
- 安全衛生法（1997 年 6 月）
- 農地所有法（1996 年 3 月）
- 農地補償法（1997 年）
- 資産所有法（2007 年 6 月）
- 国家資産法（2010 年）
- 公共資産登録法（2008 年 12 月）
- 土地台帳法（2016 年 6 月）
- 土地収用法（1999 年 7 月）
- 民事訴訟法（1997 年 11 月）
- 労働規則（2006 年 5 月）

ジョージア国では、用地取得の際の補償額に関しては「再取得価格」に基づくことが規定されており、補償対象には、土地・建物等の資産等だけでなく、収入の損失も含まれている。収入の損失に関しては、ビジネスに関する損失も補償することになっている。また影響を受ける住民（APs）が補償協議のプロセスに参加できるように密接な協議および情報開示を求めている。

8.3.2 住民移転に関する ADB、世銀、JICA ガイドライン

本プロジェクトに関連するドナー（ADB,JICA および WB）の住民移転に関する基本方針は以下の通りで、住民移転方針の主要項目である、RAP の作成、受給資格、補償価格、情報公開、生計回復手段および住民協議に関して、同様の規定であることが分かる。

(1) ADB の非自発的住民移転ポリシー（SPS 2009）

ADB の住民移転方針の概要は、以下の通りである。

- 可能な限り非自発的住民移転を避け、避けることが不可能な場合はその影響を最小化するためのプロジェクトの選択肢を検討すること。
- 移転住民が以前の生活水準や収入機会、生産水準において改善または少なくとも回復できるように努めること。
- 影響を受ける人々やコミュニティと事前に十分協議を行うこと。
- 住民移転が発生するプロジェクトの場合には、住民移転計画を作成すること。
- 非自発的住民移転および生計手段の喪失の影響を受ける者に対しては、再取得価格に基づいて、適切な補償を行うこと。

- 住民移転プログラムは、プロジェクトの一部として位置付けること。
- 正式な土地権利書を所有しない者も、補償の対象とすること。
- 貧困家庭など社会的に脆弱なグループの生活レベルの向上に留意すること。
- 補償に要する全ての費用はプロジェクト費用として含まれること。
- 社会経済調査に基づいて、受給者の特定を行うこと。
- 土地に依存して生活している APs に対しては、代替地の提供を優先すること。

(2) 世界銀行のセーフガードポリシー（OP.4.12）を含む非自発的住民移転に関する JICA 環境ガイドラインの規定

JICA 環境ガイドラインでは、非自発的住民移転に関する基本ポリシーを次の通り規定している。

- 非自発的住民移転及び生計手段の喪失は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。
- このような検討を経ても回避が可能でない場合には、影響を最小化し、損失を補償するために、対象者との合意の上で実効性ある対策が講じられなければならない。
- 移転住民には、移転前の生活水準や収入機会、生産水準において改善又は少なくとも回復できるような補償・支援を提供する。
- 補償は可能な限り再取得費用に基づかなければならない。
- 補償やその他の支援は、物理的移転の前に提供されなければならない。
- 大規模非自発的住民移転が発生するプロジェクトの場合には、住民移転計画が、作成、公開されていなければならない。住民移転計画には、世界銀行のセーフガードポリシーの OP4.12 Annex A に規定される内容が含まれることが望ましい。
- 住民移転計画の作成に当たり、事前に十分な情報が公開された上で、これに基づく影響を受ける人々やコミュニティとの協議が行われていなければならない。協議に際しては、影響を受ける人々が理解できる言語と様式による説明が行われていなければならない。
- 非自発的住民移転及び生計手段の喪失にかかる対策の立案、実施、モニタリングには、影響を受ける人々やコミュニティの適切な参加が促進されていなければならない。
- 影響を受ける人々やコミュニティからの苦情に対する処理メカニズムが整備されていなければならない。

また、JICA ガイドラインには、「JICA は、環境社会配慮等に関し、プロジェクトが世界銀行のセーフガードポリシーと大きな乖離がないことを確認する。」と記載していることから、上記の原則は、世界銀行 P 4.12 によって補完される。世銀 OP 4.12 に基づき追加すべき主な原則は以下のとおりである。

- 被影響住民は、補償や支援の受給権を確立するため、初期ベースライン調査（人口センサス、資産・財産調査、社会経済調査を含む）を通じて特定・記録される。こ

れは、補償や支援等の利益を求めて不当に人々が流入することを防ぐため、可能な限り事業の初期段階で行われることが望ましい。

- 補償や支援の受給権者は、土地に対する法的権利を有するもの、土地に対する法的権利を有していないが、権利を請求すれば、当該国の法制度に基づき権利が認められるもの、占有している土地の法的権利及び請求権を確認できないものとする。
- 移転住民の生計が土地に根差している場合は、土地に基づく移転戦略を優先させる。
- 移行期間の支援を提供する。
- 移転住民のうち社会的な弱者、得に貧困層や土地なし住民、老人、女性、子ども、先住民族、少数民族については、特段の配慮を行う。
- 200 人未満の住民移転または用地取得を伴う案件については、移転計画（要約版）を作成する。

上記の主要原則に加え、各事業の住民移転計画、実施体制、モニタリング・評価メカニズム、スケジュール、詳細な資金計画も必要である。

ADB、世銀、および JICA ガイドライン間のギャップ分析の要約を表 8-14 に示す。

表 8-14：ADB、JICA ガイドライン（世銀）間のギャップ分析

項目	ADB	JICA ガイドライン（WB）	乖離の有無
RAP の作成	住民移転が発生するプロジェクトの場合には、住民移転計画を作成する	大規模非自発的住民移転が発生するプロジェクトの場合には、住民移転計画が、作成、公開されていなければならない	特に乖離無し
受給資格	正式な土地権利書を所有しない者も、補償の対象とする	正式な土地権利書を所有しない者も、補償の対象とする	特に乖離無し
補償価格	再取得価格に基づいて、適切な補償を行う	再取得価格に基づく速やかかつ効果的な補償	特に乖離無し
生計回復手段	移転住民が以前の生活水準や収入機会、生産水準において改善または少なくとも回復できるように努める	移転住民が以前の生活水準や収入機会、生産水準において改善または少なくとも回復できるように努め	特に乖離無し
ステークホルダー協議	影響を受ける人々やコミュニティと事前に十分協議を行う	住民移転計画の作成に当たり、事前に十分な情報が公開された上で、これに基づく影響を受ける人々やコミュニティとの協議が行われていなければならない。	特に乖離無し

出典：JICA 調査団

(3)　ジョージア国の法令との比較検討

ジョージア国の法令と JICA ガイドラインの方針とは内容的に、概ね同様であるが、若干の乖離が見られる。その最も顕著なものは、ジョージア国の法令では、影響を受ける資産に対する補償規定に重点を置いているのに対し、JICA ガイドラインでは、資産に対する補

償だけでなく、影響を受ける人々の生計回復も含めた補償を求めていることである。このため JICA ガイドラインの方針は、ジョージア国の法令を下記事項について補完する内容になっている。

(i) プロジェクトの影響を受ける正式な権利を有していない住民含むすべての住民の生計回復への支援
(ii) ビジネスおよび収入の損失補償
(iii) 移転期間の諸手当および社会的弱者に対する手当の支給

道路局は、ジョージア国の法令と JICA ガイドラインの乖離を埋めるために、再取得価格に基づく補償実施、正式な権利を有していない住民への生計回復支援、移転住民、ビジネスに影響を受ける住民もしくは深刻な影響を受ける住民への補助金、手当の支給を内容とする JICA ガイドラインの方針を採用することを決定した。表 8-15 は、ジョージア国の法令と JICA ガイドラインの項目別比較一覧表である。

表 8-15：ジョージア国の法令と JICA ガイドラインの比較一覧表

No.	項目	「ジ」国法	JICA ガイドライン	「ジ」国法と JICA ガイドラインとの乖離	乖離を埋める手段
1	非自発的住民移転及び生計手段の損失の回避	非自発的住民移転を回避する規定はない。	非自発的住民移転は、代替案の検討を通じて可能な限り回避する。	「ジ」国法には非自発的住民移転及び生計手段の損失の回避する規定はない。	DD 段階で非自発的住民移転を避けるために道路線形の変更が行われた。
2	非自発的住民移転が避けられない場合の影響の最小化	非自発的住民移転が避けられない場合の影響の最小化に関する規定はない。	非自発的住民移転が避けられない場合は影響を最小化する処置を講ずる。	「ジ」国法には非自発的住民移転を最小化する規定はない。	影響を最小化するために再取得価格に基づく補償を実施するとともに移転に伴う諸手当を支払う。
3	移転住民および生計に影響を受ける住民に対する適正な補償	収入の損失に関する補償は行うが、生計回復支援、移転により深刻な影響を受ける住民や社会的弱者に対する手当の支給に関する規定はない。	移転住民および生計に影響を受ける住民に対して、十分に補償を行うとともに、少なくとも移転前の生活・収入レベルを回復できるような支援を行う。	「ジ」国法には生計回復支援、移転により深刻な影響を受ける住民や社会的弱者に対する手当の支給に関する規定はない。	移転住民および生計に影響を受ける住民に対しては、十分に補償を行うとともに、少なくとも移転前の生活・収入レベルを回復できるような支援を行う。
4	補償価格	再取得に基づく補償の規定はない。	補償は可能な限り再取得価格に基づくこと。	「ジ」国法には再取得価格に基づく補償の規定はない。	補償は再取得価格に基づいて行う。

No.	項目	「ジ」国法	JICA ガイドライン	「ジ」国法と JICA ガイドラインとの乖離	乖離を埋める手段
5	補償・諸手当の支給時期	補償・諸手当の支給時期に関する規定はない。	補償・諸手当の支給は移転前に行う。	「ジ」国法には補償・諸手当の支給時期に関する規定はない。	補償・諸手当の支給は移転前に行う。
6	住民移転計画（LARP）の作成	LARP の作成に関する規定はない。	大規模な住民移転が発生するプロジェクトの場合には、LARP を作成し、一般に公開する。	「ジ」国法には LARP 作成に関する規定はない。	LARP は道路局の Web サイトで公開する。
7	LARP 作成段階での住民協議	「ジ国」法では、影響住民との協議の規定はあるが、住民協議に関する特定の開催計画の規定はない。	LARP 作成段階では影響住民・コミュニティとの協議は必ず行い、住民協議開催にあたっては、事前に十分な情報を提供する。	「ジ」国法には住民協議に関する特定の開催計画に関する規定はない。	DD 段階で、2 回の住民協議を開催するとともに、個別協議も行う。
8	住民協議での説明方法	住民協議での説明方法に関する規定はない。	住民協議を行う場合は、説明方法、言語等に関して、住民が理解しやすい方法を採用する。	「ジ」国法には住民協議での説明方法に関する規定はない。	住民協議では、住民が理解しやすい方法を採用し、プロジェクトのパンフレットを準備する。
9	LARP の策定、実施、モニタリングへの住民参加	LARP の策定、実施、モニタリングへの住民参加に関する規定はない。	LARP の策定、実施、モニタリングへの適切な住民参加を求める。	「ジ」国法には LARP の策定、実施、モニタリングへの住民参加に関する規定はない。	道路局は、JICA ガイドラインに従って LARP の策定、実施、モニタリングへの適切な住民参加を求める。
10	苦情処理システム	提示された補償額に対する苦情処理については、「用地取得委員会」が唯一かつ最終的な機関である。当該委員会で解決できない場合は、訴訟に基づく解決を目指すことになる。	適切かつ住民が容易にアクセスできる苦情処理システムが設立されなければならない。	「ジ」国法では提示された補償額に対する苦情処理については、「用地取得委員会」が唯一かつ最終的な機関である。	住民からの苦情は、地方行政組織、NGO およびコミュニティレベルの組織から構成される苦情処理委員会において、非公式な形で解決される。

No.	項目	「ジ」国法	JICA ガイドライン	「ジ」国法と JICA ガイドラインとの乖離	乖離を埋める手段
11	プロジェクトの早期の段階での影響住民の確認	初期ベースライン調査に基づいた早期の段階での影響住民の確認の必要性に関する規定はない。	影響住民は、初期ベースライン調査に基づいて、可能な限り早期の段階（不法占拠者が流入する前の段階が望ましい）で確認する。	「ジ」国法にはプロジェクトの早期段階での影響住民の確認の必要性に関する規定はない。	影響住民は、詳細測量調査（DMS）の段階で確認を行う。 DMS の開始日に「カットオフデート」の宣言を行う。
12	受給資格	- 土地に対する補償は土地の権利を有する者だけに行う。 - 資産に対する補償は登録されている建物に限る。 - 農作物の補償は登録された地主に対してのみ行う。	土地に対する正式な権利を有する住民だけでなく、権利を有しない住民も受給資格を有する。	「ジ」国法では土地の権利を有する者、登録されている建物および登録された地主のみが補償の受給資格を有する。	- 土地に対する正式な権利を有しない住民も、補償や生計回復支援を受けることができる。 - 土地に対する正式な権利を有しない住民は、生計回復支援を受けることができる。 - 影響を受けるすべての建物は、補償を受けることができる。 - 農作物への影響は、土地の登録の有無を問わず、全ての地主、借地人等に対して補償される。
13	補償手段としての代替地の提供	補償手段として、代替地の提供を優先する規定はない。	影響住民の生計が、土地に依存している場合は、補償手段として、代替地の提供を優先する。	「ジ」国法には補償手段として、代替地の提供を優先する規定はない。	補償は、現金による補償とする。
14	移転期間における生活支援	移転期間における生活支援に関する規定はない。	影響住民の移転期間に対する生活支援を行う。	「ジ」国法には移転期間における生活支援に関する規定はない。	道路局は移転期間において生活支援を実施する。
15	社会的弱者への配慮	社会的弱者への特別な配慮を求める規定はない。	貧困家庭、土地を持たない住民、老人、女性子供および少数民族等、社会的弱者への特別な配慮を求める。	「ジ」国法には社会的弱者への特別な配慮を求める規定はない。	道路局は社会的弱者に対して、十分な配慮を行う。

No.	項目	「ジ」国法	JICA ガイドライン	「ジ」国法と JICA ガイドラインとの乖離	乖離を埋める手段
16	簡易住民移転計画	影響住民が 200 人を下回った場合の簡易住民移転計画作成の規定はない。	影響住民が 200 人を下回った場合は、「簡易住民移転計画」を作成する。	「ジ」国法には簡易住民移転計画作成の規定はない。	今回は、「住民移転計画作成」対象のプロジェクトである。

出典：JICA 調査団

8.3.3　本プロジェクトの住民移転方針

本プロジェクトの住民移転方針は、下記項目に留意して決定された。

(a) 土地の所有権の有無にかかわらず、すべての影響を受ける住民を補償対象とすること。
(b) 補償額の算定は再取得価格に基づくこと。
(c) 影響を受ける住民の生計回復もしくは向上を目指すこと。

影響を受ける住民は、土地および資産を手放した段階で、再取得価格に基づく現金補償を受ける。また工事中は、工事による影響を最小限度に抑えるための手段が講じられる。

物理的、経済的な影響を受ける世帯は、下記に示す移転方針に基づいて、適正に補償、移転支援および諸手当の支給を受ける。

- 用地取得および非自発的住民移転は、代替案の検討を通じて、可能な限り回避もしくは最小化する。
- 用地取得および非自発的住民移転が避けられない場合は、住民移転計画を策定し、影響を受ける住民は、生活水準を改善もしくは、少なくともプロジェクト以前の状態に戻すための支援を受ける。
- 用地取得は、可能な限り契約交渉を通じて実施すること。「強制収用」は、全ての交渉が決裂した場合の最終的解決手段とする。
- 社会的弱者およびプロジェクトによって深刻な影響を受ける住民に対しては、特別な配慮を行うこと。
- 土地の所有権を有しない住民は、土地の補償の代わりに生計回復支援を受けることができ、土地以外の資産に関する補償を受ける。
- 所有権はあるが、土地の登録を済ませていない住民は、登録を済ませた上で、土地に関する補償を受ける。
- 登録は済んでいないが、合法的に住居地域に近接していない農地を使用している住民は、2011 年の政府令により再取得価格に基づく現金補償を受ける。ちなみに補償金の支払いは、NAPR（National Agency of Public Registry）への登録が済んでいなくても行われる。
- 収入損失及び生計回復に関する支援を行う。
- ジョージア語で作成された住民移転計画（LARP）が公開される。

- 本 LARP で記載されている補償金、移転支援及び生計回復費用の支払いは、現地において実際に工事が始まる前に行う。
- 補償金は、実際には補償契約交渉の過程で増える可能性があるが、少なくとも本 LARP で詳細に規定されている額とする。
- 補償に関する不服申立ては、既存の苦情処理メカニズムに基づいて確認される。
- 大規模な非自発的住民移転が発生するプロジェクトに対しては、住民移転計画を策定し、公開しなければならない。当該住民移転計画は、世界銀行のセーフガードポリシーである OP4.12 に示されている項目が含まれていることが望ましい。
- 住民移転計画の策定・実施およびモニタリングの過程において、影響を受ける住民の積極的な参加を促進する。
- 生計を土地に依存する住民に対する補償に関しては、現金による補償よりも代替地の提供が望ましい。
- 影響を受ける土地・資産の補償だけでなく、移転期間の支援も行う。
- 住民移転計画の策定に際しては、影響を受ける住民及びコミュニティとの協議を行う。協議にあたっては、十分な情報を事前に提供し、住民にとって理解しやすい形で説明を行う。

8.3.4 住民移転計画（LARP）概要

JICA 調査団は、本プロジェクトに関する住民移転計画の First Draft を 2017 年 11 月に入手し、レビューを行った。当該 Draft に対する JICA 調査団のコメントは、JICA 本部からのコメントと合体され、コメント一覧表の形で道路局に提示された。LARP の Draft は、当該コメントに基づいて、数回にわたって修正され、2018 年 2 月に Final LARP が道路局に提出された。当該 Final LARP は、2018 年 3 月に正式に承認された。なお、2018 年 1 月に開催された第 2 回ステークホルダーミーティングの結果は、Final LARP に盛り込まれている。ここでは Final LARP に基づいてその概要を示す。詳細は Final LARP（Appendix 8.2）参照。

(1) 影響を受ける土地

プロジェクトによって影響を受ける土地は 609 プロットでこのうち 32 プロットは政府用地であり、577 プロットは民間用地である。

これら影響を受ける土地は所有形態によって以下の通り分類される。

カテゴリ I： 正式に登録された土地で 381 プロット（378,749 m^2）
カテゴリ II：未登録の土地で 194 プロット（150,965 m^2）
カテゴリ III：非合法的に所有している登録対象ではない土地で 2 プロット（11,956 m^2）
カテゴリ IV：不法占拠者が居住していない政府用地は 32 プロット（101,155 m^2）

影響を受ける土地の用途別分類結果は表 8-16 のとおりである。

表 8-16：影響を受ける土地分類結果

用途	数
農業用地	493
住居用地	50
非農業用地	66

出典：Final LARP (March 2018)

(2) 農産物への影響

プロジェクトは、1,003,602 m^2 のトウモロコシ、豆他の野菜耕作地に影響を与える。

(3) 樹木への影響

301 プロットの土地に植栽されている 14,552 本の樹木に影響がある。

(4) 構造物への影響

21 軒の住宅,および 115 軒の付属施設及び 30 軒の商業施設に影響をあたえる。

(5) ビジネスへの影響

調査結果によると 14 件の商業施設（レストラン 4 軒、小規模な商店 2 軒、小規模な工場 8 軒）が影響を受ける。なお、このうち、41 名が職を失う等影響を受ける見込みである。

(6) プロジェクト地域の社会経済状況

プロジェクトの影響はゼスタフォニ地区およびその周辺の村（イレミ、アウグヴェタ、フチ、ツェヴァ、ショラパニ、ズィルラ、ゼモ サカラ、クヴェモ サカラ、ゼスタフォニ市）に及ぼす。影響エリアの概況は以下の通りである。

人口

2016 年 1 月現在のデータによるとゼスタフォニ地区の人口は 58,041 人である。 影響エリアに位置するゼスタフォニ市を含む村の人口は表 8-17 の通りである。

表 8-17：影響エリアに位置するゼスタフォニ市を含む村の人口

名称	人口	男	女
ゼスタフォニ地区	58,041	37,124	209,17
ゼスタフォニ市	20,814		
ショラパニ地区	1,258	596	662
アウグヴェタ	1,329	652	677
ズィルラ	84	37	47
イレミ	525	253	272
ポチ	1,564	780	784

名称	人口	男	女
クヴェダ ツェヴァ	178	91	87
クヴェダ サカラ	1,989	944	945
ゼダ サカラ	2,099	1,008	1,091

出典：Final LARP (March 2018)

土地利用

影響エリアの主要な産業は農業であり、農業用地は 7,027 ha を占める。このうち 5,159 ha が耕作されており、6 ha の温室がある。土地利用の詳細を表 8-18 に示す。

表 8-18：土地利用詳細

土地利用	ゼスタフォニ地区（ha）
農地	7,027
耕作地	5,159
草地	363
温室	6

出典：Final LARP (March 2018)

経済

ブドウ栽培がゼスタフォニ地区の主要な経済活動であり、実際に農作物の 80%を占める。活発な栽培活動は良好な土壌条件に起因しており、5,000 ha のブドウ農園が栽培を行っている。また、ゼスタフォニ地区では、2 か所で活発なワイン醸造が行われている。一方、トウモロコシも主要な農作物であり、その他野菜なども栽培されている。

保健

ゼスタフォニ地区には 5 つの病院のほかクリニックや緊急医療施設があるが、患者を病院に運ぶヘリコプターがない遠隔地に住む住民は十分な医療のケアを受けることができない状態にある。

教育

ゼスタフォニ地区には、以下の通りの学校及び文化施設がある。

- 公立小学校：33（8,700 名）
- 職業訓練学校：2
- 私立小学校：4 つ
- 図書館：42
- 劇場：1
- 地方博物館：1

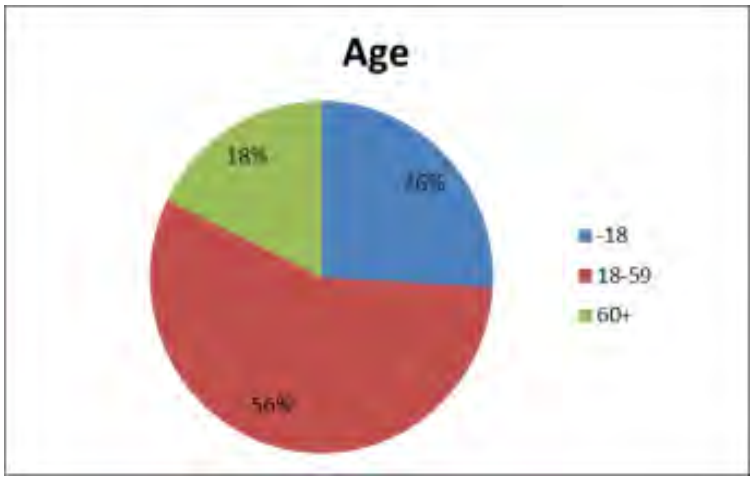
新聞 “Zestaponis Moambe” はゼスタフォニ地区全体に配達されている。約 50 の教会がある。ゼスタフォニ地区には、高等教育を提供する教育施設がないため、高等教育を受けるためにはトビリシなど都会に出る必要がある。

(7)　対象地域のコミュニティに係る社会調査

本事業が事業対象地域の住民に与える効果、インパクトを把握するために 2017 年 8 月から 9 月にわたって、対象地域のコミュニティの社会調査を行った。調査はランダムに抽出した対象地域の全世帯数の 20%に相当する 1500 世帯に対して、インタビュー形式で実施された。調査結果概要は以下の通りである。

年齢別構成比率

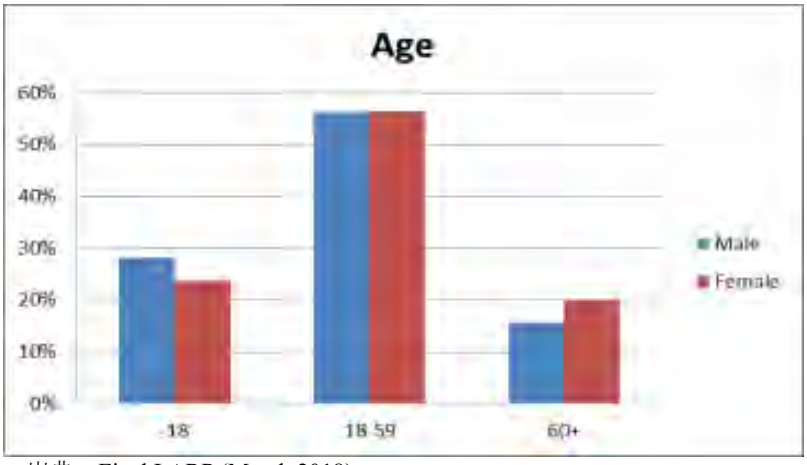
年齢別構成比率は、18 歳以下が 26%、19 歳から 59 歳が 56%、60 歳以上が 18%であった。（図 8-3 参照）



出典：Final LARP (March 2018)

図 8-3：年齢別構成比率

図 8-4 は年齢別および性別の年齢構成を示す。



出典：Final LARP (March 2018)

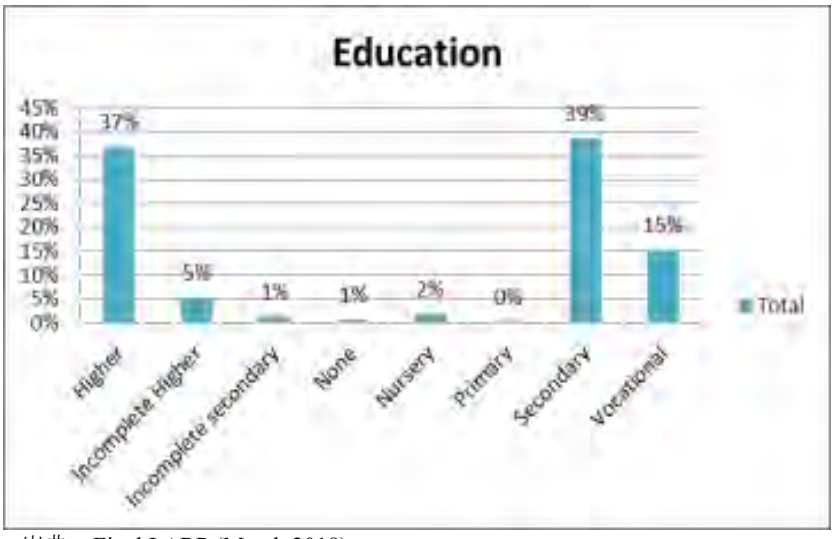
図 8-4：年齢別・性別構成比率

結婚歴

18 歳以上の 56%が既婚、離婚歴のあるものが 1%、9%が未亡人であった。

教育レベル

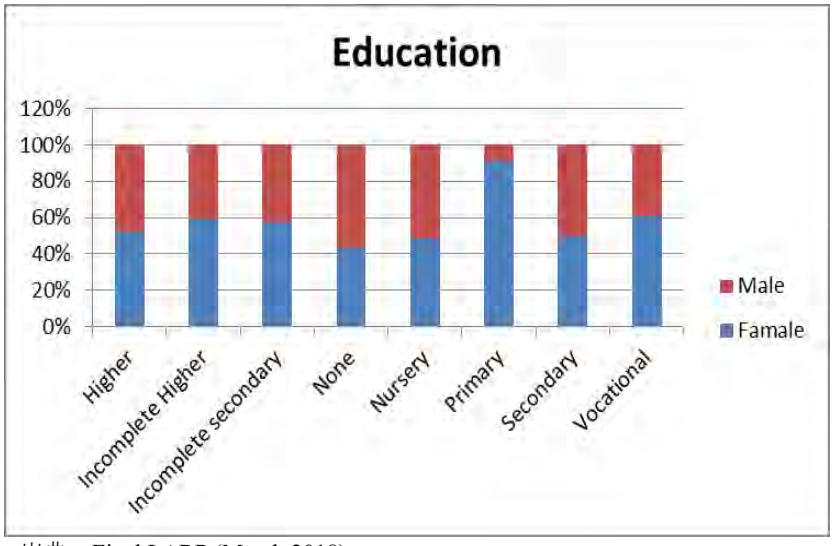
図 8-5 は対象住民の教育レベルを示し、39%が中学卒、37%が高校卒および 15%が職業訓練高卒であった。



出典：Final LARP (March 2018)

図 8-5：教育レベル

図 8-6 のとおり、中学卒のうち 50%、高校卒者のうち 52%および職業訓練高卒者のうち、61%が女性であった。

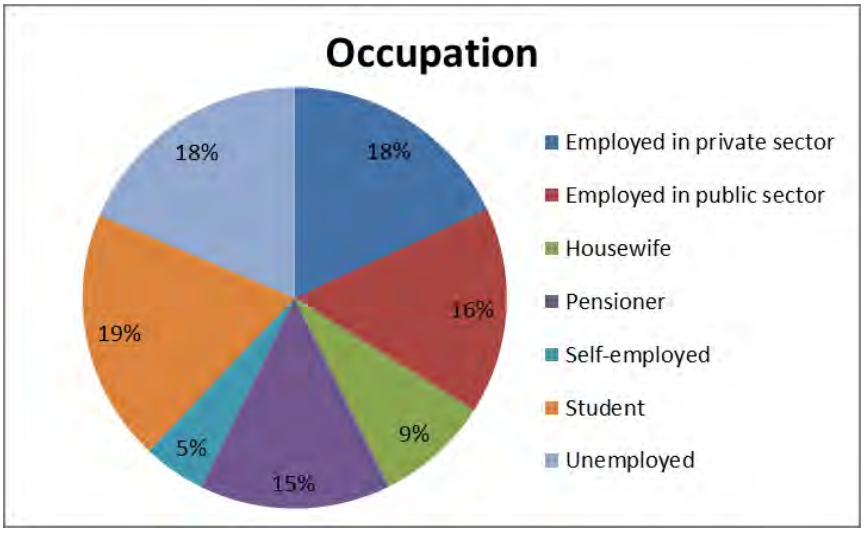


出典：Final LARP (March 2018)

図 8-6：性別教育レベル

就業状況

対象者の就業状況を図 8-7 に示す。34%の人々が雇用されている一方、18%が失業中である。その他、9%が主婦、学生が 19%、自営業が 5%、年金生活者が 15%であった。



出典：Final LARP (March 2018)

図 8-7：就業状況

一方、図 8-8 に性別の就業状況を示す。このうち、民間セクターでは、大半が男性（68%）であるのに対し、公務員は女性が過半数を占めていた（54%）。

出典：Final LARP (March 2018)

図 8-8：性別就業状況

表 8-19 は職業別の教育レベルを示す。

表 8-19：職業別の教育レベル

職業	高校卒	中学卒	職業学校卒
民間セクター勤務	28%	30%	29%
公務員	42%	10%	18%
主婦	8%	19%	18%
自営業	6%	7%	13%
失業中	16%	34%	24%
計	100%	100%	100%

出典：Final LARP (March 2018)

家財所有状況

対象家庭の家財所有状況を表 8-20 に示す。

表 8-20：家財所有状況

所有する家財	所有世帯数比率
冷蔵庫	95%
テレビ	96%
ガス	88%
ガスヒーター	69%
コンピューター	65%
電話	95%
洗濯機	80%
車	39%

出典：Final LARP (March 2018)

農業

表 8-21、表 8-22、表 8-23 は農作物別、家畜別および生産物別の農家数を示す。

表 8-21：農作物別の生産農家数一覧（世帯）

作物	ゼスタフォニ市	関係村	計
トウモロコシ	20	297	317
果樹	24	285	309
ジャガイモ	6	171	177
野菜	14	209	223
クルミ	20	277	297
ブドウ	20	283	303
干し草	0	85	85

出典：Final LARP (March 2018)

表 8-22：家畜所有農家数

家畜	ゼスタフォニ市	関係村	計
牛	5	195	200
馬	2	3	5
豚	4	36	40
羊	3	7	10
鶏	11	236	247

出典：Final LARP (March 2018)

表 8-23：農産品別農家数

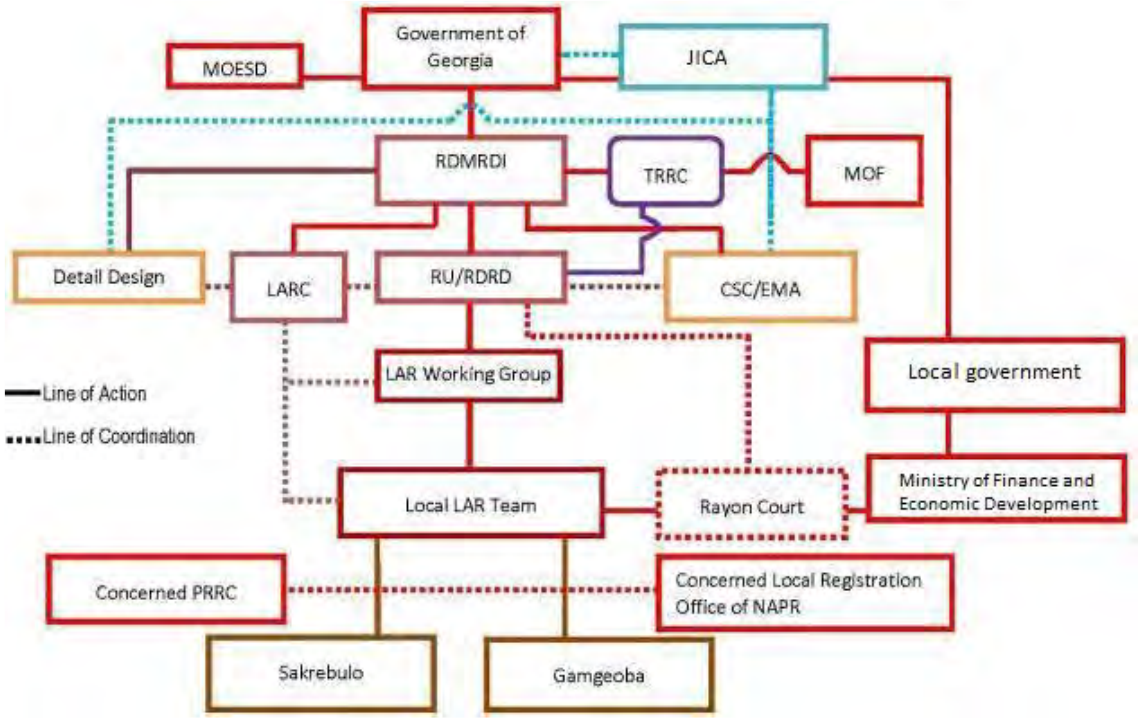
農産品	ゼスタフォニ市	関係村	計
乳製品	2	75	77
蜂蜜	1	6	7
手工芸品	1	1	2
果樹	4	4	8
野菜	2	1	3
小麦	1	2	3
その他	0	6	6

出典：Final LARP (March 2018)

(8) 実施体制

道路局（RDMRDI）は用地取得／住民移転および道路建設に関する実施機関である。道路局はコンサルタントの支援のもと用地取得／住民移転を実施する。用地取得／住民移転の計画、実施については、道路局以外にも多くの関連機関が重要な役割を受け持っている。例えば、自然資源環境保護省は環境関連の事項について、法務省は土地の所有権等法的な問題について、また土地登記庁は土地の登録や所有権移転に関して、責任を負っている。

図 8-9 に用地取得/住民移転関連の実施体制を示す。



出典：Final LARP (March 2018)

図 8-9：用地取得／住民移転関連の実施体制

(9)　受給資格

損失のタイプごとの補償内容を表 8-24 に示す。

表 8-24：受給資格一覧表

損失のタイプ	適用対象	受給者	補償内容
土地			
全てのタイプの土地の永久的損失	影響を受けるすべての土地	影響を受ける登録済の土地の所有者	影響住民は、再取得価格に基づく補償を受ける。 影響を受けない土地がもはや役に立たないと所有者が判断した場合は、プロジェクトがその部分も買い取ることを考慮する。
		影響を受ける未登録の土地の所有者	プロジェクトは影響を受ける土地の登録のための支援を行う。正式に登録が完了した段階で再取得価格に基づく用地取得を行う。 影響を受けない土地がもはや役に立たないと所有者が判断した場合は、プロジェクトがその部分も買い取ることを考慮する。

損失のタイプ	適用対象	受給者	補償内容
		影響を受ける農地の小作人（登録済み）	プロジェクトは、影響を受ける農地と同等の生産性を持った農地への小作契約更新を無料で行う。金銭補償の場合は、残された小作契約期間（最高 3 年まで）に生産される農作物の売り上げと同等の金銭による補償を行う。さらにプロジェクトは、当該小作人が借地の生産性向上のために投入した経費の現金弁済を行う。
		影響を受ける農地の小作人（未登録）	残された小作契約期間（最高 3 年まで）に生産される農作物の売り上げと同等の金銭による補償を行う。
		不法占拠小作人	農地を失った不法占拠小作人に対しては、移転手当として、3 か月分の最低生活費の現金補償を支払う。
コミュニティ用地の永久的損失	コミュニティ用地	放牧地へのアクセスと失ったコミュニティ	影響を受けるコミュニティは、無料で同等の大きさ、生産性を持つ代替の放牧地を地方政府から提供を受ける。もし、そのような土地の提供が不可能な場合は、当該コミュニティが少なくともプロジェクト以前と同様の生計レベルを保つことができるように生計回復計画を策定・実施する。
構造物			
住居	影響を受ける住居	全ての影響住民	（実際に影響を受ける範囲にこだわらずに）少しでも影響を受ける場合は、住居全体に対して、減価償却を考慮しない再取得価格に基づく現金補償を行う。 これに加えて、プロジェクトによって生活レベルの低下がもたらされる影響住民に対しては、生計回復プログラムが提供される。 プロジェクトの影響が住居だけに及ぼされる場合は、住居に対する再取得化価格に基づく現金補償と取り壊された個人の所有物の運搬に要する移転手当が支払われる。 ちなみに、収入を生む資産（農地や商業施設）がプロジェクトの影響範囲の外側に位置する場合、これらは補償対象外となる。結果的に影響住民は、移転後、当該資産（プロジェクトの影響範囲の外側に位置する農地や商業施設）へのアクセスを失うことにより、少なくとも一時的な収入の損失を被ることになる。
		賃借人	（賃借契約がある場合） 3 か月分の部屋代と同等の手当ての支払い （賃借契約がない場合） 3 か月分の給料と同等の手当ての支払い

損失のタイプ	適用対象	受給者	補償内容
			さらに引っ越しの際の個人の所有物の運搬に対する支援もしくは同等の現金提供。
商業施設	影響を受ける商業施設	当該商業施設の所有者	商業施設に対して、再取得価格に基づく現金補償と取り壊された付属物の運搬に要する移転手当が支払われる。影響を受けるのが商業施設の一部であっても、それが構造物全体の安全を脅かす可能性がある場合、建物全体に対する現金補償を行う。
		営業店舗の賃借人	（賃借契約がある場合） 3 か月分の賃借代と同等の手当ての支払い （賃借契約がない場合） 3 か月分の給料と同等の手当ての支払い
公共の建物	影響を受ける公共の建物	公共の建物に居住する不法占拠者	プロジェクトが準備する移転地への移住もしくは LARP が規定する self-relocation 手当の支払い
フェンス・塀	影響を受けるフェンス・塀	全 PAPs	材質および、フェンス・塀の延長距離に応じた再取得価格に基づく現金補償
1 年生農作物	影響を受ける農作物	不法占拠者含むすべての PAPs	実際の、もしくは予想収穫量に対する市場価格に基づく現金補償。この補償は仮にすでに収穫済みの場合でも支払われる。 農作物補償は、地主、小作人（借地契約が存在する場合）に支払われる。
民間農地に植栽された多年生農作物	影響を受ける果樹	不法占拠者含むすべての PAPs	果樹の種類、成長の度合い等に応じた現金補償。 樹木が結実している場合は、苗木の購入費も補償される。 PAPs は自身で果樹を伐採することが許される。 コントラクターは、PAPs が果樹を伐採し、彼らの住居に持ち帰ることを支援する。
	果樹以外の多年生農作物	不法占拠者含むすべての PAPs	果樹以外の多年生農作物に対しては、現金補償は行わない。 PAPs は自身で樹木を伐採することが許される。
政府用地に植栽された多年生農作物	影響を受ける果樹	民家農地の外に植栽された多年生農作物	コントラクターは当該樹木を伐採し、地方自治体に運搬する。 運搬された樹木は、地方自治体によって後に低所得者に対して提供される。

損失のタイプ	適用対象	受給者	補償内容
	果樹以外の多年生農作物	民家農地の外に植栽された多年生農作物	政府用地に植栽された樹木の場合は、以下の法的手続きが必要である。 ● 森林内の樹木を伐採する場合は、正式な法的手続きに従って State forest fund のリストから除外する必要がある。 ● コントラクターは伐採した樹木を地方自治体に運搬する。 ● 運搬された樹木は、地方自治体によって後に低所得者に対して提供される。
収入の損失			
賃貸人/家主	賃貸契約の停止による収入損失	賃貸契約のすべての当事者	（賃借契約がある場合） 3 か月分の賃借代と同等の手当ての支払い （賃借契約がない場合） 3 か月分の給料と同等の手当ての支払い
ビジネス	一時的もしくは永久の事業もしくは雇用の損失	不法占拠者含むすべての PAPs	事業を営むすべての者（正式に登録しているか、もしくは露天商でないもの）は、税金申告書に基づく 1 年分の収入に相当する現金補償を受ける。税金申告書がない場合は、公式・非公式の事業に関する収入損失について、公的に認められた最低収入額に相当する補償を受ける。 露店等非公式な事業を営むすべての者は、最長 1 年分の公的に認められた最低収入額に相当する補償を受けることができる。 労働者は賃金を失う期間に対する現金補償を受けることができる。税金申告書がない場合は、最低月額賃金に仕事を休止する期間をかけた額とする。
		契約を失う農業従事者	残った契約期間の賃金に関する現金補償。
追加的な生計回復手段			
所有地の登録手続きに必要な支援		登録手続きが必要な土地を所有する全ての PAPs	影響を受ける所有地の登録、売買等に要する手続きに対する無料の技術的な支援。 税金や手続きに要する諸費用は、政府が支払う。
移転・移転手当	家財道具の運搬、移転に必要な手当	移転に影響を受ける全ての PAPs	5 人家族の平均的な生活費 3 か月分に相当する額に家財道具の運搬費として、200 Gel を加えた額。
コミュニティの資産			コミュニティの資産へのアクセスの維持管理もしくは原状復帰。 影響を受ける構造物・ユーティリティ（橋、道路、学校、医療施設、飲料水供給施設、灌漑水路等）の補修。

損失のタイプ	適用対象	受給者	補償内容
脆弱なグループに属する影響住民		貧困ライン以下の PAPs 等	3 か月分の最低生活賃金相当の現金補償支払いおよびプロジェクト関連業務への優先的な雇用提供
深刻な影響		20%以上の土地を失う住民	5 人家族の 3 か月分の最低生活費に相当する補償額。
一時的な影響	土地へのアクセスへの影響	地主等	一時的なアクセス道路は、コントラクターが設置。 土地へのアクセス損失によって作物の損失が生じる場合はコントラクターが補償。 全ての補償額は、本 LARP で示される補償原則に従って決定される。
	ビジネス活動に必要なアクセス道路使用に一時的な障害が生じる場合	事業主等	コントラクターが一時的なアクセス道路を建設する。
	工事関連施設の土地使用に基づく一時的な収入損失	地主等	コントラクターは、キャンプの場所選定にあたっては，関連機関と調整して、農地や住居に使用されていない土地を優先する。 選定されたキャンプ用地が民間用地である場合は、本 LARP の基本方針に従って、適正に補償額を決定する。
その他予期しない影響	必要に応じて		予期しない影響が出た場合は、道路局とコントラクターは、適正に緩和策および補償を考慮する。

出典：Final LARP (March 2018)

(10) 住民協議

LARP に関する住民協議は、以下の通り 2 回開催された。全体住民協議を補足する意味で個別の住民協議も実施された。

＜第 1 回住民協議＞

- 開催日：2017 年 12 月 20 日
- 場所：ゼスタフォニ市役所
- 参加者数：25 名
- 議題
  - プロジェクト情報
  - 土地の登記手続き
  - 影響住民の権利
  - 質疑応答

- 質疑応答概要

コメント・質問	回答
プロジェクトによって雇用の機会は生まれるのか？	工事の際には、地元住民に対して、雇用機会を優先的に提供する。
コントラクターが私有地に残土を投棄することはあるのか？その場合は土地の所有者は補償を受けることはできるのか？	コントラクターと土地所有者の間で合意が成立した場合のみ、残土の私有地での一時的な保管が認められる。
工事中に道路など既存インフラがダメージを受けた場合の処置は？	そのようなダメージが予想される個所は竣工後に原状復帰される。予想できない場合はコントラクターが適切に対応するように道路局が指導する。
土地の補償価格はどのようにして決定されるのか？	市場価格に基づく土地の補償額については現在調査中である。市場価格の具体的な評価方法としては、①過去の土地取引実績②公開されている不動産業者の情報に基づくものなどがある。個々の補償額は道路局の代表が契約書にサインを求める際に提示される。土地ごとの補償額は事前に LARP の縦覧を通じて公開される。
土地の新規登録を行う必要のある者たちに対するサポートは行われるのか？	道路局は新規登録に必要な全ての支援を行う。
私の資産目録はすでに調査済みであるが、今後追加の施設を建設する予定である。この追加施設が影響を受ける場合、補償を受けることができるか？	資産目録作成後の追加資産に対しては如何なる補償も受けることはできない。
ショラパニ村へのアクセスが欲しい。	エンジニアに当該要望を伝える。

＜第 2 回住民協議＞

- 開催日：2018 年 1 月 24 日
- 場所：ゼスタフォニ市役所
- 参加者数：48 名
- 議題
  - 会議の目的
  - プロジェクト情報及びプロジェクト実施機関の紹介
  - アニメーションムービーと図面によるプレゼンテーション
  - 質疑応答
- 質疑応答概要

コメント・質問	回答
プロジェクト道路は、我々が住んでいるブドウ畑の一画を通過するが、この部分は補償されるが、残った農地は小さすぎて、農業を続けていくことができない。	受給資格一覧表（entitlement matrix）によるとまず農地と農作物について補償される。 そのうえで 20%以上の農地を失う人々に対しては、3 か月分に相当する生活手当が支給される。この手当を使って農地を取得できると考えている。
このプロジェクトの資金はどこから来るのか？	ジョージア政府が、JICA による資金援助を受けて実施する。なお、用地取得費用はこの予算外である。
私の場合、影響を受けるのは住宅だけで、土地は影響範囲外である。この場合、土地に対しても補償が受けることができるのか？	補償されるのは影響を受ける住宅だけで土地は補償の範囲外である。
家屋への影響というのはどういう意味か？工事中の家屋に対するダメージはないのか？	工事によって振動が生じる地域は家屋への影響が考えられる。そのため、着工前の状況について調査し、結果を文書化する。もし、工事が家屋にダメージを与えた場合は補償される。
バスの停留所の設置予定はあるのか？	プロジェクトで建設されるアクセス道路にバスの停留所が設置される予定である。
今のショラパニ公民館をショラパニの中心部に移設できないか？	当該要望は道路局に伝える。
農作物の補償はどうなっているのか？今年の作物は収穫できるのか？	1 年分の作物に対する補償は、想定される生産量に対して現金で支払われる。今年の春に予定されている用地取得が始まる前に既に収穫してあっても同様である。
土地の登録必要はだれが払うのか？	土地の登録が必要な場合は、政府がすべて費用負担する。
家屋と付属物の補償はどうするのか？	影響を受ける構造物は、減価償却を考慮しない「再取得価格」に基づいて補償される。
どのような土地の補償率に基づいて補償されるのか？	第 3 者の土地査定官による所定の調査に基づいて、土地の市場価格が決定される。

<個別の住民協議＞

第 1 回の住民協議に参加しなかった住民に対して、以下の通り個別の協議を行った。協議では、プロジェクトのパンフレットを持参してプロジェクト情報を説明した。

- 開催日：2018 年 1 月 25 日、26 日
- 参加者数：8 名
- 質疑応答概要

コメント・質問	回答
今年の播種はできるのか？農作物の収穫は可能か？	工事の着工は 2019 年の 1 月を予定しているので収穫は可能だ。
移転にはどれくらい時間が確保できるのか？	補償に対する契約書にサインしてから、実際の移転まで少なくとも 3 か月の猶予はある。
ビジネスの損失に関する補償はどう計算するのか？	1 年間の収入に対して現金補償される。
取り壊した家屋の材料を移転地へ持って行くことはできるか？	契約書のサイン後であれば、取り壊して持って行くことは可能である。
果樹の補償はどうなっているのか？	果樹の補償は樹木の大きさや生産量によって補償額が決められる。
工事はいつ始まるのか？	2019 年 1 月から予定されている。
雇用の損失はどう補償されるのか？	3 か月分の最低賃金が支払われる。
建物の補償額はどうやって決まるのか？	建物は再取得価格に基づいて補償される。「再取得価格」というのは、移転前と同様もしくは、より上質の構造物が再建できる価格を指す。
土地の登録に関して支援はあるのか？	道路局が土地の登録に必要な全てのサポートを行う。

(11) 苦情処理システム

本プロジェクトでは、表 8-25 に示す苦情処理システムに基づいて住民の苦情が処理される。

表 8-25：苦情処理プロセス

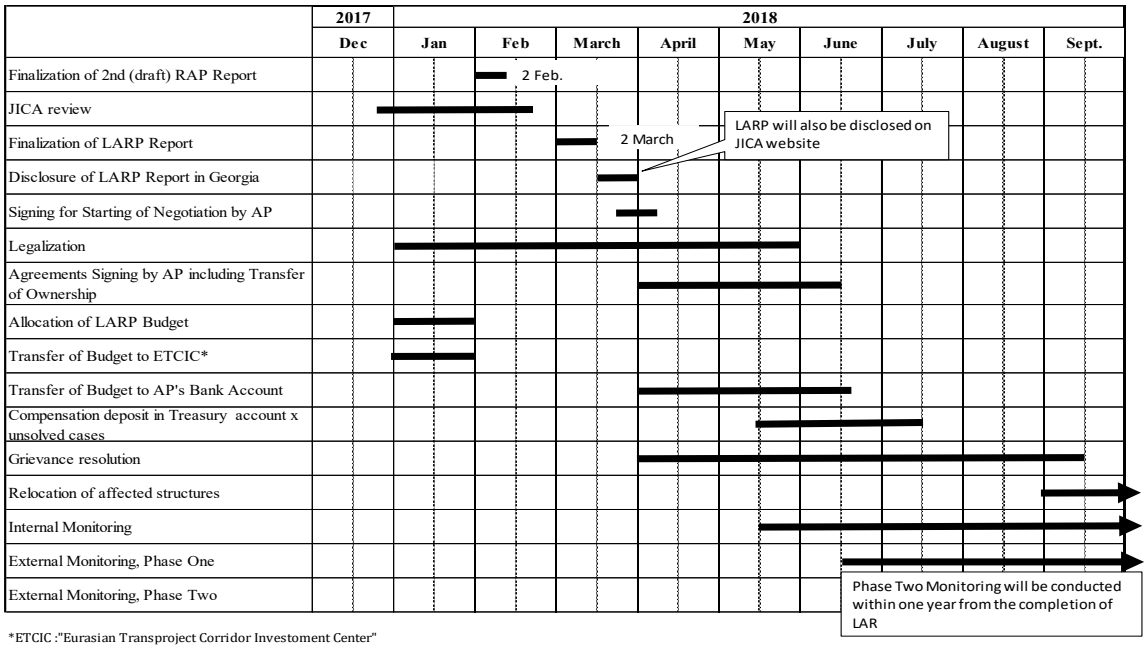
段階	実施レベル	内容
ステップ 1	住民との交渉	住民からの苦情はまず苦情処理委員会（GRC）によって受け付けられて、非公式に解決を探る。GRC はプロジェクト毎にコミュニティレベルで設立される。
ステップ 2	苦情処理委員会による解決	住民との非公式な交渉で解決できない場合、GRC は住民が正式に苦情を申し立てる支援を行う。住民は村レベルの交渉が終わってから 1 週間以内に彼らの苦情内容を書面にして GRC に提出する。
ステップ 3	地域開発・経済基盤省本省による解決	住民がもし、GRC の決定に不満な場合は、苦情を地域開発・経済基盤省本省に申し立てることになる。地域開発・経済基盤省は「ジ国行政規則」に従って、苦情内容を処理する。
ステップ 4	裁判所の判断	地域開発・経済基盤省本省の決断にも不満がある場合は住民は裁判所に訴えることができる。

出典：Final LARP (March 2018)

(12) 実施工程

用地取得・住民移転関連のスケジュールを表 8-26 に示す。

表 8-26：工程表



*ETCIC :"Eurasian Transproject Corridor Investoment Center"

出典：Final LARP (March 2018)

(13) 補償予算

補償予算一覧を表 8-27 に示す。

表 8-27：補償予算一覧表

項目	単価	数量	計（GEL）
土地	各種	642,825 m^2	6,729,884
構造物	各種	一式	7,345,760
樹木	各種	14,552 本	1,404,733
農作物	各種	1,003,602 m^2	344,870
フェンス・ゲート	各種	一式	161,134
その他	各種	一式	37,420
重大な影響に対する手当	最低賃金3か月分 (349.5 GEL × 3)	379世帯	397,381.5
移転手当	最低賃金3か月分 (349.5 GEL × 3) + 運搬費用(200 Gel)	21軒	26,218.5
弱者グループの支援手当	最低賃金3か月分 (349.5 GEL × 3)	36世帯	37,746
ビジネス関連補償	-	一式	316,078
レンタル・リース	各種	3 軒	3,600
モニタリング費用	-	一式	120,000
小計			16,935,298
予備費（10%）			1,693,530
合計			18,628,828

出典：Final LARP (March 2018)

(14) モニタリングと報告書作成

内部モニタリング

内部モニタリングは道路局がコンサルタントの協力を得て、実施する予定である。結果は四半期レポートの形で JICA にも報告される。

モニタリングの具体的なパラメーターとしては以下の通りである。

- 情報公開、住民協議に関する工程
- 用地取得の進捗
- 構造物補償の進捗
- 住民移転の進捗
- 収入損失補償の支払い進捗
- 移転地の選定進捗
- 生計回復活動
- 十分な成果が上がっていない生計回復プログラムの内容分析

外部モニタリング

プロジェクトのフェーズ 1 に対する外部モニタリングは LARP の実施と並行して実施され、LARP が終了した段階で結論が出される。

フェーズ 2 の外部モニタリングは用地取得、住民移転が完了した後 1 年以内に実施される。目的は用地取得、住民移転全体を評価することである。外部モニタリングは施工管理コンサルタントが雇用する。

フェーズ 2 の外部モニタリングのパラメーターは以下の通りである。

- 影響住民の移転後の社会経済状況の調査
- 補償パッケージ（受給資格、補償手段の選択肢、移転のスケジュール等）に関する感想等
- 収入レベルの変化
- 不法占拠者の生計回復状況
- 生計回復を目的とした資産評価の効率
- 苦情処理システムの効果
- 影響住民の移転後の満足度

8.3.5 結論

JICA 調査団は、下記主要な項目についてレビューを行い、ジョージアの法律および JICA ガイドラインが要求する事項について条件を満たしていることを確認した。

- **受給資格**
  正式な土地権利書を所有しない者も、補償の対象とすること。
- **補償価格**
  再取得価格に基づく速やかかつ効果的な補償を行うこと。
- **生計回復手段**
  移転住民が以前の生活水準や収入機会、生産水準において改善または少なくとも回復できるように努めること。
- **住民協議**
  住民移転計画の作成に当たり、事前に十分な情報が公開された上で、これに基づく影響を受ける人々やコミュニティとの協議が行われていなければならない。

第9章　経済分析：本章は非公開

非公開

第10章　プロジェクトの評価

10.1　プロジェクトの概要

ジョージアは人口約 370 万人（2015 年時点）であるが、地政学的な優位性がある。欧州とアジア（東西）、ロシアと中東（南北）をつなぐ地域にあってエネルギーおよび物資の輸送回廊が通り、カスピ海産の石油・ガスパイプラインの欧州への輸出経由地として、またコーカサス諸国と中央アジア各国の物流中継基地として、その重要性は高まっている。

そのような観点から、東西ハイウェイを国際幹線道路の規格に整備することはジョージアの国家としての最優先事業である。これまで世界銀行（WB）、アジア開発銀行（ADB）、欧州投資銀行（EIB）、JICA などによる整備・改良が進められてきた。現状では、地形条件や気象条件の厳しい約 67 km の未改修区間が残っており、同区間の整備が急務となっている。

JICA は、東西ハイウェイ整備事業フェーズ 1 として 2010 年に約 177 億円の円借款、2016 年に約 44 億円の追加円借款を供与し、サムトレディア～クタイシ～アウグヴェタ区間全 59 km の整備を支援しており、2017 年 7 月に全区間が開通した。本事業はそのフェーズ 2 として、ショラパニ～アウグヴェタ区間の整備を対象としている。同区間は、現道として対面 2 車線の E-60 が山間部の狭隘な地形を縫って通っている。国際幹線道路規格に沿った 4 車線道路として整備するにはトンネルや橋梁の建設が避けられない。それに伴い、平野部での道路整備と比べて建設費が大きくなる。また、ジョージアでは落石や地滑りなどの斜面災害の対策に対する認識が不十分であり、道路交通寸断のリスクを低減し、整備した道路の安全および開発効果を確保するためにも、適切な道路安全対策を施すことが必要不可欠である。

本事業の対象である「ショラパニ～アウグヴェタ区間」、さらにその東の「ヘヴィ～ショラパニ区間」、「ヘヴィ～チュマテレッティ～ゼモ・オシアウリ区間」の計 67 km 区間については、WB が 2015 年にフィージビリティスタディ（F/S）を実施済みで、継続して「チュマテレッティ～ヘヴィ区間」の事業実施を支援する予定である。さらに、ADB は「ヘヴィ～アウグヴェタ区間」の詳細設計（D/D）および EIA・LARAP の作成を実施している。

10.2　プロジェクトの評価

10.2.1　設計内容の妥当性の確認

(1)　路線の概要

ショラパニ～アウグヴェタ区間（F4）約 14.7 km は、始点からゼスタフォニに至るまでは急峻な渓谷に沿って計画されており、ゼスタフォニの市街地をバイパスしたのちは比較的平坦な丘陵地となり、現在完成に近いアウグヴェタ IC に接続する。急峻山地に計画された道路はトンネルと橋梁の区間が多い。

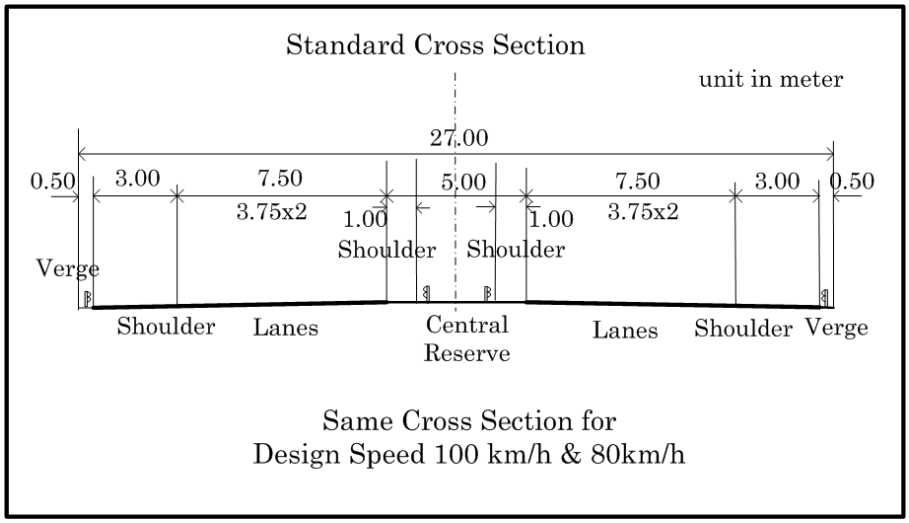
D/D の基となるべき F/S で用いられた線形は、最小平面線形としてヨーロッパ横断道路（TEM）基準の最小値を用いていた。D/D コンサルタントもその点を既に確認していたが、

交通安全上から、より余裕のある線形（望ましい基準）を用いるよう JICA 調査団が提案した。この点については JICA 調査団と DD コンサルタントの意見が一致し、道路局と協議の上、D/D では設計速度 80 km/h 区間の平面半径は 400 m を最小とすることとした。

(2)　適用すべき基準

幾何構造設計基準は TEM（Trans European Motorway）基準を基本的に使用することとし、記載のない項目については G/S（Georgian Standard）、アメリカの「AASHTO」、日本の「道路構造令」等を参照する。Snip は、これにより建設された現道を検証する場合に限り参照する。インターチェンジ付近本線の日本の幾何構造基準では、設計速度 80 km/h では平面曲線半径が 1,100 m、止むを得ない場合には 700 m と規定している。F4 区間での対象となるインターチェンジは、ショラパニ西(IC-2)で当初 500 m を最小半径としていたが、JICA 調査団の指摘で 750 m に変更した。

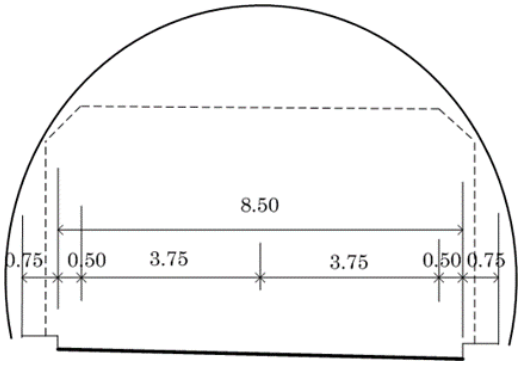
標準横断構成は TEM の基準を基としての道路局の考えで、以下の標準横断が決められた。



出典：RD 資料を基に JICA 調査団作成

図 10-1：標準横断図

トンネルの断面は F/S では路肩が 0.25 m を採用しており、非常に狭かった。JICA 調査団としては、我が国の例を示してより余裕ある断面を提案したが採用されず、最終的には以下の断面に決定された。



出典：RD 資料を基に JICA 調査団作成

図 10-2：トンネル区間横断図

この断面に決定した経緯としては、RD 側の意向として断面積の増大による工費の増加を抑えたかったこと、ジョージアにおけるこれまでのトンネルの実績よりは広いこと、及び断面の決定は F4 区間だけの問題でなく、他の区間に波及することなどが挙げられる。

橋梁の設計は、ジョージアの建設事業が発注者・業者・学術界とも、旧ソ連時代に培われた技術・システムの影響を色濃く残しており、基準は Snip（ロシア規準）－Gost（ロシア規格）が使用されるのが普通である。但し、Snip は、AASHTO、BS（EN）等ほど実務的でないため、国際入札事業では Snip との整合を図りつつ AASHTO や BS 等が使用されている（AASHTO による設計後、Snip 荷重で照査、等）。

尚、ADB による D/D 業務では Eurocode（EN）を使用することとしている。また、STEP 適用に際しては、現地での日本の道路橋示方書認知度はほぼゼロであり、EN 及び Snip との関係を明記する必要がある。

(3)　道路設計

当該区間の中で多くの延長を占めるのはトンネルである。

① FS では 5 ケ所、10 本のトンネル、総延長 6,775 m として計画されていたが、詳細設計で最終的に 6 ケ所、12 本のトンネル、総延長 8,515.09 m として計画された。
② 詳細設計の最終で追加となった 2 本のトンネル（T-TA-6、T-AT-6）は、FS では切土区間として計画されたが、詳細設計の初期段階にトンネル全区間を開削トンネルとして検討したものの、最終計画では縦断を下げ NATM トンネルに変更となった。
③ トンネルの掘削方法は、通過する地盤とトンネル上部の条件により、発破または機械が選定される。機械による掘削は、土被りが浅いうえトンネル直上に民家が散在しているため、居住民および構造物に対する振動・騒音の諸問題を避けるために実施される。

鋼橋上部構造（STEP 適用）の設計基準については、本邦独自の技術であること、日本の基準による設計は結果的に Eurocode による設計をカバーできると考えられること等から日本の基準（道路橋示方書）に準拠して実施することとした。橋梁 BR4001 及び BR4002 は、ズィルラ川蛇行部を直線的に横切り、さらに両端部で現道と立体交差する橋梁である。

蛇行部の流れの方向は一定でないため、橋脚柱断面は円形とすることができる。一方、河道幅は約 50 m～100 m で変化しており、河道内橋脚をφ3.0 m 円形断面一基とした場合、想定される河川阻害率（合計橋脚幅／計画河道幅（%））は最大で 6%（許容値 7%；日本の高速道路の場合）となる。

JICA 調査団の現地調査で観察された地質分布は粗粒砂岩と火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩、安山岩で、地質構造は、走向は概ね西北西-東南東で低角（南に 5～15°）であり、複雑な構造を示していない。地質構造と渓谷斜面との関係からズィルラ川の右岸が流盤となり左岸が受盤となる。計画路線の大部分が左岸側に取り付けられているので、切土斜面は、受盤となることが多いことになる。地質分布から、のり面の多くは硬岩に、一部軟岩に位置付けられる。日本の切土に対する標準法面勾配は硬岩が 1:0.3～1:0.8（73.3°～51.3°）、軟岩が 1:0.5～1:1.2（63.43°～39.8°）である。硬岩箇所は 5°程度急となるがのり面保護工は不要と判断する。トンネル坑口斜面は 15°程度標準よりも急となるため、他のトンネル坑口部と同様にコンクリート吹付が必要と考えられる。ボーリング調査結果で風化部にのり面が位置し、地下水位が高いことが予想される箇所にはのり面排水工により浸食を防止することが必要である。道路用地内外からの落石が想定される箇所、ネットによる防止工が考えられている。

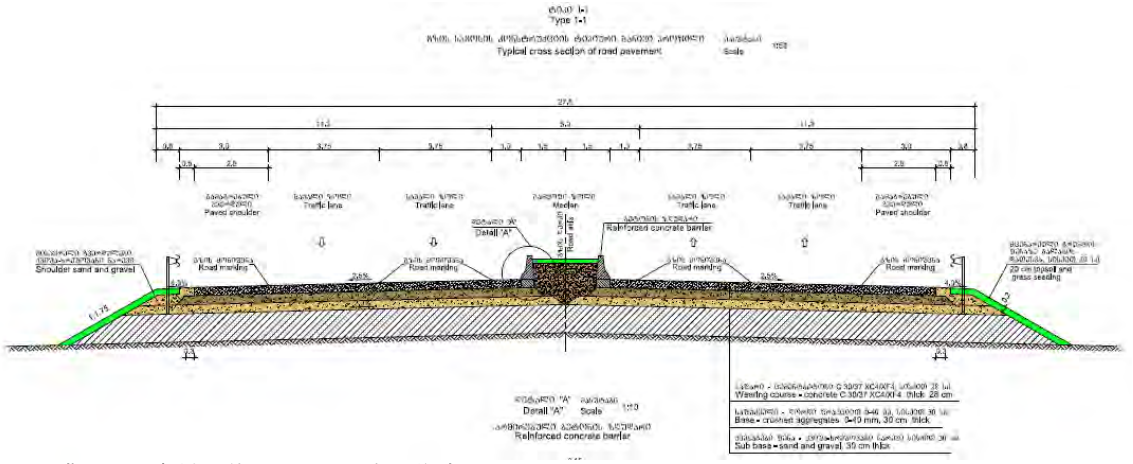
舗装設計は F/S で、前提となる供用後 20 年間の等価単軸荷重（ESAL）で、AASHTO と RStO（ドイツ基準：Richitlinien fur die Standardisherung des Oberbaues von Verkersflachen）との比較を実施している。舗装の種類は大きくアスファルト舗装とコンクリート舗装に分かれる。コンクリート舗装は、一般に初期投資が高く乗り心地はアスファルト舗装に比べて劣るが、ジョージアではセメントが現地で調達可能であり、維持管理が容易なコンクリート舗装を選択している。隣接する E60 の建設で既に使用しており、現地のコントラクターは施工に慣れている。交通量等多少の違いはあるが、Phase 2 区間では無筋コンクリート舗装で 28 cm の舗装版、30 cm の 0-40 mm 砕石上層路盤、30 cm の砂混じり砂利の下層路盤で構成されている。

以下の図に上記記載の標準的なコンクリート舗装横断構成を示す。

表 10-1：コンクリート舗装で用いられた各層厚

N	Pavement layers	Thicknesses of layers mm
1	Cement concrete (pavement)	280
2	Crushed aggregates (base course)	300
3	Sand-gravel mix (underlying layer)	300

出典：RD 資料を基に JICA 調査団作成



出典：RD 資料を基に JICA 調査団作成

図 10-3：コンクリート舗装構成図

当該区間の施工工程での鍵となるのはトンネルの工期である。約 8.5 km のトンネルが計 12 本なので平均 700 m の延長になるが、坑口部へのアクセスと掘削最初の掘進速度が低いことを考えても、効率的な施工が必要である。掘削土の運搬、場合によっては仮置きなど工程を左右する要素が大きい。始点からゼスタフォニバイパスに至るまでは現道を通しながら、狭いヤードでの現場搬入、掘削土運搬など、効率の良い交通管理が要求される。

本事業は「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」（2010 年 4 月）（以下、「JICA 環境ガイドライン」という。）が掲げる道路セクターおよび影響を及ぼしやすい特性に該当し、カテゴリ A に分類されている。本事業の環境影響評価（EIA）案および用地取得・住民移転実施計画（LARAP）案は ADB により実施される DD のコンサルタントが策定した。一方、JICA 調査団は、ジョージアの関連法令および JICA 環境ガイドラインに基づき、策定された EIA 案および LARAP 案をレビューし、必要な調査・手続きが取られていることを確認した。なお調査の過程では、JICA 調査団は、作業中の書類も含めて、成果品に対して適宜追加修正を行うことを求めた。

10.2.2　プロジェクトの妥当性の確認

ジョージア政府は国家開発計画「Georgia 2020」において、国内・国際物流輸送の効率化、道路輸送網の安全性と物流中継基地としての利便性の向上、地域経済振興を目的とした道路整備を掲げた。東西ハイウェイ整備は、ジョージアの経済活動の大動脈であり、同国のみならず周辺各国へも物資を輸送する国際回廊としても非常に重要な役割を担い、最優先事業と位置付けられている。

本事業は、これら上位計画に合致するものである。また、交通計画、事業費および経済分析を検討した結果、基本ケースとしての経済的内部収益率（EIRR）値は13.03%となった。この数値は、開発途上国における公共事業に対して一般的に用いられる資本の機会費用（10%～12%）よりも高い水準であり、本事業の実施は、国民経済的な視点から妥当な推計結果と言える。

10.2.3　有効性の確認

(1)　定量的効果

ジョージア東西ハイウェイ事業（フェーズ 2）の定量効果指標として、下表に示す通り、目標値の設定を行った。評価指標パラメータの値は基準年（2017）及び目標年（2023）について設定した。

表 10-2：ジョージア東西ハイウェイ事業対象区間検討の目標値

評価指標	地点・区間	基準値（2017 年）	目標値（2023 年）
年間平均日交通量（台/日）	ズィルラ (km 188)	14,489	18,589
	アウグヴェタ (km 200)	17,060	18,938
平均所要時間（分/台）	ショラパニ －アウグヴェタ	20.64	11.03
平均走行速度（km/時間）	ショラパニ －アウグヴェタ	50	80

出典：JICA 調査団

(2)　定性的効果

当該区間の高速道路は、既存の E-60 から離れて設置されており、殆どの区間がトンネルでの通過となっていて既存集落への直接的影響は少ない。一方、新規の道路が出入り制限のある高速道路として建設されるので、アクセシビリティが低いのはやむを得ない。その分、E-60 に比較すると平面線形が良くなり走行性は高まりかつ車両の運行費用も経済的になり、交通安全性は高まる。将来の物流の伸びが期待される。

特にゼスタフォニバイパス区間は既成の市街地を迂回し、排ガス、騒音、振動などの生活環境の改善を図ることができる。これは、この区間が改良されることで E-60 のボトルネックの一つが解消され大型交通の利用がより高まることを考えると、従来の E-60 で懸念された市街地における大型車両の道路通過がもたらす、交通事故などのその他の懸念も解消される。なお、バイパスの通過する市街地外周部は、現在に比べ生活環境の悪化も懸念されるが、環境の監視を含め基準を上回った場合は将来必要な対策を講じる必要がある。

また、市街地から離れたトンネルや橋梁でも坑口部の排ガスの集中、橋梁ジョイント部での振動は道路の開通後に顕在化することが懸念される。なお、工事期間中は工事関係車両、特にトンネル掘削土（ズリ）の搬出用の大型車両により、既成市街地・市街地外周部の両方で、生活環境・交通環境への影響が予想されるため、工事期間中における社会損失を最小にする工事管理が必要である。

第11章　結論と提言

(1)　本プロジェクトは妥当であり有効である

第 10 章で評価した通り、E-60 はジョージア政府にとって重要な路線であるにも拘らず、本調査対象の区間は、地形、気象など厳しい自然条件が理由で工事着手と施工が遅れていた区間である。現道の E-60 は周辺住民の足として重要な役割を担ってきた一方、国内・国際の通過交通も同じ道路においてその役を担っている。現道は、厳しい平面・縦断の線形、災害を受けやすい地形、さらには冬の降雪など交通安全上の問題も抱えていた。

その中で新設の道路建設により、質の高い走行性と安全性を提供できることは、多額の費用をかけても実施する価値がある。前章で定量的分析と定性的効果が記述されているが、その有効性は確認された。従って、本プロジェクトは妥当であり、有効である。

(2)　維持管理の必要性

F4 区間を含むリコティトンネル周辺の区間は地形的に険しく、また雨季の豪雨がもたらす土砂崩落などの災害の可能性が高い区間である。さらに、冬季には降雪による雪崩と温度低下による路面凍結で交通障害が懸念される。これらは、東西ハイウェイに共通する課題ではあり、現在道路局で検討が進められているが、道路の維持管理の組織、機材・人材、技術および情報収集・情報提供を含む交通管理の更なる充実が望まれる。特に、F4 区間にはトンネルが多く、トンネル内の火災や事故に対する対応は設備の運用と管理員の日頃の訓練も要求される。これらの観点から、我が国の道路の維持管理状況をつぶさに見学してジョージアの体制強化に繋げることは効果がある。必要に応じて、援助すべき技術内容を確認し、技術支援の可能性を探る必要がある。