

メキシコ合衆国
メキシコ市内通勤鉄道建設計画プレフィージビリティ調査報告書

メキシコ合衆国

メキシコ市内通勤鉄道建設計画
プレフィージビリティ調査報告書

昭和53年2月

国際協



国際協力事業団



メキシコ合衆国

メキシコ市内通勤鉄道建設計画
プレフィージビリティ調査報告書

昭和53年 2 月

国際協力事業団

國際協力事業団	
電話 54481222E	61500
	741E
登録No. 13495	SDS.c

は し が き

日本国政府は、メキシコ合衆国政府の合意のもとに同国のメキシコ市内通勤鉄道建設計画調査を行うこととし、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、上記計画の重要性にかんがみ昭和52年7月に事前調査を実施し、同年9月より本調査を開始、昭和53年1月のドラフト報告書の説明を経て今般国内作業の全てを終了しここに報告書の提出の運びとなった。

この報告書が、本プロジェクトの進展、実現に役立つとともに、メキシコ合衆国とわが国との友好と親善に寄与するならば、これにまさる喜びはない。

終りに、本件調査に御協力と御援助をいただいた関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

昭和53年2月

国際協力事業団

総裁 法 眼 晋 作

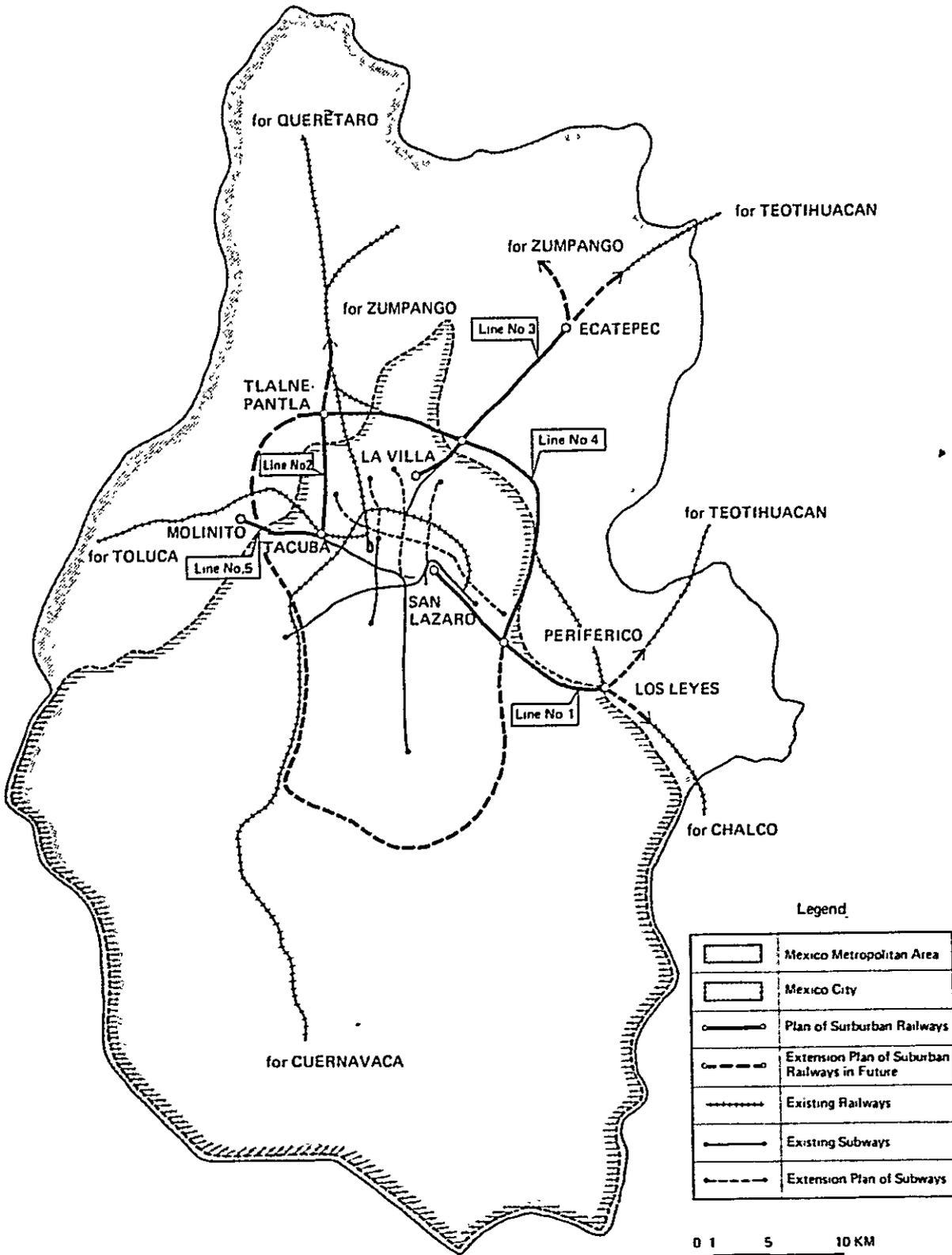
目 次

は し が き	
メキシコ首都圏近郊鉄道計画	9
調査団の構成	10
I 序 論	11
1. 本計画の背景と調査の目的、範囲	13
1-1. 計画の背景	13
1-2. 調査の目的およびその範囲	13
1-3. 調査日程の概要	14
II 要約と結論	15
III 各 論	37
1. メキシコ首都圏の発展と新しい交通体系の必要性	39
1-1. メキシコ首都圏の人口	39
1-2. 都市交通の現状および将来計画	41
2. 近郊鉄道の計画	45
2-1. 路線計画	45
2-2. 駅の配置	46
3. 需 要 予 測	48
3-1. 需要予測の方法	48
3-2. 目標年次と対象地域	49
3-3. 需 要 想 定	50
4. 運 転 計 画	57
4-1. 運転計画の基本的考え方	57
4-2. 運転線図と基準運転時分	59
4-3. 列車ダイヤ	60
4-4. 所要車両数	64
5. 線 路 設 備	66
5-1. 地質、気象概況	66
5-2. 建 設 基 準	72
5-3. 縦 断 線 形	76

5-4.	路 盤	78
5 5.	立体交差構造物	81
5 6.	軌 道	91
6.	停車場設備	93
6-1.	配 線	93
6-2.	乗降場・通路	95
6 3.	客扱設備	107
7.	電力設備	112
7-1.	設備計画の基本方針	112
7 2.	電気運転計画	112
7-3.	電力受電計画	113
7-4.	変電設備	117
7-5.	き電システム	120
7 6.	電車線路設備	125
7-7.	電灯電力設備	126
7 8.	保守の方式と体制	126
8.	信号通信設備	128
8 1.	システムの概要	128
8-2.	各装置の機能と概要	133
8-3.	交流電化に伴う誘導障害とその対策	142
8-4.	保守設備の考え方	142
9.	車 両	144
9-1.	所要性能と車両編成	144
9-2.	車両の基本構造	152
9-3.	車両の制御システム	156
9-4.	車両の主要諸元	160
10.	車両基地および工場	163
10-1.	車両の検査体系	163
10-2.	車両基地	164
10-3.	工 場	166
11.	工 事 計 画	179
11-1.	概算工事費	179
11-2.	工事工程	180

12. 財務分析	182
12-1. 起業費	182
12-2. 資金調達計画	183
12-3. 営業収支	185
12-4. 損益・資金繰り予想	186
13. 経済評価	191
13-1. 経済評価の方法	191
13-2. 費用	191
13-3. 便益	192
13-4. 内部収益率	195
14. 教育訓練計画	197
14-1. 教育訓練の基本方針	197
14-2. 必要とする教育訓練	197
14-3. 教育訓練計画	198
IV 附 録	201

メキシコ首都圏近郊鉄道計画



調査団の構成

事前調査団

団	長	塩田 澄夫	運輸省大臣官房国際課長
輸送	経済	佐々木 建成	運輸省鉄道監督局公団管理官
都市	交通	北原 真澄	日本国有鉄道外務部次長
運	転	石原 米彦	日本国有鉄道顧問
土木	計画	清水 彰明	日本国有鉄道外務部参事
電力	信号	橋本 道哉	日本国有鉄道外務部参事
計画	調整	三橋 郁雄	外務省経済協力局開発協力課
業務	調整	新保 昭治	国際協力事業団社会開発協力部開発調査業務室 室長代理

本調査団

団	長	石原 米彦	日本国有鉄道顧問					
経済・財務	分析	牧野 嘉昭	JARTS 顧問					
運	貨	森地 茂	東京工業大学助教授					
都市	交通	北原 真澄	日本国有鉄道外務部次長					
需	要	子	測	井	湖	三	郎	日本国有鉄道旅客局開発企画課補佐
運	転	吉	永	親	作	日本国有鉄道外務部参事		
土	木	清	水	彰	明	日本国有鉄道外務部参事		
土	木	深	田	彰	一	日本国有鉄道首都圏本部企画室長		
電	気	丹	羽	正	信	日本国有鉄道東京電気工事局次長		
電	気	橋	本	道	哉	日本国有鉄道外務部参事		
電	気	三	浦	正	啟	日本国有鉄道外務部参事		
車	両	井	上	等	日本国有鉄道車両設計事務所次長			

I 序 論



1. 本計画の背景と調査の目的・範囲

1-1. 計画の背景

メキシコ合衆国は、人口6,600万人を有しているが、その20%にあたる1,300万人がメキシコ首都圏に集中している。また、首都圏の人口は、年率6.2%の割合で増加を続けており、このまゝのすう勢でゆくと、西暦2000年には約2,500万人を超えるものと思われる。

現存する1,300万人の都市内輸送は、バスに大きく依存しており、また自家用車とタクシーもよく利用されている。

大量輸送機関としては市の中心部に約37kmの地下鉄があるが、その輸送シェアは低い。

鉄道を未整備のまゝ放置して、道路交通依存を続けた場合、大気汚染による公害問題がさらに大きくなるものと思われる。

このような背景から、メキシコ政府は、近郊鉄道の建設と地下鉄の拡張により都市交通の改善をはかろうとしている。

1-2. 調査の目的およびその範囲

本調査は、メキシコ首都圏が直面している交通問題の改善策の一環として、メキシコ政府が計画中の近郊鉄道建設計画について、技術的・経済的観点から基本計画を見なおすとともに、建設計画のプレフィージビリティ調査を行うことを目的とするものである。

調査対象の5路線約77kmは次のとおりである。

第1号線	SAN LAZARO - LOS REYES	17.0 Km
第2 "	TACUBA - TLALNEPANTLA	8.5 Km
第3 "	LA VILLA - ECATEPEC	18.7 Km
第4 "	PERIFERICO - TLALNEPANTLA	27.5 Km
第5 "	TACUBA - MOLINITO	5.0 Km

この目的を達成するために実施した主な業務は次のとおりである。

(1) 都市の現況に関する調査と分析

メキシコ首都圏の人口、都市施設、土地利用計画等についての調査分析。

(2) 交通現況に関する調査と分析

メキシコ首都圏の交通機関および交通施設、旅客の利用状態についての調査・分析。

(3) 鉄道需要の予測

予測に必要な資料の収集と需要の予測。

(4) 技術面からの検討

代替案を含む計画案について建設面および維持運営面からの検討。

(5) 取支予測および財務分析

運賃、鉄道利用人員、概略工事費、運営費をベースとする取支予測および財務分析。

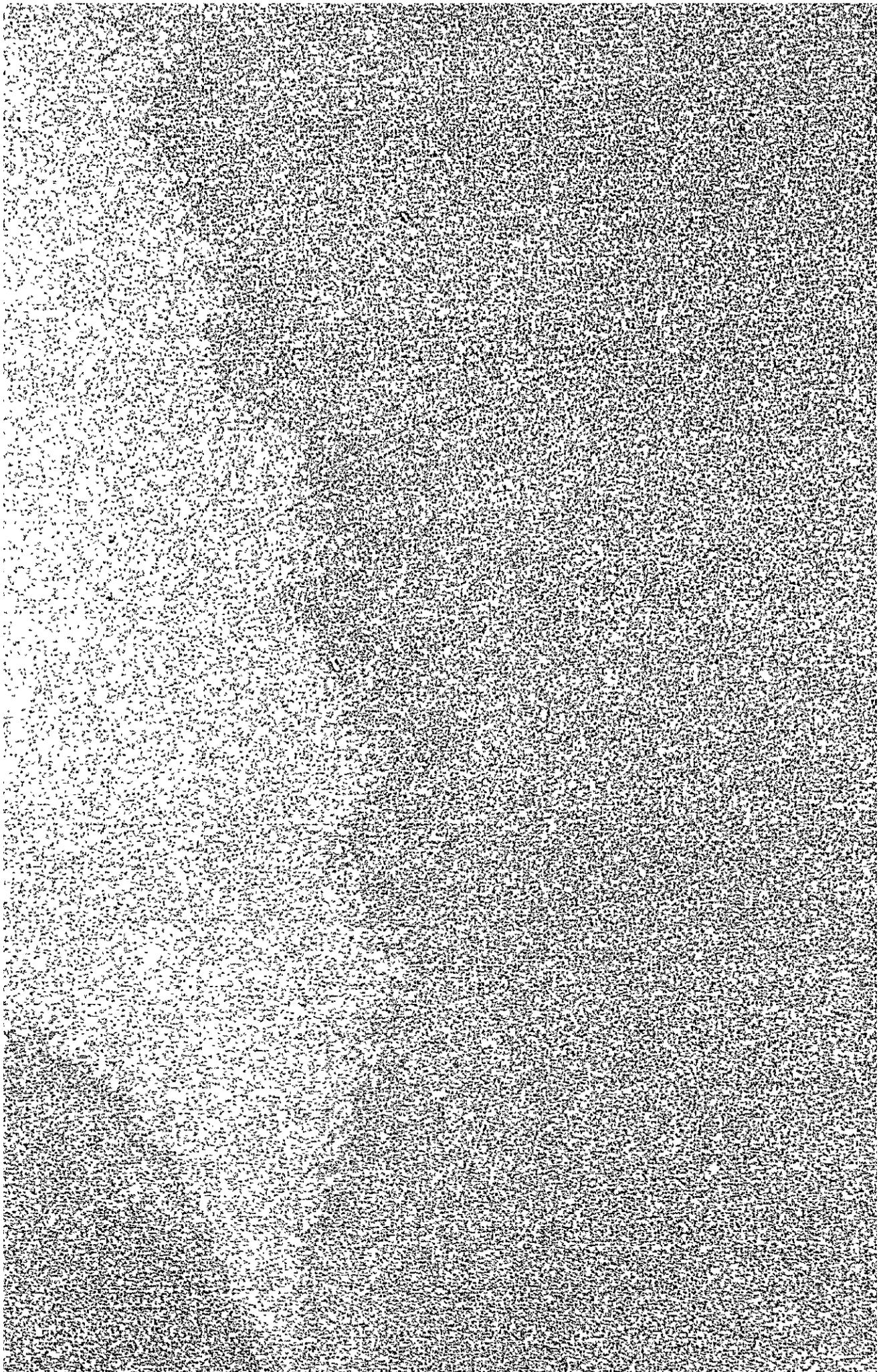
(6) 経済評価

本近郊鉄道建設による社会的費用の減少とその経済評価。

1-3. 調査日程の概要

1977年9月21日(水)	調査団メキシコ市到着
22日(木)	在メキシコ日本大使館訪問
23日(金)	公共事業省, 通信運輸省, 国鉄訪問
24日(土)	近郊鉄道予定路線の現地調査
26日(月)	} 6分科会に分かれてメキシコ側専門家と討議
~ 30日(金)	
10月 3日(月)	地下鉄視察(工場, 電車区, 駅, 指令室)第1回合同代表者会議
4日(火)	} 分科会にて討議
~ 7日(金)	
7日(金)	在メキシコ日本大使館に中間報告, 第2回合同代表者会議
10日(月)	} 分科会にて討議
~ 14日(金)	
14日(金)	第3回合同代表者会議
15日(土)	メキシコ側と最終打合わせ
17日(月)	外務省, 公共事業省, 通信運輸省, 国鉄訪問, 日本大使館訪問, 調査概要報告
18日(火)	メキシコ市出発
19日(水)	帰国

II 要約と結論



1. メキシコ首都圏の発展と新しい交通体系の必要性

メキシコ首都圏 (Metropolitan Area) の人口は、現在約 1,300 万人で世界有数の超大都市であるが、そのうえ人口増加が著しく、今世紀中に 2,500 万人を突破することが確実とみなされている。これは現在世界最大の人口集団である東京交通圏 (半径約 50 km の圏内) の現在人口 2,500 万人弱を上回ることとなる。したがって、この圏内交通、特に通勤輸送を円滑に実施することは極めて重大かつ困難な課題であると考えられる。

メキシコ首都圏の交通は現在殆んど自動車に依存し、大量交通機関としては営業キロ約 37 km の地下鉄道があるが、これは全都市交通量の約 10 % を負担しているにすぎない。

道路交通は現在すでに所々に渋滞を生じており、特に自動車排気ガスによる大気汚染は都市生活の重大な障害となってきている。したがって、今後の人口増加に伴う交通量の急激な増加に対して、道路交通の増強のみをもって対処することは殆んど不可能であり、近郊鉄道の整備と地下鉄道の拡充の二者が緊急施策であることは明かである。

2. 近郊鉄道の計画

メキシコ政府によって現在検討されている近郊鉄道約 320 km のうち当面検討されている建設対象線区は次の 5 線、総計約 77 km である。

第 1 号線	SAN LAZARO - LOS REYES	17.0 Km
第 2 号線	TACUBA - TLALNEPANTLA	8.5 Km
第 3 号線	LAVILLA - ECATEPEC	18.7 Km
第 4 号線	PERIFERICO - TLALNEPANTLA	27.5 Km
第 5 号線	TACUBA - MOLINITO	5.0 Km

但し、第 5 号線については、路線選定が未完了である。

1977 年 5 月メキシコ政府から本近郊鉄道建設計画の概要が関心を有する諸国に内示された。その要点の抜萃は次のとおりである。

メキシコ市近郊鉄道建設計画の概要

軌 間	1,435 mm
軌道種別	複 線
最急勾配	3 ‰
最高曲率	$G = 3^\circ (R \approx 382 m)$
道路交差	立体交差
必要駅数 (第 1 期 72 km)	
乗 換 駅	3
ターミナル駅	6
中 間 駅	33
架線電圧	60 Hz, 単相交流 25 kV

列車組成	6～9両(将来12両)		
	(電動車2両, 附随車1両の3両固定編成)		
最高速度	110 km/h		
表定運転速度	60 km/h		
加 速 度	通常 1 m/sec ²		
減 速 度	通常 1 m/sec ²	緊急時	1.3 m/sec ²
車両サイズ	連結器間長さ	2.5 m	
	巾	3.3 m	
運転システム	A.T.P.およびA.T.O.システム 中央制御所にC.T.C.システム		
出 改 札	自動切符販売および自動改札		
運転最小時隔	90 sec		
停車時間	中間駅	平均	1.5 sec
	乗換駅		2.5 sec

この計画の狙いは、長さ2.5 m、巾3.3 mのアルミ製大型車両を用い、最終的には12両の長大編成で90秒間隔の Frequent Service を確保するという世界に類例のない大量輸送を行おうとするものである。

そのため、平均駅間距離を比較的長くとり、高加減速車両により高速運転を行うもので、25 kV の交流電化、A.T.P.およびA.T.O.、出改札の自動化等の最新技術を導入する計画である。

すなわち、世界の超大都市メキシコ首都圏の輸送機関として、まことに妥当なものであり、完成の暁には世界最大の輸送力を有し最高技術水準を誇る近郊鉄道となり、特に長期的視野にたってみると将来世界で最も効率的な鉄道となることを確信する。

次にこの調査団が本建設計画を策定するに当ってメキシコ側から Optimum な一つの案に絞って策定することなく、必要に応じて Alternatives を併挙して選択の余地を残すことを要望された。したがって、本調査団の各部門において検討の際に、選択し得る Alternatives があつたときは、高価(大きい)な案をA案、廉価(小さい)な案をB案として併挙することとし、建設費を総計するに際しては、各部門のA案を集計したものを総計のA案とし、各部門のB案を集計したものを総計のB案とした。すなわち、最適の実施案は各部門のA案またはB案を選択し、組合わせたものとなり、建設費総計はA案とB案の中間に位することとなる。

3. 輸送需要予測

鉄道建設計画を策定するに当っては、開業後の旅客輸送需要を想定することが基礎となる。

まず、1976年調査の26 Zones の OD (Origin and Destination) 表、メキシコ首都圏180 Zones の人口調査、過去の交通機関別の交通量調査等を基礎とし、これに COPLINTRA の各種の推定方式を加味して、各駅別の乗車人員、線別の総乗車人員、線別の通過旅客数等を順次計算した。さらに各線別沿線人口の伸び率から将来の旅客増を計算した。以上の結果を次の諸表に示す。

次に終日交通量からピーク時1時間の交通量を算出する必要がある。COPLINTRA の推定方法

表Ⅱ-3-1. ルート別想定乗車人員

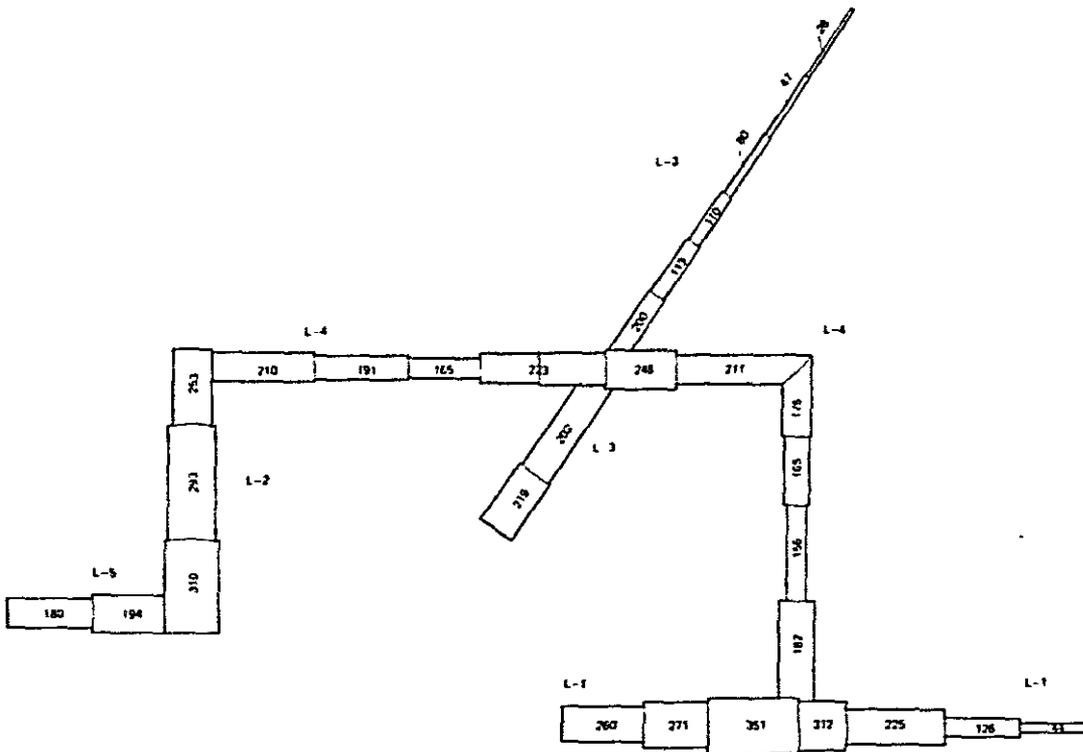
(単位：千人)

ルート 年	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	計
1982	237,465	107,540	91,370	89,891	63,325	589,591
1985	368,222	170,273	140,435	144,646	99,912	923,488
1990	447,286	197,950	159,189	183,131	117,539	1,105,095
1995	524,413	227,468	178,707	219,508	136,944	1,287,040

注1. 本表の数値は年計のものである。

2. 曜日数 平日240日 休日73日 土曜52日 計365日
3. 曜日波動率 平日100% 休日73% 土曜87%
4. 各ルートの接続駅における数値の処理は次によった。

PERIFERICO L-1, XALOSTOC L-3, TLALNEPANTLA L-2, TACUBA L-2 ²



図Ⅱ-3-1. Number of Passengers (1982)
(1,000 passengers/1 day for two way)

表Ⅱ-3-2. 年度別路線別終日交通量(往復)

(単位:人)

路線	最大区間	1982	1985	1990	1995
Line 1	Perifevice~Telecomunicaciones	350,523 (100)	543,536 (155)	660,240 (188)	774,089 (221)
Line 3	La Villa ~ Carrera	219,020 (100)	336,631 (154)	381,585 (172)	428,369 (196)
Line 4	San Felipe ~ Xalostoc	247,821 (100)	398,783 (161)	504,878 (204)	605,168 (244)
Line 2 & Line 5	Tacuba ~ Atzacapozalco	310,488 (100)	491,606 (158)	571,511 (184)	656,743 (211)

注 ()内は1982年を100とした指数を示す。

を用いると、ピーク時旅客集中度(1日片道交通量に対し朝のピーク時1時間平均交通量)は21%と算出された。一方、メキシコ都市圏 Person Trip 調査による集中度は17%となっている。したがって上限値(A案)を21%、下限値(B案)を17%とし、この両案を Alternatives として併挙することとし、これに基づいて列車運転計画をたてることとした。

4. 運転計画

前述の輸送需要予測に基づく年度別、線別の最大輸送量区間の終日交通量から、ピーク1時間の通過人員を算出し、これに対応する列車編成および1時間当り列車本数を算定した。次に各線の列車ダイヤを作成し当該線に必要な車両数を算出した。但し、前述のごとくA案はピーク時の旅客集中度を21%、B案は17%と想定した場合の数値である。

表Ⅱ-4-1. 開業時の運転間隔と編成

路線	ラッシュ時運転間隔		列車編成	
	A案	B案	A案	B案
Line 1	5分	4分	9両	6両
Line 3	5分	6分	6両	6両
Line 4	4分40秒	6分	6両	6両
Line 2 and Line 5	3分45秒	4分40秒	6両	6両

表Ⅱ-4-2. 到達時分

路線	区 間	区間キロ (km)	到達時分 (min-sec)	表定速度 (km/h)	平均運転速度 (km/h)
Line 1	San Lazaro - Los Reyes	17.0	19-30	52.3	59.7
Line 3	La Villa - Ecatepec	18.9	22-30	50.4	57.7
Line 4	Periferico - Tlalnepantla	27.7	30-00	55.4	62.7
Line 2 and Line 5	Tlalnepantla - Molinito	13.2	15-30	51.1	59.0

表Ⅱ-4-3. 所要車両数(A案)

路線	年度			
	1982	1985	1990	1995
Line 1	105	153	174	213
Line 3	78	114	120	141
Line 4	108	162	198	240
Line 2 and Line 5	78	123	129	150
合計	369	552	621	744

表Ⅱ-4-4. 所要車両数(B案)

路線	年度			
	1982	1985	1990	1995
Line 1	90	135	159	174
Line 3	72	90	102	114
Line 4	84	129	171	198
Line 2 and Line 5	72	105	111	129
合計	318	459	543	615

次に運転保安設備としては、列車衝突事故防止等、列車運転の安全を確保するために自動列車制御装置(A.T.C.)は不可欠の装置である。将来旅客が増加して列車間隔が2分以下に短縮される場合は自動列車運転装置(A.T.O.)を併設することが必要と認められるが、まだ列車頻度が少ない間は、A.T.O.を節約することも可能と考えられるので、A.T.C.、A.T.O.を併設する案をA案とし、A.T.C.のみを設備する案をB案として併挙した。

A.T.O.を併設すると当初建設費はそれだけ高価となるが、反面乗務員の訓練を簡略化し得る利点がある。

5. 建設基準

メキシコ側の計画をもとに、高密度輸送を行う電車専用鉄道であるという本近郊鉄道の特性と軟弱な地層の多い地域特性を勘案して、完成後は保守の省力化が可能な構造物を建設することとした。

同時に、日本での経験をもとに、建設費の低廉化、動力費の節減、乗心地の向上等についても検討し下記の諸項目について望ましい案を作成した。

- (1) 建築限界
- (2) 線路配線、縦断線形

- (3) 路盤構造
- (4) 立体交差構造
- (5) 軌道構造
- (6) 軌道保守方式

6. 停車場設備

メキシコ側から最終的には90秒時隔運転を実施することを要望されているが、全長300mに達する12両編成列車を、2分以下の時隔で運転するためには、特に終端駅において、これを可能とする特殊な配線を設計する必要がある。

メキシコ側の計画によれば全駅において乗降のプラットフォームを分離し、中間駅においては3面2線、終端駅においては5面4線を設備する案である。しかしながら開業後当分の間乗降客の少ない駅においては一つのプラットフォームで乗降を行うことも可能であると考えられる。また、プラットフォームの長さについては、当初6両編成列車の運転時にはそれに必要な長さのプラットフォームを作って、将来9～12両編成に長大化するにしたがってプラットフォームの長さを延長することによって初期投資を節約することが考えられる。

したがって、乗降プラットフォームを分離する理想案をA案、開業当初乗降客の少ない駅のプラットフォームを乗降併用とする経済案をB案として併挙することとした。

また、自動出改札設備についても計画策定し、乗車券のみを販売する場合をA案、回数券制度を併用する場合をB案として併挙した。

7. 電力設備

電車運転用の変電所は2箇所とし、Xalostoc変電所には、き電用変圧器2台を、Las Torres変電所には1台を設置することとした。

電力会社の電源網から変電所に受電する場合専用送電網を必要とするか、途中分岐して受電できるかは今後の折衝にまつので前者をA案とし、後者をB案として両案を併挙した。

電力指令員は列車運転の指令員と同一箇所で執務するのが望ましいことから、変電所の遠隔監視制御所は列車運行管理装置とともにSan Lazaroに設置することとした。

A Tき電方式はB Tき電方式と比較して、電力供給能力が大きく、かつ電圧降下が少ないという利点があり、B Tき電方式はB Tセクションに集電上の弱点があるので、本近郊鉄道には好ましくないと判断されるのでA Tき電方式を推奨する。

電車線路設備は本近郊鉄道の列車運転に見合った電気性能を有するように電線材料の選定にも十分考慮した。

8. 信号・通信設備

本近郊鉄道における列車運転の安全を確保するため、自動列車制御装置(A.T.C.)、継電連動装置を、輸送を正確かつ能率的に行うために総合列車運行管理装置(T.T.C.)、列車無線装置などを設けることとした。これらはメキシコ側の計画書に述べてあるA.T.P.およびA.T.S.の機能を満た

している。また輸送業務を遂行するために使用される情報伝送設備およびその他必要設備も設ける。コントロールセンターは San Lazaro とする。

交流電化に伴う通信障害対策については、日本における経験から大まかな計算を行い、最大対策費を計上したものをA案、最小対策費を計上したものをB案とした。

なお自動列車運転に必要な地上装置はA案に含まれている。

9. 車 両

メキシコ側の計画を基礎とし、車両限界、車両編成、車両種別、各車両設備機器、各機器の容量、車体材料、座席配置、台車形式、制御方式、ブレーキ方式等について詳細に検討策定した。

その主な点としては、電動車2両を1ユニットとして構成し、これに付随車を1両付加したMM¹Tを基本として6両、9両あるいは12両とし、主電動機の所要出力はメキシコ側の計画の運転条件を満足するため180kWとした。車両は長さ25m、巾3.3m、出入口を片側4箇所に取りつけ、座席はロングシートとし、四隅に老人子供用のクロスシートを設け、大量輸送に適した構造とした。

車体材料としては、アルミニウムと鋼の2案について検討した。アルミニウム製は鋼製に比べて車両新製費が約5%高価となり、また新しい技術であるためメキシコで直ちに国産することができない欠点があるが、軽量であり電力消費量が少なく、耐用年数も長く、塗装の簡略化ができる利点がある。

運転保安設備としてA.T.C.とA.T.O.を併設する案(A案)とA.T.C.のみを設備する案(B案)の2案を併挙することは「4運転計画」においてのべたが、A.T.O.の主体設備は車上に設置されるので、この両案の差額は主として車両費の差額として計上され、その額はおよそ6%である。

10. 車両基地および工場

車両基地および工場の規模を決定するには、すでに述べた車両数のほかに車両の検査体系を定めなければならない。

車両の検査体系の策定に当っては、日本の実績を考慮に入れて、全般検査-要部検査-交番検査-仕様検査より成る定期検査と臨時検査をその検査種類とした。

検査周期については、開業後当分の間適用する暫定周期とその後適用する周期の二とおりとした。

車両基地の位置の選定に当っては、車両運用、現業機関としての規模、用地の取得等を考慮して、Los Reyes, Ecatepec, Xalostoc の3箇所に車両基地を設置することとした。

各車両基地については、1995年までの基地別配置両数を前提として、必要な線群、主要設備を策定した。

工場については、設備の集約をはかり、かつ車両基地との運けいを取り易くするために、将来の車両数を考慮のうえ、Ecatepec車両基地に隣接する場所1箇所に設けることとし、検査修繕作業の流れ、同工程、所要設備、基本レイアウト等について策定した。

11. 工事計画

11-1. 概算工事費

概算工事費を算定するに当っては、次の前提条件によった。

(1) 資機材は極力メキシコ国内調達によることとするが、電気機器類、レール等は輸入による。また、車両、自動出改札装置等は当初は全面輸入するが、以後逐次国産化の比率を高めることとした。

(2) 現地工事に要する技術者並びに労務員は全て現地雇用によることとし、賃金は現地の水準にしたがい、その労働生産性は日本と同一とみなした。

(3) 輸入資機材の価格は、過去の実績に基づき1977年現在のC. I. F. ベースに換算し、メキシコ国内輸送費を加算した。

(4) 5号線の工事単価は1～4号線の平均工事単価と同一とみなした。

(5) 工事費はペソ表示とし、為替レートは1米ドル=23ペソ=250円とした。

以上による当初建設費は次のとおりである。

表Ⅱ-11-1 概算建設費

(単位 百万ペソ)

項目	A 案		B 案	
	記事	金額	記事	金額
土木	1) 乗降分離の乗降場 2) 自動出改札は乗車券のみを対象	9,022(1595)	1) 乗降併用の乗降場 2) 乗車券の他に回数券も自動出改札に考慮	7,821(1,104)
電力	変電所から専用送電線を敷設して受電	2,221(891)	最寄りの送電線から受電	1,395(523)
信号通信	1) 誘導障害対策費を最大として計上 2) A.T.C.+A.T.O.	1,731(1,514)	1) 誘導障害対策費を最小として計上 2) A.T.C.	1,416(1,240)
車両基地	車両数対応	1,327(479)	車両数対応	1,296(479)
車両	1) 開業時車両数 369両 2) A.T.C.+A.T.O.	6,107(6,059)	1) 開業時車両数 318両 2) A.T.C.	4,952(4,910)
一般管理費		1,691(-)		1,436(-)
計		22,099(10,538)		18,316(8,256)

注 ()内は外貨ポーション再掲

次に追加建設費は、輸送量の増加に伴う車両増備費が主なものであり、次表のとおりである。

表Ⅱ-11-2. 営業開始後追加建設費

(単位 百万ペソ)

項 目	1982~1986	1987~1991	1992~1996	計
土 木	418	209	206	833
	238	175	101	514
電 力	46	214	-	260
	24	149	-	173
車 両 基 地	-	19	19	38
	-	19	19	38
車 両	2,858	1,115	1,695	5,668
	2,146	1,067	926	4,139
一 般 管 理 費	204	90	118	412
	141	79	64	284
計	3,526	1,647	2,038	7,211
	2,549	1,489	1,110	5,148

注 各項目共上段=A案, 下段=B案

11-2. 工 事 工 程

5線を同時開業する場合の工事工程案は次表のとおりである。工事を計画どおり達成するためには、最も長い期間を必要とする立体交差工事を極力早期に着工することとし、土木工事施工中に軌道、電気工事を雁行し、所要工期を短縮することが肝要である。

表Ⅱ-11-3. 工事工程表(全線同時開業)

工 種	1978	1979	1980	1981	1982
契 約 準 備	■				
詳 細 設 計 入 札		■			
土 木 工 事		■	■		
軌 道 工 事			■	■	
電 気 工 事			■	■	
車 両				■	■
諸 試 験				■	
訓 練 運 転				■	■ 開業

11-3. 線区の優先順位

建設対象の5線区の優先順位について考察すると、その選択条件は次のように考えられる。

- (1) 現在輸送手段、特に通勤輸送手段が不足し、住民が困却している地区を救済する線区。
- (2) 現在地下鉄道が行きづまり状態にあるので、これを救済するのに有利な線区。
- (3) 旅客の便益上ならびに工場入場車両の回送運転可能であるよう各線区が連絡していること。

以上の諸条件を勘案して仮にメキシコ政府で優先順位を定めるとすれば

- 第1順位 1号線および4号線
 第2順位 2号線および3号線
 第3順位 5号線

となるであろう。しかしながら、メキシコ首都圏の現状、ならびにその急激な発展にかんがみ5線77km程度の近郊鉄道網は、当然今後5カ年以内に全線完成すべきであろう。

12. 収支予測および財務分析

全線同時着工開業を前提とする。

12-1. 起 業 費

前節で述べた当初建設費に建中金利を加えた当初起業費はA案250億ペソ、B案207億ペソである。また、追加起業費はA案72億ペソ、B案51億ペソである。

当 初 起 業 費

(単位 百万ペソ, 百万米ドル)

項 目	A 案	B 案
当 初 建 設 費 (米ドル換算)	22,099(10,538) 961(458)	18,316(8,256) 796(359)
建 中 金 利 (米ドル換算)	2,924(-) 127(-)	2,425(-) 105(-)
合 計 (米ドル換算)	25,023(10,538) 1,088(458)	20,741(8,256) 902(359)

注 ()内は外貨ポーション再掲

追 加 起 業 費

(単位 百万ペソ, 百万米ドル)

	A 案	B 案
1982 - 1986	3,526	2,549
1987 - 1991	1,647	1,489
1992 - 1996	2,038	1,110
合 計 (米ドル換算)	7,211 (314)	5,148 (224)

12-2. 資金調達計画

当初起業費の調達はメキシコ側の要請にしたがい、全額外部負債によることとし、次の3種の混合融資を想定した。

(1) 輸出信用(サプライヤーズ クレジット)

対象……輸入資機材にかかる外貨ポジションの85%および各資機材据え付けにかかる現地費用(資機材の15%を限度とする。)

金額 A案 105億ペソ(458百万米ドル相当)

B案 83億ペソ(359百万米ドル相当)

金利 7.5% p. a.

返済 営業開始後20回半年賦

(2) シンジケートローン

対象 (1)および(3)以外の所要資金

金額 A案 122億ペソ(530百万米ドル相当)

B案 102億ペソ(443百万米ドル相当)

金利 8.75% p. a.と仮定した。

返済 3年据え置き後8回半年賦

(3) 鉄道債

金額 A案・B案共 23億ペソ(1億米ドル相当)

クーポンレート 7.5% p. a.と仮定した。

償還 5年据え置き後5ヶ年償還

なお、営業開始後の資金不足の補填はメキシコ政府またはその公的機関による無利息融資によることとする。資金収支が黒字に転換した後にその余剰金をもって返済することを想定した。

12-3. 営業収支予測

営業収入を概算するに当っては次の条件によった。

(1) 年間総旅客数は「3.輸送需要予測」に基づいて算出した。

(2) 運賃は全線均一3ペソ、4ペソ、5ペソとした。

(3) 運賃は15年間に亘り据え置きとした。

次に営業支出を概算するには次の条件によった。

(1) すべて1977年現在価格のペソ建てとした。

(1米ドル=23ペソ=250円)

(2) 人件費算出に当って賃金は一律に150,480ペソ/年とした。

(3) 総務管理費は物件費に対し10%、人件費に対して35%を見込んだ。

(4) 開業後15年間営業支出のエスカレーションは見込んでいない。

なお物価上昇を考慮した場合をケース5として試算した。

12-4. 損益および資金繰り予測

起業費、運賃等の諸案の組合わせによって色々のケースが考えられるが、まず最も標準的なベースケースとして次のケース1を設定した。

ケース1 (ベース・ケース)

- (1) 当初起業費はB案207億ペソとし、これを建設期間3カ年間(1979~1981)に均等支出するものとした。
- (2) 追加起業費ならびに営業欠損等による資金不足に対しては、メキシコ政府あるいは関係公的機関の無利息融資によることとした。
- (3) 運賃は4ペソの均一料金とした。
- (4) エスカレーションは考慮していない。

この場合、営業収支をみると1982年開業後2年間は赤字であるが、3年目の1984年には黒字に転換し、以後黒字は逐年増加の一途をたどる。

次に資金繰りについては、開業後5年間1986年まで政府関係機関の融資を必要とし、その総額は107億ペソに達し、この融資を全額完済するのは開業後11年目の1992年である。以後余剰資金は企業体の手許現金として蓄積され、1996年末には総額170億ペソに達する。

ケース2

この場合は当初起業費としてA案250億ペソならびに追加起業費としてA案72億ペソを採用する。それ以外の条件はケース1と全く同一とする。

この場合損益計算の黒字転換はケース1より1年遅れて4年目となる。また、政府関係機関融資の所要年数が伸びて6カ年となり、所要融資総額は165億ペソに達する。

ケース3

ベース・ケースすなわちケース1の当初起業費(B案)207億ペソ中には46億ペソに達する「立体交差化工事」が含まれているが、この工事は本来鉄道と道路との平面交差を避けるために必要な公共的な投資であり、これを全額鉄道投資に計上して運賃負担の対象にすることは適当でないように考えられる。したがって、このケース3においては、これを除外して総起業費を161億ペソとし、かつ運賃を3ペソとして試算した。この場合の営業収支の黒字転換は4年目、政府関係機関融資所要期間は6年で、ケース2の場合と同様であるが、その所要額は94億ペソとケース1および2に比して大巾に減額されることは注目に値する。

要するに、立体交差化工事費を運賃負担から除外すれば3ペソで十分 Feasible であることを示す。

なお、大都市近郊鉄道および地下鉄道建設に対しては、世界的に国家および地方公共団体の補助が与えられるのが通例である。

ケース4

上記ケース1~3はいずれも不足資金を政府関係機関の無利息融資によることとしたのであるが、ケース4はこれを金利8.75% p.a.の有利資金により賄う場合の収支を試算した。但し、それ以外の条件はすべてベースケース(ケース1)と同一とした。

この場合は黒字転換期4年目、融資所要年数6カ年でケース2(起業費A案)と同様であるが、

追加融資所要総額は145億ペソで、ケース2に対比してなお20億ペソ少ない。

ケース5

以上の各ケースは全て通貨価値不変とし、物価・運賃とも15年間を通じて不変として試算したものであるが、物価上昇の影響をみるために、このケース5を試算した。

すなわち、1979年を起点として起業費、営業支出とも毎年10%上昇するものと仮定すると、1996年度の物価は営業開始年度(1982年)比3.8倍に達するが、運賃は5年ごとに1ペソ値上げ(1996年度に6ペソ〔開業時4ペソの50%増〕)することで経営し得ることを示す。

すなわち、鉄道企業のごとく固定資本費の多い企業は物価騰貴に対し極めて強い企業であることを示す。

ケース6

ケース1の運賃を5ペソとして試算したものであるが、営業収支面およびCASH FLOWの面共、他ケースに比し著しく負担が軽減されることがわかる。すなわち開業2年目に黒字転換し、開業後の資金不足額も67億ペソに止まることから、1989年には財務的に完全な独立企業体となり得る。

上記の要点を抜萃したものが表Ⅱ-12-1であり、各ケースについて損益および資金繰りの推移は図Ⅱ-12-1および図Ⅱ-12-2のグラフに示す通りである。

表Ⅱ-12-1.

	ケース1 (ベース ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
総起業費	20741 百万ペソ (B案)	25023 百万ペソ (A案)	16092 百万ペソ (C案)	20741 百万ペソ (B案)	22780 百万ペソ	20741 百万ペソ (B案)
運賃	4ペソ	4ペソ	3ペソ	4ペソ	1982~86 4ペソ 87~91 5ペソ 92~96 6ペソ	5ペソ
エスカレーション	なし	なし	なし	なし	起業費、営業支出につき毎年10% (1977年起点)	なし
ADD LOAN/SUBSIDY金利	0%	0%	0%	8.75%	0%	0%
〔I〕損益 ③期間利益黒字転換期 (同上営業開始後年度)	1984年 (3年目)	1985年 (4年目)	1985年 (4年目)	1985年 (4年目)	1985年 (4年目)	1983年 (2年目)
〔II〕資金繰 ① SUBSIDY 所要期間	5年	6年	6年	6年	6年	5年
② 同上 総額	107億ペソ	165億ペソ	94億ペソ	145億ペソ	172億ペソ	67億ペソ
③資金収支均衡点 (= SUBSIDY 完済期)	1992年	1994年	1994年	1995年	1996年	1989年
④1996年末累積手許現金	170億ペソ	77億ペソ	74億ペソ	56億ペソ	10億ペソ	325億ペソ

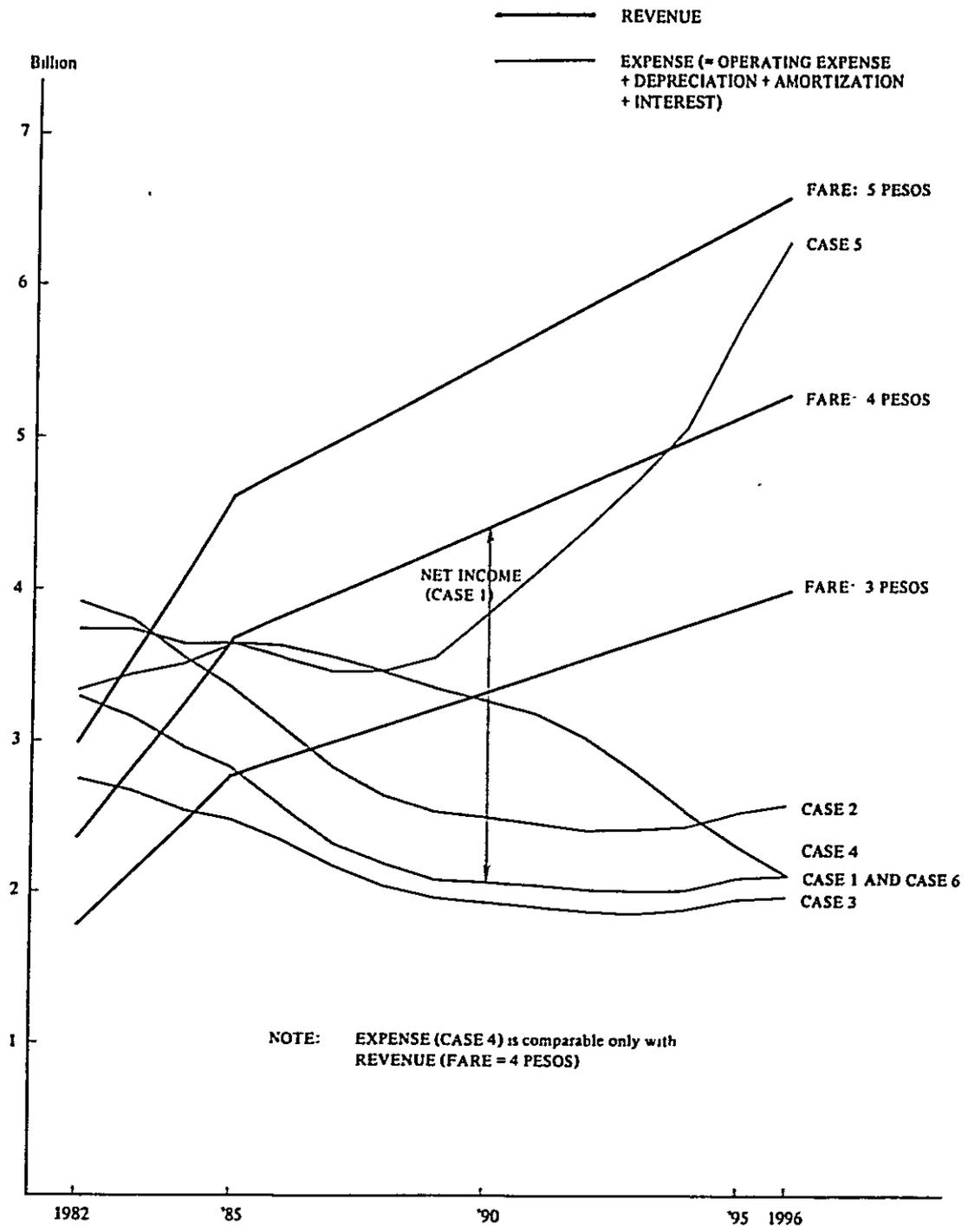


图 II - 1 2 - 1 Revenue and Expense

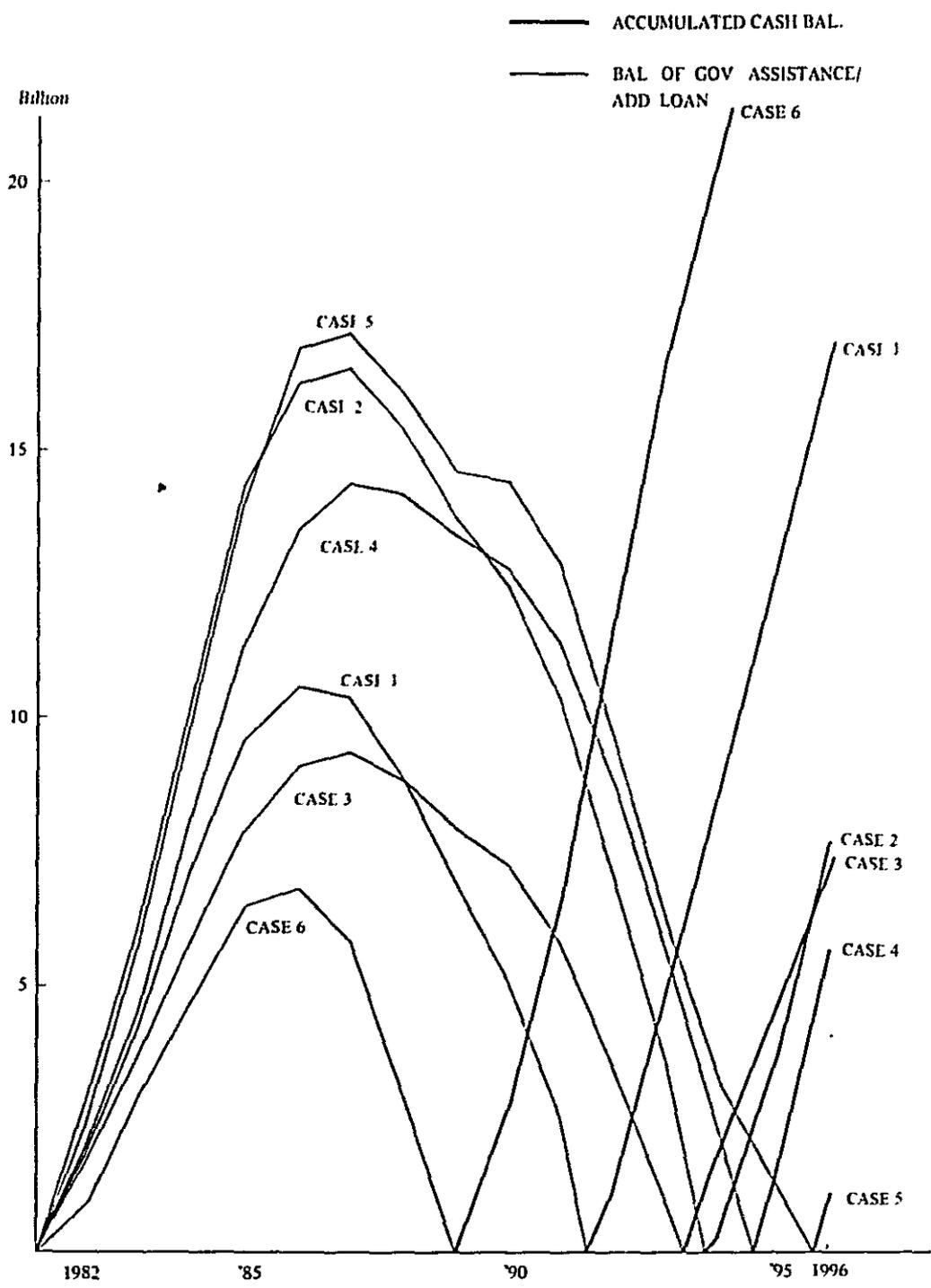


图 III - 12 - 2 Accumulated Cash Flow and Subsidy / Additional Loan

13. 経済評価

13-1. 結論

経済評価の手段として採用した内部収益率 (INTERNAL RATE OF RETURN - I.R.R.) は、13.2%であり、しかもその算出に際してとられた CONSERVATIVE な分析手法からしても、本プロジェクトは経済的側面において十分 FEASIBLE であると結論出来る。

13-2. 経済的費用

(1) 当初建設費……プロジェクト総所要資金 (B案) より金利を控除したものを採用 (18316 百万ペソ)

(2) 廃線敷を利用するので、その道床、敷地を考慮し、RIGHT OF WAY として 1,014 百万ペソをコストとして計上した。

(3) 追加投資額……5,148 百万ペソ (B案)

(4) 運転・維持費……12,196 百万ペソ

(5) 残存価値 (RESIDUAL VALUE) ……プロジェクトライフ最終年 (1996年) 末の簿価 10,521 百万ペソを採用した。〔(1)+(2)+(3) - 1996年末既償却額 13,957 百万ペソ〕

13-3. 経済的便益

(1) 交通事故の減少、輸送の快適性、大気汚染の減少等は定量化が困難であり、かつ基礎データの AVAILABILITY にも限界があるため、本項においては、

- ・新しい施設の利用者にとり、輸送経費が減少すること。
- ・旅客の輸送時間が節約されること。

の二点を中心に検討した。

(2) 将来交通量

便益算出の基礎となる将来の予測交通量は別項で算出された旅客数予測値に基づき、各年次ごとの総旅客輸送距離 (人×km) を使用した。

(3) 交通経費 (TRAFFIC COST)

基礎データの多くをメキシコ当局資料中より採用し、以下三つの項目につき算出した。

a) 走行経費

燃料費を基礎として、その他の経費を燃料費の 50% と仮定し、これをバス、乗用車の別により以下のとおり算出した。

	(単位 ペソ/人×km)	
	バス	乗用車
燃料	0.008	0.287
その他経費	0.004	0.144
合計	0.012	0.431

b) 固定経費

車両の購入価格 (税引) を以って固定経費と考える簡便法を採用した。

	バ ス	乗用車
価格(税引)	890,330ペソ	101,568ペソ
耐用年数	7.5年	9年
1台当り固定費	118,711ペソ	11,285ペソ

c) 時間経費

こゝではバス運転手および乗客、乗用車運転者および乗客のすべてについての時間価値を算出する方法によった。

但し、全員について一律に法定最低賃金としての一日本106ペソを適用することは非現実的であることから

①勤務時間 ②通勤時間 ③レジャー

に分け、異なる時間価値を10:5:2と想定した。また乗用車利用者はバス利用者よりも2倍の価値評価を行った。

目的別構成		時間価値……ペソ/時	
		バ ス	乗用車
①勤務時間	25%	13,250	26,500
②通勤時間	50%	6,625	13,250
③レジャー	25%	2,650	5,300
荷重平均(ペソ/人×時)		7,288	14,575

d) 交通経費合計

a～cの車種別 TRAFFIC COST は次のとおりとなる。

	バ ス	乗用車
走行経費(ペソ/人×km)	0.012	0.431
固定経費(ペソ/台×年)	118,711	11,285
時間経費(ペソ×人×時)	7,288	14,575

合計額算出のため単位をペソ/人×kmに統一すると

	バ ス	乗用車
固定経費	0.060	0.086
時間経費	0.486	0.486

となるが、このうち、時間経費は道路使用の場合であり、鉄道使用の場合の同単位当りの経費(バス0.138ペソ、乗用車0.275ペソ)を差引いたもの、すなわちバス0.348ペソ、乗用車0.211ペソが、時間経費節減効果として測定し得ることとなる。

したがって本鉄道建設に伴う経済便益を、各車種別の交通経費節減効果として次のとおり算定することができる。

(単位ペソ/人×km)	バ ス	乗用車
A 走行経費節減	0.012	0.431
B 固定経費節減	0.060	0.086
C 時間経費節減	0.348	0.211
合 計	0.420	0.728

13-4. 社会的便益

われわれはこれまで評価の対象を経済的便益に止めたが、さらに排気ガスの減少もしくは増加の抑制、騒音公害の減少もしくは予防、地域社会間の交通促進、経済発展の地域間均質化等の社会的便益についても見逃し得ず、これらをも加えた総合的な見地から本プロジェクトの評価が与えられることが望ましい。

14. 教育訓練

従事員の教育訓練についてはまず管理者および Foreman に新技術の教育を実施し、一般職員の教育訓練はこれらの指導者が指導に当ることにする必要がある。教育期間は各層について4～6カ月を必要とする。特に短区間のモデル線を少なくとも6カ月前に完成し、現場従業員の実務教育を行う必要がある。

15. 結 論

メキシコ首都圏は人口1,300万人を擁し、なお人口増加が著しく、今世紀中には2,500万人を超えると予想される世界の超大都市の一つである。

道路交通は現在すでに渋滞を生じており、かつ自動車の排気ガスによる大気汚染は市民生活の大きな障害となっている。

したがって、今後の都市の発展に道路交通の整備のみをもって対応することは莫大な資金を必要とし、また自動車の排気ガス規制には大きな困難が予想されるので、大量輸送機関である鉄道の整備は必須の課題といえよう。

メキシコ首都圏の近郊鉄道としてはすでに路線延長320kmの建設計画案が樹てられており、今回調査対象とした5路線77kmはこの近郊鉄道網の第一歩としての意義を有するものと理解されるので、将来修正が困難な建設規格の選定には特に慎重な検討が必要である。

ここに策定された近郊鉄道計画は世界に類例を見ない程の大量、高速の輸送力を有し、かつ最新技術を網羅したもので、超大都市のメキシコ首都圏の将来に真にふさわしいものである。

本計画は、日本調査団のエキスパートとメキシコ政府側のエキスパートとの討議の結果合意した内容に基づくものである。ここに採択されている新技術はすべて日本の鉄道ですでに実用に供されているもので、永年の経験に基づく結果であって、単なる机上の提案は皆無である。

したがって、本計画は細部についても実用的であり、完成の暁には市民の信頼に十分応えられるものと確信する。

本計画では、Alternatives の考えられる項目について高価な案(A案)と廉価な案(B案)を併記したので、運賃レベルとともにメキシコ側で最適と判断されるものを選択されたい。

但し、B案は当初の建設費が廉価という意味であって、将来に禍根を残すことのないように十分考慮されている。

次に、建設完了後15年間の財務分析を行った結果、収支予測としては、運賃を4ペソと仮定して推算をすると、赤字計上は開業後A案3年、B案2年で、その後は黒字が累年加速度的に増加するので経営上の問題はないものと考えられる。問題は資金繰りであり、開業後経営赤字と外債返済

が重なって、A案の場合6年間、B案の場合5年間資金補填を必要とし、その額は相当高額に達する。その点A、B案の選択および運賃レベルの選定とともに、例えば、立体交差化に要する工事費を政府の公共費負担として運賃負担から除外することなど考慮することはできないであろうか。

世界の各国では、大都市近郊鉄道の建設に政府および地方自治体の補助金を支出するのが通例である。

しかしながら、いま一つの Alternative として5ペソの運賃を想定した場合(ケース6)営業収支のみならず、資金繰りの面でも本プロジェクトの負担が非常に軽くなる点注目に値しよう。

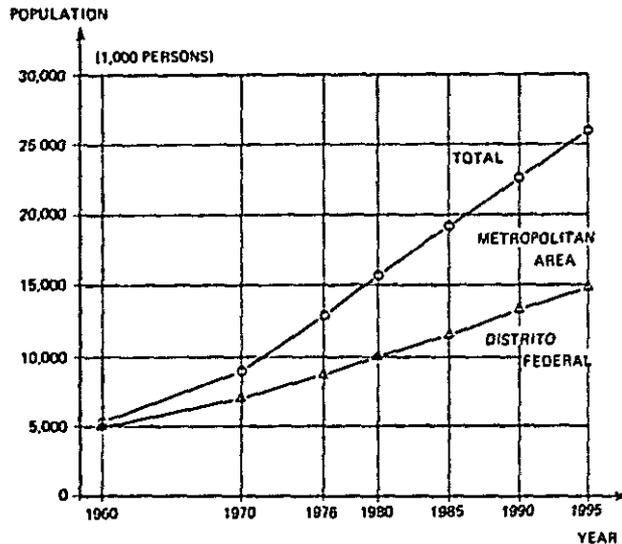
終りに当って、本調査の実施に対してメキシコ政府ならびに関係機関から寄せられた御協力、御援助に心から深謝の意を表するとともに、本鉄道が完成してメキシコ市民の信頼と賞讃に十分応えうる日を待望するものである。

III 各 論



表Ⅲ-1-1. Population by The Zones (1, 000 persons)

Zone		1976		1980		1985		1990		1995	
1	Alvaro Obregon	650	100	780	120	910	140	1,020	157	1,100	169
2	Azcapotzalco	681	100	720	106	820	120	960	141	1,100	162
3	Benito Juarez	90	100	150	167	275	306	450	500	600	667
4	Coyoacan	400	100	490	123	675	169	770	193	830	208
5	Cuajimalco	80	100	120	150	130	163	240	300	285	356
6	Cuahu Temoc	895	100	930	104	950	106	980	109	1,035	116
7	Gustavo A. Madero	1,800	100	1,950	108	2,150	119	2,300	128	2,430	135
8	Ixtacalco	600	100	650	108	740	123	800	133	850	142
9	Ixtapalapa	850	100	1,050	124	1,170	138	1,370	161	1,500	176
10	Contreras	120	100	175	146	260	217	350	292	430	358
11	Miguel Hidalgo	800	100	860	108	915	114	1,050	131	1,175	147
12	Milpa Alta	55	100	83	151	138	251	175	318	215	391
13	Tlahuac	90	100	150	167	275	306	450	500	600	667
14	Tlalpan	175	100	250	143	335	191	480	274	640	366
15	Venustiano Carranza	817	100	912	112	967	118	1,085	133	1,100	135
16	Xochimilco	193	100	275	142	405	210	615	319	750	389
17	Atizapan de Zaragoza	100	100	150	150	250	250	390	390	540	540
18	Coacalco	40	100	70	175	120	300	190	475	250	625
19	Cuautitlan	65	100	150	231	230	354	360	554	460	708
20	Chimalhuacan Y La Paz	100	100	155	155	215	215	300	300	435	435
21	Ecatepec	480	100	660	138	800	167	970	202	1,200	250
22	Huixquilucan	70	100	90	129	145	207	200	286	245	350
23	Naucalpan	810	100	1,100	136	1,410	174	1,800	222	2,180	269
24	Netzahualcoyotl	1,320	100	2,050	155	2,700	205	3,200	242	3,650	277
25	Tlalnepantla	780	100	1,050	135	1,300	167	1,550	199	1,780	228
26	Tuhtitlan	110	100	145	132	200	182	270	245	325	295
Total		12,171	100	15,165	125	18,485	152	22,325	183	25,705	211



図Ⅲ-1-2. The Growth of Population in Metropolitan Area

1-2 都市交通の現状および将来計画

メキシコ首都圏における都市交通手段としては、路線バス、乗用車、地下鉄、タクシー、路面電車、およびトロリーバスが運行されている。

バスについては、Delfine, Ballenaおよびその他のバスがある。表Ⅲ-1-2に示すようにバスの交通機関利用トリップの割合をみると、約60%がバスに依存しており都市交通の主役をバスが担っている。これに乗用車が続いており、そのトリップ割合は約20%を占めている。地下鉄は、図Ⅲ-1-3にみられるような路線網を有しているが、そのトリップ割合は約10%である。しかし都心部にネットワークを形成していることと、運賃が全線均一料金(1.2ペソ、回数券の場合は1.0ペソ)であるため利用度は極めて高く、全般的に輸送力の限界に近い状態である。その他トロリーバス、路面電車はその占める割合が少ない。

大量輸送機関としての都市鉄道(地下鉄)は約40kmであり、人口1,300万人の大都市としては、小規模である。人口数百万人を越える世界の大都市においてはより大規模の都市鉄道が存在し、都市交通の基幹となっているのが通例である(表Ⅲ-1-3)。

都市鉄道は、大量性、高速性、定時性、安全性、省エネルギーおよび排気ガス公害等において他の交通機関で期待できない特性をもっている。

- (1) 大量性：バスの約10倍、乗用車の約40倍の輸送力を有している(表Ⅲ-1-4)。
- (2) 高速性定時性：一般に専用線をもつものが有利であるといわれている。郊外と都心直通の場合、バスでは長距離の使用には道路渋滞のため制約されるが、都市鉄道による場合はその特性が十分に発揮される。
- (3) 安全性：都市鉄道はバスよりはるかに安全といえる。
- (4) 省エネルギー：表Ⅲ-1-5のとおり輸送人キロ当りエネルギー消費量が、鉄道はバスの1/2、乗用車の1/6という効率性を有している(表Ⅲ-1-5)。
- (5) 排気ガス公害：規制政策により大幅な改善が可能であるが、そのための莫大な投資と技術開発を考えると、排気ガス公害の減少には限界があるといわざるをえない。

メキシコ首都圏における交通問題改善のために、メキシコ政府は鉄道整備の将来計画として、図Ⅲ-1-3.におけるごとく地下鉄網の延伸、拡大計画と近郊鉄道の建設計画を有している。

これは大都市交通問題解決のための正しい方向を指向しており、双方あいまって大都市にふさわしい鉄道輸送体系を確立することが急務であると考え。特に近郊鉄道計画は、鉄道未整備地帯に大量高速輸送施設を導入することとなるので、その効果は極めて大きいものがある。周辺部より都心近くまで大量の旅客を高速に輸送することが急務なので、建設費が低廉で輸送能力の高い近郊鉄道計画が望ましい。

表Ⅲ-1-2. PASSENGERS' VOLUME AND TYPE OF TRANSPORT IN THE METROPOLITAN AREA OF MEXICO CITY

MODE	NUMBER OF PERSONS	PERCENTAGE
MOTORBUS (BUS)	3,280,000	59.00
TROLEYBUS & STREETCAR	18,000	0.32
TAXI	56,000	1.01
SUBWAY	133,000	2.39
AUTOMOBILE	1,101,000	19.81
MOTORCYCLE	40,000	0.72
OTHER COMBINATIONS	355,000	6.39
MOTORBUS-SUBWAY	576,000	10.36
TOTAL	5,559,000	100.00

資料 Basic data required by the Japanese mission.

表Ⅲ-1-3. Subway in Main City of The World

都市	項目	人口 (千人)	地下鉄開通年	キロ数 (km)	路線数
東京(日本)		8,590	1927	163.2	8
ロンドン(イギリス)		7,300	1863	381.1	8
ニューヨーク(アメリカ)		8,000	1868	393.5	30
パリ(フランス)		2,300	1900	256.1	19
メキシコ(メキシコ)		8,600	1969	37.4	3

資料 都市交通年報(1977年版)

表Ⅲ-1-4. Transportation Factor by Rail and Road

	電 車	バ ス	乗 用 車
輸 送 条 件	10両編成 2分 10秒間隔	70人乗り1分間 隔	1.5人乗り5秒間 隔
鉄道又は道路の片道幅員	5m	4m	4m
片道1時間あたり輸送力	39,200人(1)	4,200人(0.1)	1,080人(0.03)
片道幅員1mあたり 1時間 あたり輸送力	7,840人(1)	1,050人(0.13)	270人(0.03)

- 注 1. ()内は鉄道の定員輸送を1とした場合の輸送力比較である。
 2. 電車は中央線の実績である。
 3. バス、乗用車は総合交通体系への展望-交通計画特論
 (著者 菅原操 発行所 山海堂)によった。

表Ⅲ-1-5. Energy Consumption per Unit Transportation
 (with load factor taken as 100)

輸 送 機 関	積 載 量 等	Kcal/人キロ (旅客)
バ ス	50 人	60
乗 用 車	5 人	190
電 車	144 人	30

資料：運輸省「運輸経済統計要覧」

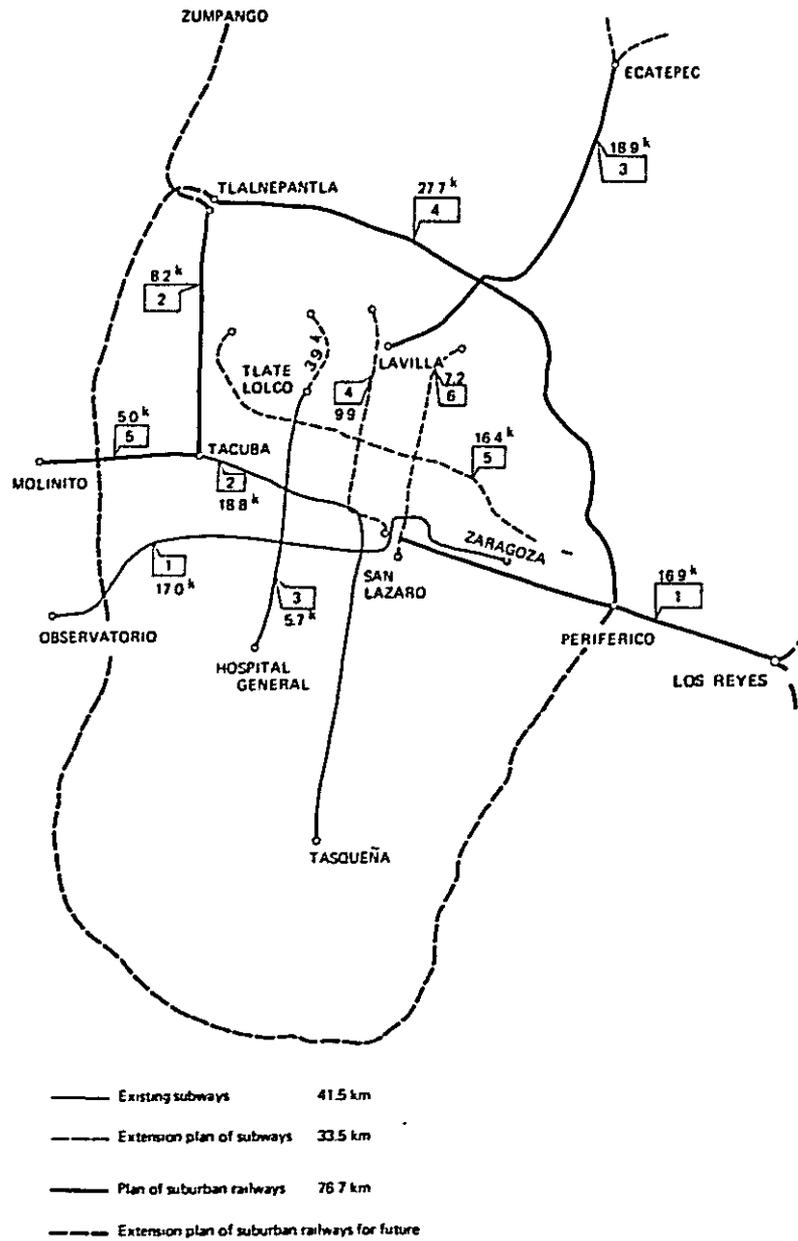


图 III-1-3. Plans for Construction of Subways and Suburban Railways in Metropolitan Area of Mexico City

2 近郊鉄道の計画

2-1 路線計画

本鉄道は、郊外と都心部との間に発生する大量の旅客を、高速で輸送することを目的としており、旅客流動、他交通機関との連携、都市発展の動向とを考慮して、次のように計画されている。

なお、本路線計画は、国鉄線の施設敷を使うところに大きな特色を有しており、極めて現実的な計画であるといえる。(付図Ⅲ-2-1)

2-1-1. 1号線

旧メキシコ市街区の1つである Venustiano Carranza 区の San Lazaro より Ignacio Zaragoza 通りを東南東方向に進み、Los Reyes に至る約17kmの路線である。

この路線は、始点部の約2kmに於て、現在の地下鉄1号線と併行し、本鉄道と地下鉄との連携に考慮が払われている。

沿線では、人口約130万人といわれる Netzahualcoyotl をはじめ、低層住宅の稠密化が進行している。

なお、将来、この路線は Los Reyes から Chalco までと Los Reyes から Texcoco を経て Teotihuacán に至る二方向への延伸計画が予定されている。

2-1-2. 2号線

現在、地下鉄2号線のターミナル駅 Tacuba から北進して Tlalnepantla に至る約8kmの路線である。

沿線では、市街化が進んでおり、特に Tlalnepantla は、北部工業地帯の要所となっている。

将来、この路線は北進し、Guadalupe 山の背後地域の開発を兼ねて、第2国際空港が予定されている Zumpango まで延長される計画をもっている。

2-1-3. 3号線

Guadalupe 寺院のすぐ南に位置している La Villa を始点として北北東に進み、Xalostoc を経由して Ecatepec に至る約19kmの路線である。

この路線の始点方は、既に市街化が相当に進んでいる。また、Xalostoc から Ecatepec にかけては、多くの工場が立地している。

この路線についても、将来、Ecatepec 付近より、Teotihuacán までと Ecatepec より Zumpango に至る二方向の延長計画が予定されている。

2-1-4. 4号線

1号線の Periférico 駅より空港の東側を通り、現在の国鉄線と交わり、路線沿いに北進し、Xalostoc に於て3号線と交差し、西進して Tlalnepantla に至る延長約28kmの路線である。

この路線の起点方約5kmと、終点方約6kmは、道路敷、水路敷を利用して建設するよう計画されている。

この路線の東部一帯は軟弱地盤帯であるが、広大な開発予定地が展開し、現在、大規模な住宅開

発が進められている。

将来、この路線は南部に延伸され、首都圏を取り巻く一大環状ルートを形成する計画となっている。

2-1-5. 5号線

2号線始点の Tacuba から西進し、Molinito に至る路線で、最も後から追加された路線であり、駅の位置、ルートも未決定の状況にある。

ルートについては、現地踏査の結果、次の2案が考えられる。

(1) Tacuba 駅を直進して、街路 Mexico-Tba に出て西方に進み、Toreo の南側を通り、軍隊基地の外周を通過して Molinito に至るルートである。

(2) Tacuba 駅で折返して、Toluca に行く現在国鉄線沿いに Naucalpan を経て Molinito に至る路線である。

この2案について考察するに、(1)案だと、2号線と5号線の直通運転が可能であり、効率のよい輸送が確保できる。反面、全線にわたって用地買収が必要となる。特に Tacuba, Toreo 間は、高密度な市街化区域であり、この間の構造形式は、連続高架方式が至当と思われるが、建設費が高価になるうえに、施工上も難工事が予想される。

(2)案は、現在の国鉄線敷に併設しようとするものであるが、この現在線は、国鉄線の中でも重要路線で、国鉄は、将来増強する計画をもっている。したがって、近郊鉄道は、現在線の増強する余地を考慮して併設することになる。この案だと用地確保、施工上の問題が(1)案より少ないと思われる。そのうえに人口の多い Naucalpan を経由するメリットがある。反面、Tacuba 駅の構造が複雑になるうえに、2号線との連絡は、スイッチバック形態となる欠点を有する。

その他に(1)案、(2)案共に、現在の地下鉄の Tacuba 駅から離れが大きくなり(約450m)、乗り換えが不便になる欠点を有する。

いずれにしても、5号線の建設は、他の4線に比べて工事費も相当かさみ、難工事が予想されるので、ルートの選定、駅位置の決定には、十分なる調査が必要と考えられる。

付図Ⅲ-6-1.および付図Ⅲ-6-2 に示す配線略図では、(1)案で表現してある。

2-2 駅の配置

2-2-1. 考慮すべき事項

駅の位置をどこに決めるかにより、利用者の便益は著しく異なり、都市計画、都市の発展にも影響を与えるものである。したがって駅の配置計画は、極めて重要であるので、次の事項を十分に配慮して行うべきである。

- 駅勢圏
- 乗車人員
- 旅客の流動
- 連絡交通機関
- 都市開発計画

2-2-2. 駅の配置

本鉄道計画の場合、駅の配置については、既にメキシコ側において、おゝむね決定されている。それによると、表Ⅲ-2-1に示すごとく全線を通じて、最長駅間距離 5.0 km、最短駅間距離 1.2 km、平均駅間距離 2.6 km となっている。

この駅配置は、将来の沿線人口の増加傾向と、日本の近郊鉄道の実績とを勘案すれば妥当な配置といえる。(表Ⅲ-2-2)

表Ⅲ-2-1 駅の配置

線 別	営業杆 (km)	駅 数	最大駅間 (km)	最少駅間 (km)	平均駅間 (km)
1 号 線	16.9	8	2.9	1.9	2.4
2	8.2	4	3.6	2.3	2.7
3	18.9	9	5.0	1.2	2.4
4	27.7	11	4.4	2.0	2.8
5	約 5	2	-	-	2.5
計	76.7	34			2.6

表Ⅲ-2-2 東京首都圏の駅配置

企業体	線 名	区 間	距 離 (km)	駅 数	平均駅間距離 (km)
国 鉄	山 手	一 周	34.5	29	1.2
	京浜東北	赤 羽・横 浜	42.0	26	1.7
	中央(快)	東 京・三 鷹	24.1	12	2.0
	総武(緩)	千 葉・御 茶ノ 水	38.7	20	2.0
	“(快)	東 京・千 葉	39.2	9	4.9
東 急	東 横	渋谷・桜木町	26.3	23	1.2
西 武	池 袋	池 袋・所 沢	24.9	16	1.7
東 武	東 上	池 袋・川 越	30.5	18	1.8

3 需 要 予 測

3-1 需 要 予 測 の 方 法

需 要 予 測 の プ ロ セ ス は 図 Ⅲ - 3 - 1 の と お り で あ る 。 需 要 予 測 は ， 入 手 し た O D 表 ， COPLINTRA が 需 要 予 測 に 際 し て 用 い た 資 料 な ど を も と に 駅 別 発 着 O D 表 を 作 成 し ， 将 来 人 口 と の 相 関 に よ り 断 面 交 通 量 ， 年 間 利 用 者 数 ， お よ び ピ ー ク 時 最 大 断 面 交 通 量 等 を 路 線 別 ， 年 次 別 に 想 定 し た 。

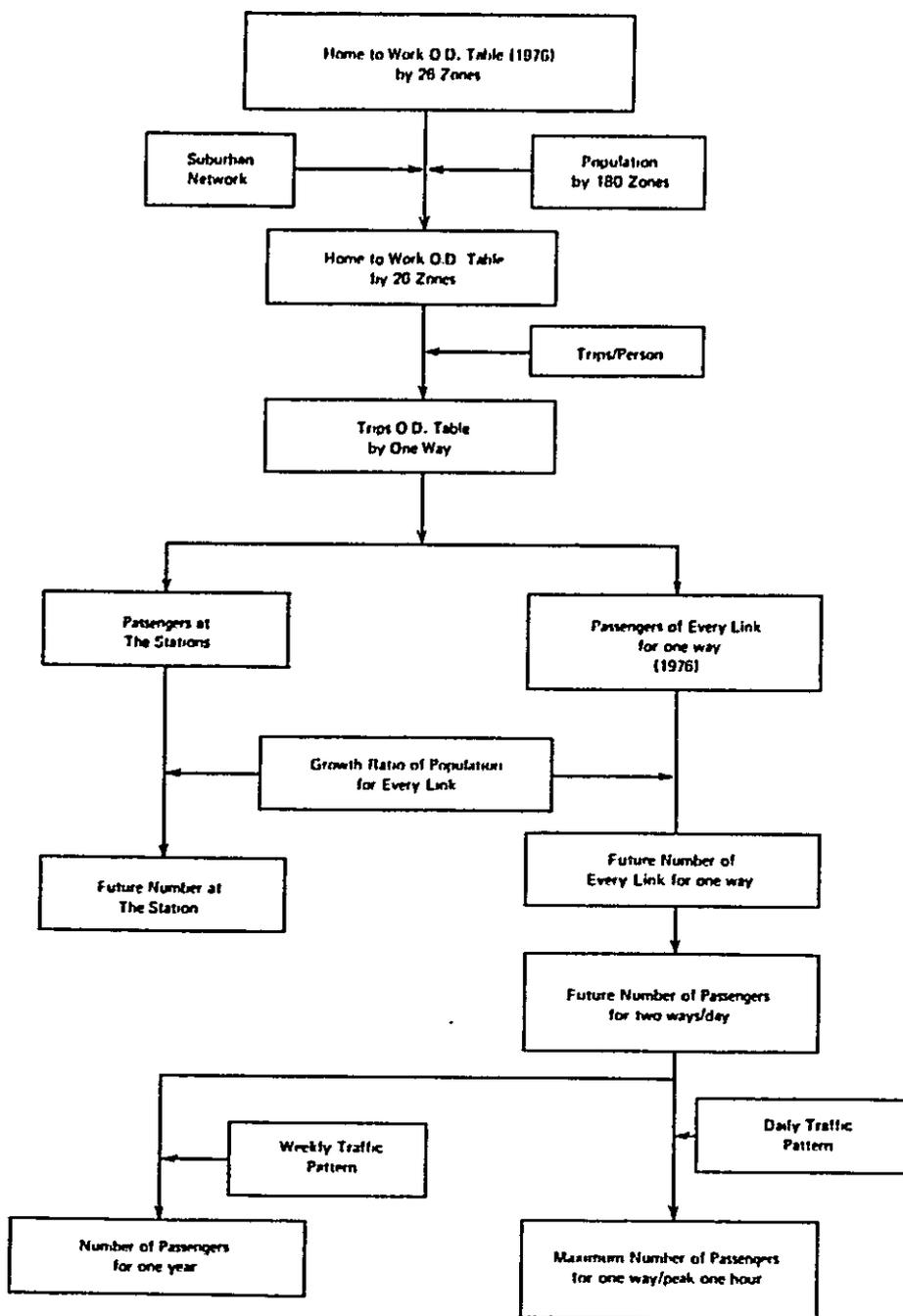


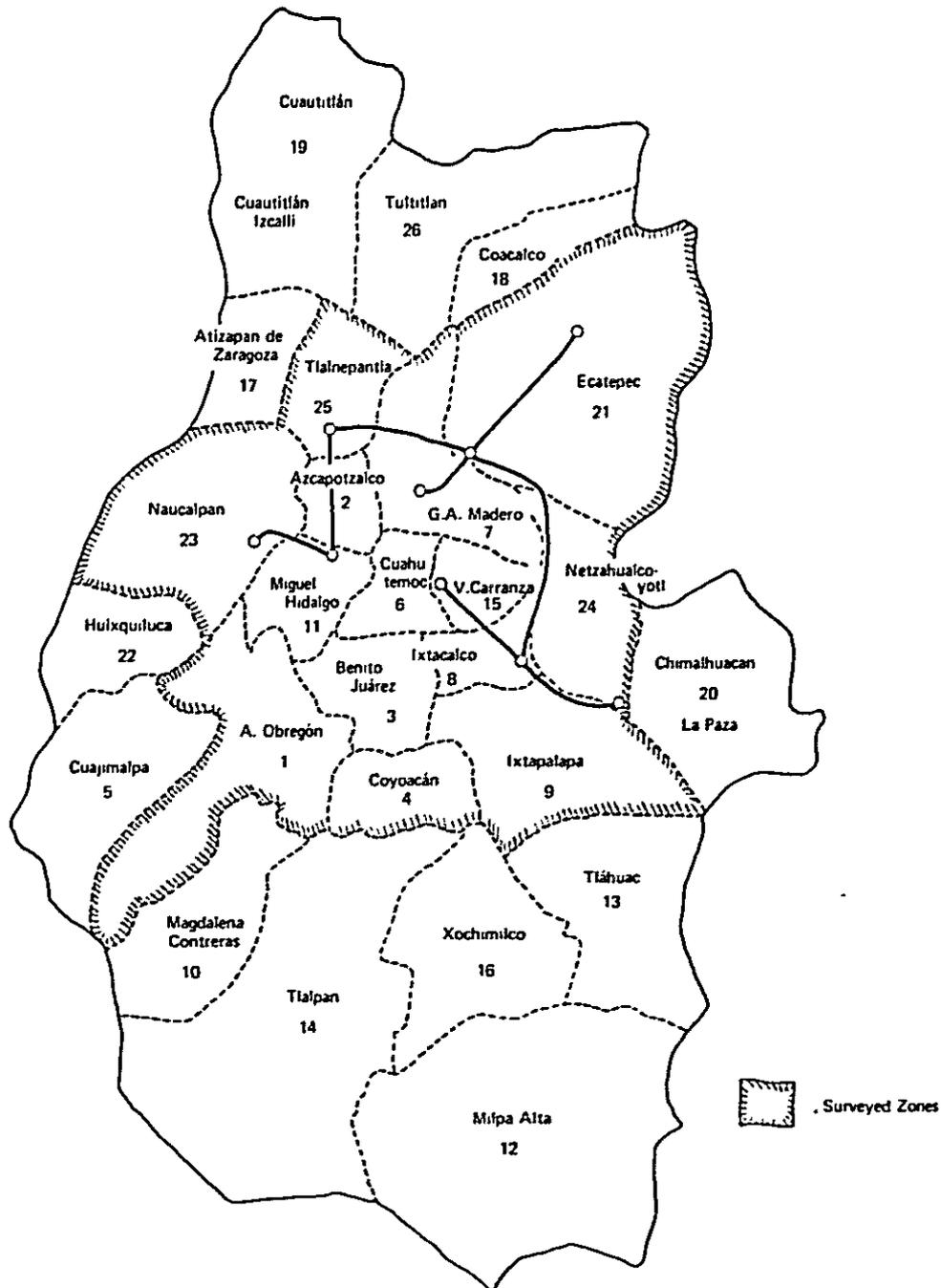
図 Ⅲ - 3 - 1 需 要 予 測 の プ ロ セ ス

3-2 目標年次と対象地域

○ 輸送需要想定の日標年次は次の各年次である。

1982年, 1985年, 1990年, 1995年

○ 輸送需要想定の対象地域は図Ⅲ-3-2の近郊鉄道沿線地域である。



図Ⅲ-3-2 Mexico Metropolitan Area Zone Number

3-3 需要想定

3-3-1. OD表の作成

需要想定については、1976年の26ゾーンOD表(表Ⅲ-3-1)を基本として用いた。このOD表はトリップ数を示すのではなく、Origin Zone に居住し、Destination Zone に勤務する人の数を各ゾーンペアについて記入したものである。

この数値をトリップ数に変換する方法はCO PLINTRAの想定方法にしたがった。その仮定は次のとおりである。まず勤労者と非勤労者の比率を1:1とし、勤労者の1日トリップ数を通勤2.2トリップ/人・日、用務0.7トリップ/人・日、非勤労者のうち主婦、学生、その他の比率を0.6:0.3:0.1としそれぞれの1日トリップ数を1.0トリップ/人・日、2.0トリップ/人・日、0トリップ/人・日と想定している。これらを全人口1人当たりトリップ数にすると2.05トリップ/人・日となり、メキシコ地下鉄によるパーソントリップ調査結果からみても交通機関利用トリップ数として妥当な値と考えられる。したがって、勤労者人口A人に対し、そのゾーンの居住者による発着トリップ数は、

$$A \times (2.2 + 0.7) + 0.6A \times 1.0 + 0.3A \times 2.0 = 4.1A \text{ トリップ}$$

となり、発トリップと着トリップが等しいとすれば、各ゾーンの居住者による発生トリップ数は2.05Aトリップとなる。目的別OD表は入手できないため、仮に先のODパターンを用いることとすると、この26ゾーンOD表の各値に2.05を乗じて求めたOD表が片道トリップ数OD表となる。

この片道トリップ数OD表を本近郊鉄道沿線地域について1駅が1ゾーンに対応するよう細分化した。これに用いたデータはメキシコ首都圏180ゾーン人口調査結果である。このデータをもとに算出した各駅ゾーン人口比から小ゾーン間OD表を作成した。

3-3-2. 鉄道利用率

鉄道利用率についてのデータは、ゾーンペアについては入手できず、各ゾーンの機関別発生交通量データのみが存在する(表Ⅲ-3-2)。この表中*印をつけたゾーンは地下鉄通過ゾーンである。これらのゾーンについて、地下鉄利用率は20.8%~27.7%となっている。遠距離ゾーンペアについては鉄道利用率が上昇することを考慮し、ここでは鉄道利用率を30%と仮定した。

3-3-3. 断面交通量の推定

この鉄道利用率と小ゾーン間OD表を用いて作成した近郊鉄道利用片道交通OD表(駅間OD表)を近郊鉄道網に配分した結果得られた断面交通量は、26ゾーンのOD表の調査年次1976年に近郊鉄道が存在したと仮定した場合の推定値であり、これを将来値に引き延ばす必要がある。先に述べたように将来の従業地ごとの従業者数の推定が困難なため、将来OD表を求めることを断念し、上記断面交通量に各線別沿線人口の伸び率を乗じて将来断面交通量を推定した。ここで開業初年度は利用者数が第一次推定値の70%と仮定している。

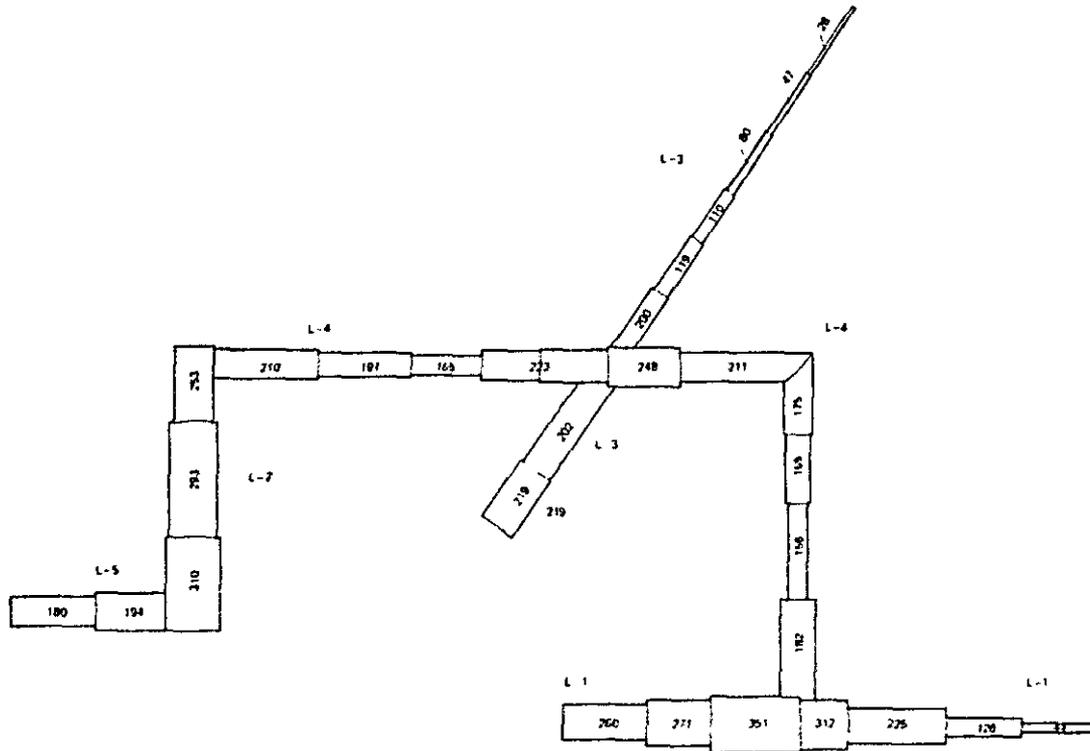
上記各OD表は片道交通、すなわち通勤トリップでいえば自宅-勤務地のトリップであったため将来断面輸送量は片道輸送量として計算される。1982年相当の1日往復断面交通量は図Ⅲ-3-3に示すとおりである。同様にして求めた年次別1日往復断面交通量は表Ⅲ-3-3~表Ⅲ-3-7に示す

表 III - 3 - 2 Modal Spirit of the Home to Work Trip in Metropolitan Area of Mexico City

(%)

Zone	Automóvil	Autobús	Tranvía o Trolebús	Taxi	Metro I	Transporte Escolar	Otro	Autobús y Metro II	Otras Combinaciones III	Insuficientemente Especificado	Total	I + II + III
Area Metropolitana de la Ciudad de México	19.8	59.0	0.3	1.0	2.4	0.6	1.2	10.3	5.3	0.1	100.0	18.0
1 Alvaro Obregon	25.8	62.2	-	0.6	1.1	0.3	0.3	4.7	4.7	0.3	100.0	10.5
2 Azcapotzalco	9.5	74.6	0.3	0.6	0.6	0.3	2.2	8.6	3.0	0.3	100.0	12.2
3 Benito Juárez*	25.4	48.2	0.6	1.8	6.5	0.6	0.6	10.7	5.6	0.0	100.0	22.3
4 Coyacancán*	25.3	52.2	0.4	0.4	2.4	0.4	0.5	9.0	9.4	-	100.0	20.9
5 Cuajimalco	11.1	55.6	-	11.1	-	-	-	22.2	-	-	100.0	22.2
6 Cuahu Temoc*	21.6	47.0	0.0	1.3	7.3	0.6	0.7	14.3	6.1	0.2	100.0	27.7
7 Gustavo A. Madero	11.0	67.2	0.3	1.0	0.8	0.3	1.0	13.2	4.3	-	100.0	18.3
8 Ixtacalco*	20.0	51.7	-	2.5	2.0	1.5	1.9	13.4	7.0	-	100.0	22.4
9 Ixtapalapa	10.9	57.3	0.5	1.9	1.3	0.3	1.6	11.9	14.3	-	100.0	27.5
10 Contreras	3.6	92.0	1.8	-	-	-	-	-	-	1.7	100.0	0.0
11 Miguel Hidalgo*	25.4	45.0	0.3	2.3	6.8	1.6	0.6	12.2	5.5	0.3	100.0	24.5
12 Milpa Alta	-	75.0	-	-	-	-	-	12.5	12.5	-	100.0	25.0
13 Tlahuac	5.6	88.8	-	-	-	-	-	0.0	5.6	-	100.0	5.6
14 Tlalpan	23.5	69.1	0.6	-	-	-	0.6	3.7	2.5	-	100.0	6.2
15 Venustiano Carranza*	21.5	47.8	0.8	1.6	6.9	1.1	1.0	12.4	6.9	-	100.0	26.2
16 Xochimilco	9.9	73.2	-	2.8	-	-	-	9.9	4.2	-	100.0	14.1
17 Atizapan de Zaragoza	31.1	59.0	-	1.6	-	-	1.8	1.6	4.9	-	100.0	6.5
18 Coacalco	41.0	35.9	-	2.6	-	2.6	-	17.9	0.0	-	100.0	17.9
19 Cuautitlan	22.2	74.6	-	-	-	-	3.2	-	0.0	-	100.0	0.0
20 Chimalhuacan y la Paz	7.5	70.0	-	-	-	-	2.5	20.0	-	-	100.0	20.0
21 Ecatepec	12.2	79.1	-	-	-	0.6	1.1	4.7	2.3	-	100.0	7.0
22 Huixquilucan	94.4	5.6	-	-	-	-	-	-	-	-	100.0	0.0
23 Naucalpan	30.7	61.6	-	-	-	1.0	1.5	2.5	2.7	-	100.0	5.2
24 Netzahu-Alcoyotl	7.5	63.1	-	-	-	0.3	1.7	24.1	3.3	-	100.0	27.4
25 Tlalme-Pantla	30.9	57.5	-	0.6	-	1.1	0.5	4.0	5.4	-	100.0	9.4
26 Tultitlan	10.5	84.2	-	-	-	-	5.3	-	-	-	100.0	0.0

とおりである。なお1号線については R. CHURUBUSCO, I. ZARAGOZA, SAN LAZARO 駅で地下鉄と乗換えが可能であるが、都市方向の交通は R. CHURUBUSCO 駅で乗り換え、逆方向は SAN LAZARO 駅で乗り換えるものとした。



図Ⅲ-3-3. Number of Passengers (1982)
(1000 passengers/1 day for two ways)

表Ⅲ-3-3. Number of Passengers (1,000 passengers/day for two ways)

LINK NUMBER	YEAR	1982	1985	1990	1995
LOS REYES ERMITA ZARAGOZA LAS TORRES TELECOMUNICACIONES PERIFERICO R. CHURUBUSCO I. ZARAGOZA SAN LAZARO		44,445	68,918	83,715	98,151
		125,517	194,632	236,422	277,189
		225,109	349,064	424,013	497,127
		312,006	483,809	587,689	689,027
		350,523	543,536	660,240	774,089
		271,409	420,858	511,223	599,375
		259,624	402,583	489,024	573,349

(Line 1)

表 III - 3 - 4. Number of Passengers (1,000 passengers/day for two ways)

LINK NUMBER \ YEAR	1982	1985	1990	1995
TLALNEPANTLA	252,862	400,365	465,439	534,853
VALLE DE MEXICO	293,368	464,500	539,999	620,531
ATZCAPOZALCO	310,488	491,606	571,511	656,743
TACUBA				

(Line 2)

表 III - 3 - 5. Number of Passengers (1,000 passengers/day for two ways)

LINK NUMBER \ YEAR	1982	1985	1990	1995
ECATEPEC	27,620	42,452	48,122	54,021
TULPETRAC	46,727	71,819	81,410	91,391
STA. CLARA	80,230	123,313	139,780	156,918
DIAZORDAZ	110,130	169,269	191,873	215,397
RUSTICA	119,365	183,463	207,962	233,459
XALOSTOC	200,349	307,935	349,056	391,852
C.T.M.	201,991	310,459	351,918	395,064
CARRERA	219,020	336,631	381,585	428,369
LA VILLA				

(Line 3)

表 III - 3 - 6. Number of Passengers (1,000 passengers/day for two ways)

LINK NUMBER \ YEAR	1982	1985	1990	1995
TLALNEPANTLA	209,998	337,920	427,823	512,806
TENAYUCA	190,955	307,277	389,027	466,304
PROGRESO NACIONAL	165,020	265,543	336,190	402,971
TICOMAN	222,787	358,500	453,878	544,037
XALOSTOC	247,821	398,783	504,878	605,168
SAN FELIPE	211,237	339,914	430,348	515,833
IMPULSORA	174,861	281,378	356,239	427,002
ARAGON	164,607	264,878	335,349	401,963
CUCHILLA DEL TESORO	156,494	251,823	318,820	382,151
ARENAL	182,260	293,285	371,313	445,071
PERIFERICO				

(Line 4)

表Ⅲ-3-7. Number of Passengers (1,000 passengers/day for two ways)

LINK NUMBER \ YEAR	1982	1985	1990	1995
TACUBA	193,692	305,602	359,519	418,872
X MOLINITO	179,789	283,667	333,714	388,808

(Line 5)

3-3-4. 年間利用者数

駅別乗車人員より各線別1日乗車人員が算出されるがこれより年間利用者数を算出するために次の仮定を用いた。

年間 365日

平日 240日 利用者数 100%

休日 73日 " 73%

土曜 52日 " 87%

ここで土曜、休日利用者数の平日に対する減少率は地下鉄利用者数の実績に基づいて設定した。

推定された路線別年間利用者数は旅客収入を算出するためのものであり、2路線以上にまたがる旅客は、乗車する駅の路線で計上されている。算出結果は表Ⅲ-3-8.に示すとおりである。

表Ⅲ-3-8. The Assumed Number of Boarding Passengers by Routes

(単位:千人)

年 \ ルート	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	計
1982	237,465	107,540	91,370	89,891	63,325	589,591
1985	368,222	170,273	140,435	144,646	99,912	923,488
1990	447,286	197,950	159,189	183,131	117,539	1,105,095
1995	524,413	227,468	178,707	219,508	136,944	1,287,040

注 1. 本表の数値は年計のものである。

2. 曜日数 平日 240日 休日 73日 土曜 52日 計 365日

3. 曜日波動率 平日 100% 休日 73% 土曜 87%

4. 各ルートの接続駅における数値の処理は次によった。

PERIFERICOはL-1, XALOSTOCはL-3, TLALNEPANTLAはL-2, TACUBAはL-2で処理した。

3-3-5. ピーク時集中度

ピーク時集中度については、COPLINTRAの推定方法によると次のとおりである。

1日片道利用者数 $T_1/2$ T_1 : 往復断面交通量

1日通勤利用者数 $T_2 = 0.7 T_1$

出勤交通の方向別割合 $g = 0.9$

朝ピーク時間 3時間

朝1時間交通量 = $0.7 T_1 \times 0.9 \times 1/3 = 0.21 T_1$

上記仮定により1日片道交通量に対し、片道ピーク時交通量を21%とみなしている。
 一方、メキシコ首都圏パーソントリップ調査によるピーク時集中度は17%となっている。
 以上よりピーク時集中度の上限値を21%、下限値を17%とすることとした。
 各路線のピーク時最大断面交通量の上限值と下限値は表Ⅲ-3-9のとおりである。

表Ⅲ-3-9. MAXIMUM NUMBER OF PASSENGERS FOR ONE WAY/PEAK ONE HOUR

ROUTE	SECTION	Maximum Number of Passengers for One Way/Peak One Hour				
			1982	1985	1990	1995
L1	PERIFERICO ~ TELECOMUNICACIONES	A案	36,805	57,701	69,325	81,279
		B案	29,795	46,200	56,120	65,797
L3	LA VILLA ~ CARRERA	A案	22,997	35,346	40,066	44,979
		B案	18,617	28,613	32,434	36,412
L4	SAN FELIPE ~ XALOSTOC	A案	26,021	41,872	53,012	63,543
		B案	21,065	33,896	42,914	51,440
L2 & L5	TACUBA ~ ATZCO POZALCO	A案	32,601	51,619	60,009	68,958
		B案	26,391	41,787	48,579	55,823

4 運 転 計 画

4-1 運転計画の基本的考え方

4-1-1. 輸送計画

近郊鉄道の列車計画の策定に当っては、次の条件を考慮し、通勤客を中心とした旅客の輸送需要に即応した輸送を実施しなければならない。

- ① 合理的な列車編成の決定
- ② 輸送需要波動に即応した列車頻度の設定

需要予測により得られた終日交通量を年度別、路線別に示せば表Ⅲ-4-1のとおりである。

表Ⅲ-4-1. 年度別路線別終日交通量(往復)

(単位：人)

路線	最大区間	1982	1985	1990	1995
Line 1	Periferico ~ Telecomunicaciones	350,523 (100)	543,536 (155)	660,240 (188)	774,089 (221)
Line 3	La Villa ~ Carrera	219,020 (100)	336,631 (154)	381,585 (172)	428,369 (196)
Line 4	San Felipe ~ Xalostoc	247,821 (100)	398,783 (161)	504,878 (204)	605,168 (244)
Line 2 & Line 5	Tacuba ~ Atzacapozalco	310,488 (100)	491,606 (158)	571,511 (184)	656,743 (211)

注 ()内は1982年を100とした指数を示す。

表Ⅲ-4-1によれば開業年度である1982年の交通量を基準にした場合、1995年には約2.4倍と4号線が最も高い伸び率を示し、3号線が最も低く、約2.0倍となっている。

また、交通量の最も多いのは1号線であり、3号線が最も少ない。

通勤輸送においては1日の中の時間別波動が大きく、朝、夕の数時間に大量の旅客が集中するので安全にこれらの旅客を輸送できるように策定しなければならない。片道終日交通量に対するラッシュ時1時間の旅客の集中度は上限21%、下限17%の数値を使用することとなっているので以後の列車計画、車両数の策定等は21%の場合をA案、17%の場合をB案として計画する。

また、車両計画によれば電動車2両、付随車1両より成る3両をユニットとして列車編成を6両、9両または12両の固定編成(運転台付車両は列車の両端のみとする)とすることが合理的で、1両には平均350人が乗車可能であるとなっている。

開業時の編成は1号線のA案の場合の9両を除いて他の場合はすべて6両で輸送力は十分であり、将来の輸送量の増加には編成の長大化と列車間隔の短縮により輸送力を増加することとする。

以上述べたことを前提条件としてA案、B案の場合の路線別、年度別輸送計画をそれぞれ表Ⅲ-4-2、表Ⅲ-4-3に示す。

表Ⅲ-4-2. ラッシュ時輸送計画(A案)

路線	項目	1982	1985	1990	1995
Line 1	通過人員(人/時)	36,805	57,071	69,325	81,279
	編成×列車本数/時	9×12	9×18	12×16	12×19
Line 3	通過人員(人/時)	22,997	35,346	40,066	44,979
	編成×列車本数/時	6×12	6×17	6×19	9×15
Line 4	通過人員(人/時)	26,021	41,872	53,012	63,543
	編成×列車本数/時	6×13	9×13	9×17	9×20
Line 2 & Line 5	通過人員(人/時)	32,601	51,619	60,009	68,958
	編成×列車本数/時	6×16	9×17	9×19	9×22

注 1両の乗車人員は350人とする。

表Ⅲ-4-3. ラッシュ時輸送計画(B案)

路線	項目	1982	1985	1990	1995
Line 1	通過人員(人/時)	29,795	46,200	56,120	65,797
	編成×列車本数/時	6×15	9×15	12×14	12×16
Line 3	通過人員(人/時)	18,617	28,613	32,434	36,412
	編成×列車本数/時	6×10	6×14	6×16	6×18
Line 4	通過人員(人/時)	21,065	33,896	42,914	51,440
	編成×列車本数/時	6×10	6×16	9×14	9×17
Line 2 & Line 5	通過人員(人/時)	26,391	41,787	48,579	55,823
	編成×列車本数/時	6×13	9×14	9×16	9×18

注 1両の乗車人員は350人とする。

なお、輸送計画に当っては、各線区とも交通量の最も大きい区間を対象として計画した。

曜日波動については平日を100とした場合、土曜日87、日曜日73の数字が得られているので、列車計画としては、平日、日曜(祭日を含む)の2とおりにすることが望ましい。

4-1-2. 列車系統

列車系統は原則として各ルートとも独立したものとし、ルート相互間の直通運転は行わないことで計画するが、2号線と5号線については直通運転とする。

1号線と4号線との直通運転の要望がメキシコ側からあったが、直通旅客は開業時には少ないので直通運転を当面は行わないことで計画する。

各路線の列車系統は次のとおりとする。

1号線： San Lazaro - Los Reyes

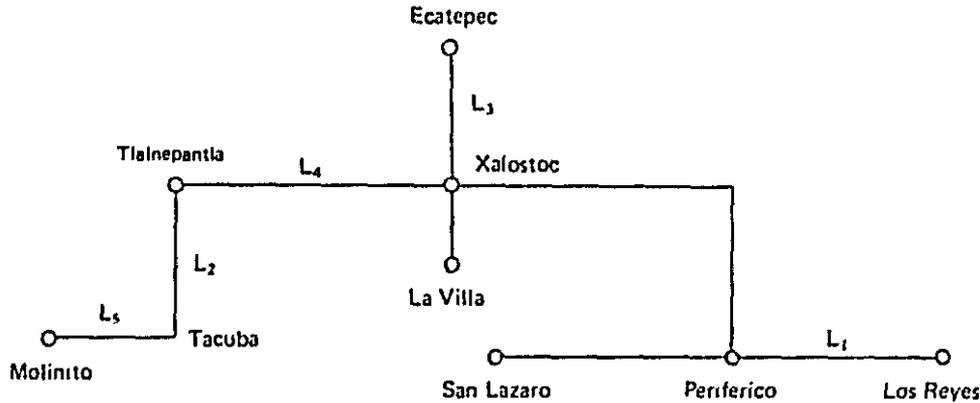
2号線
5号線： Tlalnepantla - Molinito

3号線： La Villa - Ecatepec

4号線： Periferico - Tlalnepantla

4-1-3. 乗務員基地

乗務員基地は原則として各線区の間ターミナルに設置する。図の○印の箇所が乗務員基地である。XALOSTOC には車両基地を設けるので乗務員基地を計画する。



乗務員の運転業務に関係する機器としては、本計画のA案の場合にはA.T.C.とA.T.O.を、B案の場合はA.T.C.を採用することとしているので、いずれの場合も乗務員は1人乗務とする。(4-1-4参照)

4-1-4. A.T.C.とA.T.O.

A.T.C.システムは列車運転時の実際速度が許容速度を上回った場合ブレーキを自動的に動作させ、速度が許容速度になるとブレーキを緩解させる装置であり、A.T.C.の採用により列車の衝突事故は防止できる。但しプラットフォームの所定位置への停止は乗務員の操作による。

一方、A.T.O.システムはA.T.C.の許容速度の範囲内で、列車の出発からプラットフォームの定位置への停止までの列車操縦業務の自動化を目的とするものである。この場合の乗務員の主な業務は駅停止時のドアの開閉、運転中の監視業務である。保安度はA.T.C.のみの場合(B案)と同じであるが、A.T.O.の付加(A案)によって列車間隔の短縮が可能となり、乗務員の訓練期間の短縮、教育内容の一部省略等が期待できる。しかしながら、車上装置、地上設備を含めた関連工事費はA.T.C.のみの場合に比較して若干高くなる。

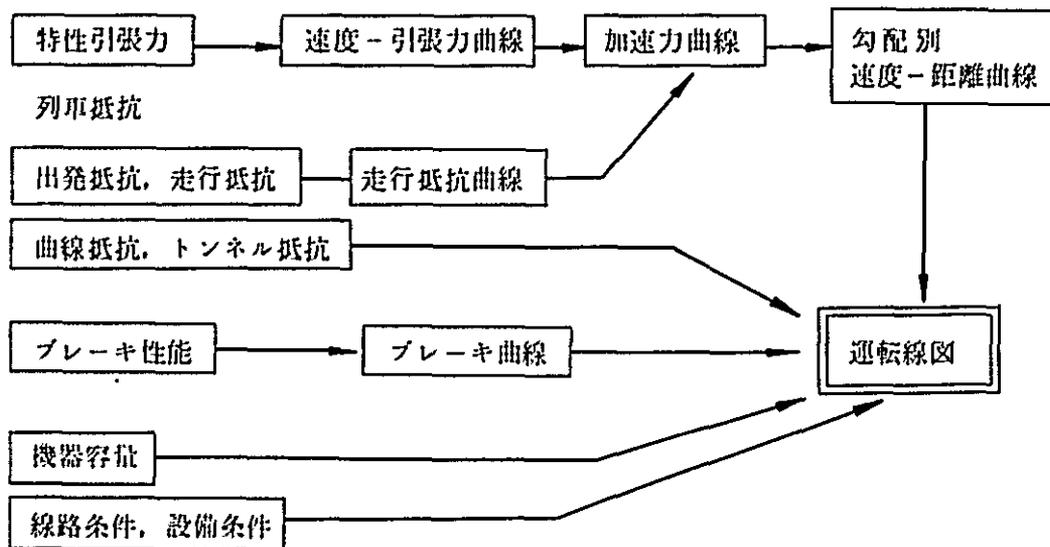
4-2 運転線図と基準運転時分

4-2-1. 運転線図

運転線図は列車の基準運転時分の査定、運転性能、信号保安装置、列車運転時隔の決定など運転計画を作成する際の基礎となるものである。

運転線図は列車の運転状態、すなわち列車の運転速度、運転時分、走行距離などの相互関係を曲線で表わしたものである。これには使用目的等によって距離を基準にしたものと時間を基準にしたものがあるが、運転時分の査定には距離を基準にしたものを使用する。

運転線図は次の手順により求める。



今回の計画に使用した主な数値を次に示す。

(1) 車両関係

電車編成 4 M 2 T 注. 編成が9両, 12両の場合もほぼ同様の性能とみなせる。

重量(車体がアルミニウム製で1両に350人乗車の場合)

376 t

平均加速電流 700 A

加速度 速度40 km/hまで 3.3 km/h/sec

減速度 駅停止時の平均値 3.0 km/h/sec

(2) 速度制限

曲線区間	曲線半径(m)	300	400	500
	制限速度(km/h)	70	80	90

分岐器 12番 50 km/h

(3) 計画最高速度 100 km/h

以上の条件のもとに作成した運転線図を付図Ⅲ-4-1~付図Ⅲ-4-4に示す。

4-2-2. 基準運転時分

列車ダイヤを作成するためには駅間の基準運転時分が必要となるが、上述の運転線図を基礎として査定し、10秒単位とする。

線区別基準運転時分を表Ⅲ-4-4~表Ⅲ-4-7に示す。

4-3 列車ダイヤ

4-3-1. 列車種別

都市近郊鉄道の列車種別としては各駅停車と快速列車が考えられるが、今回の計画では営業キロが比較的短いので、営業列車はすべて各駅停車とし、列車の分割併合は行わないことで計画する。

表Ⅲ-4-4. 基準運転分表

Line 1

下り列車	区 間		上り列車
電車	動力車	距 離	電車
4M2T	編 成		4M2T
基準運転時分 (min-sec)	停 車 場		基準運転時分 (min-sec)
		(km)	
2-30	SAN LAZARO	2.2	3-20
1-50	I. ZARAGOZA	2.0	2-00
2-20	R. CHURUBUSCO	2.7	2-20
2-00	PERIFERICO	1.9	1-50
2-40	TELECOMUNICACIONES	2.9	2-40
2-10	LAS TORRES	2.4	2-10
3-40	ERMITA ZARAGOZA	2.8	2-40
	LOS REYES		
17-10	計	16.9	17-00

表Ⅲ-4-5. 基準運転時分表

Line 3

下り列車	区 間		上り列車
電車	動力車	距 離	電車
4M2T	編 成		4M2T
基準運転時分 (min-sec)	停 車 場		基準運転時分 (min-sec)
		(km)	
2-20	LA VILLA	1.9	3-20
2-00	CARRERA	2.0	2-00
1-30	C.T.M.	1.3	1-30
2-30	XALOSTOC	2.5	2-30
2-00	RUSTICA	2.1	2-00
1-50	DIASORDAS	1.8	1-50
2-10	STA. CLARA	2.3	2-10
5-10	TULPETRAC	5.0	4-20
	ECATEPEC		
19-40	計	18.9	19-40

表Ⅲ-4-6. 基準運転時分表 Line 4

下り列車	区 間		上り列車
電車	動力車	距 離	電車
4M2T	編 成		4M2T
基準運転時分 (min-sec)	停 車 場		基準運転時分 (min-sec)
		(km)	
3-00	PERIFERICO	3.0	3-40
2-50	ARENAL	3.1	3-00
2-00	CUCHILLA DE TESORO	2.2	2-00
2-00	ARAGON	2.0	2-00
3-00	IMPULSORA	3.5	3-00
2-10	SAN FELIPE	2.3	2-00
3-30	XALOSTOC	4.4	3-30
2-30	TICOMAN	2.7	2-30
2-10	PROGRESO NACIONAL	2.3	2-20
3-20	TENAYUCA	2.2	2-30
	TLALNEPANTLA		
26-30	計	27.7	26-30

表Ⅲ-4-7. 基準運転時分表 Line 2 & 5

下り列車	区 間		上り列車
電車	動力車	距 離	電車
4M2T	編 成		4M2T
基準運転時分 (min-sec)	停 車 場		基準運転時分 (min-sec)
		(km)	
2-30	TLALNEPANTLA	2.3	3-10
3-00	VALLE DE MEXICO	3.6	3-00
2-10	ATZCA POZALCO	2.3	2-10
(2-20)	TACUBA	(2.5)	(2-20)
(3-30)	X MOLINITO	(2.5)	(2-40)
13-30	計	13.2	13-20

注 ()内は推定値である。

4-3-2. 停車時分

ターミナルを除く他の駅のプラットホームが3面の場合(A案), 中間駅の停車時分は15秒, 乗換駅は25秒で計画し, プラットホームが1面の場合(B案)それぞれ, 20秒, 30秒で計画する。

4-3-3. 到達時分

上述の運転時分と停車時分を基礎に列車ダイヤ作成を行う。停車時分については, 上記A案の場合, B案より各駅5秒の短縮となるが, ここではB案の停車時分を使用する。線区別の到達時分を表Ⅲ-4-8に示す。

表Ⅲ-4-8. 到達時分

路線	区 間	区間キロ (km)	上下の平均 運転時分 (min-sec)	合計 停車時分 (min-sec)	余 裕 (sec)	到達時分 (min-sec)	表定速度 (km/h)
Line 1	San Lazaro - Los Reyes	16.9	17-05	2-10	0-15	19-30	52.0
Line 3	La Villa - Ecatepec	18.9	19-40	2-30	0-20	22-30	50.4
Line 4	Periferico - Tlalnepantla	27.7	26-30	3-10	0-20	30-00	55.4
Line 2 & Line 5	Tlalnepantla - Molinito	13.2	13-25	1-30	0-35	15-30	51.1

表Ⅲ-4-9. 列車本数および列車設定キロ(A案-平日ダイヤ)

路線	項 目	1982	1985	1990	1995
L ₁	列車本数	324	486	432	514
	列車キロ	5,508	8,262	7,344	8,738
L ₂	列車本数	324	460	514	406
	列車キロ	6,124	8,694	9,715	7,673
L ₃	列車本数	352	352	460	540
	列車キロ	9,750	9,750	12,742	14,958
L ₂ & L ₅	列車本数	432	460	514	594
	列車キロ	5,702	6,072	6,785	7,841
計	列車本数	1,432	1,758	1,920	2,054
	列車キロ	27,084	32,778	36,586	39,210

注 列車本数は往復の本数である。

4-3-4. 列車ダイヤ

(1) 列車設定時間帯

各線区とも5:00~翌日1:00までとする。

ラッシュ時の時間帯はおゝむね6:30~9:30, 14:00~16:00, 18:30~21:00とする。

ラッシュ時以外の時間帯の列車間隔はおゝむねラッシュ時の2倍とする。

日曜ダイヤの場合は終日ラッシュ時以外の列車間隔を基準として列車ダイヤを作成する。

(2) 列車本数および列車設定キロ

線区別、年度別の列車本数および列車設定キロをA案、B案の場合について表Ⅲ-4-9、表Ⅲ-4-10に示す。

(3) 列車ダイヤ

開業時におけるB案の平日ダイヤを付図Ⅲ-4-5~付図Ⅲ-4-8に示す。

表Ⅲ-4-10. 列車本数および列車設定キロ (B案-平日ダイヤ)

路線	項目	1982	1985	1990	1995
L ₁	列車本数	406	406	378	432
	列車キロ	6,902	6,902	6,426	7,344
L ₃	列車本数	270	378	432	486
	列車キロ	5,103	7,144	8,165	9,185
L ₄	列車本数	270	432	378	460
	列車キロ	7,479	11,966	10,471	12,742
L ₂ & L ₅	列車本数	352	378	432	486
	列車キロ	4,646	4,990	5,702	6,415
計	列車本数	1,298	1,594	1,620	1,864
	列車キロ	24,130	31,002	30,764	35,686

注1. 列車本数は往復の本数である。

注2. 列車編成が異なるためにB案の数値がA案より大きい場合がある。

4-4 所要車両数

上記の列車計画において必要な車両数を年度別、線区別に、ターミナルの折返し時分を5分として、表定速度とラッシュ時の列車間隔から算出した。

予備車両数は、1982年、1985年については「10-1車両の検査体系」で述べる暫定検査周期を基準として算出し、1990年以降については将来の検査周期によった。

表Ⅲ-4-11. 所要車両数 (A 案)

路線	車両数	1982	1985	1990	1995
L ₁	使用	9×10	9×15	12×13	12×16
	予備	15	18	18	21
	計	105	153	174	213
L ₃	使用	6×11	6×17	6×18	9×14
	予備	12	12	12	15
	計	78	114	120	141
L ₄	使用	6×16	9×16	9×20	9×24
	予備	12	18	18	24
	計	108	162	198	240
L ₂ & L ₅	使用	6×11	9×12	9×13	9×15
	予備	12	15	12	15
	計	78	123	129	150
合計	使用	318	489	561	669
	予備	51	63	60	75
	計	369	552	621	744

表Ⅲ-4-12. 所要車両数 (B 案)

路線	車両数	1982	1985	1990	1995
L ₁	使用	6×13	9×13	12×12	12×13
	予備	12	18	15	18
	計	90	135	159	174
L ₃	使用	6×10	6×13	6×15	6×17
	予備	12	12	12	12
	計	72	90	102	114
L ₄	使用	6×12	6×19	9×17	9×20
	予備	12	15	18	18
	計	84	129	171	198
L ₂ & L ₅	使用	6×10	9×10	9×11	9×13
	予備	12	15	12	12
	計	72	105	111	129
合計	使用	270	399	426	555
	予備	48	60	57	60
	計	318	459	543	615

5 線 路 設 備

5-1 地質・気象概況

5-1-1 地質

メキシコ首都圏は、古代の Aztec 首都 Tenochtitlan が、古い火口湖面に築かれてから、これを核として、周辺部に、数世紀にわたって拡張が続けられ、現在、人口稠密区域は旧湖内に止まらず、周囲の丘陵へまで拡大した。

現在、西部地域では、Cruces 山系の丘陵地帯に、また、南部にかけては、約 2,500 年前に、Xitle から流出して来たといわれる溶岩台地の上に乗って、都市化が進んで来ている。

地質の面からは、全域を、成層状態および力学的性質から、3つの地帯に区分されている。(図Ⅲ-5-1, 図Ⅲ-5-2)

(1) ロマス地帯(Lomas Zone)

これは、西および南側にあるなだらかな丘陵地帯で、火山性の凝灰岩または、玄武岩質の溶岩流から成り、ところどころに沖積層の扇状地が見られる。これらは高いせん断強さを有し、事実上は非圧縮性である。

(2) 漸変地帯(Transition Zone)

ロマス地帯と、次に述べる湖地帯との中間にあつて、この地帯の特徴は、沖積層物質のシルト質砂質土の間に、湖底粘土層を含んでいることである。

この地帯の粘土層厚は、10~25m またはそれ以下で、自然含水量は湖地帯より低く、200%前後である。したがって、そのせん断強度は、湖地帯より高く、圧縮性は低い。

(3) 湖地帯(Lake Zone)

東部では、厚さ 60m におよぶ極めて軟かい粘土の湖底堆積層から成る。粘土の含水量は 500% にもおよぶもので、長年月にわたる圧密沈下が進行している。また、荷重を取り除くと大きな膨上が生ずる。

この湖底粘土層の中に、固く締ったシルト質砂混りの粘土層が介在しており、それより上部の湖底粘土層を上部圧縮層、下部の湖底粘土層を下部圧縮層と呼んでいる。

上部圧縮層の標準貫入試験の N -値は、一般に 1~4 であるが、上記の固く締った層では、 N -値が 50 以上もあり、構造物の支持層になっている。

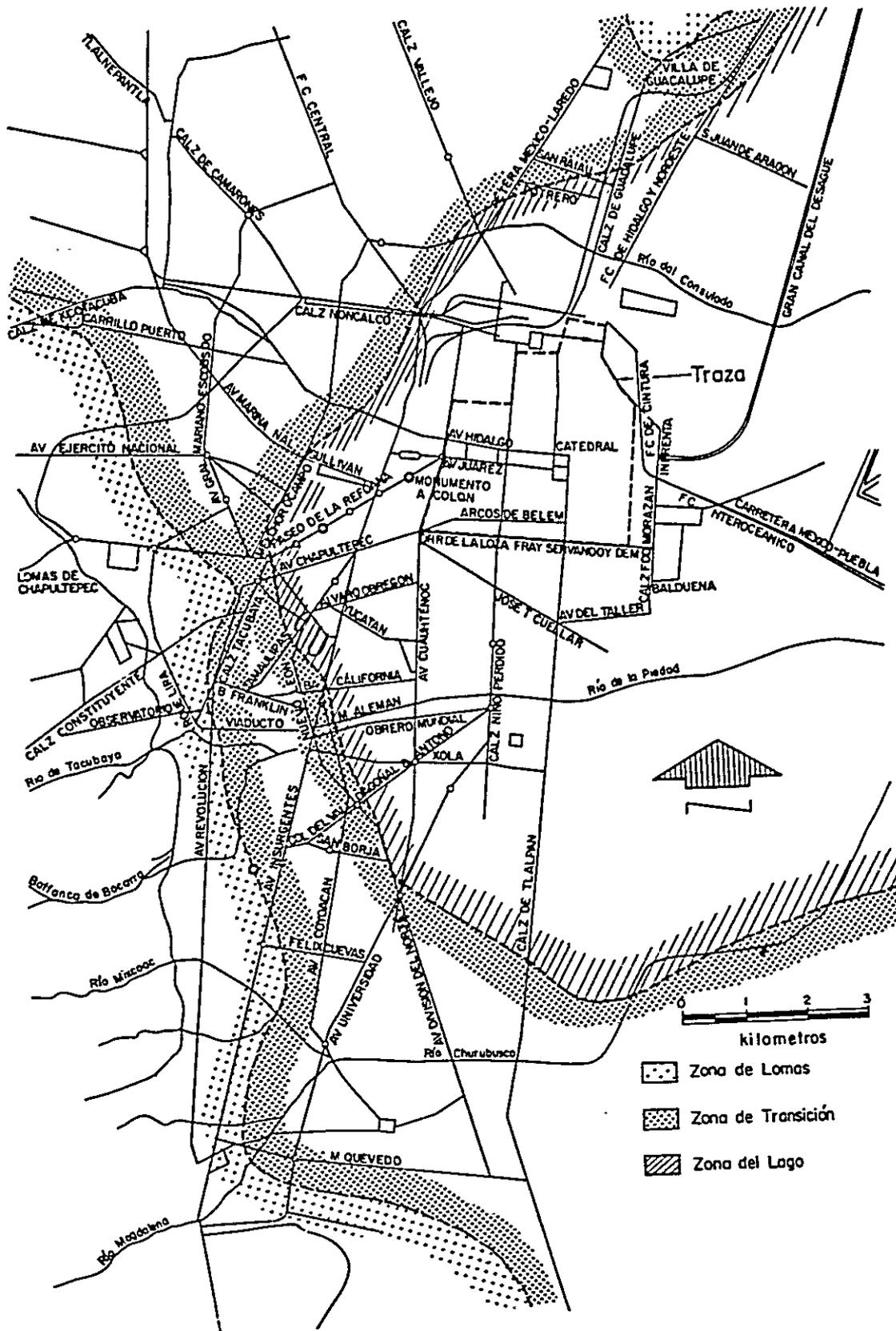
この支持層の位置、層厚は、場所により異なるが、一例として、Zocalo のラテンアメリカタワー付近では、地表面より 33m 付近に支持層が位置している。

下層圧縮層の粘土層は、締ったシルト、砂質土、砂利を介在しており、上層圧縮層の粘土に比べれば、その圧縮性は極めて小さいものであるといわれている。

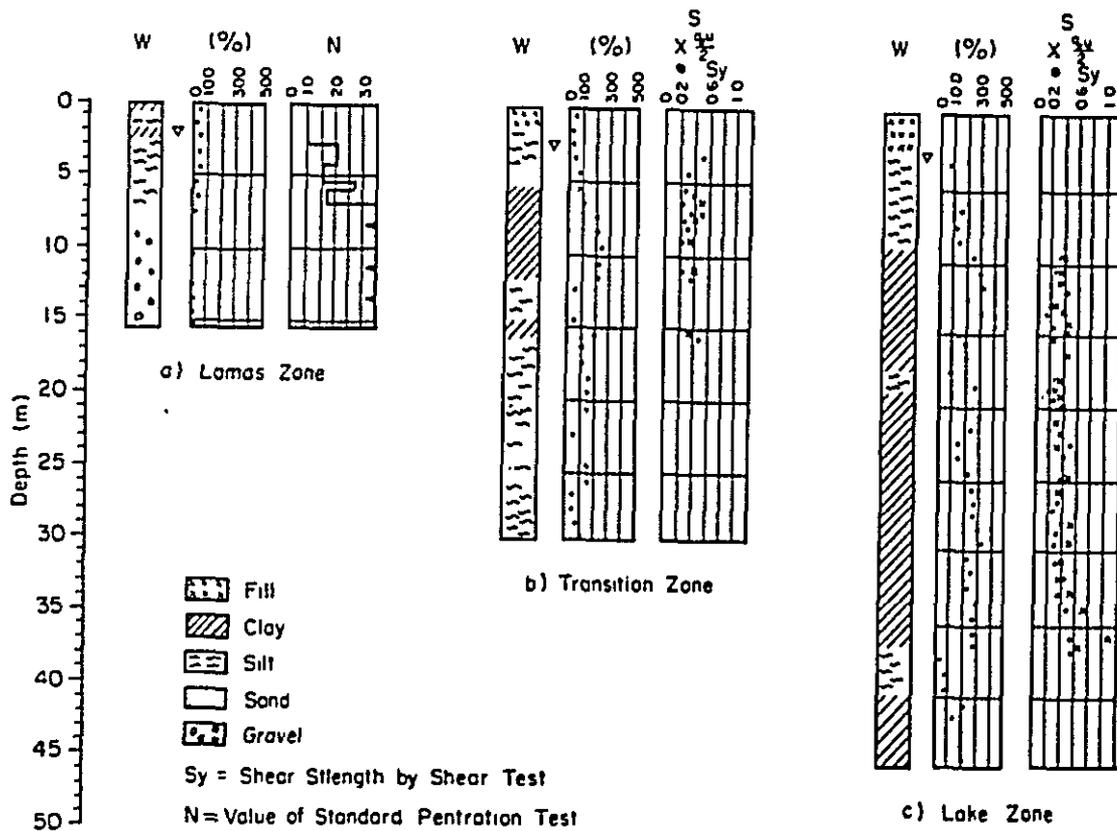
5-1-2 地盤沈下

湖底粘土層の圧密沈下により、市域全体が地盤沈下の影響を受けている。

図Ⅲ-5-3 は、Zocalo 付近で観測した地盤沈下の状況である。これより、1900年から今日



図Ⅲ-5-1 メキシコ首都圏の土質地帯区分



図Ⅲ-5-2 メキシコ首都圏の各地帯における典型的な土質柱状図

までの約70年間に、約6~7mの沈下があり、現在も沈下が進行している様子が伺える。

地盤沈下の原因は、都市の発展に伴う地下水の揚水が主たる原因だといわれ、調査の結果、地盤沈下量と市の人口増加、および、揚水井戸数の増加との間に、緊密な因果関係があることがわかっている。

1955年頃に、新しい揚水井戸の設置は停止され、水源需要の増加は、メキシコ谷外からの外部水源によってまかなわれるようになり、その後、一部の井戸が閉鎖されたこともあって、現在では、沈下速度が弱まり、高々10cm/年以下となっている。

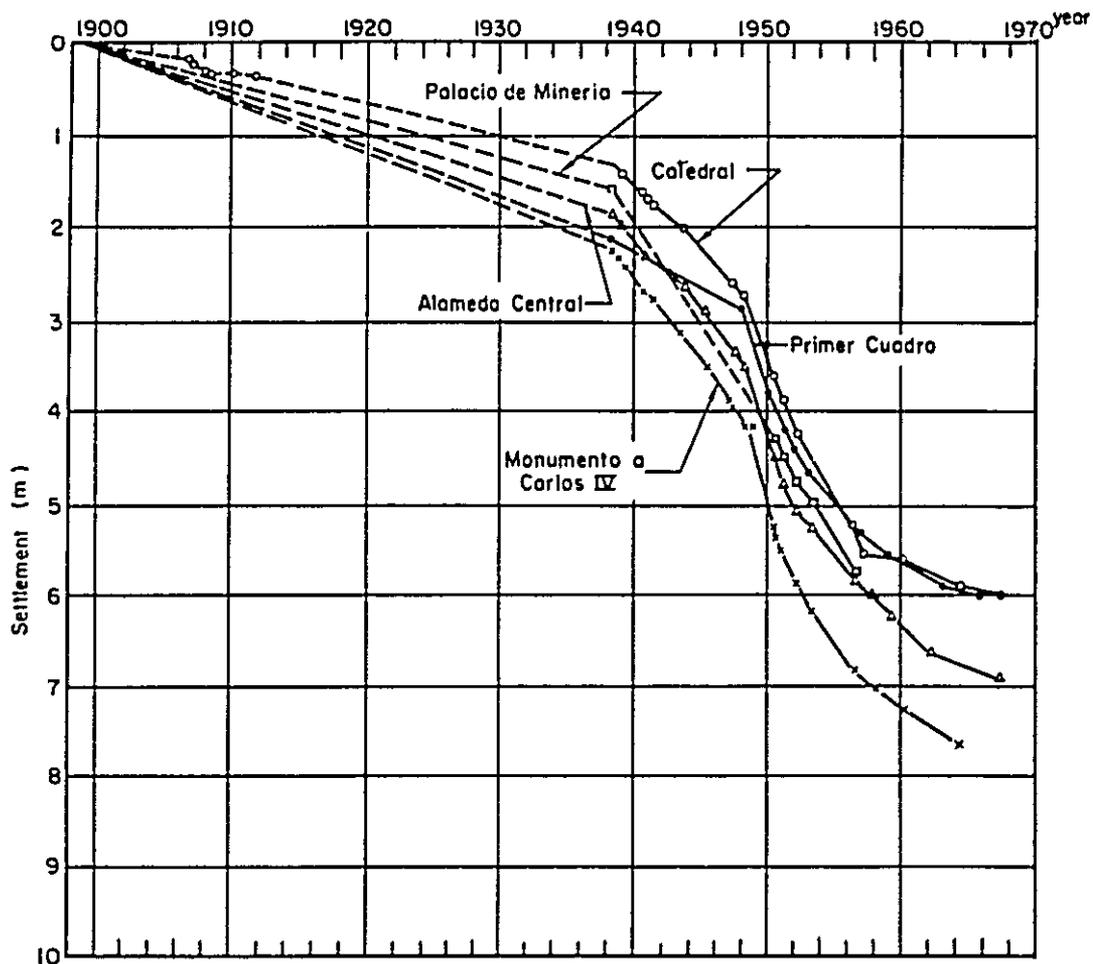
この沈下速度は、井戸数の減少および、圧密過程の進展に伴い、さらに漸減傾向をたどるものと見られている。

5-1-3 気象

メキシコ首都圏は、周辺が山地に囲まれた盆地に位置し、北緯19度25分、海拔は2,240mである。

気象条件は、地形、高度に大きく影響され、表Ⅲ-5-1に示すごとく、1年を通じて温度差が少なく、年平均気温は、約16℃で、メキシコ全土における気候区分では温暖地帯に属している。一日における変化を見ると、朝夕と日中とでは、温度、湿度にかなりの差があるのが特徴で、日中の炎天下では、相当の暑さとなる。

1年間の総雨量は750mm程度である。5月から10月頃までが雨期で、この期間は午後になると決って雨になることが多い。日雨量は差程多くはないが、短時間に降雨強度の強い雨が降ること



図Ⅲ-5-3 沈下・時間曲線
(1898~1966メキシコ市ソカロ付近)

がしばしばである。11月から4月頃までは、いわゆる乾期で、ほとんど雨は降らなく降雨量は極端に少ない。

風については、首都圏についてみる限り、メキシコ湾、カリブ海で発生するハリケーンの影響はなく、風による自然条件は、それほどきびしくない。

表Ⅲ-5-2は、最近20年間における震度5以上の地震の記録である。1957年7月28日の地震では、かなりの被害が生じている。その後、数多くの地震を経験しているが、被害をもたらす大地震は少ない。

表Ⅲ-5-1 気象条件

メキシコシティー 北緯19°24' 西経99°12' 標高2309m

期間	気 温						湿 度		降 水 量		
	A		B		C		平均值		1日		
	最高	最低	各月の 最高値の 平均	各月の 最低値の 平均	最高	最低	6:30	13:30	月平均	最大	降水日
	(℃)		(℃)		(℃)		(%)		(mm)		(日)
1月	19	6	22	2	23	-3	79	34	13	33	4
2月	21	6	24	3	27	-2	72	28	5	13	5
3月	24	8	27	5	29	1	68	26	10	18	9
4月	25	11	28	8	32	1	66	29	20	36	14
5月	26	12	29	8	32	6	69	29	53	38	17
6月	24	13	28	11	31	9	82	48	119	53	21
7月	23	12	26	10	28	8	84	50	170	48	27
8月	23	12	26	10	27	9	85	50	152	58	27
9月	23	12	24	9	26	1	86	54	130	51	23
10月	21	10	24	6	26	2	83	47	51	64	13
11月	20	8	23	4	25	2	82	41	18	28	6
12月	19	6	22	2	23	0	81	37	8	28	4
年	22	9	29	1	32	-3	78	39	747	64	170
年間	7	7	19	19	7	7	6	6	17	12	12

- A : 毎日の最高, 最低値の月平均値
 B : 各月の最高, 最低値の19年間の平均値
 C : 7年間の最高, 最低値

表Ⅲ-5-2 1956年～1976年間にメキシコ谷と
連邦地方において記録された震度V以上の地震

年	月 日	大きさ	震度	記 事
1956	1月 8日	6.4	V	顕著な被害なし
	6月 6日	6.4	V	"
1957	7月28日	7.5	VII	破壊的大きい地震
	"	6.4	V	前の地震によって影響が出た建造物に被害が増加した
1959	8月 1日 ～9月12日	5.1～6.4	V	6回の地震とも顕著な被害なし
	4月 6日	6.4	V	顕著な被害なし
1960	8月26日	6.5	V	"
	6月28日	6.4	V	"
1961	1月16日	5.1	V	"
	5月12日	6.5	V	2回の地震はCOPILC連邦地方に強く感じた
1962	12月11日	5.1	V	連邦地方の商業地区で強く感じた
	5月19日	6.2	VI	連邦地方に被害があった
1964	7月 6日	6.7	VII	ごく小さい被害であった
1965	8月23日	5.5～6.3	VI	3回の地震とも小さい被害であった
	12月 9日	6.8	V	顕著な被害なし
1967	4月11日	6.4	V	SAN MIGUEL CHAPULTEPECに非常に強烈に感じた
	5月13日	6.3	V	顕著な被害なし
	"	6.5	V	連邦地方で非常に激しかった。連邦地方のLAS AGUILAS地区でわずかの被害があった
1973	"	6.5	V	強烈
	1月30日	6.7	VI	連邦地方のいろいろな建物に大きな被害があった。パイプライン、給水管、送電線が破壊された
1974	8月28日	6.5	VI	顕著な被害なし
	7月12日	3.5	V	"
	10月 2日	5	VI	大学町で感じた
1975	10月 6日	5	VI	"
	2月22日	6	V	顕著な被害なし
1976	2月 1日	5.3	V	"
	6月14日	6.5	VI	"

$$C = 11.8 \frac{V^2}{R}$$

V : 列車速度 (km/h)

R : 曲線半径 (m)

但し、最大カント量は、曲線中に車両が停止した場合の転倒に対する安全等を考慮して、150mmとする。

また、最大カント不足量は、車両が高速通過する超過遠心力による乗客の不快感等を考慮して、60mmとする。

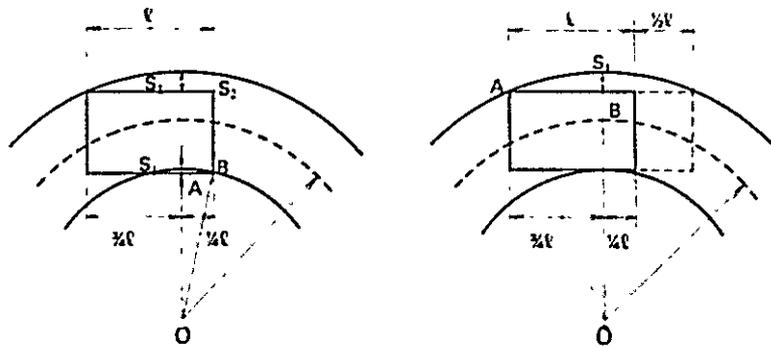
表Ⅲ-5-3 曲線とカント

曲線半径 m	許容最高速度 km/h	実カント量 mm	カント不足量 mm
300	70	150	60
400	80	150	60
500	90	150	60
600	100	150	60
700	110	150	54
800	110	150	28
900	110	150	9
1000	110	143	0
1500	110	95	0
2000	110	71	0

表Ⅲ-5-3は、曲線半径、許容最高速度および、カントの関係を示したものである。

5-2-5 スラック

半径X m以下の曲線には、下記に示す式で求められる値を基準にして、適量のスラックをつける。



図Ⅲ-5-6 スラック

$$S = \frac{1}{2} (S_1 + S_2)$$

$$S_1 = 281 \frac{\ell^2}{R} - \frac{P}{2}$$

$$S_2 = 250 \frac{\ell^2}{R} - P$$

S : スラック (mm)

S_1 : 通過が楽の場合の条件で決まるスラック (mm)

S_2 : 通過が困難な場合の条件で決まるスラック (mm)

ℓ : 固定軸距 (m)

R : 曲線半径 (m)

P : 可動余裕 (軌間とフランジ外面間距離) (mm)

5-2-6 緩和曲線

(1) 緩和曲線長は、下記に示す式より算出した値のうち、最大値以上の値とする。

$$L_1 = 0.8 C_m$$

$$L_2 = 0.0075 C_m \cdot V$$

$$L_3 = 0.0062 C_d \cdot V$$

L_1, L_2, L_3 : 緩和曲線長 (m)

C_m : 実カント (mm)

C_d : カント不足量 (mm)

V : 最高列車速度 (km/h)

ここで、 L_1 は車軸の三点支持による脱線に対して安全の限度を示しており、 L_2 は、カント量の時間的変化割合に対する乗心地の限度を示している。また、 L_3 は超過遠心力の時間的変化割合に対する乗心地の限度を示している。

(2) 緩和曲線の形状は、3次放物線とする。

5-2-7 曲線間直線長, 最小曲線長

(1) 二つの近接した曲線においては、両緩和曲線間に車両動揺を防ぐため、30m以上の直線をそう入するものとする。

(2) 同一半径の円曲線長は、30m以上とする。

5-2-8 縦曲線

勾配の変化するところでは、乗心地および前後車両から受ける力による車両の浮上りに対する安全性の面から、次に示す大きさ以上の半径の縦曲線をそう入するものとする。

半径800m以下の曲線の場合 4,000m

その他の場合 3,000m

5-2-9 軌道中心間距離

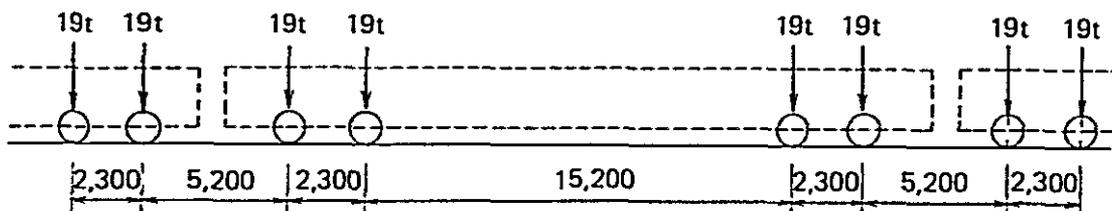
停車場外における軌道中心間距離は、4.2m以上とする。但し、線路の状況その他、やむを得ない場合は、4.0mまで縮少することが出来る。

停車場内においては、並設する軌道の中心間距離は4.4m以上とする。但し、構内作業上、その必要のない箇所は、4.2mまで縮少することが出来る。

なお、曲線中の軌道中心間距離は、「5-2-3」に示した建築限界の拡巾量の2倍以上を拡巾しなければならない。

5-2-10 設計荷重

本鉄道は、旅客輸送専用である。構造物の設計荷重として高密度運転による繰り返し荷重の影響



図Ⅲ-5-7 設計活荷重案

を考慮して、電車輿軸重に 2 ton 程度加算しておくのがよい。荷重配置を、図Ⅲ-5-7に示す。

5-2-11 競合条件

各種条件が競合する場合の組合わせ基準は、表Ⅲ-5-4のごとくとする。

表Ⅲ-5-4 競合条件

分岐器	不可 止むを得ない 場合特殊設計 となる (2)	不可 (3)	有道床, 可		
伸縮継目	R=600m 以上 可	不可 (5)	可		
勾配	可	可	可	3.5% 以下 可 (1)	
縦曲線	R ≤ 800m r = 4,000m R > 800m r = 3000m	不可 (4)	不可 (6)	不可 (3)	不可 (5)
	円曲線	緩和曲線	橋りょう	分岐器	伸縮継目

(1) 分岐器と勾配

分岐器を急勾配区間に敷設した場合、ふく進等で保守が著しく困難となるので原則として、3.5% (停車場構内の制限勾配) より急なところには設置しない。

(2) 分岐器と円曲線

一般に、円曲線中に分岐器をそう入することは、運転保安上からも、保守上からも好ましくないもので、避けるべきである。

(3) 分岐器と緩和曲線, 縦曲線

分岐器には、小半径のリード曲線や、クロッシングの欠線部などがあり、構造が複雑である。このような分岐器を、緩和曲線中や縦曲線にそう入することは運転保安上に問題があり、不可である。

(4) 緩和曲線と縦曲線

緩和曲線, 縦曲線区間は運転上および乗心地の面から不利な条件を有する区間であるので、これらが競合することは避けなければならない。

(5) 伸縮継目と緩和曲線, 縦曲線

緩和曲線中は、曲率およびカントが常に変化しているので、その区間用の伸縮継目の設計, 製作, 並びに保守は、はなはだ困難である。

(6) 縦曲線と橋りょう

橋けたのたわみによって、橋台部あるいは橋脚部に生ずる折れ角度が、縦曲線と重なり合い、乗心地上問題となるので避けるべきである。

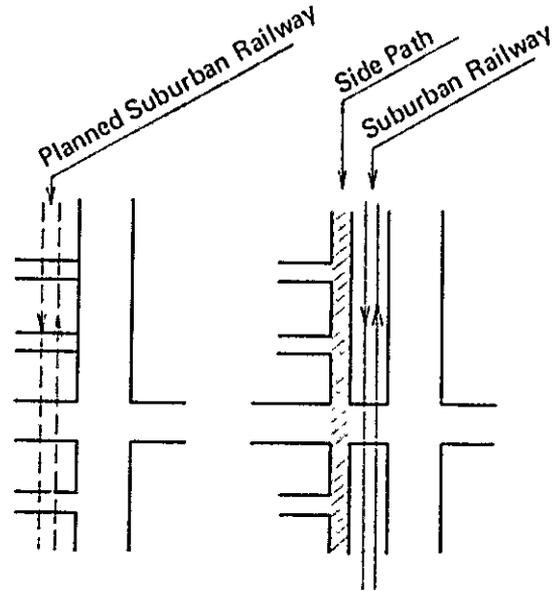
5-3 縦断線形

本鉄道は、地上を走行するのを原則としながら、主要道路とは立体交差し、平面踏切を残さないこととしている。したがって、立体交差形式の選定いかんによっては、起伏のはげしい線形にもなるし、本鉄道建設の工事費、工期にも大きく影響することを念頭におき、特に、次の事項について配慮する必要がある。

5-3-1 配慮すべき事項

- (1) 鉄道の線形は、出来るだけ直線にして水平になるようにすること。
- (2) 立体交差箇所は、側道の併設などにより極力、整理統合をはかり、箇所数を減らすこと。(図Ⅲ-5-8)
- (3) 立体交差形式として、上記(1)の見地より道路側との協議がととのえば、道路を上下して、立体交差にする形式が好ましい。

(表Ⅲ-5-5)



- (4) 地質条件が許されるならば、連続高架鉄

図Ⅲ-5-8 立体交差箇所の減少

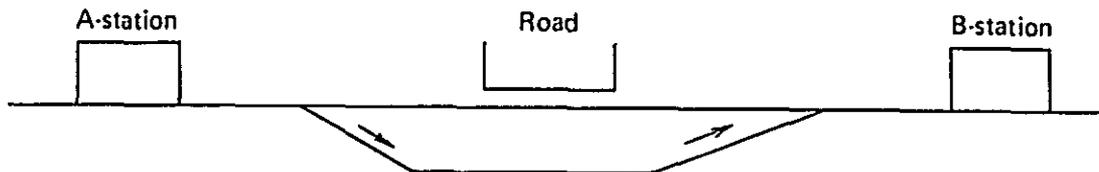
表Ⅲ-5-5 立体交差の形式

項目	形式	道路を下げる案	鉄道を下げる案
略 図			
形式上からくる問題点		<ul style="list-style-type: none"> ○ 左折禁止となる ○ 三叉路等複雑な交差では、この形式の立体交差は困難 ○ 道路形態変更による沿道住民への影響を考慮しなければならない 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 道路側に及ぼす影響は殆んどない ○ 鉄道側にとって損失勾配となることがある
工事費(注)		道路巾員(w.w)が小さい時、道路を下げた方が有利となる	道路巾員(w.w)が大きくなると鉄道を下げた方が有利となる。
施工上の問題		施工中に道路交通の規制を伴い困難が予想される	施工中に道路交通を支障することが少ない

(注) 工事費の査定に当っては、施工上の難易度を考慮して慎重に検討することが肝要である。

道の形式が、線形の面、工事費節減の面から有利な場合があると思われる。

- (5) 既設の横断地下道、その他の地下埋設物については、移設を検討し、必要以上に深く、鉄道がもぐる線形は、避けるべきである。
- (6) エネルギーロスとなる損失勾配（下り勾配中で制動をかける状態）になる設計は、極力避けること。
- (7) 駅部分は、建設工事費節減の面から、また、(6)とも関連し、出来るだけ地上部に建設することが、好ましい。



図Ⅲ-5-9 立体交差と駅の位置

図Ⅲ-5-9の場合、鉄道を下げて立体交差した場合である。線形は良くないが、A駅を出発した列車は勾配を下る時は、勾配により加速され、B駅に近づくにしながら、勾配抵抗により減速され、エネルギーロスが少ない。この逆の場合、つまり、B駅が谷部分に位置していたとすれば、下り勾配中で制動を使用し、B駅を出発する時は、上り勾配に逆らって加速するために、余分なエネルギーが必要となり、エネルギーロスが大きい。

- (8) 将来の都市の発展を考慮し、都市計画と整合性をもたせる。

5-3-2 縦断面

付図Ⅲ-5-1、付図Ⅲ-5-2、付図Ⅲ-5-3、付図Ⅲ-5-4は、メキシコ側の原案に上記の留意と、他に地形、地質条件を考慮して、修正を行ったものである。

各線について、共通して修正した点は、停車場構内（最遠分岐器相互間）を水平にしたことと、その他に、「5-2-11」で述べた観合条件による修正を行ったことである。

その他、主な修正点について列記すると

- (1) 1号線の San Lazaro 駅の構内約 1,300m を水平にする必要と、地下鉄 Moctezuma 駅の地下横断通路との支障を考慮し、道路 Sidar との立体交差形式は、道路を上げる地上立体交差形式が好ましい。
- (2) 2号線の Tacuba 駅前後は、地形的要因と、5号線との接続の関係で、連続高架形式が妥当と考えた。
- (3) 2号線、4号線の Tlalnepantla 駅については、側を流れる Rio de los Remedios の関係と工事費節減の面から、地平駅にするのが好ましい。
- (4) 3号線の Carrera 駅については、地平駅にした方が、工事費節減の面から得策であると考えた。
- (5) 4号線は、随所で水路と近接しており、そのような場所での立体交差形式は、漏水の問題を重視し、鉄道高架形式とした。
- (6) 4号線と、Av. Texcoco との交差は、道路交通量からみて、立体交差の必要があると判断

し、追加した。

以上の修正点については、他の観点からも検討を加え、総合的に判断してその可否をきめる必要があることはもちろんである。

縦断線形について、営業開始後の改良は、極めて困難となる。したがって、後々に悔いを残さないよう実施段階では、前述した留意事項について、総合的に再検討を加え、都市側とも十分に協議して、最善の計画をたてることが肝要である。

5-4 路 盤

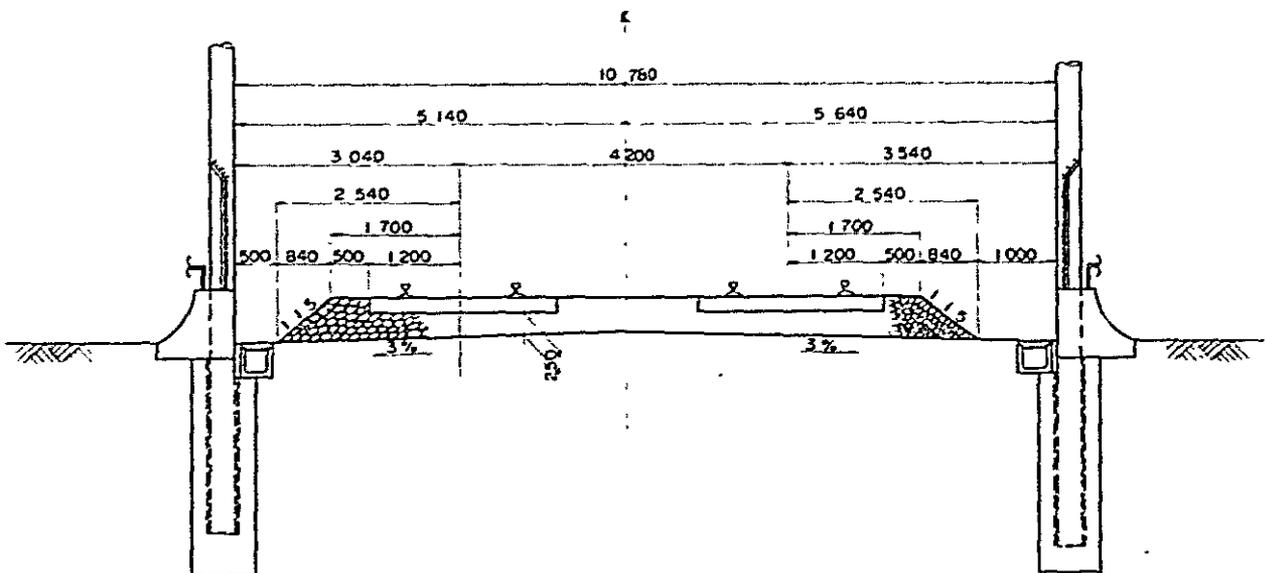
5-4-1 土工定規

図Ⅲ-5-10に土木定規を示す。施工基面巾については、保線作業の機械化、列車の高速運転を考慮して保守用通路を左右に、それぞれ、1.00m、0.50m 確保するものとし、施行基面巾（側溝を除く）を、軌道中心から外縁まで、一方の側は3.54m 以上、他方の側は3.04m以上とした。

5-4-2 路盤施行上の留意点

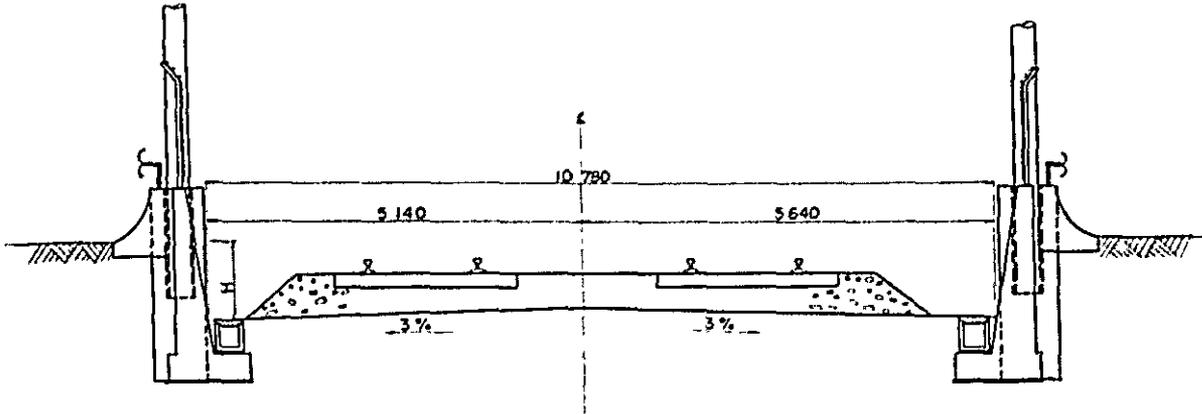
路盤の施行に当っては、前述の地質条件にかんがみ特に、次の事項に配慮することが肝要と考える。

- (1) 噴泥防止、道床バラストのめり込み防止を図るため道床を支持する上層路盤（0.5～1.0m）は、土質不良の場合は、良質資料で置き換えを行い、十分な締め固めを行うこと。
- (2) 地下水の上昇、雨水の滞水により、路盤強度が劣化しないように、十分なる排水設備を設けること。



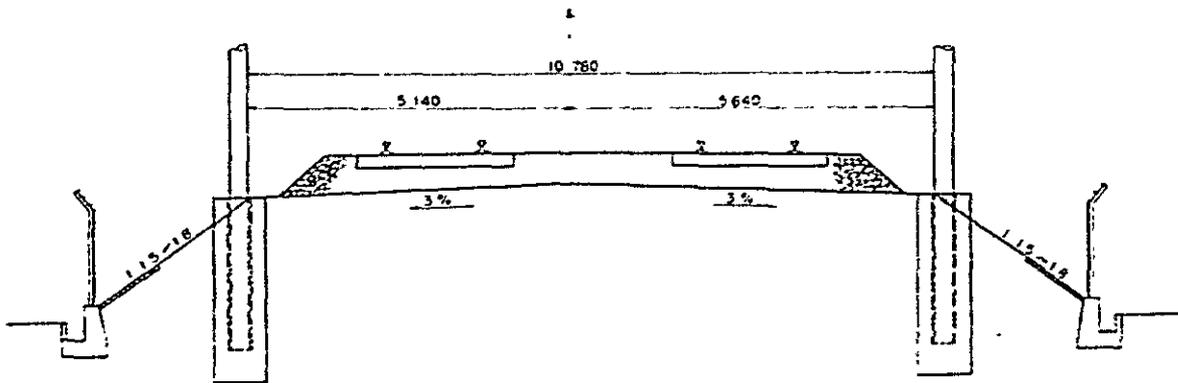
注 曲線区間においては、施工基面巾の拡巾を考慮する

図Ⅲ-5-10(a) 土工定規（地平）



- 注 1) 曲線区間において施工基面巾の拡巾を考慮する
 2) 掘り割り深さ(H)土質に応じ左右擁壁を一体としたU型構造に変更する

図Ⅲ-5-10(b) 土工定規(切り取り)



- 注 1) 曲線区間において施工基面巾の拡巾を考慮する
 2) 土質に応じて法面勾配を変更する
 3) 必要に応じ法面防護工を施工する

図Ⅲ-5-10(c) 土工定規(盛土)

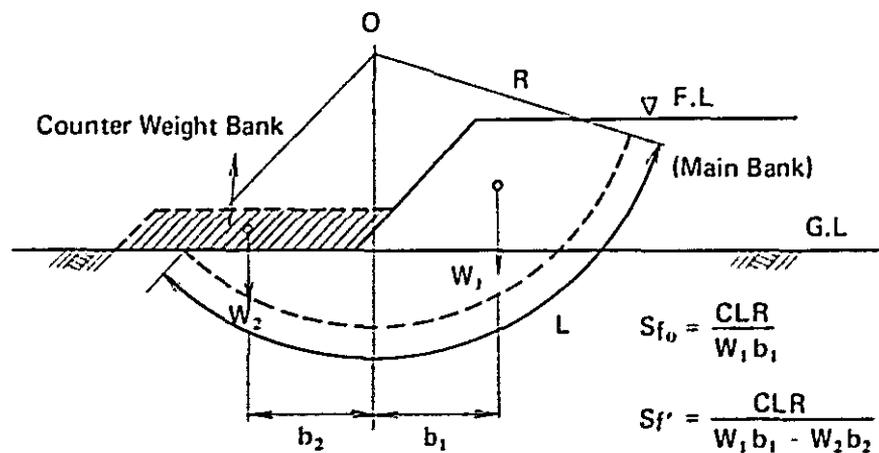
- (3) 軟弱地盤上に路盤を構築する場合は、路盤の安定、沈下について、十分に検討を行い、開業後の列車運行に支障しないよう、対策工法を講じること。
- (4) 開業後に生じる、避けることの出来ない残留沈下に対しては、法やせに対して、あらかじめ、施行基面巾に余裕を持たせる等、将来必要なる対策が講じられるよう考慮しておくこと。
- (5) 4号線の終点方で、水路敷を利用して、鉄道を造る区間においては、用地上の制限もあり、鉄道と水路が共存する形に、種々な形式が考えられる。構造上、および保守上の両面から、問題がないよう、十分に関係機関と協議し、検討を重ねて、最良の形式を決めることが肝要である。

5-4-3 軟弱地盤対策

参考までに、日本において、従来から一般的に採用されて来た軟弱地盤対策工法の代表的なものについて、列記する。

(1) 押え盛土工法

この工法は、地盤の支持力不足により生ずる、盛土の滑り破壊を防止するために、法先に盛土を行い、滑りに対する抵抗力を増大させようとするものである。(図Ⅲ-5-11)

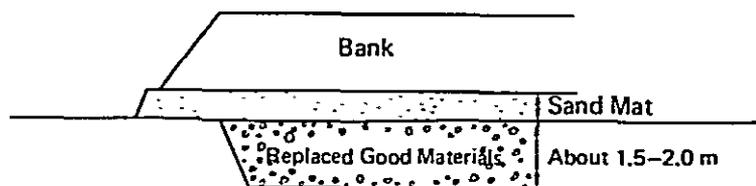


図Ⅲ-5-11 押え盛土工法

(2) 部分置換法

支持力不足の原因となる軟弱地盤を、良質の材料と置き換えることによって、地盤のせん断抵抗力を増大させたり、盛土の滑り破壊を防止するわけであるが、良質土砂の入手、運搬、軟弱土の掘削、運搬等に経費および、工期を多く要するので、深層までの置き換えには、適しない。

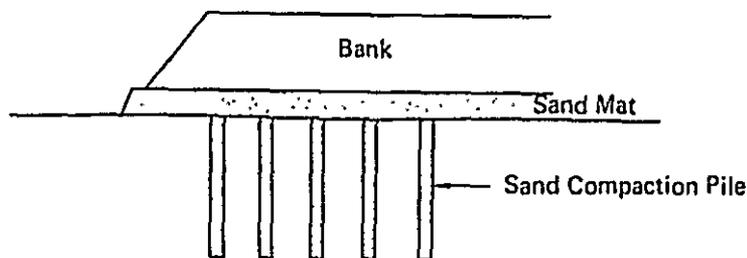
(図Ⅲ-5-12)



図Ⅲ-5-12 部分置換法

(3) 路盤強化工法

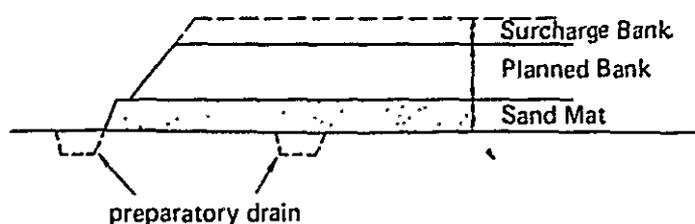
サンドコンパクションパイルや石灰パイルなどを打設して、表層に近い地盤を改良し、強度の増加と、沈下の減少を図ろうとするものである。(図Ⅲ-5-13)



図Ⅲ-5-13 地盤強化工法

(4) プレローディング工法

盛土や構造物の計画されている地盤に、あらかじめ荷重をかけて、沈下を促進した後、あらためて計画された構造物を造り、構造物の沈下を軽減させるものである。(図Ⅲ-5-14)



図Ⅲ-5-14 プレローディング工法

(5) サンドドレーン工法

軟弱地盤中に砂くいを打設し、水平方向の圧密排水距離を短縮し、圧密沈下を促進し、併せて、強度増加を図るものである。

実際に工法を選定するに当っては、地盤条件、施行条件、周辺への影響などを考慮し、上記工法を組合わせて対処する場合が多い。

5-5 立体交差構造物

5-5-1 立体交差形式

本鉄道計画で、立体交差構造物は、駅間における最も主要なる構造物である。立体交差の形式として、地上立体交差方式と地下立体交差方式があり、さらに、上下する主体を鉄道にするか、道路にするかによって、種々のタイプが考えられる。図Ⅲ-5-15、図Ⅲ-5-16、図Ⅲ-5-17、写真にその概要を示す。

5-5-2 計画上の留意点

本構造物は、大形構造物であるうえに、箇所数も多く建設工事費、工期に及ぼす影響が、極めて大きい。

したがって、立体交差計画に当っては、次の事項について、十分に留意すると共に、概算工事費、施行の難易度についても検討を重ね、最善の形式を選定することが肝要である。

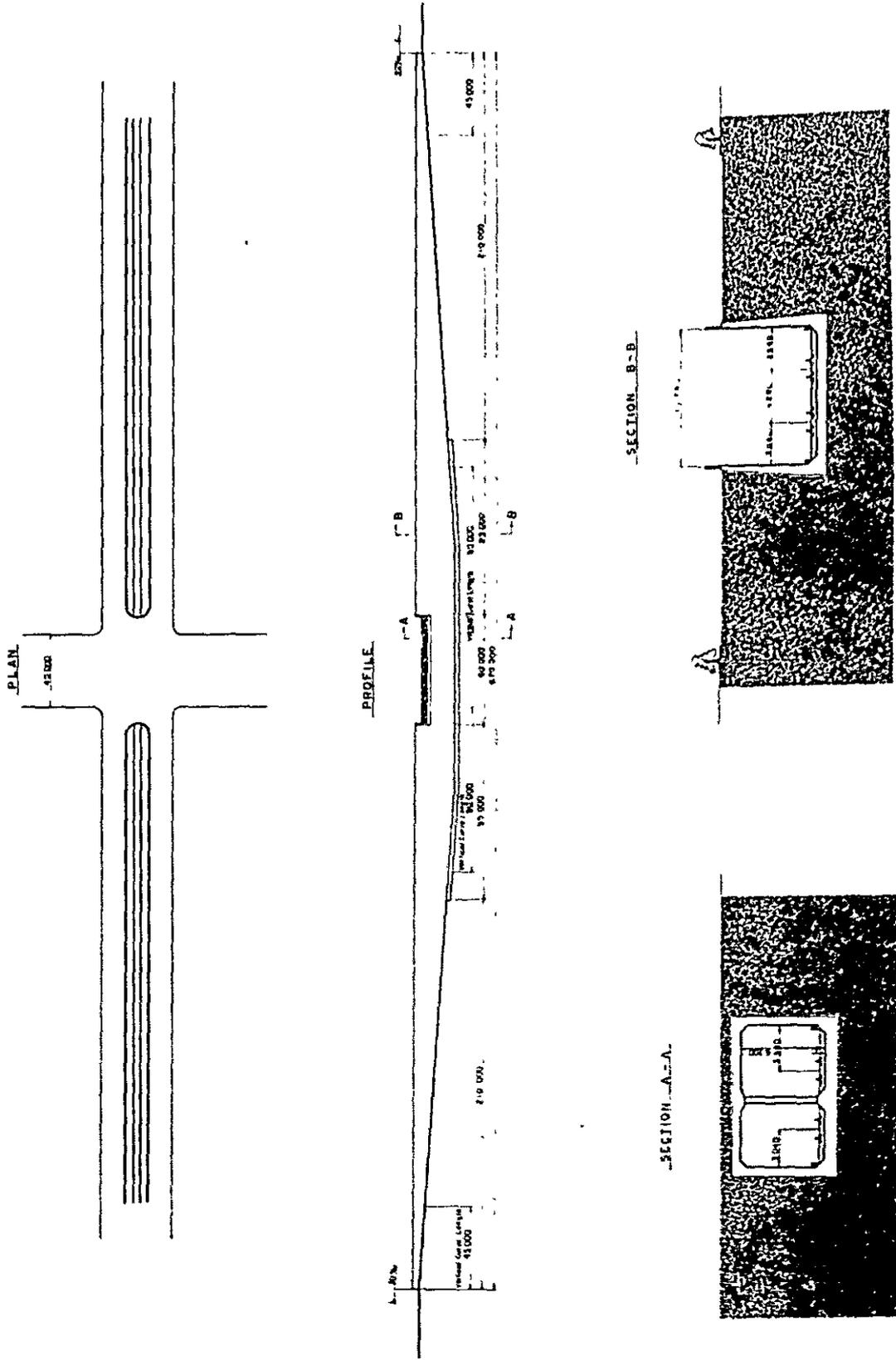
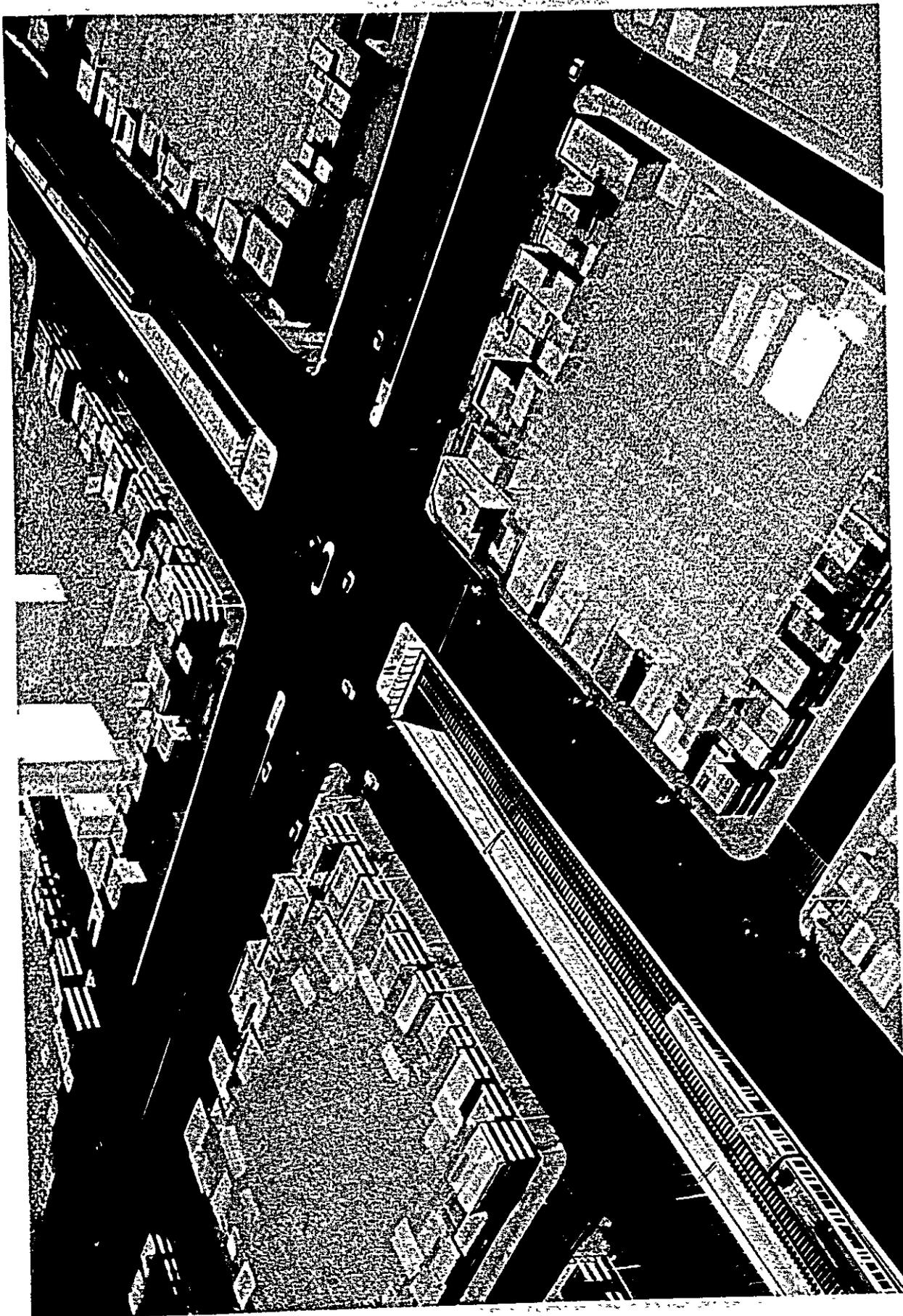
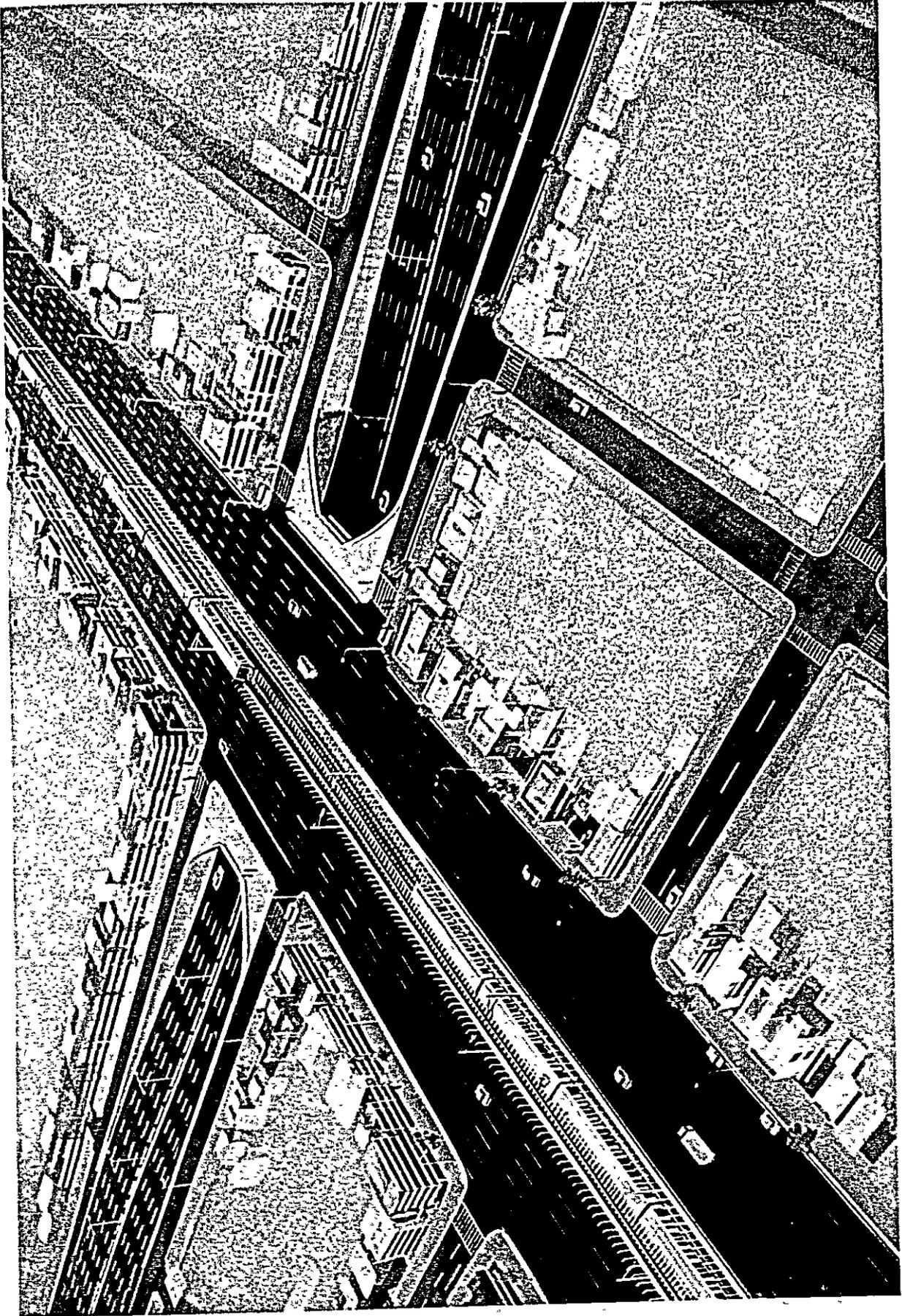


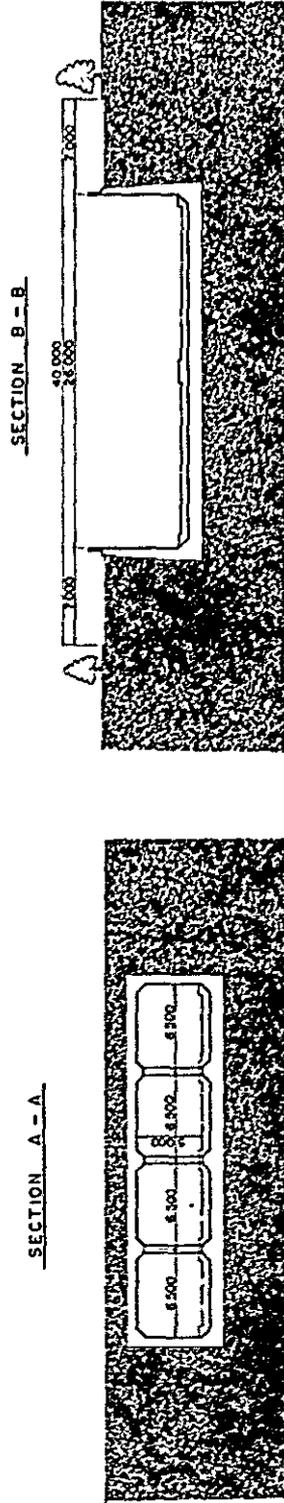
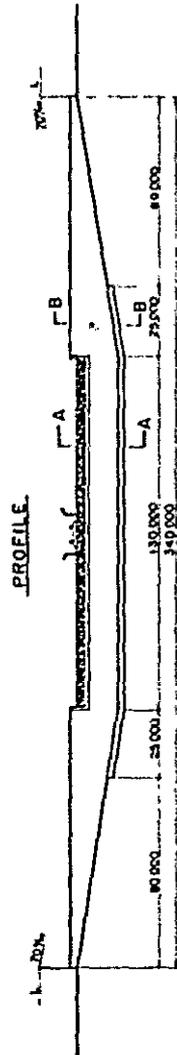
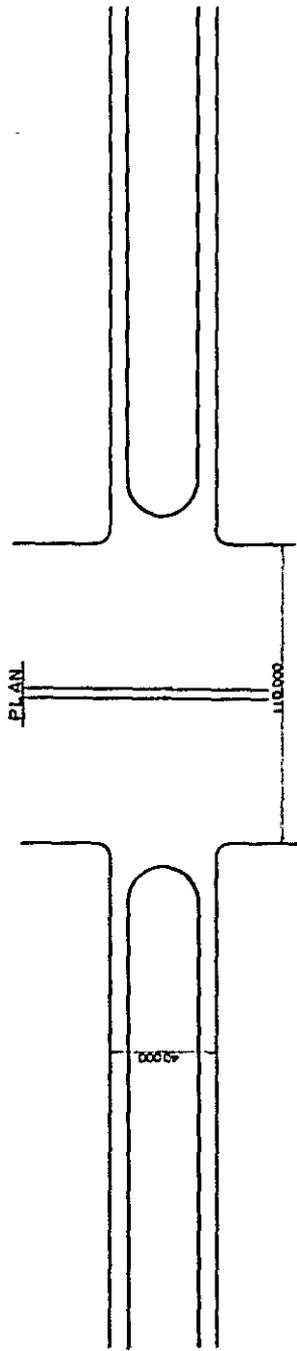
图 3-5-15 立体交叉 (铁道地下)



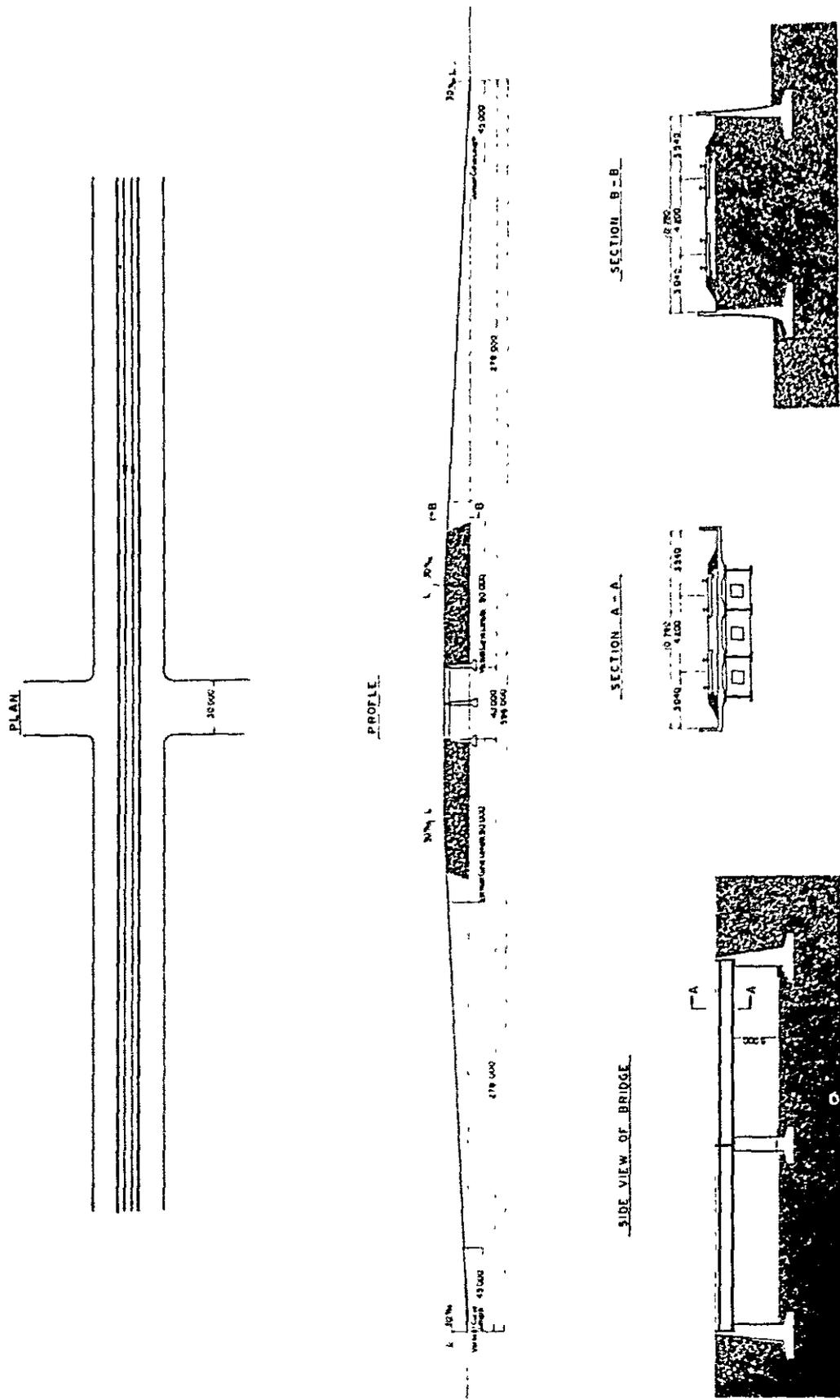
Grade Separated Crossing (Railway Crossing under the Ground)



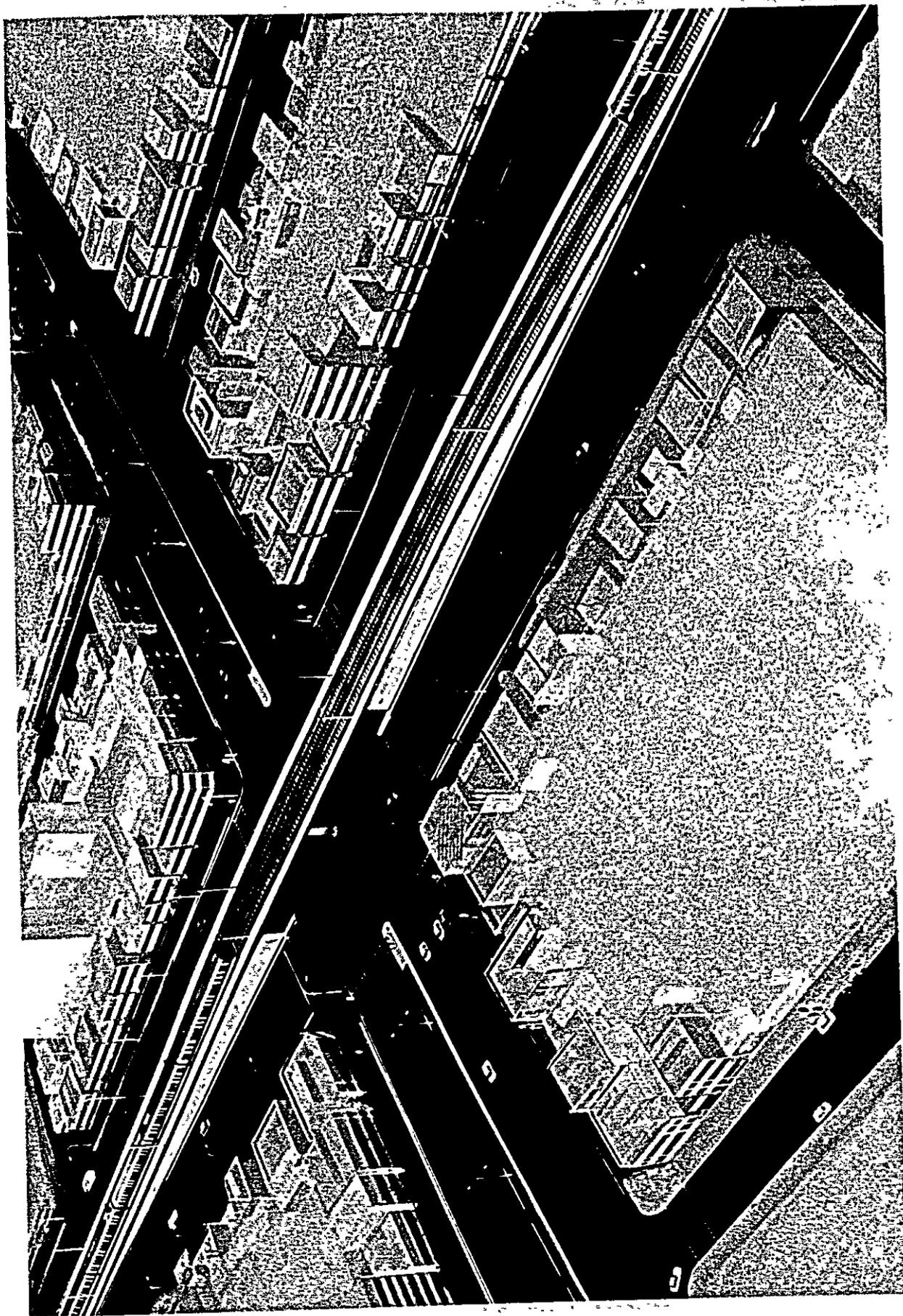
Grade Separated Crossing (Road Crossing Under the Ground)



図III-5-16 立体交差（道路地下）



图III-5-17 立体交差（铁道高架）



Grade Separated Crossing (Railway Crossing Over Road)

(1) 縦断線形からの要請

(2) 都市計画との整合

(3) 地形、地質条件

- 1) 地形的条件から(例えば、水路等が平行している場合、地下形式は、漏水の問題が生ずる)保守上に問題が生ずるような構造形式は、避けるべきである。
- 2) 軟弱地盤の場合、沈下対策の面から、一般に、地下立体交差形式が好ましい。
- 3) メキシコ粘土の特性として、一定量の荷重を除去すると、膨上することが知られている。したがって、構造物は剛性のある一体構造とし、排土した土の量と大差のない重量となるよう設計面で考慮する。
- 4) 地上立体交差形式の場合、構造物完成後において、構造物および周辺の地盤に有害な沈下を生じないように、特に考慮する。
- 5) また、構造物と前後の盛土との不等沈下を、できるだけ押える対策をとることが肝要である。

(4) 都市美観上の配慮

(5) 環境保全上の配慮

5-6 軌道

5-6-1 軌道構造

本鉄道は、軸重は最大 17t、年間通過トン数約 7 千万 t (1 号線 1995 年) が想定される。このような大量輸送を考慮すると、軌道構造として、十分強固なものが望ましい。図 III-5-10(a) には、軌道構造断面図が併記してある。

(1) レール

使用レールは、60kg/m 前後のレールを用いるのが、妥当と考える。なお、半径 600m ($G=1^{\circ}55'$) 以下については、耐摩用として、熱処理レールを使用することが望ましい。

(2) まくら木

P.C コンクリートまくら木 43 本 / 25m 程度の配置とする。メキシコ側では、騒音防止の面より、木まくら木の使用を主張しているが、P.C まくら木使用の利点として、次のことがあげられる。

- 1) 軌道が安定し、まくら木更换の必要がなくなるため、保守作業量が 15% 程度減少する。
- 2) ロングレール軌道の場合、挫屈に対する安定性がある。

なお、軌道が安定し、車両走行が円滑になるので、騒音は、木まくら木と同等程度と考えられる。

(3) レール締結装置

二重弾性締結にしてレールのクリープ抵抗値を大きくし、かつ、レール支持バネ常数の柔らかいものとし、車両の走行性能を良くする。

(4) バラスト

碎石とし、レール直下で、まくら木下面最小厚 250mm 程度とする。碎石については、粒度、形状、物理的性質について、規制を要する。

まくら木端外方の肩バラストの巾については、ロングレールの挫屈抵抗を十分とれるよう、500mm 程度とする。

(5) ロングレール

曲線半径 600m ($\theta=1^{\circ}55'$) 以上の区間で用いるとよい。基地にて、フラッシュバット、または、ガス圧接で、100~200m 程度に圧接し、現地において、テルミットまたは、ガス圧接によって、所定の長さまで溶接する。ロングレール両端には、伸縮継目を用いる。

(6) 分岐器

本線分岐器は、12番分岐とし、クロッシングは、マンカンクロッシングとすることが望ましい。

5-6-2 軌道保守

列車密度から、昼間に保守することは困難であり、夜間の終電車から初電車までの間合いにおいて、保守を行うことになる。したがって、保守方式としては、機械力を使用した定期修繕方式とするのがよいと考える。この保守方式では、ロングレール軌道では、通常、軌道更新方式は行わず、定期的な材料更換と、定期的な道床つき固め作業が主体となる。

修繕作業は、次の3つに区分される。

(1) A修繕

2年に1回、道床バラストの総つき固めを行う。同時に、劣化材料の更換を行う。

(2) B修繕

A修繕の中間に、6ヶ月ごとに行う作業で、軌道検測車で測定した比較的軌道狂いの大きい区間を主体に道床のつき固めを行う。その他に季節的な遊間修正作業、劣化材料の更換等を行う。

(3) C修繕

軌道検測車で発見した著大軌道狂いの修正、その他随時、随所に発生する保守作業を行う。

上記作業を前提とした保守基準は、表Ⅲ-5-6に示す程度のものが考えられる。

表Ⅲ-5-6 軌道保守基準 (単位 mm)

狂	い	B作業	C作業	仕上げ
軌	間	+10(+6) - 5(-4)	20(14) 15(9)	(+1) (-3)
水	平	11(7)	-	(4)
高	低	13(7)	23(15)	(4)
通	り	13(7)	23(15)	(4)
換	れ	-	23(18)	(4)

- 注 1. () 静的軌道狂いの測定値
 2. () のないものは軌道検測車による測定値
 3. 高低通りは 10m 弦に対する正矢
 4. 換れは 5m に対するものである
 5. * 直線及びスラック 20mm 以下の区間
 * スラック 25mm 以上の区間

なお、軌道狂い限度については、車両性能によって異なるので、軌道完成後、試運転により、軌道狂い、列車動揺の振動加速度を測定して、再検討することが望ましい。

保線組織として、定期修繕作業を主に行う作業班と、軌道状態検査のパトロール検査を主に行う検査班に区分する構成を推奨する。

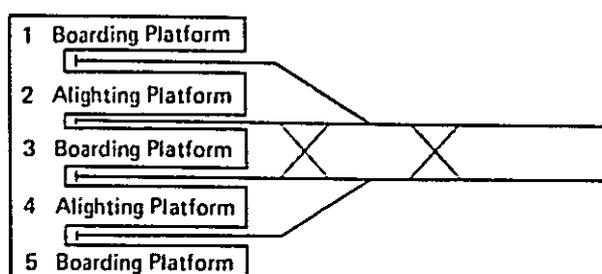
6 停車場設備

6-1 配線

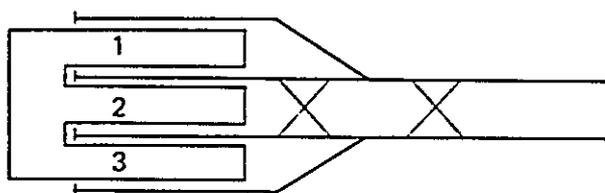
配線略図のA案, B案を付図Ⅲ-6-1, 付図Ⅲ-6-2に示す。終端駅および中間駅については下記のように考える。

6-1-1 終端駅

終端駅の基本配線は, 5面4線(A案), 3面4線(B案)とする。(図Ⅲ-6-1, 図Ⅲ-6-2)



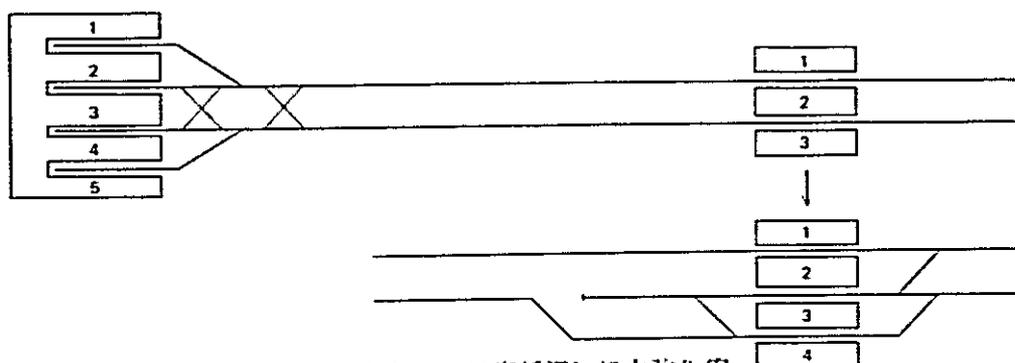
図Ⅲ-6-1 終端駅(A案)



図Ⅲ-6-2 終端駅(B案)

5面4線案では, 完全な乗降分離が行えるが, 3面4線では, 中央ホームは乗車専用出来るが両側ホームは, 乗降併用ホームとならざるを得ない。

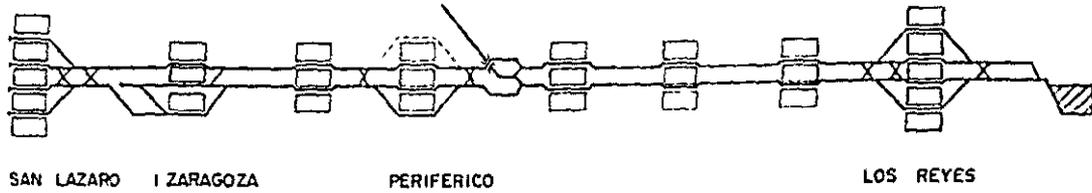
最短列車運転時隔を将来2分以下とする場合には, 終端駅での列車の折返しによる平面交差支障が問題となるが終端駅の後方に引上線を持てば, 客扱い時間にもよるが, 比較的容易に対応出来ると考える。しかし, San Lazzaro, La Villa 等の, 引上線を持つことが駅の立地条件からして困難な



図Ⅲ-6-3 終端駅の列車折返し能力強化案

駅については、その手前の駅でも折返しを行うダブル折返しの配線が考えられる。(図Ⅲ-6-3)

その場合の配線略図を、1号線を例として描くと、図Ⅲ-6-4のごとくなる。



図Ⅲ-6-4 将来の1号線の配線略図案

すなわち、San Lazaro 駅での折返し能力を救済するための引上線を設置できないので、一駅手前の I. Zaragoza 駅で、半数の列車を折返すために、1面1線を増設する。

こうすると、本線を運転する列車を交互に I. Zaragoza と San Lazaro の両駅で折返すこととなり、停車場の折返し能力は強化される。

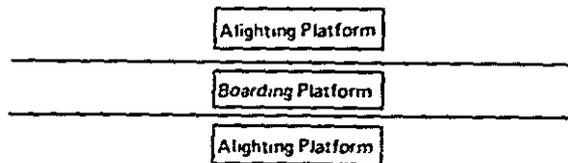
I. Zaragoza と San Lazaro の両駅共に地下鉄との連絡は良いので、乗車客は、双方の駅で均等に乗降することが期待出来る。

また、ラッシュ時間帯は、列車の運転間隔をつめて、両駅での折返しを行うが、ラッシュ時間以外の時間帯では、列車運転間隔がひろがるので、San Lazaro 駅のみでの折返しとすることも可能である。

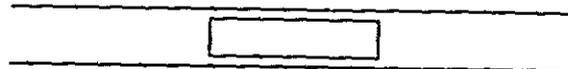
他方の終端駅 Los Reyes に於ては、電車区入出区線を、引上げ線として利用し、全列車を引上げることとし、ホーム折返しを行わなければ、ラッシュ時間帯の列車運転に対処出来よう。

6-1-2 中間駅

中間駅の基本配線は、3面2線案(A案)と1面2線案(B案)である。(図Ⅲ-6-5、図Ⅲ-6-6)



図Ⅲ-6-5 中間駅(A案)



図Ⅲ-6-6 中間駅(B案)

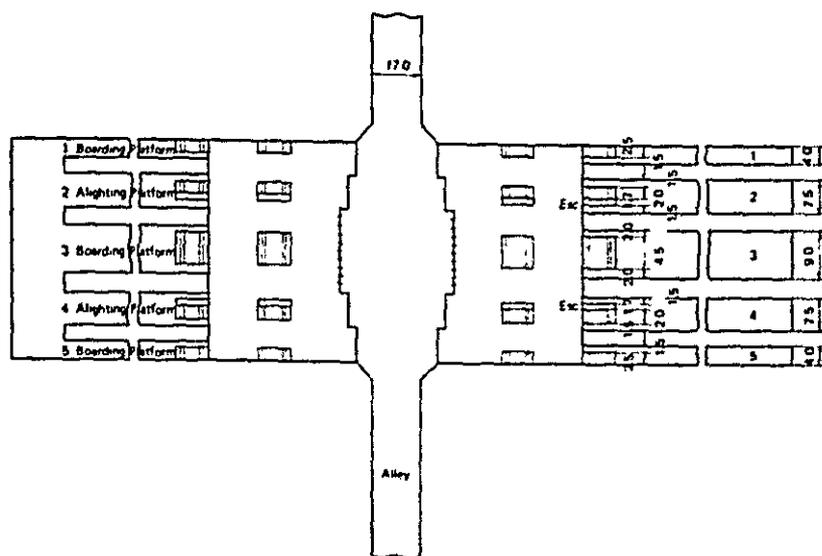
ホーム両端に、非常時の折返し用、追越用として、分岐器をそう入する駅は、その必要度、建設費、保守費の増、速度制限等の利害得失を考慮して、数駅で良いと考える。

6-2 乗降場・通路

6-2-1 終端駅

(1) A案(5面4線案)

5面4線とし、乗降分離のホームとする。(図Ⅲ-6-7, 写真)



図Ⅲ-6-7 終端駅(A案)

中央乗車ホーム(第3ホームは、階段巾員を4.5mとし、階段壁からホーム端までの距離を2mとするとホーム巾員は9mとなる。階段を4本設けるとすれば、

$$4.5\text{m} \times 3,000\text{人/m/時} \times 4\text{ヶ所} = 54\text{千人/時}$$

両外側の乗車ホームは、2.5m階段とすれば、ホーム巾員は4mとなる。階段を4本設けるとすれば、

$$2.5\text{m} \times 3,000\text{人/m/時} \times 4\text{ヶ所} \times 2\text{本} = 60\text{千人/時}$$

したがって、乗車能力は、

$$54\text{千人/時} + 60\text{千人/時} = 114\text{千人/時}$$

であり、約54万人/日の乗車客に対応出来て、かつ十分である。

第2、第4の降車ホームは、エスカレーターを設けることとし、エスカレーターの故障、点検等を考慮して、2mの階段を併設する。降車ホームは階段壁とホーム端までの距離を1.5mとすれば、ホーム巾員は7.5mとなる。

階段エスカレーターを4ヶ所に設けるとすれば、乗車客をさばく能力は、

$$(2\text{m} \times 3,000\text{人/m/時} + 9,000\text{人/基} \times 0.75\text{効率}) \times 4\text{ヶ所} \times 2\text{ホーム} = 102\text{千人/時}$$

であり、約48万人/日の降車客に対応出来て、かつ十分である。

通路は、ホーム中央部を横断する自由通路を設けるものとし、巾員17mとする。ラッシュ時間帯の主な流動の方向に15mを用いるとすれば、

$$15\text{ m} \times 3500\text{ 人/m/時} \times 2\text{ 両側} = 108\text{ 千人/時}$$

のラッシュ方向の客扱いが出来て、ホームの乗、降能力とバランスする。

なお、ラッシュの逆方向には、

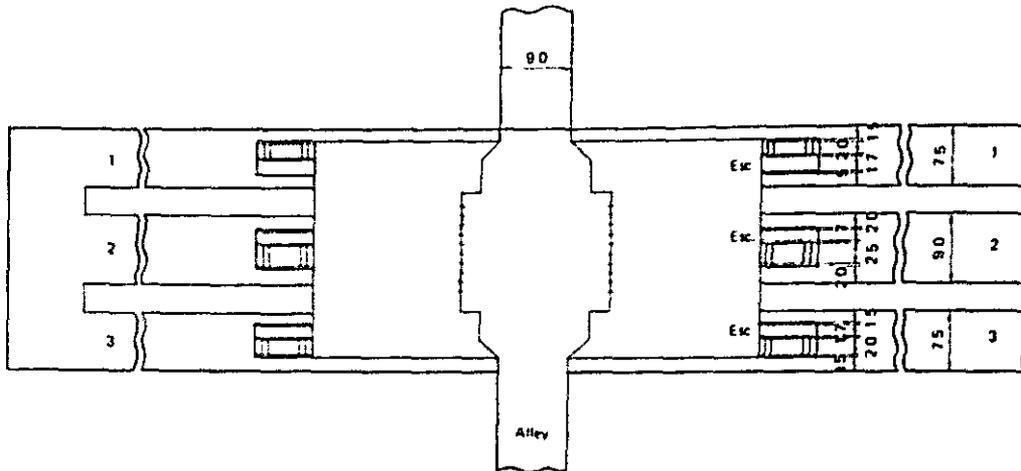
$$2\text{ m} \times 3600\text{ 人/m/時} \times 2\text{ 両側} = 14,400\text{ 人/時}$$

の能力はあるが、ラッシュ時間帯の逆方向への利用者が多ければ、通路を拡巾する必要がある。

ホーム長は、12両対応で310mとし、前後の余裕長を除いた300mに屋根を設ける。

(2) B案(3面4線案)

将来は、図Ⅲ-6-7に拡張することを考慮して、そのうち、第2、3、4番の3面を作るものとする。(図Ⅲ-6-8,写真)



図Ⅲ-6-8 終端駅(B案)

配線上から、当然のこととして、中央ホームを利用することが多いので、中央ホームも乗降混用として使用することとし、エスカレーターを設備する。

階段は、両袖階段とすれば、中央ホームは2.5m階段とエスカレーター、両側ホームは2m階段とエスカレーターがそれぞれ2基あることになり、

$$(2.5\text{ m} + 2\text{ m} + 2\text{ m}) \times 3,000\text{ 人/m/時} \times 2\text{ 両側} + 9,000\text{ 人} \times 0.75\text{ 効率} \times 3\text{ ホーム} \times 2\text{ 両側} \\ \approx 80\text{ 千人/時}$$

の乗降客を取扱う能力があり、

約37万人/日の乗降客に対応出来て、かつ十分である。

通路は、最終的にホーム中央に位置することとし、巾員は9mとする。

$$9\text{ m} \times 3600\text{ 人/m/時} \times 2\text{ 両側} = 65\text{ 千人/時}$$

の取扱能力がある。

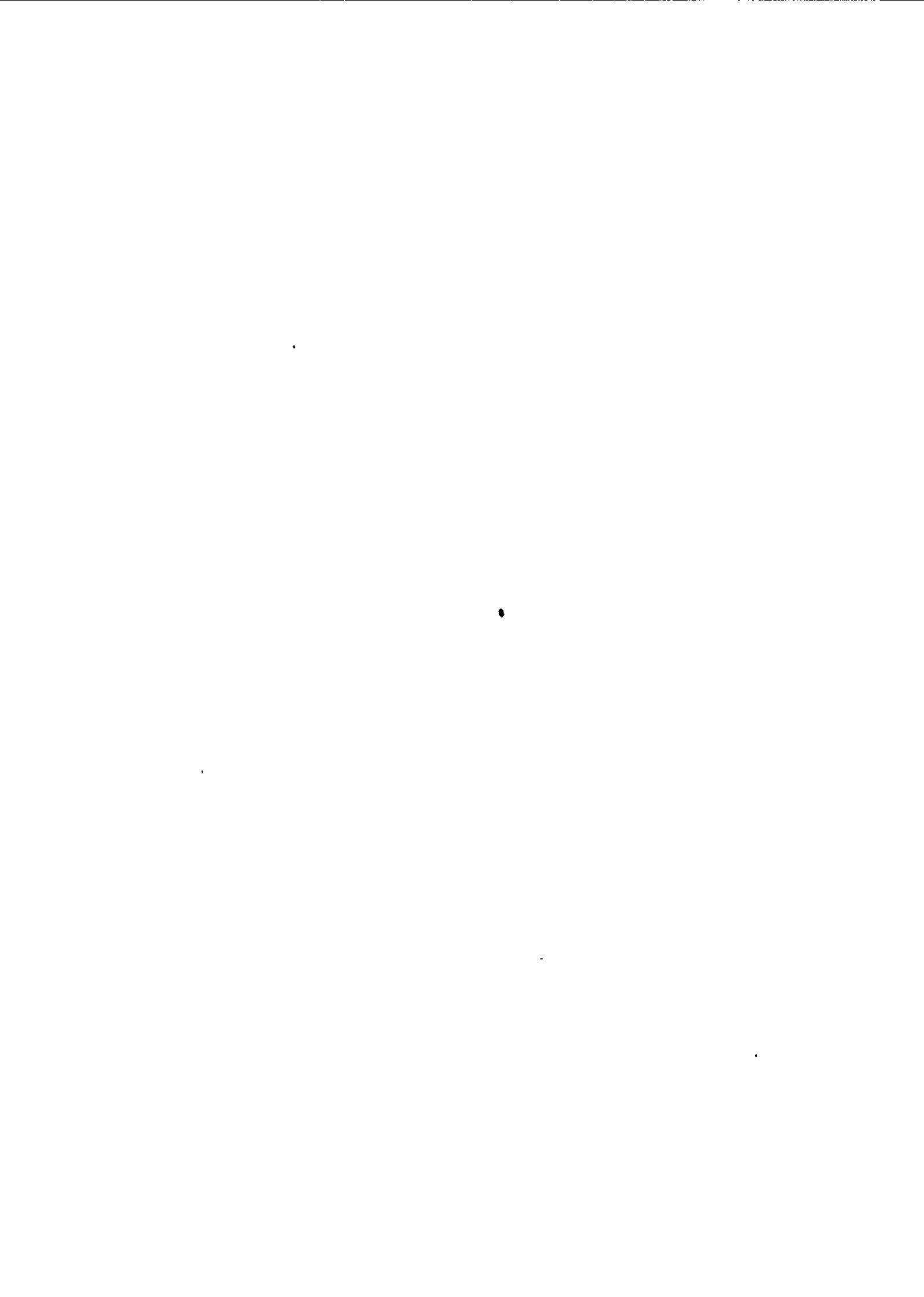
ホーム長は、1号線は9両対応235m、他は6両対応160mとし、将来の工事の容易性と、分岐器からホームまでの距離の近いこと(折返し時間の短縮のため)から、終端部を空けて作ることとし、ホームの前後余裕長10mを除いて屋根を設ける。

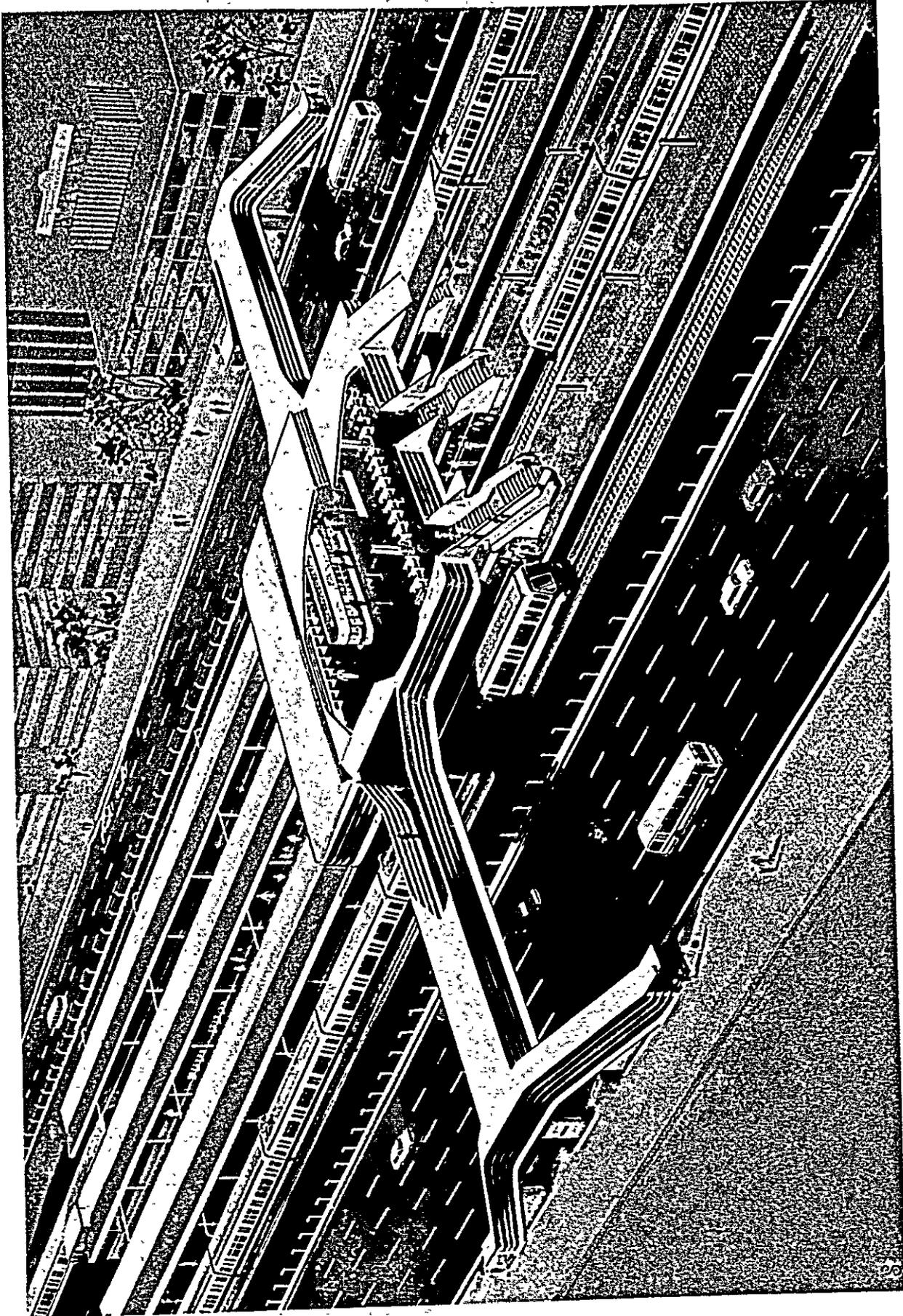
6-2-2 中間駅

(1) A案(3面2線案)



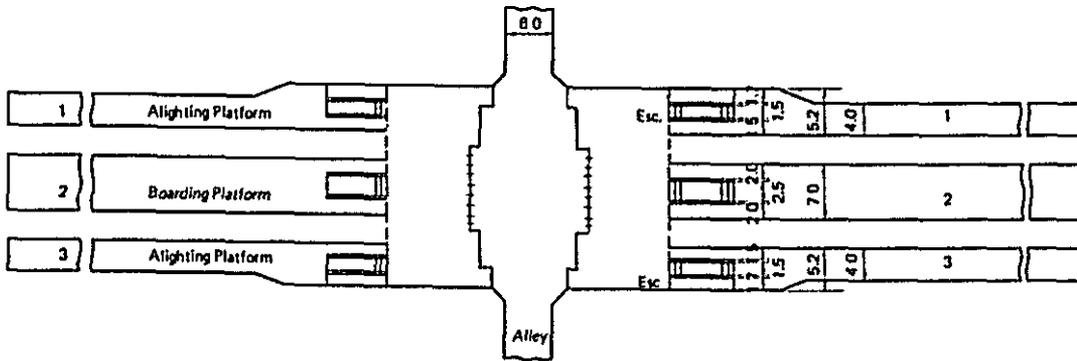
Terminal Station (Alternative-A)





Terminal Station (Alternative-B)

3面2線とし、乗降分離ホームとする。(図Ⅲ-6-9, 写真)



図Ⅲ-6-9 中間駅(A案)

中央ホームは、乗車専用ホームとし、両側に降車専用ホームを設ける。

中央ホームは、階段巾員を 2.5m とし、階段の壁とホーム端までの距離を 2m とすることとし、7.0m を標準巾員とする。

この場合、2.5m の両袖階段では、

$$2.5\text{m} \times 3,000\text{人/m/時} \times 2\text{ヶ所} = 15,000\text{人/時}$$

となり、約 7 万人/日の乗客数に対応出来て、かつ十分である。

両側の降車ホームは、昇り専用となるので、階段の他にエスカレーターを設けることとし、エスカレーター巾員 1.7m、階段巾員 1.5m、階段壁からホーム端までの距離を 1.5m として、階段を降りた所でのホーム巾員は 5.2m、それ以外では 4m 巾員とする。(エスカレーターの故障点検等のために階段は必要である。)

この場合、両袖階段とすると、

$$9,000\text{人/時} \times 0.75\text{ 効率} \times 2\text{ヶ所} + 1.5\text{m} \times 3,000\text{人/m/時} \times 2\text{ヶ所} = 22,500\text{人/時}$$

降車ホームは両側にあるので、

$$22,500 \times 2 = 45,000\text{人/時}$$

となり、約 21 万人/日の降車客に対応出来て、かつ十分である。

乗車客に対する能力が小さいが、乗車客が多い場合には、階段巾員を拡巾する方法と、コンコースを拡大して、階段を 4ヶ所にする対応方法がある。

乗降客数が多い駅では、ホームから旅客を早く吸い上げるためにも、階段を増設することが薦められる。その場合には、乗降客の取扱能力は、上記の 2 倍になる。

通路は、ホーム中央部を横断する形で設けることとし、6m の巾員とする。

$$6\text{m} \times 3,600\text{人/m/時} \times 2\text{両側} = 43\text{千人/時}$$

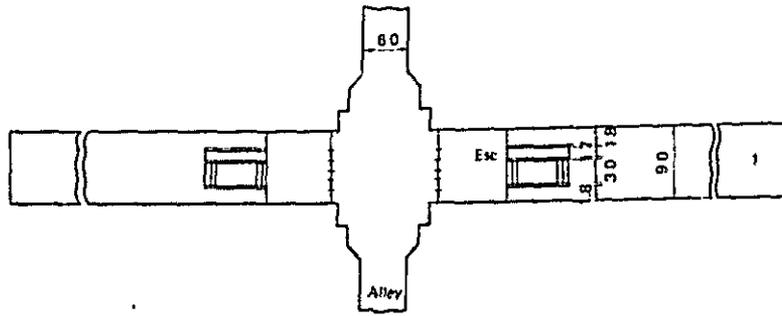
の乗降客に対応出来る。

ホーム長は、12両対応の 310m とし、屋根は列車長の 300m に設ける。

(2) B案(1面2線案)

1面2線の島式ホームを設ける。(図Ⅲ-6-10, 写真)

乗降客が混用するので、エスカレーターと階段とを併設する。



図Ⅲ-6-10 中間駅(B案)

ホーム巾員を9mとし、エスカレーター(巾員1.7m)と、3m階段とする。
両袖階段とすれば、取扱能力は、

$(2m \times 3,000人/m/時 + 9,000人 \times 0.75効率) \times 2両側 = 32千人/時$
となり、1日乗降客約15万人に対応出来て、かつ十分である。

さらに乗降客が増加した場合、最初からそれを予想して、ホーム巾員を拡大しておく方法と、必要となった時に、コンコースを拡大して、階段、エスカレーターを増設する案があるが、後者が薦められる。

通路は、最終形の中央部に設けることとし、巾員は6mとすると、

$$6m \times 3,600人/m/時 \times 2両側 = 43千人/時$$

の通行客を扱うことが出来る。

ホーム長は、1号線のみ9両対応235m、他は6両対応160mとし、それぞれ、全列車長の225m、150mの屋根を設ける。

6-2-3 ホーム延伸の方法

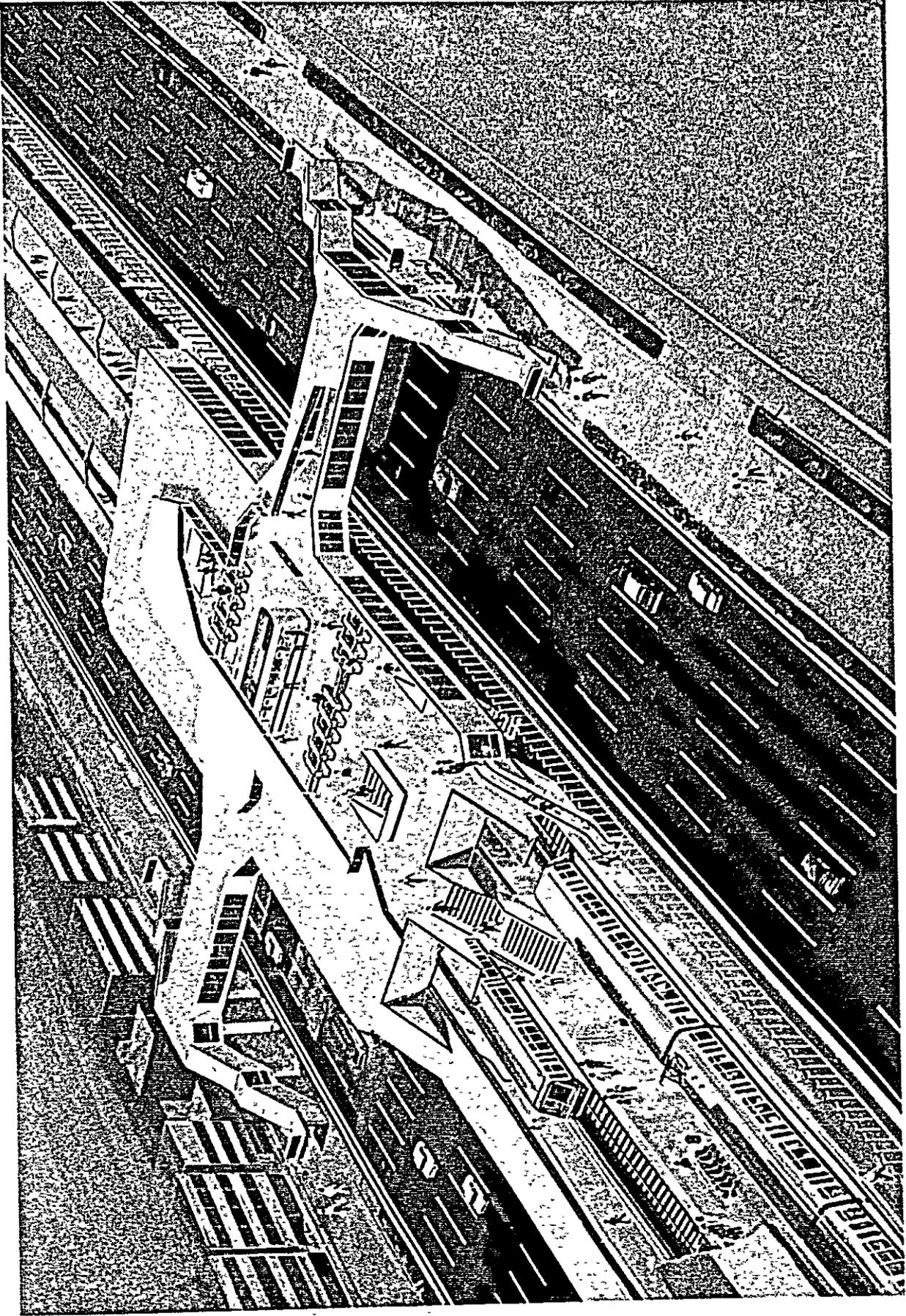
1号線は、当初9両編成、2、3、4、5号線は、当初6両編成で営業を開始し、6両→9両→12両と編成長を増大し、各線とも、将来は、12両編成の列車が必要となると考えられている。

B案の場合は、列車長に対応するホームしか設けないので、その延伸についてのステップが問題となる。

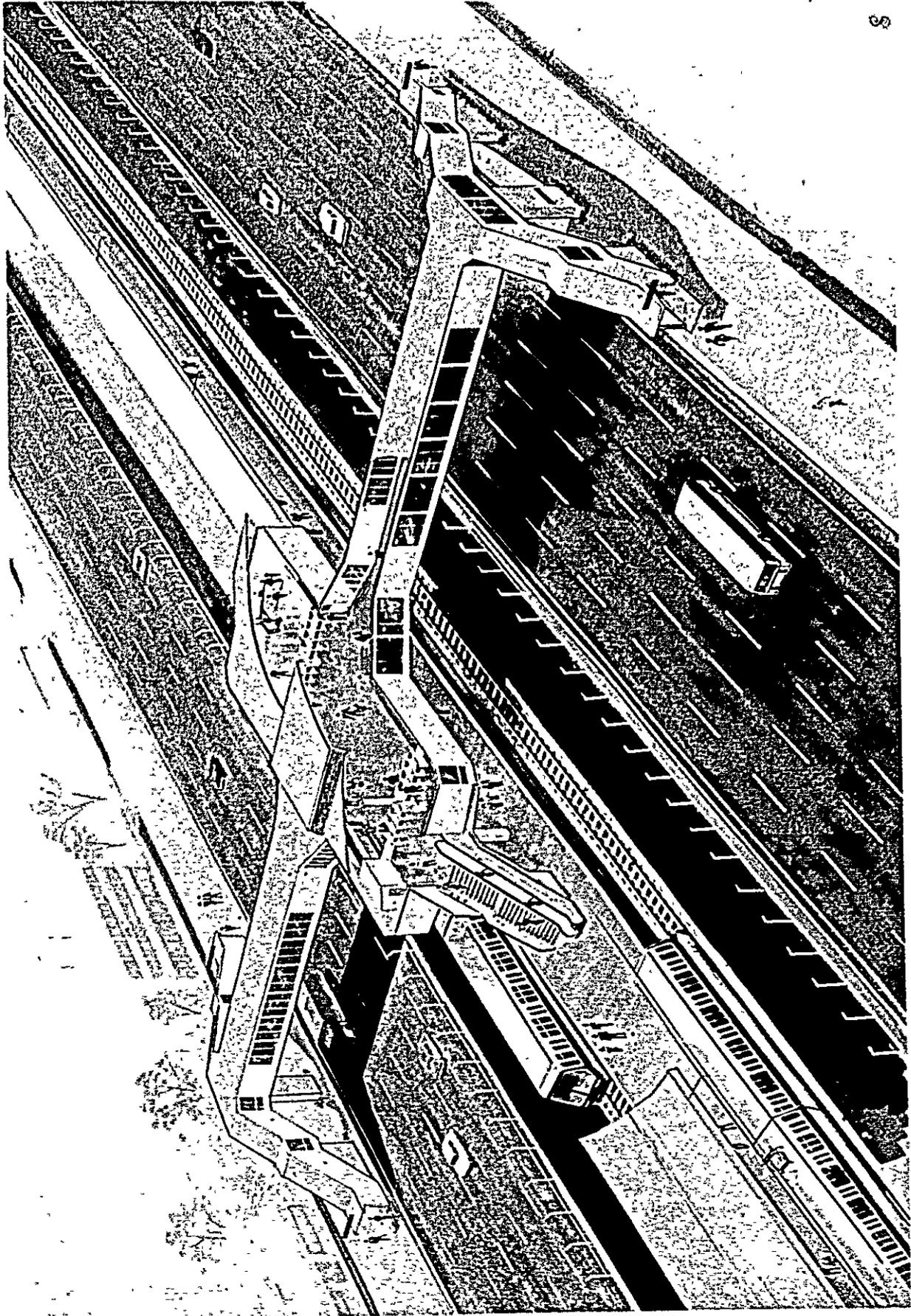
終端駅の場合には、終端部分を空けて、当初分を作るのが、列車折返し時分の短縮、延伸工事の容易さ等からして好ましい。

中間駅の場合には、上記の2条件は同一であるのでホームの延伸方法と、通路の位置によっていくつかの案がある。(図Ⅲ-6-11)

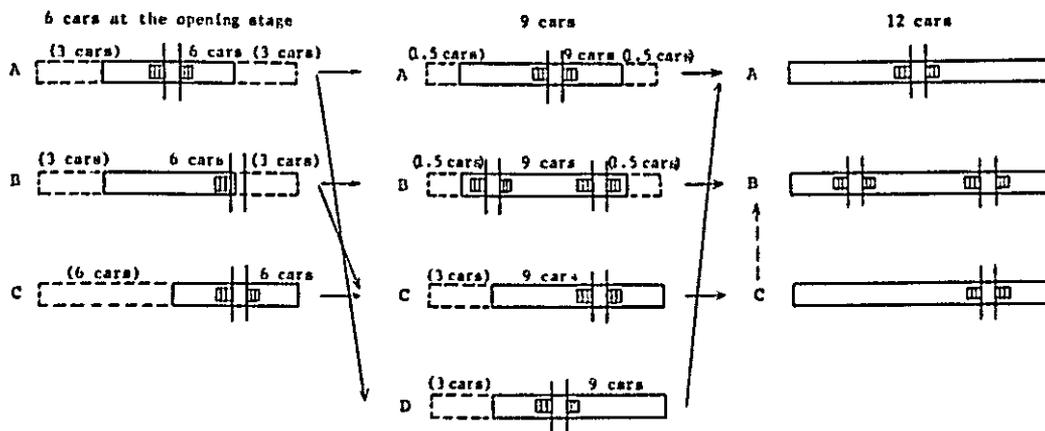
この選定に際しては、乗降客数、A.T.C.等地上設備の移設工事費、各駅をとおしての列車の均等乗車等を考慮するべきものである。



Intermediate Station (Alternative-A)



Intermediate Station (Alternative-B)



- 階段3mエスカレータ2人用1基としてラッシュ時に階段ごとエスカレータを輸送量の多い方向に使うものとするれば1階段当り2m×3000人/時+6750人/時≒13000人/時の能力がある。
したがって乗降客数によるが必ずしも両袖階段を必要としない駅もあろう。
- 階段分散方式はホームから早く乗降客を吸収出来るが道路上に跨線橋が2ヶ所出来るので美観上の問題が心配される。
- 検討項目

乗降客数 A T O移設の工事費
列車の均等乗車 各段階での使用期間

図Ⅲ-6-11 ホーム延伸の考え方

6-3 客扱設備

6-3-1 自動出改札設備

(1) 自動出改札の考え方

このシステムは、駅業務に関するもののうち、出札・改札ならびにこれに付随する後方業務の省力化、合理化をはかるものである。

出改札システムの自動化をはかる場合、運賃政策として、全区間均一運賃制とするか、乗車距離によって運賃を変える区間運賃制とするかによって大きく異なり、またそれぞれの場合について、乗車券のみとするか、回数券制度を取り入れるかによっても異なってくる。しかし、一般に区間運賃制をとる場合には投資額も大きくなること、当面営業キロは77kmであること、またメキシコ当局の考えを参照して均一運賃制、乗車券のみの方式をとることとし、システムを組むこととする。但し、回数券制度を導入することにより多くの有利な点もあるので、代替案としてかゝげることとした。

(2) 自動出改札のシステム

次の3つのシステムから構成される。

1) 出札業務の自動化

a) 自動券売

乗車券の発売を自動的に行うもので、現金の処理および発売データの集計を係員の手をわずらわさないで行う。

b) 回数券発売

回数券の発売を自動的に行うものである。例えば50回乗車できる回数券とし、改札口を通過するごとに乗車回数がディスカウントされて回数券にエンコードされるストアード・ライド方式とする。

2) 改札業務の自動化

改・集札システムは、旅客の駅構内への入出場チェックを自動的に行うもので、改札口で乗車券の券面情報を読み取って旅客の入出場制御を行う自動改札機と、この自動改札機を集中制御する中央制御機とで構成する。

3) 後方業務の自動化

a) 監視システム

駅務室で各端末機器の稼働状況の監視機能ならびに旅客監視とその案内誘導機能を持たせる。

b) データ集計システム

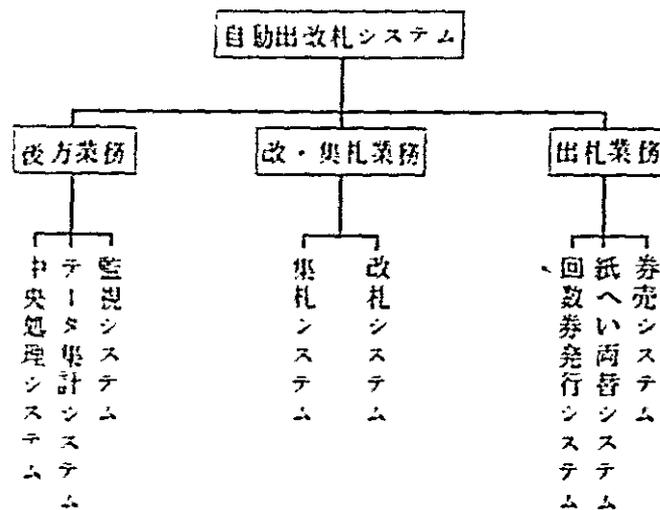
出改札の発売データと、各端末機器の保守に必要なデータの集計機能を持つとともに、これらのデータを中央へ転送する機能を持たせる。

c) 中央処理システム

各駅のデータ集計システムとオンラインで接続し、各種データを中央に収集し、審査統計並びに保守に必要なデータ処理を行う。

以上とりまとめて自動出改札に必要なシステムの機能図を図Ⅲ-6-12に示す。

また、全体の設備システムを図Ⅲ-6-13に示す。



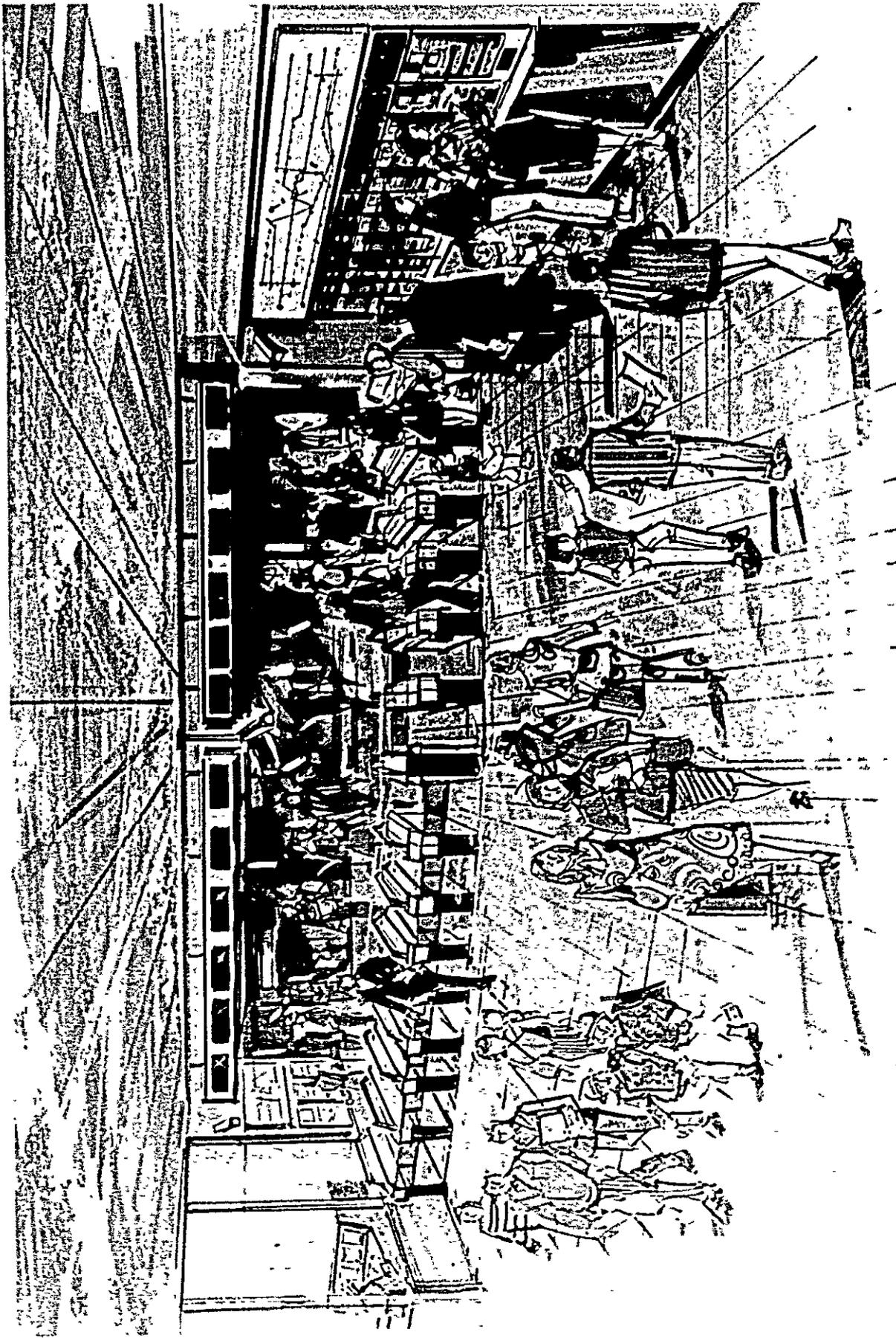
注) 回数券制度を導入した場合にのみ必要

図Ⅲ-6-12 自動出改札機能システム図

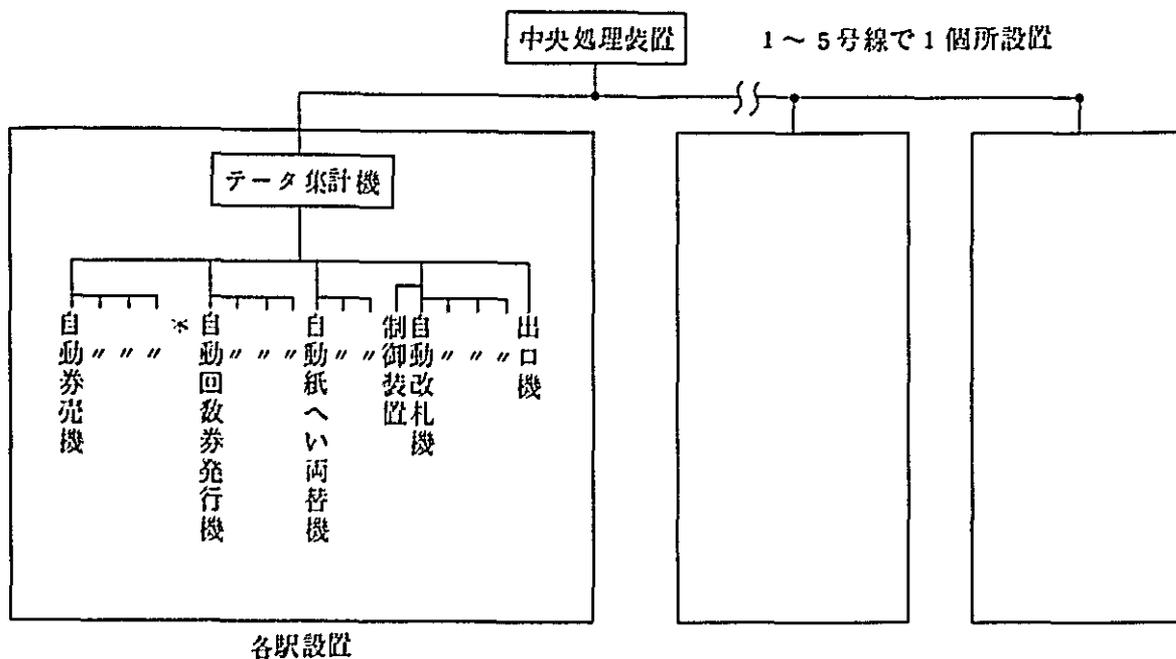
(3) 所要機器

自動出改札システムに必要な主要機器は次のとおりである。

なお、均一運賃制の乗車券のみを採用した場合をA案とし、回数券制度を導入した場合をB案としてかゝげる。



Automatic Fare Collection Equipments in a Station



注) *回数券制度を導入した場合にのみ必要

図Ⅲ-6-13 自動出改札設備システム図

	A案	B案
1) 自動券売機 釣銭装置, エンコード機能付	○	○
2) 自動改札装置 磁気エンコード券使用, フラップ式	○	○
3) 自動集札装置 集札機能は不要で出場はフリーとし, 逆進入防止機能を設ける。	○	○
4) 自動改札装置制御機 入口改札装置のコントロールを行う。	○	○
5) 自動紙へい両替機 紙へいを硬貨に自動交換する。	○	○
6) データ集計機 各駅ごと, 各機器ごとの売上データ等の収集, および中央計算機への転送。	○	○
7) センター機器 各駅から集まったデータ類の編集, 解析, 審査, 表示, 出力を行う。	○	○
8) 回数券自動発売機 回数券は数種類指定可能としたストアド・ライド方式, 釣銭装置, エンコード機能付。	-	○

B案は, A案に比べて回数券自動発売機が余分に必要となるが, 自動券売機の設置数が減少するので, 自動出改札設備の総投資額としてはA案に対して約65%となる。また旅客にとっても乗車の都度乗車券購入のわずらわしさがなく, さらに運賃割引の制度を考慮すればさらに喜ばれるであろう。

7 電力設備

7-1 設備計画の基本方針

電力設備を計画するに当たって考慮した事項は、次のとおりである。

- (1) 電車の電気的特性に適合した設備であること。
- (2) 送電線、変圧器その他重要な設備は2重系とし、1箇所が故障した程度では、列車の運転に支障しないこと。
- (3) 電源への不平衡、通信回線への誘導障害等を可能な限り軽減すること。
- (4) 設備の故障は、被害を最小限に抑え、影響する範囲を限定すること。
- (5) 人身の傷害事故防止策をはかること。
- (6) 当初の設備投資は、必要な範囲にとどめるとともに、将来の増強に対して、容易に対応出来ること。
- (7) 機器、材料等は、経験のある信頼度の高いものを選び、システムとしての信頼度を高めること。
- (8) 保全および運用のし易い設備とすること。

7-2 電気運転計画

7-2-1 計画路線と運転計画

本近郊鉄道の計画路線は、図Ⅲ-1-3に示されており、運転計画は、第4節に、車両の性能は、第9節に述べられている。これらの計画に合わせて電力設備を計画するが、将来の輸送増加に対しても容易に対応できる設備であることも必要である。

電力設備の特殊性として230kV電源網からの受電方式によっては、送電線建設費が大きく異なる。電力会社の変電所から2回線の専用送電線を新設する場合をA案に、電力会社の送電線から途中分岐して受電できる場合をB案として計画した。

7-2-2 電力消費量

変電所の容量、運転用電力料金などを算出するためには、列車が走行するに必要な電力の消費量をあらかじめ計算しておかなければならない。

電力消費量を計算するには、次の諸要素が必要である。(1)電気車の電気的性能、(2)M車とT車の構成割合、(3)力行時間、だ行時間、ブレーキ時間、停車時間、(4)速度制限等の運転上の制約、(5)列車の総重量、(6)駅間距離、(7)線路勾配、曲線半径とそれらの長さ、(8)列車編成と走行抵抗、(9)トンネル、強風等の走行抵抗に及ぼす条件など。

これらの諸要素から正確な電力消費量を求めるには綿密な調査が必要であるが、およその値は78kwh/1000tkmと推計した。

7-2-3 電気運転方式

本近郊鉄道の電気運転方式を決めるに当たっては、次の諸点について考慮しなければならない。

- (1) 列車運転に必要な電力 (kw) と電力量 (kwh)。
- (2) 電力網からみて、(1)の電力を受電するに適当な場所の選定。
- (3) 電気運転負荷が電力網に与える不平衡、電圧変動等が、許容限度内に収まるか否か。
- (4) き電の面では、所定の列車運転計画とその軽微な変更、および通常発生する列車運転ダイヤの乱れ等に対応できるシステムであること。
- (5) き電回路近くの通信線路等に悪影響を及ぼさないこと。
- (6) 将来の電気運転拡張の可能性も考慮しておくこと。

これらの諸点を配慮して本近郊鉄道の電気運転方式を計画すれば、単相交流25 kV 60 Hz方式を採用することは、当を得た決定と考える。

なお、都市内で交流電気運転を行うことは、線路の近傍に設備されている数多くの通信回線に誘導障害を与えるおそれがあり、ケーブル化等の誘導軽減対策経費が増大するので、き電システム面でATき電方式を採用するほか車両にも誘導障害を軽減する速度制御方法の採用あるいはフィルタの搭載等をはかり、地上設備と車両双方にわたって総合的な対策を実施することが望ましい。

7-3 電力受電計画

7-3-1 メキシコ首都圏の電力網

メキシコ首都圏の電力網は、付図Ⅲ-7-1に示されるように400 kV系を基幹に230 kV系で構成されている。230 kV系の変電所は、首都圏内の要所に建設されており、現状の送電線で結ばれている。この230 kV系の変電所の短絡容量は、資料によれば現在すでに5,000 MVA以上あり将来は、10,000 MVAを越えると云われている。このような強力な電源においては、電気鉄道の単相負荷によって生じる電圧不平衡は小さく、その影響は殆どない。

7-3-2 変電所の位置

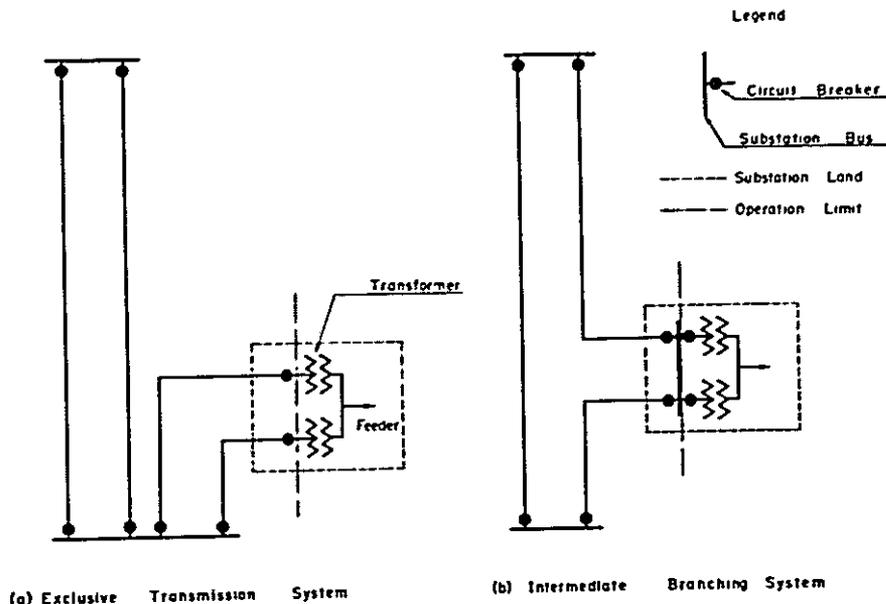


Fig. III-7-1 Power Receiving System

一般の三相電力網から受電し、電気鉄道に適した変電所の位置を決定するに当っては、次の事項について検討する必要がある。

- (1) 電力網からみた受電可能地点。
- (2) 鉄道側からみた負荷の中心点に近いこと。
- (3) 電気運転に適したき電ができること。
- (4) き電区域の末端においても、所定の架線電圧が得られること。
- (5) 変電所の立地条件が整っていること。

メキシコ首都圏の電力網は発達しているので、電力網からみて受電が制約される要素は少ない、しかし、電気運転用電力を230kV系の送電線の途中から図Ⅲ-7-1(b)のように分岐できるか否かで、送電線の建設費、変電所の機器設備等が変わる。もし、送電線の途中分岐が許されれば、送電線と鉄道との交差点付近に電気運転用変電所を設置することによって、建設費の節減をはかることができる。

負荷の中心から見た変電所の位置は、一つはXalostoc付近が適当である。Xalostoc付近には線路を横断する230kV送電線があるので、その近くに変電所を設ければ、3号線と4号線にき電するのに都合がよい(B案)。専用送電線を新設するとすれば、電力会社のEsmeralda変電所から引出すことになる(A案)。

き電区域の面から考えて、開業当初の列車負荷程度であれば、Xalostoc変電所のみで全区間をき電することができる。しかし、1号線の末端での架線電圧が低くなることと、万一Xalostoc変電所が停電したときには、全線の列車運転が不可能になることを避けるために、別にもう一つ変電所を設けることが望ましい。

第2番目の変電所の位置としては、輸送量の多い1号線沿線が適している。1号線の負荷中心はPeriferico付近にあり、この付近に変電所を設けて電力会社のSTA. Cruz変電所あるいはMagdalena変電所から送電線を新設して電力供給を受ける方法が考えられる(A案)。他の方法として、1号線と230kV送電線が交差するLas Torres付近を選び、送電線から途中分岐して受電する方法がある(B案)。この場合は、1号線の負荷中心から若干片寄るけれども、

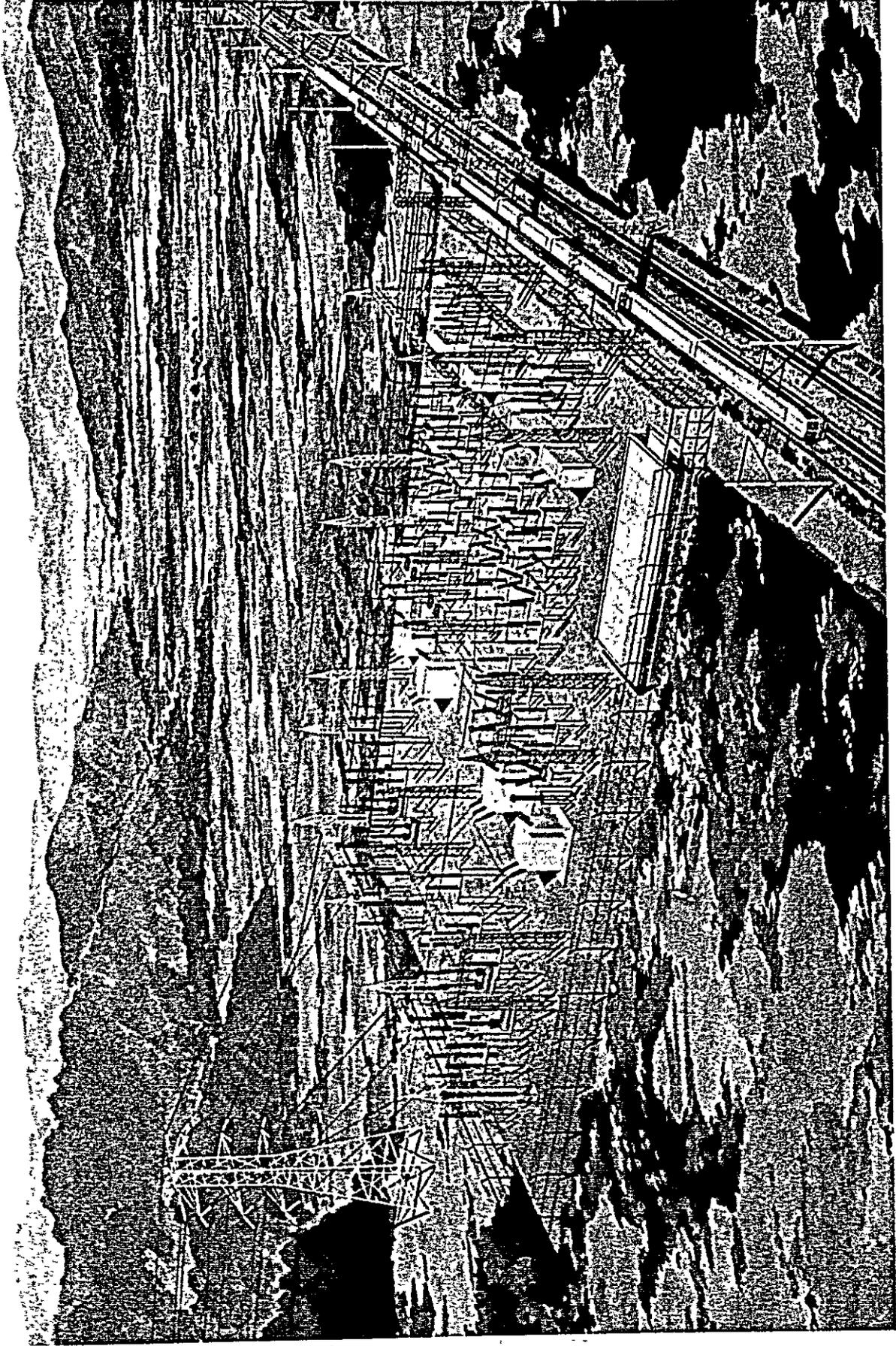
- (1) 短絡容量の大きい電力網に対しては、不平衡の大きさが問題にならない程小さいこと。
- (2) 将来、Los Reyesよりさらに東の方へ路線が延長されるときには、むしろ負荷の中心に近くなること。

等の点を考え合わせれば、Las Torresに変電所を設けても差し支えない。

7-3-3 変電所容量

変電所の容量は、電気車負荷による時間帯別電力消費量に左右されるが、通常、ラッシュ時間帯の電力消費量と瞬時最大電力によって決まることが多い。本近郊鉄道について推定した結果、変電所別の予想負荷は、およそ表Ⅲ-7-1程度と考えられる。したがって、異常時の相互運用や将来の輸送量変化も考慮して、変電所の設備容量は、当初は、Xalostoc変電所に50~75MVAの変圧器を2台、Las Torres変電所に同じ変圧器を1台設置することとし、将来輸送が増大したときにはこの変圧器を増設して設備容量を2倍にする。(7-4-2参照)

さらに遠い将来に輸送量が増大し、あるいは路線の延長等がある場合には、Tlalnepantla付近に



Electric Power Substation

表Ⅲ-7-1 Approximated Estimated Values of Maximum Loads of Substations
(in MVA)

Name of Substation		Xalostoc	Las Torres or periferico	Total
Alter- native-A	Initial	70	25	95
	Future	100	35	135
Alter- native-B	Initial	60	20	80
	Future	85	30	115

変電所を設け、2号線と5号線および4号線の一部の負荷を分担して、Xalostoc変電所の負担を軽減することも考えられる。

7-3-4 送電線分岐

電気運転用電力を受電するために、一般の電力網とどのように結ぶかは、すでに図Ⅲ-7-1に簡単な例を示した。同図(a)は、電力会社の変電所の母線を経由して専用送電線を新設し受電する方法である。この場合には、電気運転用変電所構内に設備する230kV母線を省略することができる。同図(b)は、230kV送電線の途中で1回線を分岐する方法である。この場合は、専用送電線を建設する必要はないが、電力網系統全体の運用という面から、電気運転用変電所の230kV母線までを、電力会社の変電所と同じ運用指令系に入れる必要がある。

本報告においては、図Ⅲ-7-1(a)の場合をA案に、同図(b)の場合をB案として計画している。

7-4 変電設備

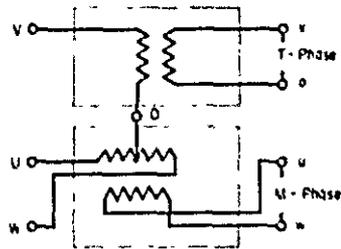
7-4-1 電圧不平衡と軽減対策

単相交流方式の電気運転を行う場合、電源に対して電圧不平衡が発生する。これは、その電源に接続されている3相誘導電動機や発電機に影響を与える。すなわち不平衡によって生じた逆相電流は、逆方向の回転磁界を作り、誘導電動機に対してはトルクの減少、回転子損の増加、固定子巻線の発熱がある。交流発電機に対しては、回転子に第2調波電流を誘導して発電電圧の波形を悪化させるとともに発熱が増加する。整流器に対しては、整流に伴う高調波の発生を助長し電圧波形の歪が増加する。しかし、実用上、電圧不平衡の限度を5%以内にすれば、影響の程度は設計製作上の裕度の範囲に収まり問題は生じない。

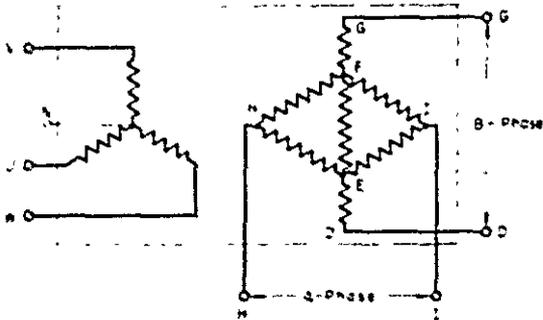
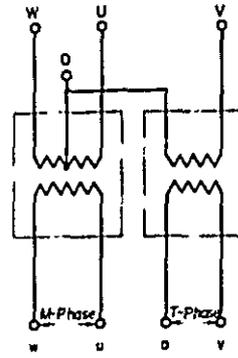
本近郊鉄道では、電源の短絡容量が大きいので不平衡率は1%をこえず問題はないと考えられる。

7-4-2 き電用変圧器の結線方式

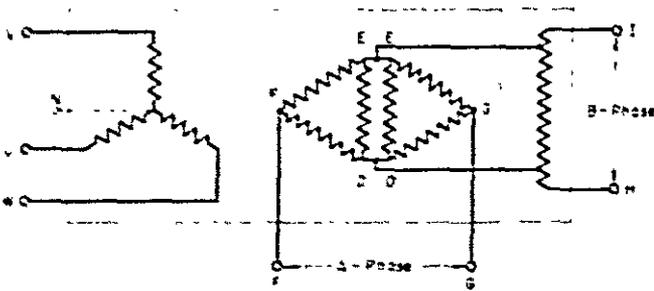
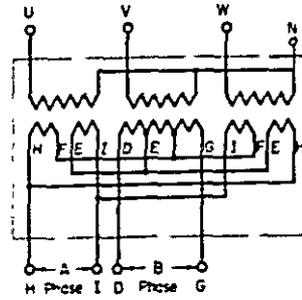
3相電源網に与える不平衡を軽減するために、き電用変圧器に3-2相変換器である特殊変圧器を用いる方法がある。この変圧器は、平衡した3相電力から、同一電力、同一力率の2相電力を得るとともに、逆の変換作用も持っている。図Ⅲ-7-2に、3-2相変換変圧器の代表的な結線、スコット結線、ウッドブリッジ結線、変形ウッドブリッジ結線、ルブラン結線を示した。



(a) Scott Connection



(b) Woodbridge Connection



(c) Modified Woodbridge Connection

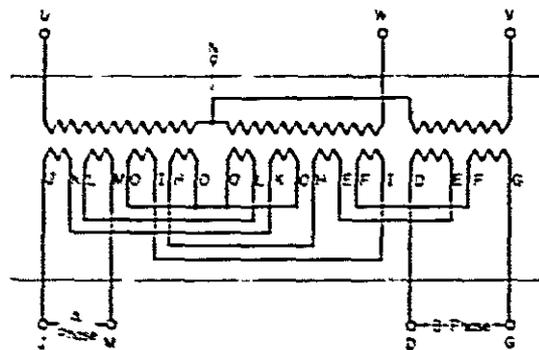
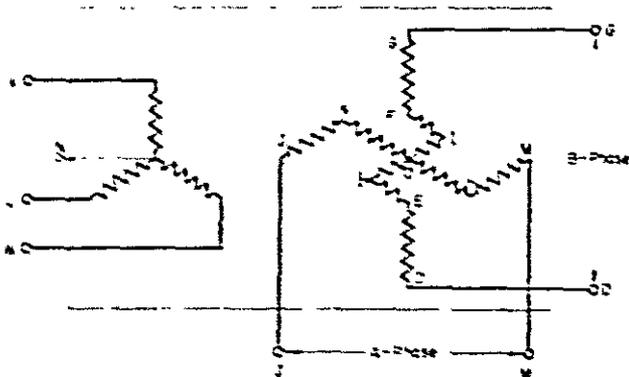
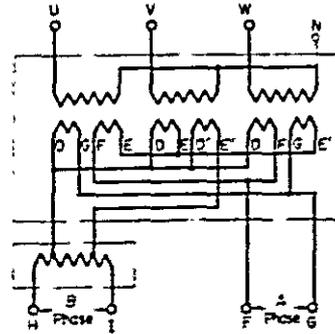


FIG-7-2 Connection of 3-2 Phase Converter Transformer

なかでもスコット結線は、構造簡単な単相変圧器2台で構成し、これらを一つのタンクに取めれば一部の鉄心を共用し得る利点もあって実用的である。スコット結線は、A T 式電方式にもB T 式電方式にも適用できる。スコット結線方式を用いた変圧器の1次側巻線は、段絶縁することができない。

1次側巻線の中性点を直接接地する必要があるときには、1次側に星形巻線を持つた結線、例えば変形ウッドブリッジ結線が用いられる。その特長は、

- (1) 1次側巻線が星形結線であること。
- (2) 2次側の各巻線は対象性があり、製作が容易で電気的特性も合わせ易いこと。
- (3) 2次側は3角結線となっており、第3次およびその倍数次の高調波を軽減する効果があること。
- (4) 1次側の中性点を接地すれば、段絶縁が可能で経済化がはかれる。

などがある。本近郊鉄道においては、輸送量の伸びに適した設備とその増強がはかれる点から、スコット結線方式の採用を推奨する。スコット結線方式を採用しても、電源の短絡容量が大きいので悪影響は考えられない。具体的には、Xalostoc 変電所においてはスコット結線変圧器のM座側変圧器2台を、当初はV接続して不平衡を軽減する。将来T座側変圧器を増設する時には接続変更してスコット結線の変圧器2台にする。Las Torres 変電所においては、当初M座側変圧器を1台設置し将来T座側変圧器を増設してスコット結線を構成する。

各種の結線方式と負荷から生じる不平衡率を表Ⅲ-7-2に示す。表からわかるように、スコット結線あるいは変形ウッドブリッジ結線では、相別の負荷、 P_m と P_t 、 P_a と P_b が同一であれば不平衡率が0となり、3相側では、完全に平衡することを示している。V結線では、不平衡率は0になることはないが、単相方式にくらべて改善される。

表Ⅲ-7-2 各種結線方式の不平衡率

	各相別負荷	不平衡率(%)
単相結線	P_t	$Z P_t \times 10^{-4}$
V結線	P_1, P_2	$Z \sqrt{P_1^2 - P_1 P_2 + P_2^2} \times 10^{-4}$
スコット結線	P_m, P_t	$Z (P_m \sim P_t) \times 10^{-4}$
変形ウッドブリッジ結線	P_a, P_b	$Z (P_a \sim P_b) \times 10^{-4}$

Z: 受電点において3相電源系統の10.000kVAを基準とするパーセント・インピーダンス

7-4-3 絶縁設計

絶縁設計は、送電線、変電所、き電回路、車両を含め安全で、かつ合理的に設計する必要がある。高電圧回路の各部の絶縁は、回路電圧ごとに定められた衝撃電圧試験に耐えなければならない。メキシコ首都圏は高地であるために大気圧が低く空気の絶縁耐力は低い。Paschenの法則によれば、平等電界中のギャップに発生する火花は、気圧が低くなる程発生し易い。したがって、高地においては、低地にくらべて絶縁空間を拡大しなければならない。

25kV交流き電回路を例にとれば、接地部分との空間絶縁距離は、日本国鉄では標準として300mmとしている。しかし、メキシコ首都圏の気圧は、590mmHg程度と云われているので、空間

絶縁距離は、400mmを標準とした。トロリー線の標準高さ（図Ⅲ-7-7参照）や建築限界の決定に当っては、400mmの空間絶縁距離を考慮している。

7-4-4 遠隔監視制御

最近の遠隔監視制御技術の進歩と保護継電器の性能向上から、230kV系の変電所でも無人とし遠く離れた指令所から遠隔監視制御することが普及している。

指令員は、変電所等の電力供給、設備異常の把握、列車運転指令員との円滑な情報連絡、保守要員との連絡等の面から1箇所に集中することが望ましく、指令所は、San Lazzaro付近に考える。

指令所には、列車の運転、設備の保全等に関する情報の収集およびそれらの情報の処理と適切な指令を与える機能が必要である。遠隔監視制御装置は、電力関係の情報の収集と変電所機器等に指令をりえる機能を具備しているが、その計画に際しては、情報を整理し制御項目を十分に検討しておかなければ、指令員の判断に混乱が生じ、適確な指令が行われなくなるおそれがある。

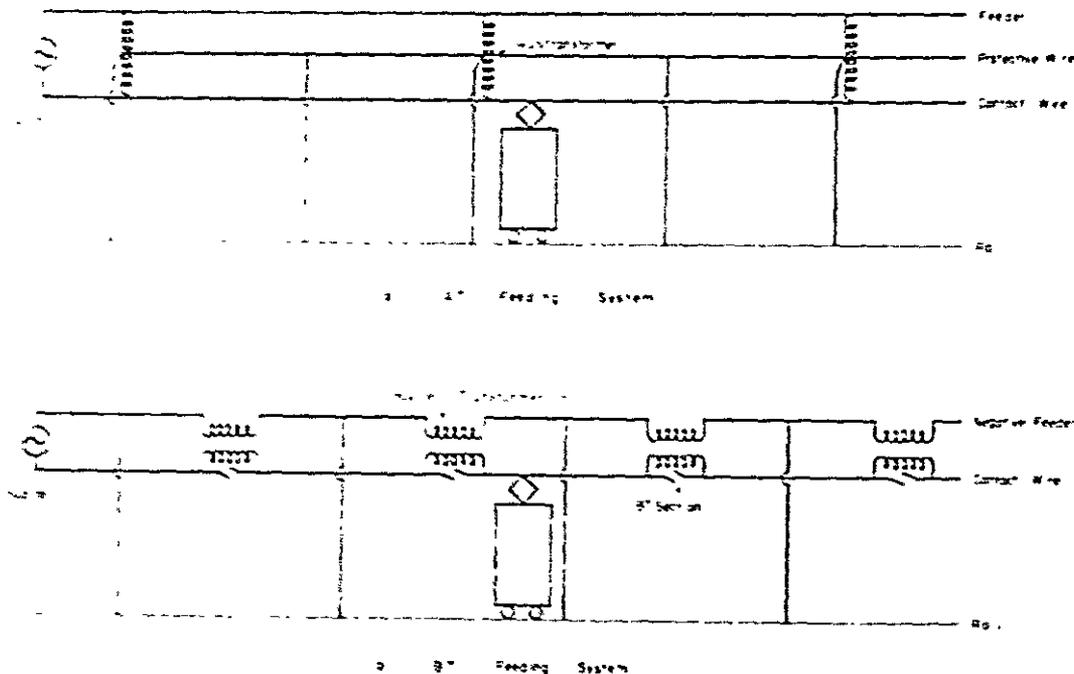
7-5 き電システム

7-5-1 ATき電方式とBTき電方式

単相交流のき電システムとして考えられる方式は数多い。そのうち通信回線に与える誘導障害を軽減する方式としてATき電方式とBTき電方式が実用も多く、機能が優れている。

両方式の略令図を図Ⅲ-7-3に示す。どちらの方式も通信誘導障害を軽減するためにレールに流れるき電々流を抑制し大地への漏れ電流を少なくしている。そのためにレールに代わるき電線が必要になる。

両方式の特徴を比較したのが表Ⅲ-7-3である。



図Ⅲ-7-3

Comparison of AT and BT Feeding System

表Ⅲ-7-3 A T き電方式と B T き電方式の比較

	A T き電方式	B T き電方式
架線電圧	25 kV	25 kV
変電所き電々電	50 kV	25 kV
き電回路インピーダンス	小	大
き電可能距離	大	小
主要設備	吊架線 トロリー線 き電線 保護線 架空地線 単巻変圧器	吊架線 トロリー線 負き電線 架空地線 吸上変圧器
セクション	無	有

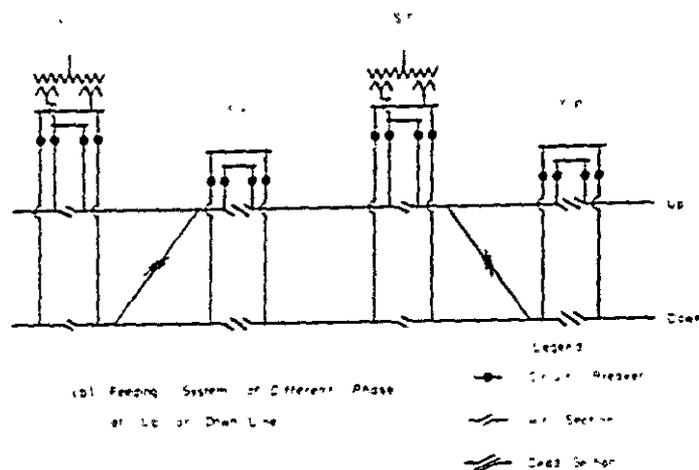
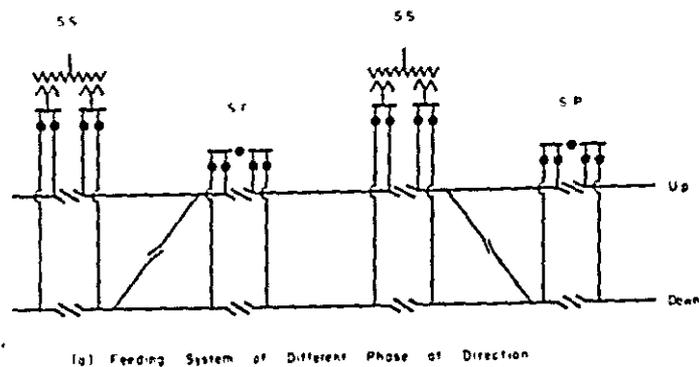
本近郊鉄道は、次の理由から A T き電方式を採用することが適当である。

- (1) 電気車の負荷電流が大きいので、電流容量が大きく、かつき電回路内の電圧降下を極力小さくしなければならない。
- (2) き電回路末端での電圧降下を軽減するためにはき電々電を高くすることが有利であり、A T き電方式はその要求に合致している。
- (3) 信頼度の高い、供給力の大きい電力網から電力供給を受けるためには、電圧の高い送電網から受電することになる。この場合受電地点に制約されるので、変電所間隔の長くとれる A T き電方式の方が適している。
- (4) B T き電方式では、トロリー線に B T セクションを設けなければならない。この B T セクションをパンタグラフが通過する時には火花を発生する。特に負荷電流が大きくなると火花はトロリー線を損傷し、最悪の場合は断線させるおそれがある。A T き電方式には、このようなセクションがない。

7-5-2 き電系統の構成

交流き電システムを計画するに際して重要なことは、電圧不平衡を少なくすることである。すなわち「7-4-2」に述べた変圧器に、2相負荷として平衡させることが必要である。列車の負荷を2相負荷に分割する方法として、図Ⅲ-7-4(a)のように、変電所の上部方面と下部方面に分ける方法と同図(b)のように上り線と下り線別に分ける方法とがある。前者を方面別異相き電方式と呼び、上下線間にわたり線の多い線区に適している。後者は、上下別異相き電方式と呼び、上下線間のわたり線箇所にはテッドセクションが必要でも、本線路のテッドセクションの数を少なくする必要がある線区に適用される。日本国鉄では、方面別異相き電方式を標準としている。

本近郊鉄道においては、方面別異相き電方式が適している。スコット結線変圧器のM座とT座の負荷を平衡させるために、き電区間を変電所付近で区分しなければならない。しかし、この区分地点のトロリー線には、テッドセクションを設けることが必要で、列車の運転上常にだ行で通過できる場所を選定しなければならない。



図Ⅲ-7-4 Feeding System

本近郊鉄道は(1)幹線交流電化区間に比して駅間距離が短いこと。(2)力行時間が長いこと。(3)列車長は将来の12両運転を考慮して300mとすること。(4)通勤輸送線区として前方に列車がつかえて停車の機会が多いこと等の困難さがあるので、デッドセクションの位置を決めるには、詳細な調査が必要であるが、およその位置を、図Ⅲ-7-5に示す。

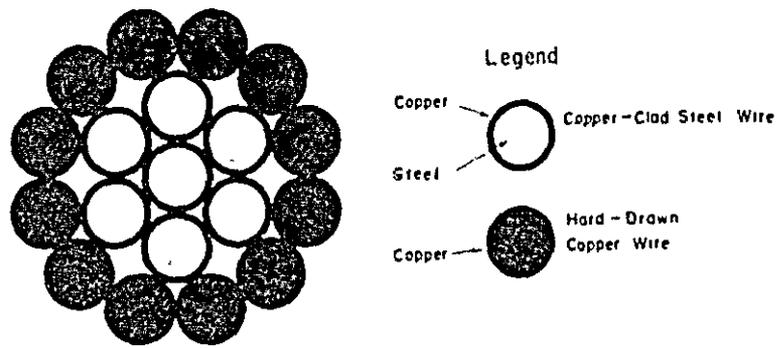
7-5-3 装柱と回路インピーダンス

本近郊鉄道においては、ATき電方式を採用してもなお、き電回路のインピーダンスを低減し電圧降下の影響を小さくする必要がある。また、変電所付近においては、き電回路の電流容量を検討しておくことも必要である。これらの理由から、電車線路の吊架線に銅覆鋼心銅より線を用いる。この線は、図Ⅲ-7-6のように中心に位置する銅覆鋼心線は、主として張力を分担し、周囲の銅より線部分は、電流の通路としたものである。このような吊架線は、日本の民鉄の一部に使われており、電車線路のインピーダンスを小さくするのに効果が大きい。

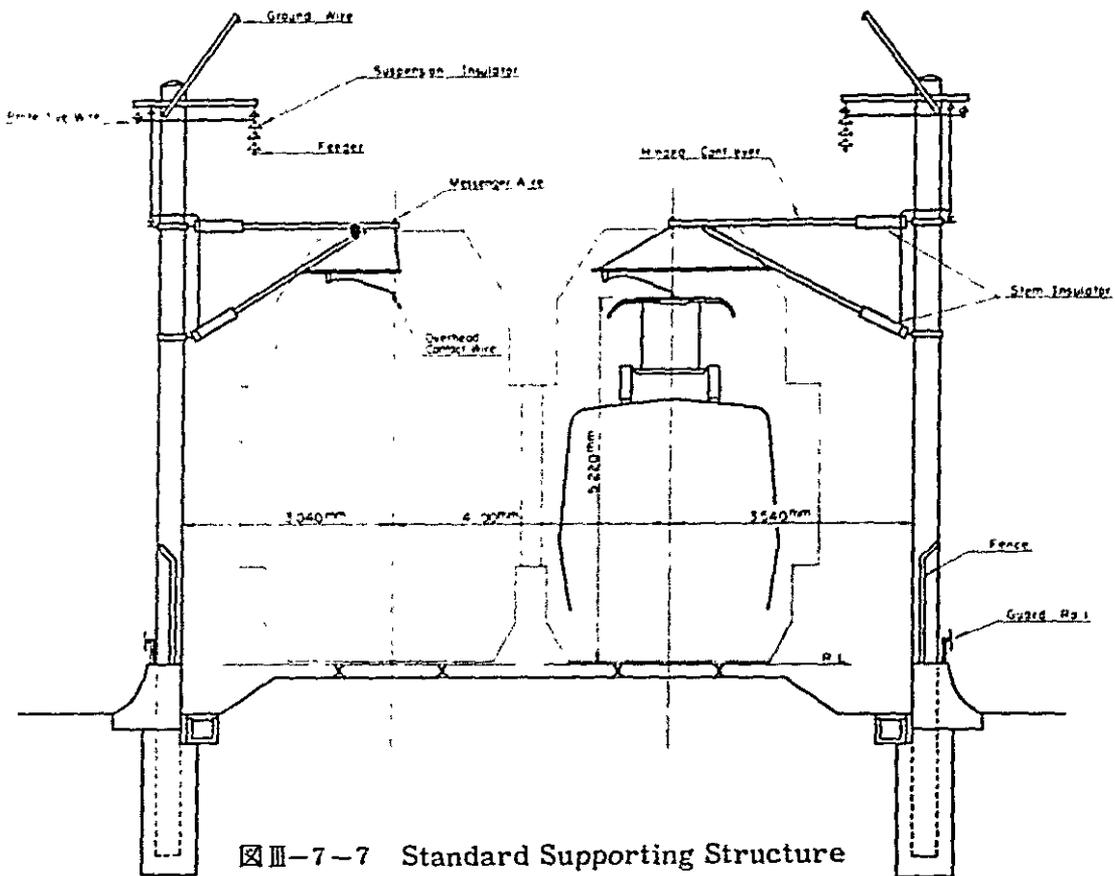
電車線路の標準的な装柱は、図Ⅲ-7-7に示す。この装柱は、対地絶縁距離を400mmとして決定した。

7-5-4 き電保護

電気鉄道のき電回路の負荷の特長は、数多くの負荷が互いに移動しており、負荷電流の時間的変動が著しいことである。また、き電電圧についてみれば、一般の送配電線路にくらべて電圧変動の許容範囲が大きく電圧の割に大きい電力を送電している。き電回路の一部には、レールという接



図Ⅲ-7-6 Concentric-Lay-Stranded Copper-Clad Steel Composite Conductors



図Ⅲ-7-7 Standard Supporting Structure of Catenary System

地部分が含まれ、レールとトロリー線間の短絡事故が割合多く発生する。以上のような諸点は、き電回路の保護方式の適用をむずかしくするが、さらにATき電方式ではトロリー線とレール間が短絡する場所によって変電所から見たインピーダンスが変わるという困難さがある。

日本国鉄のATき電区間の保護方式としては、次の数種類を組み合わせで使用している。

- (1) き電回路のトロリー線とレールの短絡故障や車両内部の地絡故障等に対しては、距離継電器を主保護とし、交流 Δ I形継電器を後備保護として用いている。また区間によっては、低

電圧継電器や△形継電器と連絡しゃ断装置などを併用して事故検出を確実にしている。

- (2) 電車線路に架設する保護線は、がい子の絶縁破壊時および電車線路の地絡故障時に保護し変電所において確実に検出するために設けられた設備である。
- (3) き電用しゃ断器には、再閉路方式を採用する。再閉路は、日本国鉄の実績では、70～80%の事故を短時間で消滅させ、実質的に運転への影響をなくしている。再閉路時間は、日本国鉄の標準である0.5秒で計画する。
- (4) 電車線路に事故が発生した場合にその事故点を早期に発見することは、復旧を早める点で有力である。ATき電方式は、回路が複雑で単にインピーダンスだけで事故点を推定することは困難である。日本国鉄では、AT吸上電流比式の故障点標定装置を開発して、よい成果を収めている。

7-6 電車線路設備

7-6-1 シンプルカタナリ方式と直吊架線

本近郊鉄道においては、本線にシンプルカタナリ方式を、その他では直吊架線を計画している。直吊架線は、簡単で経済的であり速度の遅い側線や基地内等に適しているが、シンプルカタナリ方式にくらべて押上量が大きく、静的な状態における弛度も大きい。したがって、わたり線など本線路と交差する架線は、シンプルカタナリ方式とすることが望ましい。

7-6-2 標準架線方式

本線路のシンプルカタナリー区間の標準架線方式は次のとおりである。

吊架線には、「7-5-3」に述べたように銅覆銅心銅より線120mm²程度以上の線種を、トロリー線には、集電に対する電流容量の面から溝付硬銅トロリー線(GT)170mm²のものを使用する。

き電線および保護線は、主として電流容量の面から線種が決まる。検討の結果、前者には300mm²の、後者には100mm²の硬アルミニウムより線(IT-Al)を計画した。

電車線路の両側支持柱には、架空地線を架設し、雷による被害を軽減する。

電車線路支持柱の基礎については、土木工事と同時に施工することが望ましいことと、地質および地耐力についての詳細な調査を実施しなければ設計できないので、ここでは省略した。

7-6-3 張力自動調整装置

集電上の問題から、高速運転に関連する電車線路には、張力自動調整装置を設けることが望ましい。外気温の変化範囲、直射日光や電流による温度上昇等は、実施設計の段階で詳細な調査が必要であるが、メキシコ首都圏の1941～1970年間の統計によれば、外気温の最高が32.8℃最低が-4.4℃であった。これは、日本国鉄の標準設計気温40℃～-10℃にくらべて条件が良く十分に張力調整することができる。

日本国鉄では、張力自動調整装置としては、図III-7-8に示すような滑車式を用いることを標準としており、1,500～1,600m程度を1区間として設備している。油圧式の張力自動調整装置は、一時期、実用したことがあったが、経年使用中に油漏れが生じ易く、その防止が困難であったので使用を取り止めた経緯がある。

7-7 電灯電力設備

7-7-1 駅舎の電力設備

駅舎に必要な電力は、コンコース、事務室、階段、ホーム等の照明、出改札機器の電力、エスカレータの電力、その他信号通信用の諸電源に主として使われる。この電力を供給するためには、一般の配電網からの受電、電気鉄道用変電所からの配電が通常考えられる。メキシコ首都圏は23 kV配電線が各所に設備されており、この配電線から電力供給を受けることが最も経済的である。しかし配電線のない所あるいは電気運転用変電所の付近では、鉄道専用の配電線を電車線路に併設することも考えられる。個々の駅ごとに具体的にどのようなシステムを採用するかは、詳細な実地の調査を行い総合的に判断する必要がある。

7-7-2 電源停電時の対策

駅の電力設備の中で停電の許されない設備として、列車運転や旅客扱いに最小限必要な電灯照明、機器の電源等がある。これらの予備電源としては、次のような方式がある。すなわち

- (1) 電源系統の異なる23 kV配電線。
- (2) 電気鉄道用変電所からの配電線。
- (3) 電車線路からの受電。
- (4) 非常用発電装置の設備。

等がある。この中でどれを適用するかは、駅ごとに調査して決めることになるが、概念的には、中間駅は(3)の方式を、主要駅については、(1)または(4)の方式となる。(2)の方式は、電気運転用変電所付近の駅では一考の余地がある。なお、電車線路を予備電源とするときは、電圧の変動が大きいので自動電圧調整装置の設置を検討する。

7-8 保守の方式と体制

変電所、電車線路などの設備は、最新の設備であり、出来る限りの保守省力化をはかることができる。

変電所、き電区分所等の機器の操作、事故時の情報収集や判断等は、指令員が行う。

現場の機器の保全、電車線路の検査、修繕等は、沿線に従事する保全委員が担当する。保全は、一定期間ごとに機能を確認し必要な補修を行う方法、部品を交換する方法、常時機能を監視し故障前に処置する方法、故障してから取替える方法などを組み合わせる。

保全の体制は、日本国鉄では、事故時の応急復旧に必要な人数および事故地点までの到達時間と

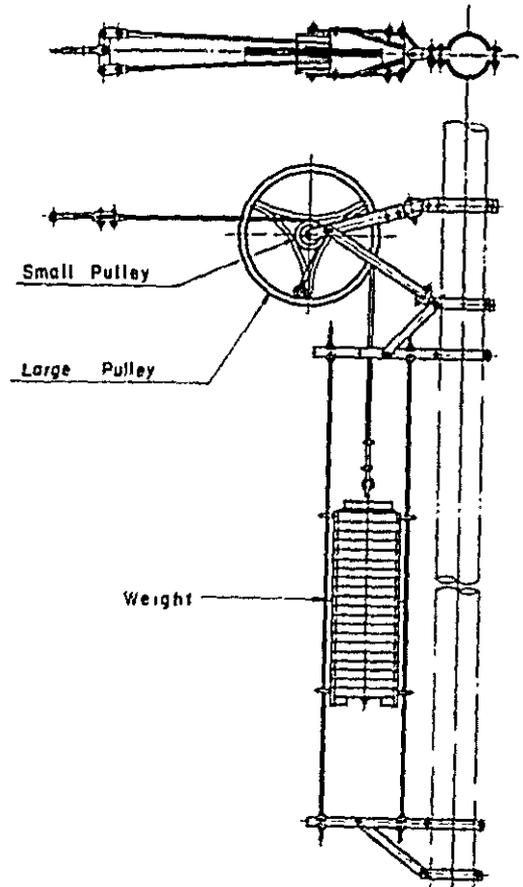


図 III-7-8 Automatic Tensioning Device

管理面とを考慮し、個々の場合について検討し決定している。本近郊鉄道においても、同様な考え方で保全の体制を考える。

8 信号通信設備

8-1 システムの概要

8-1-1 システム設計の考え方

本プロジェクトに要求される条件は、安全、正確かつ迅速に多数の旅客を輸送することである。このため信号・通信システムは、次のような点を十分に配慮したうえ、本プロジェクトに最適でしかも経済的な方式を採用する。

(1) 安全の確保

列車の安全運行を確保する機能をもった装置を導入するとともに、万一装置が故障した場合でも安全側に作動するよう、フェイルセーフの思想を盛り込んだシステム設計、機器設計、部品の選定などを行う。

(2) 輸送管理の一元化

各線区の列車の運行状況を中央制御所で把握し、正常運行の確保、ダイヤが乱れた場合の早期正常化がはかれるような設備にする。

(3) システム信頼度の向上

機器故障によるダイヤ混乱を極力少なくするため、機器の設計、製作、部品の選定などに配慮し、高信頼度の設備にする。

(4) 保守の簡易化

保守を容易にするため、点検を要する機器は可能な限り集中して設置するとともに、ユニット取替方式により故障時間の短縮をはかる。また主要設備の動作状況を監視する設備を設け、異常時に迅速な対処ができるようにする。

(5) 絶縁協調

地絡事故等により被害を受けないよう、関連設備との絶縁協調をはかる。

(6) システムの拡張性

将来の需要増加、改良計画等に対応できるよう、拡張性をもったシステムにする。

8-1-2 システムの構成

システムを構成する主要設備は、次のとおりである（図Ⅲ-8-1参照）。

(1) 運転保安設備

列車を高速、高能率かつ安全に運転するための設備で、自動列車制御装置（A.T.C.）、自動列車運転装置（A.T.O.）、継電連動装置などを含む。

(2) 指令設備

輸送を円滑かつ高能率で行うための設備で、総合列車運行管理装置（T.T.C.）、列車無線装置、指令電話装置、模写電信装置などを含む。

(3) 情報電送設備

輸送業務を遂行するために必要な各種の情報を授受するための設備で、搬送電話装置、電話交換

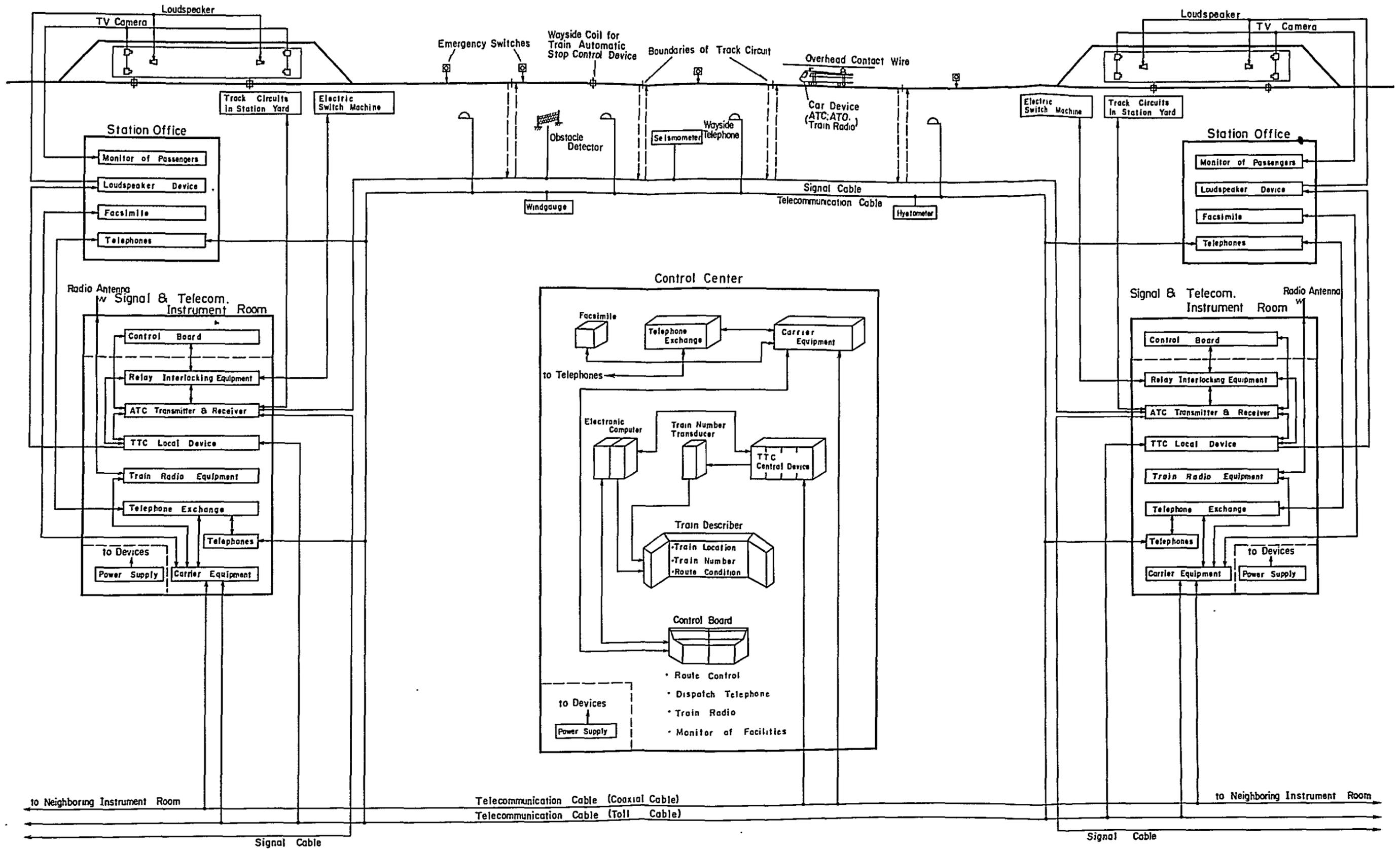


図 Ⅲ-8-1 信号通信システム構成図

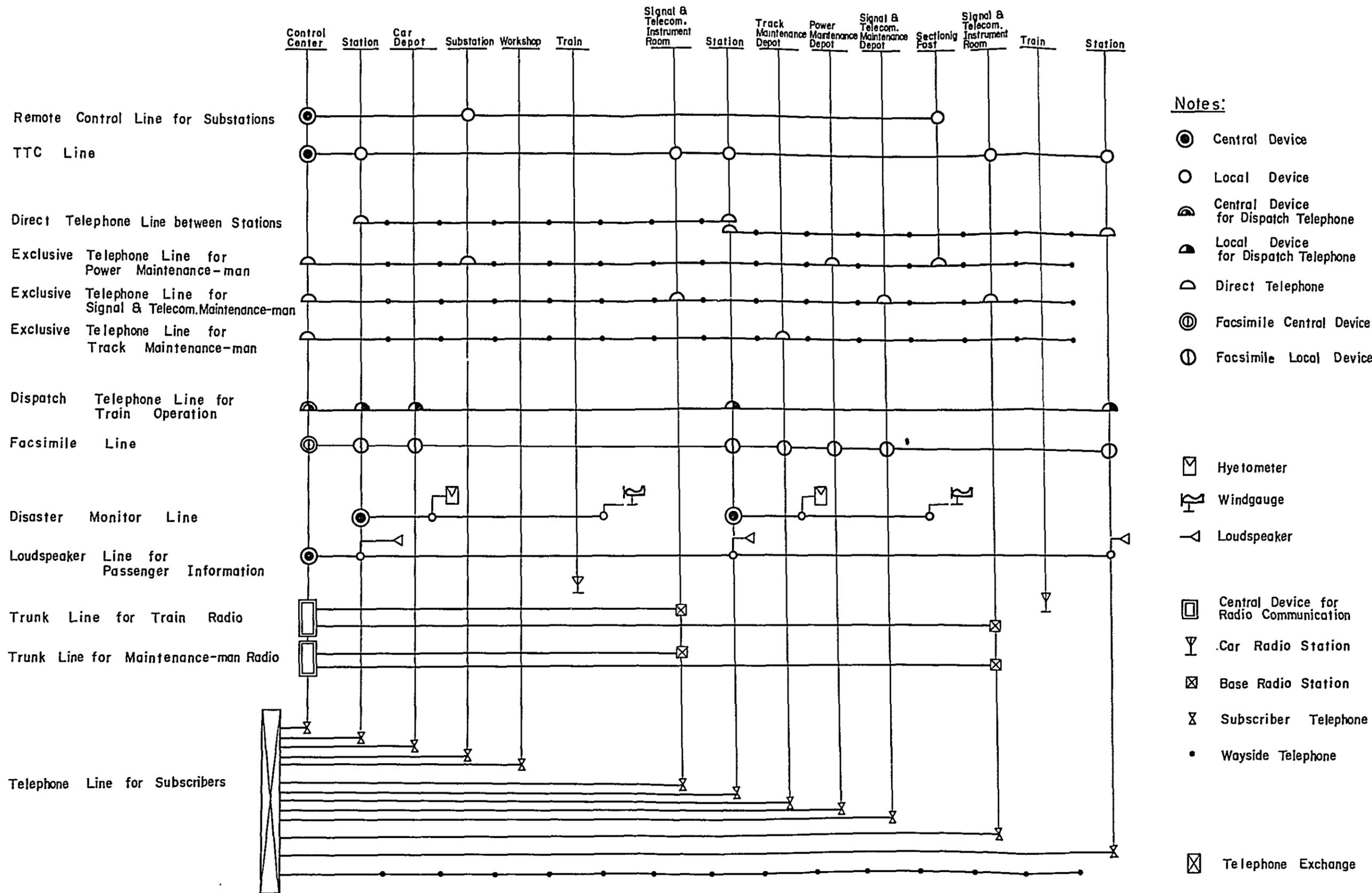


图 III-8-2 通信用线图

機などを含む。

(4) その他設備

前述各設備の機能を補うもので、臨時速度制限装置、列車非常停止装置、災害および線路支障検知装置、旅客監視装置、旅客サービス設備、沿線および構内作業者連絡設備、主要設備監視装置などを含む。

8-2 各装置の機能と概要

8-2-1 自動列車制御装置 (A.T.C.)

(1) 機能

A.T.C.は先行列車との間隔および進路の条件（運転方向、最高速度、曲線、分岐器の速度制限等）により、車内に列車の運転許容速度を示す信号を連続して現示し、その現示にしたがって列車の速度を自動的に低下させる機能を有する。

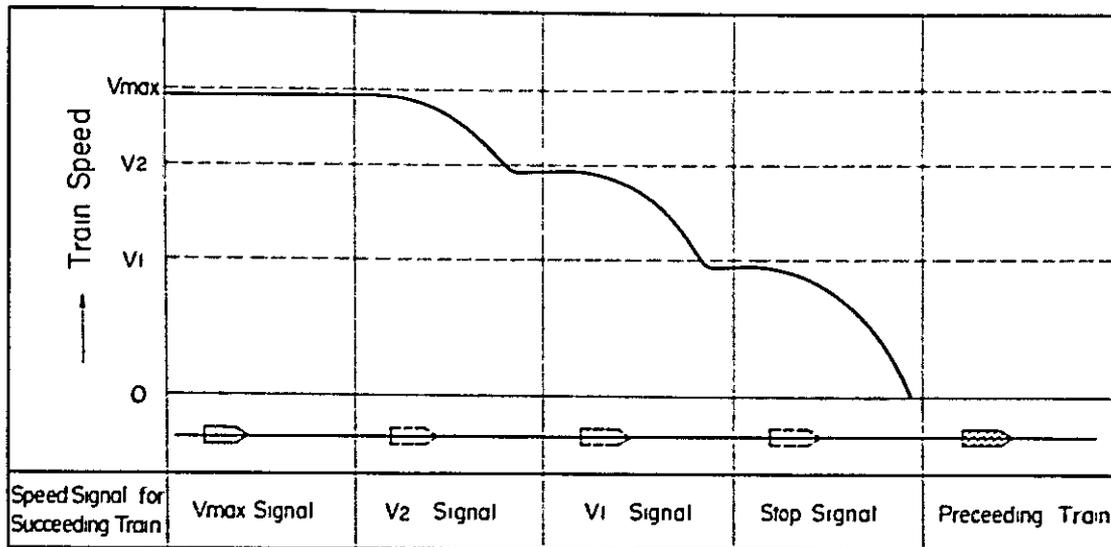
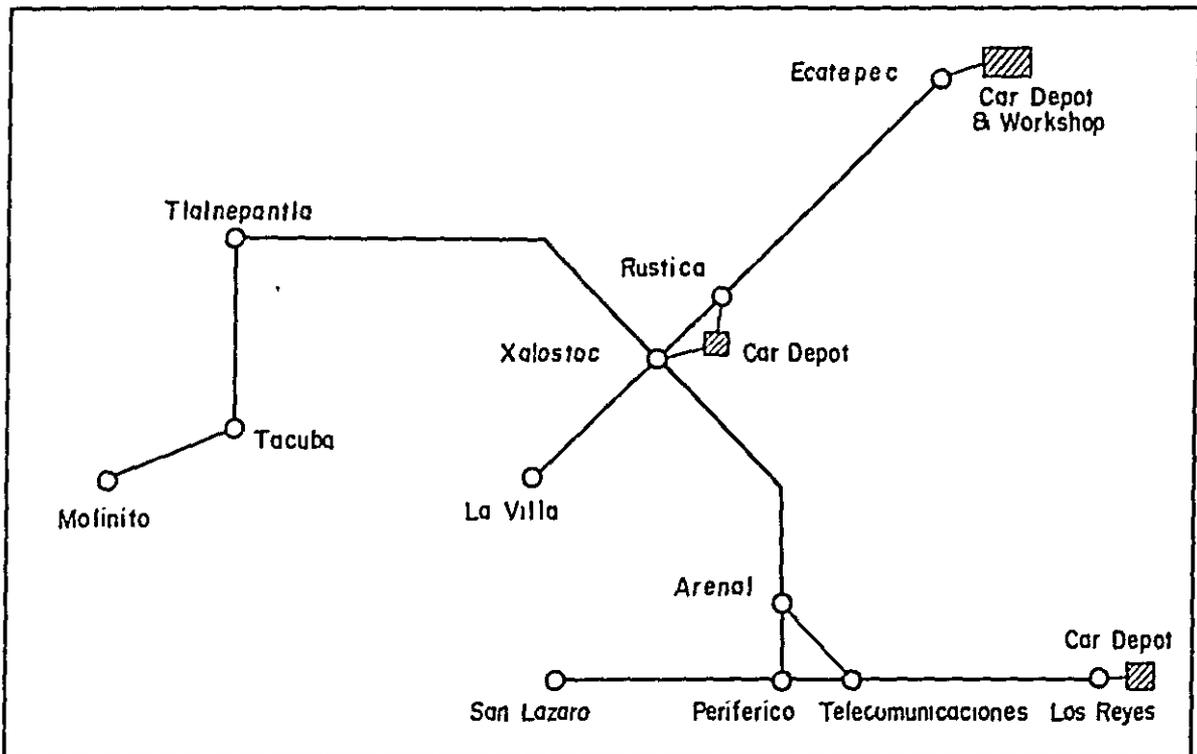


図 Ⅲ-8-3 An Example of Run-Curve by ATC Operation

(2) 列車制御情報の伝送方式

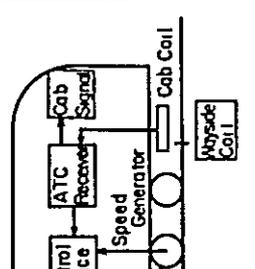
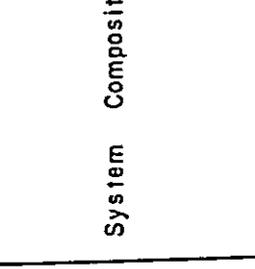
列車制御情報は、軌道をいくつものブロックに区分し、各ブロックごとに先行列車の位置および進路の条件による走行速度を決めて、速度信号電流として地上から車上に伝える。この場合いろいろな伝送方式が考えられるが、本プロジェクトでは軌道回路方式を推奨する（表Ⅲ-8-2参照）。

なお前記ブロックは、設備上での最大輸送量を限定することになり、列車がダイヤどおりに運転されている場合、先行列車による速度制限を受けることなく走行できるように区分しなければならない。したがって駅間運転曲線、駅停車時間、速度信号の種類、最大列車長、車両の加減速度、信号を受信してブレーキが動作するまでの空走時間など、基本事項を決定したうえ、ブロックの区分を行う必要がある。本プロジェクトでは当面2分30秒時間隔までの運転ができるよう、ブロックの区分をする。



Stations	Facilities													
	San Lazaro (Control Center)	Periferico	Telecomunicaciones	Los Reyes	Car Depot at Los Reyes	Arenal	Xalostoc	Car Depot at Xalostoc	La Villa	Rustica	Ecatepec	Car Depot & Workshop at Ecatepec	Tlalnepantla	Molinito
TTC Central Device	○													
Relay Interlocking Equip. & TTC Local Device	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ATC Equipment	○	○		○			○				○		○	○
Base Station for Train Radio		○		○			○				○		○	○
Telephone Exchange	○				○		○					○	○	
Coaxial Carrier Equipment	○	○			○		○					○	○	
PCM Carrier Equipment							○		○				○	○
Base Station for Maintenance-man Radio		○					○				○		○	

表Ⅲ-8-1 配置図

Item	System	Intermittent Control Principle	Continuous Control Principle (Track Circuit)	Continuous Control Principle (Transmission Line along the Track)
System Composition				
Safety	Fall Safe X Emergency Protection X	Information Capacity Δ Reaction Time to the Signal Change X	Reliability X Simplicity of Maintenance O Headway Shortening O ATO X	Disturbance to Track Maintenance Work Δ Train Detection X
Efficiency	Another devices are required Δ	Track circuits are used in common About the same	Construction Cost ATC Cab Device O ATC Wayside Device O Total System O	Another devices are required X
Reliability	Advantages in the point of maintenance and economy but inferior in the point of safety and efficiency. For this, not suitable for commuter line.	Advantages in many points and the most suitable type for this project.	This type is less advantageous. The reasons are, (1) transmission lines laid along the track hinder track maintenance work and (2) another devices are required for train detection. But, advantageous for rubber-tire transportation system where track circuit is not available.	This type is less advantageous. The reasons are, (1) transmission lines laid along the track hinder track maintenance work and (2) another devices are required for train detection. But, advantageous for rubber-tire transportation system where track circuit is not available.

Notes : X Good , Δ Better , O Best
 表Ⅲ-8-2 列車制御システムの比較

(3) 設備の概要(図Ⅲ-8-4参照)

1) 地上装置

列車の位置および進路の条件に応じて各軌道回路に流す信号電流は、表Ⅲ-8-1に示す機器室内に収容される装置により作られる。この信号電流は、最大800アンペアと想定される電車電流の影響を受けないよう、日本の新幹線で実績のある電源同期AM-SSB方式を推奨する。

軌道回路は信号電流の伝送路のほか列車位置検知にも用いられ、機器室と各軌道回路とはアルミ被信号ケーブルにより結ばれ、信号電流の送受が行われる。

2) 車上装置

軌道に流れる信号電流は受電器でピックアップされ、車上受信部で解説されて車内信号機に現示されるとともに、列車速度が信号現示速度より高い場合には、減速のためにブレーキ指令が出される。また停止信号の場合は、進行を指示する信号に変わるまでブレーキはゆるまない。

A.T.C.装置が故障したり、車両基地・工場内で運転する場合は、車内のスイッチを操作することにより最高速度を20~30km/時に抑制したうえ、運転士の注意力で行う。

8-2-2 自動列車運転装置(A.T.O.)

(1) 機能

A.T.O.はドアが閉じた条件により列車は自動的に起動し、A.T.C.の制限速度内で自動運転を行い、プラットフォームの所定位置に自動的に停止する機能を有する。

(2) 装置の概要

A.T.O.は、車上に加速、定速度運転、定位置停止などの機能をもった装置を搭載し、運転士が操作しなくても列車運転が自動的に行えるようにしたもので、詳細については第9章に述べてある。なお定位置停止制御情報を車上に与えるため、地上の必要箇所に地上子を設置する。

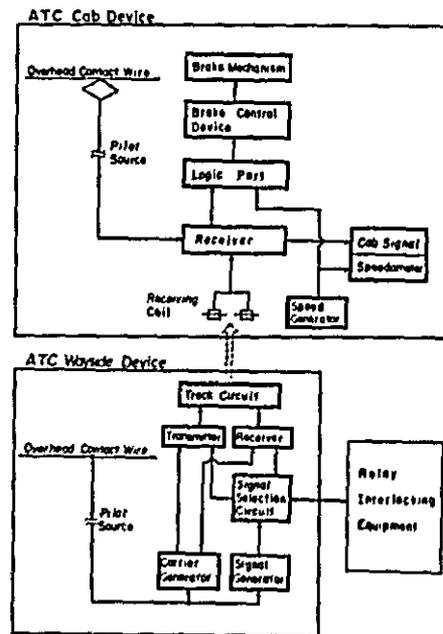
8-2-3 継電連動装置

(1) 機能

分岐器のある駅構内では、転てつ機を転換して進路を構成した後鎖錠し、さらにその進路が他の列車または車両に占有されていないことを確認したうえ、列車にその進路に進入する許可を与える。このように継電連動装置は関連機器相互間に継電器を使用した電気回路により連鎖をほどこし、安全運転を確保する機能を有する。

(2) 装置の概要

この装置は、進路構成の取扱いをする制御盤、関連機器の鎖錠あるいは連鎖を行う継電器群、分



図Ⅲ-8-4 Block Diagram of A. T. C. Equipment

岐器を転換する電気転てつ機、列車検知をする軌道回路、各機器を接続する信号ケーブル等で構成されている。なお車両基地および工場内では運転士による注意運転を行うため、前記のほか地上信号機の設置を必要とする。また軌道回路はA.T.C.信号の伝送路としても使用される。

各駅の進路構成は通常T.T.C.(後述)により行われるが、異常時等必要な場合は各駅で制御出来る。但し車両基地内は常時現地に置かれた制御盤により、取扱いを行う。

8-2-4 総合列車運行管理装置(T.T.C.)

(1) 機能

T T Cは全線の列車の位置を中央制御所に表示するとともに各駅の進路制御や発車時刻の指示をセンターから行えるようにして、正常な運行の確保および異常時に迅速適確な処理を行って、早期に正常化をはかれる機能をもつ。

(2) 装置の概要

San Lazaroの中央制御所に制御盤および表示盤を設ける。制御盤には、各駅の進路を設定するためのこや自動および手動操作の切換スイッチ等が設けられる。また表示盤には全線の線路配線略図が描かれ、列車の存在する軌道回路、列車番号、進路の状況、転てつ器の開通方向等が、ランプにより表示される。

センターと各機器室には、制御および表示情報を授受する装置を設けるが、通勤鉄道では情報量が多いため、2,000ボート以上の高速で伝送することが要求される。また伝送にあたり各情報は、信頼度の高いペアパルスコードにデジタル変換される。

制御盤の操作は通常コンピューターにより自動的に行われ、発車時刻の表示、発車指示、遅延時分の表示、列車の運行記録等も同様に行われる。ダイヤが乱れたり、コンピューターが故障した場合は、指令員が操作する。

8-2-5 列車無線装置

(1) 機能

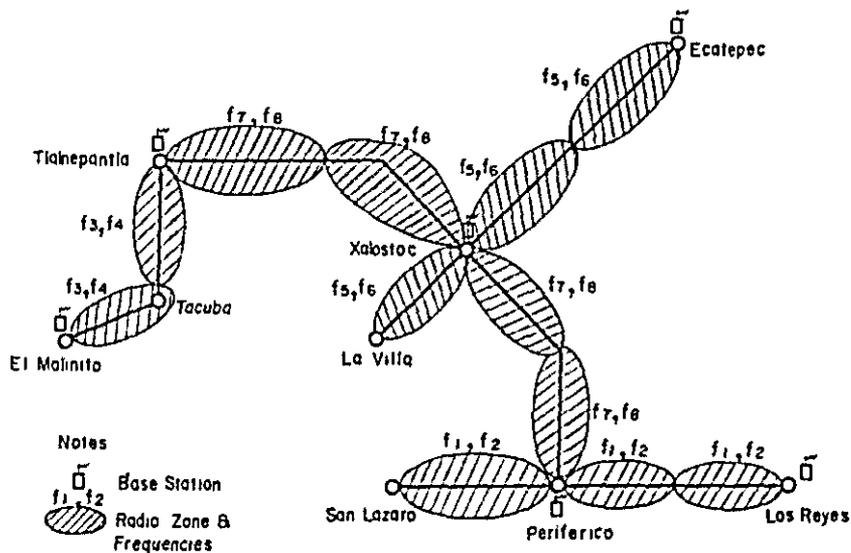
列車無線装置は列車の運行変更、事故発生等必要なとき、センターの指令員と運転士とが直接通話して情報の授受を行える機能を有する。

(2) 装置の概要

列車無線の方式としては、トロリー線あるいは沿線に伸張した電線と車上のアンテナとを密結合させる誘導無線方式と、V H FまたはU H Fの電波を利用する空間波無線方式とに大別される。前者は交流電化区間では雑音が多くて使用に耐えないため、本プロジェクトでは後者を使用する。また周波数帯は、使用電波の確保、不感地域の減少、装置の小形化等の観点から400MHz帯とする。

使用電波は各路線ごとに2波を割合て、トラフィックの競合を避ける。また通話方式は、指令員は同時送受話、運転士はプレストークの半復信方式とし、指令員は列車番号で所定の列車を呼出し、運転士は送受話器を取上げることにより指令台に呼出し信号が出る設備とする。

基地局は図Ⅲ-8-5に示す場所に設けて全線区にわたり通話を可能とするが、詳細には電界強度測定を行って基地局の位置を決定する必要がある。なお地形上電波が届きにくい箇所については、漏洩同軸ケーブル、ブースター等を使用して弱電界対策をほどこす。但し、1・4号線の連絡トンネルは回送運転のみであるので、弱電界対策は行わない。



図Ⅲ-8-5 Location of Base Stations for Train Radio

なお使用する電波は、混信のおそれがないよう、専用の波長を確保しておく必要がある。

8-2-6 指令電話装置および模写電信装置

(1) 機能

指令電話および模写電信は列車の運行変更、事故発生、保守作業など必要なときに、指令員と駅、保守機関等の職員とが直接情報の授受を行える機能を有する。

(2) 装置の概要

1) 指令電話装置

センターの親電話と各業務機関の子電話とは、交換機を介さないで直通回線で結ばれており、緊急時に対応できる。呼出しは周波数選別式で、個別および一斉呼出しが可能である。

2) 模写電信装置

情報を文書または図面で授受する場合に使用される装置で、写真伝送装置の簡易形である。

8-2-7 搬送電話装置

(1) 機能

2つの地域にそれぞれ多数の加入者がいて相互に通話する場合には、網の目のように複雑でしかも膨大な回線が必要となる。これを単純化するために地域内相互の通話は次節で述べる電話交換器を、地域間には搬送電話装置を使用する。

搬送電話装置は、実回線数を節約するため多重電送を行う機能を有する。

(2) 伝送路

鉄道業務で使用する各種情報は沿線いたるところで発生するが、伝送面からは近距離用と長距離用とに大別できる。前者をローカル回線、後者を基幹回線と称すると、伝送路として種々の方式が考えられる。表Ⅲ-8-3はそれらのうち代表的な3方式の比較をしたもので、本プロジェクトでは将来計画を考慮して、ローカル回線には市外ケーブルを、基幹回線には同軸ケーブルを使用することを推奨する。

(3) 装置の概要

ローカル回線は実回線を主体とし、中間駅相互間および中間駅と主要駅間にはPCM搬送回線を

表 III-8-3 情報伝送路比較表

Item	System	Coaxial Cable + Toll Cable	Composite Coaxial Cable	UHF Radio + Toll Cable
System Composition				
Channel Classification	Main Station - Main Station	Coaxial Cable	Coaxial Carrier Channel	UHF Radio
	Local Station - Local Station	Toll Cable	PCM Carrier Channel	Toll Cable
	Main Station - Local Station	Coaxial Cable	Coaxial Carrier Channel	UHF Radio Channel
Others		Voice Channel	PCM Carrier Channel	Voice Channel
Channel Capacity		○	△	X
Simplicity of Maintenance		○	○	△
Simplicity of Construction Works		○	X	△
Reliability		○	X	△
Channel Increase		About the same		
Line Extension		△	X	○
Transmission Hindrance		○	○	X
Construction Cost		X	△	○
Estimation		The construction cost becomes rather high but stabilized transmission can be expected. The most suitable type for this project.	Execution of cable-blanching works is rather complicated and reliability can possibly be lowered.	Not recommended in metropolitan areas because UHF system requires an exclusive use of certain frequency ranges and there is a large possibility of its propagation routes being hindered

Notes : X Good , △ Better , ○ Best

付加する。PCM搬送装置は30チャンネル用とし、約2km間隔に中継器をそう入する。市外ケーブルは全沿線にわたって敷設する。

基幹回線は主要駅間の中継回線を構成するもので、120チャンネル用の同軸搬送装置を使用し、中継器間隔は約12kmとする。同軸ケーブルは、1・4号線の全線および3号線のXalostoc・Ecatepec間に敷設する。

8-2-8 電話交換機

(1) 機能

電話交換機は、ある交換加入者が他の加入者を呼出す場合、呼に応じて自動的に相手の回線を選択して接続し、先方を呼出す機能を有する。

また異なった交換機の加入者も同様に呼出すことができる。

(2) 装置の概要

交換機としては継電器を使用したクロスバー方式が普及しているが、近年継電器の代わりに半導体を利用した電子交換機が発達してきた。これは継電器のように可動接点部がなく、信頼度が向上し保守の簡素化がはかれるほか、処理速度のはやいデータ伝送ができる、サービス機能の追加や変更が容易である、装置が小形になり床面積が少なくてすむ、新設・増設工事が容易である、騒音が出ないなどメリットが非常に大きい。そのため、初期投資はやや多くなるが、本プロジェクトには電子交換機を推奨する。

交換機は表Ⅲ-8-1に示す個所に300回線用のものを設置する。

電話機は押印式を使用し、各業務機関に配置する。

なお電話番号計画、中継回線構成等については、全体計画を十分考慮したうえ策定しなければならない。

8-2-9 臨時速度制限装置

災害、改良工事、保守作業などにより、一時的に徐行運転が必要なことがある。こうした場合に当該区間を走行できる最高速度を徐行速度まで低下させるための設備で、A.T.C.に制御盤および付属回路が付加される。

8-2-10 列車非常停止装置

沿線作業者がレール破損、線路上の障害物などを発見して、列車を急停止させる場合に使用する。沿線約100米ごとにスイッチを設け、この操作によりA.T.C.停止信号を関係軌道回路に流す。

8-2-11 災害および線路支障検知装置

(1) 風速および雨量監視装置

強風および大雨の場合は運転休止、速度制限などをする必要がある。このため必要個所に風速計、雨量計を設置し、設定値を超えた場合はセンターに警報を出す。

(2) 地震感知装置

大きな地震の場合は直ちに列車を止める必要がある。このため必要個所に感震器を設置し、設定値を超えたときはA.T.C.に停止信号を流す。

(3) 落石検知装置

地形上岩石、自動車などが線路上に落下するおそれがある個所には検知線を張り、断線したとき

にはA.T.C.に停止信号を流す。

8-2-12 旅客監視装置

プラットフォーム、出改札口などでの旅客の状態を監視するため、主要個所にカメラを、駅事務室に受像機を設置する。

8-2-13 旅客サービス設備

(1) 案内放送装置

列車の発車、到着、番線、接近、行先等を放送する設備で、通常の放送内容はテープに吹き込まれ、T.T.C.により自動制御される。また必要により駅職員、指令員などが放送することもできる。

(2) 時計

必要個所に電気時計を設置する。

8-2-14 沿線および構内作業用連絡設備

(1) 沿線電話機

沿線で作業する従事員が情報連絡するために使用する設備で、約500米ごとに設置する。これには交換加入、運転専用、電力専用、信・通専用、保線専用等の回線を収容し、必要な回線に切替えて使用する。

(2) 沿線従事者用無線機

沿線を移動しながら作業する従事者相互間または指令者と沿線従事者との間で、情報授受のために使用される。基地局は表Ⅲ-8-1に示す場所に設ける。

(3) 構内作業用無線機

車両基地および工場内で車両の入換を行う場合に、操車掛、信号掛および運転士が相互に連絡を行うためのものである。

8-2-15 主要設備監視装置

センター指令台に主要設備の動作状況を表示し、異常を早期に発見して迅速に対処できるようにする。現場からの情報はT.T.C.の伝送装置を利用してセンターに送る。

8-2-16 その他

(1) 機器室

機器室は防塵および防湿に留意する。

機器室には信号・通信の機器をできる限り集中して設置し保守作業、事故復旧等に便ならしめる。

(2) 電源

電力設備から供給される交流電源をベースとするが、重要設備は蓄電池も併用する。

(3) 電線路

信号および通信ケーブルは、誘導障害防止のため金属被ケーブルを使用し、原則として駅中間は地下埋設、駅構内はトラフに収容する。

(4) 火災警報装置および自動消火装置

中央制御所など重要な建物に設備する。

8-3 交流電化に伴う誘導障害とその対策

8-3-1 誘導障害

交流電化区間において電車線路と通信線路が並行している箇所には、両線路間の静電容量結合により通信線路に電圧が誘起される静電誘導、および電車線路に流れる電流と大地漏えい電流との差により、通信線路に電圧が誘起される電磁誘導との二つの現象が発生する。これらの誘導電圧は、雑音となって通話不能や機器の誤動作を招いたり、危険電圧となって感電事故や機器焼損に結びついたりするので、十分な対策を講ずることが必要である。

静電誘導による障害は、遮へいケーブルでは発生せず、影響の大きい裸線は通常電磁誘導対策を兼ねてケーブル化するため、あまり問題はない。

電磁誘導には、電車線地絡時の事故電流による異常時誘導電圧、電車電流による常時誘導電圧、変電所や電車から発生する高調波成分による誘導雑音電圧がある。CCITT勧告では、人体および機器の保護のため異常時誘導電圧は430V以下、常時誘導電圧は60V以下と定めている。また通話品質上から誘導雑音電圧は、人間の耳の感度と電話機の感度とを考えた評価係数によって高調波電圧を評価し、それらの2乗の和の平方根が1mV（裸線では2.5mV）以下と定めている。なお常時誘導電圧は、交換機の誤動作防止のため機器の性能に見合った限度値をとる必要がある。

8-3-2 対策

誘導電圧をできるだけ少なくするため起誘導側では、き電回路にAT方式を使用してレールから大地に漏れる大地帰路電流を減少させたり、車両にフィルターを設置して高調波成分を減少させるなどの対策を施す。

被誘導側では誘導電圧の予測計算を行い、前記限度値を超えた通信線路は改修することになるが、公衆通信回線など鉄道部外の設備は、当該機関が改修工事を行い、鉄道が経費を負担するのが通例である。

予測計算のためには、鉄道と通信線路との相対位置、通信線路の種別・敷設状態、交換機等使用機器の性能、大地導電率、き電系統、負荷電流、事故電流など膨大なデータが必要であり、また計算そのものも複雑でコンピューターを使用して処理する必要がある。

改修方法としては、アルミのような金属被ケーブルを使用する、ケーブルを金属管路に収容する、中継線輪をそう入して回線を分割したり回線平衡度の向上をはかるなどがある。本プロジェクトでは、主として沿線約500米以内にある公衆通信回線（主としてケーブル）およびメキシコ国鉄通信回線（主として裸線）について対策を検討する必要がある。

日本における経験から大まかな計算を行い、前記各設備に最大対策費を計上したものをA案、最小対策費を計上したものをB案とした。

8-4 設備保守の考え方

信号・通信の設備は全区間にわたって存在し、しかもそれら個々の設備が、大量輸送を安全、正確かつ迅速に行う目的をもってシステムとして構成されている。したがって、これらが正常な機能を果たすためには、個々の設備の管理とともにシステムとしての管理が必要である。

保守に従事する職員には、システムの構成、各機器の動作原理、点検方法、故障復旧方法など、理論の教育とともに実地訓練を十分に行うことが必要である。また設備台帳、保守マニュアルなどの整備も不可欠である。

8-4-1 指令（システムの管理）

中央制御所に常駐し、全システムの機能の維持、監視、異常時の復旧手配、事故復旧、保守作業、改良工事等システムの定態に影響をおよぼす作業の統制などの業務を行う。このため運転指令、電力指令などとは常時密接な連絡を保つ必要がある。

指令員は業務遂行のため、特に技術力の向上、設備実態の把握、図面、資料類の整備等に努めねばならない。

8-4-2 現業機関（個々の設備の管理）

設備の点検、故障の修復、小規模な改良工事などを行うための組織で、要員数、拠点などは設備管理方式、故障復旧時間（最大目標値）などから定められる。

設備はメンテナンスフリーを目標として作られるので、大部分の機器は日常点検を省略し、継電器、スイッチ、トランス、ルール絶縁などのように周期的に機器を交換する寿命管理方式と、電子回路を使用した機器のように設定値を割ったら警報表示により修理する限界値管理方式とを併用して行うことが望ましい。なお給油（転てつ機など）、給水（蓄電池など）、目視検査（ルール、ボンドなど）、総合機能検査（継電運動装置など）を必要とする一部のものについては、個々に検査方式を検討しなければならない。

9 車 両

メキシコ側で計画している近郊鉄道の目的が都市圏交通の緩和をはかることであるため、直接の輸送手段としての車両はその目的に那样大量輸送に適した性能および構造を持ったものでなければならない。また車両は鉄道諸設備の中でも直接に乗客と接するものであるだけに、魅力あるものでなければならない。すなわちスムーズな加速や減速、振動や騒音が少なく、また車内は明るく快適で乗心地がよいことが必要である。外観もスマートでメキシコ市街の美観とマッチした色彩も望まれよう。

一方鉄道運営面から見れば運転取扱いが容易で保守に手がかゝらず、かつ経済的なものが要求される。信頼性の高いものであることはいうまでもない。

われわれは、これら多くの要求に対して検討を加え、これまでの多くの経験と実績をもとに車両の基本性能および構造の案を作成した。以下これらについてのべる。

9-1 所要性能と車両編成

9-1-1 加・減速度と電動車・付随車比率

車両編成の最も基本的な要素として、電動車と付随車の比率を求める必要があるが、これは車両性能として要求される加速度および減速度と深い関係がある。

車両の駆動力は、電動車駆動軸の車輪とレール間の粘着力によって得られるが、この粘着力は一般に次式で示される粘着係数によって支配され、空転や滑走がなく安定して車両が走行できるためには、車両の駆動力を粘着係数から定まる値以下になるように選定しなければならない。

$$\mu = \frac{F}{10W} \quad (\%)$$

μ : 車輪とレール間の粘着係数

F : 電動車の駆動力 Kg

W : 電動車の重量 t

さて、車両の編成と車両重量および加速度の関係は次の式で表わされる。

$$\alpha = \frac{F - r(\alpha W_M + bW_T)}{108(\alpha W_M + bW_T)}$$

また一方

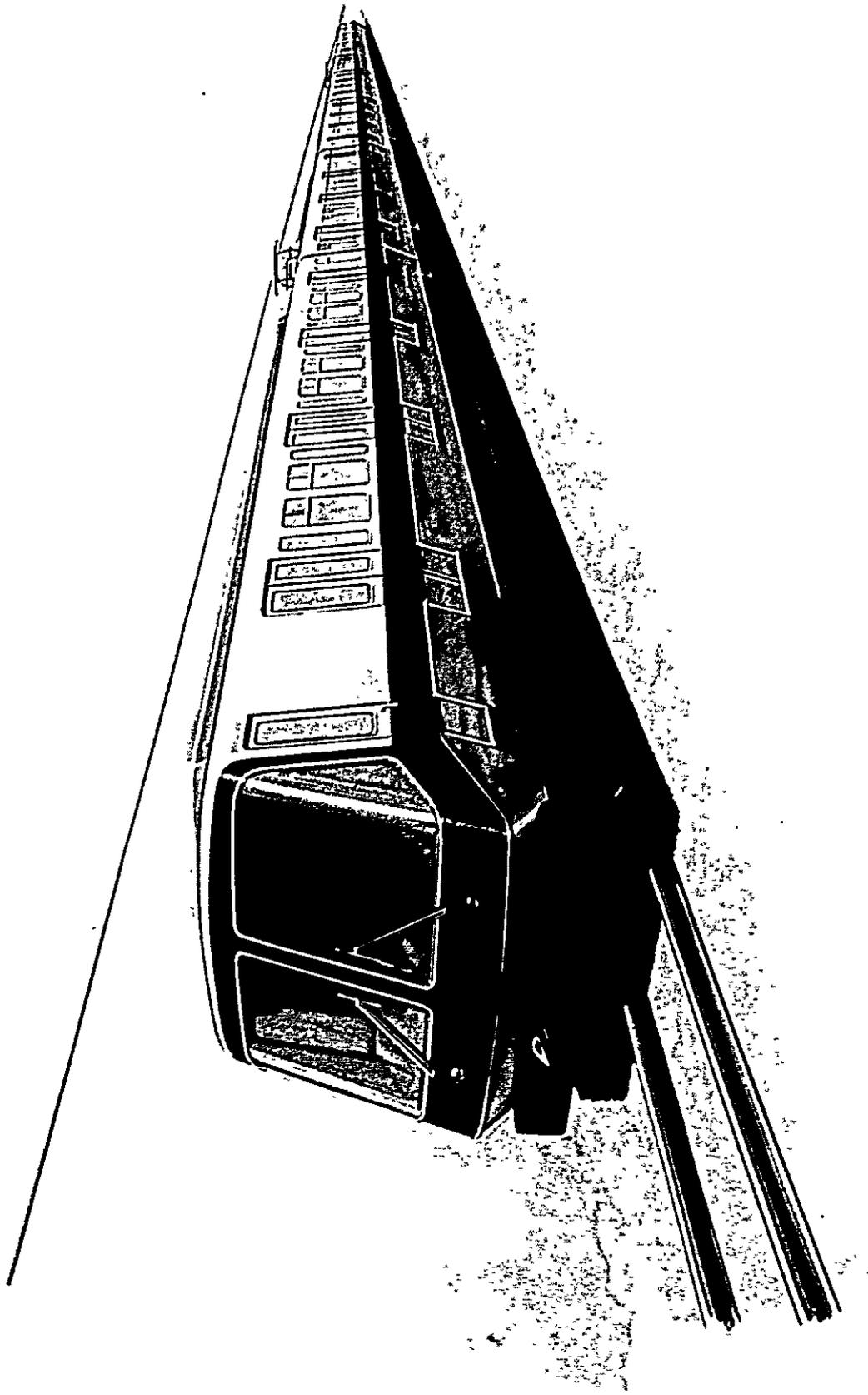
$$\mu = \frac{F}{10 \cdot \alpha \cdot W_M}$$

である。

こゝに α : 加 速 度 m/sec^2

F : 電動車の引張力 Kg

α : 電動車の数



Multiple-Unit Electric Train set of Suburban Railways in Mexico City

W_M	:	電動車の重量	t
b	:	付随車の数	
W_T	:	付随車の重量	t
r	:	走行抵抗	Kg/t
μ	:	粘着係数	%

上記の式から

$$\mu = \frac{1}{10} (108 \cdot \alpha + r) \left(1 + \frac{b}{a} \times \frac{W_T}{W_M} \right)$$

が得られる。

この式から加速度をパラメータとして、
 電動車と付随車の比率と必要粘着係数の関
 係を画くと図Ⅲ-9-1のとおりとなる。
 なお、こゝでは電動車の重量を67t(空
 車45t+乗客22t)、付随車の重量を
 57t(空車35t+乗客22t)とした。

このグラフの横軸の0は付随車が0、す
 なわち全電動車編成を示し、0.5は付随車
 の数が電動車の1/2、1は電動車と付随
 車の数が等しいことを示す。

メキシコ原案は車両性能の基本事項とし
 て、加速度は1.0 m/s²を要求している。
 図Ⅲ-9-1からこの加速度を出すための
 必要車両編成は粘着係数がどの程度期待で
 けるかによって大巾に変わってくる。もし粘
 着係数が30%が期待できれば、電動車1

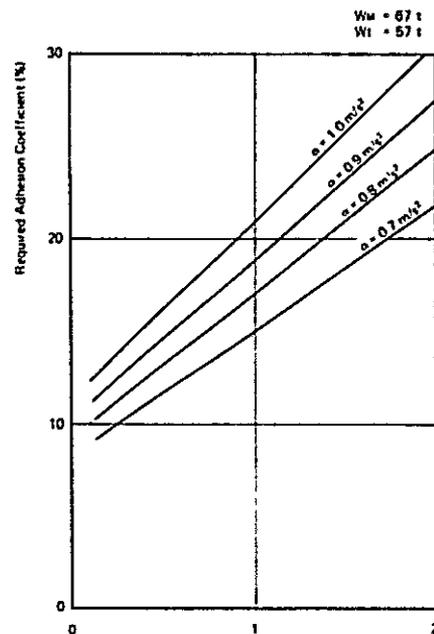
両で付随車2両をけん引することが可能で非常に経済的である。また μ が11%程度であれば全電
 動車の編成にする必要があることを示している。したがって粘着係数をどの程度に選定するかが重
 要な問題となるが、これは理論的に求めることはむずかしく、天候やレール面の状況によって非常
 に変化し、また車両の制御システムに対しても異なってくる。

日本では長期間にわたってこの問題を研究し、長い経験によって電車列車の場合には粘着係数を
 15~16%以下に選定するのが最も合理的との結論を得ている。したがって電動車と付随車の比
 率は2:1が望ましい編成となる。

なお、減速度は、電動車のほか付随車にもブレーキ力が得られること、および走行抵抗がブレー
 キ力として作用することから所要減速度を1.0 m/s²とすれば期待粘着係数は加速時よりも少なく
 てよいことになる。

9-1-2 車両編成の構成方法について

(1) 編成単位の構成



図Ⅲ-9-1 Ratio of number of trailers to that of motored cars (b/a)

車両編成は1項の検討によって電動車と付随車の比率を2:1とするのが望ましいことがわかったが、これを3両を1単位として2MIT(Mは電動車、Tは付随車)としたとき、編成の方法としては次の2案が考えられる。

1) MTM'方式

3両の中間に付随車を、両側に電動車を配置して、構成する方法である。

中間の付随車にはパンタグラフ、変圧器、整流器など電動車に供給する電源装置を搭載し、この3両を電氣的に接続して全く永久連結的に固定化して構成する。この方法の特長としては電動車および付随車の軸重のバランスがとりやすいことがあげられるが、次の方式の方が多くの点においてすぐれている。

2) MM'T方式

車両の電気機器はすべてMとM'車に搭載して、電氣的にはこの2両を永久連結として1単位とし、付随車のTは機械ブレーキ装置のみ取り付け全くの被けん引車として構成する方法である。

この方式は、1)項の方式に対してMおよびM'車とT車の間で重量の差は生じるが、粘着性能がよくて空転・滑走が生じにくいこと、車両間の主回路電線つながりが簡単となること、したがって車両の連結、開放の取扱いが容易となること、またT車の連結位置の自由性が増加すること、このため車両運用上便利であることなどの利点がある。

したがって車両の基本編成の単位としてはMM'T方式を推奨する。

(2) 車両編成の構成

列車一編成の車両数は、別項にのべているとおり、最少6両から最高12両となる。

編成を構成する場合に注意すべきことは、車両の種類をできるだけ少なくすることである。6両を例にとって考えると次の4種類の案が考えられる。

- a) TcMM'MM'Tc
- b) TcMM'TMMc'
- c) McM'TMM'Tc
- d) McM'TTMMc'

但し、suffixのcは運転台付制御車両を示す。

車両の種類としてはa)案が3種類、b)、c)およびd)は5種類でありa)案が有利である。また先頭車は運転台付制御車両となり、自動運転を行う場合には付加機器も多くなるため、電動車でない方が望ましいことも考えられるのでa)案が望ましい。

以上のことから、車両の編成は次のとおりとする。

- 6両のとき TcMM'MM'Tc
- 9両のとき TcMM'TMM'MM'Tc
- 12両のとき TcMM'TMM'TMM'MM'Tc

注) Tの位置はMM'を単位として、この前後ならばどこでもよい。

9-1-3 所要出力と車両性能

(1) 所要出力算出の条件

メキシコ原案をベースとし次の条件をもとにモデル的に検討した。

- | | |
|-----------|----------------------------------------------------|
| 1) 平均駅間距離 | 2.6 Km |
| 2) 加・減速度 | 1.0 m/s ² |
| 3) 期間平均速度 | 6.0 Km/h |
| 4) 最高速度 | 11.0 Km/h |
| 5) 車両重量 | 電動車：空車 4.5 t + 乗客 2.2 t
付随車：空車 3.5 t + 乗客 2.2 t |
| 6) 車両編成 | Tc MM' MM' Tc |
| 7) 最急こう配 | 3.0% |

(2) 所要出力の算出

車両の出力、定格速度を種々に変化させ、運転時分、主電動機の[※]RMS電流を電子計算機により計算した結果、主電動機1個あたりの所要出力は180KW、定格速度は6.0Km/hと選定するのが最も妥当との結論を得た。

注) RMS電流の意味

電気車両がある区間を走行する場合、主電動機に流れる電流は時間とともに大きく変化する。すなわち加速時には大きな電流が流れるが、速度の上昇とともに次第に減少し、ある一定距離走行後はオフされて惰行で走行する。またブレーキとして電気ブレーキを使用する場合には大きな電流が流れる。このように時間とともに大きく変化する電流によって主電動機の温度は複雑に上昇するか、これを等価な一定電流におきかえた電流値をR.M.S (Root Mean Square) 電流といふ、次の式で表わす。

$$I_{R.M.S} = \sqrt{\frac{\int i^2 dt}{T}}$$

i : 瞬時の主電動機電流値

T : 運転全時間

計画した主電動機の特性を図Ⅲ-9-2に、電車特性を図Ⅲ-9-3に、運転走行曲線を図Ⅲ-9-4に示す。

図Ⅲ-9-4から、駅間距離が2.6Kmの時、速度8.0Km/hで惰行に移れば運転時分は147.3秒、平均速度は6.35Km/hとなる。

また、駅間距離が5Km程度と長い区間の運転性能曲線は図Ⅲ-9-5のようになり、最高速度は11.0Km/hが可能である。

なお、付図Ⅲ-5-1に示す具体的な路線についても電子計算機で計算した結果、所要出力として妥当であることを確認した。

また、編成中の電動車1ユニットが故障することも考えられ、最悪の場合には3.0%の上りこう配上で停車することもありうる。列車密度の高い近郊鉄道ではこのような場合でも列車ダイヤを乱さないよう走行できるのが望ましいが、検討結果、性能は低下するが、走行は可能である。

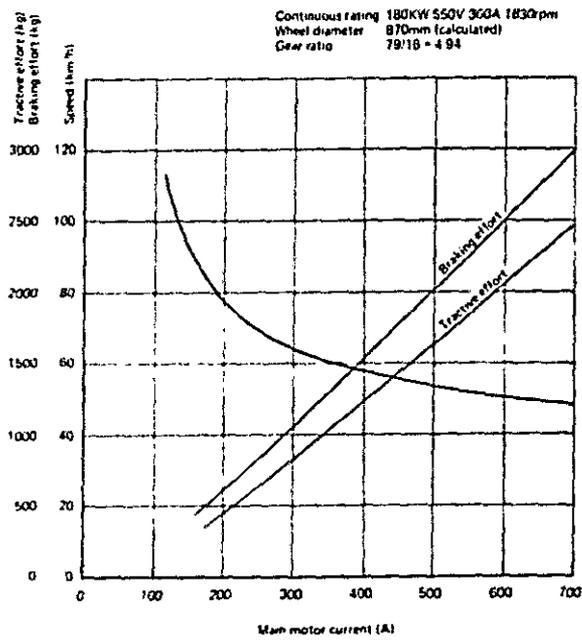


图 III - 9 - 2 Main Motor Performance Characteristics Curves

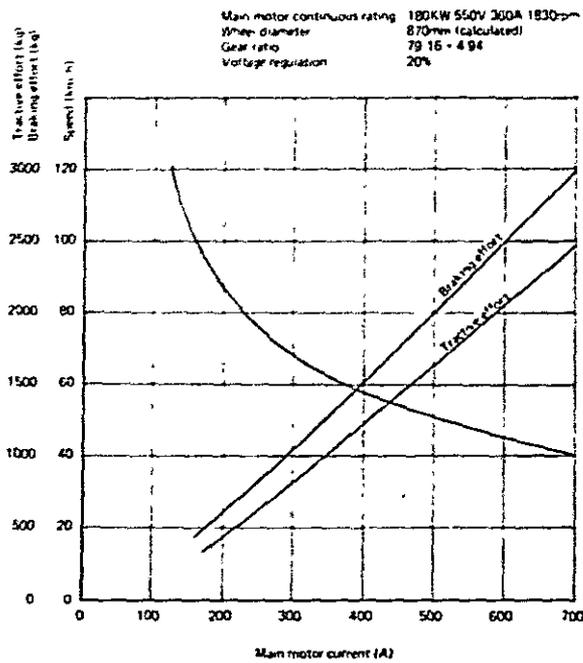


图 III - 9 - 3 Electric Car Performance Characteristics Curves

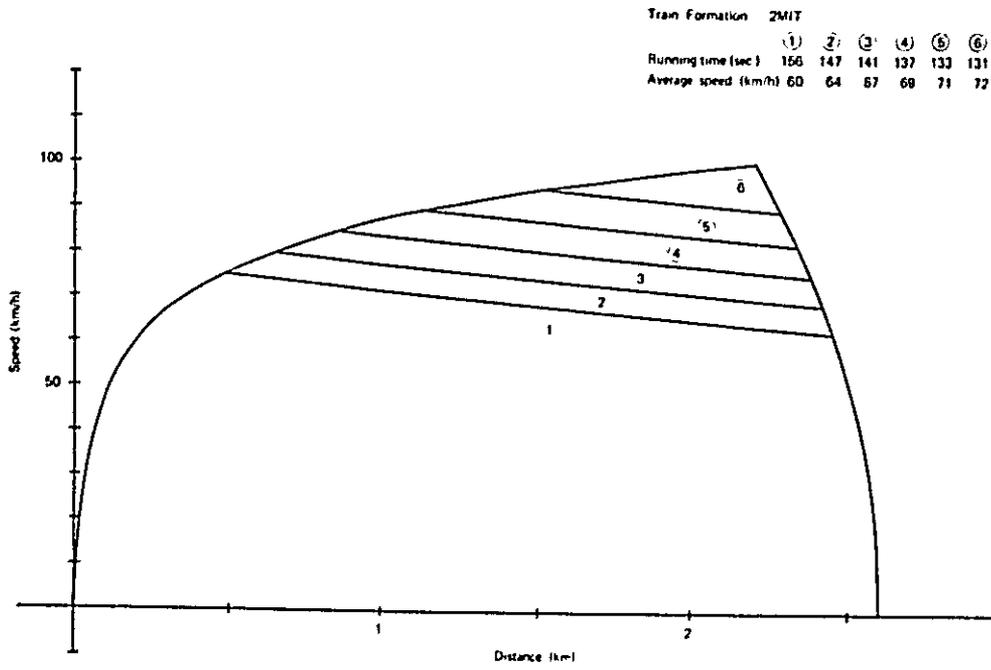


图 III-9-4 Train Running Curves

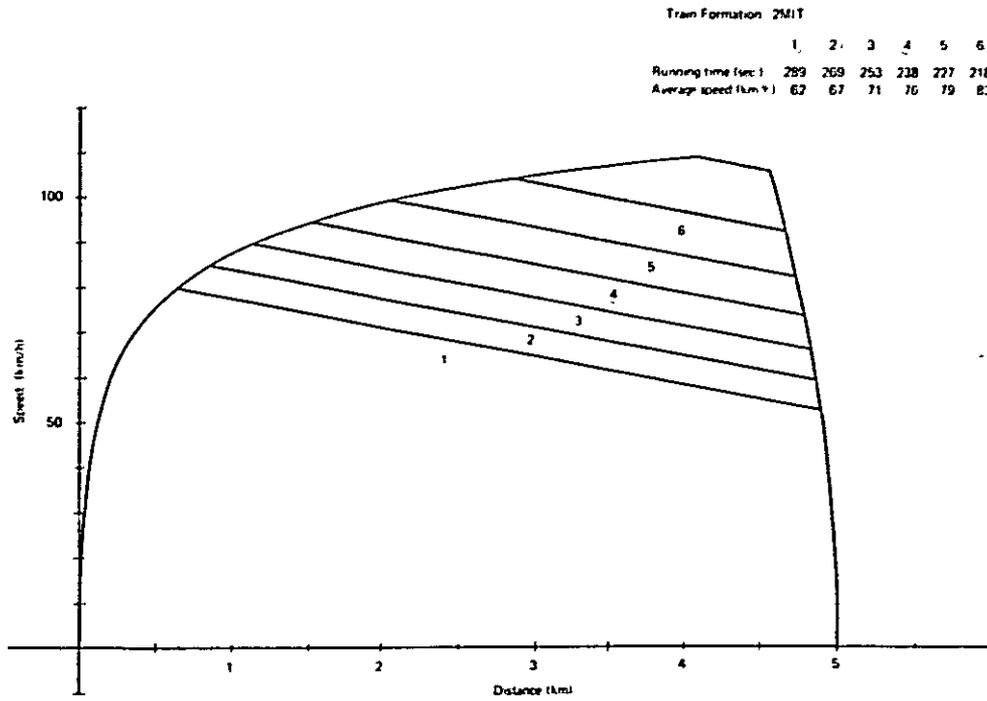


图 III-9-5 Train Running Curves

9-2 車両の基本構造

9-2-1 車両限界

この電車は交流電車として計画するものであるが、メキシコ原案の車両形式図をベースとして作成した車両限界図を付図Ⅲ-9-1に示す。台車に対する下部限界は近郊鉄道が将来延長されて現国鉄と連絡されることを考慮してAARの基準を準用した。またパンタグラフ限界は、パンタグラフの折たたみの高さ限界を付加して画いたものである。

9-2-2 車体構成

(1) 車両の基本レイアウト

車両の種類は、

Tc : 運転台付付随車

M : 中間電動車

M' : 中間電動車(パンタグラフ付)

T : 中間付随車

の4種類となる。

車体レイアウトの基本的考え方としては、車種の数4種類となるが、車体構成の基本は全く同一として極力設計・製作の標準化をはかることである。このために中間電動車Mをベースとして、M'車にはパンタグラフを付加することで考え、中間付随車Tは車体構成としては全く同じとする。運転台付のTc車は、M車の端部座席を取り外して運転台におきかえることで考える。またこうすることによって、車種ごとに扉位置も全く同一となり、旅客誘導対策上からも効果がある。

車体長は24,500mm、連結器面間25,000mm、車体巾3,300mmで大量輸送に適した大形車両とし、出入口は巾1,600mmの片側4ヶ所を等間隔に配置して乗降時間の短縮をはかる構造とする。

車両レイアウトを付図Ⅲ-9-2(Tc, M, T)、付図Ⅲ-9-3(M')に示す。

なお、車端圧縮荷重の大きさは、動力分散による電車列車であるため、100tの強度に耐えることで考える。

(2) 車体材料

車体の材料としては鋼製とアルミ製が考えられる。鋼製は製作および使用経年も長く、鉄道車両としては一般的であるが、最近ではアルミを使用した車両も数多く製作されており、多くの有利点を持っている。

アルミの特長としては軽量および耐蝕性が良好の2点が挙げられ、これに伴って数々の利点が考えられる。

アルミの比重は鋼の約1/3であり、軽量の割には強度が高い。したがってこれを車体に使用した場合には鋼製構体の約1.45tに比べて約4t程度軽量化される見とおしである。軽量化に伴い電力費の節減、軌道負担の軽減あるいは制輪子摩耗の減少の効果がある。

また、耐蝕性が良好で鋼に比べて腐蝕が少ないため、車両の外板は簡易塗装程度でよいので保守の面から有利である。たゞし美観のために別途塗装することも考えられるので、この点考慮の必要

がある。

なおまた、鋼材の場合と違ってアルミはいろいろな断面形状の押出型材が自由に得られるため、構体骨組の構成に際しては溶接工程の縮少が可能となり、同時に強度上も合理的な断面のものが作られる。

問題点としては鋼に比し、アルミの溶接技術がむずかしいことと、価格が高いことが挙げられる。(注、価格増は車両1両当たり鋼製に対して5%程度と推定される。)

(3) 座席配置

座席配置は、M、M'、T車とも全く同一とし、両端部のみ老人、子供用としてクロスシートとするが、中間部はロングシートとして近郊鉄道の大衆輸送に適した構造とする。

Tc車は、片方車端部クロスシートを取り外して運転台にあてるもので、その他構成は全く同一とする。

各車種ごとの定員は次のとおりである。

	乗車人員	座席数
Tc： 運転台付制御車	330	62
M： 電 動 車	357	70
M'： 電 動 車（パンタグラフ付）	357	70
T： 付 随 車	357	70

(4) 付属設備

1) 乗客出入口扉

外吊式と戸袋式が考えられる。

外吊式は扉部が同一面となり美観の点、車体構造面の简单化などの利点はあるが、扉開閉時に乗客に対する危険性が高く、戸閉機構が比較的複雑であるなどの点から戸袋式がよい。

2) 車端部通路扉

内開き式、外開き式、引戸式が考えられるが、安全性および満員時の取扱いを考慮して引戸式とする。

なお、この扉は常時は使用せず、非常時の際車外に脱出するためのものであるため、連絡部のホロは不要である。たゞし、踏板ははね上げ式を設ける。

3) 窓は下部半分は固定とし、上部半分が内側に回転する構造とする。乗客の快適性および美観のため、大きな窓構造とする。

4) 換 気

ファンデリアを天井に設けて室内換気を行う。なお暖房、冷房装置はメキシコ市環境等から不要である。

5) 天 井 灯 内

けい光灯とし車内を明るく快適にする。なお架線停電時には蓄電池を電源とする非常灯として白熱電球を同時に設備しておく。

6) 車内内装等

メラミンプラスチックアルミ基材化粧板を張り、車内を明るく、しかも保守に手のかゝらないよ

うにする。また火災対策に留意し、不燃材料を使用する。床部や外板部には断熱材を使用して車外からの熱の侵入を防止するとともに車内騒音防止をはかる。

車内立席者に対しては、にぎり棒を適宜配置し、よろけ防止とするほか、荷物台を取り付ける。腰掛は座り心地のよい構造のものとし、室内掃除を容易とするため片持式構造とする。

9-2-3 主要機器およびその配置

(1) 真空しゃ断器

主変圧器1次側のプラス側に接続し、車両内の電気回路が接地、短絡などの異常時に回路を開いて車両を保護するためのしゃ断器である。真空バルブの中に接触部を設けて、しゃ断性能の向上および軽量化をはかったものである。

(2) 主変圧器

パンタグラフから真空しゃ断器を通して受電した交流25KV電圧を降圧し、主電動機および補助回路に供給する。2次巻線は4分割し、それぞれ整流装置に接続し主電動機電源とする。3次巻線は各種補助回転機やその他車内電源とするためのものである。コイルおよび鉄心は油浸し風冷する送油風冷式である。軽量化に適したフォームフィット形とする。

(3) 主整流装置

主変圧器の交流2次電圧を直流に変換するもので、主変圧器2次側の各巻線ごとにサイリスタとダイオードで混合ブリッジ結線を構成し、これを4回路分直列に接続したものである。2次電圧はサイリスタの位相を制御することにより、連続的に変化する直流電圧を得ることができる。サイリスタ、ダイオードは風冷する。

(4) 交流フィルター

架線には時として落雷することがあり、また異常電圧を発生することがある。避雷器により異常電圧は保護するが、なお急峻な波形を吸叫して整流素子を保護するために主変圧器2次巻線と整流装置の間にそう入するものである。

(5) 平滑リアクトル

整流装置で整流された直流電流は単相回路のために脈動が大きく、このまゝでは主電動機の整流に問題がある。このためリアクトルをそう入して電流の平滑化をはかるものである。

(6) 主電動機

直流電動機であるが、実際には直流分が脈動する脈流直巻電動機である。電流の脈流の程度は小さい方が主電動機の整流上からは望ましいが、そのためには平滑リアクトルが大きくなり重量増となると同時に誘導障害の程度は大きくなってくる。このため、大きな脈流に耐える主電動機が望ましいが、日本では長期間の研究によって50～60%の脈流で使用する脈流電動機でもすぐれた結果を持っており、軽量化および誘導障害に好成績をあげている。なお、主電動機は台車のバネ上に装架して、レールからの振動と無関係に支持される。

(7) 主抵抗機

発電ブレーキ時の負荷として使用するもので、温度係数の小さい特殊銅を使用、風で冷却する。

(8) 主制御器

発電ブレーキ力を運転士の指示にしたがって制御する装置であるが、同時に主電動機回路を力行、

電気ブレーキ用に切り換える作用も行わせる。

(9) シャ断器

主電動機回路電流をシャ断する。力行時は普通サイリスタのゲートオフにより電流を減衰させてからシャ断器を開くので電流を切らないが、事故時には過大電流を検出してこのシャ断器で回路を開き保護する。発電ブレーキ時にはシャ断器で回路を切るが、過大電圧も検出して保護する。

00 電動発電機

主変圧器の3次巻線からの単相交流を電源とし、単相誘導電動機で2相交流発電機を駆動するもので、架線電圧が変化しても電圧変動の小さい良質な交流電源を得るものである。なお制御に必要な直流は、この交流を整流して使用する。

01 電動空気圧縮機

空気ブレーキ、扉開閉、シャ断器、空気バネ、笛などの圧縮空気源を得るためのものである。

02 蓄電池

架線停電になった場合の非常電源として使用するもので、アルカリ蓄電池を使用する。

03 ブレーキユニット

各車両の空気ブレーキ力を運転士の指令にしたがって制御するもので、各種電磁弁、コック類を一まとめにして製作の合理化、保守の容易化、性能向上をはかるためユニット化したものである。

04 空気溜類

空気圧縮機の空気源を貯留する。またブレーキ制御に必要な各種の空気源となる。

05 接統箱類

各車両間を配線する電線類の接統箱や、取扱いを容易とするためのプラグ、コンセント類が車端に設けられる。

これら主要機器の車両への取付状態はM車は付図Ⅲ-9-4、M'車は付図Ⅲ-9-5のとおりである。

9-2-4 台車

台車は車両を安全に走行させ、かつ乗心地に直接的に影響するものであるため、十分経験と実績のある方式、構造をベースに検討を行った。

(1) 台車の構成

台車わくは鋼板溶接構造で簡易軽量化をはかったH型のわく組構成とする。車体は台車わくの上に枕ばりを介して空気ばねにより支えられ、車軸と台車わく間にはコイルバネがある。車体と台車との回転は、枕ばりと台車わく間で、車体の左右偏位は空気ばねの刚性により支持され、また引張力・ブレーキ力は枕ばりと車体間のホルスタアソカで伝達される。電動台車と付随台車は、主電動機および駆動装置の有無と空気ブレーキ機構の差のみで、その他構造については同様である。電動台車構成図を付図Ⅲ-9-6、付随台車を付図Ⅲ-9-7に示す。

(2) 輪軸

新製時車輪径は36"の一体圧延車輪で車軸に圧入される。電動車軸は大歯車用座があり、付随車軸にはブレーキディスク取付け用の座がある。

(3) 軸箱装置

軸箱案内方式には多くの方式があるが、バネを柔らかくして乗心地をよくすること、防塵構造としかつ組立を簡単にして保守に便とすることなどから同筒案内式を採用する。

軸受は荷重に耐えかつ寿命延長を考慮して同筒コロ軸受が適切である。なかでも横方向の揺動を緩衝するための部品が不要で構造が簡単となり保守の面で有利なツバ付円筒コロ軸受とする。

(4) 駆動装置

主電動機を軌道と車輪の衝撃振動から守るためには、是非バネ上に装架する必要がある。これはまた主電動機の小形軽量化および整流の良好を保証することにもなり、寿命延長にもつながる。バネ上装架の方式にも種々な案が考えられるが、レール巾が1,435mmと広くスペース的に十分可能性があるので、構造および保守上からすぐれている可換歯車継手方式を採用する。

これは、主電動機軸とピニオン軸との間に可換性を持たせるため、2組の外・内歯車を組合わせたもので、両軸間の偏心または傾きに対して自由に可換伝達ができる。

ピニオンとギアは歯車箱で固定し、台車わくと車軸で支持する。

(5) 空気ブレーキ機構

付随台車のブレーキはすべて空気ブレーキに依存する。車輪踏面をブレーキシューで摩擦する方式は、車輪踏面の形状を変えるために走行性能が悪くなるとともに車輪の寿命も短かくするので、車軸中央部に取付けたブレーキディスク面をはさみ込む方式とする。ディスクは加熱されるためファン形状とし冷却効果を持たせる。

電動台車には主電動機が取付けられるため、付随車のようなディスク取付けのスペースがない。また踏面ブレーキも同様に望ましくないので、車輪左右のディスク面を利用する構成とする。ディスク面は摩耗して取りかえる必要がある場合でも、半割り構造とするので車輪に無関係に保守が可能である。

ブレーキライニングには多年日本で実績のあるレジン系のシューを採用する。これは速度に対する摩擦係数の変化が少なくほゞ一定のブレーキ力が得られる特長があり、かつ摩耗が非常に少なく保守の手間がはぶける利点がある。

(6) 空気ばね

台車から伝わる高周波振動をしゃ断して乗り心地向上をはかるとともに、乗客の多・少にかかわらず車体高さを一定に保ち、かつ左右の安定をはかる。

空気ばねは垂直および横剛性を持つ特殊ダイヤフラム形を用い、補助空気室とばね本体の間に設けたオリフィスによって上下方向減衰を得る。

9-3 車両の制御システム

9-3-1 主回路の構成

この電車は「9-1項」で述べたとおり、電気的には2両を1ユニットとして構成する。

電源は25KV、60Hzの交流で、主電動機は脈流直巻電動機を使用する。このため主変圧器で降圧し、整流装置で交流を直流に変換し、これら1つの電源で8台の主電動機を駆動するシステムとする。主回路構成図を付図Ⅲ-9-8に示す。

(1) 力行回路

1) 主変圧器および整流装置

主変圧器は1次側の高圧を2次側に降圧させるものであるが、通信線に与える誘導障害を少なくするため、2次側を4分割とする。そして各分割巻線ごとにサイリスタおよびダイオードでブリッジ回路を構成した整流回路を組み込み、この4分割を直列に接続する。

理論的には、2次側の分割数を増加する程誘導障害軽減に対する効果は大きくなるが、主変圧器および整流装置は重量増となりまた複雑化して価格が増加するので、4分割程度が適当である。

2次側の電圧制御は、4分割された各ブロックを、第1～第4と名づけると、まず第1ブロックのサイリスタのゲートを逐次制御して次第に電圧を高めて、第1巻線の全電圧を出し、次に第2ブロックのサイリスタを制御して、第1巻線電圧に第2巻線電圧を加えていく。こうして次第に第3、第4と制御し、最終的に第1～第4巻線の全電圧を出して最大出力を得る方式である。

サイリスタ制御することにより、主電動機の電圧は連続的に、かつスムーズに次第に電圧を上昇することができ、車両性能上からも、乗り心地からも、また可動接点がないため車両の保守上からもすぐれた特性を得ることができる。

2) 主電動機のつなぎ

主電動機は1ユニット分8個を同時に制御する。主電動機の結線方法としては、8個を直列とする8S、4個直列2回路並列の4S-2P、2個直列4回路並列の2S-4P、8個並列の8P、の4通りが考えられる。しかし、8Sでは2次電圧が高すぎることで、8Pでは2次電流が大きすぎて問題点が多い。また2S-4Pは並列回路が多いため、主電動機が故障した場合にも性能低下の影響が少ないという特長はあるが、4S-2Pに対して車両間の重量配分が均一性をとりにくく、また総重量も大きくなること、4S-2Pでも主電動機の故障時は1車のみ開放して運転可能となること、車両間(MとM'車)の重量バランスがよいことなどの利点があるため、4S-2P方式を推奨する。

(2) 電気ブレーキ回路

電気ブレーキには回生ブレーキと発電ブレーキがある。

回生ブレーキは電力の有効利用の面から望ましい方式ではあるが、架線電圧の変動に対する制御機能が複雑になること、架線のセクション通過時に回生ブレーキが不能となること、電気ブレーキとしての有効速度範囲が狭いこと、誘導障害が大きいこと、停電時には回生ブレーキが不能となるなどの欠点があり、特別な対策が必要となる。発電ブレーキは架線条件とは全く無関係に、常に安定した、かつ速度範囲の広い電気ブレーキが得られるので、この発電ブレーキ方式を行うこととする。

発電ブレーキ時は、主電動機を主変圧器の2次回路から切りはなし、同時に界磁の方向を力行時に対して逆転して主電動機を発電機として作用させ、負荷抵抗を挿入する。主電動機は4個直列とし、2回路を構成する。発電ブレーキ力の制御は負荷抵抗の大きさを制御装置により加減することによって得られる。

9-3-2 ブレーキ制御

(1) ブレーキ制御上の必要機能

近郊鉄道のような加・減速が大きく、列車密度の高い線区を高速で運転する車両のブレーキ制御に必要な機能としては非常に高度なものが要求される。

まず、最も重要なことはシステムの信頼性が高いことであり、万一故障が発生した場合でも系全体として安全側に動作するいわゆる「フェイル・セーフ」のシステムが組み込まれる必要がある。次に運転取扱いが容易であること、すなわち運転士の意のままにブレーキの制御を可能とすることである。そのためには、ブレーキ指令を与えてから実際にブレーキが作用するまでの時間、いわゆる空走時間の短縮が必要であり、またブレーキ変化を与える指令の精度と応答性の向上をはからねばならない。さらに電気ブレーキ方式を採用する場合には、電気ブレーキと空気ブレーキ相互間のスムーズな移行が要求される。制輪子の摩耗を減少するためには、電気ブレーキを極力有効に作用させるのが望ましい。そのためには

$$(\text{指令ブレーキ力}) - (\text{電気ブレーキ力}) = (\text{補足空気ブレーキ力})$$

となるブレーキ制御システムが合理的である。

(2) ブレーキ制御システム

常用ブレーキ系は運転室のブレーキ制御室と編成各車両の床下に装備されたブレーキ機器との間を列車引通し電線でつなぎ、電気指令によって電気ブレーキ並びに空気ブレーキを直接制御し、ブレーキの応答性を高め、ブレーキ力の立上り無駄時間を短縮する。

この方式はまた長編成でも各車両に同期的にブレーキが作用し、ブレーキ力にアンバランスが生じない。乗客数の多少に対しても、運転士のハンドル取扱いに対し常に同じ減速度が得られるよう、各車両には応荷重制御装置を設け、荷重が多い場合にはそれに比例して大きなブレーキ力が作用する機構とする。

非常ブレーキ系は、常時電圧が加えられた制御線を車両編成に引通しておいてこれをオフすることにより非常ブレーキがかかるようにしておく。こうすることによって、車両のどの位置からでも操作することができ、また電源がなくなった場合、列車が分離した場合、あるいは空気源がなくなった場合の何れに対しても確実に非常ブレーキが作用する。

常用ブレーキ、非常ブレーキの2系の他に圧力空気源を異にする保安ブレーキを設置し、多重系化をはかって信頼性を向上させる。

なお、系全体としてブレーキ監視回路を設けて保安度を向上させる。すなわちブレーキ指令値に対して列車のブレーキ力が不足する場合、および過大になる場合で、ともに問題があるので、指令値と実際値の差を監視装置により検出し、表示させるとともに必要な措置を行うようにする。

9-3-3 自動運転のシステムと機能

電車操縦の方法には手動運転による方法と自動運転による方法とがあるが、何れを選択するかによって車両機器は大巾に異なる。手動運転の場合には、運転士の意志により力行・惰行・減速を行うものであり、自動運転の場合には出発押ボタンを押すことにより次駅まで自動運転するもので、乗務員は機器の監視的役割をはたすことになる。しかし、何れの場合にも信号設備としてATCを導入しているので、列車追突といった事故は全くない。

手動運転の場合には特に目新しいことはないので、本節では自動運転を行う場合のシステムと必要な車両の機能について述べる。

(1) システムの概要

- 1) 列車の保安はA.T.C.によって保つ。
- 2) 乗務員が扉を“閉”操作し、扉が閉じた後自動発車する。
- 3) A.T.C.の許容運転速度に対して、適当な速度余裕を持って定速度運転を行う。
- 4) 停車駅のプラットフォーム所定位置に自動停車する。
- 5) 停車後、乗務員の扉“開”操作により扉が開く。
- 6) 所定時刻より早着した場合には、駅停車時間を長くすることにより時間調節する。
- 7) 所定時刻より遅れて発車した場合には、運転速度が自動的に高く選択されるようなプログラムとし、回復運転ができるようにする。

これらの機能を持たせることにより、定常時の乗務員の作業は扉開閉の操作のみとなる。

(2) 車両に必要な機能

手動運転に必要な機能のほか、次の諸機能を追加する。

1) 定速度運転機能

目標速度に沿って一定速度で走行する制御機能で、目標設定速度と実速度との差を検出し、車両の速度を制御する。

2) 目標速度設定機能

駅発車時に所定時刻との対比を行い、定時運転か遅運転かの判断によって目標運転速度を自動選定できる機能。

3) 定位置停止機能

駅停車時にプラットフォームの所定位置に自動停止する制御機能で、車両内に一定の距離一速度パターンを持ち、このパターンに沿ってブレーキ力を自動制御する。なお車上パターンを発生させるため、駅停止位置の一定距離手前に地上子を設置する。

4) 監視機能その他

以上の諸機器の動作状態を表示し、また故障を検知表示する機能が必要である。

これらの諸機器は一括取りまとめて運転台に設置する。

自動運転付車両をA案、手動運転に供する車両をB案としてかゝげる。なおA案はB案に対して全車種を平均して1両当たり6%程度価格増となると推定される。

9-3-4 補助回路

車両には多くの補助回転機や電灯、制御電源が必要である。その電源は大別すると交流電源、直流電源、またそれぞれに対して定電圧制御を必要とするもの、不要のものがある。

(1) 交流電源

主変圧器の油冷却器、主整流装置、主抵抗器などの風冷用送風機や空気圧縮機等は交流電源を用いるが、これは主変圧器の3次巻線から直接供給にし、単相交流のインダクションモータを使用する。

(2) 定電圧の必要な交流電源および直流電源

照明用のけい光灯電源を主変圧器の3次巻線からとると、電圧変動範囲が大きすぎることもおよび架線のセクション区間でけい光灯がちらつくことのため、何等かの対策が必要となる。このため3

次巻線を電源とする電動発電機を設けて、その発電機（交流）の発生電圧に電圧調整機能を持たせ、架線電圧が変動しても電動発電機の出力電圧の変動値を小さくするとともに、回転機の慣性によって瞬時停電に対処する。

また各種制御用の直流電源は、電動発電機の交流出力を整流した直流で得る。この他架線停電した場合の非常電源として蓄電池を搭載するが、常時は電動発電機の出力で浮動充電し、消耗を防止する。

9-4 車両の主要諸元

以上述べてきた事項をとりまとめ、調査団が推奨する車両の主要諸元は次のとおりである。

9-4-1 電気方式 単相交流 60 Hz, 25 KV

9-4-2 車種

		乗客人員(人)	座席数(人)	自重(t)
運転台付制御車	: Tc	330	62	約35
電動車	: M	357	70	約44
電動車(パンタグラフ付)	: M'	357	70	約45
付随車	: T	357	70	約34

9-4-3 車両編成

6両のとき	Tc M M' M M' Tc
9両のとき	Tc M M' T M M' M M' Tc
12両のとき	Tc M M' T M M' T M M' M M' Tc

9-4-4 車両性能

(1) 最大運転速度	110 Km/h
(2) 加速度	1.0 m/sec ²
(3) 減速度	常用 1.0 m/sec ² 非常 1.3 m/sec ²
(4) 連続定格(1ユニットMM'当たり)	
1) 出力	1,440 KW
2) 引張力	8,500 Kg
3) 速度	60 Km/h

9-4-5 車体主要寸法

(1) 連結面間	2,500 mm
(2) 車体長	24,500 mm
(3) 車体巾	3,300 mm
(4) 屋根高さ	3,730 mm
(5) 床面高さ	1,280 mm
(6) パンタグラフ標準高さ	5,220 mm
(7) パンタグラフ折たたみ高さ	4,510 mm

(8) 心皿間距離	1 7,5 0 0 mm
9-4-6 台 車	
(1) 形 式	軸箱同筒案内
(2) 支持方式	車体直結空気ばね式
(3) 構 造	鋼板溶接構造
(4) 車 輪 径	新製時 9 1 4 mm (3 6 ") 限 度 8 2 4 mm
(5) 軸 距	2,3 0 0 mm
(6) レールゲージ	1,4 3 5 mm
(7) 駆動方式	可挽歯車継手式
(8) 歯 数 比	7 9 / 1 6 = 4.9 4
9-4-7 主電動機	
(1) 方 式	脈流直巻電動機
(2) 連続定格出力	1 8 0 KW
(3) " 電圧	5 5 0 V
(4) " 電流	3 6 0 A
(5) " 回転数	1,8 3 0 r . p . m .
9-4-8 制御方式	
(1) 力 行	サイリスタ連続位相制御方式
(2) ブレーキ	発電ブレーキ併用空気ブレーキ方式
(3) 保安方式	A.T.C.
(4) 運転方式	手動または自動運転
9-4-9 主変圧器	
(1) 方 式	送油風冷式
(2) 電 圧	1 次 2 5 K V 2 次 4 分割, 7 4 5 V × 4 3 次 2 2 0 V
9-4-10 主整流器	
(1) 方 式	強制風冷式
(2) システム	サイリスタ・ダイオードの混合ブリッジ
9-4-11 補助回転機	
(1) 補機方式	单相誘導電動機方式
(2) 電動発電機	電動機 单相 6 0 Hz, 2 2 0 V 発電機 2 相 6 0 Hz, 1 0 0 V, 2 0 KVA
(3) 電動空気圧縮機	单相 6 0 Hz, 2 2 0 V
(4) 送風機類	单相 6 0 Hz, 2 2 0 V

9-4-12 車体構造

(1) 構 体	アルミまたは鋼製
(2) 内 装 材	メラミンプラスチックアルミ基材化粧板
(3) 床	波形板, 軽量塗床材, 塩化ビニール樹脂床仕上材
(4) 側 窓	下部固定, 上部内側開きユニット式, 固定式戸袋窓
(5) 側 引 戸	自動両引戸, 戸袋収納
(6) 妻 戸	引戸式
(7) 貫 通 路	サン板はね上式
(8) 腰 掛	片持式, ビニールレザー張り
(9) 握 り 棒	SUS管
(10) 換 気	自然およびファンデリア
(11) 天 井 灯	けい光灯および非常灯
(12) 断 熱 材	ガラス綿保冷板
(13) 車体圧縮荷重	100t

9-4-13 手ブレーキ

留置用として運転台付制御車に手ブレーキを設置。

10 車両基地および工場

10-1 車両の検査体系

車両は、走行に伴って摩耗、劣化および腐蝕などが発生し、性能、機能も次第に低下する。これらを回復させるための保全方法に、事後保全と予防保全の方式がある。本計画の鉄道車両の場合は、近郊鉄道として多くの人命をあずかり、これを安全、しかも確実に輸送する使命を有する。この使命を果たし、かつ長期的にみれば保守経費も少ないところの予防保全方式を採用するものとし、一定期間走行後に、車両の状態を検査し、劣化箇所を修繕することにより、元の性能、機能に復元するものとする。

この検査、修繕が適切であれば、車両は常に良好な状態を維持し、安全、確実な輸送の用に供することができる。

これらの目的から、検査、修繕の種類と内容および周期は、次の検査まで要求される車両の性能および機能を保証しうるように留意し、長年にわたる日本における経験をもとに表Ⅲ-10-1のように設定した。

表Ⅲ-10-1 検査の種類、内容、周期および施行箇所

検査の種類および内容		検査の周期		検査施行 箇所	
種類	内 容	期 間	走行距離		
定 期	全般検査	電車の使用状況に応じ、所定の周期で各部を解体のうえ細部について全般にわたって行う検査	4年以内 (3年以内)	600,000 ^{km} 以内 (500,000 ^{km} 以内)	工場
	要部検査	電車の使用状況に応じ、所定の周期で主電動機、台車、走り装置、ブレーキ装置、集電装置、補助回転機、継電器、接触器、連結器、A.T.C.装置、計器などの特定主要機器を取り外し、又は特定主要部分を解体のうえ細部について行なう検査	2年以内 (1.5年以内)	300,000 ^{km} 以内 (250,000 ^{km} 以内)	工場
	交番検査	電車の使用状況に応じ所定の周期でパンタグラフ、特別高圧回路、主回路装置、回転機、戸閉装置、ブレーキ装置、台車、走り装置、A.T.C.装置、計器などの状態、作用および機能について在姿状態で行なう検査	60日以内 (30日以内)	30,000 ^{km} (15,000 ^{km} 以内)	基地
日 常	仕業検査	電車の使用状況に応じ、消耗品の補充取替並びにパンタグラフ、戸閉装置、室内装置、台車、走り装置連結装置などの状態および作用について外部から行なう検査	48時間以内	3,000 ^{km} 以内	基地
臨 時	臨時検査	電車が故障した場合など、必要に応じて臨時に行なう検査	随時	—	基地 工場

注〔 〕内周期は、開業当初の暫定期間に適用する。

また検査施行箇所については、検査に要する時間と車両運用並びに検査に伴う解体程度とその所要設備の集約等から、要部検査以上を工場、交番検査、仕様検査を基地とし、臨時検査は、その程度により工場または基地で施行するものとした。

なお、検査周期については、新線を建設し新形式車両を投入したときは、取扱いや技術の習得、検査、修繕がピークに達すること並びに検修経験の積み重ねによる車両状態把握の必要性などから表Ⅲ-10-1の注記事項のように周期を短縮したもので出発し、逐次本来の周期に延伸してゆく方法がよいと考える。

10-2 車両基地

10-2-1 車両基地の配置

車両基地の配置を決定するに当っては、輸送形態、立地条件、車両運用等の諸条件を総合的に検討する必要がある、具体的には以下の考え方に基づいて計画する。

- (1) 輸送段差の大きいところであること。
- (2) 車両運用が最も効率的であること。
- (3) 現業機関としての規模が適正であること。
- (4) 要員の確保が容易であること。
- (5) 基地の形態にあった用地が確保できること。
- (6) 工事費が低廉であること。

また、本線に対してどのような位置に車両基地を設けるかについては次の点を十分検討し、その位置を決定する。

- (1) 極力駅の近くに設け、乗務員の運用や車両の回送ロスを少なくすること。
- (2) 基地への出入りについては、無駄な折返し作業を行わずストレートに出入りができること。
- (3) 入出区線については、必要な段階で、本線と立体交差出来るよう配慮すること。

本プロジェクトについて以上の考え方に基づいて具体的に検討すると、開業時(1982年)に対応する車両基地としては1箇所では十分であるが、路線が実質4線区もあるため集約すると回送ロスが多くなること、将来の路線網の拡張・輸送量増加に対応する車両数の増加等を考慮して次の3箇所に車両基地を設ける。

- 1 号 線 : LOS REYES
- 3 号 線 : ECATEPEC (工場を併設する)
- 2号, 4号 : XALOSTOC
- 5 号 線

付図Ⅲ-10-1, 付図Ⅲ-10-2, 付図Ⅲ-10-3に車両基地のレイアウトを示す。

10-2-2 車両基地の標準設備

車両基地内の配線は、立地条件によって制約されるが、基本的には基地内の諸作業(入出区、留置、組成、整備、検修等)が競合せず、能率的にできるよう配慮することが肝要である。

(1) 構内配線

車両基地内の線群は、作業別に分類すると、収容線群、整備線群、検修線群の3つの線群から

構成される。

配線計画上の要点は次のとおりである。

1) 入出区線

入出区線は原則として本線から分離し、構内の作業に支障されることなく、入出区できる配線とする。

2) 留置線

留置線は、入出区線に直接連絡できる配線とし、1線の収容は1～2編成とする。大規模基地の場合は両抜け線とすることが望ましい。

(2) 検修設備

車両基地内には、車両の検査体系に基づいて、仕業検査設備、交番検査設備、修繕設備および車輪転削設備を設ける。

1) 仕業検査設備

仕業検査車を交番検査車に隣接して設け、車内には、検査坑、架線断路器、屋根上点検台、A.T.C.試験装置等を設ける。仕業検査線は1線1日あたり4～8回転程度として計画する。

2) 交番検査設備

電車の編成は線区により6両～12両と異なるが、固定編成であるから、交番検査は原則として編成単位で実施する。

主要な設備は検査車、検査坑、屋根上点検台、架線断路器、A.T.C.試験装置、総合試験装置、圧力空気管、電源設備等である。

3) 修繕設備

軽微な修繕作業は仕業検査車、交番検査車で行うが、車体こう上を伴う床下機器の修繕、重要機器の取替および加修等は修繕車で行う。

主な設備は修繕車、修繕坑、検修作業用機器、物揚機械等である。

4) 車輪転削設備

車輪にフラットが発生すると、旅客に不安感を与え、また運転保安上も好ましくないため車輪の削正が必要となる。工場に入場させると車両の運用効率が低下するので、編成のまま車輪を転削できる在姿車輪フライス盤を車両基地に設ける。車両基地に設置する主な機械設備を表Ⅲ-10-2に示す。

(3) 車両基地の規模

本近郊鉄道の運営に必要な車両数を基地別に想定すると表Ⅲ-10-3のとおりである。

検査周期については先に述べたが、1985年までは、暫定検査周期で検査を行うため、開業時の設備計画は1985年の作業量に対応できるように計画する。

表Ⅲ-10-2 機械設備一覧表

設備場所	機 械 名
通路線	車 体 洗 浄 機
転削庫	車 輪 転 削 盤
検査庫	A.T.C. 試 験 機
修繕庫	フ ィ ル タ ー 洗 浄 機
	直 立 ポ ー ル 盤
	床 上 研 削 盤
	電 気 熔 接 機
	真 空 掃 除 機
	フ ェ ー ク リ フ ト ト ラ ッ ク
	空 気 圧 縮 機
	天 井 ク レ ー ン
	リ フ チ ン グ ジ ャ ッ キ
	自 動 車
そ の 他	

表Ⅲ-10-3 想定配置両数

基地名	線区	1985		1995	
		A案	B案	A案	B案
LOS REYES	L ₁	153	135	213	174
ECATEPEC	L ₃	114	90	141	114
XALOSTOC	L ₂ , L ₄ , L ₅	285	234	390	327
合計		552	459	744	615

また配置1両当りの走行キロには、開業時450km/日～490km/日、1995年で510km/日であるから、設備計画は日数ベースで計画することとし、年間稼働日数については240日とした。

以上の前提条件のもとに想定した基地別の規模を表Ⅲ-10-4に示す。

表Ⅲ-10-4 車両基地の規模

基地名	線群名	1985		1995	
		A案	B案	A案	B案
LOS REYES	留置	9両 × 17本	9両 × 15本	12両 × 18本	12両 × 15本
	仕業	9 × 2	9 × 2	12 × 2	12 × 2
	交番	9 × 1	9 × 1	9 × 1	9 × 1
	修繕	2 × 1	2 × 1	2 × 1	2 × 1
ECATEPEC	留置	6 × 19	6 × 15	9 × 16	6 × 19
	仕業	6 × 2	6 × 2	9 × 2	6 × 2
	交番	6 × 2	6 × 1	9 × 2	6 × 1
	修繕	2 × 1	1 × 1	2 × 1	2 × 1
XALOSTOC	留置	9 × 32	6 × 19 9 × 14	9 × 44	9 × 37
	仕業	9 × 3	9 × 3	9 × 4	9 × 4
	交番	9 × 2	9 × 2	9 × 2	9 × 2
	修繕	2 × 1	2 × 1	2 × 2	2 × 1
		1 × 1	1 × 1		1 × 1

注. 留置両数には基地外留置となるものも含む。

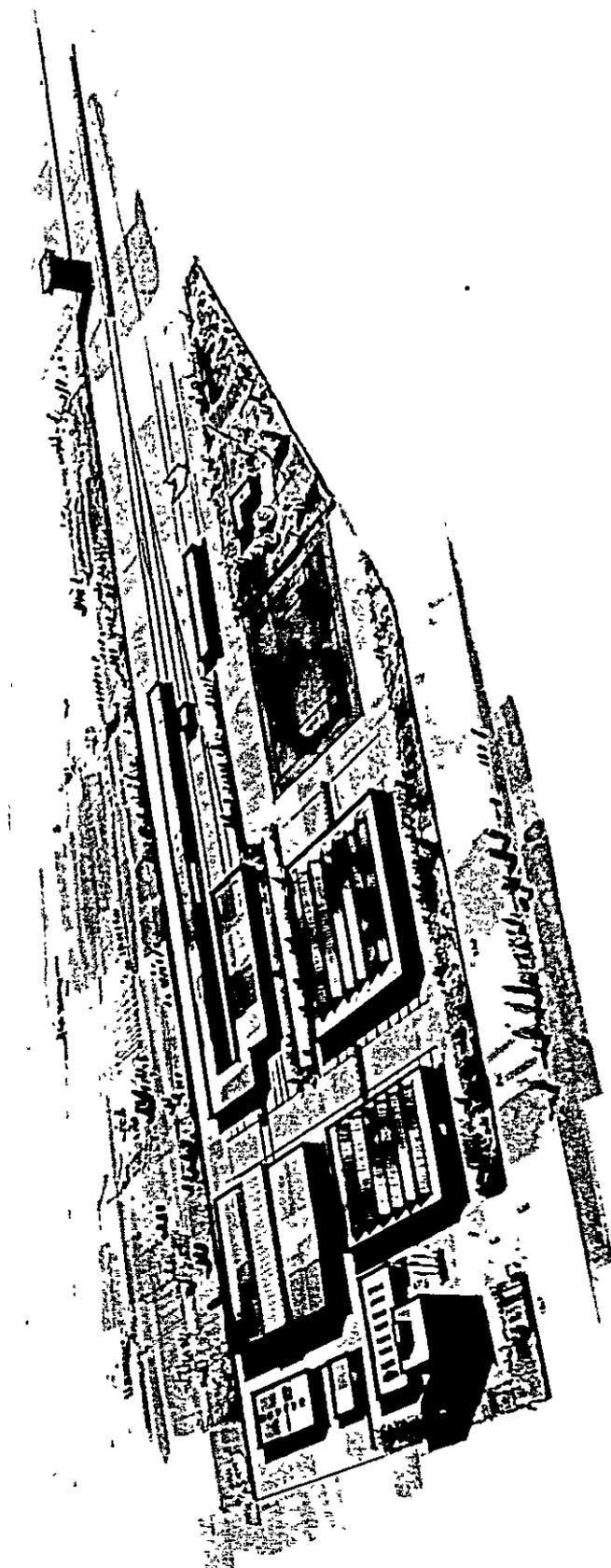
10-3 工場

10-3-1 工場の配置と規模

工場の配置については、できうるかぎり設備を集約し、かつ、車両基地との連けいのとり易い場所等から、基地のうちの1つと隣接した場所に、また、将来の車両数増に対してもできるだけ1ヶ所に対応できる規模のものとする事でECATEPECの車両基地付近に配置するものとした。

工場規模を以下のように策定した。

工場における業務範囲は、表Ⅲ-10-1に示したものを含め次のものがある。

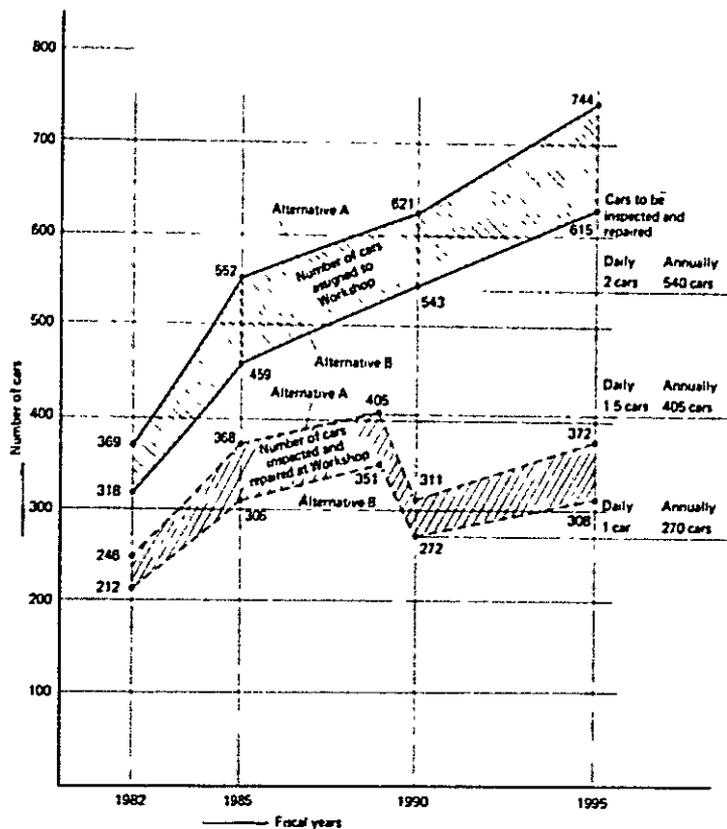


Ecatepec car Repair Workshop

- (1) 全般検査, 要部検査およびこれに伴う修繕。
- (2) 臨時に発生する検査および修繕。
- (3) 修繕用予備品の運用, 管理ならびに修繕。
- (4) 製作貯蔵品の製作ならびに管理。
- (5) 予備品, 貯蔵品の基地への配給。
- (6) 工場施設の保守および計測器の管理。
- (7) 車両故障の調査と対策。

これらの業務を全線の車両を対象に施行するためには, 設備および技術要員をできるだけ一ヶ所に集中し, 将来の車両数の伸びにも十分対応できるものでなければならない。

工場規模の基礎となる年次別車両数の伸びと工場検修施行両数の関係を図Ⅲ-10-1に示す。



図Ⅲ-10-1 年次別, 工場受持両数および年間検修両数

工場の検修施行両数の算出方については, 次のとおりとした。すなわち, 回帰は1985年までは表Ⅲ-10-1の暫定回帰とし, それ以降は, 本来の回帰としている。

この図から, 車両数の増加にもかかわらず検修施行両数が減ることになるが, これは周期延伸によるものである。しかしながら実際の移行処置は, 一時的に発生するものではなく, 段階的なものとなり, 平均化される。これらの伸びから工場の規模は, 当初の1982年に年間検修施行両数250両(約1日1両)規模, 1985年において約370両(1日1.5両), 1995年においてもほぼ同等の規模であれば良いことがわかる。

当初計画する工場の設備規模は、年間検修施行両数約400両(1日1.5両相当)とすれば、1995年時点においても満足できるものである。しかし、将来路線延長等により車両数が増加する場合に於いても対応できるよう拡張可能な計画とし、本計画では、車両総数約1,500両(検修両数年間750両)まで対処しうるもので考えた。

10-3-2 検査、修繕作業の流れ

工場のレイアウトを決めるに当って、
 検修作業の流れを下記の理由から、表Ⅲ-10-5の方法をとるものとした。

- (1) 検修日数の合理的な短縮と作業の標準化。
- (2) 部品修繕の工事波動の防止、要員有効活用。
- (3) 製作貯蔵品の製作の専門化。

等から検修工程を3工程に区分し、それぞれ独自に管理する。すなわち、電車を装置別に分類すると

表Ⅲ-10-5 工程の分類

分類	内容
才1工程	車体および車体に取付状態のままの機器と装置を検査修繕する工程
才2工程	車体から取外した装置および機器を検査修繕する工程
才3工程	才1および才2工程で必要な部品、素材を製作する工程

- 1) 車体、接客設備。
- 2) 各装置を動作させる車体配管、配線。
- 3) 走り装置、ブレーキ装置。
- 4) 車体に装備された、その他の装置と機器(車両部品)。

となるが、これらはそれぞれに検修に必要な時期と検修日数が異なる。このため各工程を三分類し、才一工程を現車工事(1), 2)および部品の着脱), 才2工程を検修作業が複雑で工程の長くなる部品検修工事(3), 4),)とし、予備品を装備して、事前に修繕し、現車作業に供給する。才三工程は、才1, 2工程で必要な部品および材料の製作を担当し、常備貯蔵数を目標として、車両修繕工程と関係なく工程管理を行う。これら工程別の作業の流れを図Ⅲ-10-2に示す。

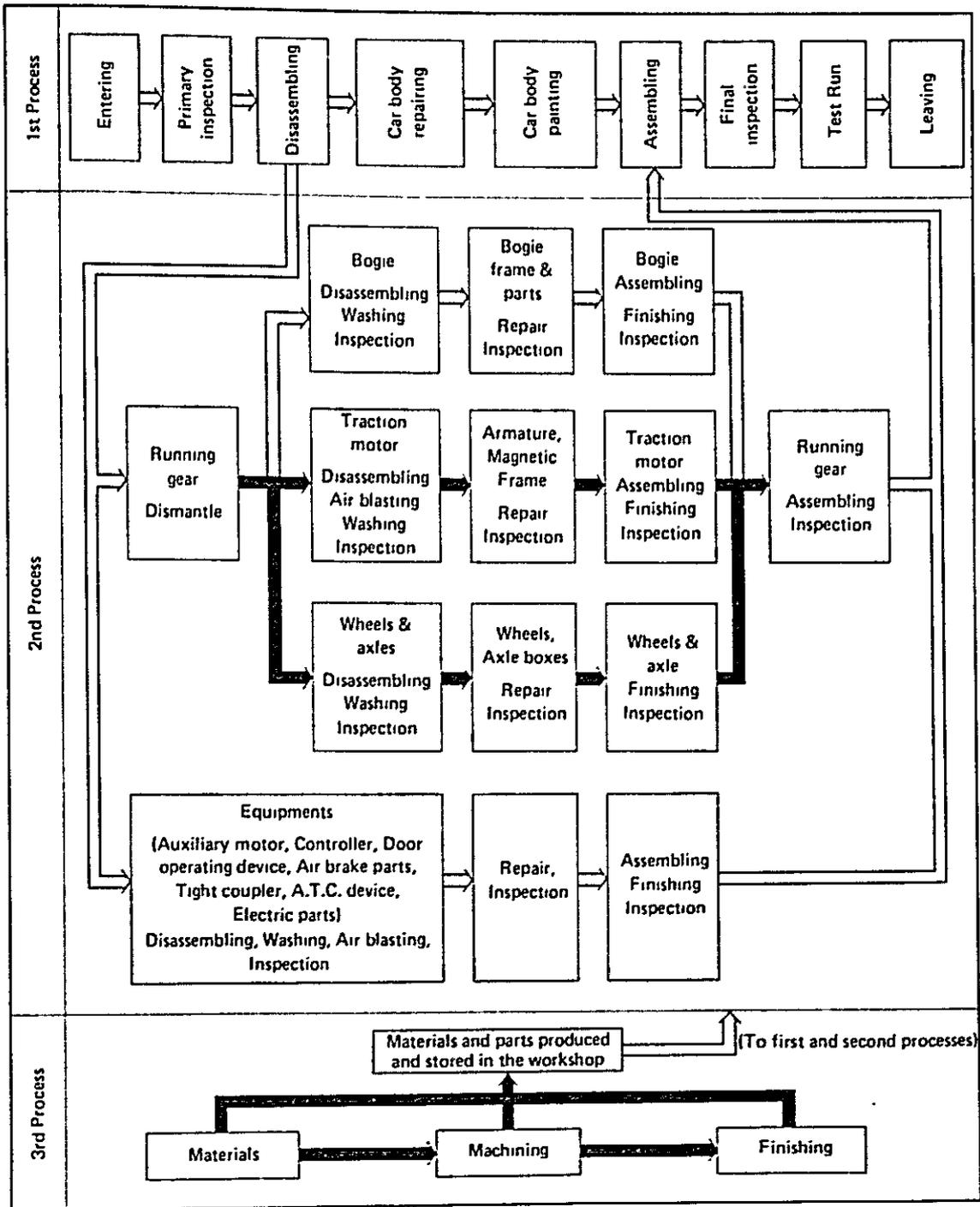
10-3-3 検査、修繕作業の工程

車両の検修計画を樹てる場合、あらかじめ検査ごとの各検修場における作業日程、つまり標準工程を定め計画的に検修を施行することが必要で、車両の運用計画、車両計画および検修設備、要員計画の重要な要素となる。

標準工程の作成には、作業内容とその程度、設備および要員と密接な関連があり、また、修繕作業という特質上同種の検査種別でも車両ごとに作業内容の変動があり、かつ、作業者の基準能力等にも変動があるため慎重に決定されなければならない。

これら工程は、車両の有効な運用面からみれば、できうるかぎり短縮すべきであるが、開業当初のように入場両数の少ない時は、工事波動が多く要員の有効な活用ができないこと、並びに検修技術の蓄積という面から工程を幾分長くとり、検修施行両数の増加に伴い順次工程を短縮し、車両運用、工場設備を有効に活かすことも考慮する必要がある。

以上から標準工程については、日本における実績とメキシコの実情を考慮して図Ⅲ-10-3のよ



図Ⅲ-10-2 修繕工程管理の基本体系

うに設定した。なお、図中には1日2両、1日3両施行の場合の工程も示してあるが、これらは将来、より車両数が増加した場合の設備規模を算定するためにかゝげたものである。

これらの工程から工場の主要設備の必要諸元を表Ⅲ-10-6に示す。

10-3-4 検査、修繕設備

(1) 工場検修作業および設備の基本的な考え方

- 1) 車体の移動は仮台車とトラバースで行い、天井クレーンによる移動は行わない。

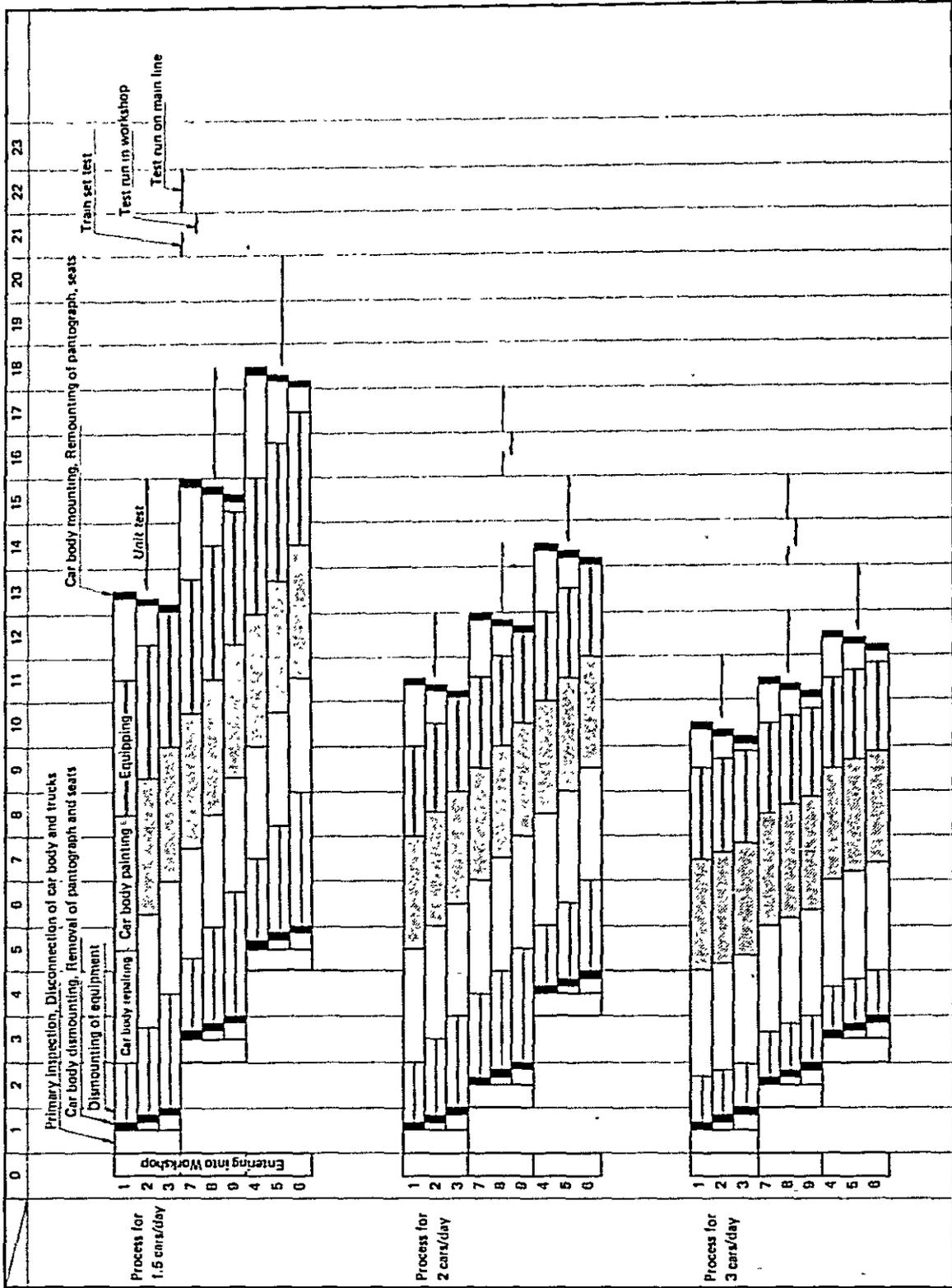


图 III-10-3 检修标准工程表

表Ⅲ-10-6 工場主要設備必要諸元

施行両数	1.5 両/日			2 両/日			3 両/日		
	両/線	×	線	両/線	×	線	両/線	×	線
入 出 場 検 査 場	3	×	2	3	×	2	3	×	2
車 体 上 げ 下 し 場	1	×	2	1	×	2	1	×	2
解 装 場 (屋 根 上)	1	×	2	1	×	2	1	×	2
解 装 (床 下) , 車 体 修 繕 場	3	×	3	3	×	4	3	×	4
ぎ 装 場	1	×	6	1	×	6	1	×	9
車 体 塗 装 場	3	×	2	3	×	2	3	×	3
出 場 整 備 室	9	×	2	(12) 9	×	2	(12) 9	×	2
臨 時 検 査 , 車 体 上 げ 下 し 場	1	×	1	1	×	1	1	×	1
" 車 体 修 繕 場	3	×	2	3	×	2	3	×	2
工場最大在場両数	36 両			36 両			45 両		

- 2) 作業内容が類似している業務は同一場所で行う。
例、車体の上げ下し作業、解装作業と車体修繕等
- 3) 作業内容が全く異質なものは、分離する。
例、車体修繕作業と車体塗装作業等
- 4) 同一部品で数量が少なく、多種類の作業が必要なものは定置式とする。
例、台車、電気部品等
- 5) 同一部品で比較的数量が多く、作業順序が一定なものは、タクト方式とし能率化をはかる。
例、輪軸検修、将来の車体塗装等
- 6) 直接的に密接な関連のある作業場は、有機的に組合わせ、各作業の連けい強化と調整を容易にする。
例、台車、輪軸、主電動機の検修場、および車体ぎ装と部品検修場等。

(2) 各作業場の作業方法

- 1) 工場への入場は、編成単位でも可能なものとし、入出場時のユニット単位の分割併合は、編成整備室で行う。
- 2) 入、出場時の検査は、在姿の状態、入出場検査場のピット線で行い、また、屋根上機器および客室設備（腰掛等）の着脱は、車体の上げ下し前に施行する。
- 3) 車体と台車の分離、装着は、リフティングジャッキにより車体を上げ下しして行い、入場

車両の場合は、車体は仮台車に移して次の工程の解装場へ、台車はトラパーサで台車検修場へ移送する。

4) 車両部品の車体からの解装作業は、車体修繕と同一場所で定置して行い、重量物の解装は、機械力を利用したものとする。また、車体修繕の外板補修、屋根修繕等は高足場を使用する。

5) 車体塗装、すなわち、室内清掃、車体とぎ、マスキング塗装、乾燥の一連の作業は、将来一貫したタクト方式を採用できるものとし、当初においても作業環境上から専用の塗装場で行う。

6) 台車の分解組立は、定置の状態で大井クレーンを用いて行い、輪軸、主電動機等の部品は、各部品検修場へ送付する。台枠、枕ばり、軸ばね等は洗浄後、検査器具により検査後、加修し、塗装、乾燥して組立工程に入る。

また、これら部材のきず探傷のため、磁気探傷機を備える。

7) 輪軸検修作業の軸箱外し、輪軸洗浄、非破壊検査、歯車箱洗浄、踏面削正、軸箱取付、フラッシング等の定常検修作業は一貫した流れ作業方式とし、車輪、車軸、歯車等の取替えのための大修繕作業は、別個の作業場で定置式で行うものとする。なお、軸箱の検修は、独立した作業場で、解体、洗浄、計測検査、修繕、組立てを行うものとする。

8) 主電動機は、全体を気吹した後、磁気棒、電機子等に分解し洗浄後、磁気および超音波探傷並びに電気計測等の検査計測を行い、加修、塗装、乾燥後組立て、所定の検査試験を行い、性能、機能の確認、チェックを行う。

なお、バインド線巻替え、ワニスの再含浸等の大修繕作業も可能なものとする。

9) 車両の電気部品、機械部品等の部品検修作業は、その特性に応じ洗浄または気吹清掃を行った後分解し、検査、修繕、組立を行う。また、組立後は、必要に応じ単体動作試験を行い機能、性能を確認する。

10) 部品の機械加工作業は集約して実施するものとし、また、比較的多量に発生する部品の溶接または盛り金作業も集中する。

11) 車両は、組立完了後、その機能性能の総合確認と調整のため、ユニット単位の総合試験ならびに編成完了後、構内試運転、本線試運転を実施する。

ユニット試験は、電気回路の制御、ブレーキ制御、A.T.C.機能等の全般的な動作機能の確認を行い、構内試運転は、本線試運転の準備として行うものとし、加速、減速の状態、主電動機の散火、各部の組合わせ状態、制御状態等の確認と調整を主体に実施する。本線試運転は、加減速度、A.T.C.機能、最高速度、車両振動、回転部の発熱等の最終的機能・性能の確認を営業本線において予めダイヤを設定し実施する。

12) 工場の検修設備、計測機器、治工具等の保守管理も自工場で定期的に検査整備するものとする。

以上の考えのもとに、工場が必要とする主要機械設備を列挙すると、表Ⅲ-10-7のようになる。

表Ⅲ-10-7 工場主要機械設備一覧表

作業場名	機 械 名	作業場名	機 械 名
入出場検査場	電車配線試験機 A T C 試験機 空気ブレーキ試験機 その他	共 通	トラバーサ 車両入換機 ボイラー 空気圧縮機 受配電設備 給、排水設備 橋形クレーン 搬送車類
車体上げ、 下し場	リフティングジャッキ 仮台車及び同移動機 モノレール搬送機		
解ぎ装 車体修繕場	床下機器着脱搬送機器類 電気溶接機 配管類加工機 その他	輪 軸 検 修 場	天井クレーン、搬送機類 輪軸関係部品各洗浄装置 オイルフラッシング装置 超音波磁気探傷機類 輪軸関係旋盤類 輪軸プレス その他
車体塗装場	車体塗装々置 塗装乾燥装置、他		
台車検修場	天井クレーン 台車及び部品洗浄装置 台車塗装々置 磁気探傷装置 その他	主電動機検修場	天井クレーン、搬送機類 各回転試験機 電気絶縁試験機類 超音波磁気探傷機類 ピニオン等着脱機 電機子旋盤類 動つり合試験機 バインド巻線機 ワニス合設装置 乾燥炉 その他
空制部品検修場	空気ブレーキ部品試験機類 各洗浄機類 塗装乾燥機類 戸じめ装置検修装置 その他		
機械加工 鉄工作業場	各種旋盤類 各種機械加工機類 加熱炉 空気ハンマー 密着連結器検修装置 鉄板加工機類 その他	電気部品検修場	高圧機器、制御機器 試験機類 整流器試験機 A.T.C.装置試験機 速度計試験機 各電気部品単体試験機 パンタグラフ検修装置

10-3-5 工場の基本レイアウト

工場のレイアウトについては、建設地決定後、最適配置を検討すべきであるが、今回は建設地の詳細が未決定のため、工場検修作業の流れと、将来の増設可能余地のとれる方法を主眼として配置した。これを付図Ⅲ-10-4に示す。

また、必要用地については、日本国鉄での実績から25%の建ぺい率をもとに算出すると、約19万㎡あれば将来1,500両程度の受持両数でも十分検修が可能である。

各作業場の配置に留意した点は次のとおりである。

(1) 編成整備室

入場、出場用の各1線を設け、入出場時のユニット単位分割併合および出場時ユニット試験、編成試験を実施するものとし、電車線、検査ピットおよび点検台を設けるものとし、開業当初は9両編成対応とし、将来は12両編成入場も可能なように、増設スペースをとった。

(2) 入出場検査場

1線3両分の有効長を有する入場・出場用に各1線づつを設け、電車線、検査ピットおよび点検台を設ける。

(3) 屋根上機器着脱場

パンダグラフ、真空しゃ断器、換気装置等の屋根上機器の着脱を集中施工するため、天井クレーンを設ける。

(4) 屋根上機器、客室設備検修場

前項3)の位置で取外し、または取付けるものであり、できるだけ着脱場に近い場所を選定した。

(5) 解装、車体修繕場、臨修場

車両部品の解装作業と車体修繕とは同一作業場で固定式で施工するものとした。また、臨時修繕や改造工事等に必要な臨修場3両2線分を配置し、通常工程に変動の生じた場合にも活用できるように、車体修繕場に隣接して配置した。

(6) 車体塗装場

車体塗装場は、開業当初には3両2線分とし完全なタクト方式ではないが、塗装、乾燥、マスキング等は専用場で行い、検修施工両数の増加に伴い、多色塗装でも一貫した流れ作業方式により施行できるようスペースを確保した。

(7) ぎ装場

車両部品の車体へのぎ装作業は、ぎ装専用場を部品検修場と同建物に配置し、部品の搬送並びに工程連けいの便をはかった。ぎ装作業は、工程変動が多いため、これらの変動に速応できるように主トラバーサに面して1両づつ収納するよう配置した。

(8) 部品検修場

前項7)に述べたよう、ぎ装場と同じ建物内とし、将来の検修施行両数の増加に伴い、ぎ装場とともに増設できるよう配置した。

(9) 台車、輪軸、主電動機等の検修場

車体上げ下し場の軌道2線の延長上に、台車の解体組立て場を設け、これを中心として、台車、輪軸、主電動機等の台車関係の一連の作業場を配置し、各作業の連けい強化と管理の容易化をは

かった。

⑩ トラバーサの配置

主トラバーサと副トラバーサの2台を配置した。検査施工両数の少ない開業当初は、トラバーサの稼働時間も少なく1台で十分であるが、車体塗装作業場の環境保全のためのタクト方式の採用には、副トラバーサを必要とする。これを塗装場専用とせず、車体修繕場関連にも利用するものとした。

⑪ 鉄工，機械加工場

鋼板の切断，折り曲げ，溶接，盛り金等の加工，鍛造作業，連結器の検査作業等の鉄工作業並びに車両部品の機械加工，治工具の保守，製作，工場設備保守部品の製作等の作業は，本作業場に集中施工するものとし，将来増設も可能なよう配置した。

⑫ その他の施設

その他，日本国鉄の経験に基づき，動力室，用品倉庫，管理事務所等の業務用施設の他に職員の更生設備として，更衣所，シャワー室，食堂の施設並びに，運動場も設置可能なスペースとした。

10-3-6 二交替制勤務とその採用時期

鉄道工場の勤務体制は，一般的に日勤タイプが採用されているが，メキシコにおいては，2交替勤務の実例もあり，2交替制勤務を実施すべき時期等について検討した。

一般的に製造工場に於いて2交替，3交替勤務を採用する目的は，業種別にも異なるが，鉄鋼生産のように連続生産を余儀なくされる業種は別として，次の点にある。

- (1) 同一設備による生産量の増。
- (2) 需要変動が激しく生産量が増加した期間。
- (3) 技術革新が大きく，設備の早期陳腐化のため，設備償却を早めるための連続生産。
- (4) 連続操業によらないと熱損失の大きいもの。
- (5) 同一工場の一部門の陰路作業を生産向上するため。

等が挙げられるが，これらの勤務体制を施行するためには，種々の対策をたて実施する必要がある。

鉄道工場のような検査修繕業務においては，同種単一作業の繰返しは少なく，技能者による判断業務が多いこと，工事内容の変動が多く発生すること並びに引継者への連絡および責任体制の実施が困難などの理由により多勤務体制実施に困難が併っている。

本計画の工場の機械設備投資は，生産量向上のために複数設置するものではなく，検査作業を実施するための最少機数となっている。

多交替勤務を採用する時期は，工事量が設備能力を上回った時期に，増設投資を避けるため，実施するのが有効な手段となる。開業当初の時点のように，工事量の少ない時に実施すると，工事波動が大きく要員の大きなロスを招くことになり，在場日数の短縮による予備車の減少よりも，はるかに大きなものとなる。

多交替制採用の時期は，現行設備で一日当り3両の検査を施工する場合は，最も作業が平準化されるときであり，この作業量を上回る時点，つまり，設備投資を大巾に必要とする時に，多交替制

向きの作業，例えば車体塗装，輪軸ライン検修，主電動機検修等の投資額が割合大きい業種で，割合単純化されたものを選びながら順次多交替制に移行すべきである。

11 工 事 計 画

11-1 概算工事費

概算工事費の算定に当っては、メキシコ側より提供を受けた資料（労務賃金、材料単価等）と日本における実績とを考慮し、次の前提条件をおいて算定した。なお、両国の労働生産性は同一とした。（表Ⅲ-11-1、Ⅲ-11-2）

(1) 土木関係

1) メキシコ粘土特有の施行上の問題、作業環境による割増しについては考慮していない。

2) 5号線の路盤建設単価は、1号線～4号線の建設単価の平均値と同一とした。

3) レール、分岐器および付属品は輸入するものとした。

4) 用地費、物件補償費は含まれていない。

(2) 電気関係

1) 230 kv以上の電力機器、25 kv交流電化用の特殊機器、電車線路資材は輸入するものとした。

2) 信号、通信機材の90%は輸入するものとした。

3) 据え付けに要する技術者、労務者はすべて現地雇用で考えた。

(3) 機械および機器関係

1) 車両検修用機械は、すべて輸入するものとした。

2) エスカレーターは、すべて輸入するものとした。

3) 自動出改札装置は、当初は、すべて輸入するものとし、以後、順次国産化するものとし、国産化率を20%(1985年)、30%(1990年)、30%(1995年)とした。

4) 据え付けに要する技術者、労務者はすべて現地雇用で考えた。

(4) 車両関係

1) 開業当初は、すべて輸入するものとし、以後、順次国産化を高めるものとし、国産化率

表Ⅲ-11-1 主要職種別賃金
(メキシコ首都圏、1977年)

職 種	ベ ッ	円 換 算 (1\$=11円)
人 夫	160~230	1,760~2,530
大 工	190~230	2,090~2,530
自動車運転士	220	2,420
鉄 筋 工	220	2,420
溶 接 工	230	2,530

表Ⅲ-11-2 主要材料単価
(メキシコ首都圏、1977年)

材 料	単 価	ベ ッ	円 換 算 (1\$=11円)
セメント	t	760	8,360
砂、砂利	m ³	120	1,320
木 材	m ³	2,910	32,000
生 コ ン (250kg/cm ²)	m ²	620~640	6,820~7,040
鉄 筋	t	6,300	69,300
コンクリート	本	286	3,150
ま くら 木	本	180	1,980

を20%(1985年), 30%(1990年), 35%(1995年)とした。

(2) 車両予備品については, 開業時においては, 車両価格の7%とし, 以後2%とした。

表Ⅲ-11-3に概算工事費の内訳を示す。なお, 本表の中には, 追加投資は含まれていない。

11-2 工事工程

表Ⅲ-11-3 概算工事費

(単位 百万ペソ)

全線同時開業する場合と段階的に開業する場合とが考えられる。

表Ⅲ-11-4は, 全線同時開業の場合の行程表を示す。この行程表は, 本プロジェクトを可及的すみやかに完結することを意図し, 次のような配慮を前提としている。

項目	A 案	B 案
土木	9,022	7,821
電力	2,221	1,395
信号・通信	1,731	1,416
車両基地	1,327	1,296
車両	6,107	4,952
計	20,408	16,880

表Ⅲ-11-4

工程表 (全線同時開業)

工種	1978	1979	1980	1981	1982
契約準備	□				
詳細設計・入札	□				
土木工事		▨			
軌道工事			▨		
電気工事			▨		
車両			▨		
諸試験				□	
訓練運転				▨	開業

11-2-1 土木工事

土木工事の中で, 長い工期を要するものは, 立体交差, 車両基地, 駅部分の工事である。この中でも, 立体交差工事が全体工期を大きく左右するものと思われる。立体交差工事は, もちろん, 規模, 施行条件等により異なるが, おおむね, 1個所当りおよそ1年を要するものと思われる。したがって, 全体の土木工事を約2年で完了するためには, 立体交差の個所数, 駅数等, 工事量のバランスを考慮して, 全線77kmを, およそ4kmごとに分割して, 全工区を同時に着工する必要がある。

11-2-2 軌道工事

メキシコにおける軌道敷設工事は, 路盤工事の完成を待って, 下層バラストを散布し, 続いて, まくら木を運搬し, 下層バラスト上に所定の間隔に配列し, レールを運搬, まくら木を締結し, 上層バラスト散布, 軌道整備という順序で行われているのが一般的のようである。

本計画では, 工期の短縮を図るため, 車両基地内に建設基地3個所を設け, 機械力を活用して, 基地で軌框を組み, 基地から軌框を片押しに敷設する工法をとるものとし, 全軌道工事を路盤工事

完成後およそ5ヶ月で完了するものとした。

11-2-3 電気工事

路盤工事，軌道工事と，努めて雁行作業を進め，軌道工事完成後およそ3ヶ月で終るものとした。

11-2-4 諸試験

工事完成後，速度向上試験，電気関係諸試験（軌道回路，加圧，A.T.C等）工場機器について諸試験 Agingが必要であり，その所要期間を2ヶ月とした。

11-2-5 訓練運転

開業後のトラブルを少なくし，正常運転を維持するために，乗務員をはじめ，検修要員が十分に訓練を重ね，なれておくことが必要であり，その期間を4ヶ月間とした。

この行程表から，本プロジェクト全体を完成するのに，最低3年間が必要であると考える。

段階的開業の場合は，全線同時開業に比べて財政面，工期の面で条件が緩和される。そのほかに大きな長所として，乗務員をはじめ，従業員の教育，訓練計画を段階的に実施することになり，教育訓練計画の内容が単純化され，小規模となり問題が少なくなる。

12 財 務 分 析

12-1 起 業 費

本プロジェクトについて、これまで各部門において説明された仕様に基づいて起業費推定を行った。

12-1-1 当初起業費

(1) 総 括

営業開始までの起業費推定総額は表Ⅲ-12-1のごとくA案とB案の2とおりについて算出したが、これによると建中金利を含めた当初起業費総額は、

A案で 250億ペソ(1,088百万米ドル)

B案で 207億ペソ(902百万米ドル)

表Ⅲ-12-1 当初起業費 (単位 百万ペソ)

を要する。

当初起業費のうち項目別比重は土木および車両が大きい。一方外貨ポーションの比率は車両および信号通信部門において高く、当初起業費においてはこれらの資機材が主として輸入によって調達されるものと想定される。土木建設費の内、外貨ポーションは主としてレールである。これら外貨ポーションについては主に日本からの輸銀および市中銀行の協融をもとにした suppliers credit によってその資金が賄われることを想定して計算した。(詳細後述)

	A 案	B案(ベース・ケース)
土 木	9,022 (1,595)	7,821 (1,104)
電 力	2,221 (891)	1,395 (523)
信 号 通 信	1,731 (1,514)	1,416 (1,240)
車 両 基 地	1,327 (479)	1,296 (479)
車 両	6,107 (6,059)	4,952 (4,910)
一般管理費	1,691 (—)	1,436 (—)
小 計	22,099(10,538)	18,316 (8,256)
建 中 金 利	2,924 (—)	2,425 (—)
合 計	25,023(10,538)	20,741 (8,256)
(同米ドル換算)	1,088((458)	902 (359)

(2) 算出の基礎

所要設備資機材調達はメキシコ政府のGuide Lineに則り、メキシコ国内調達に注力し、海外からの輸入調達額を45%以下に抑えた。

起業費のうち「外貨ポーション」は上記の輸入依存資機材所要額(1977年現在価格、CIFベース)を示す。残りのペソ貨ポーションは、したがって、メキシコ国内で調達される資機材および現地工事費(含据付費用)であり、現地調査で得られた資料に基づき計算すると共に不足資料については日本国内における実績をも考慮して算出した。

通貨については、すべてペソ表示とし、為替レートは1米ドル=23ペソ、1米ドル=250円とした。

建設期間中のエスカレーションは考慮していない。(エスカレーションは「12-4損益・資金繰予想」において取り扱う)

建中金利についての詳細は「12-2資金調達計画」を参照。

12-1-2 営業開始後追加起業費

営業開始後の追加投資は主として、輸送量の増加に対処するためのものである。その中で大きな部分を占める車両は当初起業費の算出においては、その大部分を輸入によるものとしたが、追加分については漸次国産化が可能と考えられる。したがって本計画の策定に当っては、追加起業費について特に外貨、ペソ貨ポーションの区分をせず、その資金調達も営業開始後の全体の資金繰りの中で賄うこととしている。

なお、追加投資の総額はA案においては72億ペソ、B案においては51億ペソが見込まれている。(表Ⅲ-12-2)

表Ⅲ-12-2 営業開始後追加起業費

12-2 資金調達計画

(単位 百万ペソ)

当該プロジェクトに係る総所要資金のSourceおよび返済Scheduleの組立ておよび決定は豊富な経験と高度の技術を要する複雑な問題であるが関係金融機関の協力を得ることによって初めて可能であり、この間の調整の成否は資金調達面で極めて重要なことである。よって通常本件のごとき大型プロジェクトの資金調達は出資金、株主金融(劣後金融)、輸出金融、銀行借入および起債のすべてあるいは一部をもって構成される。そして資本金およびそれに準ずる資金が、総所要資金の中で如何なる比率を占めるかは、借入金の調達、営業開始後の収支、資金繰りあるいは自己資本/借入比率に係る要件充足等にとって極めて影響が大きい。然しながら本プロジェクトに係る当初起業費(含建中金利)はメキシコ側要

	1982_	1987_	1992_	計
	1986	1991	1996	
土 木	418	209	206	833
	238	175	101	514
電 力	46	214	—	260
	24	149	—	173
車両基地	—	19	19	38
	—	19	19	38
車 両	2,858	1,115	1,695	5,668
	2,146	1,067	926	4,139
一般管理費	204	90	118	412
	141	79	64	284
計 A 案	3,526	1,644	2,038	7,211
B 案	2,549	1,489	1,110	5,148

各項目共 上段=A案, 下段=B案

請にしたがい、全額外部負債による調達を予定、かつ調達を容易にするために全額メキシコ政府の保証付であることを前提としている。したがって、企業体に対するメキシコ側出資による調達は今回考慮の対象外とした。

また、世銀およびIDBといった国際機関からの調達方法もメキシコ側の意向もあり、今回考慮外とした。

当初起業費の規模が巨額に達すること、および効率的資金調達の観点から、複数の資金ソースを組み合わせ、それら資金ソースの特色を最大限利用することに配慮した。可能性があると考えられる

資金調達方法として次の4つの資金ソースを想定、以下のとおり計画した。

(1) 輸出信用(サプライヤーズ クレジット)

輸入資機材に係る外貨ポジションの85%および各資機材据付に係る現地費用(資機材の15%を限度とする)がその対象となる。

返済は、オ一回返済を本プロジェクト予定営業開始日の6ヶ月後とする20回半年賦。金利は7.5% p.a.の固定金利を採用した。

(2) シンジケートローン

当初起業費(含建中金利)からサプライヤーズ・クレジット等、他の資金ソースによる調達を差し引いた部分をその対象とする。

返済は各年度資金引出し後3年据置、8回半年賦。金利はユーロ市場および日本に於ける円貨長期金利動向により変動するが、本件の損益・資金繰予想においては現時点で比較的現実的と考えられる8.75% p.a.(ユーロダラー、日本円合成加重平均金利)を採用した。適用金利としてはFloating basisが実際的であろうが、損益・資金繰予想(後述12-4)においてはFixed Rateと仮定した。

(3) 鉄道債

金額 23億ペソ(1億米ドル相当)

期間 10年(5年据置)

償還は各期発行後6年目より開始。

Coupon Rateは7.5% p.a.を採用した。(除手数料)

債券発行は、すでにメキシコ政府にて過去に発行事例もあり、東京市場にての円建債発行の他、米ドルによる債券発行も検討対象となり得ることを付言したい。

(4) 補助金/追加借入

営業開始後の資金不足の補填はメキシコ政府の補助金ないし追加借入による方法が考えられる。

本件、資金繰予想においては、ベース・ケース(後述12-4-1)として資金不足を政府よりの無利息の資金援助により補填し、余剰資金が発生した時点で、その余剰金をもって返済する場合を想定した。なお、資金不足をカバーする追加中長期運転資金は上記メキシコ政府による資金援助の他、内外民間資金によってこれを調達しうることは言をまたない。

なお、日本においては、本件の如き鉄道建設に対しては、政府ないし地方公共団体より資金援助がなされるのが通常であり、参考までに実情を表Ⅲ-12-3により示した。

表Ⅲ-12-3 日本における鉄道建設補助方式

事業者	区分	補助方式
国鉄	大都市交通施設整備費補助金	大都市交通施設整備、増強のため当該建設費の30%を補助する。
民鉄	地下鉄建設の補助	大都市の地下鉄網整備のために、当該建設費の66%を国と地方公共団体が折半して6年間で分割補助する。
	ニュータウン鉄道建設費補助	公営、準公営によるニュータウン鉄道の建設に対しては、当該建設費の36%を国・地方公共団体が折半して4年分割で補助する。

12-3 営業収支

12-3-1 営業収入

営業収入の予測は運賃政策により左右されるが、本件計画作成に当ってはⅢ-3で得られた需要予測に基づき、また運賃を全線均一料金とし、3ペソ、4ペソおよび5ペソの各ケースについて、営業開始後15年間の営業収入見込を計算した。(表Ⅲ-12-4)

なお、実際にはこの他広告、宣伝料、貨賃料等による雑収入が見込まれるが本計算からは除外してある。

表Ⅲ-12-4 営業収入見込

年	年間延利用者数 百万人	年間営業収入		
		(3ペソ) 百万ペソ	(4ペソ) 百万ペソ	(5ペソ) 百万ペソ
1982	590	1,770	2,360	2,950
1983	701	2,103	2,804	3,505
1984	812	2,436	3,248	4,060
1985	923	2,769	3,692	4,615
1986	959	2,877	3,836	4,795
1987	995	2,985	3,980	4,975
1988	1,031	3,093	4,124	5,155
1989	1,067	3,201	4,268	5,335
1990	1,105	3,315	4,420	5,525
1991	1,141	3,423	4,564	5,705
1992	1,177	3,531	4,708	5,885
1993	1,213	3,639	4,852	6,065
1994	1,249	3,747	4,996	6,245
1995	1,287	3,861	5,148	6,435
1996	1,323	3,959	5,292	6,615

12-3-2 営業支出

営業支出は、各部門別に物件費と人件費を区分、それぞれについて、その構成諸項目に分類、各項個別積上計算による推定を行った。

部門別年間平均営業支出は表Ⅲ-12-5の如くである。

算定の基礎

輸送需要の増大を考慮に入れつつ、すべて1977年現在価格ベースで算定した。

通貨については、起業費の見積もりの場合と同様、1米ドル=23ペソ、1米ドル=250円をもとにすべてペソ建てで表示した。

表Ⅲ-12-5 年間平均営業支払

(単位 百万ペソ)

	1982-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1996
物 件 費	373	483	537	606
	319	412	467	518
人 件 費	365	420	427	450
	349	391	395	414
合 計 (A 案)	738	903	964	1,056
(B 案)	668	803	862	932

各項目共 上段=A案 下段=B案

人件費の算出に当って、賃金はメキシコ側との合意に基づき一人当り一率150,480ペソ/年間とした。

総務管理費は、物件費の場合各部門別物件費合計の10%、人件費については各部門別人件費合計の35%をベースとした。なお、メキシコ側から希望のあった人件費に係る総務管理費用を20%及び50%とした場合についても検討したが、ベース・ケースで仮定した35%の場合と比べて、その差は総営業支払の5%前後であり、損益および資金繰りに与える影響は少ない。

12-4 損益・資金繰り予想

本プロジェクトの損益・資金繰り予想については、いくつかのケースが考えられるが、まず最も標準的かつ適当と思われるケースを「ベース・ケース」として設定した。(付表Ⅲ-12-1)

12-4-1 ベース・ケース(ケース1)

(1) 前提 当初起業費(含建中金利): B案=207億ペソ(902百万米ドル)

追加起業費: B案=51億ペソ(224百万米ドル)

運賃: 4ペソ(通期均一料金)

営業支出についてもB案(表Ⅲ-12-5参照)を採用、人件費のうち総務管理費は各部門別人件費合計の35%とした。

コンテナンジェンシー、エスカレーションは考慮していない。

(2) 当初起業費は、直接工事費183億ペソ(796百万ドル)およびそれに係る建中金利24億ペソの合計額207億ペソ(902百万米ドル)である。これを建設期間3年(1979年~1981年)に亘り、均等に支出する。

当初起業費の調達は、前述(Ⅲ-12-2「資金調達計画」)のごとく、全額借入によることとするが、輸出金融は1979年~1982年の各年度均等に調達されるものとし、その返済は営業開始から半年後をオ一回とする20回半年賦払を行い、鉄道債(円債)については、マーケット

へのインパクト軽減を考慮し、1979年と1981年にそれぞれ50百万米ドル相当を東京市場で起債することを想定した。鉄道債の償還は各起債ごとにその償還 Schedule(5年据置5年間償還)にしたがって行われるものとした。またシンジケートローンは各々の当該年の輸出信用および円貨債により調達して、なお不足する部分全額をカバーするものとした。

営業開始後の追加起業費は総合資金繰りの中で賄う。営業開始後資金不足が発生した際は、その不足額全額につき、マシコ政府あるいは関係公的機関の資金援助(無利息融資)により補填されることとした。(なお、有利息の場合については後述)

(3) 損益収支については償却期間が比較的長期に亘るため、各年度ごとの償却負担が少なく、営業開始後3年目(1984年)より期間利益を計上できる見込みである。通期年平均純利益率は42%、各年度別に見ると表Ⅲ-12-6のごとく営業開始後、対営業収入純利益率は次第に上昇、1996年においては約60%に達する。(なお、本収支計画においては、税負担は考慮外とした。)

表Ⅲ-12-6 ベースケースについての諸財務指標

年	純 益	経常支出 (除 金融費用)	営業支出	人 件 費
	営業収入	営業収入	営業収入	営業支出
	%	%	%	%
1982	-39	69	28	52
1983	-13	59	24	52
1984	9	51	21	52
1985	24	50	22	49
1986	33	49	21	49
1987	42	47	20	49
1988	47	46	19	49
1989	51	45	19	49
1990	53	45	19	46
1991	55	44	19	46
1992	57	43	18	46
1993	58	42	18	46
1994	59	41	17	46
1995	59	41	18	44
1996	60	40	18	44
通期平均	42	46	20	48

(4) 一方、資金繰りは営業開始後5年間に亘り資金不足が発生、総額107億ペソに上る政府補助金(無利息)を必要とする。この補助金を6年目以降発生する余剰資金をもって返済すれば、営業開始後11年目(1992年)には完済可能であり、それ以後の余剰資金は本プロジェ

クト運営事業体の手許現金として累積され、1996年末の累積手許現金は170億ペソに達する。

本件「ベース・ケース」における対当初投資額、営業収益率（DCF15年ベース）は、10.2%となる。

12-4-2 その他のケース

上記ベース・ケースに対して、起業費、運賃等が変化した場合の損益・資金繰り予想は、付表Ⅲ-12-2～付表Ⅲ-12-4のごとくであるが、主要項目に係る各ケースの比較は表Ⅲ-12-7のとおりである。

ケース2

この場合は当初起業費としてA案(250億ペソ)ならびに追加起業費としてA案(72億ペソ)を採用、営業支出についてもA案(前述12-3-2)とする。それ以外の条件はケース1と全く同一とする。

この場合、損益計算における期間利益黒字転換はケース1より1年遅れて4年目(1985年)となる。また、営業開始後の資金不足を補うための政府関係機関融資は、所要年数が1年伸びて6年となり、その総額は165億ペソの巨額に達する。資金収支均衡点はケース1に比し2年延びて1994年となり1996年末における累積手許現金も77億ペソとケース1の半分以下となる。

(付表Ⅲ-12-2参照)

ケース3

当初起業費に関しては、12-1で述べたA案、B案があるが、この他立体交差工事費を除いた案(C案)を本項で検討した。これは本プロジェクトの土木工事関係の一部が政府の公共投資により施工されることを想定したものである。すなわち立体交差工事については、本来公共事業投資によりなされるべきとの考えからすると、一鉄道プロジェクトにのみ本費用を負わせる(究極的には運賃)べきでないとの視点から試算したものである。

C案はB案より立体交差工事部分(46億ペソ)を除いたものであり、当初起業費は161億ペソ(含建中金利)となる。この試算結果によれば、運賃を3ペソにしても、ケース1に比し期間黒字転換期は1年のみの遅れ(1985年)であり、政府関係融資金所要期間は6年、1996年末累積手許現金は74億ペソとケース2とほぼ同様であるが、政府関係融資金所要総額は94億ペソとケース1および2に比し大幅に減額される。したがってC案を採用した場合、運賃を3ペソとしてもなお、本プロジェクトは十分フィージブルと考えられる。(付表Ⅲ-12-3参照)

この様に当該鉄道建設費の一部を公共事業として政府が肩代りすることにより、あるいは12-2「資金調達計画」において述べたごとき当該事業体に対する政府補助金を支給することにより、営業開始当初より利用者の負担を軽減することが可能となる。

ケース4

これまで述べた諸ケースにおいては、営業開始後の資金不足は政府または公的機関の無利息融資により補填されるものと想定したが、「12-2 資金調達計画」において述べたごとく、追加中長期資金を民間資金(有利息)によって調達するケース、さらには政府資金と民間資金を組み合わせる方法も考えられる。

ここでは営業開始後の資金不足を8.75%p.a.の有利息資金により補填するケースを想定した。

表Ⅲ-12-7

	ケース1 (ベ-スケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
当初起業費	20,741百万ペソ (B案)	25,023百万ペソ (A案)	16,092百万ペソ (C案)	20,741百万ペソ (B案)	22,780百万ペソ 1982~1986 4ペソ {1987~1991 5ペソ 1992~1996 6ペソ}	20,741百万ペソ (B案)
運賃	4ペソ	4ペソ	3ペソ	4ペソ	35%	5ペソ
総務管理費(人件費)比率	35%	35%	35%	35%	35%	35%
エスカレーション	なし	なし	なし	なし	起業費・営業支出 につき毎年10% (1979年起点)	なし
ADD LOAN/SUBSIDY 金利	0%	0%	0%	8.75% p.a.	0%	0%
(I) 損益						
① 年平均純利益(通期)	1,765百万ペソ 42%	1,284百万ペソ 31%	954百万ペソ 31%	1,008百万ペソ 24%	1,122百万ペソ 21%	2,803百万ペソ 54%
② 年平均純利益/年平均営業収入	1984年 (3年目)	1985年 (4年目)	1985年 (4年目)	1985年 (4年目)	1985年 (4年目)	1983年 (2年目)
③ 期間利益黒字転換期 (同上営業開始後年度)	46%	55%	57%	46%	69%	37%
④ OPERATING RATIO (通期)						
(II) 資金繰						
① ADD LOAN/SUBSIDY 所要期間	5年	6年	6年	6年	6年	5年
② 同上総額(ピーク時残高)	107億ペソ	165億ペソ	94億ペソ	145億ペソ	172億ペソ	67億ペソ
③ 資金収支均時点 (=ADD LOAN/SUBSIDY 完済期)	1992年	1994年	1994年	1995年	1996年	1989年
④ 1996年末累積手許現金	170億ペソ	77億ペソ	74億ペソ	56億ペソ	10億ペソ	325億ペソ
付表	Ⅲ-12-1	Ⅲ-12-2	Ⅲ-12-3	Ⅲ-12-4	—	Ⅲ-12-5

(付表Ⅲ-12-4参照)

この場合、金融費用は著増(ベースケースに比し114億ペソ増加)し、収支を圧迫、通期年平均純利益率は24%に低下、黒字転換期も遅れる(4年目=1985年)。さらに有利資金の利息部分が元加される結果、追加借入金は145億ペソに増大、その返済所要期間も延びる等資金繰圧迫要因となるが、一応営業開始後14年目(1995年)には完済し、事業としては成立するものと考えられる。

1996年の累積手許現金は、このケース4の場合、56億ペソとケース1の約3分の1に、ケース2に比しても約7割に減少する。追加融資所要資金(145億ペソ)はケース1に比し38億ペソ増加するが、ケース2との対比では20億ペソ少ない。なお、本ケースは金利を8.75%p.a.として計算したが、仮にこれを政府の低利資金(或いは利子補給)に置き換えればさらに資金面の圧迫が軽減されることは明白である。

ケース5

これまでのケースにおける各年度ごとの起業費および営業支出は、いずれも1977年現在の価格に基づくものであり通貨価値の変動によるエスカレーションは考慮外としてきた。

このケース5では、インフレーションによるコストアップが本プロジェクトの損益収支および資金繰りに与える影響を調べるとともに、そのようなコスト増に対処するために必要となる運賃値上げについて試算したものである。

すなわち、起業費(含追加起業費)および営業支出について1979年を起点として、ケース1に対して毎年10%のインフレーションを想定した場合、当初起業費は228億ペソに増加(ケース1対比10%増)、総営業支出も357億ペソ(同約290%増)の巨額に達する。

かかるコスト増に対して運賃値上げを行い、営業開始後15年目で資金収支をほぼ均衡させるためには次のような運賃値上げが必要となる。

1982年～1986年(営業開始後5年間)4ペソ/人

1987年～1991年(5年間)5ペソ/人

1992年～1996年(5年間)6ペソ/人

なお、年率10%のエスカレーションをコスト面で指数化した場合、営業開始時100に対し、15年目は380に達する。しかるに運賃指数は、初年度(4ペソ)を100として15年目(6ペソ)は150に留まる。

ケース6

こゝではケース1の運賃を5ペソとして計算した。この結果、営業収支は開業2年目にして黒字となり、また資金不足額は67億ペソと他ケースに比し著しく少額に止まる。さらにこの不足額を外部より借入れた場合、この完済は開業して8年目(1989年)で実現される。

すなわち運賃を5ペソにした場合、営業収支面でもまたCASH FLOWの面でも負担が非常に軽減され、鉄道運営企業体が財務的に自立するのも早い時期に達成されることとなる。

13 経 済 評 価

13-1 経済評価の方法

本プロジェクトの経済評価に当っては、プロジェクトの経済的費用とプロジェクトの実施によって国民経済にもたらされる経済的便益を算出し、その結果をもとに内部収益率 (Internal Rate of Return = I.R.R.) を算出することによった。

13-2 費 用

別項にて検討を加えたプロジェクト総所要資金 (B案)のうち、金利および租税、賦課金に相当するものを除外し、これの年次別支出計画値を以って費用とした。

本項では各種経済的費用を単純化のため、固定設備および車両等の資本費用、同維持管理運転諸費用の両者に大別、事業計画における支出予定額をそのまま計上、シャドープライスは採用しないこととした。

プロジェクトの Right of Wayについては、本プロジェクトの場合廃棄された道床を復活利用するため実際の買収を伴わず、上記のプロジェクト総所要資金には含まれていない。しかしながら本経済評価においては、廃棄されたものとはいえ復活利用される道床他の用地権については経済的費用としてコスト計上されるべきものと考え、これを以下のごとくプロジェクト初年度 (1979年) に計上した。

	(総延長)	(平均幅)		
軌 道	77KM	× 15 M	=	1,155 千平米
駅				122
車両基地				750
計				2,027 千平米

(注)

$$2,027 \text{ 千平米} \times 500 \text{ ベツ} = 1,013.5 \text{ 百万ベツ}$$

(注) 土地価格は都心部において900ベツ/平米、当該鉄道の末端部分において250ベツ/平米と推定されるが、メキシコ郊外の平均的土地価格として一率500ベツ/平米と仮定した。

また、車両、駅舎等についてプロジェクトライフ経過後の残存価値 (Residual Value) として、プロジェクトライフ最終年 (1996年) 末の簿価 (10,521百万ベツ) をとり、これを1997年において費用項目より控除することとした。

18,316	百万ベツ	当初起業費 (除建中金利)
+	5,148	追加投資
+	1,014	Right of way
-	13,957	1996年末既償却額
10,521 百万ベツ		残存価額

13-3 便 益

鉄道輸送プロジェクトの経済的な便益としては、一般に以下のごときものが考えられている。

- (1) 新しい施設の利用者にとって輸送経費（運転経費+資本経費）が減少すること。
- (2) 既存施設を引き続き利用する者にとって混雑が緩和することにより(1)と同様輸送経費が減少すること。
- (3) 旅客あるいは物資の輸送時間が節約されること。
- (4) プロジェクト・エリアもしくは近隣の経済開発を刺激すること。
- (5) 事故および事故に伴う被害が減少すること。
- (6) 旅客の空間移動につき、快適性と便利性が增加すること。
- (7) その他、例えば排気ガス量の削減に伴う経済的便益

これら便益のうちの多くは定量化が困難であるほか、分析の対象とすべき基礎データの Availability にも限界があるため、本項の分析では、(1)および(3)を中心に検討することとした。

13-3-1 将来交通量

経済的な便益算出の基礎となる将来の予測交通量については別項で検討した。旅客数予測値に基づき各年次毎の総旅客輸送距離（人×km）を表Ⅲ-13-1のごとく算出した。

表Ⅲ-13-1 年度別総旅客輸送距離

	郊外鉄道による輸送予測		鉄道がない場合の車種別輸送量予測	
	年間延利用者数 (百万人)	総輸送距離 (百万人×km/年)	バス (70%) (百万人×km/年)	乗用車 (30%) (百万人×km/年)
1982 年	590	5,336	3,735	1,601
1983	701	6,363	4,454	1,909
1984	812	7,930	5,551	2,379
1985	923	8,417	5,892	2,525
1986	959	8,774	6,142	2,632
1987	995	9,131	6,392	2,739
1988	1,031	9,488	6,642	2,846
1989	1,067	9,845	6,892	2,953
1990	1,105	10,204	7,143	3,061
1991	1,141	10,556	7,389	3,167
1992	1,177	10,908	7,636	3,272
1993	1,213	11,260	7,882	3,378
1994	1,249	11,612	8,128	3,484
1995	1,287	11,964	8,375	3,589
1996	1,323	12,316	8,621	3,695

(注) 郊外鉄道の延輸送キロの内70%がバス、30%が乗用車よりの転換交通であるとした。

13-3-2 交通経費 (Traffic Cost)

本分析では、交通経費は、(1)走行経費、(2)固定経費、(3)時間経費の3つとし、事故等の費用は、不確定要因が大きく、かつ定量化についても困難なためこれを除外した。

なお、調査上の時間的制約もあり、以下に採用する諸々の基礎データの多くは、メキシコ当局の分析検討資料中より採用したものである。

(1) 走行経費

通常、バス・乗用車等の車両(=従来の輸送手段)の走行経費は、燃料費、オイル、タイヤ、維持および修理費用ならびに資本金の一部等より構成されるものと考えられるが、分析を本項の目的を損わない程度に簡略化するため、以下の方法により算出を試みることにした。

すなわち、本項の手法上は上記の諸項目から資本費に該当する部分を除外し、かつ燃料費を基礎として、その他の経費を燃料費の50%と仮定し、バス、乗用車の別に以下のごとく算出した。

	(ペソ/人 × km)	
	バス	乗用車
燃 料	0.008	0.287
そ の 他 (=燃料 × 50%)	0.004	0.144
総走行経費	0.012	0.431
(注) 平均乗車人数 (含運転手)	45人/台	1.5人/台
燃料当たり走行距離	3 km	6.5 km
燃 料	20%ガソリン	ガソリン
	80%ディーゼル	
燃 料 費	ガソリン 2.8ペソ/ℓ	
	ディーゼル燃料 0.65ペソ/ℓ	

(何れもメキシコ当局の調査・検討に基づくもの)

(2) 固定経費

走行経費同様、より精度の高い分析のためには固定経費を資本費の残部、人件費、間接費等に細分化のうえ検討すべきところであるが、(1)で除外された資本費を本項にて考慮し、人件費等は固定経費の対象から除外することにより、車両の購入価格(税引)を以って固定経費と考える簡便法の採用が可能となる。

分析の前提とした車両価格は下記の通り

	バス	乗用車
価格(税引)※1	890,330ペソ	101,568ペソ
耐用年数※2	7.5年	9年
年当り固定経費	118,711ペソ	11,285ペソ

※1 メキシコにおける輸入価格(課税前)

バス USS 38,710 乗用車 USS 4,416 を基礎に算定した。

※2 耐用年数は、わが国の税法施行細則に基づく、バス、乗用車それぞれの法定耐用年数の150%と仮定した。

(3) 時間経費

時間経費としては、(2)固定経費より除外された人件費(バス運転手等)を含め、バス運転手および乗客、乗用車運転手および乗客の全てについての時間価値を算出する簡略法を用いることとした。

ここにおいても、われわれは基本的にはメキシコ当局の用いている基礎データを採用するが、乗客全数について一律最低賃金である106ペソ/日を適用することは被乗数たる乗客数が大きいだけに、なお吟味の要ありと判断、以下の手法によるものとした。

すなわち、乗客全てが一率106ペソ/日の時間価値を有すと想定することは、やや非現実的であることから、乗客の乗車時の状況により、1)勤務時間、2)通勤時間、3)レジャーに大別し、それぞれに異なる時間価値を想定、さらに従来乗用車を利用していた旅客の時間価値はバスを利用していた旅客に比し相当程度高水準にあるものと判断、前者を後者の2倍の評価とした。

乗車目的の構成と車種別、目的別時間価値は以下のとおりである。

	目的別構成	時間価値	
		バス	乗用車
1) 勤務時間	25 %	13.25ペソ/時	26.5ペソ/時
2) 通勤時間	50 %	6.625 (= 1)×1/2)	13.25
3) レジャー	25 %	2.65 (= 2)×1/2)	5.30

なお、両車種の運転手の時間価値については、それぞれの乗客と同一と想定した。(乗用車については「Owner driverの時間価値」=「バス乗客の2倍の時間価値」、あるいは被雇用運転手の場合は同乗車(=雇用者)は上の想定値以上の時間価値を持つものと考えられ、両者間の平均として上の想定が得られる一方、バスの運転手については乗客数多数(平均44名/1台)のため乗客の時間価値と近似平均化されるもの)。

(4) トラフィック・コスト

以上の(1)~(3)の各項目にて算出した車種別のトラフィック・コストは次表の通り

	バス	乗用車
走行経費 (ペソ/人 × km)	0.012	0.431
固定経費 (ペソ/台 × 年)	118,711	11,285
時間経費 (ペソ/人 × 時)	7.288	14.575

さらに時間経費を走行距離(人×km)当りに換算するため各車種の平均時速を、バス15km/h、乗用車30km/hと想定(メキシコ当局採用値)、同項を以下のごとく換算した。

	バス	乗用車
時間経費 (ペソ/人 × 時)	7.288	14.575
同上 (ペソ/人 × km)	0.486	0.486

上記の経費を鉄道の同単位当りの経費(平均時速53km/hとして算出)と比較対比することにより、鉄道建設の結果生ずる時間経費節減効果を測定することが可能である。

	バ ス	乗 用 車
道路時間経費 (ベソ/人×km)	0.486	0.486
- 鉄道 " (")	0.138	0.275
時間経費節減額 (ベソ/人×km)	0.348	0.211

同様に固定経費についてはバス・乗用車共1日8時間走行することとし、限界的な輸送が鉄道にシフトされると仮定した場合の車両購入価格/耐用年数を旅客人×kmに換算した。

	バ ス	乗 用 車
(イ) 固定経費 (ベソ/台×年)	118,711	11,285
(ロ) 旅客輸送距離 (人×km/台×年)	15km/h×8h×365d×45人	30km/h×8h×365d×1.5人
(イ)÷(ロ) 固定経費 (ベソ/人×km)	0.060	0.086

13-3-3 経済便益

前項より鉄道建設に伴う経済便益を各車種別の交通経費節減効果として次のごとく算定することができる。

	バ ス	乗 用 車
(1) 走行経費節減 (ベソ/人×km)	0.012	0.431
(2) 時間経費節減 (ベソ/人×km)	0.348	0.211
(3) 固定経費節減 (ベソ/人×km)	0.060	0.086
合 計 (ベソ/人×km)	0.420	0.728

但し、先にも述べたとおり、ここで定量化が試みられた便益は、プロジェクト完成がもたらすと期待される便益のうちのごく一部についてのみに過ぎず、したがって上の効果のみをもってしてプロジェクトの便益と断ずることは早計かつ危険なことと云わねばなるまい。

13-4 内部収益率

以上1~3項より内部収益率 (Internal Rate of Return) を求めた結果は以下のごとくとなった。

$$IRR = 13.2 \%$$

この結果は、上述3-3の事情に加え、便益の分析に当たって Conservative な Approach を基本に進めてきた分析手法からしても、上に得られた結果は極めて安全度が高く、かつ十分に満足すべき値と考えることができる。したがって、本プロジェクトは経済的側面においても Feasible であると結論することができる。

以上、われわれは本プロジェクトの実施が国民経済にもたらす経済的便益(1)~(7)のうち(1)および(3)の両点を中心に分析を進めてきたが、これら以外の便益についても劣らず重要なものであり、プロジェクト実施による経済的便益はこれまでに検討した以上に大きなものと判断することができる。

さらに、われわれはこれまで評価の対象を経済的便益に限ってきたが、プロジェクト実施による便益は単に経済的便益に止まらず、排気ガスの減少もしくは増加の抑制、騒音公害の減少もしくは予防、地域社会間の交流促進、社会構造の変化、経済発展の地域間均質化等の社会的便益についても看做し得ざるものがありプロジェクトの総合評価においては十分なる評価を与える必要があるものと判断される。

表 III-13-2 内部收益率 (IRR)

	Costs				Benefits				Benefits - Costs	D.I. 13% p.a.	Present Value	D.I. 14% p.a.	Present Value	
	Initial Capital Cost	Additional Investment	Operation and Maintenance	Total	Total transport distance (million km-per./year)	Travelling cost reduction	Time cost reduction	Fixed cost reduction						Total
1979	million pesos	million pesos	million pesos	million pesos		million pesos	million pesos	million pesos						
	*7,117			7,117					Δ7,117	1.0000	Δ7,117	1.0000	Δ7,117	
1980	6,104			6,104					Δ6,104	.8850	Δ5,402	.8772	Δ5,354	
1	6,108			6,108					Δ6,108	.7831	Δ4,783	.7695	Δ4,700	
2		505	665	1,170	5,336	735	1,638	362	2,735	.6931	1,085	.6750	1,056	
3		505	667	1,172	6,363	876	1,953	431	3,260	.6133	1,281	.5921	1,236	
4		505	670	1,175	7,930	1,092	2,434	538	4,064	.5428	1,568	.5194	1,501	
5		803	803	1,606	8,417	1,159	2,583	571	4,313	.4803	1,300	.4556	1,233	
6		231	804	1,035	8,774	1,208	2,693	595	4,496	.4251	1,471	.3996	1,383	
7		231	804	1,035	9,131	1,257	2,802	620	4,679	.3762	1,371	.3506	1,278	
8		231	804	1,035	9,488	1,346	2,912	644	4,902	.3329	1,287	.3075	1,189	
9		231	804	1,035	9,845	1,356	3,022	668	5,046	.2946	1,182	.2697	1,082	
1990		601	860	1,461	10,204	1,405	3,132	692	5,229	.2607	982	.2366	892	
1		195	861	1,056	10,556	1,454	3,240	715	5,409	.2307	1,004	.2076	904	
2		195	862	1,057	10,908	1,502	3,348	739	5,589	.2042	925	.1821	825	
3		195	864	1,059	11,260	1,551	3,456	764	5,771	.1807	851	.1597	753	
4		195	865	1,060	11,612	1,599	3,564	788	5,951	.1599	782	.1401	685	
5		331	932	1,263	11,964	1,647	3,672	812	6,131	.1415	689	.1229	598	
6		195	933	1,128	12,316	1,696	3,780	835	6,311	.1252	649	.1078	559	
7	**									.1108	1,166	.0946	995	
				Δ10,521					10,521		291		Δ1,002	

$$IRR = 13 + \frac{291}{291 + 1,022} = 13.2\%$$

Notes: * Includes 1,014 million pesos for Right of Way.

** Deduction of residual value.

14 教育訓練計画

14-1 教育訓練の基本方針

職員の教育訓練は鉄道の進歩と発展の基幹である。管理者、フォアマンおよび一般職員に対して一定の体系と方法を通じて計画的、組織的に実施することが必要である。また教育訓練は、職員の業務遂行に関する能力、意欲の向上をはかるための職員管理の一環をなすものである。すなわち鉄道運営の基盤をなす職員に対し、鉄道輸送業務の重要性と、職員としての責務を認識させるとともに、技術力の向上と新技術の導入、発展に即応した知識と技能を修得させることを目的としている。

特に本近郊鉄道においては、各部門にわたり広汎に新技術を導入して、大量、高密度の輸送を期するものであり、この鉄道の運営を円滑に行うため、職員に対し技術教育を中心とした教育訓練を計画的に行うことが重要である。

14-2 必要とする教育訓練

教育訓練の実施に当っては、一般には次のような場合に対応して行うことが必要である。

- (1) 新規採用を行うとき。
- (2) 昇職、補職の予定があるとき。
- (3) 職務内容に変更があるとき。
- (4) 機械、車両、施設等が改良されるとき。
- (5) 作業方法が変更されるとき。
- (6) 新技術が導入されるとき。
- (7) 規程の制定、改廃のあるとき。
- (8) 職務上の知識、技能について特に補習を必要とするとき。

次に主な教育について述べる。

14-2-1 新規採用者教育

新規採用者には、鉄道業務の使命、各自の職責等を十分認識させ、各職場において自信をもって業務に従事しうするため必要な基礎教育を行うものである。

14-2-2 管理者教育

管理者は業務の計画的推進能力と部下職員の指導能力を発揮しなければならない。このため経営管理、近代化等に関する教育を常に先行、充実して実施する必要がある。

14-2-3 フォアマン教育

業務の円滑な遂行をはかるうえで、実務の中心的存在であるフォアマンの役割は大きく、フォアマンが技術的に、また自信をもって指導能力を発揮できるような専門技術、指導技能、安全に関し充実した教育を実施する。

14-3 教育訓練計画

本近郊鉄道は、各分野にわたり多くの新技術を導入するので、諸設備の円滑な活用をはかるには、管理者、フォアマン、一般職員各層の技術がそれぞれ充実されなければならない。特に管理者、フォアマンの層に対する教育訓練を充実することにより優秀な指導者の養成を実施することに成功するならば、彼等を核とし、これに十数倍する良質の一般職員の養成が可能となる。

14-3-1 教育訓練の方法

各部門ごとに管理者、フォアマンすなわち指導者を養成し、それら指導者が一般職員を養成する伝播教育方式をとる。

(1) 管理者教育

大学卒業程度の専門知識を有する者で、教育資料作成に十分な能力があり、教育に関し指導能力がある者を、できるだけ鉄道業務に経験のある者の中から選抜して、教育を実施する。特に鉄道業務に関する経験ある人材を確保することは教育の能率化の重要なポイントである。

机上教育、メーカーでの研修、本計画協力国での研修を行うことにより教育効果を高めることが必要である。

(2) フォアマン教育

高等学校卒業程度の知識を有する者で、一般職員の教育に対し十分な指導能力を有する者を、できるだけ鉄道業務に経験ある者の中から選抜して、教育を実施する。

一般教育訓練対象者の核となるべきフォアマンに対して、乗務員、車両検修、保線、電力、信号、通信等各専門分野ごとに行う教育である。

机上教育、各種機器の製作メーカーに派遣または講師を招いての研修のほか、シュミレーターまたは建設期間中の機器について実物教育を行う。必要とすれば、本計画協力国での研修を加える。

また現存する鉄道機関の協力をえて基礎的研修を行うことができれば効率的であろう。

(3) 一般職員教育訓練

一般職員に対する教育訓練は、上記の指導者が行うこととし、机上教育はもちろん、実習を行うことによって教育効果を高める。

特に列車運転の実務訓練、設備の検査、修繕に関する技術を充実させるため、指導者は建設期間の後期は、実物について新技術の吸収、設備機器に習熟する必要がある。

14-3-2 教育訓練内容

管理者、フォアマン等指導者に対し、次のような内容の教育を実施する。

- (1) 各専門別理論。
- (2) 各専門別管理業務。
- (3) 各専門別検査技術、補修技術。
- (4) 安全管理、事故処理。

特にフォアマンは、各専門分野について次の項目に習熟することが必要である。

- (1) 運転（電車、信号保安、運転技術等）
- (2) 軌道（検査システム、保守機器等）

- (3) 変電（交流き電設備，遠方制御設備等）
- (4) 電車線路（支持物，電車線路，付属設備等）
- (5) 信号・通信（軌道回路，継電回路，A T C等）
- (6) 車両検査，修繕（電車構造，検査・修繕機器，作業工程等）
- (7) 駅設備（自動出改札機器類，エスカレーター等）

14-3-3 教育期間

教育期間については，それぞれの層について，少なくとも4～6カ月を必要とする。

したがって本近郊鉄道の開業の少なくとも6カ月前に，教育訓練の実務教育の場としてのモデル線（短区間）を完成し，ここにおいて列車運転，車両検査，電化について，また信号・通信，軌道等の検査，保守に関する教育を行うことが必要である。

•