

# フィリピン国鉄通勤線の 電化報告書

昭和54年1月

国際協力事業団

承一  
JR  
78-24



JICA LIBRARY



1045721[6]

国際協力事業団

受入 月日	'84. 4. 21	118
登録No.	03751	61.6
		EXT

## 序 文

日本政府はフィリピン国政府の要請に基づき昭和53年2月2日より昭和53年5月1日まで鉄道専門家を同国に派遣した。

フィリピン国鉄はマニラ地域における通勤利用客の増大に対処するため現行のディーゼル列車運行を電化する計画があり、派遣専門家はその可能性についての検討を行ったものである。

本報告書には、フィリピンにおける現地調査および協議の結果と今後の計画の進め方に関する専門家の考え方がとりまとめられている。この報告内容が同国において、鉄道電化計画の実施に十分に活用されることを期待するとともに、本調査の実施にご尽力をいただいたフィリピン政府およびわが国関係機関に対し心より感謝の意を表わすものである。

昭和54年 1 月

国際協力事業団

総裁 法 眼 晋 作

専門家氏名

指導科目

所属先

佐藤泰雄  
さとう たいゆう

線路

日本国有鉄道施設局保線課補佐

常広勲  
つねひろ いくみ

電化

日本国有鉄道東京電気工事局企画室補佐

## 要 約 ( Summary )

1. メトロマニラの交通問題を解決するには P N R commuter service の果たすべき役割は大きい。
2. P N Rにとって列車運行の信頼性および punctuality を向上することが重要である。
3. 電気運転はディーゼル運転にくらべ多くの利点を持っている。  
その主なものは次のとおりである。
  - (1) 輸送コストの低減
  - (2) スピードの向上と輸送容量の増加
  - (3) 輸送サービスの向上
  - (4) 省エネルギー
4. 電気運転とディーゼル運転の経済比較の結果、電化が有利と思われる時期は次のとおりである。尚、時期に幅があるのは市場余利および電化までに購入したディーゼルカー数によって変化するからである。
  - (1) case 1. (ディーゼルカーのメンテナンス費用に P N Rの実績値を用いる場合)  
各線区の1日当り列車本数 ( N ) が 3 0 ~ 4 0 以上になった時。
  - (2) case 2. (ディーゼルカーのメンテナンス費用に J N Rの実績値から推定した値を用いる場合)  
N が 9 0 ~ 1 4 0 以上になった時。
  - (3) case 1 と case 2 はディーゼルカーのメンテナンス費用が高い場合と低い場合の両極端であるので、その中間値で計算した場合、N が 5 0 ~ 6 0 以上になった時。
5. 電化区間と施工順序は次のようにするのが望ましい。  
第 1 step..... Manila ~ Sucat  
第 2 step..... Sta Mesa ~ Guadalupe  
第 3 step..... Manila ~ Meycauayan  
第 4 step..... Meycauayan ~ Malolos
6. 電化までに、電化しようとする区間に次のプロジェクトを実施する必要がある。
  - (1) 線路の複線化
  - (2) 停車場設備の改良
  - (3) Tayuman から Sta Mesa 間に存在する交通量の多い平面踏切の除去。
  - (4) F T I と Malolos に車両基地の建設
  - (5) 軌道構造の強化
  - (6) 自動信号および連動装置の設置

7. 軌道構造の強化のため Manila ~ Sucat 間および Sta Mesa ~ Guadalupe 間は  $50 \text{ kg/m}$  のレールに、その他の区間は  $37 \text{ kg/m}$  のレールに取り替える。

その他マクラギ幅および道床の厚さは、現在の所定の寸法となるよう修復する必要がある。  
また電化に際してふく進防止のためアンチクリーパーを設置する必要がある。

8. 電化方式を直流方式にするか、交流方式にするかは重要な問題であるので、両方式について技術的検討を行った。

車両を含めた電化に要する費用は直流方式の方が安いので直流方式の方がよいと思われるが今後の深い調査に基づいて決定すべきであろう。

9. Malolos ~ Sucat 間の電化に要する地上設備の概算工事費は次のとおりである。

交流電化 約  $126 \times 10^6$  ペソ

直流電化 約  $139 \times 10^6$  ペソ

概算車両費は必要車両数を 300 両と仮定すると

交流電化 約  $830 \times 10^6$  ペソ

直流電化 約  $760 \times 10^6$  ペソ

10. 電化までに改善しておくべき事項は次のとおりである。

- (1) 保守基準の確立
- (2) 切符の checking system の改良
- (3) 旅客案内設備設置等の乗客へのサービスの改善
- (4) 鉄道職員の技術力の向上

# 目 次

序 文

要 約

1. ま え が き .....	1
2. 電化の効果と必要性 .....	2
2-1 ま え が き .....	2
2-2 電化の有利性 .....	2
2-3 電化とディーゼル化の経済比較と電化の時期 .....	10
3. PNR通勤線の電化計画 .....	14
3-1 輸送量の想定 .....	14
3-2 運 転 計 画 .....	15
3-2-1 南 線 .....	16
3-2-2 東 線 .....	16
3-2-3 北 線 .....	16
3-3 電化区間と施工順序 .....	18
4. 電化に必要な線路設備 .....	20
4-1 複線化工事 .....	20
4-2 停車場設備の改良 .....	20
4-3 マニラ市内の立体交差 .....	22
4-4 車両基地設備 .....	25
4-5 軌道構造および軌道材料 .....	37
5. 技術的検討 .....	50
5-1 電力会社の電源事情 .....	50
5-1-1 電力の需要・供給見通し .....	50
5-1-2 電 源 系 統 .....	53
5-2 電 化 方 式 .....	56
5-3 交流電化の基本計画 .....	60
5-3-1 き電系統の考え方とき電用変電所の位置 .....	66
5-3-2 き電用変電所の受電方式 .....	66
5-3-3 電化に必要な電気量 .....	68

5-3-4	電車線路設備	69
5-4	直流電化の基本計画	74
5-4-1	き電系統の考え方とき電用変電所の位置	74
5-4-2	直流き電用変電所の受電方式	75
5-4-3	電車線路設備	79
6	概算工事費の算出	82
6-1	工事費算出の前提条件	82
6-2	地上設備費	82
6-3	車両費	82
7	電化までに実施すべき調査・研究	84

## 1 ま え が き

マニラの交通事情について得た我々の印象は、それが非常に複雑であって、利用するのが困難なことであった。タクシーでさえもいつ乗れるのか、またいつ目的地につくのか分らない状態であった。

時間が正確で、信頼性が高いことは鉄道の特長であり、大都市の交通難の緩和のために、鉄道の改良・新設が世界の多くの都市で計画され実施されている。

PNRは数年前と比較して、メトロマニラの交通に大きな功献をしているが、時間の正確さと信頼性の点において、PNRの設備および組織を改良する余地が多く残されている。PNRの改良の障害のひとつに、Squatterの存在がある。この重大な問題の解決は、PNRだけの力ではできないことであるが、その移住計画を推進するに当たって、PNRは安く、早く、時間が正確である鉄道の特長を、早期に実現するという責任の一部をもっていると思われる。

鉄道の経済性と信頼性は、電化することにより、更に確実なものとなる。

電化の主要な効果は、高加減速性により高い輸送効率を実現することであるが、更に一般公衆、国家に対しても利益がある。それは、国家に対してはエネルギーおよび外貨の節約であり、一般公衆に対しては、高速と信頼性による時間の節約と安い運賃である。しかし、電化には大きな初期投資が必要であり、列車本数が60～100本とならないと、経済的ではない。また、電化のみでは、輸送力増強の効果は少ない。

PNRについて考えると、通勤輸送を開始してから、通勤輸送が急速に生長しており、列車を増発するたびに乗客が増加していることは、非常に重要なことである。従って、安価で信頼のおける輸送サービスを提供すれば、POI (Pacific Consultant International)の予想する1987年に55万人の需要が実現すると考えられる。

現在、PNRにおいて最も重要と思われるのは輸送力を増強するためのプロジェクトを、電化を念頭において進めることである。

輸送力増強のためのプロジェクトとは、電車、ディーゼル車に拘わらず、1987年までに55万人の輸送を実現するためのプロジェクトであり、基本的にはPOIの提案の意図する所と同じである。

この報告は、PNRの電化についての報告を主としているので、電化とディーゼル化の比較および電化との関連において、これらの電化以前の諸計画について述べることとした。

## 2 電化の効果と必要性

### 2-1 ま え が き

世界ではじめて電気鉄道が実用されたのは、1879年ベルリンにおいてである。その後電気鉄道は急速の発展をとげ、特に大都市およびその近郊の高速度交通機関として普及するとともにトンネル区間などの運転に実用されて行った。

更に電化は世界各国において、輸送の改善、石炭、石油等の節約、経営の改善などそれぞれの要求に応じて進められ、電気鉄道は鉄道輸送の重要な役割りを果している。

世界の主な国の1977年における総営業キロ、電化キロ、電化率を表2-1に示す。なおJNRにおいては鉄道旅客の約84%、鉄道貨物の約84%を電気鉄道で輸送している。

表2-1 世界の主な国の電化状況

国 名	営業キロ (km)	電化キロ (km)	電 化 率 (%)
ソ 連	138,260	39,008	28.2
西 ド イ ツ	28,796	10,081	35.0
イ タ リ ヤ	16,077	9,632	59.9
フ ラ ン ス	34,834	9,592	27.5
ス ウ ェー デ ン	12,104	7,491	61.9
イ ン ド	60,508	4,448	7.4
イ ギ リ ス	18,118	4,014	22.2
ア メ リ カ	539,032	2,328	0.4
日 本			
国 鉄	21,276	7,813	36.7
民 鉄	5,591	4,918	88.0

### 2-2 電化の有利性

現在PNRでは、ディーゼル機関車(ディーゼルー電気タイプと普通のタイプの2種類がある)けん引による旅客および貨物の輸送とディーゼルカーけん引による旅客輸送を行っている。このうち通勤輸送はディーゼルカーによっている。

表2-2に電化の利点(電車けん引システムとディーゼルけん引システムの比較)を示す。但し、ここで用いられている数値の多くはJNRの実績値である。主な事項は次のとおりである。

1. 輸送コストが低減できる

- (1) 動力費は約 50% である。
- (2) 車両の 1 km 走行するのに必要なメンテナンスコストは 40~50% である。
- (3) 車両の寿命が長い。
- (4) 車両の運用効率および乗務員の生産性は 10~30% 高い。

2. スピードの向上と輸送力の向上ができる。

電車はけん引力が大きく、高加減速特性を有するので 10~30% のスピードアップができ、また輸送力の増強ができる。図 2-1、図 2-2 は駅間距離が 1.7 km と 1.2 km の場合の勾配が 0 と 10% 区間における電車 (EC) とディーゼルカー (DC) の走行曲線である。表 2-3 は運転時間や速度等の計算結果をまとめたものである。これらの計算に使用している EC・DC の編成・出力等は次に示すとおりである。

EC

形式 …………… JNR の代表的な通勤電車 103 系  
編成 …………… 6 両 (電動車 4 両, 付随車 2 両)  
出力 …………… 1760 KW (1 個の電動機出力は 110 KW)  
乗車効率 …………… 200%

DC

形式 …………… PNR の通勤線で使っているのと同じ車両  
編成 …………… 6 両  
出力 …………… 1,080 ps (1 個のエンジン出力 180 ps)  
乗車効率 …………… 200%

ここに駅間距離を 1.2 km と 1.7 km に選んだ理由はマニラ~EDSA 及びマニラ~スカット間の平均駅間距離がそれぞれ約 1.2 km と 1.7 km であるからである。またスカット付近にかなり長い区間に約 10% の上り勾配が存在するので 10% についても検討を行っている。

駅間距離 1.7 km についての計算結果は次のとおりである。

(1) 0 勾配区間

走行時間は EC が 110 sec, DC が 156 sec で 46 sec の差がある。最高速度は 80 km/h と 55 km/h である。また平均速度は 55.6 km/h と 39.2 km/h で DC の平均速度は EC の約 70% である。

(2) 10% 勾配区間

走行時間は EC が 122 sec, DC が 192 sec でその差は 70 sec と大きくなる。最高速度は 75 km/h と 44 km/h で 0% にくらべて DC の速度の低下が大きい。平均速度は 50.2 km/h と 31.9 km/h で DC の平均速度は EC の 64% である。

以上のように通勤線のような駅間距離が短い場合又は勾配が多い区間においては EC が DC にくらべて速度が高く、運転時間が短いので運転間隔を小さくし輸送量の増強ができる。

### 3. 輸送サービスの向上ができる。

乗車時間の短縮ができるとともに、E Cは排気ガスがなく騒音や振動が少ないので快適性が向上する。

### 4. その他

その他次のような有利性を持っている。

- (1) E Cはエネルギー効率が高いのでエネルギーの節約ができる。
- (2) D Cは石油エネルギーによってのみ運転されるが、E Cは水力・石油・石炭・L N G・地熱・原子力の各種エネルギーによって作られる電気によって運転されるので石油危機時にも支障なく運転が継続される。
- (3) 鉄道沿線地域の発展が促進され、また都市中心部から郊外へ人口の分散がなされる。
- (4) 運転事故数が2 0～3 0 %減少する。

以上電車けん引システムの有利性だけを述べてきたが、反面電化に必要な地上設備に多くの投資が必要であること、またE Cの方が通勤形のD Cより価格が高い等の不利な点を持っているので、電化の有利性を判断するには総合的な経済比較をする必要がある。

表 2-2 電化の効果（電車による電気運転と気動車によるディーゼル運転の比較）

項 目	細 目	内 容
輸送コストの低減	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 動力費の節減</li> <li>2. 車両保守費の節減</li> <li>3. 車両の耐用年数</li> <li>4. 車両運用効率の向上</li> <li>5. 乗務員の生産性の向上</li> </ol>	<p>電気運転はディーゼル運転にくらべエネルギー効率が高い。換算車両キロ当りの（E.C.動力費）／（D.C.動力費）はフィリピン国における電力と軽油の価格から計算すると約0.5である。</p> <p>E.C.はパンタグラフのスライダーのような一部の消耗品を除いては、あまり保守する必要がないので保守費は安い。一方D.C.は高温にさらされた往復運動をするピストンエンジンを持っているので保守費が高い。</p> <p>車両キロ当りの（E.C.保守費）／（D.C.保守費）は約0.4～0.5である。</p> <p>E.C.の方がD.C.にくらべ耐用年数が長い。</p> <p>E.C.は速度が高いうえに給油の必要がないため、日車キロはD.C.の約1.2倍である。従って同一輸送量をまかなうのに少ない車両数でよい。</p> <p>E.C.は高加減速特性を有し、速度が高いためtrain hourが10～20%短縮される。従って同一輸送量をまかなうのに少ない乗務員数でよい。</p>
輸送力の増強		<p>E.C.はけん引力が大きく、電気ブレーキが利用できるため速度及び加減速度が大きい。これらの要因で列車回数を増加することが可能であり、線路の条件によって異なるが輸送力は10～40%増大する。</p>
サービスの向上	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 乗車時分の短縮</li> <li>2. 快適性の向上</li> </ol>	<p>乗車時間が10～30%短縮される。特に勾配線区においてこの効果は著しい。</p> <p>E.C.は排気ガスがなく、騒音や振動が少ないので快適性が向上する。</p>
その他	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. エネルギー消費量の節減</li> </ol>	<p>電気運転はP.N.R.の動力費の節減に寄与するだけでなく、フィリピンのエネルギー消費の節減に効果的である。</p>

項 目	細 目	内 容
そ の 他	2. 多種のエネルギー源の活用 3. 鉄道沿線地域の発展 4. 工業の発展 5. 運転事故数の減少	<p>ディーゼル運転は石油のエネルギーによってのみなされるが、電気運転は水力、石油、石炭、LNG、地熱、原子力のエネルギーで発生する電気によってなされるので石油危機時にも支障なく運転が継続される。</p> <p>電化によるサービスの改善により鉄道利用者が増加するだけでなく、鉄道沿線に住む人が増加し、地域が発展する。また、都市人口の分散がなされる。</p> <p>電化工事中に大量の電化工事用資材が必要であるため、関連する産業が発展する。</p> <p>電気車は駆動力の発生部と伝達部に可動部分が少ないため、車両の信頼性が高い。</p> <p>車両キロ当りの（E・C運転事故件数）／（D・C運転事故件数）は0.7～0.8である。</p>

図 2-1 EC・DC 運転性能比較 (駅間平均 1.7 km の場合)

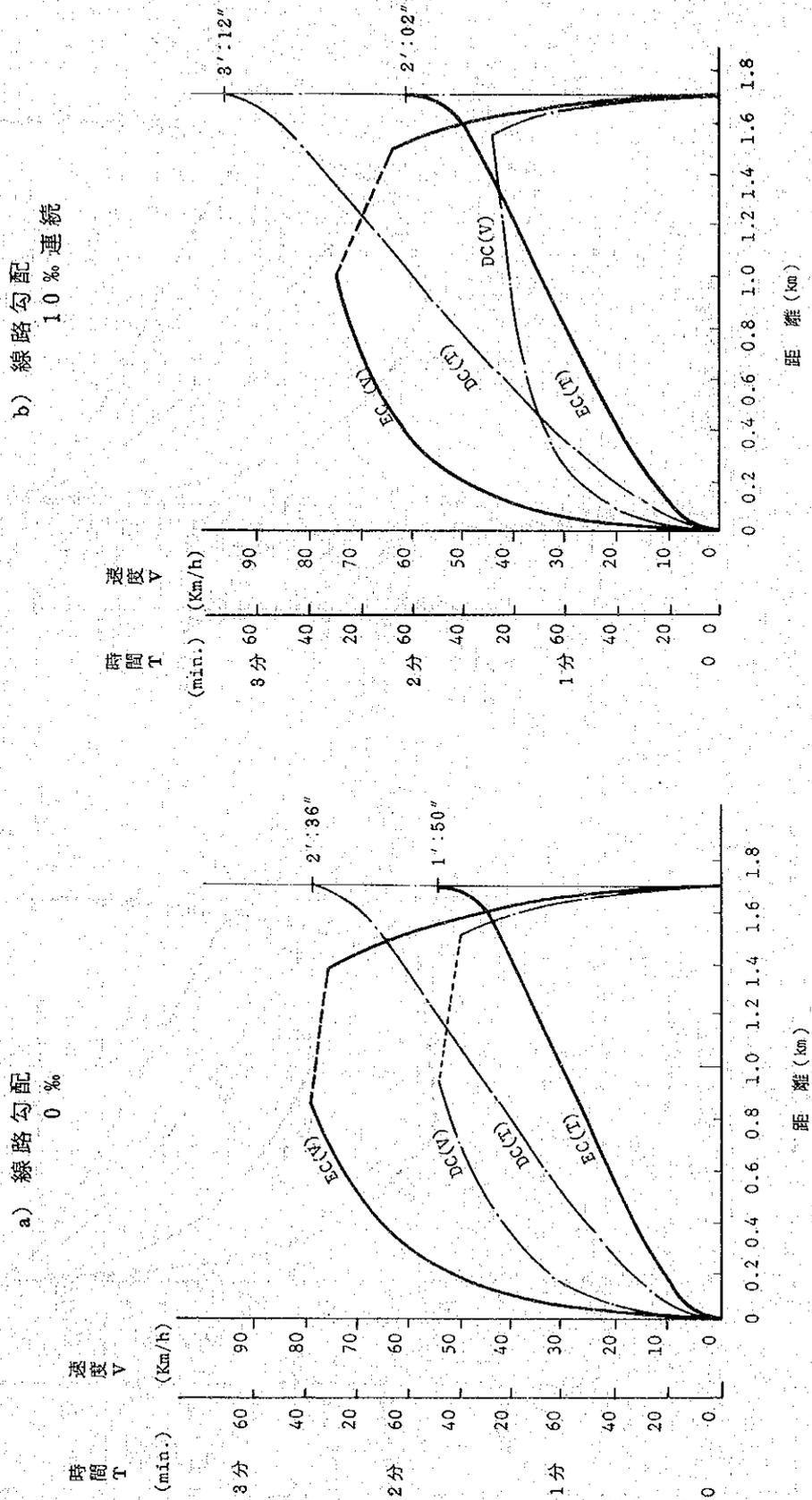
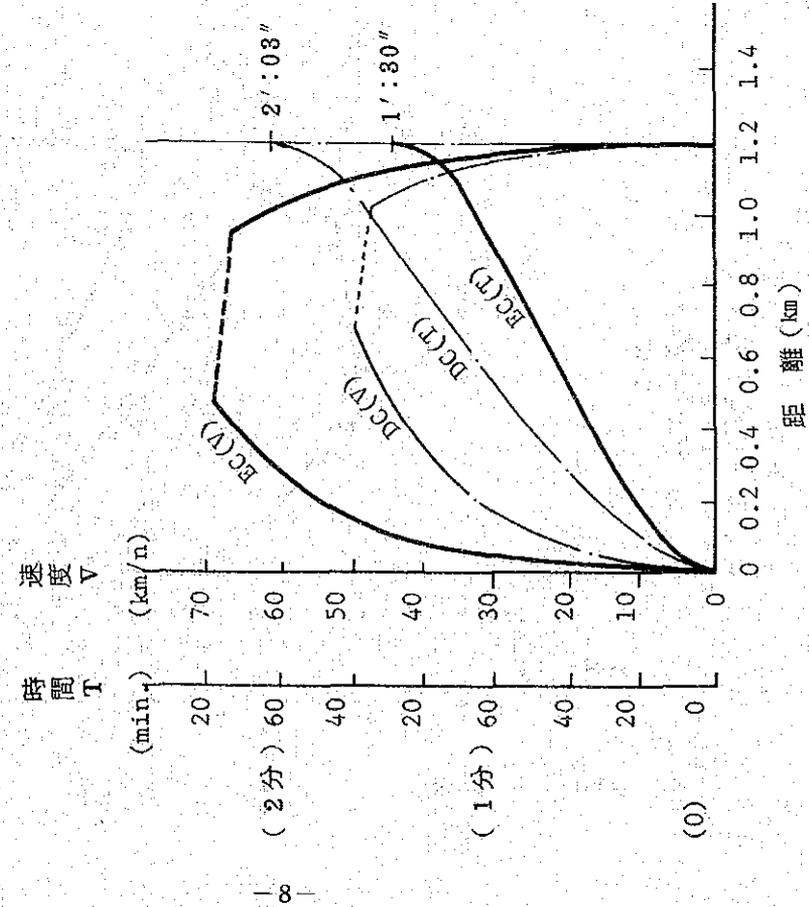


図 2-2 EC・DC 運転性能比較 ( 駅間隔平均 1.2 km の場合 )

a) 線路勾配 0%



b) 線路勾配 1.0% 連続

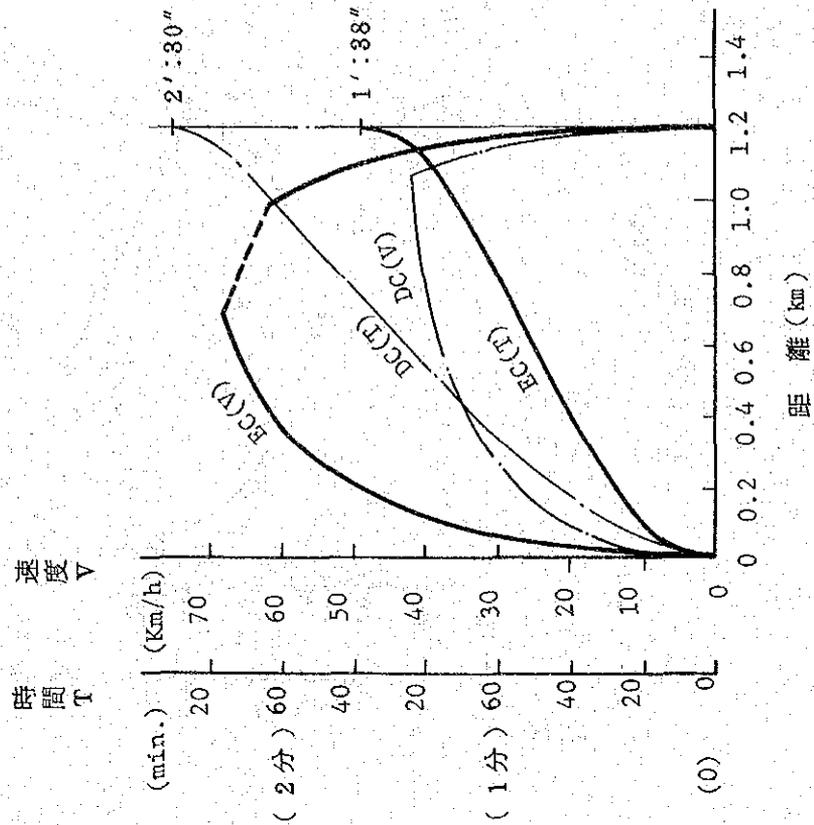


表 2-3 電車・ディーゼルカーの性能比較

駅間平均距離	線路勾配		1.2 km		1.7 km	
	電	車	電	車	電	車
車両別	—	—	ディーゼルカー	ディーゼルカー	ディーゼルカー	ディーゼルカー
編成両数	—	6両	6両	6両	6両	6両
編成重量	—	292 t	267 t	267 t	292 t	267 t
運転時分 (分・秒)	0	1' : 30"	2' : 03"	2' : 03"	1' : 50"	2' : 36"
	10	1' : 38"	2' : 30"	2' : 30"	2' : 02"	3' : 12"
加速 度 (km/h/sec)	0	2.3	1.1	1.1	2.3	1.1
	10	1.7	0.6	0.6	1.7	0.6
減速 度 (km/h/sec)	0	2.5	2.0	2.0	2.5	2.0
	10	2.5	2.0	2.0	2.5	2.0
駅間最高速度 (km/h)	0	70	50	50	80	55
	10	70	42	42	75	44
駅間平均速度 (km/h)	0	48.0	35.1	35.1	55.6	39.2
	10	44.1	28.8	28.8	50.2	31.9

## 2-3 電化とディーゼル化の経済比較と電化の時期

電化とディーゼル化の経済比較の方法には多くの種類がある。ここでは電化が有利とすればいつの時期に電化したらよいかの判定に便利な電化とディーゼル化の利益の差額と投資の差額との比率を計算する追加投資利益率という公式を使った方法を採用する。追加投資利益率は市場の金利と比較され大きければ電化が有利ということの意味する。

将来の収入の適確な想定が困難であるので、この式では利益の差額に年経費の差を用いる。

$$\text{追加投資利益率} = \frac{\text{ディーゼル化年経費} - \text{電化年経費}}{\text{電化投資額} - \text{ディーゼル化投資額}} \times 100\%$$

ここに投資額には車両費、地上設備費、年経費には減価償却費、修繕費、動力費を含む。

但し列車数が増加した場合、電化とディーゼル化のどちらの場合でも必要な投資（たとえばホームのこう上および延長、自動信号化、駅設備の近代化等）は含んでいない。

表2-4に計算に使用するデータを示し、表2-5と図2-3に複線の場合の経済比較の結果を示す。追加投資利益率は次式で与えられる。

case 1 (DCのメンテナンスの費用にPNRの実績値を用いる場合)

$$R = \frac{1.57N \cdot T - 118.8}{2.127 + 2.89 N_0 \cdot T - 0.09 N \cdot T} \times 100\%$$

case 2 (DCのメンテナンスの費用にJNRの実績値から推定した値を用いる場合)

$$R = \frac{0.38N \cdot T - 118.8}{2.127 + 2.89 N_0 \cdot T - 0.09 N \cdot T} \times 100\%$$

ここに

R : 追加投資利益率

N : 1日当りの列車本数

N<sub>0</sub> : 電化前に存在しているPNRのDCによって運転される1日当りの列車本数

T : 1列車当りの編成両数

ここに示した式と中間報告書で示した式が違っているがその理由は、中間報告書ではJNRのデータに基づいていること、および今回の式は電化で不用になったDCを新品価格の半分で他の線区に転用することを考慮していることによる。

case 1の場合 N=30でR=6%~7% (N<sub>0</sub>=10~30の場合)、N=40でRは10%以上となる。従って現在N=36である南線は電化を現時点で行っても経済的ということになる。

case 2の場合、すなわちDCのメンテナンスがほぼ理想的に安くできる場合 N=90でRは3.4~3.9% (N<sub>0</sub>=10~30の場合)となるので、金利の安い融資が受けられる時には、この時期に電化するのが有利となる。もし金利が高い場合にはN=120~140の時期がよいと考えられる。

しかしながら case 1 と case 2 とは D O の保守費が高い場合と低い場合の両極端であり、現実的には両ケースの中間を考えるのが適当と思われる。この場合には  $N = 60$  で  $R = 9\% \sim 10\%$  ( $N_0 = 10 \sim 30$  の場合) である。

表 2-4 経済計算に使用するデータ

項 目	単 位	数 値	記 事
車 両 費	$10^3 P / \text{車}$		
電 車		2,524	
デ ィ ー ゼ ル カ ー		2,121	
地 上 設 備 費	$10^3 P / \text{km}$		
減 価 償 却 年 数	年		
電 車		23	
デ ィ ー ゼ ル カ ー		20	PNR と の 協 議 に よ る
地 上 設 備		20	
車 両 修 繕 費	$P / \text{車キロ}$		
電 車		0.54	
デ ィ ー ゼ ル カ ー		4.28	case 1 ... PNR の 実 績 値 を 利 用 す る 場 合
		1.06	case 2 ... JNR の 実 績 値 か ら 想 定 す る 場 合
動 力 費			
軽 油	$P / \ell$	1.21	
電 気	$P / \text{KWH}$	0.24	
PNR 職 員 の 人 件 費	$P / \text{年}$	7,300	PNR と の 協 議 に よ る

表 2 - 5 経済比較の計算結果

(単位: 10<sup>3</sup>P)

項目	電	化	ディーゼル化	差
投資額	2127. + 6.34N・T - 3.54No・T		6.43(N - No)・T	2127. + 2.89No・T - 0.09N・T
車両 地上設備	6.34N・T - 3.54No・T 2127.		6.43(N - No)・T	2.89No・T - 0.09N・T 2127.
経費	118.8 + 0.63 N・T		2.20N・T	118.8 - 1.57 N・T
減価償却				
車両	0.25 N・T		0.29 N・T	- 0.04 N・T
地上設備	48.5			48.5
保守費				
車両	0.20 N・T		1.56 N・T	- 1.36 N・T
地上設備	70.3			70.3
動力費	0.18 N・T		0.35 N・T	- 0.17 N・T
追加投資利益率	$\frac{1.57N \cdot T - 118.8}{2127 + 2.89No \cdot T - 0.09N \cdot T}$			$\times 100 (\%)$

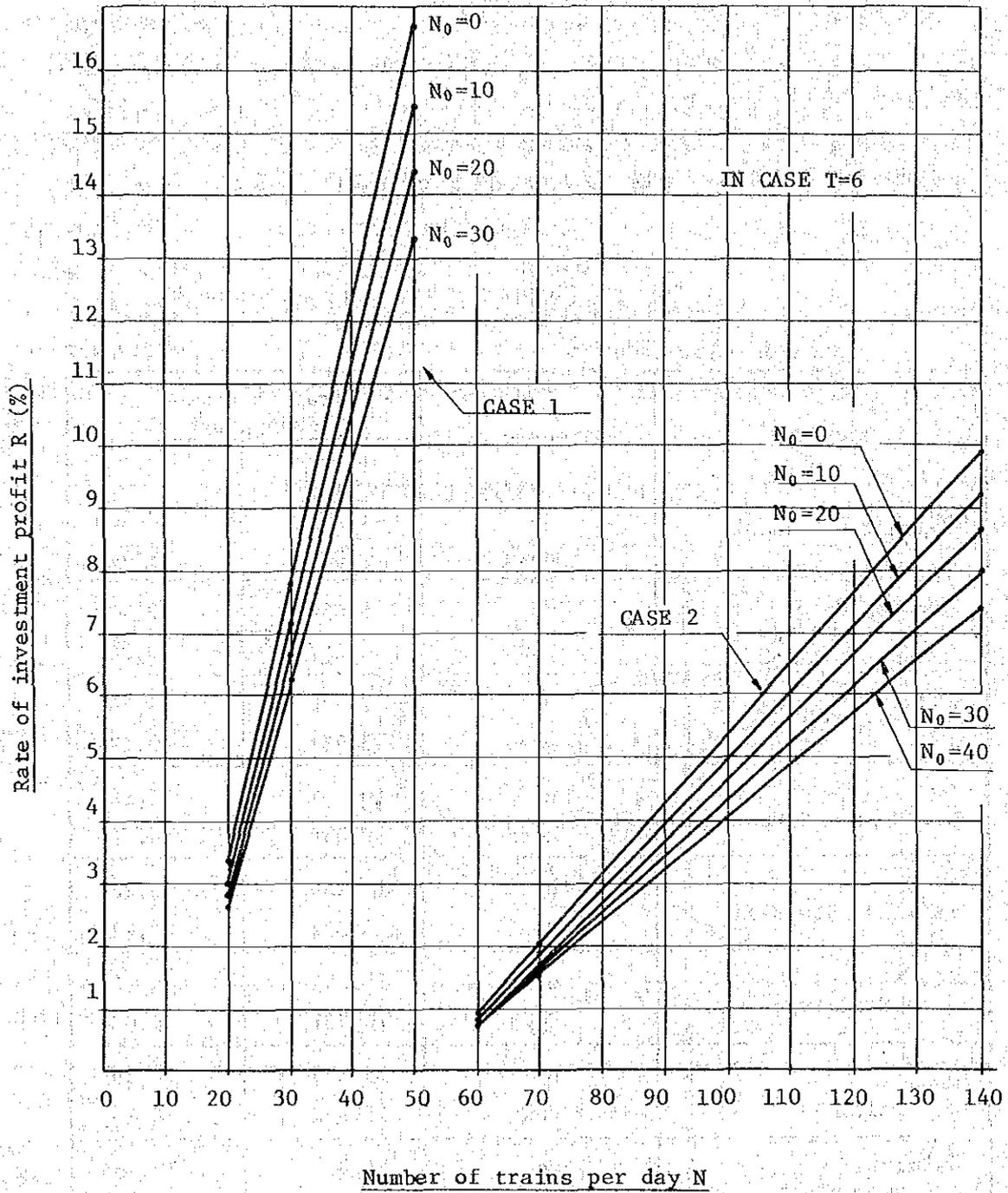
注 Case 2 の場合には,

1. 車両保守費 (ディーゼル) は,  
0.38 N・T

2. 追加投資利益率 =

$$\frac{0.38N \cdot T - 118.8}{2127 + 2.89No \cdot T - 0.09N \cdot T} \times 100 (\%)$$

図 2-3 追加投資利益率と列車本数の関係



### 3 PNR通勤線の電化計画

#### 3-1 輸送量の想定

PNR通勤線の需要予測は1976年3月日本のPacific Consultants International (P・C・I・)による"Improvement of PNR commuter service"の中で精密に計算されている。

よってP・C・Iによって計算された表3-1に示す1987年と2000年における需要量(ピーク時間における区間別最大通過客数)を計画の前提として使用する。

表 3-1 Sectional maximum traffic demand by direction in peak hour

Section	Direction	Traffic demand (passengers/hour)	
		1987	2000
Gelmart - Carmona	up	1,291	2,156
	down	1,030	1,719
Pio del Pilar - Gelmart	up	5,050	8,433
	down	4,157	6,942
Paco - Pio del Pilar	up	7,538	12,347
	down	5,981	10,199
Sta Mesa - Paco	up	10,532	17,589
	down	9,658	16,130
Manila - Sta Mesa	up	18,200	30,287
	down	16,892	28,220
Sta Mesa - Guadalupe	up	11,591	18,285
	down	10,931	19,034
Manila - Caloocan	up	15,324	25,591
	down	15,652	26,139
Caloocan - Meycauayan	up	11,839	19,764
	down	10,559	17,514
Meycauayan - North	up	4,829	8,064
	down	4,905	8,191

### 3-2 運 転 計 画

表 3-1 の需要量に基づき 1 列車の編成両数が 4, 6, 8 両の場合のピーク時間に運行せねばならない列車運転時隔 (ヘッド) を計算した。結果は表 3-2 のとおりである。

この計算をするに当って乗車効率は 200 % (1 車両 280 人) としマニラ～三角地点間においては南線と北線の線路が分離されているものとした。

この結果から一番輸送量の多いマニラ～サンタメサ間では 4 両編成の場合ヘッドは 1987 年において 3.7 分、6 両の場合は 5.5 分となり非常に高密度の運転になることを示す。

南線ではマニラから南の方に行くに従って必要なヘッドは長くなり、スカット～カルモア間では輸送量が少ないため、だいたい 1 時間に 1 本の列車を通せばよいこととなる。

東線では 4 両編成で 5.8 分、6 両編成で 8.7 分の運転が必要である。

一方北線は新しい地域開発が計画されている関係で需要客が多くメカワヤン～マロロス間においても 4 両編成で 13.6 分、6 両編成で 20 分ヘッドの運転が必要である。

以上の結果から 1987 年における列車運行計画を作るに当っての基本方針を次のように決める。

表 3-2 Required headway in each section

[unit: minute]

Section	Year No. of cars per train	1987			2000		
		4	6	8	4	6	8
Sucat - Carmona		52			31		
Pio del Pilar - Sucat		13.2	19.8	26.4	8.0	12.0	16.0
Paco - Pio del Pilar		8.9	13.3	17.8	5.4	8.1	10.8
Sta Mesa - Paco		6.4	9.6	12.8	3.8	5.7	7.6
Manila - Sta Mesa		3.7	5.5	7.4	2.2	3.3	4.4
Sta Mesa - Guadalupe		5.8	8.7	11.6	3.5	5.3	7.0
Manila - Caloocan		4.3	6.4	8.6	2.6	3.9	5.2
Caloocan - Meycauayan		5.7	8.4	11.4	3.4	5.1	6.8
Meycauayan - Malolos		13.6	20.4	27.2	8.1	12.1	16.2

### 3-2-1 南 線

- (1) スカット駅で南方へ行く乗客数が急減するので、スカットをターミナル駅とし、マニラから来た列車はスカット折り返しとする。
- (2) パコ、ピオテルピラールで南方に行く乗客はかなり減少する。しかし、これらの駅とスカット間との距離があまり大きくなり、またこれらの駅での折り返し運転は列車運行を複雑にするので折り返しはしないこととする。

### 3-2-2 東 線

乗客がサンタメサ駅で列車を乗り換える必要のないようにするためマニラ～グアダルッペ間の直通運転が必要である。

その理由は次のとおりである。

- (1) 東線の乗客数は南線と同じ位が多い。
- (2) マニラ～グアダルッペ間の旅行時分は約20分であるので、サンタメサ駅で列車を乗りかえるのに、かなりの時間を要するのはサービス上好ましくない。
- (3) もしマニラ～グアダルッペ間の直通運転がされないならば、東線の旅客を運ぶための列車はスカットから運転せざるを得ない。

このようにするとスカット～サンタメサ間の乗車効率は低くなる。

### 3-2-3 北 線

- (1) メカワヤン駅で乗客数が非常に減少するのでメカワヤンはターミナル駅とする。
- (2) メカワヤン～マロロス間の乗客数はまだかなり多いのでマニラ～マロロス間の直通運転をする。

すべての線は1987年における列車の編成両数は6両とする。なぜなら4両だとヘッドが3台分となるからである。

図3-1に以上の前提と、表定速度が40km/hという条件に基づいて作成した1987年のピーク時における基本的な列車ダイヤを示す。表3-3に1987年及び2000年のピーク時間における線路毎の列車本数を示す。なお編成両数はスカット～カルモナ間を除いて1987年は6両、2000年は8両である。

3-1

FUNDAMENTAL TRAIN DIAGRAM IN PEAK HOUR IN 1978

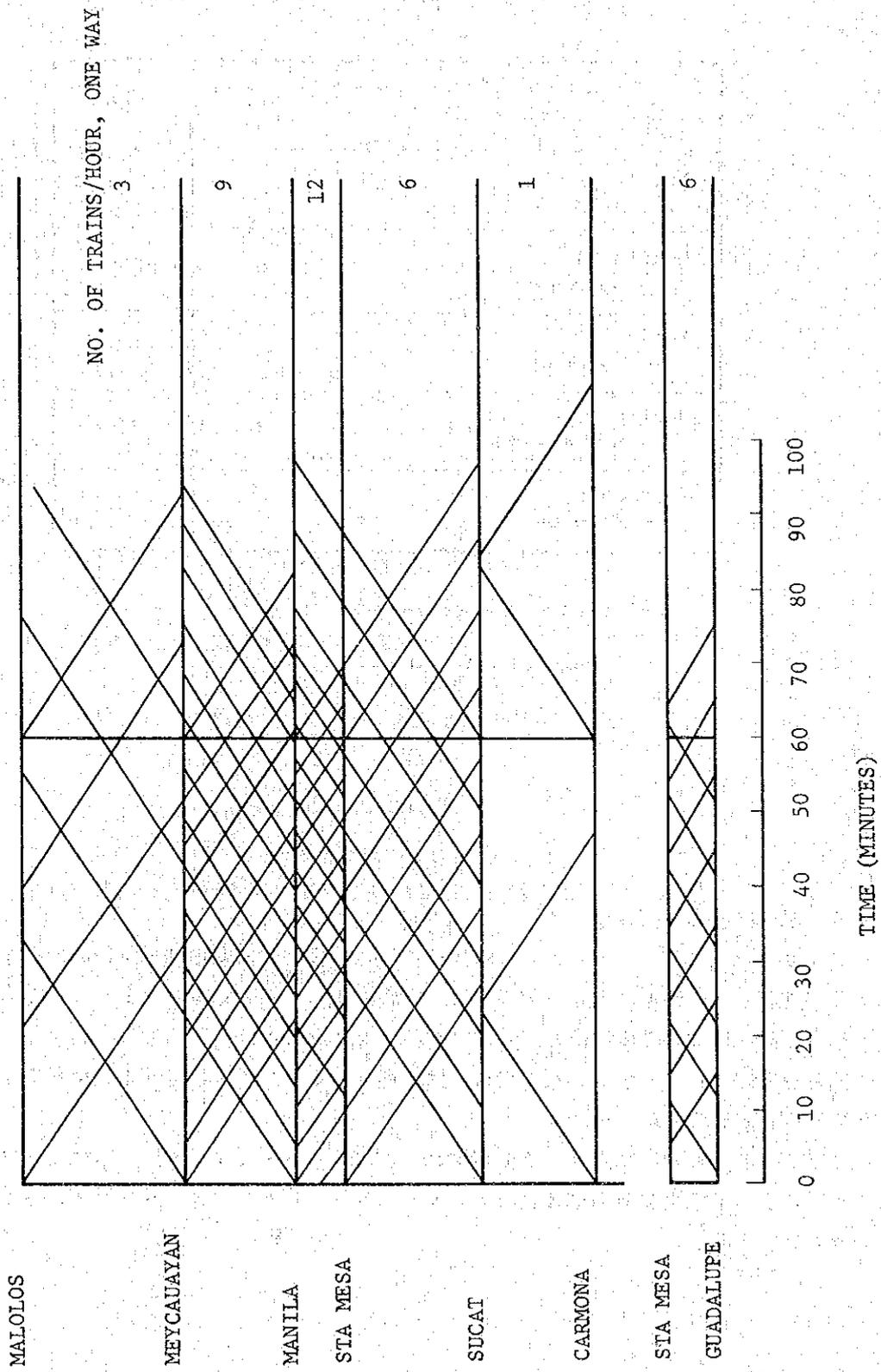


表 3-3 No. of trains in peak hour per one way

Line \ Year	1987	2000
Manila - Sucat	6	8
Manila - Guadalupe	6	8
Sucats - Carmona	1	2
Manila - Meycauayan	9	12
Meycauayan - Malolos	3	4

No. of cars per train are:

Sucats-Carmona line 4

Other lines

1987 6

2000 8

### 3-3 電化区間と施工順序

2-3で電化とディーゼル化の経済比較を行って投資利益率と列車本数の関係を示し、また電化が有利となる時期はディーゼル車の保守費によって著しく変化することを明らかにした。

そこで電化区間等の検討にあたってはディーゼル車の保守費に前述の case 1 と case 2 の中間値を用いることとする。この場合には金利を高くみても1日当りの列車本数が60本で電化することが有利となる。

1987年の列車本数は表3-4に示すごとくスカット～カルモナ間を除いては60本をオーバーする。よって電化が有利な区間はマニラ～スカット、サンタメサ～グアダルッペ、マニラ～マロロスである。

表 3-4 Approximate number of trains per day

Section	Dialy number of trains	
	1987	2000
Manila - Sucat	204	252
Manila - Guadalupe	216	270
Manila - Meycauayan	202	246
Meycauayan - Malolos	62	92
Sucacat - Carmona	ca. 30	ca. 60

次に電化の施工順序は次のようにするのが適当と思われる。

第1番目にマニラ～スカット間を電化すべきである。なぜならこの線はメトロマニラの中心街を走り、カルモナの居住地域に至る重要な線だからである。

第2番目はサンタメサ～グアダルッペ間で電化と同時に前述のようにマニラ～グアダルッペ間は現在と同様直通運転することが必要である。もしサンタメサ～グアダルッペ間の電化が遅れると大量のディーゼルカーが電化区間のマニラ～サンタメサ間に入ることになるからである。電化区間にディーゼルカーが大量に入ることによって生ずる問題点は電車とディーゼルカーの運転特性が違うために電車の高速、高加減速特性を十分に生かせないことおよび電車線路等でたくさん使われているガインを排気ガスで汚すため事故を多く起しがちで、メンテナンスを多く要することである。

第3番目はマニラ～メカワヤン、第4番目はメカワヤン～マロロス電化することが望ましい。

## 4 電化に必要な線路設備

### 4-1 複線化工事

複線化による効果は、

- (1) 単線区間の線路容量は、80～100回が限度と云われているが、複線では、その3倍程度の列車を走らせることができる。
- (2) 単線区間では、1駅間に上下どちらか1本の列車しか走れないため、対向列車を待ち時間があるが、複線ではこの待ち時間がないため、スピードアップができる。
- (3) 列車ダイヤにゆとりができるため、旅客の望むサービスに合った列車を走らせることができる。
- (4) 複線では、列車に遅れがでてでも、影響する列車が少なく回復が早い。
- (5) 線路保守のため、機械を走らせる時間がとりやすい。

ことである。

現在通勤輸送が行われているPNRの単線区間について、次の略算式によって線路容量を試算すると、

$$N = \frac{1440}{t_i + S} \times f$$

N = 1日に走れる列車本数

$t_i$  = 行違い駅間運転時分

S = 列車扱い時分（経験的に1.5分）

f = 利用率（経験的に0.6）

北線では、Balagtas～Malolos間が1日49本で最小となり、この区間の線路容量によって、定まり、東線では、Sta Mesa～Guadalupe間に現在、行違い設備のないことから、1日40本となる。（表-4.1）

一方、表-9より1987年に必要な列車本数は、Manila～Meycauayan間202本、Sta. Mesa～Guadalupe間216本となるから、これらの区間の複線化が必要となる。

Meycauayan～Malolos間については、1987年には、列車本数が62本となるから、行違い設備を設けるか、複線化工事をするか如れかが必要となる。しかし、2000年には、92本の列車本数となるので、この時期までには、複線化が必要である。

### 4-2 停車場設備の改良

将来の輸送需要に対応して、列車本数を増加させるためには、折返し駅および接続駅のホームおよび配線を改良して、運転に必要な設備とする必要がある。

列車が折り返し駅に到着してから、折り返し出発するまでの時間は、現在Carmona線で9分、Guadalupe線で5分となっていることから考えて、5分程度の折り返し時分で運転する

表-4.1.1 北線の線路容量の試算

駅 間		北 行		南 行		平均運転時分	線路容量
		旅 客	通 勤	旅 客	通 勤		
列車本数旅		5	8	5	8	(分)	(本)
MA	CN						
CN	(ACA)						
(ACA)	(PO)						
(PO)	MY	12.0	12.0	11.4	12.7	12.1	63
MY	(MR)						
(MR)	(BO)						
(BO)	TAS	12.8	16.7	12.6	16.7	15.2	51
TAS	(GG)						
(GG)	(YS)						
(YS)	(DK)						
(DK)	ML	12.6	18.1	12.2	17.5	15.7	49

表-4.1.2 東線の線路容量の試算

駅 間		RL	MIA	平均運転時分	線路容量
SA	(COR)				
(COR)	(BYN)				
(BYN)	(ONA)				
(CNA)	(ABO)				
(ABO)	(BON)				
(BON)	(NIG)				
(NIG)	(HU)				
(HU)	UPE	20	20	20	40

場合には、問題はないと考えられる。

表-3.8は1987年および2000年の各線区の1時間あたり最大列車本数である。これより、各線の折り返し時分を求めると、Manila~Sucat線で1987年には5分、Manila~Mecauayanで5分、Mecauayan~Masolosで10分である。

しかし、2000年には、Manila~Mecauayan線では、折り返し時分が3分45秒になると予想される。従って、到着ホームと出発ホームの2面を用いて、交互に次列車到着後、出発させる様配慮する必要がある。

このように、Sucat, Guadalupe, Mecauayanについては、通勤列車のためのホームを2面とすることが必要となり、Manila駅については、Sucat線, Guadalupe線, Malolos線用としてそれぞれ2面ずつ、計6面のホームを準備する必要がある。

また、Sta. Mesa駅については、Guadalupe線の接続駅であるから、2000年には、合計して4面のホームを使用して発着させる必要があると思われる。

列車本数の増加に応じて、必要な旅客設備として、跨線橋または地下通路がある。

これは、短い間隔で進入して来る列車に対して、乗客が安全にホームに渡るために必要な設備であって、乗客サービスのためには、ホームから線路の左右いずれの側の道路にも行ける構造となっていることが望まれる。

特に乗降客が多く、巾の大きい跨線橋または地下通路の設置が必要となる駅は、España, San Lazaro, Tuazon附近の新駅, Guadalupe, その他であると思われる。

通路の巾は、大略1時間3,600人の乗降客あたり1mとし、最少巾員は3m程度が良いと考えられる。

停車場設備の改良についても、輸送需要に応じて実施するものであるから、ディーゼル化、電化の区別なく必要となるものであり、電化の経済計算に含めることは妥当でない。

電化の経済的な時期は、前述の通り、借入金の金利により異なり1日40~140本となる。従って複線化が必要な列車本数とほぼ等しい。

電化と複線化の時期については、既に中間報告に述べた通り、次の理由により複線化工事を先行させることが望ましいと考える。

- (1) 複線化工事前に単線電化を実施すると、すぐ複線電化が必要となり、工事費が重複する。
- (2) 列車運転を実施しながら、電化工事を行うこととなり工事費が高くなる。
- (3) 複線化工事の際に、Squatterを移住させることの方が、電化の際に移住させるより容易と考えられる。
- (4) 電化による線路容量の増は、複線化と比較して効果が少ない。

複線化工事は、線路容量を増加させて、輸送需要を満たす方策であって、電化・ディーゼル化に関わりなく実施すべきものであるから、電化の経済比較については、複線化費用は含めないで、計算するのが妥当である。

#### 4-3 マニラ市内の立体交差

P C Iは、Tayuman通りからTuazon通りに新設される駅を越えて、Ramon Magsay-

say通りまでの、約4 kmを立体交差化する計画を提案している。

立体交差は、道路交通の渋滞を解消することを主目的に実施されるものであり、次の利益がある。

(鉄道側利益)

(1) 踏切除却により、不要となる踏切の保守費：

踏切の保守費は、俸給、諸給与他の人件費、減価償却費、修繕費の物件費がある。

(2) 高架下を倉庫、駐車場その他に貸付けることによる収入

この収入は、大略見積って時価評価による土地評価の約1%である。

(3) 踏切事故の減少による損害額の減少

損害額の減少は、直接の事故復旧費と事故による列車遅延に基因する人件費の増および無駄となる車両減価償却費がある。

(道路側利益)

(1) 踏切の遮断時間だけ交通量が滞留していると考え、立体交差により節約される人件費および自動車の物件費

(2) 踏切で一旦停止し、再び加速するために余分に消費される燃料費

立体交差のための費用分担の方法として、原因者が負担する原則に基づいて、利益を享受する考え方による方法がある。

この方法によると、単純に連続立体交差を行う場合には、都市計画者と鉄道事業者の費用の負担は表-4.2によることとなる。

表-4.2 連立立体交差の費用の負担の一方法

		鉄 道 事 業 者	都 市 計 画 施 行 者
高 架 設 備 費	鉄 道 既 設 分	鉄道受益相当額	残 額
	鉄 道 増 強 分	全 額	—
貨 物 設 備 等 の 移 転 費	鉄 道 既 設 分	移転先用地の取得に要する額	施設の移転に要する額
	鉄 道 増 強 分	全 額	—

立体交差の方法として、

(1) 単独立体交差方式

(2) 連続立体交差方式

がある。

単独立体交差方式は、跨線道路橋を設置し、道路を鉄道上に通す方法と、鉄道下に道路を通す地下通路を設置する方法があり、前者は既に Dimasalang 通りおよび Ramon Magsaysay 通りに完成している。

この方法は、

- (1) 工事が単独に施工できること、および必要に応じて、交通量の多い場所から施工出来るため、少ない投資に応じて効果を早くから上げられる。
- (2) 構造物の荷重が軽く、こう配の制限もゆるやかであるため、構造物の設備費が比較的安く、工事も鉄道の運転と競合する部分が少なくなり、容易となる。
- (3) マニラ市の場合、Squatter の移住は一部だけで良い。

利点があげられる。しかし一方、

- (1) 沿道の環境に変化が起り、都市計画上好ましくない場合が多い。
- (2) 地下水位が高く湧水が多い場合には、規模の多いポンプ設備が必要である。
- (3) 立体交差の必要な踏切が近接して沢山ある場合には、連続立体交差と比較して工事費が高くつく欠点がある。

一方連続立体交差方式には、

- (1) 鉄道高架によるもの
- (2) 地下鉄道によるもの

があり、

- (1) 多くの踏切を一度に立体交差できる。
- (2) 都市計画的にみて、道路沿線の環境変化は比較的少なく、道路沿線が繁華街の場合には、影響が少ないため、工事を計画しやすい。

利点があるが、一方

- (1) 鉄道を通しながら施工するため、工事が複雑となり工事費が高くなる。
- (2) 日照、電波障害その他、環境変化に対して好ましくない問題が生じる。
- (3) 地下鉄道による連続立体交差は、マニラ市のように、雨期に地下水位の高くなる場合には工事費が高くなり適さない。

欠点がある。

マニラ市のように、一国の首都である大都市の立体交差工事は、将来の都市計画、あるいは都市の美観に対する配慮が大切であり、単に工事費の大小により決定することはできない。

立体交差は、道路の渋滞に対する受忍限度により工事が実施される場合が多く、単に列車回数で決めるわけにはいかず、遮断により滞溜する自動車の数を目安として決める場合が多い。

通常の場合、1日の自動車交通量と踏切遮断時分の積を求め、この値が5,000台・時/日を越えると、立体交差の必要がある場合が多くなり、22,000台・時/日を越えれば、立体交差が必要となると、考えられる。

この区間では、1987年に列車本数が420本必要となることから、列車1本あたりの遮断時分は、30秒～2分の間であることから、平均1分と考えれば、1日7時間遮断されることとなり、1日あたり3,000台以上自動車交通量のある踏切は、立体交差の必要があると考えられる。

立体交差工事は、道路交通上の必要に応じて工事が実施されるものであるから、この費用を電化の経済計算に含めることは、妥当ではない。

なお、P C I の提案する連続立体交差化工事の施工について

(1) 線路敷片側の Squatter を排除し、線路敷の中央を外して高架工を行う方法

(2) 線路敷の両側の Squatter を排除して、中央に高架工を行う方法

があるが、これらは工事の容易さと、高架下の利用方法の両方を考えて決めることとなる。

また、D P H のコンサルタントの述べている 100 ～ 120 秒あたり 3.0 ～ 3.5 % 以内の遮断時分については、踏切が構内から離れている場合には可能となるが、マニラのように駅が近い場合には、これより大きくなる可能性がある。

運転ダイヤによるが、列車のすれ違いがたえず踏切上で起る場合には、D P H の提案を満足する場が起きることがある。しかし、これは列車の遅延あるいは、ダイヤの変更により、条件が変るものであるから、この考えは単独立交方式の優先順位を決めるとか、単独立交が進んでいない場合に渋滞をいく分でも緩和するために考慮する方法になる。

#### 4-4 車両基地設備

P N R では、現在、ディーゼル車用の車両基地がマニラ駅構内に設置されているが、今年度ディーゼル車の増備に伴って、F T I に車両基地を建設する予定でいる。

この車両基地計画においては、P N R 独自の修繕および検査体系に基づいて、車庫内の修繕線および検査数が決められており、表 4.3 の通りである。

表-4.3 F T I の検修計画

検 修 項 目	回帰日数	検修所要日数	車庫内線数
A 修 繕	2 年	21日	1 (6両分)
B 修 繕	1 年	14日	1
部 分 検 査	6ヶ月	3日	1
定 期 検 査	1ヶ月	1日	1
仕 業 検 査	毎 日	20分	1

これらは、電車化された場合に若干の相違はあるものの、さほどの変化はないと考えられること、日本の標準に合わせると、余裕があることから考えて、F T I の設備は、電化後若干の改修により使用できると考えられる。

この場合、あらかじめ、電車とディーゼル車の検修に要する巾員、建築限界の差による天井高さの差を計画して F T I 車両基地の工事を実施する必要がある。

電車とディーゼル車の検修に必要な巾員の比較は、

(ディーゼル車)		線路中心間隔	
修繕線相互			6.0 m
修繕線と側壁	エンジン取出側		5.0 m
	その反対側		3.5 m
修繕線とその他の線	エンジン取出側		6.5 m
	その反対側		5.0 m
交番検査線と側壁			3.5 m
交番検査線相互またはその他の線			5.0 m
仕業検査線相互またはその他の線			5.0 m
仕業検査線と側壁			3.0 m
(電車)			
修繕線相互			7.5 m
修繕線と側壁			4.5 m
交番検査線相互またはその他の線			5.0 m
交番検査線と側壁			3.5 m

である。

また電車庫内の天井クレーン設備の高さは、大略図-4.1が標準的であるから、これらを考慮して、計画する必要がある。

収容線および電留線の数、運転ダイヤの計画により異なる。PCIの求めたピーク時の需要者数(表-6)と、1987年1月の乗車報告より推定すると、1987年および2000年の時間別需要は、図-4.2となり、これを用いて、仮に運転ダイヤ(参考図)を求めて、収容線と電留線の計画をすると、表-4.4となる。

表-4.4.1 所要編成数

線 区	1987	2000
南 ・ 東 線	14	14
北 線	12	21
計	26	35

表-4.4.2 望ましい収容線数(予備編成は除く)

駅名	1987	2000
Malolos	7	9
Meycauayan	2	2
Caloocan	1	1
Manila	5	6
Gaudalupe	2	2
FTI	8	14
Sucot	1	1

図 4.2-1 Estimated Hourly Traffic Volume of Southern Main Line

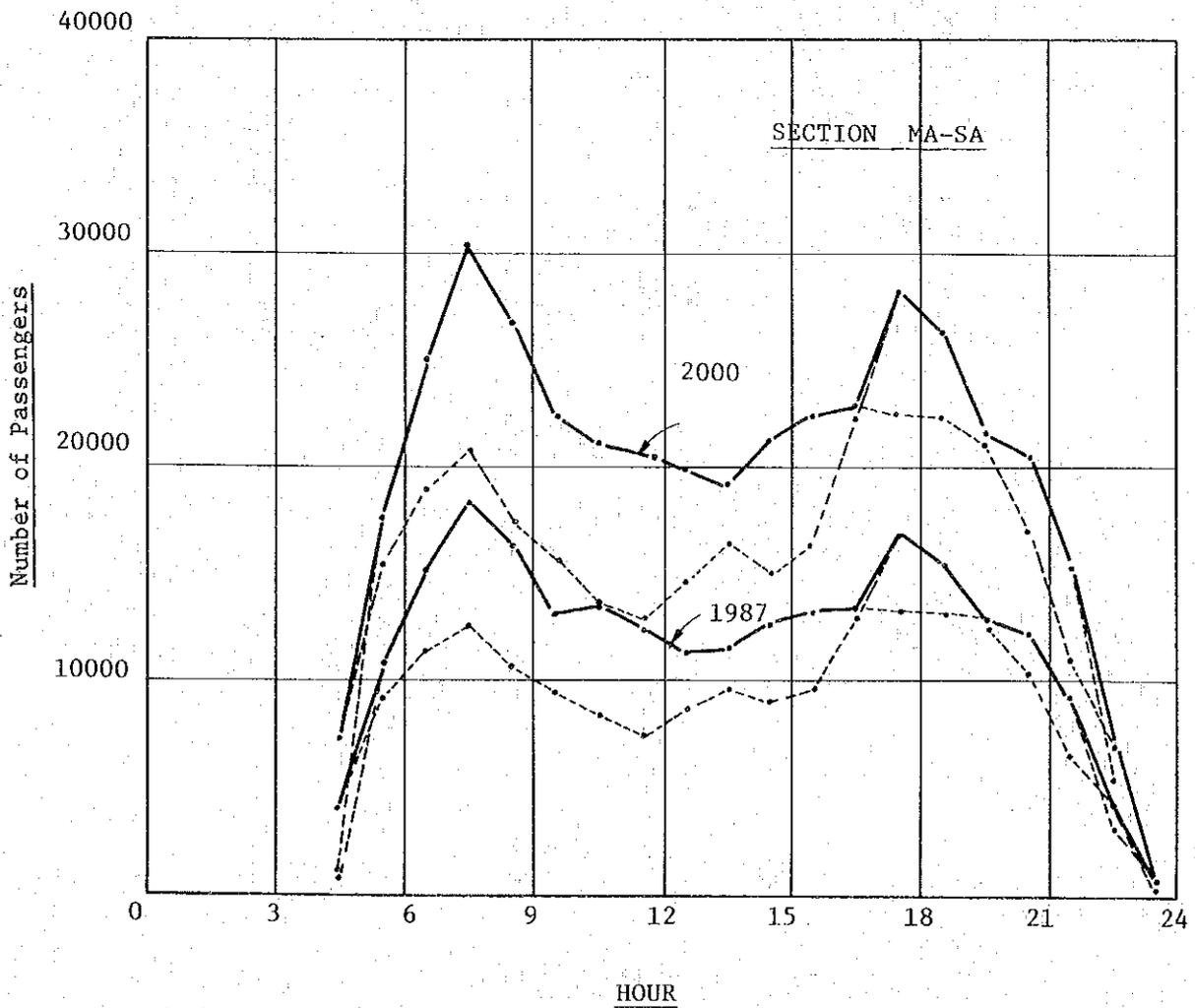
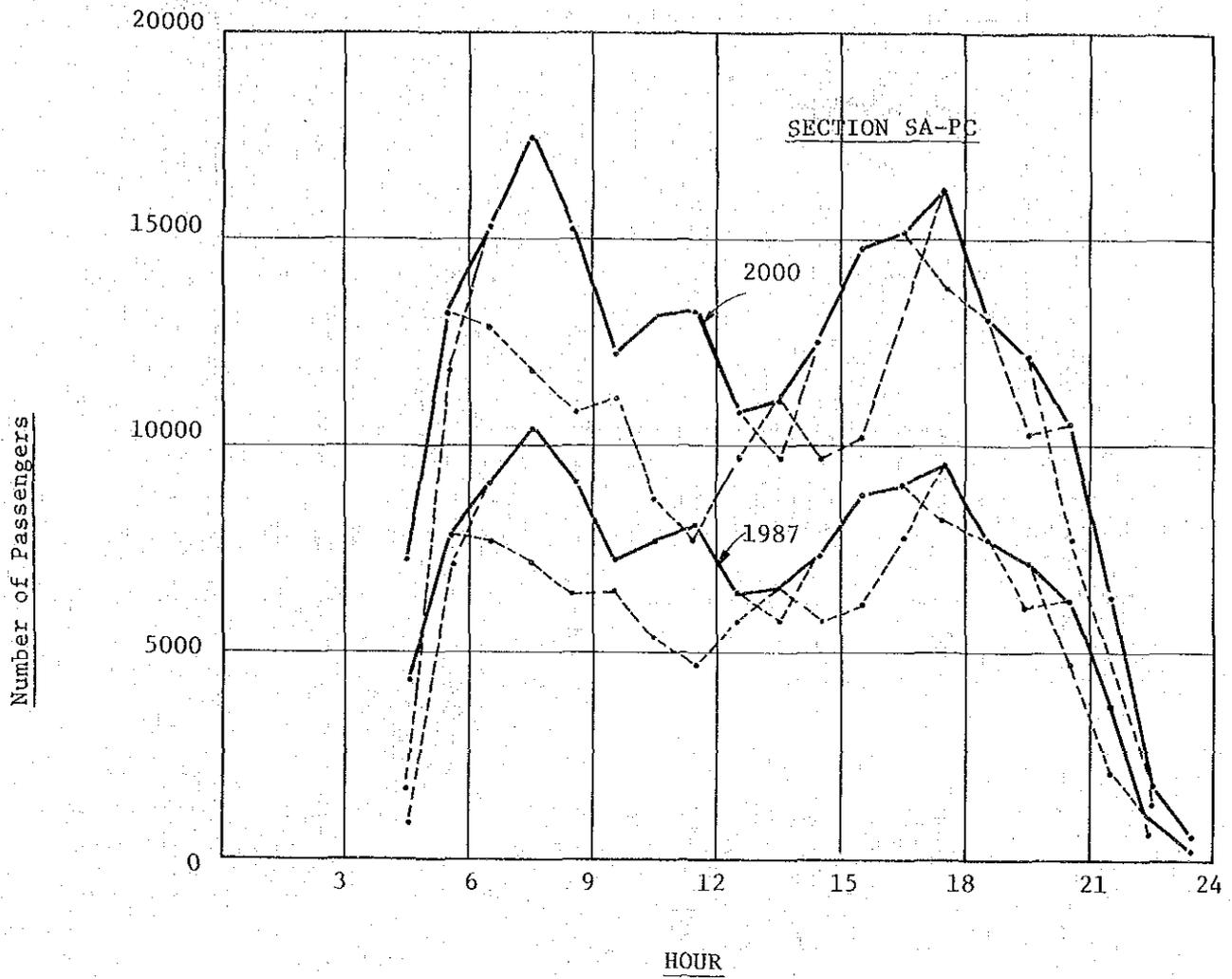
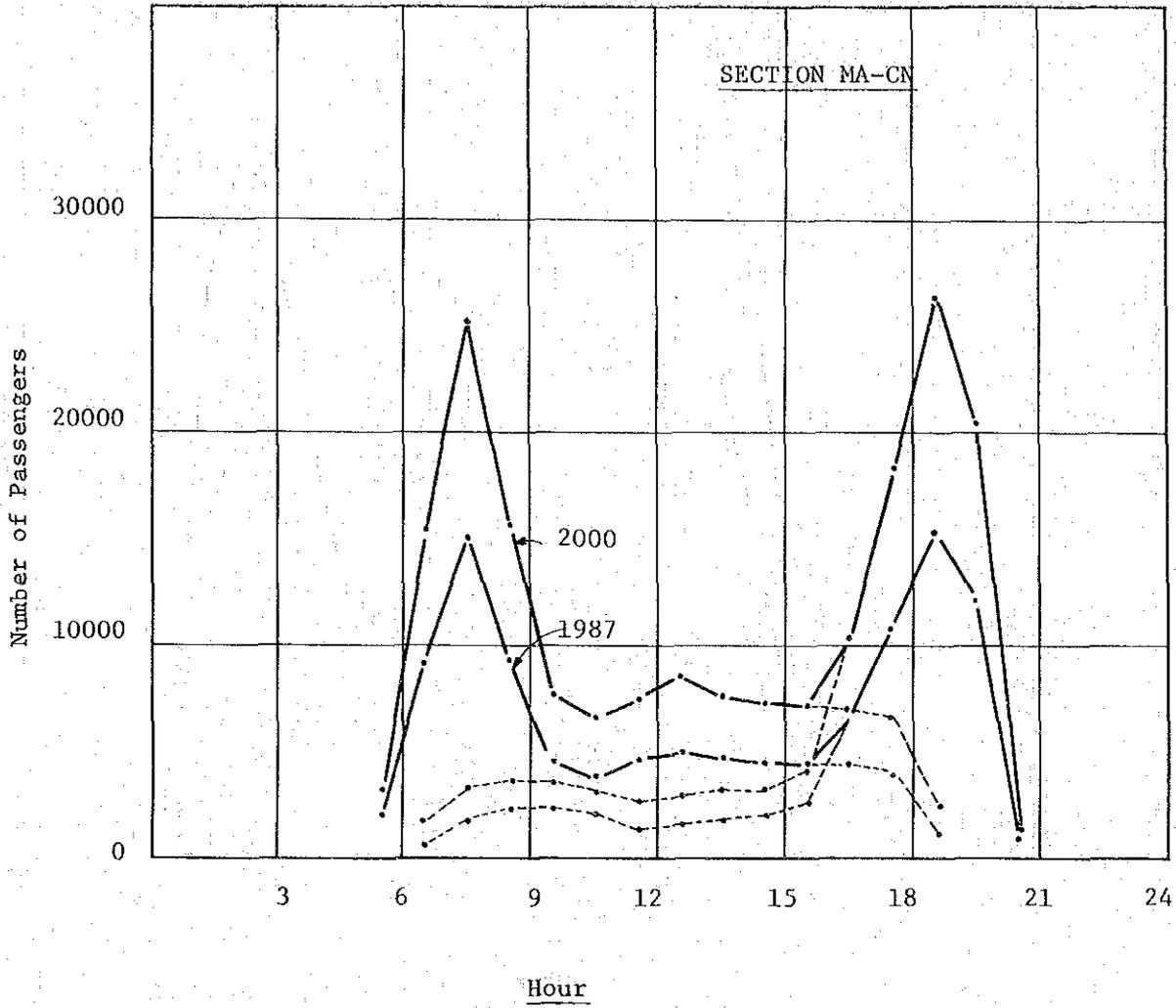


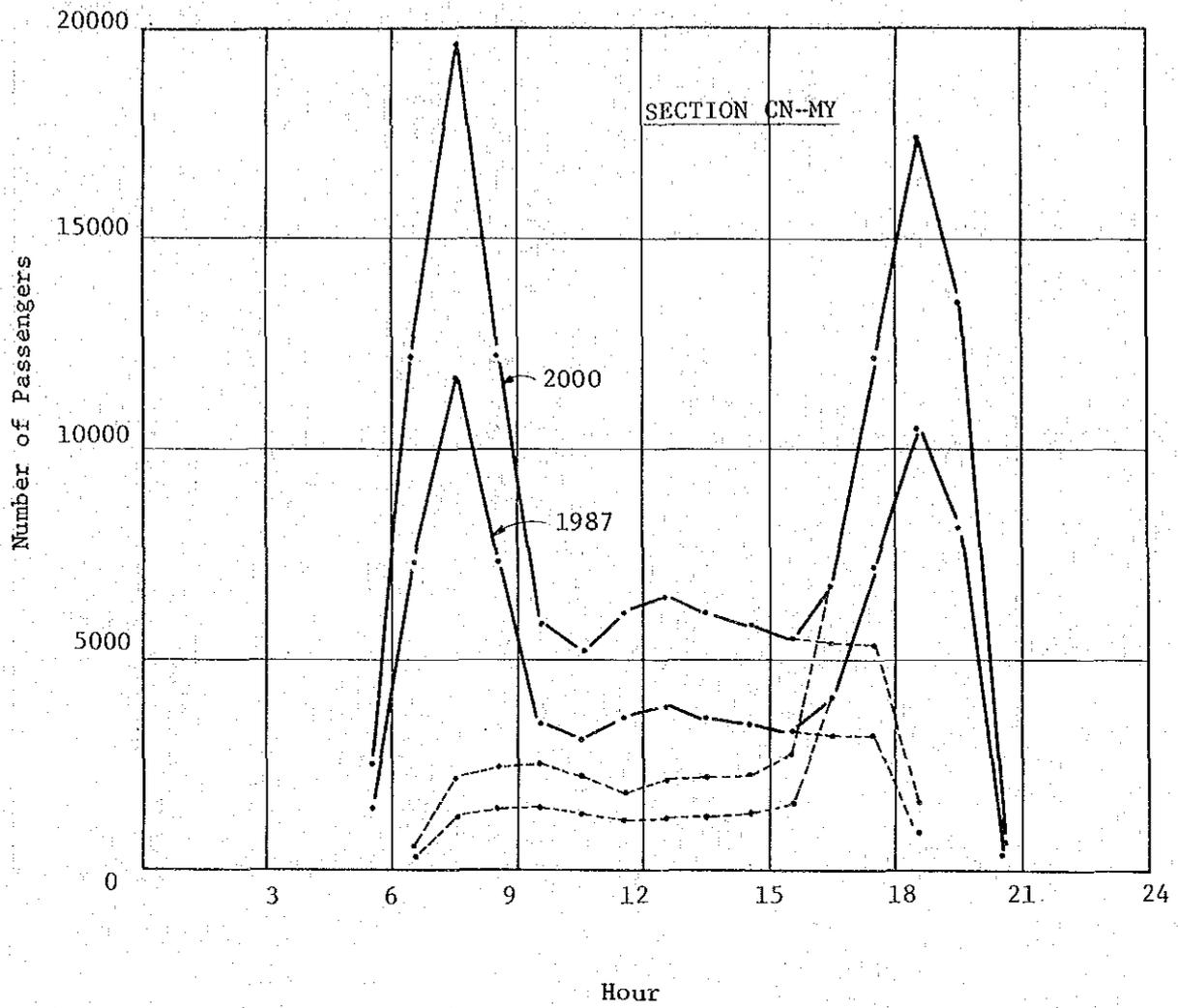
图 4.2-2 Estimated Hourly Traffic Volume of Southern Main Line



4.2-3 Estimated Hourly Traffic Volume on Northern Main line



4.2-4 Estimated Hourly Traffic Volume of Northern Main Line



4.2-5 Estimated Hourly Traffic Volume of Northern Main Line

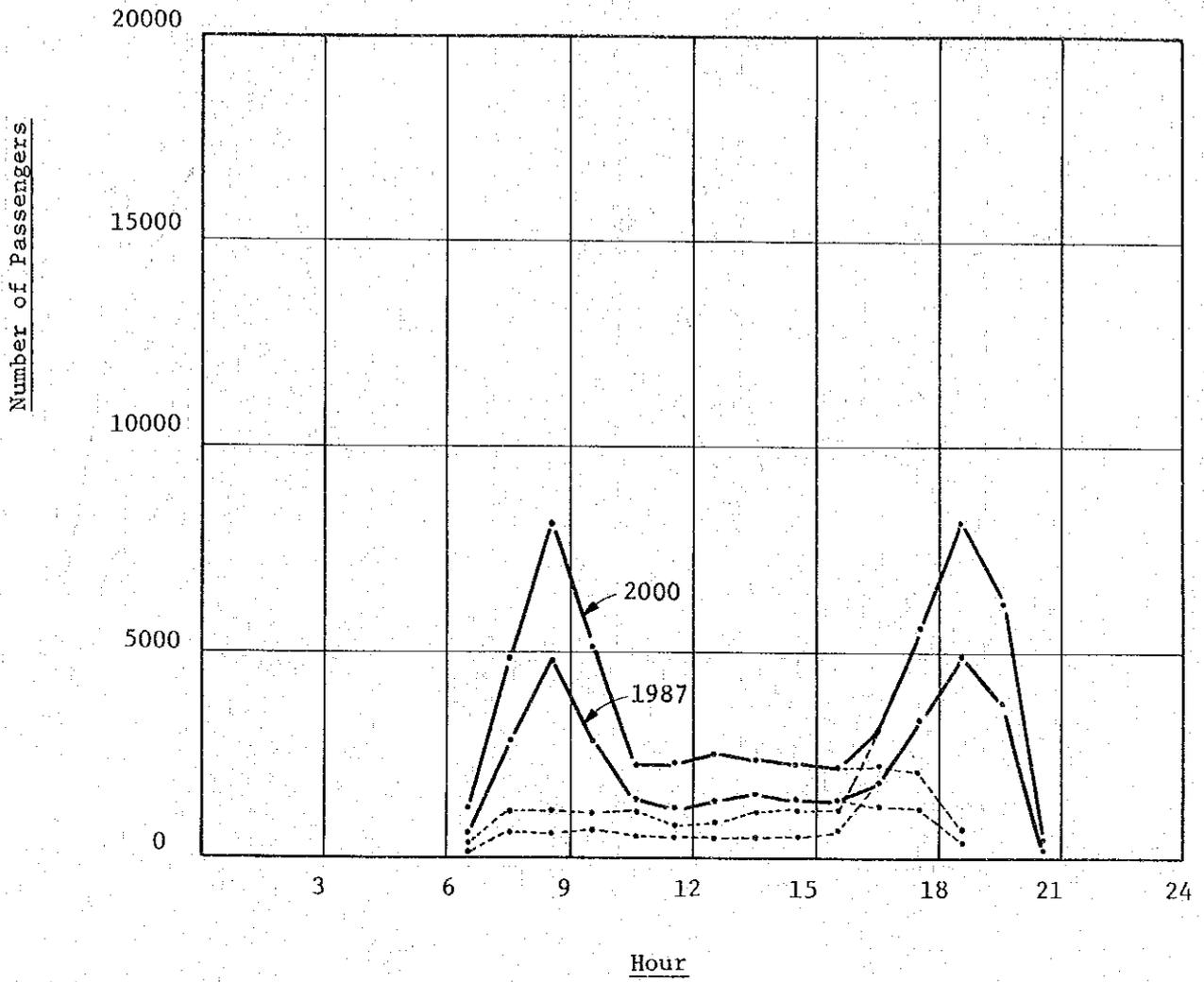
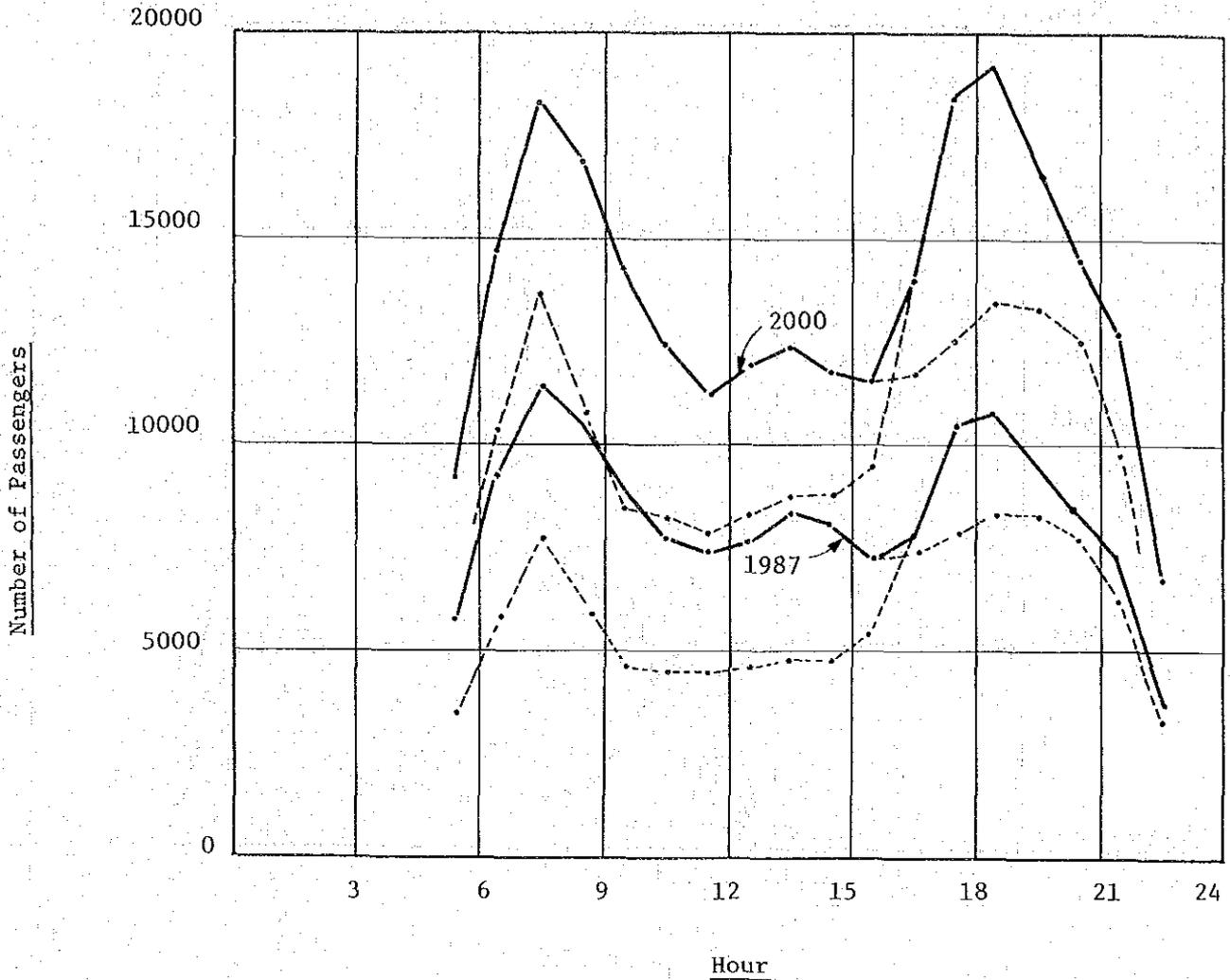


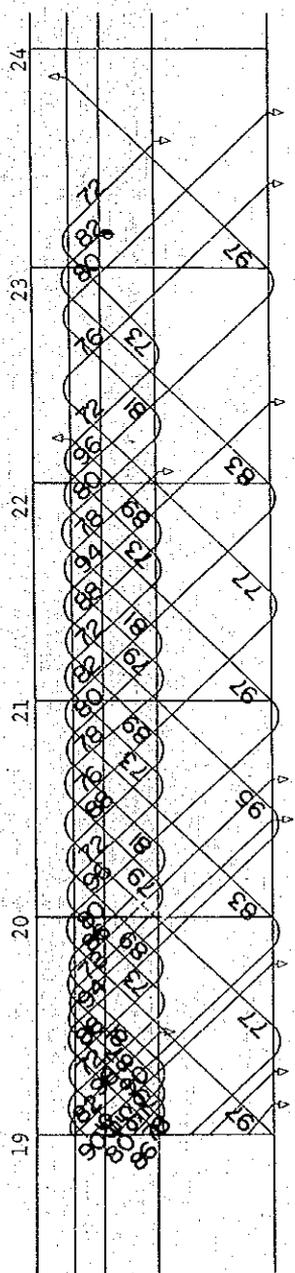
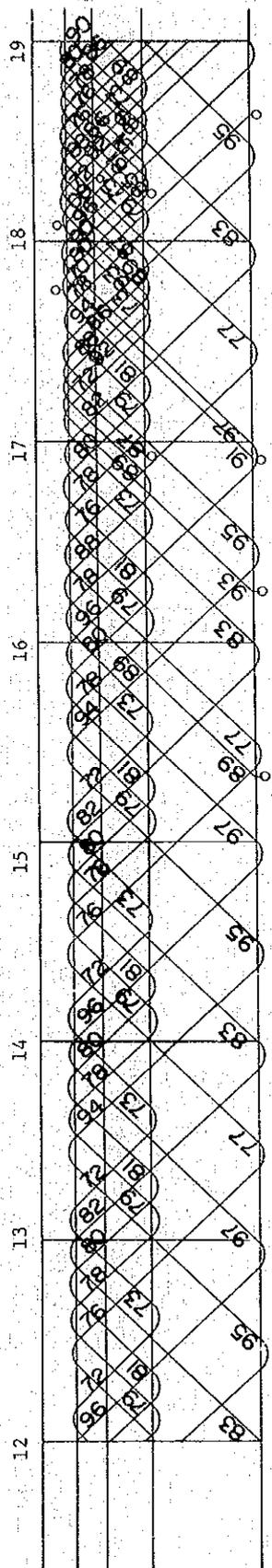
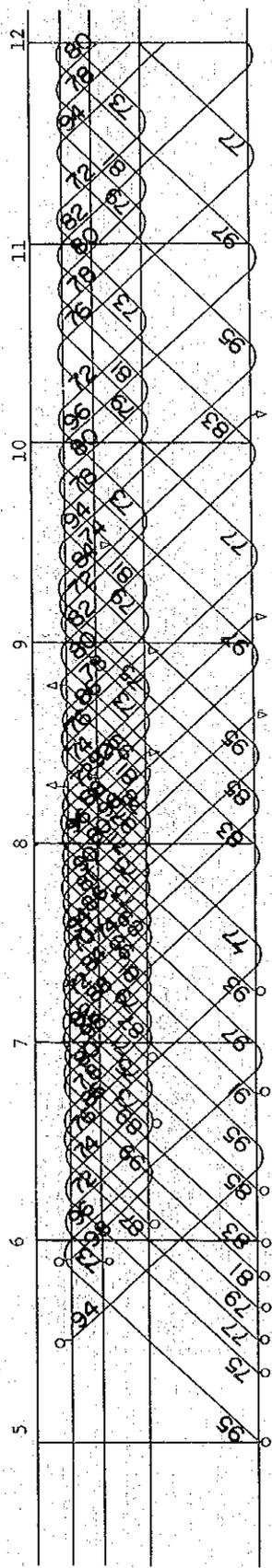
図 4.2-6 Estimated Hourly Traffic Volume on Guadelupe Line



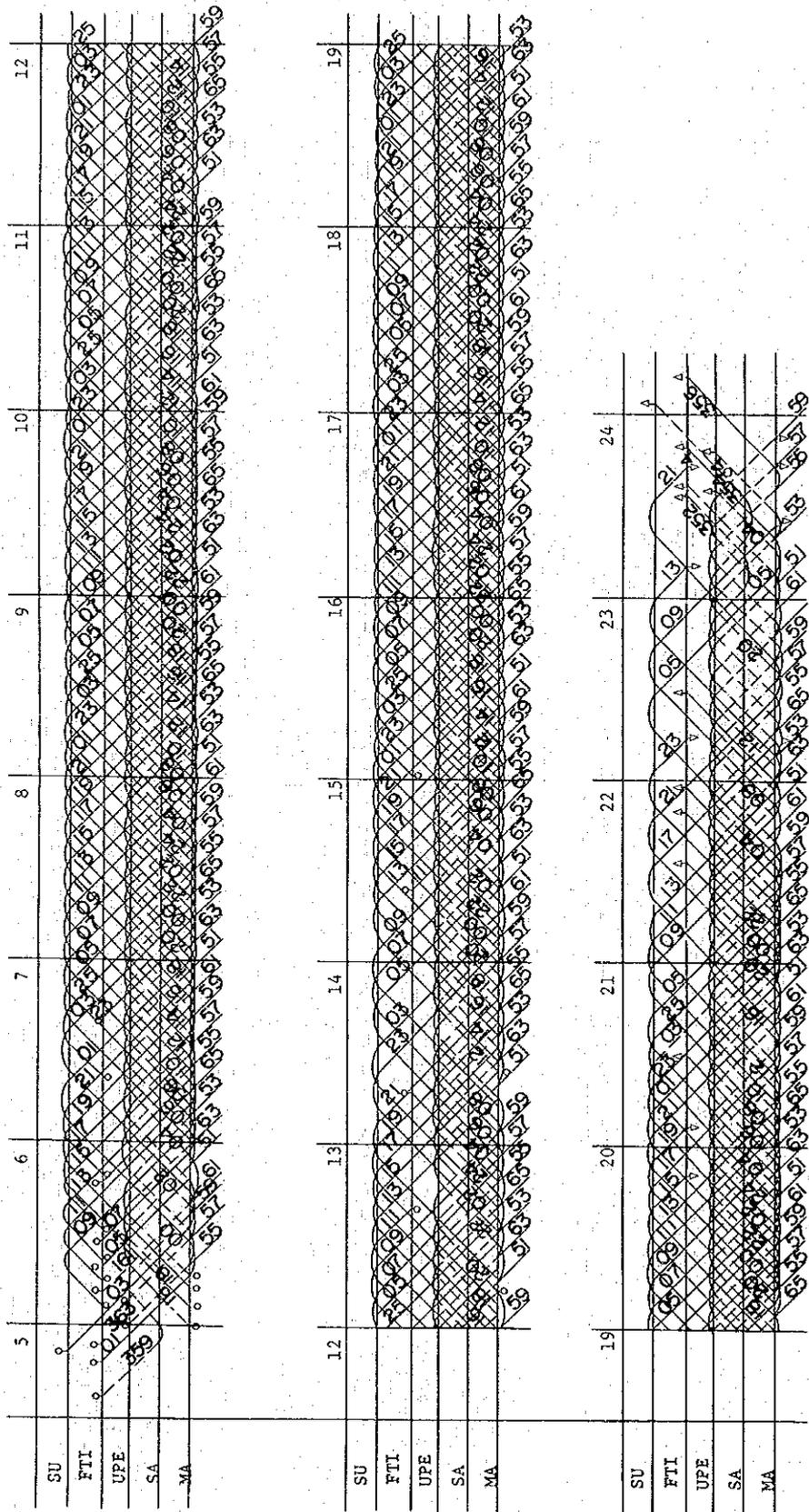
これらの車内基地設備は、車庫内の巾員の差および、天井の高さを除いて、ディーゼル車による運転の場合も同様である。

従って、電化の経済計算には、これらの差額を含めることとなるが、これらは投資総額からみて僅かであるので、無視できると考えた。

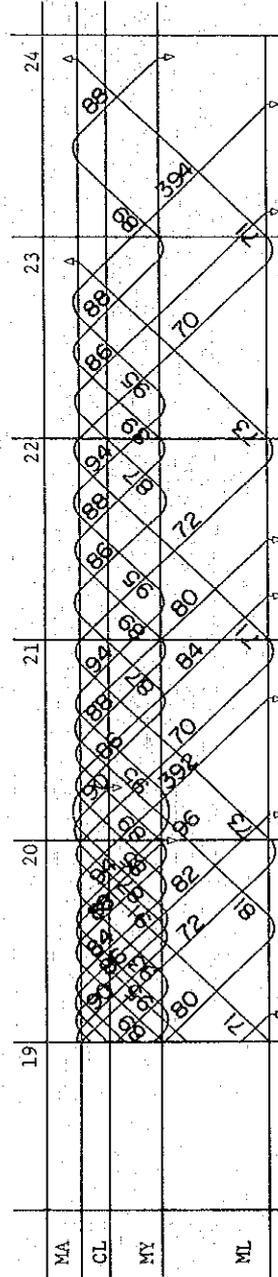
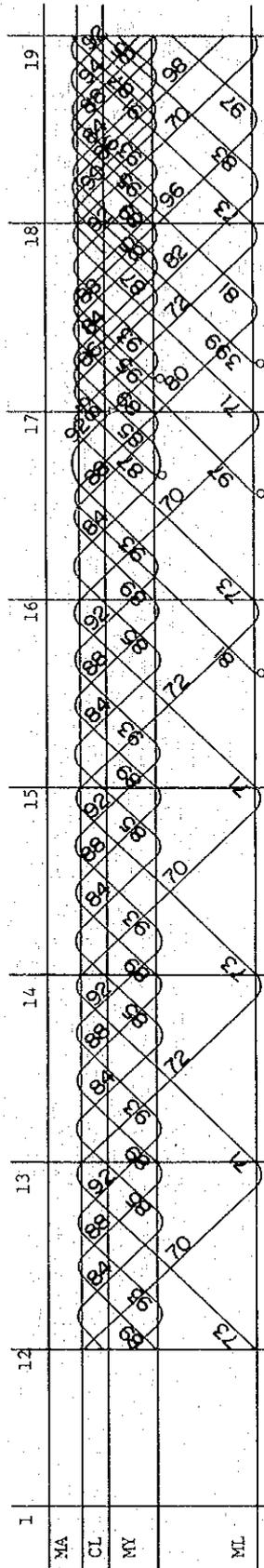
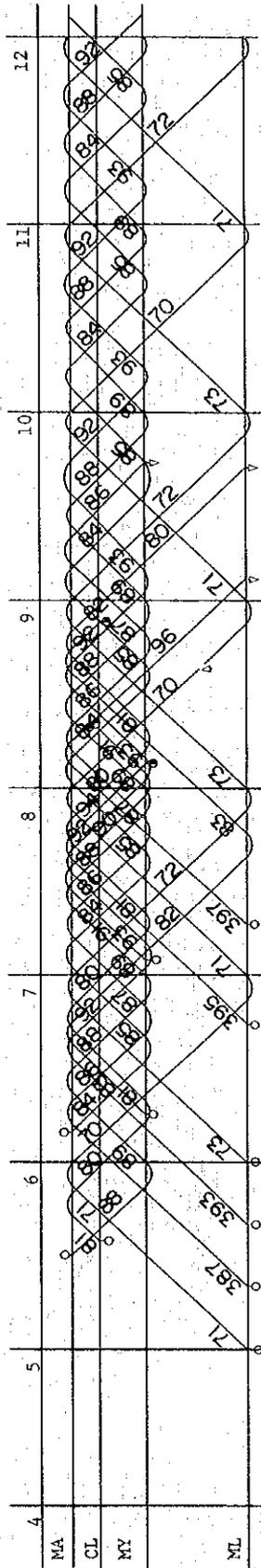
Tentative train operating diagram on north line (2000)



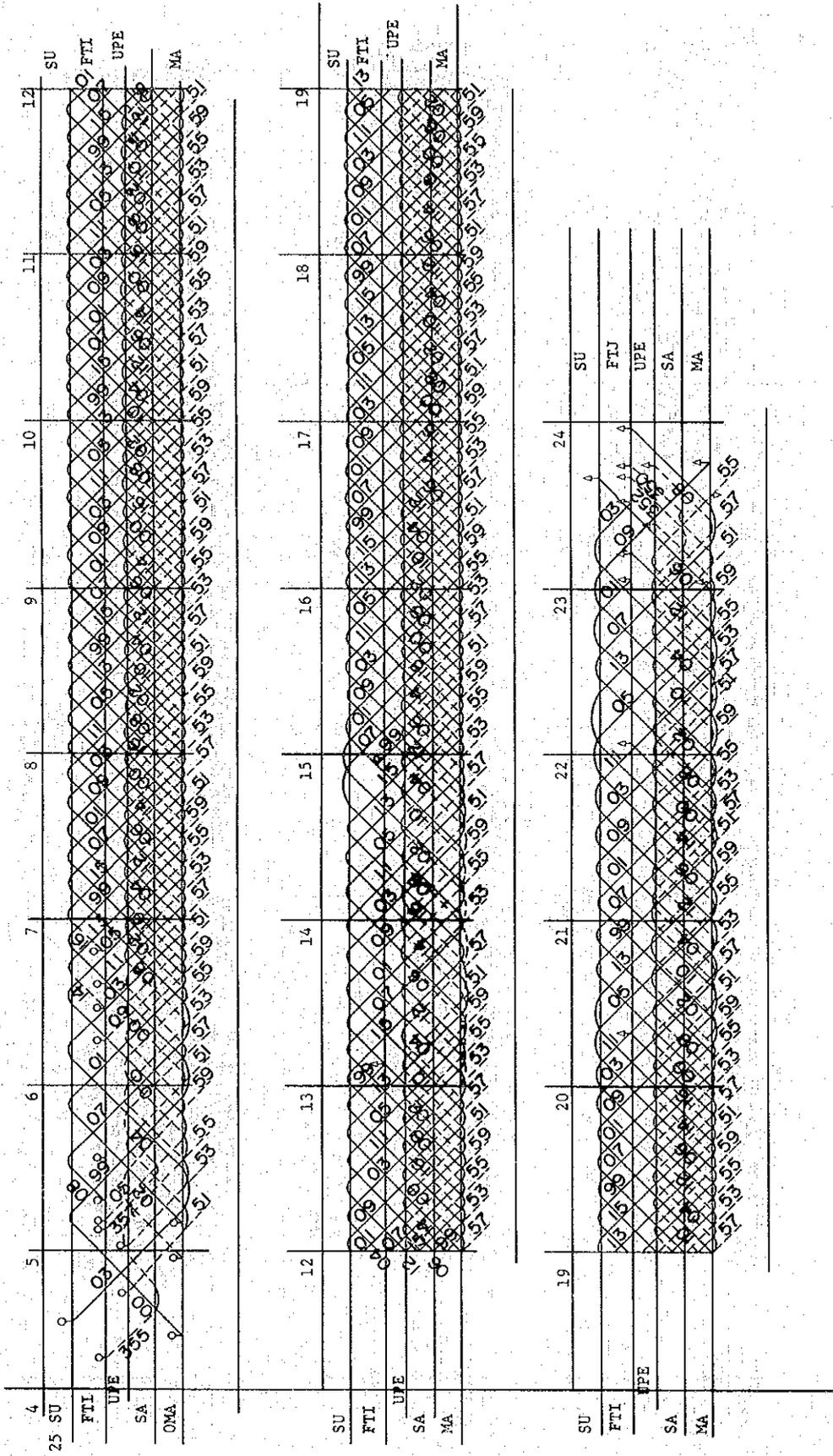
Tentative train operating diagram of south line (2000)



Tentative train operating diagram of north line (1987)



Tentative train operating diagram of south line (1987)



#### 4-5 軌道構造および軌道材料

1987年および2000年には、前述のとおり、現在よりも多くの列車運転が必要となる。

列車を高速で頻繁に運転すると、次の理由により、線路の保守作業が増加することが知られている。

- (1) 荷重の繰り返しが増加すると、道床の沈下が進み、不等沈下により軌道の狂いが発生する。
- (2) 列車速度が増加すると、道床に衝撃が加わり、道床の狂いが助長される。
- (3) 車輪の通過によりレール磨耗が進行し、まくらぎの食い込みが進行するなど、軌道材料の損耗が進む。

これらの現象を修復し、軌道を良好な状態に保つために、保守作業が増加するが、保守作業が極端に増加して、非効率且つ不経済となることを避けるため、軌道構造を、次の方法により強化しておくことが大切である。

- (1) 大きな断面のレールを使用し、その剛性により、道床圧力を少なくすると共に、交換周期を増加させる。
- (2) まくらぎの数を増加させて路盤の圧力を少なくすると共に、タイプレートを用いて、まくらぎの食い込みを緩和させる。
- (3) 道床を厚くし、砕石を用いることにより、道床内の振動加速度による狂いの進みを少なくする。
- (4) 軌道の単位延長あたりの重量の増加は、軌道の振動を少なくし、軌道狂いを少なくする。
- (5) レールを弾性締結し、道床の振動加速度を少なくし、軌道狂いを少なくする。

定量的にこれらの関係を求めるために、PNRの現在と将来の保守量を、経験式を用いて比較してみる。

定期修繕方式以前の日本の線路保守量は、平均的に、次の経験式で求められる。

$$Y = 0.730 + 0.125 PLM + 0.026 W$$

ここで、

Y : 1 kmあたり保守要員

P : 保守水準の差による保守量係数

L : 荷重係数

M : 構造係数

W : 年間通過トン数

である。

荷重係数は(L)は、

$$L = \Sigma (\text{車両係数}) \times (\text{通過トン数}) \times (\text{速度})$$

で表わされ、PNRの車両、現在および将来の運転ダイヤから、図-4.3のとおりとなる。

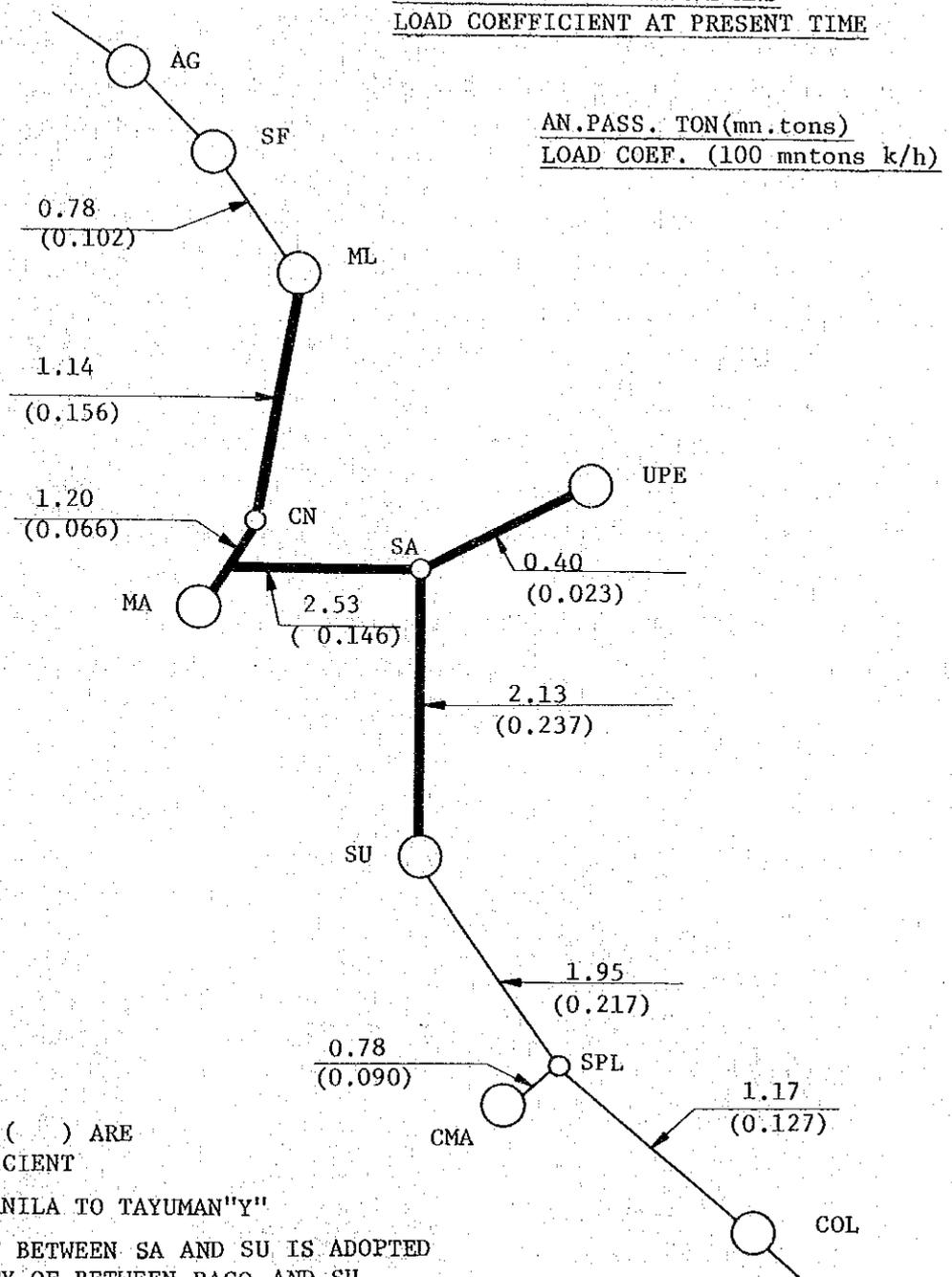
また構造係数(M)は、標準的な軌道構造について表-4.5のとおりとなる。

これらの数値は、日本の車両について求められた経験則によっているが、PNRで使用している車両は、日本で使用している車両と余り差がないので、これらの値を使用して計画する。

また、保守量係数(P)の値は、日本の例からみて、年間通過トン数500万トン以下では

☒ 4.3.1

ANNUAL PASSING TONNAGE AND  
LOAD COEFFICIENT AT PRESENT TIME



NOTE

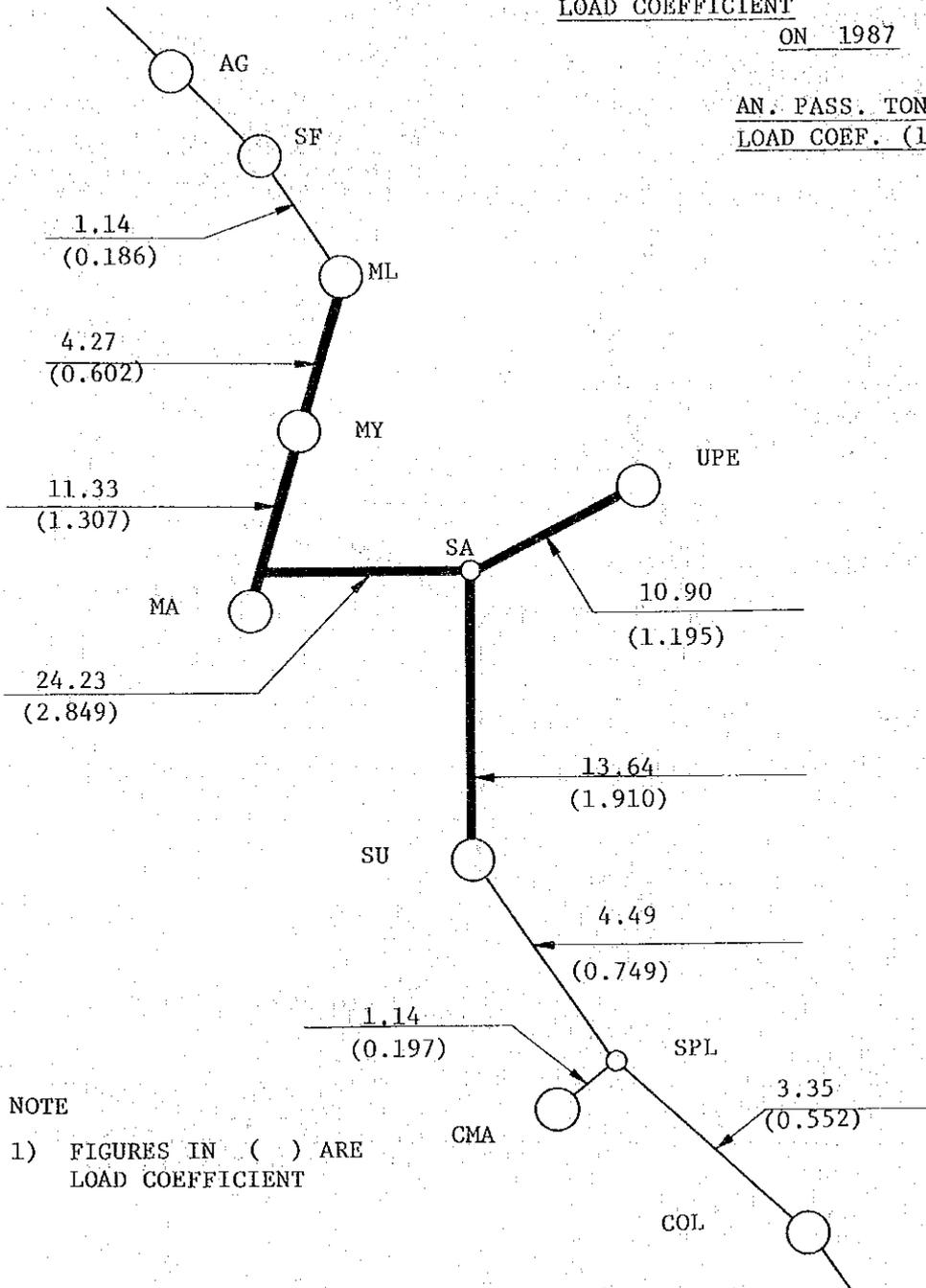
- 1) FIGURES IN ( ) ARE LOAD COEFFICIENT
- 2) EXCLUDED MANILA TO TAYUMAN"Y"
- 3) VELOCITY OF BETWEEN SA AND SU IS ADOPTED THE VELOCITY OF BETWEEN PACO AND SU.

☒ 4.3.2

ANNUAL PASSING TONNAGE AND  
LOAD COEFFICIENT

ON 1987

AN. PASS. TONS. (mn tons)  
LOAD COEF. (100mn tons.k/h)



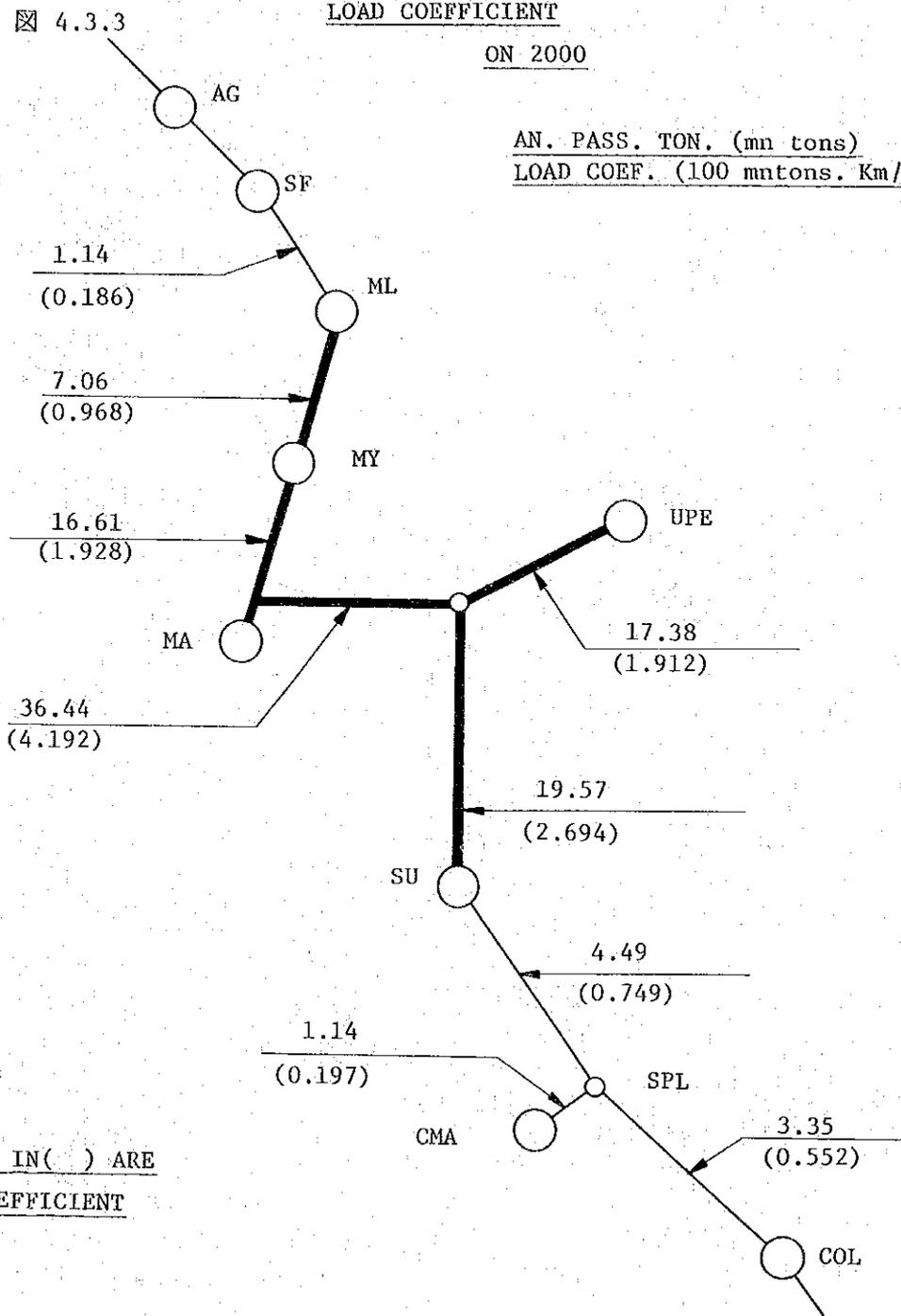
NOTE

- 1) FIGURES IN ( ) ARE LOAD COEFFICIENT

ANUAL PASSING TONNAGE AND  
LOAD COEFFICIENT

ON 2000

AN. PASS. TON. (mn tons)  
LOAD COEF. (100 mntons. Km/h)



NOTE

- 1) FIGURES IN ( ) ARE  
LOAD COEFFICIENT

0.53, 同じく 1,000 ~ 2,000 万トンに対して 0.7 と仮定する。

これらの数値を用いて, 1 km あたり必要な保守要員数を求めると, 表-4.6 のとおりである。

現在 PNR においては, 保守基準が定められていないため, 図-4.4 の如く, かなり大きな軌道狂いが存在していると認められる。

これは, 車両の動揺と競合して, 原因が明確でない途中脱線を起こす一因となっている。しかし, 列車本数が増加すると, 途中脱線を起こした列車に対向列車が衝突して大惨事を引き起す危険が増えるので, 早期に保守基準を定めて, 途中脱線事故の防止を図る必要がある。

車両が脱線を起こす程度に軌道状態が悪化すれば, 動揺が激しくなり, 乗り心地は悪くなると想定される。従って, 線路を乗り心地の悪くない状態に整備すれば, 脱線事故は防げると考えられる。

表 4.5.1 Structure Coefficient of Track

30kg (65 lb) Rail, Crushed Stone Ballast

Tie spacing Depth of ballast	66 cm	65 cm	62 cm	60 cm	58 cm
150 mm	3.57	3.43	3.26	3.12	3.00
200 mm	3.21	3.17	3.00	2.89	2.78

30 kg (65 lb) Rail, Sieved Gravel Ballast

Tie spacing Depth of ballast	66 cm	65 cm	62 cm	60 cm	58 cm
150 mm	5.57	5.35	5.08	4.87	4.68
200 mm	5.00	4.95	4.68	4.51	4.34

Note

1. Tie spacing is the distance between two sleeper except at the joint.
2. Depth of ballast is the distance between bottom of sleeper and road surface at under the rail.

表 4.5.2 Structure Coefficient of Track

37 kg (75 lb) Rail, Crushed Stone Ballast

Tie spacing Depth of ballast	66 cm	65 cm	62 cm	60 cm	58 cm
150 mm	2.50	2.47	2.32	2.25	2.16
200 mm	2.32	2.29	2.14	2.08	1.99
250 mm	2.14	2.11	1.98	1.92	1.83

37 kg (75 lb) Rail, Sieved Gravel Ballast

Tie spacing Depth of ballast	66 cm	65 cm	62 cm	60 cm	58 cm
150 mm	3.90	3.85	3.62	3.51	3.37
200 mm	3.62	3.57	3.34	3.24	3.10
250 mm	3.34	3.29	3.09	3.00	2.85

表 4.5.3 Structure Coefficient of Track

50N Rail, Crushed Stone Ballast

Tie spacing Depth of ballast	66 cm	65 cm	62 cm	60 cm	58 cm
150 mm	1.48	1.46	1.38	1.32	
200 mm	1.36	1.35	1.28	1.23	1.16
250 mm	1.26	1.25	1.18	1.13	1.07

50N Rail, Sieved Gravel Ballast

Tie spacing Depth of ballast	66 cm	65 cm	62 cm	60 cm	58 cm
150 mm	2.31	2.28	2.15	2.06	
200 mm	2.12	2.11	2.00	1.92	1.81
250 mm	1.97	1.95	1.84	1.76	1.67

表 4.6 Maintenance crew requirements when track is not strengthened

Section	Present	1987	2000
ML-CN	0.808	1.087	1.310
CN-MA	0.782	1.560	1.951
MA-SA	0.818	1.931	2.517
SA-UPE	0.748	1.503	1.965
SA-SU	0.821	1.467	1.779

(Tamping workers/km)

日本製の客車の軌道狂いに対する乗り心地の変化は、図4.5のとおりであって、これより、高低狂い8mm程度が、保守基準として適当ではないかと思われる。従って、8mmを仮の基準として、保守をする場合の保守量を計算して、必要な軌道構造を求める。

軌道保守作業のうち、最も人手を多く必要とするのは、線路のつき固め作業であり、保守が困難とならないためには、一旦つき固めた後、再びつき固めるまでの保守周期が180日以上であることが望ましい。

軌道のつき固め周期(T)は経験的に次の式で表わされる。

$$T = \frac{Y \ell \ln^2 - 31.67}{0.001907 W \cdot e^{0.72 M}}$$

ここで、

T：つき固め周期(日)

W：年間通過トン数(百万トン)

e：自然対数の底

M：構造係数

この値をPNRの条件に基づいて計算すると、表-4.7の通りとなり、1987年までにma-lolos-manila, Sta.Mesa-Guadalupe間は37kgレールに、manila-Sta.Mesa間は50kgレールに交換しておくことが望ましい。

また、2000年までには、Sta.Mesa-Sucat間を50kgレールに交換しておくことが望ましい。

これらを図-4.6に示す。

列車が増加すると、レールの磨耗は増えて交換が早くなる。これを緩和するには、

- (1) 硬頭レールを使用する。
- (2) 炭素量の多い硬いレールを使用する。
- (3) 車輪の摩耗形状に合わせた頭部形状のレールを使用する。

ことが望ましい。このために40N, 50Nレールが特に設計されており、磨耗を減らす効果がある。

電車の高加減速性能に対して、レールのふく進防止を配慮する必要がある。そのためには、レールの弾性締結によるか、アンチクリーパーまたはふく進防止杭による方法がある。

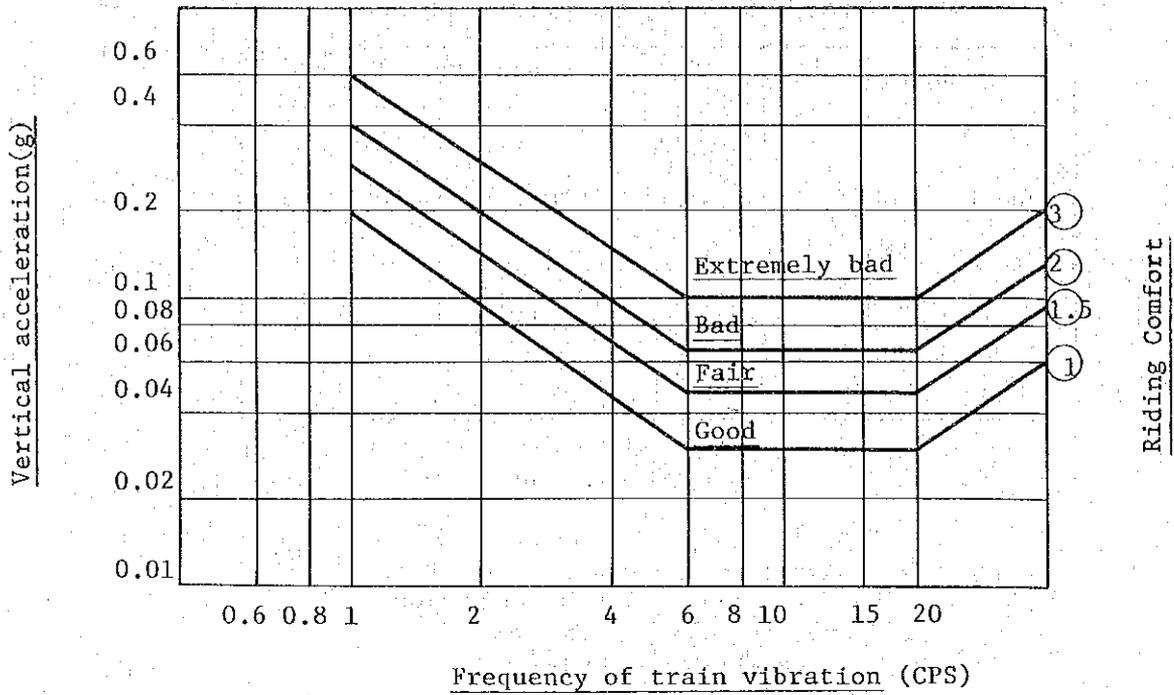
弾性締結には

- (1) バネ釘による方法
- (2) スプリングクリップとボルトによる方法
- (3) 特殊なスプリングによる方法

がある。

一般的に、バネ釘は安価であるがマクラギの腐朽に伴ない保持が悪くなる欠点がある。スプリングクリップとボルトによる方法は、比較的安価であるが、締結力の管理が難しいこと、容易に線路から持ち去られる恐れがある。これらの欠点のない特殊なスプリングによるものは

☒ 4.5.1



☒ 4.5.2

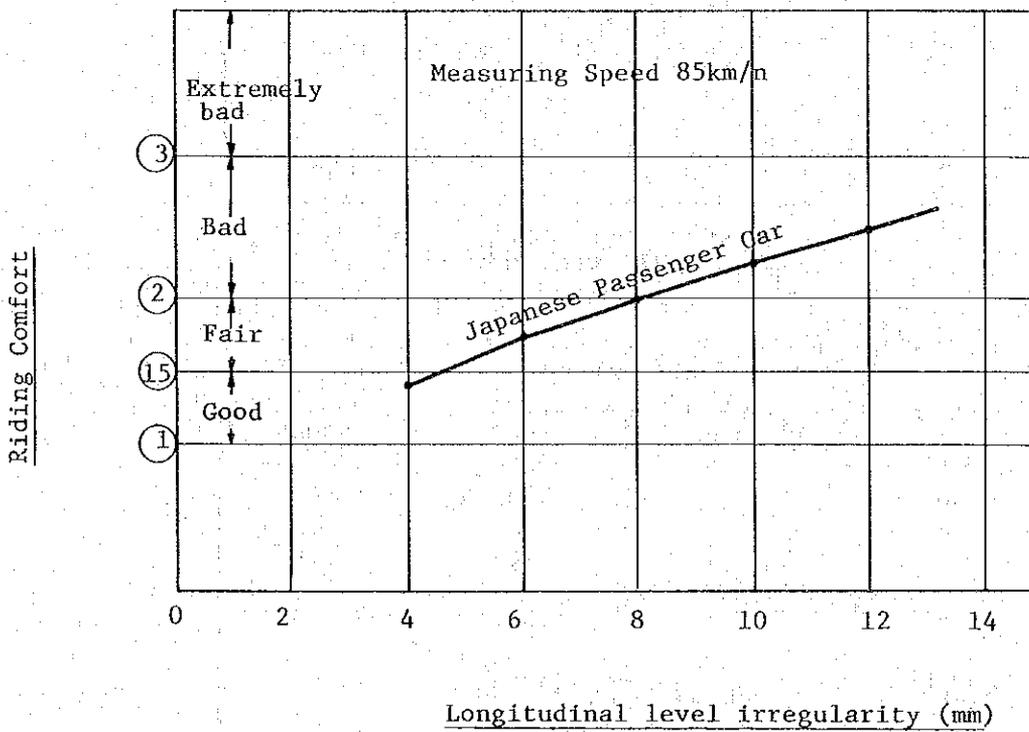


表 4.7.1 Aggregate length of track tamping work for ensuring good riding comfort

Section	Present	1987	2000
ML-CN	713 m	2,672 m	4,419 m
CN-MA	751 m	7,087 m	10,400 m
MA-SA	283 m	2,714 m	4,078 m
SA-UPE	250 m	6,822 m	1,086 m
SA-SU	238 m	1,527 m	2,191 m

(Annual tamping meters per km of aggregate track length)

表 4.7.2 Aggregate length of track tamping work necessary for ensuring good riding comfort (in case of strengthened track)

Section	Present	1987	2000
ML-CN	/	478 m	790 m
CN-MA		1,269 m	1,859 m
MA-SA		1,283 m	1,929 m
SA-UPE		1,220 m	1,946 m
SA-SU		722 m	1,036 m

(Annual tamping meters per km of aggregate track length)

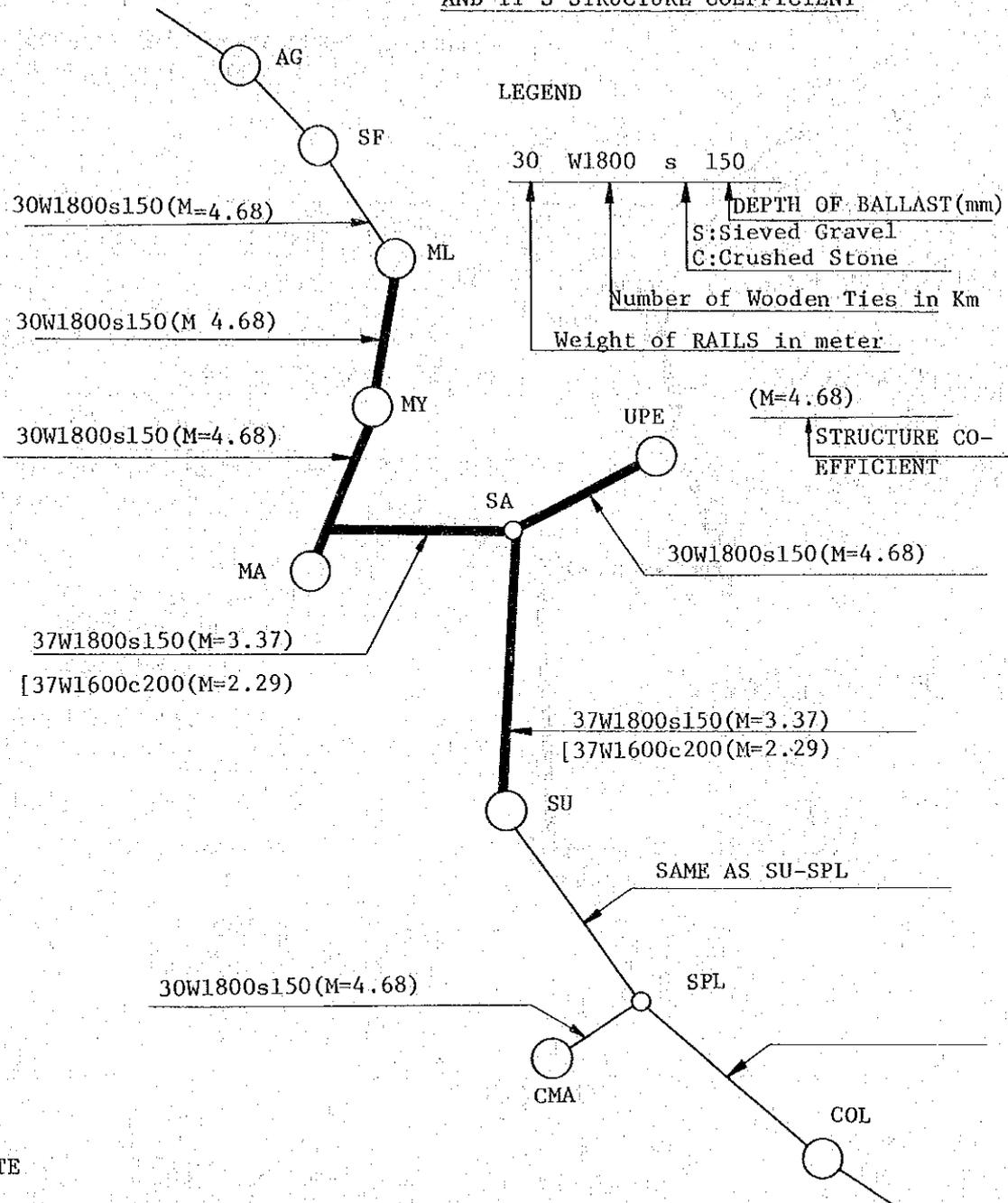
表 4.7.3 Maintenance crew requirements after track strengthening

Section	Present	1987	2000
ML-CN	/	0.962	1.107
CN-MA		1.286	1.548
MA-SA		1.672	2.136
SA-UPE		1.253	1.565
SA-SU		1.294	1.533

(Tamping workers/km)

☒ 4.6.1

TRACK STRUCTURE (PRESENT TIME)  
AND IT'S STRUCTURE COEFFICIENT

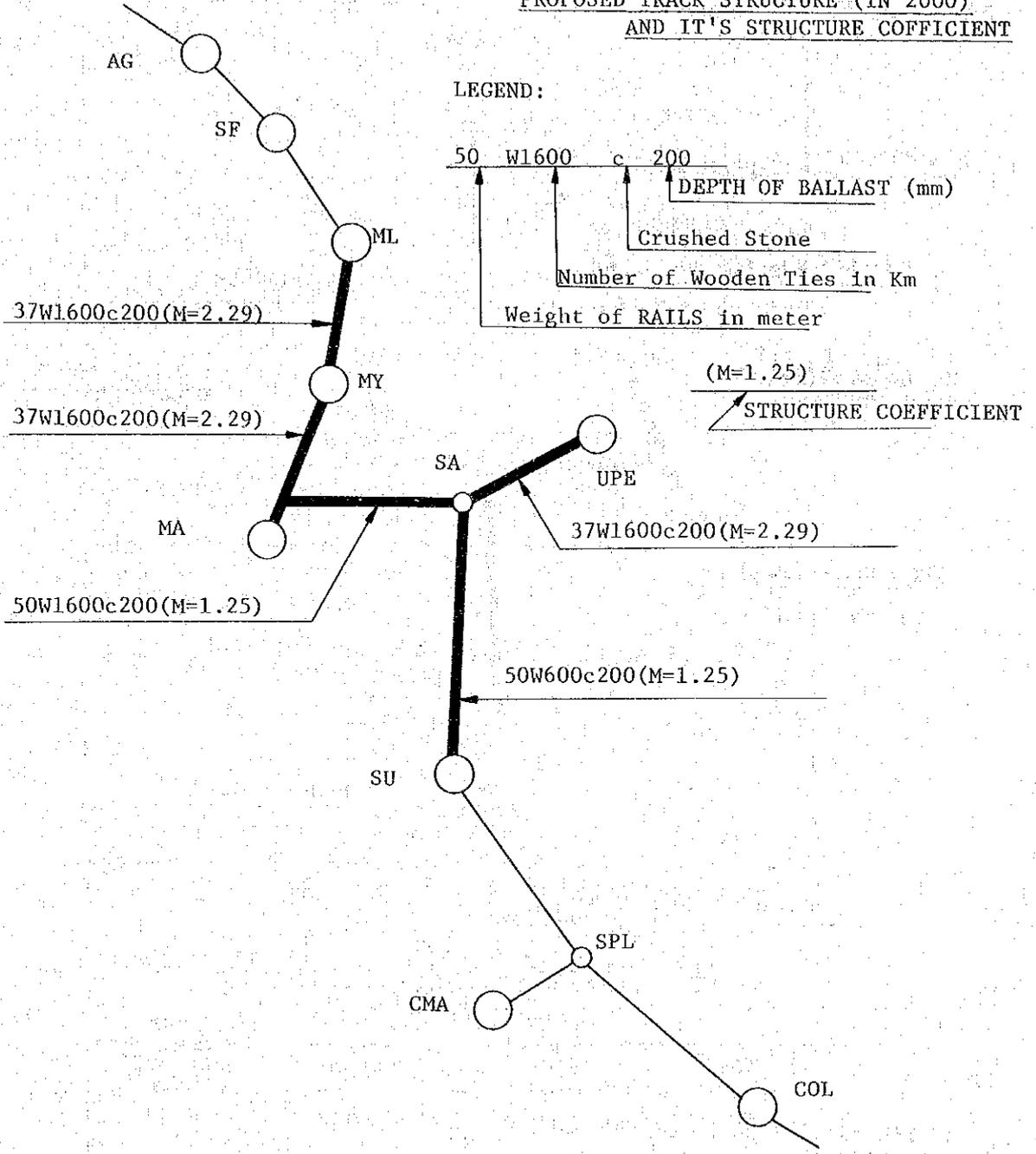


**NOTE**

1. AT PRESENT THE DEPTH OF BALLAST AT MANY SECTIONS ARE UNDER 150mm.
2. FIGURE IN THE ( ) ARE AFTER REHABILITATIONS OF ADB PROJECT.

4.6.2

PROPOSED TRACK STRUCTURE (IN 2000)  
AND IT'S STRUCTURE COEFFICIENT



単価が高くなる。

従って、当初バネ釘によることとし、将来パンドロール型又は、スプリングクリップ型に取りかえていく方法が考えられる。

特にふく進の著るしい区間には、アンチクリーパーを取りつける。その標準は、次表による。

表 4.9

こ う 配	5/1,000 未満	5/1,000 ~ 10/1,000 未満	10/1,000 ~ 15/1,000 未満	15/1,000 ~ 20/1,000 未満	20/1,000 ~ 25/1,000 未満
取 付 数	8	8	14	18	22

(10mあたり個数)

電化工事が施工されて、架線の位置が決まってしまうと、レールの高さを変える都度、架線を調整する工事が必要となる。

従って、電化までに

- (1) 道床厚を所定の高さとする事。
- (2) カントを所定の高さとする事。
- (3) レールの重量化

は実施しておくことが望ましい。

これらの軌道関係の工事については、本質的に輸送力増強のために実施するものであって、電化に際して必要となるものとしては、

- (1) ふく進防止のためのアンチクリーパーまたは弾性締結用スプリングクリップ  
であろう

## 5 技術的検討

### 5-1 電力会社の電源事情

フィリピン国においては国立電力公社(NPC:National Power Corporation)が発電、送電、変電の任にあたり、配電は地域の電力会社によってなされている。しかし大きな電力消費地であるマニラ首都圏およびその周辺の地域においてはマニラ電力会社(MERALCO:Manila Electric Company)が発電から配電までを行なっている。

#### 5-1-1 電力の需要、供給見通し

鉄道電化を検討するにあたって、電化に必要な電力が得られるかどうかを調べることは重要である。ルソン島ではNPCとMERALCOの電力系統が連けいされているので、将来の電力の需要と供給の見通しは鉄道が電力を受けるMERALCOだけでなくNPCの電力系統について考える必要がある。

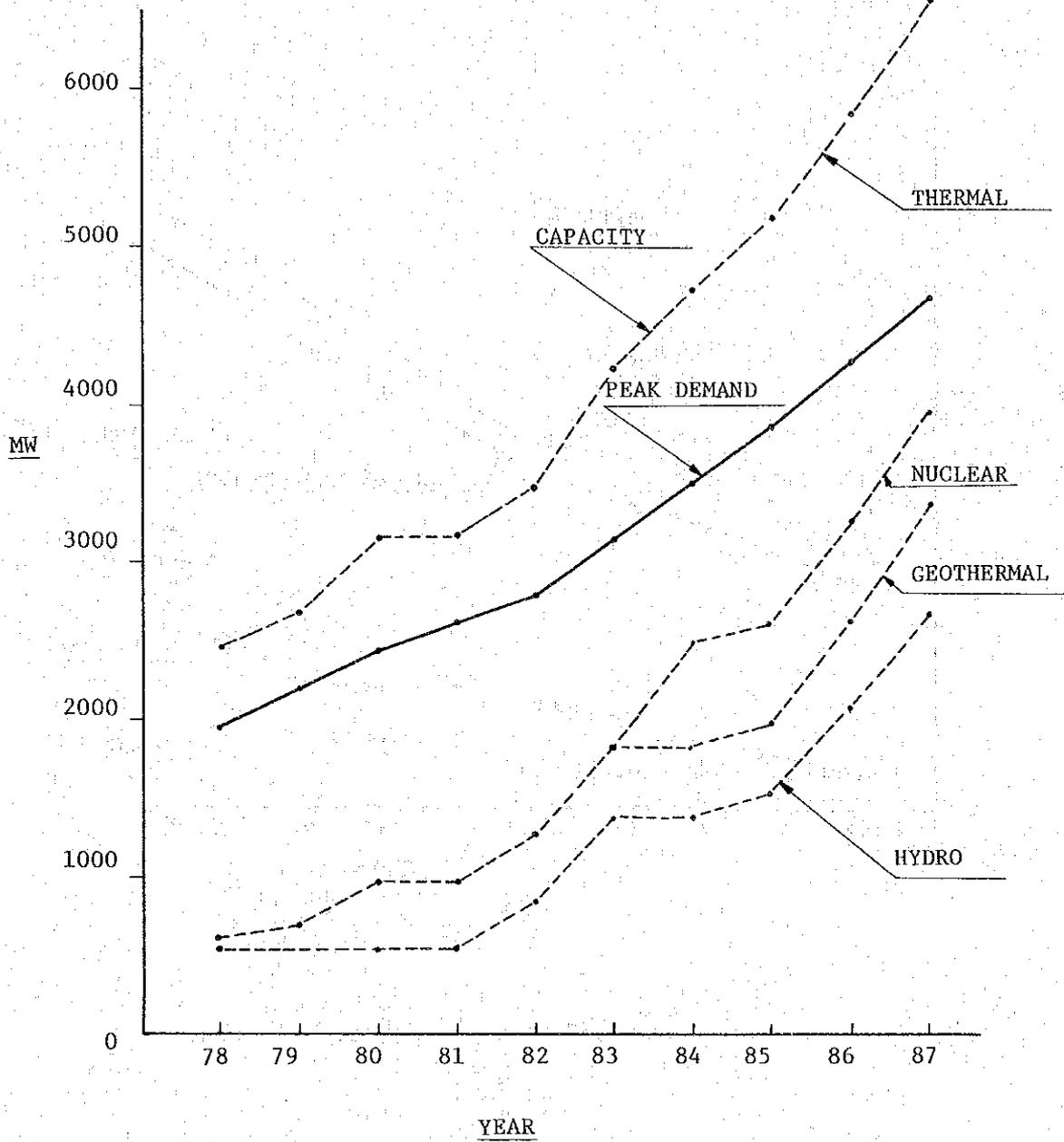
図5-1、図5-2はNPCから得た情報に基づく将来のルソン島における最大需要電力、発電容量、需要電力量および発電電力量の予想値と発電方式別の内訳けである。現在の発電容量および発電電力量の割合は、火力発電が75%~85%で残りは水力発電である。

1987年の発電容量の割合は水力が41%、地熱が10%、原子力が9%、火力が40%になる予定である。

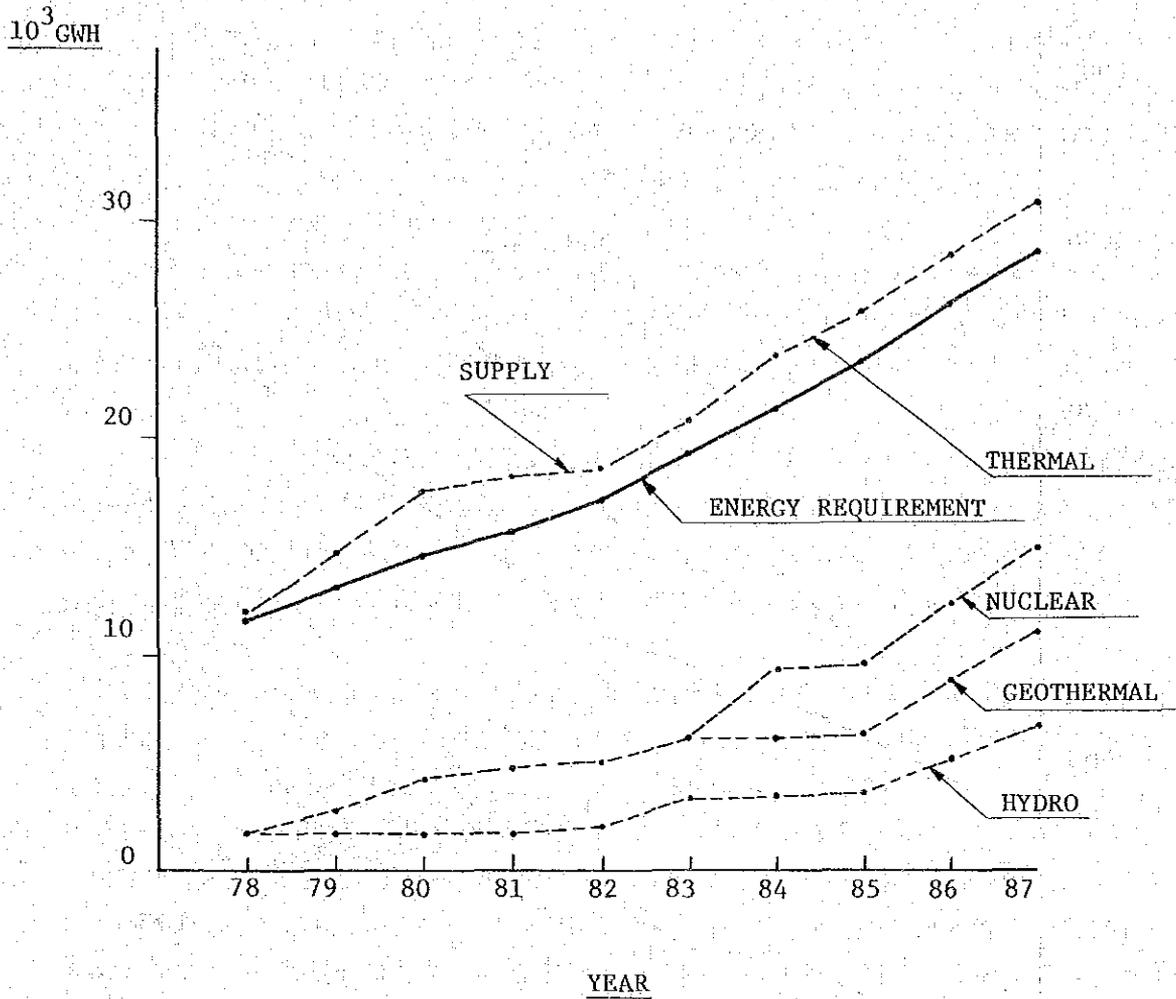
1978年の発電容量は約2,500 MW、最大需要電力は2,000 MWで約20%の余裕が予定されている。将来火力発電所の建設はあまりないが、水力、地熱、原子力発電所の建設が予定されていて各年とも余裕率は20~30%が見込まれている。そして、1987年の発電容量は6,500 MW、最大需要電力は4,700 MWで28%の余裕が予想されている。

一方電力量については1978年の発電電力量が120億KWH、需要電力量が117億KWHと2.7%の余裕しかないが次の年からは8~19%の余裕が生ずることになっている。後述するよう列車運転に必要な需要電力は約18 MW、電力量は約0.7億KWHであるので鉄道が必要とする電力の確保は全く問題がないと考えられる。

☒ 5-1 PEAK DEMAND AND CAPACITY IN LUZON POWER GRID



5-2 ENERGY REQUIREMENT AND SUPPLY IN LUZON POWER GRID



### 5-1-2 電 源 系 統

図5-3に通勤線電化プロジェクトに関するMERALCOの115KV送電線を主体とする電源系統を示し、図5-4に鉄道線路、鉄道駅、MERALCOの発電所、変電所および関係する送電線の地理的位置を示す。

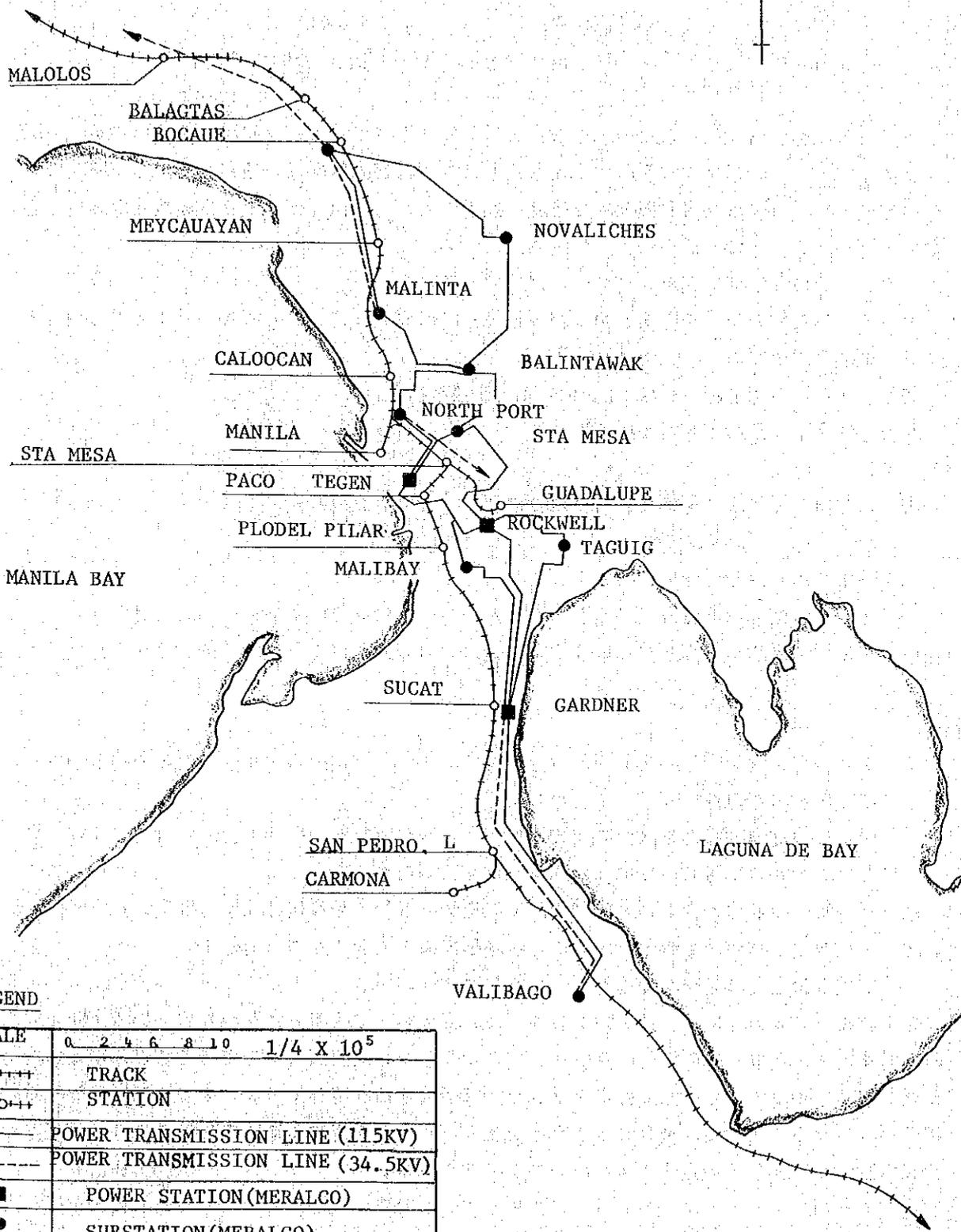
MERALCOの電源網は115KVの送電網と34.5KV以下の配電網より構成され、ターゲン、ロックウエル、ガードナーに発電所を持っている。またNPCとバリタワックおよびノバリチェス変電所で、連けいされている。115KVの送電線はループになっていて一方の送電線が故障でも他方の送電線から電力を供給し停電しないようになっている。また115KVの変電所や送電線および34.5KVの送電線は道路や鉄道線路の近くに存在している。



5-4 POWER NETWORK IN COMMUTER SERVICE AREA



TO SANFERNAND



TO LEGAZPI

LEGEND

SCALE	0 2 4 6 8 10 1/4 X 10 <sup>5</sup>
+++++	TRACK
++o++	STATION
—	POWER TRANSMISSION LINE (115KV)
- - -	POWER TRANSMISSION LINE (34.5KV)
■	POWER STATION (MERALCO)
●	SUBSTATION (MERALCO)

## 5-2 電化方式

鉄道電化を電気方式から分類すると次のようになる。

直流方式

交流方式  $\left\{ \begin{array}{l} \text{単相交流方式} \\ \text{3相交流方式} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{商用周波数方式 (50 又は 60 Hz)} \\ \text{特殊周波数方式 (16 2/3 又は 25 Hz)} \end{array} \right.$

世界的に高速、大量輸送鉄道の電化方式として用いられているのは直流方式（電圧が 1,500 V 又は 3,000 V）、単相交流商用周波数方式および単相交流特殊周波数方式である。交流の 2 つの方式のうち近年は前者が標準的で後者は鉄道用として特殊な発電機又は周波数変換機が必要であるため古くこの方式を採用した西独、スイス、オーストリア、ノルウェー、スウェーデン、アメリカの一部等で採用されているだけである。

PNRの電化方式を直流方式とするか単相交流商用周波数方式とするかは計画に対して最も大きい重要な問題である。

表 5-1 に両者（直流方式は 1,500 V）の比較を示す。

交流方式の主な長所と短所は次のとおりである。

長 所

- (1) 送電線、変電所、電車線設備の建設に要する費用は直流方式にくらべかなり安い。  
(Chapter 6 工事費参照)
- (2) き電回路の保護を容易に行なうことができる。
- (3) 電車線の摩耗は直流方式にくらべ少ないので、電車線の取り替えは殆んど必要ない。
- (4) 将来更に周辺地域に電化を延長する時には、直流方式にくらべ経済的な電化を行ないやすい。

短 所

- (1) 電源の弱い電力会社の変電所から受電する場合には、電圧の不平衡、変動の問題が生じ他の需要家に悪影響を及ぼすことがある。
- (2) 商用周波交流軌道回路は直流方式では使えるが交流方式では使えない。従って、昨年新設した PNR の信号方式は他の方式に改修する必要がある。
- (3) 通信線への妨害が大きいので一般的に鉄道線路近傍の裸通信線はケーブル化が必要である。
- (4) き電電圧が高いので直流方式にくらべ絶縁離隔を大きくする必要がある。
- (5) 交流車両価格は直流車両にくらべ 10 ~ 20 % 高い。

以上のように両方式には一長一短があり、JNRにおいても両方式が混在している。従って、両地域を走る電車は、交直両用車を使用している。しかし交直両用車を使用すると、車両価格が高くなるばかりでなく交直接続点をはさむ変電所は延長き電ができないので設備増強等の対策が必要となる。よって、PNRのように電化をはじめて採用する場合には、更に深い調査と研究に基づいてどちらの方式にするか決める必要がある。

そこでこのレポートでは片方の方式に決めず AC と DC の両方式について技術的検討を行なうこととする。

表 5-1 交流電化と直流電化の比較

項 目	A C 方式 (60 Hz 単相 25KV)	D C 方式 (1.5KV)
I 地上設備		
1. 送電線	<p>電鉄用変電所の位置は広い区間の中で比較的自由に選ぶことができる。AC方式では変電所の数がDC方式の場合より少なくてすむので、送電線の建設費は安い。</p> <p>電源の弱いところでは、電圧の不均衡および電圧変動の問題が生じ他の需要家に悪影響を及ぼすことがある。</p>	<p>電鉄用変電所の位置は狭い区間の中で選ぶ必要がある。この方式は多くの変電所が必要であるので送電線の建設費が高い。</p> <p>場所によっては環境と用地の問題から送電線の建設が難しい場合もある。</p>
(2) 電鉄用変電所	<p>電鉄用変電所の建設費はDC方式よりかなり安い。</p> <p>1. 一般的に変電所間隔は30~40km(BT方式)60~80km(AT方式)と長くとれるので変電所数が少ない。</p> <p>2. AC変電所の主な設備は変圧器や開閉装置で、構成が簡単である。</p> <p>負荷電流が小さいので、導体の太さは細くてもよい。電車線関係の工事費はDC方式より安い。</p>	<p>建設費はAC方式より高い。</p> <p>1. 一般的に変電所間隔は5~15kmである。</p> <p>2. DC変電所の主な設備は変圧器、整流器、AC及びDC開閉装置で、構成がやや複雑である。</p> <p>負荷電流はAC方式よりはるかに大きいのでfeederの太さはAC方式(AT)の10倍程度のものが必要である。</p>
(3) 電車線路設備	<p>分倍周又はAF軌道回路を使用する必要がある。</p> <p>通信線への誘導が大きく、BTやATの設置、鉄道線路近傍の裸線のケープル化が必要である。</p>	<p>商用周波交流軌道回路が使用できる。</p> <p>通信線への誘導の程度は少なく、変電所のフィルター以外には特別の装置を設置する必要はない。</p>
(4) 信号(軌道回路)		
(5) 通信		

項 目	A C 方 式	D C 方 式
2. システム		
(1) 電圧低下対策	<p>将来負荷が増加した時の電圧低下補償対策は直列コンデンサや電圧調整器の設置で容易に可能である。電圧が高いので絶縁距離はD C方式より大きい。一般的にトンネルの断面はD C方式より少し大きくなる。</p>	<p>電線の数を増やしたり、変電所又は区分所の新設が必要である。 電圧が低いので絶縁距離は小さくてよい。</p>
(2) 絶縁距離	<p>負荷電流と事故電流の位相及び大きさが違うので両者間の判別は容易である。事故点は故障点標定器で簡単に見つけられる。</p>	<p>負荷電流が大きいのので負荷電流と事故電流の判別は電流の増加分ΔIで行なっている。また、保護の確実性を増すため連絡しゃ断装置等を設置しているので保護システムはやや複雑となる。</p>
(3) 保護	<p>電食の心配はない。</p>	<p>軌道のもれ抵抗が小さい地域では、D C電流の漏れによる電食を考慮する必要がある。</p>
(4) 電食	<p>電食の心配はない。</p>	<p>軌道のもれ抵抗が小さい地域では、D C電流の漏れによる電食を考慮する必要がある。</p>
(5) エネルギー効率	<p>電食の心配はない。</p>	<p>軌道のもれ抵抗が小さい地域では、D C電流の漏れによる電食を考慮する必要がある。</p>
3. メインテナンス	<p>電食の心配はない。</p>	<p>軌道のもれ抵抗が小さい地域では、D C電流の漏れによる電食を考慮する必要がある。</p>
(1) 電鉄用変電所	<p>電食の心配はない。</p>	<p>軌道のもれ抵抗が小さい地域では、D C電流の漏れによる電食を考慮する必要がある。</p>
(2) 電車線路設備	<p>電食の心配はない。</p>	<p>軌道のもれ抵抗が小さい地域では、D C電流の漏れによる電食を考慮する必要がある。</p>
4. その他	<p>電食の心配はない。</p>	<p>軌道のもれ抵抗が小さい地域では、D C電流の漏れによる電食を考慮する必要がある。</p>
(1) 列車運転	<p>電食の心配はない。</p>	<p>軌道のもれ抵抗が小さい地域では、D C電流の漏れによる電食を考慮する必要がある。</p>

項 目	A C 方 式	D C 方 式
(2) 電化の延長	A C方式による電化の延長は一般的に経済的である。	D C方式による電化の延長は一般的に工事費は高くなる。一方D C方式で電化されている線をA C方式で電化の延長を行なうとA C-D C両用車が必要で車両費が高くなる。また交直接続点をはさむ変電所は相互に延長電ができないので設備増強等の対策が必要である。
(3) 地下鉄への乗り入れ	もし地下鉄がD C方式で電化されている場合にはA C-D C両用車を導入しなければ乗り入れは不可能である。	両システムの電圧が同じであれば、乗り入は容易である。
II 車 両		
1. 設 備		
(1) 変圧、整流設備	変圧器と整流器を車両に積載する必要がある。これらの機器を積載している車両は重量が数トン重くなる。	構造の複雑な直流電動機が使用される。制御装置、けい光灯、冷暖房装置用の電源装置には電動発電装置が使われる。
(2) 補助設備	構造が簡単で堅牢な誘導電動機が利用できる。けい光灯や冷暖房装置の電源装置は簡単である。	速度制御は抵抗制御車の場合抵抗の制御、電動機の接続がえで行なわれるので複雑である。起動時の電力の消費は多い。
2. システム		
(1) 速度制御	速度制御は変圧器のタップ切替又はサイリスタによる位相制御で容易に行なえる。	メンテナンスは容易である。
3. メンテナンス	変圧器と整流器が車上加えられるがこれらは静止器であるので、メンテナンスはそれほどふえない。	メンテナンスは容易である。
4. 車両価格	交流電車の価格は直流電車の1.0~2.0%高い。	車両価格は安い。

### 5-3 交流電化の基本計画

単相交流商用周波数方式はき電方式から分類すると多くの種類があるが代表的なき電方式を図5-5に示す。P N Rの線路は大都市の中心を通っているので、通信誘導対策のしてない最もシンプルで価格の安い図Aの直接き電方式の採用は困難である。

通信誘導対策の施した方式にはJ N Rで実績の多い図BのA T方式（Auto Transformer System）と図CのB T方式（Booster Transformer System）があるが、信頼性が高くメンテナンスの容易なA T方式が望ましい。

図5-6にA T き電方式の場合のき電系統を図5-7にき電用変電所の位置を示す。

FIG. 5-5 TYPICAL FEEDING SYSTEM OF A.C. ELECTIFICATION

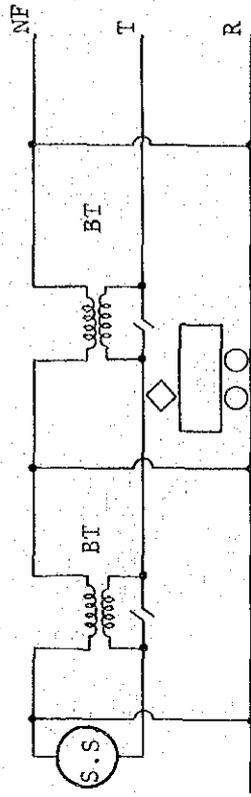


FIG. C BT FEEDING SYSTEM

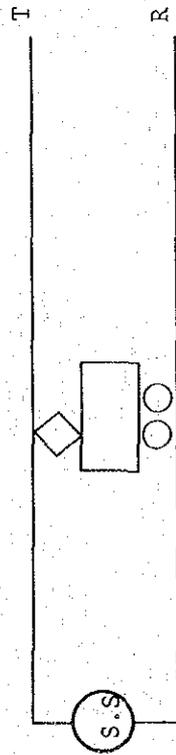


FIG. A SIMPLE FEEDING SYSTEM

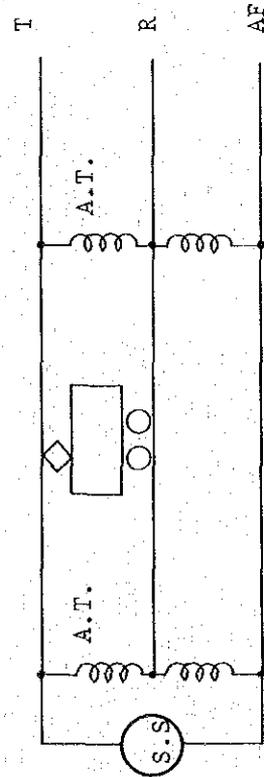


FIG. B A.T. FEEDING SYSTEM

LEGEND

- S.S. TRACTION SUBSTATION
- A.T. AUTO TRANSFORMER
- B.T. BOOSTER TRANSFORMER
- T CONTACT WIRE
- R RAIL
- A.F. AT FEEDER
- N.F. NEGATIVE FEEDER





FIG. 5-6 ELECTRIC POWER FEEDING SYSTEM (AC. SYSTEM)

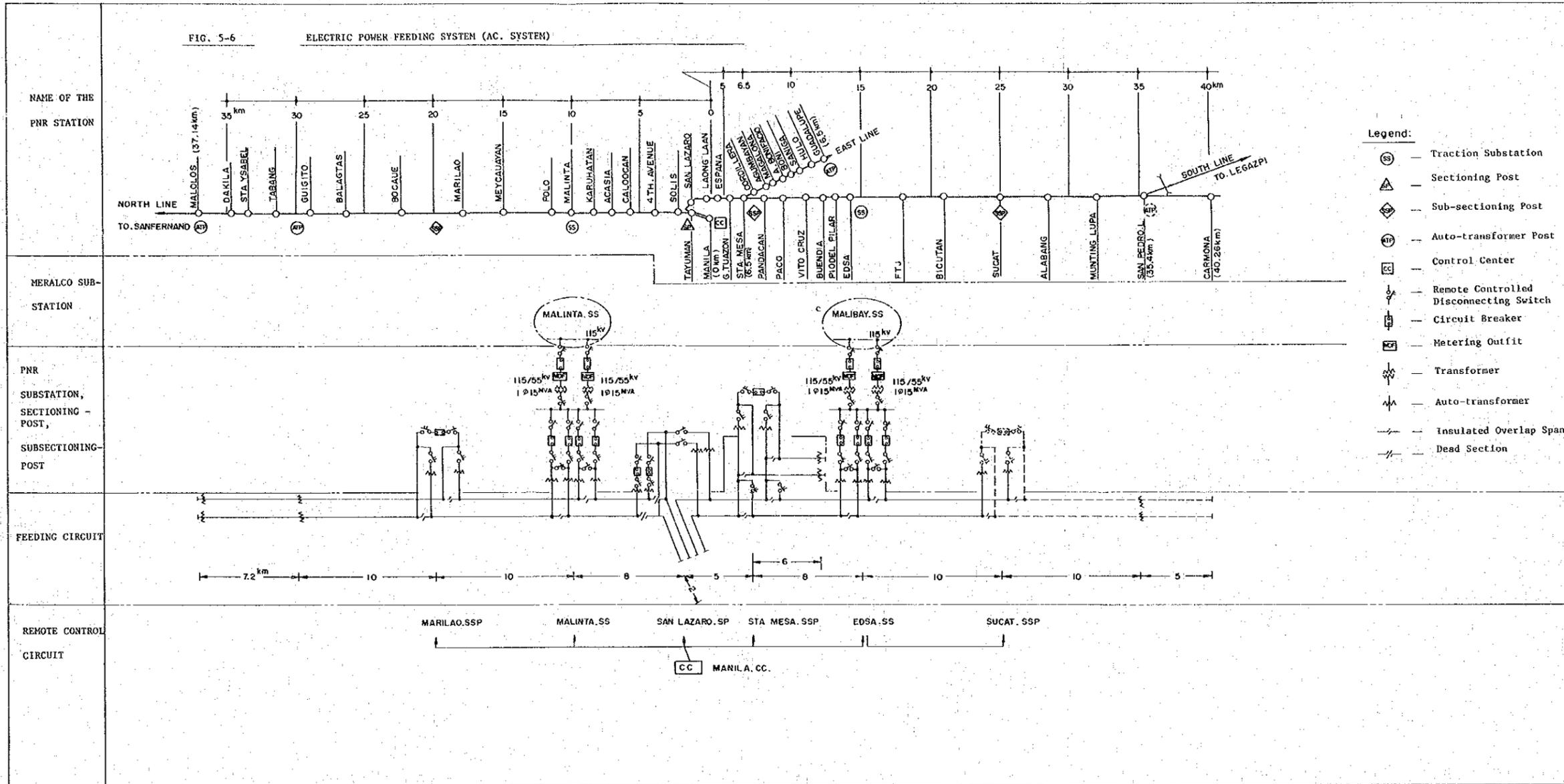




FIG. 5-7 LOCATION OF TRACTION SUBSTATION

