

5.4 土構造物

路盤に関しては、想定される車両荷重に対して、必要とされる標準断面、盛土自体の健全性および基礎地盤における安定性の確保が重要となる。

F/S 調査時からの外部環境変更（アセアン経済共同体：AEC の動き）を受けたミャンマー政府の要望変更、並びに安全性、信頼性を確保した設備への変更等により、最大軸重 20 t への変更が決定され、路盤（サブバラスト）の厚みの変更を行う必要が生じた。

一方、路盤延長は YM-D/D(1)と同様な長さである約 350km と長いものであり、安全で経済的な断面の設計が求められる中、適切な技術判断による法肩の排水工の省略、ミャンマー国内で一般的な手法である安価な芝張り工や Stone Pitching による法面保護工、ミャンマー国鉄(MR)に支給品である古レールの抑止杭への活用といった対応策を採用した。

本章において、5.4.1 項では、土構造物の現状、5.4.2 項では、現状を踏まえた土構造物に関する提案について述べるものとする。

5.4.1 土構造物の現状

(1) 既存の盛土の現況

1) 盛土の材齢（建設後の年月）

盛土の建設後の年月は、その強度と安定性に影響を及ぼす。通常、盛土は年月を経るほど良好となるが、切土斜面は年月を経るほど強度と安定性に問題を発生する。

ヤンゴン～マンダレー間の盛土の施工は、3 期に分けて行われた。第 1 期の施工は、南部のビルマが英国の植民地であった 19 世紀に行われ、第 2 期の施工は、1971～1973 年に、第 3 期施工は 1996～2007 年に厳しい工期のもとで行われた。

1 期および 2 期での施工の盛土は建設後 40 年以上が経ち強度および安定性に問題が無いものと思われる。これらは‘OLD’embankments（古い盛土）と呼称する。

第 3 期施工は最近の施工によるもので、‘NEW’embankments（新しい盛土）と呼称するが、強度や安定性の問題、および圧密沈下が懸念される。

図 5.4.1 に盛土の現況を数例示す。

2) 盛土の現況



(a) 軟弱地盤の沈下 (Mile 82)



(b) 軟弱地盤の側方流動 (Mile 146)



(c) 河川脇の浸食による沈下 (Mile 243)



(d) 盛土不良による沈下 (Mile 336)

出典：JICA 調査団

図 5.4.1 盛土の現況

洪水の発生は、全線に及んでいる。洪水は、近傍のダムของ放水、大雨、小河川の氾濫などによる。

加えて、問題となる沈下量が発生し、安全な鉄道運営を行うためにバラストメンテナンス作業を頻繁に行わなければならない区間に関する情報を MR から入手した。これらの区間には、‘OLD’ embankments (古い盛土) のうち湿地帯に建設された盛土区間および‘NEW’ embankments (新しい盛土) の区間も含まれている。

以上の情報より、2つのタイプの沈下の原因が想定された。1つは、盛土下の軟弱地盤によるものであり、‘OLD’ embankments (古い盛土) の軟弱層内に「滑り」が発生しているものである。もう一方は、‘NEW’ embankments (新しい盛土) での問題で、強度不足、安定性の不足、そして浸食である。現地調査結果によれば、盛土に発生した浸食と水みちが沈下の主原因と考えられる。そして、盛土の基本的断面基準を満足していない盛土が多数見られた。

357 マイル地点で (第3期施工の‘NEW’ embankments (新しい盛土))、‘stone pitching’ (碎石による覆工) が施工されていた。MRによれば、‘stone pitching’は浸食と側方流動によると見ら

れる不都合な沈下（前述）に対する対策工とのことである。現在のところ、雨期においても不都合な沈下は発生していない。

続く、図 5.4.2 および図 5.4.3 に、盛土の断面欠損と“stone pitching”の写真を示す。

Appendix 5.4.1 参照。



出典：JICA 調査団

図 5.4.2 盛土の断面欠損 (Mile 44)



出典：JICA 調査団

図 5.4.3 浸食防止の Stone pitching
(Mile 357)

3) 地質・土質調査

ヤンゴン～マンダレー間フィージビリティ調査（以下、YM-F/S）では、2種類の地質・土質調査が行われた。タウングー～マンダレー間では、ボーリング調査が1か所、ハンドオーガーによる削孔調査が14か所で行われた。これは、軟弱地盤の土質特性、特に地滑りの可能性、圧密沈下量を調査するもので、現地盤の”N値”を把握するものであった。（“N値”：“N values”）ハンドオーガーによるこの試験は、既設の盛土の支持力をコーン貫入に対する抵抗値（一定の貫入量を得るための必要打撃数）として調査するものである。

Appendix 5.4.1 に調査の内容を示す。

4) 地滑り・圧密沈下

YM-F/S 時点の地質・土質調査によると、軟弱地盤は通常 N 値が 3 以下の粘性土（粘土またはシルト）であると規定されている。104 マイル地点のボーリング調査では、地盤面下 8.5m～14.5m に厚さ 6m の N 値が 3～4 のシルト層が存在した。この層は多くの砂層をかんでおり、盛土工事の間に極めて短時間で圧密沈下が終了するものと考えられた。また、前述のような側方流動によると見られる不都合な沈下は長期にわたって発生しないものとされた。そして、3m までの盛土の高さでは、地滑りも発生しないとされた。その他の 6 か所のボーリング調査では、上記のような軟弱層は無かった。従って、YM-F/S 時 JICA 調査団がヤンゴン～マンダレーを調査したボーリング調査の範囲では、3m 未満の盛土においては、地滑りや側方流動によると見られる不都合な沈下のリスクは少ない。

YM-D/D(1)の土質調査の結果、N 値が 0～3 の粘性土がみられる箇所もあったが、盛土が施工されて 40 年以上を経て落ち着いており、測量結果においても異常変状は見られないことから追

加盛土を行わないかぎり、地滑りや側方流動による不都合な沈下のリスクは少ないと判断し、特に対策工を行わないこととした。

今後の詳細設計時に効果的な地質調査が必要であり、他の調査を参照しながら下記に示す場所において地質調査を行うべきである。

- 上下線とも (Mile 184/15- 185/05) (メートル 297.125m～298.064m L = 0.931m)
- 下り線 (Mile 199/14-18) (メートル 321.198m～321.468m L = 0.268m)
- 上り線 (Mile 216/23-24) (メートル 349.161m～349.228m L = 0.067m)
- 下り線 (Mile 220/16-17, 218/21-22, 218/14-16)
(メートル 355.129m～355.196m L=0.67m, 352.245m～352.312m L = 0.067m,
351.776m～352.312m L = 0.134m)

5) 盛土の支持力

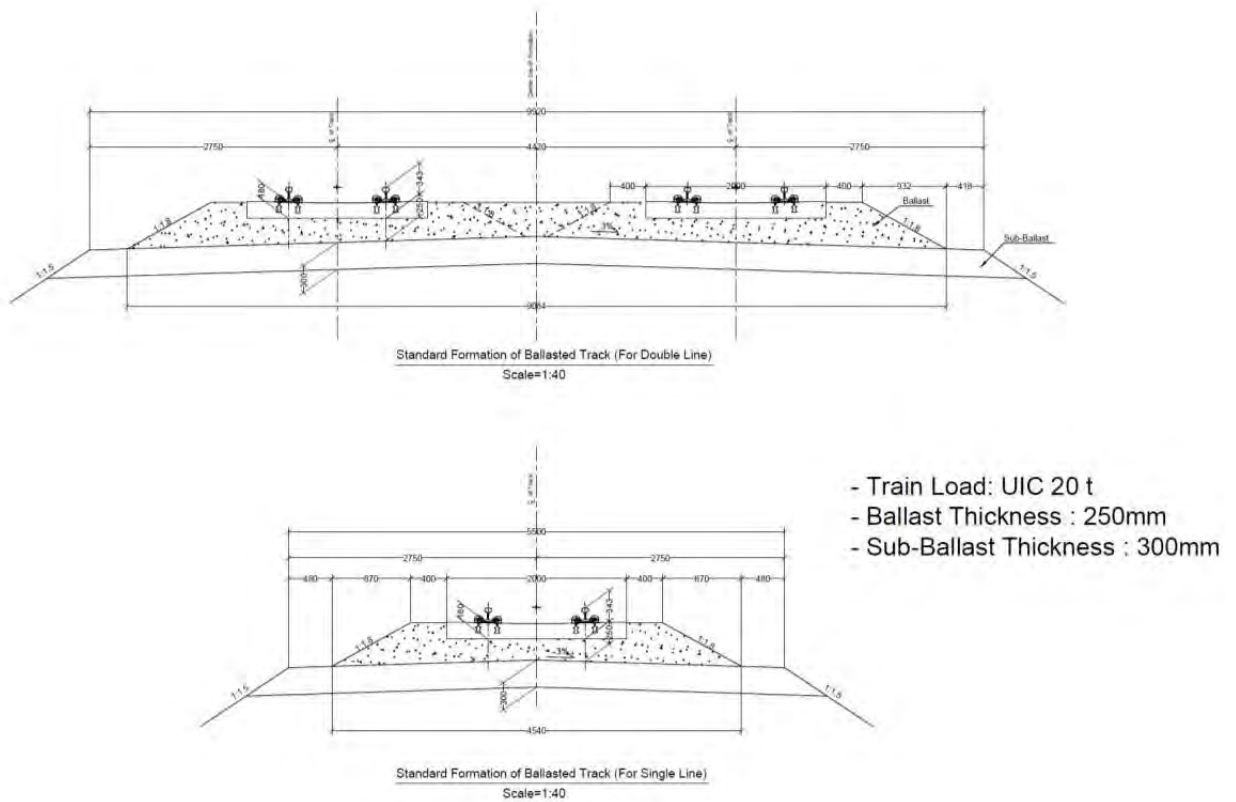
YM-F/S 時点におけるハンドオーガーによる調査により、盛土の支持力が検討された。鉄道荷重は道床を介して盛土に伝えられる。伝達された荷重は盛土の上部において支配的となる。ハンドオーガーによるテストにより許容の支持力内であるか、既存の路盤の応力が調査された。全ての支持力試験の結果は、計算による鉄道荷重を満足していた。従って、YM-F/S 時でのハンドオーガー調査が行われた地点近傍では全ての盛土の支持力は健全であった。

しかしながら、YM-D/D(1)調査において詳細な追加の地質・土質調査を検討したところ、盛土上層部で必要な強度に達していない個所も散見された。そこで、YM プロジェクトフェーズⅡにおいても、盛土施工時に原位置で盛土の支持力の適切な調査・検査方法を行い、入札図書に盛り込むことを提案する。

(2) 安全な高速運転における課題

1) 断面の欠損

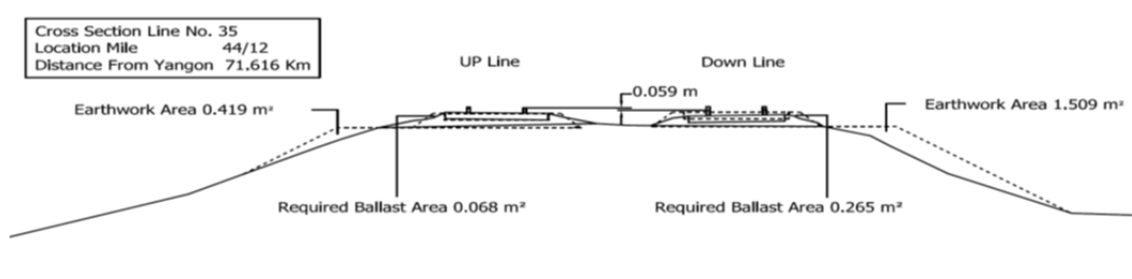
第一の問題は、標準の施工基面に対する現実の断面の欠損であると、MR と JICA 調査団との間で合意された。このような盛土は、現地調査のなかで、多数が見られた。単線・複線区間の標準の施工基面を、図 5.4.4 に示す。



出典：JICA 調査団

図 5.4.4 標準の施工基面

YM-F/S 調査団は、ヤンゴン～マンダレー間で地形測量を行った。盛土の総断面欠損量は、約 368,000 m³ であるものと、“The National Transport Development Plan Rehabilitation and Modernization of Yangon – Mandalay Railway Project Visual Topographic Survey June 2013”に示されている。図 5.4.5 に、44 マイル地点の盛土追加工事とバラスト補充の概要を示す。

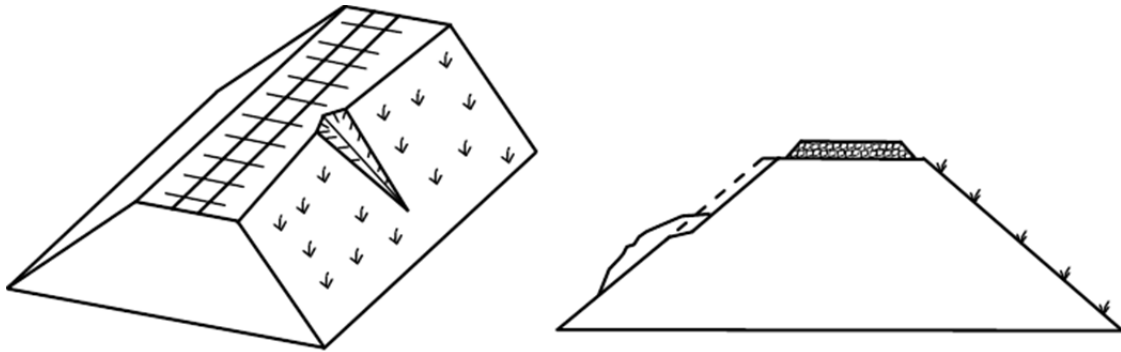


出典：JICA 調査団

図 5.4.5 盛土の追加断面とバラスト補充 Mile 44 地点

2) 洪水氾濫地区

盛土が良好で安定していても、盛土に沿った小河川が氾濫したり高水位となったりすれば、盛土斜面の浸食の恐れがある。これは、現地調査の中で見られた問題点の一つである。図 5.4.6 に、浸食による沈下の状況を示す。



出典：JICA 調査団

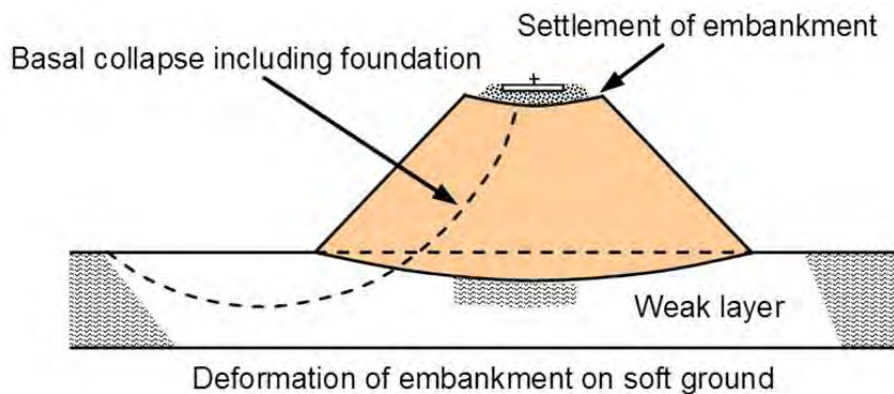
図 5.4.6 浸食の影響（沈下）

3) 側方流動によると見られる不都合な沈下

これは、‘OLD’ embankments（古い盛土）および‘NEW’ embankments（新しい盛土）の区間の両方で見られた。異なる原因が推定されている。一つは軟弱地盤によるもので、もう一つは盛土材料の不良によるものである。

➤ 軟弱地盤

‘OLD’ embankment は 40 年以上の経年があり、圧密沈下は最終段階に入って最小化しており、盛土の強度は列車荷重を支持するに十分である。然しながら、図 5.4.7 に示す通り、‘OLD’ embankment においても沈下は継続して発生しており、軟弱地盤における地滑りが原因と考えられる。



出典：JICA 調査団

図 5.4.7 軟弱地盤における地滑りによる沈下

➤ 盛土材料の問題

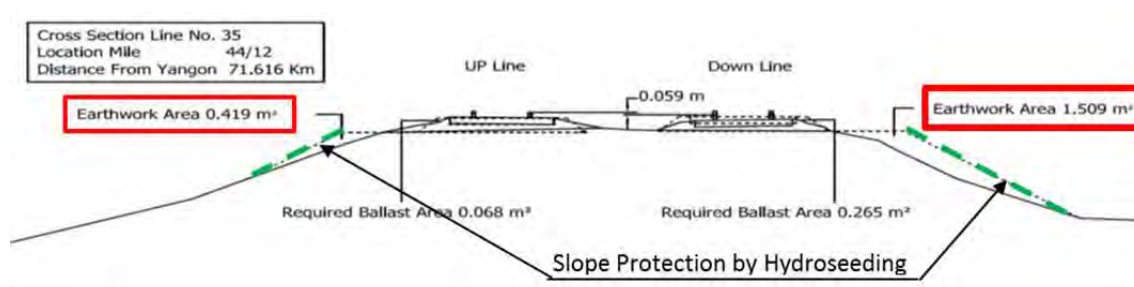
‘NEW’ embankment は急速な施工が行われ、盛土材料の選定も正しく行われなかったために、スロープが大量の雨による浸食に敏感になったものと考えられる。このような現象は、図 5.4.1(d)および図 5.4.6 で確認できる。

5.4.2 土構造物に関する提案

(1) 標準の施工基面確保のための土工事

安全な高速鉄道の運営のためには、第一に盛土の形状・寸法を標準の施工基面にする必要があり、これは、4 章に示されているように、MR と JICA 調査団との間で合意された。このような土工事(Additional Embankment Work)は、斜面のトリミングや埋戻しを含めて、“stone pitching” (砕石による覆工)、防止杭の施工などの他の改修工事に先立って行わなければならない。また、埋戻しには適切に選定された材料を使用しなければならない。埋戻しの完了後には、斜面の防護が必要である。

図 5.4.8 に、44 マイル地点の追加盛土工事を示す。



出典：JICA 調査団

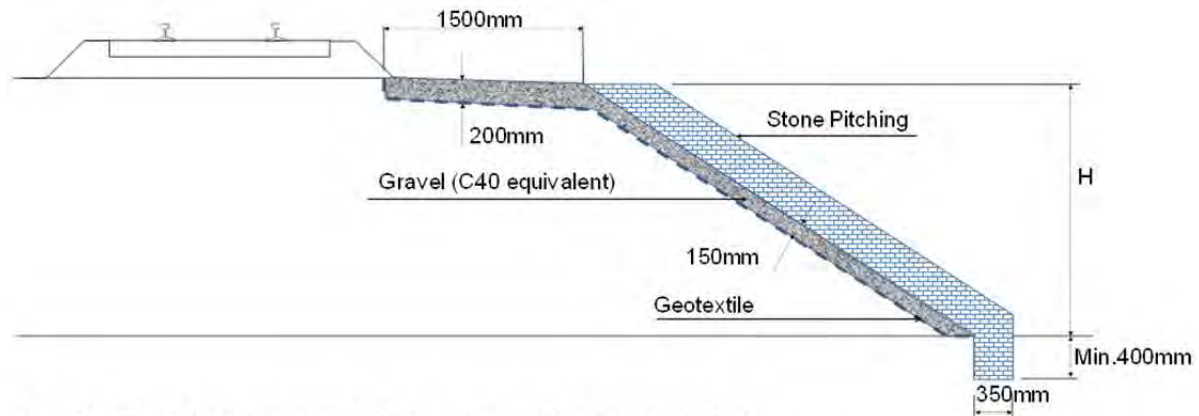
図 5.4.8 盛土の修復 Mile 44 地点

(2) 洪水対策としての“stone pitching” (砕石による覆工)

“stone pitching” (砕石による覆工) は、ミャンマーにおいては一般的なもので、357 マイル地点の上り線で実施されている。MR によると、“stone pitching” (砕石による覆工) の施工後、側方流動によると見られる不都合な沈下は見られなくなった。

砕石層と PVC (polyvinyl chloride) パイプが排水工のために必要であることに加え、砂利層と土層を区分するためのジオテキスタイルが盛土の側面に張り付けられなければならない。

図 5.4.9 に、この工法の詳細と施工順序を示す。



1. Additional Embankment Work, geotextiles are provided.
2. From the toe of the slope, gravel layer and stone pitching are constructed with 2-inch dia. drainage pipes (1 pipe /2m²).
3. Spread gravel and compact it at the top of the embankment.

出典：JICA 調査団

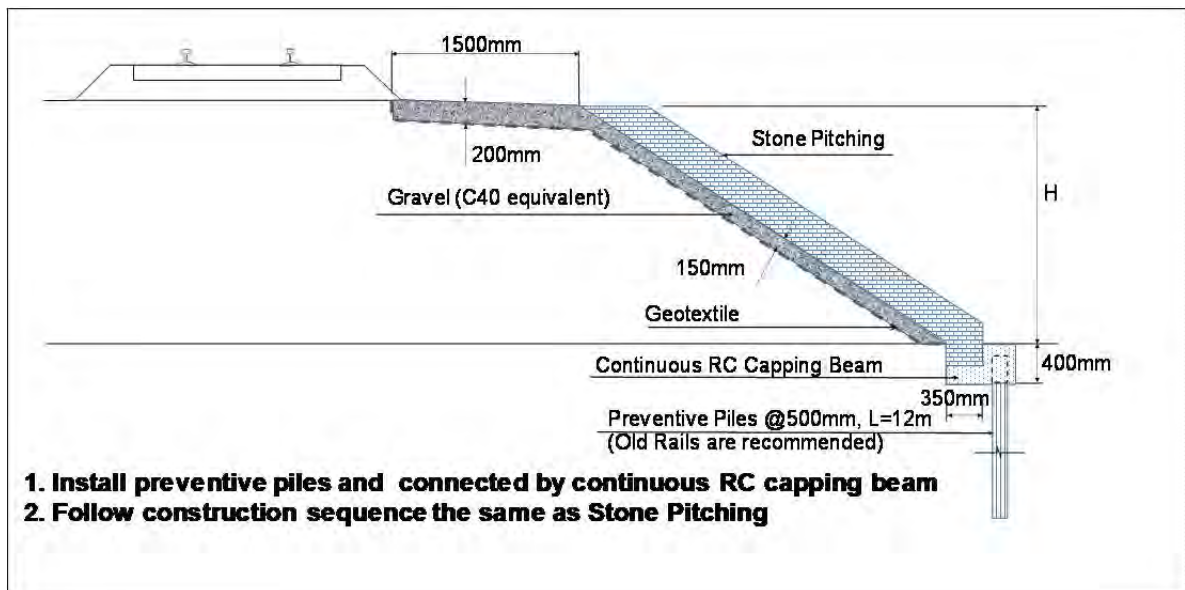
図 5.4.9 碎石による覆工（Stone Pitching）

(3) 軟弱地盤における側方流動によると見られる不都合な沈下に対策工としての“stone pitching”（碎石による覆工）と移動防止杭

軟弱地盤における側方流動によると見られる不都合な沈下に対策工としては、“stone pitching”（碎石による覆工）と移動防止杭合理的な範囲の工事費で可能である。MRは多量の古いレールを保有しており、それを移動防止杭として利用できる。連続的に杭頭部を繋ぐビームは、杭を一体化して防護校としての強度を高めるための必須の条件である。

“stone pitching”はと同じであるので、今後の沈下をゼロにはできない。したがって、バラストの維持管理は必要である。

図 5.4.10 にこの工法の詳細と施工順序示す。



出典：JICA 調査団

図 5.4.10 砕石による覆工と移動防止杭

(4) 盛土の扛上

YM-F/S 時の調査において、タウンゲーとマンダレー間では、橋梁前後の扛上以外では盛土扛上は提案されていない。

JICA 調査団は、MR からの洪水データに基づき、YM プロジェクトフェーズⅡ区間における盛土扛上の必要性を詳細設計時に検討する。

(5) 通常の盛土における斜面防護

ミャンマーでは、通常、植生工により斜面の防護を行っている。しかしながら、盛土の施工直後に大量の降雨があった場合には、斜面の浸食により盛土の必要とする断面形状を保持出来なくなるであろう。従って、安全な高速鉄道の運営のためには、斜面の防護による浸食の防止が重要である。

張芝工および厚層基材種子吹付工法が考えられるが、張芝工を、ミャンマーにおいての有用性や経済性の見地から採用することとする。

(6) 土構造物の概略設計のまとめ

土構造物の概略設計について、Appendix 5.4.2 に示すように、YM-DD(1)と同じコンセプトでミャンマー国鉄と合意した。

5.5 鉄道橋

5.5.1 既存橋梁の現状

ミャンマー国鉄（以下、MR と称す）関係者へのヒアリング結果ならびに、現地調査による橋梁構造物の老朽化や経年劣化の目視確認を通じて、現時点もしくは将来的に問題が発生する恐れがあると判定した橋梁構造物について、現状と課題を以下にまとめる。

ここで、タウンゲー駅～マンダレー駅間において存在する全ての既設橋梁一覧を Appendix に示す。

(1) 既存橋梁の構造形式と概要

タウンゲー駅～マンダレー駅間に存在している橋梁の主な構造形式を以下に示す。

[上部構造] 図 5.5.1

- 鋼製上路式プレートガーダー
- 鋼製下路式プレートガーダー
- 鋼製下路式トラス桁
- 鉄筋コンクリート桁
- プレストレストコンクリート桁

[下部構造] 図 5.5.2

- レンガ式橋脚
- 鉄筋コンクリート式橋脚
- コンクリート充填鋼管式橋脚
- レンガ式橋台
- レンガ式橋台翼壁/擁壁



鋼製上路式プレートガーダー



鋼製下路式プレートガーダー



鋼製下路式トラス桁



鉄筋コンクリート桁



プレストレストコンクリート桁

出典：JICA 調査団

図 5.5.1 上部構造



レンガ式橋脚



鉄筋コンクリート式橋脚



コンクリート充填鋼管式橋脚



レンガ式橋台



レンガ式橋台翼壁/擁壁

出典：JICA 調査団

図 5.5.2 下部構造

既存橋梁構造物の概要を以下に示す。

- 全ての橋梁は、ヤンゴン方より順に採番された橋梁番号によって管理されている。
- 全ての橋梁のマイル程は、ヤンゴン駅を起点（0mile 地点）として計測されている。ただし、ヤンゴン方からマンダレー方に向かって、本線左側を「上り線」と称する。

- MR 保有の橋梁リストは存在するが、近年、架け替えられた橋梁や閉鎖された橋梁については反映されていない。
- 鋼製桁の中には、既に架設後 100 年以上を経過しているものも数多く存在しており、それ以外のいくつかの鋼製桁についても戦前に製作（既に約 70 年以上経過）されたものである。したがって、これらの橋梁の設計・竣工図書は存在していない。
- 既存橋梁の設計軸重には、12.5t もしくは 17t が用いられている。

(2) 既存橋梁の調査

本調査の着手段階において、タウングー駅～マンダレー駅間に存在している橋梁のうち、主として橋梁形式と橋長に着目の上、特に重要と判断した橋梁に対して、本体および周辺状況把握のための現地調査を実施した。

1) 調査概要

本現地調査は、MR 同行のもと、下記概要にて実施した。

- 調査日程：2017 年 4 月 26 日～4 月 28 日（計 3 日間）
- 調査橋梁数：71 橋梁
- 調査対象橋梁：下記条件に該当する橋梁を優先して選定した。
 - 橋長：40ft 以上
 - 径間数：3 径間以上
- 調査方法：目視調査（MR 所有の調査車両を使用）
- 調査目的：
 - 既存鉄道橋梁（新設橋梁を含む）の現況把握
 - 交差条件としての河川と水路の区分確認
 - 調査橋梁近傍の踏切確認
 - 既存跨線橋梁の現況把握

2) 調査橋梁

調査対象とした橋梁のみのリストを表 5.5.1～表 5.5.4 に示す。

表 5.5.1 調査橋梁 (その1)

● : Same span as Up Line (UP)

Station Name & Bridge	Location Mileage (mile)	Location Kilometer (km)	Interval (km)	Up Line (UP)					Remarks	Down Line (DN)					Remarks				
				Bridge Length			Total Length (m)	Axle Load Type		Bridge Length			Total Length (m)	Axle Load Type					
				Span	Length (feet)	Total (feet)				Span	Length (feet)	Total (feet)							
Taungoo	165	21	266.950																
270	167	7	269.230	0.536	2	40	80	24.38							●				HM
279 A	171	16	276.271	1.006	1	47.5	47.5	14.48	-	CLOSED (F.O.B)									
Kyedaw	171	18	276.405	0.134															
281 A	175	10	282.306	1.207						CLOSED (F.O.B)									
Kyungon	175	12	282.440	0.134															
Kaytumaci	180	12	290.487	1.073															
291	181	14	292.230	0.872	3	10+10+10	30	9.14							●				ML
Yedashe	183	6	294.912	0.536															
298	184	14	297.058	0.201	3	20	60	18.29							●				ML
299	185	1	297.796	0.738	3	10	30	9.14							●				ML
Kongyi	187	6	301.350	1.609															
301	187	10	301.618	0.268	1	40	40	12.19		PRESTRESSED CONC GIRDER					●				HM
					1	100					1	58							SITTING SPAN
306	190	12	306.580	1.073	1	58	348	106.07	ML	Truss Girder	1	100	348	106.07					Truss Girder
					1	150					1	150							
					1	40					1	40							
Swa	191	12	308.189	0.671															
Thargaya	195	6	314.224	0.671															
Tharyagon	197	0	317.041	0.671															
320 A	197	3	317.242	0.201	3	20	60	18.29	ML						●				
325	199	17	321.399	1.140	2	20	60	18.29	ML						●				
Myohla	201	6	323.880	0.671															
329	201	21	324.886	0.872	1	60	60	18.29	ML	Through PL Girder					●				Through PL Girder
Yeni	206	12	332.330	0.536															
350	209	16	337.426	0.402	2	40	80	24.38	HM						●				
Tawuti	210	0	337.962	0.536															
351	210	9	338.566	0.604	1	40	180	54.86	HM	Through PL Girder					●				Through PL Girder
					1	100													
					1	40													
Hleininn	214	0	344.400	0.067															
Ela	216	18	348.825	0.939															
373	217	3	349.429	0.469	1	40	250	76.20	HM	Truss Girder					●				Truss Girder
					1	150													
					1	60													
379	218	19	352.111	0.335	3	20	60	18.29	HM						●				
Pyaywun	219	4	352.715	0.604															
384	220	16	355.129	0.604	1	20	40	12.19	ML						●				
					1	20			HM										
392	225	0	362.102	0.335		1				CLOSED (F.O.B)									
Pyinmana	225	0	362.102	0.000															
393	225	15	363.108	1.006	1	40	380	115.82	HM	Truss Girder	1	45.75	414	126.19					PC Girder
					3	100					4	85							
					1	40					1	28.25							

出典 : JICA 調査団

表 5.5.2 調査橋梁 (その2)

●: Same span as Up Line (UP)

Station Name & Bridge	Location Mileage (mile)	Location Kilometer (km)	Interval (km)	Up Line (UP)					Remarks	Down Line (DN)							
				Bridge Length			Total Length (m)	Axle Load Type		Bridge Length			Total Length (m)	Axle Load Type	Remarks		
				Span	Length (feet)	Total (feet)				Span	Length (feet)	Total (feet)					
406	229	11	369.277	0.335	1	6	6	1.83		ARCH CULVERT				●		Plate Girder	
Ywadow	230	0	370.149	0.469													
Naypyitaw	233	0	374.977	0.469													
Kydaungkan	235	6	378.598	1.408													
417	235	12	379.001	0.402	2	40	80	24.38		PC Girder				●	HM		
419	236	18	381.012	0.469	1	40	60	18.29	HM		1	?					PC Girder
					1	20											
Pyokkwe	240	12	387.047	0.201													
433	240	24	387.852	0.335	2	40	80	24.38	HM					●		PC Girder	
436	242	22	390.936	1.073	3	20	60	18.29	ML					●		RC Girder	
Sinbyugyun	243	12	391.875	0.402													
Shwemya	246	18	397.106	0.268													
453	250	10	403.007	1.073	4	100	400	121.92		Truss Girder	6	57.5	345	105.16		PC Girder	
Sinthe	251	0	403.945	0.939													
Tatkon	253	12	407.969	1.073													
Magyibin	257	12	414.406	0.939													
477	260	10	419.100	0.201	2	40	80	24.38	HM					●		RC Girder	
Nyaunglun	261	12	420.843	0.604													
485	263	21	424.666	0.738	1	40	40	12.19						●		PC Girder	
497	267	1	429.762	0.872	2	40	80	24.38	HM					●		PC Girder	
Hnggethaik	268	0	431.304	0.738													
501	268	17	432.444	0.201	3	2	6	1.83		ARCH CULVERT						RC Girder	
Ingon	270	18	435.730	0.671													
Yamethin	274	12	441.765	0.939													
Ingyinkan	278	12	448.202	0.671													
519	281	8	452.762	1.475	1	34	112	34.14		PL Girder				●			PC Girder
					1	44											
					1	34											
Shweda	282	12	454.640	1.878													
523	282	21	455.243	0.201	4	20	80	24.38	ML					●		RC Girder	
524	283	1	455.511	0.268	3	20	60	18.29	BL					●		RC Girder	
527	284	4	457.322	0.134	4	40	160	48.77		PC Girder	8	20	160	48.77	ML	PL Girder	
529	286	7	460.742	0.671	1	100	100	30.48		Truss Girder	2	40	80	24.38		PC Girder	
Pyawbwa	287	12	462.686	1.006													
536	289	5	465.436	0.469	1	6	6	1.83		RAIL OPENING				●			
Shanywa	292	18	471.135	0.335													
573	297	24	479.585	0.469	3	20	60	18.29		RC Girder				●			

出典 : JICA 調査団

表 5.5.3 調査橋梁 (その3)

●: Same span as Up Line (UP)

Station Name & Bridge	Location Mileage (mile)	Location Kilometer (km)	Interval (km)	Up Line (JP)					Remarks	Down Line (DN)					Remarks	
				Bridge Length			Total Length (m)	Axle Load Type		Bridge Length			Total Length (m)	Axle Load Type		
				Span	Length (feet)	Total (feet)				Span	Length (feet)	Total (feet)				
574	298	9	480.188	0.604	1	20	200	60.96	RC Girder	2	20	200	60.96	ML	PL Girder	
					4	40				4	40					
					1	20										
Nyaungyan	299	6	481.596	0.201												
577	299	8	481.730	0.134	3	20	60	18.29	RC Girder				●	HM		
580	300	1	482.870	0.201	4	20	80	24.38	RC Girder				●	ML		
581	300	3	483.004	0.134	2	57.25	114.5	34.90	PC Girder	3	40	120	36.58	HM	PL Girder	
585	301	9	485.016	0.402	2	50	100	30.48	PC Girder	5	20	100	30.48	HM/ML		
586	301	14	485.351	0.335	6	20	120	38.58	RC Girder				●	ML	PL Girder	
Nwato	302	6	486.424	0.671												
588	302	16	487.095	0.671	3	40	120	36.58	PC Girder	4	40	160	46.77	HM	PL Girder	
599	305	8	491.386	0.268	1	20	80	24.38	RC Girder				●	ML		
					1	40										
					1	20										
					1	20										
601 A	305	24	492.459	0.671	1	143	143	43.59	CLOSED (F.O.B)							
Thazi	306	0	492.459	0.000												
Ywapale	310	12	499.701	0.604												
622	311	18	501.713	0.201	2	40	80	24.38	PC Girder				●	ML		
Hanza	315	12	507.748	0.604												
Dahattaw	318	18	512.978	0.268												
Thedaw	322	6	518.611	0.671												
663	322	10	518.879	0.201	2	20	80	24.38	HM				●		PC Girder	
					1	40										
Khinban	325	18	524.244	1.676												
677	326	18	525.853	1.006	2	40	80	24.38	HM	PL Girder				●	PC Girder	
Samon	329	0	529.474	0.939												
683	329	21	530.882	0.268	4	57.5	230	70.10	PC Girder	2	40	230	70.10	HM	Truss Girder	
										1	150					
684	330	11	531.821	0.939	4	40	160	48.77	PC Girder				●	HM	PL Girder	
688	331	20	534.034	0.604	2	40	80	24.38	PC Girder				●	HM		
Odokkon	332	12	535.107	0.402												
691	332	23	535.844	0.738	6	57.5	345	105.16	PC Girder	7	40	280	85.34	HM	PL Girder	
692	334	23	539.063	2.079	5	20	100	30.48	RC Girder	5	20	100	30.48	ML		
694	335	8	539.667	0.268	3	20	60	18.29	PC Girder				●	ML		
Thebyetaung	336	6	541.142	1.207												
699	340	1	547.244	1.475	3	57.5	172.5	52.58	PC Girder	5	40	200	60.96	HM	PL Girder	
Kumelan	341	12	549.591	0.402												
707	342	12	551.200	0.201	2	40	80	24.38	HM					●	PC Girder	

出典：JICA 調査団

表 5.5.4 調査橋梁 (その4)

●: Same span as Up Line (UP)

Station Name & Bridge	Location Mileage (mile)	Location Kilometer (km)	Interval (km)	Up Line (UP)					Remarks	Down Line (DN)									
				Bridge Length			Total Length (m)	Axle Load Type		Bridge Length			Total Length (m)	Axle Load Type	Remarks				
				Span	Length (feet)	Total (feet)				Span	Length (feet)	Total (feet)							
718	345	11	555.961	0.335	1	100	100	30.48	HM	Truss Girder	1	20	100	30.48		RC Girder			
											1	60							PC Girder
											1	20							RC Girder
719	346	2	556.967	1.006	2	150	300	91.44		Truss Girder	1	57	312	95.10		PC Girder			
											3	85							
720	346	13	557.705	0.134	3	10	30	9.14	HM						●	RC Girder			
Mylthar	347	0	558.442	0.604															
727	349	20	563.002	1.207	2	40	80	24.38	HM	I.R.S					●	PC Girder			
730	351	10	565.550	0.469	1	100	100	30.48	HM	Truss Girder	1	20	80	24.38		RC Girder			
											1	40							PC Girder
											1	20							RC Girder
Minzu	352	12	567.294	0.805															
739	355	13	572.189	1.006	5	20	100	30.48	HM	2 NOS 1924 1NO 1927 & 2NOS 1928					●	RC Girder			
748	358	11	576.883	0.134	4	57.5	230	70.10		PC Girder	2	40	230	70.10	ML	Truss Girder			
											1	150							
Kyaukse	359	6	578.157	0.335															
Belin	363	12	584.997	0.738															
788	365	22	588.886	0.402	2	40	80	24.38	HM	PL Girder					●	PL Girder			
796	366	23	590.562	0.201	1	60	60	18.29	ML	Through PL Girder					●	Through PL Girder			
Singaing	369	0	593.848	0.805															
822	374	1	601.962	0.872	1	45.5	45.5	13.87		CLOSED (F.O.B)									
Paleik	374	6	602.297	0.335															
826	376	2	605.247	1.676	4	150	680	207.26	HM	Truss Girder					●	Composite Steel Box Girder (JFE)			
					2	40													
827	377	2	606.857	1.609	1	45.5	45.5	13.87		CLOSED (F.O.B)									
Myltng	377	18	607.930	1.073															
R.O.B																			
830	380	0	611.551	1.609	5	40	320	97.54	HM	CONT NO.3962 & 1924	8	40	320	97.54		PC Girder			
					3	40			ML	CONT NOE 334 / 2891 OF 1945									
Tagundaing	380	12	612.355	0.335															
Myohaung	382	18	615.976	1.676															
R.O.B																			
838 A	383	19	617.653	0.671	1	45.5	45.5	13.87		CLOSED (F.O.B)									
Shanzu	384	0	617.988	0.201															
R.O.B																			
R.O.B																			
843	385	3	619.799	1.341	1	45.5	45.5	13.87		CLOSED (F.O.B)									
R.O.B																			
Mandalay	385	12	620.402	0.604															

出典：JICA 調査団

(3) 上部構造の現況と課題

1) 鋼製プレートガーダー

a) 不安定な沓構造

橋台および橋脚上に木まくらぎが配置され、その直上に沓の一部（ソールプレート）もしくは桁本体が直接的に設置されている。これらは、沓の不備や橋台・橋脚の沈下等に起因する高さ調整のための対応と考えられる。また、これらの木まくらぎは上・下部工に対して固定されておらず、水平移動や落橋の恐れもある。このような状況はほとんどの鋼桁において見られる（図 5.5.3）。



出典：JICA 調査団

図 5.5.3 不安定な沓構造（Bridge No.325）

b) 桁遊間の縮小

桁の水平移動に起因するものと考えられる桁遊間の縮小によって、桁同士や桁とパラペット間が接している箇所が数多く見られる（図 5.5.4 (a)、(b)）。これらの状況が、桁や橋台にさらなる損傷や変形を誘発・助長させる恐れがある。なお、桁遊間部に木まくらぎを配置して間隔を保持させている箇所も数多く見受けられる（図 5.5.4 (c)）。



(a) Bridge No.384

(b) Bridge No.577



(c) Bridge No.320A

出典：JICA 調査団

図 5.5.4 桁遊間の縮小

c) 軌道下横構の変形

構造部材に局部的な変形が見られる橋梁が存在する。中・長期的視点に立てば、構造的安定性が保持できなくなる恐れがある（図 5.5.5）。



出典：JICA 調査団

図 5.5.5 軌道下横構の変形（Bridge No.384）

d) 浸水による腐食

主桁ウェブの錆位置より判定できる浸水痕が見られる。このような橋梁では、雨季の増水時に、主桁が繰り返し浸水しているものと考えられる（図 5.5.6）。



出典：JICA 調査団

図 5.5.6 浸水による腐食（Bridge No.291）

e) 仮設材による桁支持

洗掘に起因する橋脚の崩壊等に伴い、仮設材によって桁本体が支持されている箇所が見られる。本仮設材は木まくらぎもしくは鋼材を単に積み上げただけのものであるため、今後の雨季の増水時に流出、崩壊してしまう恐れがある（図 5.5.7）。



(a) Bridge No.270

(b) Bridge No.739

出典：JICA 調査団

図 5.5.7 仮設材による桁支持

2) 鋼製トラス桁

a) 建築限界に対する橋門構の干渉

トラス桁の出入口部には一般的に橋門構が配置されている。これらの部材は、将来的な走行車両としての建築限界を満足せず、大きな需要が見込まれる貨物車両等の建築限界にも干渉することが考えられる（図 5.5.8）。

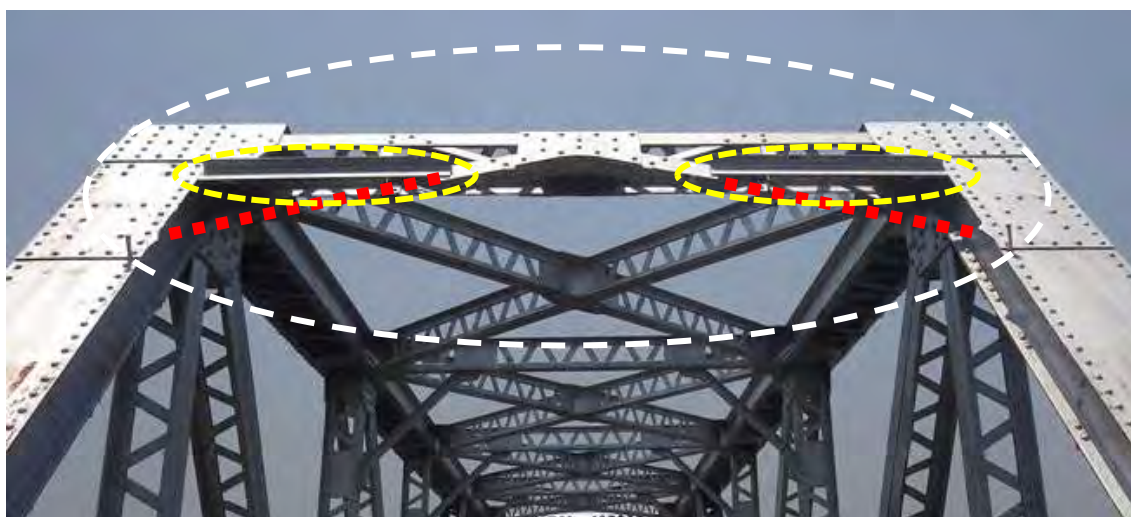


出典：JICA 調査団

図 5.5.8 建築限界に対する橋門構の干渉（Bridge No.373）

b) 改築された橋門構

橋門構の一部が切断され、仮部材の追加による改築が見られる。これは、先に記述した建築限界（現状）に対する支障への回避策と考えられるが、仮部材としての断面不足や不適切な接合方式（溶接）より、元の構造と同等レベルの性能を有していないものと考えられる（図 5.5.9）。

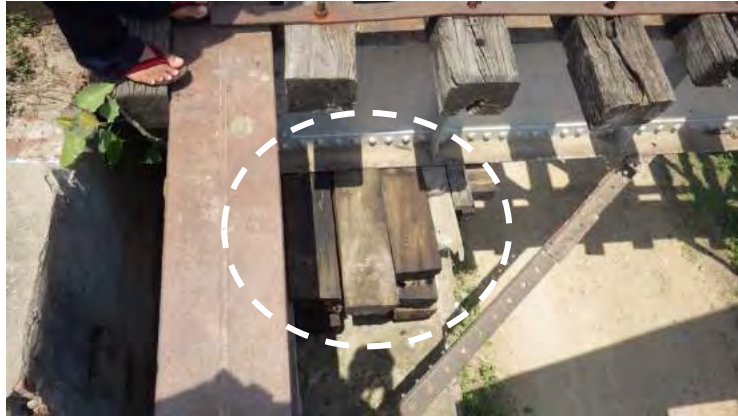


出典：JICA 調査団

図 5.5.9 改築された橋門構（Bridge No.529）

c) 不安定な仮支持

高く積み上げられた木まくらぎによってトラス桁が仮支持されている。水平移動を制限するアンカーボルト等も見られず、極めて不安定な状態にある（図 5.5.10）。



出典：JICA 調査団

図 5.5.10 沓の不備（Bridge No.718）

d) 軌道下横桁の腐食・断面欠損

ほとんどのトラス橋において、軌道下横桁の腐食および断面欠損が見られる。この腐食の原因は、客車からの有機排泄物と考えられ、多くの箇所ではボルト接合や溶接による当て板や塗装による補修がなされている（図 5.5.11）。



(a) Bridge No.453



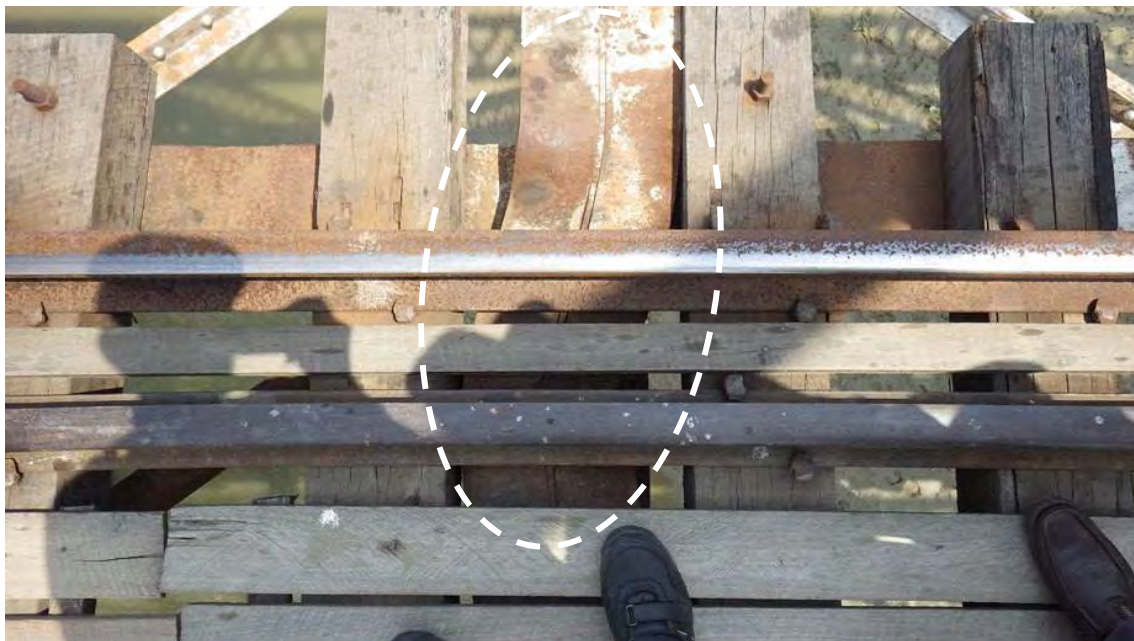
(b) Bridge No.730

出典：JICA 調査団

図 5.5.11 軌道下横桁の腐食・断面欠損

e) 軌道下横桁の変形

軌道直下の横桁上フランジに変形が見られる。変形箇所がレール近傍で且つ、線路方向に連続して存在していることから、脱線による車輪衝突の影響と考えられる（図 5.5.12）。



出典：JICA 調査団

図 5.5.12 軌道下横桁の変形（Bridge No.373）

f) 格点部の充填物

多くのトラス桁において、トラス格点部へ充填されているコンクリートに劣化が見られる。これらの劣化部に雨水等が滞留することで、鋼材腐食の進展が懸念される（図 5.5.13）。



出典：JICA 調査団

図 5.5.13 格点部の充填物（Bridge No.306）

g) その他の構造部材の損傷

いくつかの橋梁において、各構造部材に局所的な断面欠損を伴う損傷が見られる。これらは、通常の使用状況では考えられない損傷であるため、戦時中の銃弾痕と考えられる(図 5.5.14)。



出典：JICA 調査団

図 5.5.14 その他の構造部材の損傷 (Bridge No.683)

3) コンクリート桁

a) 使用材料や施工の不良による耐久性低下

RC および PC 桁において、施工時の使用材料や配合の不良ならびに型枠不良、締固め不足等による材料分離、骨材や鋼材の露出、あばた等の箇所が数多く見られる(図 5.5.15)。



出典：JICA 調査団

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)

b) モルタル等による桁の表面被覆

RC および PC 桁（桁側面部）において、モルタル等で薄く表面を覆っている箇所が数多く見られる。このような桁では、目視点検による初期の施工不良や発生ひび割れ等の目視確認ができない（図 5.5.16）。



出典：JICA 調査団

図 5.5.16 モルタル等による桁の表面被覆（Bridge No.436）

c) 桁遊間部からのバラスト材流出

桁遊間部において、地覆の隙間からバラスト材が外部に流出している箇所が見られる。バラストの流出に伴って、軌道本体が不安定になる恐れがある（図 5.5.17）。



出典：JICA 調査団

図 5.5.17 桁遊間部からのバラスト流出（Bridge No.586）

(4) 下部構造の現況と課題

1) 橋台・橋脚

a) 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

レンガ式橋台・橋脚では、レンガの緩みや剥落、目地材の流出、クラック等の損傷箇所が数多く見られる（図 5.5.18 (a)、(b)）。また、橋脚では上下線の境界部にクラックが数多く見られる（図 5.5.18 (c)）。



(a) Bridge No.497



(b) Bridge No.306



(c) Bridge No.519

出典：JICA 調査団

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

b) 下部工基礎の支持力不足に伴う構造的不安定性

老朽化したレンガ式橋台・橋脚において、支持力不足による沈下や傾き、それに伴うクラック等の損傷箇所が数多く存在している（図 5.5.19）。



出典：JICA 調査団

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

c) モルタル等による表面被覆

いくつかのレンガ式橋台・橋脚の躯体において、表面をモルタル等で被覆したものが見られる（図 5.5.20）。



出典：JICA 調査団

図 5.5.20 モルタル等による表面被覆（Bridge No.527）

d) 流水による基礎周辺部の洗掘

いくつかの橋脚基礎下面および周辺部において洗掘現象が見られる。これらの箇所では、将来的に躯体の傾きや沈下に至る恐れがある（図 5.5.21）。なお、既に洗掘防止工を実施している橋脚基礎もいくつか存在している（図 5.5.22）。



出典：JICA 調査団

図 5.5.21 流水による基礎周辺部の洗掘（Bridge No.691）



出典：JICA 調査団

図 5.5.22 洗掘防止工（Bridge No.699）

そんな中、Bridge No.588 の洗掘対策工では、2013 年の調査時点において健全な状態であったにもかかわらず、今回の調査では洗掘による局所的な損傷が確認されている（図 5.5.23）。



(a) Bridge No.588 (2013)

(b) Bridge No.588 (2017)

出典：JICA 調査団

図 5.5.23 洗掘による損傷の発生（Bridge No.588）

e) 杭基礎の損傷

Bridge No.719 においては、洗掘によって露出した杭体の損傷が確認できる（図 5.5.24）。これは、雨季の増水に伴う侵食作用ならびに建設段階における低品質材料の使用や施工不良等に起因する現象と考えられる。



出典：JICA 調査団

図 5.5.24 杭基礎の損傷（Bridge No.719）

f) コンクリート充填鋼管式橋脚の老朽化および経年劣化

本構造形式の橋脚において、錆の進行と部材の局部座屈による変形が見られる（図 5.5.25）。



(a) Bridge No.727

(b) Bridge No.788

出典：JICA 調査団

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

g) 桁かかり長の不足

一部の鉄筋コンクリート橋脚において、桁かかり長の不足が懸念され、地震に伴う落橋の恐れがある（図 5.5.26）。



出典：JICA 調査団

図 5.5.26 桁かかり長の不足

2) 橋台部翼壁・擁壁

a) 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

橋台の翼壁・擁壁においては、レンガの緩みや剥落、クラック等の損傷箇所が数多く見られる（図 5.5.27 (a)）。また、橋台本体と翼壁・擁壁との境界部には、クラックや縦目地のズレが多数発生しており、土留め構造物としての所要の断面耐力や水平支持力の不足等の要因が考えられる（図 5.5.27 (b)）。



出典：JICA 調査団

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

b) 盛土材・バラスト材の流出

度重なる集中豪雨に伴う盛土材やバラスト材の流出、それに伴う橋台背面の路盤の緩みが見られる。これにより軌道路盤の強度低下や沈下を引き起こす恐れがある（図 5.5.28）。



出典：JICA 調査団

図 5.5.28 盛土材・バラスト材の流出

5.5.2 鉄道橋梁の改良計画

(1) 基本方針の概要

フェーズⅠの詳細設計時の思想を踏襲しつつ、今回の現地調査において目視確認できた約 70 橋梁、ならびに既存資料や過去の経験等から現況が想定できる残りの橋梁に対して、改良計画を策定している。総合的に判断した結果として、フェーズⅡにおいては全ての既設橋梁を架け替え対象とすることに最終決定している。

(2) 各構造種別に対する基本方針

1) 鋼トラス橋

現地測量に基づいて最終的に判定することになるが、ほとんどのトラス橋の橋門構や上横構において、本プロジェクトで計画されている建築限界を満足しないことが想定される。また、H.M.活荷重（軸重 17t）を適用して設計されたトラス橋についても、橋門構や上横構の大規模な改良・改築に係る安全性担保やコスト削減等が容易ではないものと考えられることから、全てのトラス橋を架け替えることを基本方針とする。

2) 鋼プレートガーダー橋

H.M.活荷重（軸重 17t）を用いて設計されたプレートガーダー橋において、上・下部工の状態が比較的良好と考えられる場合には、補修・補強対象の橋梁となり得るが、全体的にかなり老朽化している橋梁群であることから、基本的には全て架け替え対象とする。ただし、橋長が比較的短く、かつ交差条件が水路と判定される場合には、将来的な安全性（高速走行性を含む）、施工性、維持管理等を含めた経済性の面で優れるボックスカルバートやヒューム管を用いたリニューアルを基本方針とする。

3) コンクリート桁橋（下部工が無補強の橋梁）

鋼製のプレートガーダーが架設されていた橋梁箇所に自重の大きなコンクリート桁を新設しているにも関わらず、下部工が旧式のレンガ式橋台や橋脚のままで、基礎を含めて無補強の状態にある。また、このタイプの橋梁の特徴として、橋長が比較的短く、かつ交差条件が水路と判定される箇所に数多く存在していることから、将来的な安全性（高速走行性を含む）、施工性、維持管理等を含めた経済性の面で優れるボックスカルバートやヒューム管を用いたりリニューアルを基本方針とする。

4) コンクリート桁橋（2000年以降に建設された橋梁）

複線化事業として、2000年以降に建設された橋梁（Bridge No.453、No.691他）が存在している（図 5.5.29）。これらの橋梁において、目視確認された支持力不足と考えられる橋脚の沈下現象ならびに洗掘や施工不良に伴う杭損傷等の問題については、MR側で至急対策を講じることである。しかしながら、安全性や信頼性、責任の所在等の課題や問題の観点に基づき、全橋梁を架替対象とする。TAC会議にて、MRからの本方針に対する正式な承認も得ている。ここで、2000年以降に建設された橋梁として表 5.5.5 に示すものが挙げられる。



(a) Bridge No.453



(b) Bridge No.691

出典：JICA 調査団

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）

表 5.5.5 2000 年以降に建設された橋梁リスト

Bridge No.	UP or Down (DN)	Bridge No.	UP or Down (DN)
393	DN	684	UP
453	DN	691	UP
519	DN	692	UP
527	UP	699	UP
529	DN	718	DN
574	UP	719	DN
581	UP	727 *	DN
585	UP	730	DN
586	UP	748	UP
588	UP	826	DN
677 *	DN	830	DN
683	UP	---	---

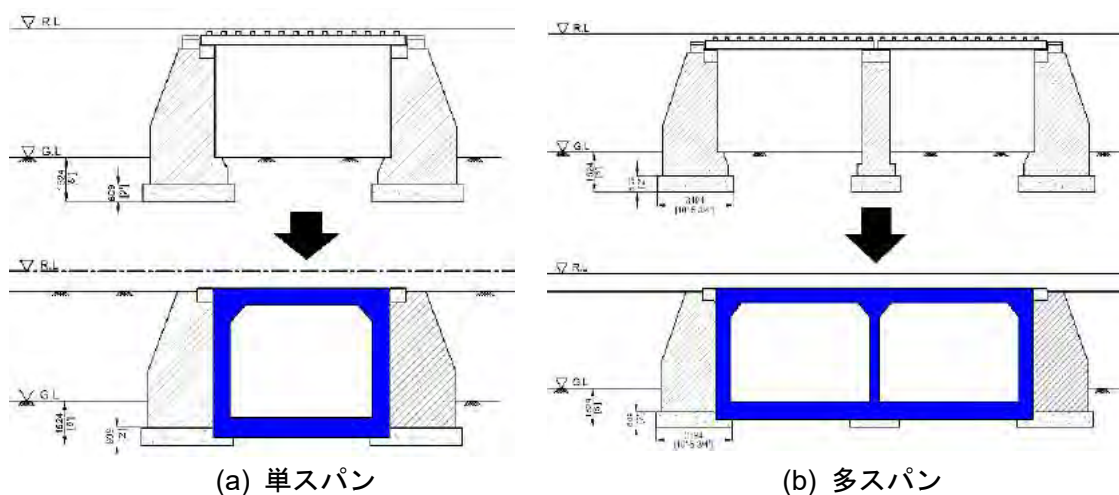
* 橋長 30m 以下

出典：JICA 調査団-

(3) 橋梁架替計画（フェーズⅠの思想に基づく）

1) ボックスカルバート（181 箇所程度を想定）

ボックスカルバートは、水路（Channel）と判定された箇所、且つ実橋梁長が 30m 未満となる箇所に採用する。また、下図に示す通り、既設橋台間に建設する。



出典：JICA 調査団

図 5.5.30 既設橋台間でのボックスカルバート建設

ここで、ボックスカルバートを採用する場合の特徴および長所について以下にまとめる。

➤ 特徴 (Characteristics)

- a) ボックスカルバートは既設橋台間に建設される。
- b) 既設橋台は残置される。
- c) 既設橋脚は撤去される。
- d) 多径間のボックスカルバートを全橋長に応じて適用する。
- e) ボックスカルバートの下床版上面と河床面のレベルを一致させる。
- f) 単線運行による片線施工とする（一部、複線運行による一括施工の可能性あり）。

➤ 長所 (Merits)

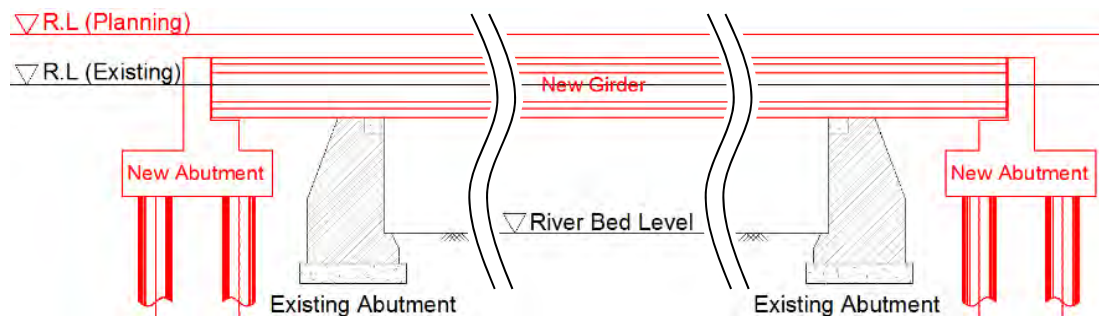
- a) 杭体を必要としない（部分的に、レール杭を使用する）。
- b) 支承部を必要としない。
- c) 既設橋台を撤去する必要がない。
- d) 既設橋台がボックスカルバートへのアプローチ区間における緩衝機能として働く。
- e) 新設の桁式橋梁と比較して、コストおよび施工性の面に優れる。
- f) 新設の桁式橋梁と比較して、構造的な機能や安全性の面で遜色がない。

2) 桁式橋梁 (27 箇所程度を想定)

桁式橋梁は、河川 (River) と判定された箇所、もしくは水路 (Channel) と判定された箇所、実橋梁長が 30m 以上となる場合に採用する。ここで、桁式橋梁の施工形態として、以下の 2 タイプが考えられる。

a) Type-1 (既設橋台背面への新設橋台設置タイプ)

本タイプは、現在線の上・下線間距離が大きく開いていない場合で、本線左右に支障物が存在する、もしくは周辺地盤が軟弱な場合に、単線運行を確保しながら、現平面線形からの改変を最小限に抑えることを目的に適用する。

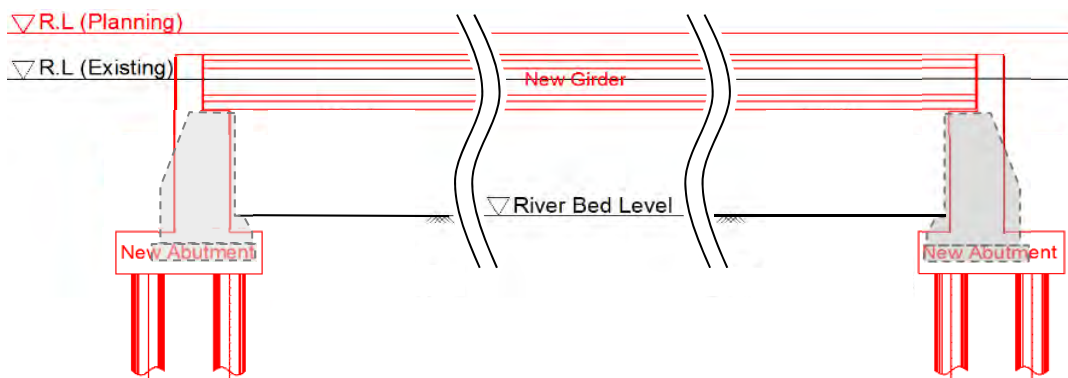


出典：JICA 調査団

図 5.5.31 Type-1 (既設橋台背面への新設橋台設置タイプ)

b) Type-2 (既設橋台位置への新設橋台設置タイプ)

本タイプは、現在線の上・下線間距離が大きく開いている場合や本線左右に支障物が存在せず、且つ周辺地盤が軟弱でない場合に、複線運行を確保しながら、段階的に単線もしくは一度に複線の橋梁を新設することを目的に適用する。これらの比較的大きな橋梁については、工事期間が数年に及ぶことから複線運行下での架設が前提となる。

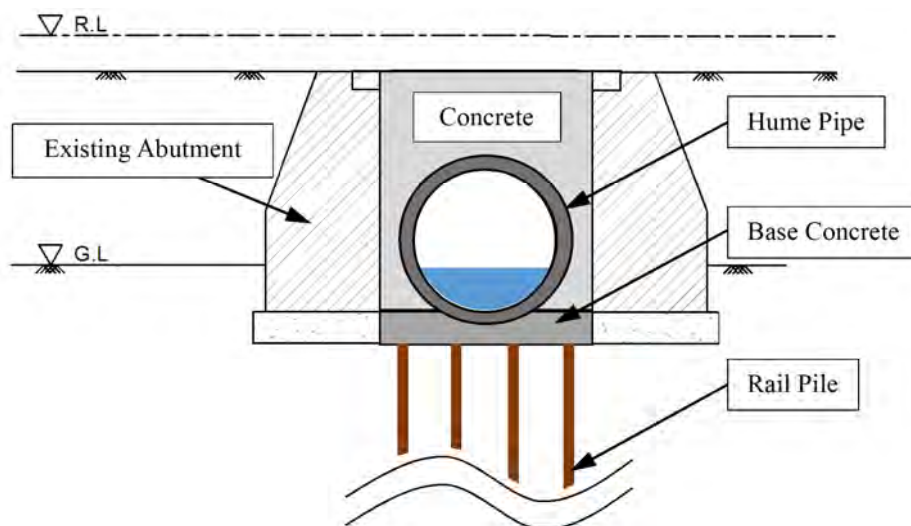


出典：JICA 調査団

図 5.5.32 Type-2 (既設橋台位置への新設橋台設置タイプ)

3) プレキャスト構造 (216 箇所程度を想定)

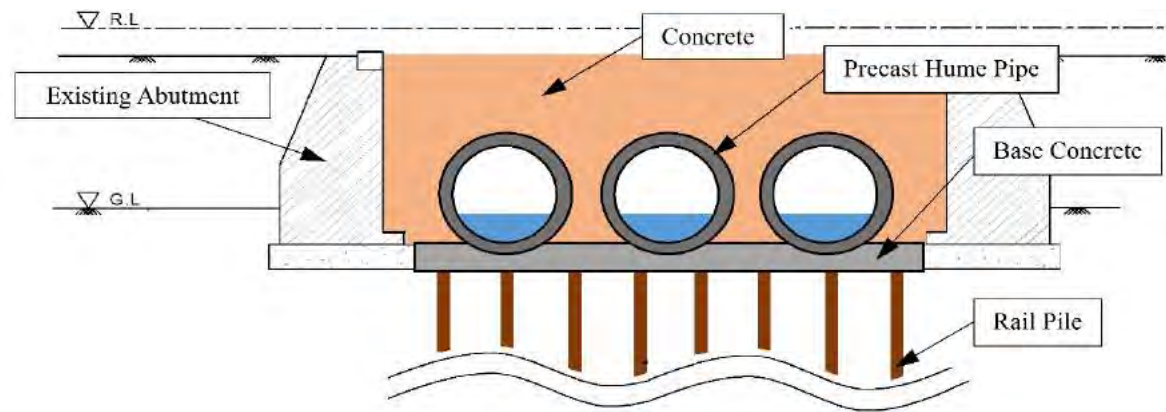
橋長 3m 程度の短い既設橋梁については、プレキャスト式のヒューム管等を用いた施工とする (下図参照)。



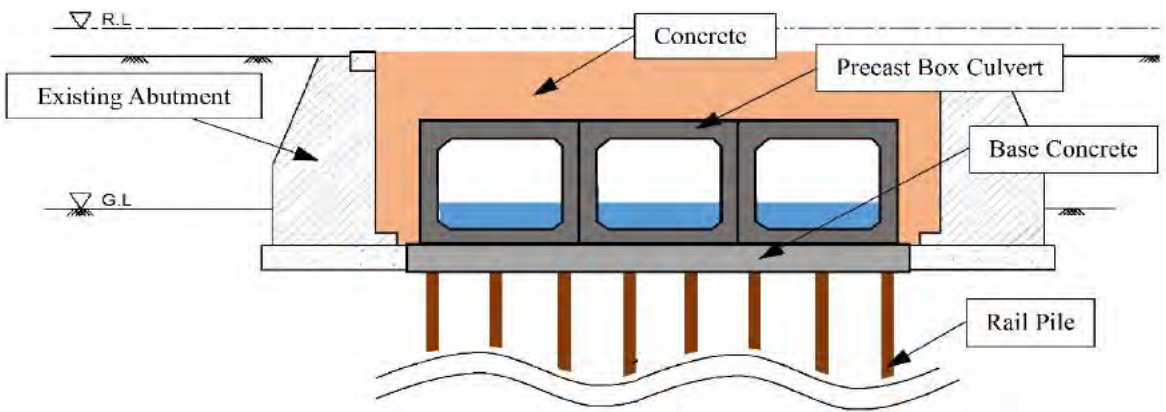
出典：JICA 調査団

図 5.5.33 プレキャストフューム管による施工

さらに、出水期（雨季）においても流量が少なく、流速の小さいことが目視確認できる比較的橋長の短い既設橋梁箇所については、場所打ちのボックスカルバートのみでなく、プレキャスト部材を横に並べて施工する案も考えられる。よって、これらの事象に関しては、詳細設計時に工費や工期のメリットを含めた適用性の検討を実施し、具体的な提案を行うこととする。



(a) 並列のプレキャストフューム管



(b) 並列のプレキャストボックスカルバート

出典：JICA 調査団

図 5.5.34 プレキャスト部材による並列施工

(4) 地質調査計画

フェーズⅡ詳細設計時には、地質調査作業による下記事項の確認が必要となる。

- (ア) 桁式橋梁の計画箇所における想定支持層線までの土層と土質
- (イ) ボックスカルバートの計画箇所における液状化判定深度 20m までの土層と土質
- (ウ) プレキャスト構造の計画箇所のうち、既存橋長 3m 以上における箇所での液状化判定深度 20m までの土層と土質

ここで、上記③以外のプレキャスト構造の計画箇所については、前後の地質調査結果に基づいて、工学的且つ経験的見地により判断する。

5.6 跨線橋

5.6.1 既存跨線橋の現況

現地調査により、タウングー駅～マンダレー駅間に存在している全ての既存跨線橋を目視確認すると共に、レーザー測定器を用いてレールレベル～桁下面のクリアランスを暫定的に計測した。

ここで、全ての既存跨線橋の概要およびクリアランスの計測値を示す。

- 跨線橋 1 (Yangon – Mandalay Expressway 交差部) (図 5.6.1 (a))

構造形式：合成版鋼桁橋

クリアランス：約 5.1m

- 跨線橋 2 (Land Thit Street 交差部) (図 5.6.1 (b))

構造形式：コンクリート桁橋

クリアランス：約 4.1m

- 跨線橋 3 (Chan Mya Malar Street 交差部) (図 5.6.1 (c))

構造形式：コンクリート桁橋

クリアランス：約 3.9m

- 跨線橋 4 (Yan Gyi Aung Street 交差部) (図 5.6.1 (d))

構造形式：コンクリート桁橋

クリアランス：約 4.0m

- 跨線橋 5 (マンダレー駅部) (図 5.6.1 (e))

構造形式：コンクリート桁橋

クリアランス：未測定



(a) 跨線橋 1



(b) 跨線橋 2



(c) 跨線橋 3



(d) 跨線橋 4



(e) 跨線橋 5

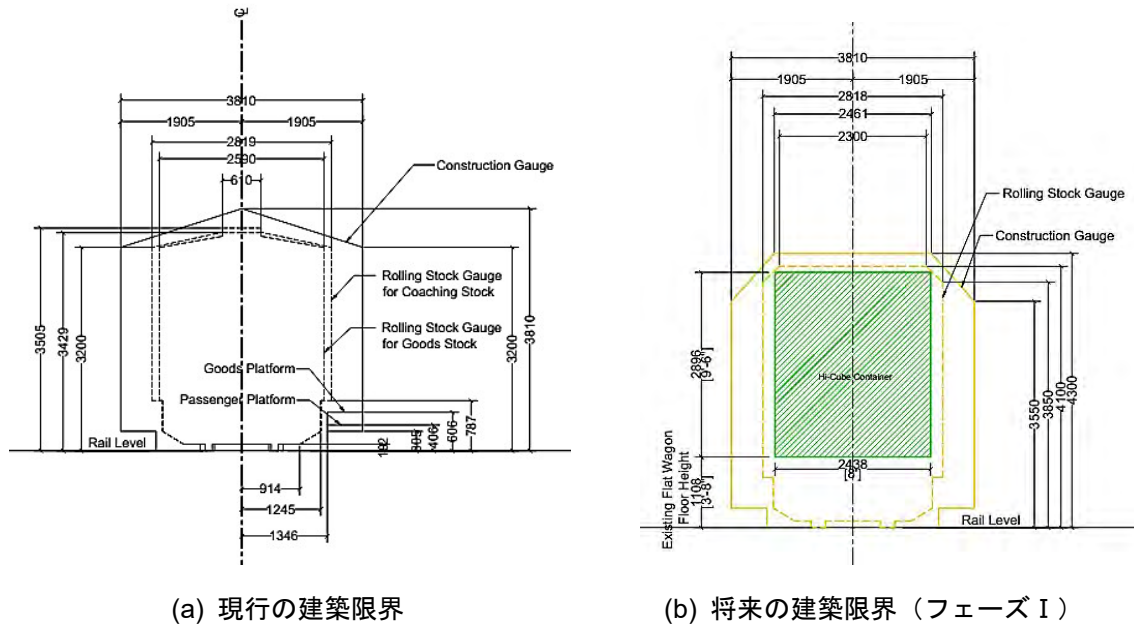
出典：JICA 調査団

図 5.6.1 跨線橋

5.6.2 既存跨線橋の今後

全ての跨線橋において、言うまでもなく、現行の建築限界（3,810mm）を満足する。また、将来対応の建築限界（4,300mm）の確保が要求される Myohaung 駅より南側に位置する跨線橋 1（Yangon – Mandalay Expressway）についても条件を満足していることから、本プロジェクトにおいては、全ての既存跨線橋を検討対象としなくてよいこととする。

ここで、現行およびフェーズ I における将来対応の各限界を図 5.6.2 (a)、(b) にそれぞれ示す。



(a) 現行の建築限界

(b) 将来の建築限界（フェーズⅠ）

出典：JICA 調査団

図 5.6.2 建築限界

5.7 土木付帯構造物（踏切信号、フェンス等）

本章は、土木付帯構造物である踏切、線路立入り防止フェンスなどの小土木構造物について述べたものである。

タウンゲー～マンダレー間には 200 箇所以上の公式踏切がある。安全性を考えるなら、公式の全ての踏切をその踏切のレベル（道路交通量など）に応じて改修することが望ましいので、すべての公式踏切を改修の対象とすることとする。

交通量が多い踏切では、通行止めや片側交互通行など道路交通への影響を最小化した改修工事を実施することが必要である。

また、列車の速度が遅い現状では、線路内に沿線の住民や家畜が線路内に入り込み、線路を生活道路の一部として使用している箇所も見受けられる。今後、軌道の改修に伴い列車の速度が向上すると、線路内への立入りが危険となるため、立入りを防止するフェンスの設置が課題となる。

5.7.1 土木付帯構造物の現状

(1) 踏切

タウンゲー～マンダレー間の踏切数を表 5.7.1 に示す。

表 5.7.1 タウンゲー～マンダレー間の踏切数

踏切のタイプ	踏切数
有人	98
無人	111
合計	209

出典：MR

上記の中には、非公式の踏切、いわゆる「勝手踏切」が多数含まれる。このような踏切は、沿線の住民が繰り返し線路を横断しているうちに、事実上の踏切となった箇所であるが、その中にはMRに踏切として半ば公認されているものもある。

1) 有人踏切

有人踏切には、踏切番が配置され、列車通過の前後に遮断機を開閉している。また、いくつかの踏切では、点滅式の警報機が設置されている。

踏切のガードレールの内側およびレール外側はアスファルトまたはコンクリートで舗装されているが、ところどころに穴が空いており、スムーズな道路交通の支障となっている。また踏切の前後は歩行者により軌道が踏み固められている。このことから、踏切内の軌道のメンテナンスが十分に行われていないものと思われる。

また、列車が接近すると職員により遮断機が閉じられるが、列車が通過する直前まで遮断機やフェンスの隙間を通り抜け踏切を横断するバイクや人が多数あり、職員もそれを許容している。

有人踏切の写真を図 5.7.1 に示す。



(a) ピンマナ踏切 (225 マイル 5-6/24)



(b) シンテ踏切 (251 マイル 4-5/24)

出典：JICA 調査団

図 5.7.1 有人踏切

2) 無人踏切

無人踏切は、道路側に標識があるだけで、遮断機、点滅式警報機などは設置されていない。

いくつかの踏切では、踏切板として線路内側に木まくらぎが置かれているが、多くはガードレールを設置せず、砂利で埋められている。無人踏切でも、有人踏切と同様、前後が歩

行者で踏み固められており、軌道のメンテナンスが十分に行われていないと思われる。

交差道路側の縦断勾配は、線路に対し凸型となっていることも多く、道路側からも鉄道側からも見通しがよくない。

非公式踏切は、全て無人踏切であり、標識は設置されておらず、軌道内もバラストのままである箇所がほとんどである。

また、公式、非公式に関係なく、踏切を横断する車、バイクは一時停止して安全確認を行うことはまったく行われていない。

無人踏切の写真を図 5.7.2 に示す。



(a) ピンマナ踏切 (226 マイル 11-12/24)



(b) ピンマナ踏切 (226 マイル 11-12/24)

出典：JICA 調査団

図 5.7.2 無人踏切

(2) 線路内立入防止フェンス

タウンゲー～マンダレー間のほとんどの区間で線路内立入防止柵は設置されていない。そのため、沿線の住民や家畜を連れた農家の人が線路内に自由に立入り、線路内を歩行している。

また、いくつかの駅では線路と線路の間にフェンスと跨線橋を設け、他のプラットフォームを行き来する乗客が線路を横断しないようにしているが、乗客のほとんどはフェンスの途中に設けられた職員用の通路あるいはフェンスの端部を回り込んで移動している。

MR で現在、使用されている、レンガ積みタイプおよび金網タイプの写真を図 5.7.3 に示す。



(a) レンガ積タイプ



(b) 金網タイプ

出典：JICA 調査団

図 5.7.3 レンガ積タイプおよび金網タイプ

現在、列車は 30~40km/h で運転されており、列車が接近してきても線路内にいる人が線路外に待避するまでの時間に余裕がある。しかし、列車の速度が 100km/h まで上がると、そのような余裕はなくなり、人身事故、場合によっては脱線などの重大な事故を起こしたりする可能性もある。

このような状況が生じることを防ぐため、線路内へ人や家畜が立入りするのを防止するためのフェンスが必要となっている。

(3) 線路諸標（距離標）

MR では、その路線の起点からの距離を示す単位として「マイル程」が使用されており、構造物や駅の位置、列車運転、運賃計算のベースに用いられている。「マイル程」では、1 マイル未満の距離は分数で表現され、構造物の位置は 1/24 マイル（約 67m）単位、駅の位置は 1/4 マイル（約 402m）単位で示されている。したがって、「マイル程」で示された構造物や駅の位置は、それほど正確な場所を示していないことになる。

また、「マイル程」を示す距離標は、1/24 マイルごとに設置されている通信柱が兼用しており、その中程にその通信柱の「マイル程」が表記されている。この通信柱は線路から 10m ほど離れた位置に建てられている。

5.7.2 土木付帯構造物に関する提案

(1) 踏切

踏切は、列車からだけでなく、道路交通からも荷重、衝撃、振動の影響を受けることから、他の箇所よりもメンテナンスの頻度が高くなる場所である。しかし、現在の踏切はまくらぎやバラストの上をコンクリートで舗装されていたり、砂利が盛られているため、踏切付近の軌道の変位や損傷に対するメンテナンスが十分に実施されておらず、列車の安全かつ高速運転を妨げる原因ともなる。

そこで、列車や道路の通行に大きな影響を与えることなく、素早く軌道のメンテナンスの実施が可能な踏切構造物への改良が必要である。また、道路側の交通が踏切内およびその前後で滞ることがないように、取付け道路の改良も合わせて必要である。

なお、踏切の改良にあたり、踏切の幅や種類（有人か無人か）は原則として現状のままとするが、設計前に道路側の計画との整合性を図り、道路管理者と協議を行う必要がある。

(2) 線路内立入防止フェンス

工費が高いため、MR 予算で MR 自身がフェンスを構築することを合意した。

(3) 線路諸標（距離標）

現在、多くの国の鉄道において、「キロ程」が使用されており、国際的な標準となっている。また、「キロ程」は 1m 単位でその位置が示され、「マイル程」に比べて、構造物や駅の位置をより正確に示すことができる。

したがって、JICA 調査団は、「マイル程」を維持しつつ「キロ程」の導入を推奨する。MR が古い「マイル程」から新しい「キロ程」へ移行するために時間を要することから、当面は、「キロ程」と「マイル程」を併用する。

「キロ程」の距離標は、「マイル程」と混同を避けるため、「マイル程」の距離標と線路を挟んだ反対側の、列車の運転席から視認しやすい場所に設置する。また、距離標は 1km ごと、500m ごと、100m ごとなどの間隔で、現地の実情に合わせて設置する。

(4) 土木付帯構造物の概略設計のまとめ

土木付帯構造物の概略設計に関して、Appendix 5.7.1 に示すように、YM フェーズ 1 プロジェクトと同じコンセプトでミャンマー国鉄と合意した。

5.8 信号司令棟と運転指令室（OCC）

5.8.1 信号司令棟と運転指令室の現状

(1) 信号司令棟

現在、フェーズ 2 区間の信号司令棟はタージュー駅、ピンマナ駅、ミョウハン駅、マンダレー駅の 4 駅に設置されている。これらの信号司令棟の構造形式は、基礎や柱、床等は鉄筋コンクリート造で、壁はれんが造である。規模は 2 階建と 3 階建てのタイプがある。タージュー駅は乗換跨線橋と同じ高さにあり、ピンマナ駅やミョウハン駅、マンダレー駅は軌道脇にある。これらは築約 50 年以上が経過しており、屋根からの漏水や外壁の仕上げが剥離している状態である。これらの信号司令棟には、空調設備は設置されていない。また、職員用のトイレも設置されていない。



出典：JICA 調査団

図 5.8.1 信号司令棟

(2) 運転指令室

運転指令室はタウンゲー駅、ネピドー駅、タージュー駅、マンダレー駅の4駅にある。運転指令室はいずれも、駅舎内にある。ネピドー駅及びマンダレー駅は、駅舎が近年建て替えられており、運転指令のために快適な環境が整っている。しかし、タウンゲー及びタージューの駅舎は老朽化が激しく、空調設備がない中で運転指令業務を行っている。



出典：JICA 調査団

図 5.8.2 運転指令室

(3) 通信機器室の現状と改修

各駅に通信機器室の建屋があるが、屋根や天井などの損傷が著しい。また、空調設備は機能していない。現地調査の結果、柱や壁にクラックや破断などがあり、建て替えが必要な通信機器室は6棟ある。通信機器室の現状を表 5.8.1 に示す。

表 5.8.1 通信機器室の状況

No.	Station Name	Condition of OFC Huts	No.	Station Name	Condition of OFC Huts
39	KYEDAW		67	INGYINKAN	
40	KYUNGON	Damage of eaves	68	SHWEDA	Damage of eaves
41	KAYTUMADI		69	PYAWBWE	Damage of eaves
42	YEDASHE		70	SHANYWA	Damage of eaves
43	KONGYI		71	NYAUNGYAN	Crack of column and wall
44	SWA		72	NWATO	rack of wall
45	THARGAYA	Damage of eaves	73	THAZI	Damage of eaves
46	THARYARGON		74	YWAPALE	Crack of column and wall
47	MYOHLA		75	HANZA	
48	YENI		76	DAHATTAW	
49	TAWUTI	Damage of eaves	77	THEDAW	
50	HTEININN		78	KHINBAN	
51	ELA		79	SAMON	
52	PYAYWUN	Damage of eaves	80	ODOKKON	
53	PYINMANA		81	THABYETAUNG	Crack of wall and damage of eaves
54	YWADAW		82	KUME LAN	Damage of eaves
55	NAYPYITAW		83	MYITTHAR	
56	KYIDAUNGAN		84	MINZU	
57	PYOKKWE		85	KYAUKSE	
58	SINBYUGYUN		86	BELIN	
59	SHWEMYO		87	SINGAING	Damage of eaves
60	SINTHE		88	PALEIK	
61	TATKON		89	MYITNGE	
62	MAGYIBIN	Damage of eaves	90	TAGUNDAING	
63	NYAUNGLUN	Damage of ciling	91	MYOHAUNG	
64	HNGETTHAIK	Damage of eaves	92	SHANZU	
65	INGON		93	MANDALAY	
66	YAMETHIN	Damage of eaves			

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.8.3 損傷の著しい通信機器室

5.8.2 フェーズ 2 の改良方針と設計方針

(1) 信号司令棟

信号装置の更新に伴い、新たに信号司令棟を建設する必要がある。各駅の信号司令棟を表 5.8.2 に示す。しかし、ネピドー駅の信号司令棟については、ミャンマー国鉄より既存の信号司令棟を使用するように要求されている。この信号司令棟は、フリーアクセスフロアに改修する必要がある。また、既存の信号司令棟の解体は行わない事を第 5 回 TAC 会議にて MR と合意している。

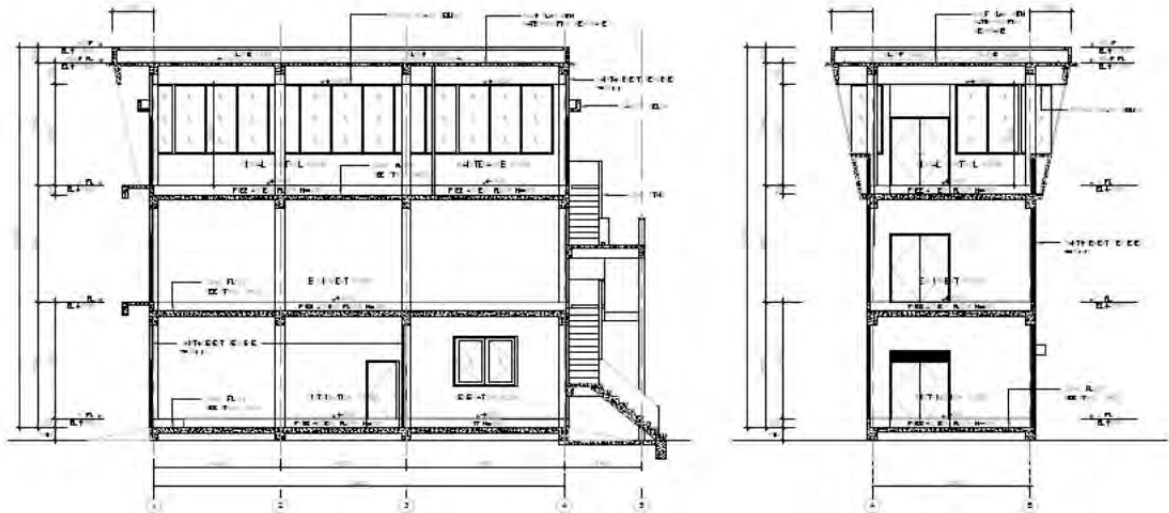
表 5.8.2 信号司令棟一覧

No.	Station Name	Construction Building					Renovation (Free Accesfloor FL+300 etc.)		
		3 Story	2 Story	1 Story			1 Story	MSH	General OCC
		Signal Cabin Type3-A MSH 15mx6.5 mx3F =292m ²	Signal Cabin Type2-A MSH 15mx6.5 mx2F =195m ²	Signal Cabin Type1-B SSH 15mx6.5m x1F=97.5 m ²	Signal Cabin Type1-A 15mx6.5m x1F=97.5 m ²	Signal Power House 5mx7mx 1F=35m ²	SSH 4mx10m =40m ²		
38	TAUNGGOO								
39	KYEDAW				1				
40	KYUNGON				1				
41	KAYTUMADI								
42	YADASHE				1				
43	KONGYI				1				
44	SWA				1				
45	THARGAYA				1				
46	THARYARGON								
47	MYOHLA				1				
48	YENI				1				
49	TAWUTI				1				
50	HTEININN								
51	ELA				1				
52	PYAYWUN				1				
53	PYINMANA		1	1					
54	YWADAW				1				
55	NAYPYITAW					2	2	1	1
56	KYIDAUNGKAN				1				
57	PYOKKWE				1				
58	SINBYUGYUN				1				
59	SHWEMYO				1				
60	SINTHE				1				
61	TATKON				1				
62	MAGYIBIN				1				
63	NYAUNGLUN				1				
64	HNGETTHAIK				1				
65	INGON				1				
66	YAMETHIN				1				
67	INGYINKAN				1				
68	SHWEDA				1				
69	PYAWBWE				1				
70	SHANYWA				1				
71	NYAUNGYAN				1				
72	NWATO				1				
73	THAZI	1		1					
74	YWAPALE				1				
75	HANZA				1				
76	DAHATTAW								
77	THEDAW				1				
78	KHINBAN				1				
79	SAMON				1				
80	ODOKKON								
81	THABYETAUNG				1				
82	KUME LAN				1				
83	MYITTHAR				1				
84	MINZU				1				
85	KYAUKSE				1				
86	BELIN				1				
87	SINGAING				1				
88	PALEIK				1				
89	MYITNGE				1				
90	TAGUNDAING				1				
91	MYOHAUNG		1	1					
92	SHANZU								
93	MANDALAY	1		1					

出典：JICA 調査団

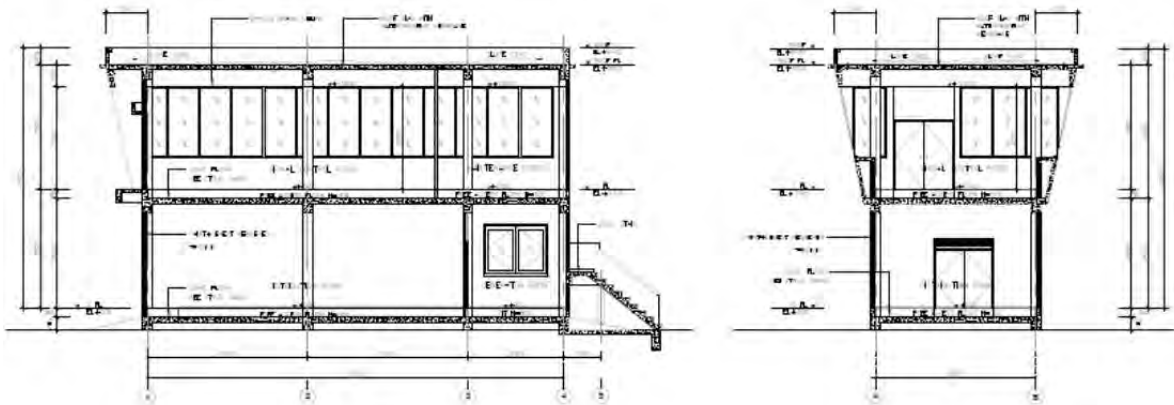
フェーズ1の信号司令棟は、建物規模や部屋レイアウトによってType-1からType-3までである。フェーズ2ではフェーズ1の仕様と一貫性を保つことを原則としている。フェーズ2でも建物は3Typeあり、延床面積は電気設備を設置するため、表5.8.2に示す規模としている。信号司令棟はミャンマー国鉄のメンテナンス事情などを勘案し、できるだけ現地に普及した材料や施工方法を推奨する。構造仕様は以下の通りである。

- 構造設計で考慮する荷重
 - 死荷重、床活荷重、屋根活荷重、風過重、地震荷重
- 電気設備設計
 - 動力設備、照明設備、コンセント設備
- 機械衛生設備
 - 給水設備、排水設備、衛生設備、空調設備、換気設備、消火設備



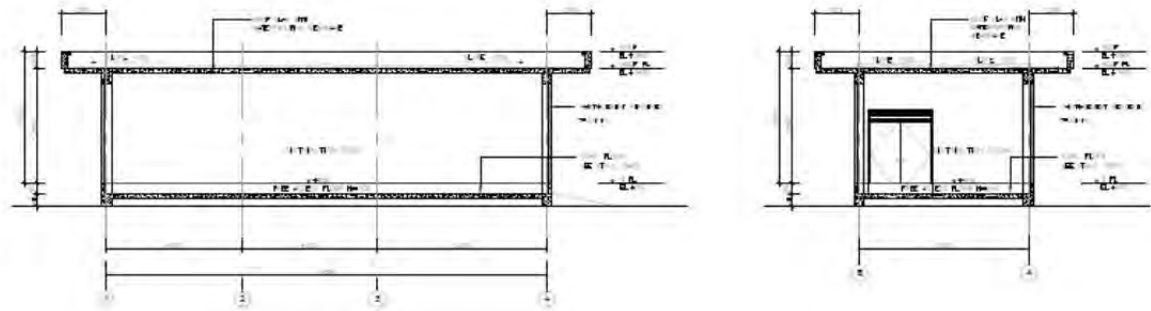
出典：JICA 調査団

図 5.8.4 信号司令棟 タイプ3



出典：JICA 調査団

図 5.8.5 信号司令棟 タイプ2



出典：JICA 調査団

図 5.8.6 信号司令棟 タイプ1

信号司令棟の建設費用については、表 5.8.3 に示す通りである。この費用には、建築工事、杭工事、下水工事、電気工事、空調工事、配管工事を含んでいる。

表 5.8.3 信号司令棟の費用

(Unit : million)

Type of Signal Cabin	Cost (MMK)	Type of Signal Cabin	Cost (MMK)
Type3-A	133	Type1-B	53
Type2-A	100	Signal Power House	53
Type1-A	53	Renovation	53

出典：JICA 調査団

信号司令棟の建設に伴い、水道タンクや倉庫などの支障移転が生じる可能性がある。そのため、建設位置は詳細設計にてミャンマー国鉄と協議を行い決定する。

(2) 運転指令室

第 3 回 TAC 会議にて、タウンゲー、タージュー、マンダレーの運転指令室は、新設する信号司令棟内に設置する事をミャンマー国鉄より要求された。ネピドーは、現在の運転指令室を改修し使用する。また、ミャンマー国鉄本部事務所内の一部を改修し、総合運転指令室を設置する。タウンゲー駅、タージュー駅は、駅舎の建替えが要求されているため、詳細設計では運転指令室を駅舎内に配置する事を検討する。

タウンゲー駅、タージュー駅は、詳細設計で運転指令室を駅舎内に配置する事を検討する

(3) 通信機器室

第 10 回 TAC 会議にてミャンマー国鉄より、新築する信号司令棟内に通信機器を設置する要求があった。そのため、現在の通信機器室については改修や解体を行わない。

(4) 踏切小屋

踏切の設置に伴い、踏切用の機器を保護するための小屋を設置する。設置場所は表 5.8.4 に示す通りである。

表 5.8.4 踏切小屋の設置場所

No.	Sta. No.	Station		Mileage		No.	Sta. No.	Station		Mileage	
		From	To	From	To			From	To	From	To
1		TAUNGOO	KYEDAW	166/22	23	41	66	YAMETHIN		274/14	15
2		TAUNGOO	KYEDAW	167/9	10	42				274/17	18
3	39	KYEDAW		171/13	14	43				275/4	5
4	40	KYUNGON		175/6	7	44		YAMETHIN	INGYINKAN	276/21	22
5	42	YEDASHE		182/21	22	45		SHWEDA	PYAWBWE	284/11	12
6				183/9	10	46	69	PYAWBWE		287/12	13
7		YEDASHE	KONGYI	184/13	14	47	71	NYAUNGYAN		299/4	5
8	43	KONGYI		186/22	23	48	73	THAZI		305/12	13
9	44	SWA		191/5	6	49	74	HANZA		315/11	12
10	45	THARGAYA		195/15	16	50	77	THEDAW		322/6	7
11	47	MYOHLA		201/8	9	51	78	KHINBAN		325/24	25
12	48	YENI		206/2	3	52				326/7	8
13				206/14	15	53				79	SAMON
14	49	TAWUTI		209/3	4	54	81	THABYETAUNG		336/10	11
15				210/2	3	55	82	KUME LAN		341/7	8
16		TAWUTI	ELA	210/23	24	56	83	MYITTHAR		346/10	11
17		HTEININN	ELA	214/20	21	57				346/18	19
18	51	ELA				58	84	MINZU		352/3	4
19	53	PYINMANA		224/16	17	59	85	KYAUKSE		358/8	9
20				225/5	6	60				358/21	2
21				225/8		61				359/4	5
22				225/9	10	62				359/17	18
23				225/22	23	63				86	BELIN
24		PYINMANA	YWADAW	227/2	3	64	87	SINGAING		368/10	11
25		PYINMANA	YWADAW	228/18	19	65				368/20	21
26	54	YWADAW		229/18	18	66		SINGAING	PALEIK	371/14	15
27	55	NAYPYITAW		233/21	22	67	88	PALEIK		374/3	4
28	56	KYIDAUNGAN		234/23	24	68	89	MYITNGE		376/7	8
29				235/7	8	69				376/20	21
30				KYIDAUNGAN	PYOKKWE	236/17				18	70
31	57	PYOKKWE		240/2	3	71	90	TAGUNDAING		379/13	14
32	60	SINTHE		250/24	25	72				380/18	19
33				251/16	17	73					TAGUNDAING
34	61	TATKON		253/2	3	74	92	SHANZU	MANDALAY	383/18	19
35				253/11	12	75		SHANZU	MANDALAY	384/10	11
36				253/21	22	76		SHANZU	MANDALAY	384/13	14
37					MAGYIBIN	NYAUNGLUN	259/12	13	77		SHANZU
38	63	NYAUNGLUN		261/3	4	78		SHANZU	MANDALAY	384/17	18
39				261/14		79		SHANZU	MANDALAY	384/21	22
40	64	HNGETTHAIK		267/15	16						

出典：JICA 調査団

踏切小屋の建設費用については、表 5.8.5 に示す通りである。この費用には、建築工事、杭工事、盛土工事(1.5m)を含む。第 10 回 TAC 会議にて、ミャンマー国鉄と建設費用について同意しているが、詳細設計にて減額のための検討を行う。

表 5.8.5 踏切小屋の費用

(Unit : million)

Item	Cost (MMK)
Machine huts (10mx5m=50m ²)	26

出典：JICA 調査団

5.8.3 詳細設計での必要調査

信号司令棟の詳細設計では、下記の検討を行う。

表 5.8.6 必要検討項目一覧

対象建物	検討項目	検討内容
信号司令棟	敷地調査	建築場所を決定するため、ミャンマー国鉄や信号及び通信部門と建設予定地の状況を確認する。
	地盤調査(地質調査)	建物の基礎検討材料とするため、地中の状況を確認する。
	上下水道調査	上下水設備の設置検討材料とするため、周辺の上下水道の設置状況やそのシステムを確認する。井戸の場合は、利用状況や水質などを確認する。
	電気・通信調査	電力及び通信会社に建設予定地の供給状況について確認する。

※地盤調査は客観的データの収集の観点から外部委託により行う事とする。

5.9 駅舎

5.9.1 駅舎既存駅舎の調査

(1) 調査概要

本現地調査は、下記概要にて実施した。

- 調査日程：2017年5月15日～23日、7月5日～7日(MR 職員同行)
- 調査日数：計 10 日間
- 調査駅数：55 駅
- 調査方法：目視調査及び駅員への聞き取り調査
- 調査目的：
 - 既存駅舎及びプラットフォーム屋根の現況把握
 - 駅周辺及び、構内の現況把握

- 駅設備の確認
- 駅の使用状況の把握

(2) 調査駅

調査駅リストを表 5.9.1 に示す。また、調査駅の詳細については Appendix5.9 駅舎調査に示す。

表 5.9.1 駅舎のタイプと設備

No	Sta. No.	Express Stop	Station Name	Main Structure A: Woon B: Brick C: Concrete	Total Floor Area (m ²)	Length of Platformroof (m)	Remark
	38	○	TAUNGOO	B	1,500	200	
1	39		KYEDAW	B	109		
2	40		KYUNGON	B	120		
	41		KAYTUMADI	B			To be abolished
3	42	○	YEDASHE	A	147	35	
4	43		KONGYI	B	120		
5	44	○	SWA	A	190	30	
6	45		THARGAYA	A	108		
	46		THARYARGON		19		To be abolished
7	47	○	MYOHLA	B	150	20	
8	48	○	YENI	A	120	35	
9	49	○	TAWUTI	A	126	25	
	50		HTEININN				To be abolished
10	51	○	ELA	A	96	35	
11	52		PYAYWUN	B	120		
12	53	○	PYINMANA	C	450	420	
13	54		YWADAW	A	78	50	
14	55	○	NAYPYITAW	C	2,500		
15	56		KYIDAUNGGAN	A	120	25	
16	57		PYOKKWE	A	96	20	
17	58		SINBYUGYUN	B	120	20	
18	59		SHWEMYO	A	97	25	
19	60		SINTHE	A	150		
20	61	○	TATKON	A	169	70	
21	62		MAGYIBIN	B	120		
22	63		NYAUNGLUN	B	120		
23	64		HNGETTHAIK	A	120		
24	65		INGON	B	120		
25	66	○	YAMETHIN	C	280	85	
26	67		INGYINKAN	B	113		
27	68		SHWEDA	B	120		
28	69	○	PYAWBWE	C	200	85	
29	70		SHANYWA	B	118		
30	71	○	NYAUNGYAN	A	98	50	
31	72		NWATO	B	118		
32	73	○	THAZI	B	1,350	275	
33	74		YWAPALE	B	111		
34	75		HANZA	B	230		
	76		DAHATTAW	C	12		To be abolished
35	77	○	THEDAW	A	126	70	
36	78		KHINBAN	B	118		

No	Sta. No.	Express Stop	Station Name	Main Structure A: Woon B: Brick C: Concrete	Total Floor Area (m ²)	Length of Platformroof (m)	Remark
37	79		SAMON	B	118		
	80		ODOKKON	A	25		To be abolished
38	81		THABYETAUNG	B	115		
39	82		KUME LAN	B	230		
40	83	○	MYITTHAR	A	108	50	
41	84		MINZU	B	97		
42	85	○	KYAUKSE	B	174	80	
43	86		BELIN	B	118		
44	87		SINGAING	B	118		
45	88		PALEIK	A	97	30	
46	89		MYITNGE	A	126	50	
47	90		TAGUNDAING	B	117		
48	91	○	MYOHAUNG	A	120	50	
49	92		SHANZU	A	136	20	
50	93	○	MANDALAY	C	15,000	280	

出典：JICA 調査団

5.9.2 駅舎の現況

フェーズ2 区間には 55 の駅がある。5.1 の運転計画では、以下の 5 駅の廃止を提案しており、これらを除くと全 50 駅となる。

【キェトウマディ、ターヤーゴン、ティンイン、ダハットー、オウトッコン】

タウングー～マンダレー間は、イギリスの植民地下であった 1889 年 3 月 1 日に開通している。これらの中でも、マンダレー駅は 2001 年、ネピドー駅は 2009 年に駅舎が改築されているが、中規模都市であるタージュー駅やその他の多くの駅舎は開通当時に建設された建物である。そのため、正確な築年数は不明で、図面も残っていない。

(1) 駅舎の規模

駅舎の規模は延床面積で 3 つに類型することができる。一つ目は、延床面積 500m² 以上の駅舎で多くの急行停車駅が該当する大規模駅舎。二つ目は、延床面積 100m² 以上の駅舎で大半の駅舎が該当する中規模駅舎。三つ目は、延床面積 100m² 未満の駅舎の小規模駅舎。

(2) 駅舎の構造と建築仕様

目視による調査の結果、駅舎の主要構造は木造とレンガ造、コンクリート造に類型することができる。

1) 木造駅舎

木造の駅舎は、軸組工法で造られており、柱は 100～150mm 角、梁は 50×100mm 前後である。基礎はレンガ及びコンクリート、壁はレンガや木板である。一部の駅舎には、柱や基礎に欠けやクラックがある。これらの駅舎は、現在の固定荷重及び、地震荷重が加わった際には崩壊する恐れがある。また、屋根は瓦葺きや波板合板葺きである。一部の駅舎の屋根は、垂木の腐食や瓦の割れがあり、風や地震などで落下する恐れがある。



図 5.9.1 ターガヤ駅



図 5.9.2 ニャウヤン駅



出典：JICA 調査団

図 5.9.3 不同沈下



図 5.9.4 基礎のクラック

2) レンガ造駅舎

レンガ造の駅舎は、基礎や柱がレンガ、柱間の梁や庇、一部の屋根はコンクリートで造られていると思われる。屋根は木造トラス工法の波板合板葺きである。多くのレンガ造の駅舎の柱や梁、壁、床にクラックや破断がある。これらの多くは、自重の影響による、不同沈下であると推察することができる。これらの主要構造に、どの程度の鉄筋やコンクリートが使用されているのか不明である。大きな破断は約 3～5cm あり、崩壊の恐れがあるため、ミャンマー国鉄との TAC 会議（2017 年 6 月 8 日）を通じて、至急各駅の現状調査、補修に着手するように助言を行った。

100 年以上前に建設されたとされるタージュー駅やその他いくつかの駅では、大梁に鉄骨が使用されており、イギリス植民地時代に建造された事がよく理解できる。



図 5.9.5 プィーウン駅



図 5.9.6 ターギー駅の鉄骨構造部



出典：JICA 調査団

図 5.9.7 シャンユア駅の天井崩落



図 5.9.8 インギンガン駅のクラック

3) 鉄筋コンクリート造駅舎

近年に建てられた、ネピドー駅とマンダレー駅は鉄筋コンクリート造である。特に、マンダレー駅は下層部に駅、上層部にホテルがあり、複合駅ビルとなっている。これらの駅舎も、スラブコンクリートの剥離や床タイルの浮きなどがみられ、建物の維持管理がされていない。また、その他の鉄筋コンクリート造の駅舎も、天井スラブや庇にクラックがあり、漏水による構造体の劣化が懸念される。



出典：JICA 調査団

図 5.9.9 マンダレー駅

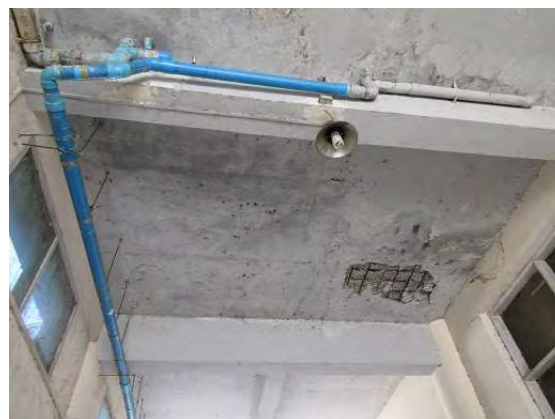


図 5.9.10 コンクリートの剥離

4) 建築の仕様

多くの駅舎の屋根は木造トラス工法の波板合板葺きや鉄筋コンクリートで造られている。また、建具などは木製である。しかし、近年に建てられた、ネピドー駅とマンダレー駅のドアや窓はアルミ製である。すべての駅の建具において、防虫対策用の網戸や防犯用の鉄格子などはない。

(3) 駅舎の電気設備

多くの駅は電力を確保できているが、いくつかの駅は周囲に集落もないため、電力が確保できていない。これらの駅においては、太陽光やジェネレーターを使用し発電している。

1) 配電設備

駅舎の配電設備は、事務所内に設置された木板の配電盤と壁配線によって、照明やコンセントに利用している。

2) 照明設備

照明設備は、事務所には常設されている。その他、乗客待合エリアやプラットフォーム屋根にも設置されているが、その設置数は少なく、機能していないところも多くある。そのため、夜間の駅舎及びプラットフォームは暗い。

3) コンセント設備

コンセント設備は、電力を確保できている駅には設置されている。



出典：JICA 調査団

図 5.9.11 プラットフォーム照明設備



図 5.9.12 配電及びコンセント設備

(4) 駅舎の機械設備

1) 給水設備

急行停車駅は、井戸とポンプがあり、トイレ排水や清掃に使用している。その他の多くの駅は、井戸がないため、駅員宿舎の井戸を生活用水として使用している。

2) 排水設備

公共トイレの排水は、セプティックタンク（腐敗槽）でろ過した上、排水路へ放流もしくは地下へ浸透させている。

3) 消火設備

駅舎には消火器が備え付けられ、火災時には初期消火が可能となっている。

4) 空調設備

駅舎には、駅員及び乗客のための空調設備はない。しかし、ネピドー駅とマンダレー駅の輸送指令室にはエアコンが設置されている。



出典：JICA 調査団

図 5.9.13 井戸



図 5.9.14 消火設備

(5) 駅の諸室

駅舎の諸室については表 5.9.2 に示す通りである。大半の駅舎内の諸室は、駅員事務室、チケットカウンター、旅客待合エリアで構成されている。ターミナル駅となる大規模駅舎では、鉄道警察の事務室や輸送指令室がある。

表 5.9.2 駅の諸室

駅舎の規模	駅舎内の諸室
大規模駅舎	<ul style="list-style-type: none"> ・ 駅員事務室 (鉄道警察の事務室) ・ チケットカウンター ・ 旅客待合エリア ・ 駅員宿舎
中規模駅舎	<ul style="list-style-type: none"> ・ 駅員事務室 ・ チケットカウンター ・ 旅客待合エリア
小規模駅舎	<ul style="list-style-type: none"> ・ 待合所



出典：JICA 調査団

図 5.9.15 駅舎事務室



図 5.9.16 チケットカウンター

(6) 駅の設備施設

駅の設備施設については、表 5.9.3 に示す通りである。急行停車駅（大規模駅や一部の中規模駅）の駅前には駐車場や駅前広場がある。また、急行停車駅は駅の利用人数も多いことから、駅構内には公衆トイレや売店がある。

ほとんどの駅の周辺には駅員用の宿舎があり、そこに駅員は家族と共に居住している。宿舎には井戸やトイレがあるが、それを乗客が利用することはできない。

表 5.9.3 駅の設備施設

駅舎の規模	駅構外	駅構内
急行停車駅	<ul style="list-style-type: none"> ・ 駐車場 ・ 駅前広場 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 公衆トイレ ・ 売店 ・ 水飲み場
その他の駅		<ul style="list-style-type: none"> ・ 水飲み場



出典：JICA 調査団

図 5.9.17 公衆トイレ



図 5.9.18 売店

(7) その他の設備

駅名板はプラットフォームの両端に合計2か所、英語で表記されている。また、駅舎の屋根部分にミャンマー語でも表記されている。時刻表はミャンマー語のみの表記で主にチケットカウンター付近に掲示されている。室名の表示板は、主要駅の事務室や公衆トイレに掲示されている。しかし、そこまで案内するための標識はない。



出典：JICA 調査団

図 5.9.19 時刻表



図 5.9.20 駅名板

(8) プラットフォーム屋根

多くの駅のプラットフォーム屋根には、レール材が使用されている。しかし、屋根材料が損傷している。また、プラットフォームの一部のみに屋根がある。そのため、強い日差しや雨天時の時に、乗客はプラットフォーム屋根の下で電車を待っている。また、日陰で風通しがよいため、ベンチが設置され、乗客待合所としても使用されている。

フェーズ1と同様に、軌道線形の決定と車両計画によって、建築限界が決定される予定である。この建築限界に抵触するプラットフォーム屋根がある駅があり、屋根の切断が必要となる。



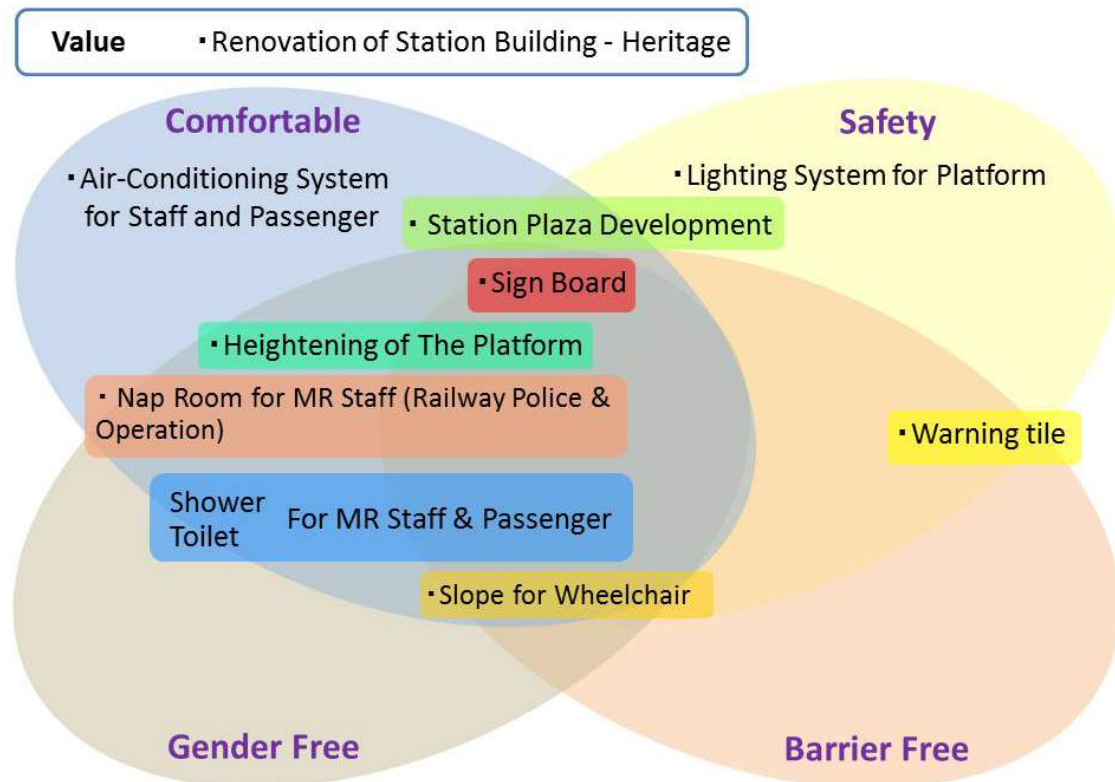
出典：JICA 調査団

図 5.9.21 プラットフォームの現況

5.9.3 駅舎の改善提案

駅舎は旅客・貨物の鉄道輸送拠点である。そのため、鉄道改良及び近代化事業によって大幅な輸送需要の拡大が期待できる。このことから、改善のための四つの視点を設定した。

- 快適性
- 安全性
- ジェンダーフリー
- バリアフリー



出典：JICA 調査団

図 5.9.22 改良コンセプト

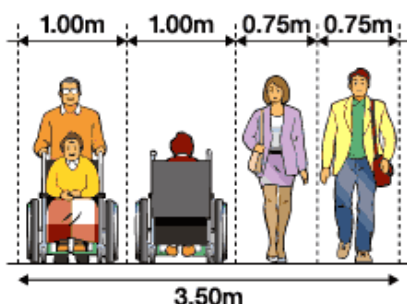
駅舎は、高齢者や障害者をはじめとした、多様な利用者のニーズに応えなければならない。また、駅員スタッフの職場環境改善にも配慮して、以下の整備項目をミャンマー国鉄に提案した。

(1) 駅の土木構造（乗客用プラットフォーム、踏切、雨水排水システム）

駅における土木構造の概略設計については、Appendix 5.9に示されているように、YM フェーズ1プロジェクトと同じコンセプトでミャンマー国鉄と合意した。

(2) 車椅子用スロープ

駅舎には車椅子を考慮した設備がない。唯一、マンダレー駅にはエレベーターやエスカレーター設備があるが、エスカレーターは機能していないため、乗客は使用できていない。また、エレベーターも全プラットフォームに設置はされていない。そのため、外部から列車まで車椅子によるアクセスを可能にするための斜路を設置する。また、その幅員は車椅子の通行を考慮する。



出典：JICA 調査団

図 5.9.23 通路幅員

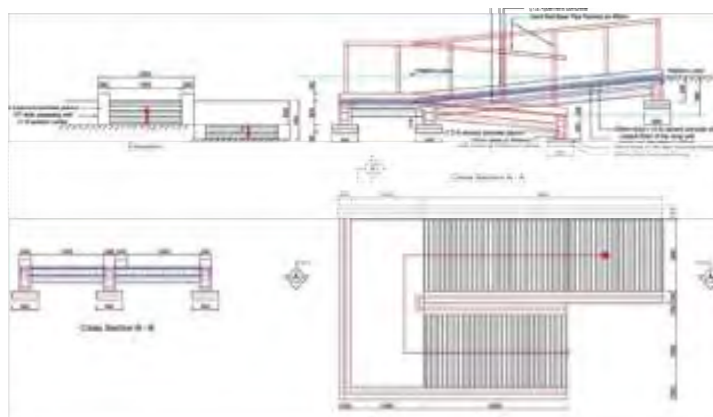


図 5.9.24 車椅子用スロープ

(3) 警告ブロック

警報ブロックは、乗客と列車の接触を避けるため、プラットフォームの床に設置する。



出典：JICA 調査団

図 5.9.25 警告ブロック

(4) 案内表示板

乗客の利便性向上と外国人に情報提供を行うため、駅に案内表示を設置する。



出典：JICA 調査団

図 5.9.26 サイン



出典：JICA 調査団

図 5.9.27 駅名表示板と案内表示板

(5) 照明設備

現在、夜間のプラットフォームは照明設備が少なく暗いため、大変危険である。そのため、プラットフォームに照明灯を設置し、列車への乗り降りや列車通過の際の危険を回避する。



出典：JICA 調査団

図 5.9.28 照明灯

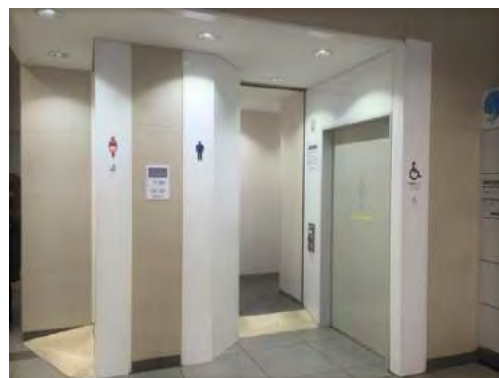


図 5.9.29 駅トイレ

(6) 駅トイレ・シャワー

主要駅には公衆トイレがある。一回の使用は、100 チャットで、シャワーも併設されている。これらの公衆トイレは、清掃と利用管理はされている。しかし、保守管理がされていないため、老朽化が激しい。また、トイレが設置されている駅は少なく、列車を利用する旅客にとっては非常に不便である。そのため、公共トイレ・シャワーを設置する。

(7) 空調設備

駅舎には、駅員及び乗客のための空調設備はない。高温多湿な気候の中で、駅職員は列車運行業務を行っている。また、乗客も日陰となるプラットフォームや駅舎内のベンチで、列車を待っている。駅員と乗客の快適性を確保する為に、駅舎にエアコンを設置する。

(8) 仮眠室

列車は夜中も運行されているため、駅員用の仮眠室を設置する。特に、ジェンダーフリーの観点から、男女別の仮眠室を設置する。健康的な業務環境を確保する事で、安全な列車運行ができる。

5.9.4 駅舎の改修

(1) 駅舎

1) 駅舎の選定

JST の調査により、主要構造部にクラック及び破断がある駅舎は 20 駅確認できた。この内、いくつかの駅は倒壊する可能性があると言えるほど、危機的な状態である。この状態については、合同調査でミャンマー国鉄側と一緒に確認をし、第 4 回と第 5 回の TAC 会議にて報告をしている。しかし、駅舎の改修は、ミャンマー国鉄よりタウンゲー、ユエダーシェー、ピンマナ、ヤメティン、タージイー、キョッセ、ミョウハウン駅の 7 駅が指定された。



出典：JICA 調査団

図 5.9.30 倒壊の可能性がある駅舎

2) 駅の施設

駅における主な施設について下記に示す。各駅によって設置状況は変わる。

- コンコース
- 自由通路
- 改札口 (5.18 旅客サービス参照)
- 出札 (5.18 旅客サービス参照)
- 昇降設備 (エレベーター、エスカレーター、スロープ等)
- 階段
- 旅客トイレ
- 案内表示板
- プラットフォーム (警告ブロック、照明設備)
- 駅業務施設 (駅員室、仮眠室、設備諸室)

3) 旅客需要予測

各駅の乗降旅客数は 2.2.4 旅客需要予測によれば、表 5.9.4 に示す通りである。

表 5.9.4 需要予測における各駅の乗降旅客数

(Unit : Passenger)			
Station Name	Passenger/ Day	Station Name	Passenger/ Day
Taungoo	136	Thazi	3280
Yedashe	442	Kyaukse	5950
Pyinmana	3562	Myohaung	3452
Yamethin	1018		

4) 駅舎の建設費用

駅舎の建設費用は表 5.9.5 に示す通りである。駅舎の建設費用には、建築工事、杭工事、電気工事、空調工事、配管工事を含む。さらに、建設費用の 10%を外構工事費用として算出している。既存駅の解体については、第 5 回 TAC 会議にて行わない事をミャンマー国鉄と合意しているため、除外している。建設する駅舎の規模は、現在の駅舎や需要予測、周辺開発計画などを考慮している。また、建設位置は詳細設計にてミャンマー国鉄と協議を行い決定する。

表 5.9.5 駅舎の建設費用

Station Name	Total Floor Area (m ²)	Cost of Station Building (million MMK)	Cost of Landscape (million MMK)	Station Name	Total Floor Area (m ²)	Cost of Station Building (million MMK)	Cost of Landscape (million MMK)
Taungoo	1500	900	90	Thazi	1500	900	90
Yedashe	300	180	18	Kyaukse	700	420	42
Pyinmana	700	420	42	Myohaung	1700	1020	102
Yamethin	300	180	18				

改修する 7 駅に、車椅子用スロープ、警告ブロック、案内表示板、照明設備、駅トイレ・シャワー、空調設備、仮眠室を設置する。これについて、JST は第 10 回 TAC 会議にてミャンマー国鉄と同意している。各改修費用を表 5.9.6 に示す。

表 5.9.6 改善設備の建設費用

(Unit : 1 Station)			
Item	Cost (million MMK)	Item	Cost (million MMK)
Slope for wheelchair	10.4	Public Toilet (Tube Well, Septic Tank)	28
Warning Tile	19.1	Air Conditioning	1.41
Sign Board	17.31	Nap Room	15.27
Solar Ligthing	1.115		

(2) プラットフォーム屋根

建築限界によるプラットフォーム屋根の切断の必要性については、軌道レベルの決定と正確な測量が必要である。これらは、詳細設計で決定される。第10回TAC会議にて、建築限界による、プラットフォーム屋根を切断する対象駅は、改修を行う7駅であることを確認した。



出典：JICA 調査団

図 5.9.31 プラットフォーム屋根の改良

5.9.5 詳細設計での必要調査

駅舎の詳細設計では、下記の検討を行う。

表 5.9.7 必要検討項目一覧

対象建物	検討項目	検討内容
駅舎	敷地調査(境界確認・敷地状況調査)	建築場所を決定するため、ミャンマー国鉄と建設予定地の状況を確認する。
	地盤調査(地質調査)	建物の基礎検討材料とするため、地中の状況を確認する。
	上下水道調査	上下水設備の設置検討材料とするため、周辺の上下水道の設置状況やそのシステムを確認する。井戸の場合は、利用状況や水質などを確認する。
	電気・通信調査	電力及び通信会社に建設予定地の供給状況について確認する。

※地盤調査は客観的データの収集の観点から外部委託により行う事とする。

5.10 車両計画

本案件は、ヤンゴン・マンダレー線 (YM) のタウンゲー・マンダレー間を改修する案件であり、ヤンゴン・マンダレー鉄道整備事業フェーズ1と連携して事業を進めることで、YMにおける旅客サービスが完成する。また、ヤンゴン環状鉄道改修事業詳細設計調査 (YCR-RS/BD) においてもYMで使用するDEMUと基本仕様(車両の大きさや車両性能)が同じであるDEMUが提案されている。そこで、ヤンゴン・マンダレー鉄道整備事業フェーズ1及びヤンゴン環状鉄道整備事業で計画されているDEMU、及び、全区間改修後の運行計画を考慮して本案件の

車両計画を策定する。また、本案件の次の詳細設計調査において、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)) と同じ基本仕様とすれば、工程短縮ができる可能性がある。したがって、YM-D/D(1)と同じ基本仕様である DEMU を提案する。

以上を整理すると、以下のようになる。

- 本案件の対象区間は、YM-D/D(1)と同等の路線に整備される。
- 提案する特急タイプの車両は、YM の全線で運用をする。
- 提案する近郊タイプの車両はヤンゴン・バゴ間の近郊区間での運用を想定する。
- 本案件で提案する車両は、運行計画を考慮し、YM-D/D(1)と同様の車両仕様とする。

また、本案件では新たに近郊列車の車両を新造する予定であるが、こちらも特急列車と仕様を合わせることで、詳細設計調査で新たに設計する項目を少なくなるように計画する。しかし、特急列車と異なり乗車時間が短時間と想定されるため、乗客の流動を考慮した車内設備と座席配置を提案する他、乗客の大きな変動にも対応できるように編成両数についても再検討し、提案する。

具体的には次の項目を検討する。

- 近郊列車用車両の基本仕様
- 客室設備 トイレ、空調、デッキ (踏み段)
- 車内シート配置、定員
- 基本編成

以上の項目を提案するにあたって、次のステップで進めることとする。

- (1) ミャンマー国鉄 (MR) の旅客列車の乗車調査及び MR が保有する車両調査
- (2) (1)に基づく、MR への特急列車用の車両と、近郊列車用の車両の提案

以下、本ステップに基づき検討を進めていたが、大臣と JICA との合意により、特急列車用の車両 180 両を調達する事にて決着した。近郊列車用車両は調達しない方針となった。

5.10.1 MR の車両の現状

MR が保有する車両を確認するため、ピンマナ車両基地、マンダレー機関車車両基地、及び、マンダレー駅で調査を行った。また、車両の使用状況を確認するため、マンダレー駅に停車中の列車、ネピドー駅からマンダレー駅までの営業列車に乗車して調査を行った。この節では、その調査結果を記す。

(1) 車両の客室設備の調査

1) RBE2526 号車両 (元 天竜浜名湖鉄道 : LE-20 形式)

この車両は、パコック行として使われている両運転台付車両である。ボックス席が 2 列、両端はロングシートの組合せ。ロングシート部の広いスペースは行商の荷物置き場に利用されることが多く、そのため改造される車も多い。

- 車体
 - ✓ 車体長 15,500mm
 - ✓ 車体幅 2,700mm
 - ✓ 屋根高さ 3,550mm
- 客室内
 - ✓ 定員 100 人
 - ✓ ボックス席（モケット張り）
 - シートピッチ：1,540mm、幅：985mm、奥行：540mm



(a) 車両中央部ボックスシート部



(b) 乗降扉付近ロングシート部その1



(c) 乗降扉付近ロングシート部その2

出典：JICA 調査団

図 5.10.1 RBE2526 号 車内座席配置

2) RBE3045 号車両（元 JR東海のキハ40 形式）

座席配置は両端デッキに3人掛けのロングシート他はボックスシートである。汚物タンク付のトイレであるが、タンクをバイパスした配管に改造され、汚物は直接外へ流れている。

- 車体
 - ✓ 車体長 20,800mm
 - ✓ 車体幅 2,900mm
 - ✓ 屋根高さ 4,055mm
- 客室内
 - ✓ 定員 74 人
 - ✓ ボックス席（モケット張り）
 - シートピッチ：1,470mm、幅：1,025mm、奥行：540mm
- 片端デッキ部にトイレ



(a) RBE 車両外観



(b) 客室内



(c) 車両側面外観



(d) トイレの汚物タンク

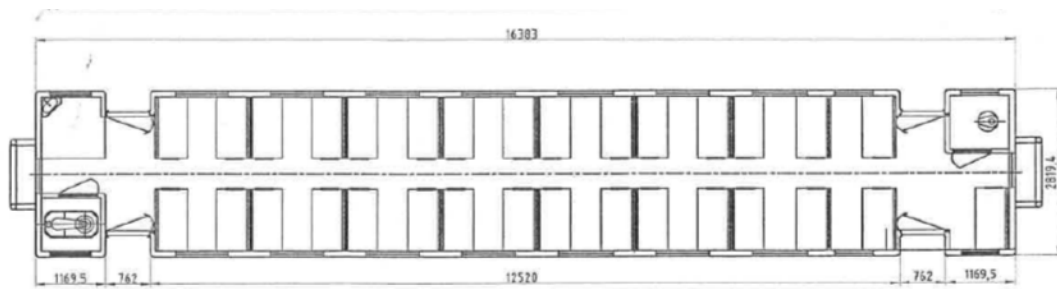
出典：JICA 調査団

図 5.10.2 RBE3045号 車両の様子

3) 12272号客車

この車両は、地方路線で使用される客車であり、MRの標準的な車両である。

- ミインゲ客貨車製造工場製
- Ordinaryクラス用客車
- 車体
 - ✓ 車体長 16,383mm
 - ✓ 車体幅 2,820mm
 - ✓ 屋根高さ 3,403mm
- 客室内
 - ✓ 定員 62人
 - ✓ ボックス席（板張り）
シートピッチ：1,560mm、幅：1,040mm、奥行：440mm
- 両端デッキ部に洋式、東洋式のトイレ



出典：MR

図 5.10.3 12272 号客車 図面（座席配置）



(a) 客室内



(b) 板張りのボックスシート



(c) 洋式トイレ



(d) 東洋式トイレ

出典：JICA 調査団

図 5.10.4 12272 客車 車内座席配置

4) 中国製機関車と中国製客車

➤ 機関車（DF2000 型）

ピンマナ車両基地で中国製機関車を調査した。

- ✓ 製造 CSR SIFANG CO.,LTD.
- ✓ 価格 USD 1,165,216
- ✓ エンジン出力 2,000HP
- ✓ 最高設計速度 100km/h

- ✓ 軸重 12.5ton
- ✓ 車体
 - 車体長 16,360mm
 - 車体幅 2,750mm
 - 屋根高さ 3,480mm



(a) 機関車の外観



(b) 機関車の運転台

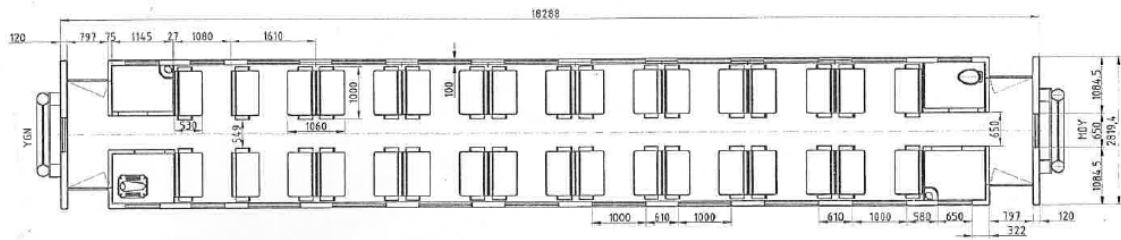
出典：JICA 調査団

図 5.10.5 DF2000 型機関車（中国製）

➤ 客車（14000 型）

6 列車は中国製機関車と中国製の客車による編成で運行されている。この列車をマンダレー駅にて出発までの時間、客室内を調査する。

- ✓ 14 両編成：Ordinary クラス 11 両（内 1 両はガード荷物車）、Upper クラス 3 両
- ✓ 車体
 - 車体長 18,088mm
 - 車体幅 2,820mm
 - 屋根高さ 3,403mm
- ✓ 客室内
 - Ordinary クラス
 - FRP 製のボックスシート（68 人）
 - ピッチ：1,600mm、幅：1,000mm、奥行：530mm
 - Upper クラス
 - 3 列席（24 人）
 - 回転式リクライニングシート
- ✓ 各車両両端に洋式、東洋式のトイレ及び洗面所が設けてある。トイレからの汚物は直接外へ排出される。
- ✓ 灯具は LED、Upper クラスは間接照明である
- ✓ 台車は空気バネ装備の円錐ゴム軸箱支持方式、客室の冷房装置は無



出典：MR

図 5.10.6 中国製客車（Ordinaryクラス） 図面（座席配置）



(a) Ordinaryクラスの客室内



(b) Upperクラスの客室内



(c) 洋式トイレ



(d) 東洋式トイレ



(e) 空気バネ台車

出典：JICA 調査団

図 5.10.7 中国製客車 車両の様子

(2) MRの既存車両の利用状況調査

1) 中国製客車（6列車）

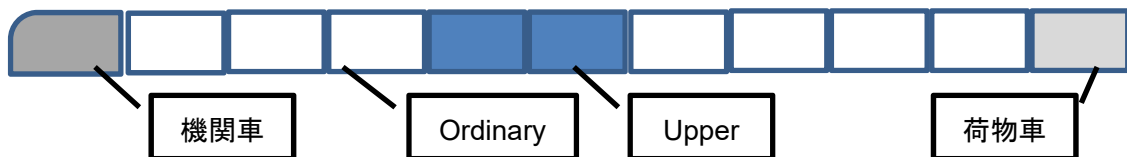
マンダレー駅での出発前の車内状況調査である（図 5.10.7）。

- ✓ 冷房装置が無いいためか窓は両クラスとも明け放ち、扇風機を使用している。
- ✓ 後述 2)の 11 列車の乗客に比べると持ち込み荷物が少ない。
- ✓ 台車には空気ばねが装備されている。一般に、コイルばねより乗心地が良くなると言われているが、今回の調査は、駅停車中のため乗心地の確認まではできていない。

2) ミインゲ客貨車製造工場製客車 (11 列車)

ネピドーからマンダレーまで乗車調査する。編成は図 5.10.8 に示すように先頭に機関車、最後尾に荷物車、Ordinary クラスは 7 両、Upper クラスは 2 両の 10 両の客車を機関車が牽引する編成である。編成定員 500 名

- 機関車 (前述と同型式の中国製)
 - ✓ 油量計、水量計が使用不能 (営業使用 1 年程度)
 - ✓ ミャンマー国内の最高速度は 70km/h であるため、100km/h での運行経験はない。
- ミインゲ客貨車製造工場製客車
 - ✓ 窓、ドア類は両クラスとも明け放し、扇風機を使用している。
 - ✓ 両クラスとも満席なうえに、デッキに立つほどの混雑で、デッキ部を歩くのが困難なほど、乗客が座っていたり、横になっていたりの状況である。
 - ✓ トイレは両クラスとも両端にある。トイレ向かい側は洗面所であるが乗客が座るか、荷物が置かれているため、利用するのが大変な状況である。
 - ✓ 灯具は LED であり、室内が読書できるほど明るい状態である。
 - ✓ 放送装置が無いため、現在の走行区間や列車の運行状況が分からない。
 - ✓ 駅に停車するたびに、線路を横断して乗客が群がるように荷物を抱えて乗車してくる。
 - ✓ 駅では、物売りが車両の側まで来て商売しており、そのやり取りは列車が動き始めても窓からお金の授受をしている状況である。
 - ✓ 乗心地は、上下、左右、前後の揺れがあり、その揺れは大きく、全線にわたって感じられる。



出典：JICA 調査団

図 5.10.8 11 列車の編成



(a) Ordinary クラスの客室内



(b) 牽引する機関車



(c) Upper クラスの客室内



(d) 出発間際の状況

出典：JICA 調査団

図 5.10.9 11 列車への乗車調査

5.10.2 車両の推奨計画

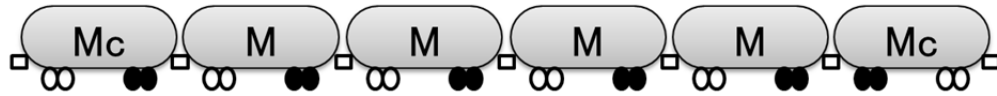
この節では、YM-D/D(1)の結果と調査の結果を基に特急タイプの車両を推奨する。なお、YM-D/D(1)において導入を検討していた近郊タイプの車両については、本プロジェクトでは導入を見送ることとなったが、将来の導入の可能性もある事から参考としてその検討概要を記載する。

(1) 特急タイプの車両

特急タイプの車両は、すでに YM-D/D(1)で 4 編成が提案されている。本案件で計画する車両も契約交渉中のフェーズ I の車両と共通して運用するために同じ仕様とすることが求められる。その結果、車両の種類による条件を考慮することなく、運用の計画ができることになる。この項では、推奨する車両の主要諸元を記す。

➤ 列車編成及び定員

編成は、6両編成とし、OrdinaryクラスとUpperクラスの2クラスを設け、Upperクラスは2両中間に挟む編成とする（図 5.10.10）。

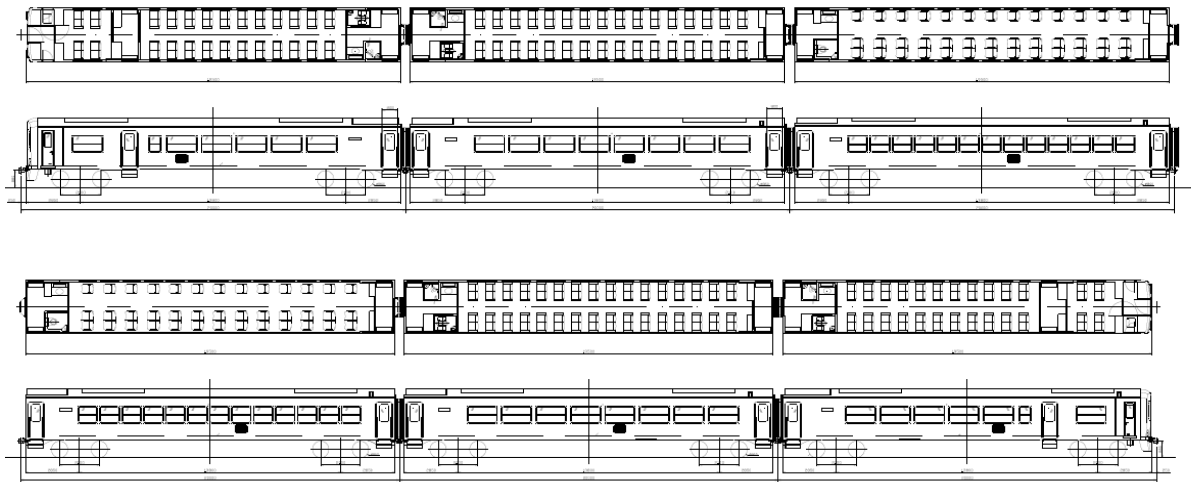


Mc: Motor Car with driver cab ○ : Non-motor axle □ : Automatic coupler
M : Motor Car ● : Motor axle

出典：JICA 調査団

図 5.10.10 提案する特急タイプの車両編成

座席配置は図 5.10.11、乗客定員は表 5.10.1 のとおりであり、



出典：JICA 調査団

図 5.10.11 提案する特急タイプの座席配置

表 5.10.1 提案する特急タイプ車両の乗客定員

車種	Mc	M	M	M	M	Mc	合計
クラス	O	O	U	U	O	O	-
定員	52	64	39	39	64	52	310

*O: 普通車、U: 優等車

出典：JICA 調査団

車両の主要諸元は、表 5.10.2 のとおりである。なお、YM-D/D(1)で議論になった無線装置はMRからの要請により無線機を乗務員の携帯から乗務員室へ設置とすることにした。

表 5.10.2 特急タイプの車両主要諸元

No	項目	YM-D/D (1) 特急タイプ			本案件 車種は YM-D/D(1)と 同じ
		Ordinary Class		Upper Class	
		運転台付電動車 (Mc)	電動車 (M)	電動車 (Ms)	
1	車体長	20,000 mm (連結器間)			左同
2	車体幅	2,800 mm			左同
3	屋根高さ	3,600 mm			左同
4	設計最高速度	110 km/h			左同
5	最大加速度	2.0 km/h/s			左同
6	最大減速度	3.5 km/h/s			左同
7	軸重	12.5 t			左同
8	駆動方式	ディーゼルエンジン+発電機+主電動機			左同
9	座席	転換シート	転換シート	回転リクライニングシート	左同
10	定員	52	64	39	左同
11	無線装置	携帯型	なし	なし	車載型

出典：JICA 調査団

(2) 近郊タイプの車両

近郊タイプの車両は、YM-D/D(1)と YCR-RS/BD で提案している DEMU と用途が異なるが、メンテナンスの観点から、仕様の共通化を行うことが求められる。車両は冒頭で述べたとおり、導入を見送ることになったが、ヤンゴン・マンダレー線での運用想定で特急タイプの車両をベースにして編成両数と客室内の座席配置を検討したものを参考に記載する。座席配置については、旅客の手荷物を考慮し、乗降口付近では、スペース確保のため、ロングシートを配置し、車両の中央部は、比較的長い時間利用する旅客のために、ボックスシートとする。

編成両数については、現状の運用によると、ヤンゴン環状線では機関車+客車編成が5~6両の運用、日本製中古気動車が主流の RBE は5両編成で運用されている。YCR-RS/BD でも6両編成が提案されている。したがって、近郊タイプの車両でも、編成を6両とする案を提案する。さらに、乗客の流動が多い各駅停車であるので、列車毎の乗客の増減に対応可能な2両編成、または、3両編成とし、編成を組み合わせることで、旅客輸送を確保する案も提案する。

表 5.10.3 近郊タイプの車両の仕様概要

No	項目	特急型 (Ordinary Class)		ローカル型	
		運転台付電動車 (Mc)	電動車 (M)	運転台付電動車 (Mc)	電動車 (M)
1	車体長	20,000 mm (連結器間)			
2	車体幅	2,800 mm			
3	屋根高さ	3,600 mm			
4	設計最高速度	110 km/h			
5	最大加速度	2.0 km/h/s			
6	最大減速度	3.5 km/h/s			
7	軸重	12.5 t			
8	駆動方式	ディーゼルエンジン+発電機+主電動機			
9	座席	転換シート		ボックスシート、ロングシート	
10	定員	52	64	92	92

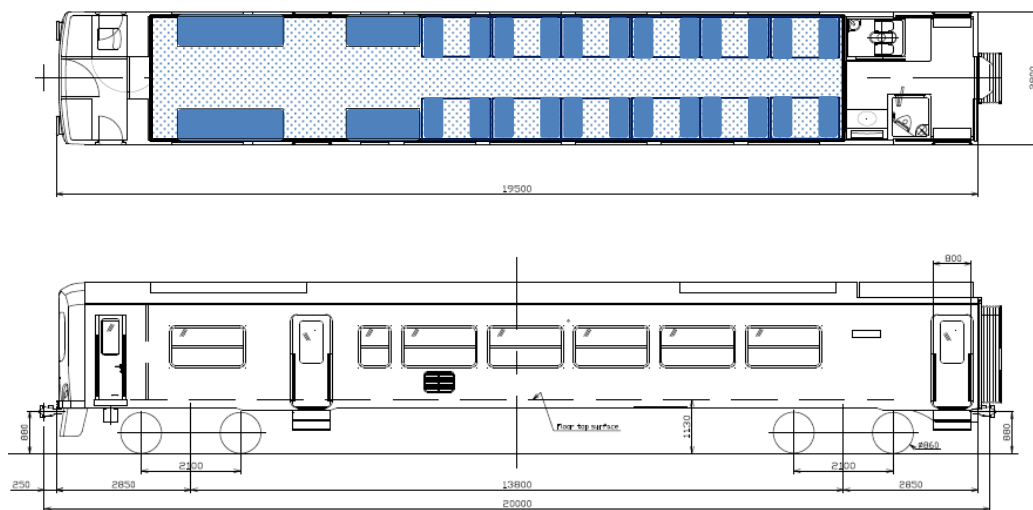
出典：JICA 調査団

➤ 車両座席アレンジ案

(1) 運転台付電動車 (Mc)

➤ 特急タイプの先頭車の基本仕様を基に座席配置のみ変更する。転換シートをボックスシートとロングシートの配置とする。両端のデッキ周りはロングシートとし、荷物の持ち込みに対処する。

➤ 定員 座席：64人 立席：28人 計：92人

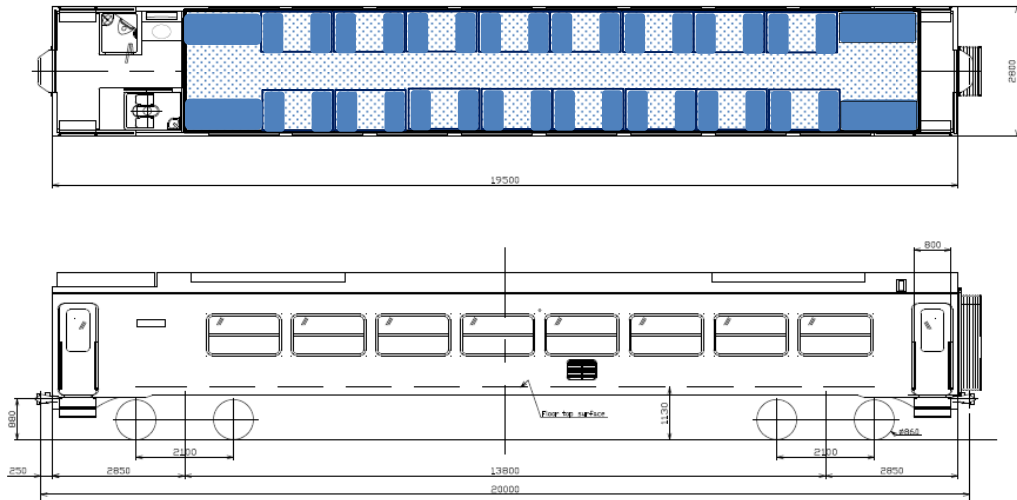


出典：JICA 調査団

図 5.10.12 運転台付電動車の座席配置

(2) 中間電動車 (M)

- デッキ周りをロングシートとし荷物の持ち込みに対処する。
- 定員 座席：76人 立席：16人 計：92人



出典：JICA 調査団

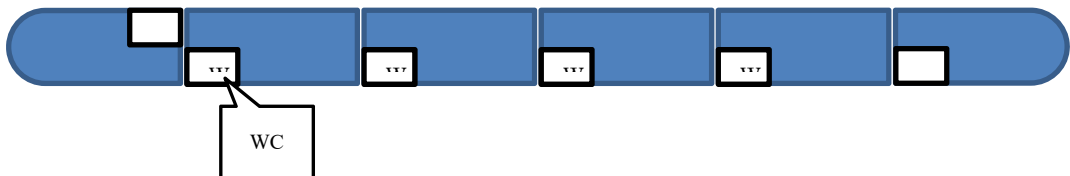
図 5.10.13 中間電動車の座席配置

➤ 編成案及び定員

表 5.10.4 に編成案の比較を示す。

(1) 6両編成 McMMMMMc

- 定員：552人（座席：432人、立席：120人）



出典：JICA 調査団

図 5.10.14 近郊タイプの6両編成案

(2) 3両編成の組合せ McMMc+McMMc

- 定員：552人（座席：408人、立席：144人）



出典：JICA 調査団

図 5.10.15 近郊タイプの3両編成案

(3) 2両編成の組合せ McMc+McMc+McMc

- 定員：552人（座席：384人、立席：168人）



出典：JICA 調査団

図 5.10.16 近郊タイプの2両編成案

以上の案を比較すると表 5.10.4 になるが、短編成の列車を多く設定できれば旅客サービス上柔軟に対応できる。しかし、本案件ではヤンゴン・バゴ間の往復運用のみであるので、6両固定編成案を提案する。

表 5.10.4 近郊タイプ車両の編成案の比較表

	6両固定	3両基本	2両基本
編成案	McMMMMMc	2パターン McMMc (3,6)	3パターン McMc (2,4,6)
定員	Superior	Good	Inferior
旅客需要に対する柔軟性	Inferior	Good	Superior
運行計画の容易性	Superior	Good	Inferior
製造コスト	Superior	Good	Inferior

出典：JICA 調査団

➤ 編成案の比較

- ✓ 座席定員を多くするためには、運転台の無い中間車両が多い6両固定が有利である。
- ✓ 利用客の増減（時間帯、運行地域の差）に柔軟に対応するには、旅客の定員を柔軟に変更できる2両編成、3両編成での組合せが有利である。
- ✓ 運転計画は、運行する編成両数の種類が少ない方が容易に計画できる。本案件の場合、6両編成のみで運行を計画する方が容易である。
- ✓ 運転台付車両はコストが高いため、運転台付車両の割合が多いほど、製造コストが高くなる。

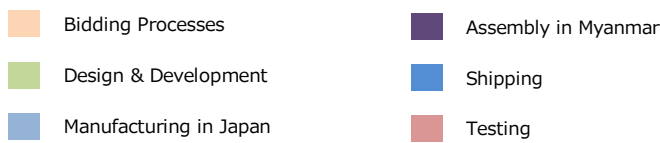
5.10.3 車両の調達計画

本節の冒頭にも記したが特急列車用車両のみ180両を調達することが決まった。複数の日本の車両製造業者に本プロジェクト期間中の製造能力を確認した結果、第一編成の引き渡しが着手（NTP）から36か月、第二編成以降の引渡しは1ヶ月/編成（6両）の間隔が必要と判明したことから、表 5.10.5 に示すスケジュールで調達が可能と判断しMRに提案した。

その後、MRと現地組立に関する議論を行い、全体的な車両調達スケジュールを決めた。その結果については、5.10.4（12）に記載する。

表 5.10.5 車両調達スケジュール

Activity/Description	2018				2019				2020				2021				2022				2023				2024				2025				2026							
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4				
Rolling Stock Procurement Works																																								
Bidding Processes																																								
Design and Development																																								
No.1 Trainset Delivery Schedule																																								
No.2 Trainset Delivery Schedule																																								
No.3 Trainset Delivery Schedule																																								
No.4 Trainset Delivery Schedule																																								
No.5 Trainset Delivery Schedule																																								
No.6 Trainset Delivery Schedule																																								
No.7 Trainset Delivery Schedule																																								
No.8 Trainset Delivery Schedule																																								
No.9 Trainset Delivery Schedule																																								
No.10 Trainset Delivery Schedule																																								
No.11 Trainset Delivery Schedule																																								
No.12 Trainset Delivery Schedule																																								
No.13 Trainset Delivery Schedule																																								
No.14 Trainset Delivery Schedule																																								
No.15 Trainset Delivery Schedule																																								
No.16 Trainset Delivery Schedule																																								
No.17 Trainset Delivery Schedule																																								
No.18 Trainset Delivery Schedule																																								
No.19 Trainset Delivery Schedule																																								
No.20 Trainset Delivery Schedule																																								
No.21 Trainset Delivery Schedule																																								
No.22 Trainset Delivery Schedule																																								
No.23 Trainset Delivery Schedule																																								
No.24 Trainset Delivery Schedule																																								
No.25 Trainset Delivery Schedule																																								
No.26 Trainset Delivery Schedule																																								
No.27 Trainset Delivery Schedule																																								
No.28 Trainset Delivery Schedule																																								
No.29 Trainset Delivery Schedule																																								
No.30 Trainset Delivery Schedule																																								



出典：JICA 調査団

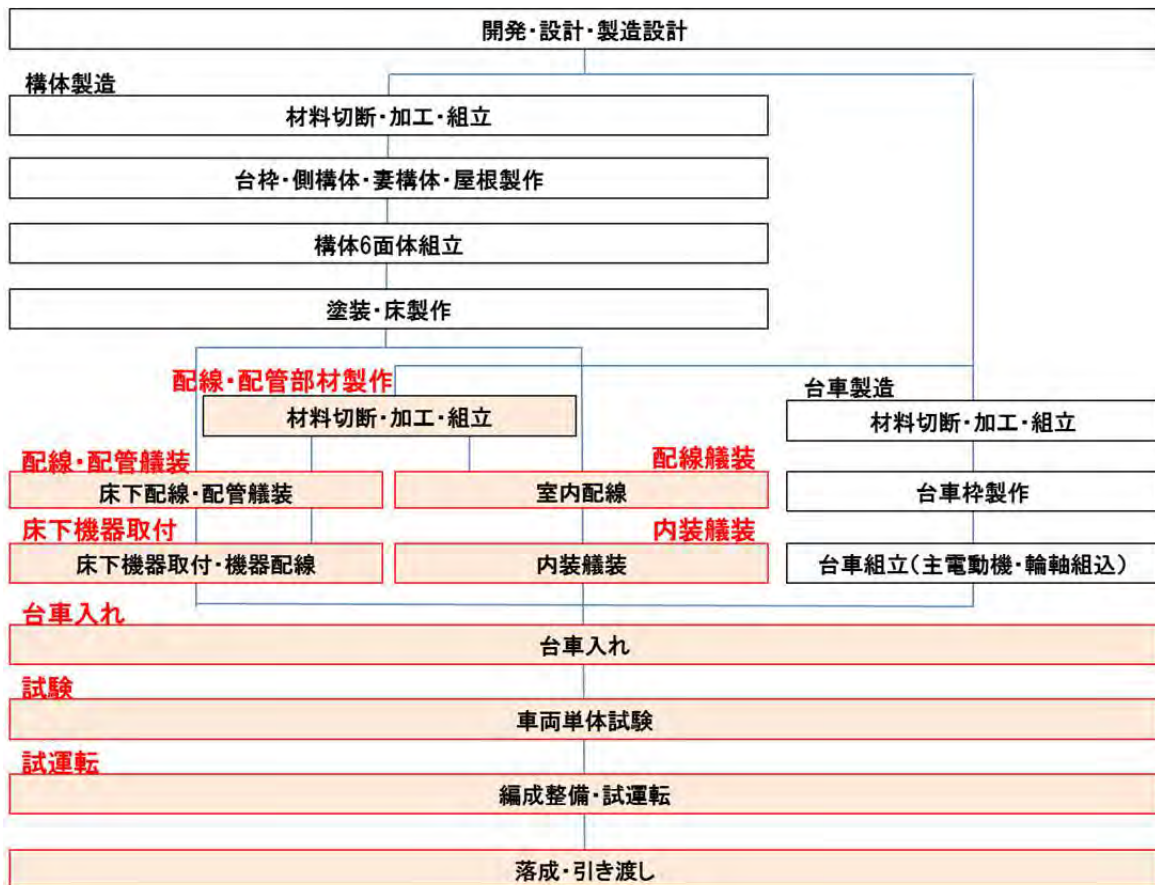
5.10.4 現地組立

車両の現地生産化については、2013 年国土交通省「ミャンマーにおける鉄道経営近代化に関する調査」において、車両の近代化計画における実施計画の一案としてその可能性について提言がなされ、2014 年国土交通省「ミャンマーにおける鉄道車両近代化に関する調査」において、より具体的な検討が実施された。また、2016 年に実施した JICA「ヤンゴン環状鉄道改修事業詳細設計調査」においても、現地組立（現地生産化に含まれる一部組立工程を指す）に関する調査依頼がミャンマー国鉄（MR）からあり、組立場所や組立範囲の調査、およびコストの積算をおこなった。

一方、本案件では現地組立に関する計画がないまま調査が始まったが、調査途中でミャンマー国鉄（MR）から本案件でも調達する車両の一部に対し、現地組立を MR 自身で実施したいという強い要望が寄せられたことから、調査を追加することとなった。そのため、本節では導入する車両数の一部を対象に、現地組立を MR が実施する場合の実施範囲と必要な条件等の調査を実施する。基本的な条件については、JICA「ヤンゴン環状鉄道改修事業詳細設計調査」と同じとし、調査をおこなう。

(1) 施工範囲

JICA「ヤンゴン環状鉄道改修事業詳細設計調査」で決定した施工範囲と全く同一の条件とした。



出典：JICA 調査団

図 5.10.17 作業範囲（赤字）

(2) 施工場所

JICA「ヤンゴン環状鉄道改修事業詳細設計調査」で決定した施工場所と同じ、ネピドー機関車製造工場で行うこととした。また、当工場は建設中であることから、各種資料や聞き取りから調査を行った。なお、2017年12月より、機関車製造を開始の計画である。



(a) 工場外観 (2017年3月)



(b) 事務所外観 (2017年9月)



(c) 工場内の様子 その1 (2017年9月)

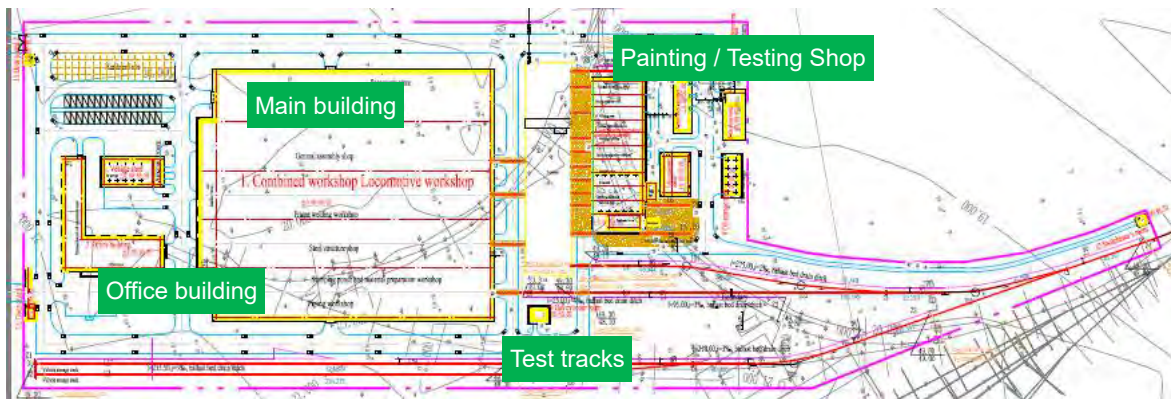


(d) 工場内の様子 その2 (2017年9月)

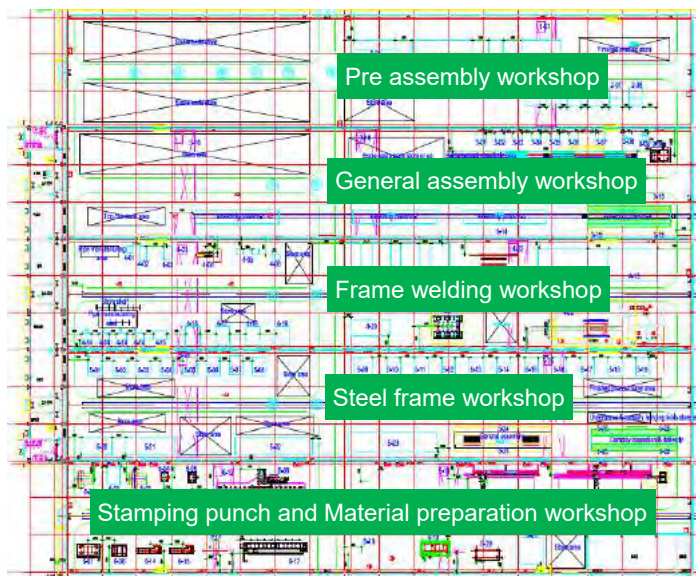
出典：JICA 調査団

図 5.10.18 現在のネピドー機関車製造工場の様子

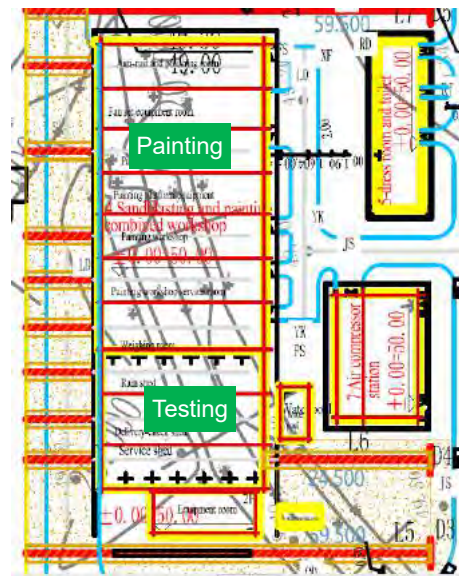
ネピドー機関車製造工場の本屋および塗装／試験建屋では、台車製造以外の全製造工程が行われる。機関車の台車は新しいミンゲ工場で同時生産され、ネピドーに運搬される。



(a) ネピドー機関車工場のレイアウト



(b) 工場本屋のレイアウト



(c) 塗装／試験建屋のレイアウト

出典：MR

図 5.10.19 ネピドー機関車工場のレイアウト

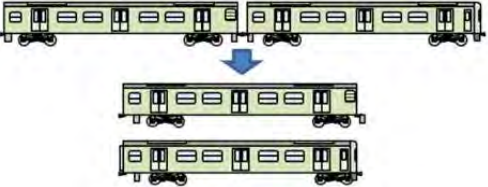
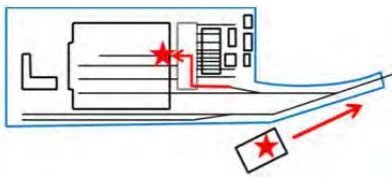

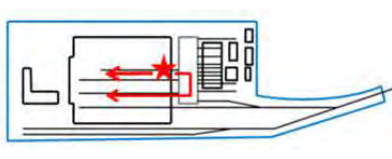
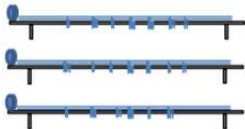
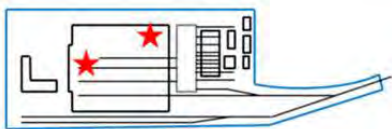



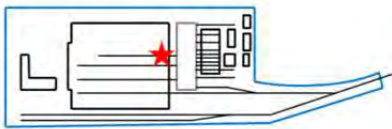

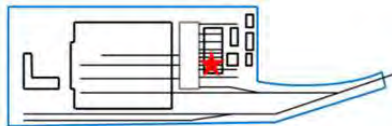

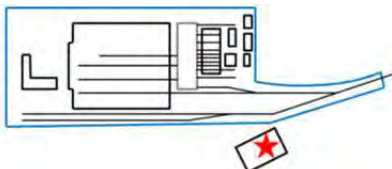
(3) 施工手順

次に主な施工手順を示し、それぞれの施工場所、流れを図 5.10.20 に示す。

(1) 構体搬入、構体定置

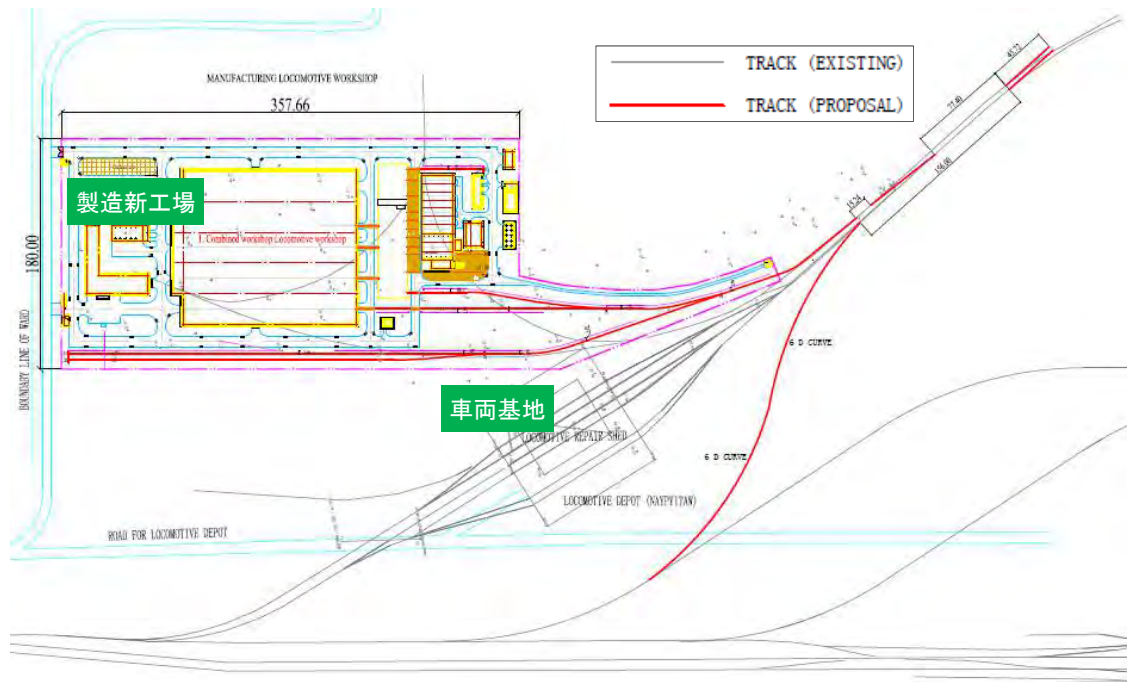
- 構体を搬送してきた機関車との切り離し及び回送用仮設部品の撤去などの入場整備を行う。コンテナ貨物搬送した部品は、フォークリフトなどで資材置き場に搬送する。
- 構体と搬送時に使用した台車との分離は、ピット及びリフティングジャッキが設置されているスポットで実施する。

- 構体を General Assembly Workshop 及び Steel Frame Workshop 内の定置スポットに移動する。(天井クレーンまたは仮台車付をフォークリフトで連結させ移動。定置は架台を使用することも想定。)
- (2) 配線、配管艤装用部材製作
- 準備作業を行う。(材料を製作場所に運搬、配置)
 - 配管要領書に従って、配管用鋼管パイプ切断、ネジ切り、曲げ加工を行う。
 - 配線要領書に従って、配線切断、配線束組立、端子取付、線番号取付を行う。
- (3) 室内艤装
- 準備作業を行う。(材料運搬、昇降階段、プラットフォーム等の設置)
 - 室内配線を行い、終了後、配線チェックを行う。
 - 内装部品を取り付ける。
- (4) 床下配線、配管艤装
- ②で製作した配線束、配管をもとに、床下配線、配管艤装を行う。
 - 配線チェック、配管漏れチェックを行う。
- (5) 床下機器取付、機器配線艤装
- 準備作業を行う。(取付対象機器を車体定置場所に運搬、可動式大型床下機器着脱装置(5t)等の設置)
 - リフターなどを利用して床下機器を取り付ける。なお、エンジン・発電機取付の際には位置精度が要求されることから、可動式大型床下機器着脱装置(5t)を用いる。
 - 床下機器箱への配線作業を行う。
 - 車体が完成(ホロ、連結器も取付済み)し、検査、ツナギ試験、耐圧試験を実施する。
- (6) 台車入れ
- ⑤で完成した車体をピット及びリフティングジャッキが設置されているスポットに移動する。(天井クレーンまたは仮台車を使用)
 - 車体を完成台車に載せ、各種接続・調整・整備を行う。
- (7) 車両単体試験
- 建屋を移動し、検査、ブレーキ試験、サービス機器の動作試験を行う。
 - 車両限界測定、輪重測定、雨漏れ試験を行う。
- (8) 編成整備、試運転
- 試験終了車両を隣接する車両基地(図 5.10.20)に順次移動、組成し編成整備を行う。
 - 編成試験、試運転を実施する。

作業内容	作業イメージ図	施工場所
(1) 構体搬入		
(1) 構体定置		
(2) 配線・配管部材製作		
(3), (4), (5) 室内・床下艤装、 機器取付		
(6) 台車入れ		
(7) 車両単体試験		
(8) 編成整備、試運 転		

出典：JICA 調査団

図 5.10.20 施工手順、施工場所と作業イメージ



出典：MR

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

(4) 設備

整備される予定の設備リストのうち、現地組立作業に関する内容を表 5.10.6 に示す。

- (1) 配線・配管作業の範囲
 - 部材製作に必要な配管部材用の製作スペース及び関連装置、配線用の部材製作スペース、及び関連装置が新設設備整備計画に含まれることを確認した。(表 5.10.6 赤枠部)
- (3) 車両搬入状態、(4) コストダウン方策
 - 工場搬入時には本線走行用台車を装着した状態で工場に入場させることが可能と想定されるため、特別な追加設備は不要と判断した。

表 5.10.6 整備される予定の主な設備リスト

Shop	Facility	
	Name (Specification)	Quantity
Pre assembly workshop	Winch for heavy wiring	1
	Overhead traveling crane (10t/3t)	1
	Movable terminal crimping machine	1
	Marking printer	1
	Manual wire crimper	10
	Hydraulic wire crimper	2
General assembly workshop	Shifting fork positioner	1
	Lifting table	2
	Lifting jack	4
	Overhead traveling crane (50t/10t)	2
Frame welding workshop	Manual bending bench	1
	CNC bending machine and bending position (φ65-φ10)	1
	Single pipe cutting machine (114mm)	2
	Band saw machine	1
	Pipe welding rotation positioner	4
Steel frame workshop	Lifting platform	2
	Lifting jack (20t)	4
	Overhead travelling crane (20t/5t)	2

出典：MR 資料を基に JICA 調査団作成

このリストから確認できない設備は、施工開始までに追加整備の必要があると見込む。(表 5.10.7)

表 5.10.7 追加整備を必要と見込む設備リスト

Shop	Facility	
	Name (Specification)	Quantity
General assembly workshop, Steel frame workshop	Movable lifting table for heavy weight (5t)	1
	Working platform	8
	Temporary bogie	2
Weighing room	Portable wheel load measuring equipment	1

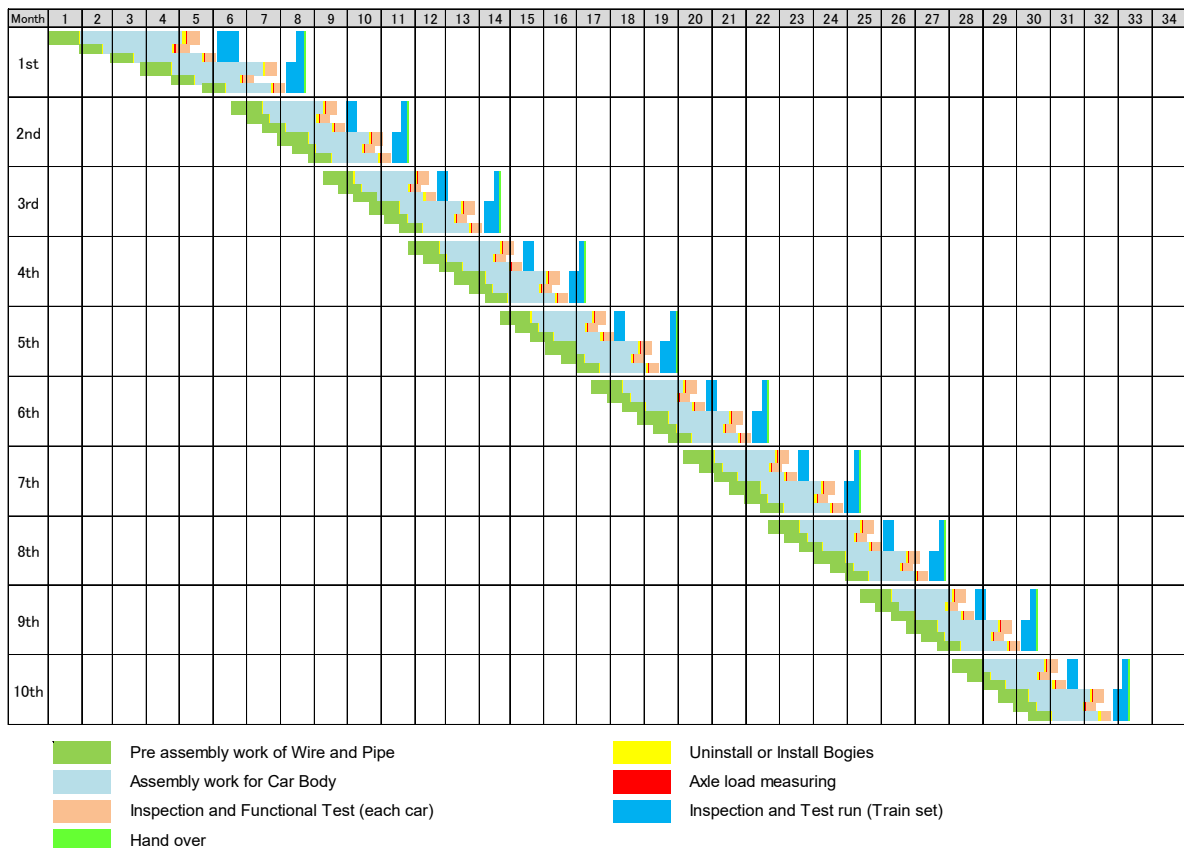
出典：JICA 調査団

(5) 施工工程

工程については調査団の経験や車両メーカーなどの情報を基にしつつ、MR における初の作業となることを考慮し計画した。(図 5.10.22)

- 1) 艀装・機器取付工程：4 か月 / 両 (1 両目～4 両目)、3 か月 / 両 (5 両目以降)
同時施工 4 両
- 2) 検査・単体試験：2 週間 / 両
- 3) 編成整備・試運転：2 週間 / 編成

4) 作業着手～落成・引き渡し：8か月 / 編成（第1編成）、6か月 / 編成（第2編成以降）



出典：JICA 調査団

図 5.10.22 施工工程（60 両の場合）

(6) 教育訓練・技術指導

車両メーカー内での教育訓練は、技術指導者クラスを対象とし、本プロジェクト(フェーズII)において、現地生産に先行して日本で製造する車両の製造ラインに入って作業を行う OJT をメインとする。ミャンマー国内では車両メーカー内での訓練を受けた技術指導者クラスが、作業実務者を教育訓練することとする。車両メーカー技術者は工場常駐による全体マネジメント、技術指導・監督の役割を担うものとする。以下に MR 社員の教育訓練対象者と車両メーカー技術者の現地派遣の概要を示す。

1) 車両メーカー内での教育訓練（案）

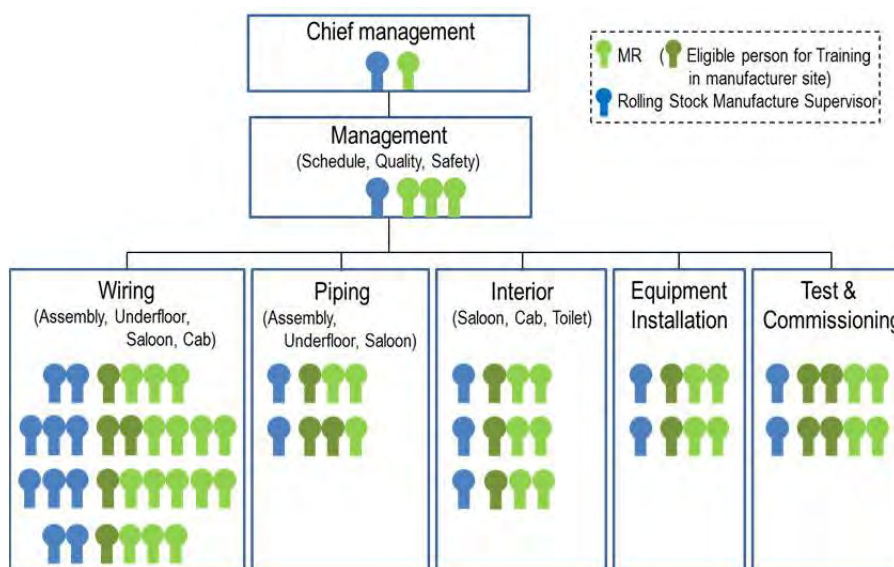
- 対象者：MR 社員の各技術部門（配線、配管、内装、機器取付、検査・試験）の Foreman クラスのうち、専門の基礎技術を習得しており、Mechanic, Labour クラスの実務作業者を指導できる立場にあるものを指す。
- 対象作業・人数：計 17 名
（内訳：配線 5 名、配管 3 名、内装 3 名、機器取付 2 名、検査・試験 4 名）
- 対象期間：6 か月（対象作業により時期や期間が異なる場合もある。）
- メニュー：座学（車両構造、製造・検査技術）、実技訓練、製造ライン等での OJT

- 2) 車両メーカー技術者による現地でのマネジメント、技術指導・施工監理（案）
- 対象作業・人数：計 21 名
（内訳：マネジメント 2 名、配線 10 名、配管 2 名、内装 3 名、機器取付 2 名、検査・試験 2 名）
 - 対象期間：33 か月（60 両の場合）

(7) 施工体制

施工体制については次の通り計画し、体制図を図 5.10.23 に示す。

- 1) 車両メーカー 21 名（(6)項 (2)の再掲）
- マネジメント 2 名（総括、生産管理・品質管理・安全管理）
 - 配線・配管指導 10 名（部品製作、床下、室内配線、運転台）、配管・機器取付指導 2 名（部品製作・室内、床下）、内装指導 3 名、機器取付指導 2 名、試験・試運転指導 2 名
- 2) MR 53 名
- マネジメント 4 名（総括、生産管理・品質管理・安全管理）
 - 配線・配管 20 名（部品製作、床下、室内配線、運転台）、配管 6 名（部品製作・室内、床下）、内装 9 名、機器取付 6 名、試験・試運転 8 名



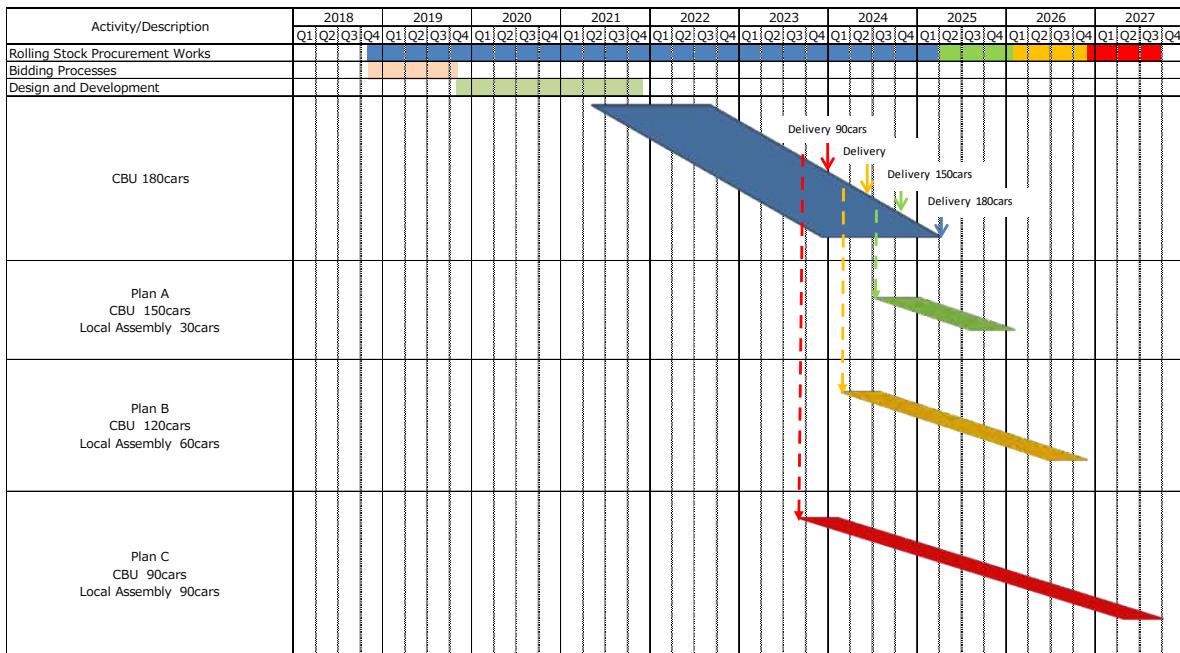
出典：JICA 調査団

図 5.10.23 施工体制（案）

(8) 全体スケジュール

現地組立スケジュールについては、現地組立を行う車両数を 30 両、60 両、90 両の場合で検討し、全体スケジュールとともに図 5.10.24 に示す。MR との協議の結果、スケジュール、技術移転教育に必要な期間を考えると、現地組立の両数は 60 両の場合が適切と判断した。

Manufacturing Schedule for YM DEMU Phase-2



出典：JICA 調査団

図 5.10.24 現地組立を含めた全体スケジュール（案）

(9) 現地組立コスト

現地組立にかかるコストについて、30両、60両、90両の場合で検討し、車両調達全体のコスト結果を表 5.10.8 に示す。現地組立コストに含まれるものは、トレーニング費、部品輸送費、設備費、トレーニングに関わるリスク費である。現地組立に関するコストを表 5.10.9 に示す。

表 5.10.8 現地組立を含めた車両調達全体コスト

Cost for Local Assembly

Unit: million YEN

	Reference (No Local Assembling)	Plan A (5Trains Local Assembling)	Plan B (10Trains Local Assembling)	Plan C (15Trains Local Assembling)
Number of cars	180 cars	180 cars	180 cars	180 cars
Rolling Stock Constructed in Japan	40,670 6carsX180trains	40,370 6carsX25trains (Completed) 6carsX5trains (Local assembling)	40,070 6carsX20trains (Completed) 6carsX10trains (Local assembling)	39,770 6carsX15trains (Completed) 6carsX15trains (Local assembling)
Spare parts & Consumable parts	1,980	1,980	1,980	1,980
Training for Maintenance & Driver	150	150	150	150
Transportation from JPN to YGN Port	1,800 for 180 trains	1,500 for 150 trains	1,200 for 120 trains	900 for 90 trains
Transportation from YGN Port to YGN City	0	0	0	0
Local assembling	0	1,917 for 5 trains	3,368 for 10 trains	4,825 for 15 trains
Total	44,600	45,917	46,768	47,625

出典：JICA 調査団

表 5.10.9 現地組立コスト

Cost of local assembly for 5 trains

Item	No.of item	Month	Unit price	Total
Training in Japan				
MR worker training fee	17	6	1.28	131
Training in Myanmar				
Japanese expert fee	21	15.1	2.5	792.75
Sub total				923.75
Facility cost for local assembly	1		90	90
Transportation from JPN to NPT	30		27	810
Training (Risk fee)			10%	93
Total				1916.75

Unit: million YEN

Cost of local assembly for 10 trains

Item	No.of item	Month	Unit price	Total
Training in Japan				
MR worker training fee	17	6	1.28	131
Training in Myanmar				
Japanese expert fee	21	26.2	2.5	1376
Sub total				1507
Facility cost for local assembly	1		90	90
Transportation from JPN to NPT	60		27	1620
Training (Risk fee)			10%	151
Total				3368

Unit: million YEN

Cost of local assembly for 15 trains

Item	No.of item	Month	Unit price	Total
Training in Japan				
MR worker training fee	17	6	1.28	131
Training in Myanmar				
Japanese expert fee	21	37.4	2.5	1964
Sub total				2095
Facility cost for local assembly	1		90	90
Transportation from JPN to NPT	90		27	2430
Training (Risk fee)			10%	210
Total				4825

Unit: million YEN

出典：JICA 調査団

(10) 品質保証スキーム

現地組立をおこなうに当たっては、車両メーカーにおける教育訓練、現地による技術指導・施工監理を通じて、MR 作業者の技術力向上と品質確保を目指す。

保証期間については、MR が行う他国車両の現地組立については、1 年間の保証を付けているとのことである。しかし、MR での作業について保証するとなると、車両メーカー側のリスクが増大し、コストに影響を及ぼすと考えられる。したがって、保証内容は以下条件を提示することにした。

- 日本から供給する材料、部品についての保証は、2年間とする。
- MR が作業する範囲については、車両メーカーは保証しない。

(11) 留意すべき点

車両現地組立の実施にあたっては、以下の点について留意が必要である。

- 本調査で提案した車両現地組立の工程は、MR 作業者の技術向上のため日本で製作する場合より長めに設定しているが、車両メーカーが考える作業工程によっては、必要な期間を変更する可能性がある。
- 現地組立の作業範囲、工程、車両の実仕様を詳細に検討し、どの設備が必要であるのかを検討する必要がある。
- 車両の実仕様および現地組立範囲の詳細な検討をしたうえで、何を輸送するのかを決めて行く必要がある。
- 現地での積み下ろし作業および保管場所については、大まかに検討を行ったため、保管場所や他の設備が必要となる可能性がある。
- MR 作業者の訓練内容は、車両メーカーの考えにより変更する可能性がある。

(12) 検討結果

MR が希望した車両の現地組立を検討した結果、完成車の購入価格よりコストがかかることとスケジュールが延びることから、現地組立は行わないことになった。

車両調達スケジュールについては、表 5.10.10 を JICA 調査団としては MR に提示した。しかしながら、最終段階にて MR 側は 2024 年 12 月までにすべての調達が終了するよう強く要請し、結果として、日本側はその要請を受け入れることとしたが、詳細設計において、メーカーの製造能力とスケジュールに関する詳細な調査が必要である。

5.10.5 将来の車両必要数量

需要予測結果から車両の必要数量について試算する。まず、需要予測結果につき以下に示す。

Thousand persons/day

	Car	Bus	Rail	IWT	Air	Total	Rail share
2013	53.9	83.3	22.5		2.1	163.3	13.8
2023	169.2	171	80.7		0.7	438.7	18.4
2030	357.7	346.6	132.4		1.3	887.5	14.9

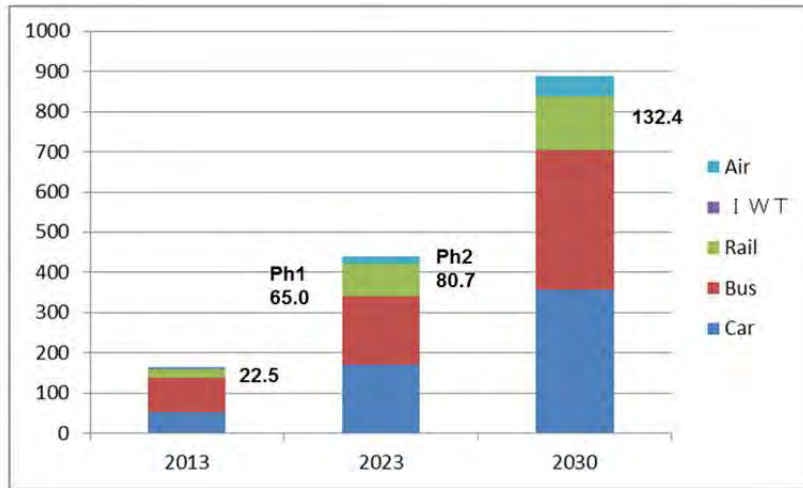


図 5.10.25 需要予測結果からみたMRの旅客数の推移

上記需要予測結果から、年度ごとの必要車両数を計算すると以下の通りとなる。

表 5.10.10 必要車両数

Necessary Train

Year	DF(wo)	DF(w)	Difference (w-wo)	CF	CFPax	P. Demand	Section Traffic (27%)	Necessary Train Total	MR(L+C) (60%)	DEMU (40%)	DEMU Supple. (15%)	DEMU Nec. Train	PH2 Nec. Train	PH2 Necessary R/ S
2023	65,367	80,711	15,344	0	0	65,367	17,649	29	18	11	2	13	11	132
2024	71,886	88,092	16,206	0.2	3,241	75,127	20,284	33	20	13	2	15	13	156
2025	78,405	95,472	17,067	0.2	3,413	81,818	22,091	36	22	14	3	17	15	180
2026	84,924	102,853	17,929	0.4	7,171	92,095	24,866	41	25	16	3	19	17	204
2027	91,443	110,233	18,790	0.6	11,274	102,717	27,734	45	27	18	3	21	19	228
2028	97,962	117,614	19,652	1.0	19,652	117,614	31,756	52	32	20	3	23	21	252
2029	104,481	124,994	20,513	1.0	20,513	124,994	33,748	55	33	22	4	26	24	288
2030	111,000	132,375	21,375	1.0	21,375	132,375	35,741	58	35	23	4	27	25	300

CF: Conversion Factor

Yellow is Demand Forecast

1 Train = 620 Pax
L: Loco C: Coach
MR(L+C):DEMU=6:4
Supplemental Train 15%

PH2 Train = Total - PH1

上記数字をグラフで表すと以下の通りとなる。

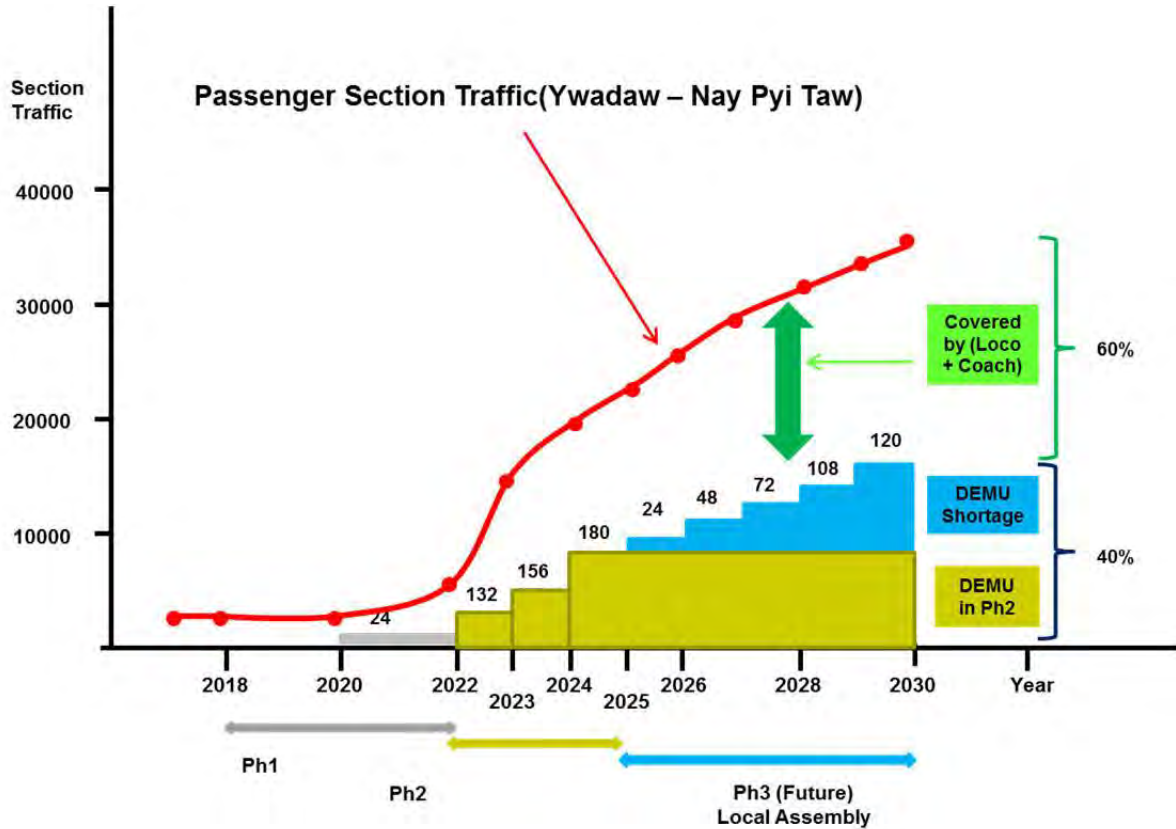


図 5.10.26 必要車両数の推移

需要予測結果では、2030年に120両のDEMU不足が予想される場所、MRは新たな調達を開始する必要がある。その際には、将来の更なる車両調達需要を見込んで、現地生産化の準備を開始することを推奨する。

5.11 車両基地

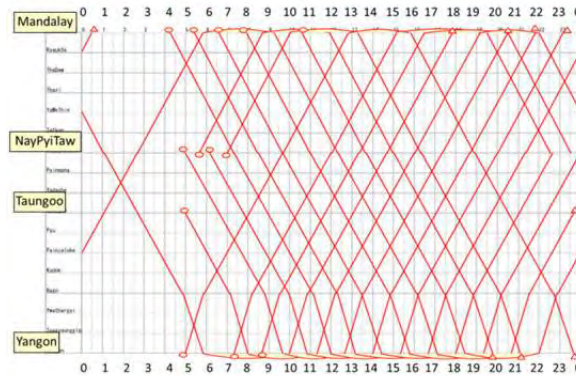
車両基地は、次の4つの機能がある。

- 車両の留置
- 日常の運転に必要な検査・整備
- 車両故障等のための修繕
- 車両の分解検査

車両基地は、鉄道の運行の品質保持のために、欠かせない設備であり、車両の検討とともに、車両の検査・修繕・整備を、同時に計画しなければならない。「ヤンゴン・マンダレー鉄道整備事業フェーズ1」にて整備されるイワタジー車両基地は、上記4つの機能全てを保持している。ただし、ヤンゴン・マンダレー線(YM)は全長約620kmと長距離に渡るため、イワタジー車両基地だけでなく、他の車両基地も利用して、車両の検査・修繕・整備を計画する必要がある。

本案件では、以下の前提条件で車両基地計画を検討する。

- ミャンマー国鉄（MR）が所有する車両基地
- 調査団が提案した運行計画（図 5.11.1）
- YM-D/D(1)のイワタジー車両基地



出典：JICA 調査団

図 5.11.1 調査団が提案した運行計画

5.11.1 MR の車両基地の現状

YM-D/D(1)の 2023 年の運行計画によると、車両の留置計画は、ヤンゴン、タウンゲー、ネピドー、マンダレーである。すでに、これらの駅の近くには、MR の車両基地が計画、または、存在している。

- ヤンゴン地区
 - ✓ イワタジー車両基地（YM-D/D(1)）
- タウンゲー地区
 - ✓ タウンゲー車両基地
- ネピドー地区
 - ✓ ピンマナ車両基地
 - ✓ ネピドー車両基地
- マンダレー地区
 - ✓ ミインゲ客貨車検修工場
 - ✓ マンダレー機関車車両基地
 - ✓ マンダレー客車車両基地
 - ✓ ミョウハウン車両基地

これらの車両基地の調査の結果、その機能は、表 5.11.1 のとおりである。

表 5.11.1 MR の車両基地の機能一覧

車両基地		車両の留置	日常の検査・整備	故障等の修繕	車両の分解検査
ヤンゴン	イワタジー車両基地	DEMU/RBE	DEMU/RBE	DEMU/RBE	DEMU/RBE
タウンゲー	タウンゲー車両基地	Loco.	Loco.	Loco.	
ネピドー	ピンマナ車両基地	Loco./RBE	Loco./RBE	Loco./RBE	
	ネピドー車両基地	Loco./RBE	Loco./RBE	Loco./RBE	
マンダレー	ミィンゲ客貨車検修工場				PC
	マンダレー機関車車両基地	Loco./RBE	Loco./RBE	Loco./RBE	
	マンダレー客車車両基地	PC	PC	PC	
	ミョウハウン車両基地	Loco./FC	Loco./FC	FC	

注記 DEMU：電気式気動車、RBE：レールバス、Loco.：機関車、PC：客車、FC：貨車

出典：JICA 調査団

なお、イワタジー車両基地は、YM-D/D(1)で DEMU の検査・整備・修繕を行う前提で計画された車両基地であるため、本案件では検証しない。

以下、これらの車両基地の特徴を記す。

➤ 機関車と RBE のための車両基地

4つの車両基地の共通点は、エンジンを持つ車両の検査・修繕を行うことである。したがって、各車両基地には、台車の検査のためのピットと給油設備が整備されている（図 5.11.2）。しかし、機関車は、客室が無いため、トイレで使用する水を補給する設備が無いのが特徴である。さらに、機関車は、1両で機能するため、車両基地内の線路の有効長や検修庫の長さが短いのが特徴である。



(a) 検査ピット



(b) 燃料ポンプ室（給油設備）

出典：JICA 調査団

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

➤ 客車のための車両基地

ミィンゲ工場は、車両の分解検査を行う車両基地であるため、検査ピットの他、車両を分解するための設備がある。しかし、留置する機能や、日常の運行のための設備が無い。一方で、マンダレー客車車両基地は、留置する機能や、日常の運行のための設備、故障等の修繕するための設備が整備されている（図 5.11.3）。しかし、客車はエン

ジンを持たないため、給油設備が無い。また、MR が運行する車両にはトイレがあるが、汚物タンクが無いため、MR の車両基地には、汚物を抜き取るための設備が無い。



(a) 検査ピット



(b) 給水設備

出典：JICA 調査団

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



(a) 客車のトイレ



(b) 車両の外側から見たトイレ

出典：JICA 調査団

図 5.11.4 MR が所有する客車のトイレの特徴

➤ 貨車のための車両基地

ミョウハウ車両基地は、貨車のメンテナンスを行っているが、主に、故障等のための修繕を行う設備が整備されている。



出典：JICA 調査団

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

これに対して、DEMU の運行に必要な主な設備は、以下の項目になる。

表 5.11.2 DEMU の運行に必要な主な設備

作業と主な設備		内容
車両の留置	留置線	DEMU の列車長 240m を留置するための線路
日常の検査・整備	検査線	台車や車両の床下機器を点検するための線路
	洗浄線	車両を洗浄するための線路 トイレ用の水を補給するための設備や汚物を抜くための設備が整備される
	給油線	燃料を補給するための設備が整備される線路
	車輪転削機	車輪を転削して車輪の形状を正すための設備
故障等の修繕	臨時修繕線	台車や車両の床下機器等を交換するための設備が整備される線路
車両の分解検査		機器を分解検査するための設備

出典：JICA 調査団

「車両の分解検査」を除く全ての条件に適合する MR の車両基地は、YM-D/D(1)で計画するイワタジー車両基地の他は無く、車両基地の設備を新しく計画することが必要である。

5.11.2 車両基地の推奨計画

この節では、YM-D/D(1)の再検討を行い、本案件で計画する車両基地の概要を提案する。

(1) 車両基地の必要能力と各車両基地の計画

本案件に必要な車両基地の能力は、YM-D/D(1)の条件（対象車両と車両数、検査周期、検査所要時間、労働条件）に基づき計算すると、表 5.11.3 のようになる。

表 5.11.3 YM-D/D(1)における車両基地の必要能力

車種	編成数	走行キロ	検査種別	検査編成数
YM Express DEMU	34	950 km/日	月検査	1.133 編成/日
			日常検査	16.581 編成/日
			車輪転削	0.533 編成/日

出典：JICA 調査団

以上を基に、YM での運用を想定した各車両基地の計画は、表 5.11.4 のようになる。

表 5.11.4 YM における各車両基地の計画

作業	イワタジー	タウンゲー	ネピドー	マンダレー
車両の留置	Conducted		Conducted	Conducted
日常・月検査	Conducted			Conducted (only Daily Inspection)
臨時修繕	Conducted			Conducted
車輪転削	Conducted			
車両整備	Conducted		Conducted	Conducted
給油・給水	Conducted		Conducted	Conducted
分解検査	Conducted			

出典：JICA 調査団

以下に、再検討結果の理由を示す。

1) イワタジー車両基地

イワタジー車両基地は、YM の始発・終着駅となるヤンゴンから近いため、車両運行の拠点となる車両基地である。したがって、DEMU に必要な設備全てを整備すべきである。

2) タウンゲー地区

列車がタウンゲー地区に留置される計画であるが、留置本数が1本と少ない。また、タウンゲーに到着する運行の前に、イワタジー車両基地で給油・給水・汚物抜取の作業等を行うことから、車両の仕様上、タウンゲー地区で新たに整備する設備は必要ない。

3) ネピドー地区

ネピドー地区は、4本の列車が留置される予定である。多くの車両が滞泊することから、車両整備の拠点として、車両基地を整備することを奨める。ただし、コストダウンの観点から、イワタジー、または、マンダレー地区に検査・修繕設備を集約することとし、ネピドー地区には、運行前に必要な、給油・給水・汚物抜取の作業等を行えるように最低限の設備を整備する。

4) マンダレー地区

マンダレー地区に整備される車両基地は、YM の始発・終着駅となるため、イワタジー車両基地と同様、重要な拠点である。ただし、YM-D/D(1)においてイワタジー車両基地に全て設備が導入されるため、マンダレー地区の車両基地は、イワタジー車両基地を補佐する役割を持つべきである。

以上の検討結果より、車両基地の設備計画を表 5.11.5 のとおり提案する。

表 5.11.5 YM における各車両基地の設備計画の数量

設備	イワタジー	タウンゲー	ネピドー	マンダレー
日常・月検査線	3	0	0	3 (only Daily Inspection)
臨時修繕線	1	0	0	1
車輪転削線	1	0	0	0
車両整備線	2	0	2	2
給水線	2	0	2	2
給油線	2	0	2	2

出典：JICA 調査団

(2) 各地区の車両基地候補地

各地区の車両基地候補地を検討するにあたり、MR の車両基地とそれ以外の土地で比較を行う。

1) ネピドー地区

ネピドー地区の検討は、以下の2か所（図 5.11.6）で行った。

- MR の車両基地
 - ✓ ネピドー車両基地
- 上記以外の土地
 - ✓ ネピドー駅構内

ネピドー駅周辺に2つの車両基地があるが、将来、ピンマナ車両基地がネピドー車両基地に統合されることを考慮して、ネピドー車両基地とした。



出典：Google Earth

図 5.11.6 ネピドー地区の車両基地候補地

2つの箇所について比較を行った結果、表 5.11.6 のとおりとなり、ネピドー車両基地を活用する案を推奨した。

表 5.11.6 ネピドー地区の車両基地候補地の評価

評価項目	ネピドー車両基地	ネピドー駅構内
広さ	Enough space	Enough space
回送距離	Near the station	Near the station
整備コスト	Possible to reduce	Impossible to reduce
工事	Easy to install	Easy to install
既存設備の活用	Possible	None

出典：JICA 調査団

ネピドー車両基地を活用することで、既存の事務所等の設備が活用できる他、DEMU に必要な要員も既存の要員を活用できるため、新しく車両基地を整備する案と比べて、コストダウンを見込むことができる。

以上の検討より、ネピドー車両基地の活用を推奨し、提案する。

2) マンダレー地区

マンダレー地区の検討は、以下の4か所（図 5.11.7）で行った。

- MR の車両基地
 - ✓ マンダレー駅構内（機関車車両基地、客車車両基地）
 - ✓ ミョウハウ駅構内（ミョウハウ車両基地）
 - ✓ ミインゲ客貨車検修工場
- 上記以外の土地
 - ✓ ミインゲ・タグンダイー間



出典：Google Earth

図 5.11.7 マンダレー地区の車両基地候補地

4つの箇所について比較を行った結果、表 5.11.7 のとおりとなり、ミョウハウ駅構内の機能を再配置する案とミインゲ・タグンダイー間の土地収用する案を推奨した。

表 5.11.7 マンダレー地区の車両基地候補地の評価

評価項目	マンダレー駅構内	ミョウハウ駅構内	ミインゲ客貨車検修工場	ミインゲ・タグンダイー間
広さ	No space	Enough Space, but need to relocate	No space	Enough Space
回送距離	Near the station	5 km away	14 km away	12km away
整備コスト	Impossible to reduce	Impossible to reduce	Impossible to reduce	Impossible to reduce
工事	Hard to install	Easy to install	Hard to install	Easy to install
既存設備の活用	Possible	None	None	None

出典：JICA 調査団

- マンダレー駅構内
 - ✓ マンダレー駅構内には、機関車と客車の車両基地があり、それぞれの設備があるが、給油線が1,2両分の有効長しかない等、設備の仕様が適合しないため、活用できないほか、汚物抜取設備を整備する場所がなく、DEMUの車両基地を整備することは非常に困難である。
- ミョウハウン駅構内
 - ✓ ミョウハウン車両基地は、機関車と貨車のメンテナンスを行っているが、DEMUの設備としては適合しないため、新たに整備する必要がある。また、ミョウハウン駅は、貨物の拠点であり、貨物の荷役場所が構内に点在しているため、車両基地の整備にあたり、機能の集約と再配置を行い、場所を生み出す必要がある。
- ミイング客貨車検修工場
 - ✓ ミイング客貨車検修工場は、車両の分解検査を行う専用の車両基地のため、DEMUに必要な設備をすべて整備する必要がある。また、車両基地を整備する場所がない。
- ミイング・タグンダイー間
 - ✓ 土地の広さは十分にあるため、自由に車両基地のレイアウトを計画することが可能である。ただし、MRが所有する土地ではないため、土地収用が必要となる。

上記のとおり、2つの案を推奨したところ、MRから、所有する土地の活用を要望されたため、ミョウハウン駅構内の敷地に、DEMUの車両基地を整備することとする。

(3) 各車両基地の整備内容

1) ネピドー車両基地

本案件で整備されるネピドー車両基地は、既存のネピドー車両基地を活用する。表 5.11.7 により、整備することになる。具体的には、既存の給油線を延長し、DEMUの列車長にも対応できるようにする。整備線と留置線については、既存の車両基地の側に新規に整備する。ネピドー車両基地の整備計画は、図 5.11.8 のとおりである。



出典：Google Earth、JICA 調査団

図 5.11.8 ネピドー車両基地の整備計画のイメージ

2) 新マンダレー車両基地

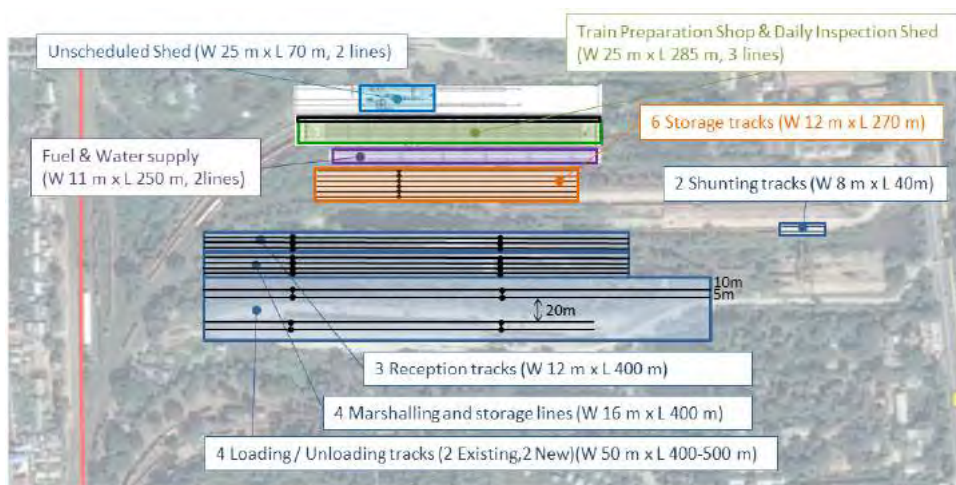
本案件で整備される新マンダレー車両基地は、ミョウハウ駅構内を貨物設備とともに再整備を行い、整備する。ただし、既存の車両基地は新たな設備のための土地を生み出すために再配置を行うため、新たに整備する車両基地に統合することにする。既存の車両基地に必要な設備は、表 5.11.8 のとおりである。

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

車種	検査対象	必要設備	設備が整備される線路
機関車	台車等の目視点検	検査ピット	日常・月検査線
	搭載機器の目視点検	検査ピット、デッキ	日常・月検査線
	台車の故障に伴う交換	リフティングジャッキ	臨時修繕線
	エンジンの故障に伴う交換	天井クレーン	臨時修繕線
	給油	燃料給油装置	給油・給水線
貨車	台車部品の点検	リフティングジャッキ	臨時修繕線
	台車の故障に伴う交換	リフティングジャッキ、天井クレーン	臨時修繕線

出典：JICA 調査団

これらは、表 5.11.7 と共通の内容であり、設備個々の能力を考慮することで、共通して使用できる。よって、新マンダレー車両基地は、表 5.11.8 により、整備することになる。新マンダレー車両基地の整備計画は、図 5.11.9 のとおりである。



出典：Google Earth、JICA 調査団

図 5.11.9 新マンダレー車両基地の整備計画のイメージ

この計画では、ミョウハウ貨物駅構内の既存設備を撤去するため、MR の運行に影響を及ぼさないように、工事を計画する必要がある。特に、既存の貨物車両用の車両基地を撤去するため、その車両基地で行っていた検査を工事期間中も行えるように、配慮する必要がある。もし、工事期間中に検査を行えない場合、車両の検査を代替地で行う計画をたてる必要がある。

5.12 信号設備

5.12.1 信号設備の現状

2014～2015年に実施されたヤンゴン・マンダレー線のフェーズ1区間の詳細設計の結果、2017年に入札を実施し施工が始まる。フェーズ1区間はパズンダン（駅構内を除く）～タウンゲー間 267kmを対象に信号設備の近代化を行う。なお、ヤンゴン駅と隣接駅のパズンダン駅は、日本の無償供与プロジェクト「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）」により近代化工事が現在進行中である。このOCCプロジェクトには、ヤンゴン～ピュンタザ間の列車集中監視システムが含まれている。

本準備調査では、タウンゲー（駅構内を除く）～マンダレー間約 353.3kmの区間を対象に実施する。但し、鉄道中央監視システムの監視範囲は現在の運行管理区間と一致させるため、フェーズ2ではタウンゲーOCC管轄範囲のニューレービン・ピンマナ間、タージィーOCC管轄範囲のユアード・タージィー間、マンダレーOCC管轄範囲のユアパレ・マンダレー間である。

ヤンゴン・マンダレー線は最終的には最高速度 100km/hで走行し、現在ヤンゴン・マンダレー間を 14時間以上で運転している列車を最短 8時間以内で運行することを目的とする。

信号設備、踏切制御装置の仕様は、基本的にはフェーズ1の詳細設計で作成した仕様に準拠し、ヤンゴン・マンダレー線の列車運行の安全を確保し安定した列車運行を実施するために必要な設備を検討する。

(1) 既設信号設備

1) 閉そく装置

現在、駅間1閉そくとして運転する区間では閉そく装置を使用せずに、票券閉そく式と呼ばれる閉そく方式によって安全を確保している。票券閉そく式は、駅長が隣接駅と電話で連絡し駅間の列車が無いことを確認後、規定の用紙に必要事項を記入した紙（票券）を運転士に渡し、この票券をもつ列車のみが走行することが出来ることで、次の駅までの閉そくを確保する方式である。

2) 連動装置

i) 電子連動装置

フェーズ2区間で電子連動装置が稼働している駅はネピドー駅だけで、稼働を開始して5年程度が経過している。電源装置（整流器）が4台中2台故障した状態で運用を行っている。また、蓄電池も状態が悪く、これらの機器の交換部品が無いいため交換ができない状態である。電子連動装置の現状を図 5.12.1 に示す。



(a) 連動制御盤



(b) 電源装置



(c) 蓄電池

出典：JICA 調査団

図 5.12.1 電子連動装置

ii) 継電連動装置

現在、継電連動装置が設置してある駅はピンマナ、タージュー、マンダレーの3駅である。設置後50年以上が経過しており、交換部品も不足し保守が難しく、早期の交換が望まれる。図5.12.2にマンダレー駅の連動制御盤の状態を示す。



出典：JICA 調査団

図 5.12.2 継電連動制御盤

iii) 機械連動（キーロック）

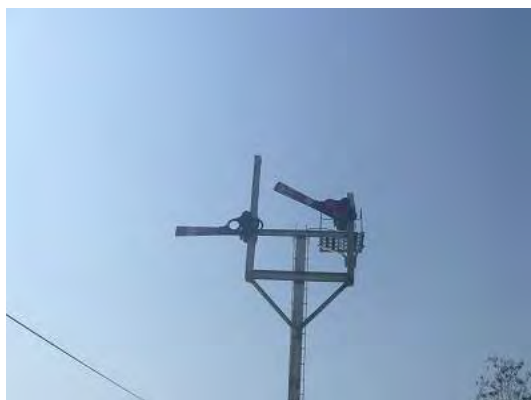
鍵により転てつ機と信号機を連鎖する機械連動方式で、駅構内の進路の保安を確保している。図 5.12.3 では本線上の転てつ機の転換に中国製の電気転てつ機を設置しているが、電氣的に接続されておらず、手回しハンドルでの操作となる。駅長室には 1960 年製作の英国メトロポリタンピッカーズ GRS 製の電気機械連動装置が設置されており、信号機に進行を現示するためには、鍵を挿入し、レバーを手前に引き出し、この装置に付属している手回し式の発電機を回して機械式信号機に設置されているモータを起動し、信号機に進行を現示する。梘子相互間の連鎖は、装置内の鉄片の機械的な組み合わせにより連鎖をしている。



(a) 電気転てつ機とキーロック



(b) 電気機械連動装置

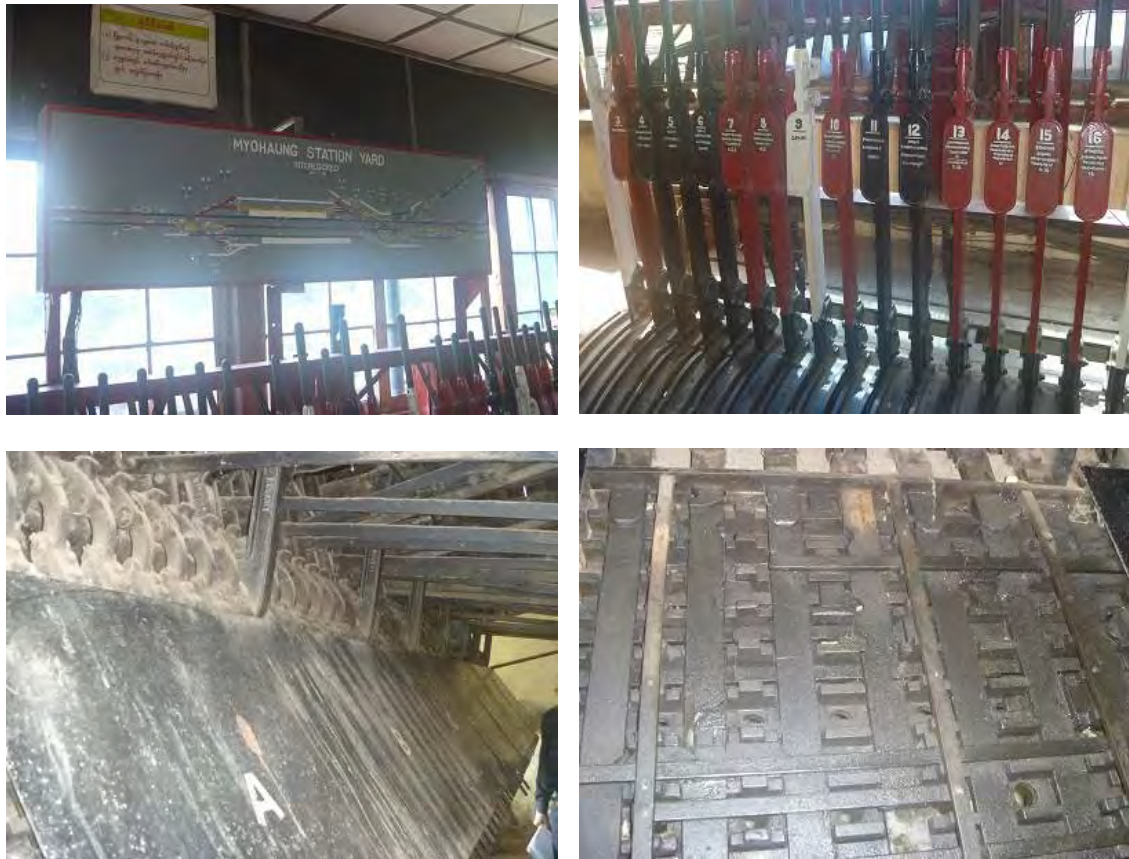


(c) 腕木式信号機

出典：JICA 調査団

図 5.12.3 機械連動装置

ミョウハウ駅では、図 5.12.4 に示すように、機械連動装置の転てつ梘子、信号梘子が信号扱所に集中されている。梘子相互の連鎖は、梘子の下部にある鉄片の切れ込みの組み合わせで確保し、その梘子の操作を電気信号に変換しリレーを介して電気転てつ機を転換し、色灯信号機に進行を現示する第 1 種電気機連動装置がある。



出典：JICA 調査団

図 5.12.4 ミョウハウン駅信号扱所

3) 列車検知装置

電子連動及び継電連動装置が設備されている駅では、軌道回路で列車検知を行っている。軌道回路の種類は直流軌道回路で、線路近傍の器具箱内に電源、蓄電池、軌道リレーを設置した機器分散設置方式である。

4) 信号装置

電子連動及び継電連動装置設備駅では、色灯信号機を使用している。信号電球はフィラメントの断線を検知するためにダブルフィラメントの特殊な電球を使用するが、入手が困難なため、信号灯はLEDタイプにMRが取り替えている。

電気機械式連動の駅では、腕木式信号機を動かすモータが信号機に付属しているおり、モータで腕木信号を動かしているが、キー連動の駅では、腕木式信号機を操作するため駅員が信号機の近くにある梃子を操作し現示を操作している。



出典：JICA 調査団

図 5.12.5 腕木式信号機

5) 転てつ装置

電子連動装置及び継電連動装置を設備している駅では、電気転てつ機を使用している。キー連動の駅では、手動の転てつ機を使用している。現状を図 5.12.6 に示す。いずれも老朽化が激しく、トンングレールの密着を保つことが困難な状況である。



(a) 電気転てつ機 (ネピドー)



(b) 手動転てつ機 (キー連動)



(c) 電気転てつ機 (マンダレー)

出典：JICA 調査団

図 5.12.6 転てつ装置

6) 踏切保安装置

フェーズ2の範囲にある現在の踏切は、踏切警手の配置されている踏切と無い踏切がある。駅構内にある踏切は、基本的には列車の通過時に駅員が踏切に移動し、踏切警手としての作業を行う。駅中間の踏切については、交通量の多い踏切に踏切警手を配置し、警報器、しゃ断機を操作し道路交通を遮断している。列車の接近は、隣接駅からの無線機又は電話での連絡と、踏切付近に列車が接近した時に警笛を鳴らすことで知得している。また、駅中間の踏切では、警手が遮断機を閉じた後にゲートスイッチを操作しゲートシグナルに進行現示を現示するか、踏切警手自身が手旗で進行信号を現示する。列車は、ゲートシグナルまたは手旗信号に進行が現示されていない場合は、信号機の手前に停止する義務がある。これらの踏切の設備も、老朽化により正常な状態で稼働している機器は少ない。図 5.12.7 に有人踏切の設備の状態を示す。



(a) 警報器(道路側)



(b) ゲートシグナル(鉄道側)



(c) 遮断機とゲートスイッチ

出典：JICA 調査団

図 5.12.7 踏切設備

7) 保守体制

フェーズ2区間における保守体制は、主要駅に保守要員を配置し周辺の駅の保守も行っている。保守要員の常駐駅と人数を次に示す。

表 5.12.1 保守要員配置

管理区	常駐駅	人数
ディビジョン5	タウンゲー	7
	ターウーティ	2
	ピンマナ	12
	ネピドー	12
	シュエーミョン	1
	タッコン	4
	ヤメティン	8
	ピョービエー	6
	ディビジョン4	タージー
ディビジョン3	ミンゲ	6
	ミョウハウン	10
	マンダレー	12

出典：JICA 調査団

(2) 関連設備

1) 軌道

レールはすり減っているが交換されていない。継目板のボルトなども抜けが目立つ。また、軌道回路の設備されている駅でも、軌道パッドやパンドロールが入っていない場所も多い。図 5.12.8 に分岐器周りの状況を示す。



(a) 欠けたトングレール



(b) 保守されていない転てつ機



(c) 保守されていない分岐器と転てつ機

出典：JICA 調査団

図 5.12.8 軌道の状態

2) 通信

各駅にはMRの電話回線が引かれており、隣接駅や指令との連絡用の電話が設備されている。ヤンゴン・マンダレー間は24芯の光ケーブルが布設されており、電話回線はこの光ファイバーケーブルを使用している。また、駅とOCC間は無線によって交信をすることができる。現在の通信設備を図5.12.9に示す。



出典：JICA 調査団

図 5.12.9 既設通信設備

3) 電力

電子連動装置又は継電連動装置を設置している駅では、信号設備用に電力会社から受電しているが、電力の品質が不十分のため、AVRで電圧変動を補償し、駅ごとに発電機を設備している。

5.12.2 更新計画

(1) 基本方針

本プロジェクト完成時以降、メンテナンスを行いながら約20年以上継続使用することが可能な近代的な信号設備とする。また、MRは容易に保守ができる設備を望んでいるため、共通の仕様で保守に配慮する。

信号設備新設に伴う信号機器室などの建築設備、土留めなどの土木設備も同時に施工する。

進路の多い大規模駅は、比較的電力事情の良い駅であるため、安定稼働が期待できることから電子連動で更新し、小駅は継電連動で更新する。

改良の対象とする踏切保安装置は、フェーズ1では、駅付近（遠方信号機から構内側）を対象にしていた。フェーズ2でも、電源の確保が難しい点を考慮し、原則として駅付近を対象にしていたが、MRの要望により、駅中間であってもヤンゴン・マンダレー幹線道路と交差する踏切など、重要な踏切を対象に加えた。

(2) 設計施工期間の短縮

ヤンゴン・マンダレー間の改良を早急に完成してほしいという要望がMR側から出されており、設計・製造・施工に時間がかかる連動装置に関して次のように検討した。

連動装置では、連鎖や鎖錠の関係を記載した連動図表を基として装置を設計し製作する。連動図表は進路毎に連鎖・鎖錠を定義するので、進路が多くなると関係する他の進路、転てつ機も多くなるため、複雑な連動となり設計に時間がかかる。継電連動装置では、連動図表が確定後に結線図を作成した後、実際の配線を行う。電子連動装置では、連動図表の確定後に各コントラクターの入力データフォーマットに従って連動論理をデータ化して、電子連動装置に入力する。

フェーズ1の詳細設計では、駅の進路数が30進路以下は継電連動装置、31進路以上は電子連動装置を採用するとしたが、フェーズ2においてもこの基準に従って連動化する種別を選択する。

タウングー以北のフェーズ2区間では、列車の本数が少なくなるため、進路数の少ない駅では現在でもキーロックの機械式連動装置又は電気機械式が多い。

本設計において輸送計画に基づき各駅の配線を決めるが、その際に可能な限り駅の線路配線と同じにするように計画するよう、輸送計画で配慮する。進路の少ない駅は継電連動装置を使用するので、駅の配線が少しでも異なると設計、製作、試験が異なり工事期間が延びることとなる。進路を同じにすることで設計、製作、試験の期間を短縮することが可能となるため、運転計画に支障しない場合は線路配線の統一を図る。

(3) 各装置の整備計画

1) 設備範囲

信号設備は次に示す設備を含む。

i) 連動装置

- 電子連動装置
- 継電連動装置

ii) 閉そく装置

- 駅間閉塞装置
- 自動閉そく装置

iii) 列車検知装置

- 軌道回路

iv) 自動列車防護装置

- 地上装置

v) 信号機・標識

vi) 転てつ装置

- 電気転てつ機
- 手動転てつ機

vii) 踏切保安装置

viii) 電源装置

ix) ケーブル及び管路

x) スペアパーツ

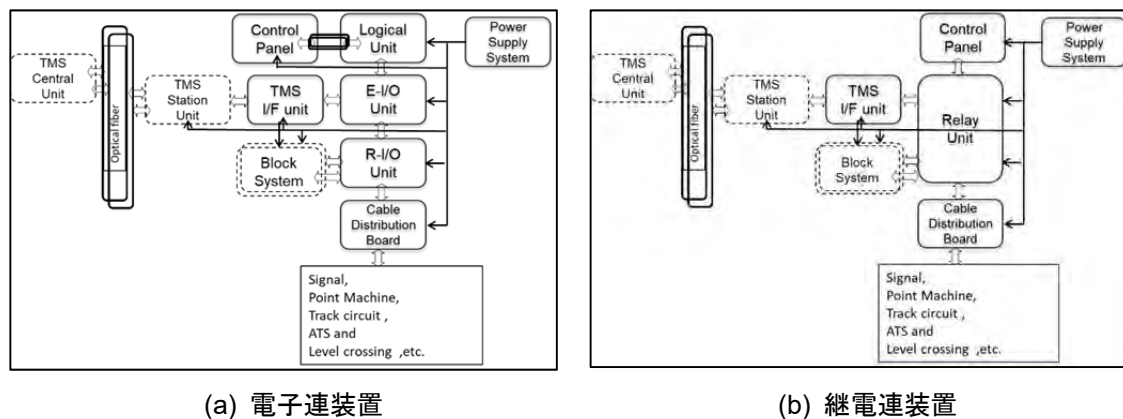
注：TMS は 5.14 に記載する。

2) 連動装置

本プロジェクトでは、連動装置の規模、電源事情を考慮し、継電連動と電子連動を採用し進路数により使用する駅を区分する。連動装置の制御盤に閉そく装置の表示、扱いを統合し操作できるものとする。

進路数の多い重要度の高い駅は、電子連動装置を採用する。連動装置はフェイルセーフ論理にもとづいたものであることとする。進路設定は駅ごとに駅長が取扱いをするため、制御盤を駅ごとに設置する。ヤンゴン・マンダレー線には、継電連動装置を採用して長期にわたって稼働している実績があり、不安定な電源事情の現状を考慮すると実績のある継電連動装置は安定稼働が期待できる。電子連動装置と継電連動装置の区分は進路数によることとして、フェーズ1と同じ次の基準により基本的には区分する。

- 大駅（31 進路以上）：電子連動装置
- 小駅（30 進路以下）：継電連動装置



出典：JICA 調査団

図 5.12.10 連動装置構成図

ネピドー駅はインドのアンサルド製の SSI と呼ばれる電子連動装置を設備しているが、稼働して 5 年経っており、以下の事柄を考慮すると装置を交換することが妥当と考える。

- 本プロジェクトではネピドー駅の軌道改良を行うため、レールが 75 ポンドレールから 50N レールに交換される。レールの形状が変わり重くなるため、分岐器の転換により大きな力が必要となるため、電気転てつ機を交換する必要がある。

- ▶ 転換力の大きい電気転てつ機は多くの電力を必要とするため、電源装置の増強が必要となる。
- ▶ ネピドーと隣接駅の間に閉そく装置を新設するため、電子連動装置に閉そく装置とのインターフェースを組み込む必要がある。
- ▶ 列車集中監視装置（TMS）との情報入出力を行うためのインターフェースが必要となる。

これらの問題を解決するためには、既設の SSI を変更する必要がある。改修費用を考慮すると、連動装置を含めネピドー駅の信号設備を更新する方が将来的に有利である。

電子連動装置は規模の大きい駅に設置するが、構内の大きい駅の場合、日本では信号機器室を複数設置し、現場の設備と接続するケーブルが一か所に集中しないようにする。また、電源が現場機器の近くに設備出来るため、電圧降下を考慮すると有利となる。電子連動装置の場合、MSH と SSH の間は光ケーブルを布設しケーブルの量を減らすことが出来るため、さらに有利となる。しかし、MR では、光ケーブルの切断の可能性や SSH のセキュリティー等を考えると、駅を中心付近に MSH を 1 か所設置する方式を希望している。詳細設計では、駅舎の建替え計画がある駅は、その中に MSH を設置することを検討する。また、複数の機器室を計画しているピンマナ、タジー、ミョウハン、マンダレーでは、1 か所の MSH で制御可能か経済面を含め総合的に検討する

3) 閉そく装置

i) 駅間閉そく装置

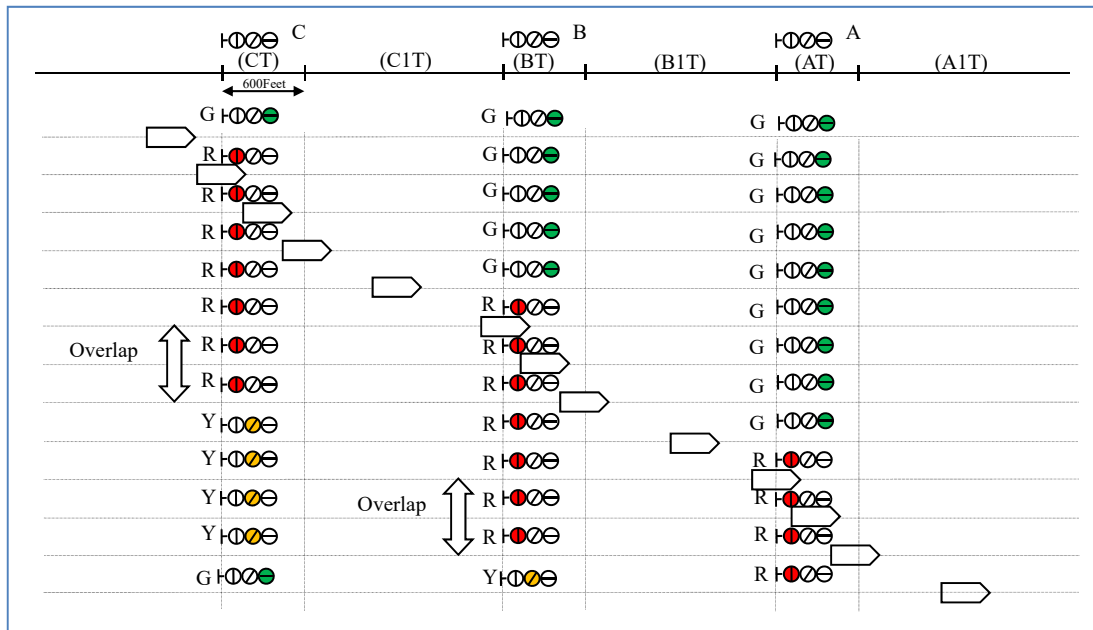
タウンゲー・マンダレー間は、駅間に 1 列車を運転すればよいため、駅間で自動的に閉そくを確保する駅間閉そく装置を設置する。閉そく装置は、駅中間を挟んだ両端の駅に設置した閉そく装置が共調し閉そくを確保する装置とする。出発信号機と連鎖し、閉そく区間の安全を確保する設備であることが必要である。

ii) 自動閉そく装置

ミョウハウ～マンダレー間にあるシャンズ駅は、現在、閉そく機能の無い停車場として利用されている。つまり、ミョウハウ～シャンズ～マンダレー間の約 4 キロは列車を 1 本しか入れることができない。将来の列車本数の増加を考えると、シャンズ駅を閉そく駅にして、ミョウハウ～シャンズ間、シャンズ～マンダレー間にそれぞれ 1 本ずつの列車を入れることを MR に提言したところミョウハウ～マンダレー間を自動閉そく区間とし、複数の閉そく信号機を設置することにより、列車本数を増やすことを求められた。駅間閉そく装置を設備する場合に比べて、駅取扱いの必要が無く、距離が短い区間であるため工事費が安くなることから、ミョウハウ～マンダレー間への自動閉そく装置の導入を検討する。

自動閉そくとは、列車の走行に従い自動的に閉そく区間の始端に設置している信号機の現示を制御する装置であり、日本の鉄道では駅間に複数の列車を走行させる区間において一般的に使用している。ヤンゴン・マンダレー線においても、Phase1 区間の内、ヤンゴン駅～イワタジ

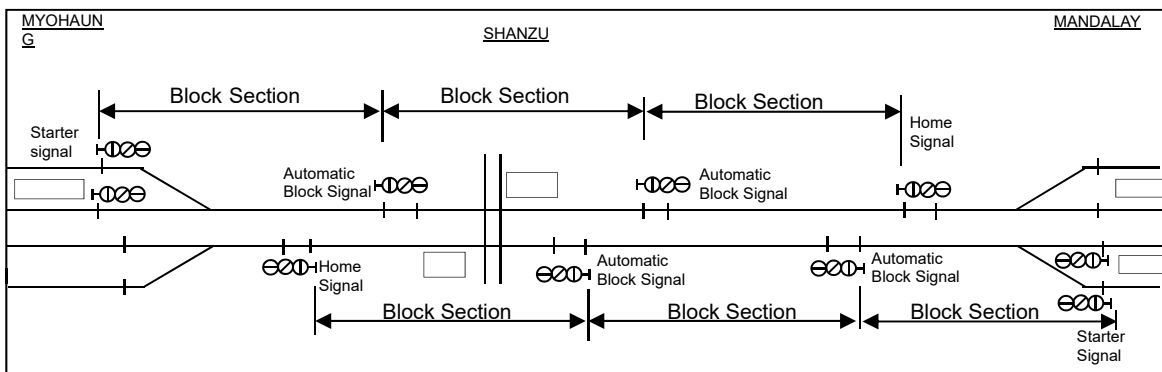
駅間を自動閉そく装置で制御する。図 5.12.11 に自動閉そく信号機の現示が列車の動きにより制御されることを示す。ミャンマーにおける自動閉そく式の信号機の制御方法は半重複式と呼ばれる方式である。信号機の防護区間のさらに先にある信号機内方に設けた 600 フィートのオーバーラン区間を列車が抜けるまで後方に赤信号を現示する。



出典：JICA 調査団

図 5.12.11 自動閉そく区間の現示系統図（半重複式）

Phase 2 区間では、ミョウハウシ～マンダレー間を自動閉そく区間とする。シャンズ駅を閉そく取り扱い駅とする場合に比べ、信号機の数量は変わらない。また、駅の取り扱いは従来のまま、駅の閉そく取扱いは不要である。設備の工事費はシャンズ駅を閉そく取扱い駅にする場合に比べ安価で設備することが可能となる。図 5.12.12 にミョウハウシ～マンダレー間の自動閉そく信号機の配置例を示す。



出典：JICA 調査団

図 5.12.12 信号機配置図（案）

4) 信号装置

ヤンゴン・マンダレー線では、全線にわたり、運転保安は地上信号方式で確保する。現在でも施行されている方式であり、運転最高速度 100km/h では変更する必要は無い。主信号機は色灯信号機、灯列式信号機を採用する。

MR のビルマ国鉄一般規則（1948 年 1 月 1 日）を基本とした地上信号機方式を採用する。地上信号機は、2 現示または 3 現示色灯信号機、入換信号機は灯列式、原則として進路毎に信号機を設ける。信号機を共用する場合は、進路表示を付加しどの進路の現示であるかを示す。

信号機の電球は LED タイプ信号機であり、LED 電球の故障を検知出来ること、LED 球単位で交換が可能なタイプとする。

i) 常置信号機

常置信号機の種類を次に示す。

- 場内信号機：3 現示（G, Y, R）
- 出発信号機
 - アドバンススタータ：2 現示（G, R）：駅間閉そく区間
 - プラットホームスタータ：2 現示（本線：G, R、側線：Y, R）
：3 現示（G, Y, R）：自動閉そく区間
- 入換信号機：灯列式

ii) 従属信号機

- 遠方信号機：3 現示（G, Y, YY）

iii) 信号付属器

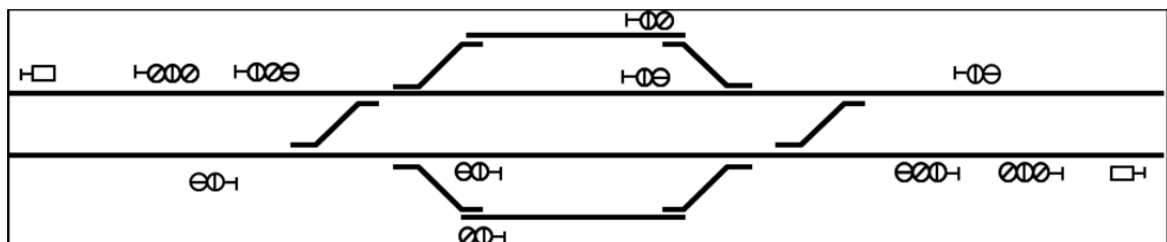
- 進路表示器（数字、文字）

iv) 標識

- 双方向入換標識 F 表示

v) 駅構内の信号機配置

図 5.12.13 に一例を示す。



出典：JICA 調査団

図 5.12.13 信号機建植位置

5) 転てつ装置

現在使用している転てつ装置は、機械式と電気式がある。機械式では、てこ集中と現場返しがある。本プロジェクトでは、高速化のためにレールを交換する。これに合わせ分岐器も交換されるので、連動制御範囲の分岐器には、電気転てつ機または転てつリバーに電気鎖錠器を付加する。本線上の電気転てつ機は、ロック狂いを検出することが可能な装置を付加する。

ヤンゴン・マンダレー線には、豪雨のために、川の氾濫、軌道の浸水がたびたび発生する。このための対策は、過去の洪水データ等を考慮したうえで軌道の路盤向上によって改善されるため、耐水形転てつ機は採用しないが、冠水の可能性の高い駅には扛上装置の必要性を検討する。なお、耐水型の転てつ機は、水没時には動かすことが出来ない、また、耐水性能を維持するために保守点検が煩雑となるなどの問題があることから、地下鉄などで使用実績があるものの、JR 各社では使用実績はない。

6) 列車検知装置（軌道回路）

列車の位置検知は、閉そくや連動装置などの信号システムの根幹を成すもので極めて重要な設備であり、複数の方法がある。ヤンゴン・マンダレー線では電源事情が不安定なことを考慮すると、蓄電池給電による無停電化が容易な直流軌道回路方式が有望である。現在使用している軌道回路も直流軌道回路が多く、保守に関しての技術的な問題がない。

7) 自動列車防護装置

本プロジェクトにより、軌道、土木の性能が向上し、列車密度、列車本数が増加する、そして列車速度の向上により、列車の追突事故、衝突事後の場合の被害が増大する。現在の保安装置は間隔制御を基本とした地上信号による保安方式であり、運転士等の注意力に依存した方式である。運転士の注意力に依存するため、複数の信号機が見える場所での運転士の勘違いや、信号機の見落としや居眠りなどがあった場合に、列車を安全に止めることが出来ない。これを改善するために、自動列車防護装置（ATP）を設備する。新型車両（DEMU）には、ATP 車上装置を搭載する。また、現在 MR 保有の車両の運転台には、フェーズ 1 において ATP 装置を新設することとなっている。

ATP 整備の優先順位は、旅客の安全を最優先として設備する。したがって、場内信号機、出発信号機を最優先に設備し、構内の入換信号機についてはその入換信号機を冒進した場合に、本線の旅客列車に衝突する恐れのある入換信号機には設備し、その他の入換信号機には設備しない。

なお、MR の要望により 30 個の車上装置を購入することとなったが、フェーズ 1 のコントラクトパッケージ 105 の入札がこれから行われることから、同パッケージで購入する車上装置 50 個に追加する形での購入とする。

8) 電源装置

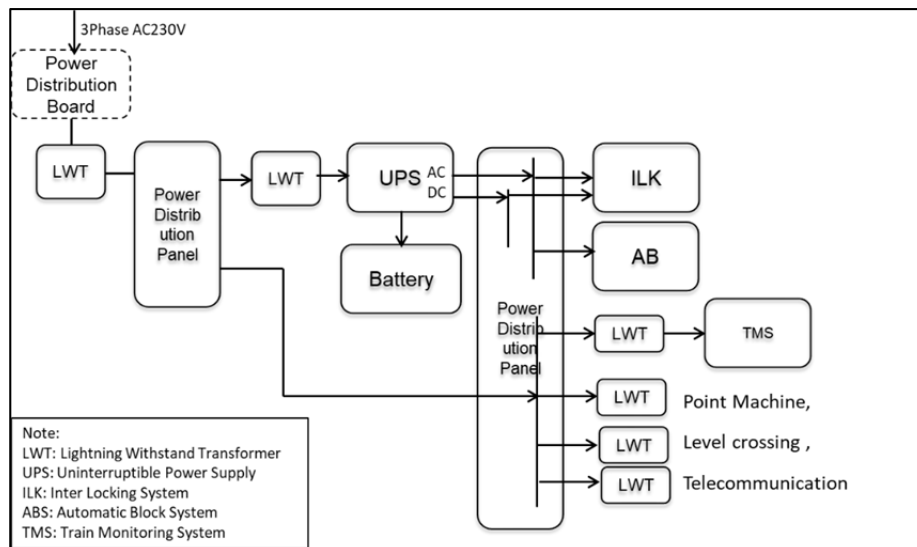
現状のミャンマーでの電源事情は、主要都市であるヤンゴン、ネピドー、マンダレーにおいても停電が頻発している。供給される電力の品質も、需要家の受電端における電圧が 200V 以下

であることが多い。このような電力事情の地域においても信号設備を安定稼働させることを目的とし、電源装置を設備する。現在電力会社から電力を受電していない駅についても、このプロジェクトで受電を可能にする。したがって、基本的には全ての駅において電力会社からの受電が可能となる。しかし、前述のような電力事情であるため、配電設備側で長時間の停電や電圧低下に対する対策を行う。信号では、電力から発電機バックアップの 230V 電源を受電する場所を境界にして、信号用の電源装置を設備する。発電機が安定に発電するまでの間の 10 分程度は、信号で設備する無停電電源装置（以降 UPS という）が電力を供給する。電子連動に使用する UPS 電源は、無停電、無瞬断電源で安定した電源であることとする。電子機器には雷害対策を施し、誤動作、機器損傷を防止する。

なお、電力設備側で設備する非常用発電機（EG）は、表 5.16.4 に記載したように、7 時間の連続運転時間を考えている。

信号の配電盤から TMS 装置、踏切保安装置、通信機器へ開閉器を介して電力を供給する。

電源系統図を図 5.12.14 に示す。



出典：JICA 調査団

図 5.12.14 電源系統図

9) ケーブルおよび管路

駅構内に点在する信号設備と信号機器室間に、情報回線および電源回線のためのケーブルを布設する。また、駅と駅の間、駅中間に設備される信号設備と駅の間にも同様の設備が必要である。現状では、ケーブルは直接埋設し布設されている。埋設用のケーブルは、施工性、屈曲性が悪く種類が少ない。ケーブルが多数布設される大きい駅の構内のメインルートでは、トラフによる布設を検討する。

10) 踏切保安装置

列車の走行において事故が発生する可能性が最も高い場所は踏切である。そのため、踏切遮断機や警報機等の保安装置を設置し、道路横断者に対して列車の進来に対する注意喚起を促すな

ど、線路側と道路側双方の安全を確保することが重要である。当プロジェクトでは列車走行のスピードアップ及び列車運転本数の増加を主目的としているため、現状、人手に頼っている踏切では事故発生の増加が懸念される。このため、保安度を向上させるための対策を検討する。

交通量の多い駅中間の踏切を自動化するように MR から要請があった。電源を確保することが可能であれば、これらの踏切についても自動化することを検討する。

フェーズ 1 では、遮断機の降下制御は踏切番がスイッチを押して降下させる方式であったが、ミャンマーの通行者が 100km/h の列車走行に慣れ安全を確保できるようになった場合には、自動で遮断機を閉めるほうが利便性向上に寄与するため、将来の自動化に備えて手動と自動を切り換えることが可能な設備とする。

仮に手動扱いの場合に、万が一踏切警手が列車接近を見落とししたとしても、踏切が遮断したことを示す信号（ゲートシグナル）が進行現示にならないため、列車は踏切の手前で止まる。しかしながら、安全性向上の観点からも、MR は自動装置の使用を踏切警視に指導すべきである。

i) 導入箇所

踏切保安装置の導入は下記に示す踏切とする。

- 駅構内踏切（有人、無人踏切）
- 遠方信号機～場内信号機間の駅中間踏切
- 駅中間の特に交通量の多い有人踏切

ii) 対象の踏切

対象の踏切を表 5.12.2 に示す。なお、タウングー～マンダレー間には、MR が公式に管理している踏切が 102 箇所あり（ただし、フェーズ 1 で整備する 3 箇所を除く）、表で示すように 79 箇所の踏切に安全装置を導入することとする。残りの 23 箇所については、交通量が極めて少ないことから、コストパフォーマンスを考え、従来の踏切警手による手動扱いを継続する。安全対策として、本プロジェクトで無線設備の更新工事を実施することに伴い、これらの踏切警手にはポータブル無線機を持たせ、隣接駅長との交信ができるようにさせる。これにより踏切監守は、目視による列車接近確認とともに、駅長からの列車情報を入手できるようになる。速度の向上により、MR 社員への安全教育、ならびに地域住民への啓蒙が重要となる。これらの活動はコントラクターが主体となるが、MR の積極的に関与すべき事項であり、MR は警察への協力依頼も行うべきであろう。

表 5.12.2 改良踏切一覧表

Division (5)
List Of Level Crossing For Internal Area Of Division (5)

Power Distribution by **POWER**
SIGNAL

Measured by Map on
NSBI : Not Special But Important

No	St.No	Station		Mileage		Class	Gateman	Department	Class	Distance from SMO (m)	Width (m)	Length (m)
		from	to	from	to							
1		TAUNGOO	KYEDAW	166/22	23	D	MAN	CIVIL	SPECIAL		7	~
2				167/9	10	D	MAN	CIVIL	SPECIAL		9	~
3	39	KYEDAW		171/13	14	B	from ST	OPERATING		110	6	33
4	40	KYUNGON		175/6	7	B	from ST	OPERATING		272	6	15.5
41		KAYTUMADI		-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	42	YEDASHE		182/21	22	B	from ST	OPERATING		451	5	14
6				183/9	10	A	MAN	OPERATING		262	7	17.5
7		YEDASHE	KONGYI	184/13	14	D	MAN	CIVIL	NSBI		23.5	
8	43	KONGYI		186/22	23	B	from ST	OPERATING		349	4.5	11
9	44	SWA		191/5	6	B	from ST	OPERATING		322	4	19
10	45	THARGAYA		195/15	16	B	from ST	OPERATING		280	4	12.5
46		THARYARGON		-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	47	MYOHLA		201/8	9	B	from ST	OPERATING		272	11.5	18
12	48	YENI		206/2	3	B	from ST	OPERATING		436	6	16
13				206/14	15	B	from ST	OPERATING		358	6	14
14	49	TAWUTI		209/3	4	C	MAN	CIVIL		1200	9	12
15				210/2	3	B	from ST	OPERATING		243	7	19.5
16		TAWUTI	HTEININN	210/23	24	D	MAN	CIVIL	NSBI		9	17.5
50		HTEININN		-	-	-	-	-	-	-	-	-
17		HTEININN	ELA	214/20	21	D	MAN	CIVIL	SPECIAL		22.5	23
18	51	ELA		216/7	8	B	from ST	OPERATING		292	5	13.5
52		PYAYWUN		-	-	-	-	-	-	-	-	-
19				224/16	17	A	MAN	OPERATING		596	9	22
20				225/5	6	A	MAN	OPERATING		346	10	18.5
21	53	PYINMANA		225/8	3	A	MAN	OPERATING		516	10	16.5
22				225/9	10	A	MAN	OPERATING		576	7	18
23				225/22	23	C	MAN	CIVIL		1450	17	16
24		PYINMANA	YWADAW	227/2	3	D	MAN	CIVIL	SPECIAL		74.5	12
25		PYINMANA	YWADAW	228/18	19	D	MAN	CIVIL	NSBI		48	15.5
26	54	YWADAW		229/18	19	B	from ST	OPERATING		334	4	10.5
27	55	NAYPYITAW		233/21	22	A	MAN	OPERATING		1650	7	13
28				234/23	24	B	from ST	OPERATING		281	8	24
29	56	KYIDAUNGKAN		235/7	8	B	from ST	OPERATING		259	4	17
30		KYIDAUNGKAN	PYOKKWE	236/17	18	D	MAN	CIVIL	SPECIAL		26	13
31	57	PYOKKWE		240/2	3	B	from ST	OPERATING		356	8	12.5
58		SINBYUGYUN		-	-	-	-	-	-	-	-	-
59		SHWEMYO		-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	60	SINTHE		250/24	251/1	B	from ST	OPERATING		89	5	20
33				251/16	17	C	MAN	CIVIL		1150	10	10
34				253/2	3	B	from ST	OPERATING		366	6	11
35	61	TATKON		253/11	12	B	from ST	OPERATING		267	5	26
36				253/21	22	C	MAN	CIVIL		928	6	14
37		MAGYIBIN	NYAUNGLUN	259/12	13	D	MAN	CIVIL	NSBI		12	37
38	63	NYAUNGLUN		(261/3)	(4)	B	from ST	OPERATING		276	4	15
39				261/14	14	B	from ST	OPERATING		430	5	15
40	64	HNGETTHAIK		267/15	16	B	from ST	OPERATING		395	10	21
65		INGON		-	-	-	-	-	-	-	-	-
41				274/14	15	B	from ST	OPERATING		380	8	15
42	66	YAMETHIN		274/17	18	B	from ST	OPERATING		607	7	15.5
43				275/4	5	C	MAN	CIVIL		1310	6	22
44		YAMETHIN	INGYINKAN	276/21	22	D	MAN	CIVIL	NSBI		13	46
67		INGYINKAN		-	-	-	-	-	-	-	-	-
68		SHWEDA		-	-	-	-	-	-	-	-	-
45		SHWEDA	PYAWBWE	284/11	12	D	MAN	CIVIL	NSBI		14	63
46	69	PYAWBWE		287/12	13	B	from ST	OPERATING		268	14	17
70		SHANYWA		-	-	-	-	-	-	-	-	-

NOTE: Class
A Inside of Station(Maned)
B Inside of Station(Unmaned) and few traffic
C Intermediate between distant signal and outer signal

Division (4)
List of Level Crossing For Internal Area Of Division (4)

Power Distribution by POWER SIGNAL Measured by Map on NSBI : Not Special But Important

No	St.No	Station		Mileage		Class	Gateman	Department	Class	Distance from SMO (m)	Width (m)	Length (m)
		from	to	from	to							
47	71	NYAUNGYAN		299/4	5	B	from ST	OPERATING		262	4	18
	72	NWATO		-	-		-	-				
48	73	THAZI		305/12	13	A	MAN	OPERATING		485	15	27.5

NOTE: Class A Inside of Station(Maned)
B Inside of Station(Unmaned) and few traffic
C Intermediate between distant signal and outer signal
D Intermediate

Division (3)
List of Level Crossing For Internal Area Of Division (3)

Power Distribution by POWER SIGNAL Measured by Map on NSBI : Not Special But Important

No	St.No	Station		Mileage		Class	Gateman	Department	Class	Distance from SMO (m)	Width (m)	Length (m)
		from	to	from	to							
49	75	HANZA		315/11	12	B	from ST	OPERATING		289	4	20
	76	DAHATTAW		-	-		-	-				
50	77	THEDAW		322/6	7	B	from ST	OPERATING		344	8	26
51	78	KHINBAN		325/24	326/1	B	UNMAN	to be operating		423	5	15
52	79	SAMON		326/7	8	C	UNMAN	CIVIL		865	5	15
53	79	SAMON		328/18	19	B	from ST	OPERATING		282	4	13
	80	ODOKKON		-	-		-	-				
54	81	THABYETAUNG		336/10	11	B	from ST	OPERATING		248	4	13
55	82	KUMELAN		341/7	8	B	from ST	OPERATING		256	20	14.5
56	83	MYITTHAR		346/10	11	C	from ST	CIVIL		970	4	13.5
57	83	MYITTHAR		346/18	19	B	from ST	OPERATING		309	7	13
58	84	MINZU		352/3	4	B	from ST	OPERATING		348	5	13
59	84	MINZU		358/8	9	C	Man	CIVIL		1030	10	12
60	85	KYAUKSE		358/21	22	B	from ST	OPERATING		284	11	14
61	85	KYAUKSE		359/4	5	B	from ST	OPERATING		153	16	27
62	85	KYAUKSE		359/17	18	C	Man	CIVIL		1100	10	14.5
63	86	BELIN		363/2	3	B	from ST	OPERATING		319	4	12
64	87	SINGAING		368/10	11	C	Man	CIVIL		781	10	13
65	87	SINGAING		368/20	21	B	from ST	OPERATING		265	4	12
66	88	SINGAING	PALEIK	371/14	15	D	Man	CIVIL	NSBI		10.5	18
67	88	PALEIK		374/3	4	B	from ST	OPERATING		356	14	25
68	88	PALEIK		376/7	8	C	Man	CIVIL		1230	21	16
69	89	MYITNGE		376/20	21	B	from ST	OPERATING		426	4	13
70	89	MYITNGE		377/20	21	C	from ST	CIVIL		1130	4	12
71	90	TAGUNDAING		379/13	14	C	Man	CIVIL		998	10	16
72	90	TAGUNDAING		380/18	19	C	Man	CIVIL		888	36	12
73	90	TAGUNDAING	MYOHAUNG	381/3	4	D	Man	CIVIL	NSBI		9	12
	91	MYOHAUNG		-	-		-	-				
74	92	SHANZU		383/18	19	D	Man	CIVIL	Special	25	10	12
75	92	SHANZU		384/10	11	D	Man	CIVIL	Special	339	15	16
76	92	SHANZU		384/13	14	D	Man	CIVIL	Special	164	15	13
77	92	SHANZU	MANDALAY	384/15	16	D	Man	CIVIL	Special	-	20	11
78	92	SHANZU	MANDALAY	384/17	18	D	Man	CIVIL	Special	180	14	12
79	92	SHANZU	MANDALAY	384/21	22	D	Man	CIVIL	Special	364	14	13
	93	MANDALAY		-	-		-	-				

NOTE: Class A Inside of Station(Maned)
B Inside of Station(Unmaned) and few traffic
C Intermediate between distant signal and outer signal
D Intermediate

出典 : JICA 調査団

iii) 駅構内有人踏切に導入する設備

踏切通行者（自動車を含む）への注意喚起および踏切警手へゲート遮断を促すため、踏切警報機を設置する。踏切警手の負担軽減と踏切遮断時間の短縮を図るため、電気踏切遮断機を設置する。踏切警報機の鳴動制御を行う踏切制御装置（列車検知装置を含む）を設置する。踏切警

報機、踏切遮断機の故障、自動車の故障等の緊急事態を列車運転士へ知らせるため、特殊信号発光機を設置する。

iv) 駅構内無人踏切及び通行量の少ない踏切に導入する設備

無人踏切や通行者や自動車を含む交通量が少ない踏切についても、電気踏切遮断機、踏切通行者（自動車含む）へ注意喚起するための踏切警報機のみを設置する。また、踏切警報機の鳴動制御をするため、踏切制御装置（列車検知装置を含む）を導入する。

v) 遠方信号機～場内信号機間の駅中間踏切に導入する設備

踏切通行者（自動車含む）へ注意喚起および踏切警手へゲート遮断を促すため、踏切警報機を設置する。踏切警手の負担軽減と踏切遮断時間の短縮を図るため、電気踏切遮断機を設置する。遮断機の降下を運転手に知らせるために、ゲートシグナルを設備する。踏切警報機の鳴動制御を行う踏切制御装置（列車検知装置を含む）を設置する。踏切警報機、踏切遮断機の故障、自動車の故障等の緊急事態を列車運転士へ知らせるため、特殊信号発光機を設置する。

vi) 中間踏切に導入する設備

フェーズ1では、中間踏切は保守用車等の走行による技術的な問題、及び電源供給の確保が厳しいことから、新たな踏切設備を導入しないこととした。しかし、駅中間のヤンゴン・マンダレー幹線道路と交差する踏切は危険であるため、踏切保安装置を設備するようMRから要請があった。踏切電源は、付近の配電線から電線を布設し受電する。交通量が多い道路であることから、踏切警報機、電気踏切遮断機を設備する。道路幅が広い踏切のため警報機の視認性を確保するためオーバーハング型の警報機の導入を検討する。通常の遮断機では両遮断で20m程度までであるが、フェーズ2区間では道路幅が最大で片側30メートルの踏切があり、完全に道路を塞ぐとできないため、特殊な遮断機を導入する必要がある。

遮断機の降下を列車の運転士に知らせるために、ゲートシグナルを設備する。また、踏切警報機の鳴動制御をするため、踏切制御装置（列車検知装置を含む）を導入する。

vii) 特殊な場合に対する対策

絶縁された保守用車は列車検知が軌道回路によって行うことができない。踏切に鳴動スイッチを設備し、手動で警報を開始し保守用車通過時に踏切鳴動、遮断機による遮断後に通過し、手動で警報解除する対策が必要である。

軌道保守など踏切の列車検知に影響がある保守作業を行う場合には、踏切を手動に切り換えて警報を手動で行う運転手続きをとることとする。

駅構内の入換作業は車両の動きが複雑なため、通常のシーケンスでは警報制御が複雑になるため手動での警報制御も可能とする。

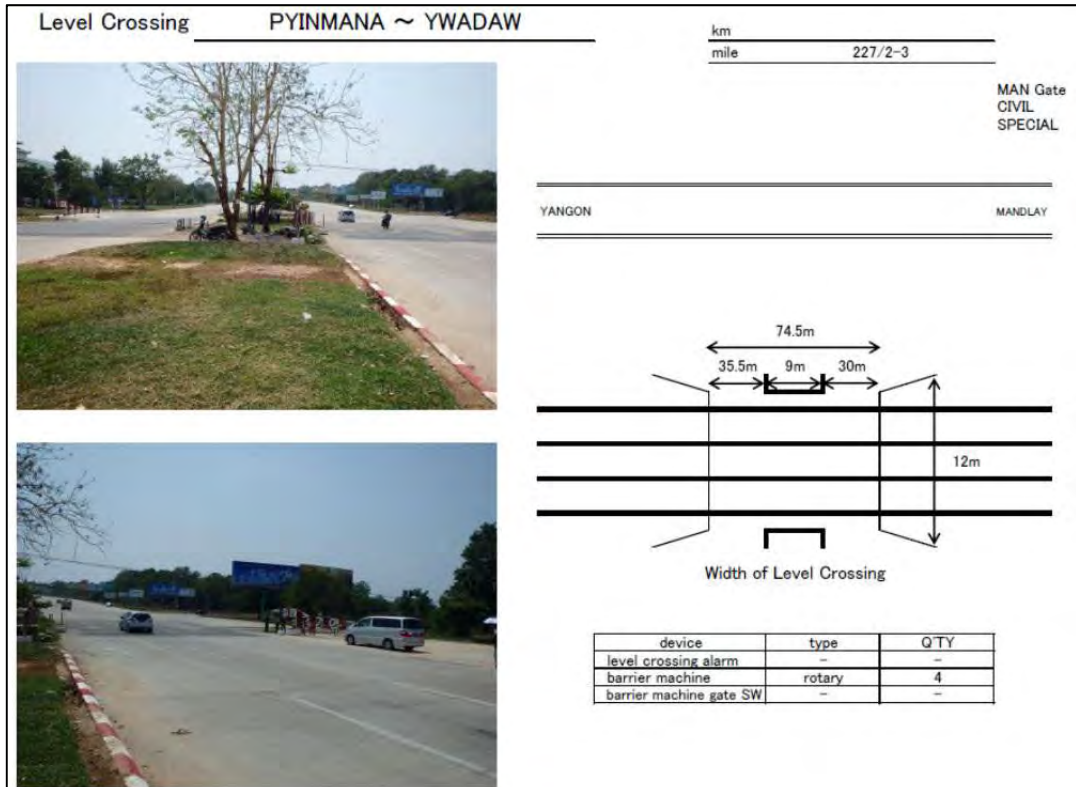
viii) 踏切しゃ断機

踏切と交差する道路の幅と交差する角度により、踏切しゃ断機がしゃ断する幅が決まる。通常の踏切しゃ断機1台で、しゃ断出来る幅は最大8m程度である。（サプライヤーによって最大

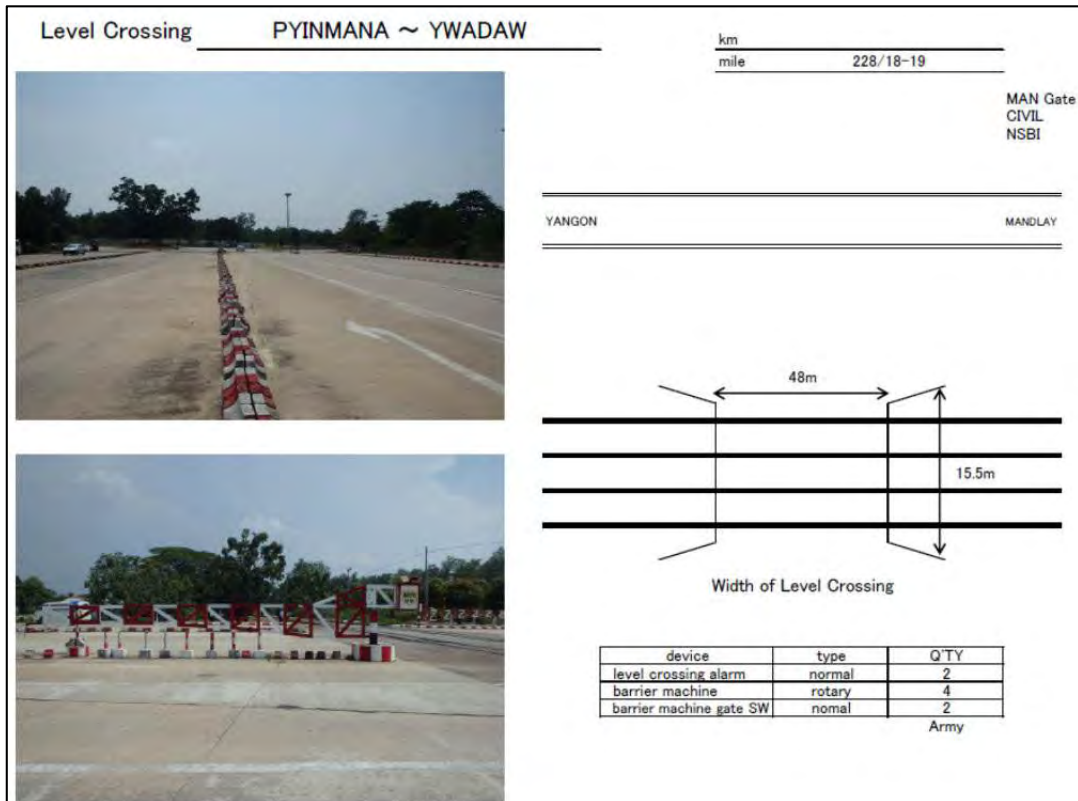
遮断長が異なる電気踏切しゃ断機：10m しゃ断可能な機構が存在する。) 従ってこれを両側に 2 台使用して 16m までしゃ断が可能となる。今回対象となる踏切の内 16 m 以上の踏切は 10 か所存在する。そこで、屈折型のしゃ断機を採用することで、しゃ断機 1 機で 16 m、両側しゃ断では 32m しゃ断可能となる。道路幅が 16 m 以上 32 m 未満の踏切は 7 か所あり、屈折型を使用し遮断する。

32 メータ以上の踏切は次に示す 3 か所となる。

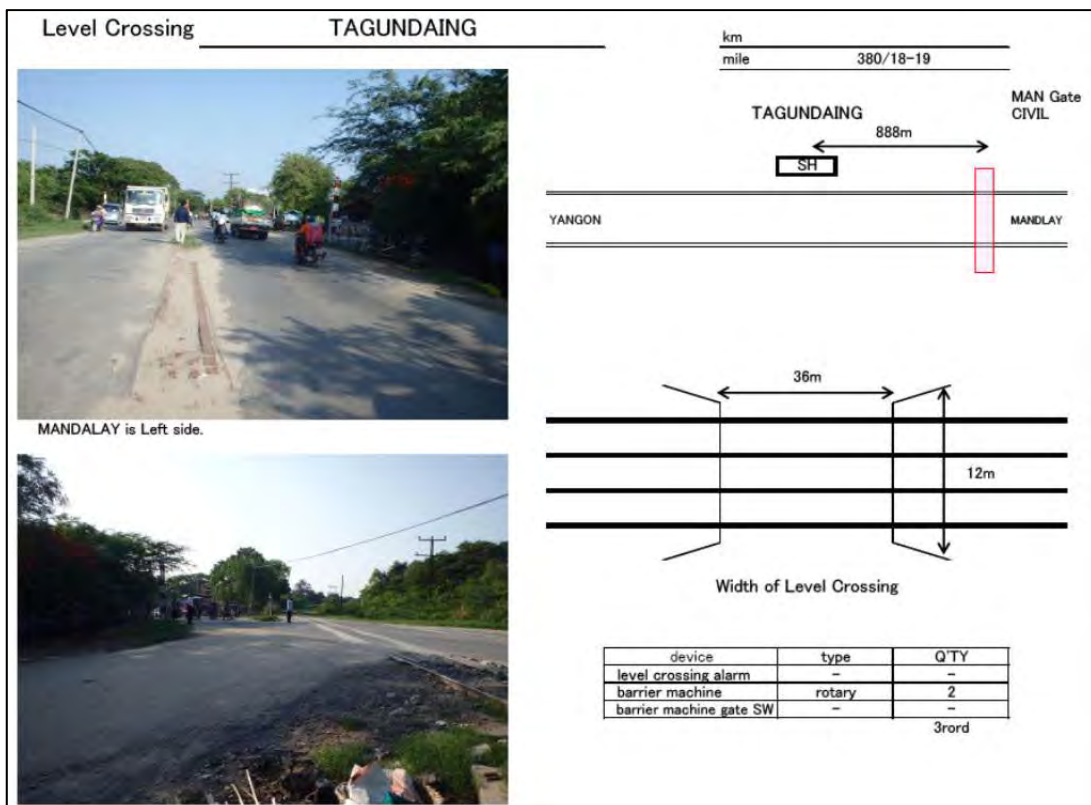
a) ピンマナ～ユアード間 227/2-3 width =74.5 m



b) ピンマナ～ユアード間 228/18-19 width= 48 m



c) タグンダイー380/18-19 width= 36 m



- a) 踏切には道路の真ん中にしゃ断機設置可能な幅約9mの中央分離帯（島）があるので屈折型を利用することでしゃ断出来る。
- b) 踏切は48mの幅があるが、道路の中央部に機器設置用の中央分離帯（島）がない。中央分離帯（島）を設置することが可能であれば屈折型のしゃ断機でしゃ断可能である。中央分離帯（島）の設置は道路管理を行う官庁が設置するため、設置許可を得て設置の依頼をしなければならない。もし、中央分離帯（島）が設置できない場合には、昇開式の踏切しゃ断機を使用し遮断する。
- c) 踏切は幅36mで、幅1m程度の中央分離帯がある。ここにしゃ断機を設置することができるが、しゃ断機が道路交通の障害にならないように存在を示す標識や自動車の衝突防止対策を行う必要がある。
- 上記の踏切以外に、道路を拡幅する可能性のある踏切があり、道路幅は未確定であるが32m以上となると中央分離帯（島）の設置の可否を確認して踏切しゃ断機の適用種別を決めなければならない。

(4) 他設備とのインターフェース

1) 土木

ケーブル布設のための軌道下、道路下の横断管路施工を土木に依頼する。横断管路施工の必要な場所と管路径などを指示する。そのほか、信号機、器具箱の基礎、土留などを委託するため、これらの大きさや設置位置を指示する。

2) 軌道

分岐器構造に合わせ、電気転てつ機を取り付ける付属装置の選定、軌道回路用機器であるレール絶縁、レールボンドの設置位置を検討する。

絶縁の必要な位置にレール絶縁を挿入するためにレール配置を軌道と協議する。

軌道回路を設備する場所において電氣的な性能を満足するように、枕木、レール締結装置等の選定を軌道に依頼。

3) 建築

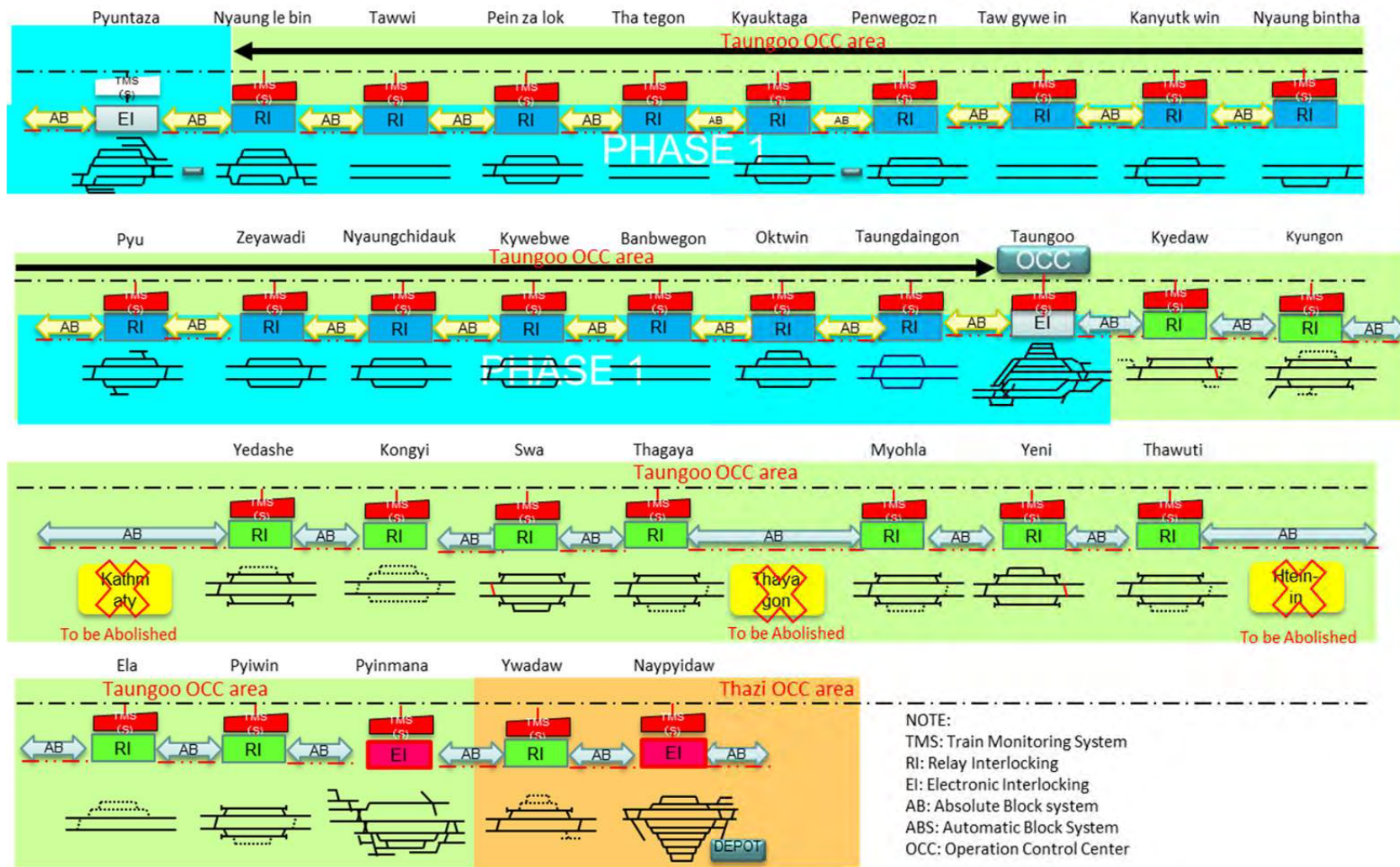
信号機器室、OCC、踏切機器設置小屋の建設を依頼する。必要な広さや形状を指示する。

4) 電力

信号電源として、電力設備から受電する。容量及び受電場所、境界を協議する。

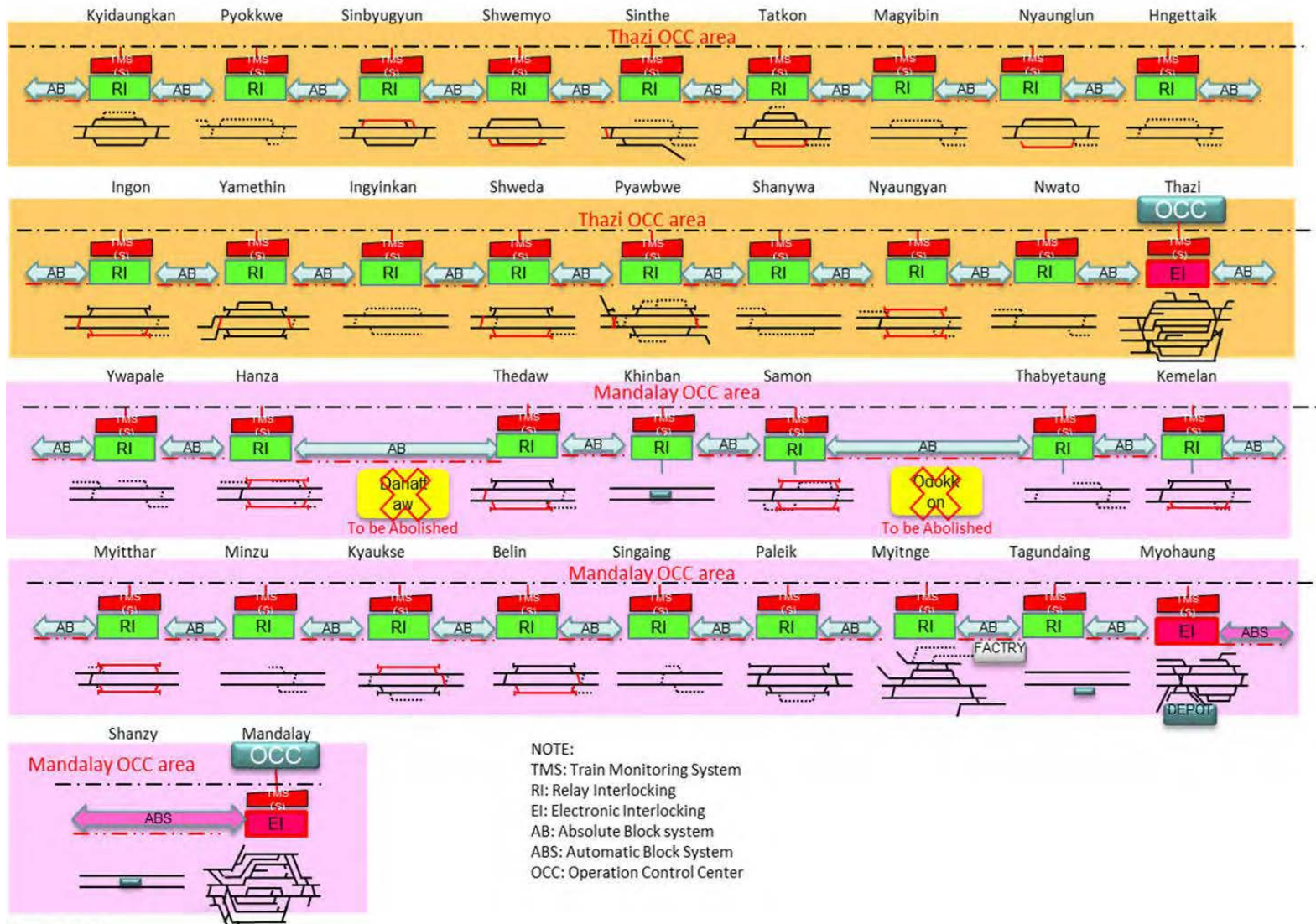
(5) 信号システム更新計画図

フェーズ2区間の信号装置改修計画を図 5.12.15（ただしピュンタザ～タウングー間はフェーズ1）および図 5.12.16 に示す。



出典：JICA 調査団

図 5.12.15 信号システム更新計画（ピュンタザ～ネピドー間）



出典：JICA 調査団

図 5.12.16 信号システム更新計画（キーダウンカン～マンダレー）

(6) 信号設備一覧

各駅の信号設備の一覧を表 5.12.3 に示す。

表 5.12.3 各駅の信号設備の一覧

LIST OF SIGNALING EQUIPMENT																	
Station						TMS		Interlocking					Block system		Level Crossing	Remarks	
Station No	Mile	km	Dist km	Name	DIV OCC	OCC	Station	Present	Plan	Route	Mai n	Shu nt	Total	Present	Plan		
21	87.75	141.22	141	Pyuntaza													
22	97.47	149.27	8.05	Nyaung le bin													
23	97.47	156.86	7.59	Tawwi													
24	101.8	163.75	6.89	Pein za lok													
25	106	170.59	6.84	Tha tegon													
26	108.8	175.02	4.43	Kyauktaga													
27	114.3	183.87	8.85	Perwegon													
28	119	191.51	7.64	Taw gywe in													
29	123.7	199.08	7.57	Kanyutk win													
30	128.5	206.8	7.72	Nyaung bintha													
31	134.3	216.05	9.25	Pyu													
32	138.3	222.49	6.44	Zeya wadi													
33	143.3	230.54	8.05	Nyaungchidauk													
34	149.3	240.19	9.65	Kywebwe													
35	152.8	245.83	5.64	Banbwegon													
36	158.3	254.68	8.85	Oktwin													
37	161.8	260.31	5.63	Thaung dai gon													
38	166	267.15	6.84	TAUNGOO	OCC	1	1	R-ILK	EI								
				TAUNGOO-KYEDAW													2
39	171.8	276.5	9.35	KYEDAW				M-Key lock	RI	9			9	Paper	AB		1
40	175.5	282.5	6	KYUNGN				M-Key lock	RI	10	2		12	Paper	AB		1
41	180.5	290.5	8	KAYTUMADI	HALT									Paper	AB		ABOLISH
42	183.3	295	4.5	YEDASHE				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		2
				YEDASHE-KONGYI													1
43	187.3	301.5	6.5	KONGYI				M-Key lock	RI(BLK)	4			4	Paper	AB		1
44	191.5	308.5	7	SWA				M-Key lock	RI	16			16	Paper	AB		1
45	195.5	314.5	6	THARGAYA				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		1
46	197.8	318.5	4	THARYARGON	HALT									Paper	AB		ABOLISH
47	201.3	324	5.5	MYOHLA				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		1
48	206.8	332.5	8.5	YENI				M-Key lock	RI	16			16	Paper	AB		2
49	210	338	5.5	TAWUTI				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		2
				TAWUTI-HTEININN													1
50	214	344.5	6.5	HTEININN	HALT									Paper	AB		ABOLISH
				HTEININN-ELA													1
51	216.8	349	4.5	ELA				M-Key lock	RI(BLK)	4			4	Paper	AB		1
52	219.3	353.5	4.5	PYAYWUN				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		0
53	225	362	8.5	PYINMANA				M-Key lock	R-ILK	EI	25	81	106	Paper	AB		5
				PYINMANA-YWADAW													2
54	230	370	8	YWADAW				M-Key lock	RI	14			14	Paper	AB		1
55	232.9	374.7	4.7	NAYPYITAW		1	1	SSI	EI	72	88	160	Paper	AB		1	
56	235.3	378.5	3.8	KYIDAUNGKAN				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		2
				KYIDAUNGKAN-PYOKKWE													1
57	240.5	387	8.5	PYOKKWE				M-Key lock	RI(BLK)	4			4	Paper	AB		1
58	243.5	392	5	SINBYUGYUN				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		0
59	246.8	397	5	SHWEMYO				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		0
60	251	404	7	SINTHE	Branch			M-Key lock	RI(BLK)	4			4	Paper	AB		2
61	253.5	407.5	3.5	TATKON				M-Key lock	RI	14			14	Paper	AB		3
62	257.5	414	6.5	MAGYIBIN				M-Key lock	RI(BLK)	4			4	Paper	AB		0
				MAGYIBIN-NYAUNGUN													1
63	261.5	420.5	6.5	NYAUNGUN				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		2
64	268	431	10.5	HNGETTHAIK				M-Key lock	RI(BLK)	4			4	Paper	AB		1
65	270.8	435.5	4.5	INGON				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		0
66	274.5	441.5	6	YAMETHIN				M-Key lock	RI	16			16	Paper	AB		3
				YAMETHIN-INGYINKAN													1
67	278.5	448	6.5	INGYINKAN				M-Key lock	RI(BLK)	4			4	Paper	AB		0
68	282.5	454	6	SHWEDA				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		0
				SHWEDA-PYAWBWE													1
69	287	462.5	8.5	PYAWBWE	Branch			M-Key lock	RI	19			19	Paper	AB		1
70	292.8	471	8.5	SHANYWA				M-Key lock	RI(BLK)	4			4	Paper	AB		0
71	299.3	481	10	NYAUNGYAN				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		1
72	302.3	486	5	NWATO				M-Key lock	RI(BLK)	4			4	Paper	AB		0
73	306	492.5	6.5	THAZI	OCC	1	1	R-ILK	EI	58	60	118	Paper	AB		1	
74	310.5	499.5	7	YWAPALE				M-Key lock	RI(BLK)	4			4	Paper	AB		0
75	315.5	507.5	8	HANZA				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		1
76	318.7	512	4.5	DAHATAW	HALT												ABOLISH
77	321.3	517	5	THEDAW				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		1
78	325.3	523.5	6.5	KHINBAN	HALT												NEW
79	329	530	6.5	SAMON				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		1
80	332.3	534.5	4.5	ODOKKON	HALT												ABOLISH
81	336.3	541	6.5	THABYETAUNG				M-Key lock	RI(BLK)	4			4	Paper	AB		1
82	341.5	549.5	8.5	KUME LAN				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		1
83	347	558.5	9	MYITTHAR				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		2
84	352.5	567	8.5	MINZU				M-Key lock	RI(BLK)	4			4	Paper	AB		1
85	359.3	578	11	KYAUkse				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		4
86	363.5	585	7	BELIN				M-Key lock	RI	10			10	Paper	AB		1
87	369	594	9	SINGAING				M-Key lock	RI(BLK)	4			4	Paper	AB		2
				SINGAING-PALEIK													1
88	374.3	602	8	PALEIK	Branch			M-Key lock	RI	12			12	Paper	AB		1
89	377.8	607	5	MYITNGE				M-Key lock	RI	14	20		34	Paper	AB		3
90	380.5	611.5	4.5	TAGUNDAING				M-Key lock	RI(BLK)	4			4	Paper	AB		2
				TAGUNDAING-MYOHANG													
91	382.8	616	4.5	MYOHANG	Branch			M-R-ILK	EI	25	65		90	Paper	AB		0
92	384	617.5	1.5	SHANZU	HALT												ABS
				SHANZU-MANDALAY													ABS
93	385.5	620.5	3	MANDALAY	OCC	1	1	R-ILK	EI	16	100		116	Paper	AB		5
								TGU	AB	5					48	79	
								TZI	RI	29					1		4ABS
								MDL	RI(BLK)	15							

出典：JICA 調査団

表 5.12.4 各駅の信号設備の一覧

LIST OF SIGNALING EQUIPMENT						TMS		Interlocking					Block system		Level Crossing	Remarks
Station						OCC	Station	Present	Plan	Route			Present	Plan		
Station No	Mile	km	Dist km	Name	Div					OCC	Main	Shunt				
21	87.75	141.22	141	Pyuntaza												
22	97.47	149.27	8.05	Nyaung le bin			1									
23	97.47	156.86	7.59	Tawwi			1									
24	101.8	163.75	6.89	Pein za lok			1									
25	106	170.59	6.84	Tha tegon			1									
26	108.8	175.02	4.43	Kyauktaga			1									
27	114.3	183.87	8.85	Penwegon			1									
28	119	191.51	7.64	Taw gywe in			1									
29	123.7	199.08	7.57	Kanyutk win			1									
30	128.5	206.8	7.72	Nyaung bintha			1									
31	134.3	216.05	9.25	Pyu			1									
32	138.3	222.49	6.44	Zeya wadi			1									
33	143.3	230.54	8.05	Nyaungchidauk			1									
34	149.3	240.19	9.65	Kywebwe			1									
35	152.8	245.83	5.64	Banbwegon			1									
36	158.3	254.68	8.85	Oktwin			1									
37	161.8	260.31	5.63	Thaung dai gon			1									
38	166	267.15	6.84	TAUNGOO		OCC	1	1	R-ILK	EI						
				TAUNGOO-KYEDAW												2
39	171.8	276.5	9.35	KYEDAW			1	M-Key lock	RI	9		9	Paper	AB	1	
40	175.5	282.5	6	KYUNGNON			1	M-Key lock	RI	10	2	12	Paper	AB	1	
41	180.5	290.5	8	KAYTUMADI		HALT							Paper	AB		ABOLISH
42	183.3	295	4.5	YEDASHE				M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	2	
				YEDASHE-KONGYI												1
43	187.3	301.5	6.5	KONGYI			1	M-Key lock	RI(BLK)	4		4	Paper	AB	1	
44	191.5	308.5	7	SWA			1	M-Key lock	RI	16		16	Paper	AB	1	
45	195.5	314.5	6	THARGAYA			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	1	
46	197.8	318.5	4	THARYARGON		HALT							Paper	AB		ABOLISH
47	201.3	324	5.5	MYOHLA			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	1	
48	206.8	332.5	8.5	YENI			1	M-Key lock	RI	16		16	Paper	AB	2	
49	210	338	5.5	TAWUTI			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	2	
				TAWUTI-HTEININN												1
50	214	344.5	6.5	HTEININN		HALT							Paper	AB		ABOLISH
				HTEININN-ELA												1
51	216.8	349	4.5	ELA			1	M-Key lock	RI(BLK)	4		4	Paper	AB	1	
52	219.3	353.5	4.5	PYAYWUN			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	0	
53	225	362	8.5	PYINMANA			1	R-ILK	EI	25	81	106	Paper	AB	5	
				PYINMANA-YWADAW												2
54	230	370	8	YWADAW			1	M-Key lock	RI	14		14	Paper	AB	1	
55	232.9	374.7	4.7	NAYPYITAW			1	SSI	EI	72	88	160	Paper	AB	1	
56	235.3	378.5	3.8	KYIDAUNGGAN			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	2	
				KYIDAUNGGAN-PYOKKWE												1
57	240.5	387	8.5	PYOKKWE			1	M-Key lock	RI(BLK)	4		4	Paper	AB	1	
58	243.5	392	5	SINBYUGYUN			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	0	
59	246.8	397	5	SHWEMYO			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	0	
60	251	404	7	SINTHE		Branch	1	M-Key lock	RI(BLK)	4		4	Paper	AB	2	
61	253.5	407.5	3.5	TATKON			1	M-Key lock	RI	14		14	Paper	AB	3	
62	257.5	414	6.5	MAGYIBIN			1	M-Key lock	RI(BLK)	4		4	Paper	AB	0	
				MAGYIBIN-NYAUNGUN												1
63	261.5	420.5	6.5	NYAUNGUN			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	2	
64	268	431	10.5	HNGETTHAIK			1	M-Key lock	RI(BLK)	4		4	Paper	AB	1	
65	270.8	435.5	4.5	INGON			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	0	
66	274.5	441.5	6	YAMETHIN			1	M-Key lock	RI	16		16	Paper	AB	3	
				YAMETHIN-INGYINKAN												1
67	278.5	448	6.5	INGYINKAN			1	M-Key lock	RI(BLK)	4		4	Paper	AB	0	
68	282.5	454	6	SHWEDA			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	0	
				SHWEDA-PYAWBWE												1
69	287	462.5	8.5	PYAWBWE		Branch	1	M-Key lock	RI	19		19	Paper	AB	1	
70	292.8	471	8.5	SHANYWA			1	M-Key lock	RI(BLK)	4		4	Paper	AB	0	
71	299.3	481	10	NYAUNGYAN			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	1	
72	302.3	486	5	NWATO			1	M-Key lock	RI(BLK)	4		4	Paper	AB	0	
73	306	492.5	6.5	THAZI		OCC	1	R-ILK	EI	58	60	118	Paper	AB	1	
74	310.5	499.5	7	YWAPAILE		Branch	1	M-Key lock	RI(BLK)	4		4	Paper	AB	0	
75	315.5	507.5	8	HANZA			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	1	
76	318.7	512	4.5	DAHATTAW		HALT										ABOLISH
77	321.3	517	5	THEDAW			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	1	
78	325.3	523.5	6.5	KHINBAN		HALT										NEW
79	329	530	6.5	SAMON			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	1	
80	332.3	534.5	4.5	ODOKKON		HALT										ABOLISH
81	336.3	541	6.5	THABYETAUNG			1	M-Key lock	RI(BLK)	4		4	Paper	AB	1	
82	341.5	549.5	8.5	KUME LAN			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	1	
83	347	558.5	9	MYITTHAR			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	2	
84	352.5	567	8.5	MINZU			1	M-Key lock	RI(BLK)	4		4	Paper	AB	1	
85	359.3	578	11	KYAUKSE			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	4	
86	363.5	585	7	BELIN			1	M-Key lock	RI	10		10	Paper	AB	1	
87	369	594	9	SINGAING			1	M-Key lock	RI(BLK)	4		4	Paper	AB	2	
				SINGAING-PALEIK												1
88	374.3	602	8	PALEIK		Branch	1	M-Key lock	RI	12		12	Paper	AB	1	
89	377.8	607	5	MYITNGE			1	M-Key lock	RI	14	20	34	Paper	AB	3	Special RI
90	380.5	611.5	4.5	TAGUNDAING			1	M-Key lock	RI(BLK)	4		4	Paper	AB	2	
				TAGUNDAING-MYOHAILUNG												1
91	382.8	616	4.5	MYOHAILUNG		Branch	1	M+-R-ILK	EI	25	65	90	Paper	AB	0	
92	384	617.5	1.5	SHANZU		HALT										ABS 1
				SHANZU-MANDALAY												ABS 5
93	385.5	620.5	3	MANDALAY		OCC	1	1	R-ILK	EI	16	100	116	Paper		4ABS
			360					TGU		29		EI	5			AB 48
								TZI		20		RI	29			ABS 1
								MDL		17		RI(BLK)	15			79

出典 : JICA 調査団

5.13 通信

5.13.1 通信設備の現状

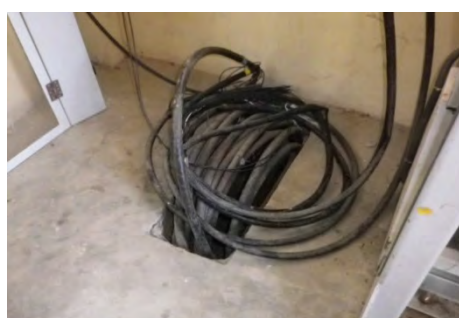
(1) 光ファイバーケーブルによるミャンマー鉄道の基幹通信伝送路

ヤンゴン中央駅からマンダレー駅間に光ファイバーケーブル（Optical Fiber Cable : OFC）伝送路が敷設されている。この光ファイバーケーブルは、インド国施工によるもので、24 芯のシングルモード（Single Mode : SM）型のケーブルが1 条、地中 1m に直埋設されている。ケーブルは、無人駅であるダハットー駅とキンバン駅及びシャンズ駅を除いて、各駅の通信機器室に引き込み配線されている。

OFC（地下埋設）の状況を以下に示す。



(a) OFC（地下埋設）



(b) OFC 引き込み配線

出典：JICA 調査団

図 5.13.1 光ファイバーケーブル（OFC）

OFC の 24 芯中の半分の 12 芯は他の会社に貸出中である。Myanmar Railways (MR) の通信搬送伝送装置で 2 芯を使用しており、空いている芯数は 10 芯である。

ヤンゴン中央駅（Operation Control Center: OCC）プロジェクトで、ヤンゴン中央駅からピュンタザ駅間は 6 芯を使用する予定であるため、残りは 4 芯となり、ピュンタザ駅からネピドー駅間は 2 芯を使用する予定であるので、残りは 8 芯となる。ネピドー駅からマンダレー駅間も同様に OCC プロジェクト関連で 2 芯使用するならば、残りは 8 芯となる。

また、その後、中国系の会社が鉄道用地を借りて、ヤンゴン中央駅からマンダレー駅間に新たに OFC の通信伝送路を敷設した（2015 年）。コンクリート柱を使用し、架空式にて施設されている。シングルモード（SM）型の 96 芯の OFC である。ミャンマー国鉄（MR）が使用可能な芯線数は 12 芯であり、残り 84 芯は他社が使用する予定。現在、この OFC は、タウングー、ネピドー、ピョービュー、タージュー、キョッセとマンダレー駅の 6 駅にしか引き込まれておらず、未だ中国の会社と交渉中であり、MR は使用していない。

架空式の OFC の添架状況を以下に示す。



(a) OFC (コンクリート柱添架)



(b) OFC (架空式)

出典：JICA 調査団

図 5.13.2 OFC (架空式)

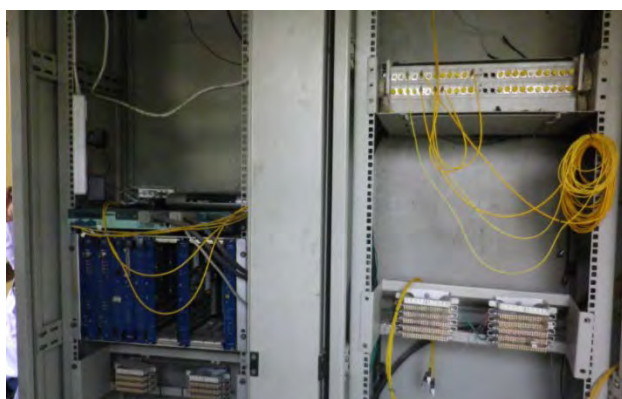
したがって、本プロジェクトに於いては、基幹通信伝送路は MR 側において、既に確保されている事を前提条件として無線通信システムを構築する。

(2) 光伝送装置及び駅通信設備

光伝送装置は同期デジタル・ハイアラキー (Synchronous Digital Hierarchy; SDH) 方式で、インド国施工の Synchronous Transfer Mode (TMS) TMS-1 (通信速度 155.52Mbps)、または STM-4 (通信速度 622.08Mbps) を使用しており、主に電話回線に用いられている。

最近、ネピドー駅とタージィー駅間は、STM-1 system から IP interface device に取り換えが行われた。

基幹伝送設備を以下に示す。



(a) SDH 伝送装置 (STM-1 システム)



(b) IP インターフェイス装置

出典：JICA 調査団

図 5.13.3 既存の伝送装置

各駅の通信設備としては、UHF 無線機 (Radio device) 1 台、OFC 電話機 1 台、閉そく用電話機 (Block Phone) 2 台が基本的な配置である。

一般駅の通信設備について以下に示す。



出典：JICA 調査団

図 5.13.4 一般駅の通信設備

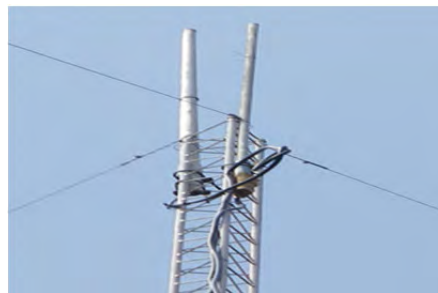
(3) 無線通信システム

無線通信システムは大きく2つに分けられる。一つは、極超短波 (Ultra-High Frequency: UHF) 無線通信システムであり、もう一つは、短波 (High Frequency: HF) 無線通信システムである。

一般駅及び OCC、中継局 (中継駅) のアンテナ設備について、以下に示す。



(a) アンテナ設備 (一般駅用)



(b) アンテナ設備 (OCC、中継局用)

出典：JICA 調査団

図 5.13.5 アンテナ設備

UHF は、主に管区 OCC 指令員と駅長間の連絡に使用されている。また、一部の踏切ではポータブル型無線機が、駅長と踏切警手との間の連絡手段として用いられている。

一般駅の固定式無線機及び踏切小屋のポータブル型無線機、直通電話機を以下に示す。



(a) UHF 無線機 (駅)



(b) ポータブル型無線機、直通電話機 (踏切小屋)



出典：JICA 調査団

図 5.13.6 駅及び踏切小屋の通信設備

HF は、各 OCC 間の連絡用として設置された。ネピドーにある中央 OCC とバゴ管区 OCC、タウンゲー管区 OCC、タージュー管区 OCC 及びマンダレー管区 OCC 相互間の連絡用であるが、中央 OCC（ネピドーの MR 本社内）並びに各管区 OCC 共に、現在、HF 無線機を使用しておらず、OFC 電話機及び通信会社電話機を使用している。

中央 OCC に於ける HF 無線機、OFC 電話機及び通信会社電話機を以下に示す。



(a) HF 無線機



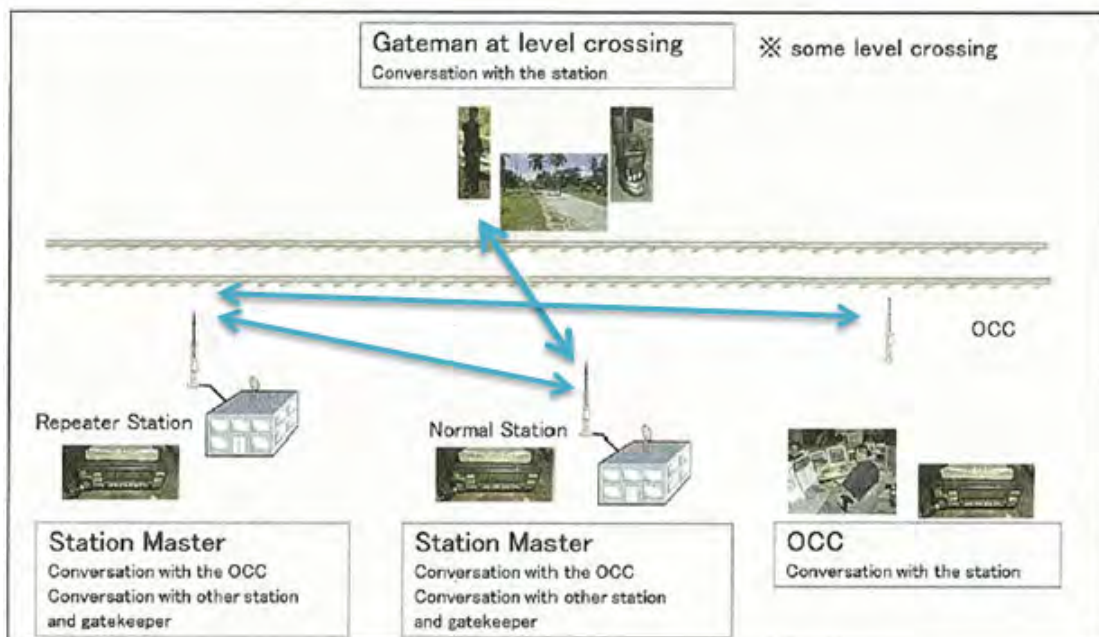
(b) OFC 電話機、通信会社電話機

出典：JICA 調査団

図 5.13.7 中央 OCC の通信設備

現在の無線通信システムは、OFC 回線とは接続されておらず、空間波（電波）のみでシステムが構成されている。

既存の無線通信システムの構成を以下に示す。



出典：JICA 調査団

図 5.13.8 既存無線通信システム構成

5.13.2 本プロジェクトの業務範囲

- (1) ピュンタザ駅からマンダレー駅までの 479.18km を調査範囲とする。
- (2) 極超短波 (UHF) 無線通信システム (アンテナ、固定無線機、ポータブル型無線機、無線機用電源等) を改良計画の対象設備とする。既存の基幹伝送設備である光ファイバー通信伝送路、光伝送装置 (SDH, STM-1,4 等)、OFC 電話設備、光伝送装置用電源設備等及び短波無線システム (HF) 並びに枝線区用の超短波無線通信システム (Very High Frequency: VHF) は改良計画の対象外とする

5.13.3 無線通信システム改良計画

今回、既存の極超短波 (UHF) 無線通信システムで使用している 450MHz~460MHz 帯の周波数帯を利用した無線通信システムを構築する。管区 OCC 及び中継局駅の無線通信システムは、通常時は IP interface device を介して、既存の OFC 回線に接続する系構成となる。ただし、OFC 回線に異常が生じるなどして、この系が使用できなくなった場合は、中継局どうしを無線伝送することにより、OCC~各中継局駅を接続するように切り換わるようなシステムを検討する。無線通信システムの設備更新と同時に列車運転士にもポータブル型無線機を携帯させることにより、列車運転士と OCC、駅、保守要員、踏切警手相互間で通話ができるようにする。仕様については、基本的にフェーズ 1 の仕様と同等とする。

(1) 無線の配置計画と種類について

- 1) 固定式無線機： 4カ所の管区 OCC 及び中継局設置駅に設置する。
- 2) 固定式無線機： 一般の各駅に設置する。
- 3) ポータブル型無線機： 列車運転士、保守要員、踏切警手に配置する。

(2) 相互通話可能相手先について

- a) OCC と OCC 間
- b) OCC と 駅長間
- c) OCC と 運転士間
- d) 駅長 と 駅長間
- e) 駅長 と 踏切警手間
- f) 駅長 と 保守要員間
- g) 保守要員間相互

(3) OCC の無線通信システムについて

OCC の無線通信システムについては、次の機能を有するものとする。

- 1) 個別呼び出し (運転士、駅長、踏切警手、保守要員に対して)

- 2) 一斉呼び出し（全通話先に対して、一方向で呼び出す）
- 3) グループ呼び出し（駅、運転士等のグループ毎の呼び出し）
- 4) OCC との通話内容は、これを記録して置くものとする。記録の保持期間は5日間とする。

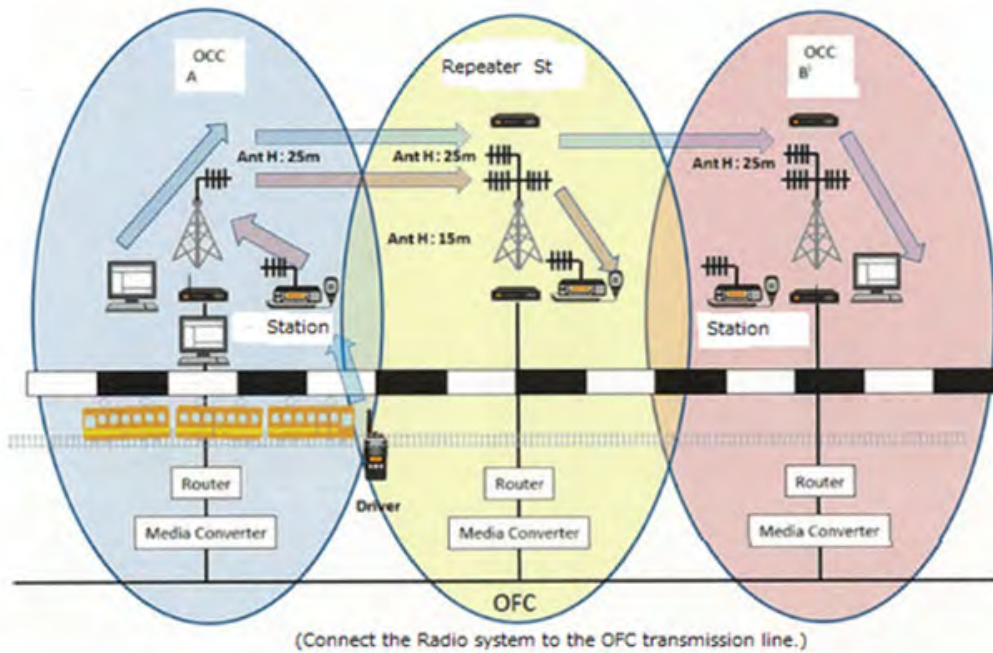
(4) 無線通信システムのアンテナについて

OCC、中継局設置駅、一般駅のアンテナについては、既存のアンテナを取り換える。

(5) 無線通信システムの電源について

安定した電源を確保するため、今回、新設する信号機器室内の信号用電源を利用することとする。信号機器室内に無線通信システム用電源の端子を数回路設け、その端子から、無線通信システムの機器まで、低圧電力ケーブルを張り、電源を供給することとする。

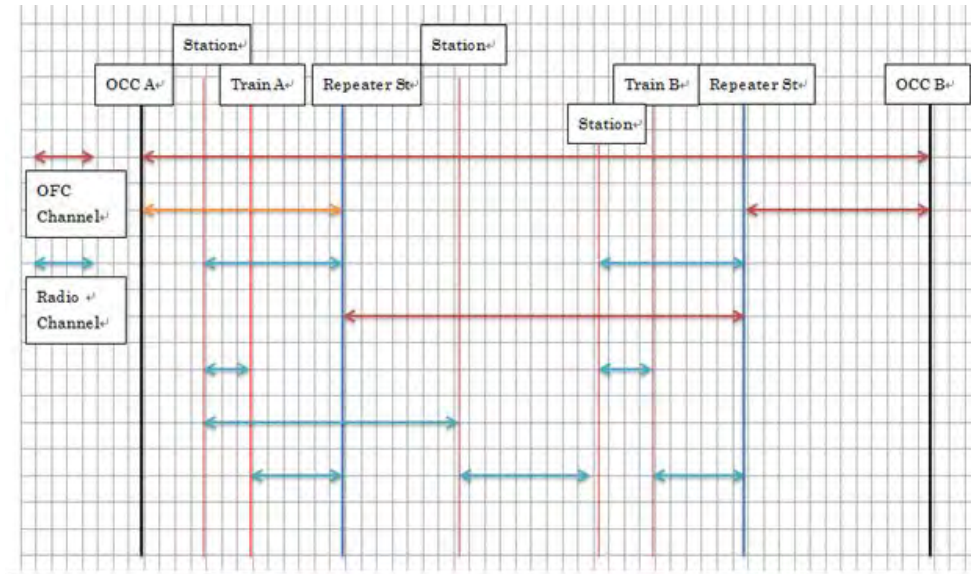
新無線通信システムの概要を以下に示す。



出典：JICA 調査団

図 5.13.9 新無線通信システム構成

新無線通信システムの通常時における通話経路について、以下の図に示す。



出典：JICA 調査団

図 5.13.10 通常時に於ける無線通信システムの通話経路

(6) 電力部門及び土木建築部門への工事委託について

1) 電力部門への通信用電源の確保委託について

- a) 各 OCC 及び中継局駅の無線通信システムに対して、電源を供給する電力端子（開閉器：AC 230V, 30A）を新設する信号機器室内に 3 回路、用意する事とする。
- b) 各駅の通信機器に対する電力供給について
各駅の新設する信号機器室内に無線通信システム用電力供給端子（開閉器：AC 230V, 10A）を 2 回路、設けることとする。

2) 土木・建築部門への工事委託について

- 各 OCC 通信機器室及び各駅の通信機器室の建屋の天井、窓、壁、ドア等の損傷が著しい。

既存の通信機器室に引き込まれている地下埋設光ファイバーケーブルを利用し、既存の通信機器室内に無線通信システム用の伝送装置を設置する計画であったが、今回、新たに、架空光ファイバーケーブルを新設の信号機器室に引き込み、旧通信機器室を撤廃し、既存の通信伝送装置も新信号機器室に移設する事になった。したがって、新しく建設する新信号機器室内に無線通信システム用の伝送装置類を設置するスペースを確保する必要がある。

通信機器室の損傷状況の一部を以下に示す。



(a) 天井の破れ



(b) 屋根の損傷

出典：JICA 調査団

図 5.13.11 通信機器室の損傷状況

(7) 機器の撤去について

無線通信システムの切り替え後、旧無線通信システム等の機器類(アンテナの鉄塔等、無線機、電源装置(充電器、バッテリー、太陽光発電システム等)、ケーブル類、その他の旧装置等の撤去が発生するが、これらの撤去は、MR 側にて行うものとする。

5.14 運行監視装置

5.14.1 運行監視の現状

(1) 信号装置と運行監視の現状

2014～2015 年に実施されたヤンゴン・マンダレー鉄道のフェーズ 1 区間の詳細設計の結果、2017 年に入札を実施し施工が始まる。フェーズ 1 区間はパズンダン(駅構内を除く)～タウンゲー間 267km を対象に信号設備の近代化を行う。なお、ヤンゴン駅と隣接駅のパズンダン駅は、日本の無償供与プロジェクト「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)」により近代化工事が現在進行中である。この OCC プロジェクトには、ヤンゴン～ピュンタザ間の鉄道中央監視システムが含まれている。

本準備調査では、タウンゲー(駅構内を除く)～マンダレー間約 353.3km の区間を対象に実施する。但し、鉄道中央監視システムの監視範囲は現在の運行管理区間と一致させるため、フェーズ 2 ではタウンゲー-OCC 管轄範囲のニャウレービン・ピンマナ間、タージィー-OCC 管轄範囲のユアード・タージィー間、マンダレー-OCC 管轄範囲のユアパレ・マンダレー間である。

(2) 輸送指令

1) 輸送指令所

現在の運転指令の設備は、各駅と電話又は無線により連絡を取り、手書きにより実績ダイヤを作成している業務が中心である。現在は運行管理システムは設備されていない。タウンゲー、タージィー、マンダレー、ネピドーに運転指令所がある。運転指令所の現状を図 5.14.1 に示す。



(a) タウンゲーOCC



(b) ターギーOCC



YANGON - MANDALAY		11	12	5	6	3	4	1
STATION		11	12	5	6	3	4	1
YON	0800	21 00	15 00	06 00	17 00	07 45	04 00	09
SKO	07 48	59 16	41	16 18	41 05	47 06	35 08	
SKO	45 18	68	44 03	13	44	50	50 05	
PTZ	09 18	38	18 07	01 51	20 09	25 08 50		
PTZ	18 17	34			11	04 28	55 0	
TKO	12 21	61 20	48	18 23	11	28 13 50		
TKO	21 14	41	59 23	08	21 01	18 14 26		
PWA	14 52	21 23	03	09 01	22	20 17 26		
PWA	03 12	48	08 21	00	25 23	17	3	
TZU	18 12	54 02	08	49 04	43	49 22 3		
NYU	19 08	51	11 17	46	51 19	46		
NYU	21 00	06 00	15 00	07 45	17 00			
NPT	22 11	27	32 29	37				

(c) ネピドー中央 OCC



(d) マンダレーOCC

出典：JICA 調査団

図 5.14.1 運転指令室の現状

5.14.2 更新計画

(1) 基本方針

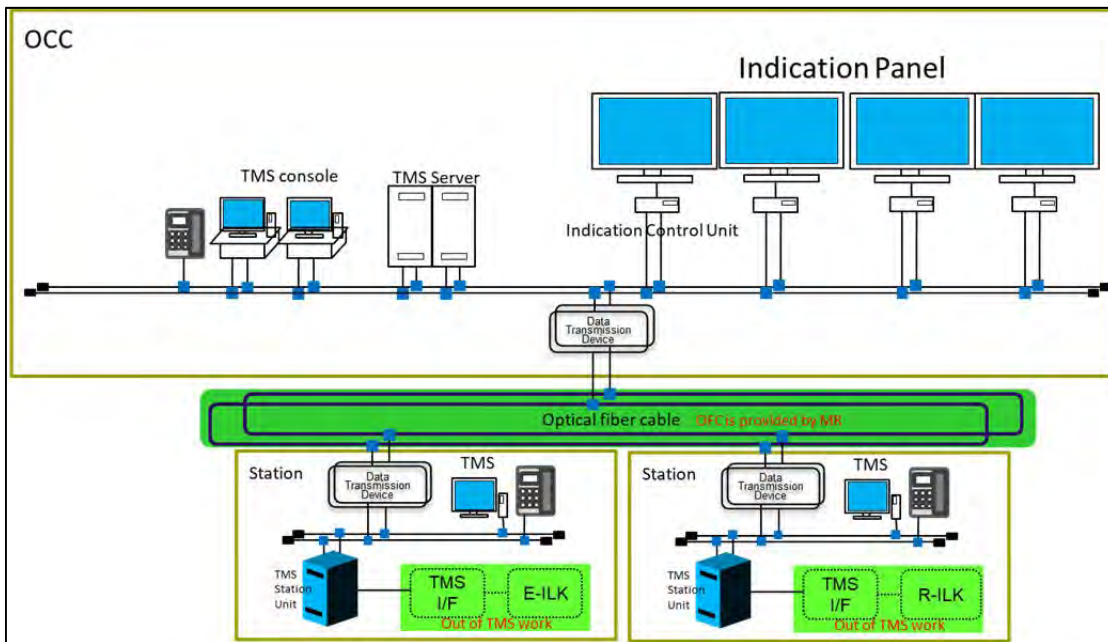
本プロジェクト完成時以降、メンテナンスを行いながら約 20 年以上継続使用することが可能な近代的な信号設備とする。また、MR は容易に保守ができる設備を望んでいるため、共通の仕様で保守に配慮する。

(2) 基本機能

各駅の連動装置から TMS I/F へリレー接点で列車検知、信号機、転てつ機等の情報を出力する。TMS 駅装置は TMS I/F のリレー情報を入力し OCC の TMS サーバーへ光ケーブルの伝送回線を介して伝送する。列車番号を OCC で TMS 端末から入力する、この列車番号は列車の進行に合わせてシフト処理される。これらの TMS 管轄範囲内の列車運行情報は大型のディスプレイに表示される。列車運行情報は各駅の駅長室または信号扱所に設置する TID 端末にも表示する。TMS のデータ伝送回線を使用して OCC と駅間で通話可能な指令電話を設備する。TMS 装置は計画ダイヤ（駅発車時刻表）の作成と実績ダイヤの記録などのダイヤ管理機能を持つ。基本ダイヤ作成機能はヤンゴン・マンダレー線の全線分が作成できる機能を持つ。OCC 境界であるピュンタザに、隣接駅の列車の発車情報、列車番号情報など、隣接 OCC に渡す情報を相互にやりとりするための装置を設置する。

(3) 機器構成

TMS システムは、OCC に設置する、TMS 中央装置、運行表示盤、操作盤、指令電話、通信装置と各駅に設置する TMS 駅装置、表示装置、指令電話、通信装置等で構成する。各駅では、連動装置の表示情報を TMS 装置へ出力する TMS I/F 装置を介して情報を入力する。TMS I/F 装置は駅の連動装置の工事で設置する。光ファイバーケーブル及び光配線盤までは MR が施工する。



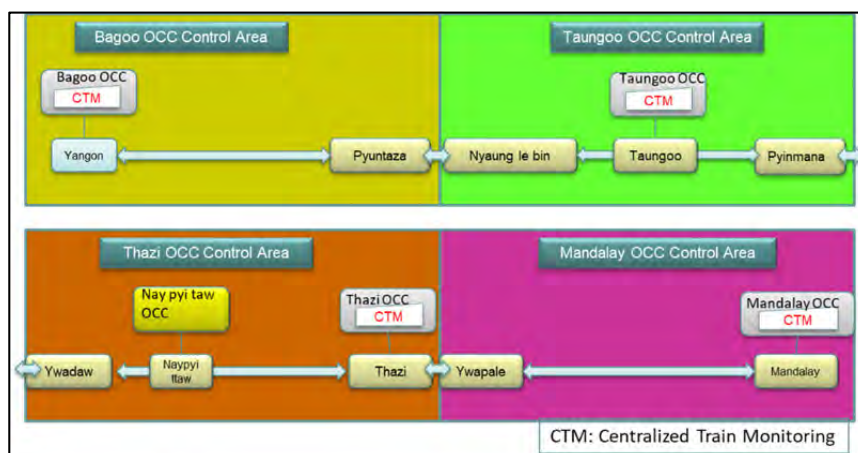
出典：JICA 調査団

図 5.14.2 TMS 装置構成図

(4) 整備計画

ヤンゴン・マンダレー鉄道は次の4つのOCCと1つの中央OCCによって管理されている。

- バゴー OCC (ヤンゴン～ピュンタザ)
- タウンゲー OCC (ニャウンレービン～ピンマナ)
- タージィー OCC (ユアード～タージィー)
- マンダレー OCC (ユアパレ～マンダレー)
- ネピドー中央 OCC (ヤンゴン・マンダレー全区間)



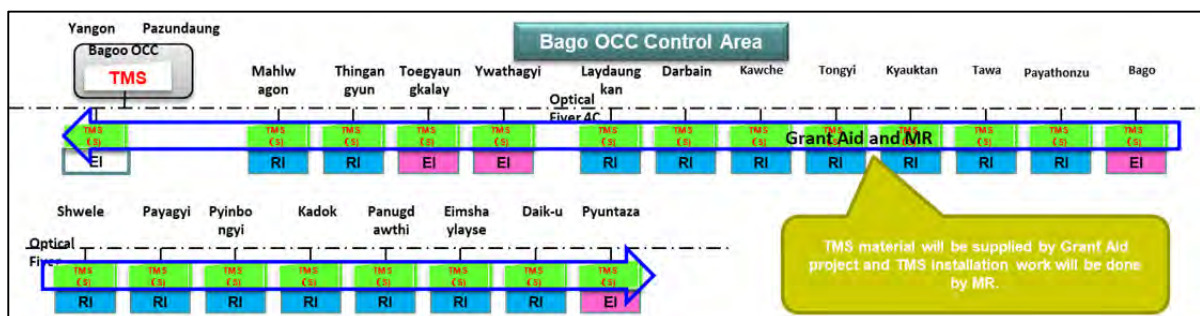
出典：JICA 調査団

図 5.14.3 OCC 系統図

フェーズ2で新設を予定しているタウンゲーOCCの管理区間内の連動装置はフェーズ1で新設される区間(ニャウンレービン～タウンゲー)とフェーズ2で新設する区間(ユアード～ピンマナ)に分かれる。5.8章、5.9章で述べたように、タウンゲーOCCは、本事業フェーズⅡで新設される駅舎内に配置される予定である。

無償資金供与プロジェクト設計終了後、フェーズ1の設計が実施され、その設計ではマルワゴン・タウンゲー間の信号設備を改良し各駅の軌道回路、連動装置、閉そく装置を新設する計画とした。フェーズ1完成後は軌道回路で列車在線を検知することが出来るようになる。そのため無償資金援助の内TMSの施工はフェーズ1と同時に施工して新設する連動装置、軌道回路から情報を出力しOCCに表示するように計画が変更された。無償資金援助プロジェクトでの、TMSの施工範囲は、バゴーOCCの指令設備とヤンゴン・ピュンタザ間のTMS駅設備のうち資機材のみを供給しMRが設置工事を行うこととなっている。

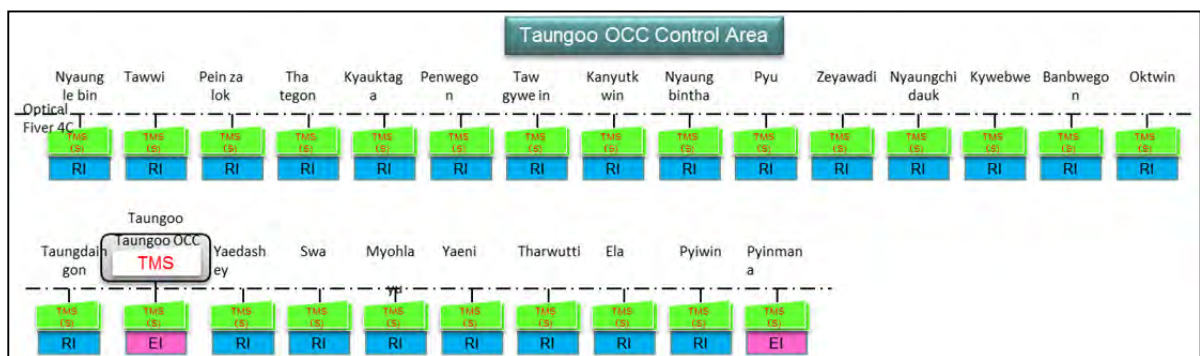
各OCCの表示画面をネピドーゼネラルOCCに表示する計画となっていたが、工事費が多額に必要となるが費用対効果の面から十分な効果が得られないとの判断から一旦設備しないと判断した。詳細設計において更なる検討が必要である。



出典：JICA 調査団

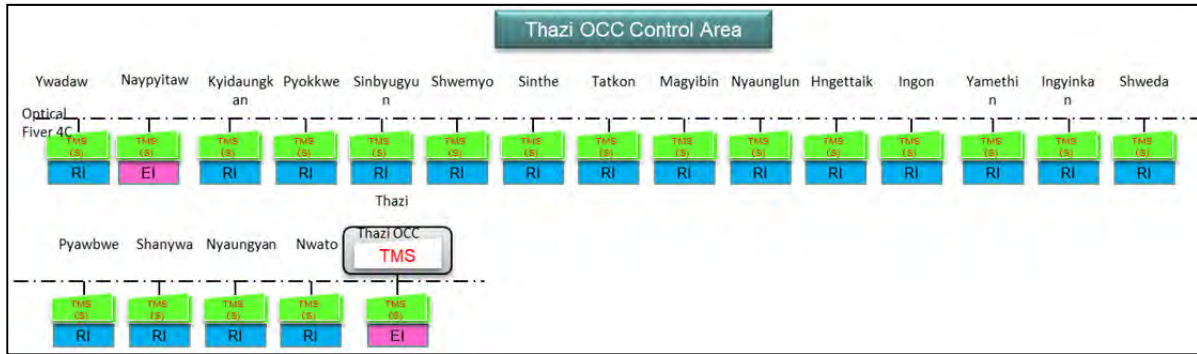
図 5.14.4 OCC 制御範囲図 (a) バゴーOCC

フェーズ2では、タウンゲーOCC、タジーOCC、マンダレーOCCに関する列車監視装置を新設する。MRはOCCの建物はすべて新設するように要請しているが、タウンゲーOCCはフェーズ1の施工区間であるため、フェーズ1において設計変更を行いOCCの建物を建設するか、フェーズ2で建設するかを詳細設計で検討する。次に各OCCの構成を示す。



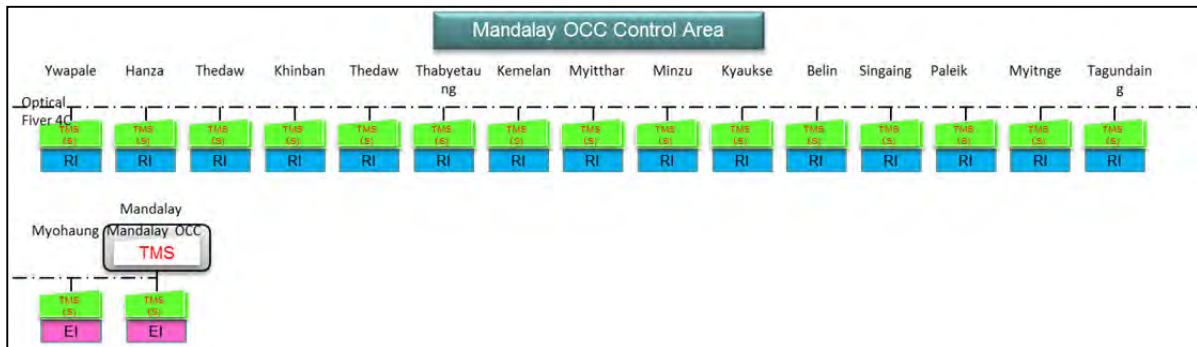
出典：JICA 調査団

図 5.14.5 OCC 制御範囲図 (b) タウンゲーOCC



出典：JICA 調査団

図 5.14.6 OCC 制御範囲図 (c) タージーOCC



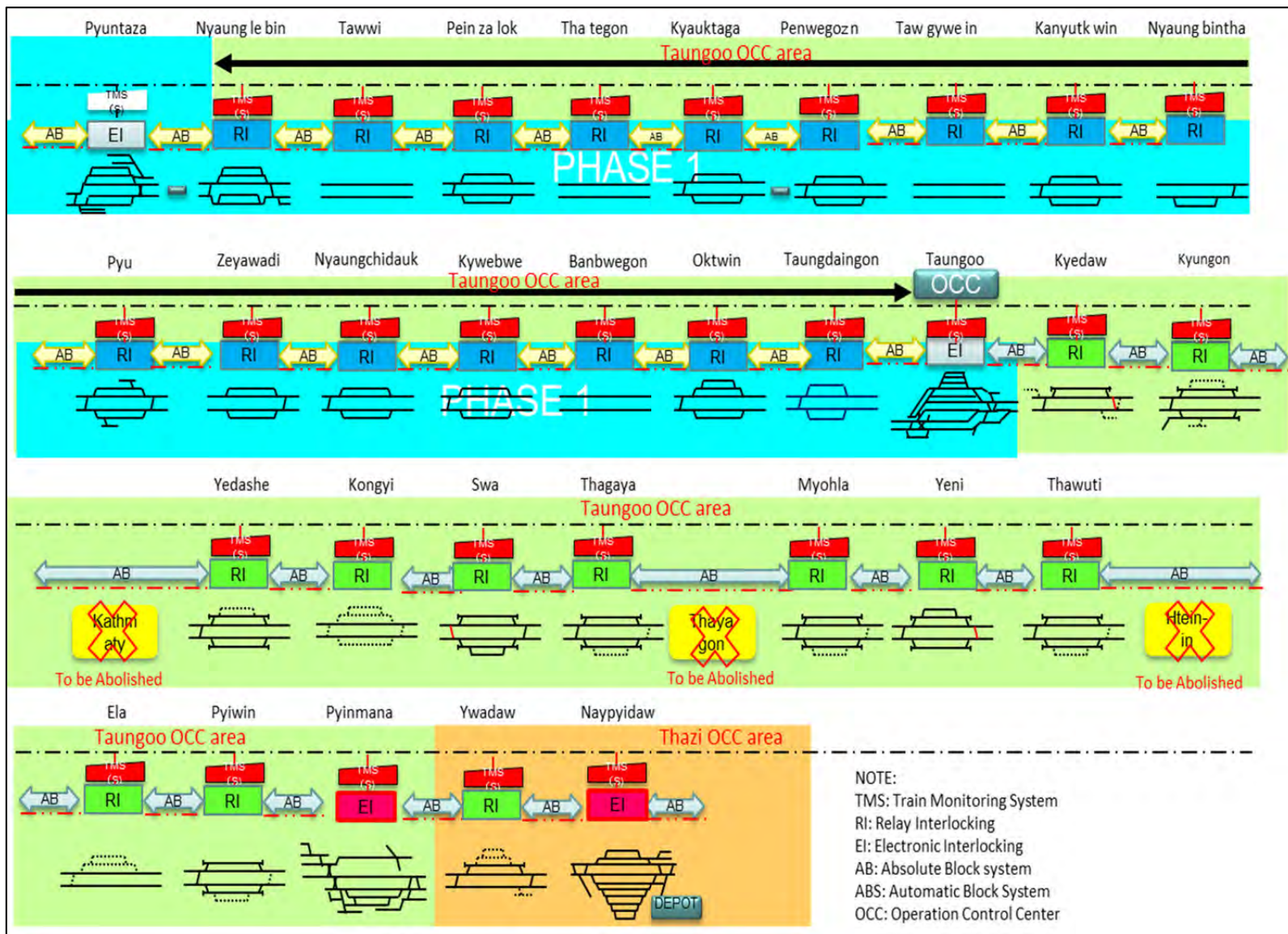
出典：JICA 調査団

図 5.14.7 OCC 制御範囲図 (d) マンダレーOCC

TMS では、既存の OCC の管理範囲と同じ範囲で列車の運行を監視する。TMS は、各 OCC に設備する中央装置及び表示装置と各駅に設置する駅装置で構成する。

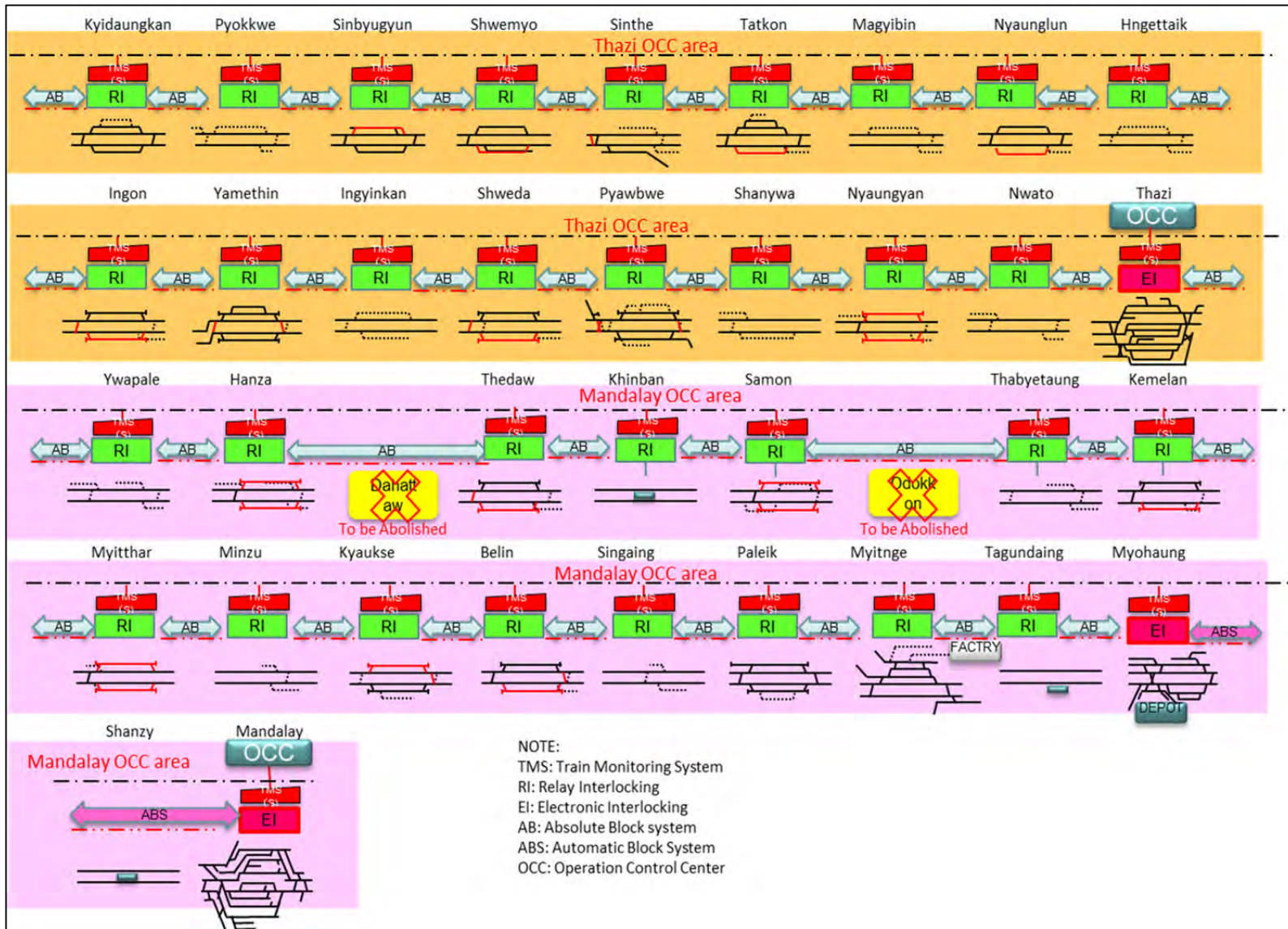
(5) 信号システム更新計画図

フェーズ2区間の信号装置改修計画を図 5.14.8 及び図 5.14.9 に示す。本図中に運行監視装置の更新計画を含む。



出典：JICA 調査団

図 5.14.8 システム更新計画図 (a) ピュンタザ～ネピドー



出典：JICA 調査団

図 5.14.9 システム更新計画図 (b) キーダウンカン~マンダレー