

6-2 輸送計画

輸送計画は輸送需要予測をもとに策定する。

6-2-1 列車運転基準

(1) 列車の種別

旅客列車：急行列車
普通列車
ローカル列車
貨物列車：普通列車

(2) 列車の編成

線区別旅客列車の編成及び貨物列車の平均牽引トン数を表6.2.1に示す。

Mandalay線の急行旅客列車はディーゼル機関車の車両性能、最高速度及び到達時分等を考慮して、11両編成とする。他の列車編成は現行どおりとする。

(3) 最高速度

Mandalay線	旅客列車	80km/h(50mph) (第1段階完了後)
		88km/h(55mph) (第2段階完了後、ただし計画A)
	貨物列車	56km/h(35mph)
Martaban線	旅客列車	48km/h(30mph) (現行どおり)
Prome線	貨物列車	32km/h(20mph) (現行どおり)
Myitkyina線		

(4) 到達時分及び表定速度

線区別の代表的な急行旅客列車（Myitkyina線のみ普通旅客列車）の到達時分及び表定速度を表6.2.2に示す。

旅客列車の到達時分の短縮は、Mandalay線では列車速度向上により達成され、他の3線区ではポイントの通過速度向上と、運転取り扱い時分の削減により達成される。また、貨物列車については、Mandalay線では列車速度向上により到達時分の大幅な短縮が可能であるが、他の3線区は運転取り扱い時分の削減程度である。

Table 6.2.1 Train Make-Up and Average Hauling Tonnage

Train type	Mandalay Line	Martaban Line	Prome Line	Myitkyina Line
Express passenger train	2 Upper class cars + 8 Ordinary cars + 1 Brake van	1 Upper class car 11 Ordinary cars 1 Brake van	1 Upper class car + 12 Ordinary cars + 1 Brake van	
Ordinary passenger train	2 Upper class cars + 9 Ordinary cars + 1 Luggage van + 1 Brake van	1 Upper class car + 8 Ordinary cars + 1 Luggage van + 1 Brake van	1 Upper class car + 7 Ordinary cars + 1 Luggage van + 1 Brake van	3 Upper class cars + 7 Ordinary cars + 1 Luggage van + 1 Brake van
Local passenger train	4 Ordinary cars + 1 Luggage van + 1 Brake van			9 Ordinary cars + 1 Luggage van + 1 Brake van
Freight train	502 tons	161 tons	340 tons	211 tons

Source: Study Team

Table 6.2.2 Future Operation of Typical Passenger Trains

Railway Line	Section	After completion of 1st stage			After completion of 2nd stage			After completion of 3rd stage		
		Sched-uled Time	Reduction in Time	Sched-uled Speed (km/h)	Sched-uled Time	Reduction in Time	Sched-uled Speed (km/h)	Sched-uled Time	Reduction in Time	Sched-uled Speed (km/h)
Mandalay	Rangoon	10°00'	3°45'	62	10°00'	0'	62		same as the left	
	Mandalay				(9°00')	(1°00')	(69)			
Martaban	Rangoon	7°05'	30'	39	6°35'	30'	42		same as the left	
	Martaban									
Prome	Rangoon	7°00'	0'	37	6°20'	40'	41		same as the left	
	Prome									
Myitkyina	Mandalay	24°00'	0'	23		Same as the left		23°00'	60'	24
	Myitkyina									

Note: Figures in () indicate those of Plan A.

Source: Study team

6-2-2 運転計画

列車本数の想定は、現行の列車編成、輸送量をもとに、需要予測にみあった列車本数を算定した。その結果を表6.2.3に示す。

線路容量については、試算した結果、各線区とも、現行改良案で満足できると思われるが、詳細については、今後、フィージビリティ・スタディ段階での再検討を要する。

Table 6.2.3 Number of Trains per Day on the Four Main Lines

Line	Type of Train	1993/94	1997/98	2005/06
Mandalay	Passenger	26	32	50
	Freight	17	21	30
Martaban	Passenger	11	13	19
	Freight	8	10	14
Prome	Passenger	8	10	14
	Freight	6	7	9
Myitkyina	Passenger	9	10	15
	Freight	16	19	26

Source: Study Team

6-2-3 車両計画

運転計画に必要な機関車、客車及び貨車の車両数を表6.2.4に示す。車両数算定にあたっては、列車のスピード・アップによる車両運用効率の向上が考慮されている。

Table 6.2.4 Number of Rolling Stock Required for
the Four Main Lines

Railway Line	Type of Rolling Stock	1993/94	1997/98	2005/06
Mandalay	Locomotive	55	67(65)	98(98)
	Coach	231	285(280)	446(439)
	Wagon	7173	6784	9797(9746)
Martaban	Locomotive	24	28	39
	Coach	107	123	177
	Wagon	288	336	443(438)
Prome	Locomotive	20	23	32
	Coach	102	114	160
	Wagon	1409	1635	2237(2211)
Myitkyina	Locomotive	68	80	110
	Coach	185	219	303
	Wagon	1778	2087	2860(2832)

Note: Figures in () indicate Plan A.

Source: Study Team

6-3 基本設計指標及び方針

設備改良計画の設計にあたって準拠すべき基本指標及び方針は以下のとおりである。

6-3-1 設計条件

(1) 列車運転条件

条件を表6.3.1に示す。

(2) 気候条件

1) 気候の特徴

ビルマの気候は雨季と乾季に明確に分かれる。雨季は5月から10月までで、

Table 6.3.1 Train Operation Condition

Condition		Present	2005/6
Maximum train speed	[Md]	Passenger 40 mph (64 km/h)	55 mph (88 km/h)
		Freight 20 (32 km/h)	35 (56 km/h)
	[Mr, Pr, Py]	Passenger 30 (48 km/h)	same as the present
		Freight 20 (32 km/h)	
Number of trains per day	[Md]	Passenger 16	50
		Freight 10	30
	[Mr, Pr, My]	Passenger 8, 6, 6	17, 14, 15
		Freight 4, 4, 10	14, 9, 26
Passing tonnage (million-ton/yr)	[Md]	5.3	15.0
Maximum axle load (ton)		12	13

Note 1) Number of suburban trains are not included in the Rangoon-Pegu section.

2) [Md], [Mr], [Pr] and [My] represent the Mandalay, Martaban, Prome, and Myitkyina lines, respectively.

Source: BRC and Study Team

残りは乾季である。温度は、年間を通じてあまり大きな差はない。

2) 台風

台風は5月から10月にかけてしばしば発生する。しかし、Rangoonを通過するのは、わずか5年に1度ぐらいである。

さらに、ビルマ海岸における時速100マイル（秒速45m）以上の風速は、Rangoon地区に達するときには、時速70マイル（秒速31m）ぐらいに低下する。

3) 温度

Rangoonにおける過去3年間の最高温度は40.2℃で、最低温度は14.0℃であった。

過去3年間の月平均温度を表6.3.2に示す。

Table 6.3.2 Average Temperature

(Unit: °C)

City	Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Rangoon		24.3	27.4	29.1	31.1	30.2	27.3	27.3	27.5	27.4	27.7	27.0	24.6
Mandalay		20.6	23.3	27.5	31.2	32.0	30.8	30.0	29.5	27.6	27.3	23.0	23.3
Tokyo (for ref.)		4.1	4.8	7.9	13.5	18.0	21.3	25.2	26.7	23.0	16.9	11.7	6.6

Source: BRC

4) 降雨量

過去3年間の月毎の総降雨量を表6.3.3に示す。

Table 6.3.3 Total Monthly Rainfall

(Unit: mm)

City	Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Rangoon		0	0	0	11	206	590	601	597	331	253	60	3
Mandalay		0	0	0	36	85	85	64	94	123	124	31	11
Tokyo (for ref.)		49	65	98	122	145	192	140	153	182	203	96	58

Source: BRC

6-3-2 設計方針

(1) 基本設計方針

6-1-2に示される目標を効果的に達成するために、設備改良は、各々の問題点を解決することにより行われるべきである。

軌道、通信及び信号の問題点と提案された設備改良と目標に対する貢献との関係を図6.3.1に示す。

(2) 指針

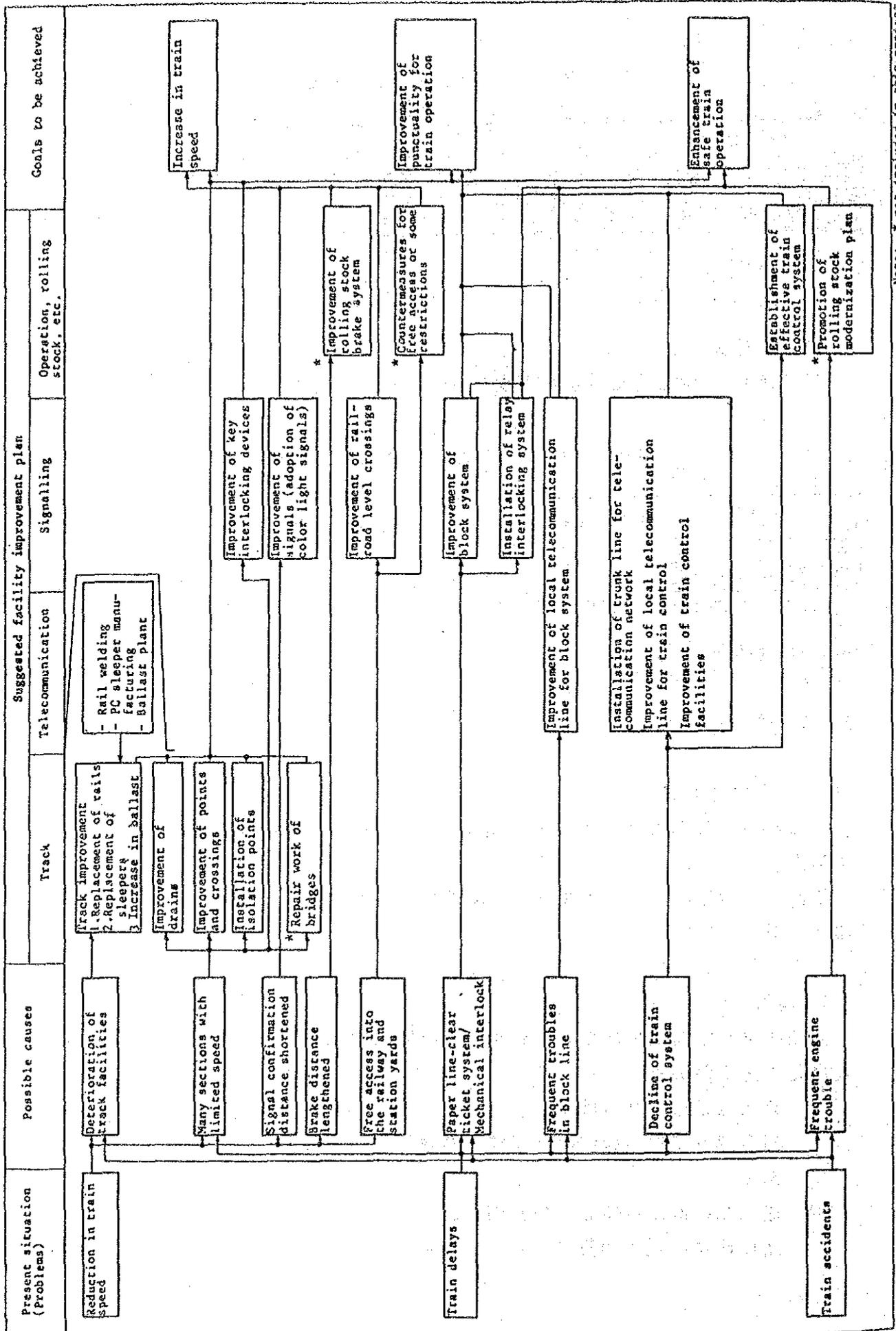
設備改良計画策定にあたり、ビルマ及びBRCの状況を十分考慮して、次の事項を考える必要がある。

1) 適切な設備標準の確立

列車運転状況や線区の重要性を考慮して各システムの標準を作る必要がある。

2) 標準化の概念と新しい技術間の調和

新技術及び近代的設備の導入にあたり、新しい装置の検査及び保守に対



Note: * not included in this project

Fig. 6.3.1 Relationship between Problems, Improvement and Goals

して標準化の概念との調和を図るよう努める必要がある。

3) 関連プロジェクトとの整合

第5章(5-7)にあげられているBRCの関連プロジェクトとの十分な整合を図るべきである。

次に述べる事項を考慮すべきである。

a) 軌道改良計画

— 両計画に共通する、適切な軌道構造が勧告される。

b) 車両近代化計画

— 現行の近代化計画に対して、車両数及び車両性能が本調査で提案される。

c) 環状線電化プロジェクト

本調査は、Rangoon~Ywathagiの重複区間が本計画の実施前に電化されるという前提に基づいて行われる。

d) Pyinmana~Mandalay間複線化計画

— この計画は本設備改良計画で考慮される。

e) PCマクラギ製造の拡張計画

— 軌道改良のための生産需要を満たすため、この計画に対する勧告がなされる。

f) PTCマイクロウェーブ網プロジェクト

このプロジェクトは現在建設段階にある。PTCマイクロウェーブ網の容量の制限と無線局の位置がBRCの要求と合わないことから、本調査では、BRCの主要通信幹線の設置計画は、PTC網とは切り離して策定される。

4) 次のような事項を考慮して、推奨すべき設備又はシステムが調査されるべきである。

— 電力供給事情を考慮して、できるだけエネルギー節約型の機器が望ましい。

— 将来の機能拡張が容易であり、又将来の追加変更を最小にするため故障の少ない機器であること。

— 一年のほとんど半分が雨期であることから、地域によっては、過度の湿気や洪水から機器を保護する必要がある。

— 効果的な保守のため、十分な予備部品を持つ必要がある。

5) 選択案の比較評価

最良の計画を推奨するにあたり、経済面、信頼性、保守性等を考慮して、できるだけ多くの選択案について比較することにより、総合的評価がなされるべきである。

6) 効果的実行計画の策定

各段階における目標を達成するために、軌道、通信及び信号の実行計画は、互いに調和したものでなければならない。さらに、軌道改良の工程はPCマクラギと砕石の供給を十分考慮して、作られるべきである。

6-4 技術移転

鉄道近代化のための技術移転は、調査、設計、実行及び使用開始段階を通じて行われるべきである。

Mandalay線に採用される長尺溶接レールとPCマクラギは、軌道の改良と近代化のために非常に重要である。

このため、調査の段階において、長尺溶接レールとPCマクラギについて、次の事項が準備される。

- 案内指導又は勧告
- 標準設計
- 仕様の要点
- 訓練の内容

第1段階として、この長期近代化計画の中では、レール溶接とPCマクラギ製造についての案内指導又は勧告が、品質管理と生産管理に重点を置いて、準備されるだろう。

第7章 設備改良計画

第7章 設備改良計画

7-1 軌道

7-1-1 軌道改良の基本方針

鉄道輸送においては、軌道が良好に維持されていることが極めて重要な要素である。

軌道は毎日運転される列車の荷重と自然の影響を受けて、軌道の狂い及び軌道材料の摩耗や腐食が生じる。従って、軌道は一定の周期毎に軌道狂いの整正及び材料の交換を行うことによって、定められたレベルに維持しなければならない。

軌道改良計画の策定にあたっては現状の設備の実態を踏まえて、ロングレール及びPCマクラギを導入し、軌道強化すべきである。

レール溶接及びPCマクラギ製造については現有設備を十分に活用し、不足する設備の拡張または新設を行う。

軌道の保守体制については、将来にわたり軌道を良好な状態に維持するため、効率的な保守方法及び保守の基準値を検討する。

7-1-2 軌道構造の標準

ロングレール軌道は、温度の影響によりレールに大きな軸力が生じるため、これに列車の荷重が加わっても、レールのふく進または座屈が発生しない十分な強度を持った軌道構造でなければならない。すなわち、レールの溶接部が破断しないこと、レールがマクラギの上を滑動しないこと、高温時にレールの座屈（張り出し）が起こらないことなどが最も重要である。

軌道構造の標準は次のとおりである。

- | | |
|-------------|------------------|
| — レールの重量 | 75 lb/y (37kg/m) |
| — 締結装置の種類 | 二重弾性締結 |
| — マクラギの種類 | PCマクラギ |
| — マクラギの配置本数 | 1,514本/km以上 |
| — バラストの種類 | 碎石 |
| — バラストの断面 | 図7.1.1に示す。 |

各標準の細部は以下に述べるとおりである。

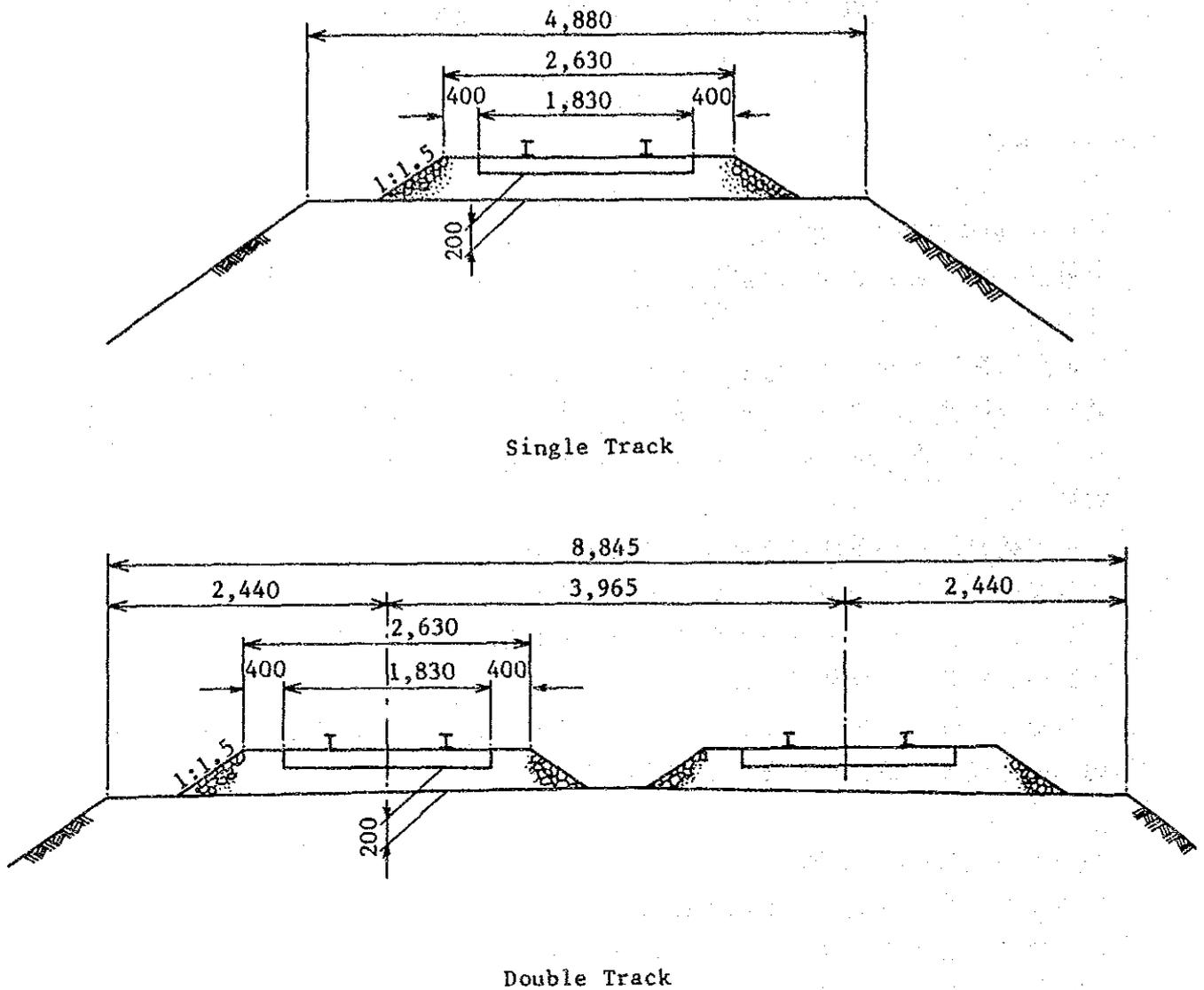


Fig. 7.1.1 Standard Ballast Section

(1) レールの重量

一般に、レールの重量は列車の最高速度、通過トン数、車両の最大軸重及び保守コスト等の諸条件を考慮して定めるものである。このうち、最大軸重が13トンと比較的軽く、軌道の負担力が小さいため、レールは現在使用しているものと同じ75lb/y (37kg/m) を使用する。

(2) 締結装置

レールをマクラギに締結する場合、普通の継目レールでは犬クギを用いている。ロングレールでは両端付近(約100m)が伸縮し、中央部が伸縮しないこと

から大きな軸力が発生するため、レールの締結力を大きくして軸力をマクラギに伝え、更にバラストに抵抗力を負担させる方法をとっている。レールの締結力を大きくする方法は、二重弾性方式を用いる。この方法はレールの底部を弾性の金具で上からおさえ付け、レール底部の下面には弾性を持った軌道パッドを挿入するものである。

(3) マクラギの種類

現在、使用されている木マクラギは、寿命が短い材質の軟らかいものが多く使用されているため、不良のマクラギが多い。これは、良質のマクラギの購入が困難な状況にあるため、今後はPCマクラギを使用することが必要である。

PCマクラギは木マクラギに比べて寿命が長く、軌道狂いの発生が少ないので、保守コストの節減ができる。又、ロングレールを採用する場合には、レールの締結装置の強度を確保すること、及び軌道狂いの発生を少なくすることで、PCマクラギを使用することが基本条件である。

(4) バラストの増加

バラストが不足すると、軌道狂いが発生し易く、高温時には、軌道の張り出し（座屈）の原因となる。従って、バラストは常に所定量を確保して、十分に締め固めておくことが大切である。ロングレール軌道は、ロングレールの大きな軸力をバラストが負担する必要があるため、特に横方向のバラスト抵抗力を大きくして、軌道の張り出しが発生しないように努めなければならない。このため、バラストの肩幅を広くし、更に両サイドのバラストののり勾配を緩くする。

7-1-3 軌道改良の概要

(1) レール交換

1) 普通レール

普通レールの交換対象は、ロングレールの敷設が困難な箇所及び緊急にレール交換を必要とする箇所とする。

標準レールの39ft（11.9m）を使用すると継目が多くなるため、原則として溶接レールを用いる。溶接レールの1本の長さは諸条件を考慮すると、39ftレールを3本溶接（35.7m）したものが適当である。

なお、古レールを再使用する場合にはレールの両端を約50cm切断して、

溶接したものを使用すると効果的である。

これは、レール端部のバッターによる損傷、レールの縦くせ（ベンド）及びボルト穴が除去されるためである。

2) ロングレール

ロングレールを敷設するための線路の基本条件は次のとおりである。

- 曲線半径が600m以上とする。
- 反向曲線中に敷設する場合は、それぞれの曲線半径が1,000m以上とする。
- 勾配の変更点は、縦曲線の半径が3,000m以上とする。
- 無道床の橋梁は、橋梁長が25m以下とする。
- 踏切及びその前後はなるべく避ける。
- 路盤状態が良好な箇所とする。

ロングレール軌道はレールとマクラギの締結力の強化、PCマクラギの使用及びバラスト抵抗力の増加が必要である。

従って、木マクラギをPCマクラギに交換し、バラストの増加が完了した箇所について、ロングレールを敷設するものとする。

(2) マクラギ交換

1) PCマクラギ

橋梁、踏切及び急曲線でPCマクラギの敷設が困難な箇所を除き、PCマクラギを敷設する。

2) 木マクラギ

PCマクラギの敷設が困難な箇所を対象とするが、PCマクラギの交換前の区間については、暫定的に木マクラギを投入する。

これにより木マクラギの不良率を20%以下に維持する。

3) 橋マクラギ

橋梁上の不良橋マクラギを交換する。これに合わせて、マクラギのフックボルトの補修及びマクラギの間隔を保持するためのマクラギ継材の取付を行う。

(3) バラストの増加

バラストは全区間に亘り、所定の断面を確保する。バラストの中に多量の土砂（30%以上）が混入している場合は、事前に、バラストのふるい分け（鼻ふる

い)を行う必要がある。バラストふるい分けの範囲は図7.1.2に示すとおりである。

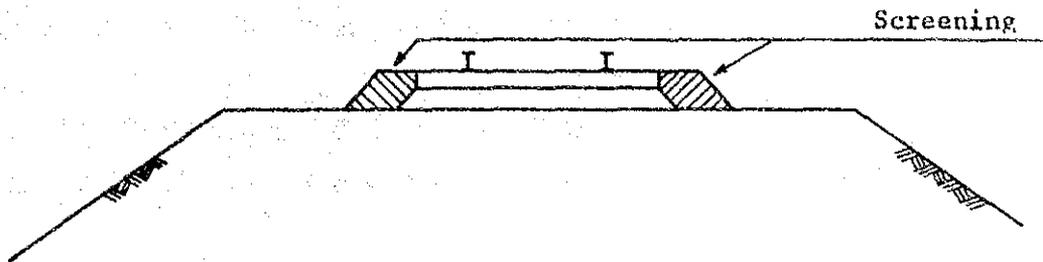


Fig. 7.1.2 The Range of Ballast Screening

(4) 分岐器交換

分岐器全体が摩耗または弛緩している場合は全交換を行う。

また、トングレール、クロッシング、ガードレールなど部分的に摩耗または弛緩している場合は必要な部分交換を行う。なお、分岐器はレールの継目部と同様に構造上、軌道の弱点箇所である。

従って、分岐器交換に関連して、不用の分岐器及び使用頻度が極めて少ない分岐器については、分岐器を撤去し、棒線化を図ることを検討する。対象の分岐器は本線の軌道上のもので、次に示すとおりである。

- 側線のための分岐器
- 渡り線の分岐器

但し、渡り線の場合、起点及び終点方の両側に設置されているいずれか一方の分岐器とする。計画Bの分岐器交換数は計画Aの約40%である。

(5) 曲線改良

現行の最高速度69km/h (43mile/h) に対して、速度制限を必要とする曲線は、上下線合わせて僅か10カ所である。

しかし、将来の列車のスピードアップに伴い、曲線半径が699m (2 1/2°) 以下の曲線は、可能な箇所についてのみ曲線改良を実施し、カント及び緩和曲線長が不足する曲線は、カントの改良及び緩和曲線の延伸を行う。

計画Bの曲線改良は、カントの改良及び緩和曲線の延伸のみを行う。

(6) 排水設備改良

駅構内において、排水不良のため線路が冠水する箇所は端末処理を考慮して排水溝を設置する。計画の対象区間はToungoo駅までとして、分岐器を持たない駅構内は除外する。また、駅中間において線路が冠水する箇所は、道床の厚さを増加することによって若干改善される。

しかし、抜本的な対策としては、築堤を嵩上げすることになるが、線路冠水が発生する頻度を考慮すると、多額の投資をして改良するに及ばない。

7-1-4 改良計画

ー レール交換	
・普通レール	190km
・ロングレール	610km
ー マクラギ交換	
・PCマクラギ	1,440千本
・木マクラギ	180千本
・橋マクラギ	8千本
ー バラスト増加	605千m ³
ー 分岐器交換	
・全交換	230組（計画Bは40%）
・部分交換	100組
ー 曲線改良	63箇所（計画Aのみ）
ー 排水設備改良	34箇所

7-2 指令

7-2-1 新指令体制

現在運行されている列車は、ビルマの社会、経済環境から、長距離の旅客、貨物列車が比較的によく運行されている。将来輸送需要の拡大においてもこの傾向があり、列車速度の向上、列車本数の増加される線区において、定時運転、安全運転を維持するためには長距離列車の全運行を管理する指令業務が必要となる。

図7.2.1に示すように、新指令体制は、管轄地区内の列車運行を管理する地区指令所と2管轄地区以上にまたがる列車の総合的な運行管理を行う中央指令所からなる2段階構成とする。

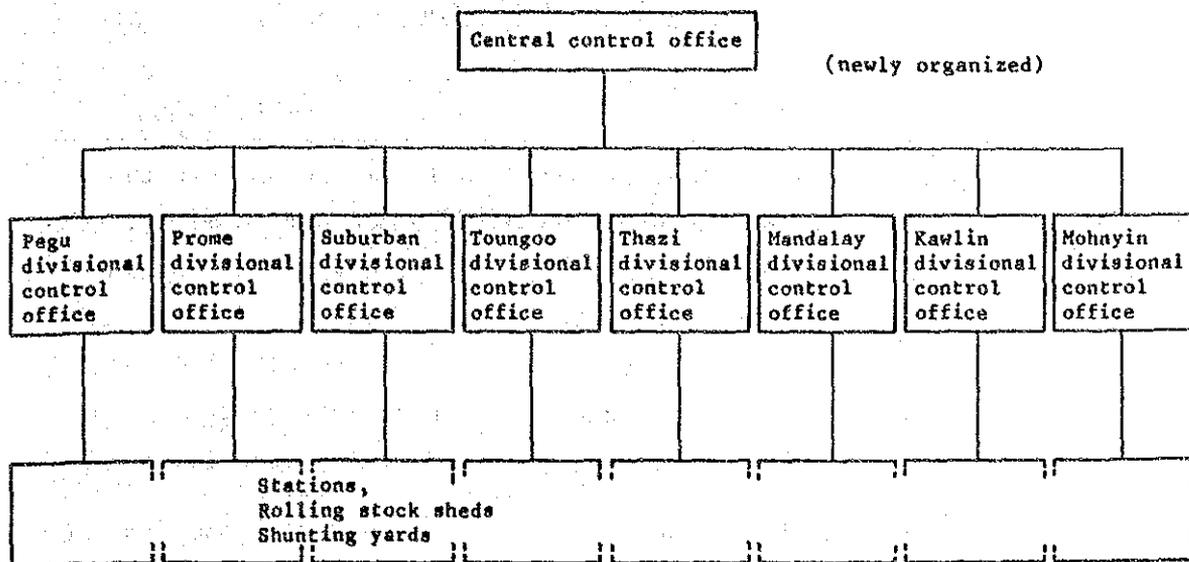


Fig. 7.2.1 New Control System

これらの指令所は的確かつ効果的な車両運用を行うために機関車、客車、貨車情報の交換も行う。

各指令の主な機能を表7.2.1に示す。

7-2-2 指令設備

新指令体制を効果的に運用するために、表7.2.1に示すように、各種指令設備を中央指令所、地区指令所、各現業機関に設置する。

(1) 指令電話

中央指令所、地区指令所、各現業機関に指令電話を設備する。この設備により、列車運行、機関車、客車、貨車の操配に必要な情報及び指令を伝達する。

(2) 貨車情報処理装置

中央指令所とMandalay線の各地区指令所に、貨車情報処理装置を設備する。現業機関から収集した貨車情報を地区指令所の装置に入力することにより、電話回線を経て、中央指令所の装置に情報を集約し、貨車情報及び貨車所在管理の一元化を図る。

(3) CTC装置

Mandalay線に導入するCTC装置により、各駅の列車ルートの設定と列車番号、

Table 7.2.1 Main Functions of the Control System

Section	Function	Facilities
Central control office	<ul style="list-style-type: none"> o To oversee the conditions of all lines, especially express trains o To give high priority to express train recovery, when the train schedule is disturbed 	<ul style="list-style-type: none"> o To improve mainly the communication facilities for divisional control offices o To introduce wagon data processor system on the Mandalay line (Plan A)
Divisional control office	<ul style="list-style-type: none"> o To grasp train operation conditions within the control area. o To judge local train suspension, etc. o To grasp information on locomotives, passenger coaches, wagons, drivers, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> o To improve mainly the communication facilities for stations, rolling stock sheds, shunting yards, etc. o To introduce train radios, CTC, facsimile and wagon data processor system on the Mandalay line. (Plan A)
Station Rolling stock shed Shunting yard	<ul style="list-style-type: none"> o To periodically provide the control office with information on train operations, rolling stock conditions, their locations, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> o To improve mainly communication facilities for the control office and adjacent stations.

在線位置の自動表示、また実列車ダイヤの記録をし、列車管理集中化を図る。
列車の在線位置は軌道回路及びアクスルカウンターにより追跡する。

(4) 列車無線装置

指令員と乗務員が直接通話できる列車無線装置をMandalay線に設ける。特に、機関車故障、信号機故障などの運転障害時の列車運用の効率化を図る。

7-3 通信

7-3-1 概要

(1) 通信設備の改良計画は列車運転の安全と効率を向上するため、鉄道通信網を構成する基幹回線、電話交換設備、指令電話設備及び列車無線等の設置を計画する。

(2) 通信回線の構成

BRCにおいて業務上必要とされる通信回線網は次のとおりである。

- 列車閉塞用回線
- 各駅間打合回線
- 指令電話回線
- 電話交換の中継線及び加入回線
- 駅中間での連絡回線
- 列車無線回線（計画A）
- ファクシミリ伝送回線（計画A）
- 各種情報回線

(3) 基本条件

これらの回線を計画する際、今後の業務増に対応できるように、過大とならない程度で将来の拡張性を考慮しておく必要がある。

又、次の諸点を考慮して計画する。

- 駅間距離
- 交換機設置間隔
- 無電源箇所
- 雨期の日照時間
- 雨期の線路両側の滞水

(4) 設備計画

1) 通話損失

BRCの電話交換網の加入者回線の通話損失は、通話当量で40dB以下とすることで計画した。但しMyitkyina線については、これにより難い所がある。指令電話については20dB以下とし、一斉通話のときは40dB以下とする。

2) 伝送路

Mandalay線はUHF無線と地下ケーブルで計画し、他の線区は地下ケーブルとケーブル搬送回線で計画する。地下ケーブルの埋設位置は路盤とし軌道中心より2mの位置で深さ0.75mとする。

Martaban線、Prome線及びMyitkyina線はケーブルで計画したが（計画A）、これは通信量から見て経済的でない。それでPTCルートに添架する裸線が考えられる（計画B）。

3) 交換設備

全体の設置計画を図7.3.1に示す。

4) 指令電話

指令電話装置は現在と同一箇所で新しいものと取り替える。子電話機は必要がある場所には増設する。

5) 貨車情報処理システム（計画A）

貨車情報処理装置は中央指令所とMandalay線の各地区指令所に設置される。これらは電話交換網を通して結ばれる。

6) ファクシミリ装置（計画A）

貨物情報の伝送のためにファクシミリを設置する。

7) 旅客情報設備（計画A）

大駅のプラットフォームに列車の状況を示すための旅客情報設備を設ける。

8) 列車無線（計画A）

Mandalay線において、指令、駅長と列車乗務員との間の通信を可能とするために列車無線を設置する。

9) 沿線電話回線

駅中間において通信するために電話端子函を設ける。

10) 中短波無線

中短波無線は、老朽劣化が著しいが、本来の回線が改良されるため、この計画には含まれない。

11) 電源設備改良

通信設備の電源として、太陽電池は5.5.1項に示す通り日照時間が短いため使用しない。電力公社（EPC）からの電源又はエンジン発電機を信号設備と共用する。

(5) 改良計画

改良計画は表7.3.1に示す。

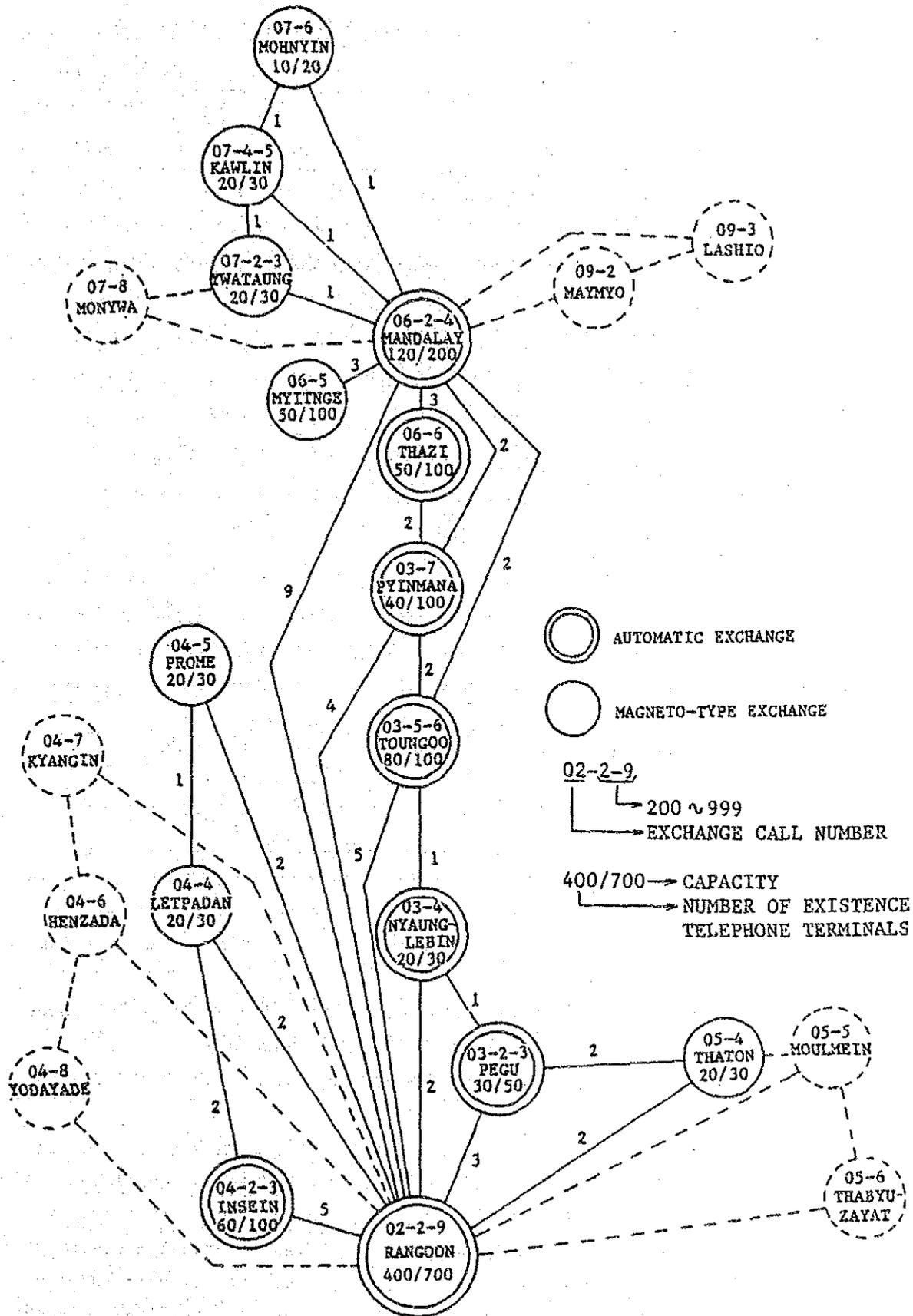


Fig. 7.3.1 BRC Exchange Network Plan

Source: Study Team

Table 7.3.1 Installation in the Improvement Plan

Line	Plan Stage	A	B
Mandalay	1st	o U.H.F microwave network system.	
		o 20-pair underground cable	Same as plan A
		o Automatic exchange equipment (Myitnge is magneto exchange)	
		o Control telephone equipment	
	2nd	o Train radio system	
	3rd	o Wagon data processor system	
		o Facsimile equipment o Passenger information equipment	
Martaban	2nd	o 14-pair underground cable	o Bare wire transmission line
		o Cable carrier system	o Bare line carrier system
		o Magneto exchange equipment (Thaton)	o Magneto exchange equipment (Thaton)
		o Control telephone equipment	o Control telephone equipment
	3rd	o Facsimile equipment	
Prome	2nd	o 14-pair underground cable	o Bare wire transmission line
		o Cable carrier system	o Bare line carrier system
		o Automatic exchange equipment (Insein)	o Automatic exchange equipment (Insein)
		o Magneto exchange equipment (Letpadan, Prome)	o Magneto exchange equipment (Letpadan)
		o Control telephone equipment	o Control telephone equipment
	3rd	o Facsimile equipment	
Myitkyina	3rd	o 14-pair underground cable	o Bare wire transmission line
		o Cable carrier system	o Bare line carrier system
		o Magneto exchange equipment (Ywataung, Kawlin Mohnyin)	o Magneto exchange equipment (location is same as plan A)
		o Control telephone equipment	o Control telephone equipment
		o Facsimile equipment	

Source: Study Team

7-3-2 改良計画

(1) Mandalay線

1) 伝送路

伝送路としては、各種のものがある。UHF無線とケーブル、光ケーブルと銅ケーブル、デジタル型の広域加入者共用無線装置 (DRSS) がある。光ケーブルシステムはかなり高価であり、列車無線を設備するには鉄塔を新たに設置しなければならない。UHFはこの点有利である。DRSSは、広範囲に分散している加入者を交換機に接続する目的で作られているので、鉄道にこれを使用する時は回線構成上制約が多い。特に専用回線の構成により加入者回線の共用回線が減少する。隣接駅間を結ぶ専用回線の構成が非常に困難であるのはその例である。又、各駅の無線設備の状況を保守者が知ることが困難で故障復旧に時間がかかる。さらに、各駅に安定した電源が必要であり、太陽電池の使用も検討したが日照時間が短いために経済的に引き合わない。

これらの比較を表7.3.2に示す。UHF無線システムが他に比べ有利である。UHF無線とケーブルを使うことにより、閉塞回線、踏切警報回線、各駅間回線、加入者回線、沿線電話回線、列車無線、CTCその他の情報回線の構成ができる。

UHF無線は1.5GHz 120CHとし、中継局としては電源のある駅を選定した。地下ケーブルは将来の交流電化を考慮して、20対0.9mmアルミニウムシースとする。沿線電話回線は、駅間連絡回線と交換加入回線を用い自動交換機の手動台に入る。伝送路の構成を図7.3.2に示す。

2) 交換設備

交換設備はPegu、Nyaunglebin、Toungoo、Pyinmana、Thazi、Mandalay、Myitengeにおく。通話損失とファクシミリの伝送とを考慮して4線交換機を採用する。手動台はPTCからの受けと番号案内とに用いる。Myitengeの交換機は磁石式とする。中間駅の加入電話回線は単独とし1駅1個とする。

3) 指令電話設備

指令所は現在と同一場所におき、周波数選別呼び出し方式の親装置を、Rangoon、Toungoo、Thazi、Mandalayにおく。子電話機は各駅及び必要な箇所におく。

Mandalay線のケーブル化に伴い、Martaban線の指令回線は変更を必要とし、Peguにコードの中継設備と電源とを設ける。従って、Mandalay線とMartaban線とは、Martaban線の改良が完成するまでは回線は別となる。

Table 7.3.2 Comparison of Transmission Systems

	UHF microwave network system + C.U. Cable	Optical Cable + C.U. Cable	D.R.S.S.
Cost	△	△	○
Maintenance	○	○	△
Possibility of Expansion	○	○	×
Power Supply	△	△	×
Signalling	○	○	△
Relation to Train Radio System	○	△	△

Note: ○ suitable, △ medium, × unsuitable

Source: Study Team

子電話機には小容量の整流器と蓄電池とを置く。交流電源のない所は乾電池による。

4) 貨車情報処理装置

適切な貨車操配計画の作成と、貨車運用の効率化を図るため、図7.3.3に示すように、貨車情報処理装置を中央指令所と各地区指令所に設備し、貨車所在管理の一元化を行う。貨車情報は電話により各駅から地区指令所に集められ、処理装置に入力され、電話回線を経て、中央指令所に伝送される。中央指令所の装置では貨車操配計画を作成、これを地区指令所に転送し、電話により、各現業機関に貨車操配指示を行う。

RANGOON - TOUNGOO

NO. 1

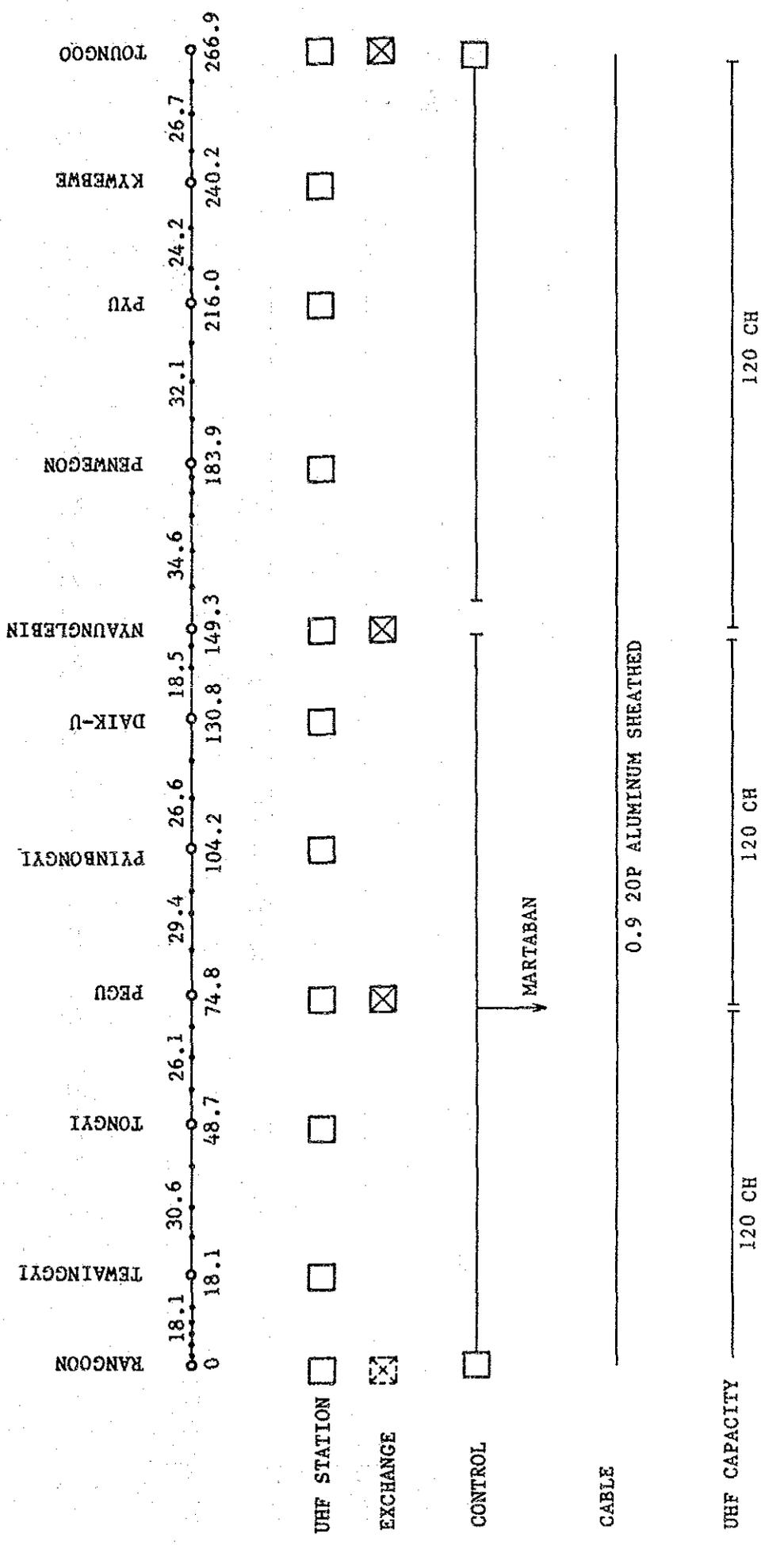


Fig.7.3.2 Composition of Transmission Line (Mandalay Line)

Source: Study Team

TOUNGOO - MANDALAY

No. 2

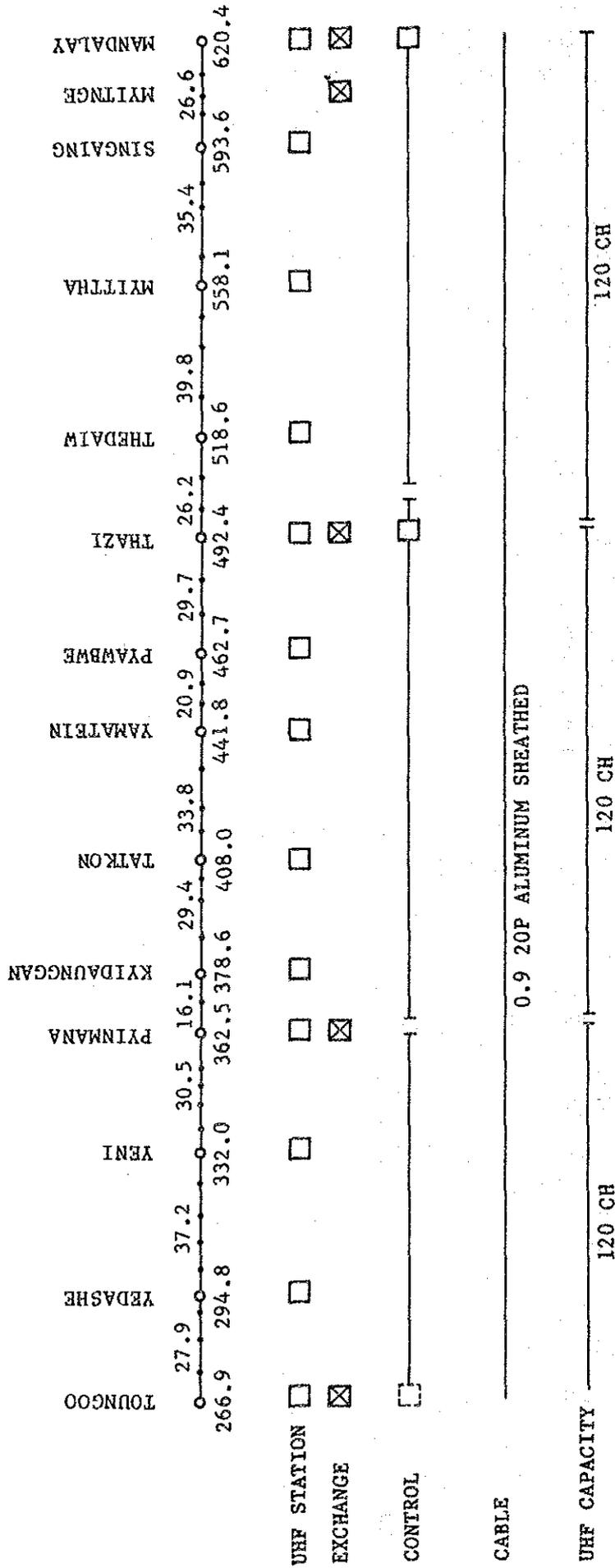


Fig.7.3.2 Composition of Transmission Line (Mandalay Line)

Source: Study Team

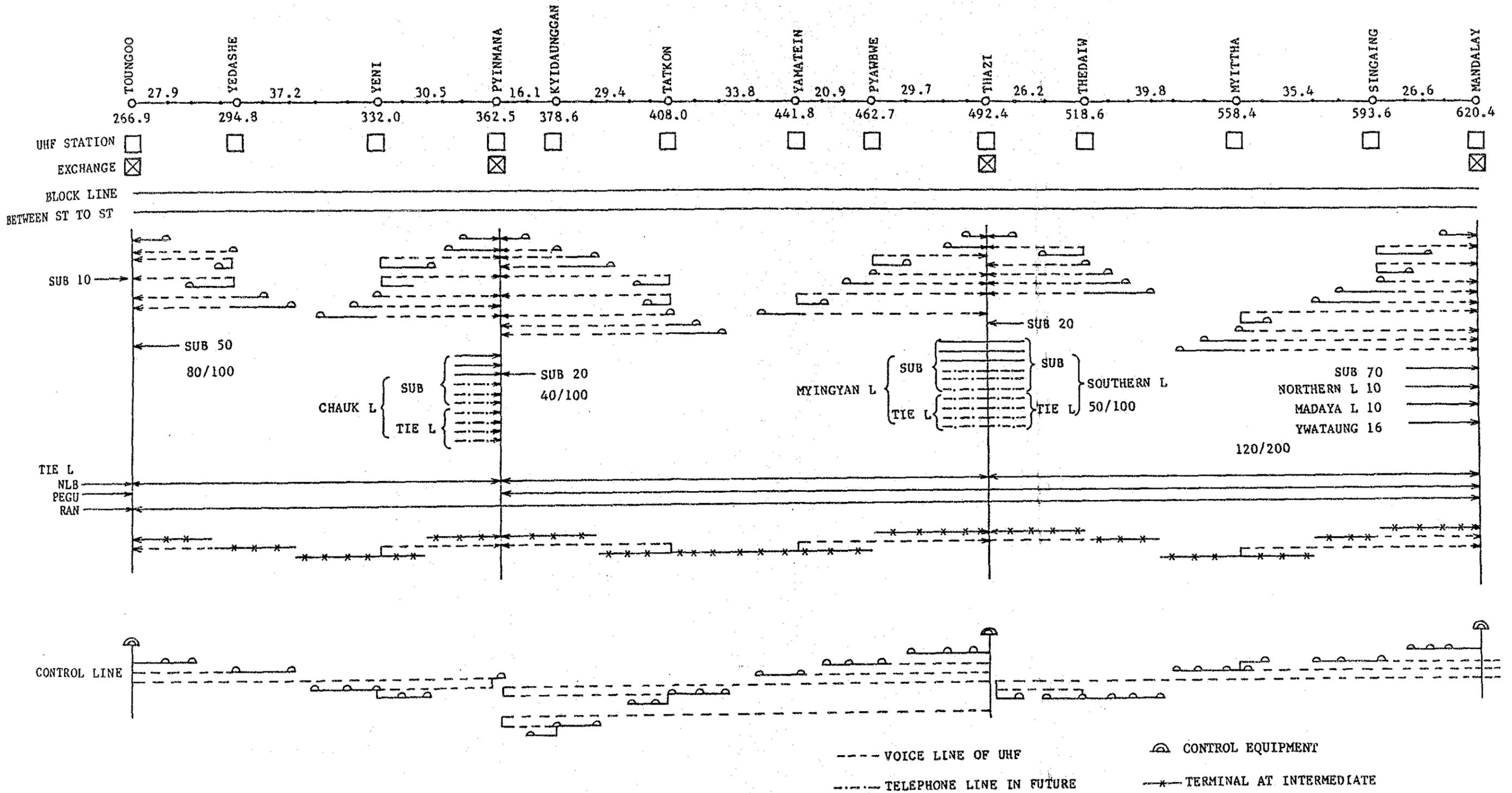


Fig. 7.3.2 Composition of Transmission Line

Source: Study Team

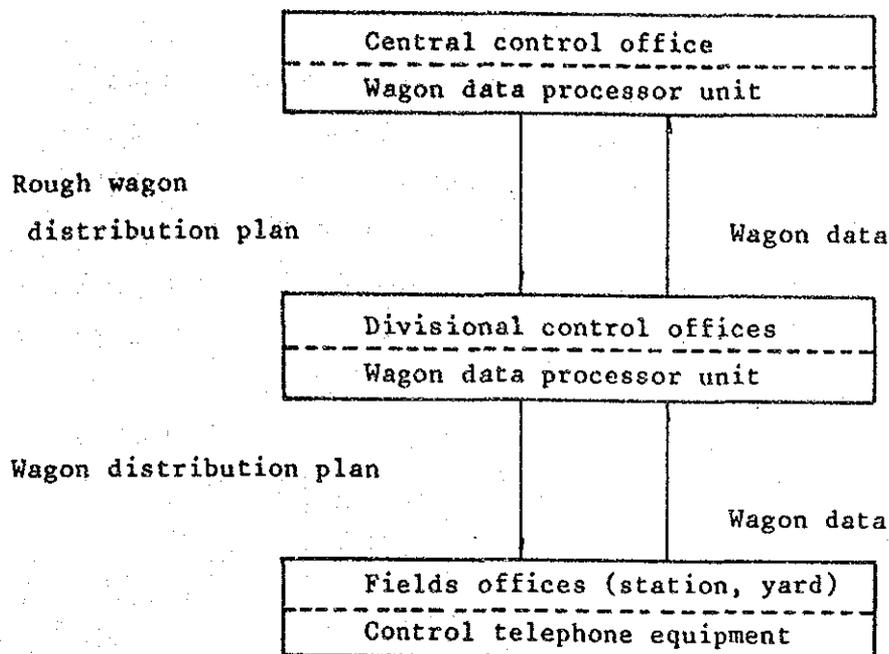


Fig. 7.3.3 System Configuration of Wagon Data Processor System

5) ファクシミリ装置

運用効率向上のため、貨物情報の伝送を、Mahlwagon及びMyohaung操車場と主要駅の相互間でファクシミリによって交換回線を用いて行う。

6) 旅客情報装置

各大駅のプラットホームに旅客情報装置を設置し、列車番号、到着及び発車時間等を表示する。

7) 列車無線

このシステムは、同時送受話、上り下り共用とし150MHzを用いる。基地局はUHF無線と同一とする。制御装置は各指令所におき、列車の呼び出しは音声による。

列車無線の構成を図7.3.4に示す。

(2) Martaban線

1) 伝送路

地下ケーブルとUHF無線を検討したが、この線は203km(127マイル)で通話数も少ないので、計画Aとして、14対地下ケーブルと12チャンネルのケーブル搬送2組を計画した。この場合、雑音の問題があるが、業務に支障する程高くない。将来、Moulmein方面に回線を延ばす時はUHF無線が採用されることになろう。駅相互間の回線を沿線電話回線に用いる。搬送中継器を無電源箇所を設置する時は、端局よりケーブル心線で電源を供

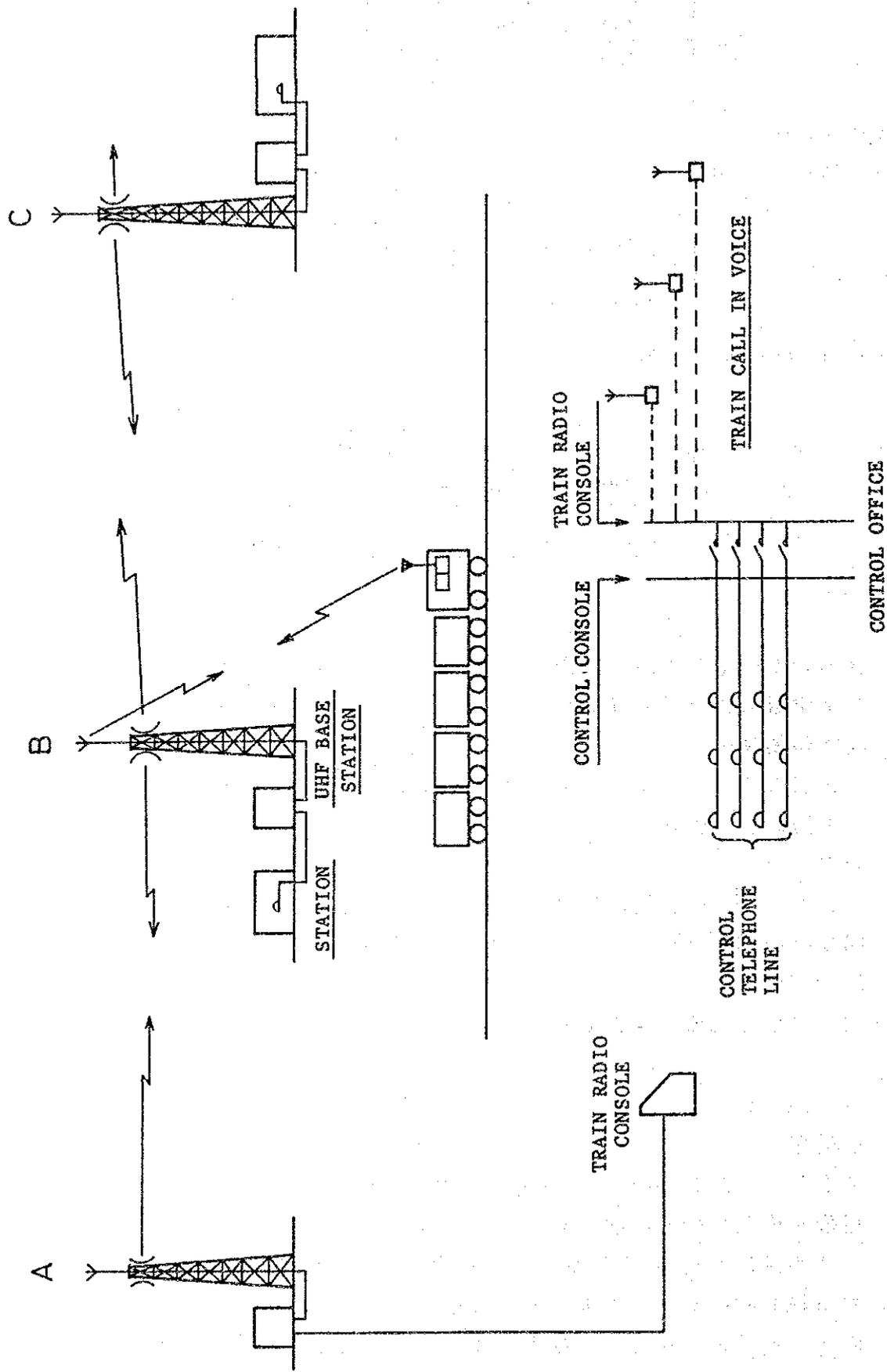


Fig. 7.3.4 Train Radio System

Source: Study Team

給する。

伝送路の構成を図7.3.5に示す。

計画Bでは、裸線をPTCのルートに添架する。PTCから借用している回線は、良好な状態に改良されなければならない。この場合、中継線に使う裸線搬送の周波数と架渉位置についてPTCと協議しなければならない。

裸線はしばしば盗難があり、又碍子の破損その他の故障がある。

2) 交換設備

Martaban線には自動交換は適当でない。電源設備とレピータが、駅の回線が大部分搬送で構成されるので高価となるからである。さらに、呼量小さいことから、Thatonに磁石式交換機を設置するほか、一部の加入者線をPegu交換に接続する。

3) 指令電話設備

親装置はMandalay線と共用し、周波数呼び出し方式を採用する。子電話は各駅及び必要な箇所に設置する。電源の供給については、Mandalay線と同一である。

4) ファクシミリ設備

Mahlwagon操車場に対し、主要駅から貨物情報をファクシミリで伝送する。

(3) Prome線

1) 伝送路

地下ケーブルとUHF無線設備が検討されたが、回線数が少なく、かつ距離が短いため、計画Aとして、14対の地下ケーブルと12チャンネルのケーブル搬送設備2組が計画された。雑音問題についてはMartaban線と同一である。将来Promeから回線を将来延ばす場合には、UHF無線が採用されよう。各駅間電話回線が沿線電話回線に用いられる。

伝送路の構成を図7.3.6に示す。

計画Bでは、裸線による回線の設定を行うが、Martaban線と同一である。

2) 交換設備

LetpadanとPromeに磁石式の交換機を置く。磁石式の理由はMartaban線で述べたとおりである。

3) 指令電話設備

親装置はRangoonにおき、子電話機は各駅及び必要な所におく。

呼び出し方式は周波数選別とする。電源供給については、Martaban線と同じである。

PEGU-MARTABAN

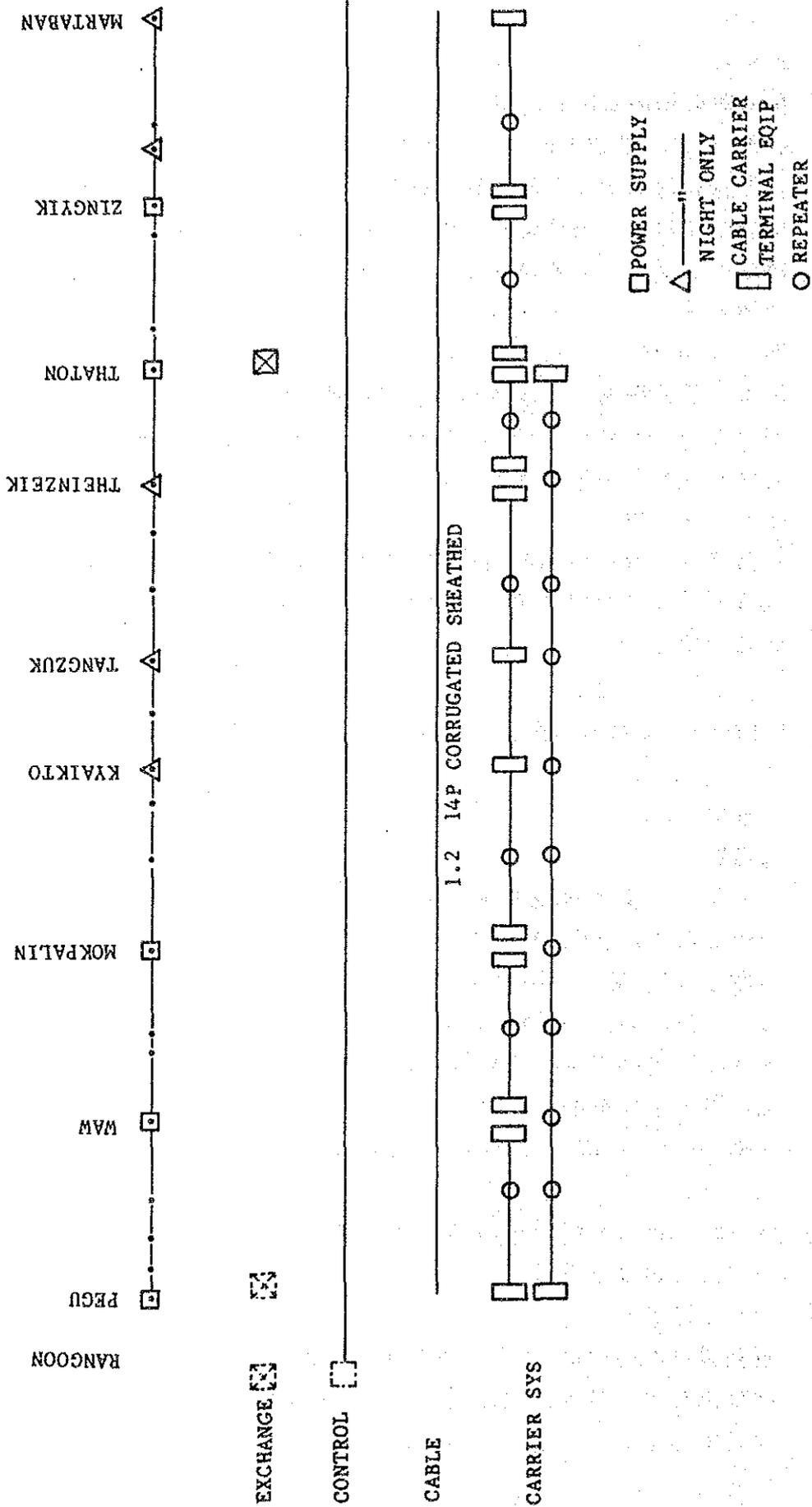


Fig. 7.3.5 Composition of Transmission Line (Martaban Line)

Source: Study Team

RANGOON - PROME

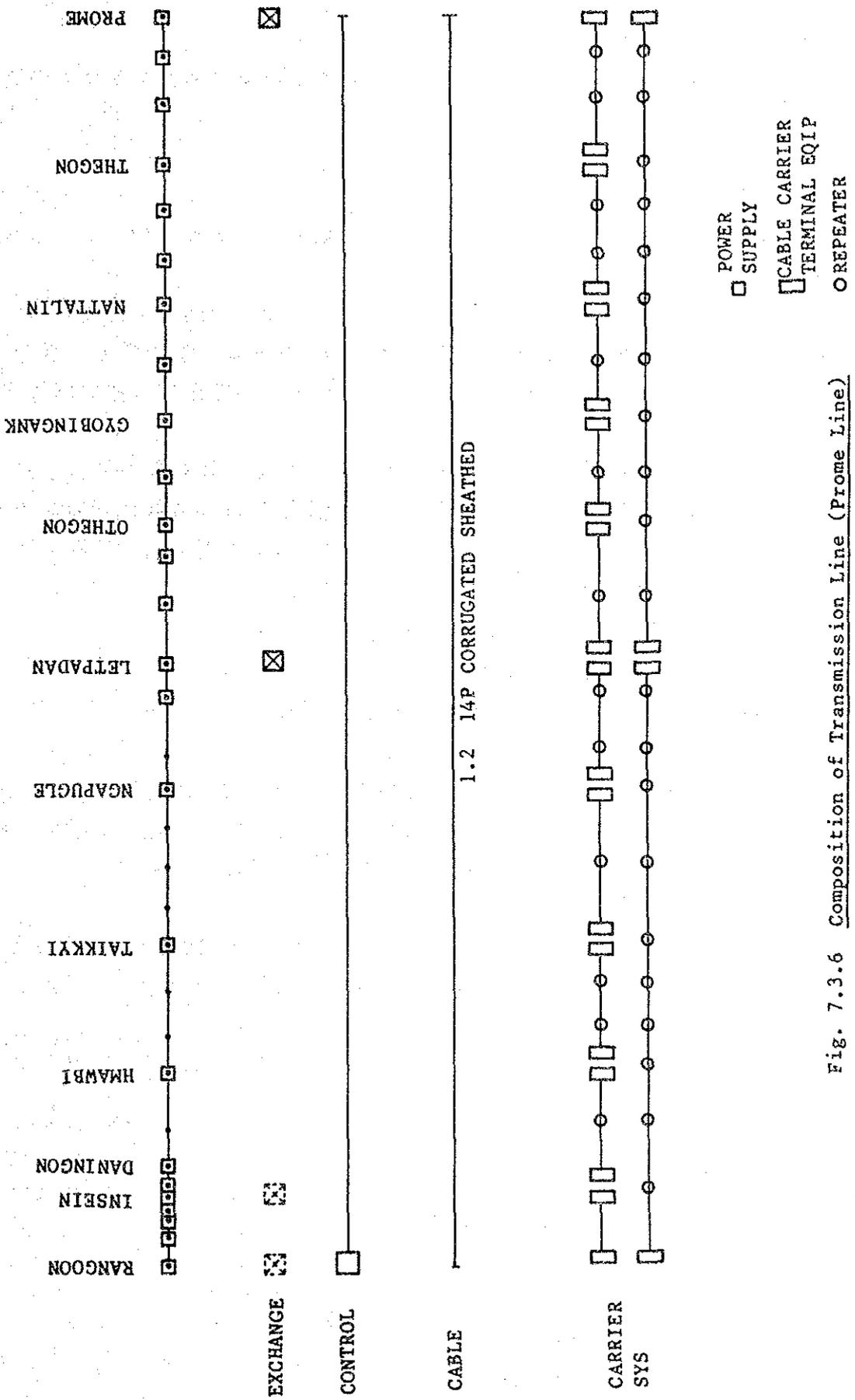


Fig. 7.3.6 Composition of Transmission Line (Prome Line)

Source: Study Team

4) ファクシミリ設備

Mahlwagon操車場に対し主要駅から貨物情報をファクシミリで伝送する。

(4) Myitkyina線

1) 伝送路

Martaban線とProme線と同様に、14対地下ケーブルと12チャンネルの搬送2組とで伝送路を構成する。

この線は非常に長い(545km)ため、搬送装置で回線を構成すると回線が長いので、雑音が大きくなる。Kawlinより北は山岳地帯で又電源もないためUHF無線は建設できない。又、光ケーブルを用いる程の回線容量は必要としない。

駅間が長く通話損失が大きくなるため、電話回線に装荷線輪を1km毎に挿入する。このために、ファクシミリの伝送には周波数帯域の面で不相当となり、ファクシミリの使用は搬送装置のある所で直接接続する場合に制限される。

駅間の電話回線が沿線電話回線に用いられる。

伝送路の構成を図7.3.7に示す。

裸線の計画については、Martaban線と同じである。

2) 交換設備

加入回線の構成を搬送によっているので交換機の設置場所を少なくすることができない。磁石式交換機をYwataung、Kawlin及びMyohnyinの3カ所におく。Mandalayに近い駅は、Mandalay交換に接続する。

3) 指令電話設備

地区指令はMandalay、Kawlin及びMyohnyinの3カ所である。周波数選別呼び出し方式を採用し、子電話機の電源供給はMartaban線と同じである。

4) ファクシミリ設備

Myohaung操車場に対し、主要駅からの貨物情報伝送をファクシミリで伝送する。

7-3-3 改良による効果

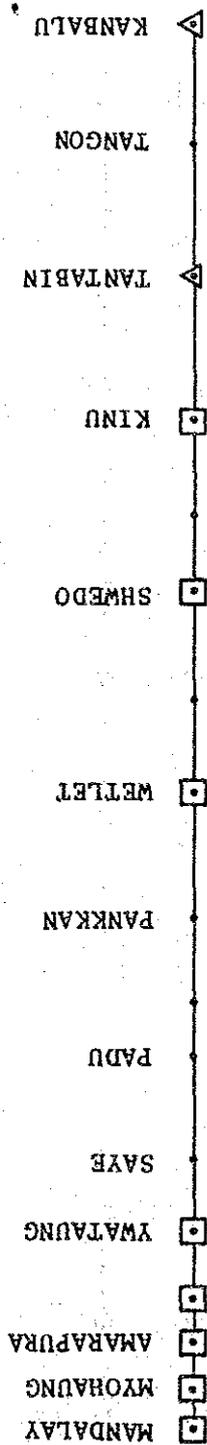
現在設備の改良は次の効果をもたらす。

(1) 列車運行効率の向上

- 関係箇所との円滑な連絡
- 事故時の通報時間の短縮

MANDALAY - KANBALU

No. 1



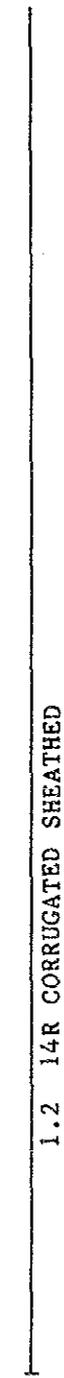
EXCHANGE



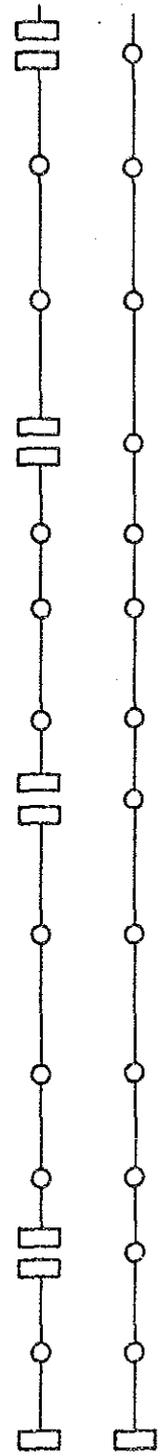
CONTROL



CABLE



CARRIER SYSTEM



- POWER SUPPLY
- △ NIGHT ONLY
- CABLE CARRIER
- TERMINAL EQUIP
- REPEATER

Fig. 7.3.7 Composition of Transmission Line (Myitkyina Line)

Source: Study Team

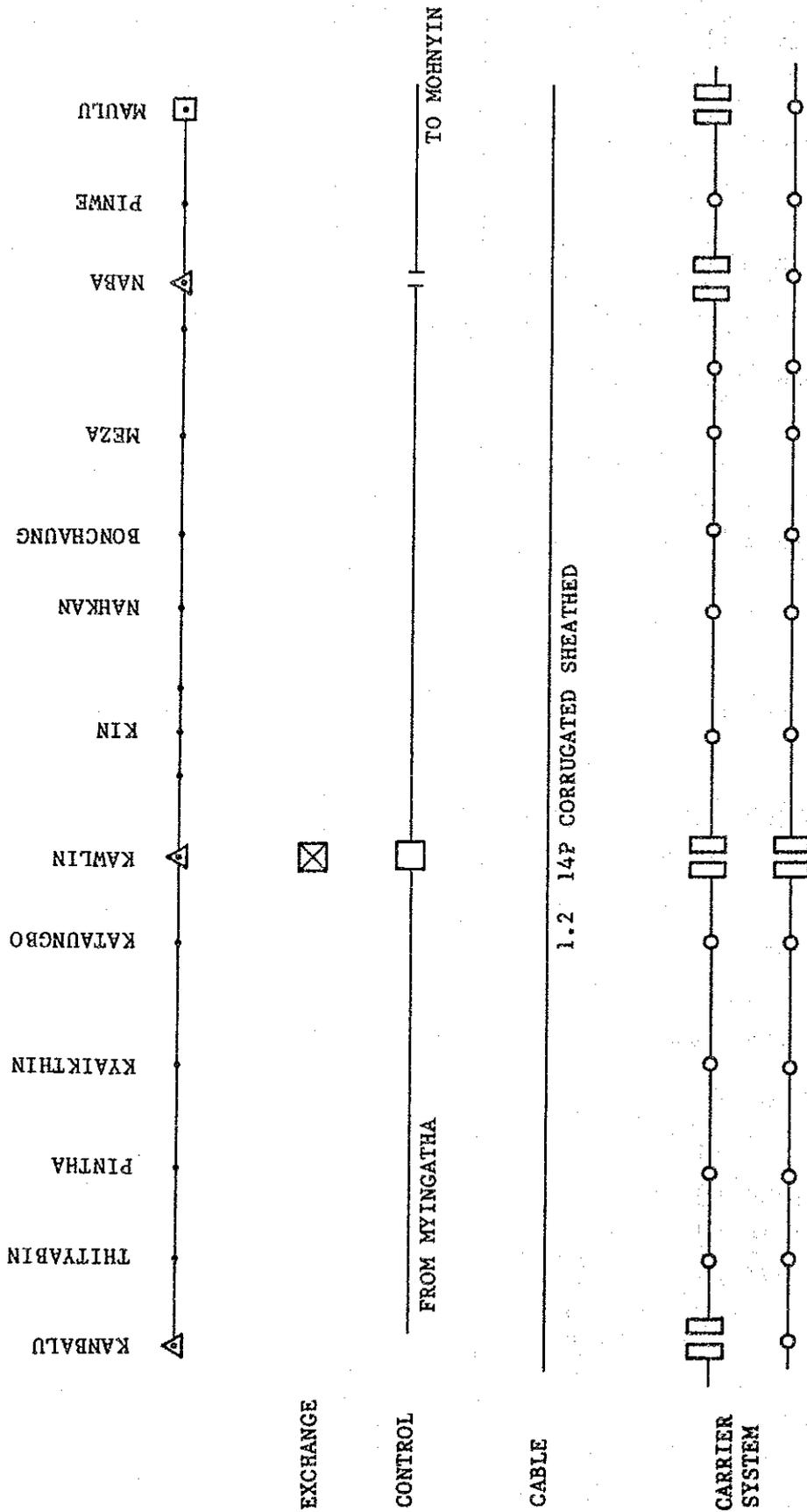


Fig. 7.3.7 Composition of Transmission Line (Myitkyina Line)

Source: Study Team

- 事故対策時間及び復旧時間の短縮
 - 列車運転整理の迅速化
- (2) 貨物業務効率の向上
- 指令電話の改良
 - 交換電話網の整備
 - ファクシミリによる効率的な情報伝送
- (3) 事故復旧の迅速化
- 現場回線の構成
 - 事故通報の正確化
 - 線路状況の正確な情報伝送
- (4) 事故防止
- 閉塞回線の改良
 - 踏切と駅との連絡の円滑化
 - 現場作業連絡の正確化
- (5) 業務サービスの向上
- 交換設備の整備
 - 各種回線の拡充
- (6) 旅客サービスの向上
- 主要駅に旅客情報装置の設置

7-4 信号

7-4-1 概要

4線区において、列車速度を向上し列車事故と列車遅延の減少を図るため、連動装置の新設、色灯化、閉塞方式の改良、踏切警報機の新設等を行う。Mandalay線については第3ステージにCTCシステムを導入して列車運行の効率化をはかる。各線区の詳細計画を表7.4.1に示す。

近年ME化の発展は、目ざましく、日本の国鉄においても電子連動と電子閉塞装置が実用化されており、その信頼性の高さが実証されている。改良計画の一案として、電子連動及び電子閉塞を計画する。

Table 7.4.1 Installations in the Improvement Plan

Item	Plan A	B
Mandalay line	<ul style="list-style-type: none"> o Colour light signals (outer, distance and start) o Interlocking device (relay or electronic type) at Pegu, Myohaung, and Pyuntaza. 	Same as plan A
1st stage	<ul style="list-style-type: none"> o Electric lock devices for points o Level crossing alarm devices for main road o Block system (token, tokenless or electronic type) 	
2nd stage	<ul style="list-style-type: none"> o Interlocking devices (relay or electronic type) at all stations excluding three stations 	
3rd stage	<ul style="list-style-type: none"> o CTC (Centralized Traffic Control) 	
Martaban line	<ul style="list-style-type: none"> o Colour light signals (outer, distance and start) o Electric lock devices for point 	Same as plan A
2nd stage	<ul style="list-style-type: none"> o Level crossing alarm devices for main road o Block system (token or electronic type) 	
3rd stage	<ul style="list-style-type: none"> o Relay interlocking device at major stations 	

Item	Plan A	B
Prome line	o Same as the Martaban line at the 2nd and 3rd stages (plan A)	o Same as the Martaban line at the 2nd stage
2nd or 3rd stage	o Relay interlocking devices at Letepadan station at the 2nd stage	o Relay interlocking interlocking devices at Letepadan station at the 2nd stage
Myitkyina line 3rd stage	o Same as the Martaban line at the 2nd and 3rd stages (plan A)	o Same as the Martaban line at the 2nd stage

7-4-2 改良計画

(1) 主要駅の改善

調査の結果、機械連動機の老朽化が著しいため、早急に取り替える必要がある。

Mandalay線のPegu、Myohaung、Pyuntazaの3駅とProme線のLetpadanの設備更新を行う。

継電連動又は電子連動に以下の方法により、改良する。

- 1) 2箇所の扱所を1箇所に統合する。
- 2) 信号扱所と機器室と電源室、メンテナンス詰所を設ける。
- 3) 雨期に支障ないように耐水型の電気転てつ機の採用等を行う。
- 4) 場内及び遠方信号機は、見通し距離1,500mのものを使用する。
- 5) 出発信号機は、見通し距離600mのものを使用する。
- 6) ケーブルは埋設又はトラフによる。
- 7) 盗難防止のため、信号機用の点検台、ハシゴは設置しない。
- 8) 微少電流による、信号電球断芯検知及びケーブル切断の検知を行う。
- 9) 交流電化予定区間には直流軌道回路を用いる。

設備改良の概要を図7.4.1に示す。

(2) 他の小駅における改良計画

小駅の信号設備は以下の方法により改良する。

- 1) 現在使用している転てつ機に電気鎖錠器を新設する。

Fig. 7.4.1 Signalling Facilities Improvement

Item	Relay interlocking, token, tokenless device	Electronic interlocking, electronic block device
Mechanical interlocking device (Key lock)	<ul style="list-style-type: none"> . To install electric locking devices . To install relay interlocking devices at 3 main stations 	<ul style="list-style-type: none"> . To install electric locking devices . To install electronic interlocking devices at 3 main stations
Mechanical signal (Distant & Outer Signals)	<ul style="list-style-type: none"> . To install color light signals at stations that can be seen from a farther distance (visible from 1.5 km) . To install new starting signals 	<ul style="list-style-type: none"> . To replace signals with cab signals
Block system (line clear ticket system)	<ul style="list-style-type: none"> . To install tokenless system on double track line sections and tablets on single track line sections. . The new tokenless systems will use the wheel axle counter system 	<ul style="list-style-type: none"> . To replace tokenless and token systems with an electronic token system by wireless.
Facility improvement work	<ul style="list-style-type: none"> . To install new electric locking devices at points on the main track . To install new starting signals and outer signals (with indicator) at stations, main tracks, and auxiliary main tracks . To use removed tablets . To improve power supply by installing overhead power lines . To remove mechanical signals . To make arrangements with BRC to prepare signals pole and troughs 	<ul style="list-style-type: none"> . An electronic token system incorporating relay interlocking device . Centralized operation display for each division (Centralized divisional data supervisory) . Train separation detection . Less electric power consumption as no signal is installed (in the case of manual point operation) . ATS functions on locomotives . Train cab display to be indicated by radio transmission.

Item	Relay interlocking, token, tokenless device	Electronic interlocking, electronic block device
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> . No need for key locking . Improved visibility lifts train speed on night operations . Wheel axle counter, a checking-in/out or tail check system for train arrivals and departures, detects train separation (on double track lines) 	<ul style="list-style-type: none"> . Centralized tracking operation for maximum 15 stations . To remove distant and outer signals so that stealing of equipment can be prevented . Energy-saving machine operation is possible as no signal is installed . ATS function can be added . Small space required for this system
Disadvantages	<ul style="list-style-type: none"> . An engine generator is required for signals in case of power failure . Train can not be stopped in case of a signal check failure by driver (can be stopped if ATS is installed) 	

- 2) 軌道回路は設けない。
- 3) 場内信号機、遠方信号機、出発信号機を設ける。場内信号機は1柱2基又は1柱1基（進路表示器付）を用いる。
- 4) 電気鎖錠器と色灯信号機間に連動条件をつける。
- 5) 必要に応じ側線に脱線器を設ける。
- 6) 信号機の見通し距離、ケーブルの布設、信号電球断芯検知についての考え方は、主要駅の方法と同じである。

(3) 閉塞装置

閉塞装置は、下記によるほか、電子閉塞方式を代案とする。

- 1) 複線区間においては、チェックイン、チェックアウトシステムを用いる。閉塞及び列車分離をチェックするため各駅の進入、進出側に車軸検知器を設ける。車軸検知器によるチェック方法を図7.4.2に示す。進入車軸検知器と進出車軸検知器間を閉塞区間とする。
- 2) 単線区間については、従来から使用しているタブレットを採用する。

(4) 踏切設備

主要道路の踏切については、接近警報を設ける。接近警報の条件は軌道回路又は車軸検知器を用いる。接近警報により人手により柵を閉じる。踏切用電源は隣接駅から供給する。

(5) 電源設備改良

信号機を色灯化するため、電源のない駅については近くの電力変電所から架空電線を用いて供給する。

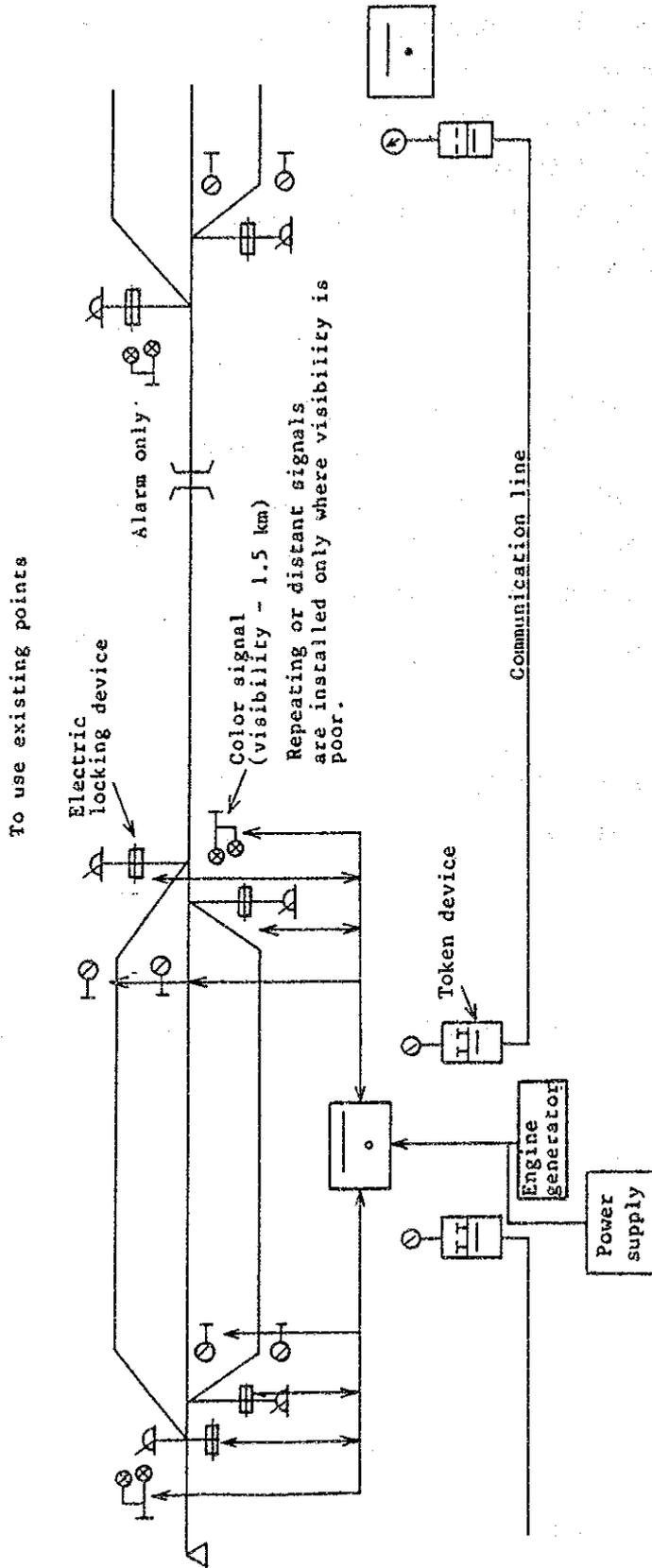
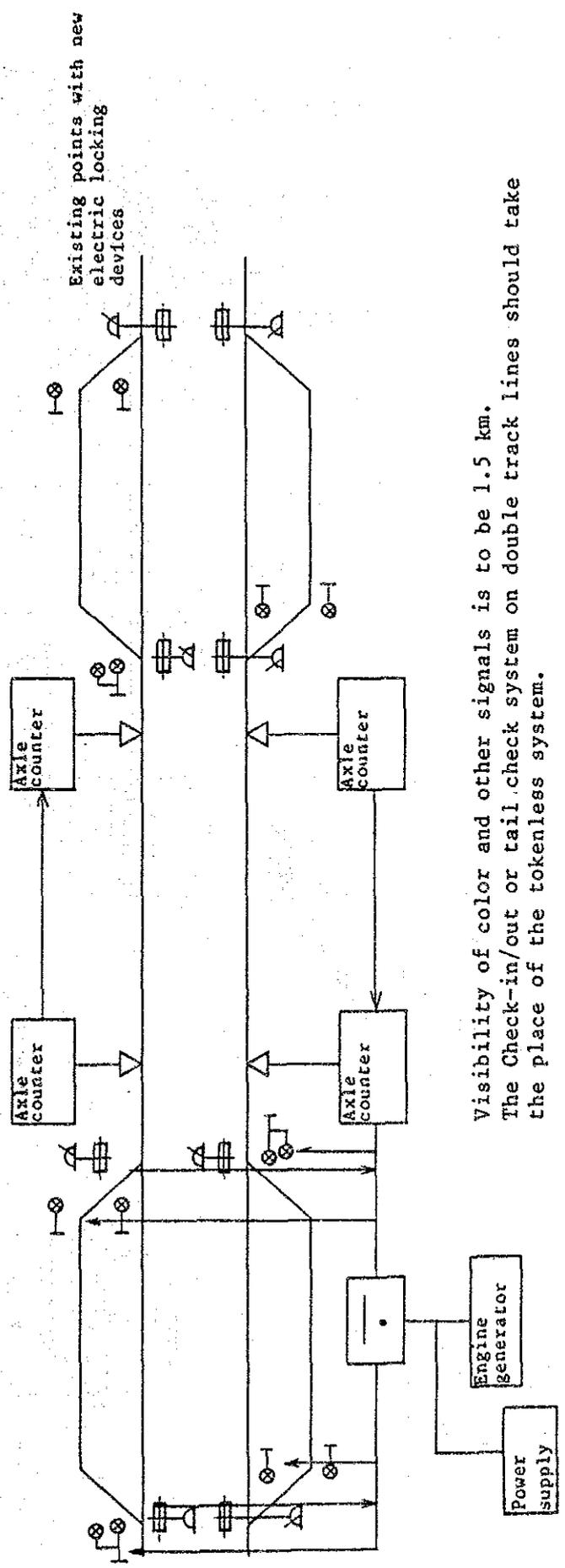


Fig. 7.4.2 General Drawing (Signal track) (Plan A, B)



Visibility of color and other signals is to be 1.5 km.
 The Check-in/out or tail check system on double track lines should take the place of the tokenless system.

Fig. 7.4.3 General Drawing (Double track line) (Plan A. B)

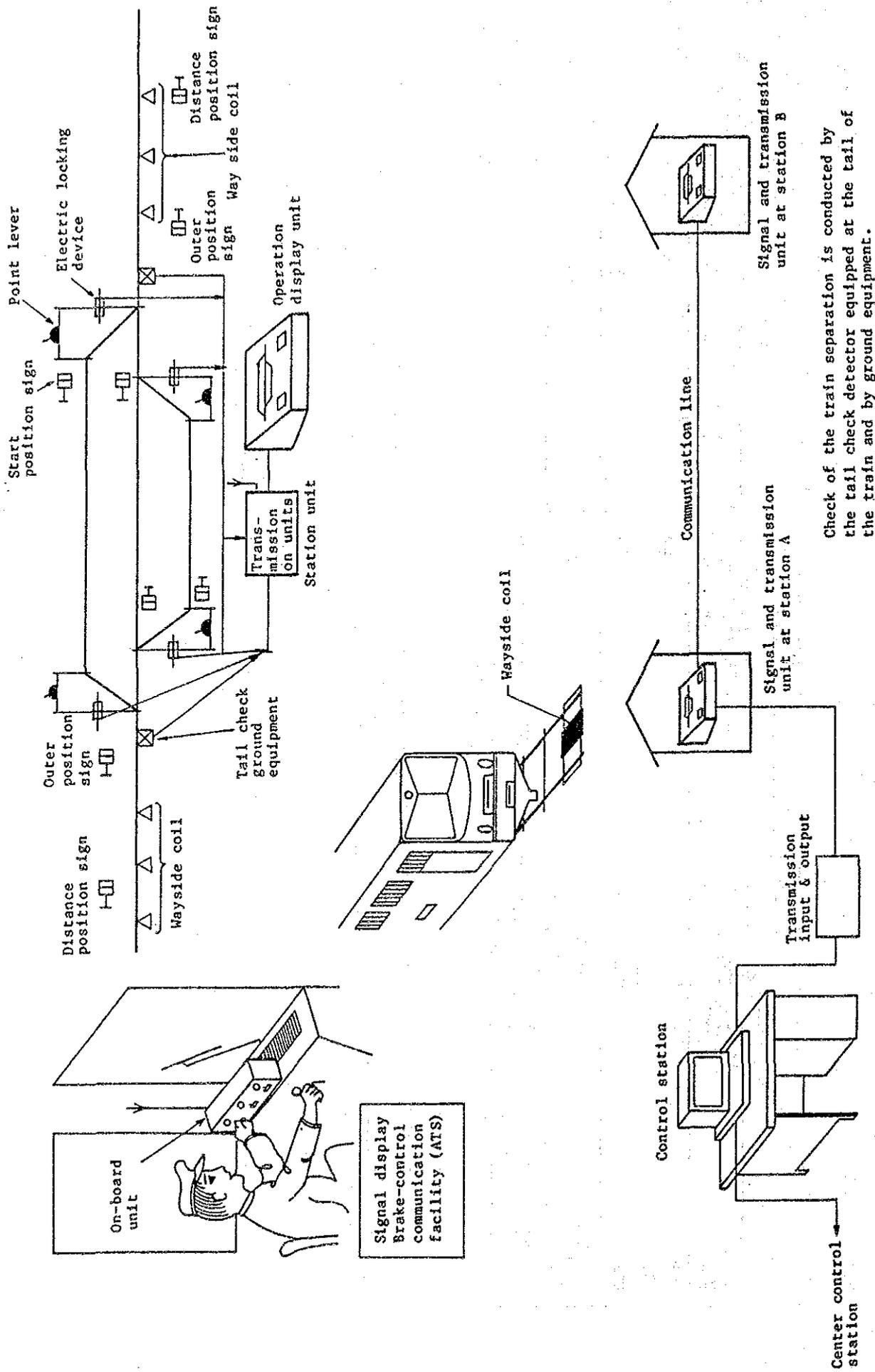


Fig. 7.4.4 General Drawing Alternative Plan of Electronic Tokenless Device (Plan A, B)

7-4-3 効果

改良により以下の効果が期待できる。

(1) 列車速度の向上、列車遅延の改善

- 信号機の見通し改善
- 踏切の遮断時の適切化
- 転てつ機に電気鎖錠器の取り付け
- 駅の運転取り扱い時間の短縮
- 側線における脱線器の取り付け

(2) 運転事故の軽減

- 信号故障の軽減
- 転てつ機の割り出し防止
- 踏切事故の軽減
- 列車分離等の事故の防止

第8章 PCマクラギ、レール溶接並びに道
床バラスト

第8章 PCマクラギ、レール溶接 並びに道床バラスト

8-1 PCマクラギ

8-1-1 概要

BRCの主要線であるRangoon～Mandalay間は延長620km (385 1/2Miles) で、その内Rangoon～Pyinmana間362km (225 1/4Miles) は、複線化されている。

設備改良計画の一貫としてこのMandalay線の軌道強化が策定され、現在使用中の木マクラギをPCマクラギに変える計画がされた。

この設備改良計画の大要は第7章に示すとおりである。

以下にPCマクラギと木マクラギの長所と短所を比較すると次のとおりである。

一 PCマクラギの長所

- 1) 腐食、腐朽がなく、耐用年数が長い。
- 2) 重く安定性があり、座屈抵抗力が大きいので、ロング・レールの敷設に適している。
- 3) 2重弾性締結装置が使用されるので、軌道狂い進みが小さく保守費を節約できる。

一 PCマクラギの短所

- 1) 価格が高い。
- 2) レール締結装置の設計がむずかしい。
- 3) 重量が重いため取扱いが人力では困難となる。
- 4) 電気絶縁性が木マクラギに比べて悪い。

PCマクラギには以上のような得失があるが、最近では各国とも木材（特に硬木）の入手が困難である、軌道のロングレール化による保守周期の延伸が可能である、また、PCマクラギの短所が改良されつつある等によりPCマクラギの有利性が認められてきている。

このような背景により、Mandalay線の木マクラギをPCマクラギに替えることが計画されたものである。これによりMandalay線の交換対象マクラギの数量を計算すると、約1,410,000本のマクラギが必要となる（計画A）。このPCマクラギの製作は軌道の交換工事に合わせて実施されるが、この軌道交換の期間を12

年程度と想定すると、工事はRangoon～Mandalay間を数区間に分けて逐次施工することになる。そのため、工区単位のマクラギ製作期間は短縮され、年間の製作数量は増加するため、現在稼働しているBRCのMahlwagon工場のPCマクラギの生産量では、所要量を満たすことは不可能であり、かつMahlwagon工場の位置がRangoonに近接し全路線の最南端にあたるので、この工場のみでは製品の運搬距離が極めて長くなり運搬費がかさむことから、数カ所のPCマクラギ製作工場を建設することが必要である。また、PCマクラギの製作方式は以下の2方式が一般的であることから、新設する工場の製作方式もまたこの方式の何れかによることになる。

PCマクラギの製作方式は次のとおりである。

1) プリテンション工法

PCマクラギ製作の一般的な工法である。BRCのMahlwagon工場もこの工法を採用している。

2) ポストテンション工法

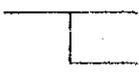
プリテンション方式の後に開発された方式ではあるが、現在ではプリテンション方式と並ぶ一般的な方式となっている。

以下各方式について説明する。

8-1-2 プリテンション工法

プリテンション工法の製作方式はつぎのとおりである。

- 1) PC鋼線を型枠内に緊張する。
- 2) 締結装置用の埋込栓、Erection barを固定する。
- 3) コンクリート打設及び養生。
- 4) コンクリートが硬化し所定の強度に達したら、PC鋼線を切断する。
- 5) PC鋼線とコンクリートの付着応力よりコンクリートに圧縮力を加える。

ロングライン方式  固定ベンチ
移動ベンチ

インディヴィデュアルモールド方式

(1) ロングライン方式

この方式は既に述べたとおり、BRCのMahlwagonマクラギ工場を採用している

方式でもある。Mahlwagon工場では1日当りの生産量が少ないため、型枠の縦方向の連続数が少なく（25組）、PC鋼線の緊張も簡易であり、コンクリートの養生も蒸気養生によらず自然養生で行っている。今回の計画では、1日当りの製作数が200本以上と予定されるため、新設するマクラギ工場は当然これに対応した設備が必要となる。この設備の概要は図8.1.1（マクラギ生産200本対応）に示すとおりである。

ロングライン方式では、コンクリートの型枠を15cm～20cm間隔で縦方向に30～37組み並べ（この場合横方向は3～4列）、PC鋼線をこの型枠の全長にわたり貫通して設置し、このPC鋼線を大地に定着された2個の台枠（Abutment）に取り付ける。このPC鋼線は、前記の台枠の片側に設置され、ジャッキにより各マクラギ列毎を同時に緊張する。この固定台枠による方式が固定ベンチ方式である。移動ベンチ方式は移動が可能な橋のガーダー（Girder）に似た構造物の両端に、PCワイヤーの固定装置を取り付けた方式である。固定ベンチ方式では、固定台枠の間隔を長くとることが出来る（最大100m程度）のに対し、移動ベンチ方式では引張台の間隔は長くとれない。

しかし、移動ベンチ方式では各種の作業が一箇所で行うことができる。

(2) インディヴィデュアルモールド方式

この方式は緊張するPC鋼線を個々の型枠に固定し、コンクリートを打ち込む前に緊張する。このため、PC鋼線はマクラギ1本ごとにその両端を型枠に固定することになるので、コンクリートの型枠は縦方向に連続させないで横に並べることとなる。この方式ではPC鋼線（棒）の緊張力のすべてを個々の型枠で受けるため、型枠の剛性を大きくする必要がある。また、細いPC鋼線を使用すると、その定着方法と緊張作業が多くなるため、一般には径の太いPC鋼線（棒）を使用する。

8-1-3 ポストテンション工法

ポストテンション工法の製作方式はつぎのとおりである。

- 1) PC鋼材はPC鋼線の代わりにPC鋼棒を使用する。
- 2) コンクリートとPC鋼棒とが付着力が働かないようにコンクリートを打設する。
- 3) コンクリートが硬化し、所定の強度に達するとPC鋼棒とコンクリートの付着力が働く。

このコンクリートとPC鋼棒との付着力を断つ方式としてつぎの方式がある。

- 1) 成形棒をコンクリート打設時に入れておく。

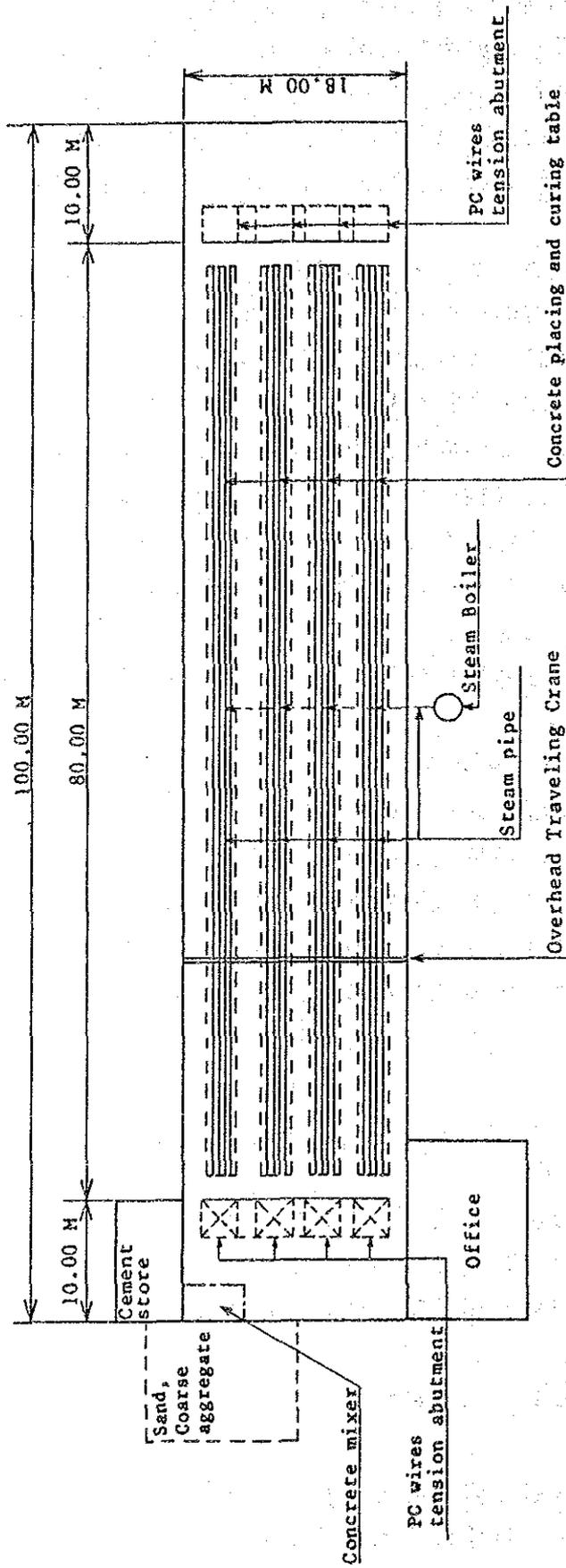


Fig. 8.1.1.1 PC Sleeper Factory (Pretension) Layout

- 2) コンクリートの養生中に成形棒を抜きとり、代わりにPC鋼棒を挿入する。
- 3) コンクリートの硬化後PC鋼棒を緊張する。
- 4) PC鋼棒とコンクリートの間隙にモルタル注入をする。

しかし、現在ではマクラギ製作以外でも採用されている工法で、PC鋼棒とコンクリートとの間に付着力が生じないようにあらかじめ、表面に特殊塗料を塗布したPC鋼棒を最初から型枠内に設置して、コンクリートを打ち込むアンボンド工法が一般化されている。

ポストテンション工法は製作方式がプリテンション工法に比べ簡易化され、かつ流れ作業が可能となることより、製作工場規模は簡略化される。ポストテンション工法の1日当たり200本製造対応の工場設備概要を図8.1.2に示す。

このポストテンション工法はマクラギの製作過程の方式で、次の3種類に分類される。

- 硬化後脱型方式
- 半即時脱型方式
- 即時脱型方式

(1) 硬化後脱型方式及び半即時脱型方式

ポストテンション工法でPC鋼棒を型枠内に設置した後に、締結装置の埋め込み栓を定着して、コンクリートを打設しコンクリートが硬化後型枠を脱型してPC鋼棒を緊張する工法を硬化後脱型方式という。これに対し、打設したコンクリートが一応硬化したら型枠を脱型し、コンクリートマクラギは、所定の強度が得られるまで別の養生施設で養生を行い、所定の強度を得た後に、PC鋼棒を緊張する工法を半即時脱型方式という。

これらの方式では比較的軟らかいコンクリートを使用できることと、製作が流れ作業によれる等の利点がある。

(2) 即時脱型方式

この方式は型枠内にコンクリートを打ち込んだ直後に型枠を脱型する方式で、その後は他の方式と同じ順序となる。この方式は型枠の回転率が極めて良いので、マクラギ製作には少ない型枠で施工が可能となる利点がある。しかし、工法上より非常に硬練りのコンクリートを強力な振動により、締め固めることが必要となるなど、マクラギ1本1本が手造りに近い手間がかかるので、現在はこの方式はあまり採用されていない。

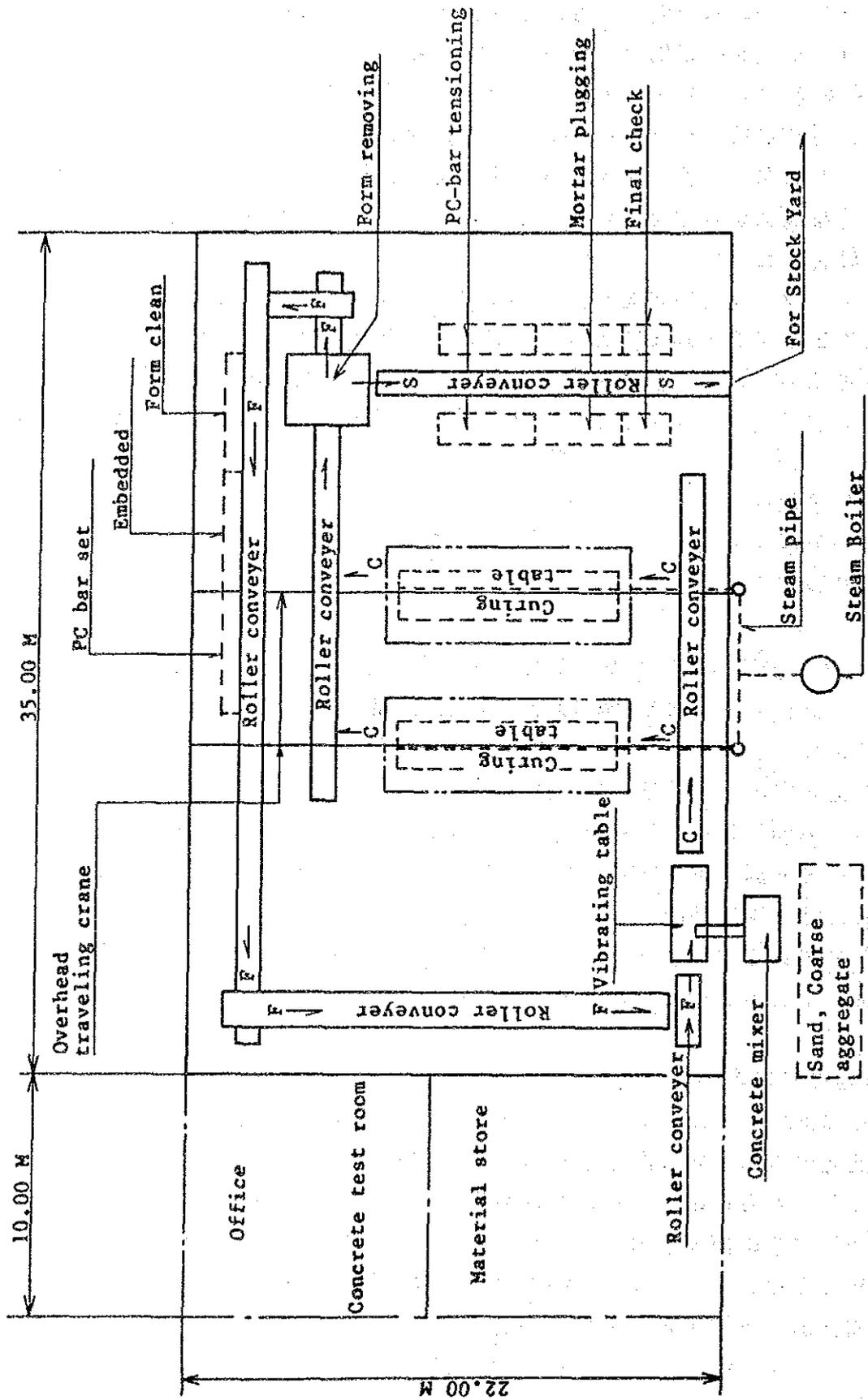


Fig. 8.1.2 PC Sleeper Factory. (Post-tension) Layout

8-1-4 PCマクラギの製作方式の選定

(1) 工法の比較

以上の通り、PCマクラギの製作にはプリテンション、ポストテンションの2方式があり、各工法にもそれぞれ方式がある。これら各方式には各々得失があるが、今回のプロジェクトの対象とした場合には、工場の立地条件、1日当りの製作本数、材料の入手事情等の条件を考慮すると、製作方式は次の2種類となる。

- 1) プリテンション工法：——ロングライン方式——固定ベンチ方式
- 2) ポストテンション工法：—————硬化後脱型方式

これらの2方式については全世界で採用されており、以下にこの方式の比較を行う。

1) プリテンション、固定ベンチ方式

この工法はPCマクラギの製作方式としては歴史もあり、経験も多い工法で、PCマクラギの代表的製作工法である。また、緊張用鋼材にPC鋼線（2.9mm×3燃線）を使用するので、マクラギ1本当りの直接製作費はポストテンション工法に比べ安価である。しかし、工法上から工場規模が大きくなるとともに、工場内設備は大型の機械類が必要となり、特にマクラギを大量生産する場合には鋼製型枠の数が生産数の2倍必要となり、工場労務者の数も多くなる。

以上のように、この工法では設備投資額はポストテンション工法より多くなるので、工場は一定の場所に定着する方策をとれば有利と考えられる。

2) ポストテンション、硬化後脱型方式

この工法では緊張用鋼材にPC鋼棒（φ10m/m）を使用するので、マクラギ1本当りの製作費はプリテンション工法に比べ高くなる。

一方、工場規模は各種作業を集約した流れ作業が可能なので、小型化されると同時に、工場設備も簡略される。また、工法上から鋼製型枠の準備数量は少ない。このような理由からポストテンション工法では、工場の移設はプリテンション工法に比べ容易である。

(2) 工法の選定

PCマクラギの製作方式は以上のとおり2方式がある。この製作方式の違いは、基本的には使用するPC鋼材の違いによるものである。この製作方式の違いによ

るマクラギの品質の差はないと認められる。基本的に品質に差がないので本プロジェクトでは以下の事項を検討して、製作方式はブリテンション工法を採用することにする。

- 1) PCマクラギの全体製作費は、ブリテンション工法とポストテンション工法ではほぼ等しい。しかし、直接費の内外貨の対象となる鋼材費は、ブリテンション工法が安く有利である。
- 2) BRCは現在、Mahlwagonにブリテンション工法によるPCマクラギ工場を有しており、このため工場増設による技術者、技能工の養成がポストテンション工法より容易である。

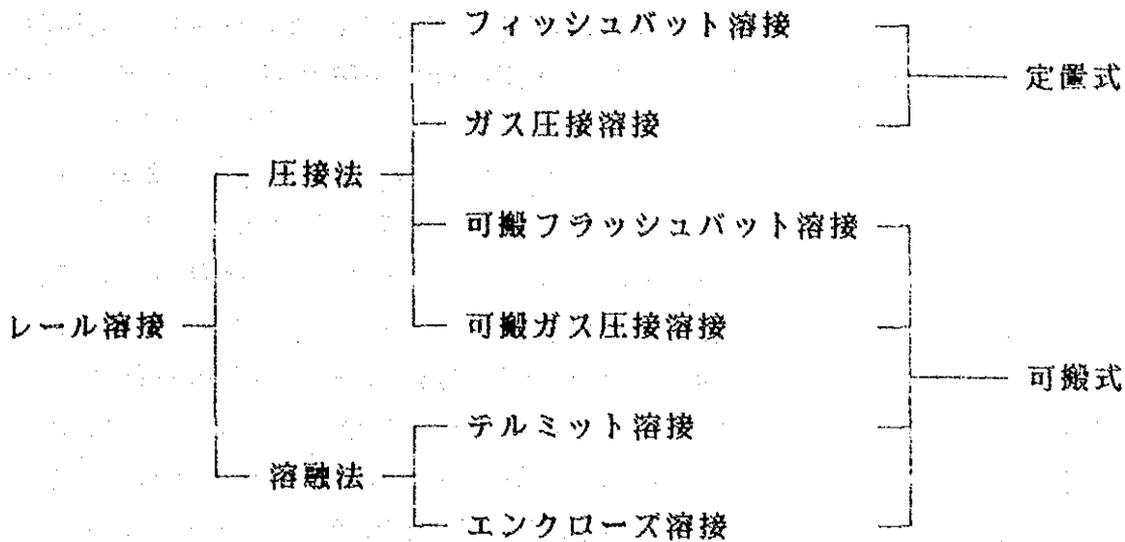
なお、新たに工場を建設又は移設する場合には、使用材料及び工場の再利用を検討すべきである。

8-2 レール溶接

8-2-1 概要

保守上の弱点であるレール継目を減らすためにはできるだけ長いレールを使用の方がよい。しかし、レールの製造及び運搬上の諸条件が重なりレールの長さはあまり長くできないので一定の長さにはせざるを得ない。このレールを各国の鉄道は標準長又は定尺レールと呼んでいる。例えばJNRは25.0m、イギリスは18.29m (60ft)、アメリカは11.887m (39ft) を標準としている。一方、線路の最大弱点はレールの継目であり、継目で発生する衝撃がレールの継目板等の材料に損傷を与え、かつ線路の破壊を早くする。そのために保守費が多くなるほか、乗客の乗り心地も悪くなる。この継目を減ずる目的で定尺レールを溶接して、数百メートルの長さのレールにする方式がある。この溶接されたレールを長尺レールとよぶ。

この長尺レールの溶接のための溶接工法には各種の工法が開発されている。これらの工法を溶接原理、熱源及び施工場所によって分類すると次のとおりである。



圧接法は接合する両部材に溶融又はそれに近い状態の加熱と、レールの軸方向に機械的加圧を行う方法で、溶接棒や粉末剤などの溶着金属は使用しない工法である。

融接法は接合する両部材を溶融状態において外部からの圧力を加えることなく、溶接棒や粉末剤などの溶着金属を接合する部分で融合凝固させる方法である。

8-2-2 長尺レールの溶接の施工

長尺レールの溶接には前記のとおり4種類があるが、これらは溶接する場所により工場溶接と現場溶接に分けられる。工場溶接は一定の場所に溶接設備レール、運搬施設を設置して、レール溶接を行うものである。工場溶接の場合には、長尺レールの長さはレールの運搬、取り卸し等の条件から決められる。この工場溶接方式では、定尺レールをフラッシュバット又はガス圧接工法で溶接して、一定の長さの長尺レールを作成する。次いで、この長尺レールは現場まで運搬され、さらに現場で必要な長さの長尺レールに溶接加工した後に敷設される。現場溶接の場合は、長尺レール敷設現場付近に溶接機を設置してレールを溶接し、このレールをレールの縦送り装置などで逐次送り出して、所要の長さの長尺レールとした後に敷設するものである。

この他に工場溶接を簡易化した方法で、レール敷設現場付近に溶接基地を設け、工場溶接と同様な方法でレールを溶接して、現場まで運搬して敷設し、敷設区間の延長とともに基地も移動させる方式がある。また、現場溶接にはテルミット又はフラッシュバット工法により、既に敷設されているレールの継目を溶接して、所定の長尺レールとする場合もある。

工場溶接は現場溶接より勝れたこともあるが、それぞれ利便があり、工場溶接によるか、現場溶接によるかはレール交換の方式、現場の状況、工期、その他の条件から決められる。

8-2-3 レール溶接工法

(1) フラッシュバット溶接

フラッシュバット溶接は電気抵抗溶接の一種で施工方法はつぎのとおりである。

- 1) 接合させる2本のレール端面を軽く接触させておく。
- 2) この接触面に通電する（瞬間電流は数万アンペア）。
- 3) レール端面の接触点が電気抵抗により温度が上昇、レールが熔融し火花（Flash）が発生する。
- 4) レール端面が熔融状態に達したときレールの軸方向に20t～30tの圧力を加えて圧接する。

この方式には工場で使用する定置式（大型）と現場で使用する可搬式（小型）がある。

フラッシュバット溶接の特徴は自動制御機能のある精度の高い溶接機から構成されているので、機器が正常に作動していれば溶接後の品質は安定しており、信頼性は高い。

しかし、設備が大規模となり、かつ自動制御装置が複雑であるため、機器の保守、管理の確実性と異常時に早急にかつ適切な対策がとれる技術者が必要となる。

(2) ガス圧接溶接

ガス圧接溶接の手順はつぎのとおりである。

- 1) 溶接する2本のレールを突き合わせ、これにレールの軸方向に圧縮力を加える。
- 2) アセチレンの中性炎で継目の全周を均等に加熱する。
- 3) この状態でレールが一定の圧縮量になるまで圧縮して溶接を完了させる。

ガス圧接工法も工場定置式と現場可搬式がある。この工法の特長は加熱温度が1,200℃、シリンダー圧力が3kg/mm²の高い圧力の下で溶接されるので、溶接面が熔融しないことが特性で使用実績からも信頼性が高いことが認められる。このガス圧接機は近来小型化の開発が進められており、ロングレールの施工体制と併せて今後機種を選定にあたっては検討すべき事項である。

(3) エンクローズアーク溶接

エンクローズアーク溶接は現場溶接を目的とするアーク溶接法でその手順は次のとおりである。

- 1) 溶接する2本のレールを一定の間隔に設置する。
- 2) このレール間隙を調整する。
- 3) 溶接部を水冷銅ブロックの当金で囲み一層ごとに溶接する。
- 4) 母材と電極棒との間で高電流(120A~260A)のアークを発生させる。
- 5) このアーク熱により溶接棒を熔融させ、順次間隙を埋める。

この方法は手順が複雑であるとともに、技術的にも高度な技術を必要とするので、溶接部の良否は溶接技術者の技量に左右される欠点がある。

以上のとおり、この方式は特異性があるので、現場の実態と併せて採用の検討が必要となる。

(4) テルミット溶接

テルミット溶接はレール溶接では最も古くから施工されており、現在も各国で採用している工法の一つである。溶接の原理は酸化鉄とアルミの脱酸、発熱反応を溶接に応用したもので、この反応は強烈で大量の反応熱が発生し、生成された鉄は熔融状態で約3,000℃になるともいわれる。熔融に伴って発生するスラグは、比重の関係で熔融鉄の上に浮く。この時に熔融鉄を、接合するレールの間に設置した鑄型に流し込む。熔融鉄が硬化後鑄型をはずし、余盛りを切削し頭面を形成させる工法である。この工法は、電源、加圧装置等の大規模な設備を必要としないので、現場溶接に適している。しかし、溶接部が本質的に鑄物であること、気泡など溶接欠陥が生じやすく、かつレール底部裏面の余盛りの除去が困難等の理由で他の溶接工法より強度は劣る欠点がある。

(5) ゴールデンサミット溶接

前記のテルミット溶接のもつ優秀な機動性、施工性等は現場溶接の最も必要かつ重要な特性である。この工法は上記の特性を持ち、かつ従来のテルミット溶接の弱点を解消すべく開発された工法で、工法的には在来のテルミット溶接とは変わらない。ゴールデンサミット工法は溶剤を始めとして、その他の事項について改良したものである。この結果、内容的にはテルミット溶接工法を大幅に改善した工法となり、溶接性の信頼度も大きく向上されている。

8-2-4 レール溶接工法の選択

各レール溶接工法の特徴は次のとおりである。

フラッシュバット溶接：

溶接後の品質には安定性があり、優れた工法ではある。

しかし、機器が大型でかつ精密なため初期投資が大きく、機械の保守に他の工法より確実性が要求される。

ガス圧接工法：

溶接の品質はフラッシュバット工法と同様に優れた工法である。機器類は小型化されているので、フラッシュバット工法より設備費は少ない。

エンクローズアーク溶接：

溶接用の機器類は小型軽量で現場溶接に適している。しかし、溶接の品質が施工技術者の技量に左右される欠点がある。

テルミット溶接：

溶接用機器類はエンクローズアーク溶接と同様に小型で現場溶接に適している。

しかし、品質的には他の工法に比べ信頼性に欠ける。

ゴールデンサミット溶接：

工法的にはテルミット工法であるが、溶剤、機器の改良により品質は在来のテルミット工法より数段優れており、信頼性はあると認められる。

BRCは現在までにテルミット工法でのレール溶接の実績を有しているが、1986年度にはガス圧接工法でのレール溶接を計画している。

これまでの諸条件を検討した結果、本プロジェクトにおけるレール溶接工法として次の工法を選択する。

ガス圧接工法： 定置式及び可搬式

なお、既に述べたとおりレール溶接は、現在の定尺レールとロングレールとの交換工事の施工法によっては溶接付帯設備もまた変更がある。1例として図8.2.1にその設備を示す。

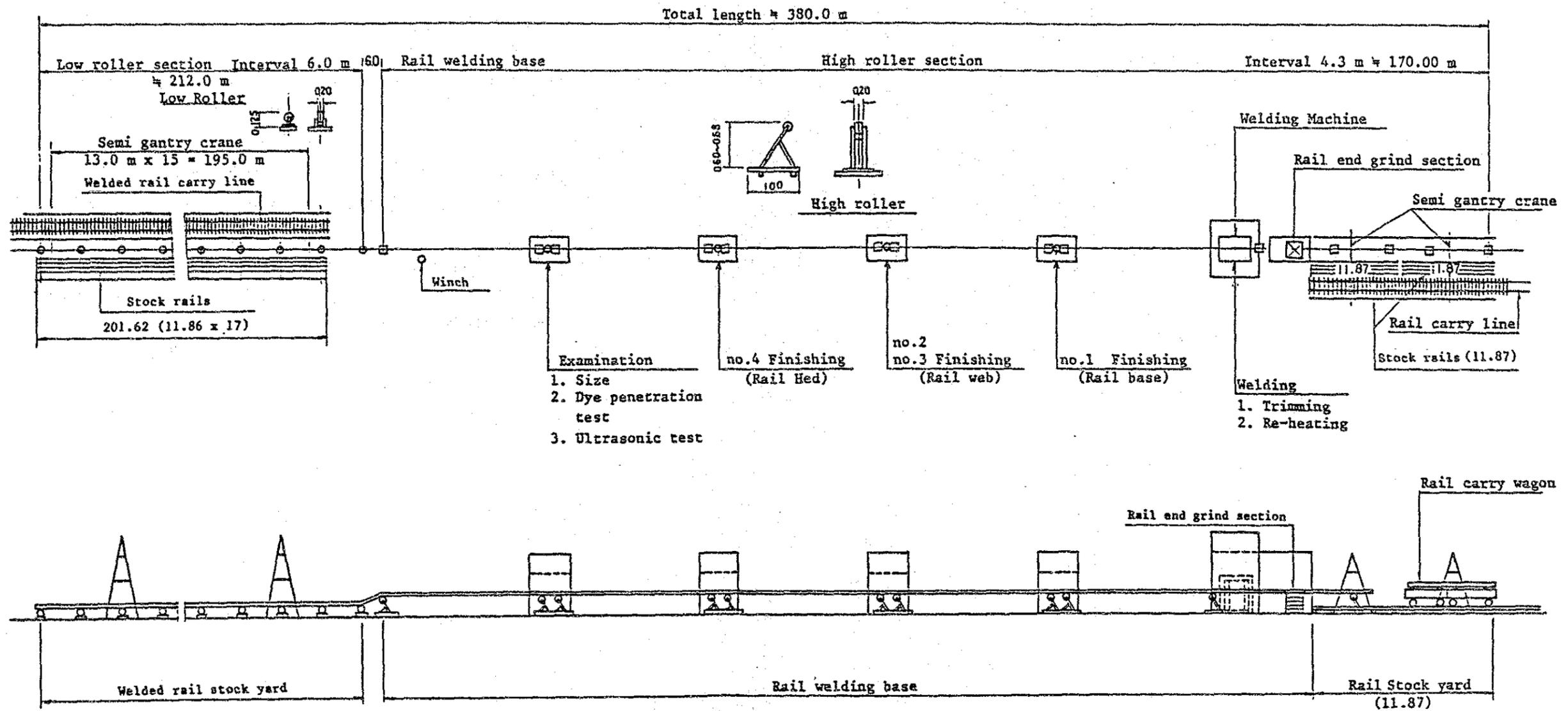


Fig. 8.2.1 Typical Rail Welding Workshop

8-3 軌道用バラスト

線路の軌道バラストは極めて不足している。そのため、マクラギ下のバラスト厚は所定の厚さを満足せず、またマクラギの端部はバラスト肩から露出している。特に橋台背部、踏切の両側、分岐器等のバラストは不十分である。さらに今回の計画のように定尺レールをロングレールとする場合には、バラスト量は軌道構造上、さらに必要となる。

今回のRangoon～Mandalay間の軌道強化に必要なバラスト量は、約630,000m³ (22,200,000ft³)である(計画A)。この数量は工事の工程上からは50,000m³/年の数量であるが、現在は年間11,400m³の補充だけである。

一方、Rangoon～Mandalay線に対する砕石場は、Martaban線の沿線とMandalay付近にしか存在しない。これらの砕石場の砕石は現在、人力であり大量生産には適していない。

このため、現在の砕石場を改良して、砕石、積み込み設備を機械化して、バラスト生産量を向上して必要量を確保することが必要となる。

新たな計画として、1日砕石能力300m³の砕石場をMartaban線沿線とMandalayの近所に、1カ所ずつ新設する計画をした。

本工事のバラスト量は極めて大量であるので、バラスト輸送計画、バラスト集積基地等は今後の検討事項である。

8-4 技術移転

今回のプロジェクトで予定される、Rangoon～Mandalay間の軌道強化工事のため、BRCは新たな技術の取得が必要となる。この対象となる項目は既に述べたとおり、次の2項目である。

- 1) PCコンクリートマクラギの製作
- 2) レール溶接(ガス圧接)

上記の技術内容は次のとおりである。

- 1) PCコンクリートマクラギの製作
 - 新たな形式のマクラギの設計
 - PCマクラギ工場の計画
 - PCマクラギの製作計画
 - PCマクラギの設計並びに製作に関する基準規定の作成
- 2) レール溶接(ガス圧接)
 - 溶接設備計画

- 溶接技術
- 溶接に関する基準規程の作成
- レール交換計画
- その他関係する事項

第9章 プロジェクト費用

第9章 プロジェクト費用

9-1 概要

改良基本計画にもとづき、工事費用を算出するとともに、経済コストをも算出した。同時に維持費も算出した。

工事費算出は、次に示す事項を基準として行った。

- 1) 積算は、すべての工事を、BRCの直轄によって施工されることを前提とする。
- 2) 工事単価は、1986年1月時点におけるデータを基準とする。
換算レートは7.8チャット/ドル、25.5円/チャットとした。
- 3) 工事費は、各選択案について算出し、外国通貨、国内通貨で支払われるものに分類する。

各工事単価の外国通貨、国内通貨の対象部分は、次の8つ分類した。

外国通貨により支払われるもの：

- 輸入資材料
- 実質輸入品となっている材料
- 外国人賃金
- 外国業者の諸経費及び利益

国内通貨により支払われるもの：

- 国内産材料及び実質輸出品目となっている材料
- 現地人賃金
- 現地業者の諸経費及び利益
- 国内税

- 4) 各工事項目の単価は、労務費、機械費、材料費を積み上げて算出した。
算出した各単価は、最近のビルマにおける工事の実際単価を用いて照査した。
- 5) 技術費用（詳細設計、技術指導、工事監理など）として総工事費の4.0%を計上した。

9-2 工種別単価

工種別単価は、材料費、労務費、機械費を積み上げることにより算出されているが、これらの単価は、ビルマにおける最近の工事費及び地方の施工条件を考慮して決定した。

代表的な材料費、労務費、及び算出された工種別単価は、表9.2.1,表9.2.2,表9.2.3に示す。

Table 9.2.1 Unit Prices of Typical Materials (in 1986)

Material	Unit	Price
Rail B.S 75R (Ordinary rail)	Kyats/ton	4,650.00 (CIF) ^{1/}
Fish plate (incl. Bolt)	Kyats/set	193.00 (CIF)
Spike (Screw)	Kyats/each	5.00 (CIF)
(Dog)	Kyats/each	3.50
Point & Crossing 1 in 12 BS 75R	Kyats/set	143,325.00 (CIF)
Wood sleeper (Hard Wood)	Kyats/each	32.00
Concrete sleeper (PC)	Kyats/each	146.71
Fish plate for BS 75R	Kyats/pair	3,440.00 (CIF)
Signal lamp 80V/40W	Kyats/each	22.00 (CIF)
Dry cells AD 1.4V/250 AH	Kyats/each	74.00 (CIF)
Dry cells AD 1.4V/85 AH	Kyats/each	21.00 (CIF)
Ni-Cad Battery 12V/450 AH	Kyats/each	1,165.00 (CIF)
Cement	Kyats/ton	560.00
Sand	Kyats/100ft ³	100.00
Aggregate (2" - 4")	Kyats/100ft ³	46.00
Aggregate (1/2" - 3/4")	Kyats/100ft ³	78.00
Crushed stone (Ballast)	Kyats/100ft ³	97.00
Reinforcing bar	Kyats/ton	5,140.00
PC wire	Kyats/ton	6,630.00
Gasoline	Kyats/gallon	3.50
H.S.D	Kyats/gallon	3.05
Engine oil	Kyats/gallon	20.20

^{1/} including local taxes

Table 9.2.2 Average Labour Costs (in 1986)

Category of Labours	Wage per Month* (Kyats/m)	Basic Salary + Allowance
<u>Track work</u>		
Leader of group	195	(125 + 70)
Patrol men	195	(125 + 70)
Common workers	180	(110 + 70)
Drivers of motor cars	195	(125 + 70)
Drivers of motor cars (with crane)	290	(220 + 70)
Drivers of Trucks	195	(125 + 70)
<u>Electric Work</u>		
Leader of group	400	(330 + 70)
Skilled workers (Electric)	290	(220 + 70)
Mechanics	290	(220 + 70)
Welding workers	220	(150 + 70)
Common workers	180	(110 + 70)

* including allowance

Working conditions

Working hours : 8 hr/day, 5 day/week

(Office worker : 6.5 hr/day)

Rate of overtime :

(Weekday) : 150% x $\frac{\text{Present monthly salary} \times 12}{52 \times 44}$

(Holiday) : 200% x $\frac{\text{Present monthly salary} \times 12}{52 \times 44}$

Table 9.2.3 Unit Costs by Improvement Work Items

Work Item	Unit	Cost				Total
		F/C	L/C	Tax	Thousand Kyats	
Renewal of Rail <u>1/</u>	Kyats/km <u>2/</u>	244.20	0	99.90	344.10	
Renewal of Sleeper (PC Sleeper)	Kyats/km <u>3/</u>	95.48	92.35	45.19	233.02	
Addition of Ballast	Kyats/km <u>4/</u>	0.56	33.95	0.23	34.74	
Telecom. (Mandalay L.)	L.S.	241.67	20.38	97.40	359.45	
	"	191.13	16.62	77.55	285.30	
Telecom. (Martaban L.)	L.S.	75.20	7.44	29.31	111.95	
	"	19.62	1.94	1.82	23.38	
Telecom. (Prome L.)	L.S.	72.64	6.77	29.31	108.72	
	"	15.51	6.82	6.06	28.39	
Telecom. (Myitkyina L.)	L.S.	131.70	12.70	53.40	197.80	
	"	40.57	13.56	16.99	71.12	
Signal (Mandalay L.)	L.S.	243.57	17.64	97.89	359.10	
	"	120.79	9.09	48.09	177.97	
Signal (Martaban L.)	L.S.	34.17	2.40	8.92	45.49	
	"	28.91	2.11	8.73	39.75	
Signal (Prome L.)	L.S.	40.35	2.66	12.69	55.70	
	"	33.87	2.28	12.44	48.59	
Signal (Myitkyina L.)	L.S.	108.18	7.40	34.89	150.47	
	"	52.51	3.23	17.03	72.77	

- 1/: long welded rail
2/: single track length (km)
3/: 1,514 sleepers per 1 km track length
4/: approximate 670 m³/km single track length

主な工種においては、内貨、外貨、税金分を算出するために詳細な分析を行った。

輸入品に対する税金は、次の関税及び物品税を考慮した。

1) 関税

輸入品に対する関税は、評価額（CIF価格の100.5%）に次に示す税率を乗じたものである。

Rates of Major Commodities

Item	Rate
Electric facilities	20
Rolling stock	10
Track materials	10
Signalling facilities	15
Telecommunication facilities	15
Inspection and repair equipment	15

Source: Customs Tariff

2) 物品税

物品税として、すべての輸入品に対して、評価額に税率30%を乗じたものを計上する。

3) 所得税

個人所得税は、年収10,000チャット以上に対して課せられている。本プロジェクトでは、外国人に対する個人所得税は、計上していない。

9-3 施設改良工事費

工事費は、改良計画による工事費及び積み上げた工事単価から算出した。改良計画は、第6章で述べられたごとく3ステージの施工工期に分けて完成させる。

各ステージ毎の工事費の集計は表9.3.1～9.3.4に示す。

Table 9.3.1 Summary of Economic Costs (Plan-A) in 1986 Prices

(Million Kyat)

Line			1st stage	2nd stage	3rd stage	Total	
Mandalay	Track	F/C	215.00	151.23	-	366.23	
		L/C	67.52	40.66	-	108.18	
		Sub-total	282.52	191.89	-	474.41	
	Telecom	F/C	179.69	51.19	10.79	241.67	
		L/C	15.63	4.15	0.60	20.38	
		Sub-total	195.32	55.34	11.39	262.05	
	Signal	F/C	124.34	78.88	40.34	243.57	
		L/C	9.36	5.85	2.44	17.64	
		Sub-total	133.70	84.73	42.78	261.21	
	Total	F/C	519.04	281.30	51.13	851.47	
		L/C	92.50	50.66	3.04	146.20	
		Sub-total	611.54	331.96	54.17	997.67	
Martaban	Telecom	F/C	-	75.20	-	75.20	
		L/C	-	7.44	-	7.44	
		Sub-total	-	82.64	-	82.64	
	Signal	F/C	-	28.91	5.26	34.17	
		L/C	-	2.11	0.29	2.40	
		Sub-total	-	31.02	5.55	36.57	
	Total	F/C	-	104.11	5.26	109.37	
		L/C	-	9.55	0.29	9.84	
		Sub-total	-	113.66	5.55	119.21	
	Prome	Telecom	F/C	-	72.64	-	72.64
			L/C	-	6.77	-	6.77
			Sub-total	-	79.41	-	79.41
Signal		F/C	-	33.87	6.48	40.35	
		L/C	-	2.28	0.38	2.66	
		Sub-total	-	36.15	6.86	43.01	
Total		F/C	-	106.51	6.48	112.99	
		L/C	-	9.05	0.38	9.43	
		Sub-total	-	115.56	6.86	122.42	
Myitkyina		Telecom	F/C	-	-	131.70	131.70
			L/C	-	-	12.70	12.70
			Sub-total	-	-	144.40	144.40
	Signal	F/C	-	-	108.18	108.18	
		L/C	-	-	7.40	7.40	
		Sub-total	-	-	115.58	115.58	
	Total	F/C	-	-	239.88	239.88	
		L/C	-	-	20.10	20.10	
		Sub-total	-	-	259.98	259.98	
	Ground total	F/C	519.04	491.93	302.75	1,313.71	
		L/C	92.50	69.25	23.81	185.57	
		Sub-total	611.54	561.18	326.56	1,499.28	

Note: F/C: Foreign Currency Component
L/C: Local Currency Component

Table 9.3.2 Summary of Economic Costs (Plan-B) in 1986 Prices
(Million Kyat)

Line			1st stage	2nd stage	3rd stage	Total	
Mandalay	Track	F/C	205.11	144.44	-	349.55	
		L/C	67.47	40.63	-	108.10	
		Sub-total	272.58	185.07	-	457.65	
	Telecom	F/C	191.13	-	-	191.13	
		L/C	16.62	-	-	16.62	
		Sub-total	207.75	-	-	207.75	
	Signal	F/C	120.79	-	-	120.79	
		L/C	9.09	-	-	9.09	
		Sub-total	129.88	-	-	129.88	
	Total	F/C	517.03	144.44	-	661.47	
		L/C	93.18	40.63	-	133.81	
		Sub-total	610.21	185.07	-	795.28	
Martaban	Telecom	F/C	-	19.62	-	19.62	
		L/C	-	1.94	-	1.94	
		Sub-total	-	21.56	-	21.56	
	Signal	F/C	-	28.91	-	28.91	
		L/C	-	2.11	-	2.11	
		Sub-total	-	31.02	-	31.02	
	Total	F/C	-	48.53	-	48.53	
		L/C	-	4.05	-	4.05	
		Sub-total	-	52.58	-	52.58	
	Prome	Telecom	F/C	-	15.51	-	15.51
			L/C	-	6.82	-	6.82
			Sub-total	-	22.33	-	22.33
Signal		F/C	-	33.87	-	33.87	
		L/C	-	2.28	-	2.28	
		Sub-total	-	36.15	-	36.15	
Total		F/C	-	49.38	-	49.38	
		L/C	-	9.10	-	9.10	
		Sub-total	-	58.48	-	58.48	
Myitkyina		Telecom	F/C	-	-	40.57	40.57
			L/C	-	-	13.56	13.56
			Sub-total	-	-	54.13	54.13
	Signal	F/C	-	-	52.51	52.51	
		L/C	-	-	3.23	3.23	
		Sub-total	-	-	55.74	55.74	
	Total	F/C	-	-	93.08	93.08	
		L/C	-	-	16.79	16.79	
		Sub-total	-	-	109.87	109.87	
	Ground total	F/C	517.03	242.35	93.08	852.46	
		L/C	93.18	53.78	16.79	163.75	
		Sub-total	610.21	296.13	109.87	1,016.21	

Note: F/C: Foreign Currency Component
L/C: Local Currency Component

Table 9.3.3 Summary of Project Costs (Plan-A) in 1986 Prices

(Million Kyat)

Line			1st stage	2nd stage	3rd stage	Total	
Mandalay	Track	F/C	215.00	151.23	-	366.23	
		L/C	159.68	96.16	-	255.85	
		Sub-total	374.68	247.39	-	622.08	
	Telecom	F/C	179.69	51.19	10.79	241.67	
		L/C	90.33	23.98	3.47	117.78	
		Sub-total	270.02	75.17	14.26	359.45	
	Signal	F/C	124.34	78.88	40.34	243.56	
		L/C	61.27	38.29	15.97	115.54	
		Sub-total	185.61	117.17	56.31	359.10	
	Total	F/C	519.03	281.30	51.13	851.46	
		L/C	311.28	158.44	19.44	489.16	
		Sub-total	830.31	439.74	70.57	1,340.62	
Martaban	Telecom	F/C	-	75.20	-	75.20	
		L/C	-	36.75	-	36.75	
		Sub-total	-	111.95	-	111.95	
	Signal	F/C	-	28.91	5.26	34.17	
		L/C	-	11.03	0.29	11.32	
		Sub-total	-	39.94	5.55	45.49	
	Total	F/C	-	104.11	5.26	109.37	
		L/C	-	47.78	0.29	48.07	
		Sub-total	-	151.89	5.55	157.44	
	Prome	Telecom	F/C	-	72.64	-	72.64
			L/C	-	36.08	-	36.08
			Sub-total	-	108.72	-	108.72
Signal		F/C	-	33.87	6.48	40.35	
		L/C	-	13.16	2.19	15.35	
		Sub-total	-	47.03	8.67	55.70	
Total		F/C	-	106.51	6.48	112.99	
		L/C	-	49.23	2.19	51.43	
		Sub-total	-	155.74	8.67	164.42	
Myitkyina		Telecom	F/C	-	-	131.70	131.70
			L/C	-	-	66.10	66.10
			Sub-total	-	-	197.80	197.80
	Signal	F/C	-	-	108.18	108.18	
		L/C	-	-	42.29	42.29	
		Sub-total	-	-	150.47	150.47	
	Total	F/C	-	-	239.88	239.88	
		L/C	-	-	108.39	108.39	
		Sub-total	-	-	348.27	348.27	
	Ground total	F/C	519.03	491.92	302.75	1,313.70	
		L/C	311.28	255.45	130.32	697.05	
		Sub-total	830.31	747.37	433.07	2,010.75	

Note: F/C: Foreign Currency Component

L/C: Local Currency Component

Table 9.3.4 Summary of Project Costs (Plan-B) in 1986 Prices

(Million Kyat)

Line			1st stage	2nd stage	3rd stage	Total	
Mandalay	Track	F/C	205.11	144.44	-	349.55	
		L/C	157.74	94.99	-	252.74	
		Sub-total	362.85	239.43	-	602.29	
	Telecom	F/C	191.13	-	-	191.13	
		L/C	94.17	-	-	94.17	
		Sub-total	285.30	-	-	285.30	
	Signal	F/C	120.79	-	-	120.79	
		L/C	57.18	-	-	57.18	
		Sub-total	177.97	-	-	177.97	
	Total	F/C	517.03	144.44	-	661.47	
		L/C	309.09	94.99	-	404.08	
		Sub-total	826.12	239.43	-	1,065.55	
Martaban	Telecom	F/C	-	19.62	-	19.62	
		L/C	-	3.76	-	3.76	
		Sub-total	-	23.38	-	23.38	
	Signal	F/C	-	28.91	-	28.91	
		L/C	-	10.84	-	10.84	
		Sub-total	-	39.75	-	39.75	
	Total	F/C	-	48.53	-	48.53	
		L/C	-	14.60	-	14.60	
		Sub-total	-	63.13	-	63.13	
	Prome	Telecom	F/C	-	15.51	-	15.51
			L/C	-	12.88	-	12.88
			Sub-total	-	28.39	-	28.39
Signal		F/C	-	33.87	-	33.87	
		L/C	-	14.72	-	14.72	
		Sub-total	-	48.59	-	48.59	
Total		F/C	-	49.38	-	49.38	
		L/C	-	27.61	-	27.61	
		Sub-total	-	76.99	-	76.99	
Myitkyina		Telecom	F/C	-	-	40.57	40.57
			L/C	-	-	30.55	30.55
			Sub-total	-	-	71.12	71.12
	Signal	F/C	-	-	52.51	52.51	
		L/C	-	-	20.26	20.26	
		Sub-total	-	-	72.77	72.77	
	Total	F/C	-	-	93.08	93.08	
		L/C	-	-	50.81	50.81	
		Sub-total	-	-	143.89	143.89	
	Ground total	F/C	517.03	242.35	93.08	852.46	
		L/C	309.09	137.20	50.81	497.10	
		Sub-total	826.12	379.55	143.89	1,349.56	

Note: F/C: Foreign Currency Component
L/C: Local Currenacy Component

9-4 維持費

建設された施設は、出来るだけ建設時の機能及びサービス水準を保つため、維持管理を行わなければならない。維持費と運営費は、別々のものであるが、ここでは、運営費が維持費に比べ小さいため、両費用をまとめて維持費とした。

9-5 車両購入費

将来の交通需要とそれに対する列車運行計画が第6章で述べられている。これらをもとに今後準備すべき車両への投資額は、次のようになる。

Investment Cost for Rolling Stock

(Total Cost for 4 Lines) (Million Kyats)

Rolling Stock	Plan	Investment Period			Total	
		by 1993/94	by 1997/98	by 2005/06	(A)	(B)
Loco	A	0	207.64	564.70	772.34	-
	B	0	173.03	596.07	-	769.10
PC	A	16.80	36.96	299.01	352.77	-
	B	11.20	36.96	320.51	-	368.67
FC	A	590.24	198.22	1,299.84	2,088.30	-
	B	540.94	175.78	1,270.98	-	1,987.70
Total		-	-	-	3,213.41	3,125.47

第 10 章 経済評価及び実行計画

10章 経済評価及び実行計画

10-1 目的

以上述べてきた需要予測と設備投資コスト見積りに基づき経済評価を行った。経済評価の主眼は、各線区の改良投資を国民経済の視点から、優先順位づけをすることにあつた。

10-2 方法

投資及び運営コストと設備改良により、新たに期待できる便益とを比較する方法が採られている。

10-2-1 プロジェクト

BRCの主要4線区における軌道、通信、信号の長期近代化計画立案のために検討された投資範囲は次のとおりである。

Mandalay線	:	軌道、通信、信号
Martaban線	:	} 通信、信号
Prome線	:	
Myitkyina線	:	

上記4線区それぞれについて2つの投資案が考えられた。つまり、投資額も大きい大きな便益が期待できる案（計画A）と、投資額も便益もさほど大きくない案（計画B）である。これら各線区2案、合計8つの選択案が比較検討された。

10-2-2 需要の種類

改良によって期待される交通需要には3つのタイプがある。

(1) 従来からの需要

仮りに改良投資がなくとも、鉄道利用の選好度が高く、鉄道需要として期待出来る需要層。

(2) 転換需要

鉄道が改良されなければ、道路交通、内水面交通を選好する需要。改良後は鉄道が輸送を分担することが期待できる。

(3) 誘発需要

鉄道が改良されれば何がしかの誘発需要は発生すると思われる。しかし、この需要の総量はさほど大きくないと思われるため、この調査では、対象外とした。

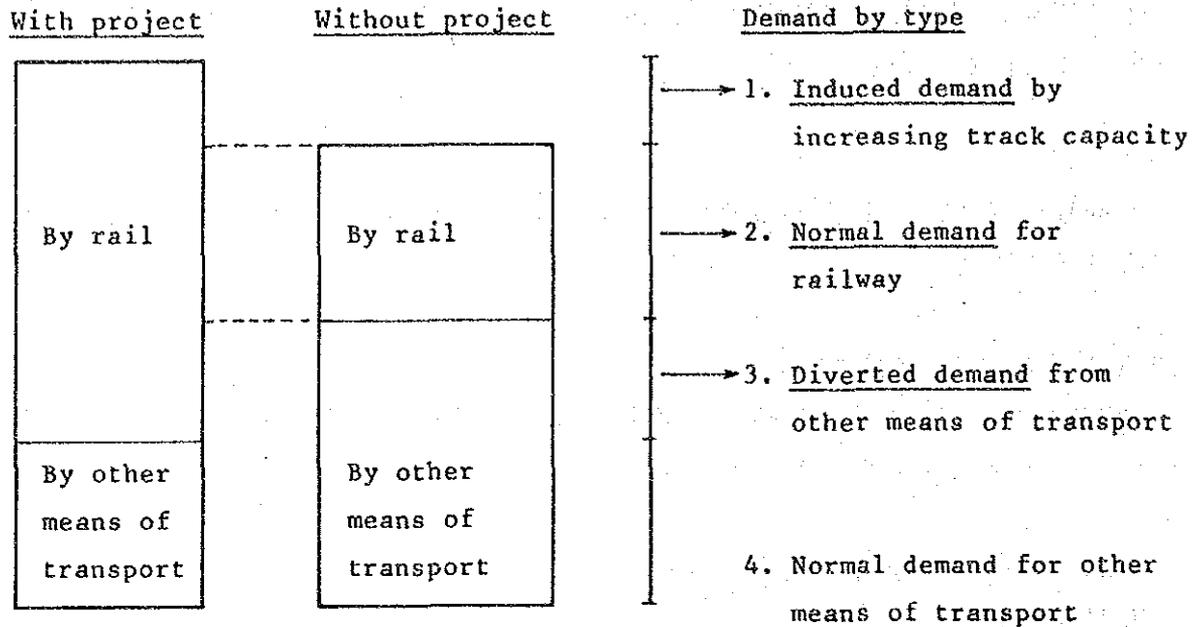


Fig. 10.2.1 Demand Type

10-2-3 Withケース/Withoutケース

費用、便益は、withケースとwithoutケース各々について推計した。

(1) Withケース

改良のための投資を行い、それに伴う便益も計上する。

(2) Withoutケース

設備改良のための投資は行わないが、現状の設備水準を落さないだけのメンテナンス費用は注ぎ込む。また、需要増に見合った車両の購入をWithケースと同様行う。さらに各代替輸送手段は、総交通需要の増加に伴い、バス・トラック・船を新たに購入しなければならない。

10-2-4 便益項目

改良に伴い期待出来る便益は図10.2.2に示すとおりである。

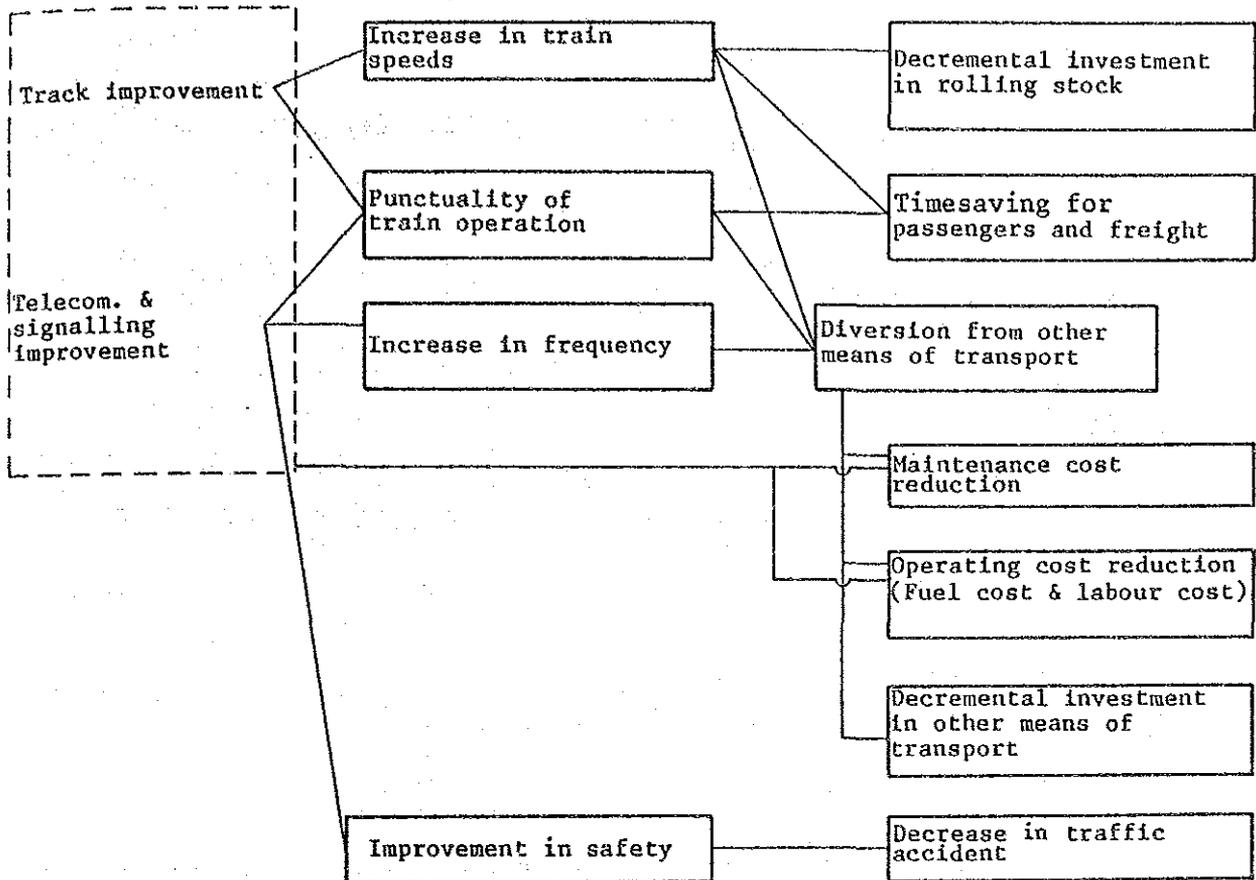


Fig. 10.2.2 Effects of the Project

10-2-5 評価基準

調査では、EIRR（経済的内部収益率）とNPV（現在価値）及び投資総額が評価尺度として使われた。

(1) EIRR

EIRRとは、一定の計算期間の中で投資に伴って発生する費用と便益の現在価値の合計が等しくなるような割引率のことであり、次に示す式で計算される。

$$\sum_{n=1}^{20} \frac{B_n}{(1+r)^n} = \sum_{n=1}^{20} \frac{C_n}{(1+r)^n}$$

B_n : n年の便益

C_n : n年の費用

r : 割引率

(2) NPV

NPVは同一のしかるべき割引率で割り引かれた便益と費用の差として現わされる。

$$NPV = \sum_{n=1}^{20} \frac{B_n}{(1+r)^n} - \sum_{n=1}^{20} \frac{C_n}{(1+r)^n}$$

(3) 投資総額

検討の改良計画の投資は相当の額に上ると思われ、BRCの財務状態に大きな影響を与える。従って、上記国民経済的視点からの収益性基準と共に、投資総額の多寡も評価基準の一つに加えた。

10-2-6 経済分析のための調整項目

経済分析を行う上で、次のような調整がなされた。

(1) シャドープライス

仮に貿易財の価格が為替の公定レートと実勢レートの差によってゆがんでいれば、その価格は修正されるべきである。しかしながら、ビルマの場合、実勢レートの設定が難しく、過去に行われた同国に関するプロジェクト評価でもシャドー為替レートは使われていない。従って、本調査においても公定レートを使った。

Exchange Rate

Kyats - Japanese Yen 25.565 ¥/Ks

Kyats - U.S. Dollar 7.826 Ks/US\$

(Average rate in Jan. '86)

Source: International Financial Statistics (IMF)

未熟練労働者の賃金としては、公共、公営企業部門における最低賃金がそれに相当すると思われ、月170チャットである。しかし、農業部門の1人当たり付加価値は、約120チャットであり、最低賃金より低い。従って、本調査では未熟練労働者の賃金に下記の修正率を掛けて補正した。

Conversion Factor for Unskilled Labour

Value of production	①	13.654	<u>1/</u> Kyats in Million
Labour force (agriculture)	②	9.392	Thousand
Per capita net value	③	1.454	Kyats
Minimum wage	④	2.040	
Conversion factor for unskilled labour	(③/④)	0.713	

$$\frac{1/}{23,935.4} \times \frac{54,042.1}{94,733.5}$$

Source: Report to Pyithu Hluttaw

石油価格（ディーゼル油）もリッター当たり1.67チャットに修正した。これは仮に、ビルマがディーゼル油を輸出すれば得ることができる価格である。価格推計に当たっては、日本、タイ、シンガポールの税抜き価格を参考にした。

Table 10.2.1 Fuel Price

	Burma	Japan <u>1/</u>	Thailand <u>2/</u>	Singapore <u>3/</u>
Diesel oil	0.263	2.025	1.674	1.433
	(1.195 Ks/gallon)	(51.8 ¥/ℓ)	(5.7 B/ℓ)	(29.1 \$/bb1)

1/ Resale price among wholesalers - Tax

2/ Ex-factory price + marketing cost (excl. tax and subsidy)

3/ FOB

4/ These all prices are at 21 Jan. '86.

Source: Nikkei Shinbun (Economic Newspaper in Japan), THAI RATH

(2) 税、関税

これらのコストは、国民経済的に見ると国の中で単に移転しているだけのものであり、費用、便益計算には含めない。

10-3 便益推計

10-3-1 車両投資の節減

改良投資により列車スピードが向上する。列車スピードが上がれば、車両効率が良くなり、車両の新規投資も少なくて済む。

また、主要駅にファクシミリによる情報交換システムが構築されれば、その情報の一つとして列車編成情報も組み込むことが可能であり、操車時間の短縮、ひいては貨車効率の向上につながる。

10-3-2 時間節減

(1) 旅客

旅客にとって、鉄道の改良投資は、移動時間の短縮という意味を持つ。この節減された時間を生産活動に振り向ければ、GDPの向上に役立つ。旅客の時間節減効果は次式で求められる。

$$\boxed{\text{節約される旅行時間}} \times \boxed{\text{1人当りの時間価値}} \times \boxed{\text{時間価値の伸び率}}$$

節約される旅行時間：従来からの鉄道旅客について、

$$\sum_{ij} N_{ij} \times (t_{ij} - T_{ij})$$

N_{ij} は、 ij 区間の旅客数

T_{ij} はwithケースにおける ij 区間の所要時間

t_{ij} はwithoutケースにおける ij 区間の所要時間

上記所要時間には、列車の遅れにより余分にかかる時間を含む。

時刻表に基づく所要時間に対する遅延率は、表10.3.1のように推計された。

なお、貨物列車の遅延実績データがないため、貨物列車の所要時間計算にも上記の遅延率を準用した。

転換需要について

$$\sum_{ij} N_{ij} \times (t_{ij} - T_{ij})$$

N_{ij} は*ij*区間の旅客数

T_{ij} はwithケースにおける*ij*区間の鉄道による所要時間

t_{ij} は*ij*区間の代替交通手段による所要時間

Table 10.3.1 Delaying Rate

	(%)	
	Mandalay line	Others
With project	2.4	2.6
Without project	7.6	

Source: Study team

1人当り時間価値： 時間の価値換算は1人当たりGDPを基礎に計算された。

Table 10.3.2 Per Capita GDP

	1985/1986(provisional)
GDP	57,732.6 Ks in million
Population	37,115 thousand
Per capita GDP	1,555.5 Ks

Source: Report to the Pyithu Hluttaw

(2) 貨物

旅客の場合と同様、貨物にも時間節減効果がある。貨物の輸送時間が減れば、その分だけ資本の回転がよくなり資本コストが低減される。貨物の時間節減効果は次式で計算される。

$$\boxed{\text{節減される輸送時間}} \times \boxed{\text{トン当りの貨物の価値}} \times \boxed{\text{資本の機会費用}}$$

節減される輸送時間：従来からの鉄道貨物について、

$$\sum_{ij} N_{ij} \times (t_{ij} - T_{ij})$$

N_{ij} は*ij*区間の輸送トン数

T_{ij} はwithケースにおける*ij*区間の輸送時間

t_{ij} はwithoutケースにおける*ij*区間の輸送時間

転換需要について、

$$\sum_{ij} N_{ij} \times (t_{ij} - T_{ij})$$

N_{ij} はij区間の輸送トン数

T_{ij} はwithケースにおけるij区間の鉄道による輸送時間

t_{ij} は代替交通手段によるij区間の輸送時間

トン当りの

貨物の価値：

トン当りの価値は693.5チャットと設定された。

これは表10.3.3で示すとおり、主要貨物の生産者価格の加重平均値として求められたものである。

資本の機会費用：

仮に上記貨物のために投じられた資本が早く回収できれば、それはさらに他の物資のために使われるだろう。つまり、貨物にとっての時間節減は資本の効率向上という意味を持つ。具体的には、資本の回転が良くなれば、貨物トン当りの資本コストが軽減される。ビルマにおいては、国営企業と協同組合がMyanma Economic Bankから借りることができる運転資金の利率は年8%である。この調査ではこれを資本の機会費用として採用した。

Table 10.3.3 Freight Value

Particular	(Kyats/Ton)		
	Value/Ton	% in Weight	Weighted Value
1. Rice & rice product	431.2	34.3	147.9
2. Sugar cane	100.0	15.9	15.9
3. Forest product	436.4	16.3	71.1
4. Beans & pulses	4,634.0	0.7	32.4
5. Other agricultural product	2,795.2	2.7	75.5
6. Coal & coke	207.0	1.3	2.7
7. Petroleum & oil product	759.9	5.0	38.0
8. Base metal & ores	960.2	5.1	49.0
9. Stone	215.8	6.1	13.2
10. All other industrial	2,207.5	10.6	234.0
Total		98.0	679.6
		100.0	693.5

Source: BRC, Concerning Ministry and Corporation

10-3-3 メンテナンス費用の低減

軌道、通信、信号のメンテナンス費用は改良投資によって原則的には増える。他方、その投資によって、車両の効率が上がり、投資をしないケースに比べれば必要車両数は少なくて済むはずである。従って車両のメンテナンス費用も低減し便益が上がると思われる。

加えて、withoutケースに比べれば、withケースにおけるバス・トラック・船の必要数は少なくて済み、その分メンテナンス費用も軽減される。

1台当りの年間メンテナンス費用は、バスが19,200チャット、トラックが13,200チャット、船が20,000チャットと推計された（いずれも経済コストベース）。

この推計の根拠は次のとおりである。

Market price

Kyats in thousand/unit

Bus	35.0
Truck	24.2
Vessel	36.5

Source: RTC, IWTC

Composition structure of cost

Parts	80%
Personnel	10%
Supplies	10%

Source: Study Team

Tax

Customs duties for parts	50%
Sales tax	15%

Labour cost

Almost all personnel are skilled labour.

Table 10.3.4 Maintenance Cost

(Ks in thousand per unit)

	Market price ①	Cost			Sales tax ②	Customs duties ③	Economic cost ①-②-③
		Parts (80%)	Personnel (10%)	Supplies (10%)			
		Bus	35.0	28.0			
Truck	24.2	19.4	2.4	2.4	2.5	8.5	13.2
Vessel	36.5	29.2	3.7	3.6	3.8	12.7	20.0

Source: Study Team

メンテナンス費用低減便益は次式により求められる。

$$\begin{aligned}
 & \boxed{\text{withoutケースの鉄道メンテナンス費}} - \boxed{\text{withケースの鉄道メンテナンス費用}} \\
 & + \boxed{\text{withoutケースの代替交通手段のメンテナンス費}} - \boxed{\text{withケースの代替交通手段のメンテナンス費用}}
 \end{aligned}$$

10-3-4 運転コストの低減

BRCの運転コストのうち95%は燃料費と労務費であるため、この調査ではこれら2つの費目について分析を加えた。

(1) 燃料費

改良投資を行うと、輸送量が増え、鉄道の燃料費も増加する。

しかし、メンテナンス費用の項で述べたようにバス・トラックなどの必要台数の減少に伴い、燃料費も削減できる。ただし船についてはその旅客人キロ当り、あるいは貨物トンキロ当りの燃費効率が鉄道に勝っているため、船から鉄道に転換すると燃料費は節減できないことになる。

燃料費節減便益は次式により求められる。

$$\boxed{\sum_i F_i} \times \boxed{(l_i - L_i)} \times \boxed{\text{軽油単価}}$$

F_i : 交通手段 "i" における燃費

Fuel Consumption Ratio

Loco.	3.36 ℓ/km
Vehicle	0.38 ℓ/km
Vessel	72.7 ℓ/Steaming hour

Source: BRC, RTC, Study Team

なお、Mandalay線のwithケースでは軌道改良による燃費向上効果を6%見込んでいる。

L_i : withケースにおける交通手段“i”の走行キロ

ℓ_i : withoutケースにおける交通手段“i”の走行キロ

(2) 労務費

改良投資終了後、列車のスピードアップ、定時性の回復により、車両効率だけでなく、乗務員の効率化も可能となる。

また、バス・トラックよりも鉄道の方が旅客人・キロ当り、あるいは貨物トン・キロ当りの乗務員数が少ないため、withケースでは道路交通からの転換需要に見合う分だけ労務費の削減効果が見込まれる。

職種別の1人当たり平均賃金は表10.3.5に示すとおりである。

Table 10.3.5 Wage by Occupation

(Ks/Month)

Occupation	Average Wage
1. Rail	
Driver	391
Guard	440
Unskilled	125
2. Road	
Driver	275
Conductor	200
Unskilled	125
3. Inland Water	
Captain	610
Sailor	278
Unskilled	125

Source: BRC, RTC, IWTC

(Further more details, refer to Long-term Modernization Programme, Appendix 10-3 (1))

10-3-5 他の交通手段における投資節減

鉄道の改良投資によりその輸送能力が増えれば、代替交通手段からの需要の転換が見込める。逆に改良投資をしなければ、バス、トラックなどをさらに買い増さなければならないことになる。従って、鉄道の改良計画は代替交通手段における新規投資を抑制する効果を持っている。

バス、トラック、船の経済コストベースの単価は次のように設定した。

Bus	200 Thousand Kyats/Unit (BM Bus)
Truck	146 Thousand Kyats/Unit (6.5 Ton Truck)
Vessel	5,478 Thousand Kyats/Unit (Pass. cum Cargo)

(Further more details, refer to Long-term Modernization Programme, Appendix 10-3 (2))

10-3-6 列車事故の減少

ビルマの鉄道では列車衝突、脱線がしばしば起きている。このような事故は、この計画の軌道、通信、信号の改良投資により、かなりの部分が回避できるものと思われる。

事故による人命の損失回避は重要な事柄であるが、人命の金額価値換算が難しいため、費用/便益分析に含めていない。従って、列車事故の減少は事故復旧費のみを便益としている。

事故の削減率は線区毎、投資プラン毎に下記の通り目標設定した。

	<u>Mandalay line</u>	<u>Others</u>
Plan A	70%	58%
Plan B	63%	52%

Source: Study Team

10-4 投資優先順位

以上述べてきた費用/便益分析方法に基づく計算結果は次のとおりとなった。

10-4-1 各案の便益

現在価値で表わされた便益を表10.4.1に示す。この表によればMandalay線の計画Aの便益が最も大きく、同計画Bがこれに次ぐ。車両節減便益はMandalay線

Table 10.4.1 Benefit Composition

(Ks in Thousand)

	PLAN A					PLAN B		
	MANDALAY	MARTABAN	PROME	MYITKYINA	MANDALAY	MARTABAN	PROME	MYITKYINA
1. Dec. investment in rolling Stock	50881	-155	-1573	-5889	49783	4934	5878	13457
2. Dec. investment in other means of transport	40854	1345	878	6051	40854	1345	878	6051
3. Timesaving	57813	3674	3241	7972	51331	3592	3134	7647
4. Maintenance cost reduction	62691	-4163	-4779	-11900	67486	342	2643	-1546
5. Operating cost reduction	103944	5562	3592	6482	103944	5562	3592	6482
6. Decrease in traffic accidents	8699	2076	2260	10126	7576	1839	2006	9007
7. Total	324882	8339	3619	12842	320974	17614	18131	41098

Note: All these benefits were discounted at a 10 percent annual rate.

Source: Study Team

と他の3線区の計画Bで見込める。これはwithケースの方が輸送量が多いものの、車両効率の向上が寄与しているためである。

列車事故の減少便益は、Mandalay線以外の3線区で便益全体に占める比率が高い。この理由としては、まず第一にこれら3線区には軌道改良が含まれておらず、それに伴う便益がないことが挙げられる。また、3線区の事故発生頻度が現状ではかなり高く、信号設備の改良によって、これが減少すると思われるためである。

メンテナンス費用の低減便益は、Mandalay線とMartaban線の計画B、Prome線の計画Bで見込まれるものの、他の改良計画ではマイナスになる。

10-4-2 結果

経済分析の結果は以下に示すとおりである。

(1) EIRR

表10.4.2に示すとおり、Mandalay線の計画Bが8.5%になり、同線計画Aがこれに次ぐ。

Table 10.4.2 EIRR (%)

LINES	PLAN A	PLAN B
Mandalay Line	7.2	8.5
Martaban Line	(minus)	6.4
Prome Line	(minus)	4.1
Myitkyina Line	(minus)	6.0

Source: Study Team

(2) NPV

割引率を6、8、10%にしたときの現在価値を表10.4.3に示す。仮に資本の機会費用が10%を超えるならば、すべての改良投資案のNPVはマイナスとなる。8%と6%の場合、Mandalay線の計画Bの優先度が高いことになる。

図10.4.1にMandalay線計画A,BとMartaban線計画Bについて、割引率を0%から20%までとったときのNPVの変化を示す。Mandalay線の計画A,Bはほぼ同じ傾向を示し、割引率10%までは、割引率の上昇に伴い、急速にNPVが低下していく。これに対し、Martaban線計画Bは割引率が変わっても低位安定している。

Table 10.4.3 Net Present Value

(Ks in Thousand)

Discount Rate		6%		8%		10%	
		Cardinal	Ordinal	Cardinal	Ordinal	Cardinal	Ordinal
		No.	No.	No.	No.	No.	No.
Mandalay	A	55794	2	-29316	5	-83299	7
	B	106407	1	15739	1	-43885	5
Martaban	A	-46992	6	-44835	6	-41830	4
	B	882	3	-2421	2	-4412	1
Prome	A	-58416	7	-54881	7	-50762	6
	B	-4506	5	-7253	4	-8734	2
Myitkyina	A	-120602	8	-115274	8	-108086	8
	B	156	4	-5999	3	-9781	3

Source: Study Team

(Ks in Thousand)

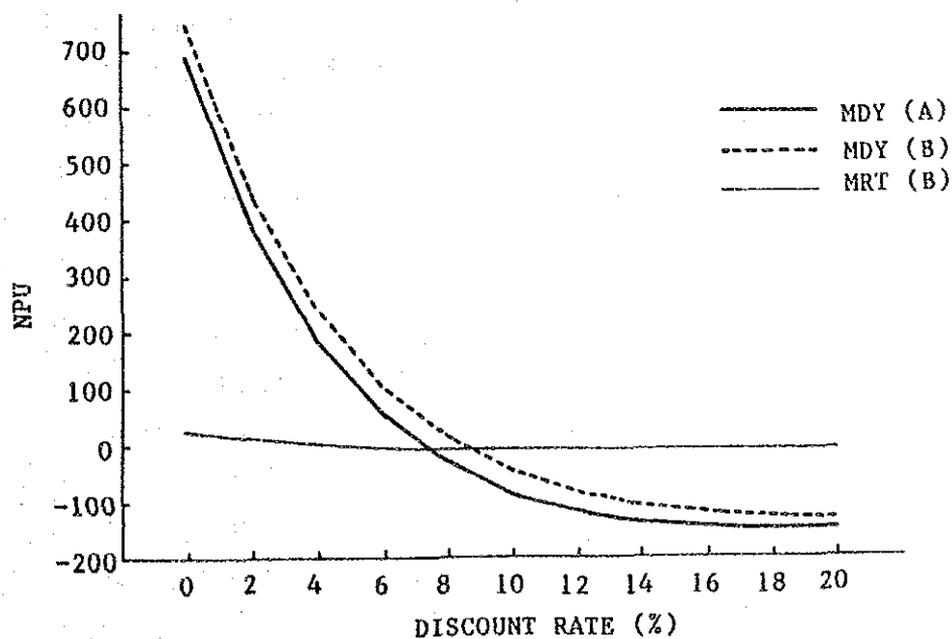


Fig. 10.4.1 Net Present Value

(3) 投資総額

経済コストベースの投資額は表10.4.4のとおりである。

Mandalay線以下4線区を公平に比較するために、各案の投資を第一ステージに行うという仮定を置いた。従って、必要車両台数は、実行計画ベースの台数と若干異なる可能性がある。

また、Rangoon～Pegu間の通信、信号設備の投資額は、Mandalay線、Martaban線に一定の比率で按分した。

Mandalay線の総投資額は他の3線区のそれよりもはるかに大きい。Mandalay線に次ぐ投資額が見込まれるのはMyitkyina線であるが、それでも、Mandalay線に比べ、計画Aで26%、計画Bで14%に過ぎない。

(4) 結論

以上の計算結果によると、Mandalay線の投資優先順位が最も高く、Martaban線がこれに次いでいる。

Table 10.4.4 Total Amount of Investment
(Economic Cost)

Line	(Ks in Million)			
	Plan A		Plan B	
	Cardinal No.	Ordinal No.	Cardinal No.	Ordinal No.
Mandalay Line	998 (900)	8	795 (916)	7
Martaban Line	119 (92)	4	53 (71)	1
Prome Line	122 (371)	5	58 (349)	2
Myitkyina Line	260 (803)	6	110 (757)	3

Note: Figures in () indicate those of investment for rolling stock.

Source: Study Team

10-5 実行計画

実行計画は、2つの設備改良計画A及びBにもとづいて決定すべく、種々の要素について比較検討された。

計画Aは、計画Bに比べ、列車走行時間、列車事故及び列車遅延が減少するが、内貨分を含めた総投資額は約20億チャットになり、約50%高くなる。(プロジェクト費用：表9.3.3及び9.3.4参照)。計画Aによる効果によって、このような多額の費用を正当化することはできない。

設備改良ができるだけ国内財政に影響を与えないようにして促進される必要がある。この点から計画Bは「最小投資」の観点から好ましい。

さらに、通信、信号の改良規模がより小さい事は、設備改良の一つの重要要素である電力供給条件から考えて望ましいといえる。ただし、裸通信線を基幹通信線として改良、継続使用することは、将来において、ビルマで予想される通信システムの急速な発達に伴い、陳腐化し、実際的でないものになる可能性があることに留意する必要がある。

このようなことから、主要4線の中での実行優先順位は第6章(6-1-1)の表6.1.1に示される4線区の比較表を参考にして、総合評価を行い決定された。Mandalay線が第1順位であり、他の3線区は第1段階終了後に実施される行程となる。

Mandalay線は、最大の輸送量を持っており、将来予想される輸送需要の伸びも最も大きい。軌道設備が相当劣化しており、列車速度減少の大きな要因となっている。通信線については、Mandalay線の31%が設備のない状態で、57%が不良状態である(4線区の中で最も長い)。また、信号故障回数も最も多い。さらに、両計画において、Mandalay線のIRRの値がもっとも高い。

Martaban線とProme線は第2順位である。Rangoon~Pegu間で第1段階に実施される設備改良は、Martaban線全線の輸送の改善に役立つことになり、投資効率の観点から望ましい。Prome線については、経済評価は比較的低い投資便益を示しているが、将来の輸送量増加に伴う線路延長計画があり、また、電力供給状況がもっとも良い。

一方、Myitkyina線の実施工程については、電力供給状態が最も悪く、現在わずか35%の駅しか電力がない状態であり、またその地域で道路建設の計画があることから、最終段階に引かれる。

上記の考え方から、長期近代化計画の実施計画は、設備改良計画Bに基づいて設定された。

Mandalay線のフェージビリティ・スタディが短期改良計画の第1段階として実施されることになる。実施計画を表10.5.1に示す。

