

1-3 評価方法

(1) 投資費用差

1) WITH THE PROJECT

建設工事費（車両費を含む）に移転項目（税金……中国側より国内資材に含まれる税金は5%との説明あり）の調整を行い、経済価格を算出する。

算出方法は下記の通りである。

経済価格 = 内貨人件費 + 内貨材料費 × t + 外貨材

$$t = 1/1.05 \text{ (税金調達)}$$

- 注： 1. 中国の所得税法では、月 800元以下の個人所得に対しては課税されないので、本プロジェクト建設に従事する人の賃金（上海市の平均賃金と同等と考える……77元/月）に対しては、税金を考慮しない。
2. 予備費は各投資項目に含めた。
3. 本プロジェクトの資材輸入に対しては、関税は課せられない。

以上の手順により、表 3-7-3の建設工事費年区分表を基とし、経済価格で調整した建設期間中の年度別投資額を表 4-1-2を示す。

表 4-1-2 建設期間中の投資額(経済価格)

(単位 万元)

項目 \ 年度	1986	1987	1988	1989	1990	1991
用地	1,743	943	1,868	838	947	0
土木、その他	5,262	30,081	35,912	35,353	27,364	22,606
信号、通信	0	0	0	0	1,330	9,370
車両		0	0	0	0	29,223
総係費	350	1,551	1,890	1,810	1,482	3,061
合計	7,355	32,575	39,670	38,001	31,123	64,260

2) WITHOUT THE PROJECT

① バス、自転車への投資

トロリーバスは、既に設備能力の限界まで運行されており、複線化は道路の狭隘等のため物理的に困難である。また、バスへの投資のほうが経済的であることから、今後の需要増加分は全てバスで賄なうこととした。

a) 車両への投資コストの算出方法

車両への投資コスト = 所要車両台数 × 経済価格による車両単価

b) 車両の経済価格の算出方法

バス、自転車の経済価格 = バス、自転車の市場価格 × 1/1.05

バスの経済価格 = 6万円/台 × 1/1.05 = 63,000元/台

自転車の経済価格 = 175元/台 × 1/1.05 = 167元/台

c) 所要車両台数の算出

バスの台数は地下鉄計画の最大断面輸送量より自転車からの転換分を差し引いて算出する。(附属資料-11参照)

バスの年度別所要在籍車両数を図 4-1-3に示す。これによる主要年度におけるバスの必要台数は以下の通りとなる。

年 度	A 案	B 案
1991年(末)	580 台	441 台
2013年	2154 台	789 台
2020年	2630 台	961 台

注：自転車の台数は地下鉄へ転換する旅客の片道分を計上する。

② バスの車庫用地への投資

バスを運行するためには、バスを収容する車庫が必要となる。車庫スペースを取得する経費の算出は以下の通りである。

用地代 = 用地単価 (元/㎡) × 1台当たりの必要面積 (㎡/台) × バスの台数

用地単価 = 51元/㎡

1台当たりの必要面積 = 240㎡/台

車庫用地への投資は、毎年行われるのではなく、将来のバスの増加を見込んで、まとめて投資されるものとする。更に土地の取得には、1年間かかるものとし、下記のとおり必要となる年度の前年に投資されるものとする。(図 4-1-3)

表 4-1-3 バスへの投資パターン

投資年度	A 案	B 案	対象期間
① 1991年	1582 台分	565 台分	1991~2001年分
② 2001年	572 台分	202 台分	2002~2012年分
③ 2012年	476 台分	194 台分	2013~2020年分

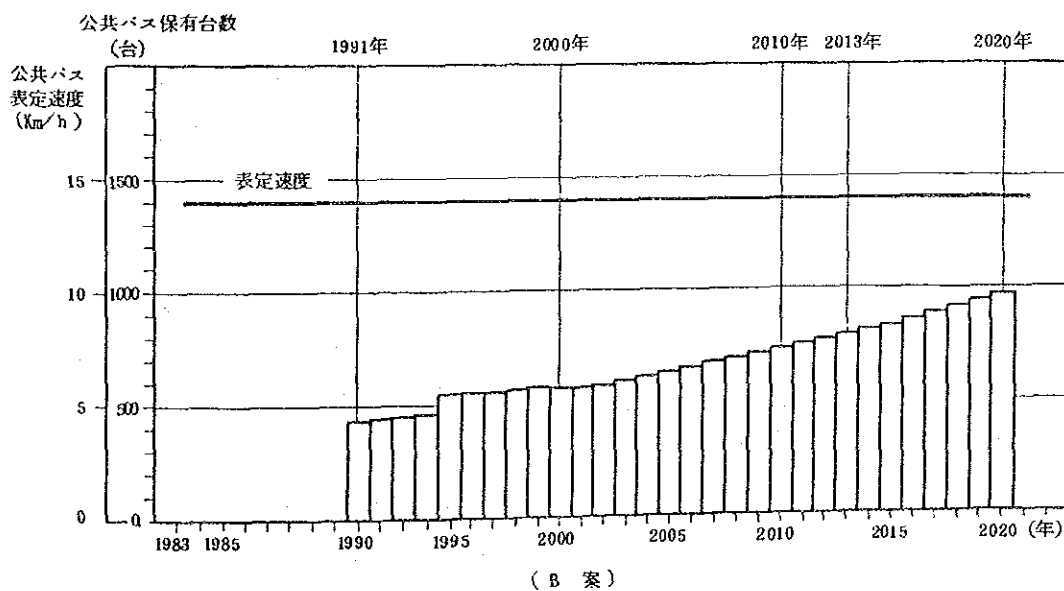
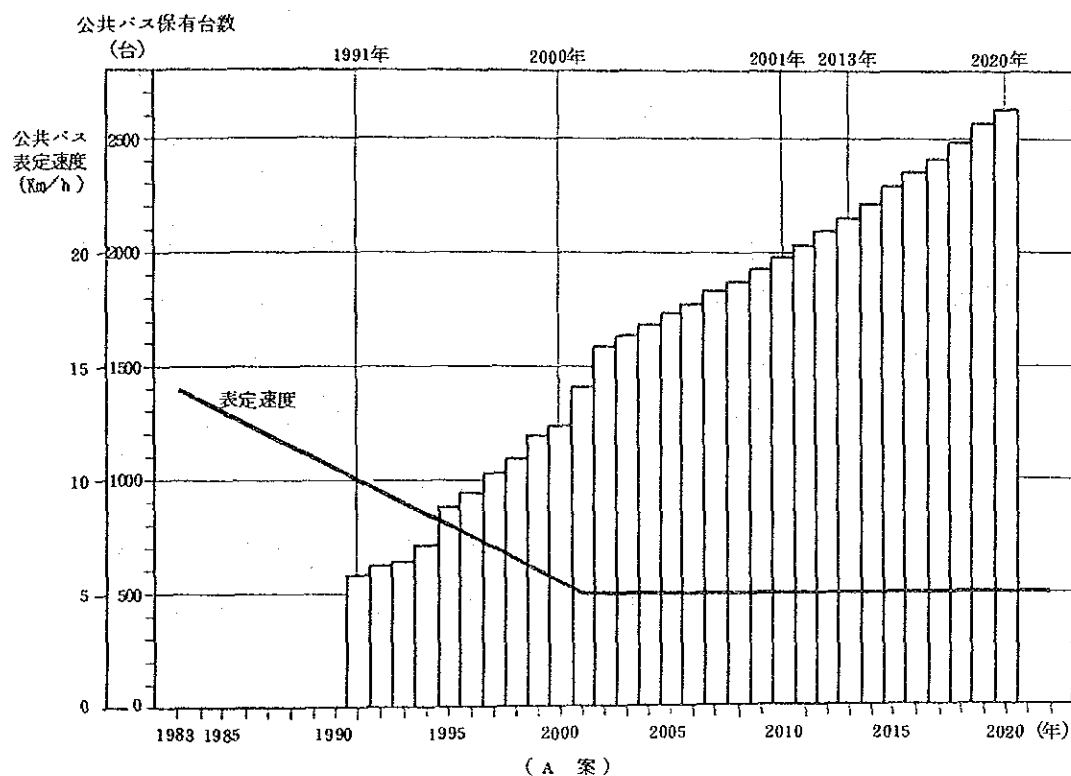


図 4-1-3 バスの年度別在籍車両数

③ バス関連建物への投資

バスを運行するためには、運営管理を行うための管理棟、検修工場、機械工場の建物及び職員用住宅等が必要となる。これらの施設については、中国でのバス1台当たりの建物面積を基に推定した。

$$\text{建築費} = \text{建築単価 (元/㎡)} \times 1 \text{ 台当たりの建物面積} \times \text{バスの台数}$$

$$1 \text{ 台当たりの面積} \quad 42 \text{ ㎡}$$

$$\text{㎡当たりの建築費} \quad 500 \text{ 元/㎡}$$

なお、投資の時期及び投入方法は、前②項と同じ方法による。

④ 機械設備費

バスを運行するためには、更に、検修工場内における機械設備、ガソリン給油設備その他の施設等が必要となる。これらの費用を投資として算出した。

$$1 \text{ 台当りの設備費} \quad 8.0 \text{ 万元 (中国側ヒアリング)}$$

なお投資の投入時期及び投入方法は、②項と同じ。

⑤ 道路拡幅費

所要道路面積に対し、家屋の移転費用と工事費を見込んだ下記の改良単価を乗ずる。

$$\begin{aligned} \text{改良単価} &= 6,000 \text{ 元/㎡ (家屋の取り壊し、新規住宅の提供)} \times 1.03 \text{ (工事費を含む)} \\ &= 6,200 \text{ 元/㎡} \end{aligned}$$

(2) 維持運営費差

地下鉄が建設され営業が開始された際には、維持・運営費が必要となる。一方地下鉄建設がなされなかった場合、バスの運営においても同様に維持・運営費が必要となる。ここでは、両者に必要な費用を年度毎に比較し、地下鉄建設が実行された場合に節約される費用を便益として算出する。

1) WITH THE PROJECT

地下鉄の維持・運営に係わる費用

① 人件費

地下鉄運営に必要な1年間の人件費

$$= \text{職員数} \times \text{平均月収} \times \text{実質1人当たりの所得増加率} \times 12 \text{ 箇月}$$

$$\text{平均月収} \quad 77 \text{ 元 (上海市平均月収)}$$

$$\text{実質1人当たりの所得増加率} \quad 5.2\% \text{ p.a. (表 2-4-4参照)}$$

② 動力費（電力費）

年間動力費＝Σ需要目的別使用電力量×需要目的別電力経済価格

電力費は電車の運転に使用されるものと、空調、照明等の付帯用に使用されるものに分類できるが、各年間使用電力量は表 3-6-7による。

電車の走行及び空調、照明以外の動力の電力料金の経済価格は、大工業用電気料金を、空調、照明電力は、民生用の電力料金を基準とした。料率は下記の通りである。*

電車及びその他動力の経済価格 0.058 元/Kwh

空調、照明の経済価格 0.200 元/Kwh

* 水利電力部からのヒヤリングによる

③ 維持費及び取替費

地下鉄設備の維持管理費及び取替費の算定は、中国国鉄の維持費のデータを基にして維持率を算定する。データの不足分については、日本国有鉄道の資料を参考にした。

償却資産維持費＝維持率×償却資産の投資価格

取替資産維持費＝1 ÷耐用年数×維持率×取替資産投資価格

取替資産取替費＝1 ÷耐用年数×取替資産投資価格

主要資産の維持率と耐用年数は表 4-1-4の通り

表 4-1-4 主要資産の維持率と耐用年数

項目	資産内容	維持率	耐用年数	資産種類
土木工事	路盤 トンネル 軌道 建物 駅舎(地下)	0.000468	57	償却
		0.000468	90	〃
		0.051129	25	取替
		0.006669	70	償却
		0.006669	70	〃
電力	変電所 電車線 電灯電力	0.000936	20	〃
		0.0250211	45	取替
		0.0375316	30	〃
信号通信	信号設備 信号線 軌道回路 通信設備 通信線	0.02457	15	償却
		0.0328685	35	取替
		0.0605475	19	〃
		0.02457	15	償却
		0.0355679	35	取替
車両	電車	0.015	20	償却
機械設備	機械設備 電気設備	0.0351	20	〃
		0.06669	35	〃

2) WITHOUT THE PROJECT

バスの維持・運営に係わる費用は、以下の通り。

① 人件費

バスの運営に必要な年間の人件費は以下の通り算出する。

$$\text{人件費} = \text{バスの台数} \times 1 \text{ 台あたりの職員数} \times \text{平均月収} \times \text{実質1人あたり所得増加率} \\ \times 12 \text{ 箇月}$$

1台あたりの職員数は、1984年の公共交通の在籍者を総車両数で割って算出する。

(第II編 第2章2節 参照)

$$\frac{52,000 \text{ (人)}}{4,703 \text{ (台)}} = 11 \text{ 人/台}$$

② 動力費

上海市におけるバスの殆どが、ガソリンエンジンを使用している。従って、バスにおける年間動力費は以下の通りになる。

$$\text{動力費} = \text{年間車両} \text{ }_{\text{台}} / \text{台} \times \text{ }_{\text{台}} \text{ 当たりガソリン使用量} \times \text{ガソリン経済価格} \times \text{バス台数}$$

$$\text{年間車両} \text{ }_{\text{台}} \quad 63,510 \text{ }_{\text{台}}$$

$$\text{ガソリンの経済価格} \quad 0.76 \text{ 元/} \text{ }_{\text{lit}} \text{ (中国の自由市場における価格により算出)}$$

$$\text{ }_{\text{台}} \text{ 当たりのガソリン使用量} \quad 0.4 \text{ }_{\text{lit}} / \text{Km}$$

③ 維持費

a. バスの車両維持費及び付帯設備の維持費

○ 年間バス車両維持費

$$\text{車両維持費} = (\text{車体維持費} + \text{タイヤ取替費}) \times \text{バス台数}$$

$$\text{車体維持費} \quad 2,300 \text{ 元/台}$$

$$\text{タイヤ取替費} \quad 9,545 \text{ 元/台}$$

○ バス付帯設備の年間維持管理費

バス管理棟、検修工場、機械工場、職員住宅等に、それぞれの維持率を掛けて算出する。維持率は日本の例を使用した。

$$\text{バス管理棟、住宅等維持費} = \text{建築費} \times 0.00669$$

$$\text{検修工場、機械工場維持費} = \text{設備費} \times 0.0351$$

b. 道路維持費

日本の事例を参照とし、10年毎に道路表層部分の打ち替えの追加を道路の拡幅面積に

対し行うものとする。

道路（車道）補修費 60元/m²・回

(3) 時間節減便益（その他便益）

道路交通に要する乗客の総所要時間と、地下鉄に要する乗客の総所要時間の差に 1時間当たりの乗客の時間価値を乗じて算出する。

① 表定速度

地下鉄 32km/h

バス 14km/h 但し A案では交通渋滞により年率0.5Km/h の減少率で 5km/h まで低下する。

自転車 10.2Km/h

② 1人当たりの実質所得伸び率 5.2% p.a. (表 2-4-4 に準拠)

③ 時間価値 0.264 元/時・人

乗客の時間価値については以下の通り算出する。

$$\text{時間価値} = \frac{\text{上海市の勤労者月平均給与} \times 1}{\text{月平均労働時間}} \times \text{非労働時間調整値}$$

月平均給与（上海市） 77元

月平均労働時間 204時間……………a.)

非労働時間調整値 0.7 ……………b.)

a.) 月平均労働時間の算出方法

$$\begin{aligned} \text{月平均労働時間} &= \frac{[365日 - 7日(記念日) - 52(日曜日)] \times 8 \text{ 時間/日}}{12ヶ月} \\ &= 204時間 \end{aligned}$$

b.) 非労働時間調整値の算出方法

$$\text{非労働時間調整値} = \text{勤労時間比} + [1 - \text{勤労時間比}] \times 1/3 \quad * 2$$

○ 勤労時間比

$$\text{勤 勞 時 間 比} = \frac{1 \text{ 週間の純勤労時間 (47.07)}}{1 \text{ 週間の活動時間 (84)}} = 0.56$$

○ 1 週間の純勤労時間

$$1 \text{ 週間の純勤労時間} = \frac{48時間 \times (365日 - 7日)}{365 \text{ 日}} = 47.07$$

○ 1 週間の活動時間

1 日の半分は活動しているものとする。

$$1 \text{ 週間の活動時間} = 12 \text{ 時間} / \text{日} \times 7 \text{ 日} = 84 \text{ 時間}$$

$$\therefore \text{非労働時間調整値} = 0.56 + (1 - 0.56) \times 1/3 = 0.7$$

故に、乗客 1 人当たりの時間価値は、

$$\text{時間価値} = \frac{77 \text{ 元}}{204 \text{ 時間}} \times 0.7 = 0.264 \text{ 元} / \text{時間} \cdot \text{人}$$

注：* 1 時間価値として、勤労者の実質所得を対象とする場合以外に、政府への上納金、福利厚生費等を含んだ名目所得を対象とする場合が考えられるが、ここでは算定結果を厳しく評価することを考慮し、前者を採用した。

* 2 一般に非労働時間についても全く価値がないものと考えず、勤労への準備時間として勤労時間の何割かの価値を持っていると考える。ここでは勤労時間の価値の 1/3 と想定する。（ハンス A アドラー著「交通プロジェクトの経済評価」参照）

上記各項にもとづく WITH/WITHOUT の条件比較は表 4-1-5 のとおりである。

表4-1-5 WITH/WITHOUT の条件比較表

項 目	地 下 鉄		公 共 バ ス			
	WITH		WITHOUT A 案		WITHOUT B 案	
	1991年末	2013年末	1991年末	2013年末	1991年末	2013年末
営業距離	13.5Km	13.5Km	13.5Km	13.5Km	13.5Km	13.5Km
ピーク最大輸送人員	35,450人	62,423人	33,642人	60,113人	33,642人	60,113人
同上乗車効率	* 90%(156%)	* 88%(150%)	120%	120%	120%	120%
ハンドルタイム	8時間	8時間	8時間	8時間	8時間	8時間
最混雑 1時間当たり片道回数	22回	30回	192回	344回	192回	344回
車両数	138両	248両	580台	2,154台	441台	789台
定 員	1,760人(6両)	2,360人(8両)	146人	146人	146人	146人
表 定 速 度	32Km/h	32Km/h	10.5Km/h	5Km/h	14Km/h	14Km/h
所 要 時 間	24分	24分	77分	162分	58分	58分
両端折返し時間	9分30秒	6分	4分	4分	4分	4分
車両耐用年数	20年	20年	7年	7年	7年	7年

* () 内は日本の算定方式による。

1-4 分析の結果と評価

(1) 経済内部収益率

前項の各パラメータを利用して1-1節の式により経済内部収益率を算出する。

道路改良を考慮しない A案では大量のバスの増備を必要とし、更に時間節減便益も大となるので経済内部収益率は 8.7%となり、地下鉄の建設は明らかに必要である。

道路改良を考慮した B案でも 2.9%となり、道路改良よりも地下鉄建設によった方が国民経済的に有利であることが証明された。

(2) 間接便益

経済内部収益率のごとく計算可能な因子以外に地下鉄には下記のごとく質的に大きな便益がある。

① 快適性

今回の地下鉄には、冷房装置が取付けられており、冷房のないバス、自転車に比べてはるかに快適である。従って、通勤後職場に到着した段階での疲労度は相当に軽減されるので、仕事の能率の向上につながると思われる。

② 公害の防止

バスの動力源は、ガソリンであり、排気ガスにより公害問題に直接結びつくのに対して地下鉄動力源は電気であり、この心配は皆無である。

③ 交通事故の減少

地下鉄ができることにより、道路交通量が緩和されるので、交通事故の減少が想定される。

④ 地域発展の波及的効果

地下鉄の駅付近を中心に、商工業企業の誘致が容易となり、地域発展効果が期待できる。

以上経済内部収益率に現れない便益を考慮した場合、本プロジェクトは、十分実行に移す価値が在るものと判断する。

(3) 感度分析

なお、本プロジェクトの建設コストが10%増加したことを想定して感度分析をおこなった場合、経済内部収益率はA案で 8.0%、B案で 2.1%となる。従って多少のコスト上昇があっても、国民経済上、本プロジェクトはなお優位の立場にある事は変わらない。

第2章 財務分析

財務分析の目的は、経済分析において国民経済的な立場から、フィージブルであることが検証された本計画を、財務的見地から分析することにある。

快速鉄道南北線は、事業体として設立、運営されることになるが、本計画は市内交通の混雑緩和と、地域経済の発展に寄与することを主たる目的としており、利潤を追及するものではない。従って、ここでは財務的観点から本計画が、公益事業として建設・運営するために必要な指針を示すこととする。

更に、本計画は投下資本が巨額なので、資金調達が極めて重要な要素である。また、資金調達方法により収益性が大きく左右されるので、資金調達方法についても考察する。

2-1 分析の指標

具体的には以下の諸点を検討することとする。

(1) 内部財務収益率の推定を行い、本計画の収益性を分析する。

内部財務収益率については、全投資額に対する投資効率を示す内部収益率(ROI…RETURN ON INVESTMENT)と、自己資本に対する投資効率を示す内部収益率(ROE…RETURN ON EQUITY)とがある。ROI 及び ROE の算出式は以下の通りである。

$$\sum_{t=0}^n \frac{N_t}{(1+i)^t} = 0$$

N_t : t年度のCASH FLOW

i : 内部収益率

t : 地下鉄建設開始年度(1986年)よりの経過年数

n : プロジェクトライフ(年)

注:

ROE の CASH FLOW	ROI の CASH FLOW
資金余剰 -) 資本金 CASH FLOW ROE	資金余剰 +) 返済金 +) 金利 -) 資本金 -) 借入金 CASH FLOW ROI

- (2) DEBT SERVICE COVERAGE RATIO(D.S.C.R)を算出し、本計画実施に必要な資金調達に伴う資金繰り(CASH FLOW)上の債務返済余力を検討する。

D.S.C.Rは、毎年の償却前利益から、取替工事に関わる追加投資を控除し、借人に関わる支払利息を加えたものを毎年の長期借入にかかわる元本返済と支払利息の合計で除したものである。D.S.C.Rは、金融債務返済能力を示す指標であり、借入期間中1.0を上回る必要がある。もしそれが困難であれば、借入期間中累積ベースで1.0を上回る必要がある。

D.S.C.Rの算出方法を式で示すと以下の通りである。

$$D.S.C.R = \frac{\text{償却前利益} - \text{取替工事費} + \text{支払金利}}{\text{借入金返済額(元本)} + \text{支払金利}}$$

- (3) 損益計算書を作成して、事業体運営のための指針とする。

なお本計画は上海市で最初の地下鉄建設計画であり、運賃水準については未定である。

従って、ここでは本計画実施及び運営に最低限必要と思われる運賃水準について検討する。

2-2 財務分析のための主要前提条件

財務分析において、プロジェクト全体に関わる前提条件は、表4-1-1に示したものに、以下を加える。

- 使用価格は市場価格とする。
- 関税は免税扱いとなる。
- ATO、自動改集札装置は、プロジェクト期間中の累積赤字が解消しうる見込みの後の投資とする。

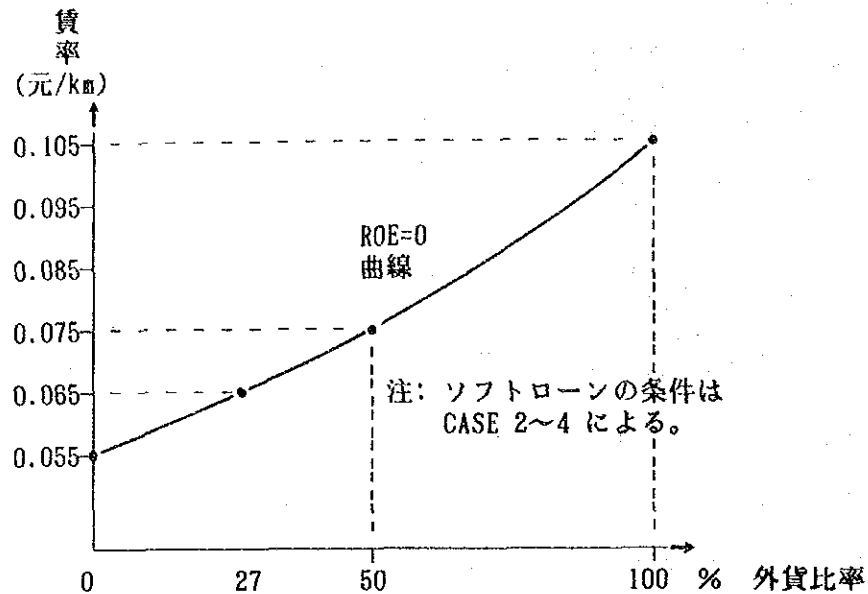
2-3 分析の方法

建設資金は、内貨分は出資、外貨分は借入資金によって賄われるものとするので、支出の中では外貨のみが元金の返済となって現れる。分析に当たって外貨はソフトローンによるものとし、外貨の各種比率を考える。これに対応する貸率も種々変化させて、ROE=0を満足する損益分岐点の曲線を求めると、図4-2-1のようになる。

その結果は、建設資金の全額を政府出資によっても、現在の中華人民共和国の所得水準、及

びバス運賃との均衡を考慮すると、なお割高な賃率(ROE=ROI となり損益分岐点0.055 元/km)を設定しないと投資採算がとれないことが解った。

図 4-2-1 外貨比率による ROEの損益分岐点



よって借入資金は最小限に押さえるものとし、輸入資機材に必要な外貨分に限定して分析することとした。

具体的な分析の順序としては、まず損益計算書を作成し、それに基づき資金繰表を作成の上、内部収益率を算出する。

(1) 損益計算書作成の前提

以下の手順及び前提条件に基づき、地下鉄建設後に予想される収入と費用を求め損益計算書を作成する。

1) 地下鉄運賃収入

本地下鉄の運賃水準を設定するに当たり外貨比率27% (第Ⅲ編7-1節参照) に対応する普通客及び定期客の平均賃率はほぼ損益分岐点に位する0.060 ~0.070 元/Km により収益の予測を行った。(図 4-2-2)

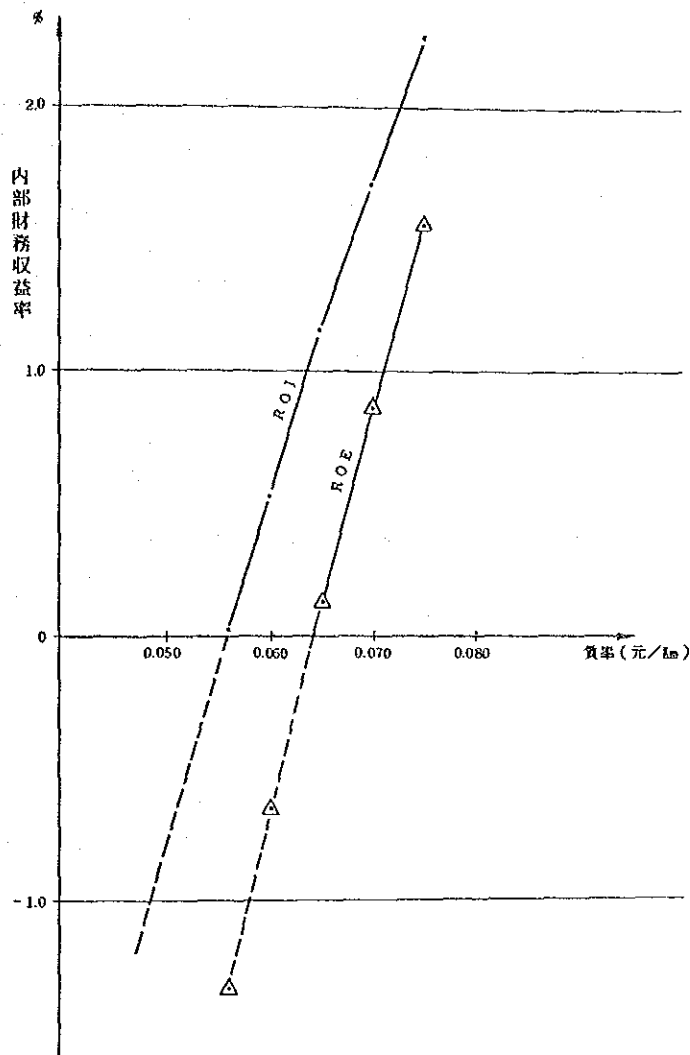


図 4-2-2 平均賃率に対する ROI、ROE の変化

注：ROE はCASE 2 の借入条件による。

上記賃率水準に対応する年間収入は以下の通りである。

賃率 (元/Km)	(単位 万元)		
	1992年	2000年	2020年
0.065	9,666	11,158	17,530

2) 支出

地下鉄の運営、維持管理及び資金調達にかかわる金利負担からなっており、以下の通り想定した。

① 販売税

収入に対して 3% の課税

② 人件費

事業体の賃金水準は現在未定である。第 1 回現地調査時点での上海市の平均給与

(77元/月)が、事業体の平均給与と同一という想定の上に算定した

③ 動力費

主に電気料金であり、使用用途により料率が異なる。(用途の分類は経済分析と同じ)

電車及びその他動力 0.0996元/Kwh

照明、空調 0.24 元/Kwh

④ 維持管理費

算出方法は経済分析と同じ。(第IV編第1章参照)

⑤ 減価償却費

地下鉄を建設するのに必要な償却資産を耐用年数別に分類し、定額法により算出した。

将来取り替え支出が発生した場合も、同様の耐用年数により償却することとした。

償却資産の耐用年数は表 4-1-4を参照

⑥ 支払い利息

利息の支払いは年央とした。

⑦ 所得税

税引前利益に対して55%の所得税が課せられる。但し、借入金の返済がある場合は、税引前利益より返済金を控除したものに課税される。

(2) 資金運用表作成の前提

資金調達には償却前利益(税引前利益+減価償却費+販売税)、上海市(国家)の自己資本、長期外貨借入金、及び資金不足が生じた場合の短期借入金から成る。

資金運用としては、工事期間中の総建設費と後年の追加投資、取替工事費、長期借入金返済、更に、資金に余裕が生じた場合の、短期借入金の返済とした。

① 自己資本

本計画に要する建設費の内貨部分を出資金とする。…17億8000万元(建設費の73%)

② 長期借入金

本計画に要する建設費のうち外貨部分は、外貨借入により賄われるものとした。(取替工事は除く)…6億5500万元(建設費の27%)

借入条件は、以下のものを想定した。

借入実行： 毎年年央に借入を実行し、建設期間中の利息分は各年度末に借入する。

返済方法： 第1回借入実行より5年据え置きの後第6年目より返済を開始し、

第10年目迄の 5年間計 5回の均等年賦とする。

金 利： 7.3% p.a.(per annual)

③ 短期借入金

開業後運用資金の合計に対して、償却前利益と累計現金余剰の合計が不足する場合、その不足分を短期借入金で補充するものとする。また、運用資金に調達資金合計を充当後、資金余剰があれば、その余剰の範囲内で返済を行うこととした。

借入条件は以下の通りとする。(中国側よりのヒアリングによる。)

金 利： 3.0% p.a.

金利支払方法：後払い

2-4 分析結果と評価

(1) 分析結果

前述の前提に基づき前記 3項目の計算を行った結果は、付属資料-12に示されている。

CASE 1は前述の前提をそのまま用いたものであり、CASE 2、CASE 3 及びCASE 4は、下記のように条件を変更したものである。

CASE 2: 仮に以下のような外貨部分の借入方法が可能となった場合

期 間：25年

据置期間：10年

金 利：5.0% p.a.

返 済：均等年賦

CASE 3: 公共交通の立場から、運賃の引下げが可能か否かを確認するためCASE 2の条件に加

え平均賃率を 0.060元/kmとした場合

CASE 4: CASE 3の条件に加え建設コスト削減に努力し、予備費を必要としなかった場合

以上をまとめると下表の通りとなる。

	平均賃率	外貨借入の条件	記 事
CASE 1	0.065 元/km	期間10年 据置期間 5年 金利7.3% p.a	
CASE 2	0.065 元/km	期間25年 据置期間10年 金利5.0% p.a	
CASE 3	0.060 元/km	同 上	
CASE 4	0.060 元/km	同 上	工事費に予備費無し

各 CASE による分析の結果、各指標は以下の通りになる。

表 4-2-1 評価の指標

項 目 \ CASE	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
内部財務収益率(ROI)	1.14%	1.14%	0.54%	1.03%
〃 (ROE)	0.45%	0.12%	-0.77%	0. %
DEBT SERVICE COVERAGE RATIO (累積ベース)	0.67<1	1.22>1	1.03>1	1.17>1
単年度黒字化	2002年	2008年	2010年	2008年
累積解消年数	2014年	2018年	解消できず	2019年

上記の指標は以下のことを意味する

① 内部財務収益率

*
ROI は CASE 1、CASE 2が1.14%、CASE 3が0.54%、CASE 4が1.03%と低い水準となっている。

**
これは事業体にとってみれば投下資金が最低借入金利 3.0%との差額だけ、毎年期待利益を喪失していることを意味している。しかし、0%を上回っていることは、少なくとも投下された資金以上の負担は生じない事を意味する。

注：* ROI は金利返済条件に左右されない。

：** 短期借入金の最低水準。中国側よりのヒアリングによる。

ROE については、CASE 1、CASE 2、CASE 4がそれぞれ0.45%、0.12%、0%、で問題ないが、CASE 3ではマイナスとなる。これはCASE 3では出資分も目減りすることを意味する。

従って、公共交通といえども、CASE 3については、議論の対象から除外されるべきである。

② 資金調達方法及び借入金返済見通し

長期借入金に対する返済見通しは、付属資料-12のキャッシュフロー分析アウトプット上のD.S.C.R の欄に示されている。CASE 1のD.S.C.R は、累積ベースでも1.0を下回っており、これは、手元の流動資金では借入の返済ができないことを意味している。

従って、CASE 1は実現が困難である。この状況を解決するためには、借入金を投入す

る必要があり、もし借入金を投入した場合にはピーク時の残高として 26,258 万円 (2000年) の追加資金が必要となる。短期借入金の残高推移は以下の通り。

表 4-2-2 短期借入金残高推移表 (単位百万円)

年度	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
残高	0	14	95	161	198	225	263	196	124	47	0

一方CASE 2、CASE 3、CASE 4 は累積ベースで一応1.0 を上回っており資金繰にはまず懸念がないことがわかる。

③ 収支予測

単年度黒字化は、各ケースにおいて達成されるが、累積については、CASE 3のみプロジェクトライフ中に累積を解消することが不可能である。

参考までにCASE 2について図示すると、図4-2-3 の通りとなり、欠損及び利益額の値そのものは大きな値ではないことが解る。

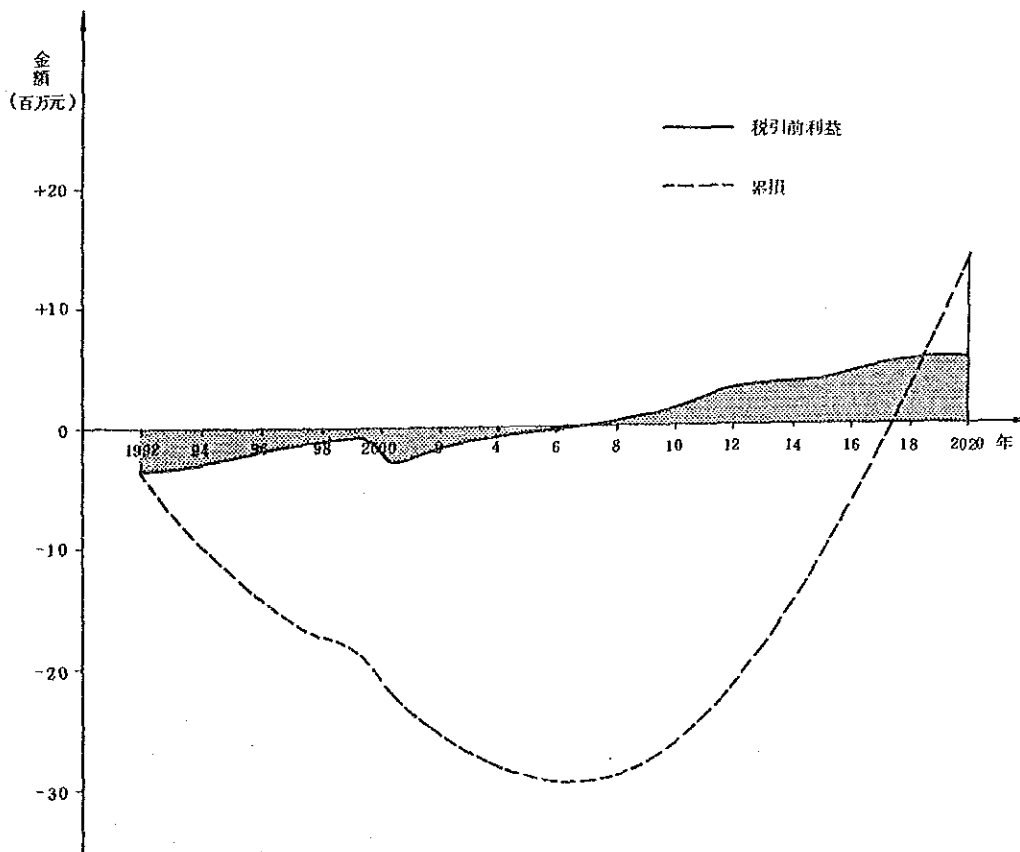


図 4-2-3 CASE 2 における損益状況

(2) 評価

ROI、ROE、D.S.C.R、単年度黒字化年度、累損解消年度を表 4-2-3の分類で定義した結果を表 4-2-4に示す。

表 4-2-3 指標の定義

項目 \ 評価	○	△	×
ROI	中国建設銀行の金利水 を上回るもの 3.0%以上	3.0% ~ 0%	マイナス
ROE	同上	同上	同上
D.S.C.R	1.0 以上	1.0	1.0 以下
単年度黒字 化年度	いかなる場合でも赤字 発生させない	プロジェクトライフ中 に黒字化	プロジェクトライフ中 に黒字化不能
累損解消年 度	同上	プロジェクトライフ中 に累損を解消可能	プロジェクトライフ中 に累損を解消不能

表 4-2-4 指標の評価

項目 \ CASE	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
ROI	△	△	△	△
ROE	△	△	×	△
D.S.C.R	×	○	○	○
単年度黒字化年度	△	△	△	△
累損解消年度	△	△	×	△

CASE 1の場合、外貨借入条件が厳しく借入金の元本、利息の支払に充当するための手元資金が不足し、資金的に行詰ることがわかる。従って、短期借入金によるつなぎ融資を受ける必要がある。

CASE 2の場合、内部財務収益率の水準については ROIが1.14%と低く、必ずしも満足すべき水準とは言い難いが、ROI が 3.0%の場合の所要の平均貸率を推定すると、0.083 元/kmとなり、運賃水準としては高すぎる。

CASE 3の場合、運賃収入が低すぎることから、プロジェクトライフ中に累損の解消すら出来ず、財務的に成り立たないものとなっている。

CASE 4の場合、前述のとおりCASE 3の条件に建設費のうち予備費を節減したもので、指標上もまずまずの水準が得られている。従って貸率を引き下げるには建設費の節減が必要である。

以上を総合すると、資金繰りを重要視したCASE 2が最も妥当な案と考えられる。

ただし、CASE 2が成り立つ必要条件として前提条件にも示したような長期かつ低利な外資の導入が必要である。

また万一その様な条件のソフトローンが導入不可能な場合、更に短期借入金の導入を許容すればCASE 1でも問題はない。短期借入金は2004年には完済可能である。

第V編 地下鉄南北線の
総合評価と提言

第V編 地下鉄南北線の全体評価

本文第IV編までに下記につき論述してきた。即ち

- ① 第I編においては、F/S調査の範囲、組織、進め方をとりまとめた。
- ② 第II編においては、年々発展する上海市につき過去から現在に至る市勢の変化を捉らえるとともに、交通の実態を把握した上で、上海市中心区の将来の輸送需要と地下鉄が負担すべき輸送需要について予測を行った。

そして、上海市民の便益を増大させるためには、都市活動の軸となる都市快速鉄道を南北方向に建設し、都市交通の円滑化が必要であることを明らかにした。

- ③ 第III編においては、快速鉄道南北線の運営計画、路線計画、施設計画及び建設費等技術的問題について詳細な検討を行った。
- ④ 第IV編においては、策定した快速鉄道南北線の社会的便益性、企業としての採算性を評価した。

これらの結果をふまえて、上海都市快速鉄道南北線建設事業について、以下にF/Sとしての結論、質的側面の評価、提言を行うこととした。

(1) F/Sとしての結論

都市交通に対する需要は膨大なものがあるが、解決方法として道路利用か、鉄道新設かの選択がある。これに対し経済分析において、中国の個人所得の実質の伸びを考慮すれば、社会経済的に道路の拡幅をしてこれに対応するよりも、地下鉄建設の方が有利であると言う結論を得た。

この結果は量的に測定可能な項目のみに着目した結果であって、次項の質的側面の有利性を全然考慮していないので、地下鉄道建設の意義は更に大きいと言える。

しかしながら、世界的に見ても地下鉄の建設は資本コストが割高になり、従ってその資本の回収期間も長い。質的に高い交通機関に対し市民がある程度の高率運賃を負担することは採算上やむを得ない。

財務分析では公共事業の立場から、投資は内貨分を政府出資、外貨分を市場資金等による借款とし、平均運賃料率はなるべく低く抑さえて損益分岐点に近い0.065 元/kmとした。

その結果、長期低利の外資を導入した場合と云う前提のもとに試算すると、つなぎ融資を必

要とせずにプロジェクト期間中に累損を解消されるという妥当な水準を得た。また、市場金利による外資導入を行った場合には、プロジェクト期間につき融資が必要となるが、その代わりに単年度黒字化は開業後10年、累損解消は14年後で可能となるという結果を得た。

但し需要予測において誘発を見込んでないこと及び関連事業による収益の改善の余地があると思われることから、黒字化の年度は更に早まることが考えられる。

また、貸率を0.060 元/kmとすると、プロジェクト期間中の累損の解消は困難となる。

これに対し工事費の節減に努め、工事費中の予備費を削減出来れば単年度黒字化は開業後17年目に累積赤字もプロジェクト期間内に解消することも可能である。

以上の条件が満たされた場合、公共事業としての地下鉄事業の着手に対し問題無いと言える。

(2) 質的側面の評価

上海市中心区の都市構造は極端な人口過密都市であり、道路も解放前のままで道幅も狭く、道路面積占有率も低い。都市内の改造も容易でない。しかも公共交通はバス、トロリーバスだけに頼っている。

抑々都市交通は都市社会活動の骨格をなすものであり、都市の発展は都市交通の確立によって可能となる。将来の上海市の総合交通体系を考えた場合、大量交通輸送機関である都市快速鉄道網を都市交通の軸機関として導入すると共に、更にバス、トロリーバスをその補完機関とする交通体系の再編成を図ることが必要である。このような観点から既に同鉄道網の長期構想も発表されている。

今後の路面交通としてはバス以外に、その比重は小さくとも小型自動車の増が著しいので、総交通量のうち可成りの部分を地下鉄に転嫁させないと、中心区内の道路交通は数年のうちに各種交通規制を実施してもなお麻ひを生ずるに至ろう。

上海都市快速鉄道は、鉄道本来の特性である快速、安全、正確性においてバスとは質的に可成り異なるし、その輸送単位も極めて大きい。電気を動力源とするので、排気ガスによる空気汚染が全くなく、沿道にも騒音の被害をもたらさないと云う面で、道路交通と大きく異なる利点を有する。

本市のような過密都市における建設を考えると、地下鉄のごとく新たな交通空間の確保を最小限にできる事は何物にも替えられない利点である。

また建設期間中、更に開業の暁には、その波及効果により上海市中心区及び同周辺の発展、更に市全般の経済の発展に役立つものと言える。

(3) 提言

① 上海市の全面支援

本工事は1991年末開業を目途としているが、その工期に余裕が乏しく、採算も厳しい。

由来、地下鉄工事は部外協議において難航し、地元からの苦情も発生し易い環境におかれている。工期内達成のためには上海市あげての支援が必要である。

② 地下鉄網の早期拡充

現状では東西方向の旅客の流動が大きいですが、今回の地下鉄計画は、道路交通機能が弱く、将来の発展地区への延長が見込まれる南北方向を主眼としている。このうち需要予測からみると、投資効率の良い上海新駅～紀蘊路間の延伸については引き続き早期着工が望まれる。

また、将来の上海市の発展は黄浦江東岸が大きいにも拘わらず対岸との往来は現在極めて不便である。従って、それを補強する新たな東西方向路線の整備が必要と考えられる。更に市内の道路交通需要の増加は、道路交通の麻ひ状態を招き、道路交通の需要緩和のため地下鉄網の早期完成が望まれる。

③ 他の交通機関とのネットワーク再編成

地下鉄と他の輸送機関との相互連絡について考慮する必要がある。このためには、国鉄との連絡設備、駅前広場の整備、各駅のバス停留所あるいは自転車置き場等の設置や再編成を市全体の立場から考えてもらう必要がある。

④ 設計基準等

最終報告書のデータ、基準は、F/Sのためのものであり、実施設計にあたってはさらに深く検討する必要がある。

⑤ 運賃水準と建設コスト低減の努力

地下鉄の必要性は世界各国の大都市で認められているが、建設費が非常に高く、利用者の所得水準から負担しうる運賃との間の格差は大きい。上海市も例外ではなく定期乗車券14元/月は、現行バス定期券の6元/月と較べれば非常に割高となった。総合交通体系から云っても各種交通機関の運賃水準が各々妥当なものでなければならぬし、開業時のバス運賃の水準によっては地下鉄の政策運賃制度も考慮する必要がある。地下鉄自体も投資採算が厳しい折から建設コストの低減に努力する必要がある。

⑥ 将来の国産品の活用

建設費の内、外貨分に対しては外国からの借款を考えているが、金利負担が大きくなることも避けられない。従って可能な限り国産品を使用すべく、将来的には国内のエレクトロニ

クス等の高度技術に関するものを含めて国産品の使用が望ましい。

⑦ 沿線開発効果による財務の改善

本報告書の財務計算では建設費の73%を政府出資という前提で行っているが、国内の資金事情によっては、この部分を一部起債等により充当する必要がある場合も考えられる。

本来地下鉄の建設は沿線地域に大きな効果を及ぼすのであるから、採算は一時的には厳しくなるが、関連事業、その他を興してその効果を吸収し財務上の改善を図ることが考えられる。

付 属 資 料

付属資料 目 次

付属資料-1	設計基準……………	(第Ⅲ編 第1章 1-2)	1
付属資料-2	列車運転間隔と停車時間の関係……	(第Ⅲ編 第3章 3-2)	20
付属資料-3	路線計画		
3-1	ルート選定と駅配置……………	(第Ⅲ編 第4章 4-1)	22
3-2	縦断線形の検討……………	(————)	29
3-3	主要箇所の配線計画……………	(第Ⅲ編 第4章 4-3)	33
付属資料-4	構造物及び施工計画		
4-1	上海市の土質……………	(第Ⅲ編 第6章 6-1)	36
4-2	構造物計画……………	(————)	39
4-3	施工計画……………	(————)	52
付属資料-5	駅舎レイアウト……………	(第Ⅲ編 第6章 6-2)	60
付属資料-6	信号通信設備計画		
6-1	信号設備……………	(第Ⅲ編 第6章 6-4)	63
6-2	通信設備……………	(————)	72
付属資料-7	車両冷房の検討……………	(第Ⅲ編 第6章 6-5)	83
付属資料-8	車両基地設備の考え方……………	(第Ⅲ編 第6章 6-6)	87
付属資料-9	機械設備計画		
9-1	トンネル内温湿度計算結果……………	(第Ⅲ編 第6章 6-7)	93
9-2	機械設備概要……………	(————)	97

付属資料-10	建設費と建設工程	
10-1	建設費算出	(第Ⅲ編 第7章 7-1) 106
10-2	建設工程	(第Ⅲ編 第7章 7-2) 135
付属資料-11	"WITHOUT THE PROJECT" の考え方 140
付属資料-12	経済・財務分析表 172

添付資料 路線計画図

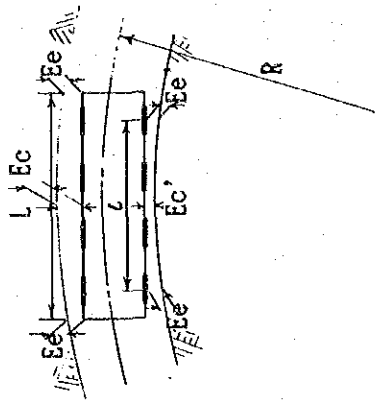
線路平面図 一万分之一

線路縦断面図 千分之一(縦)、一万分之一(横)

【1】 土 木

項 目	内 容	説 明
建築限界とシールドとの関係	本文図 3-1-7 ～本文図3-1-11 の通り	<p>テストトンネル（内径5.3m）の有効利用を考慮して建築限界を設定した。</p> <p>即ちテストトンネルの内径5.3mでは施工時の蛇行量が上下、左右方向で約 100mmあるので、有効内空直径を5.1mと定め、軌道部 610mmおよび最接近箇所での建築限界外の余裕75～100mm（この場合電車線支持金具等の取付余裕は約 200mm）をとって、建築限界は幅 3,600mm、RLからの高さ 4,260mmとした。本文図 3-1-7、本文図 3-1-8に建築限界及びテストトンネルとの関係を示した。</p> <p>なお、今後新設するシールド区間には最小曲線半径300mでカント 150mmの曲線部が含まれる。したがって上記建築限界を、カントにしたがいがいい傾斜させ、かつ車両偏倚に従って幅および高さを拡大し、電車線支持金具等の取付余裕（建築限界外余裕 250mm程度）、最接近箇所における建築限界外の余裕（75～120mm）、コンクリート道床又は砂利道床の軌道部寸法（RL下 840mm、1,040mm）、およびシールドの蛇行余裕（100mm）等の条件を考慮して10cm単位で数値を丸めたシールド内径を設定し、本文図 3-1-9、本文図 3-1-10 の関係とした。</p>
軌 間	1,435mm	<p>一般に、車体幅が3m程度の車両を使用する場合の地下鉄道としては、各国共 1,435mmを採用している場合が多いこと、上海市内を走る国鉄線の軌間は 1,435mmであることから国鉄線を利用した車両の陸送を配慮し、また鉄道部での設計資料、軌道部品の活用等を考慮して、軌間は 1,435mmとした。</p>

項目	内容	説明
最小半径線	R=300m	<p>150mmのカントを有する曲線で重心の高さが1.7mの車両を運転する場合、転倒の安全率を4とすると最大制限速度を求める式は次式で表わされる。</p> $V = 5.15 \sqrt{R} \quad V = \text{最大制限速度 (km/h)} \quad R = \text{曲線半径 (m)}$ <p>故に R=300m とすると $V = 89.2 \text{ km/h}$ となり曲線半径を300m以上にすれば列車の運転速度は高速を維持することができる。したがってシールドによる曲線部の施工性も考え合わせて、最小半径は300mとした。</p>
乗降場	R=800m	<p>乗降場縁端と車両の隙間は、乗降客の足の踏みはずし等、保安上からは、できるだけ狭い方がよいので150mm以下となるようにした。</p> <p>今、付図 1-1 において</p> <p>E_c, E_e' = 乗降場縁端と車両出入口の床端との隙間 $\leq 150\text{mm}$</p> <p>E_e, E_c' = 乗降場縁端と実車体との最小間隔 $= 60\text{mm}$</p> <p>R = 乗降場に沿う軌道中心の曲線半径 (m)</p> <p>L = 車体長 $= 23.1\text{m}$、l = 最外方扉間隔 $= 18.5\text{m}$</p> <p>とすると</p> $E_c - E_e = L^2 / 8R \quad \text{--- ①}$ $E_e' - E_c' = l^2 / 8R \quad \text{--- ②}$ <p>これより、一般に $L > l$ であるから、①式で R の検討をすると、</p> $R = 741.1\text{m}$



付図 1-1 乗降場端と車両の隙間

項 目	内 容	説 明
側 線	R=150m	<p>したがって、曲線ホームの最小半径は余裕をみて R=800m とした。特にやむを得ない場合でも Ec を出来るだけ 150mm に収めるためには R=650m (Ec=163mm) より大きくする必要がある。</p> <p>側線における分岐部は 7 分岐部を使用することにして、この時のリード半径に対応させて R=150m とした。</p> <p>回送線も同様に考える。</p>
最 大 カ ン ト	C=150mm	<p>車両の重心線が軌道中心から軌間のミドルサードを外れないようなカントを計算すると</p> $C \leq G^2 / 0.006H$ <p>ただし、C=カント量 (mm)、G=軌間 (m)、H=車両の重心高 (m)、今 H=1.7m と仮定すると</p> $C = 202\text{mm}$ <p>となるが、これに軌道の狂い、車両のバネの撓みによる影響等を考慮して余裕をとり最大カントを 150m とした。</p>
曲線間の直線長	20m 以上	<p>一般に、反向曲線に緩和曲線を挿入してある場合には、最初の曲線を出るときの車両の動揺は通常 1 周期の間に消失すると言われているので、曲線間にカントをつけない直線の最小長として、車両の全軸距に車両動揺の減衰に対する若干の余裕を見込んで概ね 1 車両長分の 20m とした。</p> <p>なお、やむを得ずこの直線長を挿入することができない場合を考慮し、一方の円曲線の終点から他方の円曲線の始点まで両緩和曲線を連続させることができる。</p>

項 目	内 容	説 明
最急勾配 本線	35%	<p>営業中の車両故障を想定した場合、車両性能は、満車時の列車が満車時の故障列車を、最急勾配区間で600m（駅間距離の約半分）は押し上げられるものでなければならない。</p> <p>一方、地形、他の構造物との関係からは急勾配が望まれ、これらを考慮して最急勾配は35%とした。</p> <p>なお曲線では、車両の内、外輪の走行すべき距離の差によるすべり摩擦、および遠心力による車輪とレールの摩擦によって曲線抵抗が生ずるので、勾配を補正する。</p> <p>曲線抵抗は、列車速度、車両構造、曲線の長さ、スラック、および軌間等によって差異があるが、勾配の補正の標準は $600/R \sim 800/R$ %（R＝曲線半径 m）である。</p>
乗降場 側線	2% 45%	<p>列車の出発抵抗、停止車両のブレーキ解除時の転動の危険等を考慮して 2%とした。</p> <p>側線は、本線で説明した諸条件に、乗客が乗っていないことを考慮して45%とした。</p>
縦曲線	2,000m以上	<p>線路の勾配が急変すると、列車が通過する際、急激な垂直方向加速度変化のために衝動を受けて乗心地を損じ、車両や連結器、レールなどを破損する。したがってこのような勾配の変化する箇所には縦曲線を挿入する必要があり、円滑な走行を維持するため縦曲線半径は2,000m以上を要するが通常は3,000m以上が望ましい。</p>
軌道中心間隔 本線	3.60m以上	<p>列車行違いの場合、乗客および乗務員に対する危険を考慮して、並行する軌道の中心間隔は、両建築限界が接する間隔とした。</p>

項 目	内 容	説 明
側 線	3.80m以上	側線においては、実車体の隙間を 800mmとして、停車中の車両間を通行する乗務員等の通行幅に利用することができるようにし、車両基地では 5線ごとに電柱の建柱を考え4.3mの線間を設ける。
レール	60kg/■	レールは軌道材料のうち、最も重要な役割を果たしているもので、その大きさは軌道強度と維持費から適当な大きさが定められるべきである。
側 線	43kg/■	日本における実績では、年間通過トン数が1200万トン以上、最高速度が85km/h以上の線路では50kg/■のレールを使用しており、上海地下鉄の年間通過トン数は 1,200万トンをはるかに越えることが想定される。これらのことから50kg/■レール以上が有利であると言え、中国国内で調達可能な60kg/■レールとした。
側 線	43kg/■	側線については、当然通過トン数および列車速度も小さいため、中国国内での調達可能性も考慮し、43kg/■レールとした。
電車線高さ	RL. 上 4,160mm	パンタ折畳み限界高さ 3,920mmに断路機能、列車脱線時の復旧余裕代として 240mmをとって 4,160mmとした。
底盤～R.L.までの距離 砂利道床	1,040mm	道床はコンクリート道床を標準とするが、トンネルが家屋下を通過する場合には、家屋への振動、騒音防止対策上、砂利道床が有利である。砂利道床における枕木下面下の砂利厚さは 250mm程度確保することにし、軌道排水用の溝、シールドの蛇行余裕 (100mm) 及びインバート厚さを含めて、 R.L下 1,040mmとした。 (本文 図 3-1-10(1) 参照)

項 目	内 容	説 明
コンクリート道床	840mm 610mm 500mm	<p>標準断面シールドトンネル部における、コンクリート道床は振動対策上、防振枕木の使用を考慮し、枕木下面下のコンクリート厚さを130mm程度確保することにし、シールドの蛇行余裕100mmを含めて、RL下840mmとした。(本文図 3-1-9参照)</p> <p>テストトンネル部は、シールドの蛇行約100mmを除いた有効内径5.10m内にコンクリート道床軌道が敷設できる寸法としてRL下610mmとした。(本文図 3-1-8参照)</p> <p>函型断面部におけるコンクリート道床は、前記同様防振枕木の使用を考慮し、枕木下面のコンクリート厚さを130mm程度確保してRL下500mmとした。(本文図 3-1-11 参照)</p>
建築限界外余裕 側 壁 中 柱 天 井	300mm以上 200mm以上 250mm以上	<p>標準函型隧道部における左右の余裕は動力線、隧道電灯線、列車無線電話線、線路標識、信号機などの設置のため200mmを必要幅としたが、壁側については、諸施設の取付金具部分を100mm加えて300mmとした。(本文図 3-1-11 参照)</p> <p>中柱側については、取付金具を中柱の横面に取りつけられるので、各種設備の必要幅のみの200mmとした。したがって中柱のない区間(中柱が壁、或は単線隧道部)においては、左右の余裕は300mmとすべきである。(本文図 3-1-11 参照)</p> <p>函型隧道部の上方向の余裕は、電車線の型式、電車線支持金具等を考慮して電車線から350mm即ち建築限界から250mm以上とした。(本文図 3-1-11 参照)</p>

項 目	内 容	説 明
シールド	175～220mm	<p>シールド断面において、電車線支持金具等取付余裕として、付図 1-2の Aの部分に建築限界から 250mmを設定すると、建築限界と隧道壁面</p> <div data-bbox="347 779 721 1288" data-label="Diagram"> </div> <p>付図 1-2 建築限界と隧道壁面の関係</p> <p>が最も接近する B点で約 115～120mmとなる。一方シールドにおける B点の余裕は最小70mm程度の実績がある。したがって、テストトネル断面での余裕および金具等の取付余裕を考慮し、さらにシールドの蛇行誤差 100mmも見込んで、建築限界外の余裕は、最小寸法箇所 で 175～220mmとした。</p>
最小土被り 道路下	2.5m	<p>道路下に地下鉄を敷設する場合には、地下埋設物に支障のない土被りでなければならぬ。日本の例では、大断面の埋設物を敷設する場合や、幹線埋設物相互の交差部等、特別な箇所を除き、一般に埋設物はGL-2.5m以内に敷設されている。また、設計上から見た場合、路面活荷重の衝撃（最大30%）の範囲はGL-1.5m～2.0mと考えられ、これらの深さ以上は、地下隧道に影響のないものとされている。従って道路下における地下隧道の最小土被りは、2.5mとした。</p>

項 目	内 容	説 明
河 川 下	シールド直径相当	河川下においては、河川管理上相当の上被りを確保するよう要求されるが、ここではシールドの施工上の観点からシールド直径相当とした。
桁 下 空 間		
跨 線 橋	RL. + 4.80m 以上	電車線の高さはRL + 4.160m で、これに支持金具等の取付寸法 350mm を考慮した RL. + 4.510m にさらに保安上の絶縁距離 約 300mm を加えて、RL + 4.80m 以上とした。
架 道 橋	5.10m 以上	路面交通機関の1つとして、連節トロリーバスが運行されている。したがって、このトロリー線の高さを考慮して5.10m 以上とした。
乗 降 場		
有 効 長	195m	車両の連結面間長さ23.12m、列車の編成車両数 8両、これより 1列車長=23.120× 8=185m これに駅停車時の余裕として前後5mづつを考慮して195mとした。
幅 員	(島式) 7.5m以上	乗降場の幅員は第1次的には、乗降場の型式、階段の位置、幅、ラッシュ時の最大乗降人員および列車の運転間隔などによって決まり、第2次的には列車付避幅および柱、ベンチ等の幅を考慮して追加補正される。 今、乗降場中央付近に乗降階段を設けるとすると、階段横乗降場幅員2m× 2=4m、階段幅2.5mおよび階段側の柱または壁厚 0.5× 2=1mとして計7.5mとなる。したがって乗降場中央部の幅員の最小を7.5mとした。
柱、壁とホーム端までの距離	(相対式) 4.0m以上 2.0m以上	島式ホーム幅員の半分以上で、全幅員3m程度のエンド階段を設けることを考慮すると全幅4.0mは必要となる。 乗降場縁端より80cmの位置に警戒白線を入れ、この線の内側で人がすれ違う余裕、乗降客の溜集する余裕、降車客の階段へ流動する余裕、および列車監視上の見通しの確保をするため最小2.0mとした。

項 目	内 容	説 明
乗降場高さ	RL. + 1,050mm	<p>乗降場縁端の高さは、車両の床面と一致させるか幾分低い方が、乗降客に不安を与えないので都合が良い。しかし、車両床面はバネの撓み、車輪の摩耗、レールの摩耗により沈むので、このことも考慮して乗降場縁端の高さを、車両床面高さ 1,130mm に対して 80mm 低い 1,050mm とした。(本文図 3-1-7 参照)</p>
乗降場縁端より軌道中心までの距離	1,560mm	<p>軌道中心より乗降場縁端までの距離は、乗降客の足の踏みはずしから考えると狭い方が良いが、あまり狭すぎると、左右動揺しながら通過する車両に支障することになる。このため、車両の通過に支障のない範囲として最小 50mm は確保する必要がある。更に、施工余裕量を 10mm とし 60mm とする。</p> <p>一方、前記建築限界幅 3,600mm に対して、走行時の車両の水平方向偏倚量が最大 200mm 以内におさまる車両を使用する場合には、車両限界幅は、車体の左右側面に取付ける標示灯等および標識のための空間を含めて 3,200mm としてある。なお、乗降場面から下方については車両限界幅が 3,000mm であるから、乗降場縁端より軌道中心までの距離は、最小必要空間(60mm) + 乗降場部に対する限界幅(3,000mm/2) = 1,560mm となる。</p> <p>(本文図 3-1-7 参照)</p>
分岐器本側数線	12番 9番 7番	<p>乗降場への進入、進出速度および中国国内での調達を考慮して 12番、9番分岐とした。</p> <p>低速でよく、非有効長部分の短縮のため、中国国内での調達も考慮して 7番分岐とした。</p>
止水扉		<p>地下鉄は、路面下に築造されるものであるから、河川の氾濫、局地的な集中豪雨など地下構内への浸水について対策を講ずる必要がある。このため、開口部、例えば駅出入口、換気口、地上と地下を結ぶ U 型擁壁部などには、路上部にパラペットを設け、さらにパラペット高を越えるような路面冠水が予測される地域では、止水扉を設置する。</p>

[2] 駅 設 備

項 目	内 容	説 明
駅 設 備	出 札 発 行 機	出札広間の一角で旅客歩行に支障を及ぼさぬ位置でかつ見通のきく場所に設ける。
	自 動 改 札 機	出改札広間に設置し得るよう配慮しておく。
	時 刻 表	列車の発車時刻、行先、種別を示したものを乗降場で旅客の分かりやすい位置に設ける。
	運 輸 表 示	当駅名および次駅名を案内するため駅名標、出入口から乗降場までを案内誘導するための乗り場標、列車の行先を案内するための行先標、乗り場から出入口までを案内誘導するための出口標識および出札所精算所、駅務室を案内するための表示を設ける。
	公 衆 電 話	売店に付帯させて設ける場合と連絡駅等大きな駅では、出札広間の一角に公衆電話コーナーを設置することを考慮する必要がある。
	売 店	新聞、雑誌、タバコ等の販売を目的として、出札広間および乗降場で旅客の歩行に支障しない場所に設ける。
	昇 降 設 備	乗降場と路面の高低差が8m以上の場合は流動の補助として昇り方向のみ設置する。 但し12m以上の高低差の場合、地上の出入口部分の高さまで当初より設置する。

3-1 電化電力

項 目	内 容	説 明
電 気 方 式	直流1,500V架空単線式	<p>電気鉄道には、直流式と交流式とがあり、電車線路のき電方式にはレールを帰線として利用する単線式と、帰線を専用に架設する複線式がある。また電車線の架設方式により架空線式と第三軌条式に分けられる。</p> <p>地下鉄においては、建設費の面からトンネル断面を極力小さくするため直流式とした。</p> <p>電圧については、600V、750V、1,500Vが考えられるが、列車編成が8両であり、運転時隔も2分と短く負荷電流が大きいので、電圧降下、電力損失、電蝕等を考慮すると、使用電圧は高いほうが有利であるため標準電圧は1,500Vとした。</p> <p>架線方式は、将来南北線が宝山、金山方面の延伸計画があり、この部分は地上を高速で走行する必要などを考慮して架空単線方式とした。</p>
変 電 所	受電変電所 2箇所 (AC35kV → AC10kV)	<p>地下鉄に必要な電力は、上海供電局の変電所より受電する。既存の送電網には余裕がなく、現在建設中である新漕溪変電所及び計画中の人民広場変電所より受電することとした。両変電所の最寄りの上海体育館、人民広場駅付近を受電変電所とし、35kVで受電する。また、駅付帯用電力(10kV)を供給する設備を設ける。</p>
	牽引変電所 5箇所 (AC35kV → DC1,500v)	<p>牽引変電所は、列車運行に必要な直流1,500Vの電力を供給する変電所で、設置間隔は電圧降下が列車の正常運行に支障を与えないことと、電車線路の事故時に事故電流をすみやかに検出できることが必要である。この条件から変電所間隔を検討すると、4km程度となる。よって、牽引変電所の間隔が3～4kmとなるように、車両基地、上海体育館、宝慶路、嵩山路、漢中路の5箇所に配置することとした。</p>

項目	内容	説明
連絡送電線路	35kV 3相 3線式	<p>受変電所と牽引変電所を連絡する送電線路で、中国の標準電圧である35kV 3相 3線式とした。</p> <p>また各牽引変電所では、常用・予備の 2回線受電とし、故障時に系統切替による電力運用が可能となるよう考慮した。</p> <p>送電線路は、安全性、保守上の面から電力ケーブルを使用し、軌道沿いに布設された堅牢なトランプ内に収納することとした。</p>
電車線路	<p>地下区間</p> <p>架線方式</p> <p>線種</p> <p>トロリ線</p> <p>鋼体電車線路方式</p> <p>鋼体電車線用アルミ形材 2100mm²</p> <p>ミゾ付硬銅線100mm²</p>	<p>地下鉄の架線方式には、カタナリ吊架式（フィーターメッセンジャー方式）あるいは剛体電車線式が考えられる。</p> <p>テス ト トネル内では、電車線からトンネル壁面までの有効距離が 300mm程度しかないことと、テス ト トネル以外の区間においても架線引留装置、曲線引装置が不要で、分岐、交差渡り線での吊架線やトロリ線の引きまわしなどがなく、狭いトンネル内でも容易に設備できる剛体電車線方式とした。</p> <p>材質は地下鉄で実績のある剛体電車線用アルミ形材 2100mm²とし、トロリ線は中国の標準である100mm²とした。</p>
地上区間	<p>架線方式</p> <p>き電線</p> <p>吊架線</p> <p>トロリ線</p> <p>支持物</p> <p>シンブルカタナリ方式</p> <p>硬銅より線300mm²</p> <p>亜鉛メッキ鋼より線 90mm²</p> <p>ミゾ付硬銅線100mm²</p> <p>コンクリート柱又は鉄柱 固定ピーム</p>	<p>地上区間においては、列車速度が 100km/h程度まで可能で、施工面、保守面、経済性を考慮してシンブルカタナリ方式とした。</p> <p>き電線は、電圧降下、電流容量より検討し、本線は 2条、車両基地は 1条とした。また、き電線、吊架線、トロリ線とも中国で生産している材質を用い、サイズも中国で標準のものとした。</p> <p>支持物についても、施工性、保守性、経済性を考慮してコンクリート柱又は鉄柱を用いた固定ピーム方式とした。</p>

項 目	内 容	説 明
配 電 線 路	10kV 3相 3線式 2回線	<p>各駅の照明、動力、空調等の電力を供給する配電線路は、中国の標準電圧である10kV 3相 3線式とした。</p> <p>配電線路は、連絡送電線路と同様に、安全性、保守上の面から電力ケーブルを使用し、軌道沿いに布設された堅牢なトランプ内に収納することとした。</p> <p>ケーブルは経済的見地から、その回線数は極力少なくすることが得策であるが、故障の際、復旧にかなりの時間を要するので、その間でも保安上必要最小限の重要負荷（非常灯、隧道照明、信号電源排水ポンプ等）の電力を確保できる配電構成が必要となる。したがって、これら重要負荷の配電系統は、故障時に系統切替による電力融通のできるよう 2回線設けることとした。</p>
駅 受 電 設 備	10kV/220V:380V 13駅	<p>駅および線路で使用する空調、電灯、動力、信号設備等に低圧電力を供給するための設備で、上記の負荷設備は鉄道の性格から線路に沿って長区間に分布し、かつ負荷容量も大きくなるので、受電変電所より10kV配電線で配電し、各駅において負荷に応じた電圧（3,000V, 220V, 380V）に変換して供給するものとした。</p>
非 常 用 電 源 設 備	非常用ディーゼル発電機	<p>全付帯電源が停電した場合、すなわち受電変電所の全受電線が停電し配電線が正常にもかかわらず、各駅受電設備、排水ポンプ、その他機械室等に、電力供給が不可能な場合には、乗客を安全に避難誘導したり、構内保安上の巡回等、欠かすことのできない作業があるので、最小限度の照明として駅の非常灯、隧道照明は点灯しておく必要がある。また、全排水ポンプが長時間停止すると、隧道内は水没の危険にさらされることになり、この電源も絶対に確保しなければならぬ。</p> <p>以上の理由より、受電変電所には非常用発電機を設けるものとした。</p>

項 目	内 容	説 明
遠方監視制御方式	1:N	<p>列車を正確かつ安全に運行させるためには、線路に沿って分布する電力供給の諸施設を適切に運用する必要があり、このため電力指令所に 1:N方式の遠方監視制御装置を設けるものとし、以下の指令業務を迅速的確に処理するものとした。</p> <p>(1) 受電、送電、配電およびき電系統における電力受給状況を常時把握し、その調整をはかる。</p> <p>(2) 受電設備、主要機器の運転状態を常時監視し、事故の発生を未然に抑制防止するとともに、負荷に応じた供給力の調整をはかる。</p> <p>(3) 事故時の適切な処置（系統切替、予備設備の運転、予備設備の運転、応急対策）を行う。</p> <p>(4) 上記のための関係部所および他者との連絡業務。</p>
電 蝕 防 止		<p>電気鉄道からの漏洩電流により、地下埋設物等に電蝕の被害を及ぼすことは、社会的に多くの問題をひきおこすので、極力この防止につとめなければならぬ。特に上海市内の電話局のケーブルには、鉛シースが用いられ、トロリーバス用変電所からの漏洩電流による電蝕が大きな問題となっており、地下鉄においても充分電蝕対策をたてる必要がある。</p> <p>一般に電蝕防止のためには、帰線としてのレールからの漏洩電流を少なくすることが必要で、次のような方法を採用する。</p> <p>(1) レールの電気抵抗を少なくするため、レールを溶接するか、継目部分にレールボンドを取付ける。</p> <p>(2) 道床の洩れ抵抗を大きくする。これには、軌道排水をよくするとともに、バラストの保守をよくし、橋梁部分などとレールを絶縁する。</p> <p>(3) 変電所の給電区域を縮少する。</p> <p>(4) クロスボンド、負き電線を設ける。 排流接続を行う。</p>

項目	内容	説明
信号保安設備	自動閉そく方式	閉そくとは、一定区間を区切って、これを1列車のみの運転に専用させることをいう。このために定めた区間を閉そく区間という。自動閉そく方式とは、閉そく区間に分けられた線路に連続した軌道回路を設け、閉そく区間の条件を列車自体で作成する方法をいい、閉そく装置とは、列車を検知する軌道回路、検知した列車の状態を表示する信号機(ATC)は車内に速度表示(代行)等で構成される。
閉そく方式	車内信号方式	上海地下鉄に採用する信号方式は、各種の線路条件(勾配、曲線、見通し距離)に対応できる多段階の車内信号方式とする。但し、車両基地内は、地上信号方式とする。 また、信号制御は、01(停止) - 02(絶対停止)の重複式とする。
信号方式	連続制御式ATCとATOの基本システム	<ul style="list-style-type: none"> • 自動列車制御システムは連続制御式CS-ATC (CAB SIGNAL AUTOMATIC TRAIN CONTROL SYSTEM) とする。 • サブシステムとして、自動列車運転装置(ATO)を付加することができるようにする。 <p>ATO(AUTOMATIC TRAIN OPERATION SYSTEM)の機能は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 車内信号現示速度まで、自動的に力行、加速、減速及び停止が可能(自動運転) ② 駅において、予め定められた位置に停車する機能(定位置停車)
自動列車制御装置	列車集中制御装置	<p>運転指令所には、連動装置を遠隔制御し列車の運行を監視する列車集中制御装置(CTC)を設置する。また、CTCを介して進路制御の指示及び異常時の運転整理等の判断を支援する、総合運行管理システム(TTC)を設ける。</p> <ul style="list-style-type: none"> * CTC ...CENTRALIZED TRAFFIC CONTROL SYSTEM * TTC ...TOTAL TRAFFIC CONTROL SYSTEM
列車集中制御装置	CTCの機能をTTCにより支援するシステム	

項 目	内 容	説 明
連動装置	第一種電氣継電連動装置	<p>信号機、入換標識を操縦するてこ（選取押釦を含む）並びに転てつ器を転換するてこ等を同一箇所 に集中して取扱ひ、これらのでこ相互間に必要な連鎖を、制御盤とリレー群とを組合せた連動によつ て行う装置（第一種電氣継電連動装置）を取り付ける。</p>
軌道回路	無絶縁形と有絶縁形の使 用	<ul style="list-style-type: none"> • 本線路は停車場構内を除き、無絶縁軌道回路とする。 • 停車場構内は有絶縁形軌道回路の使用を原則とする。
非常停止による列 車防護	列車防護スイッチ	<p>乗降場から乗客や線路を支障する荷物等が転落した場合、進入する列車を非常停止させるために、 駅員が操作してATC 現示を02 にする列車防護スイッチを乗降場に設ける。</p>
通 信 設 備 直通電話設備	指令電話 区間電話 連絡電話	<p>運転指令及び電力指令電話システムを構成する。 駅一駅間の連絡に使用する直通電話を設置する。 運転専用（現場と運転指令直通）、電力専用（保守区、配電室等と電力指令直通）、信号専用（信 通機器室、駅運転室及び現場機器付近等との直通）etc...</p>
電話交換装置	デジタル電子交換機	<p>デジタル電子交換機を、人民広場(1,000回線)、新龍華車両基地(500回線)に新設する。両交換の 境界は上海体育館駅とする。なお、人民広場交換機經由で業務電話と上海市内電話を相互に接続する。</p>

項 目	内 容	説 明
指令用無線	列車無線装置	<ul style="list-style-type: none"> • 周波数は400～470MHzを使用する。 • 同時通話方式とする。 • 伝送方式は、トンネル内が漏洩同軸ケーブル(LCX…LEAKY COAXIAL CABLE)方式、地上区間は空間波方式とする。 • 事故等の異常時に運転士から運転指令所へ緊急通報するために必要な非常発報機能を取付ける事ができる構造とする。
保守作業用電話	沿線電話	保守区巡回者等が関係箇所と業務連絡を行うために必要な電話機で、トンネル内の職員通路に300m間隔で設置する。 収容する回線は運転専用回線、交換電話回線、その他必要な回線とする。
防災設備	自動火災報知装置等	指令所、駅、変電所及び機器室等火災監視上必要な箇所には、自動火災報知装置を設置する。また、指令所、変電所、機器室等重要な箇所には、自動火災報知装置と連動する自動消火装置を取付ける。
その他通信設備	旅客誘導、案内等の関連設備	<ol style="list-style-type: none"> 1 駅には放送設備、電気時計、行先表示装置、列車接近表示装置及び乗客監視用ITVを設置する。 2 指令所及び運転保安上又は営業上必要な箇所には電気時計を設ける。 <p style="text-align: center;">* ITV … INDUSTRIAL TELEVISION</p> <ol style="list-style-type: none"> 3 駅には出札発行機を設ける。

[4] 環境コントロール

項目	内容	説明
換気設備		
駅舎内	換気風量 $30 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}$ (空調時 $10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}$)	駅舎内の換気は機械換気が主たるものとなり、その方式は第1種(給排気)、第2種(給気のみ)、第3種(換気のみ)の3つがある。駅部の換気方式は、原則として第1種とし、便所については第3種とする。給気量は、駅部のホーム、コンコース、居室等には原則として $30 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}$ を給気し、発熱体を内蔵する電気室、機械室にたいしては各々の許容温度以内となる風量を給気量とする。
隧道部	縦流換気方式	隧道部の換気は列車の走行により発生するピストン作用を利用する自然換気と送排風機による機械換気方式がある。自然換気の中、シールド隧道区間の多い路線或いは深い路線で通風口の設置が不可能な場合、縦流換気方式が有利で、通風口は駅構造部両端に集中することが出来る。 自然換気のみで隧道内部に発生する列車、人体等よりの発生熱を除去するのが不可能又は不十分の時は機械換気方式とする。機械換気の場合の給気量は隧道内温度を 40°C 以内(平均 35°C) に保てる換気とする。この場合の隧道内風速は 1.5 m/sec 以上が推奨されている。
空調設備	温湿度条件 30°C 、70%以下 29°C 、70%以下 26°C 、65%以下	近代地下鉄は、その大量輸送による運行密度の増大及び高速化により地下鉄構内の温度上昇は著しく、特に上海市夏季の高温、多湿の気象条件下に於いては顕著な環境の悪化が予想されるので、利用客の快適性を考慮し駅構内に妥当な空調設備を設けることにする。
信号通信機器室	同上	地下鉄の空調設備の温湿度レベルを地上の事務所ビルの冷房なみのレベルとするには巨大な設備と電力を必要とするので、駅務室、信号通信機器室、指令室を除き、設備目標を外気と一般ビルの中位に位置する大空間空調と考へ、妥当な条件として外気よりやや低い $28^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ とする。
指令室	同上	

項 目	内 容	説 明
防 火 設 備	防火区画 1,500㎡以内	駅舎内は火災時に延焼を防止するため、乗降場を除き1,500㎡以内ごとに防火シャッター等で防火区画を設ける。また火災発生を早期に知るため居室関係、電気機械関係諸室とも天井部分に自動火災感知機を設け、駅務室にある火災警報受信機で確認出来るよう設備する。
排 煙 設 備	居室、コンコース $1\text{m}^3/\text{min}$ × 防 煙 区 画 $2\text{m}/\text{sec.}$ 以上× 階段・エスカレーター部 の開口面積	地下部での火災時、重要な問題は煙の処理である。上海市には現在地下鉄道に対する排煙基準が制定されていないので現在日本で実施されている基準に準ずるものとする。その考え方は以下の通り。 床面積500㎡を1区画とすることを原則とするが、区画をとる事が困難な場合は2区画1000㎡を基準として $1,000\text{m}^3/\text{min}$ の排煙能力をもたせ、500mmの防煙垂れ壁を区画ごとに設け煙の拡散を防止するものとする。 排煙の区画が困難な乗降場のような場所に於ては、火災時利用客が避難する方向を感知し易いように階段開口部等から多量の新鮮外気を下降させるようにする。 一般には駅近接の隧道ファンも排気側に稼働させる。
排 水 設 備	漏 水 量 $1\text{mm}^3/\text{m}^2/\text{day}$ 以上	地下鉄構築内面の漏水、清掃用雑用水、又開口部よりの雨水の流入などが縦断勾配の凹部に集水するので、排水設備を設け下水管、河川等に排水する。 排水設備の大きさは、排水担当区間の長さ、予想される排水量、河川への接近等により集水槽の大きさを求めポンプの容量を定める。 又排水ポンプ設備は、所要全排水量を1台のポンプでまかなうことは危険であるので、予備ポンプを設置しその動力源を常に確保するものとする。

付属資料-2 列車運転間隔と停車時間の関係

想定列車の最小時隔については、条件の最も厳しいと予想された新龍華駅につき本文の図 3-3-4において検討したが、これに対し付図 2-1は、中間駅において先行列車が所定の30秒停車を行って発着する場合を想定し検討した。

これは後続列車の駅進入にあたり、先行列車による支障が後続列車に及ばない限界停車時間について理論値を求めたものである。

(1) 算定条件

作図にあたり、次の条件を算定のため仮定した。

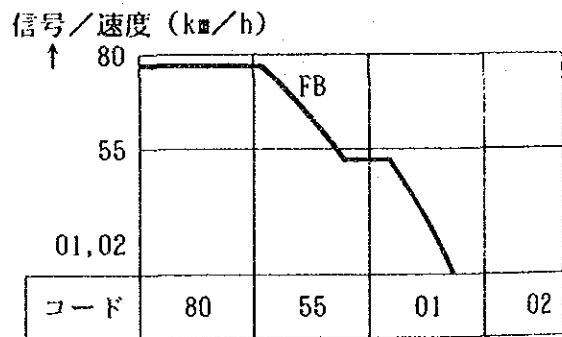
① 列車性能

- a. 減速度 常用制動 3.5 km/h/sec
 非常制動 4.0 km/h/sec
- b. 制動適用時の空走時間 3.6秒
- c. 加速度 3.2 km/h/sec

② 信号保安置置

車内信号閉そく式とし、信号による速度区分は次によった。

信号	制動の適用	備考
80→55	55信号コードを受けFB	
55→01	01信号コードを受けFB	
01→02	02信号コードを受けEB	
02	絶対停止	

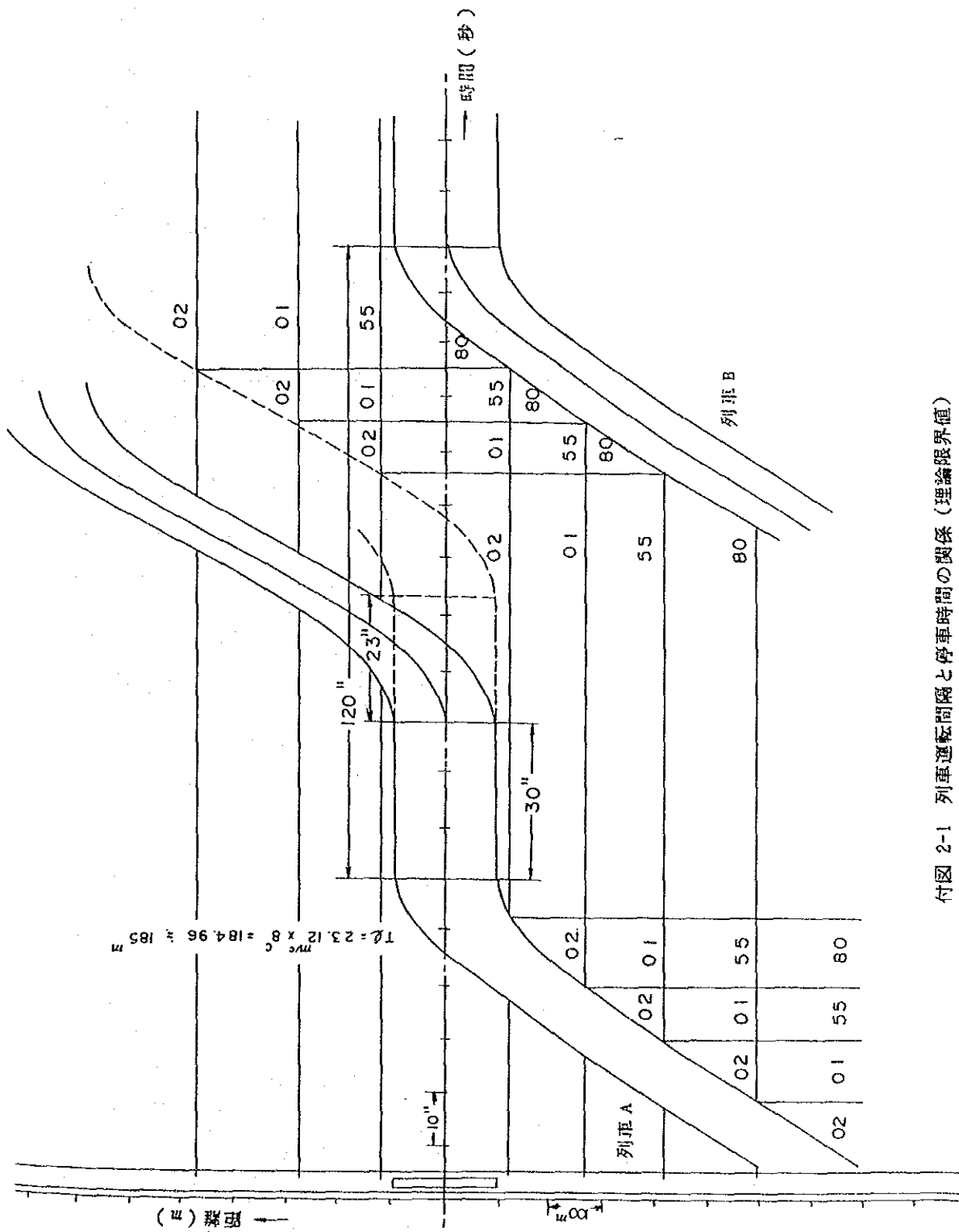


(注) FB: 常用制動、EB: 非常制動

(2) 算定結果

付図 2-1に示すように、30秒の所定停車時間に対して23秒の余裕時間がある。

また、線路の曲線、勾配により運転条件が変化するので、各駅間毎に閉そく区間長と同信号コード配列を設定することが必要である。



付図 2-1 列車運転間隔と停車時間の関係 (理論限界値)

付属資料-3 路線計画

3-1 ルート選定と駅配置

3-1-1 路線の比較

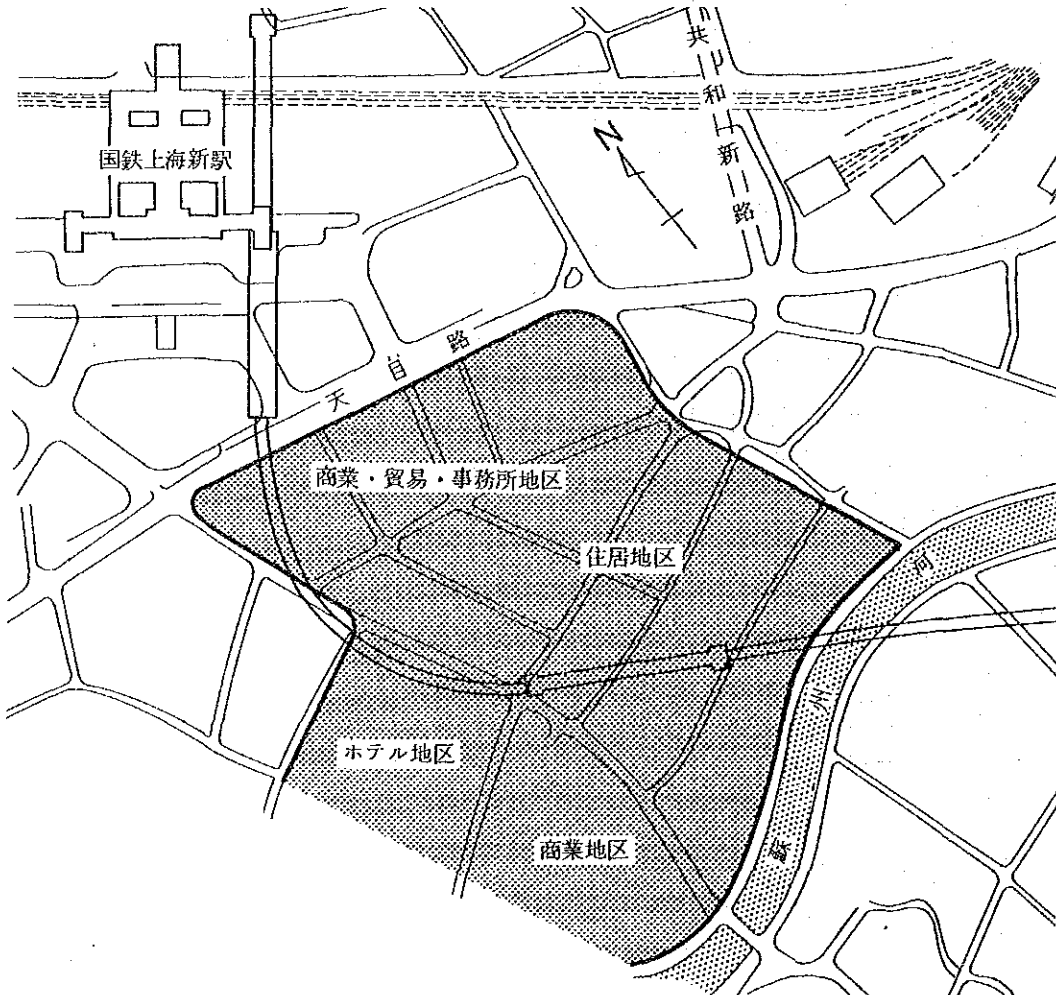
(1) 上海新駅～人民広場間

1) 現状

途中に蘇州河が東西に流れて対象地域を分断しており、同河北岸部は、老朽化した低層住宅が立ち並ぶ人口密集地域であり、また同河南岸部は住宅、倉庫、工場などが混在している地域である。

2) 将来計画

蘇州河北岸部は、将来都市再開発を大々的に行い、商業、貿易、ホテル、住宅などに生まれ変わる予定地で、既に事業化されている。



3) ルート、駅位置の比較

概ね、次の3つのケースが考えられる(本文図 3-4-2)

- ① 本文図 3-4-2の bのようなルートで駅を河の南北に1駅ずつ設けた場合
- ② ルートをcのように河の南へ迂回させた場合
- ③ ①と同じルートで駅をaのように河の南岸に1駅のみ設けた場合

①について

- a. 蘇州河北岸の漢中路駅付近は、大々的な再開発地区に指定されており、開業当初の需要は小であっても、将来その地域の核としての役割をはたす可能性を秘めている。
- b. 蘇州河までの距離が短かいので深い駅となり建設費が大きい。しかし地下3階とするなど再開発計画と連携した利用方法を図っていけばこの駅を設置する意義も大きくなる。

②について

- a. bの変形で南岸駅(新開路駅)を南へ持っていった場合であり、駅勢圏は蘇州河南岸のみとなる。
- b. 狭い道路下の建設となる。
- c. カーブが多く入り、延長も長くなる。
- d. 河から離れているので施工は比較的容易である。

③について

- a. 駅間距離は約1.3kmと市街地としては少し長く、蘇州河北岸地区の住民の利便が図れない。
- b. 駅建設と併せて新しい橋梁で北岸と結べば、北部の利用者の利便をはかることができる。しかし、新橋は街路計画と整合性をもたせる必要があり、その実現性に難点がある。

4) 留意事項

このルートは蘇州河横断および同河への近接施工の範囲が大であるので、土質、地下水の詳細調査、それに基づく適切な補助工法等の配慮が必要である。

(2) 人民広場～徐家匯間

1) 現状

人民広場～徐家匯間は、主として住宅、商業、文化等から成る地域であり、東西方向には三本の幹線道路が走っている。

延安路は上海市の主要幹線であり交通量も大きい。

淮海路は、南京路につぐ繁華街にあり、庶民的な商店が軒を並べ、裏通りには、中層住宅が密集している。

復興路は、交通量は多いが、道路幅は狭い。

徐家匯から東北方面には衡山路が走っており、沿道は高級住宅街となっている。

2) 将来計画

人民広場、徐家匯には開発計画が立案されているが、他の場所には、大規模な市街地改造計画等は特にない。

上記の主要道路には拡幅計画があるが、その着手時期は不明である。

3) ルートの比較

人民広場～徐家匯間については、本文図 3-4-3のように概ね次の三つのルートが考えられる。

① 金陵西路 → 延安中路 → 常熟路 → 衡山路

② 淮海路 → 宝慶路 → 華山路 … A
 ↓
 衡山路 … B

③ 復興路 → 陝西南路 → 肇嘉浜路

①について

- a. 人民広場駅南端からすぐに直角に曲らなければならずカーブセッティングに難がある。
- b. 西方に行くほど、延安路は北上しており、将来の東西線に接近しすぎることとなる。

以上により不可

②の Aについて

- a. 宝慶路から西側の淮海中路の沿道は高級住宅地となっており潜在需要は大きくない。
- b. 華山路ルートについては、将来の環状線ルートと競合する。

以上により不可

②の Bについて

- a. 衡山公園前の交差点に出入口を設ければ路上交通機関との乗継ぎもでき、北方面および東方面居住者の利便性が向上する。
- b. 衡山路は高級住宅街にあるので、将来、駅勢圏からの利用客の伸びは多くを望めない。

③について

- a. 復興路は道幅が狭く、駅を道路のみを使用して建設することはむづかしい。
- b. 地下埋設物が複雑で移設が困難である。
- c. 復興路は、商業・業務地域でないので、交通量、人の流れは淮海路ほど多くない。

3-1-2 主要駅の位置比較

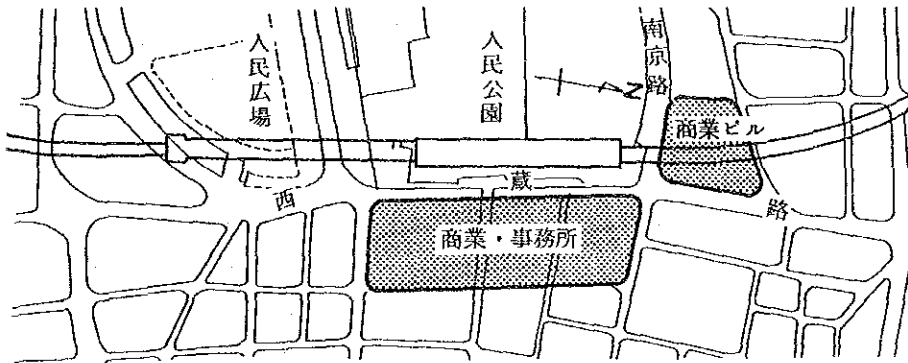
(1) 人民広場駅

1) 現状

人民広場周辺は、上海市の中心として発展し、特に南京路、西藏路の沿道は商業、業務地域としてまた文化、娯楽の中心として、終日、人の流れが絶えない高度に都市化が進んだ地区である。

2) 将来計画

上記交差点付近を中心として、高層ビルへの建て替えを行って近代都市へ脱皮する計画が立案されている。



3) 駅配置計画

駅位置は、現在の道路事情から、また将来の東西線の駅位置およびその施工性の観点から、人民公園付近が適している。南北方向の位置については、

① 駅舎を北京路交差点の北側まで延ばした場合（本文図 3-4-5）

② 駅舎すべてを公園内に設置した場合（本文図 3-4-6）

の二案が考えられる

①について

- a. 交差点四隅に出入口が設置可能で利用者の利便性は大きい。
- b. 立退き跡地を利用して、駅と接続したビル建設が可能で、都市空間の高度利用がはかれる。
- c. 東西線との乗り換えが、直接ホームからホームへ連絡できる形式を選ぶことができる。
- d. 広場周辺の再開発計画など広場全体としての発展性に欠ける。
- e. 南京路を横断して工事をする必要があり、人の流れの阻害、道路交通障害は大である。

②について

- a. 駅のレイアウト上、ホーム両端には空調室が必要であり、このため東西線の接続はホーム相互の直接連絡とはならない。
- b. 工事施工上は非常に有利
特に工期に制限を受ける場合には、大きな長所である。

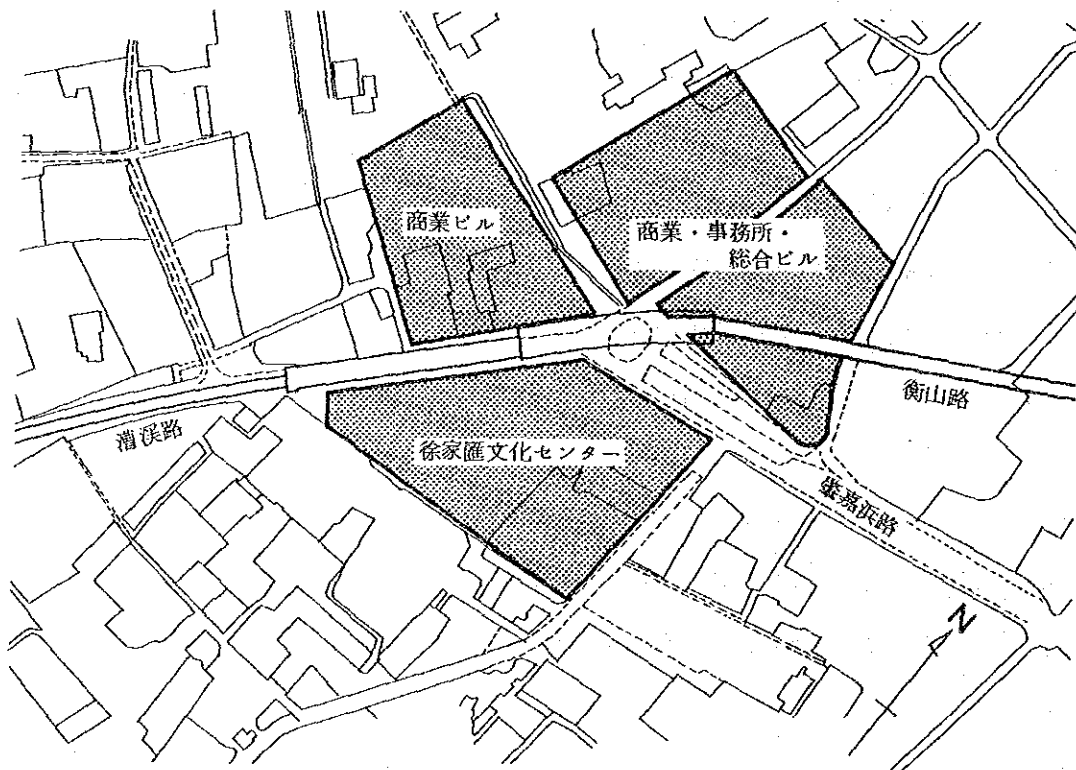
(2) 徐家匯駅

1) 現状

上海中心区の南西部に位置し、駅設置付近は5叉路になっており、大きなバスターミナルが肇嘉浜路にある。交差点より北は、商業、住宅の混在地で家屋が密集しているが、南側の家屋密度は比較的粗である。

2) 将来計画

この地域は、東西両沿道の整備計画、交差点改良計画など大々的な計画により、一大業務、文化地域へ衣替えする発展性を秘めた地域である。また将来の交通の拠点としての位置づけもなされており、副都心を形成するものと考えられる。



3) 駅配置計画

駅の位置としては次の 3 ケースが考えられる。(本文図 3-4-7)

- ① 5 叉路直下へ設置した場合
- ② 道路中央より東側に設置した場合
- ③ 道路外に設置した場合

①について

- a. 交差点の各コーナから地下コンコースへ利用客を誘導できる最も好ましいタイプである。
- b. 交差点改良計画としてアンダーパス計画があり、また将来の環状線が交差するので、三重構造となり駅舎は深くなる。アンダーパスの道路空間が上海市当局から 4m 高で了解されているので、概略土被りは $H = \text{上床板と舗装厚} 1.0\text{m} + \text{底床版} 0.7\text{m} + \text{内空} 4\text{m} = 5.7\text{m}$ となり、通常駅より 2.7m 程度深くなる。
- c. プラットホームに $R = 800\text{m}$ のカーブが入る。
- d. 衡山路は将来 40m に拡幅されるが (現在 22m)、アンダーパス完成時には拡幅されることが望ましく、道路拡幅事業の中へ地下鉄事業が参入する形式がとれば、立退き問題に対して有利である。

②について

- a. アンダーパス計画と切りはなして建設できる。
- b. 肇嘉浜路のバスターミナルとの接続は容易であるが、西側沿道へのサービスが低下する。
- c. 下水道 $\phi 1350$ が構築天井を横切ることになるので駅舎レイアウトに制限を受ける。
- d. 将来の環状線との接続は、連絡通路が長くなる。

③について

- a. 道路外なので施工は非常に簡単である
- b. 環状線との連絡が不便となる
- c. 交差点を中心とした将来の都市計画と整合しない。

(3) 上海体育館駅

1) 現状

清溪北路の西側には高層住宅 (10 階建前後) が林立しており、多くの利用者を見込むことの出来るゾーンである。

東側には体育館、プールなど市の体育センターとしての施設が集まり、各種大会時には、短

時間に多数の流動が生ずる地区である。

2) 将来計画

上海体育館の南方で漕溪路は、国鉄滬杭線と中山路を横断しており、現在交通のネックとなっているので、両者に対する立体交差化計画が市政工程局で立案されている。

3) 駅配置計画

駅は体育館の近傍に設けるのが望ましく具体的な位置としては

- ① 道路中央に設置した場合（本文図 3-4-8）
- ② 体育館用地内に設置した場合（本文図 3-4-9）
- ③ ②の位置を、中山路を越えて南へ移した場合（本文図 3-4-10）

が考えられる。

①について

- a. 道路の東側、西側双方の地区への利便性が高く、最も望ましい形をとり得る。
- b. 道路の立体化計画と合わせて施工する必要がある。
- c. アンダーパスによる立体化の場合にはシールドトンネルの防護が必要である。
- d. 今後立体計画との協議、調整は市政工程局と十分行なわれねばならないが、日本では事業主体が複数の場合の協議は長期間かかる場合が多い。

②について

- a. 道路立体計画と関係無く施工出来るので、工期、工事費の面では有利である。
- b. 西側住民に対するサービスが低下する。地下通路で結ぶと 60m以上の長さとなり、心理面、防犯面からも好ましいものではない。

③について

- a. 将来建設されるバスターミナルと近接することになる。
- b. 中山路には老朽埋設管が複雑に入りており施工が容易ではない。
- c. 北部に対するサービスが増々悪くなる

3-1-3 その他の駅の配置

(1) 上海新駅、漢中路、新閘路、新龍華駅

本文で述べたとおりである。

(2) 嵩山路、思南路、陝西南路、宝慶路駅

嵩山路駅は他駅との関係から出来るだけ東側が適当である。

思南路駅は、計画道路成都路とクロスする位置に設けた。この交差点は、アンダーパスの計画も考慮されているので、計画当局とよく協議の上、どちらを優先させるべきかを十分検討すべきである。アンダーパス優先の場合には、駅を深くするか西側へ移すべきかを再検討する必要がある。

陝西南路駅、宝慶路駅については、陝西南路、衡山路の近傍に設けた。

(3) 漕宝路駅

テストトンネルの発進基地として駅の北端部は既に施工されている。

3-2 縦断線形の検討

(1) 縦断線形選定に関する基本的条件とその適用

1) 縦断線形の基本形

一般に、駅間の縦断線形は、隣接する両駅の R.L が同程度の高さの場合には

- ① 山形
- ② 水平
- ③ 谷形

の三つの基本形にわけられる。

- ① は、地下鉄道では、開削工法の場合に建設費の面から採用されている線形である。
- ② は、運転上、車両の性能上、最も望ましい線形であり、地平の場合や制約条件が特にならない場合に用いられる。
- ③ は、高架部では建設費の面から、また地下部では、軟弱地盤でのシールド工法の場合に地盤沈下、トンネルの安定性の面から、一般的に採用されている。この形状は、消費電力上は有利であるが漏水処理のため、中間ポンプ室が必要などの不利な面もある。

地下鉄道では、駅部は、建設費の面からまた利用者の面から浅い方が望ましく、駅間部は、種々の制約条件によって規制される場合が多いので、それらを総合して縦断線形を決定する必要がある。次節で具体的な検討を行う。

2) 縦断線形の決定に考慮すべき条件

上海市の路面交通の状況、地質、施工性等を考慮して構造物の形式を駅部は総中階式函型構造、駅間部は単線 2本並列トンネルとし、縦断線形を定める。

駅間トンネルの縦断線形に関して考慮すべき主な条件は、

- ① 施工時の地盤沈下防止と完成時のトンネルの安定性確保
- ② 道路外通過地の土地利用制限の緩和
- ③ 地上への列車振動の防止
- ④ 河川横断に対する安全施工
- ⑤ 都市計画との整合性

が考えられるが、以下に各項目についての検討を行う。

①について

今回のルートは、大部分が市街地の家屋密集地を通過するので、地盤沈下は極力さける必要がある。

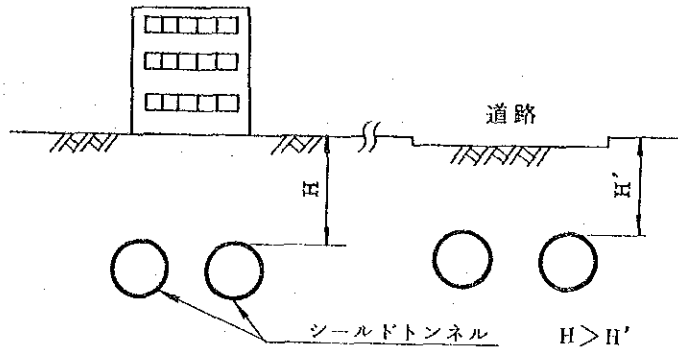
即ち、極端な軟弱地盤層を出来るだけ避けて、安定した地盤に、ルートを選定し地表面に対する影響の度合を少なくするように定めなければならない。

上海市の地盤調査の概略図から判断すると、地下鉄路線に関係のある地層は、本文図 3-6-2 のように 5層である。このうちGL -7 ~-15mの層が非常に軟弱な粘性土で、 $qu \approx 0.5\text{kg/cm}^2$ 、自然含水比は液性限界を越えている。その下の層はこの層より安定しているので、出来ればその層に入るように、線形を定めるべきである。

② について

本ルートの約 1/3は道路外を通過している。従って、その直上付近では、施工時における地盤沈下を当然抑えなければならず、完成後には、トンネルが、将来計画される物件に対して制約を与えることになる。

即ち、ルート直上に建てられる建築物の重量、基礎形式、地下掘削深さに対し制限が生じることになるので付図 3-1のようにトンネル土被りは、できる限り大きくしておくことが望ましい。



付図 3-1 トンネルと地上物件の関係

③ について

列車通過に伴う、地上家屋への振動は、最近日本でも問題になってきているケースが多い。

この解決策として、種々の方策が考えられるが特効薬的なものはない。一般的には、振動の強さは、地表面とトンネル深さの距離 H に関係し、

$$\text{振動の強さ} \propto C - B \cdot \log H \quad B, C: \text{定数}$$

とされているので、トンネルを深く設置することが効果的な方策であると言える。

④ について

上海新駅から蘇州河にかけて、灰色粉砂の層が存在している。灰色粉砂は、地下水を含み、均等係数も小さく、流動化しやすい特性を持っていると言われ、シールド線形として、その層上を通過すべきかどうかは（この場合には、河底との土被りが小となる）、現時点ではデータ不足で言えない。

現段階では河底から直径程度7mは離すことが、安全施工のためには必要であると考えられる。漢中路駅との関係で勾配は35%前後となるが、それでも漢中路駅は土被りが5m近くになり、他の駅より深くなる。しかし、勾配を小にして、駅を深くすることには、駅の使用面からまた建設費の面から得策とは言えない。

⑤ について

上海市では、道路立体化計画の一環としてアンダーパス計画があり、地下鉄構造物の土被りは、それらを考慮したものとしなければならない。

地下トンネルから地上又は高架へのアプローチが将来考えられる場合には、その付近の路上横断は、使用不可となり、都市計画上の制約となる。

都市計画の上からは、鉄道によって分断される地域は、出来るだけ少なくすべきであり、今回の南北線は、将来宝山方面への延伸が計画されているのでその点を配慮すべきである。

(2) 縦断線形の標準形

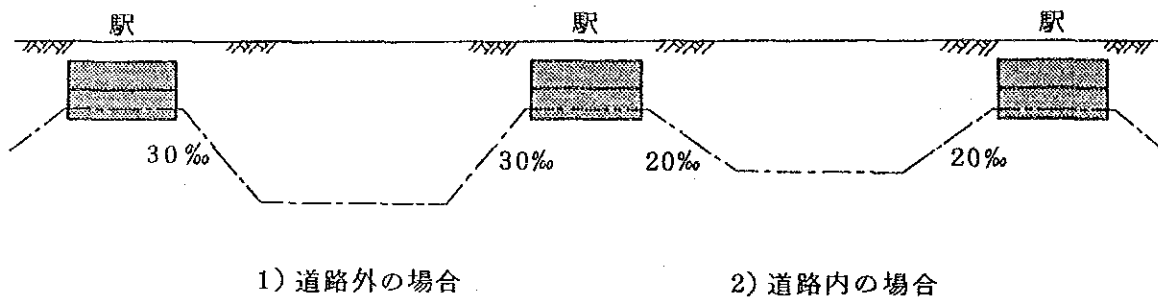
縦断線形の標準形については、前節の基本的な考え方に沿って、道路外と道路下の 2 ケースについて定めた。

1) 道路外の場合

ルートが家屋下を通る場合には、前節で述べたように、

- 地表沈下を極力少なくする。
- 将来、建設される建築物に過大な制約を与えない。
- 列車走行による振動を防止する。

等により、出来るかぎり、大きい土被りが望ましいので標準線形は付図 3-2のとおりとし、地層的には、本文図 3-6-2中の第 5層を長く通過できるように、30‰ 勾配の線形を選んだ。



付図 3-2 標準縦断線形

2) 道路内の場合

道路には各種埋設物があり、施工による沈下は極力おさえなければならないが、家屋下を通る場合よりも制約条件は、緩やかになる。

従って、トンネルの下半分は第 5層に達するようになしうれば、付図 3-2の1)における30‰を20‰に近づけて、1)よりも浅い位置に設置した。

3) 駅の土被り

道路下の場合には、将来の各種埋設物の設置空間を確保しさらに、道路交差点付近では、埋設物が交錯するので、これらのことを配慮して土被りを3.0mとした。

道路外の場合には、上記の制約はなく、駅舎上をどの様に計画するかによって、土被りは異なる。しかし本ルートでは、駅の一部に道路が横断しているため、道路下と同じ3mとする。

4) 駅の勾配

乗降場部分の線路は、水平とするが、駅の標準長は、275mと長いので、駅両端のポンプ槽への排水勾配が問題となる。

駅中央からポンプ槽まで135mとすると、2‰勾配で27cmの排水溝深さが必要となり、道床厚との関係を、詳細設計では詰めておく必要がある。(本文図 3-6-3参照)

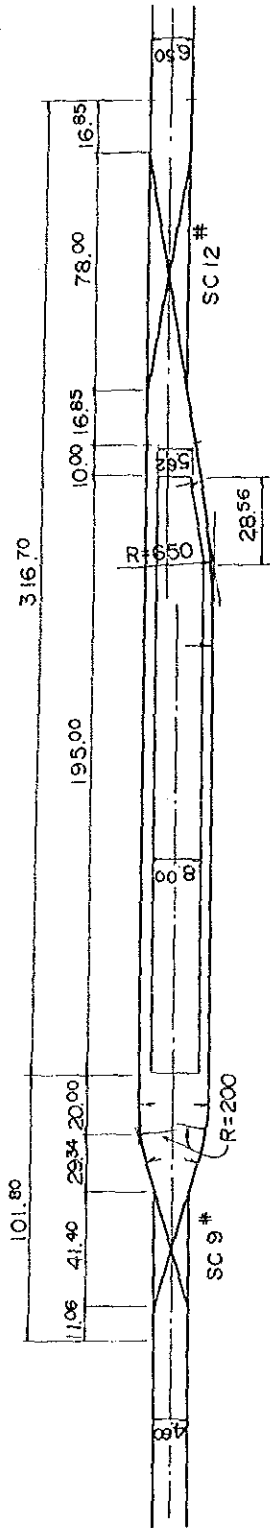
5) その他

地下から地上へのアプローチ部における地上入口での勾配屈折点には、浸水対策上の止水壁を設けるような高さの R.L.にしておくことが望ましい。

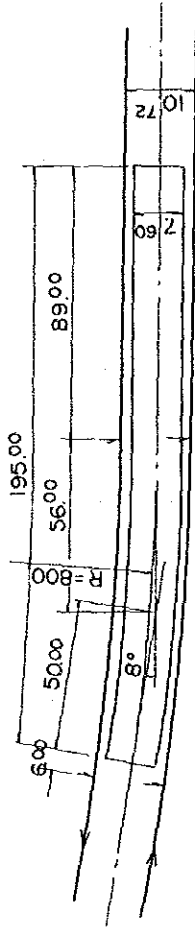
3-3 主要箇所の配線計画

新龍華、漕宝路、徐家匯、思南路、人民広場、上海新駅の各駅における配線詳細図を付図 3-3、3-4に示す。

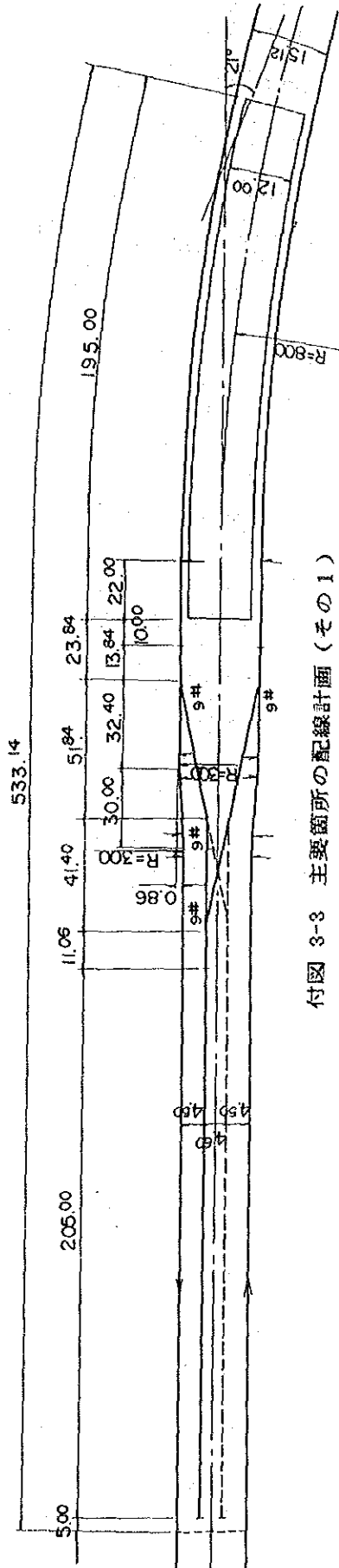
新 龍 華



漕 宝 路

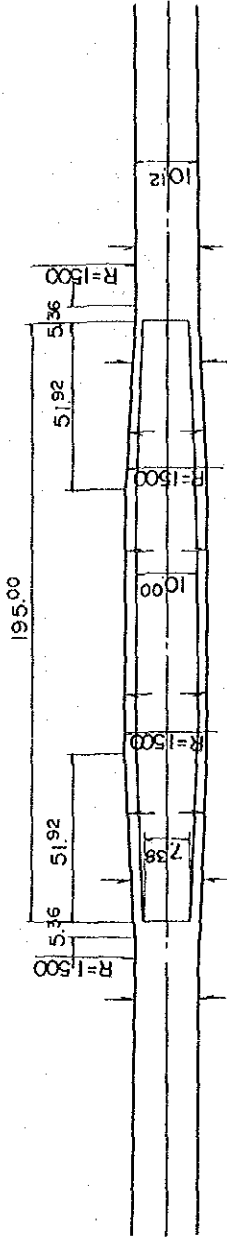


徐 家 匯

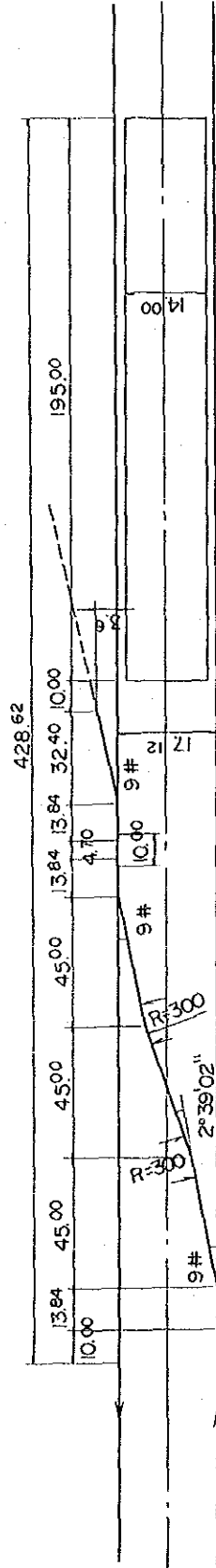


付圖 3-3 主要箇所の配線計画 (その1)

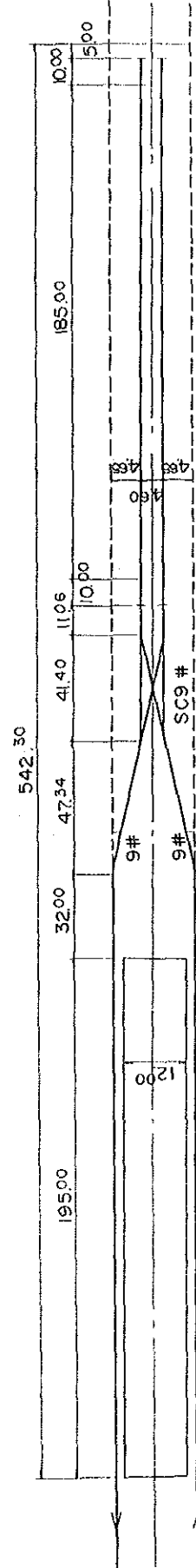
思 南 峰



人 民 広 場



上 海 新 駅



付図 3-4 主要箇所の配線計画 (その2)

付属資料-4 構造物及び施工計画

4-1 上海市の土質

淮海中路と思南路の交差点付近 (ML 8k400m) でなされた地盤調査結果を付図 4-1、4-2 付表 4-1に示す。

層序	分層深度 (米)	層厚 (米)	柱状図 比例尺 水平 1:10 垂直 1:200	土層名称	貫入深度 (米)		分層平均 層数	曲線図						
					起	止		20	40	60	80			
1	0.80	0.80		粘土										
2	2.00	1.20		褐黄色重粘土	1.15	1.45	4							
				褐灰色重粘土	3.15	3.45								
3	3.25	3.25		灰色淤泥质重粘土	3.15	3.45	2							
4	6.80	1.55		灰色淤泥质重粘土	7.15	7.45	0							
				灰色淤泥质粘土	9.15	9.45								
					11.15	11.45								
5	15.50	8.70			13.15	13.45								
					15.16	15.45	1							
				灰色粘土夾粉砂	17.15	17.45								
					19.15	19.45								
6	21.35	5.85			23.15	23.45	4							
7	23.60	2.25		灰色重粘土与粉砂交互層	23.15	23.45	13							
				灰色重粘土夾薄层粉砂	25.15	25.45								
8	27.00	3.40					8							
9	25.10	1.10		灰色重粘土	27.15	27.45	6							
10	30.00	11.50		暗绿色粘土	28.70	30.00	13							
		貫穿												

付図 4-1 U-33 鑽孔標貫試驗綜合成果表

鑽孔編號	U 3 4		鑽孔位置	淮 海 中 路 6 4 0 ~ 6 4 2 号	開 終 孔 口 徑	φ 1 5 0 mm φ 1 3 0 mm	開 孔 日 期	8 5 . 8 . 4
孔口標高			鑽機類型	S H - 3 0 型	鑽探方法		終孔日期	8 5 . 8 . 5
初見水位	深度 標高	靜止水位		深度 標高	1.10米	鑽探單位	水文地質工程地質隊一號機	
層底標高(M)	層底深度(M)	土層厚度(M)	地質剖面 比例尺 1:200	土層順序號	土層名稱	土 層 簡 述		
	1.50	1.50		①-1	填 土			
	2.60	1.10		①-1	褐黃色重粘土	濕、可塑、中等壓縮性土層		
	3.00	0.40		①-2	褐黃色淤重粘土	很濕、流塑、高偏中壓縮性土層		
	5.20	2.20		③	灰色淤泥質重粘土	飽和、流塑、高壓縮性土層、局部井段重粘土與重砂土薄互層		
	7.30	2.10		④	灰色淤泥質粘土	飽和、流塑、高壓縮性土層、夾薄層粉砂(0.1cm)具有水平層理		
	8.70	1.40		④'	灰 色 粘 土	很濕、軟塑、高壓縮性土層、夾薄層重砂土(1~3cm)		
	16.00	7.30		④	灰色淤泥質粘土	飽和、流塑、高壓縮性土層夾薄層粉砂(0.1cm)具有水平層理		
	19.50	3.50		⑤	灰色淤泥質重粘土	很濕、流塑、高壓縮性土層、局部井段重粘土與粉砂質互層、夾薄層粉砂		
	20.80	5.30		⑤-0	灰色重粘土與粉砂薄互層	重粘土：濕、軟塑、單層 0.2~0.80 cm 粉砂：飽和、中出 單層 0.2~0.7 cm 局部井段以粉砂為主夾薄重粘土 顆粒組分：細砂1%、極細砂28%、粉粒51%、粘粒20%		
	28.60	3.80		⑤	灰色重粘土夾薄層粉砂	濕、軟塑、中等壓縮性土層夾薄層粉砂(0.2cm)、具有水平層理、局部井段重粘土與粉砂重互層產出		
	30.60	12.00			暗綠色粘土	稍濕、硬可塑、低偏中壓縮性土層夾有褐色泥質斑紋		
		未穿						

付圖 4-2 工程地質孔柱狀圖

附表 4-1 土工試驗成果表

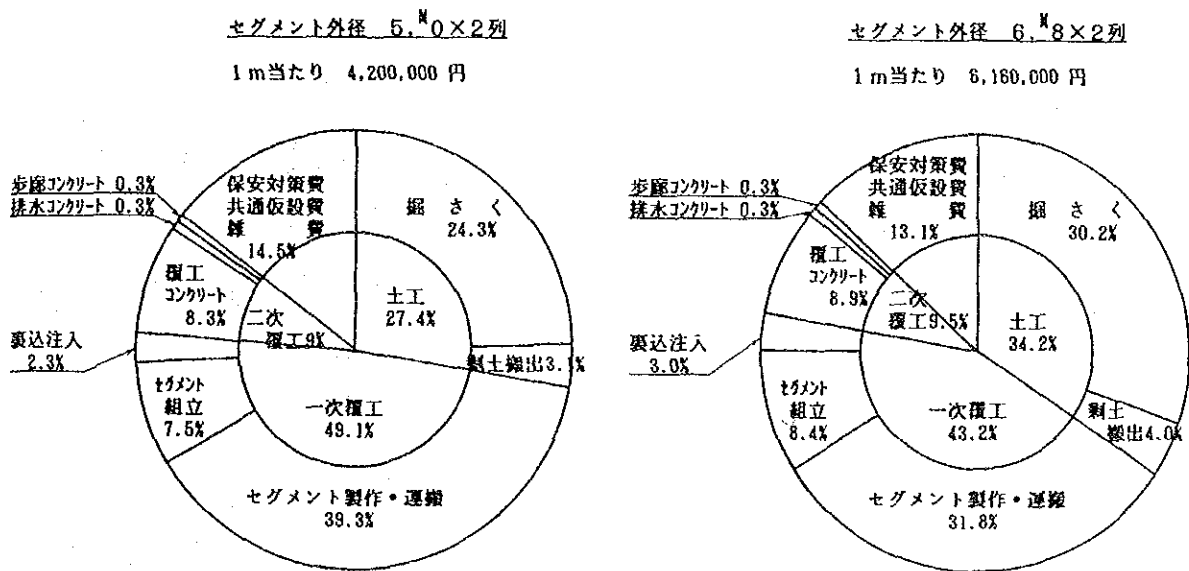
取土樣深度 m	天然含水量		容重		飽和度	孔隙比	孔隙度	塑性限界			液性指數			顆粒組成百分比 %						壓縮或固結		透數		無應限抗		靈敏度	
	W	%	r	g/cm				Gs	Sr	%	n	WL	WP	Ip	IL	砂	粉土	粘土	ar	Es	水	直	原	重	壓		狀
	起	止	g/cm	g/cm		%	%	%	%	%	%			細	粗	細	粗	cm/sec	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	
														0.25-0.1-0.05-0.01	0.1-0.05-0.01	0.01-0.005	0.005以下	0.029	62.2	cm/sec	kg/cm ²	0.092	5.52	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	
1.6~2.0	30.0	1.92	1.48	2.73	96.5	0.848	45.9							5	48	19	28										
2.6~3.0	39.2	1.80	1.29	2.72	96.6	1.103	52.5	37.1	21.2	15.9	>1			5	65	15	15				0.049						
4.2~4.6	47.6	1.73	1.17	2.73	97.7	1.329	57.1	39.2	23.4	15.8	>1										0.107						
6.1~6.5	54.3	1.66	1.08	2.75	95.9	1.556	60.9	48.2	24.1	24.1	>1																
8.1~8.5	40.1	1.76	1.26	2.74	92.9	1.181	54.2	44.2	21.4	22.8	0.82																
10.1~10.5	56.1	1.67	1.07	2.75	98.2	1.571	61.1	47.4	23.4	24.0	>1				22	23	55				0.137	17.7	6.82X10	0.508	0.092	5.52	
12.1~12.5	49.6	1.72	1.15	2.75	98.0	1.392	58.2	46.1	24.9	21.2	>1										0.094						
14.1~14.5	48.4	1.73	1.17	2.75	98.0	1.359	57.6	43.8	21.4	22.4	>1										0.083						
16.1~16.5	36.2	1.80	1.32	2.73	92.7	1.066	51.6	34.4	19.0	15.4	>1			9	46	15	30										
18.1~18.5	37.1	1.81	1.32	2.73	94.9	1.068	51.6	35.3	18.9	16.4	>1										0.043						
20.1~20.5	32.7	1.81	1.36	2.72	89.2	0.994	50.0	29.2	18.7	10.5	>1			1	25	39	10	25			0.045	42.2	2.31X10	0.660	0.131	5.04	
22.1~22.5															21	46	13	20									
24.1~24.5	32.4	1.84	1.33	2.71	92.4	0.950	48.7							2	39	38	6	15			0.035	53.9					
26.1~26.5	32.8	1.83	1.38	2.72	91.7	0.974	49.3	33.2	19.2	14.0	0.97										0.035	54.5					
28.1~28.5														1	21	59	7	12									
30.1~30.5	22.8	2.00	1.63	2.74	91.5	0.882	40.6	36.3	17.7	18.6	0.27			7	40	14	39				0.016	104.1					

4-2 構造物計画

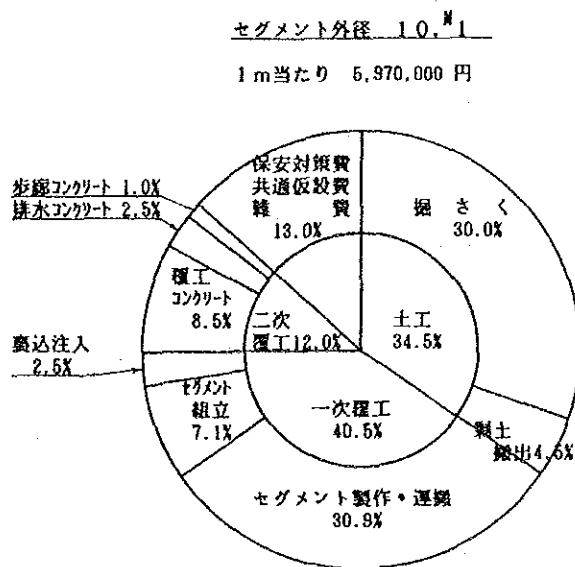
(1) シールドトンネル部の構造

1) 複線シールド(1台)と単線シールド(2台)の工事比較

トンネル外径 5.0m、6.8m、10.1m の工事費、内訳比率を付図 4-3、4-4 に示す。本予定シールドでは外径 6.8m と 10.1m が対応する。



付図 4-3 径別工事費及び内訳比率 (単線 2列)



注：価格は日本の例による。

付図 4-4 径別工事費及び内訳比率 (複線)

2) シールドトンネルの概略断面厚の計算

前提条件

- セグメント：鉄筋コンクリート平板式（セグメント幅1.00m）
- 最深土被り：20.0m（地下水位はGLより1.50m）
- 土質：軟い粘性土（側方土圧係数、 $\lambda = 0.75$ ）

解析手法

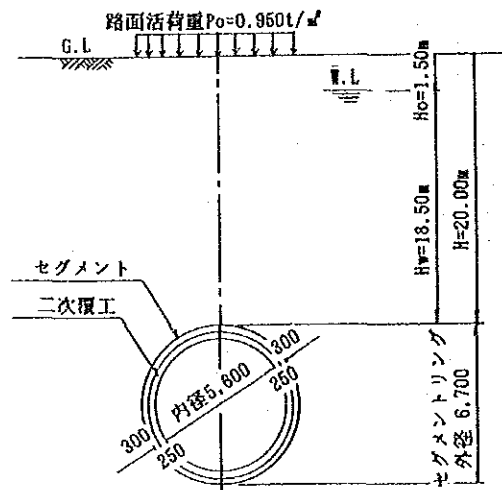
- 慣用計算法（剛性一様リング）

検討結果

- セグメント厚 300mm

以下に構造計算の概略を示す。

A) 構造断面



付図 4-5 シールドトンネルの構造断面

B) 許容応力度

鉄筋	引張応力度	1600kg/cm ² (SD30)
コンクリート	曲げ圧縮応力度	150 // (σ ₂₈ =450 kg/cm ²)
	せん断 //	9 // (//)
	付着 //	20 // (//)
	支圧 //	135 // (//)

C) 荷重計算

① 鉛直土圧 P₁

上海市の上部土質は粘性土であるので、「全土被り土圧」を採用する。また水圧は土圧に含めるものとする。

$$P1 = P_0 + \gamma t \cdot H_0 + \gamma H_w \quad \gamma t = 1.6 \text{ t/m}^2, \quad \gamma = 2.0 \text{ t/m}^2$$

② 覆工自重 g

$$g = \frac{\omega}{2\pi R_c}$$

ω : セグメントの重量
 R_c : セグメントの中心までの半径

③ 鉛直反力 P_g

$$P_g = \pi g$$

④ 水平土圧 q_1, q_2

土質を考慮して、側方土圧係数 $\lambda = 0.75$ と $\lambda = 0.70$ の場合も合わせて検討する。

$$q_1 = \lambda P_1, \quad q_2 = q_1 + 2\lambda \gamma R_c$$

⑤ 水平方向の地盤反力

非常に軟弱な粘土では、これは期待できないが、一般に中位の粘性土 ($4 \leq N < 8$) 以上の良質な地盤なら考慮してよいと云われている。

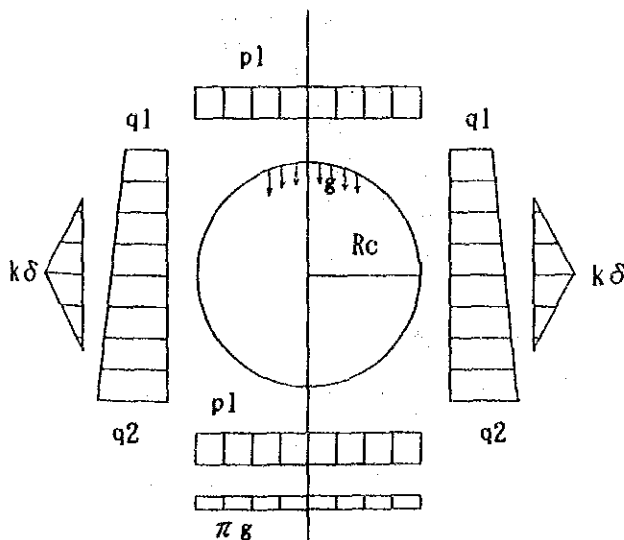
今回、 $\lambda = 0.70$ の場合に限り、同時に水平地盤係数 $K = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ として地盤反力を作用させる検討を追加した。

リングの変位量 : δ 、継手効率 : $\eta = 1.0$

$$\delta = \frac{(\pi g + 2P_1 - q_1 - q_2) \times R_c^4}{24(\eta EI + 0.0454KR_c^4)} = 0.0075 \text{ m} = 0.75 \text{ cm}$$

$$K\delta = 0.5 \text{ kg/cm}^2 \times 0.75 \text{ cm} = 0.375 \text{ km/cm} = 3.75 \text{ t/m}$$

⑥ 荷重図



• $\lambda = 0.75$ の場合

セグメント厚 : $h = 300 \text{ mm}$
 鉛直土圧 : $P_1 = 40.35 \text{ t/m}^2$
 水平土圧 : $q_1 = 30.26 \text{ t/m}^2$
 " : $q_2 = 39.86 \text{ t/m}^2$
 覆工自重 : $g = 0.750 \text{ t/m}^2$
 セグメントリング図心半径 : $R_c = 3.200 \text{ m}$
 水平地盤反力 : $K\delta = 0 \text{ t/m}$

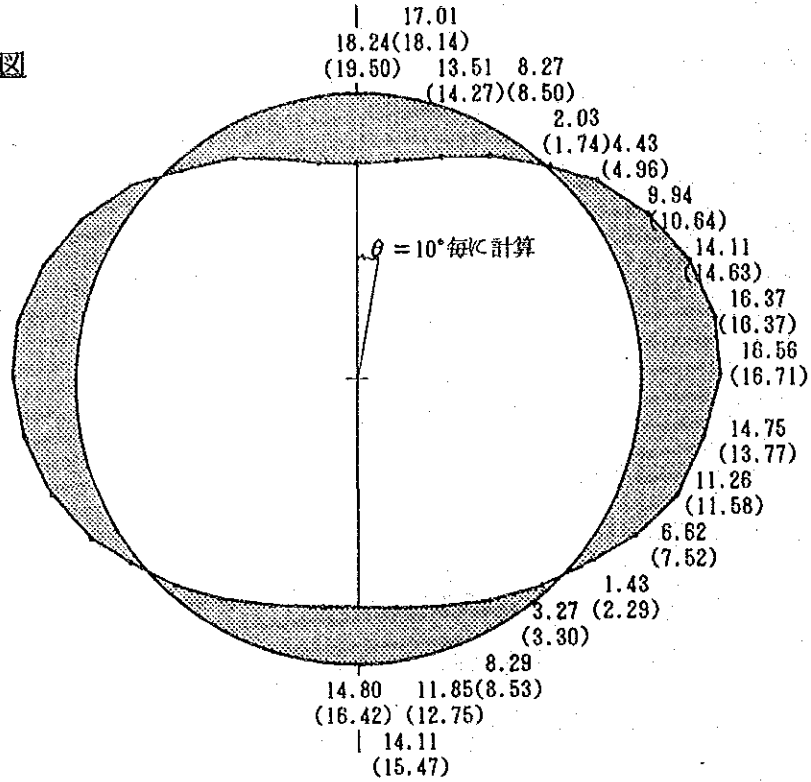
• $\lambda = 0.70$ 、 $K = 500$ の場合

セグメント厚 : $h = 300 \text{ mm}$
 鉛直土圧 : $P_1 = 40.35 \text{ t/m}^2$
 水平土圧 : $q_1 = 28.25 \text{ t/m}^2$
 " : $q_2 = 37.21 \text{ t/m}^2$
 覆工自重 : $g = 0.750 \text{ t/m}^2$
 セグメントリング図心半径 : $R_c = 3.200 \text{ m}$
 水平地盤反力 : $K\delta = 3.75 \text{ t/m}$

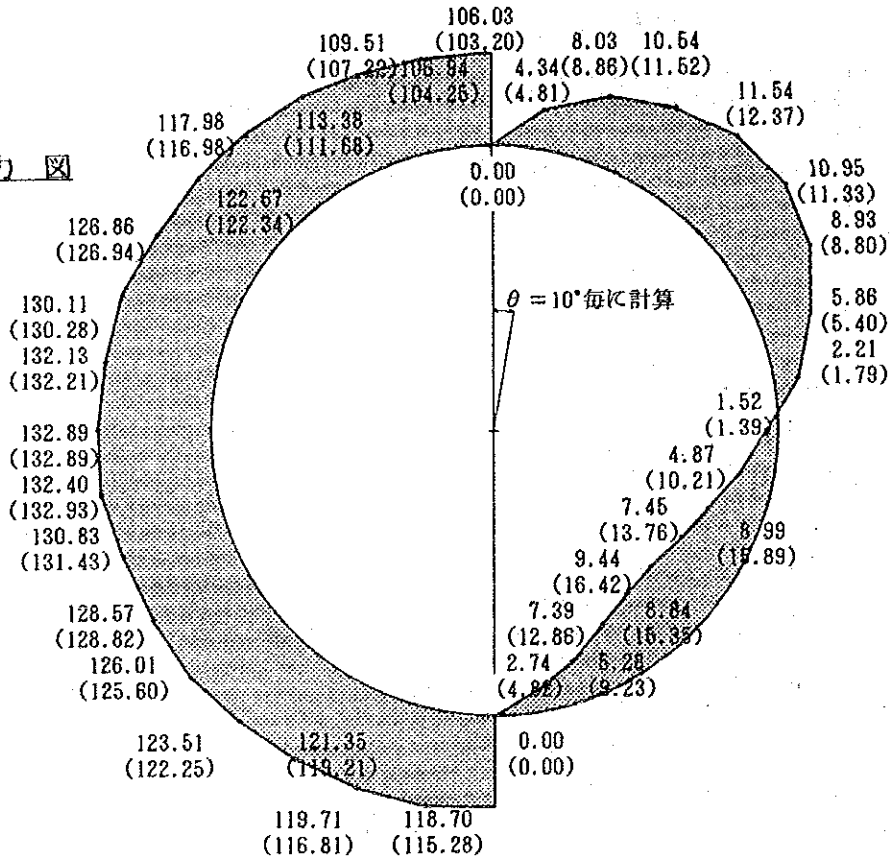
付図 4-6 シールドトンネルの荷重図

D) 断面力図

曲げモーメント図



軸力図



せん断力図

注) 図中 () 数字は、λ=0.70、K= 500の場合を示す。

付図 4-7 シールドトンネルの断面力図

E) セグメントの応力計算

発生した正及び負の最大曲げモーメントを用いて、応力度の計算を行う。

① セグメント本体の応力計算結果

$\lambda = 0.75$ の場合

	$\theta = 0^\circ$ 内側引張	$\theta = 90^\circ$ 外側引張
M t·m	18.24	16.56
N t	106.03	132.89
b cm	100	100
h //	30	30
d //	27	27
d' //	3	3
As cm ²	8φ D22 =30.96	8φ D22 =30.96
As' //	8φ D22 =30.96	8φ D22 =30.96
σ_c kg/cm ²	114.7	109.8
σ_s //	1070	604
σ_{ca} //	150	150
σ_{sa} //	1600	1600

$\lambda = 0.70$ 、 $K = 500$ の場合

	$\theta = 0^\circ$ 内側引張	$\theta = 90^\circ$ 外側引張
M t·m	19.50	16.71
N t	103.20	132.89
b cm	100	100
h //	30	30
d //	27	27
d' //	3	3
As cm ²	8φ D22 =30.96	8φ D22 =30.96
As' //	8φ D22 =30.96	8φ D22 =30.96
σ_c kg/cm ²	121.1	110.6
σ_s //	1258	621
σ_{ca} //	150	150
σ_{sa} //	1600	1600

② 継手の計算

継手形式、千鳥組効果の評価の方法等により、計算式は異なるので今回は省略する。

(2) 開削トンネル部の構造

1) 標準駅の概略構造計算

前提条件

- 標準駅の構造：連続壁を本体に利用して、地下2階の駅を築造する。
- 土 被 り : 3.00m (地下水位は G.Lより1.50m)
- 土 質 : 軟い粘性土 (側方土圧係数、 $\lambda = 0.70$)

解析手法

- 変位変形法

検討結果

- 連続壁の厚み 800mm

以下に構造計算の概略を示す。

なお、解析手順として、施工過程に応じて応力度を重ね合せる方法もあるが、計算が繁雑であるので、今回は一般的な方法に処った。

A) 材料の許容応力度

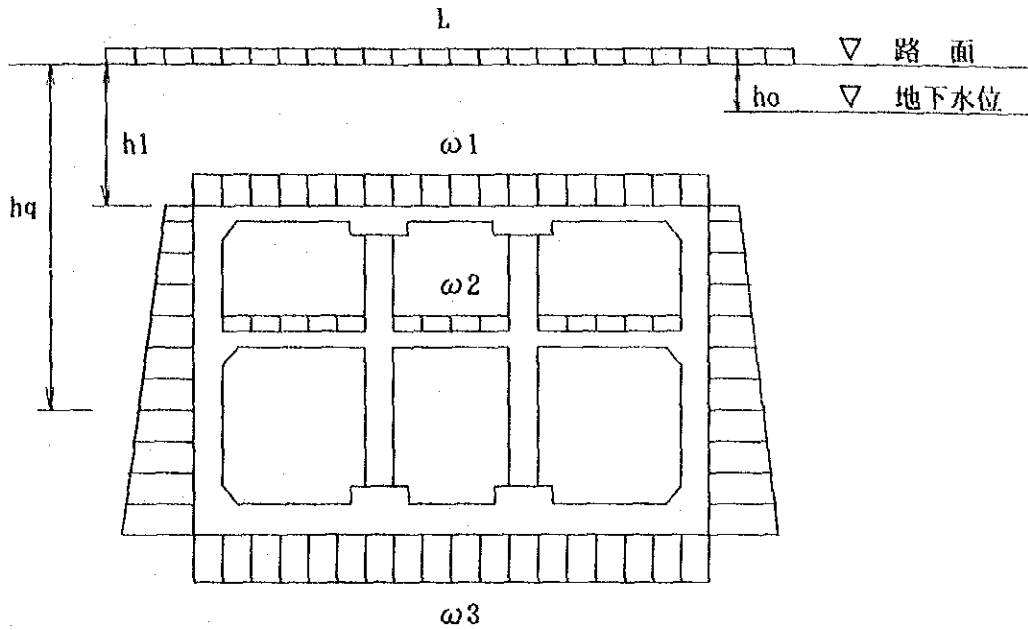
許 容 応 力 度	鉄 筋	引 張 応 力 度		SD30 1600 kg/cm^2	
				SR24 1400 //	
	コ ン ク リ ー ト	曲げ圧縮応力度			70 //
		支 圧 応 力 度			63 //
		せ ん 力 断 度	腹鉄筋の ない場合	は り	6.5 //
				版	8.5 //
腹鉄筋のある場合			18.5 //		
付 着 応 力 度			※10.5 //		
鉄 筋	種 類			SD 30. SR 24	
コ ン ク リ ー ト	最大水セメント比			50~51%	
	粗骨材の 最大寸法	版、はり、柱		40 mm	
		基 礎		40 mm	
	設 計 強 度 σ_{ck28}			210 kg/cm^2	

※連続壁の付着応力度は、7割を有効とし、 $15 \times 0.7 = 10.5 \text{kg}/\text{cm}^2$ とする。

B) 構造断面

本文中、図 3-1-9 に示したとおりである。

c) 荷重計算



付図 4-8 標準荷重図

上図中 L = 路面活荷重 (t/m^2)

h_1 = 地表面より上床コンクリート上面までの深さ (m)

h_o = 地表面より地下水位までの深さ (m)

h_q = 地表面より側圧算出点までの深さ (m)

ω_1 = 土荷重 L 及び上床版自重 D_w (t/m^2)

ω_2 = 群集荷重及び中床版自重 D_w (t/m^2)

ω_3 = ω_1, ω_2 および側壁、柱の自重が構築底面に等分布したときの反力 (t/m^2)

① 上床版荷重

$$h_1 > h_o$$

$$\omega_1 = L + 2h_1 - 0.4h_o + D_w$$

$$h_1 = 3.00\text{m} \text{ に対して } L = 1.30\text{t}/\text{m}^2$$

$$\omega_1 = 1.30 + 2 \times 3.0 - 0.4 \times 1.50 + 0.50 \times 2.50 = 7.95\text{t}/\text{m}^2$$

↑
鉄筋コンクリートの単位重量

② 中床版荷重

$$\omega_2 = 0.350 \times 2.50 + 0.500 + 0.500 = 1.88\text{t}/\text{m}^2$$

↑ ↑ ↑
単位重量 群集荷重 仕上重量

③ 側壁自重

$$P1 = 0.800 \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{単位重量}}}{2.50} \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{側壁の骨線長}}}{11.550} = 23.10t / m$$

④ 側圧 軟い粘性度であるので側方土圧係数を0.70とする。

$$hg > ho$$

$$q = (L + 2h1 - 0.4ho) \times \lambda$$

$$hq1: 3.250m \text{ に対して } L = 1.30t / m^2$$

$$hq2: 7.875m \quad // \quad L = 1.05t / m^2$$

$$hq3: 14.800m \quad // \quad L = 0.95t / m^2$$

$$q1 = (1.30 + 2 \times 3.250 - 0.4 \times 1,500) \times 0.70 = 5.04t / m^2$$

$$q2 = (1.05 + 2 \times 7.875 - 0.4 \times 1,500) \times 0.70 = 11.34t / m^2$$

$$q3 = (0.95 + 2 \times 14.800 - 0.4 \times 1,500) \times 0.70 = 20.97t / m^2$$

⑤ 桁、柱、乗降場自重

• 上床桁: $P2 = 0.950 \times 0.800 \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{単位重量}}}{2.50} = 1.90t / m$

• 柱 : $P3 = 0.600 \times 0.600 \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{柱の実長}}}{3.50} \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{単位重量}}}{2.50} \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{柱間隔}}}{1/8.00} = 0.39t / m$

• 中床桁: $P4 = 0.900 \times 0.625 \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{単位重量}}}{2.50} = 1.41t / m$

• 柱 : $P5 = 0.700 \times 0.700 \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{単位重量}}}{2.50} \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{柱の実長}}}{4,350} \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{柱間隔}}}{1/8.00} = 0.67t / m$

• 下床桁: $P6 = 1,100 \times 0.900 \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{単位重量}}}{2.50} = 2.48t / m$

• 乗降場: $P7 = (\underset{\substack{\uparrow \\ \text{群集荷重}}}{0.500} + \underset{\substack{\uparrow \\ \text{仕上重量}}}{0.200} + \underset{\substack{\uparrow \\ \text{単位重量}}}{0.200} \times 2.50) \times 10.00 \times 1/2 = 6.00t / m$

$$\therefore P2 = P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7$$

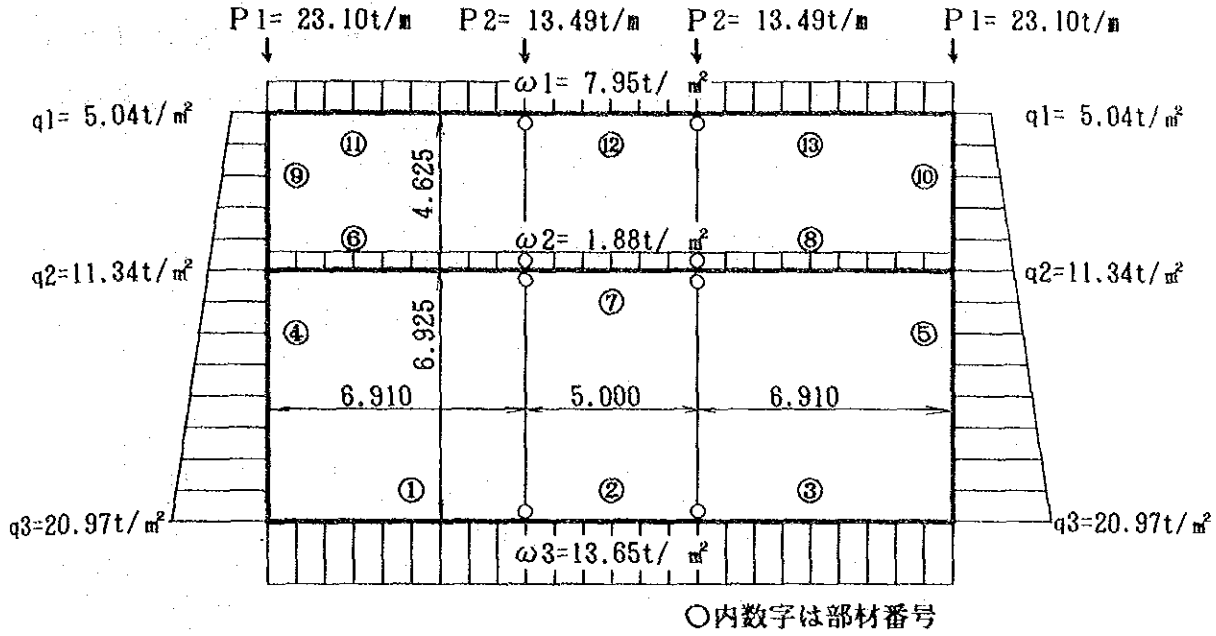
$$= 1.90 + 0.39 + 1.41 + 0.67 + 2.48 + 6.00 = 12.85t / m$$

⑥ 下床版反力

$$\omega3 = \omega1 + \omega2 + \frac{2(P1 + P2)}{L}$$

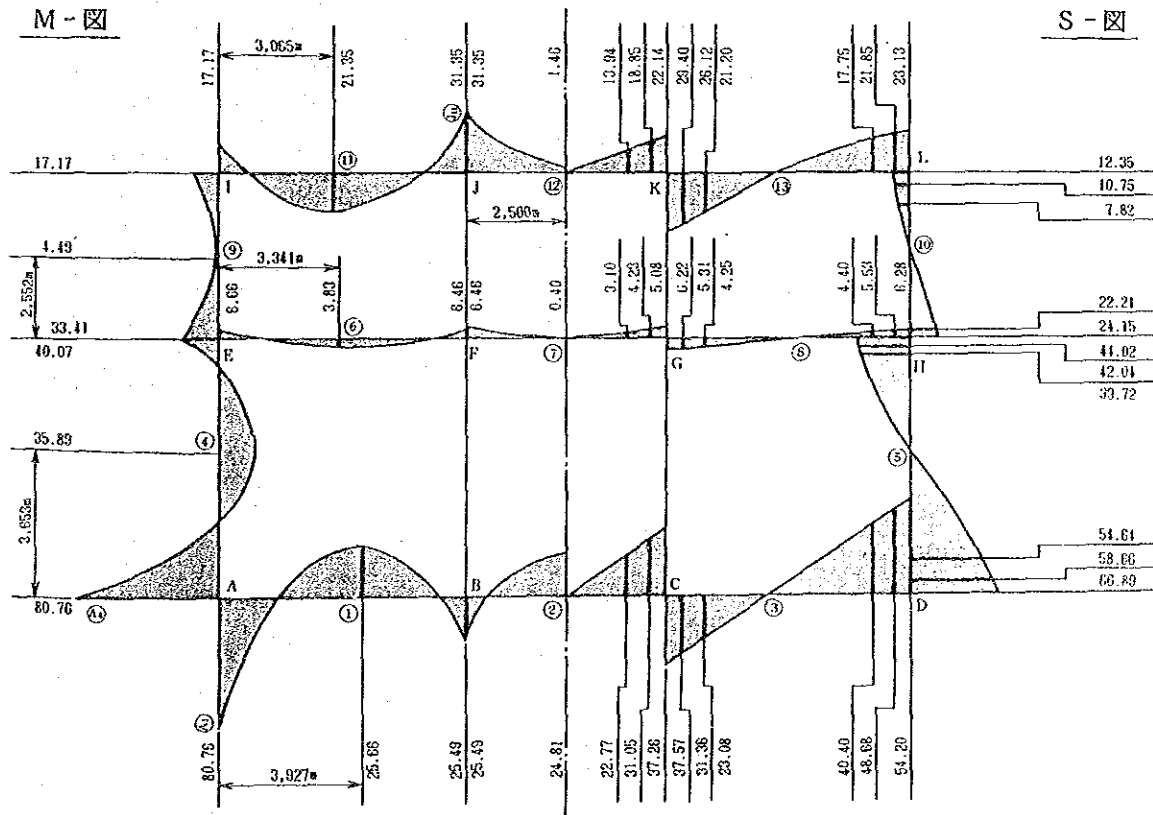
$$= 7.95 + 1.88 + \frac{2(23.10 + 12.85)}{18.82} = 13.65t / m^2$$

⑦ 荷重図



付図 4-9 函型トンネルの荷重図

D) 断面力図



付図 4-10 断面力図

E) 応力度の計算

曲げ応力度の計算結果を付表 4-2に示した。連続壁と上、中、下床版との接続については種々の方法があるがここでは省略した。なお、連続壁の表層部分はベントナイトを巻き込み劣化しているので、応力度の計算の際は両側各40mmを無効とみなした。

付表 4-2 曲げ応力度

部 材 位 置 区 分	下 床 版		側壁 (連続壁)		上 床 版	
	Ⓐ1	①	Ⓐ4	④	⑩	⑪1
M t·m	80.76	25.66	80.76	35.89	21.35	31.35
N t	66.89	66.89	54.20	54.20	12.35	12.35
b cm	100	100	100	100	100	100
h //	100	80	96	72	50	66.6
d //	94	74	86	66	44	60.6
d' //	6	6	6	6	6	6
As cm ²	8φ D29 =51.36	8φ D22 =30.96	8φ D32 =95.28	8φ D25 =40.56	8φ D25 =40.56	8φ D25 =40.56
P=As/bd	0.005463	0.004183	0.011079	0.006145	0.007511	0.006693
As' cm ²	4φ D25 =20.28	4φ D22 =15.48	8φ D25 =40.56	8φ D29 =51.36	4φ D22 =15.48	4φ D22 =15.48
P=As'/bd	0.002157	0.002091	0.004716	0.007781	0.002866	0.002554
σc kg/cm ²	61.4	34.4	53.3	44.8	58.5	50.6
σs //	1,316	393	871	895	1,237	1,300
σca //	70	70	70	70	70	70
σsa //	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600

2) 開削部における函型トンネル及びU形擁壁の構造

前項と同様に構造解析を行い付図 4-11、付図 4-12 ような断面形状を得た。

前提条件

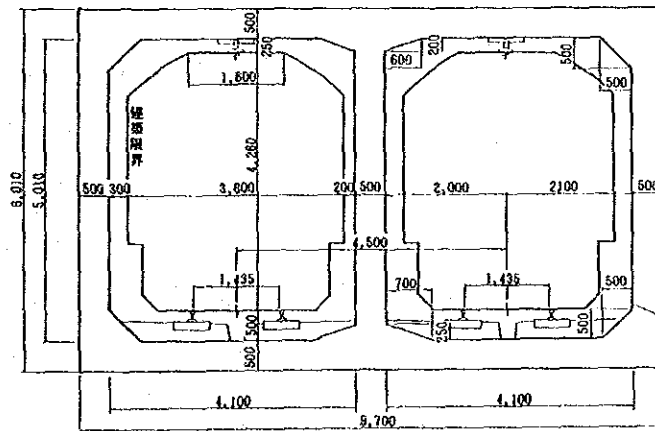
- トンネルの構造：一層二径間ラーメン（函型）、U形擁壁
- 土 被 り：7.0mで試算、4.0mの側方土圧
- 土 質：軟い粘性土

解析手法

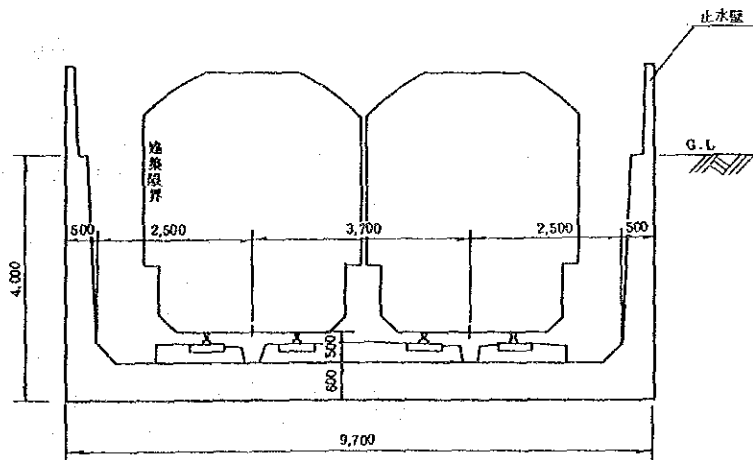
- 変位変形法

検討結果

- 函型トンネル：部材厚は 500mm（土被り7.0mの場合）
- U 形 擁 壁：下床版 600mm、側壁下端 500mm（4.0mの側方土圧の場合）



付図 4-11 函型トンネル



付図 4-12 U形擁壁

(3) 軌道の構造

1) 砕石道床とコンクリート道床の比較

① 軌道の狂いについて

軌間の狂いについては、砕石の場合でもコンクリートマクラギで連結しているので余り差は無いが、通り、高低、水準の各狂いは砕石道床の方が大きい。

次の表は、砕石道床とコンクリート道床との軌道狂い指数（P値）を較べた一例である。

項目 道床種類	高低	通り	水準	備考
砕石道床	4.3 %	7.7 %	33 %	PCマクラギ直線
コンクリート道床	0.9 %	3.3 %	9.9 %	RCマクラギ直線

但し、コンクリート道床は、主として、速度の遅い駅部で採用されている例である。

② 材料の損傷について

コンクリート道床では、一般的に

- ・ トングレールの摩耗がはげしい。
- ・ 波状摩耗が発生し易い。

と言われている。

③ 施工費について

砕石道床構造の敷設費に比べ 2割強ほどコンクリート道床の方が高い。

④ 軌道の保守費について

軌道の保守はコンクリート道床の方が有利で通常の保守費も少ない。

⑤ 振動について

単線シールドで、列車の速度がほぼ等しい箇所を選定し、歩廊部で測定した事例を示す。

- ・ 砕石道床 振動レベル 65 dB
- ・ コンクリート道床 振動レベル 71 dB
- ・ 防振マット敷設砕石道床 振動レベル 54 dB

また、次のような地表振動の予測式を導き出している事例もある。

複線箱型（複線シールド）の場合

$$L = K - 20 \log(X/3) - 24 \log(Y/40) + 20 \log(Z/40)$$

単線シールドの場合

ここに

$$L = K - 20 \log(X/15) - 24 \log(Y/20) + 20 \log(Z/40)$$

L : 地表振動の鉛直レベル (db)

X : トンネルと予測地点における最短距離 (m)

Y : トンネル重量 (ton/m)

Z : 予測点を通過する列車速度 (km/h)

K : 軌道別振動レベルで次表の通り

K の 値

軌道構造	トンネル種別	
	複 線	単 線
直結軌道コンクリート道床	80dB	57dB
防振マクラギ敷設コンクリート道床	69	46
防振マット敷設碎石道床	64	46

2) 防振対策

防振対策として、発生源での対策のうち、主なものは、次のとおりである。

① ロングレール化

レールの継目の衝撃が、振動発生の原因となる事が多く、ロングレール化により、数dB減少した事例もある。また、ロングレール化は、軌道保守を大幅に軽減させるものであり、乗心地の面でも良い。

② 防振マット敷設

防振マットの敷設により、7dB減少した事例もある。

③ 防振マクラギの敷設

コンクリート道床部で防振マクラギを施工し、5dB減少した事例がある。

④ 無絶縁回路の採用

軌道回路の絶縁継目も①と同様軌道の弱点であり、機械的継目の無い無絶縁回路の採用は、振動の減少だけでなく、軌道保守面でも有利である。

⑤ レール削正またはレール交換

レール表面に発生する波状摩耗が振動発生の原因となる。初期の場合は、削正も効果があるが、余り波状摩耗が大きくなるとレール交換の方が良い。なお、レール削正により、3~4dB減少した事例やレール交換により、10dB減少した事例もある。

4-3 施工計画

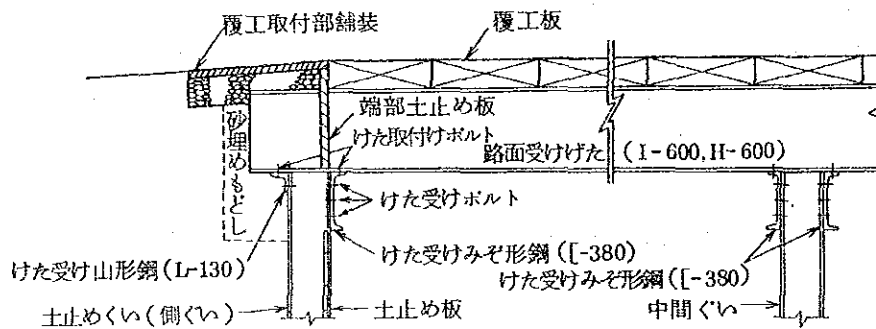
(1) 土木工事（駅部の施工）

上海市の主要道路内で行われる開削工事のうち、特に留意すべき事項について以下に述べる。

1) 道路内での主要工種

a) 路面覆工

路面覆工の構造は、付図 4-13 に示すように土留杭と中間支持杭の頂部に取り付けたみぞ形鋼（[-380]）を支承として I 形鋼（I-600 or H-600）の受桁をボルトで結合し、上に鋼又は、コンクリート製の覆工板を敷き並べる。



付図 4-13 路面覆工の例

なお本文の図 3-6-6の施工略図では、道路交通を確保するため、横断方向に 3分割で施工する例を示している。

b) 埋設物、架空線の処理

上海市の主要幹線道路には、多くの埋設物があり、一部は老朽化している。またトロリー線、配電線などの架空線も多い。

これらの位置、状態を確認し、適切な処理を行うことは都市土木の中でも最も重要な事柄の一つである。

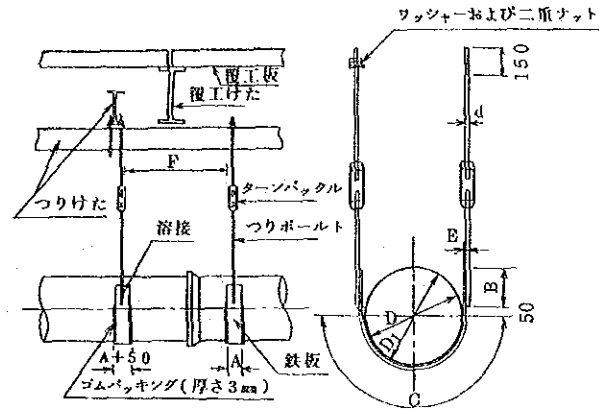
埋設物はその状況や種類によって、種々の処理方法がとられているが、その概要は以下のとおりである。

① 地下連続壁等に支障する場合

小口径の埋設物の場合は移設処理を行うが大口径の埋設物で移設が困難な場合は、土留工法の変更等を考えねばならない。

② 吊防護

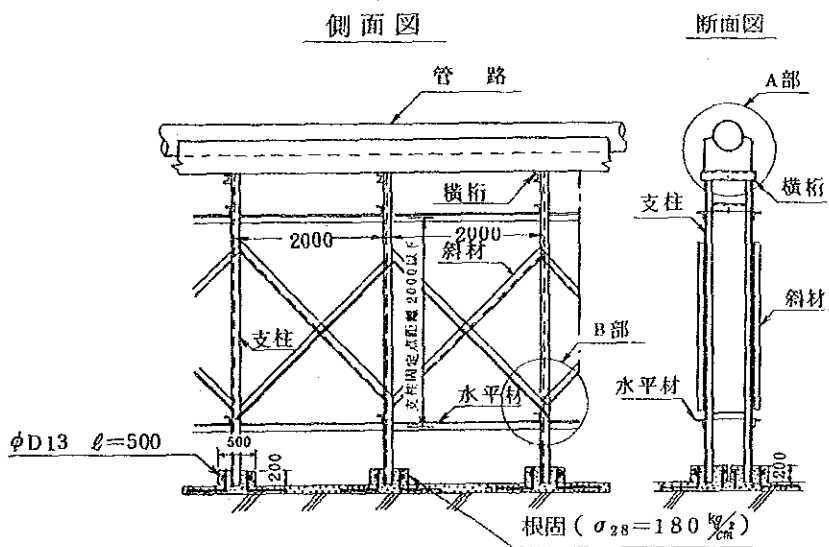
掘削坑内に露出される埋設物は吊防護を行う。その構造は、埋設物の種類、大きさ、構造等により異なるがその一例を示せば付図 4-14 のようになる。



付図 4-14 水道管の吊防護の例

③ 受防護

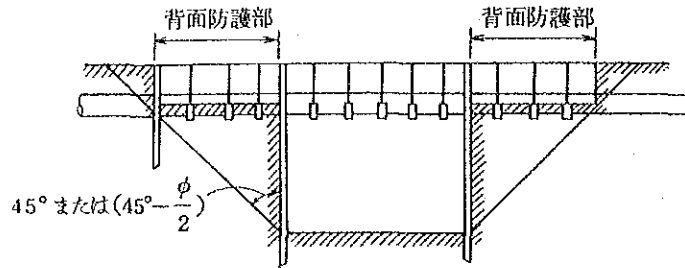
構造物完了後、構造物頂面に受台を造り、吊防護された埋設物を受替えて復旧する。受防護も種類、大きさ等により種々の方法があるがその一例を付図 4-15 に示す。



付図 4-15 鋼製受防護の例

④ 背面防護

横断埋設物で土留背面部に当る個所は、吊防護部分と支持状態が変わるため土留背面部分の地盤の沈下による悪影響を受けることが多い。これを防止するため付図 4-16 のような背面防護を行う。



付図 4-16 背面防護概念図

特に、ガス導管については、地盤沈下によるガス漏えいにもなう大災害が発生しないよう、十分な措置が必要である。

c) 地下連続壁工

地下連続壁の鉛直精度を確保するために、種々の測定器、装置を用いて施工されているが、現状では1/300 程度の鉛直精度が限度である。このため特に地下壁を本体構造物として使用する場合は、施工時の誤差を見込んで施工することが肝要である。

また、本体単独壁として利用する場合には、鉄筋籠のつり下げ精度、床版との一体化施工などに工夫を要する。

各エレメント間の継手は種々の形式が提案されているが、複雑なものほど高度な管理が要求されるので、完成後多少の漏水があっても単純なもの例えば、インターロッキングパイプ方式などが適している。

道路内で施工する場合の道路占用の例を付図 4-17 に示す。

2) 地盤沈下の防止

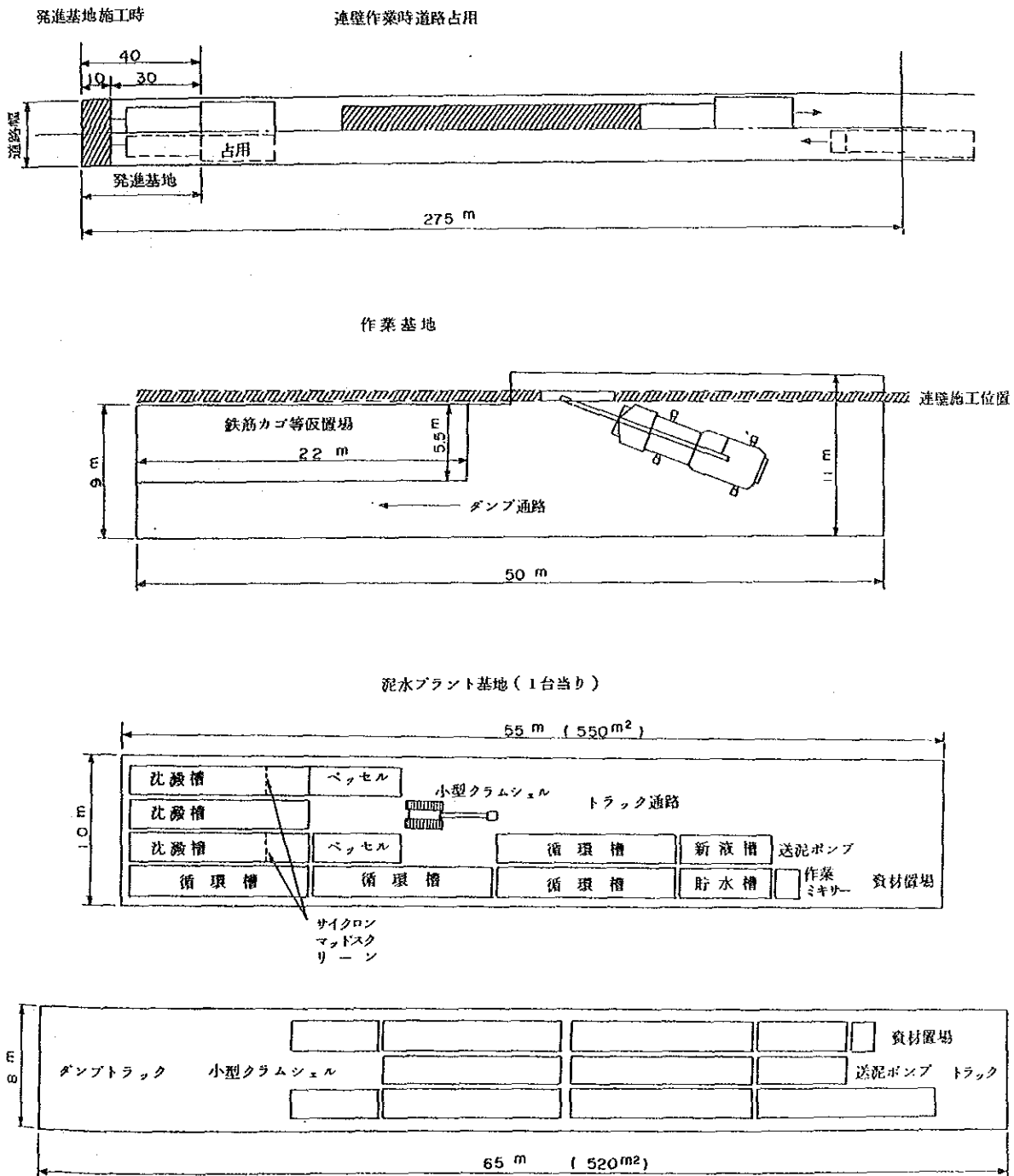
道路幅が狭く家屋に接近して掘削する箇所が多く、さらに軟弱地盤であるので、背面地盤の沈下を少なくする工法の検討が必要である。

掘削背面地盤の変形（特に地表面沈下）に影響を及ぼす要因は安定係数 N_s 、掘削底面下の軟弱層厚、土留壁体の剛性、根入長さ、先端が硬質層に達しているか否か、止水性、支保工間隔、支保工のプレロードなどがある。

背面地盤の沈下を小さくするには、次のようなことが考えられる。

- ① 土留壁の止水性を向上させる。（エレメント継手の良好な施工）
- ② 土留壁の剛性を大きくする。（壁厚と変形の間係を把握しておく）

- ③ 土留壁の根入を長くする。
- ④ ジャッキアップにより支保工にプレロードを導入し土留の変形を小さくする。
- ⑤ 切ばりの鉛直間隔を小さくするとともに、切ばりを速やかに架設する。
- ⑥ 掘削構内の地盤改良（生石灰杭工法など）を行い掘削底面の受動抵抗を大きくして土留の変形を抑える。
- ⑦ 逆巻工法を採用する。

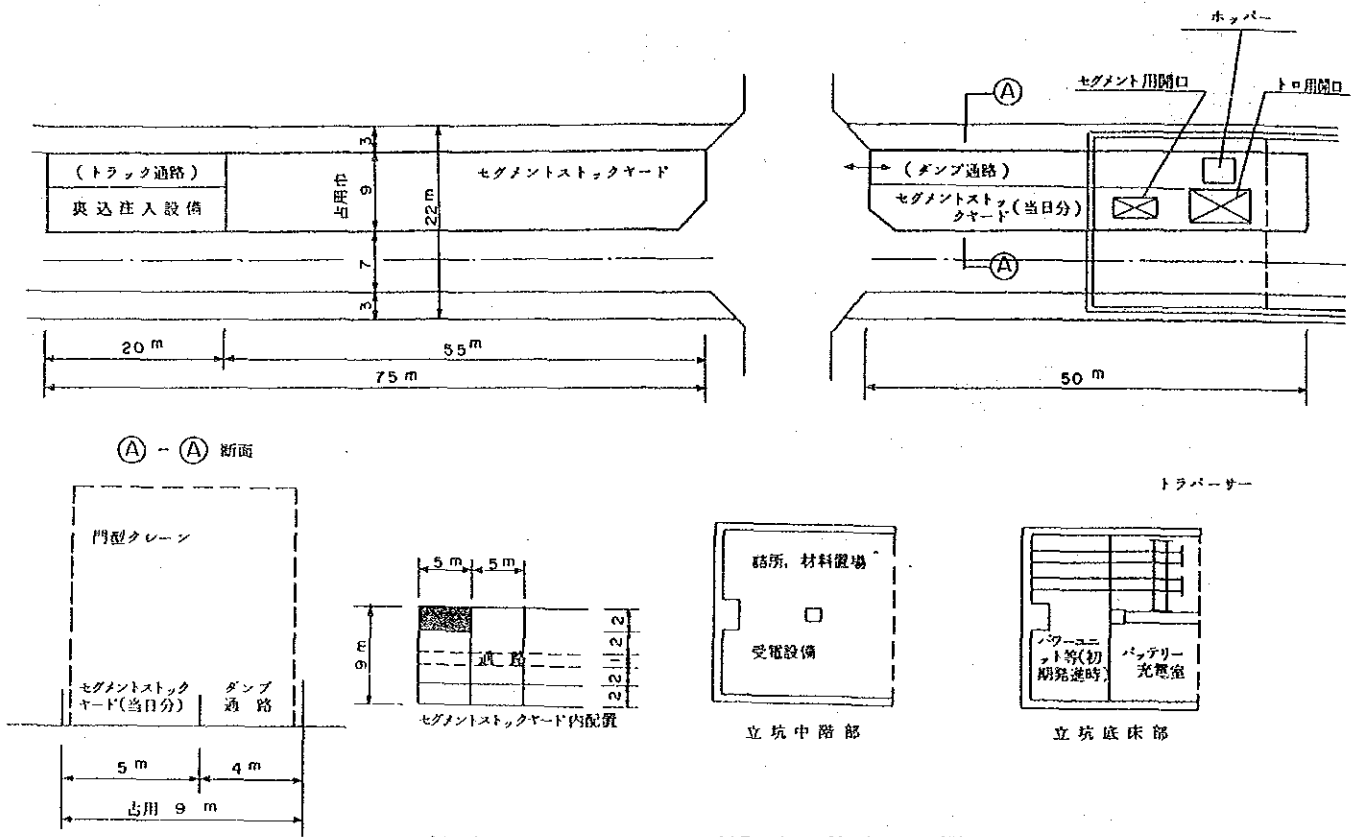


付図 4-17 連続壁作業時の道路使用の一例

(2) 土木工事（線路部の施工）

シールド工事で留意すべき事項のうち、上海市として特に考慮すべき点を以下に述べる。

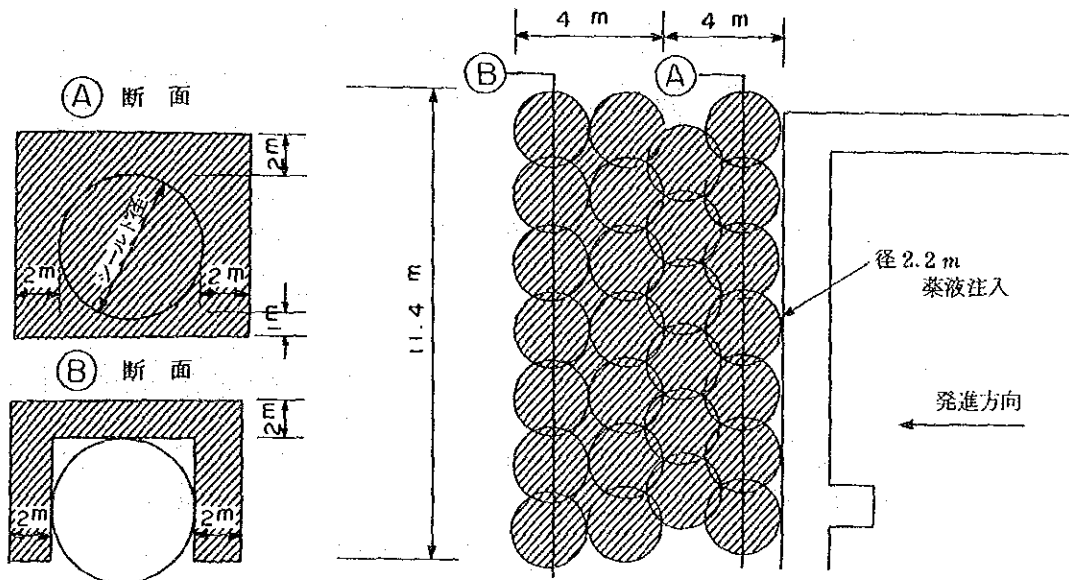
- ① セグメントの出来上がり精度は、型枠の製作精度とコンクリート打設時の締結ボルトの締め付け程度に左右され、精度が悪いとシールド推進によるクラックや欠けが発生する。
- ② 後方基地（土砂搬出、セグメント搬入設備、セグメントストックヤード、裏込注入設備）は 1,100㎡程度必要（単線併列同時施工の場合 2,000㎡）であり、後方基地を路面占用する場合の例を付図 4-18 に示す。



付図 4-18 シールド工事用地上基地の一例

③ 上海市の地盤では、発進部は立坑施工時のゆるみ、シールド発進時のゆるみのため発進に伴う切羽前面の防護が必要である。

発進に伴う切羽前面の防護方法としては薬液注入、コラムジェット、凍結工法などの地盤改良工法がある。その範囲は10m程度（立坑前面4mは全断面、残り4mは上部と側部防護）である。薬液注入工法での防護例を付図4-19に示す。



付図 4-19 シールド発進防護例

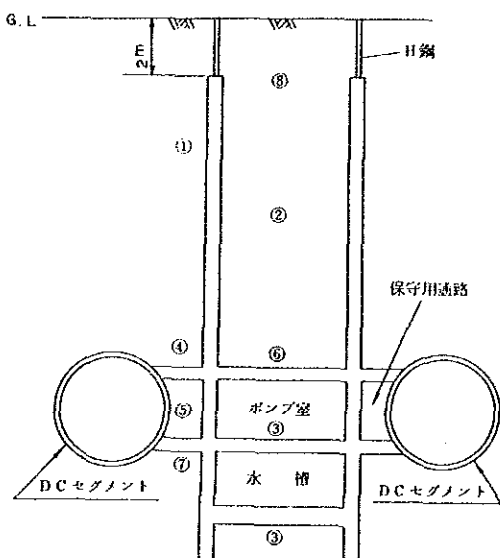
(3) 駅間ポンプ室の施工法

上海市の場合、今後の詳細な地盤調査の結果によって決定すべきであるが、付表 4-2 のような地盤の状況等を勘案すると、地下連続壁工法が適しているように思われる。軟弱地盤で水平桁圧入工法を採用する場合にはかならず注入工法等で地盤を改良することや妻部の土留杭はあらかじめ地表より打設することが必要であり、いずれの工法とも地表に家屋等のない場所を選ぶ必要がある。付表 4-2 に両工法の施工比較を示す。

又、付図 4-20 に地下連続壁工法による駅間ポンプ室の施工手順を示す。

付表 4-2 駅間ポンプ室の施工比較

(イ) 地下連続壁工法	(ロ) 水平桁圧入工法
軟弱な地盤に効果的	良質な地盤に適合
浅い場合に効果的	深い場合に効果的
中間換気室と兼ねる場合有利	ポンプ室のみの場合有利
地上の占用面積は大きい	補助工法がなければ地上の占用はほとんどない。
シールド掘進中でも施工可	シールド掘進中は水平桁圧入のみ施工可
トンネル間隔の大きい場合効果的	トンネル間隔の小さい場合効果的
工期は比較的短い	工期は比較的長い
工事費は浅ければ比較的安い	工事費は深淺には無関係
保守用連絡通路のため、地下連続壁とシールドトンネル間は横抜き工が必要	水平桁圧入用の特殊セグメントが必要



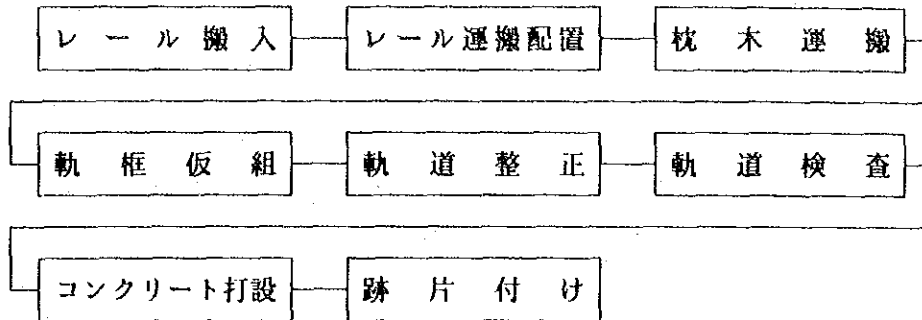
- ① 地下連続壁施工
- ② 掘削 (G.L.-2m以上鋼杭横矢板土留)
- ③ 床版打設 (順巻)
- ④ 保守用通路部水平桁用鋼管圧入
- ⑤ 保守用通路部掘削
- ⑥ 上床版打設 (保守用通路部逆巻)
- ⑦ 保守用通路部下床版打設
- ⑧ 埋戻し (鋼杭撤去)

付図 4-20 駅間ポンプ室施工手順

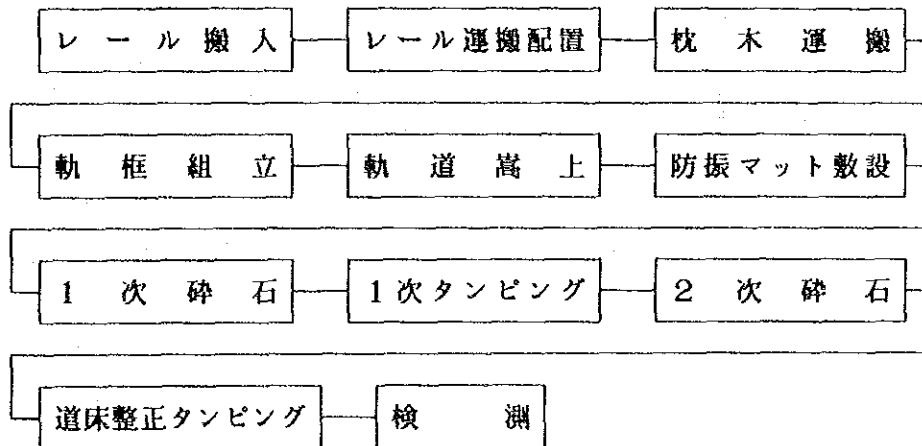
(4) 軌道工事

軌道工事のコンクリート道床部、碎石道床部における施工フローを示せば、次のようになる。

a. コンクリート道床部



b. 碎石道床部



軌道工事は、他工事と同時期に施工されるので、特にホーム部では、建築工事と競合しないよう調整する必要がある。また、この計画では線路部がすべてシールド工事で施工されるので材料搬入口の位置規模等には留意する必要がある。