

ミャンマー国
運輸通信省
ミャンマー国鉄

ミャンマー国
ヤンゴン・マンダレー鉄道整備事業
フェーズⅡ準備調査
ファイナルレポート
(公開版)

平成30年2月
(2018年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
日本コンサルタンツ株式会社
パシフィックコンサルタンツ株式会社
株式会社 トーニチコンサルタンツ
日本工営株式会社

東大
JR(先)
18-021

ミャンマー国
運輸通信省
ミャンマー国鉄

ミャンマー国
ヤンゴン・マンダレー鉄道整備事業
フェーズⅡ準備調査
ファイナルレポート
(公開版)

平成30年2月
(2018年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
日本コンサルタンツ株式会社
パシフィックコンサルタンツ株式会社
株式会社 トーニチコンサルタンツ
日本工営株式会社

米ドル／日本円

1 USD = 110 JPY

ミャンマーKYAT／米ドル

1 USD = 1,360MMK

ミャンマーKYAT／日本円

1 MMK = 0.0809 JPY

ミャンマー国ヤンゴン・マンダレー鉄道整備事業フェーズⅡ準備調査
ファイナルレポート

目 次

目 次

図表リスト

プロジェクト位置図

略語表

ページ

第1章 はじめに

1.1	プロジェクトの背景.....	1-1
1.2	プロジェクトの目的.....	1-2
1.3	本調査の目的.....	1-2
1.4	調査対象地域.....	1-3
1.5	調査項目	1-3

第2章 需要予測のレビュー及び更新

2.1	既往調査における需要予測のレビュー.....	2-1
2.1.1	前提条件.....	2-1
2.1.2	需要予測結果.....	2-1
2.2	需要予測の更新.....	2-2
2.2.1	方法.....	2-2
2.2.2	社会経済フレームの更新.....	2-3
2.2.3	将来交通ネットワークの更新.....	2-6
2.2.4	旅客需要予測の更新.....	2-7
2.2.5	貨物需要予測の更新.....	2-13

第3章 自然条件

3.1	はじめに	3-1
3.2	気候	3-1
3.2.1	調査目的.....	3-1
3.2.2	調査結果.....	3-2
3.3	地震	3-8
3.3.1	ミャンマーの地震と地震帯.....	3-8
3.3.2	ミャンマーの地震記録.....	3-12
3.3.3	地震活動の原因の特定と地震ハザード評価.....	3-16
3.3.4	地震ハザード評価.....	3-16
3.4	地質状況	3-19

3.4.1	調査目的	3-19
3.4.2	実施内容	3-19
3.4.3	地質調査地点	3-19
3.4.4	地形概況	3-19
3.4.5	地質概況	3-19
3.4.6	地層分類	3-20
3.4.7	ボーリング調査	3-22
3.4.8	室内試験	3-30
3.4.9	液状化	3-32
3.4.10	詳細設計段階での地質調査の必要性	3-45
第4章 鉄道システムのパラメーターと設計条件の概要		
4.1	全般	4-1
4.2	車両限界と建築限界	4-4
4.2.1	現在のMRの車両限界と建築限界	4-4
4.2.2	ヤンゴン・マンダレーPhaseIで提案された車両限界と建築限界	4-5
4.3	列車の軸重	4-7
4.3.1	現在のMRの軸重	4-7
4.3.2	YM-D/D(1)で提案されたMRの列車軸重	4-8
第5章 鉄道計画		
5.1	運転および輸送	5-1
5.1.1	運転および輸送の現状	5-1
5.1.2	将来の運転および輸送	5-6
5.1.3	車両数の決定	5-8
5.1.4	駅構内の配線案	5-9
5.2	線形	5-12
5.2.1	線形の現況	5-12
5.2.2	線形の改善策	5-14
5.3	軌道と路盤	5-35
5.3.1	現在の軌道と路盤の状況	5-35
5.3.2	軌道の問題点と解決方法	5-41
5.3.3	軌道とサブバラストの改善策	5-42
5.3.4	PCまくらぎの生産体制の現状と問題点	5-49
5.3.5	バラストの生産体制の現状と問題点	5-58
5.3.6	軌道・路盤工事の数量及び金額の要約	5-64
5.4	土構造物	5-65
5.4.1	土構造物の現状	5-65
5.4.2	土構造物に関する提案	5-71
5.5	鉄道橋	5-74

5.5.1	既存橋梁の現状	5-74
5.5.2	鉄道橋梁の改良計画	5-95
5.6	跨線橋	5-101
5.6.1	既存跨線橋の現況	5-101
5.6.2	既存跨線橋の今後	5-102
5.7	土木付帯構造物（踏切信号、フェンス等）	5-103
5.7.1	土木付帯構造物の現状	5-103
5.7.2	土木付帯構造物に関する提案	5-106
5.8	信号司令棟と運転指令室（OCC）	5-107
5.8.1	信号司令棟と運転指令室の現状	5-107
5.8.2	フェーズ2の改良方針と設計方針	5-110
5.8.3	詳細設計での必要調査	5-115
5.9	駅舎	5-115
5.9.1	駅舎既存駅舎の調査	5-115
5.9.2	駅舎の現況	5-117
5.9.3	駅舎の改善提案	5-124
5.9.4	駅舎の改修	5-127
5.9.5	詳細設計での必要調査	5-130
5.10	車両計画	5-130
5.10.1	MRの車両の現状	5-131
5.10.2	車両の推奨計画	5-138
5.10.3	車両の調達計画	5-143
5.10.4	現地組立	5-144
5.10.5	将来の車両必要数量	5-156
5.11	車両基地	5-158
5.11.1	MRの車両基地の現状	5-159
5.11.2	車両基地の推奨計画	5-162
5.12	信号設備	5-168
5.12.1	信号設備の現状	5-168
5.12.2	更新計画	5-175
5.13	通信	5-194
5.13.1	通信設備の現状	5-194
5.13.2	本プロジェクトの業務範囲	5-198
5.13.3	無線通信システム改良計画	5-198
5.14	運行監視装置	5-201
5.14.1	運行監視の現状	5-201
5.14.2	更新計画	5-203
5.15	貨物鉄道輸送計画	5-209
5.15.1	鉄道貨物輸送のモード別現状	5-209
5.15.2	鉄道貨物輸送設備の現状	5-210

5.15.3	鉄道貨物輸送設備整備に対する提言	5-216
5.16	電力供給	5-225
5.16.1	電力供給の現状	5-225
5.16.2	電力供給設備の改良計画	5-231
5.17	駅・ターミナル開発計画	5-241
5.17.1	MR が構想する駅・ターミナル開発現計画	5-241
5.17.2	駅・ターミナル開発推奨計画	5-251
5.18	旅客サービス	5-257
5.18.1	旅客サービスの現状	5-257
5.18.2	望ましい旅客サービス改善案	5-259
5.19	工事基本計画	5-264
5.19.1	はじめに	5-264
5.19.2	現況	5-265
5.19.3	各工種の施工順序と関係	5-266
5.19.4	工事工程の検討	5-268
5.19.5	一般施工計画	5-270
5.19.6	安全管理計画	5-274
5.19.7	交通管理計画	5-274
第6章 プロジェクトコストの低減と施工期間の短縮についての検討		
6.1	軌道更新の機械化方式	6-1
6.1.1	「標準機械化工法」と「大型機械化工法」の内容の比較	6-1
6.1.2	「標準機械化工法」と「大型機械化工法」の作業効率の比較	6-3
第7章 運営・維持管理		
7.1	運営・維持管理のための制度整備	7-1
7.1.1	概要	7-1
7.1.2	組織	7-1
7.1.3	維持・補修	7-5
7.1.4	保守業務	7-8
7.2	維持管理費用	7-14
7.2.1	軌道保守の初期費用	7-14
7.2.2	MTT の価格と耐用年	7-14
第8章 環境社会配慮		
8.1	環境影響評価	8-1
8.1.1	序章	8-1
8.1.2	EIA 調査の結果	8-3
8.2	簡易住民移転計画	8-96
8.2.1	簡易住民移転計画の必要性	8-96
8.2.2	ミ国における住民移転と用地取得に関連する法的・政策的枠組み	8-97

8.2.3	住民移転と用地取得の範囲.....	8-105
8.2.4	生活再建支援策（提案）.....	8-124
8.2.5	住民協議結果.....	8-125
8.2.6	A-RAP 実施に係る実施体制.....	8-125
8.2.7	関係機関の役割・責任.....	8-125
8.2.8	苦情処理メカニズム.....	8-126
8.2.9	モニタリング体制.....	8-127
8.2.10	費用と予算.....	8-130
8.2.11	実施スケジュール.....	8-131
8.2.12	詳細設計時の仕様書（Terms of Reference : TOR）.....	8-133
8.2.13	ステークホルダー会議結果.....	8-134
第9章	事業実施計画	
9.1	契約パッケージ.....	9-1
9.1.1	工事契約の考え方.....	9-1
9.1.2	契約パッケージ分け.....	9-2
9.2	実施スケジュール.....	9-2
9.3	調達計画・調達方法の検討.....	9-2
9.3.1	MOTC 及び MR における当該類似業務の調達事情.....	9-2
9.4	現地施工業者のリスト.....	9-8
第10章	事業費積算	
10.1	事業費積算の前提条件.....	10-1
10.1.1	為替レート.....	10-1
10.1.2	物価上昇率.....	10-1
10.1.3	予備費 / スペアパーツ.....	10-2
10.1.4	税率.....	10-2
10.1.5	その他の積算レート.....	10-2
10.1.6	コスト積算基準年月.....	10-2
10.2	積算方法.....	10-2
10.3	パッケージ毎の積算額.....	10-3
10.4	工事種別・パッケージ毎の積算額.....	10-3
10.5	フェーズ2の全体金額.....	10-3
第11章	事業評価	
11.1	概要.....	11-1
11.2	運用・効果指標の検証.....	11-1
11.3	基礎的前提条件.....	11-3
11.3.1	基礎的条件.....	11-3
11.3.2	需要予測.....	11-4
11.4	プロジェクト費用.....	11-6

11.4.1	財務的プロジェクト費用	11-6
11.4.2	経済的プロジェクト費用	11-6
11.4.3	運行及び維持費用	11-7
11.5	経済分析	11-7
11.5.1	目的と評価の方針	11-7
11.5.2	経済便益	11-8
11.5.3	費用便益分析	11-10
11.6	財務分析	11-11
11.6.1	財務分析の目的と評価の方針	11-11
11.6.2	収入予測	11-12
11.6.3	キャッシュフロー分析	11-13
11.6.4	資金計画の分析	11-14
11.7	鉄道回廊開発による誘発経済インパクト	11-15
11.7.1	ヤンゴン-マンダレー線鉄道回廊	11-15
11.7.2	鉄道回廊開発による経済ポテンシャルの増加	11-18
第12章 結論と提言		
12.1	結論	12-1
12.2	提言・留意事項	12-2
12.2.1	詳細設計調査（DD）時における留意事項	12-2
12.2.2	将来の事業実施時における留意事項	12-4
第13章 広報		
13.1	広報資料	13-1
13.2	ビジュアルプレゼンテーション資料の作成	13-1
13.3	リーフレット・冊子の作成・配布	13-1
13.3.1	日本人向け広報	13-2
13.3.2	ミャンマー人向け広報	13-2

図リスト

	ページ
図 1.4.1 調査対象区間	1-3
図 2.2.1 旅客需要推計の作業フロー	2-2
図 2.2.2 貨物需要推計の作業フロー	2-3
図 2.2.3 GDP 予測（ミャンマー全土）	2-3
図 2.2.4 人口予測（ミャンマー全土）	2-4
図 2.2.5 交通機関別の世帯収入分布（2013 年）	2-6
図 2.2.6 世帯収入分布の将来推計結果	2-6
図 2.2.7 ヤンゴン・マンダレー鉄道沿いの将来交通ネットワーク計画.....	2-7
図 2.2.8 ミャンマー全土における将来発生交通量の推計値.....	2-8
図 2.2.9 ミャンマー全土における州／地方域別の将来発生交通量の推計値.....	2-8
図 2.2.10 機関分担の階層	2-10
図 2.2.11 断面旅客量（2023 年：下り方向）	2-11
図 2.2.12 断面旅客量（2023 年：上り方向）	2-12
図 2.2.13 断面旅客量（2030 年：下り方向）	2-12
図 2.2.14 断面旅客量（2030 年：上り方向）	2-13
図 2.2.15 ミャンマー全土における国内貨物量推計結果	2-14
図 2.2.16 交通機関分担の二項選択モデル	2-17
図 3.2.1 ミャンマー サイクロンの経路（Since Nargis）	3-4
図 3.2.2 3 駅における最高水位	3-5
図 3.2.3 タウンゲー・マンダレー間の沿線にあるダム位置図.....	3-7
図 3.2.4 21 か所の河川整備箇所(Source: DWIR).....	3-8
図 3.3.1 ミャンマーの地質構造図	3-10
図 3.3.2 ミャンマーの地震発生地域と活断層	3-11
図 3.3.3 18 世紀から最近のミャンマーの歴史的地震	3-15
図 3.3.4 ミャンマーの地震地域地図	3-18
図 3.4.1 プロジェクト地域の地形図	3-21
図 3.4.2 ボーリング調査箇所	3-23
図 3.4.3 各ボーリング調査地点別の SPT の（N 値）と深さの分布.....	3-25
図 3.4.4 Soil profile through the project area	3-28
図 3.4.5 液状化指数の深度方向の分布	3-34
図 3.4.6 液状化指数の深度方向の分布	3-39
図 3.4.7 液状化指数の結果	3-44
図 4.2.1 現在の MR の車両限界と建築限界	4-4
図 4.2.2 車両限界および建築限界の比較	4-5
図 4.2.3 ハイキューブコンテナと提案された車両限界	4-6
図 4.2.4 提案された車両限界と建築限界	4-7
図 4.3.1 MR の標準軸重配置（H.M.および M.L.）	4-7

図 4.3.2	提案された列車軸重	4-8
図 5.1.1	閉そく票の受領	5-3
図 5.1.2	レイバイ線と渡り線（ターワ駅：フェーズⅠ区間）	5-4
図 5.1.3	タウンゲーOCC	5-4
図 5.1.4	特急列車	5-5
図 5.1.5	DEMU 特急列車の運用ダイヤ案（調査団による案）	5-8
図 5.1.6	特急列車の運用ダイヤ案（調査団による案）	5-9
図 5.1.7	構内配線パターン	5-10
図 5.2.1	半径 500m 未満の曲線の位置	5-13
図 5.2.2	保線区で管理されている曲線台帳	5-14
図 5.2.3	U-IP.1, D-IP.1 の曲線改良	5-25
図 5.2.4	D-IP.22 の曲線改良	5-26
図 5.2.5	U-IP.26, D-IP.29 の曲線改良	5-27
図 5.2.6	D-IP.98, D-IP.99 の曲線改良	5-28
図 5.2.7	D-IP.103 の曲線改良	5-29
図 5.2.8	U-IP.124, D-IP.131 の曲線改良	5-30
図 5.2.9	U-IP.136 の曲線改良	5-31
図 5.2.10	U-IP.160, D-IP.173, U-IP.161, D-IP.174 の曲線改良	5-32
図 5.2.11	U-IP.175, D-IP.188 の曲線改良	5-33
図 5.2.12	橋梁架け替えに伴う橋梁前後の線形改良（No.306 橋梁の例）	5-35
図 5.3.1	路盤とバラストの不良箇所	5-36
図 5.3.2	大きな岩塊	5-37
図 5.3.3	レール端面の破損	5-37
図 5.3.4	レール継ぎ目ボルトの欠落	5-37
図 5.3.5	ピンマナ駅構内の破損された 分岐器	5-38
図 5.3.6	ピンマナ駅構内の破損された 分岐器	5-38
図 5.3.7	212 マイル付近の踏切	5-39
図 5.3.8	212 マイル付近の脱線痕	5-39
図 5.3.9	212 マイル付近の脱線痕	5-39
図 5.3.10	中が空洞になった橋まくらぎ	5-40
図 5.3.11	痛んだ橋まくらぎ	5-40
図 5.3.12	ミョウハン駅貨物基地に入る 引き上げ線	5-40
図 5.3.13	ミョウハン駅貨物基地構内	5-40
図 5.3.14	大量のごみが捨てられた沿線	5-41
図 5.3.15	ゴミが燃やされている ネピドー駅構内	5-41
図 5.3.16	列車設計荷重	5-43
図 5.3.17	現在の MR 軌道標準断面	5-45
図 5.3.18	直線区間における軌道標準断面	5-46
図 5.3.19	曲線区間における軌道標準断面	5-46
図 5.3.20	レール締結装置の盗難多発区間	5-48

図 5.3.21	FD クリップ構造概略図	5-48
図 5.3.22	FD クリップ設置作業	5-49
図 5.3.23	FD クリップ設置の軌道	5-49
図 5.3.24	MR 直営の PC まくらぎ 9 工場	5-50
図 5.3.25	生産ライン	5-50
図 5.3.26	まくらぎの型枠	5-50
図 5.3.27	PC 鋼線緊張装置	5-50
図 5.3.28	PC 鋼より線 (ストランド)	5-50
図 5.3.29	貨車積込用門型クレーン	5-51
図 5.3.30	PC まくらぎ工場のレイアウト	5-52
図 5.3.31	PC まくらぎの生産サイクル (1).....	5-53
図 5.3.32	PC まくらぎの生産サイクル (2).....	5-53
図 5.3.33	JIS 50N 用の型枠 (中国製)	5-56
図 5.3.34	まくらぎ載荷試験機	5-56
図 5.3.35	バッチャープラント (中国製)	5-56
図 5.3.36	コンクリー打設用ホッパー	5-56
図 5.3.37	完成した PC まくらぎの端面	5-57
図 5.3.38	貯積された PC まくらぎ	5-58
図 5.3.39	碎石製造機	5-59
図 5.3.40	ふるいの鉄板	5-59
図 5.3.41	碎石採集場	5-59
図 5.3.42	道路の状況	5-59
図 5.3.43	駅隣接の碎石製造工場	5-60
図 5.3.44	碎石製造機	5-60
図 5.3.45	碎石採掘場	5-60
図 5.3.46	碎石製造機	5-61
図 5.3.47	碎石採掘場	5-61
図 5.3.48	碎石試験結果表の例	5-63
図 5.4.1	盛土の現況	5-66
図 5.4.2	盛土の断面欠損 (Mile 44)	5-67
図 5.4.3	浸食防止の Stone pitching (Mile 357)	5-67
図 5.4.4	標準の施工基面	5-69
図 5.4.5	盛土の追加断面とバラスト補充 Mile 44 地点.....	5-69
図 5.4.6	浸食の影響 (沈下)	5-70
図 5.4.7	軟弱地盤における地滑りによる沈下	5-70
図 5.4.8	盛土の修復 Mile 44 地点.....	5-71
図 5.4.9	碎石による覆工 (Stone Pitching)	5-72
図 5.4.10	碎石による覆工と移動防止杭	5-73
図 5.5.1	上部構造	5-75
図 5.5.2	下部構造	5-76

図 5.5.3	不安定な沓構造 (Bridge No.325)	5-82
図 5.5.4	桁遊間の縮小	5-83
図 5.5.5	軌道下横構の変形 (Bridge No.384)	5-83
図 5.5.6	浸水による腐食 (Bridge No.291)	5-84
図 5.5.7	仮設材による桁支持	5-84
図 5.5.8	建築限界に対する橋門構の干渉 (Bridge No.373)	5-85
図 5.5.9	改築された橋門構 (Bridge No.529)	5-85
図 5.5.10	沓の不備 (Bridge No.718)	5-86
図 5.5.11	軌道下横桁の腐食・断面欠損	5-86
図 5.5.12	軌道下横桁の変形 (Bridge No.373)	5-87
図 5.5.13	格点部の充填物 (Bridge No.306)	5-87
図 5.5.14	その他の構造部材の損傷 (Bridge No.683)	5-88
図 5.5.15	使用材料や施工の不良による耐久性低下 (Bridge No.270)	5-88
図 5.5.16	モルタル等による桁の表面被覆 (Bridge No.436)	5-89
図 5.5.17	桁遊間部からのバラスト流出 (Bridge No.586)	5-89
図 5.5.18	下部工躯体の老朽化および経年劣化に伴う構造的不安定性.....	5-90
図 5.5.19	下部工基礎の支持力不足に伴う構造的不安定性.....	5-91
図 5.5.20	モルタル等による表面被覆 (Bridge No.527)	5-91
図 5.5.21	流水による基礎周辺部の洗掘 (Bridge No.691)	5-92
図 5.5.22	洗掘防止工 (Bridge No.699)	5-92
図 5.5.23	洗掘による損傷の発生 (Bridge No.588)	5-92
図 5.5.24	杭基礎の損傷 (Bridge No.719)	5-93
図 5.5.25	コンクリート充填鋼管式橋脚の老朽化および経年劣化.....	5-93
図 5.5.26	桁かかり長の不足	5-94
図 5.5.27	翼壁・擁壁の老朽化および経年劣化に伴う構造的不安定性.....	5-94
図 5.5.28	盛土材・バラスト材の流出	5-95
図 5.5.29	コンクリート桁橋 (2000年以降に建設された橋梁の例)	5-96
図 5.5.30	既設橋台間でのボックスカルバート建設	5-97
図 5.5.31	Type-1 (既設橋台背面への新設橋台設置タイプ)	5-98
図 5.5.32	Type-2 (既設橋台位置への新設橋台設置タイプ)	5-99
図 5.5.33	プレキャストフューム管による施工	5-99
図 5.5.34	プレキャスト部材による並列施工	5-100
図 5.6.1	跨線橋	5-102
図 5.6.2	建築限界	5-103
図 5.7.1	有人踏切	5-104
図 5.7.2	無人踏切	5-105
図 5.7.3	レンガ積タイプおよび金網タイプ	5-106
図 5.8.1	信号司令棟	5-108
図 5.8.2	運転指令室	5-108
図 5.8.3	損傷の著しい通信機器室	5-110

図 5.8.4	信号司令棟 タイプ 3	5-112
図 5.8.5	信号司令棟 タイプ 2	5-112
図 5.8.6	信号司令棟 タイプ 1	5-113
図 5.9.1	ターガヤ駅	5-118
図 5.9.2	ニャウヤン駅	5-118
図 5.9.3	不同沈下	5-118
図 5.9.4	基礎のクラック	5-118
図 5.9.5	プイーウン駅	5-119
図 5.9.6	タージイー駅の鉄骨構造部	5-119
図 5.9.7	シャンユア駅の天井崩落	5-119
図 5.9.8	インギンガン駅のクラック	5-119
図 5.9.9	マンダレー駅	5-120
図 5.9.10	コンクリートの剥離	5-120
図 5.9.11	プラットフォーム照明設備	5-121
図 5.9.12	配電及びコンセント設備	5-121
図 5.9.13	井戸	5-121
図 5.9.14	消火設備	5-121
図 5.9.15	駅舎事務室	5-122
図 5.9.16	チケットカウンター	5-122
図 5.9.17	公衆トイレ	5-123
図 5.9.18	売店	5-123
図 5.9.19	時刻表	5-123
図 5.9.20	駅名板	5-123
図 5.9.21	プラットフォームの現況	5-124
図 5.9.22	改良コンセプト	5-124
図 5.9.23	通路幅員	5-125
図 5.9.24	車椅子用スロープ	5-125
図 5.9.25	警告ブロック	5-125
図 5.9.26	サイン	5-126
図 5.9.27	駅名表示板と案内表示板	5-126
図 5.9.28	照明灯	5-127
図 5.9.29	駅トイレ	5-127
図 5.9.30	倒壊の可能性がある駅舎	5-128
図 5.9.31	プラットフォーム屋根の改良	5-130
図 5.10.1	RBE2526 号 車内座席配置	5-132
図 5.10.2	RBE3045 号 車両の様子	5-133
図 5.10.3	12272 号客車 図面 (座席配置)	5-134
図 5.10.4	12272 客車 車内座席配置	5-134
図 5.10.5	DF2000 型機関車 (中国製)	5-135
図 5.10.6	中国製客車 (Ordinary クラス) 図面 (座席配置)	5-136

図 5.10.7	中国製客車 車両の様子	5-136
図 5.10.8	11 列車の編成	5-137
図 5.10.9	11 列車への乗車調査	5-138
図 5.10.10	提案する特急タイプの車両編成	5-139
図 5.10.11	提案する特急タイプの座席配置	5-139
図 5.10.12	運転台付電動車の座席配置	5-141
図 5.10.13	中間電動車の座席配置	5-142
図 5.10.14	近郊タイプの 6 両編成案	5-142
図 5.10.15	近郊タイプの 3 両編成案	5-142
図 5.10.16	近郊タイプの 2 両編成案	5-143
図 5.10.17	作業範囲（赤字）	5-145
図 5.10.18	現在のネピドー機関車製造工場の様子	5-146
図 5.10.19	ネピドー機関車工場のレイアウト	5-147
図 5.10.20	施工手順、施工場所と作業イメージ	5-149
図 5.10.21	ネピドー機関車製造新工場と車両基地の位置関係	5-150
図 5.10.22	施工工程（60 両の場合）	5-152
図 5.10.23	施工体制（案）	5-153
図 5.10.24	現地組立を含めた全体スケジュール（案）	5-154
図 5.10.25	需要予測結果からみたMRの旅客数の推移	5-157
図 5.10.26	必要車両数の推移	5-158
図 5.11.1	調査団が提案した運行計画	5-159
図 5.11.2	機関車と RBE のための車両基地（ピンマナ車両基地）の設備例	5-160
図 5.11.3	客車のための車両基地（マンダレー客車車両基地）の設備例	5-161
図 5.11.4	MR が所有する客車のトイレの特徴	5-161
図 5.11.5	貨車のための車両基地（ミョウハウ車両基地の検査ピットとリフティング ジャッキ）の設備例	5-161
図 5.11.6	ネピドー地区の車両基地候補地	5-164
図 5.11.7	マンダレー地区の車両基地候補地	5-165
図 5.11.8	ネピドー車両基地の整備計画のイメージ	5-166
図 5.11.9	新マンダレー車両基地の整備計画のイメージ	5-167
図 5.12.1	電子連動装置	5-169
図 5.12.2	継電連動制御盤	5-169
図 5.12.3	機械連動装置	5-170
図 5.12.4	ミョウハウ駅信号扱所	5-171
図 5.12.5	腕木式信号機	5-172
図 5.12.6	転てつ装置	5-172
図 5.12.7	踏切設備	5-173
図 5.12.8	軌道の状態	5-174
図 5.12.9	既設通信設備	5-175
図 5.12.10	連動装置構成図	5-177

図 5.12.11	自動閉そく区間の現示系統図（半重複式）	5-179
図 5.12.12	信号機配置図（案）	5-179
図 5.12.13	信号機建植位置	5-180
図 5.12.14	電源系統図	5-182
図 5.12.15	信号システム更新計画（ピュンタザ～ネピドー間）	5-190
図 5.12.16	信号システム更新計画（キョーダウンカン～マンダレー）	5-191
図 5.13.1	光ファイバーケーブル（OFC）	5-194
図 5.13.2	OFC（架空式）	5-195
図 5.13.3	既存の伝送装置	5-195
図 5.13.4	一般駅の通信設備	5-196
図 5.13.5	アンテナ設備	5-196
図 5.13.6	駅及び踏切小屋の通信設備	5-196
図 5.13.7	中央 OCC の通信設備	5-197
図 5.13.8	既存無線通信システム構成	5-197
図 5.13.9	新無線通信システム構成	5-199
図 5.13.10	通常時に於ける無線通信システムの通話経路	5-200
図 5.13.11	通信機器室の損傷状況	5-201
図 5.14.1	運転指令室の現状	5-203
図 5.14.2	TMS 装置構成図	5-204
図 5.14.3	OCC 系統図	5-204
図 5.14.4	OCC 制御範囲図 (a) バゴ－OCC	5-205
図 5.14.5	OCC 制御範囲図 (b) タウンゲーOCC	5-205
図 5.14.6	OCC 制御範囲図 (c) タージューOCC	5-206
図 5.14.7	OCC 制御範囲図 (d) マンダレーOCC	5-206
図 5.14.8	システム更新計画図 (a) ピュンタザ～ネピドー	5-207
図 5.14.9	システム更新計画図 (b) キョーダウンカン～マンダレー	5-208
図 5.15.1	一般貨物列車	5-209
図 5.15.2	国際海上コンテナ輸送	5-210
図 5.15.3	ピンマナ駅の現状	5-211
図 5.15.4	ユアード駅での荷役	5-211
図 5.15.5	ネピドー駅の現状	5-212
図 5.15.6	タージュー駅の現状	5-213
図 5.15.7	パツレ駅の現状	5-213
図 5.15.8	ミインゲドライポート工事進捗	5-214
図 5.15.9	ミョウハウ駅構内荷役区域詳細	5-215
図 5.15.10	ミョウハウ駅の現状	5-216
図 5.15.11	着発線荷役の例（土浦駅：日本）	5-216
図 5.15.12	ピンマナ駅裏	5-217
図 5.15.13	ユアード駅整備計画	5-218
図 5.15.14	タージュー地区の西瓜	5-219

図 5.15.15	タージィー駅整備計画	5-220
図 5.15.16	ミョウハウン駅整備計画 (1).....	5-221
図 5.15.17	ミョウハウン駅整備計画 (2).....	5-221
図 5.15.18	海上コンテナ暫定輸送状況	5-223
図 5.16.1	信号および踏切設備の現状	5-228
図 5.16.2	ネピドー駅の電源系統略図	5-229
図 5.16.3	ネピドー車両基地の電源設備	5-230
図 5.16.4	ネピドー車両製造工場（建設中）	5-231
図 5.16.5	ミョウハウン駅の電源設備	5-231
図 5.16.6	50 駅の電源構成	5-234
図 5.16.7	駅間踏切の電源構成	5-234
図 5.16.8	ネピドー駅の電源系統略図（改良後）	5-238
図 5.17.1	マンダレーとミョウハウン両駅の位置関係	5-242
図 5.17.2	マンダレー駅現況配線略図	5-243
図 5.17.3	ミョウハウン駅現況配線略図	5-244
図 5.17.4	本事業と駅・ターミナル開発	5-246
図 5.17.5	マンダレー駅将来配線案略図	5-247
図 5.17.6	マンダレー駅整備イメージ図	5-248
図 5.17.7	ミョウハウン駅将来配線案略図	5-248
図 5.17.8	ミョウハウン駅旅客扱い現況図	5-249
図 5.17.9	橋上駅と「地平駅舎＋構内跨線橋」のイメージ図.....	5-249
図 5.17.10	駅前広場アクセス道路代替案イメージ図	5-250
図 5.17.11	橋上駅位置代替案図	5-251
図 5.17.12	マンダレーエリア幹線道路図	5-252
図 5.17.13	マンダレーエリアのバスターミナルの分布	5-253
図 5.17.14	本事業期間後マンダレー駅エリア長期計画イメージ図.....	5-255
図 5.17.15	ミョウハウン駅橋上駅舎と駅前広場位置図	5-256
図 5.17.16	駅前広場アクセセルルート	5-256
図 5.17.17	ミョウハウン駅付近の鉄道交差幹線道路の位置.....	5-257
図 5.18.1	ヤンゴン駅南側 前売り発券カウンター入口	5-259
図 5.18.2	ヤンゴン駅 前売り発券カウンター	5-259
図 5.18.3	ネピドー駅 32DN 列車 座席台帳.....	5-260
図 5.18.4	日本の列車予約システムの例	5-260
図 5.18.5	列車予約システム模式図	5-263
図 5.18.6	ヤンゴン駅 電光掲示板	5-263
図 5.18.7	日本の旅客案内設備の例（LCD）	5-263
図 5.18.8	日本の旅客案内設備の例（LED）	5-264
図 5.19.1	軌道内現況	5-265
図 5.19.2	駅までの侵入路状況	5-265
図 5.19.3	木製床版の橋梁	5-266

図 5.19.4	各工種の施工順序と関係	5-267
図 5.19.5	概略工程表	5-269
図 5.19.6	工事用道路標準図	5-271
図 6.1.1	作業フローチャート	6-2
図 6.1.2	工事必要施工月数	6-5
図 7.1.1	ミャンマー国鉄の組織図	7-2
図 7.1.2	現状の維持管理組織	7-3
図 7.1.3	既存鉄道の上下分離の例	7-4
図 7.1.4	コンセッション契約の例	7-5
図 7.1.5	軌道変位（狂い）	7-7
図 7.1.6	軌道検測車の例	7-10
図 7.1.7	軌道検測車の例	7-11
図 8.1.1	IEE 事業、EIA 事業における許認可プロセスと審査期間	8-2
図 8.1.2	沿線タウンシップにおける教育水準	8-19
図 8.1.3	高度マップ（バゴー地域）	8-24
図 8.1.4	高度マップ（マンダレー地域）	8-25
図 8.1.5	土壌図（バゴー地域）	8-27
図 8.1.6	土壌図（マンダレー地域）	8-27
図 8.1.7	タウンゲアの月別降雨量（2016年）	8-28
図 8.1.8	Pyinmana の月別降雨量（2016年）	8-29
図 8.1.9	マンダレーの月別降雨量（2016年）	8-29
図 8.1.10	ミンゲ（Myitnge）川、ゾージ（Zawgyi）川と本対象地域の位置	8-30
図 8.1.11	ミャンマーにおける自然保護区	8-32
図 8.1.12	大気測定地点	8-50
図 8.1.13	A-1 での風向、風速	8-54
図 8.1.14	A-2 での風向、風速	8-55
図 8.1.15	A-3 での風向、風速	8-57
図 8.1.16	水質調査地点	8-58
図 8.1.17	騒音・振動測定地点	8-61
図 8.1.18	騒音測定結果（A-1）	8-63
図 8.1.19	騒音測定結果（A-2）	8-63
図 8.1.20	騒音測定結果（A-3）	8-64
図 8.1.21	振動測定結果（A-1）	8-65
図 8.1.22	振動測定結果（A-2）	8-65
図 8.1.23	振動測定結果（A-3）	8-66
図 8.1.24	生態系調査地点とプロットの設置方法（Myohaung）	8-67
図 8.1.25	実施体制図（施工段階）	8-91
図 8.1.26	実施体制図（運営維持管理段階）	8-91
図 8.2.1	影響が予想される場所（橋梁改修）	8-96
図 8.2.2	影響が予想される家屋の位置（ミョウハン駅改良）	8-96

図 8.2.3	影響が予想される場所（線形改良計画）	8-96
図 8.2.4	ミャンマーにおける用地取得の流れ	8-99
図 8.2.5	カットオフデート宣言のレター（MR から発行）	8-105
図 8.2.6	カットオフ宣言のレターと駅での掲示	8-105
図 8.2.7	影響する物件（橋梁改修）	8-113
図 8.2.8	影響する物件（ミョウハン基地改良計画）	8-114
図 8.2.9	影響する物件（線形の改良計画）	8-115
図 8.2.10	苦情処理メカニズム（提案）	8-127
図 8.2.11	A-RAP モニタリングシステム	8-128
図 11.7.1	タウンゲー〜マンダレー間における都市/地方人口の分布	11-16
図 11.7.2	州/地域の成長貢献度	11-17
図 11.7.3	ミャンマー経済における GDP 部門構成	11-17

表リスト

	ページ
表 1.5.1	調査の項目1-3
表 2.1.1	YM(1)-F/S で推計された旅客需要2-1
表 2.1.2	YM(1)-F/S で推計された貨物需要2-2
表 2.2.1	州／地方域別 GRDP の予測値.....2-4
表 2.2.2	州／地方域別の人口予測値2-5
表 2.2.3	一人当たり GDP の予測値2-5
表 2.2.4	機関分担モデルのパラメーター2-10
表 2.2.5	ヤンゴン・マンダレー鉄道沿線における交通機関分担（鉄道改良無）2-10
表 2.2.6	ヤンゴン・マンダレー鉄道沿線における交通機関分担（鉄道改良有）2-11
表 2.2.7	品目別の GDP 弾性係数2-14
表 2.2.8	ミャンマーにおける将来貨物量推計結果2-15
表 2.2.9	貨物発生・集中量の GRDP に対する弾性係数2-16
表 2.2.10	機関分担モデルパラメーター（ステップ1：海運-内陸輸送）2-18
表 2.2.11	機関分担モデルパラメーター（ステップ2：内陸水運-陸上交通）2-18
表 2.2.12	機関分担モデルパラメーター（ステップ3：鉄道-トラック）2-19
表 2.2.13	ヤンゴン・マンダレー鉄道沿線の貨物機関分担（鉄道改良無）2-19
表 2.2.14	ヤンゴン・マンダレー鉄道沿線の貨物機関分担（鉄道改良有）2-20
表 2.2.15	品目別駅間貨物量（2023年：下り方向）2-20
表 2.2.16	品目別駅間貨物量（2023年：上り方向）2-21
表 2.2.17	品目別駅間貨物量（2030年：下り方向）2-21
表 2.2.18	品目別駅間貨物量（2030年：上り方向）2-22
表 3.2.1	7観測点における最高気温および最低気温（2006年～2016年）3-2
表 3.2.2	7駅の観測点最高降水量および最低降水量（2006年～2016年）3-3
表 3.2.3	サイクロンのコースと強度3-3
表 3.2.4	水位の歴史的記録3-5
表 3.2.5	聞き取り調査と洪水痕の調査の実施箇所3-6
表 3.3.1	ミャンマーにおける地震の概要3-12
表 3.3.2	ミャンマーの歴史的地震3-12
表 3.4.1	ボーリング試験の総量3-22
表 3.4.2	室内試験の総量3-31
表 3.4.3	各ボーリング孔の地表面最大加速度3-32
表 3.4.4	液化条件の可能性3-33
表 3.4.5	詳細設計段階に必要な地質調査3-45
表 4.1.1	フェーズIIプロジェクトの鉄道改良計画4-1
表 5.1.1	区間別の最高速度（現行）5-2
表 5.1.2	特急列車の到達時分（ヤンゴン・マンダレー間）5-5
表 5.1.3	ローカル列車（ヤンゴン・マンダレー線）5-5

表 5.1.4	フェーズ2における必要車両数（調査団による案）	5-8
表 5.1.5	フェーズ2における列車運転本数（表 5.1.4に基づく案）	5-9
表 5.1.6	駅配線案の内訳	5-10
表 5.2.1	曲線の数（タウンゲー駅～マンダレー駅間）	5-12
表 5.2.2	曲線上の速度制限	5-15
表 5.2.3	線形計画の設計基準	5-15
表 5.2.4	線形改良後の曲線数	5-16
表 5.2.5	平面線形の改良計画（1/7）	5-17
表 5.2.6	平面線形の改良計画（2/7）	5-18
表 5.2.7	平面線形の改良計画（3/7）	5-19
表 5.2.8	平面線形の改良計画（4/7）	5-20
表 5.2.9	平面線形の改良計画（5/7）	5-21
表 5.2.10	平面線形の改良計画（6/7）	5-22
表 5.2.11	平面線形の改良計画（7/7）	5-23
表 5.2.12	速度制限が必要な曲線（DEMU）	5-24
表 5.2.13	架け替え橋梁リスト	5-34
表 5.3.1	現況の軌道構造、軌道線形の仕様	5-35
表 5.3.2	軸重別の各レール曲げ応力度	5-42
表 5.3.3	本線の軌道構造の諸元	5-43
表 5.3.4	主要諸元	5-44
表 5.3.5	曲線における速度制限	5-44
表 5.3.6	分岐器における速度制限	5-45
表 5.3.7	バラスト生産能力の現状	5-62
表 5.3.8	軌道・路盤工事の数量・金額要約表	5-64
表 5.5.1	調査橋梁（その1）	5-78
表 5.5.2	調査橋梁（その2）	5-79
表 5.5.3	調査橋梁（その3）	5-80
表 5.5.4	調査橋梁（その4）	5-81
表 5.5.5	2000年以降に建設された橋梁リスト	5-97
表 5.7.1	タウンゲー～マンダレー間の踏切数	5-104
表 5.8.1	通信機器室の状況	5-109
表 5.8.2	信号司令棟一覧	5-111
表 5.8.3	信号司令棟の費用	5-113
表 5.8.4	踏切小屋の設置場所	5-114
表 5.8.5	踏切小屋の費用	5-115
表 5.8.6	必要検討項目一覧	5-115
表 5.9.1	駅舎のタイプと設備	5-116
表 5.9.2	駅の諸室	5-122
表 5.9.3	駅の設備施設	5-122
表 5.9.4	需要予測における各駅の乗降旅客数	5-129

表 5.9.5	駅舎の建設費用	5-129
表 5.9.6	改善設備の建設費用	5-129
表 5.9.7	必要検討項目一覧	5-130
表 5.10.1	提案する特急タイプ車両の乗客定員	5-139
表 5.10.2	特急タイプの車両主要諸元	5-140
表 5.10.3	近郊タイプの車両の仕様概要	5-141
表 5.10.4	近郊タイプ車両の編成案の比較表	5-143
表 5.10.5	車両調達スケジュール	5-144
表 5.10.6	整備される予定の主な設備リスト	5-151
表 5.10.7	追加整備を必要と見込む設備リスト	5-151
表 5.10.8	現地組立を含めた車両調達全体コスト	5-154
表 5.10.9	現地組立コスト	5-155
表 5.10.10	必要車両数	5-157
表 5.11.1	MR の車両基地の機能一覧	5-160
表 5.11.2	DEMU の運行に必要な主な設備	5-162
表 5.11.3	YM-D/D(1)における車両基地の必要能力	5-162
表 5.11.4	YM における各車両基地の計画	5-162
表 5.11.5	YM における各車両基地の設備計画の数量	5-163
表 5.11.6	ネピドー地区の車両基地候補地の評価	5-164
表 5.11.7	マンダレー地区の車両基地候補地の評価	5-165
表 5.11.8	ミョウハウ車両基地で行っている機関車と貨車の検査に必要な設備	5-167
表 5.12.1	保守要員配置	5-174
表 5.12.2	改良踏切一覧表	5-184
表 5.12.3	各駅の信号設備の一覧	5-192
表 5.12.4	各駅の信号設備の一覧	5-193
表 5.16.1	各駅の受電設備	5-226
表 5.16.2	各車両基地の受電設備	5-230
表 5.16.3	各駅の接続距離及び変圧器	5-236
表 5.16.4	EG の条件	5-239
表 5.16.5	車両基地負荷と変圧器容量概要	5-240
表 5.16.6	関連する電力公社	5-241
表 5.17.1	各項目の時系列整理	5-246
表 5.17.2	橋上駅と「地平駅舎＋構内跨線橋」比較評価表	5-250
表 5.17.3	駅前広場アクセス道路代替案比較評価表	5-250
表 5.17.4	橋上駅舎位置代替案比較評価表	5-251
表 5.17.5	マンダレーのバスターミナル	5-252
表 5.17.6	駅前広場の概要	5-254
表 5.17.7	想定する駅前広場施設規模	5-254
表 5.17.8	想定する駅商業施設	5-255
表 5.19.1	工事用道路概算距離表（工区別）	5-271

表 5.19.2	施工基地候補リスト	5-273
表 6.1.1	2種類の工事方法による 軌道工事速度の比較および土木工事の速度	6-3
表 6.1.2	2種類の工事方法における必要施工月数	6-4
表 6.1.3	2工法のコスト比較	6-6
表 6.1.4	標準機械化工法と大型機械化工法の比較総括要約表	6-7
表 7.1.1	主要 6 部門の役割	7-2
表 7.1.2	ヤンゴン・マンダレー鉄道各 Division の区分	7-3
表 7.1.3	運転及び軌道の施設更新前と更新後を比較	7-6
表 7.1.4	軌道の整備目標値の例	7-7
表 7.1.5	軌道の整備基準値の例	7-7
表 7.1.6	列車動揺測定の実験目標値の例	7-8
表 7.1.7	軌道の計算条件	7-8
表 7.1.8	2023 年の運転速度と運転本数（ヤンゴンーバゴ間、上り）	7-8
表 7.1.9	2030 年の運転速度と運転本数（ヤンゴンーバゴ間、上り）	7-9
表 7.1.10	軌道検測車の測定頻度の例	7-10
表 7.1.11	MTT の時間あたりの作業量	7-11
表 7.1.12	MTT による突き固め作業の頻度の例	7-12
表 7.1.13	MTT の必要台数の試算結果	7-12
表 7.1.14	MTT 作業に必要な作業員数	7-13
表 7.1.15	分岐器と他の軌道施設の検査の概要	7-14
表 7.2.1	保線用機器の価格例表	7-14
表 8.1.1	ミャンマーにおける環境社会配慮に関わる法制度	8-3
表 8.1.2	事業の環境カテゴリ分類（鉄道事業）	8-7
表 8.1.3	ミャンマーの国内法令・政策と JICA 環境社会配慮ガイドライン・WB OP 4.12 との比較	8-12
表 8.1.4	環境社会配慮に関係する機関の役割	8-15
表 8.1.5	沿線タウンシップごとの面積と人口（タウンゲー-マンダレー）	8-16
表 8.1.6	沿線タウンシップごとの宗教（タウンゲー-マンダレー）	8-17
表 8.1.7	沿線タウンシップごとの民族	8-17
表 8.1.8	沿線タウンシップにおける就業・失業状況	8-18
表 8.1.9	沿線タウンシップにおける教育水準	8-19
表 8.1.10	沿線タウンシップで見られる病気と HIV/AIDS の患者数	8-20
表 8.1.11	沿線タウンシップで利用可能な交通手段	8-21
表 8.1.12	マンダレー市の廃棄物管理システム	8-23
表 8.1.13	沿線のタウンシップにおける土地利用状況	8-31
表 8.1.14	ミャンマーにおける自然保護区	8-33
表 8.1.15	ネピドー、マンダレーでの大気の状態（2014 年）	8-34
表 8.1.16	Nga Leik Stream の水質（2014 年）	8-34
表 8.1.17	ネピドー、マンダレーにおける騒音レベル（2014 年）	8-35
表 8.1.18	代替案の比較、検討	8-37

表 8.1.19	スコーピングの結果	8-40
表 8.1.20	環境社会配慮調査の TOR	8-45
表 8.1.21	PAPs の年齢、性別（橋梁架替地域）	8-46
表 8.1.22	PAPs の年齢、性別（Myohaung デポ開発予定地）	8-46
表 8.1.23	PAPs の年齢、性別（線形変更及び線路改良場所）	8-47
表 8.1.24	PAPs の職業、収入、支出状況（橋梁架替地域）	8-47
表 8.1.25	PAPs の職業、収入、支出状況（Myohaung デポ開発予定地）	8-47
表 8.1.26	PAPs の職業、収入、支出状況（線形変更及び線路改良場所）	8-48
表 8.1.27	PAPs の民族、宗教、教育水準	8-48
表 8.1.28	大気測定地点	8-49
表 8.1.29	大気測定機材	8-50
表 8.1.30	大気質の測定結果	8-52
表 8.1.31	A-1～A-3 における気温と湿度	8-57
表 8.1.32	水質調査地点	8-57
表 8.1.33	水質調査機材	8-58
表 8.1.34	水質調査の結果	8-60
表 8.1.35	騒音測定機材	8-61
表 8.1.36	振動測定機材	8-62
表 8.1.37	騒音測定結果	8-62
表 8.1.38	振動測定結果	8-64
表 8.1.39	確認された植物種のリスト	8-68
表 8.1.40	タウンゲーで確認された鳥類	8-70
表 8.1.41	タウンゲーで確認された蝶	8-70
表 8.1.42	デポ開発予定地（ネピドー）で確認された鳥類	8-71
表 8.1.43	デポ開発予定地（ネピドー）で確認された蝶	8-71
表 8.1.44	デポ開発予定地（ネピドー）で確認されたトンボ	8-72
表 8.1.45	デポ開発予定地（Myohaung）で確認された鳥類	8-72
表 8.1.46	デポ開発予定地（Myohaung）で確認された蝶	8-73
表 8.1.47	デポ開発予定地（Myohaung）で確認されたトンボ	8-73
表 8.1.48	環境影響評価結果	8-74
表 8.1.49	事業による影響の緩和策	8-80
表 8.1.50	環境モニタリング計画	8-85
表 8.1.51	ステークホルダー協議の概要（スコーピング段階）	8-94
表 8.1.52	ステークホルダー協議の概要（EIA 報告書（案）の作成段階）	8-95
表 8.2.1	JICA ガイドラインとミャンマー法令との比較	8-101
表 8.2.2	用地取得と住民移転に係る機関の役割	8-103
表 8.2.3	影響世帯の概要	8-106
表 8.2.4	被影響者数と影響物件数	8-106
表 8.2.5	住民移転の可能性がある世帯数・住民数	8-107
表 8.2.6	被影響住民数と影響する物件数（橋梁改修）	8-107

表 8.2.7	被影響住民数と影響する物件数（ミョウハン基地改良）	8-108
表 8.2.8	被影響住民数と影響する物件数（線形改良）	8-108
表 8.2.9	家族の年齢・性別	8-109
表 8.2.10	職業・収入・支出	8-109
表 8.2.11	民族・宗教・就学レベル	8-109
表 8.2.12	家族の年齢・性別	8-110
表 8.2.13	職業・収入・支出	8-110
表 8.2.14	民族・宗教・就学レベル	8-111
表 8.2.15	家族の年齢・性別	8-111
表 8.2.16	職業・収入・支出	8-111
表 8.2.17	民族・宗教・就学レベル	8-112
表 8.2.18	エンタイトルメント・マトリックス	8-117
表 8.2.19	影響家屋の見積り（タイプ1）	8-119
表 8.2.20	影響家屋の見積り（タイプ2）	8-119
表 8.2.21	影響家屋の見積り（タイプ3）	8-120
表 8.2.22	ブロック塀建設の見積り	8-120
表 8.2.23	アクセス道路建設の見積り	8-121
表 8.2.24	家屋のタイプ	8-121
表 8.2.25	移転・収用に係る補償の見積り（橋梁改修）	8-122
表 8.2.26	家屋のタイプ	8-122
表 8.2.27	移転・収用に係る補償の見積り（基地改良）	8-123
表 8.2.28	家屋のタイプ	8-123
表 8.2.29	移転・収用に係る補償の見積り（基地改良）	8-124
表 8.2.30	A-RAP 実施に係る関係機関	8-126
表 8.2.31	モニタリングシート（サンプル）	8-129
表 8.2.32	A-RAP 実施予算	8-130
表 8.2.33	A-RAP 実施スケジュール案	8-132
表 8.2.34	ステークホルダー会議	8-134
表 9.3.1	2014 年以降の MR 直営工事の実績 その 1/2	9-5
表 9.3.2	2014 年以降の MR 直営工事の実績 その 2/2	9-6
表 9.4.1	List of Local Contractor	9-9
表 11.2.1	鉄道事業に対する運用・効果指標の適用例	11-2
表 11.2.2	運用・効果指標（フェーズ1）	11-3
表 11.2.3	運用・効果指標（フェーズ2）	11-3
表 11.3.1	需要予測による設定条件	11-4
表 11.3.2	全輸送モードの輸送人・時推計結果	11-5
表 11.3.3	全輸送モードの輸送人・キロ推計結果	11-5
表 11.5.1	VOC、TTC の単位費用パラメータ	11-9
表 11.5.2	費用便益分析要約	11-10
表 11.5.3	感度分析の結果	11-11

表 11.6.1	鉄道収入推計結果	11-13
表 11.6.2	財務的キャッシュフロー分析の要約	11-13
表 11.6.3	感度分析結果	11-14
表 11.6.4	資金計画のケース設定	11-14
表 11.6.5	資金計画ケース別キャッシュフローの結果	11-15
表 11.7.1	プロジェクトによる Y_M 鉄道回廊の開発ポテンシャル増加	11-19
表 12.2.1	環境社会配慮上の要求事項	12-3
表 13.2.1	ビジュアルプレゼンテーション資料の PR 項目	13-1

プロジェクト位置図

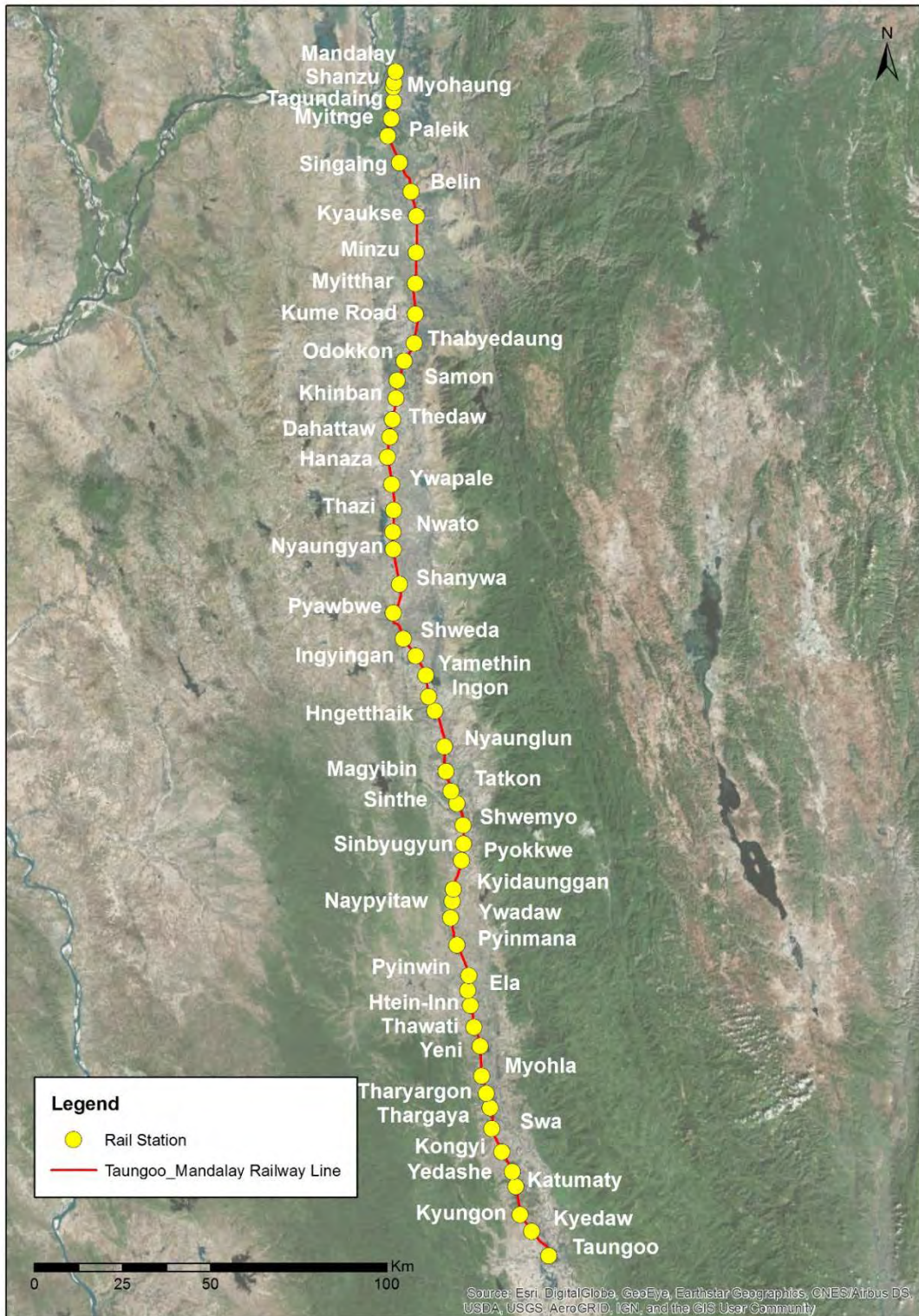
Yangon Mandalay Railway Improvement Project (Phase II)



出典：JICA 調査団



Republic of the Union of Myanmar



出典：JICA 調査団

ヤンゴン・マンダレー鉄道フェーズII 駅位置図

略語表

No.	Abbreviation	English	日本語
1	AASHTO	American Association of State Highway and Transportation	米国全州道路交通運輸行政官協会
2	AB	Absolute Block System	駅間閉そく装置
3	ABS	Automatic Block System	自動閉そくシステム
4	AC	Alternating Current	交流
5	ACSR	Aluminium Conductors Steel Reinforced	鋼心アルミ撚り線
6	ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
7	ADPC	Asia Disaster Reduction Center	アジア防災センター
8	AEC	ASEAN Economic Community	アセアン経済共同体
9	ARAP	Abbreviated Resettlement Action. Plan	簡易住民移転計画
10	AREMA	American Railway Engineering and Maintenance Way Association	米国鉄道工学&保線協会
11	ARP	Abbreviated Resettlement Plan	簡易移転計画
12	ASEAN	Association of South-East Asian Nations	東南アジア諸国連合
13	ASTM	American Society for Testiong and Materials	米国材料試験協会
14	ATP	Automatic Train Protection	自動列車保安装置
15	ATS-S	Automatic Train Stop using S-type transponder	自動列車停止装置
16	AVR	Automatic Voltage Regulator	自動電圧調整装置
17	AW	Added Weight	付加重量
18	BD	Basic Design	基本設計
19	BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
20	BOT	Build Operate Transfer	一括事業請負後譲渡方式
21	BRT	Bus Rapid Transit	バス・ラピッド・トランジット
22	BS	British Standard	イギリス基準
23	CBD	Central Business District	中央業務地区
24	CBR	California Bearing Ratio	路床土支持比
25	COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
26	CS	Construction Supervision	施工管理
27	CSU	Continuous Speed Unit	定速回転装置

No.	Abbreviation	English	日本語
28	CTF	Cable Termination Frame	光ファイバー終端盤
29	CTS	Centralized Train Supervision	列車中央監視装置
30	CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexing	疎波長分割多重
31	CWR	Continuous Welded Rail	CWR ロングレール
32	DB	Dispute Board	紛争裁定委員会
33	DC	Direct Current	直流
34	DD	Detail Design	詳細設計
35	DEL	Diesel Electric Locomotive	電気式ディーゼル機関車
36	DEMU	Diesel- Electric Multiple Unit	電気式気動車
37	DL	Diesel Locomotive	ディーゼル機関車
38	DMH	Department of Meteorology and Hydrology, Myanmar	ミャンマー国気象・水文管理局
39	DMS	Detailed Measurement Survey	補償費算定調査
40	DMU	Diesel Multiple Unit	ディーゼル気動車
41	DRC	Diesel Rail Car	ディーゼルカー
42	DWIR	Drectorate of Water Resources and Improvement of River System	運輸通信省水資源河川系開発局
43	E&M	Electrical and Mechanical	鉄道電気・機械系統
44	ECC	Environmental Compliance Certificate	環境順守認証
45	ECD	Environmental Conservation Department	環境保全局
46	EG	Emergency Generator	予備発電設備
47	EI	Electronic Interlocking	電子連動装置
48	EIA	Environmental Impact Assessment	環境 影響評価
49	EIT	End of intermediate transition curve	中間緩和曲線終点
50	EMoP	Environmental Monitoring Plan	環境モニタリング計画
51	EMP	Environmental Management Plan	環境管理計画
52	EN	European Standard	ヨーロッパ基準
53	ESE	Electricity Supply Enterprise	ヤンゴン配電公社
54	ETC	End of Transition Curve	緩和曲線終点
55	F/S	Feasibility Study	協力準備調査
56	FC	Ferrule Connector	FC 形光ファイバコネクタ
57	FC	Freight Car	貨車

No.	Abbreviation	English	日本語
58	FOB	Foot Over Bridge	歩道橋
59	FRP	Fiber-Reinforced Plastics	繊維強化プラスチック
60	FWD	Falling Weight Deflectometer	フォーリング・ウェイト・デフレクトメーター
61	GAD	General Administration Department	総務局
62	GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
63	GL	Ground Level	地盤高
64	GM	General Manager	局長
65	GOJ	Government of Japan	日本政府
66	GOM	Government of Myanmar	ミャンマー政府
67	GPS	Global Positioning System	グローバルポジショニングシステム
68	GRDP	Gross Regional Domestic Product	地域内総生産
69	HF	High Frequency	短波
70	HID	High Intensity Discharge Lamp	高輝度放電ランプ
71	HT	High Tension	高圧
72	ICB	International Competitive Bidding	国際競争入札
73	IEE	Initial Environmental Examination	初期環境評価
74	I/F	Interface	インターフェース
75	IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
76	JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
77	JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興機構
78	JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
79	JIS	Japanese Industrial Standards	日本工業規格
80	JNR	Japanese National Railways	日本国鉄
81	JST	JICA study team	JICA 調査団
82	KLN	Kerry Logistics Network	ケリー・ロジステクス物流会社
83	LC	Level Crossing	踏切
84	LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
85	LO	Lubricating Oil	潤滑油
86	LRT	Light Rail Transit	次世代型路面電車システム

No.	Abbreviation	English	日本語
87	LTE	Long Term Evolution(high speed wireless communication standard)	ロング・ターム・エボリューション
88	MARS	Multi Access seat Reservation System	列車予約システム
89	MD	Managing Director	総裁
90	MDB	Multilateral Development Bank	多国間開発銀行
91	MEC	Myanmar Earthquake Commitee	ミャンマー地震委員会
92	MEPE	Myanmar Electric Power Enterprise	ミャンマー電力公社
93	MESC	Mandalay Electricity Supply Corporation	電力・エネルギー省マンダレー配電会社
94	METI	Ministry of Economy, Trade and Industry	経済産業省
95	MGS	Myanmar Geosciences Society	ミャンマー地球科学学会
96	MIMU	Myanmar Information Management Unit	ミャンマー国情報管理ユニット
97	ML	Main Line	鉄道本線
98	MLIT	Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan	国土交通省
99	MM	Main Motor	主電動機
100	MMI	Man Machine Interface	マンマシンインターフェース
101	MMK	Myanmar Kyat	ミャンマーチャット
102	MNBC	Myanmar National Building Codes	ミャンマー国建設基準
103	MOALI	Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation	農業畜産灌漑省
104	MOC	Ministry of Construction	建設省
105	MONREC	Ministry of Natural Resourse and Environmental Conservation	天然資源環境保全省
106	MOTC	Ministry of Transportation and Communicatoins	運輸通信省
107	MPPE	Myanmar Petroleum Product Enterprise	ミャンマー石油製品公社
108	MR	Myanma Railways	ミャンマー国鉄
109	MSH	Main Signal House	主信号室
110	MYT	Myanmar's National Transport Master Plan	ミャンマー国全国交通マスタープラン
111	NEQ	National Environmental Quality Guidelines	環境質（排出）ガイドライン
112	NLTC	Non-on-load Tap Changer	無電圧タップ切換器

No.	Abbreviation	English	日本語
113	NTP	Notice to Proceed	プロジェクト着手指示時期
114	O&M	Operation & Maintenance	運営・維持管理体制
115	OCC	Operation Control Center	指令所
116	OCC Project	The Project for Installation of Operation Control Centre System and Safety Equipment	鉄道中央監視システム及び保安器材整備事業
117	OCHA	United Nations Office for Coordination of Humanitarian Affairs	国連人道問題調整事務所
118	ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
119	OECD	Organization for Economic Co-operation and Development	経済協力開発機構
120	OFC	Optical Fiber Cable	光ファイバーケーブル
121	OTC	Overhead Traveling Crane	天井走行クレーン
122	OTDR	Optical Time Domain Reflectometer	光パルス試験器
123	P/Q	Pre-Qualification	事前資格審査
124	PAPs	Project Affected Persons	プロジェクトの影響を受ける人々
125	PAUs	Project Affected Units	プロジェクトの影響を受ける住宅と店舗
126	PC	Prestressed Concrete	プレストレストコンクリート
127	PGA	Peak Ground Acceleration	表面最大加速度
128	PGD	Peak Ground Displacement	表面最大変位
129	PGV	Peak Ground Velocity	表面最大速度
130	PMU	Project Management Unit	プロジェクト管理ユニット
131	PPP	Public-Private Partnership	官民パートナーシップ
132	PSHA	Probabilistic Seismic Hazard Analysis	確率論的地震ハザード解析
133	PIS	Passenger Information System	旅客案内設備
134	PVC	Poly Vinyl Chloride	ポリ塩化ビニル
135	PWM	Pulse Width Modulation	パルス幅変調
136	QA and QC Plan	Quality Assurance and Quality Control Plan	品質保証管理計画
137	RBE	Rail Bus Engine	レールバス
138	RC	Reinforced Concrete	鉄筋コンクリート
139	Rf	Rectifier	整流器

No.	Abbreviation	English	日本語
140	RGL	Resources Group Logistics	リソースグループロジスティクス社
141	RH	Relay Hut	継電連動器小屋
142	RI	Relay Interlocking	継電連動装置
143	ROB	Road Over Bridge	跨線橋
144	ROW	Right of Way	用地、通行権
145	SA	Spectral Acceleration	加速スペクトル
146	SAC	Spaced Aerial Cable	架空ケーブル
147	SBD	Standard Bidding Documents	標準入札図書
148	SC	Scissors crossing	交差渡り線
149	SDR	Social Discount Rate	社会的割引率
150	SIL	Safety Integrity Level	安全度水準
151	SL	Survey Center line	測量中心
152	SM	Single Mode	シングルモード
153	SPAD	Signal Passed At Danger	信号冒進.
154	SPT	Standard Penetration Test	標準貫入試験
155	SSI	Solid State Interlocking	電子連動装置
156	STEP	Special Terms for Economic Partnership	本邦技術活用条件
157	STM	Synchronous Transfer Mode	同期転送モード
158	SW	Switch	スイッチ
159	T/C	Technical Committee	技術委員会
160	TA	Tender Assistance	入札補助
161	TAC	Technical Advisory Committee	技術諮問委員会
162	TCL	Transition Curve Length	緩和曲線の長さ
163	TEU	Twenty Foot Equivalent Unit	20 フィートコンテナ換算個数
164	TID	Train Information Display	列車情報表示
165	TMS	Train Monitoring System	列車監視システム
166	TN	Turnout	分岐器
167	T-N	Total Nitrogen	窒素量合計
168	TOD	Transit Oriented Development	公共交通指向型開発
169	T-P	Total Phosphorus	リン量合計
170	TRS	Ticket Reservation System	チケット予約システム

No.	Abbreviation	English	日本語
171	UHF	Ultra High Frequency	極超短波
172	UIC	International Union of Railways	国際鉄道連合
173	UPS	Uninterruptible Power Supply	無停電電源装置
174	VAT	Value Added Tax	付加価値税
175	VHF	Very High Frequency	超音波
176	VR	Variable Resistance	可変抵抗
177	YCDC	Yangon City Development Committee	ヤンゴン市開発委員会
178	YCR	Yangon Circular Railway	ヤンゴン環状鉄道
179	YCR-F/S	Feasibility Study of the Yangon Circular Railway Line Upgrading Project	ヤンゴン環状鉄道改修事業準備調査
180	YCR-MR/BD	Supporting Consulting Services for the Yangon Circular Railway Upgrading Project (for MR Works)	ヤンゴン環状鉄道改修事業準備調査 (ファスト・トラック制度適用案件) 第3段階
181	YCR-RS/BD	Basic Design Study of the Yangon Circular Railway Line Upgrading Project	ヤンゴン環状鉄道改修事業詳細設計調査
182	YESC	Yangon Electricity Supply Corporation	ヤンゴン配電公社
183	YM	Yangon-Mandalay Railway	ヤンゴン・マンダレー鉄道
184	YM-D/D(1)	Detailed Design for Yangon-Mandalay Railway Improvement Project Phase I	ヤンゴン・マンダレー鉄道改修事業詳細設計調査フェーズ1
185	YM(1)-F/S	Feasibility Study on the Rehabilitation and Modernization of Yangon – Mandalay Railway	ヤンゴン・マンダレー間鉄道改修・近代化事業
186	YUTRA	Comprehensive Urban Transport Master Plan of the Greater Yangon	ヤンゴン都市総合交通マスタープラン

駅名(フェーズ I)

NO	STATION NAME	KILOPOST	MILEAGE	JAPANESE
1	Yangon	0	0	ヤンゴン
2	Pazundaung	1.61	1	パズンダウン
3	Mahlwagon	4.02	2.5	マルワーゴン
4	Thin gan gyun	7.24	4.5	ティンガンジュン
5	Toegyaungkalay	11.67	7.25	トージャウンガレー
6	Ywathagyi	20.52	12.75	イワタジー
7	Laydaungkan	25.75	16	レーダウカン
8	Darbain	36.15	22.46	ダーベイン
9	Tongyi	48.68	30.25	トウンジー
10	Kyauktan	55.12	34.25	チャウタン
11	Tawa	61.56	38.25	ターワ
12	Payathonzu	68.4	42.5	パヤートンズー
13	Bago	74.83	46.5	バゴー
14	Shwele	83.24	51.72	シュエリー
15	Payagyi	91.73	57	パヤジー
16	Pyinbongyi	104.12	64.7	ピンボンジー
17	Kadok	114.26	71	カドッ
18	Paungdawthi	121.91	75.75	パウンドーティー
19	Eimshaylayse	126	78.75	エインチェリセ
20	Daiku	130.76	81.25	ダイウー
21	Pyuntaza	141.22	87.75	ピュンタザ
22	Nyaung le bin	149.27	97.47	ニャウレービン
23	Tawwi	156.86	97.47	トーウィ
24	Pein za lok	163.75	101.75	ペインゼロク
25	Tha tegon	170.59	106	ダデーゴン
26	Kyauktaga	175.02	108.75	チャウタカ
27	Penwegan	183.87	114.25	ペヌエゴン
28	Taw gywe in	191.51	119	トーチャエイン

NO	STATION NAME	KILOPOST	MILEAGE	JAPANESE
29	Kanyutk win	199.08	123.7	カニユックイン
30	Nyaung bintha	206.8	128.5	ニャウンビンター
31	Pyu	216.05	134.25	ピュー
32	Zeya wadi	222.49	138.25	ゼヤワディ
33	Nyaungchidauk	230.54	143.25	ニャウンチーダウ
34	Kywebwe	240.19	149.25	チョウェブエ
35	Banbwegon	245.83	152.75	バンブイゴン
36	Oktwin	254.68	158.25	オートウィン
37	Thaung dai gon	260.31	161.75	タウンダイゴン
38	Taungoo	267.15	166	タウングー

駅名(フェーズⅡ)

NO	STATION NAME	KILOPOST	MILEAGE	JAPANESE
38	Taungoo	267.15	166	タウンゲー
39	Kyedaw	276.5	171-3/4	チェードー
40	Kyungon	282.5	175-1/2	キュンゴン
41	Kaytumadi	290.5	180-1/2	キェトウマディ
42	Yedashe	295	183-1/4	ユェダーシェー
43	Kongyi	301.5	187	コンギイー
44	Swa	308.5	191-1/2	ソア
45	Thargaya	314.5	195-1/2	ターガヤ
46	Tharyargon	318.5	197-23/24	ターヤーゴン
47	Myohla	324	201-1/4	ミョラ
48	Yeni	332.5	206-1/2	イエニ
49	Tawuti	338	210	タァーウーティ
50	Hteininn	344.5	214	ティンイン
51	Ela	349	216-3/4	エラ
52	Pyiwin	353.5	219-1/4	プイーウン
53	Pyinmana	362	225	ピンマナ
54	Ywadaw	370	230	ユアード
55	Naypyitaw	370	232	ネピドー
56	Kyidaunggan	378.5	235-1/4	キイーダウンカン
57	Pyokkwe	387	240-1/2	ピッココン
58	Sinbyugyun	392	243-1/2	シンビュチョン
59	Shwemyo	397	246-3/4	シュエーミョン
60	Sinthe	404	251	シンテェ
61	Tatkon	407.5	253-1/2	タッコン
62	Magyibin	414	257-1/2	マギイービン
63	Nyaunglun	420.5	261-1/2	ニャウロン
64	Hngetthaik	431	268	ネェッタイ
65	Ingon	435.5	270-3/4	インゴン

NO	STATION NAME	KILOPOST	MILEAGE	JAPANESE
66	Yamethin(YMA)	441.5	274-1/2	ヤメティン
67	Ingyigan	448	278-1/2	インギィガン
68	Shweda	454	282-1/2	シュウエダー
69	Pyawbwe	462.5	287-1/2	ピョービュー
70	Shanywa	471	292-3/4	シャンユア
71	Nyaungyan	481	299-1/4	ニャウヤン
72	Nwato	486	302-1/4	ナトオー
73	Thazi	492.5	306	タージィー
74	Ywapale	499.5	310-1/2	ユアパレ
75	Hanza	507.5	315-1/2	ハンザ
76	Dahattaw	512	318-1/4	ダハットー
77	Thedaw	517	322-1/4	テェドー
78	Khinban	523.5	325-3/4	キンバン
79	Samon	530	329	サモン
80	Odokkon	534.5	332-1/2	オウトッコン
81	Thabyedaung	541	336-1/4	タビュータウン
82	Kume Road	549.5	341-1/2	クメラン
83	Myitthar	558.5	347	ミッター
84	Minzu	567	352-1/2	ミンズ
85	Kyaukse	578	359-1/4	キョッセ
86	Belin	585	363-1/2	ビューリン
87	Singaing	594	369	シンガィー
88	Paleik	602	374-1/4	パッレ
89	Myitnge	607	377-3/4	ミィンゲ
90	Tagundaing	611.5	380-1/2	タグンダイー
91	Myohaung	616	382-3/4	ミョウハウ
92	Shanzu	617.5	384	シャンズ
93	Mandalay	620.5	385-1/2	マンダレー

第1章 はじめに

1.1 プロジェクトの背景

ヤンゴン・マンダレー鉄道は、ミャンマー国鉄（MR）が管轄する総延長 6,072km（2015 年）のうち、ミャンマー最大の都市ヤンゴン、新首都ネピドーを経由して第 2 の都市マンダレーを結ぶ、延長約 620km の鉄道である。同路線は合計 96 駅（貨物駅を含む）を有する複線・非電化の路線で、2007 年に最後の単線区間である、チェウセ・マンダレー間が複線化されて、全線が複線となった。また、2009 年にはネピドーに新駅が開業し、三つの主要都市を結ぶミャンマーの最重要路線となっている。



出典：JICA 調査団

写真 1.1.1 長距離列車

このヤンゴン・マンダレー鉄道が通過するヤンゴン地域、バゴー地域、マンダレー地域には、ミャンマー国全人口の 37%である 1,955 万人（2014 年）が居住しており、MR の路線の中の重要幹線である。

ヤンゴン・マンダレー鉄道による旅客・貨物の輸送需要が高まる一方、長年にわたる鉄道施設の保守整備が十分に行われてこなかったため、軌道整備不足による軌道の狂いによる列車事故が発生しており、また、橋梁の老朽化・劣化により、列車の速度を上げることができず、安全かつ安定した列車運行がきわめて難しい状況となっている。そのため、現在、物流の主役は道路輸送に取って代われ、特に、旅客輸送はヤンゴン・マンダレー間の高速道路による高速バスの所要時間が 11～12 時間であるのに対し、鉄道での所要時間は約 14 時間である。

今後、ミャンマー国の経済発展を図るうえで、鉄道による適切な輸送分担は不可欠である。2013 年 1 月に実施されたミャンマー開発協力フォーラムでは、当時の鉄道運輸省（MORT）がヤンゴン・マンダレー間の鉄道改良と近代化事業を最優先事業として位置付けた。これを受けた形で、JICA は、全国運輸交通プログラム形成準備調査（マスタープラン）を実施し、ミャンマー国側よりヤンゴン・マンダレー鉄道の改良・近代化事業に係る FS が要請され、実施に至っている。

FS 調査においては、改良・近代化事業が国家経済的にも財務収益性の見地からも、優先的に推進すべきであると結論づけられている。これを受け、ヤンゴン・マンダレー鉄道のうちのヤンゴン・タウングー間の輸送施設・設備の更新、近代化を行うため、2014 年 9 月にはフェーズⅠ 第Ⅰ期の円借款契約が、2017 年 3 月にはフェーズⅠ 第Ⅱ期の円借款契約の締結に至って

いる。現在実施されているフェーズⅠについては、既に詳細設計調査が完了し、現在コントラクターの調達を進めている段階である。

ヤンゴン・マンダレー鉄道整備事業は、日本政府の対ミャンマー経済協力方針（2012年4月）の重点分野の一つである「持続的経済成長のために必要なインフラ整備の支援」、そして新政权を立ち上げた国民民主連盟の「経済政策（Economic Policy）」（2016年7月）の重要政策中の「基礎的経済インフラの迅速な整備」に合致するものである。また、2016年11月に公表された「日ミャンマー協力プログラム」において、日緬両国政府間で共通認識のもとに効果的な協力を実施していくための9つの協力プログラムの中の、Ⅳ「地方と都市を結ぶ運輸インフラ整備」の中に、これから着手するプロジェクトとして位置づけられている。

本調査は上記の背景、並びにミャンマー運輸・通信大臣からヤンゴン・マンダレー鉄道の全区間の早期改修完了の要請を受け、フェーズⅡをタウンゲー・マンダレー間とし、「ヤンゴン・マンダレー鉄道整備事業フェーズⅡ」（以下、本事業）の審査に必要な調査として実施されることになった。

1.2 プロジェクトの目的

本事業の目的は、ヤンゴン・マンダレー間の既存路線の老朽化したインフラ・周辺設備の改修し、近代化により安全性と運行速度を向上させることで、輸送コストの減少、旅客・貨物輸送量の増加を図り、国家経済の発展と国民の生活の質向上に貢献することである。最高運行速度100km/hを達成し、ヤンゴン・マンダレー間の鉄道による所要時間を8時間以内に収めることを技術面の目標として掲げている。

本プロジェクトの事業概要を以下に示す。

- 1) 軌道工事および土木・駅建築工事
- 2) 信号および通信の更新
- 3) 新車両（DEMU）の導入
- 4) 鉄道貨物輸送の改善
- 5) 旅客サービスの改善

1.3 本調査の目的

本調査は、ヤンゴン・マンダレー鉄道、タウンゲー・マンダレー間において、本事業の目的、概要、事業費、実施スケジュール、実施方法（調達・施工）、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境社会配慮等、有償資金協力事業を形成するための審査に必要な調査を行うことを目的とする。

1.4 調査対象地域

本調査の対象は、ヤンゴン・マンダレー鉄道のうち、フェーズⅡのタングー・マンダレー間、約 350km 区間である。

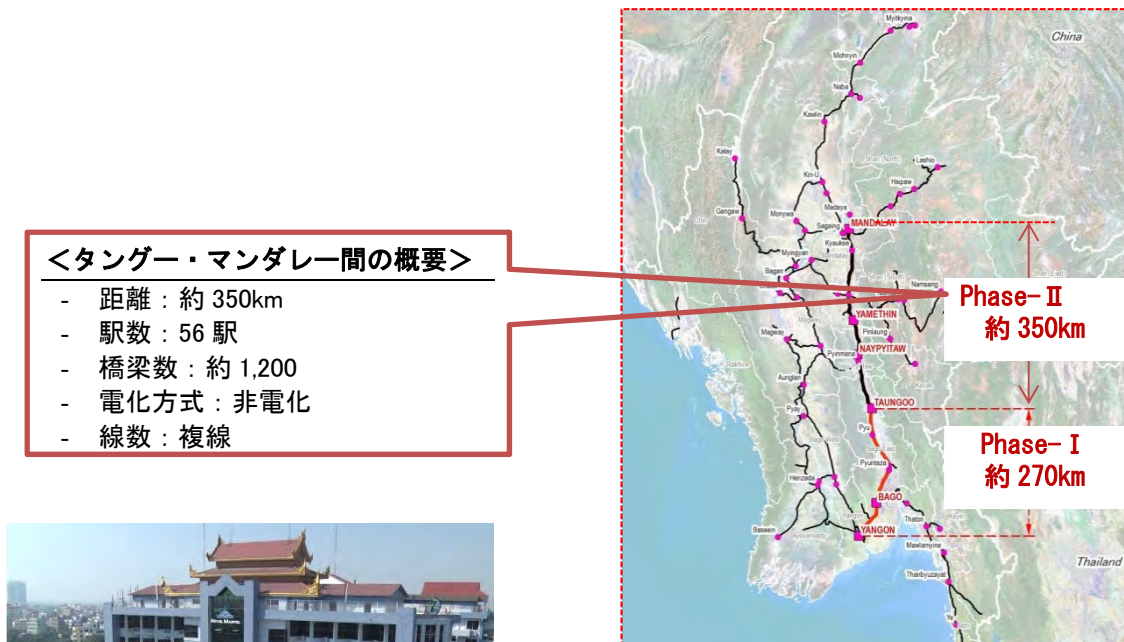


図 1.4.1 調査対象区間



出典：JICA 調査団

写真 1.4.1 マンダレー駅

1.5 調査項目

調査項目を示す。

表 1.5.1 調査の項目

No	調査項目
【1】	インセプション・レポートの説明・協議
【2】	既存資料・調査結果及び需要予測のレビュー及び更新
【2-1】	既存資料・調査結果との整合性にかかるレビュー及び更新
【2-2】	運行・維持管理計画のレビュー及び更新
【2-3】	需要予測のレビュー及び更新
【2-4】	サービス水準の検討
【2-5】	ヤンゴン・マンダレー鉄道整備事業フェーズⅠにおける事業計画のレビュー
【3】	自然条件調査、既存資機材及び施設の状況調査

No	調査項目
【4】	事業計画の策定
【4-1】	路線計画のレビュー
【4-2】	土木・施設計画
【4-3】	建築・設備計画
【4-4】	駅施設・附帯構造物計画
【4-5】	線形・配線計画
【4-6】	運行計画
【4-7】	車両計画
【4-8】	車両基地計画
【4-9】	貨物設備・コンテナ計画
【4-10】	信号・通信設備計画
【4-11】	電気・機械・設備計画
【4-12】	保安機材計画
【4-13】	旅客サービス資機材計画
【4-14】	駅開発・ターミナル整備計画及び交通結節点整備計画
【4-15】	車両現地生産化概略計画
【4-16】	事業計画
【4-17】	資金計画
【5】	インテリム・レポートⅠの作成及び協議
【6】	協力対象スコープにかかる事業設計・積算
【6-1】	概略設計
【6-2】	事業費積算
【7】	協力対象スコープにかかる事業実施計画の策定
【7-1】	調達計画・調達方法の検討
【7-2】	事業実施スケジュール
【7-3】	建設期間中の交通管理計画及び安全管理計画の検討
【7-4】	資金計画の検討
【7-5】	事業実施計画
【7-6】	円借款事業スコープにかかる検討
【7-7】	事業実施計画上の留意事項（外部条件、リスクを含む）
【7-8】	事業費縮減策及び事業スケジュール短縮策の検討
【8】	事業実施体制のレビュー
【9】	環境社会配慮
【9-1】	主要な環境社会影響項目の予想・評価、及び緩和策、モニタリング計画案の作成
【9-2】	用地取得・住民移転計画の作成支援
【10】	事業効果の策定
【10-1】	定量的効果の検証
【10-2】	定性的効果の検証
【11】	インテリム・レポートⅡの作成及び協議
【12】	本事業のビジュアルプレゼンテーション資料の作成
【13】	事業実施にあたっての留意点
【13-1】	事業実施及び整備主体・体制にかかる留意点（詳細設計・入札・施工段階を含む）
【13-2】	事業運営・維持管理体制にかかる留意点及び提言
【13-3】	意思決定プロセスの合理化
【14】	関連セミナー開催支援
【15】	結論と提言
【16】	ドラフトファイナルレポートの作成及び協議
【17】	ファイナルレポートの作成

第2章 需要予測のレビュー及び更新

2.1 既往調査における需要予測のレビュー

2.1.1 前提条件

YM(1)-F/Sにおいて2014年に貨物と旅客の将来需要予測が行われている。同調査はミャンマー国全国交通マスタープラン（MYT）の一貫で実施された調査であり、MYTにおいて実施された交通調査（交通量調査、路側 OD インタビュー調査、ターミナルインタビュー調査、輸送事業者調査）や統計データ（人口、経済指標等）を基に構築された四段階推定モデルを用いて需要予測を行っている。同モデルでは、ミャンマーを71の交通解析ゾーンに区分している。将来の交通ネットワークはMYTでの将来計画が反映されている。

YM(1)-F/Sでの需要予測の前提条件は以下の通りである。

- 開業年度：2023年
- 運行速度（旅客特急列車）：81km/h
- 運行速度（貨物）：53km/h
- 旅客運賃：30 MMK / km
- 貨物運賃：36.5 MMK / ton-km

2.1.2 需要予測結果

YM(1)-F/Sにおける需要予測結果は以下の通りである。2023年および2030年の旅客需要は82千人/日、155千人/日と推計されている。貨物については、2023年および2030年において、それぞれ、17.1千トン/日、42.2千トン/日と推計されている。

表 2.1.1 YM(1)-F/Sで推計された旅客需要

（単位：千人）

年	1日当たりの乗客数	1日当たりの最大断面旅客量	最大断面区間
2023	82	43.5	Laydauntkan-Dabain
2030	155	80.0	Laydauntkan-Dabain

出典：YM(1)-F/S

表 2.1.2 YM(1)-F/S で推計された貨物需要

(単位：千トン)

年	1日当たりの貨物量	1日当たりの最大断面貨物量	最大断面区間
2023	17.1	17.1	Yangon-Taungoo
2030	42.2	42.4	Yangon-Taungoo

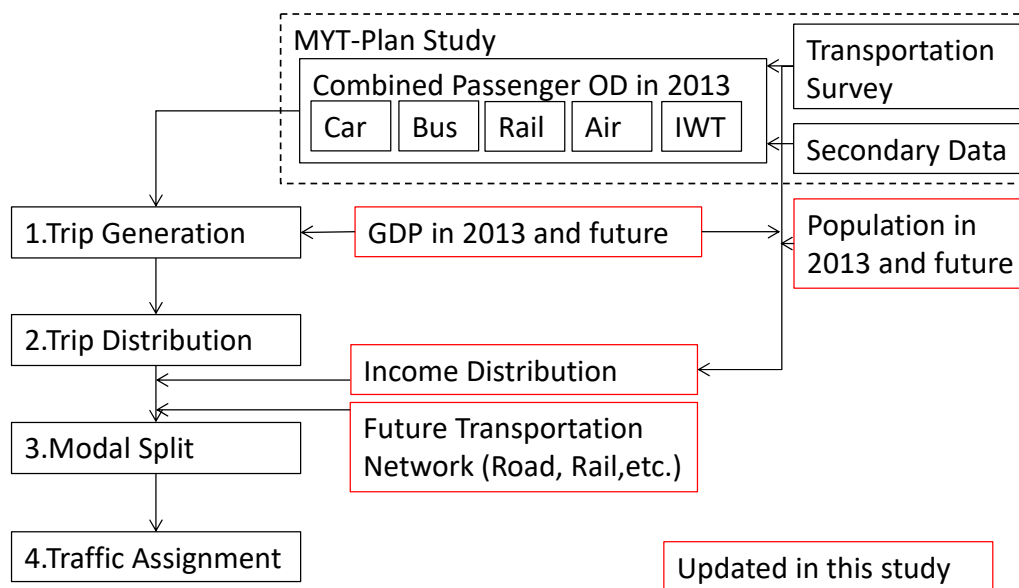
出典：YM(1)-F/S

2.2 需要予測の更新

2.2.1 方法

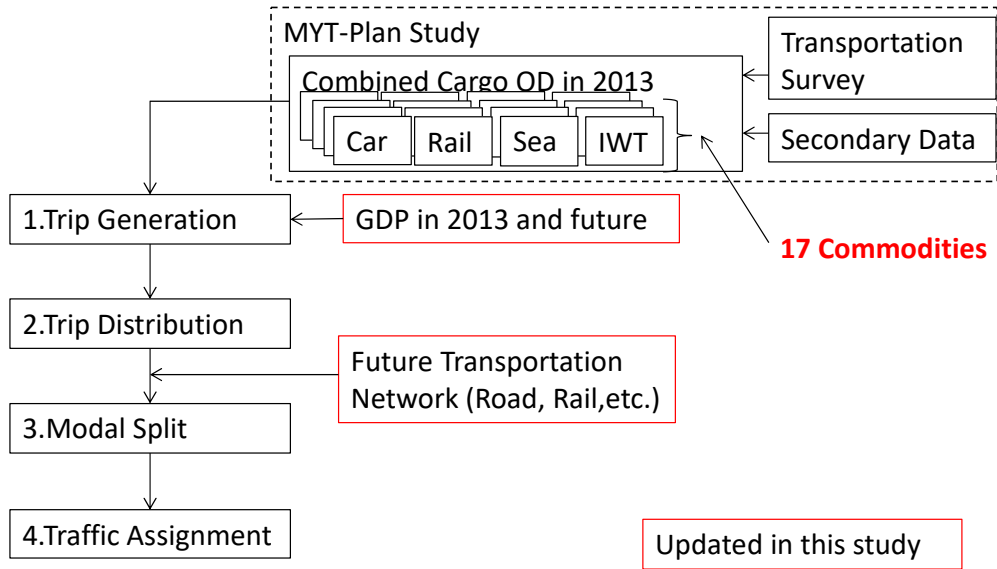
本調査においても、YM(1)-F/S 時と同様に MYT で構築された需要予測モデルを用い、四段階推定法により貨物および旅客需要予測を行った。YM(1)-F/S 調査後の前提条件の変化を考慮し、社会経済フレームおよび将来交通ネットワークを更新した。特に、以下の項目について更新を行った。

- 人口：人口センサス（2014年）
- GRDP：最新の経済統計指標
- 道路整備計画：高速道路のトラック通行方策、有料道路料金
- 鉄道整備計画：PPPによる燃料輸送、ドライポートプロジェクト



出典：YM(1)-F/S

図 2.2.1 旅客需要推計の作業フロー



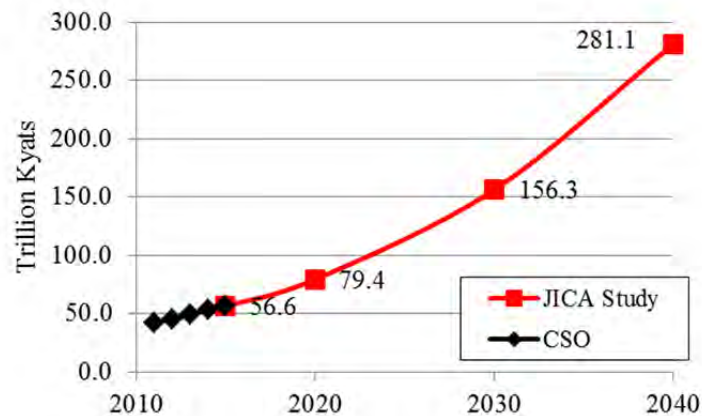
出典：YM(1)-F/S

図 2.2.2 貨物需要推計の作業フロー

2.2.2 社会経済フレームの更新

(1) GDP

本調査で更新された将来の州／地方域毎の GRDP を以下の表に示す。2015 年の州／地方域毎の GRDP は計画財務省より入手した。MYT では、ASEAN 諸国における過去の高度成長期の事例を基に、2011 年から 2035 年の平均経済成長率を 7%と想定した。また、ミャンマー国内における GRDP の将来分布は、MYT で計画された空間開発計画を基に設定された。本調査においても、将来の平均経済成長率や地域分布は MYT における設定を適用した。近年のミャンマーにおける急速な経済成長を反映させ、MYT における前提条件同様に平均経済成長率 7%とした結果、2020 年以降は MYT における推計値よりやや低い経済成長率となった。



出典：中央統計オフィス（CSO）および JICA 調査団

図 2.2.3 GDP 予測（ミャンマー全土）

表 2.2.1 州／地方域別 GRDP の予測値

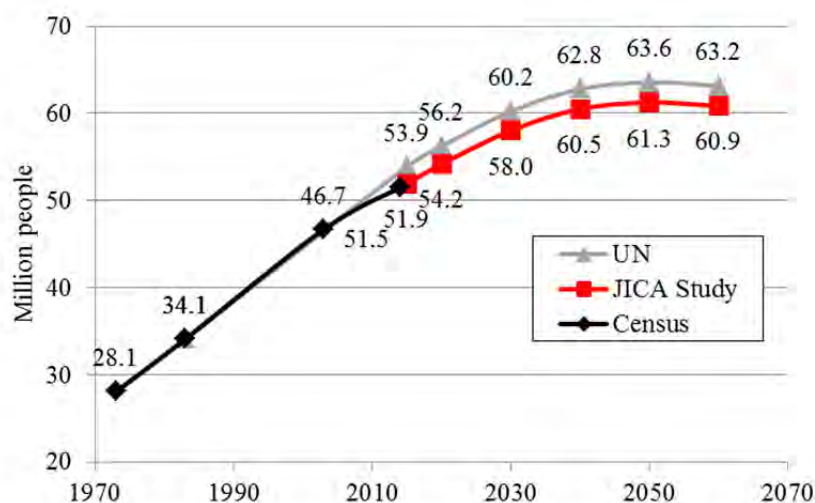
(単位：10 億 MMK：2010 年価格)

ID	州／地方域	2015	2020	2030	2040
1	Kachin	1,101	1,612	3,438	6,184
2	Kayah	209	302	625	1,124
3	Kayin	1,078	1,591	3,438	6,183
4	Chin	209	275	469	844
5	Sagaing	6,982	8,569	12,033	21,643
6	Tanintharyi	2,031	2,879	5,781	10,397
7	Bago	4,913	6,924	13,750	24,730
8	Magway	5,321	6,564	9,376	16,863
9	Mandalay	6,331	9,680	22,188	39,907
10	Mon	2,391	3,480	7,344	13,209
11	Rakhine	2,033	3,172	7,500	13,490
12	Yangon	13,461	20,366	45,943	82,634
13	Shan	3,555	4,833	8,908	16,022
14	Ayeyawady	5,799	7,487	12,188	21,922
15	Nay Pyi Taw	1,224	1,701	3,281	5,901
Total		56,636	79,435	156,262	281,053

出典：計画財務省および JICA 調査団

(2) 人口

「ミャンマー人口・世帯センサス」が 2014 年に実施され、2016 年に調査結果が公表された。同調査は 1987 年以降、約 30 年ぶりに実施された調査である。2014 年におけるミャンマー全土の人口は 50.3 百万人であった。2012 年に入国管理・人口省の推計した人口と比較して、約 1 千万人少ない調査結果であった。センサス調査結果、世界銀行の「世界人口予測：2015」におけるミャンマーの将来人口の増加率、および、MYT における将来のミャンマー国内における人口分布を基に以下の通り将来の人口分布を推計した。



出典：人口・世帯センサスおよび JICA 調査団

図 2.2.4 人口予測 (ミャンマー全土)

表 2.2.2 州／地方域別の人口予測値

(単位：千人)

ID	州／地方域	2014	2020	2030	2040
1	Kachin	1,689	1,702	1,689	1,617
2	Kayah	287	287	348	377
3	Kayin	1,574	1,574	1,892	2,047
4	Chin	479	479	528	546
5	Sagaing	5,325	5,325	5,810	5,933
6	Tanintharyi	1,408	1,408	1,770	1,965
7	Bago	4,867	4,867	5,746	6,155
8	Magway	3,917	3,917	4,678	5,045
9	Mandalay	6,166	6,166	6,843	7,064
10	Mon	2,054	2,054	2,827	3,278
11	Rakhine	3,189	3,189	3,384	3,387
12	Yangon	7,361	7,361	8,521	9,031
13	Shan	5,824	5,824	5,659	5,306
14	Ayeyawady	6,185	6,185	6,988	7,299
15	Nay Pyi Taw	1,160	1,160	1,358	1,459
Total		51,486	51,498	58,043	60,511

出典：人口・世帯センサスおよび JICA 調査団

(3) 収入レベル

1) 一人当たり GDP

上記の将来 GDP および人口予測結果をもとに、将来の一人当たり GDP を推計した。以下の表に示す通り、2040 年には一人当たり GDP が 2015 年の約 4.4 倍に増加し、同期間の一人当たり GDP の年平均増加率は 5.7 から 7.0%となることが予測された。

表 2.2.3 一人当たり GDP の予測値

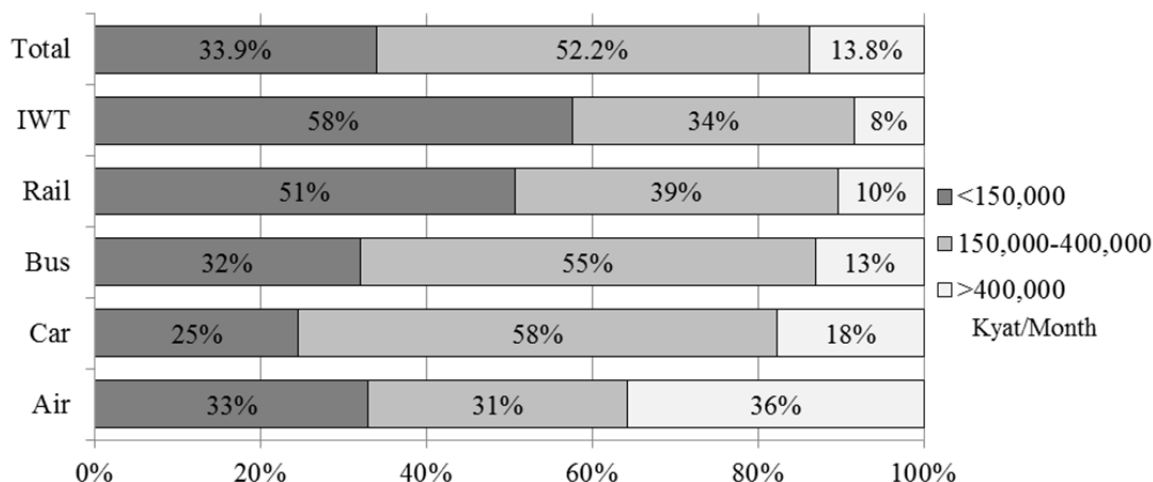
	単位	2012	2015	2020	2030	2040
一人当たり GDP	1000 MMK	891	1,091	1,480	2,769	4,821
AAGR (注)	%		7.0	6.3	6.5	5.7

注：年平均成長率

出典：JICA 調査団

2) 所得分布

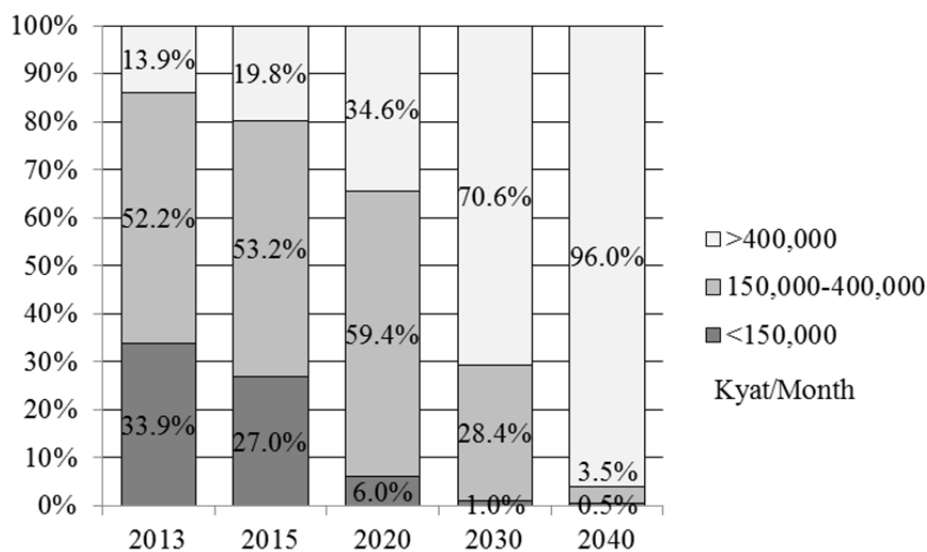
MYT の中で、主要なターミナルにおいて県 (District) 境を跨ぐ旅行者に対して実施した世帯収入インタビュー調査結果を以下に示す。回答者全体のうち、34%が低所得 (15 万 MMK/月以下)、14%が高所得 (40 万 MMK/月以上)、52%が中所得に区分された。



出典：YM(1)-F/S

図 2.2.5 交通機関別の世帯収入分布（2013年）

前述の一人当たり GDP の増加率を用いて、将来の世帯収入の分布について推計を行った。以下の図に示す通り、2030年、2040年には高所得者の割合が、それぞれ、70%、96%になると推計された。



出典：JICA 調査団

図 2.2.6 世帯収入分布の将来推計結果

2.2.3 将来交通ネットワークの更新

(1) 将来交通ネットワーク

MYT では、2030年を開発目標として、以下の図に示す通り将来の交通ネットワーク計画を策定した。本調査においても、将来の交通ネットワークはMYTの計画を用いるものとする。ヤンゴン・マンダレー鉄道の需要予測に関連する主な交通ネットワーク計画は以下の通りである。

- ▶ ヤンゴン・マンダレー高速道路は 2023 年までにトラックの通行が許可される
- ▶ ヤンゴン外環状および内環状道路は 2030 年までに開業される
- ▶ イワタジーとミィンゲにドライポートが 2023 年までに開業される

上記に加えて、MR へのヒアリング結果を踏まえ、ヤンゴン・マンダレー間で鉄道による燃料輸送が開始されるものと想定した。

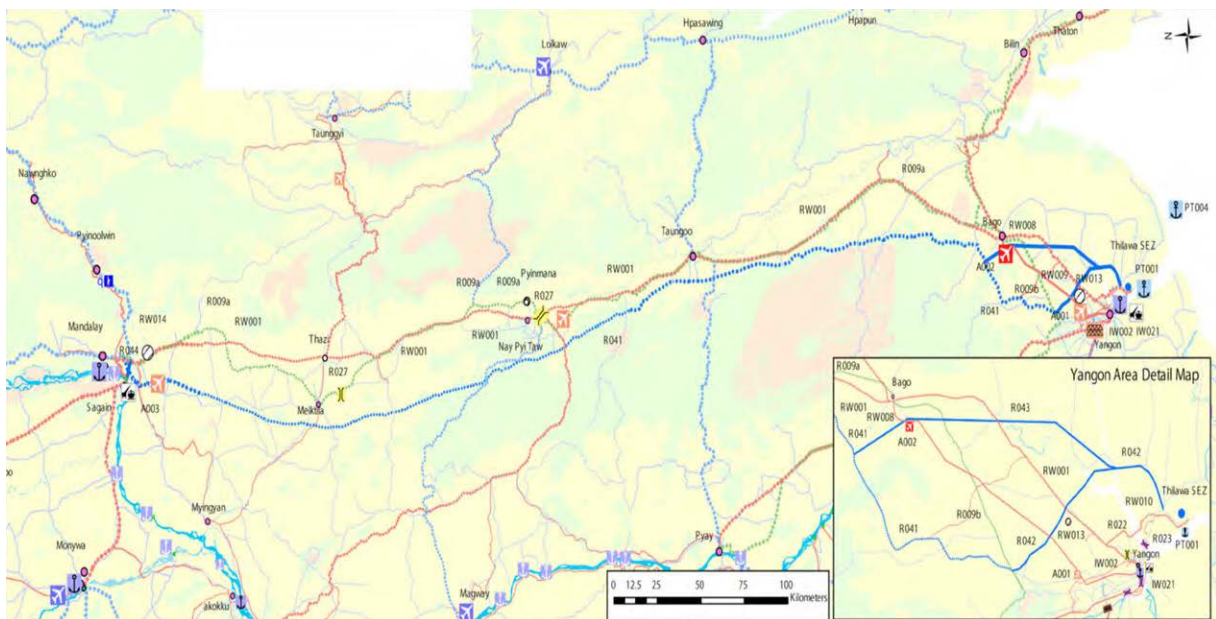
(2) ヤンゴン・マンダレー鉄道の運賃システム

1) 旅客

YM(1)-F/S では、3つの距離制の運賃システム（15MMK/km、30MMK/km、45MMK/km）の代替案を設定し、その中で最も総運賃収入が多くなる 30MMK/km を採用している。本調査では、他の交通機関とのサービスレベルの比較結果から MR と協議の結果、30MMK/km と設定した。

2) 貨物

現時点で、鉄道による一般貨物、燃料貨物は、それぞれ、26.3MMK/km、39.4MMK/km と設定されている。本調査においても同様な料金設定とする。



出典：JICA 調査団

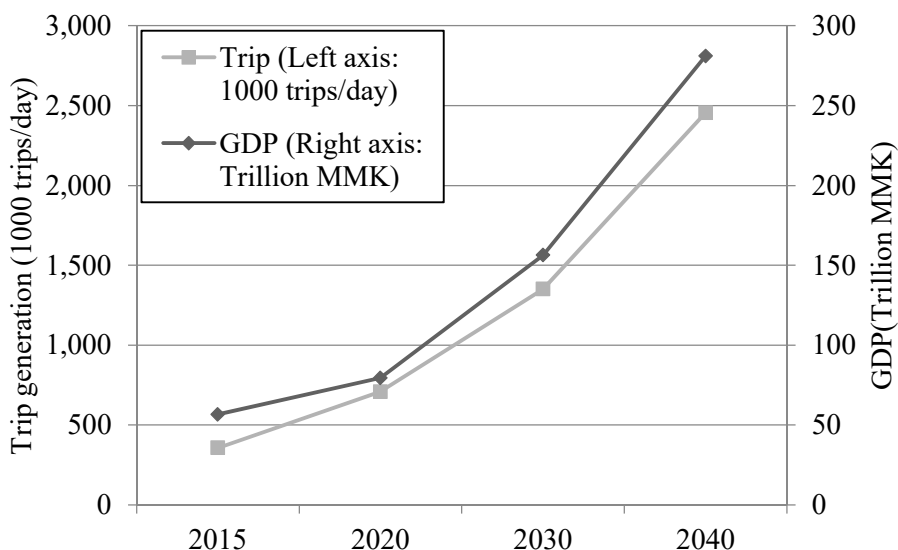
図 2.2.7 ヤンゴン・マンダレー鉄道沿いの将来交通ネットワーク計画

2.2.4 旅客需要予測の更新

(1) 発生交通量

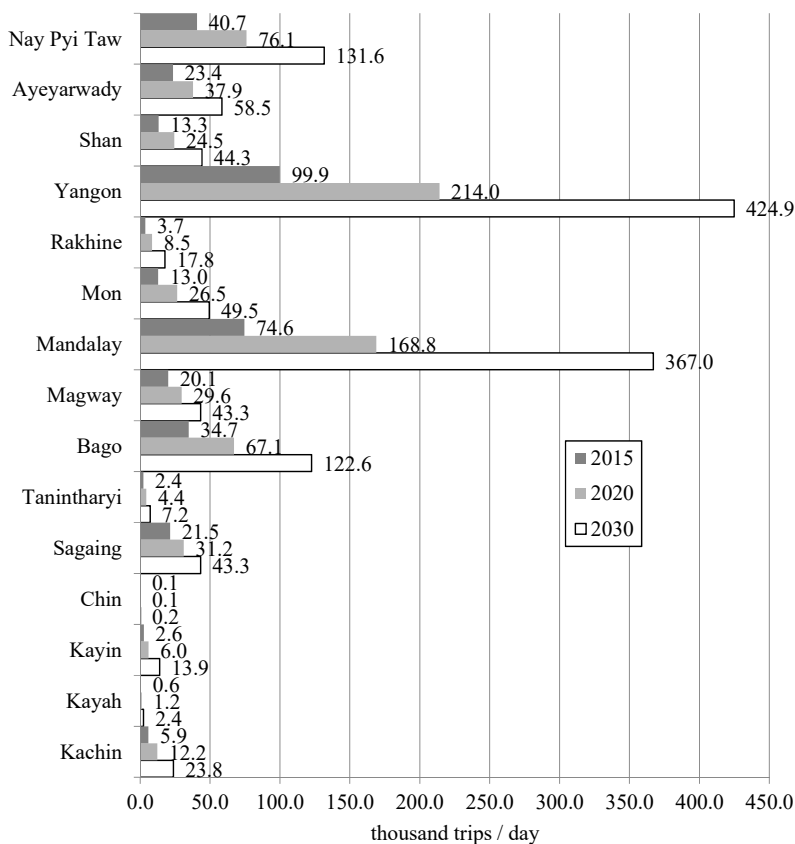
発生交通量の増減は、対象ゾーンの経済成長、人口の増減、所得水準の変化により影響を受ける。本調査では、周辺国における過去の経済成長と発生交通量の増加量から、各ゾーンから発

生ずる交通量と GDP の弾性値を 2013 年から 2015 年までは 1.0、2015 年から 2030 年までは 1.2 と設定した。ミャンマー全土における発生交通量は、2013 年時点で約 36 万人／日であったが、2040 年には 246 万人／日まで増加すると推計された。



出典：JICA 調査団

図 2.2.8 ミャンマー全土における将来発生交通量の推計値



出典：JICA 調査団

図 2.2.9 ミャンマー全土における州／地方域別の将来発生交通量の推計値

(2) 分布交通量

以下の式に示すフレーター法を用いて将来の旅客分布交通量の推計を行った。

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot \frac{G_i}{g_i} \cdot \frac{A_j}{a_j} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{g_i}{\sum_j t_{ij} \cdot A_j / a_j} + \frac{a_j}{\sum_i t_{ij} \cdot G_i / g_i} \right)$$

ここで、 T_{ij} : ゾーン i からゾーン j への将来の旅客交通量,

G_i : ゾーン i から発生する将来の旅客交通量,

A_j : ゾーン j へ集中する将来の旅客交通量,

t_{ij} : ゾーン i から j への現状の旅客交通量

g_i : ゾーン i から発生する現状の旅客交通量

a_j : ゾーン j へ集中する現状の旅客交通量

(3) 交通機関分担

YM-D/D(1)における SP 調査¹結果より作成した以下の非集計多項ロジットモデルを用いて、上記のゾーン間旅客交通量を、航空、自家用車、バス、鉄道の各モードへ分担させる。

$$P_{ijk} = \frac{\exp U_{ijk}}{\sum_{k=1}^n \exp U_{ijk}}$$

ここで、

$$U_{ijk} = a \cdot \text{time}_{ijk} + b \cdot \text{cost}_{ijk} + \text{Const.}$$

U_{ijk} : 交通機関 k のゾーン ij 間移動時の効用

time_{ijk} : 交通機関 k のゾーン ij 間移動時の移動時間

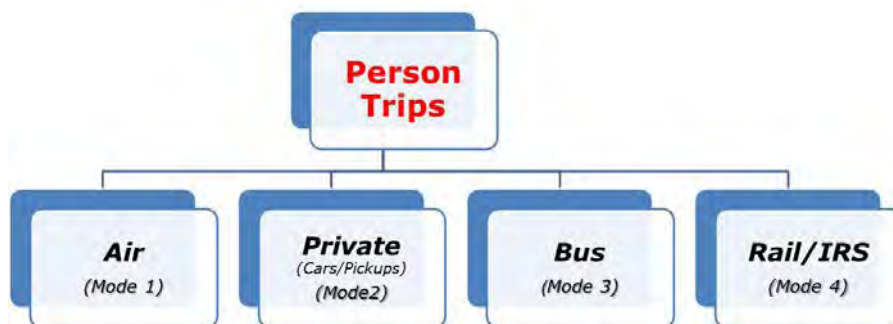
cost_{ijk} : 交通機関 k のゾーン ij 間移動時の移動費用

a and b: 収入区分毎のパラメーター

Const.: 定数項

上記の移動時間には、待ち時間、アクセス時間、乗換時間を含む。また、移動費用には乗車賃に加えて、アクセスに要する時間も含む。自家用車に関しては、燃料費に加えて有料道路の料金も含む。

¹ SP 調査：仮想的状況下での交通行動の選考アンケート調査 (Stated Preference Survey)



出典：YM-D/D(1)

図 2.2.10 機関分担の階層

表 2.2.4 機関分担モデルのパラメーター

収入区分	係数		統計指標		
			ρ^2	T 値	
	a	b		a	b
1	-0.01382	-0.11256	0.523	-12.9914	-20.8532
2	-0.01172	-0.09427	0.431	-24.8334	-39.9602
3	-0.01169	-0.07192	0.20	-37.643	-42.9869

出典：YM-D/D(1)

(4) 旅客需要予測

以下に鉄道改良有／無のケース毎のヤンゴン・マンダレー鉄道沿線の将来の交通機関分担率を示す。ヤンゴン・マンダレー鉄道の改良により、2030年の沿線における鉄道の分担率は13%から15%に増加することが推計された。

表 2.2.5 ヤンゴン・マンダレー鉄道沿線における交通機関分担（鉄道改良無）

(単位：1000人／日)

旅客量	航空	自家用車	内陸水運	鉄道	バス	合計
2013	1.6	53.9	2.1	22.5	83.3	163.3
2023	18.6	173.6	0.6	65.4	180.6	438.7
2030	51.8	366.3	1.2	111.0	357.2	887.5
シェア	航空	自家用車	内陸水運	鉄道	バス	合計
2013	1.0%	33.0%	1.3%	13.8%	51.0%	100%
2023	4.2%	39.6%	0.1%	14.9%	41.2%	100%
2030	5.8%	41.3%	0.1%	12.5%	40.2%	100%

出典：JICA 調査団

² 的中率：0.2以上だと妥当性が高いモデルとみなすことができる (Modelling Transport and the A Self Instructing Course in Mode Choice Modelling: Multinomial and Nested Logit Models prepared by the US Department of Transport)

表 2.2.6 ヤンゴン・マンダレー鉄道沿線における交通機関分担（鉄道改良有）

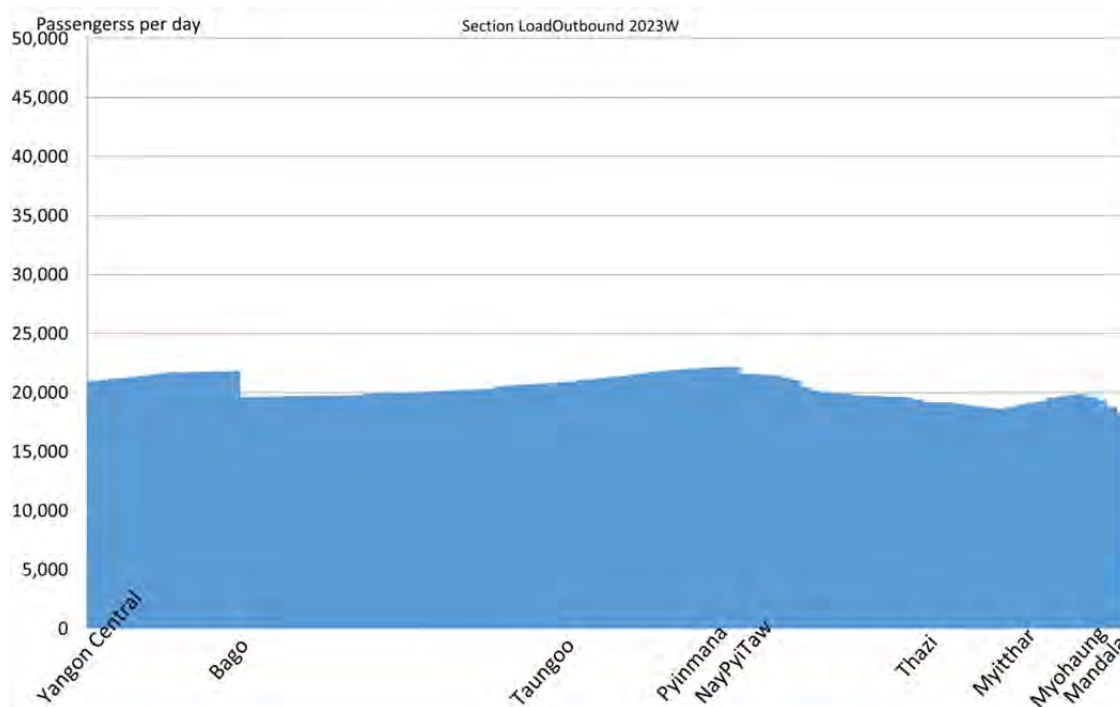
（単位：1000 人／日）

旅客量	航空	自家用車	内陸水運	鉄道	バス	合計
2023	17.2	169.2	0.7	80.7	171.0	438.7
2030	49.5	357.7	1.3	132.4	346.6	887.5
シェア	航空	自家用車	内陸水運	鉄道	バス	合計
2023	3.9%	38.6%	0.2%	18.4%	39.0%	100%
2030	5.6%	40.3%	0.1%	14.9%	39.1%	100%

出典：JICA 調査団

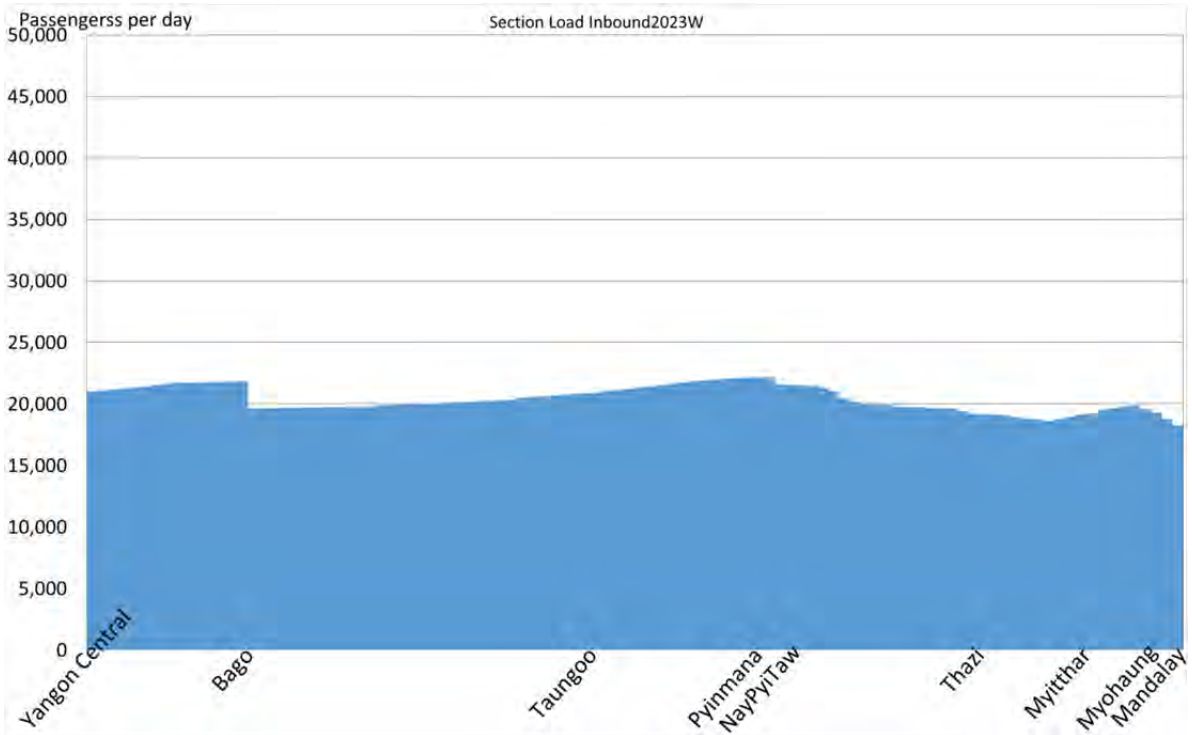
(5) ヤンゴン・マンダレー鉄道の旅客需要予測

上記の旅客需要予測モデルを用いて、改良後のヤンゴン・マンダレー鉄道の断面輸送量を推計した。その結果、2023 年および 2030 年の一日あたり旅客量は、それぞれ 80,000 人、132,400 人と推計された。2030 年における最大断面はユアード - ネピドー区間で 78,600（両方向）人／日と推計された。



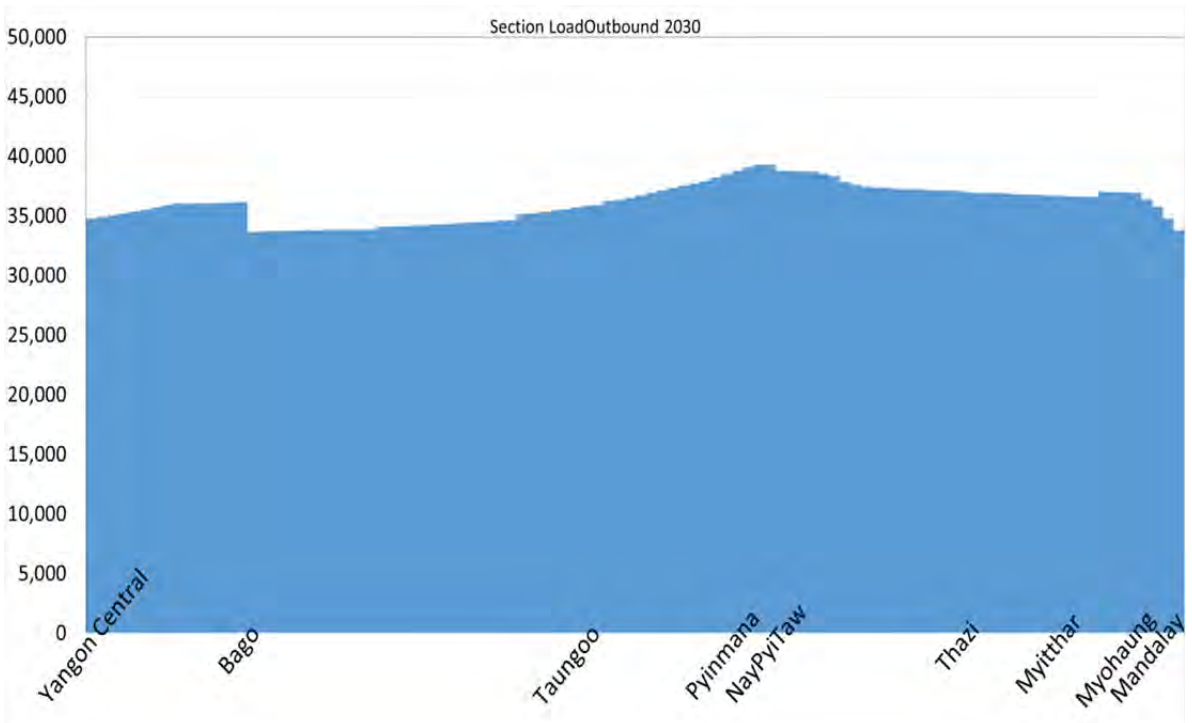
出典：JICA 調査団

図 2.2.11 断面旅客量（2023 年：下り方向）



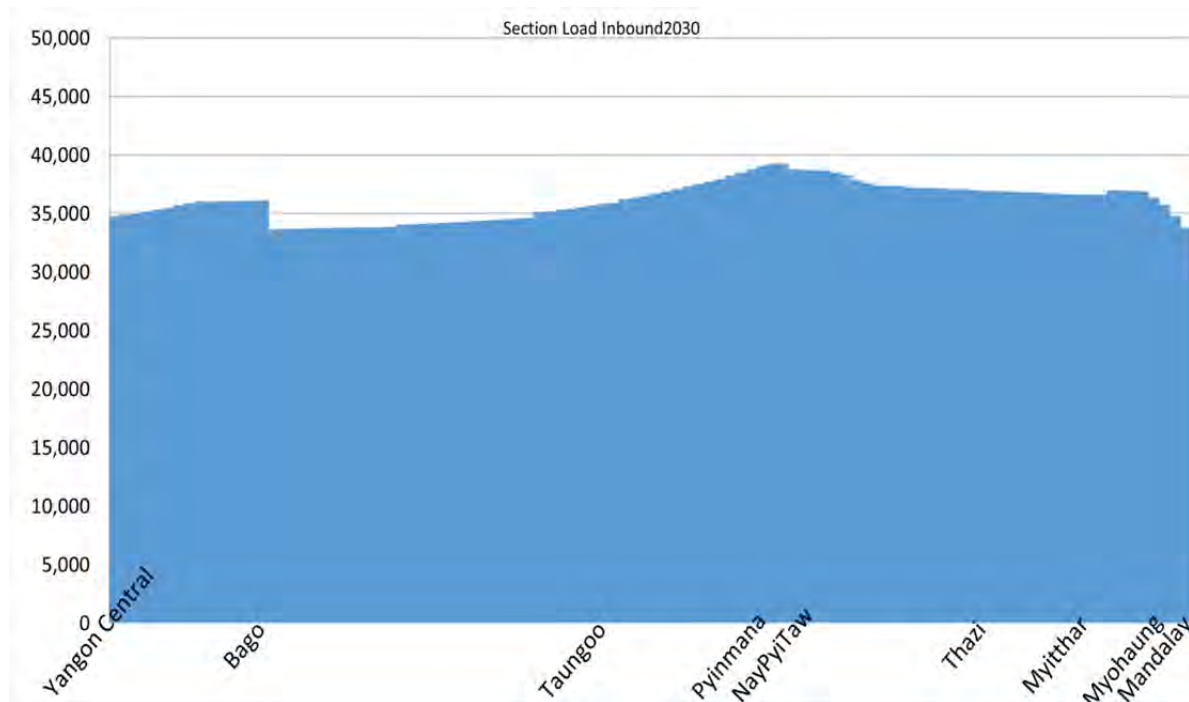
出典：JICA 調査団

図 2.2.12 断面旅客量（2023年：上り方向）



出典：JICA 調査団

図 2.2.13 断面旅客量（2030年：下り方向）



出典：JICA 調査団

図 2.2.14 断面旅客量（2030 年：上り方向）

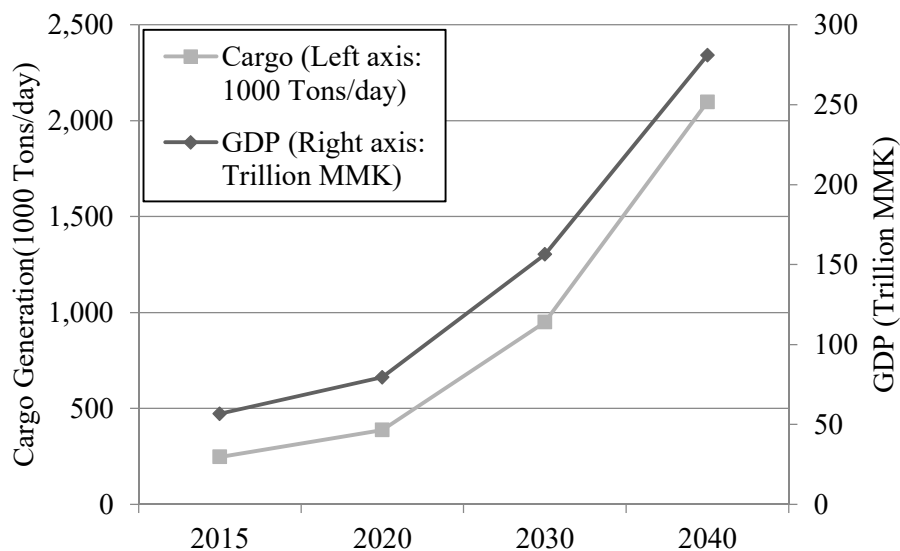
2.2.5 貨物需要予測の更新

(1) 発生貨物量

国内貨物の総発生量の推計を、以下の 2 段階に分けて行った。1) ミャンマー全土における総貨物量の推計、2) ゾーン毎の発生・集中貨物量の推計

1) 総貨物量の推計

GDP に対する弾性係数を用いて、GDP の将来成長率から、ミャンマー全土の将来の総国内貨物量（全ての交通機関の全ての品目の合計貨物量）を推計した。GDP に対する総貨物量の弾性値は、日本の高度経済成長期（1960 年から 1972 年）の事例を参考に 1.342 ($R^2=0.993$) とした。同弾性値と推計された GDP を用いて、将来のミャンマー全国における国内貨物量の推計を行った。2040 年には年間 2100 万トンとなり、2013 年の約 8.5 倍に増加すると推計された。



出典：JICA 調査団

図 2.2.15 ミャンマー全土における国内貨物量推計結果

MYT では品目別の総貨物量の推計を行う為、タイ、ベトナム、カンボジア等における過去の事例を参考に、GDP に対する品目別貨物量の弾性値を以下の通り設定している。

表 2.2.7 品目別の GDP 弾性係数

Commodity	Elasticity to GDP
1 Live Animal & Animal Products	1.22
2 Fish and Aquatic Products	1.76
3 Vegetable and Fruits	1.18
4 Grain and Grain Products	1.74
5 Other Agricultural Products (ex. Plantation Product)	2.13
6 Foodstuff, Beverage and Animal Food	1.30
7 Petroleum, Oil and Gas	1.84
8 Coal, Ore, Stone and Sand	2.21
9 Cement, Construction Material (incl. steel-frame)	1.93
10 Fertilizer (incl. Urea)	1.09
11 Garment, Textiles and fabric	1.24
12 Wood and Wood Products	1.14
13 Paper and Printed Matter	1.05
14 Metal and Metal Products (excl. construction material)	1.29
15 Industrial Material, Chemicals	1.33
16 Household articles, miscellaneous	1.80
17 Machinery and Parts, Transportation	1.40

出典：YM(1)-F/S

前述の総貨物量の推計結果および品目別の GDP に対する弾性係数を用いて、将来の品目別貨物量の推計を推計した。2040 年におけるミャンマー国内における主要貨物の貨物量は、建設資材が 388 千トン／日、穀物が 351 千トン／日、農作物が 284 千トン／日、石油・ガスが 261 千トン／日と推計された。

表 2.2.8 ミャンマーにおける将来貨物量推計結果

(単位：千トン／日)

Commodity		2015	2020	2030	2040
1	Live Animal & Animal Products	1.8	2.4	4.4	7.0
2	Fish and Aquatic Products	3.2	5.1	12.8	28.0
3	Vegetable and Fruits	6.7	8.9	15.5	24.4
4	Grain and Grain Products	41.0	65.6	162.6	350.7
5	Other Agricultural Products (ex. Plantation Product)	18.7	33.8	106.4	284.4
6	Foodstuff, Beverage and Animal Food	29.0	40.3	75.7	127.5
7	Petroleum, Oil and Gas	26.3	43.4	114.4	260.9
8	Coal, Ore, Stone and Sand	10.6	19.6	65.0	181.3
9	Cement, Construction Material (incl. steel - frame)	34.3	58.1	161.9	388.0
10	Fertilizer (incl. Urea)	15.7	20.4	33.3	49.8
11	Garment, Textiles and fabric	3.9	5.4	9.7	15.8
12	Wood and Wood Products	6.4	8.5	14.3	22.0
13	Paper and Printed Matter	1.6	2.1	3.3	4.8
14	Metal and Metal Products (excl. construction material)	2.6	3.7	6.8	11.5
15	Industrial Material, Chemicals	8.4	11.8	22.5	38.6
16	Household articles, miscellaneous	27.1	44.2	113.6	253.3
17	Machinery and Parts, Transportation	9.7	13.9	27.9	49.7
Total		247.1	387.2	950.2	2,097.6

出典：JICA 調査団

(2) 分布交通量

MYT では、交通調査結果から推計された現況のゾーン別貨物発生・集中量とゾーン別社会指標（GRDP）を用いて、GRDP に対する貨物発生・集中量の弾性値を以下の表の通り推計している。GRDP に対する弾性値から将来のゾーン別品目別貨物発生・集中量の推計を行い、前述の総貨物量をコントロールトータルとして調整し、各ゾーンからの発生・集中貨物量を設定した。

表 2.2.9 貨物発生・集中量の GRDP に対する弾性係数

Commodity	Cargo Production	Cargo Attraction
1 Live Animal & Animal Products	0.315	1.560
2 Fish and Aquatic Products	0.554	2.552
3 Vegetable and Fruits	0.803	0.819
4 Grain and Grain Products	1.274	0.771
5 Other Agricultural Products (ex. Plantation Product)	1.304	0.988
6 Foodstuff, Beverage and Animal Food	0.942	0.961
7 Petroleum, Oil and Gas	1.178	1.170
8 Coal, Ore, Stone and Sand	0.400	1.512
9 Cement, Construction Material (incl. steel-frame)	1.024	1.663
10 Fertilizer (incl. Urea)	1.663	1.831
11 Garment, Textiles and fabric	0.850	1.644
12 Wood and Wood Products	0.462	1.757
13 Paper and Printed Matter	0.858	0.579
14 Metal and Metal Products (excl. construction material)	1.621	0.384
15 Industrial Material, Chemicals	1.698	0.685
16 Household articles, miscellaneous	1.252	1.030
17 Machinery and Parts, Transportation	0.950	1.013

出典：YM(1)-F/S

1) 分布貨物量

上記のゾーン別貨物発生・集中量を用いて、フレーター法により将来の分布貨物量（ゾーン間の貨物流動量）を品目別に推計した。

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot \frac{G_i}{g_i} \frac{A_j}{a_j} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{g_i}{\sum_j t_{ij} \cdot A_j / a_j} + \frac{a_j}{\sum_i t_{ij} \cdot G_i / g_i} \right)$$

- ここで、 T_{ij} : ゾーン i から j への将来貨物流動量、
 G_i : ゾーン i の将来貨物発生量、
 A_j : ゾーン j への将来貨物集中量、
 t_{ij} : ゾーン i から j への現状の貨物流動量、
 g_i : ゾーン i の現況貨物発生量、
 a_j : ゾーン j への現況貨物集中量

(3) 機関分担

前述の品目別の将来分布貨物量と以下のロジットモデルを用いて、海運、内陸水運、鉄道、トラック等の交通機関別に分担量を推計した。

$$P_i = \frac{\exp(U_i)}{\exp(U_i) + \exp(U_j)}$$

where, $U_i = a \cdot time_i + b \cdot cost_i + Intercep$

$$U_j = a \cdot time_j + b \cdot cost_j$$

U_i : 交通機関 i の効用関数、

$time_i$: 交通機関 i を使用した際の輸送時間、

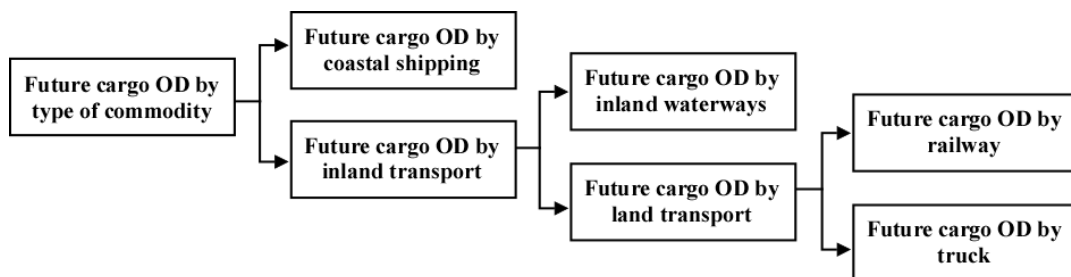
$cost_i$: 交通機関 i を使用した際の輸送コスト、

U_j : 交通機関 j の効用関数、

$time_j$: 交通機関 j を使用した際の輸送時間、

$cost_j$: 交通機関 j を使用した際の輸送コスト

MYT における交通機関分担モデルは、品目別に、以下の3つのステップ (1) 海運 - 内陸輸送、(2) 内陸水運 - 陸上交通、(3) 鉄道 - トラック、でそれぞれ二項選択モデルから構成されている。



出典：YM(1)-F/S

図 2.2.16 交通機関分担の二項選択モデル

以下にステップ別品目別の二項選択モデルのパラメーターを示す。

表 2.2.10 機関分担モデルパラメーター（ステップ1：海運 - 内陸輸送）

品目	定数項（内陸輸送）	時間	コスト t	R ²
COM01	-	-	-	-
COM02	-	-	-	-
COM03	-	-	-	-
COM04	-4.5860	-0.2244	-0.0001	0.8504
COM05	-	-	-	-
COM06	0.8766	-0.0004	-0.0004	0.7852
COM07	-	-	-	-
COM08	-	-	-	-
COM09	-10.8428	-0.2622	-0.0002	0.8223
COM10	-	-	-	-
COM11	-	-	-	-
COM12	-	-	-	-
COM13	-	-	-	-
COM14	-	-	-	-
COM15	-1.4294	-0.0858	-0.0004	0.5360
COM16	1.4364	-0.0355	-0.0004	0.5738
COM17	-9.1314	-0.0847	-0.0001	0.9584

出典：YM(1)-F/S

表 2.2.11 機関分担モデルパラメーター（ステップ2：内陸水運 - 陸上交通）

品目	定数項（陸上交通）	時間	コスト t	R ²
COM01	1.2754	-0.0314	0.0000	0.5787
COM02	2.3079	-0.0601	-0.0001	0.6536
COM03	3.7516	-0.0142	0.0000	0.4659
COM04	1.6748	-0.0194	-0.0001	0.4280
COM05	0.7821	-0.0158	-0.0001	0.6127
COM06	-0.4133	-0.0387	-0.0004	0.6713
COM07	-1.2808	-0.0386	-0.0008	0.6969
COM08	0.5921	-0.0741	-0.0006	0.9647
COM09	1.6728	-0.0087	-0.0003	0.5192
COM10	2.9320	-0.0283	-0.0003	0.4003
COM11	1.6906	-0.0219	-0.0004	0.5049
COM12	2.0427	-0.0169	-0.0004	0.9789
COM13	3.9057	-0.0172	-0.0003	0.6502
COM14	-1.1756	-0.0412	-0.0001	0.5042
COM15	-0.6727	-0.0732	-0.0006	0.7014
COM16	0.6300	-0.0173	-0.0001	0.5060
COM17	-0.1859	-0.0628	-0.0006	0.6602

出典：YM(1)-F/S

表 2.2.12 機関分担モデルパラメーター（ステップ3：鉄道 - トラック）

品目	定数項（トラック）	時間	コスト t	R ²
COM01	-	-	-	-
COM02	-	-	-	-
COM03	-	-	-	-
COM04	-0.8966	-0.3892	-0.0008	0.5338
COM05	-4.7785	-0.6994	-0.0015	0.5116
COM06	-0.7408	-0.2078	-0.0003	0.6553
COM07	-14.4599	-1.2397	-0.0026	0.6679
COM08	2.8238	-0.0121	-0.0001	0.5394
COM09	-3.0991	-0.1828	-0.0010	0.5839
COM10	1.4067	-0.1803	-0.0006	0.5132
COM11	-0.2128	-0.1772	-0.0010	0.5916
COM12	-16.5696	-0.5941	-0.0034	0.7840
COM13	-1.3076	-0.1718	-0.0012	0.5996
COM14	-9.2513	-0.6487	-0.0022	0.5597
COM15	-1.5760	-0.1760	-0.0008	0.5230
COM16	-1.9646	-0.5891	-0.0006	0.6127
COM17	2.5323	-0.0287	-0.0004	0.7430

出典：YM(1)-F/S

(4) 貨物需要予測

以下にヤンゴン・マンダレー鉄道沿線における改良有／無のケース別の交通機関分担量の推計結果を示す。ヤンゴン・マンダレー鉄道の改修により鉄道の分担率が 2030 年で 5%から 11%に増加することが推計された。

表 2.2.13 ヤンゴン・マンダレー鉄道沿線の貨物機関分担（鉄道改良無）

（単位：千トン／日）

Cargo Volume	Truck	Rail	IWT	Total
2013	79.2	5.4	5.5	90.1
2023	146.3	9.7	30.7	186.7
2030	294.5	17.2	68.2	379.9
Share	Truck	Rail	IWT	Total
2013	89.7%	6.0%	6.1%	100%
2023	78.4%	5.2%	16.4%	100%
2030	77.5%	4.5%	18.0%	100%

出典：JICA 調査団

表 2.2.14 ヤンゴン・マンダレー鉄道沿線の貨物機関分担（鉄道改良有）

（単位：千トン／日）

Cargo Volume	Truck	Rail	IWT	Total
2023	135.1	20.9	30.7	186.7
2030	271.5	40.7	67.7	379.9
Share	Truck	Rail	IWT	Total
2023	72.4%	11.2%	16.4%	100%
2030	71.5%	10.7%	17.8%	100%

出典：JICA 調査団

(5) ヤンゴン・マンダレー鉄道の貨物需要予測

前述の需要予測モデルを用いて、ヤンゴン・マンダレー鉄道の駅間貨物量を推計した。マンダレー地域では、バルク貨物はミョンハン駅で、コンテナ貨物はミンゲ駅で取扱うものとして推計を行った。ヤンゴン・マンダレー鉄道の取扱い貨物量は、2023 年は 21 千トン／日、2030 年は 41 千トン／日と推計された。

表 2.2.15 品目別駅間貨物量（2023 年：下り方向）

（単位：トン／日）

Commodity	Yangon					Total
	Myohaung	Myinge	Thazi	Pyinmana	Taungoo	
1 Live Animal & Animal Products	0	0	0	0	0	0
2 Fish and Aquatic Products	0	0	0	0	0	0
3 Vegetable and Fruits	0	0	0	0	0	0
4 Grain and Grain Products	153	0	2	0	1	157
5 Other Agricultural Products (ex. Plantation Product)	0	199	0	1	1	201
6 Foodstuff, Beverage and Animal Food	0	1,068	137	93	23	1,321
7 Petroleum, Oil and Gas	5,177	0	0	0	0	5,177
8 Coal, Ore, Stone and Sand	18	0	3	6	0	26
9 Cement, Construction Material (incl. steel - frame)	5,672	0	186	21	65	5,944
10 Fertilizer (incl. Urea)	0	43	0	0	0	43
11 Garment, Textiles and fabric	0	54	0	0	0	54
12 Wood and Wood Products	0	120	0	0	0	120
13 Paper and Printed Matter	0	137	0	0	0	138
14 Metal and Metal Products (excl. construction material)	435	0	2	0	0	437
15 Industrial Material, Chemicals	0	866	28	34	4	931
16 Household articles, miscellaneous	0	142	2	4	3	151
17 Machinery and Parts, Transportation	0	80	1	6	1	88
Total	11,455	2,708	360	167	99	14,788

出典：JICA 調査団

表 2.2.16 品目別駅間貨物量（2023年：上り方向）

（単位：トン／日）

Commodity	Myohaung	Myinge	Thazi	Pyinmana	Taungoo	Total
	Yangon					
1 Live Animal & Animal Products	0	0	0	0	0	0
2 Fish and Aquatic Products	0	0	0	0	0	0
3 Vegetable and Fruits	0	0	0	0	0	0
4 Grain and Grain Products	138	0	2	10	8	158
5 Other Agricultural Products (ex. Plantation Product)	0	444	0	1	2	447
6 Foodstuff, Beverage and Animal Food	0	442	24	47	27	540
7 Petroleum, Oil and Gas	564	0	0	0	0	564
8 Coal, Ore, Stone and Sand	151	0	0	9	83	244
9 Cement, Construction Material (incl. steel - frame)	231	0	27	54	24	336
10 Fertilizer (incl. Urea)	0	59	0	0	0	59
11 Garment, Textiles and fabric	0	75	2	0	0	76
12 Wood and Wood Products	0	2,375	11	4	577	2,967
13 Paper and Printed Matter	0	24	0	0	0	24
14 Metal and Metal Products (excl. construction material)	58	0	0	0	0	58
15 Industrial Material, Chemicals	0	880	3	5	2	890
16 Household articles, miscellaneous	0	68	0	1	3	72
17 Machinery and Parts, Transportation	0	18	0	0	0	18
Total	1,142	4,384	70	131	726	6,452

出典：JICA 調査団

表 2.2.17 品目別駅間貨物量（2030年：下り方向）

（単位：トン／日）

Commodity	Yangon					Total
	Myohaung	Myinge	Thazi	Pyinmana	Taungoo	
1 Live Animal & Animal Products	0	0	0	0	0	0
2 Fish and Aquatic Products	0	0	0	0	0	0
3 Vegetable and Fruits	0	0	0	0	0	0
4 Grain and Grain Products	249	0	4	1	0	254
5 Other Agricultural Products (ex. Plantation Product)	0	358	0	1	0	359
6 Foodstuff, Beverage and Animal Food	0	1,863	247	120	19	2,249
7 Petroleum, Oil and Gas	10,183	0	0	0	0	10,183
8 Coal, Ore, Stone and Sand	54	0	4	12	0	69
9 Cement, Construction Material (incl. steel - frame)	13,183	0	246	26	29	13,484
10 Fertilizer (incl. Urea)	0	68	0	0	0	68
11 Garment, Textiles and fabric	0	90	0	0	0	91
12 Wood and Wood Products	0	155	0	0	0	155
13 Paper and Printed Matter	0	180	1	0	0	181
14 Metal and Metal Products (excl. construction material)	765	0	3	1	0	768
15 Industrial Material, Chemicals	0	1,319	52	16	0	1,387
16 Household articles, miscellaneous	0	268	2	5	2	278
17 Machinery and Parts, Transportation	0	121	2	6	1	129
Total	24,433	4,422	561	188	52	29,656

出典：JICA 調査団

表 2.2.18 品目別駅間貨物量（2030年：上り方向）

（単位：トン／日）

2030		Myohaung	Myinge	Thazi	Pyinmana	Taungoo	Total
		Yangon					
1	Live Animal & Animal Products	0	0	0	0	0	0
2	Fish and Aquatic Products	0	0	0	0	0	0
3	Vegetable and Fruits	0	0	0	0	0	0
4	Grain and Grain Products	305		4	12	4	326
5	Other Agricultural Products (ex. Plantation Product)	0	977	0	1	0	979
6	Foodstuff, Beverage and Animal Food	0	710	31	55	19	815
7	Petroleum, Oil and Gas	2,618	0	0	0	0	2,618
8	Coal, Ore, Stone and Sand	416	0	1	18	169	605
9	Cement, Construction Material (incl. steel - frame)	293	0	76	6	7	381
10	Fertilizer (incl. Urea)	0	54	0	0	0	54
11	Garment, Textiles and fabric	0	84	3	0	0	87
12	Wood and Wood Products	0	3,724	11	3	158	3,896
13	Paper and Printed Matter	0	40	0	0	0	40
14	Metal and Metal Products (excl. construction material)	107	0	0	0	0	107
15	Industrial Material, Chemicals	0	1,542	2	2	1	1,546
16	Household articles, miscellaneous	0	118	0	0	2	121
17	Machinery and Parts, Transportation	0	32	0	0	0	32
Total		3,739	7,280	128	98	361	11,606

出典：JICA 調査団

第3章 自然条件

3.1 はじめに

本業務において事業対象区間の自然条件の以下の調査を行った。

- 1) 気候
 - ・ 気象データ及び水文データの収集
 - ・ 洪水跡調査
- 2) 地震
- 3) 地質状況

これらの調査結果は、本業務での各専門事項の評価、詳細設計段階の追加調査項目の検討にあたっての参考資料、および詳細設計段階の設計条件の一部として整理した。

3.2 気候

3.2.1 調査目的

本調査の目的は、基本的な気象・水文情報を収集・整理することである。また、MR が選定した3か所で洪水跡の調査も実施し、過去に発生した洪水に関する情報を、MR 職員もしくは現地住民へのインタビューを行い収集した。

(1) 気象データ及び水文データの収集

気象データは、タウンゲー・マンダレー間の7つの観測点（タウンゲー、ヤメティン、ピンマナ、タッコン、メイティラ、キョッセ、マンダレー）で収集し、水文データ（水位）は3つの主要な川のある観測点で収集した。

- タウンゲー： Sittoung River
- ミインゲ： Dokehtawady River and
- マンダレー： Ayeyarwady River.

(2) 洪水跡調査

洪水跡調査は、聞き取り調査と洪水跡調査を行った。がある。地元の人々に聞き取りを行なって洪水発生時の状況を調べ、そこで確認された最高水位を調査した。

3.2.2 調査結果

(1) 気象

1) 気候

ミャンマーの気候は熱帯モンスーン気候である。モンスーンの影響を大きく受け、日差しは強く、降水量および湿度が高い。

2) 気温

タウンゲー・マンダレー間沿線のプロジェクト対象地域及びその周辺の気象条件を得るために、2006年から2016年にかけて気温と降水量の分析が行われた。観測点は、マンダレー、キョッセ、メイティラ、ピンマナ、タッコン、ヤメティンおよびタウンゲーであり、結果を表 3.2.1 に示す。

表 3.2.1 7 観測点における最高気温および最低気温 (2006 年～2016 年)

Station Name	Month (max)	Highest Temp (avg) (°C)	Month (min)	Lowest Temp (avg) (°C)
タウンゲー	Mar-May	40.0-44.0	Dec-Feb	10.0-12.5
ピンマナ	Mar-May	41.0-44.5	Dec-Feb	9.0-13.0
タッコン	Mar-May	40.0-44.2	Dec-Feb	9.0-15.0
ヤメティン	Mar-May	40.0-45.0	Dec-Feb	6.0-11.0
メイティラ	Mar-May	41.0-44.0	Dec-Feb	10.0-12.8
キョッセ	Mar-May	40.5-43.2	Dec-Feb	8.4-10.0
マンダレー	Mar-May	42.2-45.0	Dec-Feb	10.5-12.3

出典：DMH

3) 降水

ミャンマー国気象・水文管理局 (DMH) のデータによると、年間最低降水量は 2016 年にヤメティン駅で観測された 94mm であり、年間最高降水量は 2006 年にタウンゲー駅で観測された 2244mm である。タウンゲー駅では、年間降水量の割合は、大幅に増加している。11 年間の年間降水量の平均値は、ヤメティン駅で最低値 801.3mm、タウンゲー駅で最高値 1,919.5mm である。データを表 3.2.2 に示す。

表 3.2.2 7 駅の観測点最高降水量および最低降水量（2006 年～ 2016 年）

Station Name	Month/year	Highest Rainfall (mm)	Month/year	Lowest Rainfall (mm)
タウンゲー	Aug-09	859.0	May-09	1.0
ピンマナ	Sep-11	370.0	Jun-09	1.0
タッコン	Apr-08	319.0	Jul-06	1.0
ヤメティン	Sep-06	316.0	Aug-10	1.0
メイティラ	Oct-10	296.0	Oct-12	1.0
キョッセ	Sep-13	326.0	May-14	1.0
マンダレー	Sep-06	450.0	1-Jul-17	1.0

出典：DMH

4) サイクロン

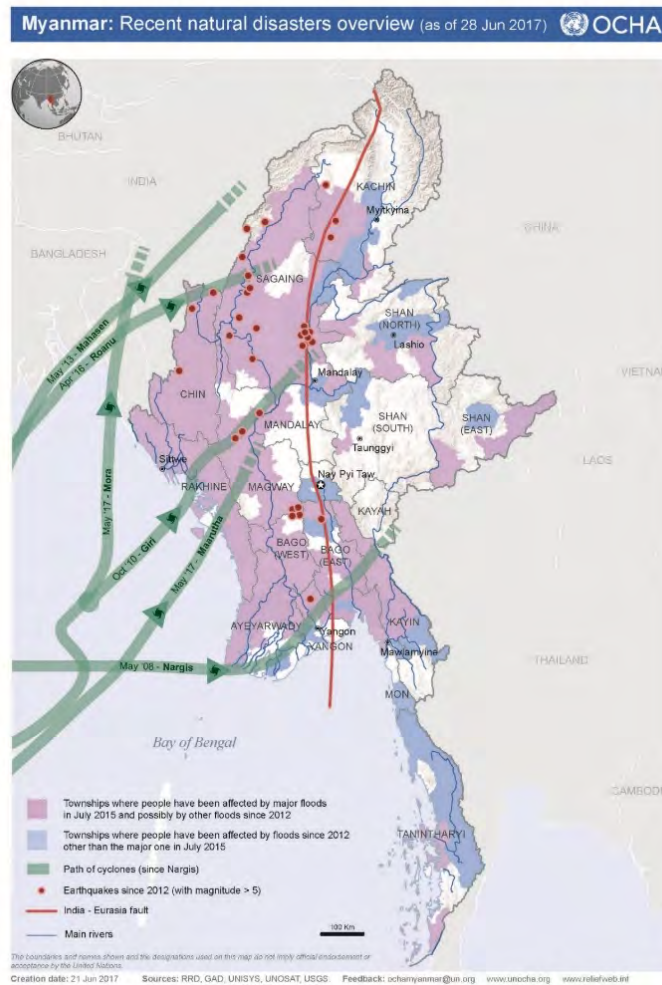
a) サイクロンの経路とサイクロン強度（2006-2016）

サイクロンは深刻な気象災害の1つであり、ミャンマーで起こる最も深刻な自然災害である。2017年に更新した自然災害の概要図を図3.2.1に示す。下図に示すとおり、多くのサイクロンがミャンマーを通過しており、多くは南西から北東に向かう。下図のミャンマー沿岸を横断したサイクロンの経路と強度はDMHとウィキペディアから引用している。その他、サイクロンマップに関する情報はOCHAから収集している。2017年に更新した自然災害の概要図を次図に示す。

表 3.2.3 サイクロンのコースと強度

Department Of Meteorology And Hydrology						
Historical Records of Cyclone Paths & Cyclone Intensity (2006-2016)						
Cyclone Type	Date		Total Fatalities	Damage USD(mil,bil)	Highest Winds (km/h)	Affected Area
	from	to				
MALA	April/24/2005	April/29/2006	37.0	\$6.7 mil	185-220	Thailand, Myanmar
AKASH	May/14/2007	May/15/2007	14.0	\$982 mil	85-120	Andaman, Nicobar, Myanmar, Bangladesh
SIDR	Nov/11/2007	Nov/16/2007	10000.0	\$1.7 bil	215-260	India, Bangladesh, Myanmar
NARGIS	April 27, 2008	May 3, 2008	138366.0	\$12.9 bil	165-215	Thailand, Myanmar, India, Bangladesh, Laos, Sri Lanka
BIJLI	April/14/2009	April/17/2009	4.0	-	75-95	Thailand, Myanmar, India, Laos, Sri Lanka
GIRI	Oct /21/2010	Oct /22/2010	157.0	\$359 mil	195-250	Thailand, Myanmar, Bangladesh
MAHASEN	May/10/2013	May/16/2013	107.0	\$5.14 mil	85.0	Thailand, Myanmar, Bangladesh, Laos, Sri Lanka
KOMEN	Jul/26/2015	Jul/30/2015	187-280	-	75-85	Myanmar, India, Bangladesh
ROANU	May/14/2016	May/22/2016	227.0	\$1.7 bil	85-100	Myanmar, Sri Lanka, Bangladesh
KYANT	Oct/19/2016	Oct/30/2016	-	-	22.2	Myanmar, India, Bangladesh

出典：DMH



出典：DMH

図 3.2.1 ミャンマー サイクロンの経路 (Since Nargis)

5) 洪水 (2006-2016)

洪水は、ミャンマーで雨季に頻繁に起こる重大な自然災害の一つである。前述の通り、タウンゲー～マンダレー間は、洪水に見舞われ、鉄道運行に影響を与えることもある。

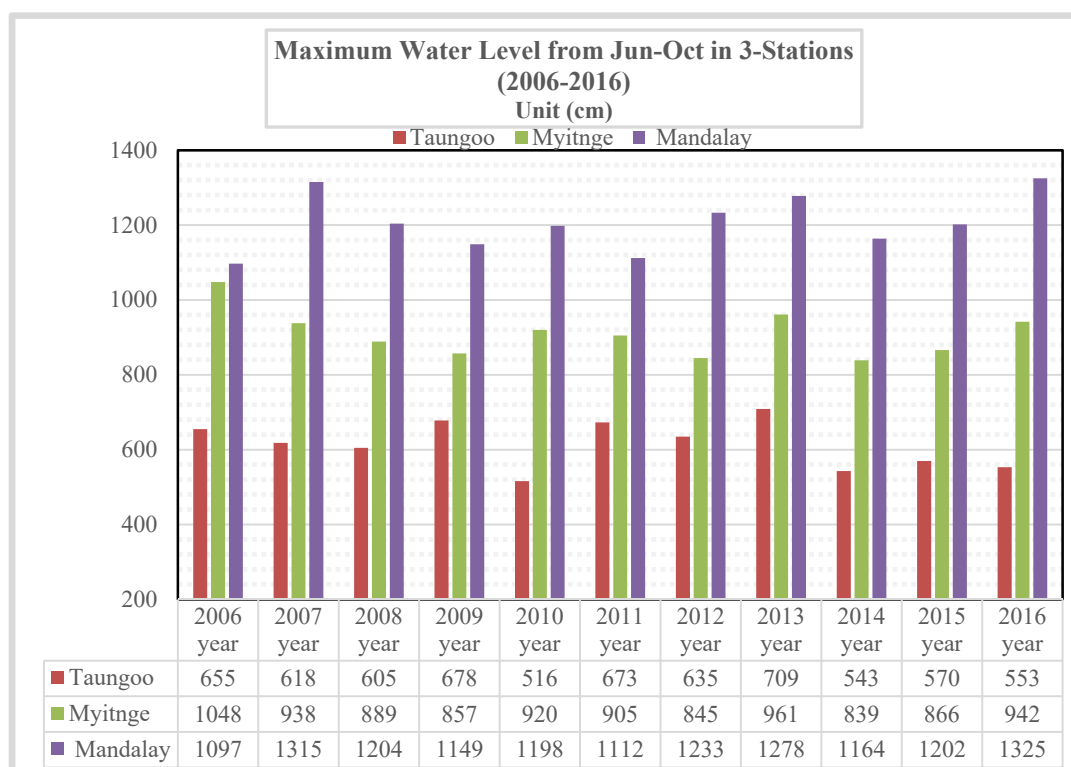
a) 洪水時の水位および降水量

タウンゲー・マンダレー鉄道線沿のタウンゲー (Sittoung 川)・ミンゲ (Dokentawady 川)・マンダレー (Ayeyarwaddy 川) 3 か所の駅で水位のデータを収集した。2006 年～2016 年において、DMH により観測された各駅の危険水準および気象条件を超える水位を次の表に示す。

表 3.2.4 水位の歴史的記録

Station :	Taungoo	Myitnge	Mandalay
River :	Sittoung	Dokehtawady	Ayeyarwady
Danger Level (cm) :	600 cm	870 cm	1260 cm
Maximum WL During 2006 to 2016	709 cm(2013)	1048 cm(2006)	1325 cm(2016)

出典 : DMH



出典 : DMH

図 3.2.2 3 駅における最高水位

b) 線路および駅沿いの洪水状況

タウンゲー・マンダレー間では、Sittoung 川沿いを走り、Sinthay 川、Samon 川、Paalaung 川、Zawgi 川、ミィンゲ川 (Dokehtawady 川) などの多くの主要河川を横断し、多くの運河やダムに沿って鉄道が走っている。そのため、鉄道沿線では、河川、運河、ダムから流水による被害を受ける。3 駅の DMH の記録によると、洪水の問題はほぼ毎年発生している。マンダレーが最小であり、ミンゲ駅は、2006 年から 2016 年の間に洪水の被害を最も大きく受けている。河川の氾濫や上流からの流出により洪水が多く発生している。駅周辺では、橋梁やその周辺より被害を多くはない。

(2) 洪水跡調査

ミャンマー国による聞き取り調査と洪水痕の調査の実施箇所 3 か所を表 3.2.5 に示す。

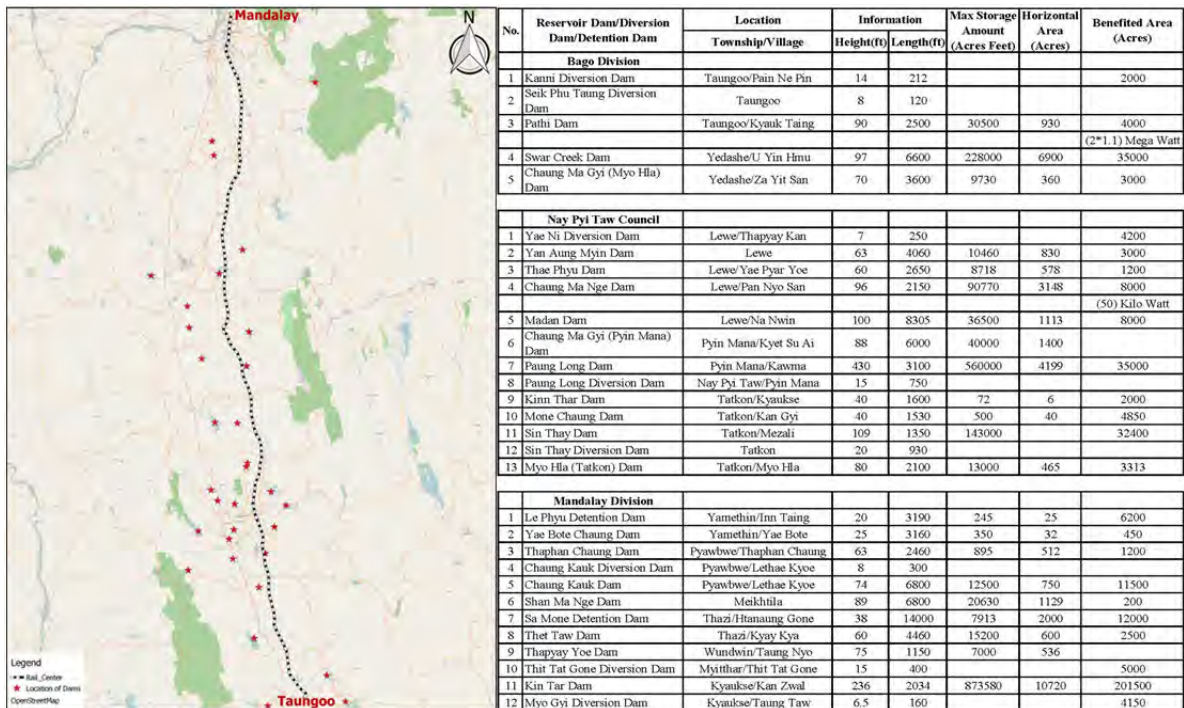
表 3.2.5 聞き取り調査と洪水痕の調査の実施箇所

Ministry of Transport & Communications, Myanmar Railway						
Yangon-Mandalay Railway Improvement Project, Phase (II), (2017-2018) Budget Year						
Preliminary of Engineering (Metrological and Hydrological)						
Sr. No	Between Stations		Between Miles		Special Process	Remark
	From	Between	From	Between		
1	Tagontaing	Myit Nge	379/21	22	It was flooded and the frame aslo collapsed. There has the big rock in the bridge of water-hole from Taungthaman Lake.	Tagontaing Station
2	Thapyay Taung	Kumae	336/19	21	The water are flowing and the frame are eroded by the water. So, there have some little valley likes a hole.	Thapyay Taung Station
3	Oohtokekone	Thapyay Taung	332/23	24	There was very serious flooded in Samone Chaung Bridge and the frame were broken.	Oohtokekone Station

出典：MR

1) 鉄道沿線のダム建設

ダムは、水道、洪水管理、灌漑、航行、沈降制御、水力などの特定の目的のために建設される。ダムは、河川流域の水資源開発の開発と管理の基礎となる。灌漑局のデータから得られた、タウングー・マンダレー間の沿線に位置するダムのリストを図 3.2.3 に示す。



出典：MALI

図 3.2.3 タウンゲー・マンダレー間の沿線にあるダム位置図

2) 河川整備

河川保護、古い堤防の改善、川の浚渫、掘削および改良河川を把握するために、バゴー地域及びマンダレー地域の河川整備のデータを DWIR から収集した。バゴー地域では、DWIR は河川整備箇所が 8 か所諸流しており、タウンゲー付近には 2 か所だけある。

No.	River Name	Project Name	Project Type		
1	Sittaung	Thuye Tha Main Village	Bend cutting for improvement of waterways and erosion protection		
		Tanaw Kyun Village	Timber Spur with rocks inside		
		Aung Chan Thar Ward Ohn Pin Village, Thayet Pin Village	Timber Spur with Sand Bags inside		
		Phyu-Oak Pyart-Hmone Highway	Timber Spur with rocks inside		
		19-Ward, Dawna Road	Timber Spur with rocks inside		
		Aung Gyi Village	Timber Spur with Sand Bags inside		
		Hlae Swae Myaung Village and Chaung Kyo Village	Timber Spur		
		Pya Thauang Village	Timber Spur with Sand Bags inside		
		2	Dokehtawady	Thipaw Township	Steel Basket based Concrete embankment Improvement of old embankment
				Tha Bake Tan Village	Concrete embankment
Banaw Village	Bore Pile based Concrete embankment				
Nyaung Pin Thar Village	Steel Basket based Concrete embankment				
Inlyar Village and Kinlat Village	Sand Bag based Concrete embankment				
Hpa Ye Kyun East and West Village	Steel Basket based Concrete embankment Sand Bag based Concrete embankment				
3	Pannlong			Shwe Sar Yan Village	Steel Basket based Concrete embankment
		Taung Kin-Myauk Myay Ward	Steel Basket based Concrete embankment		
		Myopyin Thet Taw Ya Pagoda East and Zawdika Sawmill front	Concrete embankment		
		Innwa region	Steel Basket based Concrete embankment		
		Oke Kyut Hpo Village	Steel Basket based Concrete embankment		
		Ohn Let Kauk Village	Steel Basket based Concrete embankment		
Wonpatace Village	Steel Basket based Concrete embankment				

出典：DWIR

図 3.2.4 21 か所の河川整備箇所(Source: DWIR)

マンダレー地域では、貯水・治水などを目的とした計 13 か所の河川整備箇所が Dokehtawady 川と Pannlong 川にある。

3.3 地震

3.3.1 ミャンマーの地震と地震帯

自然災害のうち、地震は、地震や地盤の破壊による主な影響、津波、地滑り、液状化や火災などの二次的な影響として、損傷を引き起こす可能性のある最も破壊的な地質的災害の 1 つである。ミャンマーは、その地質学的位置のために他のインドシナ諸国よりも地震に弱い。構造的にミャンマーは、インドプレート（インド大陸とインド洋で構成）とユーラシアプレート（ヨーロッパ、アジアの一部、ミャンマー東部、南シナ海）が集まっている。Sagaing 断層はプレートの境界として示唆されている。

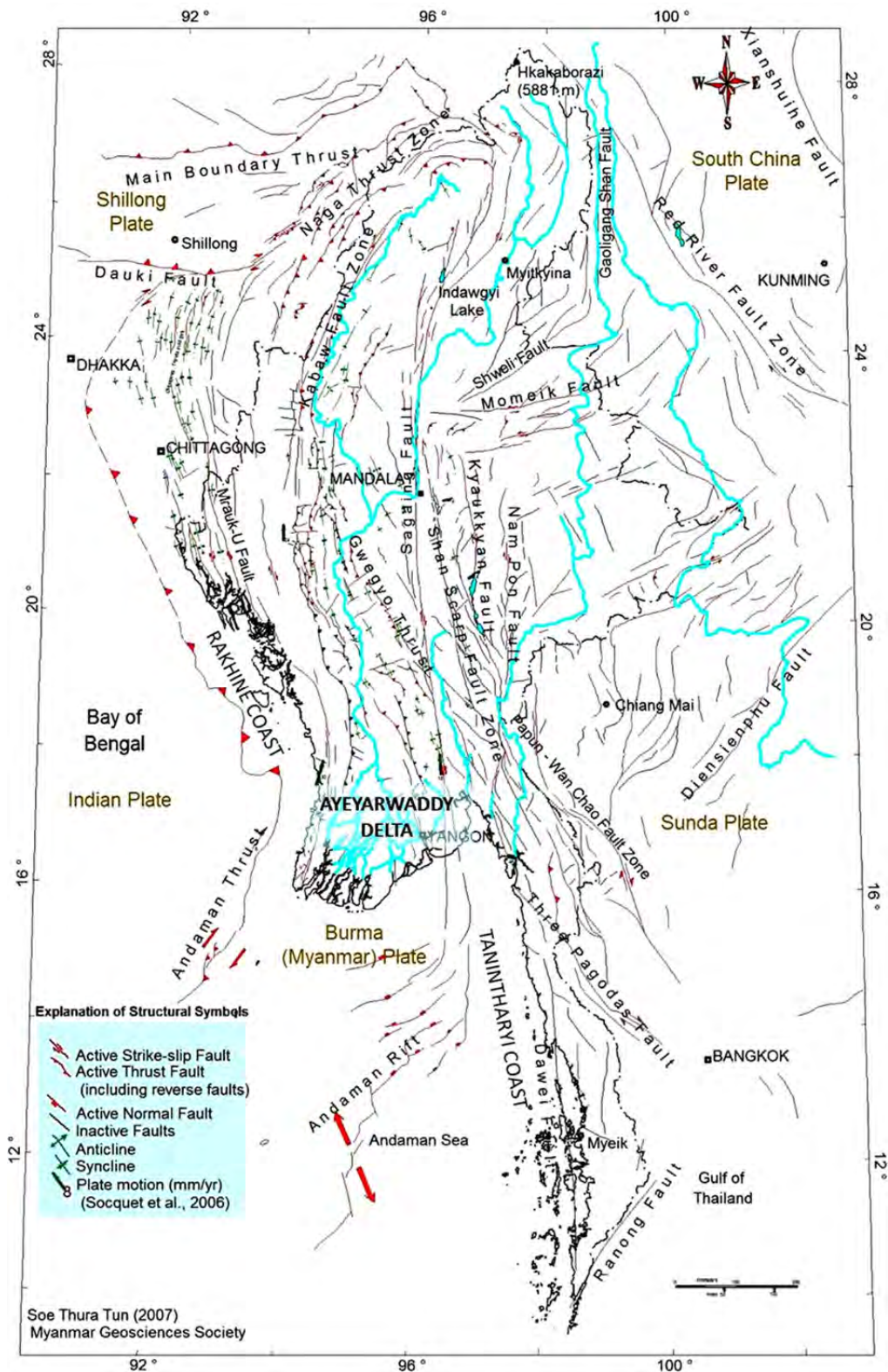
これは地質学的に活動的な地域であり、主要な活断層や断層系はほぼ全国に存在している。2 つの主要な地震帯（Alpide 地震帯）のうちの 1 つに位置しており、これが甚大なミャンマーの人々とインフラの被害をもたらしてきた。

Sagaing 断層とは別に、ミャンマー領土には 13 か所の大きな断層系と 100 か所の断層がある。それは次の通りである。(1) Kaladan-Mrauk-U 断層系、(2) Kabaw 断層系、(3) Pyay 断層、(4) Yenangyaung 衝上断層、(5) Tangyidaung – Chauk 衝上断層、(6) Tuyin Taung-Gwegyo 衝上断層、(7) 西 Bago Yoma-Thegon 断層系、(8) Shweli 断層系、(9) Momeik 断層系、(10) Shan Scarp -PaungLaung 断層系、(11) Kyaukkyan – Papun 断層系、(12) 黄金三角断層系、(13) 3 仏塔断層系。そのうち、Sagaing 断層が最も活発であり、他の断層は Sagaing 断層と比較して 5～30%の変位速度を有するようである。

ミャンマーの大部分の地震は主に次の 3 つのゾーンに限定されている (Hazard profile of Myanmar 2009)。

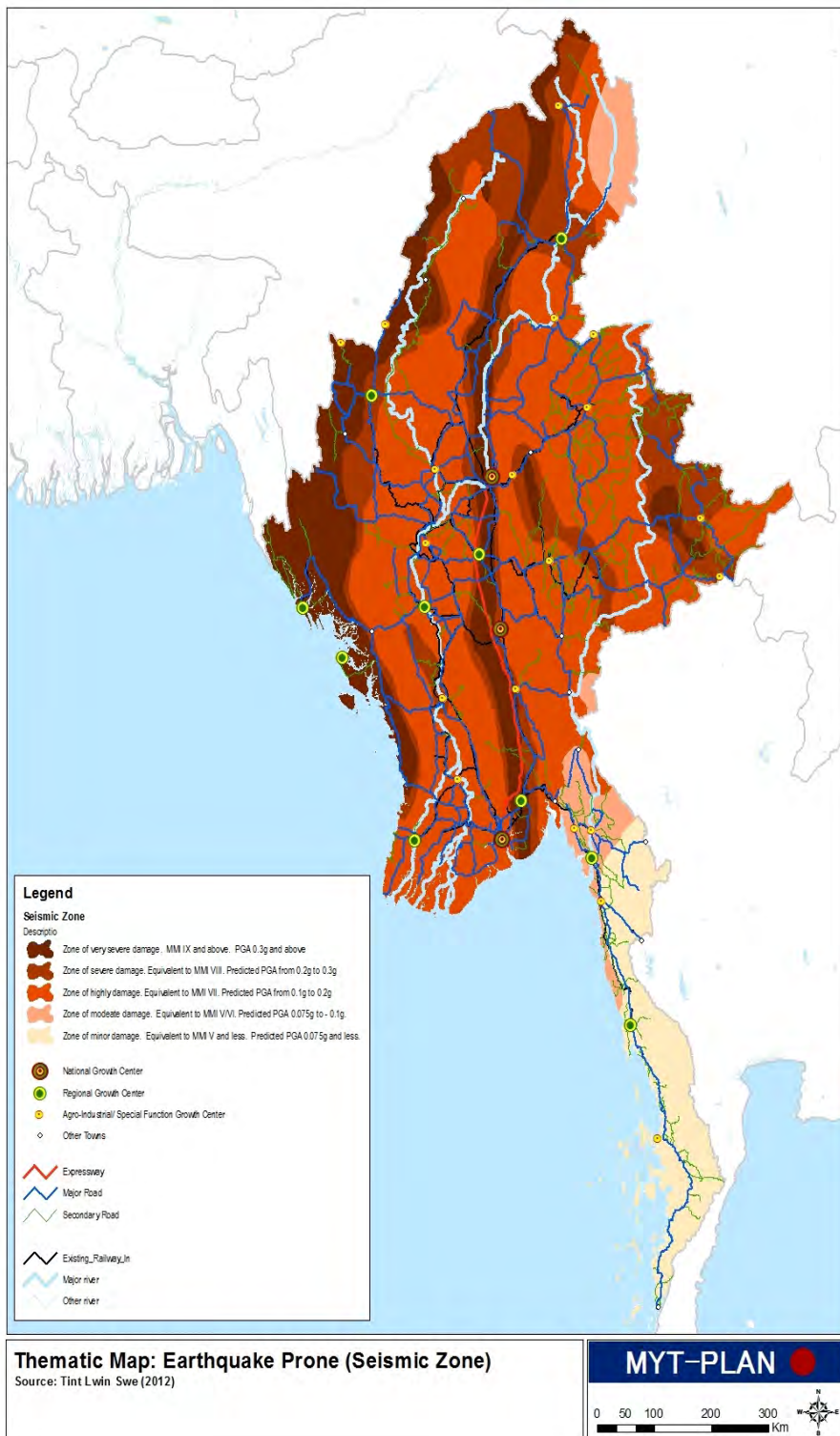
- i) ミャンマーの西部の断層帯に沿ったゾーンで、ほとんどが中発地震である。地震頻度は北部で頻繁に発生する。
- ii) 沿岸部を含む Sagaing 断層の地帯は浅発地震を伴う。地震の頻度も 3 つのセグメント (Bago-タウンゲー、Sagaing-Tagaung、Myitkyian-Putao) の中で一番多い。
- iii) ミャンマーの北東部は南部の地震帯に続いている。

図 3.3.1 はプレートと主要断層帯を載せたミャンマーの地質構造図である (2007 年改訂)。また、西部の山岳地帯では北から南にかけて活発な断層があり、一部はミャンマーの中心を通過している。図 3.3.2 にミャンマーの地震の発生しやすい地域と活断層を示す。



出典 : https://www.researchgate.net/publication/298513092_EARTHQUAKE_AND_TSUNAMI_HAZARD_IN_MYANMAR

図 3.3.1 ミャンマーの地質構造図



出典：MYT-PLAN based on MIMU

図 3.3.2 ミャンマーの地震発生地域と活断層

3.3.2 ミャンマーの地震記録

地震記録によれば、過去 170 年間にミャンマー国内でリヒターマグニチュード (RM) が 7.0 以上の主要な地震が少なくとも 16 回あった。表 3.3.1 に要約する。

表 3.3.1 ミャンマーにおける地震の概要

リヒターマグニチュード	周波数	時間範囲	情報元
8.0	1	1839 – 2008	過去の記録と NEIC
7 – 7.9		1839 – 2008	過去の記録と NEIC
6 – 6.9	47	1950 – 2012	ANSS カタログ
5 – 5.9	700	1950 – 2008	ANSS カタログ

出典：ミャンマーの地震発生源、ミャンマー地震委員会報告書、2011 年 6 月

(1) ミャンマーの歴史的地震

ミャンマーのほとんどすべての土地の地震の性質を示す 5 世紀の CE 以来、宗教的建物の被害には数多くの歴史的地震が記録されている。インドの地質調査のような地質学の文献によく記録されているミャンマーの歴史的地震とミャンマー王朝の歴史が研究され要約されている。これらは後で改正され、国の古代仏塔の被害記録に基づいて調査された。ミャンマーの歴史的地震の中には全国の有名な塔で行った被害調査によって記録されたものもある (表 3.3.2 参照)。

表 3.3.2 ミャンマーの歴史的地震

No.	日付	備考
1	1429 AD	いくつかのパゴダが破損や倒壊
2	1469 AD	修道院の破壊
3	1485.7.24	Yadana、Kannartawya、および Simyarshinpagodas が崩壊
4	1501	仏塔や他の石工の作品の破壊
5	1588	パゴダを含む多くの仏塔が崩壊
6	1590	Ponnyashin と Htuparyon パゴダ の崩壊
7	1619.6.8	Sagaing 地域のパゴダの損傷、地面が壊れ、魚の死、川の氾濫
8	1644	主に Sagaing 地域での被害
9	1660	深刻ではない被害
10	1688	Shweinhmyaw でひどい損傷、地盤亀裂
11	1696.9.15	Shwesaryan、Shweyinhmyaw、Shwezigon と Thihadaw でのパゴダの損傷
12	1704.8.8	パゴダの崩壊。Inn wa 市での川からの水が都市に噴出
13	1768	Bagan でのパゴダの破壊
14	1771.7.15	Inn wa 市で被害は深刻ではない。
15	1776.6.9	Inn wa で多くが崩壊
16	1830.4.26	Inn wa で被害は深刻
17	1839.3.23	Inn wa で大地震 (M> 7.0)。Amrapoora では都市の四隅の塔と塔のある市壁が墜落。地面の亀裂、Mingun でパゴダがひどく損傷
18	1843.2.6	Ramree 島の泥火山の噴火を引き起こさ (場所- 19.5°N 近く、95.5°E)
19	1843.10.30	先行事件より激しい。(- E°95、19°N 近傍位置)
20	1848.1.3	別の損傷 (- 19°N 近く、95.25°E 位置)
21	1858	Thayet、Pyay、Rakhine でより深刻な被害

出典：Seismic Hazard Assessment for Myanmar, a report by Myanmar Earthquake Committee (MEC) and Myanmar Geosciences Society (MGS), March 2012

1862年以來ミャンマーの領土には1762年（ランカイン北部の海岸）と1839年（古代インドア川）の2つの歴史的地震を含む少なくとも15の主要な地震が発生した。最近の一部の地震（M=6.5以上）はミャンマー中部で、1975年のバガン地震（M=6.5）、2003年 Taungdwingyi 地震（M=6.8）、ミャンマー東部の2011年 Tarlay 地震（M=6.8）である。

2012年11月には、ミャンマー北部で6.8の大地震が発生した。最も影響を受けたマンダレーとサガーン地域では少なくとも16人が死亡し、52人が負傷、400軒以上の家屋、65の学校、およそ100の宗教的建物が損傷した。

また、2016年8月24日にミャンマー中部チャウの西方約25 km（16 mi）を震源としてマグニチュード6.8の大地震が発生した。ミャンマー旧首都のヤンゴン、インドのパटना、グワーハティーおよびコルカタ、タイのバンコク、バングラデシュの首都ダッカでも揺れを観測した。被害は4人が死亡、バガンにある仏塔のうち、171か所が損壊した。

(2) ミャンマーの重要な地震

ミャンマーでは歴史的なものを含むかなりの規模の地震が発生している。これらの地震の大半はマグニチュードが7.0以上であり、深刻な被害と多数の死傷者を引き起こした。これらの被害のうち、いくつかを以下に示す。

- i) Inn wa 地震 – MMI (Modified Mercalli Intensity Scale) XI の最大強度を生み出した。この地震は Ava と Amrapura の恐ろしい破壊をもたらした。塔や寺院の被害に加えて、約300～400人が死亡した。Inn wa 地域は過去に多くの地震があったことから非常に頻繁な被害を経験したことがある。
- ii) Pyay 地震 - 余震で1858年に発生し多くの家屋と塔が崩壊した。
- iii) Rakhine 沿岸ベルトにおける地震 – 1762年 Sittway で起こった。1843年と1848年に多くの建物が壊れた。
- iv) 1906年に Putao と1928年に Htawgaw で発生したミャンマー北部地震 – 1931年 Kamaing で石積みの建物に損害を与え、また、1952年に Homalin で地すべりと岩盤の崩落が発生した。
- v) Sagaing の地震 - 1485年 Sagaing、1871年マンダレー、1931年 Kaukse の地震 - マンダレーの建物の建物に亀裂が発生し、1946年 Tagaung、1956年 Sagaing 地震 - いくつかの塔が深刻な損傷を受け40～50人が死亡した。
- vi) 1929年にタウンゲーで記録されたピンマナ地震は、Phyu 地域で鉄道の線路が曲げ、橋とカルバートが崩壊、貨物を乗せたトラックが転倒した。1930年に Khayan 近くの Bago の南に37km南(Sagaing 断層)に走っていたゾーンにかけて、Bago で約500名、Yangon で50名が亡くなった。1931年 Phyu 地震ではピンマナ - 3つの積み上げ式の建物が被害を受けて亀裂が発生し鉄道線路が曲がり、約30名が死亡した。また、マンダレーから Bago 地区まで揺れが感じられた。

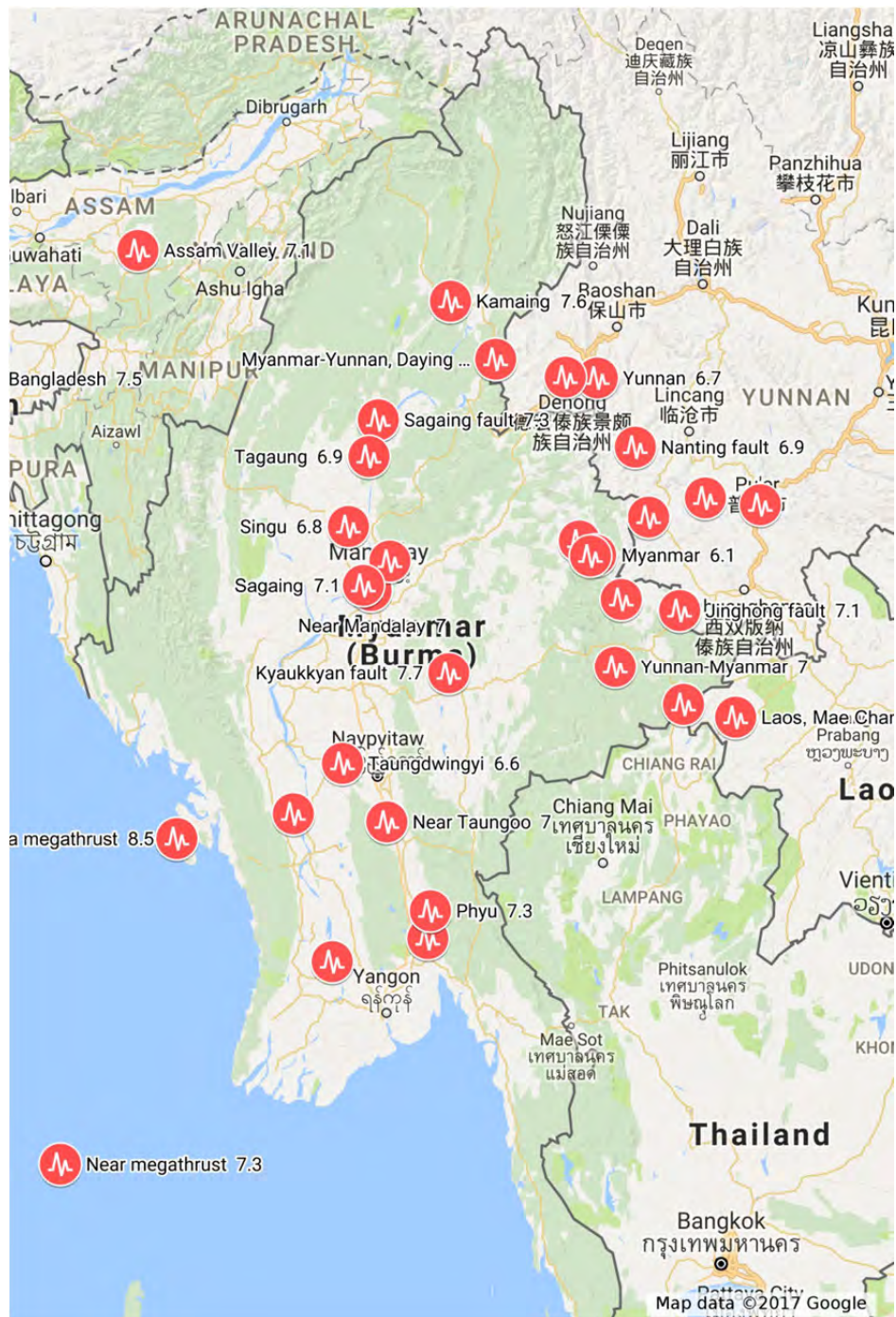
vii) 1858 年中央ミャンマー地震で Pyay 地震で 3 つの最大被害が発生した。1975 年 Bgan、1858 年 Pyay ではいくつかの塔が破損し、1 人が死亡した。2003 年 Taungdwingyi では田舎の家や宗教的な建物への深刻な被害と 7 人が亡くなった。

viii) Yangon 地域の Bago で発生した地震 – 1927 年 12 月 17 日に Yangon で Rossi Farrell Scale の規模に基づいて VII の強度が記録され、都市の建物に被害を与えた。Bago 地域 (Sagaing 断層の南部) には他にも多くの地震が記録されている。

ヤンゴンとその周辺の地震は 1568 年、1661 年、1664 年、1668 年、1927 年および 1970 年に記録された。1927 年と 1970 年の地震はデデイで発生し、建物破壊の記録がある。

1930 年 5 月 5 日に発生した Bago 地震により、Bago では多くの命を失い (500 人が死亡)、大きな被害をもたらした。Yangon では多くの死者と財産への大きな被害をもたらした (50 人が死亡した)。一連のさらなる地震が 1930 年 12 月 3 日と 4 日に北部で発生し、Phyu 町の石積みの建物が破壊して 30 人の死者を出した。

1912 年にミャンマー東部で東部地震が発生して鉄道線路が破損し、大地滑りが発生した。鉄道は 450~451 マイル (Hsum-hsai と Nawnghkio の間) の Kyaukkyan の断層を横切っていた。2011 年 Tarlay 地震で M6.8 の地震が Tarlay 町周辺で発生した。約 300 以上の木材と建物が損傷して 74 人が死亡した。図 3.3.3 は 18 世紀からの最近までのミャンマーとその周辺で起こった最も重要な地震分布図を示している。



出典 : Wang, Y, 2013, Earthquake Geology of Myanmar, 2013, California Institute of Technology

図 3.3.3 18 世紀から最近のミャンマーの歴史的地震

3.3.3 地震活動の原因の特定と地震ハザード評価

2種類の地震関連報告書がある。

- (1) 2011年6月にミャンマー地震委員会（MEC）が作成したミャンマーの地震発生源
- (2) MEC、ミャンマー地質学会（MGS）、アジア防災センター（ADPC）が作成したミャンマーの地震ハザードアセスメント

最初の報告はミャンマーの地震をリストして説明し、地震発生源を特定することを目指している。次の報告書は、地震ハザード分析を提供している。2つのレポートの関連部分を以下に示す。

初期の時代では、過去の地震学的研究のような過去の地震事象に関する詳細な研究の欠如はミャンマーで起こった地震の正確な大きさ、場所、深さをよく理解することを困難にしている。ミャンマーの地震に関する最近の研究は2003年の Taungdwingyi 地震以降に始まった。ミャンマー大学の地質学者は後にミャンマー地震委員会（MEC）で組織された。

2008年にサイクロン・ナルギスタットがミャンマーで15万人以上の命を奪った後、被害の緩和は不可欠であると認識された。その後、適切な地震リスク評価の必要性が確認された。

MECによる現在の研究は全国をカバーする第3世代PSHA地図が作成された。ミャンマーの地震地域地図（2005年改訂）は図3.3.4に示す。

(1) 地震活動システム

地震の発生源として、ミャンマーにとって地震的に非常に危険な主要な活断層は Sagaing 断層、Kyaukkyan 断層、Nan Pon 断層、Kabaw 断層、Myaunk 断層、Dawei 断層、Gwegyo 衝上断層、およびミャンマー北西での衝上断層がある。

(2) 地震の原因

「ミャンマーの震源」と題する MEC によって作成された 2011 年 6 月の報告では、インドオーストラリアプレートとビルマ（ユーラシア）の沈み込み帯-西端と、インドプレートとユーラシアプレートが衝突して、過去 1 世紀に起こった巨大地震（津波を起こす地震）を引き起こした。ミャンマー東部の衝上断層のシステムも甚大な規模の悲惨な地震の一部を引き起こしており現在調査中である。地震ハザード解析の必要性和ミャンマーの全国地震ハザード解析マップの開発が報告書を通じて明らかにされた。

3.3.4 地震ハザード評価

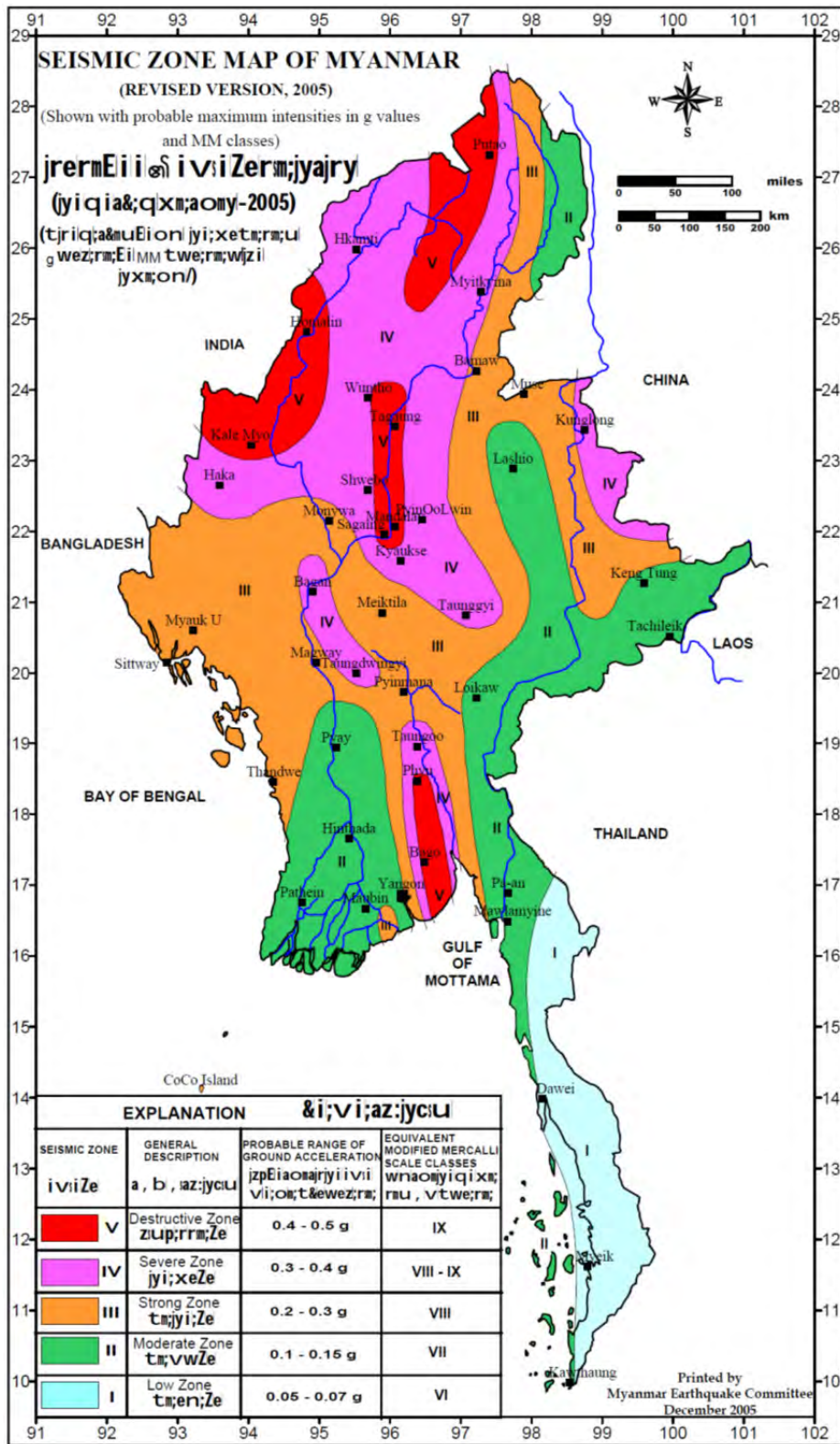
地震の危険な影響には、(1) 一定レベルの地震動から直接生じたもの、(2) 断層破損または変形に起因する土地表面のもの、(3) 特定の水準の地震動によって引き起こされたり活動したりして、水域や地すべりに津波や地震が発生したものが含まれている。最初のものは大地震の危険性を表すもので、PGA (peak ground acceleration)、PGV (peak ground velocity)、PGD (peak ground displacement)、および SA (spectral acceleration) などの地面の動きパラメータで説明されてい

る。地震ハザードの評価は地震の発生しやすい地域が危険な影響を緩和するための基本的な前提条件であり、地震リスクの評価につながっている。

ミャンマーの研究では 10 種類の PSHA マップ¹が作成されており、その中で頻繁に使用されるマップはおそらく 50 年後に 10%の確率で PSHA マップになるだろう。これらの地図は一般に 500 年の再現間隔の PSHA 地図として知られている。社会基盤施設設計を含むすべての都市関連プランナーが使用することが推奨されている。地震リスク評価は一般的に建物や都市インフラの脆弱性を理解するために必要である。

ミャンマーの地震ハザードを緩和する目的で 1959 年に地震地域地図が作成された。以前は第 1 世代と第 2 世代の地図が準備されていた。MEC による現在の研究は全国をカバーする第 3 世代 PSHA 地図を作成した。ミャンマーの地震地域地図（2005 年改訂）は図 3.3.4 に示されている。

¹ 地震ハザード推定には決定論的地震ハザード解析（DSHA）の 2 つのアプローチが利用できる。確率論的地震ハザード解析（PSHA）などがある。MEC が 2012 年 3 月の報告書で示した地震ハザード評価はミャンマーの初めての確率論的地震ハザード分析である。



出典 : AHA CENTRE and Japan International Cooperation Agency, 2015, Country Report Myanmar, pp. 14.

図 3.3.4 ミャンマーの地震地域地図

3.4 地質状況

3.4.1 調査目的

本調査で実施した地質調査は、詳細設計段階の追加地質調査箇所を検討および本調査における、橋梁基礎の杭基礎の概略の延長を決定するために実施した。

3.4.2 実施内容

現地調査、室内試験を実施した。現地調査では、ボーリング試験、不攪乱土のサンプリング、標準貫入試験(SPT)、地下水位測定を行った。

3.4.3 地質調査地点

本プロジェクト地域はソア駅からマンダレー駅までの鉄道沿線に位置する 20 箇所の大型橋梁の近傍にてボーリング調査を行った。プロジェクト地域の地形図を図 3.4.1 に示す。

3.4.4 地形概況

概して、プロジェクト地域はミャンマー構造帯中央低地に位置し、西部の Bago-Yoma 山脈と東部の Shan スカープの間にある。

Sittaung 川、Zawgyi 川、Sin Thay Chaung、その他主要な小川は、プロジェクト地域に流れていない。

3.4.5 地質概況

1983 年にフリードリッヒ・ベンダー (Friedrich Bender) により発行された地質学のビルマの地質図を参照すると、特に既存のヤンゴン・マンダレー鉄道のプロジェクトエリアに沿って、中新世、新生代、始新世および少量の暁新世の堆積物がある。

プロジェクトエリアの土壌層は、第四紀沖積堆積物 (Q2)、更新世古沖積層および礫 (Q1)、および中新世-鮮新世石層 (Tm-Tp) である。

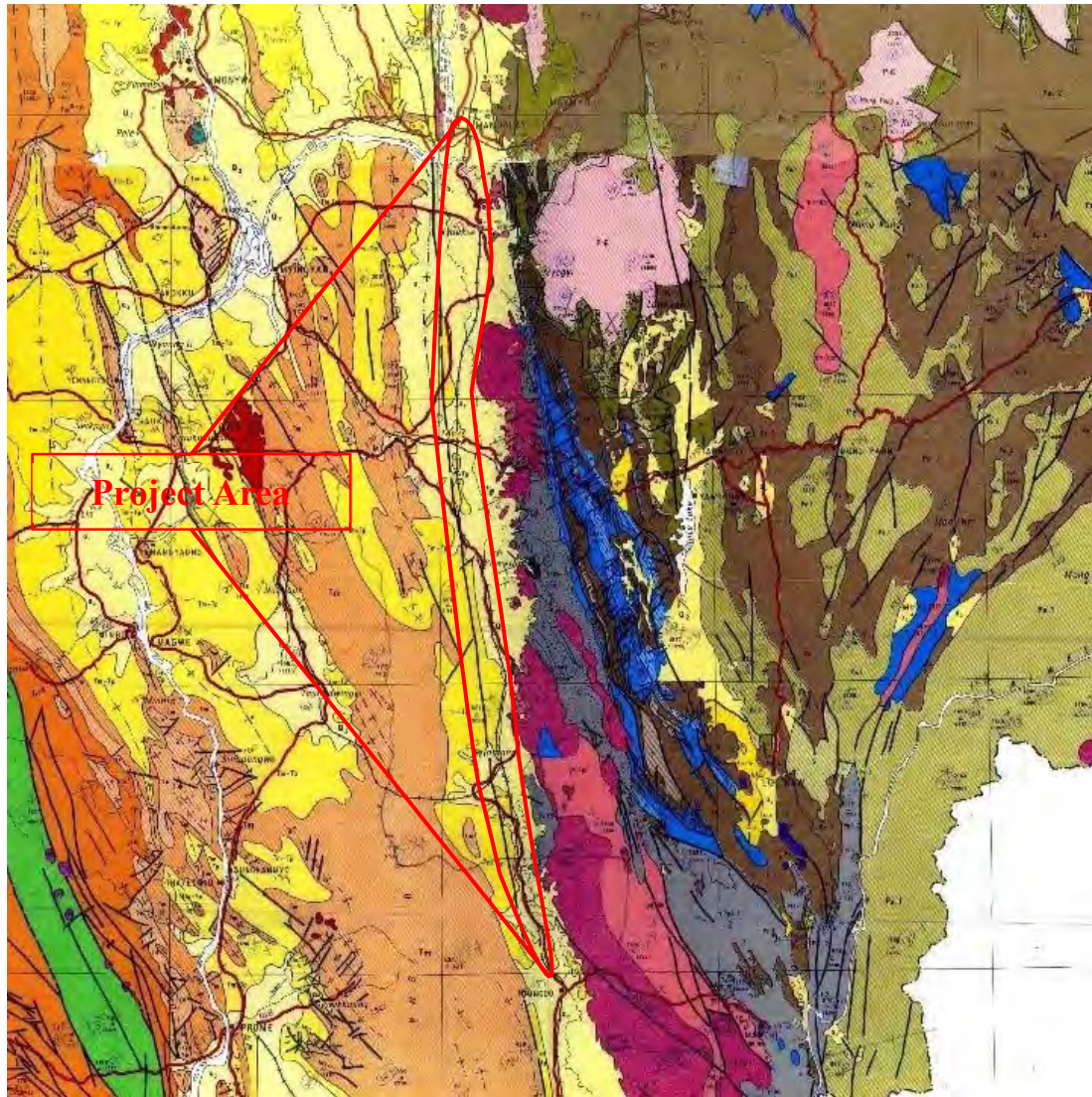
ボーリング土壌調査の結果より、プロジェクトエリアは、粘土、砂質粘土、粘土質砂、シルト質粘土の沖積堆積物で構成していることが確かめられている。地質図より、プロジェクト地域の地層分類の設定は次に示す。

<u>Description</u>	<u>Symbols</u>	<u>Age</u>
Alluvium	Q2	Quaternary
Older Alluvium and Gravels	Q1	Pleistocene
Irrawaddy Formation	Tm-Tp	Miocene – Pliocene

3.4.6 地層分類

土壌層は、その物理的性質やそれらの相対密度に従って分類される。今回の調査で観察された9つの異なる層は、以下のように分類される。

1. 地表土 (Filled Soil)
2. 粘土-1 (CLAY-I)
3. シルト-1 (Silty SAND-I)
4. 粘土-2 (CLAY-II)
5. シルト-2 (Silty SAND-II)
6. 粘土-3 (CLAY-II) I
7. シルト-3 (Silty SAND-III)
8. 粘土-4 (CLAY-IV)
9. シルト-4 (Silty SAND-IV)



EXPLANATION	
Q ₁	HOLOCENE - Alluvium
O ₁	PLEISTOCENE - Older Alluvium and Gravels
M ₁₋₃	MIOCENE - Pliocene - Irrawaddy Formation and its equivalents
M ₄	MIOCENE - Upper Pegu Group and its equivalents
O ₁₋₄	OLIGOCENE - Lower Pegu Group and its equivalents
E ₁₋₂	Eocene - a-Molasse-type units (along Central Belts) / b-Flysch-type units (along Western Ranges)
C	CRETACEOUS - Gleiobotryocera-bearing Flysch units of Western Ranges and Orbitolina-bearing Limestones of Northern Burma
J ₁	JURASSIC - CRETACEOUS - Kalaw Red Beds and its equivalents
J ₂	JURASSIC - Nanyau Series, Loi-an Series and their equivalents
T	TRIASSIC - Bawgya Group, Kawakala Limestone and their equivalents
P	PERMIAN - Yinyaw Beds, Martaban Beds and their equivalents
P ₁₋₂	UPPER PALEOZOIC - (mainly CARBONIFEROUS - PERMIAN) - Plateau Limestone, Moulmein Limestone and their equivalents
C	CARBONIFEROUS - Taunggya Series, Labyin Group and their equivalents
P ₁₋₃	PALEOZOIC - (mainly UPPER PALEOZOIC and partly LOWER PALEOZOIC) - Mergui Series, Mawchi Series and their equivalents
S	SILURIAN - Mibayataung Group (of Southern Shan States) and its equivalents
D	ORDOVICIAN - Pindaya Group (of Southern Shan States) and its equivalents

EXPLANATION	
C	CAMBRIAN - Pangyun Beds of Northern Shan States, Malabon Group of Southern Shan States
P ₁₋₃	LOWER PALEOZOIC - Undifferentiated rocks of probably Lower Paleozoic age exposed in the eastern part of the Shan States and Kayah State
P ₁₋₆	PRECAMBRIAN - Chaungmagyi Series and its equivalents
M ₁₋₃	LOW GRADE METAMORPHICS (of GREENSCHIST FACIES) - Kinseler Schist and similar schists of Naga Hills
M ₄₋₅	UNDIFFERENTIATED METAMORPHICS (mainly SCHISTS and GNEISSES)
G ₁₋₂	GRANITES and other NON-BASIC INTRUSIVES - gr. 2 - MESOZOIC or PALEOZOIC (Unnumbered where age is not known)
B	GABBRO and related INTRUSIVES
M ₁₋₆	ULTRABASIC and BASIC INTRUSIVES (mainly PERidotite and SERPENTINE) - (CRETACEOUS - EOCENE)
V	VOLCANICS - (mainly BASIC) (mainly CENOZOIC)
Geological Contact	
Faults - dashed where concealed or approximately located	
Thrust - sawtooth indicate dip direction of thrust plane	
Anticlinal Axis - short-dashed where concealed or approximately located	
Synclinal Axis - short-dashed where concealed or approximately located	
Roads	

図 3.4.1 プロジェクト地域の地形図

3.4.7 ボーリング調査

(1) 調査内容

本調査の目的は、大まかな地層と土壌の性質を特定することであり、20 か所でボーリング試験が行われた。現地調査では、土壌ボーリング試験、攪乱土および不攪乱土のサンプリング、水位測定と水のサンプリングが行われた。総長 712.0m に及ぶボーリングの試験条件を表 3.4.1 に示す。

表 3.4.1 ボーリング試験の総量

No.	BH. No.	Soil Drilling (m)			Standard Penetration Test (Nos)	Undisturbed Sampling (Nos)	Water Sample (Nos)
		Ø 112 mm	Ø 64 mm	Total			
1	BH-01	3.0	43.5	46.5	31	4	1
2	BH-02	3.0	33.5	36.5	24	5	1
3	BH-03	3.0	51.5	54.5	36	5	1
4	BH-04	3.0	21.0	24.0	16	2	1
5	BH-05	3.0	50.0	53.0	35	2	1
6	BH-06	3.0	26.0	29.0	19	1	1
7	BH-07	6.0	42.5	48.5	32	4	1
8	BH-08	4.0	26.5	30.5	20	2	1
9	BH-09	4.0	26.0	30.0	20	1	1
10	BH-10	4.0	23.5	27.5	18	1	1
11	BH-11	3.0	36.0	39.0	25	3	1
12	BH-12	5.0	51.0	56.0	37	1	1
13	BH-13	3.0	25.5	28.5	19	-	1
14	BH-14	5.0	24.0	29.0	19	2	1
15	BH-15	3.0	25.5	28.5	18	3	1
16	BH-16	4.0	23.0	27.0	18	3	1
17	BH-17	8.0	13.0	21.0	13	1	1
18	BH-18	4.0	31.0	35.0	23	-	1
19	BH-19	3.0	36.5	39.5	26	1	1
20	BH-20	3.0	25.5	28.5	19	2	1
Total		77.0	635.0	712.0	468	43	20

(2) 地質縦断図

ボーリング試験結果から想定される地質縦断図を図 3.4.2(a)(b)に示す。標高は Google earth より導いている。

(3) 標準貫入試験 (SPT:Standard Penetration Test)

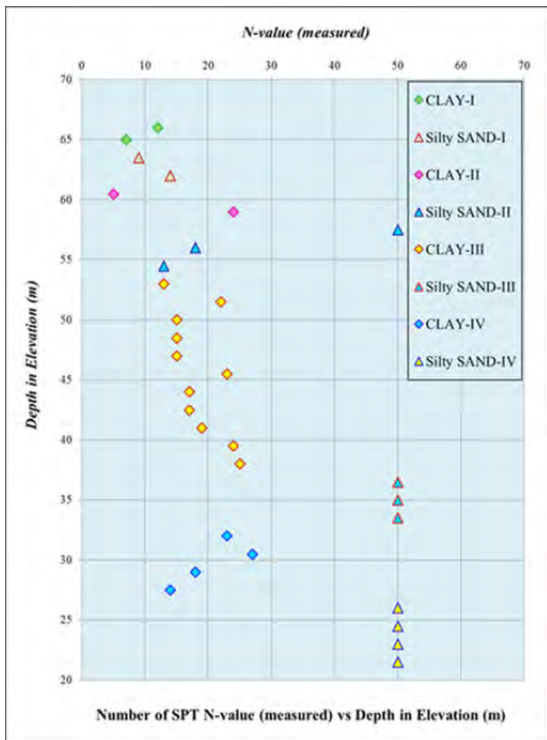
各ボーリング調査地点別の SPT の (N 値) と深さの分布を図 3.4.3 に示す。



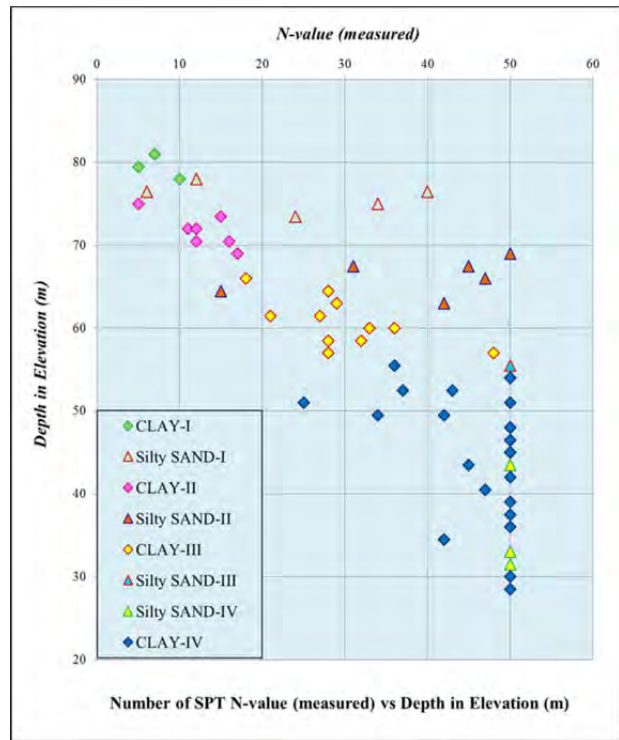
図 3.4.2 (a) ボーリング調査箇所



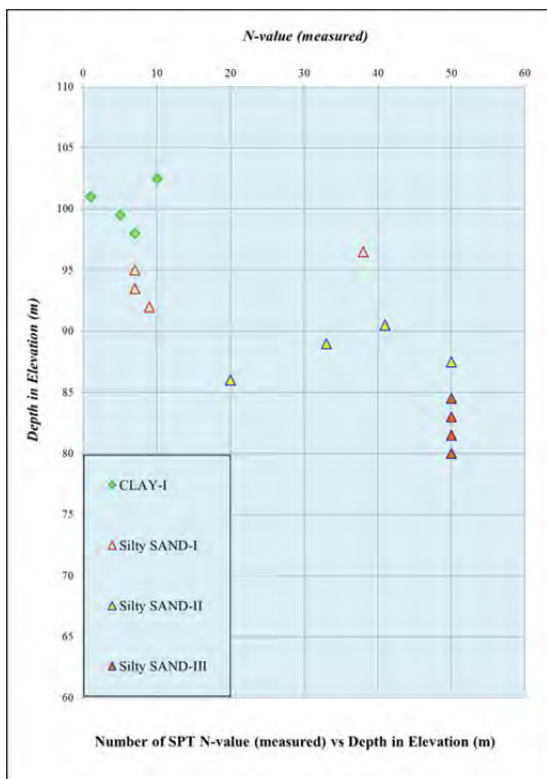
図 3.4.2 (b) ボーリング調査箇所



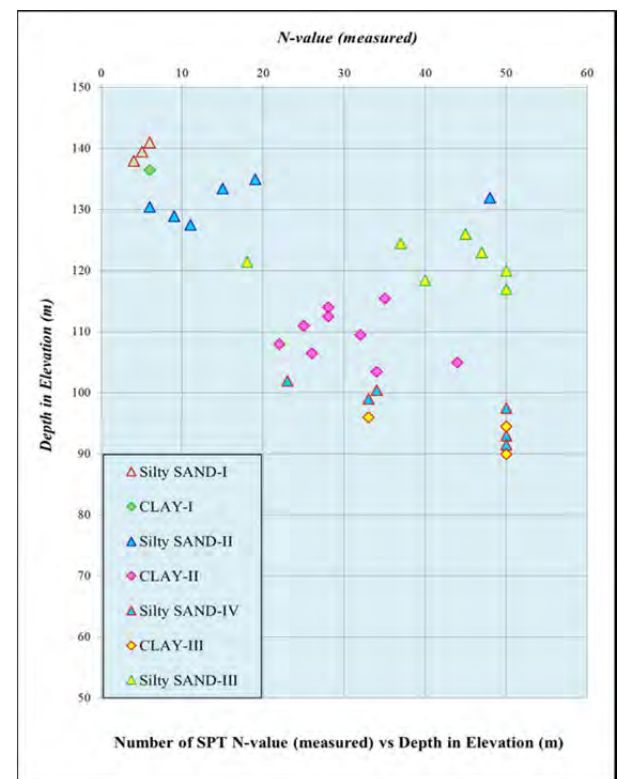
BH-01



BH-02 and BH-03

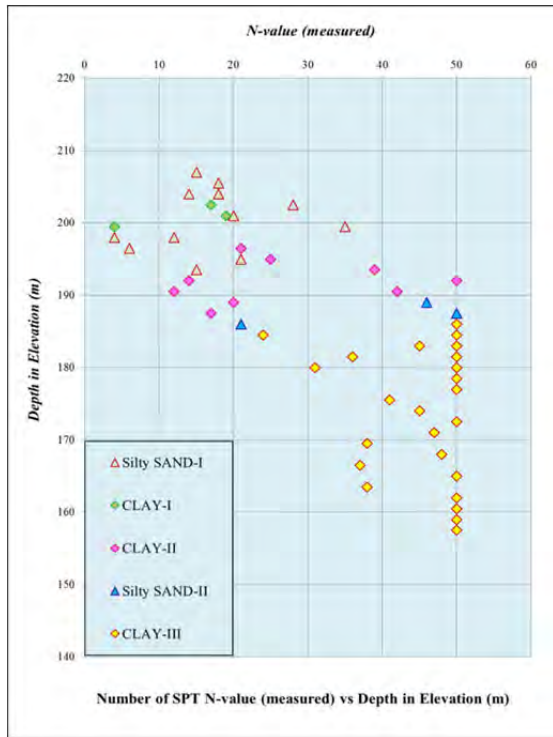


BH-04

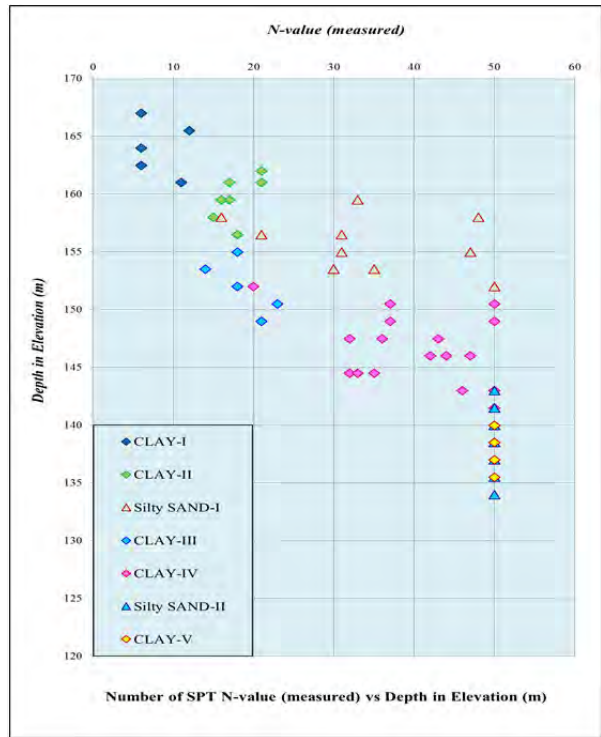


BH-05

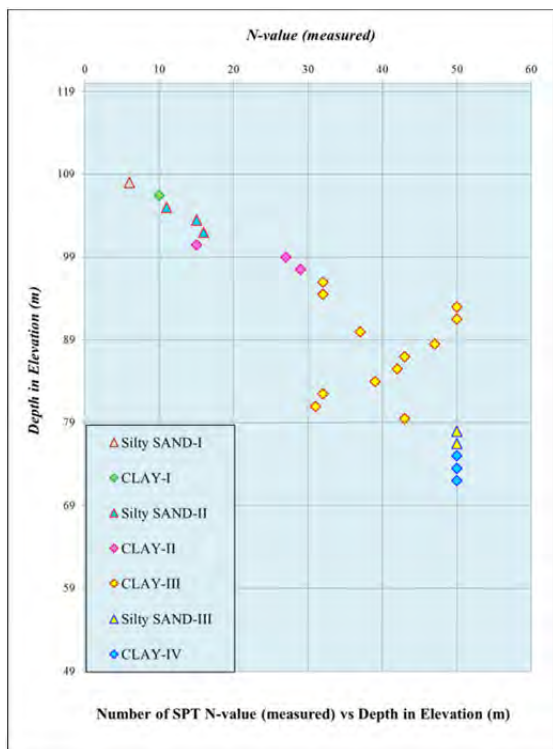
図 3.4.3 (a) 各ボーリング調査地点別の SPT の (N 値) と深さの分布



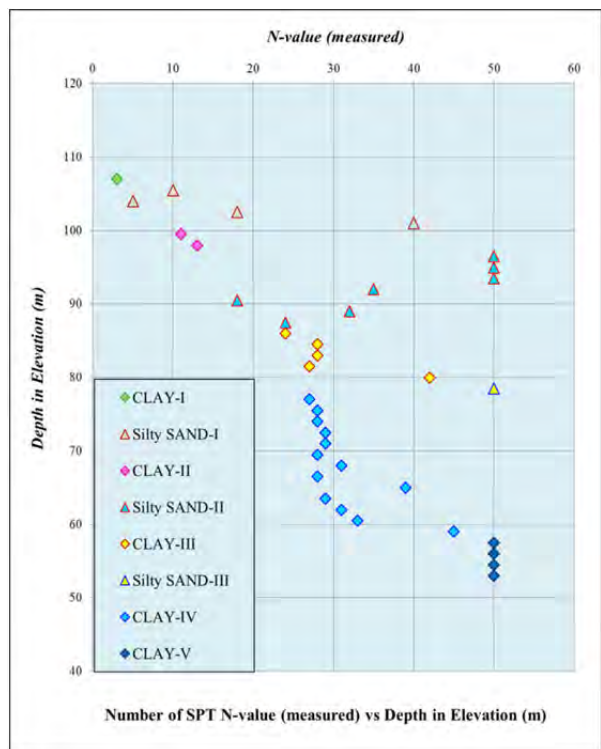
BH-06 an BH-07



BH-08 to BH-10

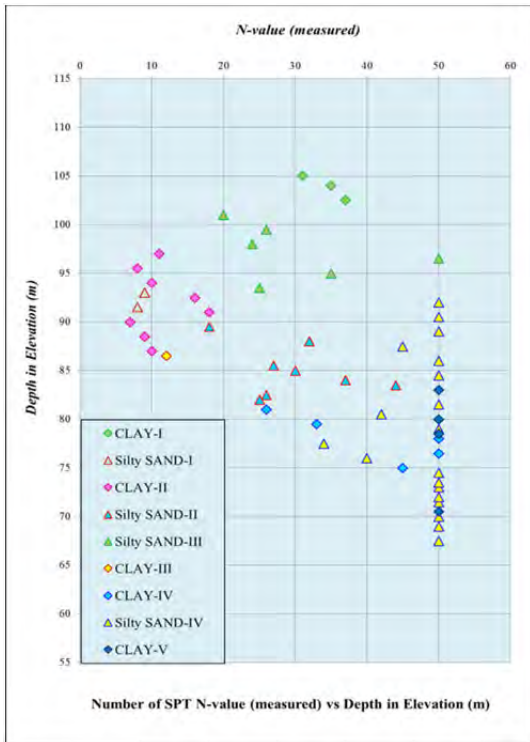


BH-11

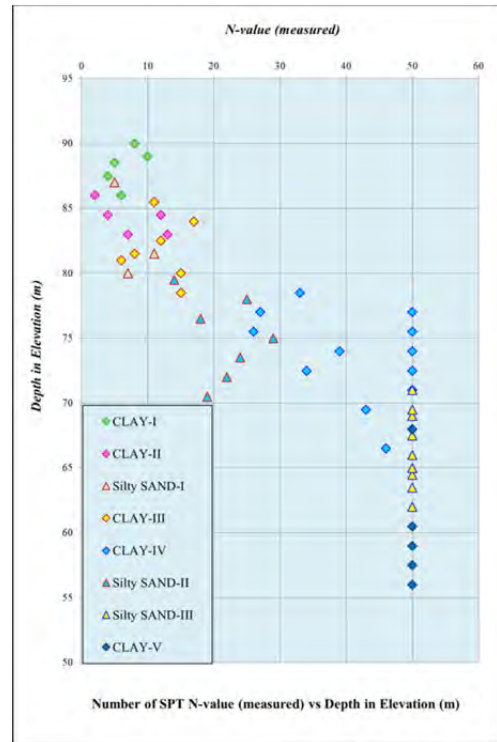


BH-12

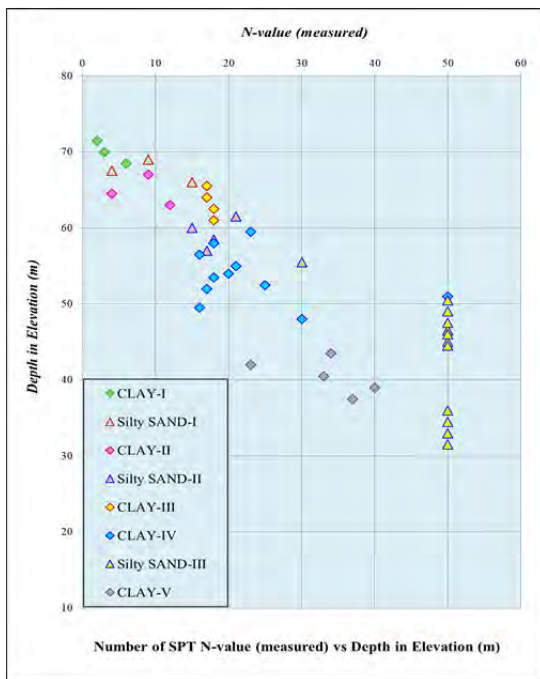
図 3.4.3 (b) 各ボーリング調査地点別の SPT の (N 値) と深さの分布



BH-13 to BH-15



BH-16 to BH18



BH-19 and BH-20

図 3.4.3 (c) 各ボーリング調査地点別のSPTの(N値)と深さの分布

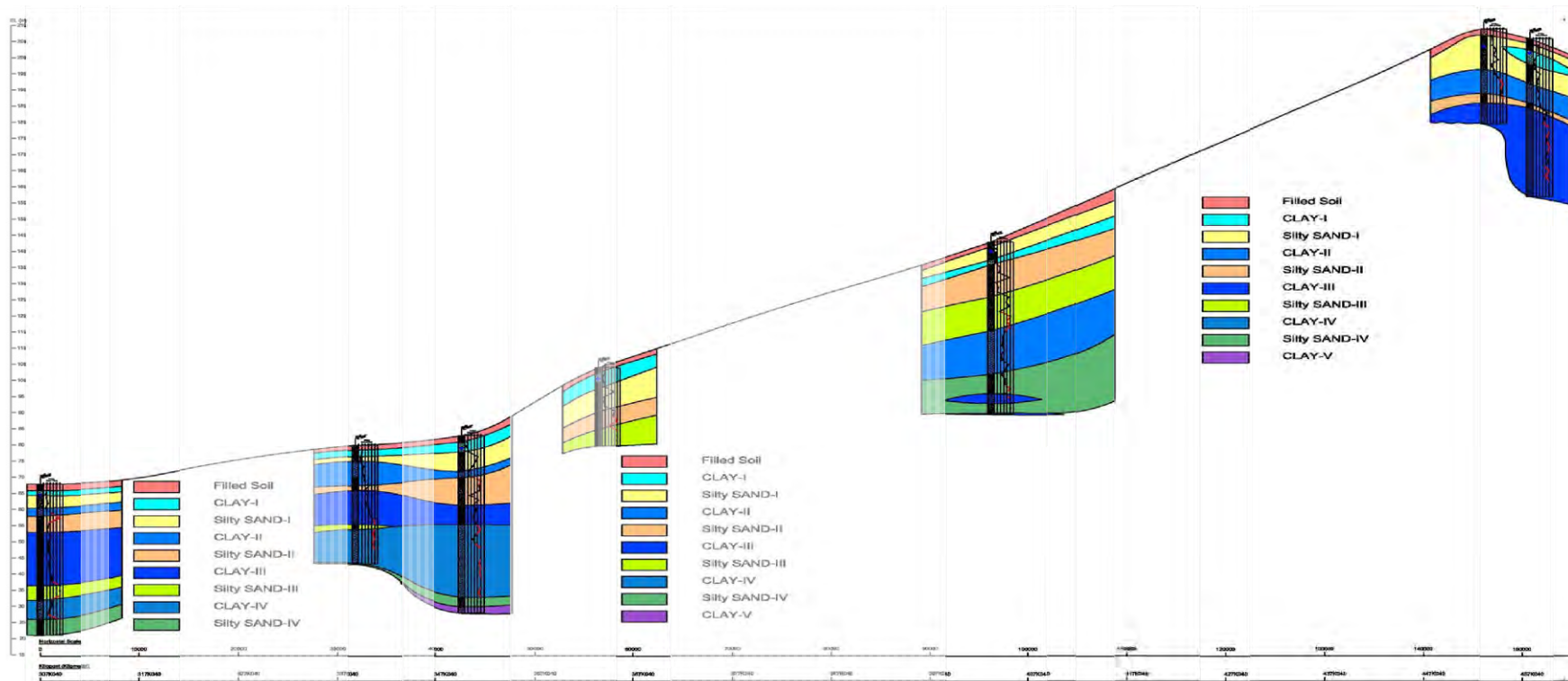


図 3.4.4 (a) Soil profile through the project area

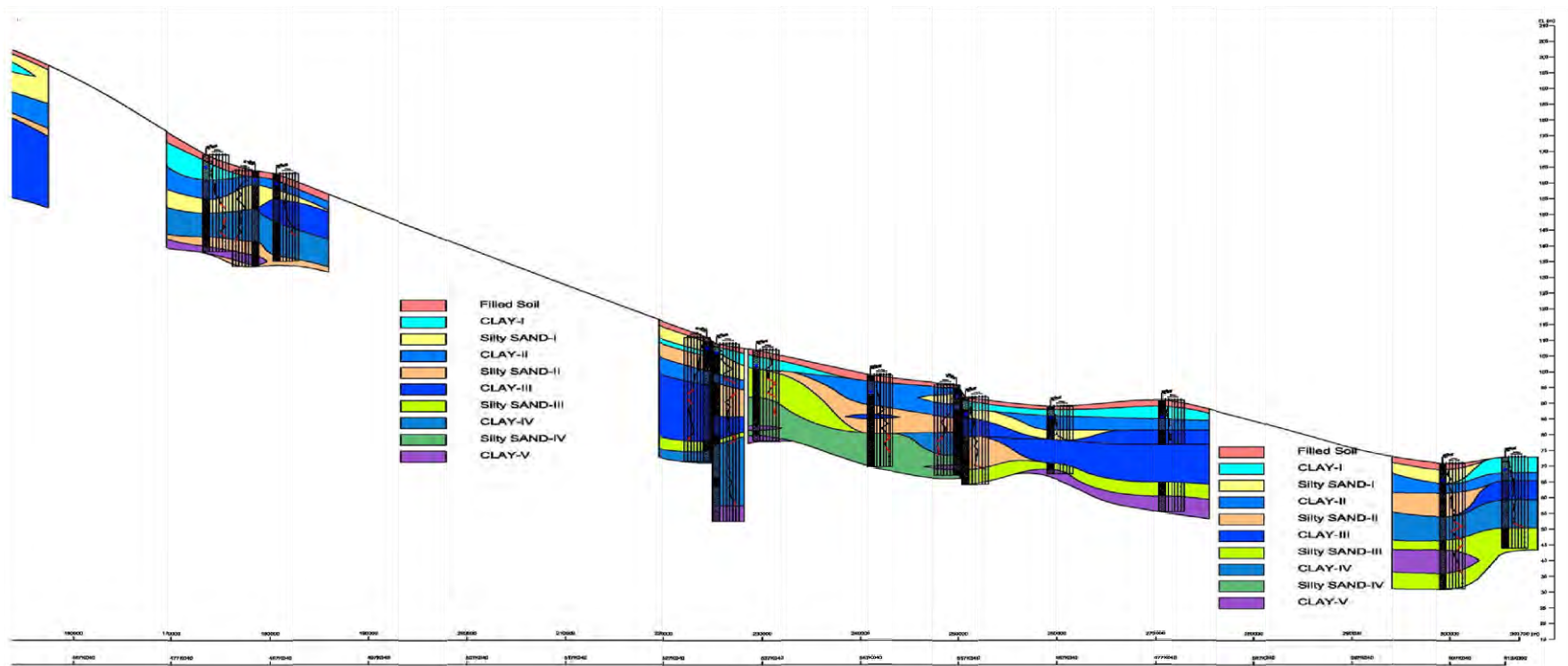


図 3.4.4 (b) Soil profile through the project area

3.4.8 室内試験

20 か所でのボーリング調査、デニソンサンプラーおよびピストンサンプラーでの攪乱土のサンプル 468 個、不攪乱土原状土のサンプル 43 個がプロジェクト現場で収集された。選別した攪乱土のサンプル及び全ての不攪乱土原状土サンプルを用いて、土壌の物理的・力学的特性を室内試験により確かめた。全試験は ASTM 標準に従って実施した。

物理的特性を調べる試験は以下の通りである。

- 自然水分含有量試験 (ASTM D 2216-05)
- 比重試験 (ASTM D 854-06)
- 粒度試験 (ASTM D 422-63)
- 粒度分布試験
- 比重浮ひょう試験・アッターベルグ限界試験 (ASTM D 4318-05)
- 液性限界試験
- 塑性限界試験

力学的特性を調べる試験は以下の通りである。

- 一軸圧縮試験 (ASTM D 2166-06)
- 一次元圧密試験 (ASTM D 2435-04)

表 3.4.2 室内試験の総量

BH-No.	Physical Properties Test						Engineering Properties Test		
	Natural Moisture Content Test	Specific Gravity Test	Particle Size Analysis Test		Atterberg Limit Test		Unit Weight	Unconfined Compression Test	One Dimensional Consolidation Test
			Sieve Analysis Test	Hydrometer Analysis Test	Liquid Limit Test	Plastic Limit Test			
BH-01	25	24	25	23	18	18	4	4	4
BH-02	25	25	25	25	20	20	5	5	5
BH-03	29	29	29	29	14	14	5	5	5
BH-04	17	15	17	17	10	10	2	2	2
BH-05	24	24	24	24	12	12	1	1	1
BH-06	18	18	18	18	10	10	1	1	1
BH-07	24	24	24	24	15	15	3	3	3
BH-08	19	18	19	19	16	16	2	2	2
BH-09	18	18	18	18	12	12	1	1	1
BH-10	17	17	17	17	9	9	1	1	1
BH-11	20	20	20	20	16	16	3	3	3
BH-12	24	24	24	24	16	16	1	1	1
BH-13	18	18	18	18	7	7	-	-	-
BH-14	19	19	19	19	14	14	1	1	1
BH-15	19	19	19	17	12	12	3	3	3
BH-16	19	17	19	15	5	5	2	2	2
BH-17	15	15	15	14	5	5	1	1	1
BH-18	18	18	18	18	11	11	-	-	-
BH-19	20	16	20	18	8	8	1	1	1
BH-20	19	19	19	19	14	14	2	2	2
Total	407	397	407	396	244	244	39	39	39

3.4.9 液状化

(1) はじめに

液状化は、地震に関連する深刻な災害の1つである。調査結果からクイックサンドは液状化の可能性が高い。クイックサンド（Terzaghi,1925年以降）には3つの条件がある。まず一つは砂もしくはシルトが飽和し緩やかに詰まっていること。二つ目は構成成分の乱れにより、粒状体はより密に詰め込まれ、間隙水圧の増加をもたらし、粒子間に働く力を減少させる。これにより強度が低下する。3つ目は間隙水が容易に逃げられないことである。これは、砂、シルトが低い透過性を有する場合や浸透経路が長い場合に達成される。上記の理由から、飽和状態の細粒から中粒および不定砂の粗粒砂は液状化の可能性が高い。潜在的なクイックサンドの液状化は、重機の作用や爆破によって引き起こされる衝撃によって引き起こされることもある。

世界の地震経験から得られた調査結果によると下記の条件下で液状化は発生しやすい。

- 飽和土壌の微細含有量が低い（微細含有量は0.07mm未満を意味する）
- 飽和土壌のSPTブローカウント（N）が低い（SPTのN値が30cm当たり20回以下）
- 地下水位が浅い
- 表面最大加速度が大きい

(2) 液状化解析の手順

この解析では、地震の規模と地面での地表面最大加速度は0.3g-0.4gと仮定する。マグニチュードは7.5である。各ボーリング孔の地表面最大加速度を表3.4.3に示す。現場の地下水位は実際の現地調査結果得られた値である。

表 3.4.3 各ボーリング孔の地表面最大加速度

BH No.	Ground Peak Acceleration (g)	BH No.	Ground Peak Acceleration (g)
BH-01	0.40	BH-11	0.30
BH-02	0.30	BH-12	0.40
BH-03	0.30	BH-13	0.40
BH-04	0.30	BH-14	0.40
BH-05	0.30	BH-15	0.40
BH-06	0.30	BH-16	0.40
BH-07	0.30	BH-17	0.40
BH-08	0.30	BH-18	0.40
BH-09	0.30	BH-19	0.40
BH-10	0.30	BH-20	0.40

液状化解析は、以下の2つに従って行った。

- 「鉄道構造物等設計標準・同解説」鉄道技術研究所 2012.9
- 「道路橋技術基準・耐震設計」日本道路協会、2012.3

(3) 液状化の可能性 (P_L)

P_L は当初日本で開発され、現場で基礎損傷を引き起こす液状化の可能性を推定した(Iwasaki、1978)。 P_L は、液状化の程度が次の値に比例すると仮定する。

- 液化層の厚さ
- 表面への液化層の近接性
- 液状化係数(F_L)

液状化の可能性は以下の式で計算することができる。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L)(10 - 0.5z) dz$$

ただし

P_L = 液状化指数

F_L = 液状化係数

z = 深さ(m)

液化条件の可能性を表 3.4.4 に示す。

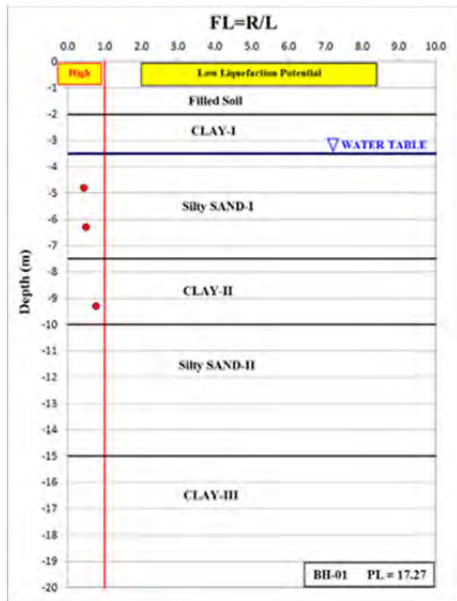
表 3.4.4 液化条件の可能性

$15 < P_L$	液状化の可能性は非常に高い
$5 < P_L \leq 15$	液状化の可能性は低い
$0 < P_L \leq 5$	液状化の可能性は低い

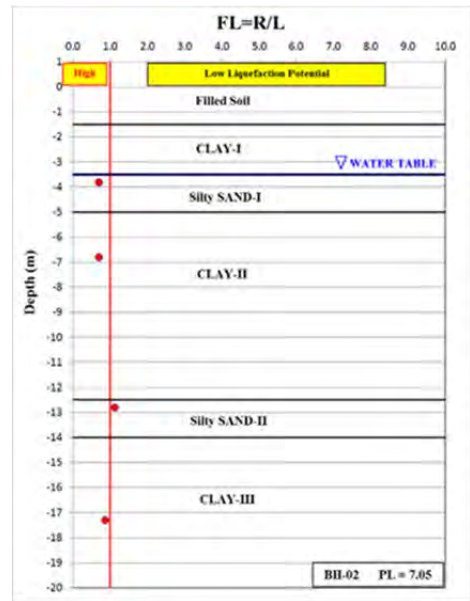
(4) 液状化解析の結果

液状化分析結果の要約を図 3.4.5 及び図 3.4.6 に示す。また、液状化解析の結果を図 3.4.7 に示す。

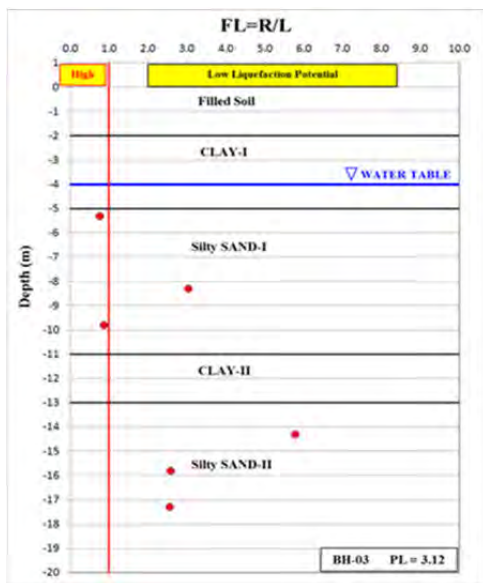
(5) 「鉄道構造物等設計標準・同解説」に元づいた解析結果



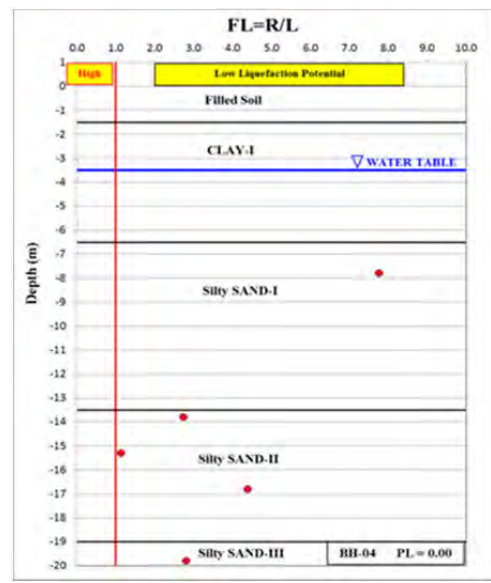
BH-01



BH-02

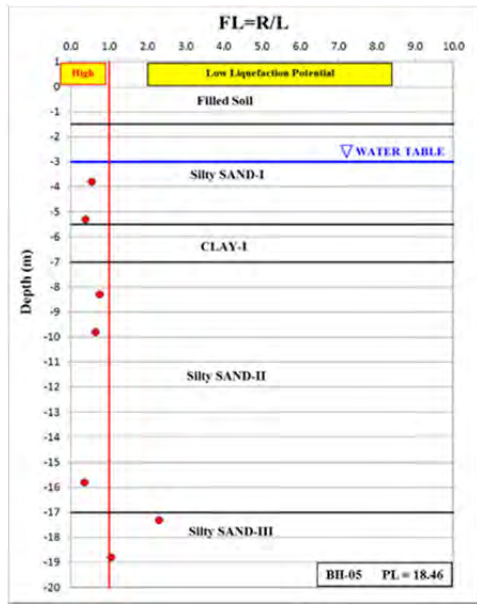


BH-03

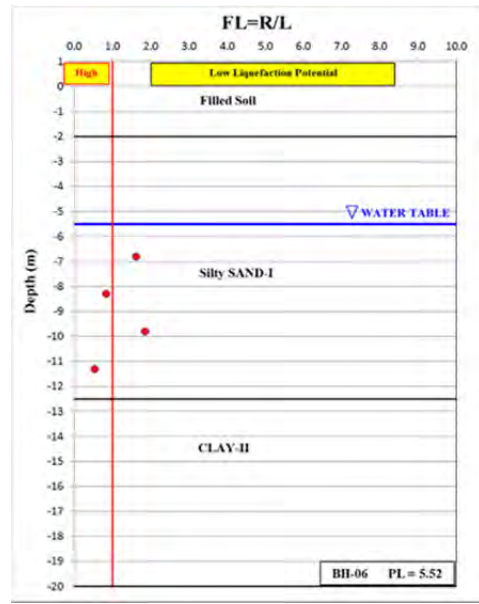


BH-04

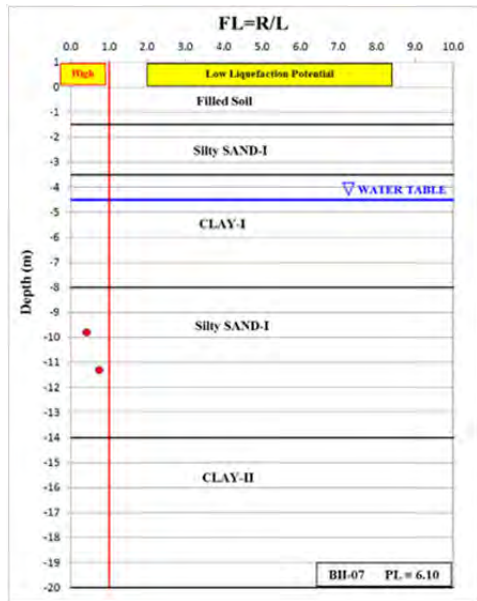
図 3.4.5 (a) 液状化指数の深度方向の分布



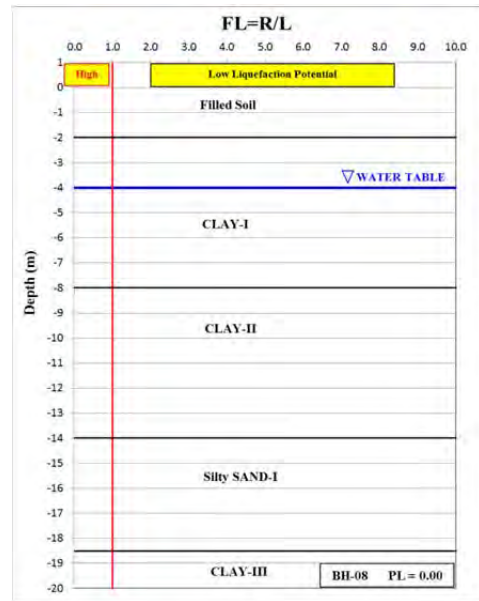
BH-05



BH-06

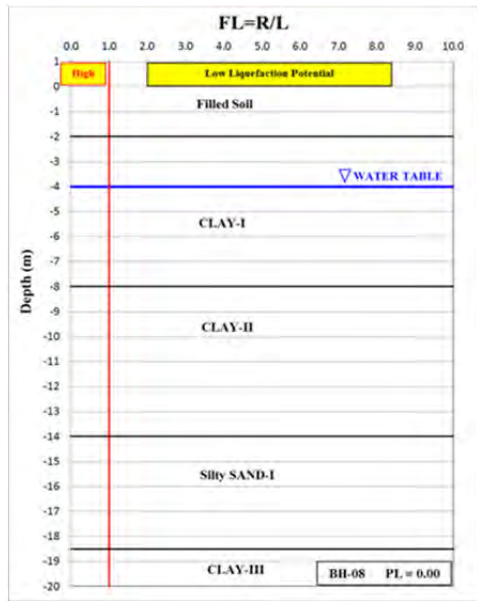


BH-07

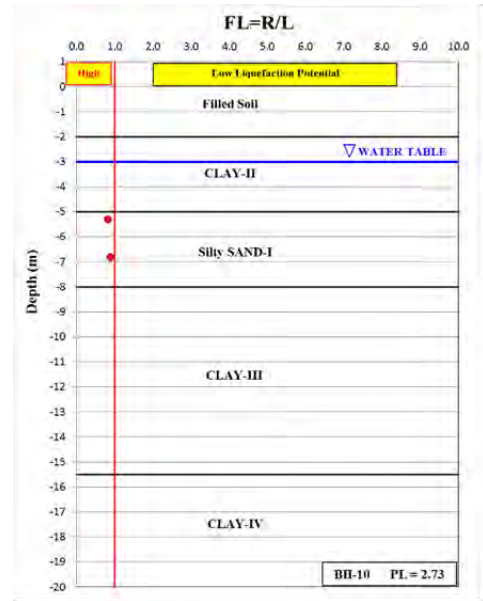


BH-08

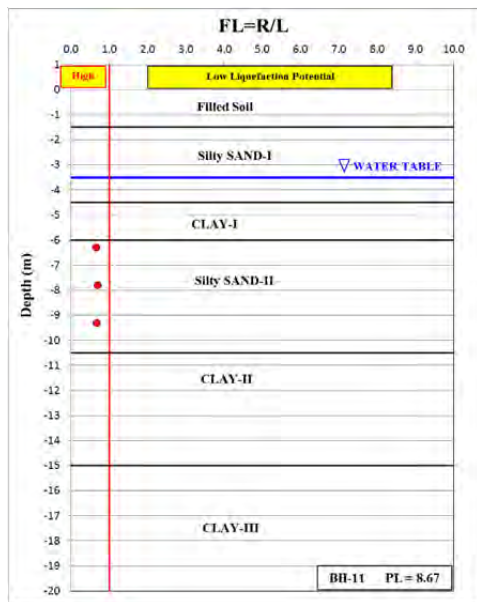
図 3.4.5 (b) 液状化指数の深度方向の分布



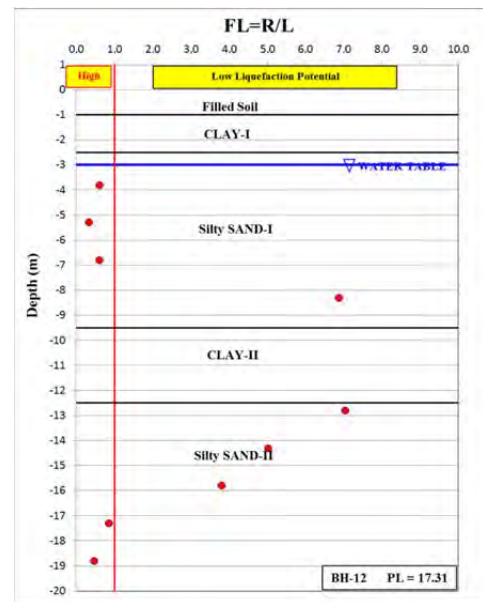
BH-09



BH-10

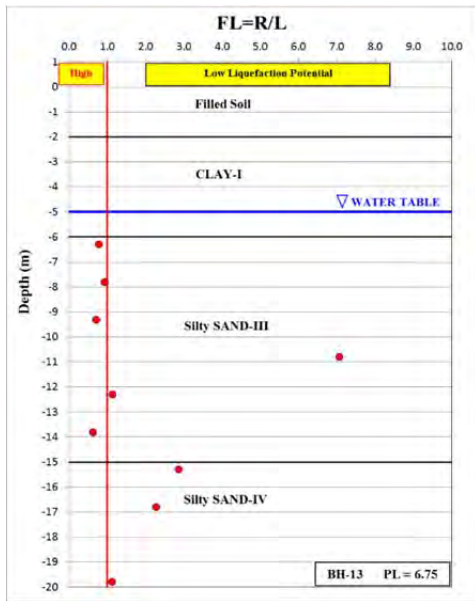


BH-11

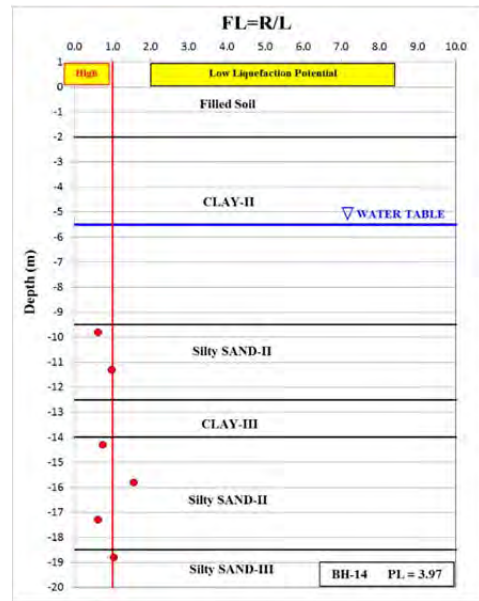


BH-12

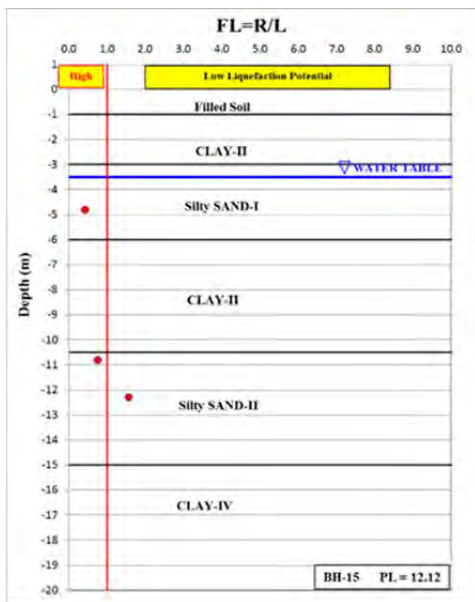
図 3.4.5 (c) 液状化指数の深度方向の分布



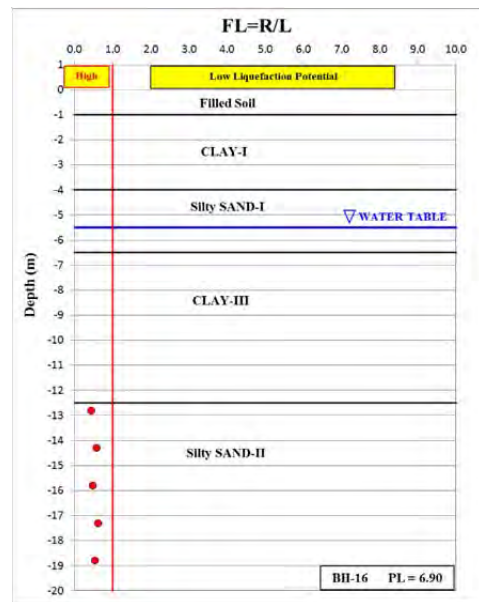
BH-13



BH-14

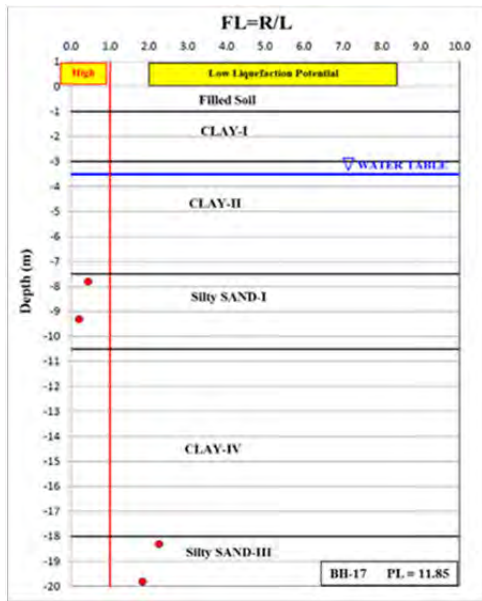


BH-15

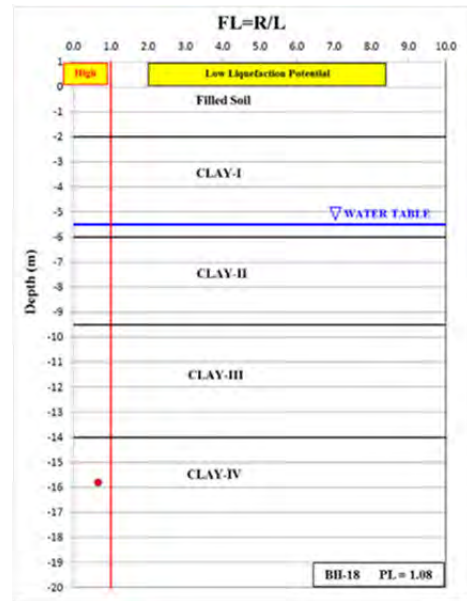


BH-16

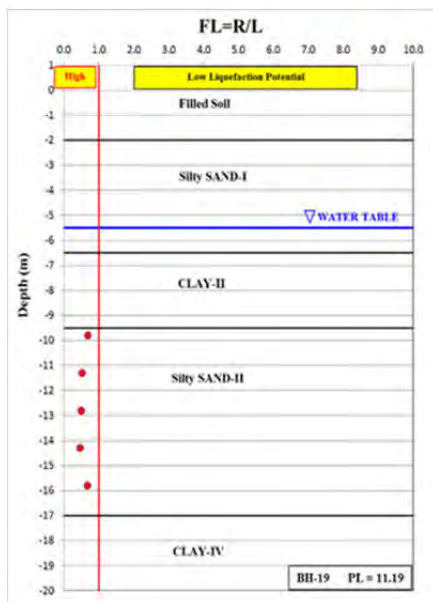
図 3.4.5 (d) 液状化指数の深度方向の分布



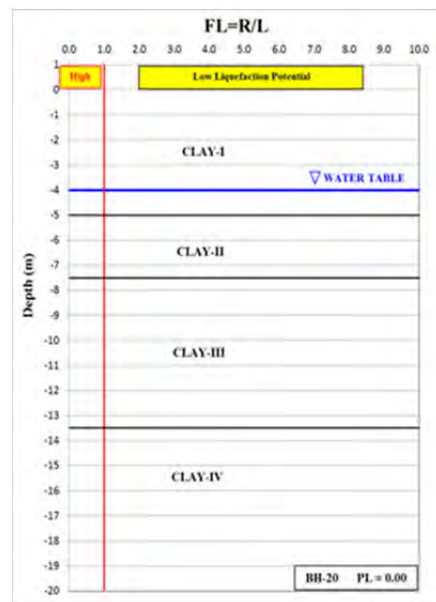
BH-17



BH-18



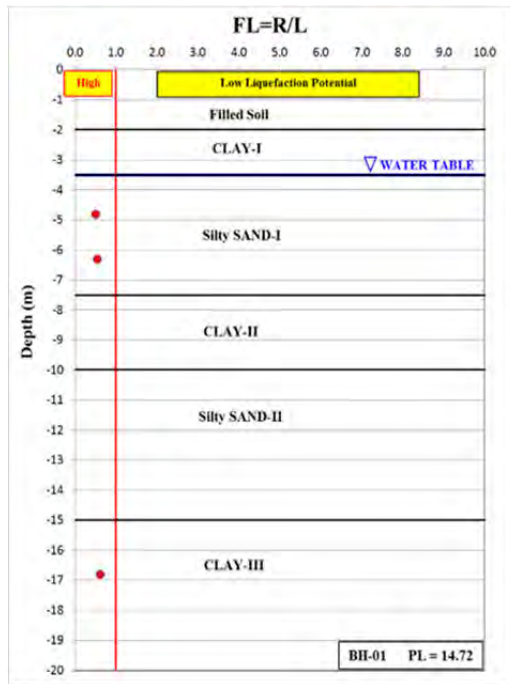
BH-19



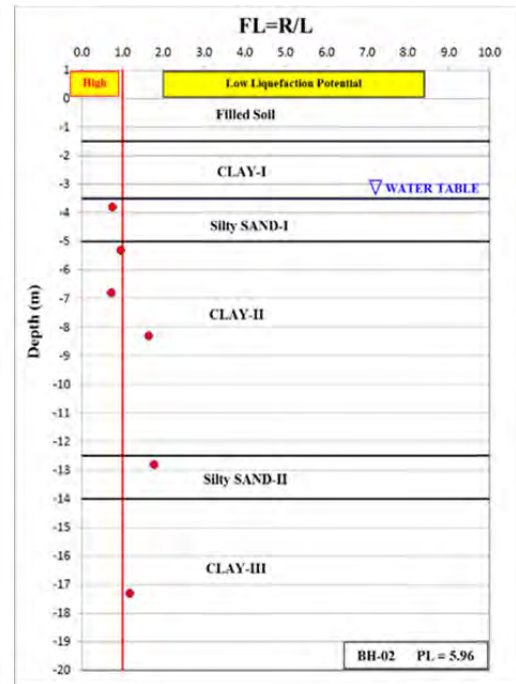
BH-20

図 3.4.5 (e) 液状化指数の深度方向の分布

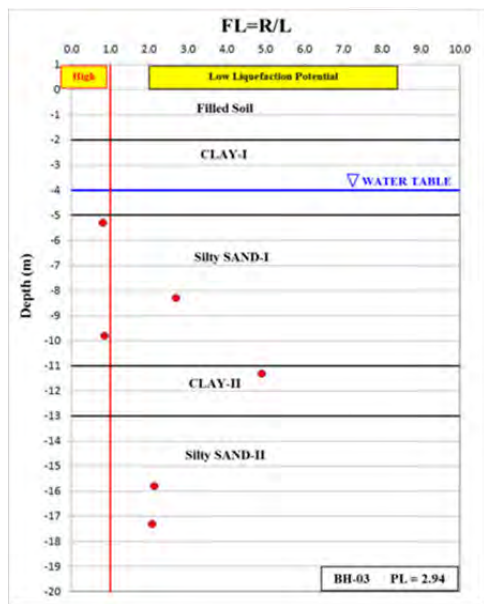
(6) 「道路橋技術基準・耐震設計」に元づいた解析結果



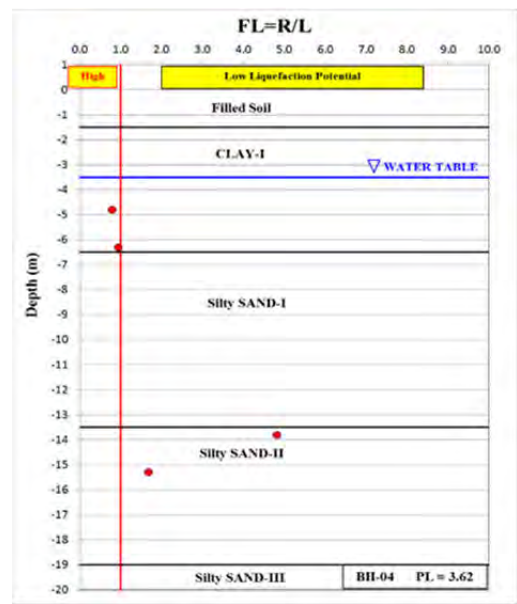
BH-01



BH-02

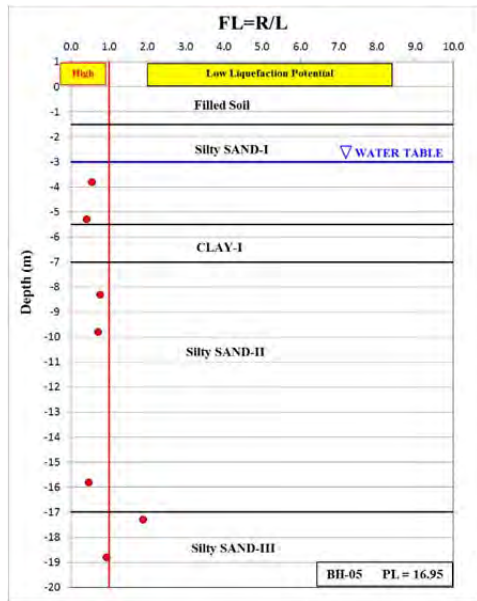


BH-03

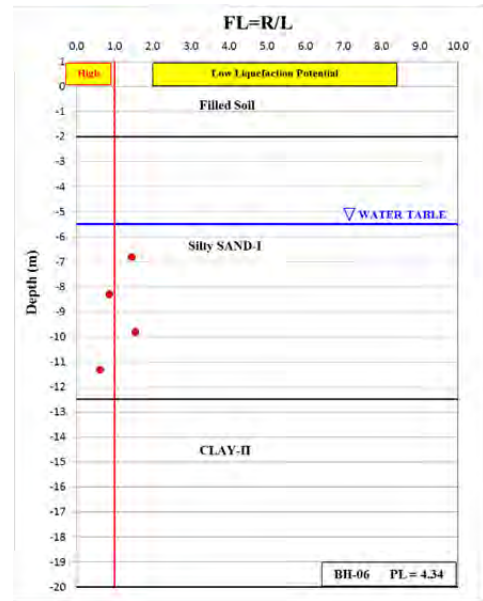


BH-04

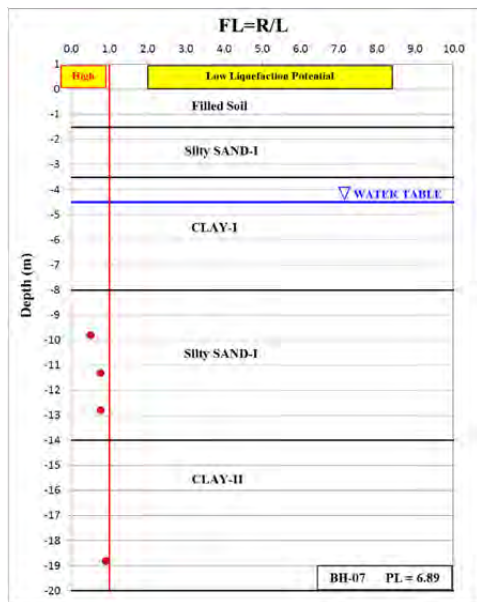
図 3.4.6 (a) 液状化指数の深度方向の分布



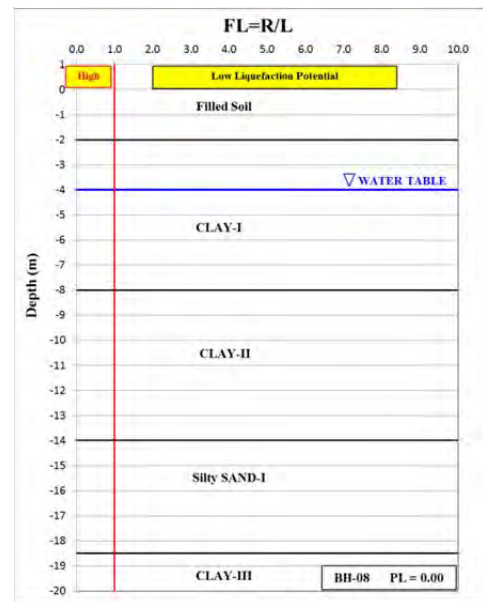
BH-05



BH-06

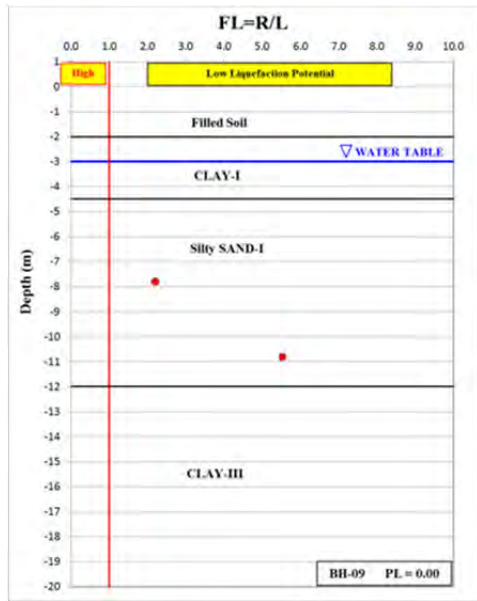


BH-07

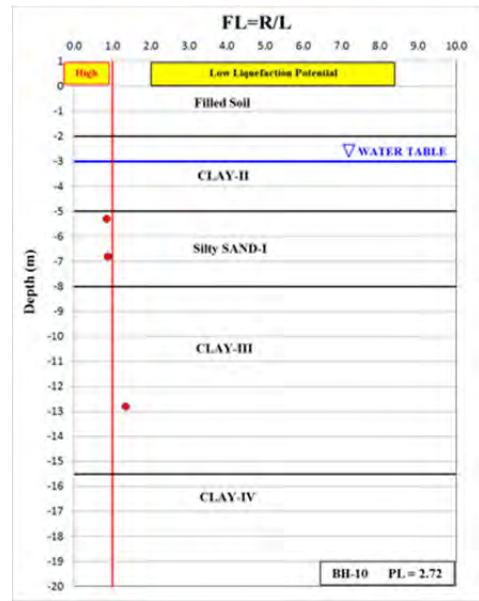


BH-08

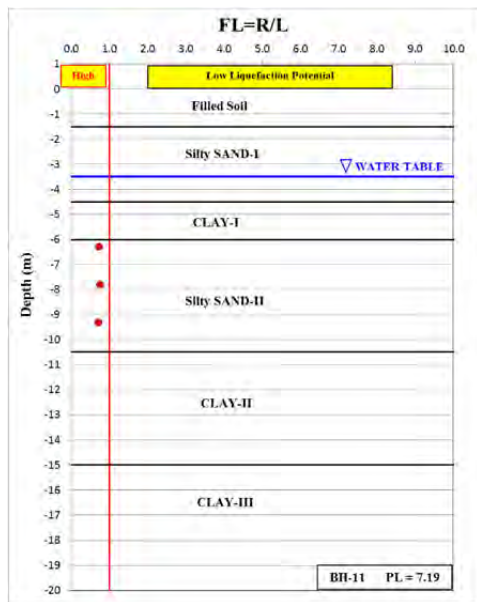
図 3.4.6 (b) 液状化指数の深度方向の分布



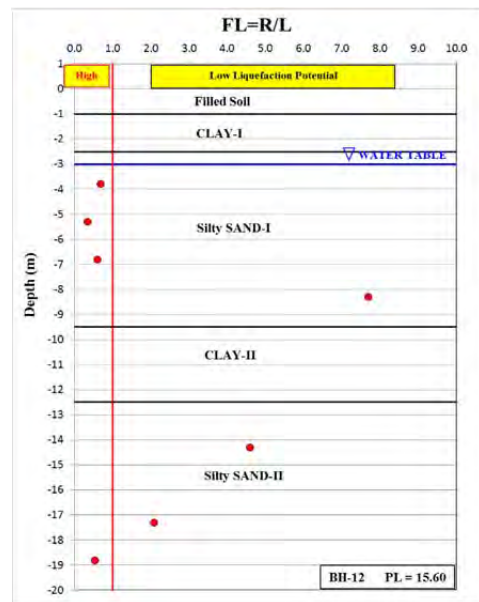
BH-09



BH-10

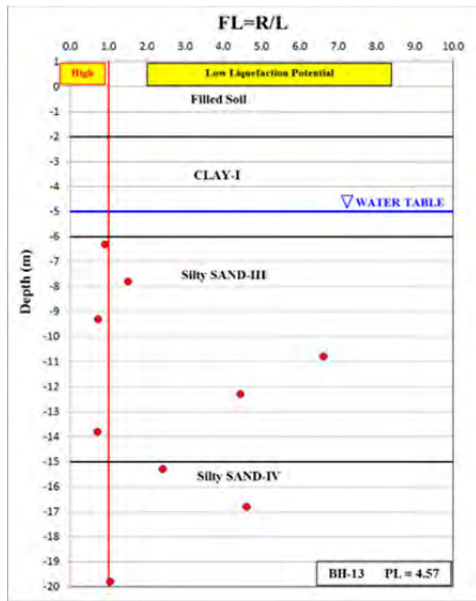


BH-11

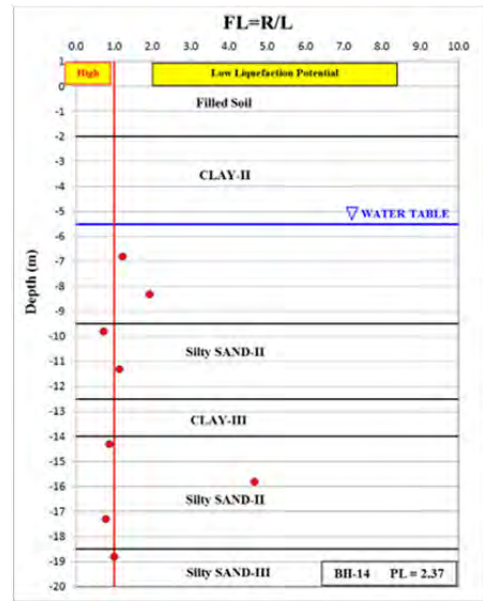


BH-12

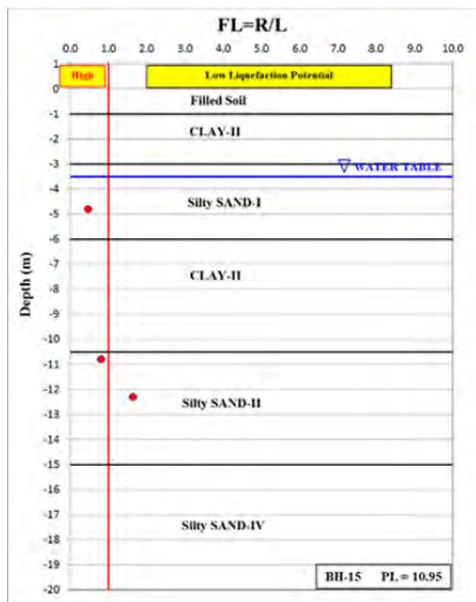
図 3.4.6 (c) 液状化指数の深度方向の分布



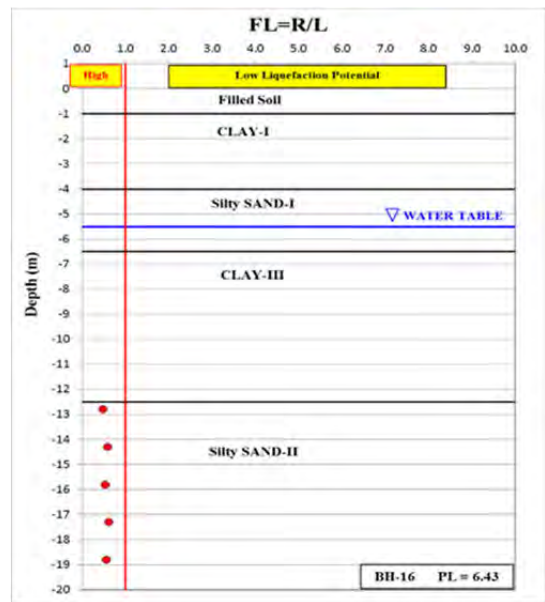
BH-13



BH-14

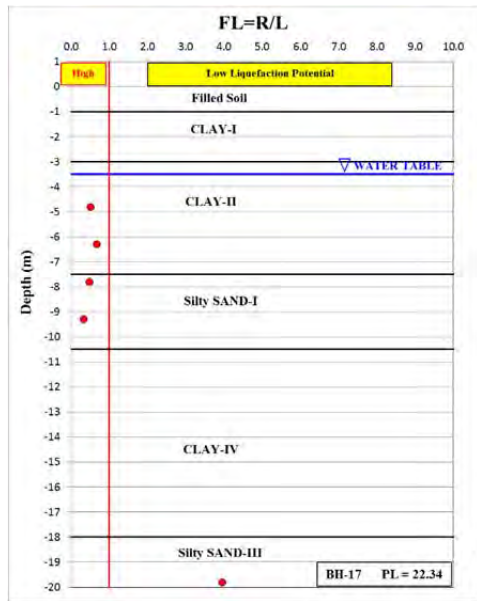


BH-15

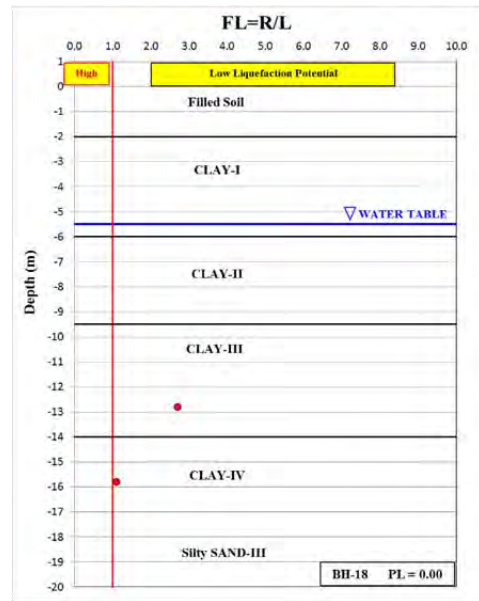


BH-16

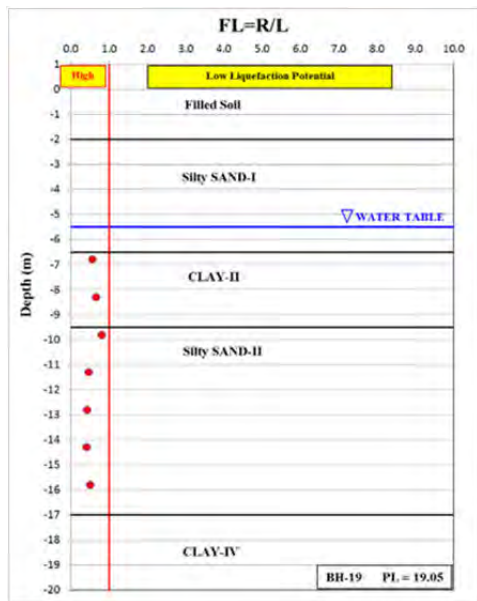
図 3.4.6 (d) 液状化指数の深度方向の分布



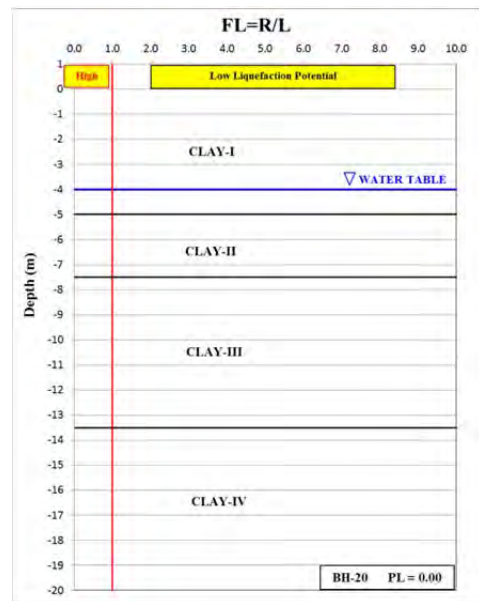
BH-17



BH-18



BH-19



BH-20

図 3.4.6 (e) 液状化指数の深度方向の分布

(7) 液状化指数

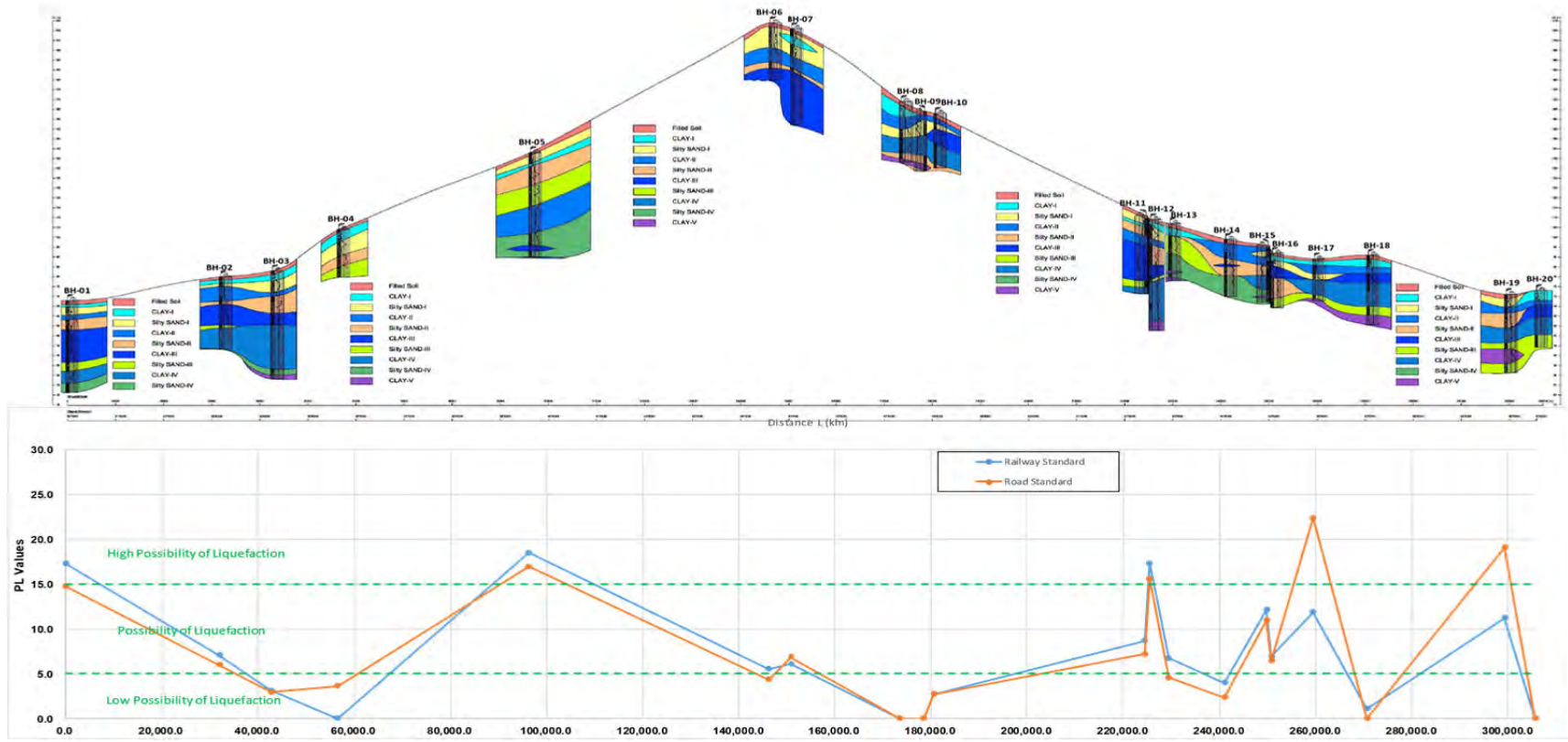


図 3.4.7 液状化指数の結果

3.4.10 詳細設計段階での地質調査の必要性

本調査での地質調査は主要橋梁の 20 カ所で実施した。詳細設計段階で必要な地質調査を以下に整理した。

表 3.4.5 詳細設計段階で必要な地質調査

設計対象構造物		調査目的	調査方法	調査箇所・深度
鉄道橋梁	PC 桁橋	・ 構造物の設計 ・ 基礎形式の検討	・ ボーリング試験 ・ 室内試験	架替え予定の橋梁箇所 調査深度：支持層確認
	ボックスカルバート	同上	同上	架替え予定の橋梁箇所 調査深度：既存橋台背面 地盤から 20m
	パイプフューム管 (橋長 3m を超える場合)	・ 基礎形式の検討 ・ 液状化の判定	同上	同上
	パイプフューム管 (橋長 3m 以下の場合)	同上	同上	他の地質調査を参考に するが、近傍に調査が 無い場合は、地質調査を 実施 調査深度：20m
歩道橋	ミンゲ車両基地	・ 構造物の設計 ・ 基礎形式の検討	同上	計画予定の歩道橋近傍 調査深度：支持層確認
新駅舎（7 駅）		同上	同上	計画予定の駅舎(規模に より調査箇所数を設定) 調査深度：支持層確認
各信号通信機器室		同上	スウェーデン貫入 試験等による簡易 試験	各信号通信機器室 調査深度：10m
軌道法面崩壊箇所		・ 斜面の安定検討 ・ 対策工の検討	・ ボーリング試験 ・ 室内試験	法面崩壊箇所 調査間隔：50m 調査深度：法面下の地盤 から 20m 深度
平面線形改良箇所		・ 軌道路盤の支持 力の確認	同上	平面線形改良箇所 他の地質調査を参考に するが、近傍に調査が 無い場合は、地質調査を 実施 調査間隔：50m 調査深度：軌道法面下の 地盤から 20m

出典：JICA 調査団

第4章 鉄道システムのパラメーターと設計条件の概要

4.1 全般

タウンゲー駅からマンダレー駅までの間の既存鉄道路線のリハビリテーションを近代化の目的は以下の通りである。

- (1) ヤンゴン・マンダレー間の増加する需要へ対応するため、旅客及び貨物輸送の容量を増加させる。
- (2) 列車運行速度の向上;
- (3) 旅行時間の減少
- (4) 列車運行の安全、信頼性及び快適性の強化;
- (5) 工業、貿易、商業等の経済成長の増強

鉄道改良計画を以下に示す。

表 4.1.1 フェーズⅡプロジェクトの鉄道改良計画

No	項目	既存鉄道 (2017)	改良後 (2023)	備考
1	Gauge: Double Tracks	1,000mm	1,000mm	
2	Length (km)	353km	353km	
3	Traction Power	Non-electrified	Non-electrified	
4	Axle Load for DEMU	less than 12.5ton	less than 20ton	
5	Construction Gauge / Rolling Stock Gauge			
	Construction Gauge			
a.	Height	3,810mm	4,300mm	
b.	Width	3,810mm	3,810mm	
	Rolling Stock gauge			
c.	Height	3,505mm	4,100mm	
d.	Width	2,818mm	3,000mm	
6	Horizontal curvature			
a.	Minimum radius	300m	Design Criteria 500m Design minimum value 300m	
7	Vertical alignment			
a.	Maximum gradient	6‰	10‰ Desirable 6‰	
8	Number of Stations	55	50	including Halt Station

No	項目	既存鉄道 (2017)	改良後 (2023)	備考
9	Traffic Volume (Passenger-km/day)	2,089,247 (Estimated value in 2013)	10,190,618	Yangon-Mandalay whole section
10	Daily Ridership (No. of Passenger)	22,500 (Estimated value in 2013)	80,700	
11	Total number of Train per day	28	104	Trains on YM Line Only (Trains going to/from branch lines are excluded)
a.	Express Train	5 round trips	35 round trips	
b.	Local Train (including Mail trains)	5 round trips		
12	Speed			
a.	Maximum	48 - 69 kph	100 kph (DEMU)	
b.	Schedule	44 kph	77.5 kph or more	
13	Rolling Stock (Passenger Train)			
a.	Train composition and No. of Car	1 DEL + 14 coaches (max)	6 cars + 6 cars	
14	Safety System			
a.	Type of Signalling	Relay Interlocking Mechanical Interlocking	Relay Interlocking Electronic Interlocking	
b.	Train Control System	Absolute Block System	Absolute Block System Automatic Block System	
c.	Level Crossing	Manual Operated Level Crossing (97 crossings)	Automatic Level Crossing (79) Manual Level Crossing (17)	
15	Telecommunication	UHF, HF, OFC	UHF is improved	HF and OFC: out of scope
16	Station Platform			
a.	Minimum Length	***m	250m	for Express DEMU 12cars
b.	Height of platform above rail level	app. 150mm		
17	Maintenance facilities			
a.	Depot	Pyinmana, Naypyitaw, Thazi, Mandalay	Naypyitaw, Myouhan	Existing: for locomotive Improved: for DEMU
b.	Workshop	Myitnge	Ywathagyi (Phase 1)	
18	Power Supply	Limited to some stations only	All stations	
19	Track			
a.	Rail	BS75lbs(37kg/m)	50N (BS75lbs for stabling)	
b.	Sleeper	PC	PC	
c.	Ballast thickness	20cm	25cm	
d.	Fastening	e-Clip	FD or e-Clip	
e.	Rail joint	Fishplate	Welding and Fishplate	

No	項目	既存鉄道 (2017)	改良後 (2023)	備考
20	Civil			
a.	Drainage	Partially installed	Basically Installed	
b.	Railway Bridge	Amount of Bridge No.is 71	Re-construction new bridge and/or box culvert	
21	Safety Fence	Partially installed	Partially installed	by MR component
22	Station Transfer Bridge Height			
a.	Pyinmana Station	Approx. 4,600mm > 3,810mm	Approx. 4,600mm > 4,300mm	
b.	Naypyitaw Station	Approx. 4,500mm > 3,810mm	Approx. 4,500mm > 4,300mm	
c.	Thazi Station	Approx. 4,400mm > 3,810mm	Approx. 4,400mm > 4,300mm	
23	ROB	5ROB	5ROB	

出典：JICA 調査団

ここで、日本の鉄道改善事業での技術活用の基本的な考え方を以下に示す。

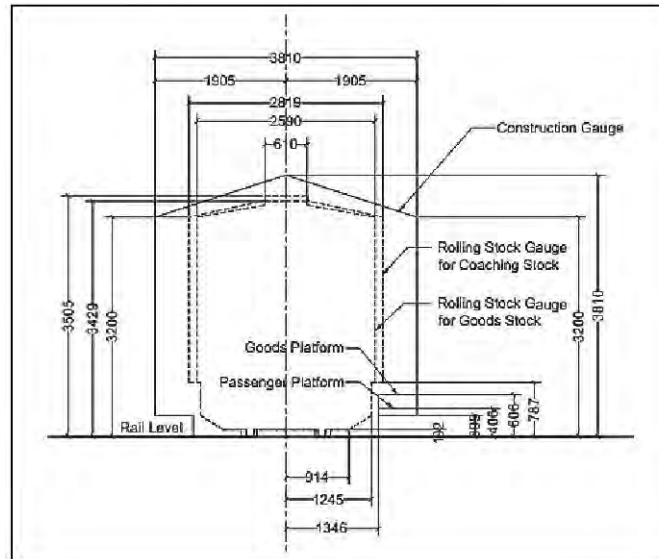
- a) 省力化（保守のメンテナンスコストの削減や機械化作業）
- b) 構造物の長寿命化
- c) 現地で持続可能な保守・管理ができる
- d) 更新、機能向上が図れる

JICA 調査団は、初期コストを抑えつつ、現地技術者が無理なく継続して保守・管理を行え、かつ将来において、施設更新や機能向上が行える技術を提案する。

4.2 車両限界と建築限界

4.2.1 現在のMRの車両限界と建築限界

現在のMRの車両限界と建築限界を以下の図4.2.1に示す。



出典：MR

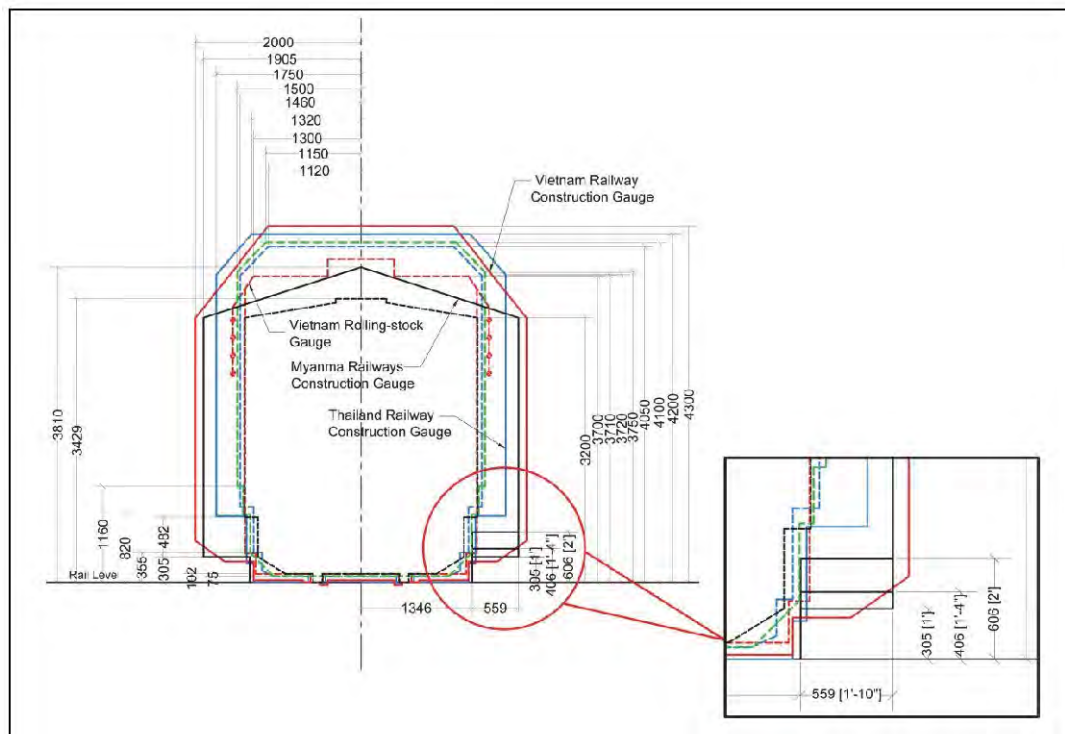
図 4.2.1 現在のMRの車両限界と建築限界

MRの車両限界は、客車用と貨車用の2種類あり、幅、高さとも客車用の方が大きい。下部（プラットフォームに接する部分）の幅は客車用、貨車用とも同じである。建築限界には、客車用、貨車用の相違はない。

MRの車両限界・建築限界は、タイやベトナム、日本などの他国の車両限界・建築限界と比べて、以下のような相違・問題点がある。

- MRの車両限界・建築限界の高さは他国に比べて低い。
- MRの車両限界の幅は、ベトナムと同じ、タイ・日本よりやや狭い。
- 下部（プラットフォームに接する部分）では、MRの建築限界に対し、タイの車両限界は内側、日本はわずかに内側、ベトナムは外側に位置し、これらの国の車両がMR線内を走行する際には台車部がプラットフォームに接触する恐れがある。
- 既存の無蓋貨車（レールレベルからの床面高さ：1,108mm）にハイキューブ・コンテナ（高さ：2,896mm）を積載した場合、コンテナの頂部のレールレベルからの高さは4,004mmとなり、建築限界を大きく侵している。
- 日本などからの中古車両は、高さ方向の車両限界を侵しており、屋根上の機器（クーラーや通風機など）の撤去、移設が必要になっている。

各国の車両限界と建築限界を図 4.2.2 に示す。



出典：YM-D/D(1)

図 4.2.2 車両限界および建築限界の比較

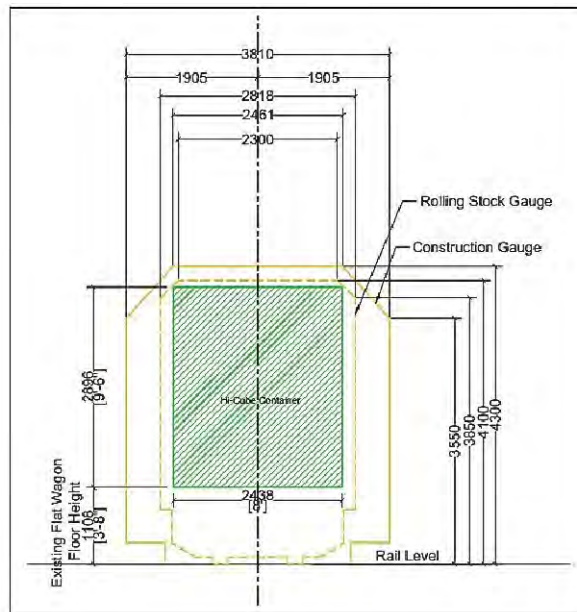
以上より、現在の MR の車両限界・建築限界は、他国からの直通運転や輸送力増強（コンテナの輸送など）を阻害する 1 つの要因となっている。

4.2.2 ヤンゴン・マンダレーPhaseI で提案された車両限界と建築限界

前項で述べた通り、既存の車両限界・建築限界は、他国からの直通運転や輸送力増強を阻害するため、拡大する必要がある。ASEAN Connectivity（ASEAN 地域の連結性）や輸送力の増強を考慮し、YM-D/D(1)において新しい車両限界・建築限界を提案された。

新しい車両限界の考え方は以下の通りである。

- 車両限界幅：3,000mm（各国の車両限界を包括するとともに、今後も日本の中古車両の使用が考えられることから、日本の車両限界の幅をベースとする）
- 車両限界高さ：4,100mm（国の車両限界を包括するとともに、既存の無蓋貨車にハイキューブ・コンテナを積載することも考慮し、日本の車両限界の高さをベースとする。
 （図 4.2.3 参照）



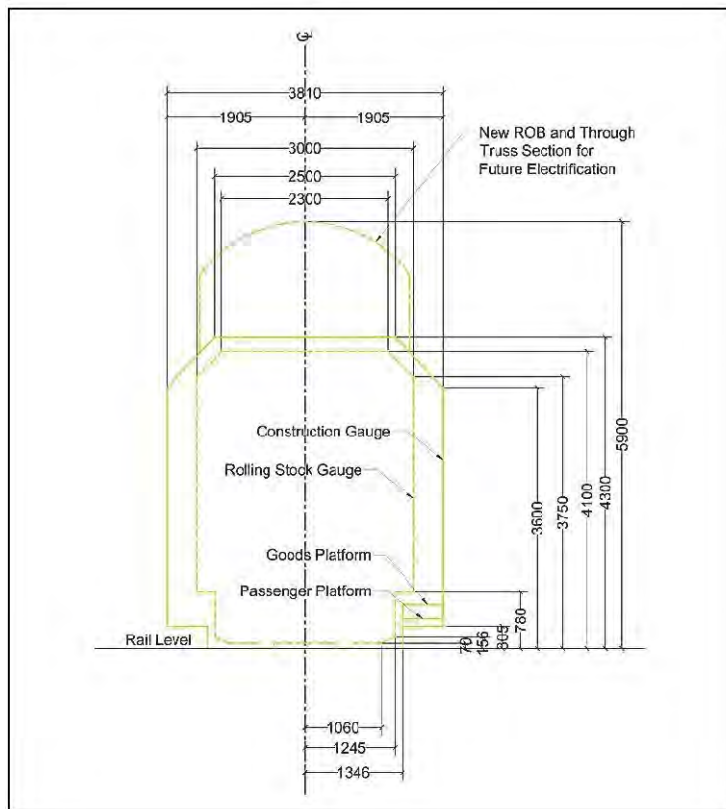
出典：YM-D/D(1)

図 4.2.3 ハイキューブコンテナと提案された車両限界

また、新しい建築限界は、車両の動揺や車内の乗客の安全性を考慮して、車両限界から上部で 200mm、側面で 300mm の余裕を確保するものとし、以下のように考えた。

- 建築限界幅：3,810mm（線路に近接する既存の構造物・施設に対し移設や改築などの影響を避けるため、既存の建築限界幅とする）
- 建築限界高さ：4,300mm（各国の建築限界を包括し、最も高いベトナムをベースとする。ただし、新設の ROB、スルードラス橋においては将来の電化を考慮して 5,900mm とする）
- プラットホーム部の線路中心から建築限界までの距離：1,346mm（既存のプラットホームの改築を避ける）
- プラットホーム部の建築限界の高さ：旅客用 406mm、貨物用 606mm（既存のプラットホームの改築を避ける）

新しい車両限界および建築限界を図 4.2.4 に示す。



出典：YM-D/D(1)

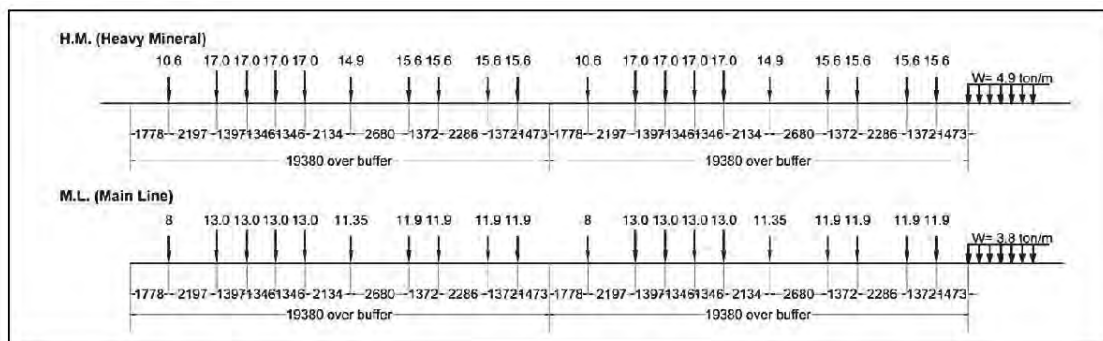
図 4.2.4 提案された車両限界と建築限界

4.3 列車の軸重

4.3.1 現在のMRの軸重

ヤンゴン・マンダレー線の既存の橋梁の設計には、H.M. (Heavy Mineral、最大軸重 17.0t) および M.L. (Main Line、最大軸重 13.0t) の2つの標準軸重が適用されている。

それらの標準軸重配置を図 4.3.1 に示す。



出典：MR

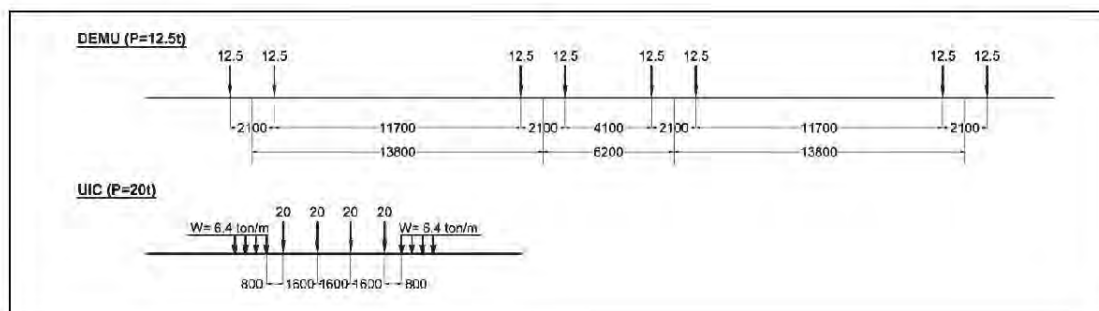
図 4.3.1 MRの標準軸重配置 (H.M.およびM.L.)

4.3.2 YM-D/D(1)で提案された MR の列車軸重

YM-D/D(1)で、新しく導入される DEMU の軸重および ASEAN 地域の連結性を考慮して、以下の軸重配置が提案された。

- ・ 新DEMU : 12.5t
- ・ UIC標準 : 20.0t (ASEAN 地域の連結性を考慮する)

新しい軸重配置を図 4.3.2 に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.3.2 提案された列車軸重

UIC 標準 20.0 t 軸重は、新設される橋梁、軌道および土木構造物の設計に適用する。

第5章 鉄道計画

5.1 運転および輸送

第1章で述べたように、当プロジェクトの目的は、ヤンゴン・マンダレー間を結ぶ既存鉄道路線において、老朽化した施設・設備の改修と近代化を図ることにより 100km/h 運転を実現し、もって同区間の8時間の運転を可能にすることである。フェーズ1区間のヤンゴン・タウンゲー間（267キロ）においては、線区改良後、最速列車の所要時分は3時間09分（現行5時間49分）となるというシミュレーション結果が出た。フェーズ2区間のタウンゲー・マンダレー間（353キロ：現行8時間01分）については、本調査の後に行われる詳細設計において線形計画が決まり、その結果として所要時分が算出されることになるが、フェーズ1とフェーズ2のそれぞれの距離を考えると、ヤンゴン・マンダレー間を8時間で運転することは可能であると考えられる。

本節の目的は、以下の通りである。

- 運転および輸送の将来計画を示す。
- 本プロジェクトで投入される DEMU の運用計画案を示すことにより、車両および車両基地の計画を立てるための条件を提示する。
- 8時間運転を可能とするための駅構内の配線図案を示すことにより、土木および信号の計画を立てるための条件を提示する。

5.1.1 運転および輸送の現状

運転取扱いの現状のうち、高速運転ならびに高密度運転を念頭に、運転の近代化に関わってくる事項を以下に述べる。

(1) 最高速度

最高速度については、古い作業指示書によると、少なくとも1962年時点では全区間を通して64km/hとなっていたが、その後の線路の保守不足や設備の老朽化等により、一部で減速して運転している。表5.1.1は、現在の区間別の最高速度の一覧である。

表 5.1.1 区間別の最高速度（現行）

区間	最高速度（km/h）		減速の理由
	上り線	下り線	
タウングー ～ ターガヤ	56	56	盛土不安定
ターガヤ ～ イェニ	67	67	
イェニ ～ ピンマナ	64	64	
ピンマナ ～ ユアード	64	64	
ユアード ～ キーダウンカン	48	48	盛土不安定
キーダウンカン ～ シュエーミョン	64	64	
シュエーミョン ～ シンテェ	64	48	盛土不安定
シンテェ ～ タッコン	64	48	〃
タッコン ～ マギイービン	64	48	〃
マギイービン ～ ニャウロン	64	48	〃
ニャウロン ～ ヤメティン	64	48	〃
ヤメティン ～ インギガン	69	48	〃
インギガン ～ シュウエダー	69	48	〃
シュウエダー ～ ピョービェー	48	48	〃
ピョービェー ～ シャンユア	48	69	〃
シャンユア ～ ニャウヤン	56	69	〃
ニャウヤン ～ ナトオー	56	69	〃
ナトオー ～ タージー	64	69	
タージー ～ ユアパレ	64	69	
ユアパレ ～ ハンザ	64	64	
ハンザ ～ テェドー	69	69	
テェドー ～ サモン	69	69	
サモン ～ クメラン	64	64	
クメラン ～ ミヨウハウ	69	69	
ミヨウハウ ～ マンダレー	48	48	公衆の安全のため

出典：MR

(2) 線形による速度制限

タウングー・マンダレー間は平坦な地形であり、勾配に伴う速度制限はない。また(1)に記載した最高速度に従う限り、曲線に伴う速度制限は現時点では存在しないが、将来の 100km/h 運転に際しては速度制限が生じる可能性がある。

(3) 駅構内の速度制限

各駅においては、分岐器の形態（鎖錠の形態を含む）、過走余裕距離不足、安全側線その他の対策による本線の安全確保の有無など、様々な条件によって駅通過時の速度制限が駅ごとに設定されており、大多数の駅では通過時に 40～50 km/h の速度制限が設定されている。

ピンマナ、タージィー、マンダレーの大駅では、対向分岐器の鎖錠が整備されていないことから、構内走行時は 32 km/h（マンダレー駅は 16km/h）の速度制限がある。

(4) 閉そくの確保と閉そく駅

タウンゲー・マンダレー間は、すべて駅間閉そく区間となっている。これは、1 駅間に 1 列車しか運転させないことにより、列車の衝突事故を防ぐ仕組みである。

駅間閉そく区間における閉そくの確保は、出発駅長による閉そく承認の通告書面が必要となっており、通過列車に対しても駅社員から補助運転士に竹製の道具を用いて受け取っている（図 5.1.1 参照）。MR ではこの方式をペーパーラインクリアと呼んでいる。将来の 100km/h 運転においては不可能な作業である。

フェーズ 2 区間 55 駅のうち、現在、以下の 7 駅は非運転取扱い駅であり、ホームのない箇所ですべて列車が停車し、便宜的に旅客を乗降させている。

- キェトウマディ
- ターヤーゴン
- ティンイン
- ダハットー
- キンバン
- オウトッコン
- シャンズ



出典：JICA 調査団

図 5.1.1 閉そく票の受領
(チャウタカ駅：フェーズ 1 区間)

このうち、シャンズは 1 日 7 本の列車が停まり、乗車数は 1 日平均 29 人である。その他の駅は 1 日または隔日 1 往復の列車が停まるが、1 日の乗車数が平均 17 人であるキンバン駅を除き、ほとんど乗降がない。

(5) 踏切

現状の取扱いにおいて、特に列車運転の近代化に影響を及ぼしそうな二点について記載する。

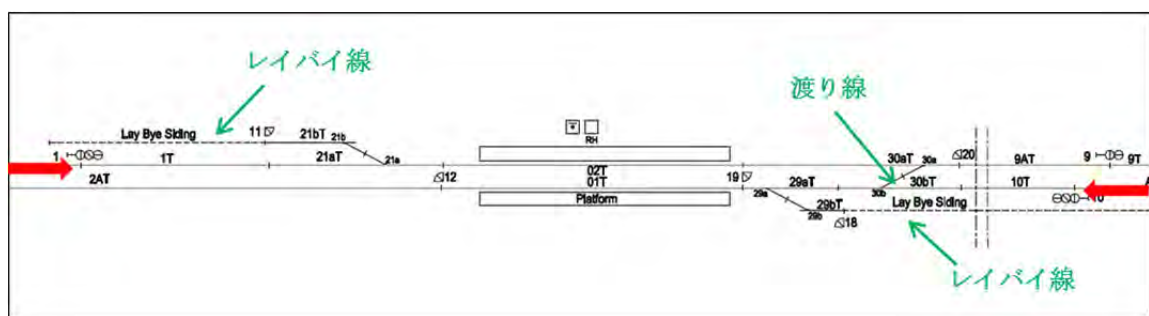
一点は、踏切のゲートの開閉のみならず、列車接近の確認の大部分が、駅長から踏切警手への口頭連絡もしくは踏切警手の目視に頼っている点である。将来の 100km/h 運転においては、列車接近を知り得てから、列車が到達するまでの時分が短くなるほか、列車回数が増えることが想定されるので、警手の負担が増加するほか、取扱い遅延に伴う列車の非常停止や、最悪の場合は踏切障害事故に及ぶ可能性がある。

もう一点は、多くの踏切では、ゲートが閉まり安全が確保されたのち、踏切警手が緑色旗（夜間は緑色灯）を用いて運転士に進行信号を掲出している点である。将来の 100km/h 運転においては、運転士が緑色旗を確認してから列車が踏切に差し掛かるまでの時分が短くなるため、運転士の視認性の問題が生じるほか、踏切警手の触車事故の恐れもある。

(6) 駅構内の入換

駅での待避や留置に際して、ループ線（日本でいう副本線）が用いられているが、図 5.1.2 のように、一部の駅ではレイバイ線と呼ばれる引き込み線が利用されている。これは対向分岐器をなくすことにより事故防止を図るとともに、通過列車の減速を最低限にさせることが目的であるが、一方で、列車の通過待避や車両の一時留置のために、本線を用いた入換作業に活用されている。列車頻度および運転速度が低い現状だからこそ可能な運転取扱いである。

また、現在、上下線のうち片方が不通となった場合に、もう一方の線路を使って単線運転を行うことがある。この場合、上下線間での渡りが必要であるが、対向分岐器をなくすため、図 5.1.2 のような線形で渡り線を設置している。この分岐器も駅構内で本線を用いた入換作業に活用されている。



出典：JICA 調査団

図 5.1.2 レイバイ線と渡り線（ターワ駅：フェーズ 1 区間）

(7) 列車自動防護装置

現在、同線のみならず、MR 管内には、運転士の信号冒進に対するバックアップシステムは存在しない。運転士ならびに補助運転士による信号確認のみに頼っている。

(8) 輸送管理

列車の運休、駅での抑止手配、異常時の復旧など、すべての権限は MR 本社内にある輸送指令室が持っている。本社輸送指令は各支社の輸送指令に指示を出し、支社の指令は各駅長に具体的な手配を指示する。

本社、支社の指令とも、列車の在線位置の可視化はできていないが、JICA の無償資金協力プロジェクト「鉄道中央監視システム及び保安器材整備事業（OCC プロジェクト）」により、フェーズ 1 区間であるヤンゴン・ピュンタザ間に列車在線表示装置が導入される予定である。



出典：JICA 調査団

図 5.1.3 タウンゲーOCC

また、本社、支社、各駅の間には、有線または無線を利用した電話回線があるが、列車の乗務員については、各駅の信号現示に基づく運転を基本として、必要に応じて駅長から書面による通告を受けており、指令や駅長との間に無線の回線はない。



出典：JICA 調査団

図 5.1.4 特急列車
(中国製の新型機関車と新型客車)

(9) 旅客輸送

ヤンゴン・マンダレー本線の特急列車は、ヤンゴン・マンダレー間に毎日3往復、ヤンゴン・ネピドー間に毎日2往復が運転されている。いずれも電気式ディーゼル機関車牽引による客車列車である。2016年より、一部の列車では、中国製の新型機関車、新型客車による運転が始まっている(図 5.1.4)。表 5.1.2 に、ヤンゴン・マンダレー間の特急列車の所要時分を示す。ローカル列車については表 5.1.3 に示す通りである。

なお、これらの列車以外に、ネピドー発着でヤンゴン・マンダレー線を通り、途中駅から支線に入っていく列車も数本ある。

表 5.1.2 特急列車の到達時分(ヤンゴン・マンダレー間)

列車名	到達時分
第3列車、第4列車(夜行)	14時間45分
第5列車、第6列車(夜行)	14時間00分
第11列車、第12列車(昼行)	14時間50分

出典：JICA 調査団

表 5.1.3 ローカル列車(ヤンゴン・マンダレー線)

発着駅	本数
ヤンゴン・マンダレー(メール列車)	1往復
ヤンゴン・タージュー(メール列車)	1往復
タウンゲー・タージュー	1往復(隔日)
タージュー・ミョウハウ	1往復
ピンマナ・タッコ	2往復

出典：JICA 調査団

(10) 貨物輸送

貨物列車は定まったダイヤを持っておらず、始発駅を出る時刻は、荷役が終わり貨物列車としての編成が完了した時点以降、旅客列車の合間を見ての発車となる。始発駅を出発した後は、後続の旅客列車の運転に影響を及ぼさない範囲で運転し、後続の旅客列車が接近してきた場合は、途中駅で待避することとなっている。

現在、マルワーゴン駅とミョウハウウン駅とを結ぶ貨物列車が、毎日2～5往復ほど運転されている。その他、1.1.1(9)で述べたローカル旅客列車にも、複数の貨車を連結している。

5.1.2 将来の運転および輸送

(1) 最高速度

1章でも述べたように、本線上では全区間を通して100km/hを最高速度とする。

(2) 線形による速度制限

タウンゲー・マンダレー間は平坦な地形であり、勾配に伴う速度制限はない。地形条件により曲線に伴う速度制限が生じる場合は、可能な限り運転時分に影響が少なくなるように配慮する。

(3) 駅構内の速度制限

各駅においては、信号と分岐器の連動化、および安全側線の設置により、本線通過時の速度制限はつけないこととする。ただし、ピンマナ、タージイー、マンダレーの大駅では、安全側線を設置すると有効長が短くなることから、あえて設置せず、構内走行時の速度制限を設けることとする。

(4) 閉そくの確保と閉そく駅

これまでと同様、タウンゲー・マンダレー間は、駅間閉そく区間とする。これまでのペイパーラインクリア方式ではなく、運転士による閉そくの確認は出発信号機の確認により行うこととする。

なお、7駅の非運転取扱い駅のうち、利用客がほとんどいない5駅は廃止し、1閉そく間の運転時分を極力少なくして、列車の運転時隔が長くないようにする。テドーとサモンの間にあるキンバン駅については、引き続き旅客の乗降を続けることとするが、テドー・サモン間の運転時分が増えることによる運転間隔の増加を防ぐため、キンバン駅を運転取扱い駅として、現在の閉そく区間を2つに分割することとする。

シャンズ駅についても引き続き旅客の乗降を継続することとするが、ミョウハウウン・マンダレー間の距離が比較的短いことを考えると、同駅を連動駅にするよりも、ミョウハウウン・マンダレー間を駅間閉そくではなく、自動閉そく区間にするにより、同区間の列車本数を確保することとする。

(5) 踏切

100km/h運転に対応するため、ヤンゴン・マンダレー鉄道改修事業詳細設計調査フェーズ1(YM-D/D(1))での設計と同様、駅構内の踏切については、踏切保安装置を設置することとする。また、駅間の踏切であっても、道路の交通量の多い踏切については、電力供給ができる箇所については踏切保安装置の設置を検討する。また、踏切保安装置の設置の有無にかかわらず、踏切警手には携帯型無線機を貸与することにより、最寄りの駅長から列車接近の情報を入手できるようにし、踏切での事故防止に役立てることとする。詳細については、5.12節に記載する。

MRの規則では、踏切警手は遮断が完了した後、手旗または緑色等による信号を掲出することとなっており、これがない場合、運転士は踏切の手前に停止しなければいけない。本プロジェクトで踏切安全装置が設置されない踏切においては、ほとんどが直線区間であり、100km/h運転になってもその視認性は確保できるが、MRは100km/h運転に際し、運転士に対して「万一、視認性が確保できない場合は、事前に減速するなどの対策により、踏切の手前で確実に停止できるようにする」旨を再教育する必要がある。

(6) 駅構内の入換

現在のレイバイ線については、基本的に廃止する。

(7) 列車自動防護装置

フェーズ1と同様、重大事故につながる可能性が高い信号機に対して、ATPを設置することとする。フェーズ1で設置したATPと同じ仕様にするにより、車上側に新たな装置を設置することがないようにする。

(8) 輸送管理

OCCプロジェクトで中央監視システムを設置するのと同様、フェーズ1の改良工事区間であるニューレービン・タウングー間を含め、全区間に中央監視システムを導入することとする。

また、無線設備の改良に合わせ、列車の運転士のほか、踏切警手および地上設備のメンテナンス職員に携帯型無線機を持たせることにより、輸送指令や駅長との会話が可能とし、安全や定時運転に寄与することとする。

(9) 旅客輸送

フェーズ1で計画したように、ヤンゴン・マンダレー本線の新型特急としてDEMUを大量投入するほか、ヤンゴン・バゴー間にローカル列車用DEMUを投入する。

ヤンゴン・バゴー間以外のローカル輸送については、引き続き機関車牽引の客車による輸送となるが、本プロジェクトの対象外となる。

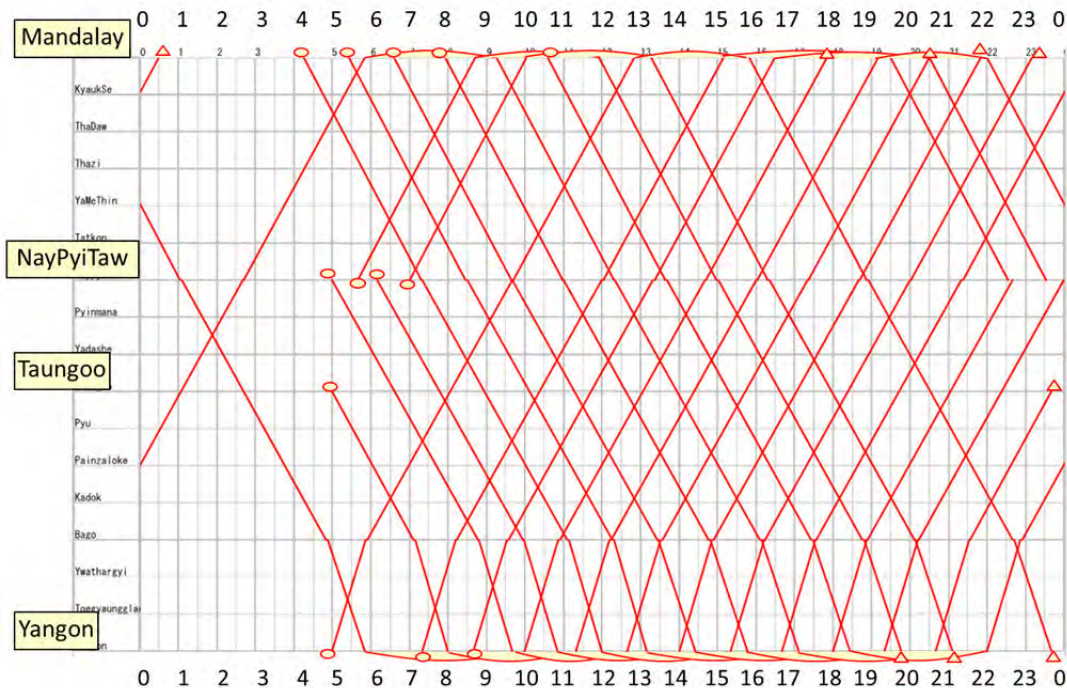
(10) 貨物輸送

貨物輸送については、5.15節で述べるように、これから取扱い量が増えるであろうコンテナ輸送については、MRはすでに官民連携（PPP）によるプロジェクトがスタートしていることから、本プロジェクトの対象外となる。ただし、PPPにおけるドライポートにコンテナ貨物列車が進出進入できるよう、本プロジェクトでは駅配線を配慮することとする。

それ以外の貨物輸送については、ミョウハウン駅の貨物基地の整備が大きな課題となる。これは、5.11節で述べるように、現在の貨物基地を整備してDEMUの車両基地を設置する必要があるからである。このPPPプロジェクトのもと、現在ミンゲ駅にて新たなドライポートが建設中である。詳細については、5.15.2(3)2)に述べる。ミョウハウン駅以外については、現在行われている各駅での荷扱いに対応できるよう、駅配線に配慮する。

5.1.3 車両数の決定

本プロジェクトで調達する DEMU については、2 章で述べた需要予測の結果が YM-D/D(1)での結果と大きな差異がなかったことから、輸送力の大半を占める特急 DEMU については、YM-D/D(1)で算定した輸送計画および車両数をそのまま利用することとする。一方、ヤンゴン～バゴ間に設定を計画していたローカル DEMU については、MR との議論を経て、導入を見送ることとした。



出典：YM-D/D(1) ファイナルレポート

図 5.1.5 DEMU 特急列車の運用ダイヤ案（調査団による案）

フェーズ 2 終了時点での特急 DEMU の運用ダイヤ案を図 5.1.5 に示す。また、フェーズ 2 終了時点での必要車両数を表 5.1.4 に示す。MR との議論を経て、フェーズ 2 での特急 DEMU の調達数は 180 両と決定した。

表 5.1.4 フェーズ 2 における必要車両数（調査団による案）

	必要車両数	フェーズ 2 での調達車両数
特急 DEMU 車両	DEMU (6 両+6 両)×17 編成 = 204 両	180 両

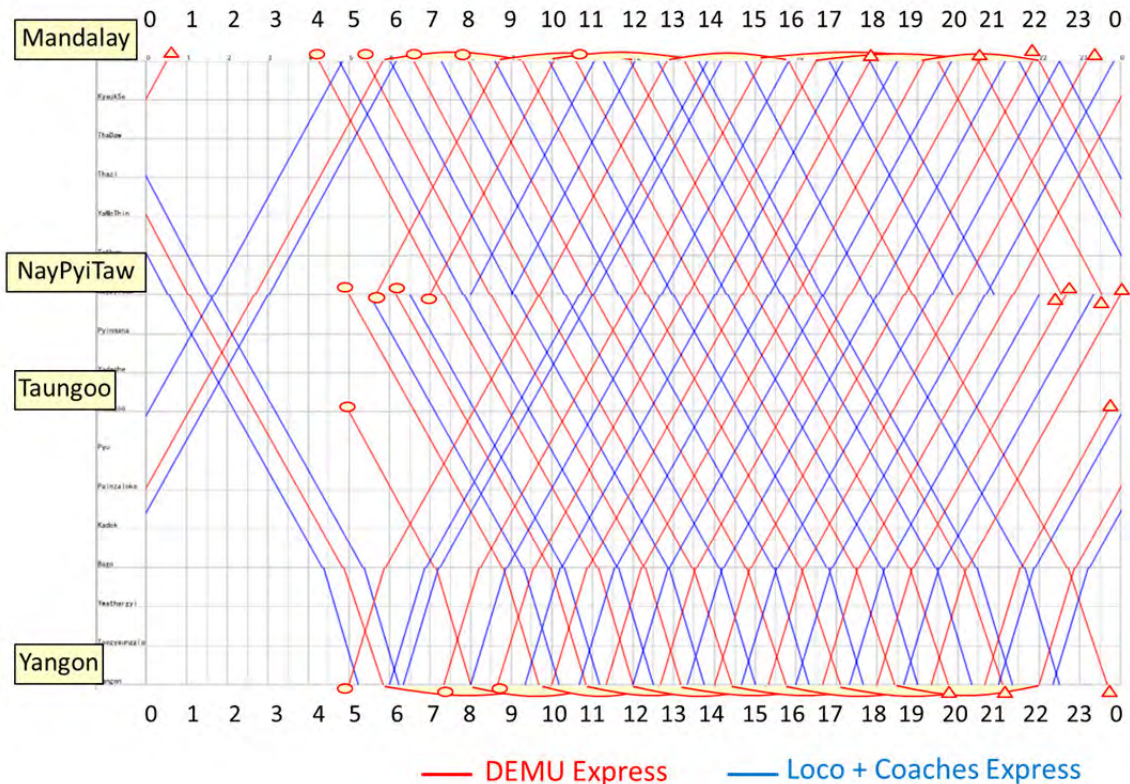
出典：JICA 調査団

本プロジェクトによる鉄道改良により増加する旅客需要を満たすため、DEMU 利用者以外の旅客に対し、MR は自ら保有する客車列車で輸送する必要がある。具体的には表 5.1.5 のようになる。

表 5.1.5 フェーズ 2 における列車運転本数 (表 5.1.4 に基づく案)

区間	旅客需要 (最大区間)	特急 DEMU (定員 620)	MR 客車列車 (定員 640)
ヤンゴン～バゴ	21,934	13	22
バゴ～タウンゲー	20,893	13	20
タウンゲー～マンダレー	22,182	12	23

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.1.6 特急列車の運用ダイヤ案 (調査団による案)

表 5.1.5 で MR が用意する客車列車について、これらのうち何本を特急列車として、何本を普通列車とするかは MR が決定する事項であるが、仮に特急列車を 13 本 (DEMU と同数) とする場合、そのポンチダイヤ案は図 5.1.6 に示すようになる。

これらの列車以外に、速度の遅い普通列車や貨物列車が運転されることになるが、特急列車はこれらの速度が遅い列車を追い越す必要がある。下記の 5.1.4 で示す駅構内の配線案で、これらのダイヤが成り立つかどうかを、詳細設計において確認する必要がある。

5.1.4 駅構内の配線案

駅構内の配線については、以下の 2 点を配慮したうえで、安全側線の設置などミャンマー国鉄 (MR) の規則を守りながら、決定する必要がある。

➤ 路線容量

速度の異なる列車が運転されるため、速い列車が遅い列車を追い越す設備が必要となる。しかしながら、設備が過剰になると、分岐器や信号装置などの高額な設備が増え、プロジェクトコストが膨大になる。

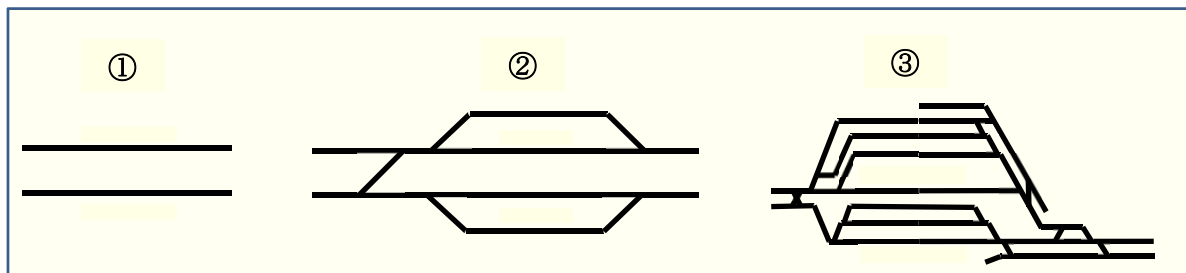
➤ 各駅での作業（入換作業を含む）

貨物列車による現状の荷役のほか、バラストの積込など、各駅での作業実態を考慮するほか、ミャンマー国鉄（MR）が将来的に考えている貨物輸送などを考慮する。

調査団は、MR の協力を得て全駅の調査を行った。各駅においては、現在行われている作業について駅長へのヒヤリングを行い、また駅長や MR の運行管理担当の意見も聞きながら、各駅の配線案を作成した。

その結果を別紙 5-1 に示すが、概要は以下の通りである。

配線を大きく以下の 3 パターンに分類する。



出典：JICA 調査団

図 5.1.7 構内配線パターン

- ① 上下本線のみ
- ② 上下本線に加え、副本線 2～3 本を設置
- ③ 上下本線に加え、多くの副本線・留置線を設置

本調査の対象 55 駅のうち、廃止する 5 駅と非運転取扱い駅のまま残る 1 駅を除いた 49 駅について、本プロジェクトによる改良工事後の配線案は、以下のようになる。

表 5.1.6 駅配線案の内訳

パターン	駅数	駅名
①	15	省略
②	28	省略
③	6	ピンマナ、ネピドー、タージュー、ミンゲ、ミョウハウ、マンダレー
計	49	

出典：JICA 調査団

本調査では、YM-D/D(1)で行ったような、ダイヤ上でのシミュレーションによる副本線の必要性の合理性チェックは行っていないが、フェーズ1における①、②、③の割合から推定すると、2023年および2030年の輸送計画に十分に耐えうる配線であると考えられる。また、土木、軌道、信号などの分野からの詳細な確認も行っていない。

これらの作業は詳細設計において行うことになる。すなわち、最終的な駅配線は、詳細設計において決定されることとなる。別紙5-1の結果については、本調査における各分野の作業、特にプロジェクトコストの算出において、暫定的に使用することとなる。

最後に、特筆すべき駅について、以下に記す。

- ▶ ピンマナ駅
 - ✓ ヤンゴン方、マンダレー方を踏切に挟まれているため、有効長の確保が難しい。このため、副本線に対する安全側線は設けないこととし、構内の速度制限を残す。
 - ✓ 同様の理由により、2番線と3番線の間にある短小な留置線を撤去する。
- ▶ シンテェ駅
 - ✓ ピンラウン方面への支線に関わる駅構内の設備は撤去する。
- ▶ ピョービュー駅
 - ✓ リンチンカン方面への支線に関わる設備は残置する。
- ▶ タージィー駅
 - ✓ ミンギャン方面への支線は、過去に使っていた線路と現在使っている線路があるが、過去に使っていた線路の設備を残置し、現在使用している線路の設備は撤去する。
- ▶ ユアパレ駅、ハンザ駅
 - ✓ 駅員の生活のための水タンク車を留置しているが、これを取りやめ、留置線を撤去する。
- ▶ ミンゲ駅
 - ✓ プラットフォームの横にある、ミンゲ工場用の踏切を撤去し、代わりに跨線橋を設置する。

5.2 線形

5.2.1 線形の現況

(1) 曲線半径

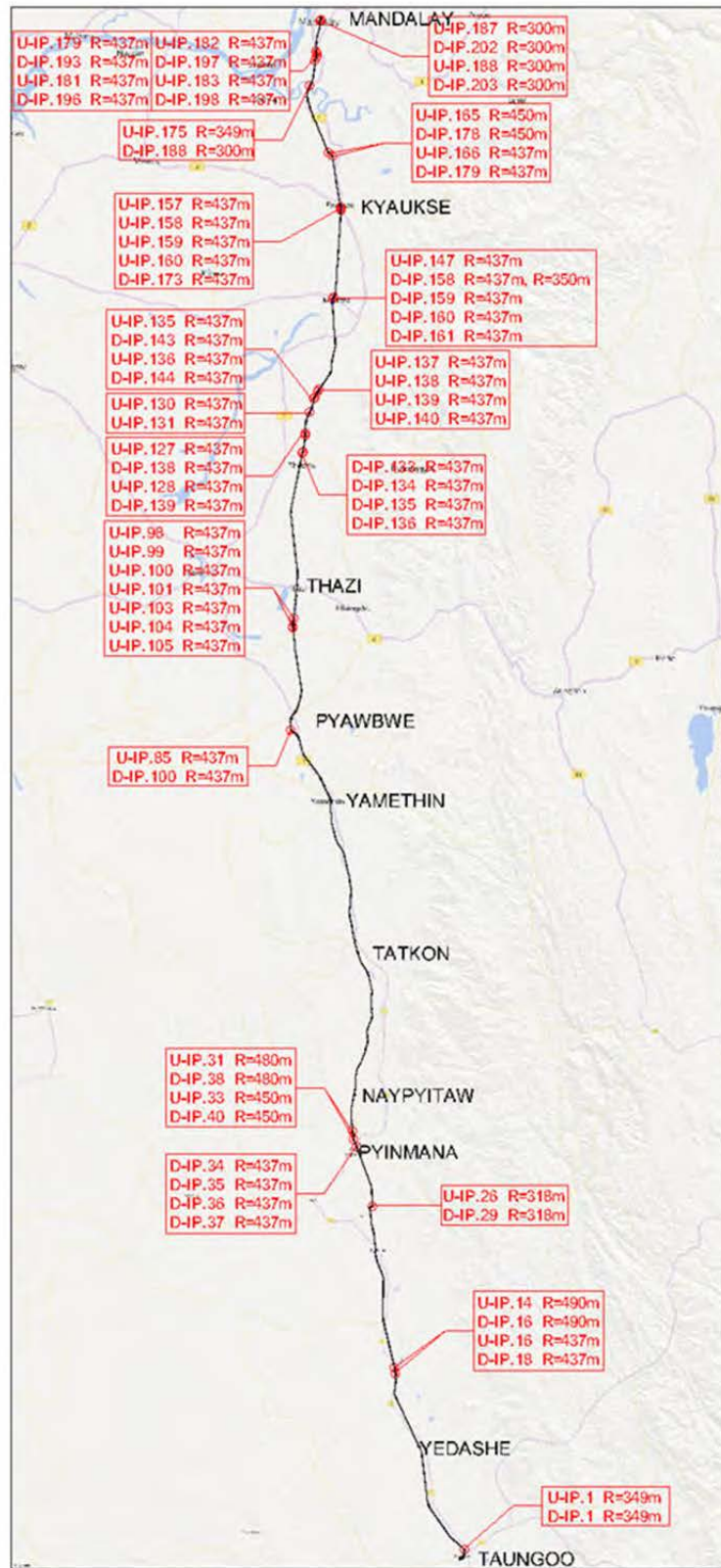
ミャンマー国鉄から入手した線路台帳および衛星画像を基に現在線形の再現を行った。タウンゲー駅～マンダレー駅間で本線における曲線数は上り線で159箇所、下り線で167箇所となっている。このうち DEMU 列車の 100km/h 走行の制約となる半径 500m 未満の曲線は、上り線で38箇所、下り線で34箇所である。

表 5.2.1 曲線の数（タウンゲー駅～マンダレー駅間）

	上り線	下り線
全曲線	159	167
800m \leq R	83	84
500m \leq R<800m	38	49
R<500m	38	34

出典：JICA 調査団

今回、衛星画像を基に作成した現在線形図について、現地踏査により状況確認を行った結果、線形図は概ね現地の状況と一致していることを確認したが、一部の曲線で現地の状況と一致していないと思われる箇所が幾つかあった。詳細設計時には測量結果を用いて線形改良案を策定する必要がある。



出典：JICA 調査団

図 5.2.1 半径 500m 未満の曲線の位置

(2) 緩和曲線

線路台帳には緩和曲線は記載されていないが、今回現地踏査に同行した MR 職員から保線区で管理している曲線台帳を見せてもらうことができた。これによると現在線に緩和曲線が挿入されていることが分かる。この曲線台帳には緩和曲線長に関する記載がなく各曲線でどれくらいの緩和曲線長が挿入されているかは不明であるが、ミャンマー国鉄建設規程（BURMA RAILWAYS MANUAL OF THE ENGINEERING DEPARTMENT）では設計最高速度は 45mph（= 約 72.4km/h）となっていることから、これに相当する緩和曲線長が挿入されているものと考えられる。

いずれにしても 100km/h に速度向上する場合には、これに対応した緩和曲線の延伸が必要となる。

SR. No.	Message		Length in Feet	Class	Circular Arc			R. H.	CR	L. H.	Transition	N/C	Recon/Inst	Remarks
	From	To			Degree	Cg/L	Stack							
34	375/5 1/2	375/12	600	ET.1	3	2'	1/16	LH	YES	YES				
35	375/21	376/1	600	ET.1	5	3'	2/16	RH	YES	YES				
36	376/5	376/11	1105	ET.1	4	2 1/2'	1/16	LH	YES	YES				
37	377/9	377/13	828	ET.1	2	3'	NIL	LH	YES	YES				
38	379/12	379/15 1/2	955	ET.1	4	2 1/2'	1/16	RH	YES	YES				
39	380/1	380/5	810	ET.1	4	2 1/2'	1/16	LH	YES	YES				
40	380/8	380/13 1/2	828	ET.1	5	3'	NIL	LH	YES	YES				
41	380/13	380/23	1204	ET.1	4	2 1/2'	1/16	LH	YES	YES				
42	381/20 1/2	381/23	1090	ET.1	4	2 1/2'	1/16	RH	YES	YES				
43	383/2	383/14	1045	ET.1	3	1 1/2'	NIL	RH	YES	YES				

出典：JICA 調査団

図 5.2.2 保線区で管理されている曲線台帳

(3) 縦断勾配

線路台帳によると、全線を通してなだらかな縦断線形となっており最急勾配は 6%となっている。縦断勾配については現地測量結果により今後精査するものとする。

5.2.2 線形の改善策

(1) 線形計画の設計基準

曲線上の速度制限は、ゲージ、車両性能により決まるものであり、DEMU および客車列車について曲線半径と制限速度の関係は表 5.2.2 に示すとおりとなる。DEMU 列車を 100km/h 走行させるためには 500m 以上の曲線半径が必要となる。一方、客車列車による特急列車を 100km/h 走行させるには 800m 以上の曲線半径が必要となる。

表 5.2.2 曲線上の速度制限

曲線半径 (m)	制限速度 (km/h)	
	DEMU	客車列車
800 <		100
700 - 800		95
600 - 700		90
500 - 600	100	85
450 - 500	95	80
400 - 450	90	75
350 - 400	85	70
300 - 350	75	65
250 - 300	70	60
200 - 250	60	50
150 - 200	50	40
100 - 150	40	30

出典：JICA 調査団

また線形計画に関する設計基準は、ヤンゴン・マンダレー鉄道改修事業詳細設計調査フェーズ1に基づいて表 5.2.3 のとおりとなる。設計最高速度は特急列車が 100km/h、普通列車および貨物列車が 70km/h となる。

緩和曲線長は実カントの設定の仕方により大きく異なってくるが、本調査ではフェーズ1の考え方と同じとし、実カントは均衡カントの70%で設定する。

表 5.2.3 線形計画の設計基準

項目		基準	備考
設計最高速度	特急列車	100 km/h	DEMU の他、客車列車による 特急列車もある。
	普通、貨物列車	70 km/h	
ゲージ		1000 mm	
レール	本線、待避線	JIS50N	
	側線、車両基地	BS75	
車両限界		幅 3000mm × 高さ 4100mm	
建築限界		幅 3810mm × 高さ 4300mm	
最小曲線半径	本線	500 m	やむを得ない場合：駅部等において 160m
	プラットホーム沿いの曲線	400 m	直線を基本とする。
	車両基地	100 m	
緩和曲線	形状	3 次放物線	
	緩和曲線長	$L_1=400 \cdot C_m$ $L_2=8.536 \cdot C_m \cdot V$ (7.469 $\cdot C_m \cdot V$) $L_3=9.603 \cdot C_d \cdot V$ (7.469 $\cdot C_d \cdot V$) ただし、 C_m ：設定カント (m) C_d ：カント不足量 (m) V ：列車速度 (km/h)	() 内はやむを得ない場合
最急勾配	本線	10 ‰	望ましい値 6 ‰
	駅部、車両基地、留置線	2.5 ‰ やむを得ない場合 5 ‰	望ましい値 0 ‰
軌道中心間隔 (本線)		4.42 m	現況の軌道中心間隔
分岐器	本線	1:12, 1:10	
	車両基地	1:8	

出典：JICA 調査団

(2) 線形の改善策

縦断線形は全線を通してなだらかな線形であり、線路台帳によると勾配は全て 10%以下である。縦断線形改良の要否については現地測量結果を見て判断することとし、本調査では平面線形改良について以下に述べることとする。

1) 平面線形改良の内容

本調査では、次の項目について平面線形改良を行う。

- DEMU 列車の 100km/h 走行のための曲線半径改良
- DEMU 列車の 100km/h 走行のための緩和曲線長延伸
- 橋梁架け替えに伴う、橋梁前後の線形改良

曲線半径改良と緩和曲線延伸については、DEMU 列車の 100km/h 走行を改良の対象とし、客車列車による特急列車の 100km/h 走行については改良の対象としない。曲線半径の改良は半径 500m 未満の曲線を半径 500m 以上にするものであり、上り線 38 箇所、下り線 34 箇所が検討対象となる。緩和曲線長延伸は全曲線が検討対象となり、上り線 159 箇所、下り線 167 箇所となる。

曲線改良計画の作成に当たっては、用地の取得を発生させずに環境社会配慮上大きな影響を及ぼさない、効率的で現実的な計画を策定する。したがって曲線半径を 500m 以上に改良すると新たな用地取得が必要になるような場合は、用地内に収まる出来るだけ大きな曲線半径への改良にとどめることにする。

なお、本調査での平面線形改良は本線線形を対象とし、駅構内の配線変更に伴う線形検討は本調査では行わない。

2) 平面線形改良の検討結果

平面線形改良の結果、表 5.2.4 に示すとおり半径 500m 未満の曲線は上り線で 7 箇所、下り線で 6 箇所となる。改良後の曲線数が減っているのは、近接して連続する 2 つの曲線を 1 つの曲線に統合した箇所があるためである。個々の平面線形改良の検討結果を表 5.2.5～表 5.2.11 に示す。表中の左側に現在の曲線状況、右側に改良計画を示している。また表中の赤字の数値は現在の曲線半径が 500m 未満のものを示し、改良計画欄の青字のコメントは今後の詳細設計で調整・整合を図る必要がある事柄を示している。

表 5.2.4 線形改良後の曲線数

	現況		改良後	
	上り線	下り線	上り線	下り線
全曲線	159	167	156	160
800m ≤ R	83	84	100	109
500m ≤ R < 800m	38	49	49	45
R < 500m	38	34	7	6

出典：JICA 調査団

表 5.2.5 平面線形の改良計画 (1/7)

現在の曲線状況										備考	改良計画
上り線					下り線						
No.	IP	曲線位置	曲線向き	半径 (m)	No.	IP	曲線位置	曲線向き	半径 (m)		
1	U-IP.1	269K369M	Left	349.28	1	D-IP.1	269K370M	Left	349.28		モナスへのアクセス道路があるため緩和曲線長延伸のみ
2	U-IP.2	271K176M	Left	873.21	2	D-IP.2	271K180M	Left	873.21	曲線中に橋梁 (No.273)	緩和曲線長延伸(TCL=60m)
3	U-IP.3	272K363M	Right	873.21	3	D-IP.3	272K367M	Right	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
4	U-IP.4	273K454M	Right	873.21	4	D-IP.4	273K458M	Right	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
5	U-IP.5	282K054M	Right	873.21	5	D-IP.5	282K056M	Right	873.21	キュンゴン駅に近接	緩和曲線長延伸(TCL=60m)。駅記線変更計画との整合を図る必要あり。 Army Base引き込み線との線間チェックの必要あり。
6	U-IP.6	293K574M	Left	873.21	6	D-IP.6	293K575M	Left	873.21	曲線中に橋梁 (No.291A)	緩和曲線長延伸(TCL=60m)
7	U-IP.7	306K480M	Right	873.21	7	D-IP.7	306K487M	Right	873.21	曲線中に橋梁 (No.305A)	緩和曲線長延伸(TCL=60m)
8	U-IP.8	306K804M	Left	873.21	8	D-IP.8	306K806M	Left	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)。 No.306橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					9	D-IP.9	307K201M	Left	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)。 No.306橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					10	D-IP.10	307K397M	Right	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
9	U-IP.9	307K660M	Right	750	11	D-IP.11	307K667M	Right	750	橋梁に近接 (No.307)	
10	U-IP.10	307K880M	Right	750	12	D-IP.12	307K886M	Right	750	橋梁に近接 (No.307A)	連続する3つの曲線を1つの曲線に統合する(R=830m, TCL=60m)。 カーブ終点方で駅記線計画との整合を図る必要あり。
11	U-IP.11	308K026M	Right	500	13	D-IP.13	308K031M	Right	500	橋梁に近接 (No.307A) ンテ駅に近接	
12	U-IP.12	310K738M	Left	582.14	14	D-IP.14	310K743M	Left	582.14	曲線中に橋梁 (No.312)	緩和曲線長延伸(TCL=85m)
13	U-IP.13	311K681M	Right	620	15	D-IP.15	311K687M	Right	620		緩和曲線長延伸(TCL=85m)
14	U-IP.14	312K221M	Left	490	16	D-IP.16	312K227M	Left	490		R=500m, TCL=90mに改良
15	U-IP.15	312K866M	Right	600	17	D-IP.17	312K872M	Right	600	曲線中に橋梁 (No.315)	緩和曲線長延伸(TCL=80m)
16	U-IP.16	313K576M	Left	436.6	18	D-IP.18	313K582M	Left	436.6	橋梁に近接 (No.317)	R=500m, TCL=90mに改良
17	U-IP.17	324K723M	Right	873.21	19	D-IP.19	324K729M	Right	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
18	U-IP.18	333K769M	Left	720	20	D-IP.20	333K776M	Left	720	曲線中に橋梁 (No.343)	緩和曲線長延伸(TCL=65m)
19	U-IP.19	337K710M	Right	873.21	21	D-IP.21	337K717M	Right	873.21	ターウーティ駅に近接	緩和曲線長延伸(TCL=60m)。駅記線変更計画との整合を図る必要あり。
20	U-IP.20	338K584M	Right	600	22	D-IP.22	338K633M	Right	750	ターウーティ駅に近接	上り:曲線起点方に分岐器があるため緩和曲線長は「やむを得ない場合」を適用(TCL=70m)。駅記線変更計画との整合を図る必要あり。 下り:分岐器近接、曲線連続のため100km/h相当の緩和曲線長の挿入は難しい。特急停車駅であるため速度制限70km/hとして緩和曲線長を短くする(TCL=25m)。駅記線変更計画との整合を図る必要あり。
					23	D-IP.23	338K883M	Left	873.21		曲線連続のため緩和曲線長は「やむを得ない場合」を適用(TCL=50m)。 No.351橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
21	U-IP.21	339K625M	Left	1100	24	D-IP.24	339K537M	Left	873.21		緩和曲線長延伸(上り:TCL=45m, 下り:TCL=60m)
22	U-IP.22	340K092M	Right	873.21	25	D-IP.25	340K101M	Right	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
23	U-IP.23	343K521M	Left	873.21	26	D-IP.26	343K531M	Left	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
24	U-IP.24	344K632M	Right	680	27	D-IP.27	344K641M	Right	680		緩和曲線長延伸(TCL=70m)
25	U-IP.25	349K392M	Right	600	28	D-IP.28	349K380M	Right	600	下り:複心曲線	上り:緩和曲線長延伸(TCL=80m)
					29				530	エラ駅構内の曲線	下り:複心曲線をR=600m, TCL=80mの単曲線に統合する。 上り、下りともNo.373橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
26	U-IP.26	350K056M	Left	317.53	30	D-IP.29	350K037M	Left	317.53	橋梁に近接 (No.373)	上り:曲線が長大橋にかからない範囲内での改良に留める(R=350m, TCL=80m) 下り:曲線が長大橋にかからない範囲内での改良に留める(R=330m, TCL=65m) 上り、下りともNo.373橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。

出典: JICA 調査団

表 5.2.6 平面線形の改良計画 (2/7)

現在の曲線状況										備考	改良計画
上り線					下り線						
No.	IP	曲線位置	曲線向き	半径 (m)	No.	IP	曲線位置	曲線向き	半径 (m)		
27	U-IP 27	350K442M	Left	800	31	D-IP 30	350K453M	Left	800	橋梁に近接 (No.374)	連続する2つの曲線を1つの曲線に統合する(R=1000m,TCL=50m)。
28	U-IP 28	350K628M	Left	2000	32	D-IP 31	350K640M	Left	2000		
29	U-IP 29	354K153M	Left	750	33	D-IP 32	354K166M	Left	750		
					34	D-IP 34	363K338M	Right	437		緩和曲線長延伸(TCL=65m)
					35	D-IP 35	363K503M	Left	437	橋梁に近接 (No.393)	R=900m, TCL=60mに改良。 No.393橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					36	D-IP 36	363K695M	Left	437	橋梁に近接 (No.393)	R=1000m, TCL=50mに改良。 No.393橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					37	D-IP 37	363K835M	Right	437		R=800m, TCL=60mに改良。 No.393橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
30	U-IP 31	365K438M	Right	480	38	D-IP 38	365K452M	Right	480		R=500m, TCL=90mに改良。
31	U-IP 32	366K348M	Left	650	39	D-IP 39	366K362M	Left	650		緩和曲線長延伸(TCL=75m)
32	U-IP 33	367K158M	Right	450	40	D-IP 40	367K172M	Right	450	曲線中に橋梁 (No.399A)	R=500m, TCL=90mに改良。
33	U-IP 34	367K575M	Left	873.21	41	D-IP 41	367K588M	Left	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
34	U-IP 35	369K397M	Right	873.21	42	D-IP 42	369K411M	Right	873.21	橋梁に近接 (No.405)	R=1300m, TCL=40mに改良。
35	U-IP 36	371K248M	Right	1300	43	D-IP 43	371K261M	Right	1300		緩和曲線長延伸(TCL=40m)
36	U-IP 37	372K157M	Right	3000	44	D-IP 44	372K170M	Right	3000		緩和曲線長延伸(TCL=20m)
37	U-IP 40	376K616M	Right	582.14	45	D-IP 47	376K628M	Right	582.14		R=800m, TCL=60mに改良。
38	U-IP 41	377K288M	Left	1000	46	D-IP 48	377K301M	Left	1000		緩和曲線長延伸(TCL=50m)
39	U-IP 43	380K606M	Right	800	47	D-IP 50	380K618M	Right	800		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
40	U-IP 44	382K532M	Left	582.14	48	D-IP 51	382K543M	Left	582.14		R=600m, TCL=80mに改良。
41	U-IP 47	385K677M	Left	900	49	D-IP 54	385K689M	Left	900	曲線中に橋梁 (No.427)	緩和曲線長延伸(TCL=55m)
42	U-IP 48	386K228M	Right	700	50	D-IP 55	386K240M	Right	700		緩和曲線長延伸(TCL=70m)
43	U-IP 49	387K267M	Left	800	51	D-IP 56	387K279M	Left	800	ピッココ駅構内の曲線	曲線駅であり、改良計画は今後の調査で測量成果を元に策定する。
44	U-IP 50	387K530M	Left	820	52	D-IP 57	387K544M	Left	820	ピッココ駅構内の曲線	
45	U-IP 51	388K861M	Right	873.21	53	D-IP 58	388K874M	Right	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
46	U-IP 52	390K302M	Right	800	54	D-IP 59	390K314M	Right	800	曲線中に橋梁 (No.435)	緩和曲線長延伸(TCL=60m)
47	U-IP 54	392K956M	Left	873	55	D-IP 61	392K969M	Left	873		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
48	U-IP 56	394K548M	Left	873.21	56	D-IP 63	394K562M	Left	873.21	橋梁に近接 (No.441)	緩和曲線長延伸(TCL=60m)
49	U-IP 57	395K002M	Right	873.21	57	D-IP 64	395K015M	Right	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
50	U-IP 59	398K025M	Right	582.14	58	D-IP 66	398K038M	Right	582.14	橋梁に近接 (No.448)	緩和曲線長延伸(TCL=85m)
51	U-IP 60	398K541M	Left	600	59	D-IP 67	398K554M	Left	600		緩和曲線長延伸(TCL=80m)
52	U-IP 61	402K856M	Left	873	60	D-IP 68	402K871M	Left	873		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
					61	D-IP 69	403K258M	Right	1000		緩和曲線長延伸(TCL=50m)。 No.453橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					62	D-IP 70	403K411M	Left	700		R=800m, TCL=60mに改良。 No.453橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					63	D-IP 71	403K723M	Left	600		R=750m, TCL=65mに改良。 No.453橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					64	D-IP 72	403K882M	Right	582		R=750m, TCL=65mに改良。 No.453橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。

出典：JICA 調査団

表 5.2.7 平面線形の改良計画 (3/7)

現在の曲線状況										備考	改良計画
上り線					下り線						
No.	IP	曲線位置	曲線向き	半径 (m)	No.	IP	曲線位置	曲線向き	半径 (m)		
53	U-IP 63	405K905M	Right	873.21	65	D-IP 74	405K923M	Right	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
54	U-IP 65	410K475M	Right	873.21	66	D-IP 76	410K491M	Right	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
55	U-IP 66	414K341M	Left	873.21	67	D-IP 77	414K357M	Left	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
56	U-IP 67	416K547M	Right	873.21	68	D-IP 78	416K563M	Right	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
57	U-IP 68	421K837M	Left	873.21	69	D-IP 79	421K852M	Left	873.21	曲線中に橋梁 (No.480)	緩和曲線長延伸(TCL=60m)
58	U-IP 69	423K762M	Left	873.21	70	D-IP 80	423K778M	Left	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
59	U-IP 70	430K353M	Left	873.21	71	D-IP 81	430K370M	Left	873.21	橋梁に近接 (No.497)	緩和曲線長延伸(TCL=60m)
60	U-IP 71	433K447M	Right	873.21	72	D-IP 82	433K464M	Right	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
61	U-IP 72	437K760M	Right	1746.42	73	D-IP 83	437K776M	Right	1746.42		緩和曲線長延伸(TCL=30)
62	U-IP 73	441K778M	Left	582.14	74	D-IP 84	441K793M	Left	582.14		駅構内のため改良計画は今後の調査で測量成果を元に策定する。
63	U-IP 74	441K894M	Right	582	75	D-IP 85	441K854M	Right	582	ヤマテイン駅構内の曲線	駅構内のため改良計画は今後の調査で測量成果を元に策定する。
64	U-IP 75	442K454M	Right	582	76	D-IP 86	442K023M	Left	582	ヤマテイン駅構内の曲線	駅構内のため改良計画は今後の調査で測量成果を元に策定する。
65	U-IP 76	442K635M	Left	582						ヤマテイン駅構内の曲線	駅構内のため改良計画は今後の調査で測量成果を元に策定する。
66	U-IP 77	442K910M	Left	873.21	77	D-IP 88	442K926M	Left	873.21	ヤマテイン駅に近接	曲線起点方に分岐器があるため緩和曲線長は「やむを得ない場合」を適用(TCL=50m)。駅記線変更計画との整合を図る必要あり。
67	U-IP 78	445K990M	Right	1100	78	D-IP 89	446K007M	Right	1100	曲線中に橋梁 (No.513C)	緩和曲線長延伸(TCL=45m)
68	U-IP 79	447K436M	Left	1300	79	D-IP 90	447K453M	Left	1300	曲線中に橋梁 (No.515A)	緩和曲線長延伸(TCL=40m)
69	U-IP 80	454K079M	Right	1746.42	80	D-IP 91	454K096M	Right	1746.42	シュウエター駅に近接	緩和曲線長延伸(TCL=30m)。駅記線変更計画との整合を図る必要あり。
70	U-IP 81	457K753M	Left	582.14	81	D-IP 92	457K769M	Left	582.14		上り:R=1000m, TCL=50mに改良。下り:R=1400m, TCL=35mに改良。 上り、下りともNo.527橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
71	U-IP 82	457K931M	Right	582.14	82	D-IP 93	457K955M	Left	582.14		上り:R=2200m, TCL=25mに改良。下り:R=3200m, TCL=15mに改良。 上り、下りともNo.527橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
72	U-IP 83	458K062M	Right	582	83	D-IP 94	458K231M	Right	582		R=1500m, TCL=30mに改良。 No.527橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
73	U-IP 84	458K832M	Left	1310	84	D-IP 95	458K850M	Left	1310	曲線中に橋梁 (No.527A)	緩和曲線長延伸(TCL=35m)
					85	D-IP 96	459K683M	Right	500		R=1300m, TCL=40mに改良。 No.529橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					86	D-IP 97	459K740M	Left	500		R=1300m, TCL=40mに改良。 No.529橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					87	D-IP 98	459K877M	Left	500		曲線連続のため、速度制限90km/hとし緩和曲線長を短くする(R=1100m, TCL=35m)。No.529橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					88	D-IP 99	459K935M	Right	500		曲線連続のため、速度制限90km/hとし緩和曲線長を短くする(R=1100m, TCL=35m)。No.529橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
74	U-IP 85	460K363M	Right	436.6	89	D-IP 100	460K380M	Right	436.6		R=500m, TCL=90mに改良。
					90	D-IP 101	462K185M	Right	582.14		R=1200m, TCL=40mに改良。
					91	D-IP 102	462K297M	Left	582.14	橋梁に近接 (No.531)	R=1200m, TCL=40mに改良。
					92	D-IP 103	462K383M	Left	582.14	橋梁に近接 (No.531)	橋梁および分岐器近接のため100km/h相当の緩和曲線長の挿入は難しい。 特急停車駅であるため速度制限70km/hとして緩和曲線長を短くする(R=620m, TCL=30m)。駅記線変更計画との整合を図る必要あり。
					93	D-IP 104	462K523M	Right	582.14		駅構内のため改良計画は今後の調査で測量成果を元に策定する。
75	U-IP 86	462K454M	Left	582						分岐附帯曲線	駅構内のため改良計画は今後の調査で測量成果を元に策定する。
76	U-IP 88	462K659M	Right	500	94	D-IP 105	462K674M	Right	500	ビュービエ駅構内の曲線	駅構内のため改良計画は今後の調査で測量成果を元に策定する。

出典：JICA 調査団

表 5.2.8 平面線形の改良計画 (4/7)

		現在の曲線状況							備考	改良計画	
		上り線			下り線						
No.	IP	曲線位置	曲線向き	半径 (m)	No.	IP	曲線位置	曲線向き			半径 (m)
77	U-IP.89	463K702M	Right	1100	95	D-IP.106	463K714M	Right	1100	曲線中に橋梁 (No.532)	緩和曲線長延伸(TCL=45m)。駅記線変更計画との整合を図る必要あり。
78	U-IP.90	464K955M	Left	1300	96	D-IP.107	464K967M	Left	1300	曲線中に橋梁 (No.533, 534)	緩和曲線長延伸(TCL=40m)
79	U-IP.91	468K755M	Left	2800	97	D-IP.108	468K769M	Left	2800	曲線中に橋梁 (No.545, 546)	緩和曲線長延伸(TCL=20m)
80	U-IP.92	470K006M	Left	2500	98	D-IP.109	470K022M	Left	2500	曲線中に橋梁 (No.548, 549)	緩和曲線長延伸(TCL=20m)
81	U-IP.93	478K396M	Right	1746.42	99	D-IP.110	478K412M	Right	1746.42	曲線中に橋梁 (No.570)	緩和曲線長延伸(TCL=30m)
82	U-IP.94	480K549M	Left	3493							緩和曲線長延伸(TCL=15m)。 No.574橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
83	U-IP.95	480K756M	Right	3493						橋梁に近接 (No.574)	緩和曲線長延伸(TCL=15m)。 No.574橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
84	U-IP.96	481K015M	Right	3493							緩和曲線長延伸(TCL=15m)。 No.574橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
85	U-IP.97	481K220M	Left	3493							緩和曲線長延伸(TCL=15m)。 No.574橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
86	U-IP.98	483K459M	Left	436.6							R=1000m, TCL=50mに改良。 No.581橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
87	U-IP.99	483K674M	Right	436.6							R=900m, TCL=55mに改良。 No.581橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
88	U-IP.100	483K871M	Right	436.6							R=2000m, TCL=30mに改良。 No.581橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
89	U-IP.101	483K989M	Left	436.6							R=3200m, TCL=15mに改良。 No.581橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
90	U-IP.102	484K242M	Right	1746.42	100	D-IP.114	484K256M	Right	1746.42	曲線中に橋梁 (No.582)	緩和曲線長延伸(TCL=30m)
91	U-IP.103	485K661M	Left	436.6							R=1600m, TCL=30mに改良。 No.585橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
92	U-IP.104	485K800M	Right	436.6						橋梁に近接 (No.585)	R=1000m, TCL=50mに改良。 No.585およびNo.586橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
93	U-IP.105	485K861M	Left	436.6							R=1400m, TCL=35mに改良。 No.585およびNo.586橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
94	U-IP.107	487K756M	Left	1746.42							緩和曲線長延伸(TCL=30m)。 No.588橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
95	U-IP.108	488K069M	Right	1746.42						曲線中に橋梁 (No.588)	緩和曲線長延伸(TCL=30m)。 No.588橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
96	U-IP.109	488K232M	Left	1746.42						曲線中に橋梁 (No.589A)	緩和曲線長延伸(TCL=30m)。 No.588橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
97	U-IP.110	489K817M	Left	2000	101	D-IP.120	489K829M	Left	2000		緩和曲線長延伸(TCL=30m)
98	U-IP.111	490K704M	Right	2000	102	D-IP.121	490K717M	Right	2000		緩和曲線長延伸(TCL=30m)
99	U-IP.115	492K678M	Left	500						ターミナル駅構内の曲線	駅構内のため改良計画は今後の調査で測量成果を元に策定する。
100	U-IP.116	492K891M	Right	500						ターミナル駅構内の曲線	駅構内のため改良計画は今後の調査で測量成果を元に策定する。
101	U-IP.117	493K209M	Right	500						ターミナル駅構内の曲線	駅構内のため改良計画は今後の調査で測量成果を元に策定する。
102	U-IP.118	493K420M	Left	500						ターミナル駅構内の曲線	駅構内のため改良計画は今後の調査で測量成果を元に策定する。
103	U-IP.119	495K381M	Left	1746.42	103	D-IP.126	495K392M	Left	1746.42	曲線中に橋梁 (No.605)	緩和曲線長延伸(TCL=30m)
104	U-IP.122	509K314M	Right	1600	104	D-IP.129	509K326M	Right	1600		緩和曲線長延伸(TCL=30m)

出典：JICA 調査団

表 5.2.9 平面線形の改良計画 (5/7)

現在の曲線状況										備考	改良計画
上り線					下り線						
No.	IP	曲線位置	曲線向き	半径 (m)	No.	IP	曲線位置	曲線向き	半径 (m)		
105	U-IP.124	519K422M	Left	1000	105	D-IP.131	519K433M	Left	1000		特急停車駅であるため速度制限70km/hとして緩和曲線長を短くする(緩和曲線TCL=15m挿入)。駅配線変更計画との整合を図る必要あり。
106	U-IP.125	520K037M	Right	873.21	106	D-IP.132	520K048M	Right	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
					107	D-IP.133	522K335M	Right	436.6		R=1000m, TCL=50mに改良
					108	D-IP.134	522K448M	Left	436.6		R=1000m, TCL=50mに改良
					109	D-IP.135	522K595M	Left	436.6		R=1000m, TCL=50mに改良
					110	D-IP.136	522K681M	Right	436.6		R=1000m, TCL=50mに改良
107	U-IP.126	524K470M	Left	873.21	111	D-IP.137	524K482M	Left	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
108	U-IP.127	526K299M	Left	436.6	112	D-IP.138	526K342M	Left	436.6		R=600m, TCL=80mに改良
109	U-IP.128	526K804M	Right	436.6	113	D-IP.139	526K846M	Right	436.6		R=600m, TCL=80mに改良
110	U-IP.129	529K399M	Right	1800	114	D-IP.140	529K410M	Right	1800		緩和曲線長延伸(TCL=30m)
111	U-IP.130	531K485M	Left	436.6						橋梁に近接 (No.682)	R=1400m, TCL=35mに改良。 No.683橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
112	U-IP.131	531K561M	Right	436.6							R=1600m, TCL=30mに改良。 No.683橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
113	U-IP.133	532K662M	Left	873.21	115	D-IP.141	532K678M	Left	873.21		曲線終点方に橋梁があるため緩和曲線長は「やむを得ない場合」を適用(TCL=50m)。No.684橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
114	U-IP.134	532K952M	Left	873.21	116	D-IP.142	532K926M	Left	1000		緩和曲線長延伸(上り:TCL=60m, 下り:TCL=50m)。 上り、下りともNo.684橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
115	U-IP.135	534K842M	Right	436.6	117	D-IP.143	534K814M	Right	436.6		R=600m, TCL=80mに改良
116	U-IP.136	535K050M	Right	436.6	118	D-IP.144	535K095M	Right	436.6	橋梁に近接 (No.688)	上り:曲線連続のため緩和曲線の挿入のみ(TCL=70m)(やむを得ない場合を適用) 下り:R=500m, TCL=80mに改良。橋梁近接のため緩和曲線長はやむを得ない場合を適用。
117	U-IP.137	536K427M	Left	436.6							R=700m, TCL=70mに改良。 No.691橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
118	U-IP.138	536K619M	Right	436.6							R=700m, TCL=70mに改良。 No.691橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
119	U-IP.139	537K045M	Right	436.6							R=700m, TCL=70mに改良。 No.691橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
120	U-IP.140	537K237M	Left	436.6							R=700m, TCL=70mに改良。 No.691橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
121	U-IP.141	538K807M	Right	1746.42	119	D-IP.147	538K813M	Right	1746.42		緩和曲線長延伸(TCL=30m)
122	U-IP.142	541K554M	Left	800	120	D-IP.148	541K561M	Left	800		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
123	U-IP.143	543K712M	Right	1200	121	D-IP.149	543K720M	Right	1200		緩和曲線長延伸(TCL=40m)
124	U-IP.144	547K868M	Left	1600							緩和曲線長延伸(TCL=30m)。 No.699橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					122	D-IP.150	548K069M	Left	600		R=900m, TCL=45mに改良。曲線連続のため緩和曲線長はやむを得ない場合を適用。No.699橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					123	D-IP.151	548K220M	Left	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=50m)。曲線連続のため緩和曲線長はやむを得ない場合を適用。No.699橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。

出典：JICA 調査団

表 5.2.10 平面線形の改良計画 (6/7)

現在の曲線状況										備考	改良計画
上り線					下り線						
No.	IP	曲線位置	曲線向き	半径 (m)	No.	IP	曲線位置	曲線向き	半径 (m)		
125	U-IP.145	548K574M	Left	1100	124	D-IP.152	548K509M	Left	700		緩和曲線長延伸(上り:TCL=45m, 下り:TCL=70m)。 No.699橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
126	U-IP.146	549K248M	Right	582.14	125	D-IP.153	549K271M	Right	582.14		緩和曲線長延伸(TCL=85m)
					126	D-IP.154	556K922M	Right	2000		R=3000m, TCL=20mに改良。 No.718橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					127	D-IP.155	557K074M	Left	2000		R=3000m, TCL=20mに改良。 No.718橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					128	D-IP.156	557K374M	Left	2000		R=3200m, TCL=15mに改良。 No.718橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					129	D-IP.157	557K597M	Right	2000		R=3200m, TCL=15mに改良。 No.718橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
127	U-IP.147	557K839M	Right	436.6	130	D-IP.158	557K860M	Right	436.6		上り:R=500m, TCL=90mに改良。 下り:3つの曲線をR=500m, TCL=90mの単曲線に統合する。 上り, 下りともNo.719橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					131				350	下り:複心曲線	
					132	D-IP.159	558K078M	Left	437		
					133	D-IP.160	558K277M	Left	437	橋梁に近接 (No.719)	
					134	D-IP.161	558K436M	Right	437		R=800m, TCL=60mに改良。 No.719橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
128	U-IP.149	559K060M	Left curve	780	135	D-IP.162	559K080M	Left	780	曲線中に橋梁 (No.720, 720A) ミッター駅構内の曲線	緩和曲線長延伸(TCL=60m)。 駅配線変更計画との整合を図る必要あり。
					136	D-IP.164	566K600M	Right	500		R=2000m, TCL=30mに改良。 No.730橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					137	D-IP.165	566K656M	Left	500		R=2000m, TCL=30mに改良。 No.730橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
129	U-IP.151	566K812M	Right	873.21	138	D-IP.166	566K833M	Right	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)。 No.730橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
130	U-IP.152	567K586M	Left	873.21	139	D-IP.167	567K608M	Left	873.21	橋梁に近接 (No.731)	緩和曲線長延伸(TCL=60m)
131	U-IP.155	576K676M	Right	873.21	140	D-IP.170	576K697M	Right	873.21	曲線中に橋梁 (No.745)	緩和曲線長延伸(TCL=60m)
132	U-IP.156	577K104M	Left	873.21	141	D-IP.171	577K125M	Left	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
133	U-IP.157	577K654M	Left	436.6							R=3000m, TCL=20mに改良。 No.748橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
134	U-IP.158	577K894M	Right	436.6							R=2600m, TCL=20mに改良。 No.748橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
135	U-IP.159	578K045M	Right	436.6							R=2000m, TCL=30mに改良。 No.748橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
136	U-IP.160	578K221M	Left	436.6	142	D-IP.173	578K243M	Left	436.6		沿線に家屋連坦のため緩和曲線の挿入のみ(TCL=40m)。曲線が連続、特急停車駅のため速度制限70km/hとして緩和曲線長を短くする。
137	U-IP.161	578K435M	Right	582.14	143	D-IP.174	578K459M	Right	582.14	キョッセ駅に近接	沿線に家屋連坦のため緩和曲線の挿入のみ(TCL=30m)。曲線が連続、特急停車駅のため速度制限70km/hとして緩和曲線長を短くする。 駅配線変更計画との整合を図る必要あり。
138	U-IP.163	583K393M	Right	873.21	144	D-IP.176	583K416M	Right	873.21		R=1100m, TCL=45mに改良
139	U-IP.164	587K909M	Left	1746.42	145	D-IP.177	587K932M	Left	1746.42		緩和曲線長延伸(TCL=30m)
140	U-IP.165	589K634M	Left	450	146	D-IP.178	589K659M	Left	450		R=500m, TCL=90mに改良

出典：JICA 調査団

表 5.2.11 平面線形の改良計画 (7/7)

現在の曲線状況										備考	改良計画
上り線					下り線						
No.	IP	曲線位置	曲線向き	半径 (m)	No.	IP	曲線位置	曲線向き	半径 (m)		
141	U-IP.166	590K764M	Right	436.6	147	D-IP.179	590K790M	Right	436.6	橋梁に近接 (No.792)	R=500m, TCL=90mに改良
142	U-IP.169	599K596M	Right	700	148	D-IP.182	599K620M	Right	700	橋梁に近接 (No.816)	緩和曲線長延伸(TCL=70m)
143	U-IP.170	599K907M	Left	1746.42	149	D-IP.183	599K930M	Left	1746.42		緩和曲線長延伸(TCL=30m)
144	U-IP.171	601K593M	Right	873.21	150	D-IP.184	601K616M	Right	873.21	橋梁に近接 (No.820)	緩和曲線長延伸(TCL=60m)
145	U-IP.172	602K397M	Left	873.21	151	D-IP.185	602K421M	Left	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
146	U-IP.173	603K817M	Right	1746	152	D-IP.186	603K839M	Right	1746	パッシ 駅構内の曲線 曲線中に橋梁 (No.824)	緩和曲線長延伸(TCL=30m)。 駅構内線変更計画との整合を図る必要あり。
147	U-IP.174	605K516M	Left	582.14	153	D-IP.187	605K537M	Left	582.14		R=700m, TCL=70mに改良
148	U-IP.175	606K363M	Right	349.28	154	D-IP.188	606K361M	Right	300		上り:曲線が長大橋にかからないようにするため緩和曲線の挿入のみとし、速度制限40km/hとして緩和曲線を短くする(TCL=10)。 下り:曲線が長大橋にかからないようにするため緩和曲線の挿入のみ(TCL=70m)。 上り、下りともNo.826橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
					155	D-IP.189	606K788M	Left	700	橋梁に近接 (No.826)	上り:緩和曲線長延伸(TCL=90m)
149	U-IP.176	606K934M	Left	550	156	D-IP.190	606K996M	Left	550		下り:連続する2つの曲線を1つの曲線に統合する(R=650m, TCL=75m)。 上り、下りともNo.826橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
150	U-IP.177	608K689M	Left	873.21	157	D-IP.191	608K708M	Left	873.21	ミンゲ 駅構内の曲線	緩和曲線長延伸(TCL=60m)挿入 駅構内線変更計画との整合を図る必要あり。
151	U-IP.179	612K272M	Right	436.6	158	D-IP.193	612K291M	Right	436.6		R=500m, TCL=90mに改良
					159	D-IP.194	612K473M	Right	2000		R=3200m, TCL=15mに改良 No.830橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
152	U-IP.181	613K189M	Left	436.6	160	D-IP.196	613K202M	Left	436.6		R=500m, TCL=90mに改良 No.830橋梁の架け替え計画との整合を図る必要あり。
153	U-IP.182	613K821M	Left	436.6	161	D-IP.197	613K842M	Left	436.6	曲線中に橋梁 (No.832)	R=500m, TCL=90mに改良
154	U-IP.183	614K431M	Right	436.6	162	D-IP.198	614K453M	Right	436.6		R=500m, TCL=90mに改良
155	U-IP.184	616K017M	Right	582.14	163	D-IP.199	616K037M	Right	582.14		R=800m, TCL=60mに改良
156	U-IP.185	618K059M	Right	582.14	164	D-IP.200	618K079M	Right	582.14		R=600m, TCL=80mに改良
157	U-IP.186	619K412M	Left	873.21	165	D-IP.201	619K431M	Left	873.21		緩和曲線長延伸(TCL=60m)
158	U-IP.187	621K195M	Right	300	166	D-IP.202	621K214M	Right	300	マンダレー 駅構内の曲線	駅構内のため改良しない
159	U-IP.188	621K400M	Left	300	167	D-IP.203	621K419M	Left	300	マンダレー 駅構内の曲線	駅構内のため改良しない

出典：JICA 調査団

3) 速度制限が必要な曲線

本調査では、DEMU 列車の 100km/h 走行が可能となるように曲線半径の拡大と緩和曲線長の延伸を検討するが、沿線の地形上の理由や2つの曲線が近接している等の理由により、十分な曲線改良ができない場合がある。このような曲線においては、やむを得ず速度制限を設けることで、環境社会配慮上大きな影響を及ぼさない効率的で現実的な計画としている。

表 5.2.12 に DEMU 列車の速度制限が必要な曲線を示す。

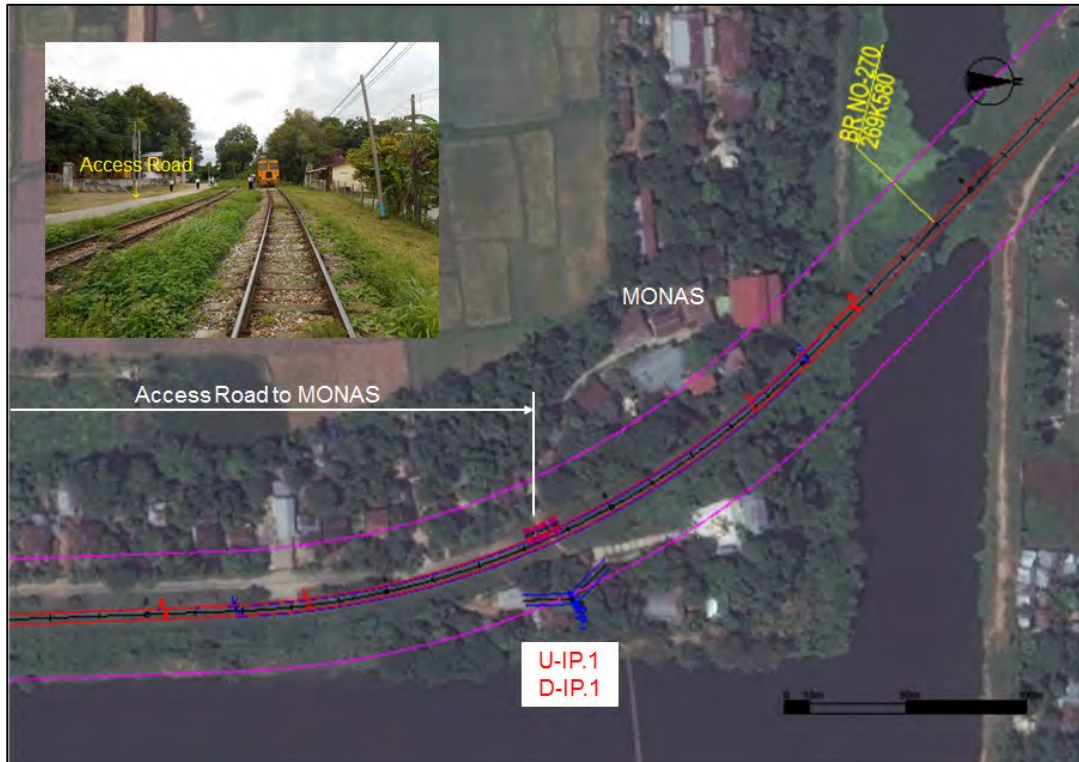
表 5.2.12 速度制限が必要な曲線 (DEMU)

No.	現状	改良	制限速度 (DEMU)
i	U-IP.1 R=349.28m D-IP.1 R=349.28m	R=349.28m, TCL=60m R=349.28m, TCL=60m	75km/h
ii	D-IP.22 R=750m	R=750m, TCL=25m	70km/h
iii	U-IP.26 R=317.53m D-IP.29 R=317.53m	R=350m, TCL=80m R=330m, TCL=65m	85km/h 75km/h
iv	D-IP.98 R=500m	R=1100m, TCL=35m	90km/h
v	D-IP.99 R=500m	R=1100m, TCL=35m	90km/h
vi	D-IP.103 R=582.14m	R=620m, TCL=30m	70km/h
vii	U-IP.124 R=1000m D-IP.131 R=1000m	R=1000m, TCL=15m R=1000m, TCL=15m	70km/h
viii	U-IP.136 R=436.6m	R=436.6m, TCL=70m	90km/h
ix	U-IP.160 R=436.6m D-IP.173 R=436.6m	R=436.6m, TCL=40m R=436.6m, TCL=40m	70km/h
x	U-IP.161 R=582.14m D-IP.174 R=582.14m	R=582.14m, TCL=30m R=582.14m, TCL=30m	70km/h
xi	U-IP.175 R=349.28m D-IP.188 R=300m	R=349.28m, TCL=10m R=300m, TCL=70m	40km/h 75km/h

出典：JICA 調査団

i) U-IP.1, D-IP.1

現在の半径は上り線、下り線とも $R=349.28\text{m}$ であるが、線路西側にモナスへのアクセス道路があり曲線半径を改良するとこのアクセス道路を支障してしまう。よって当区間では緩和曲線長の延伸のみを行うこととし、制限速度は半径 $R=349.28\text{m}$ より 75km/h となる。



出典：JICA 調査団

図 5.2.3 U-IP.1, D-IP.1 の曲線改良

ii) D-IP.22

現在の半径は $R=750\text{m}$ であり緩和曲線長の延伸を行うが、起点方にターウーティ駅の分岐器、終点方に曲線が近接しており、 100km/h 対応の緩和曲線長 ($\text{TCL}=65\text{m}$) の挿入は難しい。ターウーティ駅は全列車が停車する特急停車駅であることから、駅前後の設計速度を 70km/h に引き下げ、緩和曲線長を短くする。

尚、曲線改良計画の決定に当たってはターウーティ駅の構内配線変更計画との整合を図る必要がある。



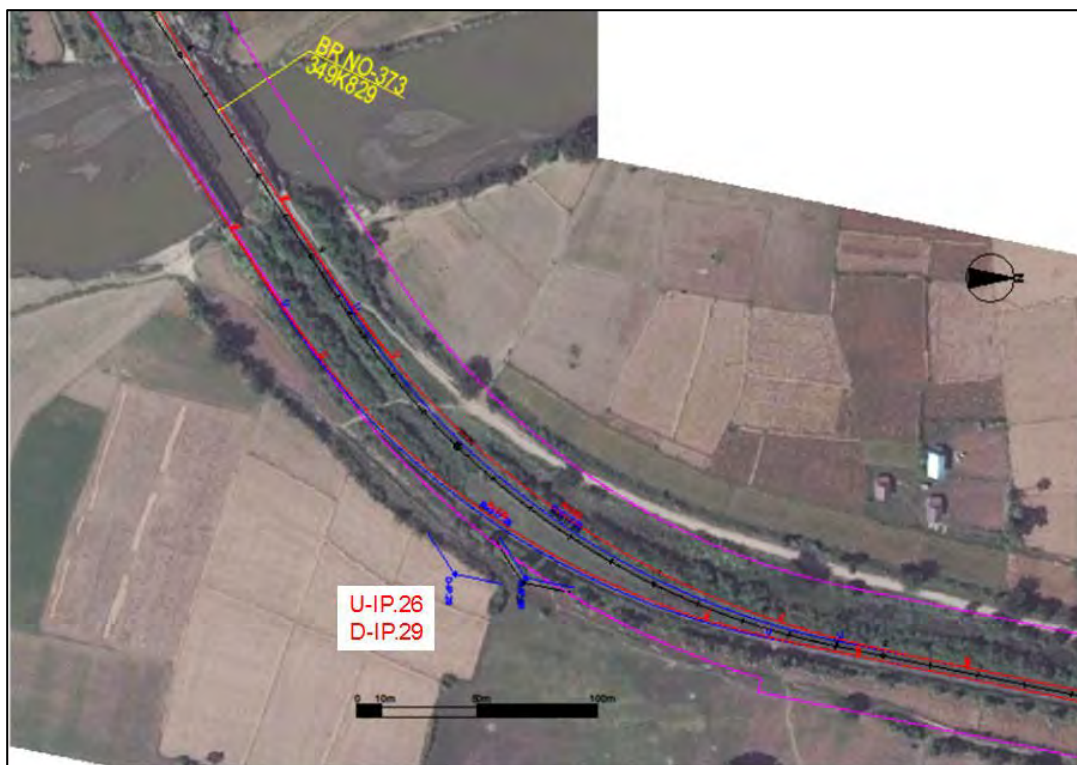
出典：JICA 調査団

図 5.2.4 D-IP.22 の曲線改良

iii) U-IP.26, D-IP.29

現在の半径は上り線、下り線とも $R=317.53\text{m}$ であるが、起点方に No.373 橋梁があり半径を 500m に改良すると橋梁に影響を及ぼしてしまう。よって当区間では曲線が橋梁に影響を及ぼさない範囲での改良に留めることとし、上り線 $R=350\text{m}$ 、下り線 $R=330\text{m}$ に改良する。制限速度は曲線半径より上り線 85km/h 、下り線 75km/h となる。

No.373 橋梁には架け替え計画があり、曲線改良計画の決定に当たっては橋梁架け替え計画と整合を図る必要がある。



出典：JICA 調査団

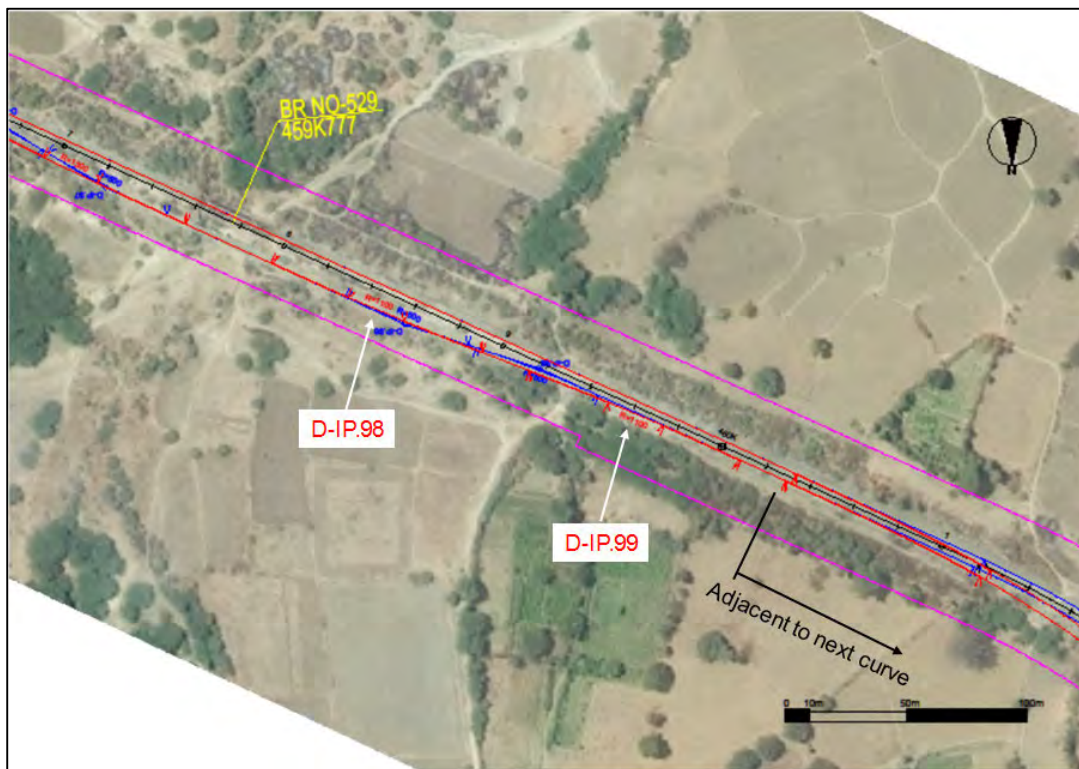
図 5.2.5 U-IP.26, D-IP.29 の曲線改良

iv) D-IP.98, v) D-IP.99

D-IP.98 と D-IP.99 は、起点方の No.529 橋梁と終点方の次の曲線との間にある S カーブである（半径 500m）。当区間では起点方と終点方に制約があり、十分な緩和曲線長の確保が難しい。これより設計速度を 90km/h に引き下げ、緩和曲線長を短くする。

また緩和曲線の延伸により円曲線長が 1 車両長(20m) 未満になってしまうため、半径を 1,100m に改良して所定の円曲線長を確保する。

尚、No.529 橋梁には架け替え計画があり、曲線改良計画の決定に当たっては橋梁架け替え計画と整合を図る必要がある。



出典：JICA 調査団

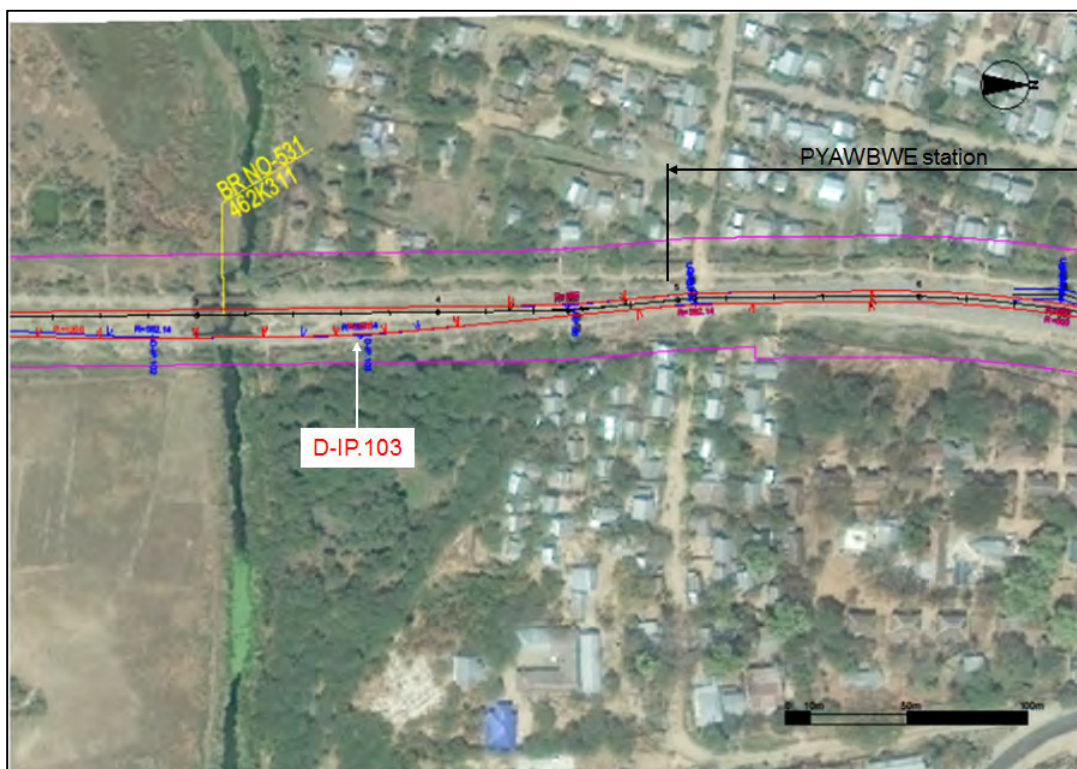
図 5.2.6 D-IP.98, D-IP.99 の曲線改良

vi) D-IP.103

起点方に No.531 橋梁および曲線が近接、終点方にはピョービュー駅の分岐器が近接している。このため当区間では十分な緩和曲線長の確保が難しい。ピョービュー駅は全列車が停車する特急停車駅であることから、駅前後の設計速度を 70km/h に引き下げ、緩和曲線長を短くする。

現在の曲線半径は 582.14m であるが、緩和曲線の挿入により円曲線長が 1 車両長 (20m) 未満となってしまうため、半径を 620m に改良して所定の円曲線長を確保する。

尚、曲線改良計画の決定に当たってはピョービュー駅の構内配線変更計画との整合を図る必要がある。



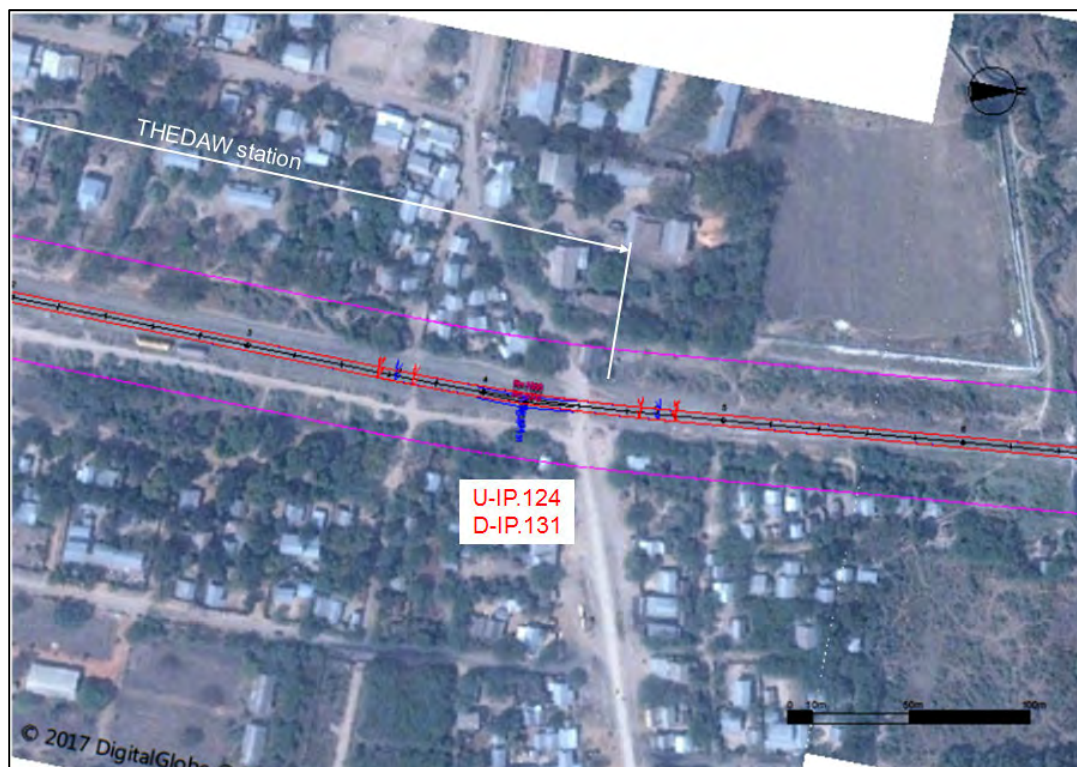
出典：JICA 調査団

図 5.2.7 D-IP.103 の曲線改良

vii) U-IP.124, D-IP.131

曲線はテェドー駅の構内に位置しており、駅構内配線変更計画でこの曲線付近に分岐器が配置されることになっている。この曲線付近に分岐器が配置されることを考慮して曲線長をできるだけ短くするために、設計速度を 70km/h に引き下げて緩和曲線長を短くする（テェドー駅は全列車が停車する特急停車駅である）。

尚、曲線改良計画の決定に当たってはテェドー駅の構内配線変更計画との整合を図ることとする。



出典：JICA 調査団

図 5.2.8 U-IP.124, D-IP.131 の曲線改良

viii) U-IP.136

現在の半径は 436.6m であるが、起点方に曲線が近接しており曲線半径を 500m に改良することは難しい。よって当区間では緩和曲線の延伸のみを行うこととし（緩和曲線長はやむを得ない場合の $TCL=70m$ を適用）、制限速度は半径 $R=436.6m$ より $90km/h$ となる。

曲線改良により緩和曲線が No.688 橋梁にかかるが、No.688 橋梁はボックスカルバートもしくはヒューム管に改築される計画であり、曲線が橋梁上にかかっても問題はない。



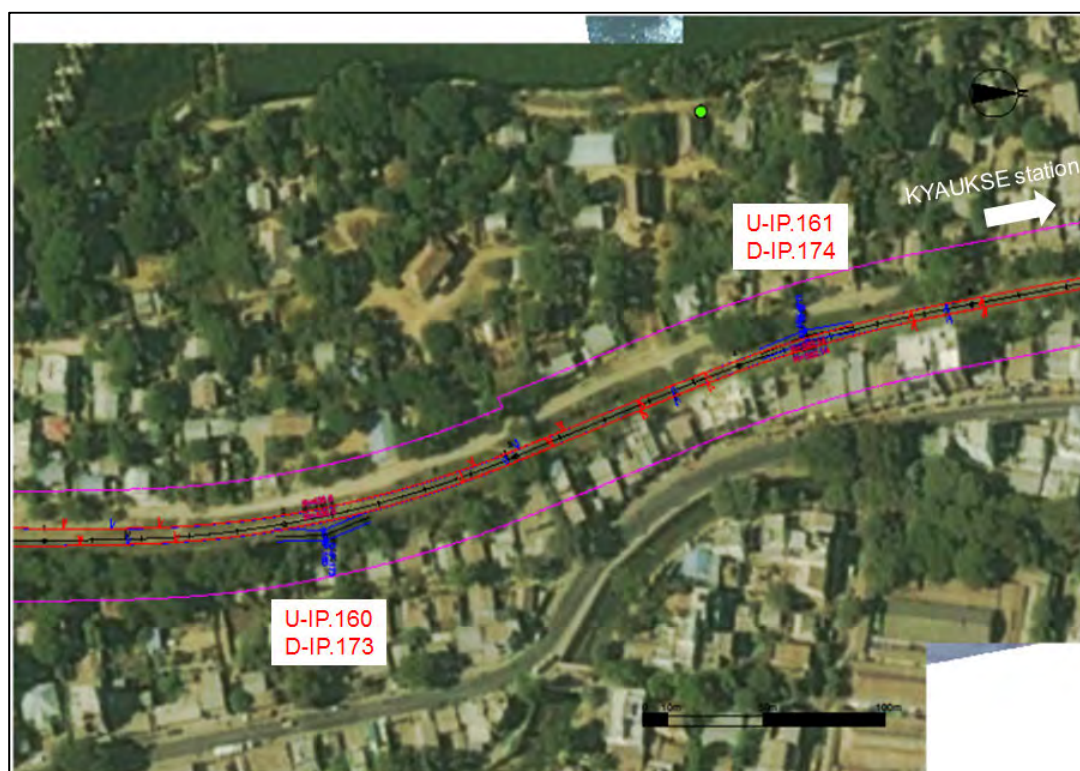
出典：JICA 調査団

図 5.2.9 U-IP.136 の曲線改良

ix) U-IP.160, D-IP.173 x) U-IP.161, D-IP.174

曲線は $R=436.6\text{m}$ と $R=582.14\text{m}$ の S カーブとなっている。また曲線の終点方にはキョッセ駅がある。線路西側には道路が並走しており線路東側には家屋が連坦していることから、曲線半径の改良は行わないで緩和曲線の延伸のみを行うこととする。緩和曲線長については、曲線が S カーブで連続していること、特急停車駅であるキョッセ駅が近いことから、設計速度を 70km/h に引き下げて緩和曲線長を短くする。

尚、曲線改良計画の決定に当たってはキョッセ駅の構内配線変更計画との整合を図ることとする。



出典：JICA 調査団

図 5.2.10 U-IP.160, D-IP.173, U-IP.161, D-IP.174 の曲線改良

xi) U-IP.175, D-IP.188

曲線半径は、上り線 R=349.28m、下り線 R=300m であるが、曲線の終点方に No.826 橋梁が近接しており、曲線半径の改良は行わないで緩和曲線の挿入のみを行うこととする。

上り線の曲線は橋梁の直近まであり緩和曲線を挿入できるだけの直線長がほとんどない。これより挿入できる緩和曲線は 10m のみであり、40km/h の速度制限を設ける必要がある。

下り線については TCL=70m の緩和曲線が挿入でき、曲線半径 300m より速度制限は 75km/h となる。

尚、No.826 橋梁には架け替え計画があり、曲線改良計画の決定に当たっては橋梁架け替え計画と整合を図る必要がある。



出典：JICA 調査団

図 5.2.11 U-IP.175, D-IP.188 の曲線改良

4) 橋梁架け替えに伴う、橋梁前後の線形改良

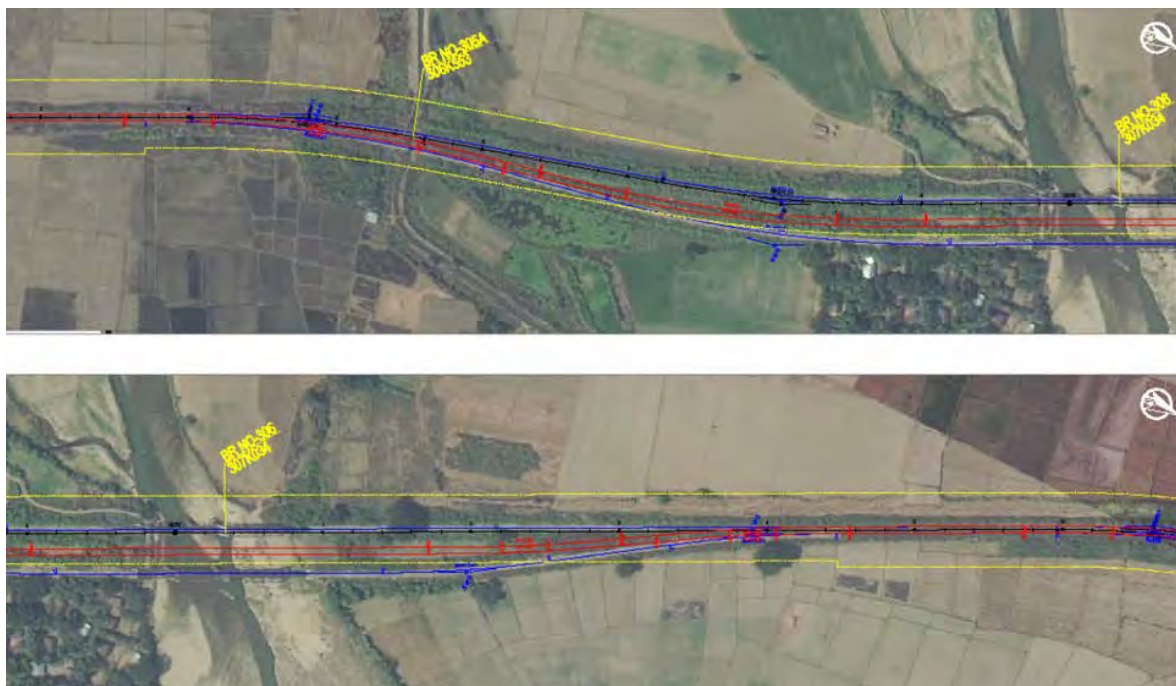
本調査では、橋梁付近の線形は橋梁が現在位置のままであるものとして線形改良計画を策定している。しかし橋梁改良計画において、全ての橋梁について改良の方針が示されており、表 5.2.13 に示す 27 橋梁について橋梁の架け替え位置が提案されている。今回、参考として図 5.2.12 に示すような橋梁架け替え位置に合わせた橋梁前後の線形改良案を 27 橋梁全てについて作成した。

尚、橋梁改良計画は詳細設計時に全ての既設橋梁について現地踏査および健全度調査が行われ、架け替えや補修などの最終的な判断がなされる予定である。したがって橋梁前後の線形改良についても詳細設計時に再度見直しが行われる。

表 5.2.13 架け替え橋梁リスト

橋梁 No.	橋長	橋梁 No.	橋長
No.306	106.07m	No.684	48.77m
No.351	54.86m	No.691	UP 105.16m, DN 85.34m
No.373	76.20m	No.692	30.48m
No.393	UP 115.82m, DN 126.19m	No.699	UP 52.58m, DN 60.96m
No.453	UP 121.92m, DN 105.16m	No.718	30.48m
No.519	34.14m	No.719	UP 91.44m, DN 95.10m
No.527	48.77m	No.730	UP 30.48m, DN 24.38m
No.529	UP 30.48m, DN 24.38m	No.739	30.48m
No.574	60.96m	No.748	70.10m
No.581	UP 34.90m, DN 36.58m	No.788	24.38m
No.585	30.48m	No.796	18.29m
No.586	36.58m	No.826	207.26m
No.588	UP 36.58m, DN 48.77m	No.830	97.54m
No.683	70.10m	-	-

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.2.12 橋梁架け替えに伴う橋梁前後の線形改良（No.306 橋梁の例）

5.3 軌道と路盤

5.3.1 現在の軌道と路盤の状況

(1) 現況の軌道構造、軌道線形等に関する仕様

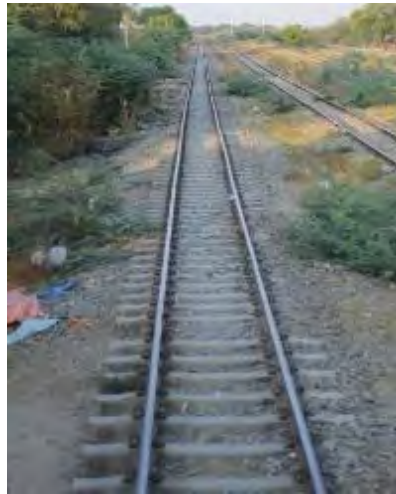
表 5.3.1 現況の軌道構造、軌道線形の仕様

項目		内容	補足
標準軌間		1,000mm	
最大荷重		17.0 トン（12.5 トン）	
最少曲線半径		R=291m	
最大勾配		10‰	駅構内、留置線では 2.5‰
建築限界	高さ	3,808 mm	
	幅	3,810 mm	
車両限界	客車	高さ	3,505 mm
		幅	2,819 mm
	貨車	高さ	3,429 mm
		幅	2,591 mm
施工基面幅	単線	6,096 mm	
	複線	9,906 mm	
分岐器		1 : 12、1 : 8.5	

出典：JICA 調査団

(2) 路盤

路盤については、図 5.3.1 に示すように、かなりの区間で、経年の内に消滅している状態か、もともと無い状態であったと思われ、これについては簡単な試掘調査等により、現在の路盤の状態を確認する必要がある。



出典：JICA 調査団

図 5.3.1 路盤とバラストの不良箇所

(3) バラスト

バラストについては、質、量ともに不良箇所が多く、特に量においては、大多数の区間において不足している。図 5.3.1 に示すように、まくらぎの両端はバラストで覆われておらず、このような状態では、列車の横圧力に対抗できないため、線路の通り狂いが発生しやすく、高速度で列車を走らせる事は出来ない。このため、標準断面へのバラストの補充が必要であるが、その量は、タングー・マンダレー間で、約 50 万 m^3 と想定される。MR は、バラストの生産能力、現場への運送能力は十分確保できると考えている。また、質についても、バラストの岩質が層状節理を持っているため扁平で、バラスト間のかみ合わせによる摩擦力が不十分であることと、節理に沿って損傷が進行することにより耐用年数の低下を起こしている。質が良いとは言えない箇所がある。また、バラストの大きさは、図 5.3.2 に示すように、極端に大きいものがあり、長期間そのまま放置することは、列車を傷つけ、脱線を引き起こす可能性もあるので注意が必要である。



出典：JICA 調査団

図 5.3.2 大きな岩塊

(4) レール

現在のレールは、37kg/m で、長さは 12m である。長さ 12m のレールは、それを繋ぎ合わせた時に、12m ごとに折れ曲がった針金のように弱く、その継ぎ目を列車が通る度に揺れ、その騒音もうるさく、列車の快適性を著しく損ねている。また、現在の荷重 $P=12.5t$ 及びスピードにおいては、外側レールも内側レールも応力的には許容応力内に収まるが、今後の $P=20t$ 荷重においては、37 kg/m レールでは許容応力を超えてしまう。

また、レールの継ぎ目部には、損傷によりレール端面の断面が減少しているものもあり（図 5.3.3 参照）、更には、ネピドー～マンダレー間およびネピドー～タウンゲー間において、レール継ぎ目ボルトが欠落している個所が見られた。全線においては、かなりの箇所レール継ぎ目ボルトの欠落があるものと推測される。（図 5.3.4 参照）



出典：JICA 調査団

図 5.3.3 レール端面の破損



出典：JICA 調査団

図 5.3.4 レール継ぎ目ボルトの欠落

(5) 軌道の検査

現場での軌道の検査は、Inspector が現場を巡回し、目視によって行ない、作業グループに線路補修が必要な個所を指示しているが、目視だけでは個人差が大きく均一な線路状態を保つこと

は不可能である。MR が軌道狂いを測定する計測器を導入し、その結果から保守・改修が必要な区間を明らかにし、優先順位を付けて行うことを提言する。

(6) 軌道の維持管理

軌道の維持管理は、基本的に人力作業にて、軌道維持管理グループが行っている。現状では作業員の賃金が低く、炎天下の重労働であるため、作業員が定着しない状況にある。このような状態が続けば、補修が追いつけなくなる恐れがあり、機械力を使った軌道整備方法を採用すべきことを提言する。

(7) 分岐器

分岐器の表面には多数の傷が見られ、主レール、トングレール、クロッシングと締結金具との間に隙間が多数存在しているものもみられる。これらの状態から考えて、締結金具が無くなっている分岐器も多数あるものと想定される。勿論、このような状態での高速運転は大変危険であり、まずこれらの状態を改善する必要がある。

図 5.3.5 および図 5.3.6 は、ピンマナ駅構内における分岐器の状態を示す。

リハビリ工事では、50N レールの高速分岐器にすべて交換する計画である。分岐器の保守には技術力が必要なことを考えると、これを機会に、MR のスタッフには十分に指導・訓練を行う必要がある。



出典：JICA 調査団

図 5.3.5 ピンマナ駅構内の破損された分岐器



出典：JICA 調査団

図 5.3.6 ピンマナ駅構内の破損された分岐器

(8) 踏切における軌道の状態

踏切において、本線レールと踏切ガードレールとの間に土砂やゴミが溜まっているケースが多数みられる（図 5.3.7 参照）。このような場合、列車の車輪によって土砂、ゴミが固結し、列車の車輪が乗り上げて脱線することも考えられる。今回の現場調査においてもヤンゴン起点 212、2 マイル付近の下り線において、踏切直後のまくらぎ上面には、約 50 メートルにわたって、脱線痕が見られた。（図 5.3.8）（図 5.3.9）この状態は、高速運転における大きなネックである。対策として、本線レールとガードレールの間にゴム製部品を挿入し、車輪がゴム材を踏

んだその反動で、ゴム材が跳ね上がり、その上にたまった土砂、ゴミを吹き飛ばす、日本で使われている方法の導入も一案である。



出典：JICA 調査団

図 5.3.7 212 マイル付近の踏切



出典：JICA 調査団

図 5.3.8 212 マイル付近の脱線痕



出典：JICA 調査団

図 5.3.9 212 マイル付近の脱線痕

(9) 橋梁上における橋まくらぎの状態

橋梁上における橋まくらぎの状態は、多くの部分で不良である。まず、まくらぎ自身が腐っていて、中には断面が大きく欠損しているもの、あるいは内部が空洞となっているものが散見される。

また、まくらぎがレールに対して直角でなく、曲がっているもの、長さが不揃いのもの、犬釘が抜けそうになっているものが見受けられる。図 5.3.10、図 5.3.11 にその状態を示す。



出典：JICA 調査団

図 5.3.10 中が空洞になった橋まくらぎ



出典：JICA 調査団

図 5.3.11 痛んだ橋まくらぎ

(10) ミヨウハン駅構内の軌道

ミヨウハン駅構内の軌道については、現状では、図 5.3.12 に示すように、その入り口の引き上げ線においても、ゴミ捨て場のようにになっている。また構内の線路の状態も、図 5.3.13 に示すように、BS75lbs レールは上下、左右に波打って、決して良い状態とは言えない状態である。



出典：JICA 調査団

図 5.3.12 ミヨウハン駅貨物基地に入る
引き上げ線



出典：JICA 調査団

図 5.3.13 ミヨウハン駅貨物基地構内

(11) その他

沿線には、特に駅部の付近では、生活ごみが大量に捨てられ、ゴミ捨て場のようにになっている所や、線路に草が生えてそのままになっている所、また、ネピドーのような大駅においても、駅で発生するごみを線間の排水溝の中で燃やして、その煙と炎が線路に充満している所等、軌道の管理状態に問題がある個所が見受けられる。これらの箇所は、ただ汚らしいだけではなく、安全上からも問題があり、整理・整頓がなされるべきである。



出典：JICA 調査団

図 5.3.14 大量のごみが捨てられた沿線



出典：JICA 調査団

図 5.3.15 ゴミが燃やされている
ネピドー駅構内

5.3.2 軌道の問題点と解決方法

(1) 軌道の問題点

軌道の現状と主要な問題点は次の通りである。

- 現在使用中のレールは BS75lbs レールであり、100km/h 運転をすると、許容応力度を超えるため、レールのグレードアップが必要である。
- レールの取替に伴い、PC まくらぎの締結装置基盤巾が変わるので、PC まくらぎの交換も必要となる。
- 分岐器は、損傷しているものが多く、現状では 100km/h 走行は出来ない。
- 全体として軌道の整備状況が悪い。
- 軌道バラストの断面が不足している箇所が多く、その個所では軌道の横抵抗力が大幅に減少しており、100km/h 運転には対応できない。
- 踏切においては、脱線護輪レールと本線レールとの間に砂やゴミが詰まっていたり、脱線の危険性が大きい。実際に、脱線痕が見られる。
- サブバラストは、消失している。
- レール締結器の盗難が、多く見られる。

(2) 100km/h 運転に対応できるための軌道の改善策

上記を解決し、100km/h 運転を可能にするための方策は次の通りである。

- 本線および副本線においては、基本的に JIS 50N レールに取替える。
- PC まくらぎも JIS 50N レールに対応するものに取替える。

- 本線の分岐器および本線に接する分岐器は、基本的に#12分岐器とする。
- 軌道の整備体制を刷新する。
- ロングレール化をする。
- サブバラストの更新施工をする。
- バラストの必要断面を確保するため、規定に適合したバラストによる補充、転圧をする。
- 踏切において、本線レールと脱線護輪レールとの間にゴムパッドを挿入し、ゴミなどが溜まらない様にする。
- 盗難多発区間の締結装置をFDクリップとする。

5.3.3 軌道とサブバラストの改善策

各軌道構造の決定経緯については、基本的に、YMDD(1)に倣って次のように決定した。

(1) レール

レールについては、最大軸重 20ton にて設計計算をした結果、BS75lbs レールは許容値をこえるが、JIS 規格 50N レールについては、カーブの外レール、内レール共に許容値に収まることが判明した。また、JIS 規格 50N および UIC54 の市場性についての調査の結果、共に市場性はあるが、JIS50Nの方が単位当たりの重量が軽いことから価格的に有利であると判断し、JIS 50Nを採用することにした。ただし、ミョウハンのデポ内については、BS75lbs レールにて対応する。表 5.3.2 に軸重別の各レール曲げ応力度を示す。

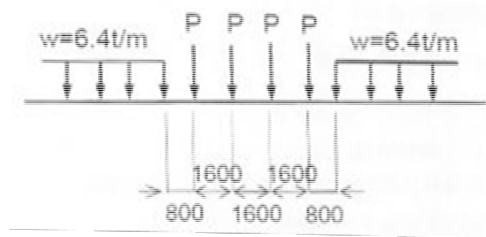
表 5.3.2 軸重別の各レール曲げ応力度

レール種別 軸重	50N (Mpa)	Bs75 (Mpa)	特記
20ton (外側)	108.4<131.2	160.2>111.0	<ul style="list-style-type: none"> ➤ レールの許容曲げ応力度は、50N131.2Mpa、Bs75 111.0 Mpa ➤ 計算の結果 Bs75 レールは各軸重に対して 100km/h 走行では許容応力度を超過する
20ton (内側)	96.4<131.2	142.5>111.0	
16ton (外側)	86.7<131.2	128.2>111.0	
16ton (内側)	77.1<131.2	114.0>111.0	
14ton (外側)	75.9<131.2	112.1>111.0	
14ton (内側)	67.5<131.2	99.7<111.0	

出典：JICA 調査団

(2) 設計荷重

設計荷重については、ミャンマー国ヤンゴン・マンダレー鉄道整備事業フェーズⅠ詳細設計調査(YM-DD(1))と同じく、以下のとおりとする。



出典：YM-D/D(1)

図 5.3.16 列車設計荷重

(3) 軌道構造

軌道構造については、YM-DD(1)に基づき、表 5.3.3 に示す諸元とする。

表 5.3.3 本線の軌道構造の諸元

構造内容	諸元
レール	JIS 規格の 50N レール CWR ロングレール
まくらぎ	新設 PC まくらぎ (1,760 本/km)
締結装置	一般部：中国製、ラウンドバークリップ 既存締結装置盗難区間；FD クリップ
道床厚保	まくらぎ下 250mm
サブバラスト厚	300mm
分岐器	50N レール用分岐器
列車の最高速度	時速 100km/h
軌道負担力	軸重 20 トン、速度 100km/h に堪え得る軌道構造

出典：JICA 調査団

(4) 設計の基本的考え方

設計についての基本的考え方は、YM-DD(1)と同様に以下のとおりとする。

- 本線における列車最高速度：DEMU：100 km/h
- 本線における列車最高速度：UIC (P=20ton)：100 km/h
- 本線における列車最高速度：既存の列車：列車の等級、線路状態により MR の基準によって決定：145 mph (72.42 km/h) ～10mph (16.09 km/h)
- 副本線における列車最高速度：20 km/h～40 km/h
- 側線における列車最高速度：2- km/h
- ループラインと側線における列車最高速度：UIC (P=20ton)：10 km/h
- 最大軸重は、UIC20ton (p=20ton) の軸重の列車の入線の無いイワタジヤードを除き、UIC20ton (p=20ton) とする。
- 平面曲線半径 500m (やむを得ない場合は 160m)
- 最急勾配：10‰

- 最高外気温度：43.1°C（フェーズ I）、45.0°C（フェーズ II：今回の F/S 調査結果）
- 最低外気温度：7.0°C（フェーズ I）、6.0°C（フェーズ II：今回の F/S 調査結果）

軌道を構成する各要素は、このプロジェクトと同様の運営・環境状態において、十分に機能することを実証されたものでなければならない。

(5) 主な仕様と要素

主な仕様について表 5.3.4 に示す。

表 5.3.4 主要諸元

軌道	項目	仕様、形状等
軌間	全線	1,000mm：メーターゲージ
列車荷重	全線	UIC 列車荷重 (p=20ton)
レール	本線 側線等	JIS 50 N Rail：最大限のロングレール化を図る BS75lbs：MR 所蔵で支給品となる
締結装置	ラウンドバータイプ FD グリップタイプ	MR が製作、または購入して支給品となる MR が購入して支給品となる
バラスト	材料形状	MR が購入して支給品となる まくらぎよりバラストの肩まで 400mm 以上を確保し、 盛りこぼしの勾配は 1：1.8 以下とする
PC まくらぎ	UCI 荷重 コンクリート強度	軸重 20 トンを載荷：MR が製作して支給品となる 500kg/cm ² (50N/mm) 以上
分岐器等	本線 側線等	No.12 および No.10 高速分岐器による直線側運転速度は、100km/h とし、止むを得ず No.8 分岐器を使用する場合は、直線側 90km/h 運転とする No.8 分岐器を使用し構内 25km/運転に対応する (ただし、UIC 列車荷重 (P=20ton) では、10km/h)

出典：JICA 調査団

(6) 曲線における速度制限

曲線における速度制限は、ミャンマー国ヤンゴン・マンダレー鉄道整備事業フェーズ I 詳細設計調査ファイナルレポートに倣って以下のようにしたい。

表 5.3.5 曲線における速度制限

曲線半径 (m)	制限速度 (km/h)
>500m	100km/h
450m-500m	95km/h
400m-450m	90km/h
350m-400m	85km/h
300m-350m	75km/h
250m-300m	70km/h
200m-250m	60km/h
150m-200m	50km/h
100m-150m	40km/h

出典：省令、鉄道の技術基準、第 14 条、日本

(7) 分岐器・シーサスにおける列車運転速度

分岐器・シーサスにおける列車運転速度は、YM-DD(1)と同じく、以下のようにする。#12 および#10 分岐器・シーサスの直線側通過速度は 100km/h とし、#8 分岐器・シーサスの直線側通過速度は 90km/h とする。分岐側の通過速度については、次表に示す。

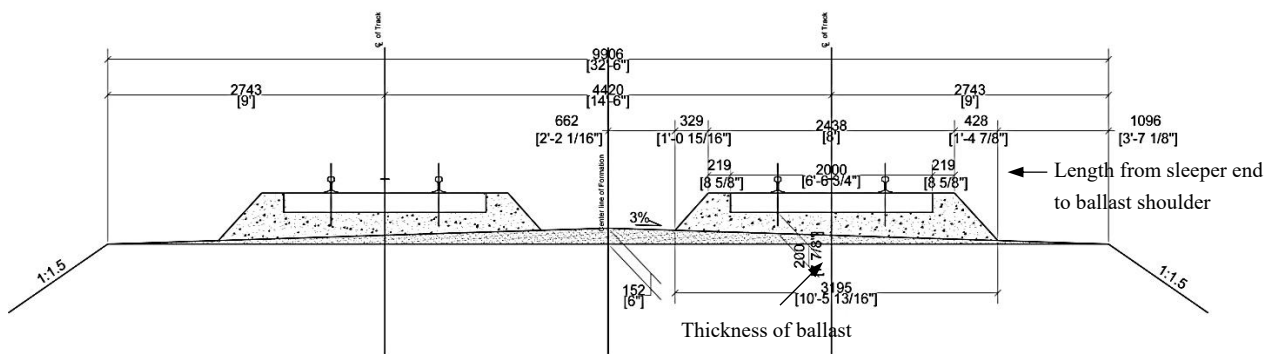
表 5.3.6 分岐器における速度制限

分岐器の番数	速度制限
8	25km/h
10	35km/h
12	40km/h

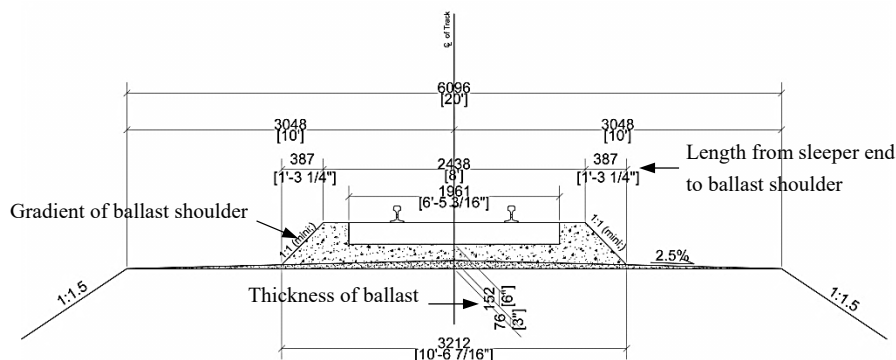
出典：省令、鉄道の技術基準、第 14 条、日本

(8) 軌道の基本断面

1) 直線区間



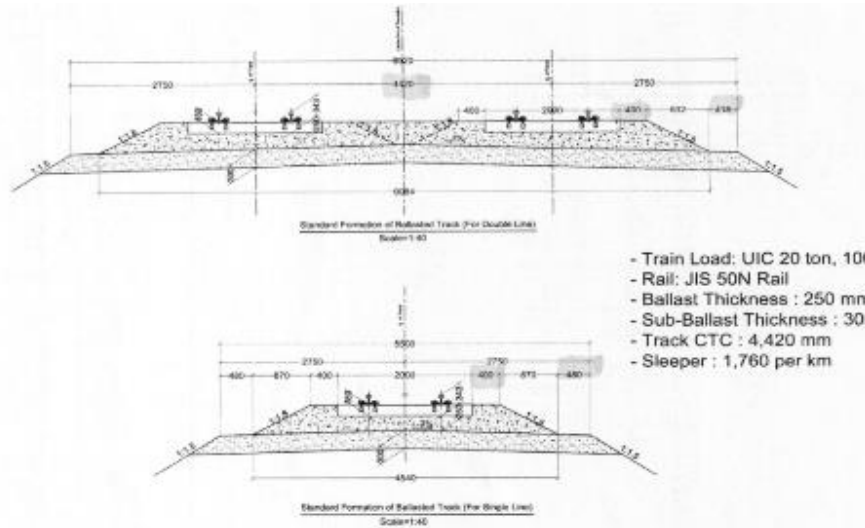
(a) Standard Formation for Double Track



(b) Standard Formation for Single Track

出典：MR

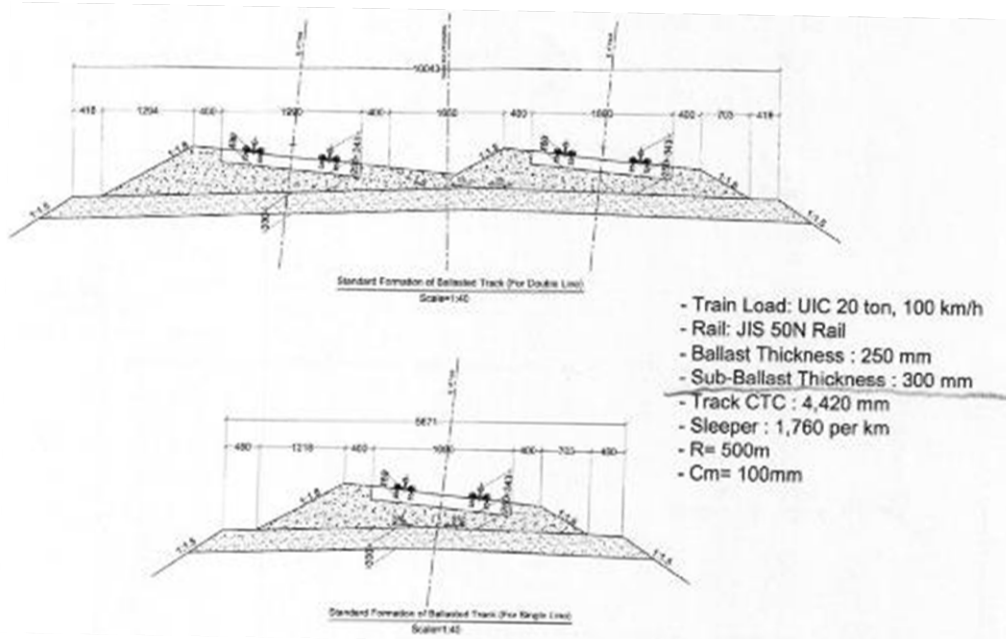
図 5.3.17 現在の MR 軌道標準断面



出典：YM-D/D(1)

図 5.3.18 直線区間における軌道標準断面

2) 曲線区間



出典：YM-D/D(1)

図 5.3.19 曲線区間における軌道標準断面

(9) ロングレール (CWR : Continuous Welded Rail) の設計

- 1) 本線の JIS 50N Rail の複線の区間のうち $R \geq 300m$ の区間は分岐器 (分岐器介在ロングレール) を含めて CWR とするが、副本線及び側線は CWR 化をしない。
- 2) 橋長 $\leq 20m$ の鋼橋は前後が CWR であれば CWR 化するが橋長 $> 20m$ の鋼橋では CWR 化はしない。(橋まくらぎとレールの締結は犬釘であり締結力が弱い)

- 3) バラスト軌道を載荷する PC 橋、ボックスでは本線の JIS 50N Rail の複線の区間の内、 $R \geq 300\text{m}$ の区間は分岐器を含めて CWR 化するが、副本線および側線は CWR 化しない。
- 4) フェーズ I での CWR の設定温度（ゼロストレス温度）は、 32.5°C から 37.5°C の間とする。設定温度（ゼロストレス温度）は、ヤンゴン～タンゲー間の気象条件より以下の通り定義される。

T_0 : 設定温度（ゼロストレス温度）： $32.5^{\circ}\text{C} \sim 37.5^{\circ}\text{C}$

T_{\max} : 最高レール温度 63.1°C

T_{\min} : 最低レール温度 7°C

フェーズⅡ区間の最高/最低レール温度は、詳細設計時に再設定する。

- 5) 上記の設定温度（ゼロストレス温度）では、レールに対しては $\pm 30.6^{\circ}\text{C}$ の温度応力負荷が発生するが、日本における JIS 50 N Rail は $\pm 35.0^{\circ}\text{C}$ の温度応力負荷に耐えていることから、JIS 50 N Rail を使用した CWR の安全性は十分である。

(10) プレストレスとコンクリートまくらぎおよび締結装置

当該プロジェクトに関するまくらぎおよびラウンドバークリップは、MR 側の責任で製作及び供給をすることになっている。フェーズⅡ区間ではフェーズⅠ区間と同様にラウンドバークリップの使用を基本とするが、盗難が多い区間においては FD クリップを採用する区間とする。MR には 9 か所のまくらぎ工場があるが、フェーズⅡ工事全体で 130 万本を超えるまくらぎを生産するに当たっては、工場の生産管理が重要であることから、技術的な支援が望まれると共に MR が十分な予算を確保することが必要となる。

(11) バラスト

現状ではバラストは、まくらぎ両端面がほとんど見えるほどに少ない。また、 100km/h 運転のため、レールは継ぎ目のないロングレールにする予定である。ロングレールの管理で最も大切な事は、ロングレールの座屈に抵抗する PC まくらぎとバラストの抵抗力を保つことであるので、標準断面のバラスト量は是非とも確保する必要がある。かなりのボリュームのバラストを補充する必要がある。

(12) 分岐器

分岐器については、 100km/h の走行には JIS50N Rail の断面が必要であることからヤンゴン～マンダレー間のすべての高速分岐器は JIS 50N Rail 高速分岐器とする。ミョウハン駅構内のレール、まくらぎおよび分岐器については、すべて新しいものに置き換えることを検討する。レールは、駅構内で低速度での列車の走行を考えると、BS75lbs とする。また、まくらぎおよび分岐器についても、BS75lbs レールに対応したものとする。

(13) FD クリップの採用区間

レール締結装置の盗難多発区間は、図 5.3.20 に示すとおりであり、総延長は約 47km である。この盗難多発区間区間を含む CP1203 区間および CP1204 の区間に FD クリップを使用する。

FD クリップの構造概略図（図 5.3.21）と FD クリップの設置作業及び FD クリップが設置された軌道の写真を（図 5.3.22）及び（図 5.3.23）に示す。

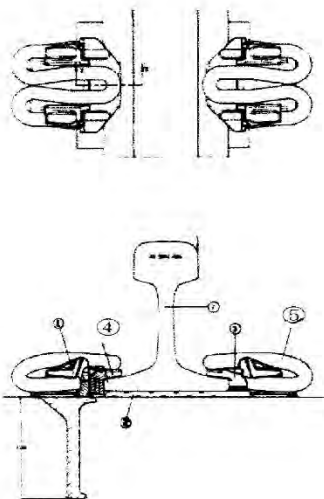
Ministry of Transport and Communications
Myanmar Railways
Yangon-Mandalay Railway Improvement Project, Phase- II
Thief Locations for Clip

Sr. No;	Between Station		Between Mileage		Distance (mile)	Special Case on the Location	Remark
	From	To	From	To			
1	Shwedat	Shanywa	282.5	292.75	10.25	Around this area, there are so many blacksmith and have the record of losses of clips.	Division-5
2	Nyaungyan	Nwarhto	299.25	302	2.75	Between this two stations, we have the record of losses of clips.	Division-4
3	Thapyaytaung	Minsu	336.25	352.5	16.25	Past few years, we have experience of losses of clips.	Division-3
Total					29.25		

出典：JICA 調査団

図 5.3.20 レール締結装置の盗難多発区間

FASTCLIP (FD クリップ)



図番号	名称	数量
①	SGI shoulder	2
②	Rail Pad	1
③	Insulator	2
④	Toe Insulator	2
⑤	Clip	2

出典：JICA 調査団

図 5.3.21 FD クリップ構造概略図



出典：JICA 調査団

図 5.3.22 FD クリップ設置作業



出典：JICA 調査団

図 5.3.23 FD クリップ設置の軌道

(14) ロングレール設置に関する留意点

ロングレールの設置は、日本の基準では $R=300\text{m}$ 以上の区間であり、分岐器をも取り組む設計となっている。その伸縮継目には、バッファレールを使用する。JR 東日本における実績によると、年間通過トン数が 3,000 万トンの場合、 $R=300\text{m}$ 区間ではレールのすり減りが激しく、数か月でレールを交換しなければならない状況である。これの対策としては、 $R=300\text{m}$ 区間には焼き入れレールを使用して、すり減り抵抗を増すようにしている。ヤンゴン・マンダレー間の場合、年間通過トン数は、1,000 万トン強と想定されるので、レールのすり減りによるレール交換は、1~2 年に 1 回と考えられるが、ロングレールの交換コストは高いので、交換周期を出来るだけ延ばすために、焼き入れレールを使用した方が良い。また、分岐器の取り込みやバッファレールの設置の工事は、かなり複雑であることを留意しておく必要がある。また、JR 東日本では、摩耗の問題から、通常は $R=500\text{m}$ 以上の区間において使用している。

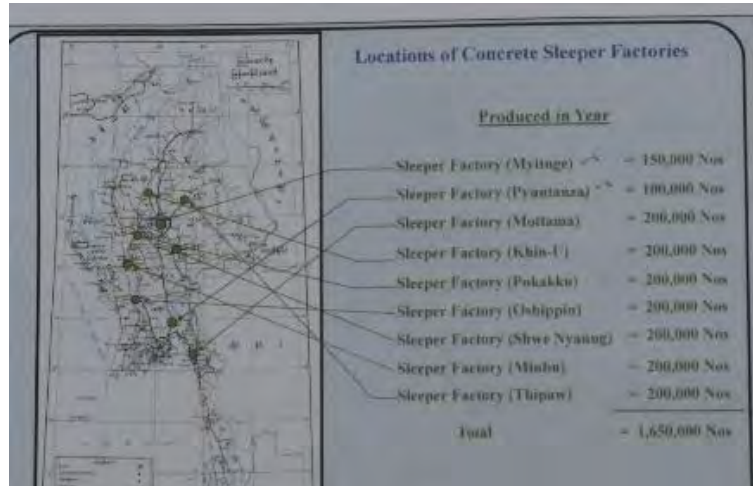
5.3.4 PC まくらぎの生産体制の現状と問題点

(1) PC まくらぎ工場の概要

ヤンゴン~マンダレー間には 9 つの PC まくらぎ工場があり、その内タングー~マンダレー間は 5 工場がある。この 5 工場は、いずれも MR の直営工場であり、敷地の広さ及びレイアウトはほぼ同じである (図 5.3.24)。製品の運搬方法は、その内 2 工場が貨車積搬出であり、残りの 3 工場は、トラック搬出⇒最寄駅からの貨車積となっている。

貨車積の場合は、引込線対して直角にトロッコ用レールが敷かれ、工場と引込線とを繋いでいる。工場内での型枠の運搬、まくらぎのトロッコへの積込み、引込線でのまくらぎの貨車への積込みは、大型天井クレーンと大型門型クレーンによって行っている。

5 工場のレイアウトは殆ど同じであるが、その内ミィング工場は、設備の更新計画があり、生産能力を増強する予定である。同時に、現在の単線の PC 鋼線から 3 本撚りのストランドに改善される予定である。



出典：JICA 調査団

図 5.3.24 MR 直営の PC まくらぎ 9 工場



出典：JICA 調査団

図 5.3.25 生産ライン



出典：JICA 調査団

図 5.3.26 まくらぎの型枠



出典：JICA 調査団

図 5.3.27 PC 鋼線緊張装置



出典：JICA 調査団

図 5.3.28 PC 鋼より線 (ストランド)

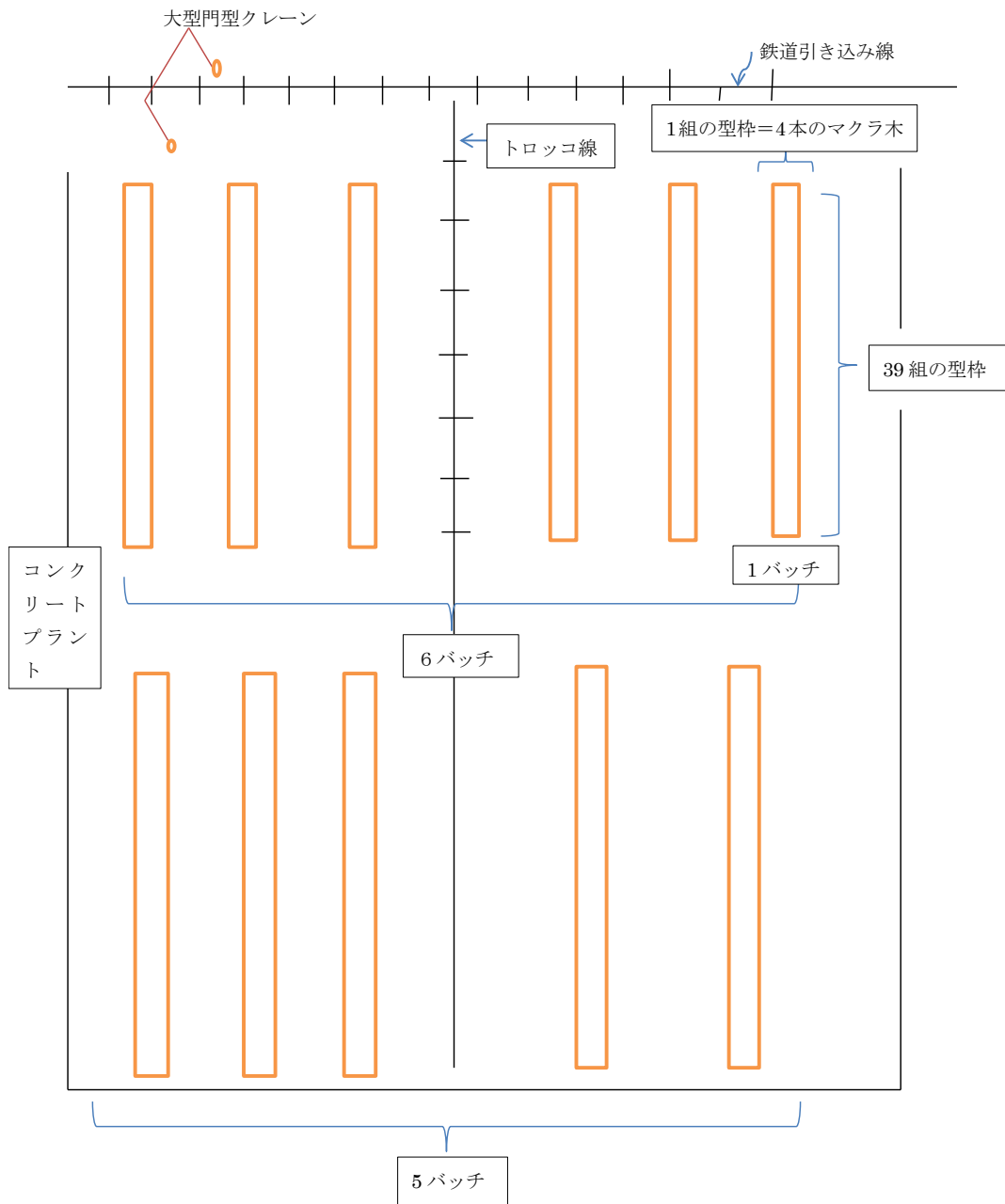


出典：JICA 調査団

図 5.3.29 貨車積込用門型クレーン

(2) 工場のレイアウト

工場のレイアウトは次の通りである。

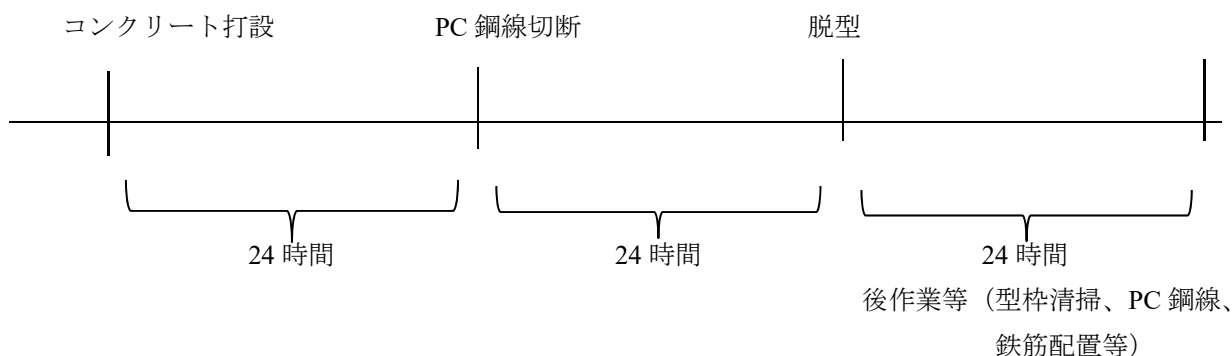


出典：JICA 調査団

図 5.3.30 PC まくらぎ工場のレイアウト

(3) 生産サイクル

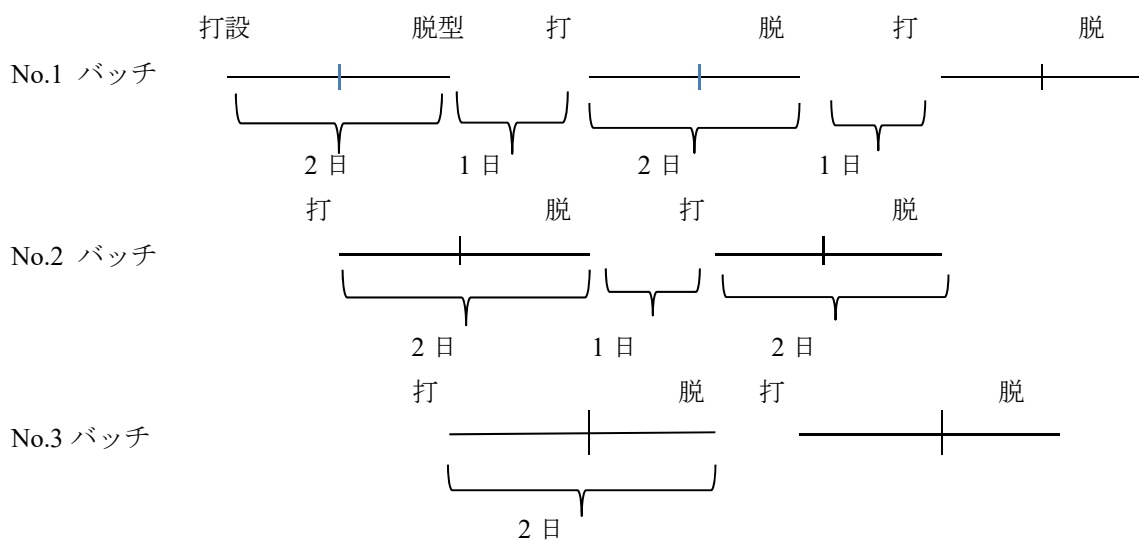
生産サイクルを図 5.3.31、図 5.3.32 に示す。



出典：JICA 調査団

図 5.3.31 PC まくらぎの生産サイクル (1)

PC まくらぎ生産サイクルは図 5.3.32 より、3 日周期で 1 バッチが回転することが分かる。



出典：JICA 調査団

図 5.3.32 PC まくらぎの生産サイクル (2)

(4) 生産能力

5 工場の 2 年間の生産能力は次の様に、140 万本となり、必要本数 135 万本を満たすことができる。計算根拠は次の通りである。

- 1 工場の型枠数：39 組/バッチ×11 バッチ×4 本/1 組の型枠のまくらぎ型枠=1,716 本
- 1 バッチの回転：3 日周期
- 1 工場の 1 日平均生産能力：1,716×1/3=572 本
- 年間稼働率：0.67
- 1 工場当たりの年間生産能力：572×365×0.67=14 万本

- 期間：2.5年－（準備期間）0.5年＝2年
- 期間中の1工場当たりの生産能力：14万本×2年＝28万本
- 5工場の期間中の生産能力：28×5工場＝140万本
- 必要本数：135万本
- 5工場の期間中の生産能力は、必要本数を満たす：140万本>135万本

(5) 運搬能力

1) 貨車積の場合

まくらぎ1本の重量は、約200kgであるので、30トン積みの貨車には150本積むことができる。10両編成の列車とすると、1編成当り1,500本を積むことが出来る。1工場の1日の生産能力は572本であるので、貨車積搬出能力は十分にある。

2) トラック搬出⇒最寄駅での貨車積の場合

まくらぎ1本の重量は、約200kgであるので、30トン積みのトラックには60本積むことができる。これを、トラックの荷台の積載可能容量から検証すると次のようになる。

- トラックの荷台の寸法：長さ-7,000mm×巾-2,000mm
- まくらぎの寸法：長さ-2,000mm×巾-250mm×高さ-200mm
- まくらぎの積載方法：トラックの荷台の長手方向にまくらぎ（長手方向）を積む。
- まくらぎの積載可能本数の計算：
トラック荷台の長手方向＝7,000 mm / 2,000 mm＝3本
トラック荷台の横手方向＝2,000 mm / 250 mm＝8本
- 積載1段当りの本数＝8×3＝24本
- まくらぎの高さは、200mm/本であるので、3段積が可能と考える。
- トラック1台の積載可能本数：24本×3段＝72本
>（トラックの重量制限の限度）60本
- よって、30トントラック1台当たりのまくらぎの積載可能本数は「60本」となる。
- 1日の運搬必要本数を570本（1工場当たり）とすると、トラックは10台必要となる。
- 積出駅までの距離を30kmとすると、トラックの往復時間は2時間と考えられるので、1日8時間稼働とすれば、1日に4往復できることとなるが、積み込み、積み下ろし時間を加味して、3往復とする。
- 以上より、トラックの必要台数は、 $10/3=3.3\approx 3\sim 4$ 台となる。

- トラックの必要台数3~4台は、調達可能と考えられるが、(1) トラックのルート、および(2) トラックと貨車の配車とのタイミングのよい組合せについては、詳細に検討する必要がある。

(6) 技術面からの考察

1) 現状

- 早強ポルトランドセメントを使っている。
- 蒸気養生ではなく普通養生である。
- ミング工場では、脱型後1週間、プール漬け水中養生を行っている。
- 設備は、コンクリートプラントを含めて、PC カッター、PC 緊張ジャッキ、まくらぎ試験機などがある。
- PC ワイヤーは、ストランドが多い。
- (ケンウー工場では、今までは単線であったが、ストランドに変える予定である)
- ミング工場の敷地面積は、14.25 エーカーであり、他工場はこれより広めである。
- ミング工場は、設備が古いため、リニューアルの計画があるが、他の工場は敷地に余裕がない。ボカクー工場では増設は考えられていない。
- ケンウー工場の設立は2010年、ボカクー工場の設立は2009年で、比較的新しい。
- ケンウー工場の従業員数は90~100人である。他の工場もほぼ同じである。
- 型枠の使用回転数は、450回となっている。
- まくらぎの抜取載荷試験は、1バッチ156本に対して3本行っている。
(1バッチ=39組の型枠×4本のまくらぎ/型枠=156本)
- 載荷試験で不合格が出た場合には、そのまくらぎは捨て、残りのまくらぎは、ハンマー試験を行って合否を決めているとの事であった。
- ケンウー工場においては、既に JIS 50N レール用の新しいまくらぎ型枠が、中国から入っており、工場内に積み上げられている。
- バイブレーターは、どの工場もハンドバイブレーターを使っていて、型枠バイブレーターは使っていない。
- スランプは、30~50mmの固練りコンクリートであり、粗骨材の最大寸法は20mmであり、その他に8mm、12mm、18mmの骨材を混ぜている。
- コンクリートテストピースによる強度試験は、各工場とも適正に行っている。
- コンクリートの打設は、天井クレーンにより吊るされたホッパーで行っている。



出典：JICA 調査団

図 5.3.33 JIS 50N 用の型枠（中国製）



出典：JICA 調査団

図 5.3.34 まくらぎ荷重試験機



出典：JICA 調査団

図 5.3.35 バッチャープラント（中国製）



出典：JICA 調査団

図 5.3.36 コンクリート打設用ホッパー

2) 問題点と解決法の提案

a) まくらぎの抜取荷重試験の方法について

まくらぎの抜取荷重試験は、1 バッチ（156 本）に対して 3 本行っているが、そこで不合格品が出た場合には、そのバッチの残りの全数についてハンマー試験を行って合格を決めるとの説明であったが、あまり明確ではなかった。日本の場合、50 本に 1 本の割合で抜取試験を行って、そこで不合格であった場合には、そのグループはすべて破棄している。今後は、ハンマー試験の信頼度を確認すると共に、その取扱方法をマニュアル化して、全工場に徹底することが望まれる。

i) まくらぎ端面の保護について

まくらぎ端面は、保護が施されず、PC 鋼線の断面がむき出しの状態である。PC 鋼線の錆び止めや加傷防止などのため、端面をセメントモルタル等で保護することが望ましい。



出典：JICA 調査団

図 5.3.37 完成した PC まくらぎの端面

ii) 型枠バイブレーターの使用について

現在はハンドバイブレーターを使用しているが、型枠バイブレーターの使用を検討することが望ましい。

iii) 蒸気養生の採用について

蒸気養生を検討することが望ましい。

iv) 型枠を支える台のチェックについて

型枠を支える台の通り狂いや水平狂いについては、工場設立以来1度もチェックしていないとの事であった。新しく大量のまくらぎを製作するに当たって、チェックしておいた方がよい。

v) まくらぎの貯積について

まくらぎの貯積は、最高13段であったが、多少傾いているものが見受けられたので、貯積方法をマニュアル化して徹底した方がよい。特に支点の適正な位置が重要である。



出典：JICA 調査団

図 5.3.38 貯積された PC まくらぎ

vi) 作業の点検について

締結装置の固定の仕方、鉄筋の組立作業、PC 鋼線の配置の仕方など、大量生産の開始前に点検しておく必要がある。

vii) 技術指導について

現場では、日本からに限らずどこからでも良いから、技術指導を切望しているのので、早急に対応する必要がある。

(7) PC まくらぎの製造に関する結論

現在 MR が所有する、タングー～マンダレー間の 5 工場の生産によって、必要数のまくらぎは確保できる。また、その運搬についても、細部のチェックは必要であるが、大きな問題は無いものとする。また、いずれの工場も、よく整理整頓がなされている。

5.3.5 バラストの生産体制の現状と問題点

(1) バラスト工場の現状

バラスト工場と採石場については、MR 直轄あるいは提携のものが、タングー～マンダレー間に 5 箇所ある。これらの調査結果は次の通りである。

1) Taung Kant Lant

- a) 規模 広さ-100 エーカー、従業員数-20 人、碎石製造機-2 台
- b) 碎石生産量 1 台について $145\text{m}^3/\text{日} \times 30 \text{日} \doteq 4,000\text{m}^3/\text{月}$
年間生産量 $4,000 \text{m}^3/\text{月} \times 12 \text{か月} \times 0.67 \text{(予備率)} \times 2 \text{台} \doteq 64,000 \text{m}^3$

- c) 運搬能力 ダンプ 1 台 (12 トン) について 4.4 m³積載
1 日 5 往復 (駅まで 45 分)
ダンプ 1 台・1 日の運搬量 4.4 m³×5 往復=22 m³
ダンプ 1 台・1 月の運搬量 22 m³×30 日×0.67 (予備率) =440 m³
ダンプ 1 台・年間の運搬量 440 m³×12 月=5,300 m³
5 個所行き違い設備を作ったとして 1 日 5 台が稼働する。
年間運搬能力 5,300 m³×5 台×0.7 (行き違い待ち時間減率) =20,000 m³
駅からはオンレール
運搬能力を増強するためには、行き違い設備を増やす必要がある。



出典：JICA 調査団

図 5.3.39 砕石製造機



出典：JICA 調査団

図 5.3.40 ふるいの鉄板



出典：JICA 調査団

図 5.3.41 砕石採集場



出典：JICA 調査団

図 5.3.42 道路の状況

2) Thent Sin Auna

- a) 規模 Bellin 駅の横に位置する。
砕石製造機-6 台 (中国製とミャンマー製)
原石は 10km 離れたソンエから搬入する。
- b) 砕石生産量 1 台について 135m³/日
6 台の合計 324m³/日
1 箇月 324m³/日×30 日=9,720 m³
年間生産量 9,720 m³/月×12 か月×0.67 (予備率) ≒78,000 m³

- c) 運搬能力 すべてオンレールにて運搬する。
30t ホッパー車の積載量=11 m³
30 両編成とすると、1 編成当りの積載量=11 m³×30 両=330 m³
1 日の生産量は 324m³であるので、運搬能力に問題はない。



出典：JICA 調査団

図 5.3.43 駅隣接の碎石製造工場

3) Htone Bo

- a) 規模 MR の直営、碎石製造機—2 台（日本製とインド製）
b) 碎石生産量 1 台について 19,000~20,000m³/年
2 台の合計 38,000~40,000m³/年
c) 運搬能力 すべてオンレールにて運搬するため問題はない。



出典：JICA 調査団

図 5.3.44 碎石製造機



出典：JICA 調査団

図 5.3.45 碎石採掘場

4) Taunh Be Lar

- a) 規模 700 エーカー（300ha）の広大な規模
碎石製造機—8 台
従業員 400 人

- b) **碎石生産量** 8台の内2台の生産量 $50\text{t/h/台} \times 2 = 100\text{t/h}$ ($37\text{m}^3/\text{h}$)
8台の内6台の生産量 $25\text{t/h/台} \times 6 = 150\text{t/h}$ ($56\text{m}^3/\text{h}$)
8台全部の1日の生産量 $(37+56=93\text{m}^3) \times 8 \text{時間} = 744\text{m}^3/\text{日}$
8台全部による年間生産量 $744\text{m}^3/\text{日} \times 365 \text{日} \times 0.67$ (稼働率)
 $= 180,000\text{m}^3/\text{年}$
- c) **運搬能力** ゼニー駅までの11マイル(17.6km)の道路は、道幅が広いので、トラック台数を増やせば問題はないと考えられる。しかし、相当のオフロードを15分程走るのので、道路状況をチェックする必要がある。



出典：JICA 調査団

図 5.3.46 碎石製造機



出典：JICA 調査団

図 5.3.47 碎石採掘場

5) Taungoo

- a) **規模** 345 エーカーの規模
碎石製造機—10台(すべて中国製)
従業員 1,000人
フェーズ—1で使う予定である。
- b) **碎石生産量** 1台の生産量 $80\text{t/日} = 30\text{m}^3/\text{日} = 900\text{m}^3/\text{月} \div 7,000\text{m}^3/\text{年}$ (稼働率 0.67)
10台全部の生産量 $70,000\text{m}^3/\text{年}$
- c) **運搬能力** タングー駅までの6.4kmをトラック運搬し、あとはオンレールとなる。
但し、タングー駅までの道路状況をチェックする必要がある。

(2) バラストの供給体制のまとめと検討事項

バラストの供給体制を集計すると表 5.3.7 のようになる。

表 5.3.7 バラスト生産能力の現状

工場名	年間生産能力	年間運搬能力	運搬方法
Taung Kant Lant	6.4 万 m ³	2 万 m ³	トラック&オンレール
Bellin Station	7.8 万 m ³	7.8 万 m ³ 以上	オンレール
Htone Bo	4 万 m ³	4 万 m ³ 以上	オンレール
Taunh Be Lar	18 万 m ³ (精査の必要あり)	18 万 m ³ 精査の必要あり	トラック&オンレール
Taungoo	7 万 m ³	7 万 m ³ 精査の必要あり	トラック&オンレール
合計	43.2 万 m ³	38.8 万 m ³	

出典：JICA 調査団

以上より、バラストの年間生産能力は、5 工場の合計で 43.2 万 m³である。一般工事の準備期間は半年を見積もっているが、バラスト生産についても、道路の拡幅に期間を有すること、必要な生産機械の増設に時間を有すること、Taunh Be Lar 工場の生産能力は他の工場に比べて1ケタ大きいのが俄かには信じられなく、表中に書いた通り精査が必要なこと等を考えると、バラスト生産工場においても準備期間は是非必要である。又、工場によってはストックヤードを持たない工場もあるのであらかじめ生産してストックしておくことが出来ない所もある。一般的に工事期間は2年半と云うことで進んでいるので、そうすると純工事期間は2年となる。その場合、その生産能力は 77.6 万 m³で、バラストの必要量 120 万 m³を満たさないことになり、問題である。もし工事期間を3年とすると、生産能力は 129.6 万 m³となり問題はない。フェーズ1 とフェーズ2 の工事は、1 年間重なるので、生産能力不足になる可能性を考慮し、事前に準備する必要がある。

バラストが不足する場合には他の砕石工場から供給する事を検討する必要があるが、品質のチェックと協力体制の信頼度を確認することが重要である。

運搬能力は3年間で 116.4 万 m³であり、若干不足しているので、その増強方法を検討することが必要である。特に、Taunng Kant Lant 工場については、道路の行き違い設備の増設が必要であるので、今後詳細な調査が必要である。

各バラスト工場の砕石の品質は、堅固であり扁平なものは見当たらず良好である。Taunng Kant Lant 工場の砕石試験結果を、図 5.3.48 に示す。

ပြည်ထောင်စုသမ္မတမြန်မာနိုင်ငံတော်
သတင်းစာပုံနှိပ်ရေးဦးစီးဌာန
လမ်းညွှန်ဦးစီးဌာန (တည်ထောင်ရေး)
သုတေသနနှင့် ဖွံ့ဖြိုးတိုးတက်ရေးဦးစီးဌာန

အမှတ် - ၀၂/၆၃/၂၀၁၆/၂၀၁၇/၂၀၁၈
ရက်စွဲ - ၂၀၁၇ ခုနှစ် ဇူလိုင်လ ၁၅ ရက်



TABLE (1) RESULTS OF TEST ON CRUSHED ROCK

Form No.

Location

Client

Reference (1) : မြန်မာနိုင်ငံတော်သမ္မတမြန်မာနိုင်ငံတော် ဝန်ကြီးဌာန၊ သင်္ချာဦးစီးဌာန (တည်ထောင်ရေး) မှတ်တမ်း၊ အမှတ် ၀၂/၆၃/၂၀၁၆/၂၀၁၇/၂၀၁၈

Reference (2) : မြန်မာနိုင်ငံတော်သမ္မတမြန်မာနိုင်ငံတော် ဝန်ကြီးဌာန၊ သင်္ချာဦးစီးဌာန (တည်ထောင်ရေး) မှတ်တမ်း၊ အမှတ် ၀၂/၆၃/၂၀၁၆/၂၀၁၇/၂၀၁၈

NO.	LOCATION	SPREAD QUANTITY	DESCRIPTION	CLAY CONTENT (%)	CRUSHING VALUE (%)	IMPACT VALUE (%)	LOSS-ON-DRYING VALUE (%)	UNIFORMITY FIN VALUE	REMARKS
1	အောင်လှမြို့နယ်၊ အောင်လှမြို့	2.67	0.41	3.12	23.5	21.4	21.3	25	Suitable for Surface, Base and Sub-base Courses.
	HS Specifications For Surface Course	2.5 - 3.0	2.0 (Max)	2.0 (Max)	30.0 (Max)	-	40.0 (Max)	11 (Max)	
	HS Specifications For Base Course	2.5 - 3.0	4.0 (Max)	4.0 (Max)	30.0 (Max)	-	50.0 (Max)	21 (Max)	
	HS Specifications For Sub-base Course	2.5 - 3.0	6.0 (Max)	6.0 (Max)	40.0 (Max)	-	50.0 (Max)	5 (Min)	

မှတ်ချက် - ၀၂/၆၃/၂၀၁၆/၂၀၁၇/၂၀၁၈ အမှတ် ၀၂/၆၃/၂၀၁၆/၂၀၁၇/၂၀၁၈ မှတ်တမ်း၊ အမှတ် ၀၂/၆၃/၂၀၁၆/၂၀၁၇/၂၀၁၈ မှတ်တမ်း၊ အမှတ် ၀၂/၆၃/၂၀၁၆/၂၀၁၇/၂၀၁၈ မှတ်တမ်း

အောင်လှမြို့နယ်၊ အောင်လှမြို့
အောင်လှမြို့နယ်၊ အောင်လှမြို့

အောင်လှမြို့နယ်၊ အောင်လှမြို့
အောင်လှမြို့နယ်၊ အောင်လှမြို့
အောင်လှမြို့နယ်၊ အောင်လှမြို့

出典：JICA 調査団

図 5.3.48 碎石試験結果表の例

5.3.6 軌道・路盤工事の数量及び金額の要約

表 5.3.8 軌道・路盤工事の数量・金額要約表

項目	単位	数量						金額				
		合計	工区				合計 (百万円)	内訳				
			CP 201	CP 202	CP 203	CP 204		円 (百万円)	Kyat (百万 Kyat)			
			(Km Post) km	(Km Post) km	(Km Post) km	(Km Post) km						
Taungoo~Mandalay間の距離		Taungoo	267.2	Naypyidaw	370.0	Ingyinkan	448.0	Kumelan	549.5			
		Naypyidaw	370.0	Ingyinkan	448.0	Kumelan	549.5	Mandalay	620.5			
353.3 km		距離	102.8	距離	78.0	距離	101.5	距離	71.0			
1. 50N レール	ton	73,663	21,418	16,194	20,960	15,091	8,620	8,620	-			
2. 37kg レール	ton	3,663	635	244	830	1,954	-	-	-			
3. 軌道敷設工事	km	707	206	171	205	125	1,256	-	15,361			
4. 分岐器	#8.5 50N	set	181	51	31	42	57	1,236	1,158	941		
	#12 50N	set	272	74	72	55	71	2,019	1,904	1,414		
	Scissors	set	8	3	0	4	1	256	240	187		
5. 分岐器突き固め (1 set=3 回)	set	490	139	103	115	133	217	-	2,647			
6. 緩衝レール	set	136	38	41	28	29	54	54	-			
7. 中継レール	unit	40	6	9	6	19	14	14	-			
8. PC枕木(50N)	million pcs	1.35	0.38	0.31	0.39	0.27	717	-	8,780			
9. 合成枕木(分岐器用)	pc	12,896	3,120	2,626	3,562	3,588	516	516	-			
10. FDクリップ (絶縁クリップ付)	million pcs	0.176	-	-	0.176	-	458	458	-			
11. FDクリップ用の PC枕木型枠	pc	156	-	-	156	-	187	187	-			
12. Naypyidaw駅とMandalay 駅におけるコンクリート道床	m3	18,600	-	9,300	-	9,300	4	-	37			
13. 軌道作業基地	location	4	1	1	1	1	16	-	200			
14. 機械・器具類												
(1) MTT	unit	4					1,440	1,440	-			
(2) フラッシュバット溶接機	unit	4					440	440	-			
(3) ポータブル圧接溶接機	unit	4					200	200	-			
(4) 軌道計測器	unit	3					120	120	-			
(5) ポータブル・ガントリーク レーン(L=200mレール更 新の現場で使用)	unit	40					12	12	-			
(6) ガントリークレーン(2t)	unit	47					47	47	-			
(7) 200mロングレール 運搬車	unit	1					60	60	-			
参考：(機械・器具類の計)							2,319	2,319	-			
合計							17,889	15,470	29,567			

「注-1」
「3. 軌道敷設工事」には、次の6項目の数量・金額が一括して含まれている。
(1)バラスト、(2)レール更新、(3)MTTIによる軌道突き固め(3回)、(4)レール・フラッシュバット溶接、(5)レール・ガス圧接溶接、(6)継目板。

「注-2」
しかしながら、「バラスト」と「サブバラスト」は、軌道工事と土木工事における主要資材であるので、その2資材の必要数量を下表に示す。但し、「バラスト」は軌道工事用の数量であるが、「サブバラスト」は土木工事の数量に計上される。

項目	単位	数量							
		合計	工区						
			CP 201	CP 202	CP 203	CP 204			
			(Km Post) km	(Km Post) km	(Km Post) km	(Km Post) km			
Taungoo~Mandalay間の距離		Taungoo	267.2	Naypyidaw	370.0	Ingyinkan	448.0	Kumelan	549.5
		Naypyidaw	370.0	Ingyinkan	448.0	Kumelan	549.5	Mandalay	620.5
353.3 km		距離	102.8	距離	78.0	距離	101.5	距離	71.0
バラスト	百万m3	1.20	0.36	0.27	0.34	0.24			
サブバラスト	百万m3	1.64	0.49	0.38	0.44	0.33			

出典：JICA 調査団