

3.4 将来渡江交通需要予測

1) 需要予測の前提

以下の条件を前提として黄浦江大橋の交通需要予測を行った。

(1) 予測対象

黄浦江における以下のルート of 渡江施設の交通需要予測を行う。

- ・ 公路大橋 (外環状路)
- ・ 打浦路隧道
- ・ 黄浦江大橋 (南々線)
- ・ 延安東路隧道 (陸延線)
- ・ 泰同棧橋隧道
- ・ 寧国隧道 (民丹線)
- ・ 東嫩隧道

(2) 予測年次

予測基準年次としては、資料の信頼性が高く、最新の時点として1985年を選定、本架構計画の計画期間を包括する1990年・2000年および2010年とした。

(3) ゾーニング

ゾーニングについては、統計資料の利用上、現在の行政区画を基準とし、市区部で26区画、郊県で11区画、市外で3区画計40区画とし、OD調査においても同じものを用いた。付属資料にゾーン図を示した。

2) 需要予測の方法

需要予測は以下の3段階によって行った。

- ① 発生・集中量予測
- ② 分布交通量予測
- ③ 配分交通量予測

推計フローを図2-15に示す。

以下推計フローに従って、推計方法とその結果について述べる。

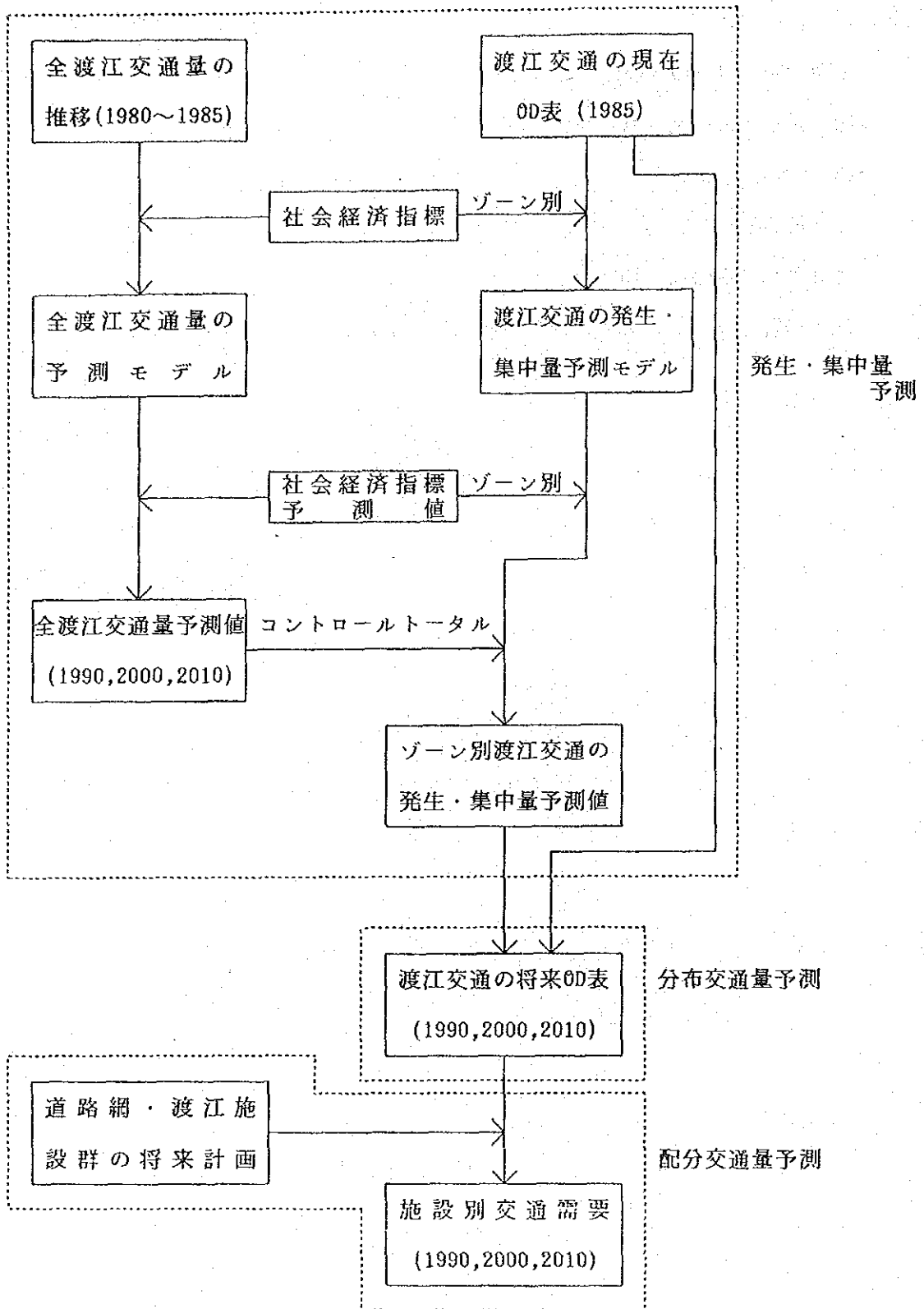


図 2-15 交通需要推計フロー

(1) 黄浦江横断交通総量の推定

a. 横断交通総量の変遷

表2-27に黄浦江の両側を結ぶ自動車用交通施設の4ヵ所（東嫩線、民丹線、南々線および打浦路）を利用した交通について、他の経済、交通関連指標とともに示している。横断総交通量は自動車保有台数の伸びとほぼ同一の割合で増加しており、保有台数との比率は浦東側地区の人口の全市人口に占める割合にほぼ等しくなっている。

中国における自動車の保有は、ほとんど機関所有となっており、個人所有はほとんど存在していない。（1985年統計では、上海市において個人所有は貨物車390台、乗用車で63台）交通調査においても、トリップ目的は乗用車で84%、貨物車で98%と圧倒的に業務目的となっている。

したがって、交通需要は経済活動に大きく支配されていると考えられる。

車両保有台数は1985年時点で7.8台/千人（民用四輪車のみ）の低水準にあるが、経済成長にともなって、1985年において前年比33%増と急激な増加の傾向を示している。

b. 自動車保有台数の推定

自動車保有台数の人口当りの比率については、過去の諸外国の例においては、経済規模が一定水準以上に達すると急激な増加を示している。

中国全土の1985年における国民総生産は人口1人当たり754元/人（203US\$ /人）であるが、上海市のそれは3,836元/人（約1,040US\$ /人）とかなり高い。経済活動の責任制の導入以来、上海市の経済成長は第6次5ヵ年計画期間（1980～1985年）において年率8.4%と高率をはたしており、第7次5ヵ年計画期間（1986～1990年）においても同等の成長率が見込まれている。

経済規模と自動車保有台数との関係については、定量的に定義することは非常に困難であり、社会体制の相違、所得分布の相違、国内自動車生産量の多少等により、単純に諸外国の例を適用することは問題があると思われる。

表2-26 上海市自動車保有台数の内訳

車種	年次						
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
乗用車	11,657	11,996	12,179	13,605	15,518	26,041	33,334
貨物車	38,944	39,338	40,824	42,766	45,349	54,607	61,227
特殊車	9,868	9,517	9,540	9,788	10,102	13,775	14,738
三輪車	4,637	1,893	1,070	718	439	844	734
自動二輪	10,540	14,016	15,173	14,984	15,042	14,571	19,499
計	75,646	76,760	78,786	81,861	86,450	109,778	129,532

注 上海市統計年鑑 1986年, 1987年

表2-27 黄浦江横断総交通量

年次	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
年末人口 (万人)	1,146.5	1,162.8	1,180.5	1,194.0	1,204.8	1,216.7	1,232.3
国民総生産	311.9	324.8	337.1	351.8	390.9	466.8	490.8
自動車保有 台数	60,469	60,851	62,543	66,159	70,969	94,423	109,299
	75,646	76,760	78,780	81,861	86,450	109,778	129,532
交通総量 (台/日)			9,972	11,247	12,792	15,530	16,844
比率			0.159	0.170	0.180	0.164	0.154
浦東地区人口(1985)	1924千人、		市総人口比率 0.158				

- 注
- 1) 国民総生産は1985年価格、単位億元
 - 2) 自動車保有台数の上段は民用四輪車のみの値
 - 3) 比率は交通総量と自動車保有台数(民用四輪車の台数)との比率を示す。
 - 4) 浦東地区の人口は市区部および郊県の川沙県、南匯県、および上海県浦東側の人口を合計
 - 5) 上海市統計年鑑 1986年, 1987年

しかしながら、自動車保有台数は、輸入制限等の制約がなければ、保有台数がかなりの高水準に達するまでは、経済水準の増率に対して級数的に増加していくものであり、

$$N = N_0 \cdot \eta^x \quad \text{----- (1)}$$

N : 想定年次の人口当りの保有台数

N₀ : 規準年次の人口当り保有台数

η : 想定年次と規準年次との経済規模の比

x : 定数

本調査では(1)式で与えられる式によって自動車保有台数の推定を行った。

1982年より1985年4年間のデータに(1)式を適用すれば、(2)式の如き回帰式が得られる。

$$N = 4.80 \times 10^{-3} X^{1.20} \quad \text{----- (2)}$$

ここに

N : 将来年次の車両保有台数 (台/千人)

X : 将来年次の国民総生産 (億元)

現在中国での自動車生産台数は合弁企業のものも含めて年産約40万台(1986年)であり、需要に見合う車両は国内生産ではまかないきれいでない。輸入台数の急増は外貨準備の点で問題とされ、自動車産業の基盤整備が進められつつある。しかし、自動車生産は台数のみならず、その性能についても、他産業の要求に見合うものを生産可能になるまではかなりの年月を必要とし、輸入制限の措置が行われる可能性もあり、したがって将来の車両保有台数は低目に設定することが現実的と思われる。

表2-28に計算結果を示す。

表2-28 自動車保有台数の推定

年次	1980	1985	1990	2000	2010	備考
国民総生産 (US\$ / 人)	740	1,040	1,490	2,890	4,710	1 US\$ = 3.7元 1985年価格
自動車保有台数 (台 / 千人)	5.27	7.76	12.62	28.41	51.03	民用四輪車のみ
国民総生産 (億元)	311.9	466.8	707.5	1,391.8	2,267.1	

注 1) 上海市統計年鑑 1986年 (1980年, 1985年データ)

表 2-29 自動車保有率

国名	年次	国民総生産 (US\$/人)	乗用車を除く 普及率 (台/千人)	全車種 (台/千人)	備考
日 本	1955	409	7	9	1965年価格
	1960	605	17	21	〃
	1965	918	45	66	〃
	1970	1540	82	161	〃
仏 国	1950	992	14	50	1958年価格
	1955	1175	27	96	〃
	1960	1208	36	157	〃
	1965	1449	45	241	1963年価格
	1969	2325	53	299	〃
米 国	1950	2320	58	323	1958年価格
	1955	2629	64	378	〃
	1960	2740	68	409	〃
	1965	3194	77	464	1963年価格
	1968	3900	85	497	〃

注 1) 米谷栄二, 交通工学・国民科学社 1979

c. 横断交通総量の推定

黄浦江を横断する車両の総交通需要については、以下の計算によった。

$$T = N \times P \times \eta \quad \text{--- (3)}$$

ここに

T : 車両総交通需要 (台/日、往復)

N : 車両保有率 (台/千人)

P : 上海市総人口

η : 浦東地区の人口規模によって定められる係数

表 2-30 黄浦江横断車両交通量

年次	1985	1990	2000	2010
上海市人口 (万人)	1,217	1,280	1,300	1,300
浦東地区人口 (万人)	192	220	265	293
浦東地区人口比	0.158	0.172	0.203	0.226
η	0.164	0.175	0.210	0.230
自動車保有台数 (台/千人)	7.76	12.62	28.41	51.03
総交通需要	台/日 15,530	台/日 28,300	台/日 77,600	台/日 152,600

注 1) 浦東地区は市区部浦東地区、および川沙県、南匯県および
上海県の浦東側

(2) 渡江交通のゾーン別発生・集中量予測モデル

表 2-31に1985年時点換算の大ゾーン別交通発生量と人口、工業生産額を示した。

表 2-31 各大ゾーンの発生交通量および社会経済指標

Zone No.	1985年				
	人口 (千人)	生産額 (億元)	渡江発生量 (台/日)	総発生量	比 : η i:
1	1,528	95.2	2,092	14,169	0.148
2	652	64.8	988	8,481	0.116
3	2,313	193.2	1,562	26,683	0.059
4	1,667	199.2	1,677	24,792	0.068
5	543	41.0	2,930	5,860	0.50
6	1,229	52.0	450	9,480	0.047
7	989	73.8	614	10,592	0.058
8	1,420	38.6	4,480	8,960	0.50
9	1,028	44.3	341	8,004	0.043

上表により、浦東側のゾーン5および8について発生量が人口、生産規模に比べて非常に大なることがわかる。すなわち、黄浦江を横断する交通発生量はそのゾーンの人口、生産額等の社会経済指標のみならず、その地域の浦東、あるいは浦西側地域との結びつきの程度に大きく左右されている。

あるゾーンよりの総発生交通量は中国の現状より見て、人口あるいは工業生産額に支配されていると考えられるが、その一部である黄浦江横断交通の発生量は各ゾーンの立地条件によって決まると言えよう。

仮にゾーン5、およびゾーン8と浦西側地域との結びつきを、交通発生量として考えた場合、その50%程度と想定して、発生量と人口・工業生産額との関係式を以下の式で計算すると、

$$Q_i = (a \cdot x_i + b \cdot y_i) \times \eta_i \quad \text{--- (4)}$$

x : 人口 (千人)

y : 工業生産額 (億元)

η_i : 0.5

係数 a , b は以下の値となる。

$$a = 3.789$$

$$b = 92.75$$

$$\left. \begin{array}{l} a = 3.789 \\ b = 92.75 \end{array} \right\} \text{--- (5)}$$

以上の式を用いて各大ゾーンの総発生量と渡江交通発生量との比を計算すると、表2-31の如くとなる。

表2-31によれば、浦西側では黄浦江に面している1, 2ゾーンとその他のゾーン3, 4, 6, 7では浦東地区との結びつきは約 $\frac{1}{2}$ 程度に減少している。また、現時点では浦西側のゾーンは全体的に浦東側との結びつきが小さいと言える。

(4)、(5)式および η_i の値についてはあくまで仮定の上の数値であるが、各ゾーンの特性を示すものとして理解できよう。

(3) ゾーン別社会・経済指標予測

大ゾーン別に将来人口および工業生産高について予測値を示す。

a. 大ゾーン別人口予測

上海市マスタープランの人口再配分方針に基づき本編3.1の将来人口予測に従い、ゾーン別の人口予測を表2-32に示す。

b. 大ゾーン別工業生産額予測

大ゾーン別の工業生産額予測を表2-32に示す。浦西市中心区の人口過密地域より、

周辺地区への人口、および産業施設の移動によって浦東地区、あるいは郊県の工業生産額は全体の経済成長率以上に増加することになる。再配置される業種・企業数等については、不明段階であるので、ここでは以下の仮定に従って将来の工業生産額を推定した。

- I) 市全体の将来工業生産額は表 2-24 に与えられる値とする。
- II) ゾーン 10 の伸び率は市全体の伸び率と同一とする。
- III) ゾーン 5～9 の人口増に対する工業生産増はゾーン 1～4 の市区域における人口 1 人当りの平均工業生産額を用いて計算する。

$$S_0 = \sum_{i=1}^4 \frac{S_i}{P_i} \cdot P'_i + \sum_{i=5}^9 (S_i + \Delta P_i \cdot \beta)$$

$$\alpha = (T - S'_{10}) / S_0$$

$$S'_i = \alpha \cdot \frac{S_i}{P_i} \cdot P'_i \quad i = 1 \sim 4$$

$$S'_i = \alpha \cdot (S_i + \Delta P_i \cdot \beta) \quad i = 5 \sim 9$$

ここに S_i : 現時点での工業生産額

S'_i : 将来での

P_i : 現時点での i ゾーン人口

P'_i : 将来での

β : 現時点での市区部人口当り平均生産額

ΔP_i : $P'_i - P_i$

T : 将来時点での市全体工業生産高

表 2-32 大ゾーン別人口、工業生産額推定 (億円)

Zone NO.	1985年		1990年		2000年		2010年	
	人口 (千人)	工業生産額	人口 (千人)	工業生産額	人口 (千人)	工業生産額	人口 (千人)	工業生産額
1	1,528	95.2	1,421	116.8	1,063	152.8	835	185.5
2	652	64.8	688	91.2	667	154.6	673	241.1
3	2,313	193.2	2,306	256.7	2,051	399.3	1,916	576.6
4	1,667	199.2	1,650	262.8	1,438	400.5	1,306	563.5
5	543	41.0	558	60.3	655	123.8	654	191.1
6	1,229	52.0	1,442	94.6	1,609	200.5	1,687	335.4
7	989	73.8	1,146	117.1	1,388	255.5	1,520	438.0
8	1,420	38.6	1,638	77.3	1,991	209.1	2,279	417.1
9	1,028	44.3	1,160	74.7	1,329	166.1	1,321	254.1
10		(27.6)		(39.6)		(70.9)		(110.1)

注：() 内数値は上海市のみ

(4) ゾーン別渡江交通の発生・集中予測量

(4)、(5)式を用い、総交通量をコントロールトータルとして将来の各ゾーンの発生交通量を計算した結果を表2-33に示す。

各小ゾーンの発生量については、大ゾーンでの発生量をコントロールトータルとし、人口を基にして発生量の配分を行った。すなわち、

$$T_i = \frac{T_{oi} \frac{P_i}{P_{oi}}}{\sum T_{oi} \frac{P_i}{P_{oi}}} \cdot Q_o \quad \text{--- (6)}$$

ここに

T_i : 将来時点での発生交通量

Q_o : 前時点での総発生交通量

T_{oi} : i ゾーンの前時点での発生交通量

P_{oi} : i ゾーンの前時点での人口

P_i : 将来時点での i ゾーンの人口

(6)式によって発生交通量を計算した。

表 2-33 大ゾーン別交通発生量推計

Z o n e NO.	1985年		1990年		2000年		2010年	
	工業生産額 発生量(台/日)	工業生産額 発生量(台/日)	工業生産額 発生量(台/日)	工業生産額 発生量(台/日)	工業生産額 発生量(台/日)	工業生産額 発生量(台/日)	工業生産額 発生量(台/日)	工業生産額 発生量(台/日)
1	95.2	2,092	116.8	3,505	152.8	7,701	185.5	12,187
2	64.8	988	91.2	1,875	154.6	5,594	241.1	11,948
3	193.2	1,562	256.7	2,804	399.3	7,556	576.6	14,817
4	199.2	1,677	262.8	3,042	400.5	8,279	563.5	16,086
5	41.0	2,930	60.3	4,930	123.8	12,710	191.1	22,038
6	52.0	450	94.6	977	200.5	3,319	335.4	7,289
7	73.8	614	117.1	1,287	255.5	4,800	438.0	11,121
8	38.6	4,480	77.3	8,595	209.1	24,492	417.1	51,584
9	44.3	341	74.7	625	166.1	1,598	254.1	2,679
10	(27.6)	398	(39.6)	660	(70.9)	1,551	(110.1)	2,851
計	829.8	15,530	1,191.1	28,300	2,133.1	77,600	3,312.6	152,600

注 1) 工業生産額の単位は億円、10ゾーンは上海市域のみ

2) 5, 8, 9ゾーンの発生量の和はそのゾーンの発生量の和と等しくしている

表 2-34 渡江交通将来OD表 (大ゾーン)

台/日

1985年

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SUM
1	0	0	0	0	927	1	0	1064	93	7	2092
2	0	0	0	0	430	0	0	512	46	1	988
3	0	0	0	0	559	1	0	927	70	4	1562
4	0	0	0	0	528	1	0	1043	100	4	1677
5	927	430	559	528	0	171	166	0	3	145	2929
6	1	0	1	1	171	0	3	272	1	0	450
7	0	0	0	0	166	3	0	424	21	0	614
8	1064	512	927	1043	0	272	424	0	5	235	4481
9	93	46	70	100	3	1	21	5	0	1	341
10	7	1	4	4	145	0	0	235	1	2	399
SUM	2092	988	1562	1677	2929	450	614	4481	341	399	15531

1990年

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SUM
1	0	0	0	0	1465	2	0	1873	161	11	3511
2	0	0	0	0	766	0	0	1021	90	2	1878
3	0	0	0	0	936	2	0	1737	128	7	2809
4	0	0	0	0	867	2	0	1988	184	7	3048
5	1465	766	936	867	0	345	318	0	7	219	4922
6	2	0	2	2	345	0	9	616	3	0	979
7	0	0	0	0	318	9	0	923	41	0	1290
8	1873	1021	1737	1988	0	616	923	0	10	413	8580
9	161	90	128	184	7	3	41	10	0	2	624
10	11	2	7	7	219	0	0	413	2	3	661
SUM	3511	1878	2809	3048	4922	979	1290	8580	624	661	28302

2000年

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SUM
1	0	0	0	0	3236	5	0	4113	331	19	7703
2	0	0	0	0	2236	0	0	3100	255	4	5595
3	0	0	0	0	2456	6	0	4750	331	15	7558
4	0	0	0	0	2042	5	0	5731	488	15	8281
5	3236	2236	2456	2042	0	1102	1122	0	25	488	12707
6	5	0	6	5	1102	0	37	2157	9	0	3320
7	0	0	0	0	1122	37	0	3517	125	0	4801
8	4113	3100	4750	5731	0	2157	3517	0	28	1001	24397
9	331	255	331	488	25	9	125	28	0	4	1598
10	19	4	15	15	488	0	0	1001	4	6	1551
SUM	7703	5595	7558	8281	12707	3320	4801	24397	1598	1551	77510

2010年

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SUM
1	0	0	0	0	4697	6	0	7036	466	26	12232
2	0	0	0	0	4252	0	0	6902	470	7	11631
3	0	0	0	0	4360	11	0	9909	565	26	14871
4	0	0	0	0	3451	8	0	11846	815	25	16145
5	4697	4252	4360	3451	0	2087	2282	0	41	788	21958
6	6	0	11	8	2087	0	75	5115	15	0	7316
7	0	0	0	0	2282	75	0	8564	241	0	11162
8	7036	6902	9909	11846	0	5115	8564	0	50	1974	51396
9	466	470	565	815	41	15	241	50	0	7	2670
10	26	7	26	25	788	0	0	1974	7	9	2861
SUM	12232	11631	14871	16145	21958	7316	11162	51396	2670	2861	152240

(5) 渡江交通の将来OD表

各予測年次の将来OD表は、現在の渡江交通のODパターンを基に、フレータ法により各予測年次の各ゾーン発生・集中量に対するゾーン間分布交通量を推定し、作成した。

全車種についての予測結果を表2-34に示す。

(6) 黄浦江交通需要予測

a. 将来道路網、渡江施設群の設定

上海市の道路網整備計画は、図2-13に示されているが、予測年次における供用状況については、その明細は不明である。したがって、ここでは道路網については2010年時点においては計画道路は供用されるものとし、1990年時点においては現在道路網のままとした。2000年時点については、図2-16に示すごとくと仮定した。

また渡江施設群の整備状況については、表2-35ごとくとした。

b. 配分手法

分布交通の各渡江施設への配分は、以下の設定条件の下に行った。

- ① 高速道路における車両の走行速度は50km/hで一定とした。
- ② 街路（幹線・準幹線を含む）における車両走行速度は30km/hで一定とした。
- ③ 各渡江施設における渡江時間については、施設の交通容量に応じて交通需要と渡江時間との関係式を求めた。詳細については、付属資料を参照のこと。
- ④ 配分計算は最短旅行時間によった。

表 2-35 渡江施設の変化

年 次	渡 江 施 設 種 別		
	フェリー	隧 道	橋 梁
1985	東 嫩 線 民 丹 線 南 々 線	打 浦 路 (2)	
1990	東 嫩 線 民 丹 線	延 安 東 路 (2) 打 浦 路 (2)	黄 浦 江 大 橋 (6)
2000		東 嫩 (2) 寧 国 (2) 延 安 東 路 (2) 打 浦 路 (2)	黄 浦 江 大 橋 (6)
2010		東 嫩 (6) 寧 国 (4) 泰 同 棧 橋 (4) 延 安 東 路 (2) 打 浦 路 (4)	黄 浦 江 大 橋 (6) 公 路 大 橋 (6)

- 注
- 1) 黄浦江大橋の建設年次は不明であるので、仮定とした。
 - 2) 公路大橋については、完成年次を2,000年頃の想定のため、2,010年時点で供用状態とした。
 - 3) 隧道、橋梁での () 内数値は想定車線数
 - 4) 2010年以後において上川路隧道 (4)、復興路隧道 (4) を想定

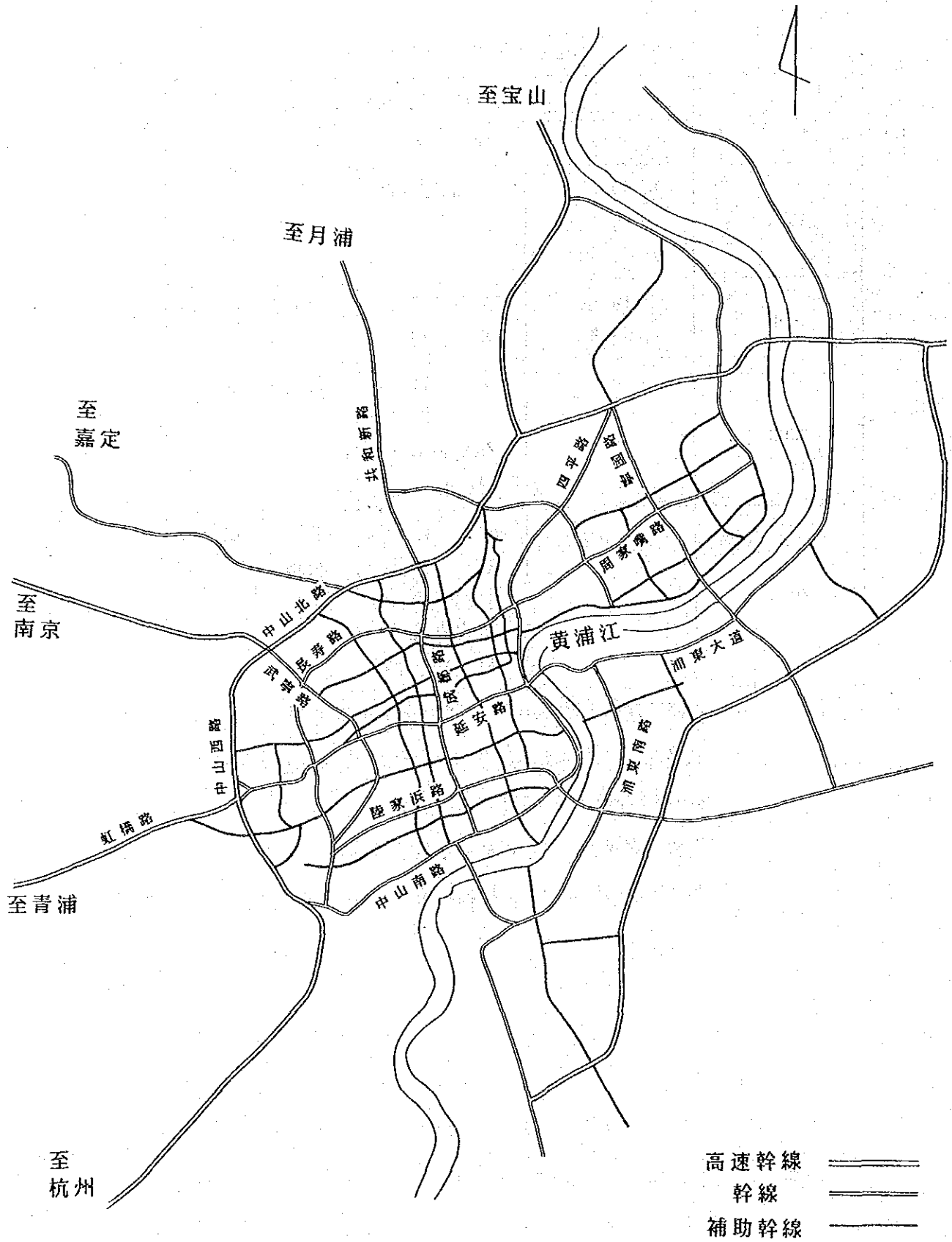


图2-16 2000年時点での道路網（想定）

c. 配分結果

黄浦江大橋に対する交通需要は、以下の表に示すごとくとなる。

表 2-36 黄浦江大橋交通需要

年次	全渡江交通量 (台/日)	黄浦江大橋 交通量 (台/日)	占有割合 (%)
1990	28,300	18,220	64
2000	77,600	39,636	51
2010	152,600	50,292	33
2020 ¹⁾	273,900	63,552	23

1990年時点における黄浦江大橋への交通依存度は約60%であるが、2010年時点においては、依存度は約30%に低下する。交通容量としては2010年時点での時間当り交通需要

$$V = 0.6 \times 50,292 \times 0.09 = 2.716 \text{ 台/時}$$

0.6 : 方向別集中率

0.09 : 時間当りピーク率

に対して、3000台/時（本編第5章参照のこと）とほぼ一致しており、供用後約20年程度で交通容量に見合う需要が発生する。

尚、2020年の予測値は、2010年以降の経済成長率を5%と仮定し、車両保有台数（91.6台/千人）、および全渡江交通量を求め、2010年におけるODパターンを用いて配分量を計算した。

黄浦江大橋が建設された場合と、されなかった場合の全渡江交通に対する影響を全渡江交通車両の走行台・キロ、あるいは走行台・時間の値で比較した結果を表2-37に示した。

表2-37 車両走行台・キロ、台時間予測
(1日当たり)

年次		1990年	2000年	2010年	2020年
橋梁建設	台・キロ	8.76×10^5	2.50×10^6	5.13×10^6	9.27×10^6
	台・時	2.31×10^4	6.99×10^4	1.42×10^5	2.93×10^5
フェリーの のまま	台・キロ	9.09×10^5	2.62×10^6	5.34×10^6	9.61×10^6
	台・時	2.72×10^4	8.51×10^4	1.67×10^5	3.45×10^5

1990年時点において、橋梁建設による台・キロ、台・時間の便益は渡江車両1台当りに換算すると以下の値となる。

$$\text{台・キロ} ; (9.09 - 8.76) \times 10^5 / 28,300 = 1.16 \text{ km} / \text{台・日}$$

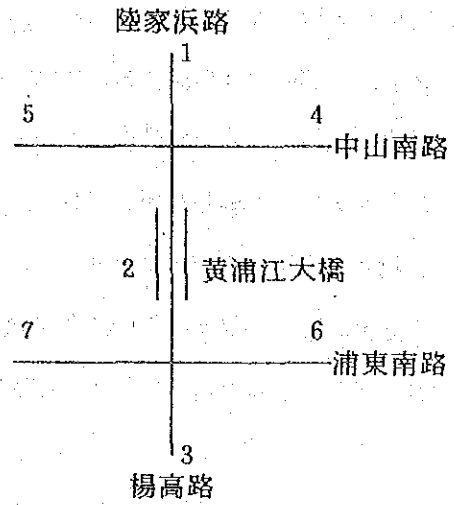
$$\text{台・時間} ; (2.72 - 2.31) \times 10^4 / 28,300 = 0.145 \text{ 時間} / \text{台・日}$$

2010年においては、上記の値はそれぞれ1.11km/台・日、0.164時間/台・日になる。

各ランプ毎の交通需要予測結果は、表2-38に示すとくとなる。

表 2-38 ランプ別交通需要

年次 ルート	1990	2000	2010	2020
2 — 3	5,519	7,895	10,190	12,876
2 — 6	2,286	9,874	12,291	15,532
2 — 7	1,304	2,049	2,665	3,368
2 — 1	2,742	6,938	9,783	12,362
2 — 4	2,275	3,619	4,919	6,216
2 — 5	4,094	9,262	10,444	13,198



注 1) 1方向当り交通量

e. 車種構成

車種構成については、現時点においては貨物車類が約70%と高率を示しているが、将来時点においては、現在の乗用車類の増加傾向から判断して、かなりの割合を占めるものと考えられる。将来時点の車種構成については、表 2-39の比率を想定する。

表 2-39 車種構成 (%)

車種区分	年次				
	1987	1990	2000	2010	2020
乗用車 (タクシー含む)	15.7	20.0	27.0	29.0	30.0
バス	10.8	10.0	13.0	14.0	15.0
小型貨物車	5.2	7.0	8.0	9.0	10.0
貨物車	60.0	53.0	45.0	42.0	40.0
特殊車	6.5	10.0	7.0	6.0	5.0
その他	1.8	0	0	0	0
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

注 1) 1987年については00調査結果から

f. 市街地大型車規制に対する考察

黄浦江大橋の架橋地点においては、現時点では大型車規制がされていないが、架橋による環境整備の進行、あるいは外環状高速道の整備に伴い、現在の市中心地区で実施されている大型車規制を実施する場合が想定される。OD調査結果によれば、貨物積載重量が5t以上の車両は貨物車中約19%を占めており、したがって、空車分を含めると貨物車の内30%~40%の割合で大型車規制の対象となる可能性が考えられる。この規制によって黄浦江大橋から貨物車の交通量が少なくなるが、逆に他渡江施設からの乗用車、小型貨物車の転換も、量的に少なくとも見込まれる。

規制開始の年次は不明であるが、渡江施設群がある程度整備される2000年代を想定し、2005年を開始年とする。貨物車類のうち、約30%を規制対象とすれば、各年次の交通量は次表のごとくなる。

表2-40 車種別交通量

車種区分	1990年	2000年	2005年	2010年	2020年
乗用車	3,644	10,702	12,590	14,585	19,066
バス	1,822	5,153	6,070	7,041	9,533
小型貨物車	1,275	3,171	3,822	4,526	6,355
貨物車	9,657	17,836	13,692	14,786	17,795
特殊車	1,822	2,774	0	0	0
合計	18,220	39,636	36,174	40,938	52,749

第4章 架橋周辺地区整備計画

4.1 黄浦江大橋建設の意義と役割

前節で述べた様に、上海市は中国の4つの近代化を推進する牽引車として、21世紀への飛躍的發展を目指している。

そのための計画的行動指針として、上海経済区の中核となる上海市域の総合開発計画ならびに浦東地区開発計画を策定している。これら上位計画で示されている将来像の中で、本黄浦江大橋建設の意義と役割は以下の点に要約される。

① 渡江交通の飛躍的發展に寄与する。

現在、市域を貫通する黄浦江の渡江施設は、車両専用隧道（1路線）車両専用フェリー（3路線）人専用フェリー（13路線）の渡江施設があり、1日平均1.7万台の車両と70万人の通勤者が浦東・浦西地区を行き来している。

黄浦江大橋建設は、既存の車両専用施設に比べ、①利用の容易さ、②天候や時間帯の制約を受けない確実性、③渡江時間の短縮や待ち時間の解消（時間便益）、④渡江費用の低減（費用便益）など、あらゆる点で有利であり、完成後は渡江交通の飛躍的増大が見込まれる。

また、今後の渡江交通の需要増加に対応するには、現況施設での交通処理には限界があり、この面からも複数車線を持ち大量交通を処理できる、恒久的渡江施設への期待は大きい。

② 浦西・浦東の分断地域の結合・一体化に貢献する。

上海市市区部は黄浦江により地理的に東西に分断されている。黄浦江は上海市の市街地形成や市域拡大に対して、大きな障害となっている。また同時に、市民心理においても物理的距離感以上の「遠東」感を抱かせる結果となっている。

黄浦江大橋は、浦西・浦東地区を物理的に結合する巨大構造物であり、上海市民に視覚的な存在感を誇示することから、隧道とは比較にならない「東西結合」のイメージをアピールすることができる。このことは浦東地区の後進地域的イメージの打開にも大きな心理的効果があるものと期待できる。

③ 浦東地区の開発ポテンシャルの向上に寄与する

浦東地区は黄浦江に阻まれ、浦東地区に比べ都市開発が大幅に遅れてきた。そのことによって、結果的には都心部に隣接した広大な用地が保留地として残されてきたことになる。架橋によって、浦東地区の開発ポテンシャルは飛躍的に向上すると考えられる。そして、再開発を伴わない計画的な市街地形成が容易に図られることによって、今後の上海市の健全な発展に、大きく貢献するものと期待される。黄浦江大橋建設はまさに、浦東地区開発の「橋頭堡」の役割を担うものと言える。

④ 浦西地区の人口過密の解消に寄与する。

既に述べた様に、上海市の都市問題は既存市街地の超人口過密に起因する、住宅問題・交通問題・環境問題が指摘されている。

浦西側の中心5区では平均6万人/㎢に迫る人口密度に達しており、街道レベル（市区の下位の行政単位）においては12万人/㎢を越える超過密人口を抱える地区も多々ある。

一方、浦東・浦西にまたがる3区の浦東側の平均は1.5万人/㎢に満たず、人口密度に関しても極端な「西高東低」型の地域格差が存在する。

上海市の健全な都市発展を図る上からも、この浦西側の過密人口を既存市街地の外縁部、特に浦東地区に移し、東西市街地の均衡化を図る必要がある。

黄浦江大橋建設は、人口分布の片寄りを是正し「西減東増」を実現するためのサイホンの役割を果すものとして期待される。

4.2 架橋地区の計画フレーム

(1) 上海市の将来像における黄浦江大橋の位置づけ

ここでは、上海市城市総体規画（マスタープラン）および浦東新区規画綱要によって示されている上海市の都市部の将来像を模式的に示し、黄浦江大橋の都市構造的な位置づけを明らかにする。

① 上海市の骨格=Urban Skeleton

上海市域（Greater Shanghai）は300kmにおよぶ中心市街地を囲むリング状の外環状道路と、上海市の郊県や他の省都を結ぶ9路線の放射状道路とによって、快速幹線ネットワークが整備されることにより「群衆組合都市」の都市構造の骨格が形成される。

② 3本の都市軸=Urban Axes

・黄浦江河川軸（River Axis）

中心市街地は黄浦江により、物理的に浦西・浦東に分けられているが、恒久的渡江施設は2000年までに7ヶ所、2000年以降にさらに5ヶ所の整備が予定されており、東西交通の充実が図られる。

一方、河川港としての黄浦江は、北翼・南翼の外港の整備により外貿港としての機能は徐々に低下するものと考えられるが、北翼・南翼の外港を結ぶ南北交通の動脈として、水運の果たす役割はさらに重要なものとなる。

・国際都市上海を代表する都市軸（Amenity Axis）

現在の空の玄関である上海空港（虹橋空港）を起点に、虹橋新区・市政中心を通り外灘から黄浦江を延安路隧道で渡り、浦東の陸家嘴・花木新副都心に至る、延長約17kmのルートが考えられている。

将来の上海市の都心と副都心を結ぶこのルート沿には、産業経済・商業業務・社会文化施設の集積化が図られることになる。

・21世紀の上海市を形成する開発軸（Frontier Axis）

上海市の将来の空の玄関となる新国際空港を起点に、浦東開発の中核となる花木新副都心を通り、黄浦江大橋を経て浦西側の都心部に至る、新たな開発軸が形成される。

③ 浦東開発の要=Triangle Frame

上記の3本の都市軸が相互に交わる地点に、浦東開発の要となる3大事業が位置づけられる。

(2) 架橋地区の土地利用計画

黄浦江大橋は高架のアプローチ部分も含めると、東西約3kmにおよぶ一大構造物となる。架橋地区は浦東側の陸家浜路から浦西側の楊高路交差部までの区間である。上海市の上位計画における該当地区の土地利用計画は次の通りとなっている。

- ① 上海市マスタープランによる将来の都市構図では、該当地区は西側の都心地区と東側の新副都心地区（花木地区）とを結ぶ位置にある。また該当地区の浦東側北には陸家嘴地区（=Sub Region）の塘橋住区（=Local District）、南には周家渡地区の南碼頭住区が位置することとなる。
- ② 黄浦江沿岸地区は上海港区に指定されており、将来も港湾用地および工業用地として計画されている。
浦東側（右岸）は第7荷役作業区（石炭専用埠頭）、浦西側（左岸）は第12荷役作業区（小規模国内雑貨）である。
- ③ 該当地区の東端に隣接する花木地区を横断する新空港へのアクセス道路（川北公路）の両側には広い緑地帯が設けられる。この緑地帯は黄浦江大橋のアプローチまで連続し浦東南路との交差点まで計画されている。
- ④ 該当地区の東端の楊高路との結節点の花木地区側は、将来の博覧会用地に、またアプローチ道路の北側は公共施設・スポーツセンター・病院などの用地として予定されている。
- ⑤ 該当地区の浦西側は「中山南路沿線都市改造地区」に指定されており、現在の土地利用の混在および人口過密の解消を目的とした都市再開発が予定されている。

4.3 架橋地区整備計画の与条件の整理

黄浦江大橋主橋梁部に接続する、アプローチ道路の敷地に該当する地区の整備計画策定に当っては、以下の点を前提条件として考慮するものとする。

尚、これらは現地調査における中国側作業班との討議結果に基づくものである。

(1) 浦西側アプローチ地区の計画諸元

① アプローチ道路は中山南路の北方向および南方向、陸家浜路の西方向の3ヶ所にそれぞれ入出路によって接続させる。

② アプローチ道路の位置および形状については、架橋建設による影響を最小限度とし、用地収用に関わる費用を抑制する観点から、その用地収用面積を出来る限り少なくするよう配慮する。

そのため、路面高約50mの主橋梁中央部から接続道路面に至る長い斜路の形状を2回転ループとすることにより、敷地面積の最小限化を図る。

③ 黄浦江の左岸に近接して位置する主橋梁主塔は、アプローチ道路のループ部分に近接することになるため、主塔に対する景観的配慮からループ部分を江岸から出来るだけ後退（セットバック）させる。

④ 該当地区に立地する既存の4階以上の堅牢な建物を出来る限り回避して、アプローチ道路の線形や位置を検討する。

主塔予定地点に近接しているポンプ場も現状維持に努める。（同ポンプ場施設は中山南路沿線地区改造事業の実施時点で規模拡大が予定されている）

⑤ 架橋工事期間中も南碼頭の車両専用フェリーおよび人専用フェリーの運航は継続させるが、主塔部分の工事に伴い、現在のフェリー埠頭施設は下流側に移転させる。

移転場所は中山南路や陸家浜路に接続し、且つフェリー待ちの駐車スペースが確保されることが条件となる。また、現在フェリー埠頭付近にある43・65系統のバス発着場も、アプローチ道路建設工事に支障をきたすため暫定的に移転させる。

架橋の供用開始後は、車両専用フェリーは廃止するが、人専用フェリーは継続して運航させるものとし、しかるべき位置に新しい埠頭施設を建設する。

- ⑥ 架橋工事に伴い収用された用地の跡地利用については、現在、上海市が進めている「中山南路沿線地区改造計画」との整合性を図るとともに、全域を主として公園緑地として再生させる。

上海市都心部においては黄浦江に面する公園は、黄浦公園（外灘地区）、浦東公園（陸家嘴地区）、共青森林公園（五角場地区）のみであり、江畔公園施設の増加が望まれている。一方、架橋が位置する南市区の公園面積は、市区部の中でも最低水準にあり、1985年の市区緑化状況統計によれば、12市区の平均1人当り緑地面積は0.71㎡であるのに対して、南市区のそれは0.13㎡に過ぎない。これらのことから、該当地区の跡地利用としては、公園緑地化を図ることが望ましいと考えられる。

- ⑦ 黄浦江大橋は上海市の新たな観光名所になるものと考えられることから、次のような施設整備を行う必要がある。

- ・地上約50mの橋上を市民や観光客に展望施設として開放するため、乗降用エレベーターを設置する。
- ・アプローチ道路に囲まれた用地は、橋詰公園として整備し、広場・飲食休憩施設・駐車場等を設置して黄浦江大橋見学者の利用の便を図る。
- ・黄浦江左岸に接する用地は黄浦江大橋のダイナミックな景観を鑑賞できる唯一の場所であり、上海市の中でも貴重なウォーターフロントとなるため、親水性の高い江畔公園として整備する。

(2) 浦東側アプローチ地区の計画諸元

- ① 黄浦江大橋の東側アプローチ道路は、それに直交する次の2本の幹線道路に接続させる。

- ・黄浦江右岸から約600mのところを位置する浦東南路（将来は主要幹線として計画されている）とは、北方向・南方向にそれぞれ入出路で接続させる。
- ・浦東南路の東約1,500mに位置する揚高路とは、当面は平面交差とする。

上海市城市総体規画（マスタープラン）の道路整備計画によれば、揚高路は将来外環状道路となる快速幹線道路として昇格整備される予定である。また浦東開発計画では、本アプローチ道路と揚高路との交差点から新国際空港へ至る、快速幹線道路（川北公路）が提案されている。従って、揚高路と川北公路の快速幹線化実現の時

点では、インターチェンジの設置が必要になるものと考えられる。

- ② 架橋地点の右岸から浦東南路に至る地区は上海港の第7荷役作業区に指定されており、石炭専用埠頭および造船所などが沿岸部の用地を占めている。上海市城市総体規画（マスタープラン）においてもこの地区は港灣施設用地として定められている。石炭埠頭・造船所とも大規模且つ上海市の重要な施設であるため、これらの施設への架橋建設の影響は極力避ける必要がある。

従って、主橋梁および東側アプローチ道路用地には、上記2施設に挟まれて位置し、移転可能な上海港修建会社のプレキャストコンクリート製造工場の用地および南浦路をあてる。

- ③ 浦東南路と楊高路との間の土地は、1984年の市区部の行政区画変更により、それまでの川沙県嚴橋公社の一部が、南市区の周家渡から分割された塘橋街道に編入されたものである。現況の土地利用は蔬菜を主体とする都市近郊農業地帯である。

上海市城市総体規画（マスタープラン）の土地利用計画によれば、該当地区は北側の陸家嘴地区（Sub-Region）との南側の周家渡地区とを分ける、緩衝緑地帯に指定されている。

アプローチ道路の浦東南路との取付け道路用地については、浦東南路の西側が工場用地であるため、東側の農村地帯を利用するものとする。また、ランプ用地については、この農村地帯の南側200mの位置には上溶新村があり、用地的に無理があるためアプローチ道路の北側とする。該当地点には現在、大倪家宅および胡家宅の2つの農村集落がある。

尚、アプローチ道路の北側にランプを位置させることは、浦西側アプローチ道路のループ部分も北側に位置することになることから、東西のシンメトリー性が強調されることとなる。

- ④ 既存の右岸側フェリー埠頭は、主橋梁計画地点より上流方向に200m以上離れているため、架橋工事中も支障ないものと考えられる。

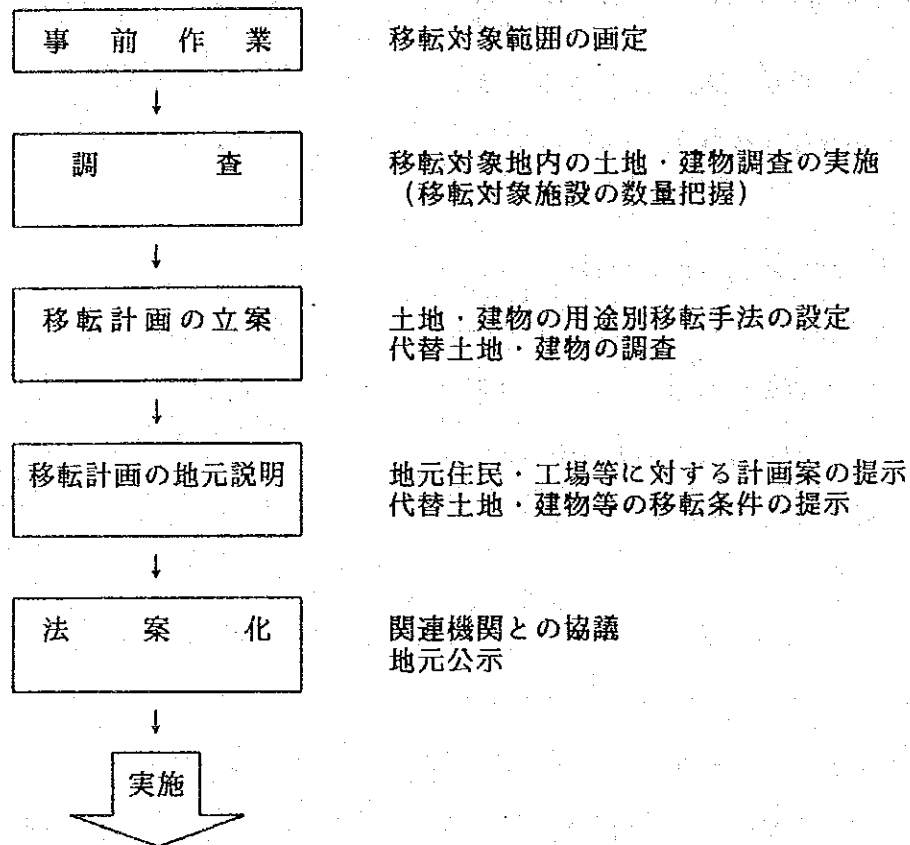
但し、現在フェリー待ちの車両が塘南路と南浦路を利用しているが、南浦路がアプローチ道路の工事現場となり使用できなくなるため南碼頭路に変更する必要がある。

- ⑤ 工事期間中の主橋梁の建設資材の搬入は、主として黄浦江を利用することになると考えられるため右岸側にも作業ヤードが必要である。また工事用道路も必要である。そのため、隣接する石炭専用埠頭および造船所の敷地の一部を工事期間中借用することが考えられる。この場合は工事完了後、現況通りに復元することが条件となる。
- ⑥ アプローチ道路のうち、浦東南路と揚高路間は主として緑地帯に指定されていることから、浦西側同様、黄浦江見学者のための諸施設を設ける。

4.4 架橋地区整備計画

(1) 土地収用計画

アプローチ道路建設のため、浦西側市街地で約25ha、浦東側で約26haの用地を収用することになる。上海市における都市再開発や公共施設建設に伴う用地収用の仕組みは、概ね以下の様になっている。



移転が最も繁雑なものは工場である。該当地区内には大小100余りの工場があり、うち13工場は比較的規模の大きなものである。

工場移転に際しては、架橋工事に伴う既存建物の取り壊し以前に代替工場の建設を完了させなければならないため、架橋工事着手までに約2年半を要するとのことである。

同様の問題は学校移転についてもあるが、対象となるのは2校に限られるため大きな障害とはならないと考えられる。

住宅・商店・農家等については、現在浦東地区で進められている新村・新工房の建設により、代替施設のストックが十分あることから、比較的容易であるとのことである。

中国側によって示された施設用途別移転条件の概要は以下の通りである。

①住宅 浦西側の移転対象住宅の居住者は、浦東地区の新村・新工房の代替住宅に移転する。

住民には移転補償費および協力褒賞金が支払われる。

②商店 同じく浦東地区の新村・新工房内の代替建物に移転する。

利権者には移転補償費および営業補償費が支払われる。

③工場 既存工場の不動産評価がなされ、土地・建物の価値相当の費用とともに移転補償費が支払われる。

代替工場は、浦東地区の適地が上海市の工場移転担当部所で選定され、代替工場の完成後に移転となるため時間がかかる。

なお、代替工場の完成前に移転が行われるケースも例外的にあり、この場合は代替工場完成までの期間は、工場就業者は暫定的に他の工場に配属されるとのことである。

④学校 既存施設と同規模のものを、出来る限り現在の場所近くに建設する。

通学区内の世帯の一部が浦東地区へ移転するため児童数が減少するが、かえって教育環境の向上につながるため、同規模を原則とするというのが中国側の考えである。

⑤農地 (農家) 農家の代替住宅は臨沂新村（現在の集落の南側、上溶新村の南）が当てられ、移転補償費が支払われる。

農業従事者には工場などへの就業が斡旋される。

中国には都市戸籍と農村戸籍の制度があり、特に農業従事者の職業変更は一般的に難しい。そのため農業から工場労働者に移籍することは、概ね歓迎されることである。

耕作農地は畝当たり（1畝＝667㎡）4万元で評価され（60元/㎡）、国・郷・地権者の3者に支払われることになる。

第5章 橋梁部の交通容量

5.1 設計交通量

中国の都市内道路の方向別設計時間当り交通量は、以下の式によっている。

$$V_k = V_d \cdot k \cdot D$$

ここに

V_k : 方向別設計時間当り交通容量 (台/時)

V_d : 設計年次年平均日交通量 (台/時)

k : ピーク率、11%を標準とする。

D : 方向別交通量と断面交通量との比、0.6を標準とする。

5.2 設計交通容量

(1) 基準交通容量 (1車線当り)

設計速度 (km/h)	20	30	40	50	60
基準交通容量 (台/時)	1,380	1,550	1,640	1,690	1,730

(2) 可能交通容量 (1車線当り)

可能交通容量は道路区分により、以下の式で与えている。

$$N_s = \phi \cdot N_k$$

ここに

N_s : 1車線当り可能交通容量 (台/時)

N_k : " 基準交通容量 (")

ϕ : 道路区分によるてい減率

道路区分	ϕ
快速線	0.75
主要幹線	0.80
2次	0.85
支線	0.90

黄浦江大橋に、上記の基準を適用すれば、以下の如くとなる。

設計速度 50km/h

基準交通容量 1,690台/時

道路区分 主要幹線

ϕ 0.80

$$Ns = 1,690 \times 0.80 = 1,352 \text{台/時}$$

(3) 大型車混入による交通容量のてい減

大型車による交通容量のてい減は、車種別の乗用車換算によって計算する。

車種	換算係数
乗用車相当	1.0
普通貨物車	1.5
トレーラー	2.0

黄浦江大橋における通過交通の車種構成は不明であるが、表2-26の車種構成比を参考に、

乗用車	28%	} 1985年データ
貨物車	58%	
特殊車	14%	

以下の値を仮定する。

乗用車相当 $35\% \times 1.0 = 0.35$

普通貨物車 $55\% \times 1.5 = 0.825$

トレーラー $10\% \times 2.0 = 0.20$

計 1.375

従って、黄浦江大橋における1車線の交通容量としては、以下の値となる。

$$V = 1,352 / 1.375 = 1,000 \text{台/時}$$

5.3 取付街路の道路容量

一般市街地街路の道路交通容量は、交差点における通行能力によって支配される。黄浦江大橋と接続する街路は、浦西・浦東両地区において以下の如くである。

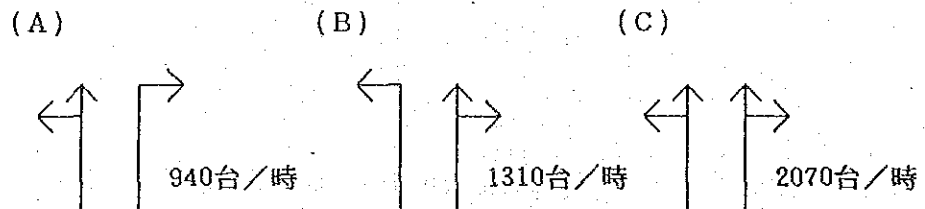
浦西側 中山南路、陸家浜路

浦東側 浦東南路、楊高路

これらの道路のうち、現在市街地内に位置しているものは、揚高路を除く3街路である。中山南路、および浦東南路は緩速車線を分離の往復4車線の道路に整備され、あるいはされつつある。一方陸家浜路は一部を除き、緩速車混合の往復4車線であり、実質的に往復2車線以下の道路容量となっている。

信号交差点を有する街路の道路交通容量として、“城市道路設計規範”では片側2車線道路の場合種々の場合について計算を行っているが、以下の数値を標準値として与えている。

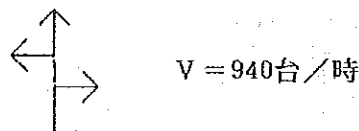
- (仮定) 1. 右左折車数は直進車の15%、又は1信号当り2-4台
- 2. 信号時間：緑 30秒，黄 5秒
- 3. 車線区分



車線区分(C)として考えた場合、大型車混入による低減率を橋梁での交通容量計算に用いた値を採用すると、街路としての浦東南路・中山南路の交通容量は、以下の程度となる。

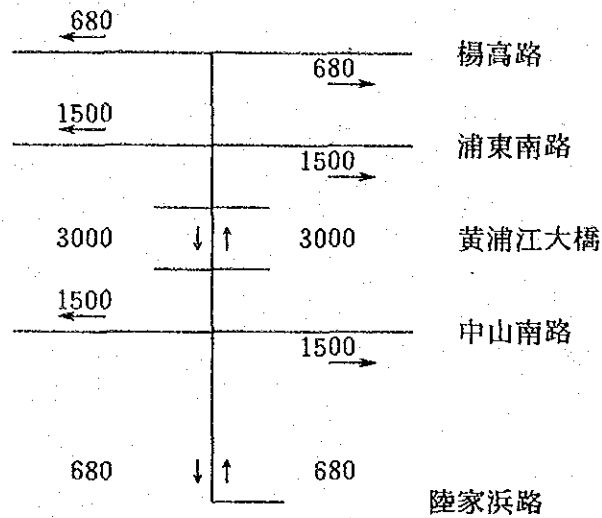
$$V = 2070 / 1.375 = 1500 \text{台/時/一方向}$$

一方、陸家浜路に対しては往復4車線の計算値を適用すれば(仮定は同じ)、以下の値となる。



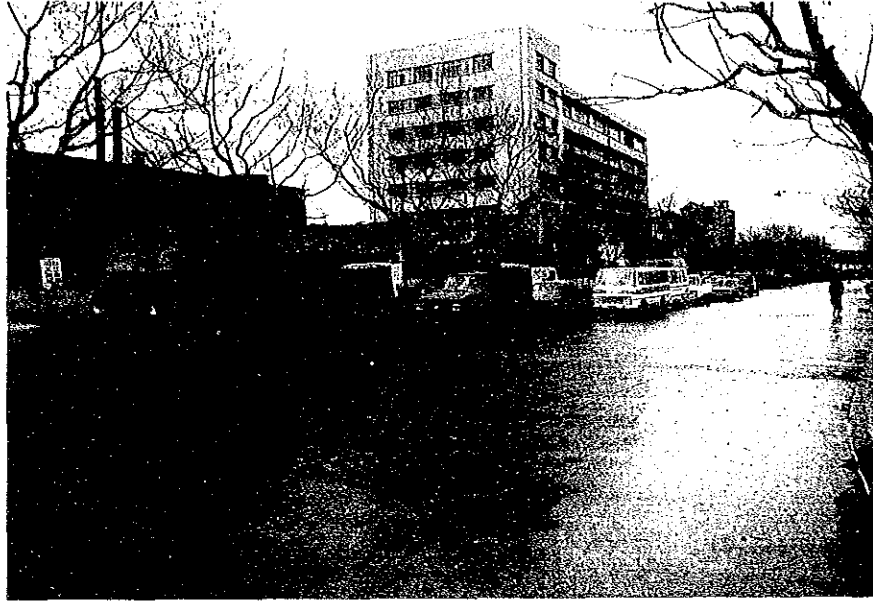
$$V = 940 / 1.375 = 680 \text{台/時/一方向}$$

以上の結果を模式図として描くと、以下の図となる。



揚高路・陸家浜路の改良、あるいは中山南路の高架道路建設を待たない限り、黄浦江大橋を6車線とした場合の交通容量を十分に生かす事は出来ない。しかし、全黄浦江横断交通量の需要予測によれば、2000年以前では橋梁に対する負荷はその容量を下回る水準であり、順次取り付け街路の改良が進められれば、とくに取り付け街路部分における交通渋滞によって橋梁の能力が制約を受けることはないと考えられる。

第3編 橋梁建設計画



架橋地点現況(上段浦西側、下段浦東側主橋脚地点付近)

第3編 橋梁建設計画

第1章 地形・地質

1.1 対象地域の地形・地質

1) 地形

上海市は中国大陸の東海岸のほぼ中央部に位置する。この地域は、太古は海であったが、河川の長期に亘る土砂の運搬堆積によって陸化したものである。

すなわち、長江の三角洲である。この平野の海拔は約2～5m程度であって、起伏がほとんど無く平坦である。図3-1は長江三角洲の形成過程を示したものであって、現在の海岸線は約200年前に形成されたものであることが判る。なお、約6,000年前の海岸線は、ほぼ現在の江陽・福山・嘉定から上海市の西を経て拓林にあったとされている。従って、本地域一帯は広洋とした海であったと言える。

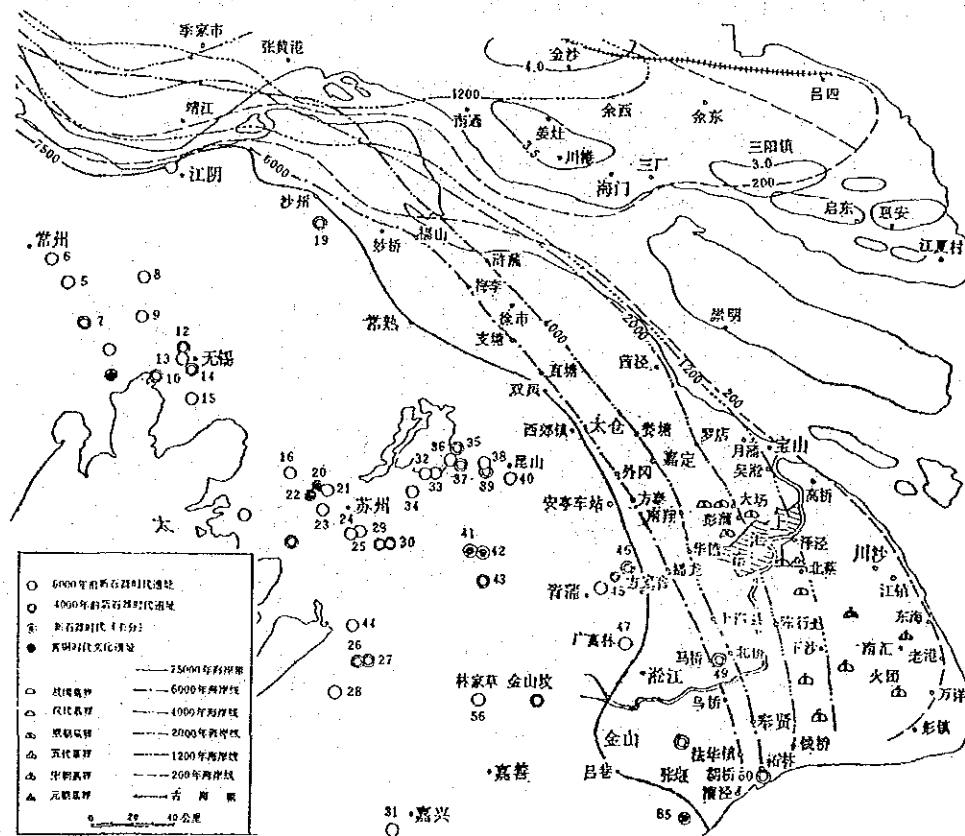


図3-1 全新世長江三角洲の古海岸線変遷図

2) 黄浦江について

唐の時代、この長江三角洲には太湖を源流とする三本の河流があった。それは、瀏河・呉淞江・東江で、最も規模の大きいのは呉淞江（現在の蘇州河）であった。

唐宋の時代に入って、呉淞江や東江は上流からの土砂の供給が多く、河床の上昇や河道が狭くなり東江は単独では海洋に流入できなくなった。この東江の下流に黄浦と呼ばれる河流があり、呉淞江に流入していた。

明の時代後、河も堆砂現象が始まり、次第に閉塞され河道が狭隘になるにつれて、東江下流の黄浦は流量が増大し河床の洗掘も激しくなり、ついには、一つの大きな幹流と成った。これが現在の黄浦江であり、呉淞江は黄浦江の支流的存在になってしまった。

黄浦江の年齢は高々600歳程度であって、非常に若く、このように形成年代の若い川は長江の数多くある支流のなかでも稀である。

現在の黄浦江の源泉は青浦県淀山湖で、浙江省北部の多くの河川水を集め、東流し閘港で北方に流路を変え、上海市の外白渡橋で蘇州河に合流し、呉淞口に至り長江に流入する。

全長114km、川幅は架橋計画地付近で約360m、同じく最大水深は24m程である。

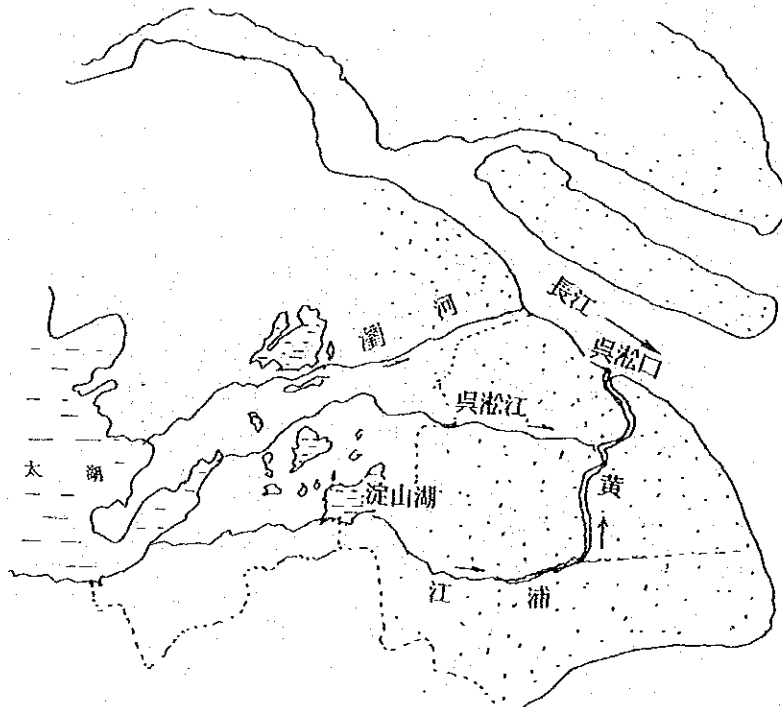


図 3-2 黄浦江の流路図

3) 地質

上海地区の地盤は、第四紀の地質時代に基盤上に約300mの厚さで、陸海交互成の緩い堆積物が沈積して構成されたものである。

この内上部150mは海浜成、沼沢成と河流三角洲成の粘性土層と砂層より成る。なお、その中に陸成の粘土と微細砂が挟まれている。

この上部150mの内、さらに上部約30mは約4000年前以降に堆積した非常に若い地層である。勿論、未固結状態で軟らかい。

下部は洪積世の堆積物で、未固結状態ではあるが安定した地層が構成されている。150m以下は河成の砂層と湖成の雑色粘土が交互に堆積している。

図3-3は上海市の水文地質断面図であるが、今回の調査では第Ⅱ帯水(含水)層まで確認したことになる。なお、地盤沈下が生じるのはこの第Ⅱ帯水層の水圧ヘッドが低下した場合に発生する。

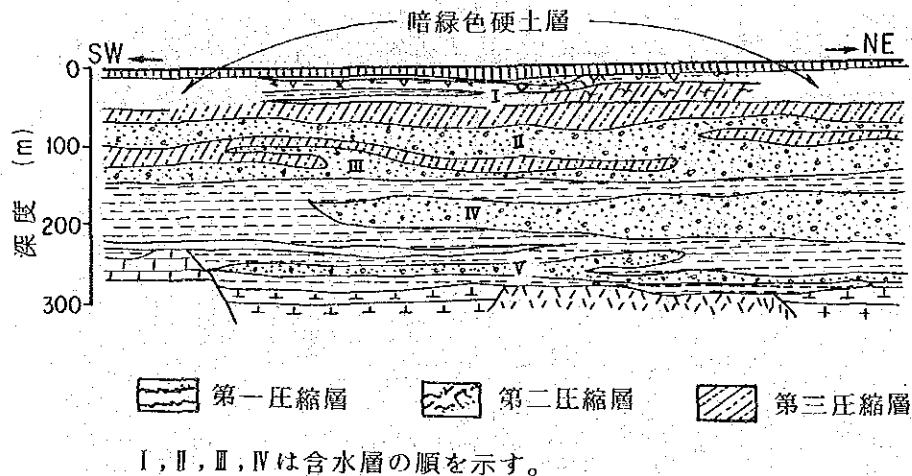


図3-3 上海地区地盤構成

1.2 架橋地点における地質分析

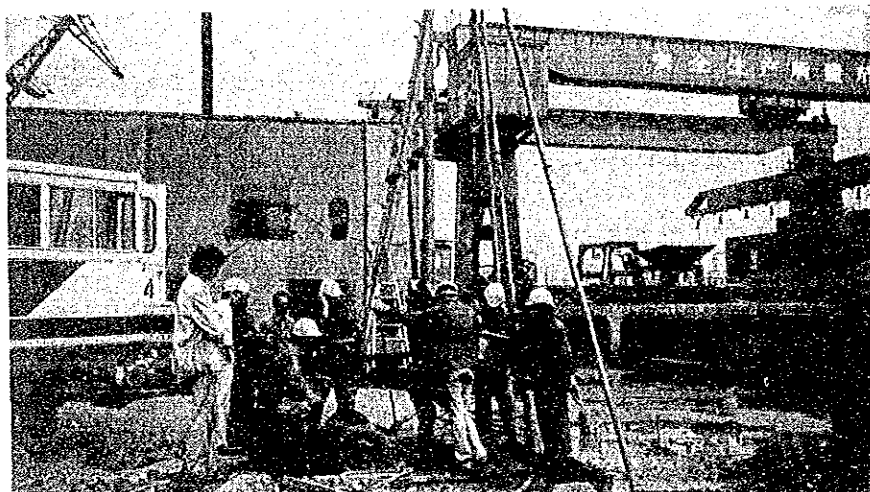
1) 調査内容

地質調査は下記に示すような内容について実施された。

表 3-1 地質調査内容

調査内容	浦西地区	浦東地区
現場調査	ボーリング 96m 標準貫入試験	ボーリング 47m 標準貫入試験
室内試験	物理試験 39ヶ 力学試験 8ヶ	物理試験 27ヶ 力学試験 7ヶ
調査地点	浦西陸家浜路 30号	南浦路 2号
実施期間	1987年 4月 8日 4月 20日	1987年 6月 15日 6月 19日

・浦東地区における地質調査



2) 調査結果

(1) 地盤構成

架橋地点の地盤構成は図 3-4 に示す通りであり、整合状態で層相変化も少ない。

いずれも第四紀の地層であり、未固結土である。特に、標高-24m 付近は沖積世の堆積物であって、軟弱なシルト・粘土からなる。この沖積層は先の海岸線の変遷から見て約

2,000年前以降に堆積したものと言える。標高-24m 以深の地層は洪積層であり、未固結で

はあるが密実な砂質土が厚く堆積しており、構造物の基礎地盤として見た場合は、浦西、浦東側いずれも深さ43m付近から支持層として期待される。

(2) 地盤特性

① 沖積粘性土層の性状：図3-5 相関図より沖積粘性土層の特質を述べる。

- ・ 上部では自然含水比が液性限界を上回る部分もあるが、自然含水比が50%以下で低含水比土である。
- ・ 間隙比は平均1.0前後であって、沖積粘性土としてはかなり低い値である。
- ・ 砂分(0.10~0.05mm)の含有量は20%未満の部分が多く、約20%がシルト分である。よって、塑性は非常に低い。
- ・ N値と一軸圧縮強度(q_u)の関係は

$$q_u = N / 8 = 0.125 \text{ kg f / cm}^2 = 1.25 \text{ tf / m}^2$$

で示され、日本国の沖積粘性土の強度特性とほぼ同様の性状である。

- ・ 深度と強度の関係は、大略次式で示されるようである。

$$q_u = 0.37 Z \quad \text{tf / m}^2$$

- ・ 圧密特性は、標高-9.86~16.66mの粘性土層は圧縮指数(C_c)が0.138~0.14と大きいので、高圧縮性土に属するが他は中圧縮性である。

以上の土質性状より、本地域の沖積粘性土は中間層(標高-9~-17m)は圧縮性大で軟弱であるが、上下層は正規圧密~やや過圧密状態で比較的安定していると言える。

② 洪積各層の性状：標高-28m付近より洪積層となり、この層は四層に区分される。

- ・ 上部砂質土層：標高-28~-47mの層で、黄色を呈するシルト質細砂と粘土質シルトよりなる。N値は上部約13mは20~30の範囲であって、“中位”の密度であるが下部は細砂となり $N > 50$ を示す、“極密”なる層である。
- ・ 中部砂質土層：本層以深は浦西側で確認されたもので、標高-47~-64の層で灰黄色を呈する細砂より成る。全般に均質であり、N値も部分的にやや低い所もあるが、総体的には40~50以上を示し非常に密実である。
- ・ 下部砂質土層：標高-64~-86m間の地層は灰色を呈する均質な細砂より成る。N値はほとんどが50以上を示し、非常に密実である。
- ・ 最下部層：標高-86m以深には小礫を混在する中砂層が分布する。一部粘性土層を

図 3-4 架橋地点の地質断面図

H = 1/2,000
 縮尺
 V = 1/500

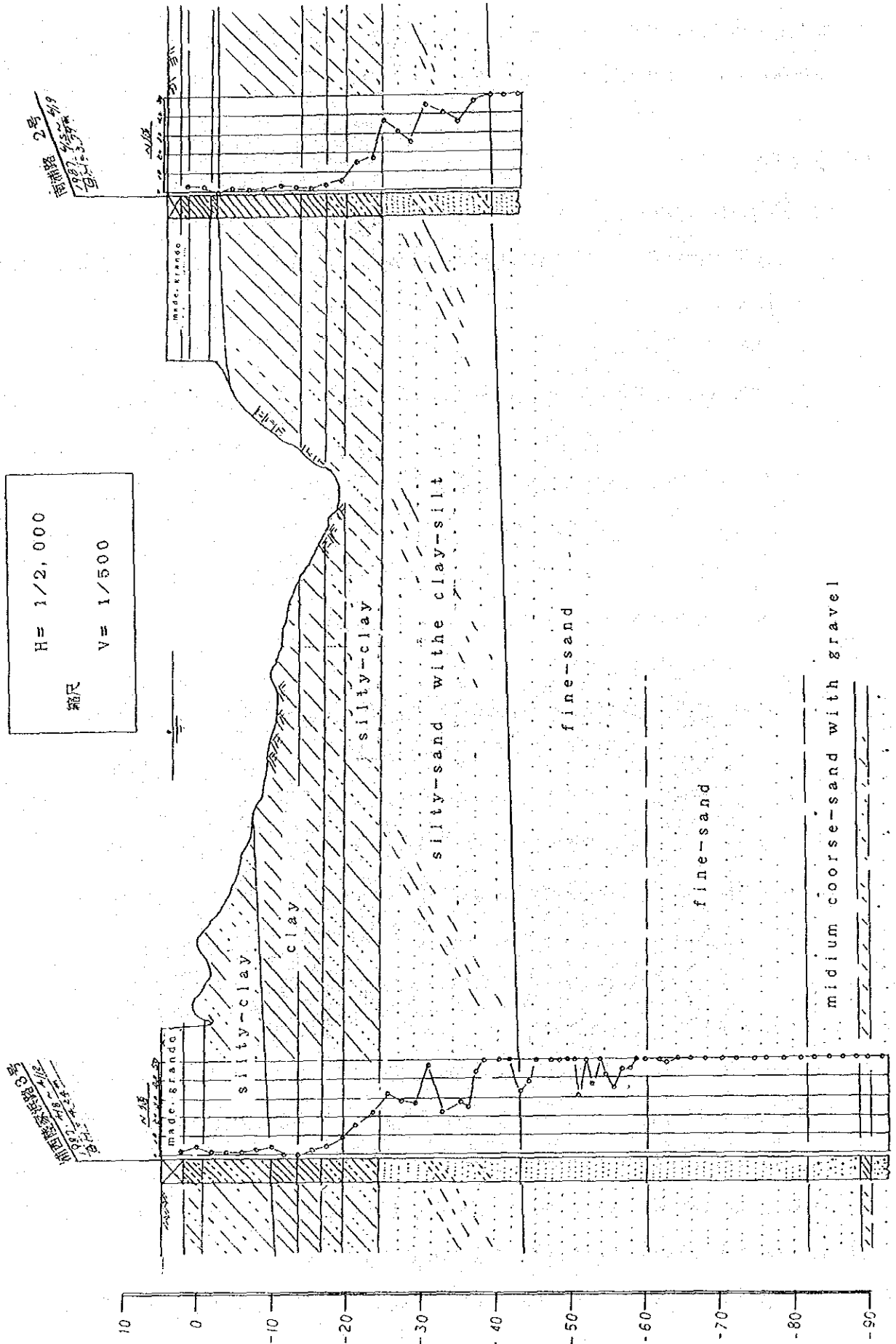
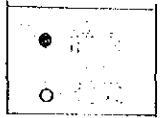
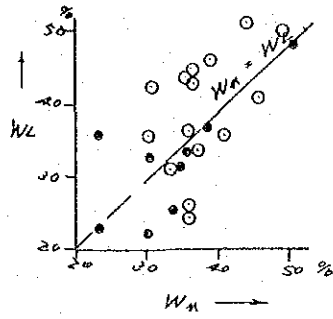


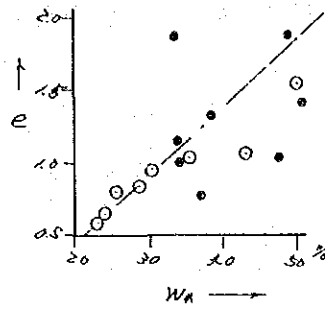
図 3-5 土質定数相関図 (沖積粘性土について)



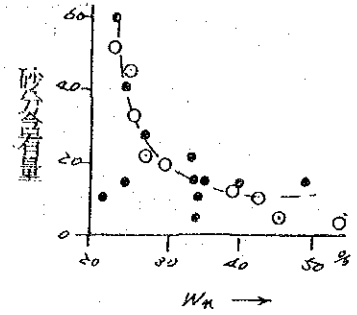
① 自然含水比～液性限界



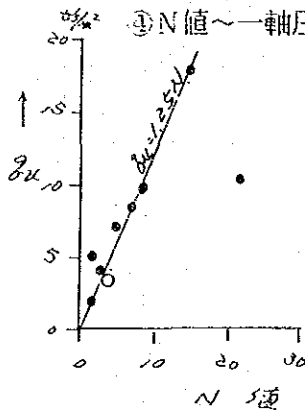
② 自然含水比～間隙比



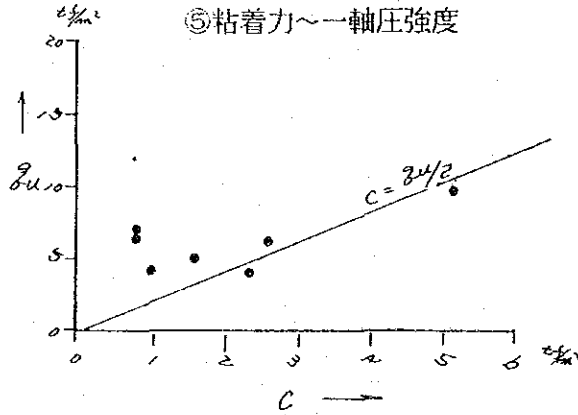
③ 自然含水比～砂分含有量



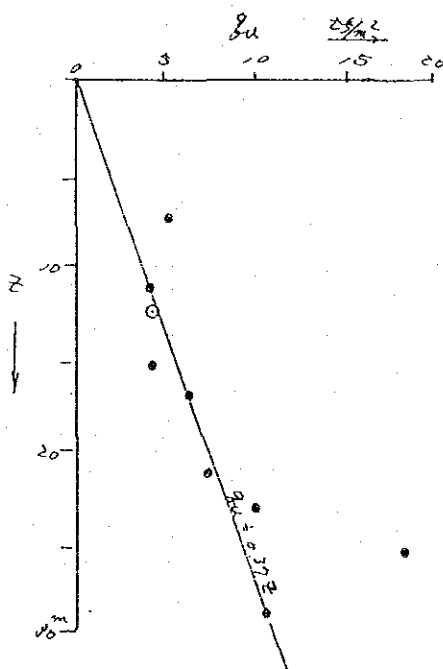
④ N値～一軸圧強度



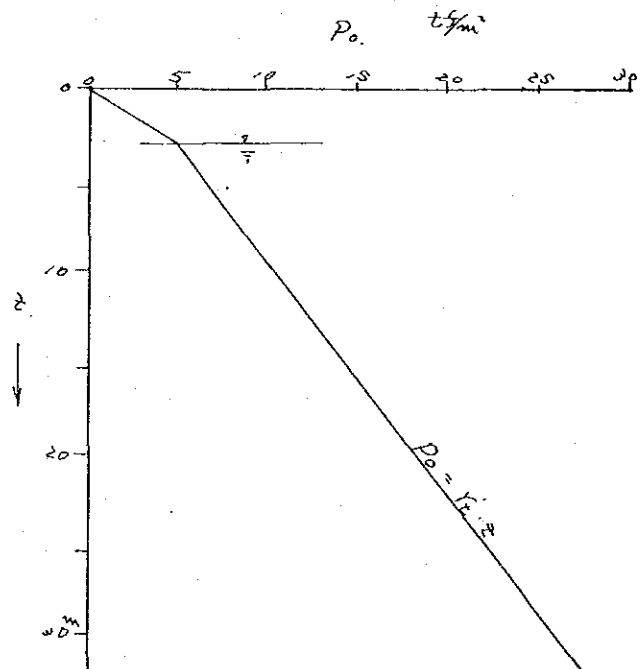
⑤ 粘着力～一軸圧強度



⑥ 深さと一軸圧強度



⑦ 地中応力と変形係数



狭むが、かなりの厚さでしかも広く分布していると推定される。

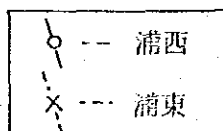
以上、洪積層の性状について簡単に述べたが、上部砂質土層はやや泥質でN値も低い
が、標高-39m（深さ43m）付近からは非常に密実な砂層となり、浦西、浦東いずれ
も構造物基礎の支持層としても高い信頼性を有していると言える。

3) 基礎設計用土質定数

既往調査及び、今回の補足調査あるいは、「上海軟土地基工程特性」（1979年、電力工業部華東電力設計院）等の文献を参考とし、浦西、浦東側主橋脚の基礎設計用土質定数を表 3-2 に示す。

表 3-2 基礎設計用土質定数

標高 m	深度 m	記号	N 値					湿潤密度 t/m ³	粘着力 t.f/m ²	内部摩擦角 度	変形係数 kg f/cm ²
			10	20	30	40	50				
5.0	0.0	9L.0									
	2.4										
0.0	5.0						1.80	1.6	5	60	
-5.0											
-10.0	4.1										
	4.7						1.75	2.5	0	20	
-15.0											
	20.9										
-20.0	23.7						1.90	7.5	20	75	
-25.0											
	28.4										
-30.0											
							1.85	1.0	30	155	
-35.0											
-40.0											
-45.0	47.5										
-50.0							1.95	0	40	350	
-55.0											
-60.0	54.2										



4) その他

(1) 地下水

沖積平野である上海市の地下水位は、非常に浅く、深さ0.7~1.5mにある。この水位は降雨や河川水が地表付近に貯溜されているものであって、不圧水である。

本来（被圧水）の地下水は標高-44m付近以深の洪積第二層に帯水している。

この被圧水頭は明確ではないが、近年地下水の揚水規制の効果で水位が回復しているようであるから、ほぼ静水圧分布線上にあるものと想定される。

(2) 地盤沈下

地盤沈下の主たる原因の多くは、地下水の過剰な汲み上げである。この上海市の地盤沈下の主要因はやはり、地下水の汲み上げ過剰によるものであると認められた（1964年5月、「上海地面沈降水文地質工程地質会議」）。

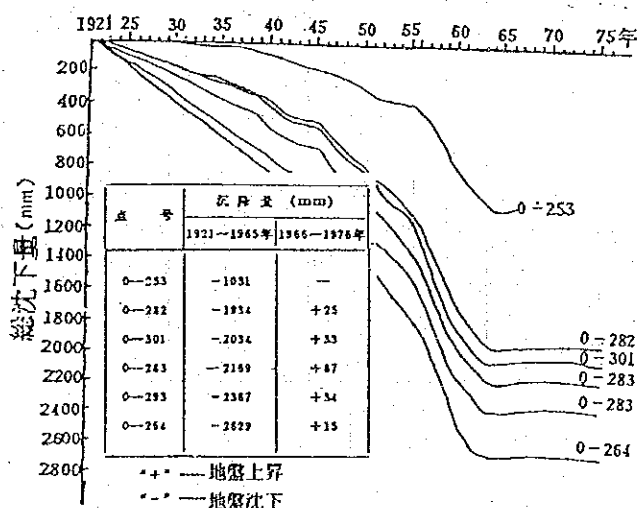
この対策として、色々の処置（揚水の規制、節約、地下水涵養試験等）が実施された。

しかし、工業生産の迅速な発展に伴い、地下水の取水量も増え続け、地盤沈下も継続的に進行した。

1956~1959年の最大沈下量は、年平均98mmも生じ、1965年までの市区の最大累計沈下量は、なんと2.63mにも達している。その上、市区に二つの沈下窪地が形成され、近郊地区に影響を及ぼした。

これによって、断固たる処置として、全市における深井戸の暫定的使用停止、揚水計画、及び冬季における地下水涵養策が講じられた。

図 3-6 上海市区の代表的な沈下曲線



このような地盤沈下防止対策の効果が得られ、1965年以降では沈下は急激に減少した。計画的な取水の結果、1965年には市区の地盤が平均6.3mmの戻り現象が確認されている。その後1966～1971年にも累計18.1mmの戻りがあり、1972～1976年は17.6mm沈下している。現在はほぼ停止の状態と予想されるが、沖積粘性土層の中央部が圧縮性大の状況であることから、新規に荷重を載荷したり、地下水を大量に揚水すると地盤沈下が発生するものと考えられる。

(3) 地震

1900～1980年において上海市に発生した地震件数は122回であり、この内震級6度以上の烈震は僅か2回である（上海市、黄浦江大橋可行性研究資料(1)、1987）。

表3-3 地震強度

発生年月日	1913. 4. 3	1921.12. 1	1927. 2. 3	1971.12.30	1984. 5.21
震 級	5.75級	6.25級	6.50級	4.89級	5.80級
震 央	鎮 江	黄 海	黄海瑤沙	上海長江	南黄海

なお、設計震度（度）と水平地震係数（kh）との関係は下表のようである。

表3-4 設計震度と水平地震係数

設計震度（度）	7	8	9
水平地震係数（kh）	0.1	0.2	0.4

第2章 代替案の選定

2.1 渡江位置、渡江形式の検討

1) 架橋地点概要

架橋地点は、蘇州河との合流点より約5km上流の上海市南市区の南碼頭に位置する。この地点での黄浦江の川幅は約360m（流心直角方向）である。元来、上海市は、長期にわたる長江の河川堆積物によって形成された平野の一部にあって非常に平坦であり、この平野の海拔は約2～5mである。このため、黄浦江は感潮河川であり、上海市での既往最高潮位は、+5.22m、最低潮位は+0.23mである。架橋地点両側の陸上部は+4.00mである。

（高さの標示は吳淞江基準レベルによる）

架橋地点付近の黄浦江両岸の施設は、浦東側は、ルート上にコンクリート杭、PC桁製造工場があり、上流側は、中貨造船所、下流側は、石炭専用埠頭となっている。一方、浦西側は、ルート上に人及び自転車用のフェリー施設があり、上流側は、求新造船所、下流側は、自動車専用のフェリー施設となっている。

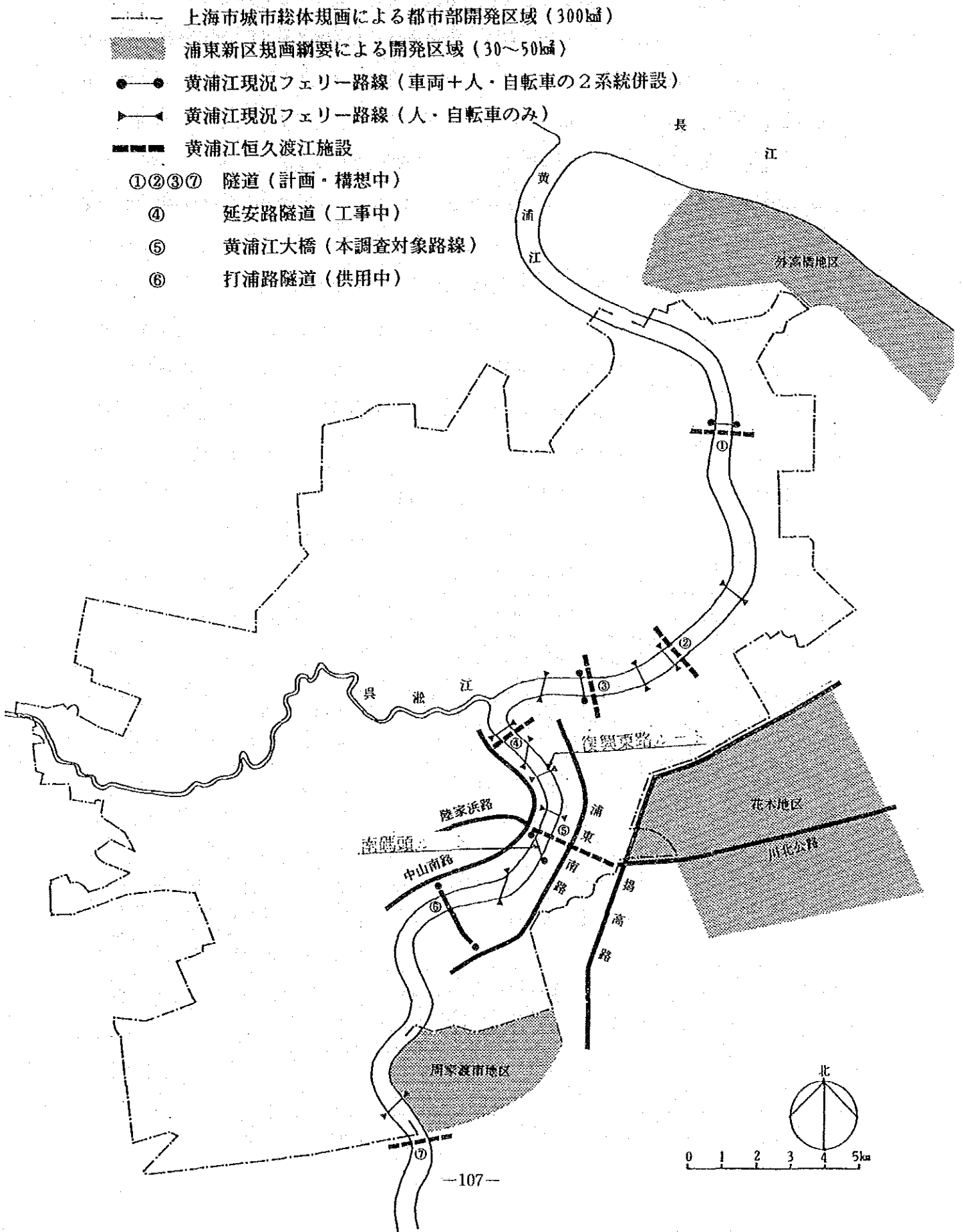
現在の土地利用状況は、浦東側では、岸壁施設、造船所の東側に比較的新しい4～5階の住宅群があり、さらに農村集落と畑作農業地帯へと続いている。浦西側は、市街地であり食品、建材等の軽工業工場群と1～2階程度の古い住宅の混在地域となっている。

接続する現在の道路は、浦東側では、黄浦江にほぼ平行で南北方向への2本の都市幹線道路である浦東南路及び楊高路であり、浦西側は南北方向には市内環状道路の一部を成す中山南路、東西方向には陸家浜路である。

2) 渡江ルート of 検討

上海市計画委員会では、黄浦江を橋または隧道で連絡するルートとして7ヶ所を計画している。このうち打浦路隧道は既に供用しており、延安路隧道は1988年完成の予定である。また最上流と最下流のルートは将来大環状道路の一環として長期構想に位置づけられている。蘇州川と合流点より下流の大連路、寧国路の2つのルートは隧道案で、今回調査の対象となっている南碼頭ルートは橋梁案として計画されている。これらの3つのルート（大連路、寧国路、南碼頭）はいずれも2000年までに完成させる予定としている。（図3-7）

図 3-7 黄浦江渡江施設の現状および将来図



大連路、寧国路の2つのルートについては、河巾が大きく工事費がかかる上、浦西、浦東側とも人家や工場が密集しており、これらの移転や周辺道路の整備にかなりの時間と費用を要する。この地点でのフェリーによる車の交通量はかなり多く、将来永久渡江施設が必要となる事が充分予想されるので上海市では現在隧道案の計画を推進中である。しかし浦東地区の開発は緊急を要する事から渡江ルートとしては条件のととのっている南碼頭ルートを優先し、これを中心とする代替案に絞って検討されている。

上海市政工程設計院の予備F/Sでは上海市総合都市計画において港灣部門が提出した要求、即ち「黄浦江に架設する場合蘇州川の合流点より上流にする事が好ましい」を受けて行ったものであり黄浦江を橋により横断する事を前提として実施している。

上海市政工程設計院では、交通流の現況、黄浦江沿岸地域の土地利用状況、既存並びに計画中の都市幹線道路網、家庭移転の可能性等を考慮して当初3つのルートを選択した。即ち、延安東路、復興東路、南碼頭である。その後、延安東路は2車線の隧道として工事を開始する事になったため復興東路と南碼頭の2つのルートについての比較検討を行っている。それによると両ルート共予想交通量はほぼ同程度である。

表3-5 2つの架橋地点の長所比較 (予備F/Sより)

比較項目		復興東路	南碼頭
吸引するであろう渡橋交通量	車流量	2134台/日	2005台/日
	客流量	のべ21.8万人/日	のべ20.7万人/日
貨物輸送		市の中心区に位置し、接続道路は昼間貨物輸送車両規制の影響を受ける。	接続道路は昼間貨物輸送車両の影響を受けず、道路システム上外環道路の形成に有利。
旅客輸送		ちょうどよい位置にあり、旅客輸送に便利。	位置が南によっており、東北方向の客流には回り道となって遠い。南部の交通には有利。
交通分散		接続する浦西幹線道路が計画における商店街となっており交通分散には不利。	繁華街を避け、市内の交通圧迫を少なくし、また接続道路はいずれも主要幹線道路であるから交通分散に有利。
橋のレイアウト		河幅 440mで工事量が多い。	河幅 360mで工事量がやや少なくて済む。
家屋移転費		比較的大きい	比較的小さい
工事費用		比較的大きい	比較的小さい
附帯工事量		比較的多い	比較的少ない

復興東路は市の中心部に位置しているため旅客輸送に適しているが、浦西側取付部が、既成商店街にあたり早期の拡幅は困難である。また昼間貨物運送車輛規制の影響を受けるとともに、将来においても商店街としての整備計画があり、架橋により増加する交通量の分散は難しい。

さらに、復興東路の対岸の浦東側取付部は、広域にわたって小さな商店や民家が密集しており、現在一部道路の拡幅に着手しているが、家屋の移転に困難を伴い、地域再開発も含め長期的な対策が必要になる。

一方、南碼頭は、市の南側に偏っているため、東北方向の交通には回り道になるが繁華街からは離れているため昼間貨物運送車輛の制限を受けず、かつ接続道路がいずれも幹線道路であることから交通分散に有利である。

また南碼頭地区は、将来、万国国際博覧会会場予定地、第二国際空港予定地の開発計画の重要地区に最も近接しているため、将来展望の見地からも適している。

さらに、建設工事費の点でも、南碼頭地区の河巾が、復興東路地区の440mに比較して、360mと狭くかつ家屋移転費附帯工事費が少なくすむとしている。特に、浦西側の取付部周辺は古くて密集した家屋が多く、市当局では再開発地域に指定している。又、この地点での現道取付は主として黄浦江に添った中山南路とそれを直角に交る陸家浜路であるが、現在既に、拡巾工事による家屋の移転が実施されている。又南碼頭ルートは浦東側の取付部は、コンクリート工場の敷地内を通り田園地域に至るが、取付幹線道路も広く家屋も少ない。

上海市政設計院の予備F/Sでは南碼頭ルートが最適であると結論づけているが、今回の調査の結果においても本来の架橋の目的である浦東地区の開発、浦西地区の再開発、幹線道路網との接続、経済効果、技術的問題点等総合的な観点から南碼頭ルートが最適であると結論することが出来る。

3) 渡江形式の検討

上海市政設計院の予備F/Sは橋梁案を前提としており、隧道案については、上海市隧道建設会社が南碼頭ルートについてのF/Sを実施している。その結論によると、南碼頭ルートは黄浦江の中でも水深の大きい位置にあっており、従来のシールド工法や山岳隧道工法では、延長も長くなり排気設備も大きくなる上車線数も制限を受けるので沈理工法を

検討している。しかしこの場合でも浦東側にかたよって水深の大きい部分があり、浅い土覆りでは将来断面が露出するおそれがあるとしている。又、ルートに隣接する石炭荷上場は、上海市全体の1/3をまかなっている重要な施設であり、工事期間中石炭の積み卸しが妨げられ上海市経済に大きな影響を与える恐れがある。又、隧道の出入口附近の限られた面積内での立体化が困難で集中する交通量の現道への処理が困難である。工費、維持費も橋梁案を上回ることから、今後研究の余地があるとしながらも南碼頭ルートにおいては隧道案より橋梁案がよりフィージブルであるとしている。

一方、上海市政設計院による橋梁案の予備F/Sによると、主橋梁は、橋脚を河中に設置する場合と設置しない場合について比較し、設置する場合は航路高を確保する場合とオープンブリッジにする場合について検討している。結論的には航行の安全性、工費、維持管理費、美観等より橋脚を河中に設置しないコンクリート斜張橋を提案している。

浦西側、浦東側のアプローチについても現道との取付を含めて概略の線形と構造を検討している線形に多少の無理があるが、現道との取付に自由度があり集中する交通量を円滑に処理する構造が可能である。

これらの検討結果は、主橋梁の形式やアプローチの線形に再検討の必要性が認められるものの、隧道案と比較する資料としては、充分評価に値するものである。

以上のことから、黄浦江を横断する構造形式としては、技術的、経済的、機能的、美的観点から橋梁案を採用する事が適切であると結論づけられる。

その他、橋梁案とする場合、国際港都上海のシンボルとしての位置づけや、観光資源としての価値も大きく、又、自転車、歩行者の渡江手段としての可能性も配慮し得る利点が残されている。

表 3 - 6 渡江方式の比較

		橋 梁	隧 道
形 状	延 長 (m)	6708 (ランプ部含む)	2062
	車 線 数	6 車 線	6 車 線
	構 造	PC斜張橋(200+400+200)	箱 3 室
	全 巾 (m)	30.0m	32.8m
	施 工 法	片持張出し	沈 埋 工 法
工 費 (億元)			
問 題 点	河 川 航 行	とくになし	1) 施工時 通行止め 2) 施工後 アンカーが一部不 能
	河 川 周 辺	1) 用地取得量が多くなる	1) 上海七区の石灰貯蔵場への 影響大 2) 用地取得量が比較的少
	維 持 管 理	—	1) 換気、照明、排水等に経費 を多く要する

4) 航路高

上海市は、水陸交通が至便で、長江に連なる内陸河川輸送の起点であり、又、陸上部の交通幹線網も発達しており、地理的条件に恵まれた延長80kmに及ぶ広大な河口港を形成している。その港口貨物の取扱量は9000万tで全国の38%を占めている。その為黄浦江を航行する船舶は大小あわせて1日あたり1万隻に達し飽和状態にある。殆んど船舶は25000t以下であるが、35000t級の船舶も1日に20隻程度航行している。架橋地点より上流側においても貨物の取扱量は2000万tを越え18ヶ所の主要な事業所が転在している。その内の造船所では、現在60000t級の船舶が建造されており架橋計画にあたってはこれらの船舶が安全に航行できる航路高さ、航路巾を確保しなければならない。

表3-7において、余裕高は、潮位差、波、船舶の測量誤差、橋桁下面とマスト先端の余裕を考え2mの余裕高をとっている。この値は日本の本四架橋の例からみても妥当な値といえる。第1案、第2案共にある程度の条件つき通航を考えたものである。これで自由に通航出来る船舶とは旅客や貨物を載せていない場合でも自由に通航できる場合で、条件つき通航船舶とは空船で干潮時2.0m差で通航できる場合、又厳しい条件つき通航船舶は通航頻度が極めて少ない特殊船舶について、干潮を利用するほか、マストを低くしたりバラストを積んだり建造時に高さ制限を考慮する場合である。

第1案においては、架橋地点より上流に通航する船舶は最大3.5万tの貨物船で、それ以上の船舶は条件付きで通航する。第2案においては、将来建造予定の5.5万tの貨物船まで自由に通行でき、それ以上の船舶は条件付きで通航する。

表3-8、-9は日本における本州四国連絡橋の航路高を示したものである。本州四国連絡橋の場合、主たる国際航路については通行船舶の過去の実績よりむしろ将来世界最大の船舶が自由に通行できる航路高としており、その他の副航路については、過去の通行実績に余裕高2mを加えた航路高とすることを基本としている。これらの値は、日本海難防止協会の調査報告書に基づいて定められたものである。

本四架橋の副航路の航路高が過去の実績をもとに定められているのは、迂廻ルートがあるため、黄浦江の場合とは条件が異なっている。

従って、黄浦江の場合、過去の通航実績のみならず、架橋地点の上流側の現状と将来の発展性、架橋に伴う工事費等を比較検討して長期的にみた最適の航路高を選定しなければならない。

上海市総合都市計画で示された7箇所の変河計画に対して港湾部門から出された要請によると、橋梁を架設する場合通航船舶の状況からみて蘇州河の合流点より上流側にすることが望ましいとされている。上流側は大型船舶も少なく、将来開発計画においても大規模な港湾施設や造船所の立地は、上流よりも下流側に適している理由によるものと思われる。しかしこの場合でも、航路高を46mとするよう要望しており、その根拠は今の所明確ではないが、市政設計院の示す第1案(39m)、第2案(42m)はいずれも現在建造予定の船舶に対してもかなりの制約を設けることになり最適航路高とはいえないため、本計画では航路高については以下のごとく考える。

・基準水面高 (MHWL)	4.0m
・航路高	46.0m
マスト高	44.0m
余裕高	2.0m
・所要桁下標高	50.0m

表 3-7 上海市政工程設計院による航路高検討

通航クリアランス案		第1案	第2案
通航 ラ ク ン ス ア	標準船型高度	37m	40m
	余裕高度	2m	2m
	通航クリアランス	39m	42m
自由に通航できる船舶	(1)3.5万トン散積船案(空載高さ37m) (2)2.5万トン散積船(州字号)(33.1m) (3)2.5万トンタンカー(32.8m) (4)2.77万トン散積船(33.2m) (5)1.75万トン多目的船(32m) (6)1.6万トン多目的船(34m) (7)1.6万トン長字号貨物船(36m) (8)1.5万トン風文字号貨物船(35.6m) (9)1.0万トン浅吃水貨物船案(31.6m) (10)長距離客船(20.3m) (11)求新造船所建造地震ボーリング船(18.5m) (12)求新造船所建造砕氷船(3.5m) (13)中華造船所建造2万トン散積船(32m) (14)コンテナ船案(35m)	(1)5.5万トン散積船乗(高さ40m) (2)半潜水式ボーリング台、ヘリポートを取り付ける(高さ39.2) (3)第1案の自由通航船舶	
条件つき通航船舶	吃水線以上の高さが39m以下の船舶	(1)6万トン散積船案(41m) (2)港機械工場建造の500トン起重船(42m)	
厳しい条件つき 通行船舶	(1)5.5万トン散積船案(40m) (2)6.0万トン散積船案(41m) (3)半潜水式ボーリング台、ヘリポートを取りつける(39.2m) (4)港機械工場建造の起重船、その高さを40.4m以下に抑えるよう提案する		

表 3-8 各橋梁の所要桁下高 (主航路)

(単位:m)

	最大マスト高の通航船実績			付近の 構造物	将来性等	所要桁下高
	船 便	重量トン数	マスト高			
明石海峡大橋	タンカー	249.000	52.4	———	65	65
北備讃瀬戸大橋	〃	227.000	52.3	73(L)		
南備讃瀬戸大橋	〃	〃	〃	———		
来島第2大橋	〃	192.000	48.2	70(L)		
来島第3大橋	〃	110.000	46.2	70(L)		

注 (L) ————— 架空線

表 3-9 各橋梁の所要桁下高 (その他の航路)

(単位:m)

	最大マスト高の通航船実績			余 裕	付近構造物	所要桁下高
	船 種	総トン数	マスト高			
大 鳴 門 橋	貨物船	16,000	39.0	2	41 (L)	41
撫 養 橋					23.5(B)	24
下津井瀬戸大橋	貨物船	3,000	29.2	2	———	31
榎石島橋	貨物船	1,000	24.2	2	———	26
岩黒島橋	貨物船	1,000	24.2	2	———	26
与 島 橋	タンカー	200	17.2	2	———	19
尾 道 橋	貨物船	1,500	24.0	2	36.4(B)	37
因 島 大 橋	重量物 運搬船	9,000	47.5	2	59 (L)	50
生 口 橋	貨物船	1,500	24.4	2	26 (L)	26
多々羅大橋	タンカー	1,000	24.2	2	———	26
大 三 島 橋	貨物船	1,000	24.2	2	31 (L)	26
伯 方 橋	貨物船	1,500	24.4	2	46 (L)	26
大 島 大 橋	貨物船	1,500	24.4	2	32 (L)	26
来島第1大橋	貨物船	5,000	33.7	2	45 (L)	36

2.2 代替案の選定

1) 計画上の条件

- (1) 航路条件 航路巾 ; 340.0m
 航路高 ; 朔望平均満潮位+4.0mより46.0m
- (2) 橋脚位置は陸上部とし、中央支間長400.0m以上
- (3) 側径間の橋脚、橋台の位置は自由
- (4) 橋長は800.0mとする。
- (5) 橋梁形式は、耐久性、安全性など対等の評価が出来るものとする。
- (6) 巾員構成3.0m (歩道) + 2 × 12.0m (車道) + 3.0m (歩道) = 30.0m

2) 橋梁形式の選定

上記の条件のもとで、本橋に適する橋梁形式は

吊橋

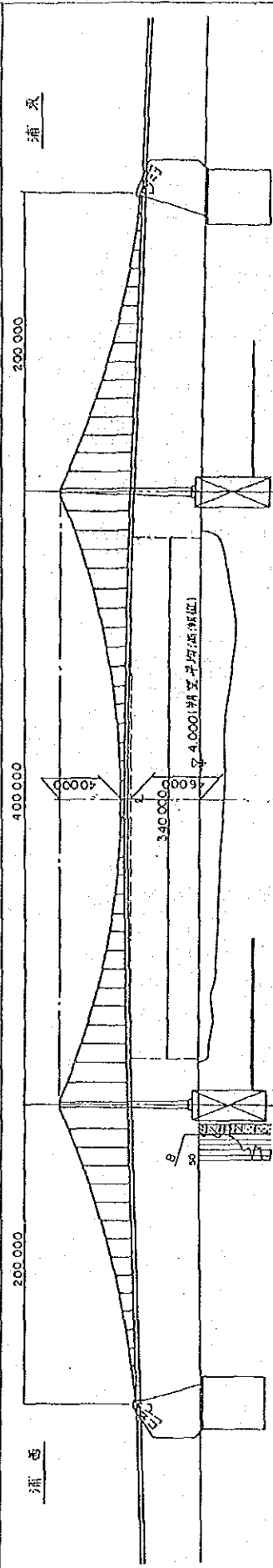
斜張橋

トラス橋

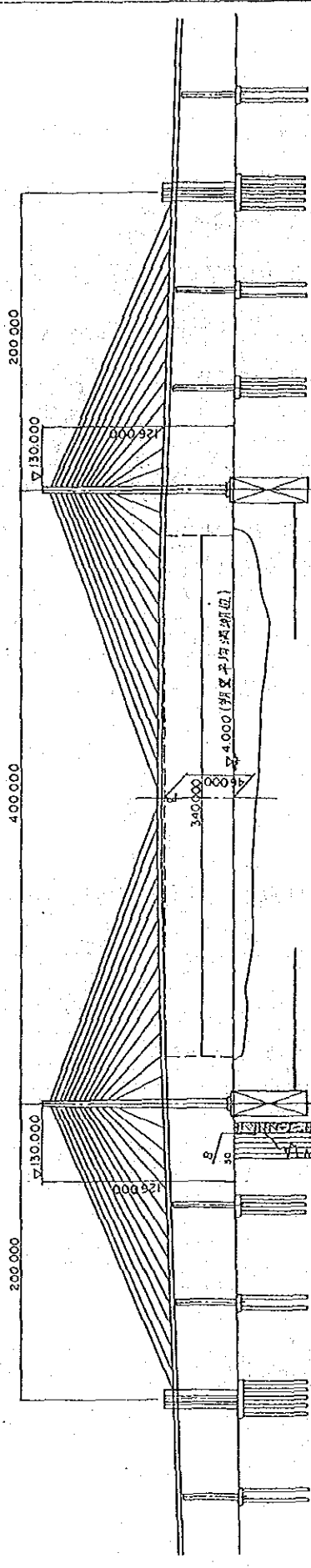
があげられる。ここでは以下に述べる選定理由から次の7案を選んだ。

A 鋼箱桁吊橋	200m + 400m + 200m
B 鋼箱桁斜張橋	〃
C プレストレスコンクリート斜張橋	〃
D 複合斜張橋	〃
E アーチ橋	55m + 125m + 440 + 125m + 55m
F 中路トラス橋	180m + 440m + 180m
G 下路トラス橋	200m + 400m + 200m

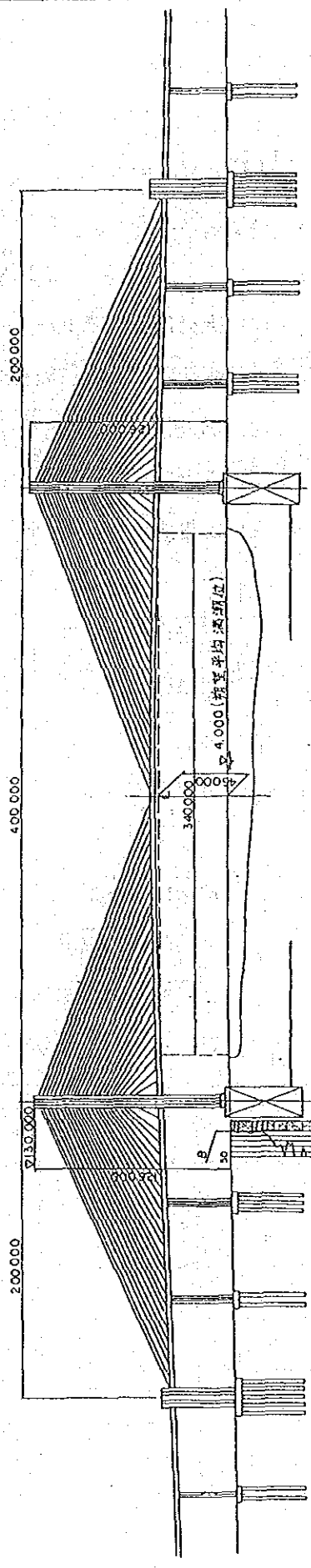
側 面 圖



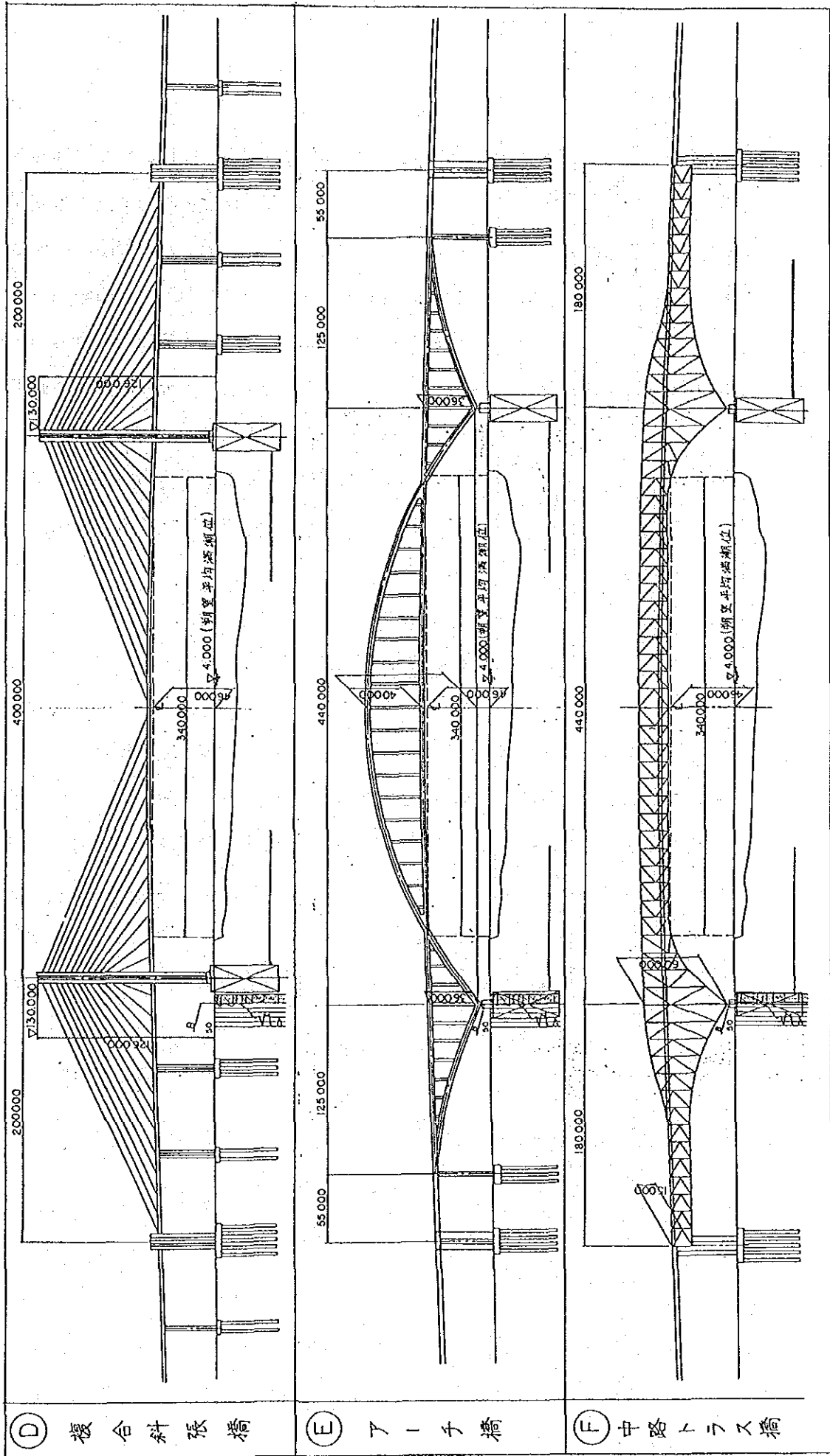
① 鋼箱桁吊橋



② 鋼箱桁斜張橋



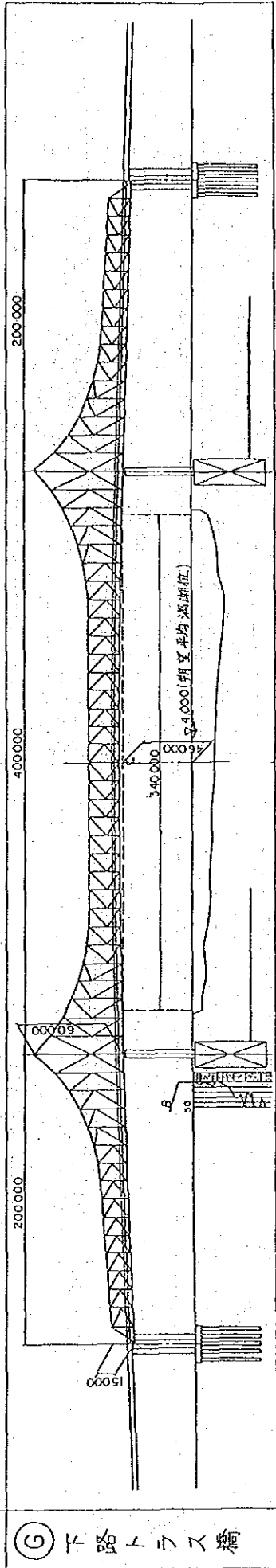
③ P.C 斜張橋



④ 複合斜張橋

⑤ アーチ橋

⑥ 中路トラス橋



⑥ 下路トラス橋

(1) 吊橋

本橋の吊橋案の吊構造形式は、架橋地点の地形、地質条件、経済性、耐風安定性、景観を勘案し、鋼箱桁構造を採用する。

本橋の架橋地点は、両側とも平坦な市街地である。しかも航路高さが46mであり、アプローチ区間の長さが片側約1,200mとなる。したがって、経済性の観点から桁高さは低い方がよい。また、景観上からトラス形式よりも桁形式が望ましい。

架橋地点の地質条件は悪く、工事費の中でアンカレイジの占める割合が大きい。したがって、吊構造部を鋼箱桁構造を採用することによって、全体の工事費が低減が計れる。

耐風安定性の面から流線形箱桁がよい。

尚、主塔は鋼ラーメン構造とする。

(2) 斜張橋

斜張橋形式では全体の剛性を高め、斜吊材の効果を高めるため、側径間に橋脚を2基設ける。

斜吊材は夫々両側に置き2面吊方式とする。本橋は総巾員が30mあり、しかも、中央分離帯がない巾員構成であるので、一般的には2面吊の方が経済的と考えられる。

塔および桁の構造は夫々鋼構造及びコンクリート構造が考えられる。これらには各々特徴があり、鋼構造は工場製作の部分が多く、全体工期を短かくし得る。一方コンクリート構造は主要材料を国内で確保する可能性が大きい。

ここでは、構造材の組合せにより以下の3案を選定する。

形 式	桁 構 造		塔 構 造
	中央径間	側 径 間	
① 鋼箱桁斜張橋	鋼 構 造	鋼 構 造	鋼 構 造
② P C 斜 張 橋	コンクリート構造	コンクリート構造	コンクリート構造
③ 複合斜張橋	鋼 構 造	コンクリート構造	鋼 構 造

尚、桁構造としては、鋼とコンクリートの合成桁が考えられる。これは、鋼及びコンクリートの夫々の特性を生かし、構造的には合理性があり、また経済的でもあり、その可能性を完全に否定するものではないが、ここでは以下の理由で代替案の中には加えない。

- a. 設計上の問題点としてコンクリート床版の乾燥収縮、クリープ変形による影響の解明が不十分である。長期間の養生を仮定しても完全に消去出来ない。
- b. 床版コンクリートの強度としては 600 kg/cm^2 程度のものが必要である。コンクリート床版の製作は工場製作になるが、品質管理の点で問題が残る。
- c. プレキャスト床版を用いる場合、現場打コンクリートの収縮による接合面の防水性が耐久性に影響を与える。
- d. 合成桁橋、連続合成桁橋の多くは、何らかの問題を起しており、とくに床版は主桁応力と床版応力の合成作用にさらされるため、その耐久性に対する危惧とその補修に多大の費用を費している。
- e. 重交通による床版損傷に依って、床版修復の必要が生じた場合、その方法が非常に困難である。
- f. 工期としては主桁の架設期間の短縮が期待できるが、取付橋梁部の工期が支配工期となるため、利点とはならない。
- g. 斜張橋は本質的にたわみ易い構造であり、また、比較的低風速で限定振動が発生する可能性の高い構造である。したがって、変形の大きい構造物に合成桁を採用するには、尚様々な検証が必要であると考えられる。(試設計については第6章を参照)

① 鋼箱桁斜張橋

鋼構造の大巾採用により、建設工期を短かくすることが出来る。鋼材は材料としての信頼性が高く、工場生産の割合が高く、品質管理が容易であり、施工の確実性が期待出来る。流線形鋼箱桁を用いることにより、耐風安定性は確保し得る。但し、実施に当っては風洞実験による耐風安定性の検証が必要である。

② P.C.斜張橋

圧縮力に強いコンクリートの特性を生かした構造である。また、コンクリート構造の特性として維持管理費が安い。一方、高強度のコンクリートが必要であり、一般に工期が長くなり施工の進行に伴って構造系が変化など、高度な品質管理が要求される。

③ 複合斜張橋

側径間にP.C.桁を採用することにより、斜吊材の効果を高め、また、中央径間を鋼構造を用いて、斜吊材の本数の減少を計り、全体工期の短縮が期待出来る。鋼桁とP.C.桁の連結部については高度の技術が要求される。

(3) アーチ橋

アーチ橋は古くから建設され、その弦の画く優美さが魅力である。超長大アーチは一般にはトラスドアーチが多く、単弦のアーチとしては最大級であるが、架橋地点の地盤条件からバランスドアーチ形式が望ましく、単弦式バランスドアーチ形式を採用する。

要求される桁下空間を確保するため、中央支間長は長くなり440m必要となる。

(4) トラス橋

トラス橋は構造的にはきわめて明解である。各々の部材が小さく、架設設備が比較的簡単であり、架設が容易である。走行性を向上させるため、3径間連続トラスとする。

① 中路トラス橋

中間支点を下に凸とすることにより、構造物の重心を低くする。これによって、下部構造の負担は軽くなるが、中央支間長は、440m必要となる。

② 下路トラス

中央支間長を最小にする構造である。この形式では、橋脚に対する荷重点が高くなり、下部構造の負担が重くなる。

2.3 比較代替案の選定

1) 選定結果

橋梁代替案として設定された7橋梁形式案、すなわち吊橋1案、斜張橋3案、アーチ橋1案、トラス橋2案の中から、最適案の選定のための代替案として次の3案を選定した。

- (1) 鋼箱桁斜張橋 (B案)
- (2) プレストレストコンクリート斜張橋 (C案)
- (3) 複合斜張橋 (D案)

2) 選定理由

3. 評価項目で述べる種々の観点より評価した結果、以下の理由により、比較設計の対象とする代替案として上記の斜張橋が適切であると判断した。【付属資料参照】

- i) 工費はアーチ案、吊橋案が高く、経済的には斜張橋3案、及びトラス橋2案が有利である。
- ii) 景観面からは斜張橋3案が最も望ましい。少なくともトラス橋は当該架橋地点には相応しない。
- iii) 黄浦江を横断する交通事情等から、本橋の早期完工が望ましく、この観点から、鋼箱桁斜張橋、トラス橋が有利である。
- iv) 走行性、快適性の面からはトラス橋が劣る。
- v) 黄浦江上の施工期間の短縮化を計り、合わせて工事中の施工の安全性を確保する観点から鋼箱桁斜張橋、複合斜張橋、トラス橋が望ましい。

第3章 線形検討

3.1 市街地街路現況

上海市の道路網は、歴史的要因から東西方向に並行して発達しており、南北方向への道路整備は遅れている。道路巾員は一般に狭く近年の交通量の増加に伴い交通混雑、混合交通による交通渋滞等多くの問題をかかえている。

上海市の道路延長は1985年時点で1265km、道路面積は1300万㎡で市街地に対する道路面積の割合は約5%で、東京の約14%、大阪の約16%と比べてもかなり低い。

交通機関の特色としてはバス、トロリーバスが発達しているが、自転車が通勤の交通手段として利用されている比率も25%と高く市街地街路では大型車の通行禁止、自転車の通行分離等の交通規制が行われている。

第1次及び第2次5ヶ年計画期間に南北方向に開発された道路は、河南路、西藏路の拡巾改良、中山西路、北路の改良工事がある。特に中山西、北路の改良工事は中山環状道路の整備の一部を形成するもので市の幹線道路として重要な役割を果たしている。

本プロジェクトのアプローチ道路が接続する主な道路の断面構成は以下のとおり。

	全 巾	車 道 巾	歩 道 巾
中 山 南 路	45m	30m	2×4.5m
陸 家 浜 路	24m	16m	2×4.0m
肇 嘉 浜 路	53m	2×10m	2×3.0m
漕 溪 北 路	35m	15m + 2×5m (自転車専用)	2×5.0m
浦 東 南 路	30m	14 + 2×1.5m + 2×4m (分離帯) (自転車専用)	2×2.5m
楊 高 路	9.5m	9.5m	—

3.2 将来道路網計画

上海市では現在、浦西地区の過密人口問題解消と、浦東地区の開発を目途として幹線道路の整備が進められている。

中でも浦東地区を開発するにあたり兩岸を連絡する渡河施設の整備は緊急課題であり、7ヶ所に於ける将来の渡江施設整備構想が計画されている。

浦西地区の中山環状道路（中山西路、中山北路、中山東路、中山南路より成る）やこの上海市地区を循環する幹線道路に連結する幾つかの放射道路は上海市の交通の骨格を形成しているが、これに加え長期構想として中山環状道路の外側に大環状道路（快速幹道）も計画されている。

上記、長江に至る80kmの間に計画する7ヶ所の恒久渡江施設は、中山環状道路にリンクする放射道路や大環状道路の一部となる。上海市の計画道路ネットワークを第2編図2-11に示す。また、上海市では既存道路の拡巾、歩道設備等の道路改良計画も進められている。そのうち黄浦江大橋の計画アプローチ道路が接続する主な道路の位置を図3-8に、その改良計画断面を図3-9に示す。

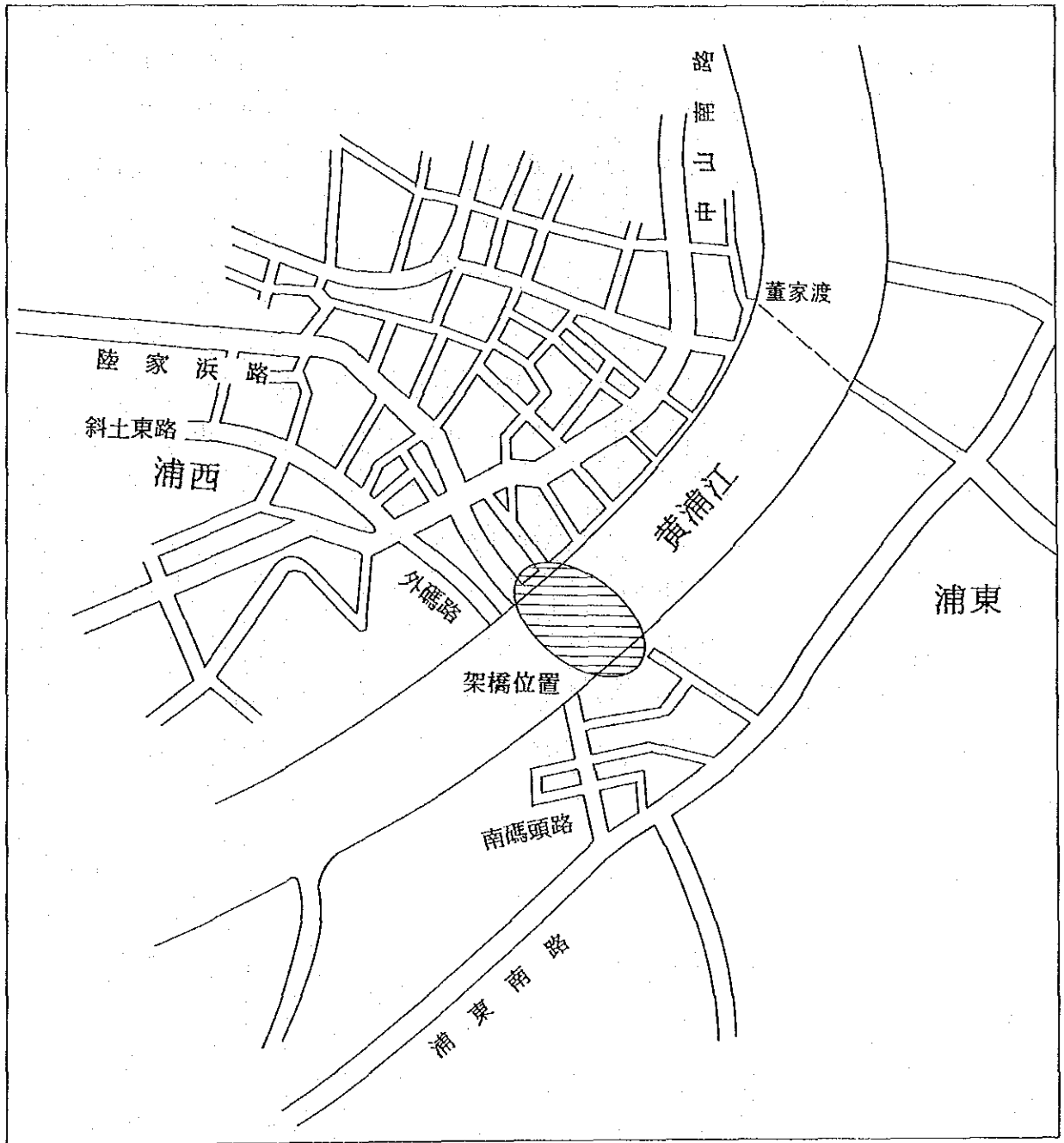
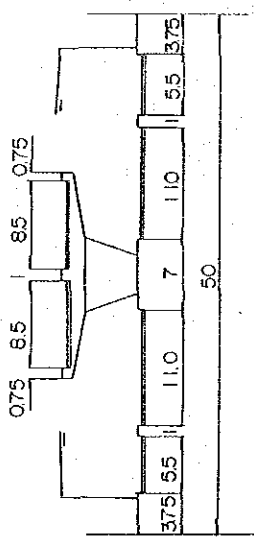
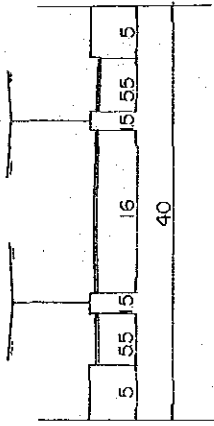


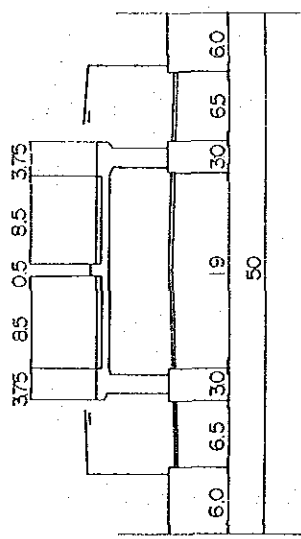
图 3-8 架橋地点周边主要道路



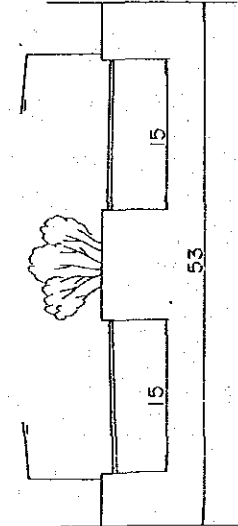
國貨路



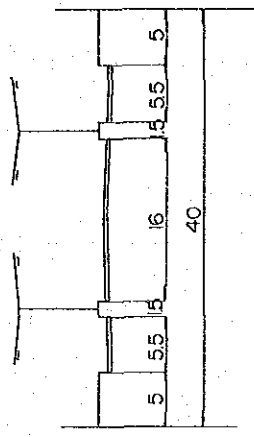
陸家浜路



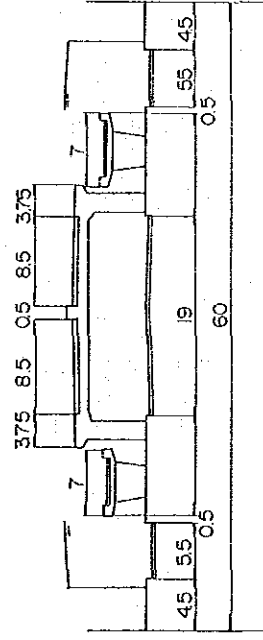
滬嘉浜路



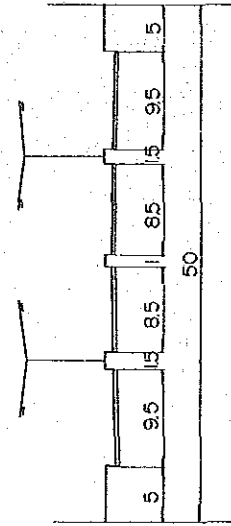
滬東南路



中山南路 東站前路



漕溪北路



楊高路

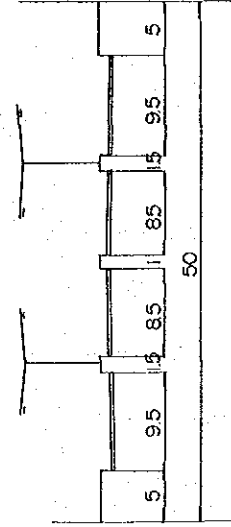


圖 3-9 取付部街路改良断面形状

3.3 架橋線形計画

1) 河川条件

黄浦江大橋及びアプローチ橋の縦断計画の前提となる航路クリアランスは下記のものとする。

航路高 ; 46.0m (標高50.0m)

航路巾 ; 340.0m (航路位置は未定)

黄浦江大橋路面高 ; 53.11m 水路標高 4.0m

航路高 46.0m

桁高等 3.11m

2) インターチェンジ形式比較案作成の条件

a) 浦西側アプローチ橋は、中山南路北側及び陸家浜路への二方向アクセスに中山南路南側アクセスを加えた全方向（3方向）へのアクセスが可能な案とする。

(中山南路には将来高架道路が設けられる計画がある。)

b) 中山南路以西の部分もランプ用地として利用可能とする。

c) 中山南路東側の工場用地を第一次コントロールポイントとする。

d) 浦東側、浦東南路のアクセスランプは本線高架橋の片側にまとめる型とする。

e) 揚高路との接続は将来の第2空港建設時のことを考慮して立体交差が出来るようにし、取りあえず平面ですりつける。

3) 幾何構造基準

黄浦江大橋兩岸に設置するインターチェンジの概略設計に供する幾何構造基準を表3-10及び表3-11に示す。

中国車両の将来の登坂能力増加（乗用車率の増加、車両性能の向上）を考慮して最大縦断勾配は4%とする。

表 3-10 本線部幾何構造基準 (案)

		単位	規 定 値				備 考
設 計 速 度		km/h	80				
最 小 曲 線 半 径		m	280 (230)				() 内は絶対最小値
最 小 パ ラ メ ー タ		—	70				
緩 和 曲 線 省 略 半 径		m	2000 (1000)				() 内は絶対最小値
最 小 曲 線 長		m	140 (1000)				() 内は交角7度未満
片 勾 配 打 切 半 径		m	3500				直線部横断勾配2.0%
片 勾 配 す り つ け 率		—	1/150				
最 急 縦 断 勾 配		%	3	3.5	4.0		
		m	—	400	200		制限長
縦 断 曲 線 半 径	凸	m	5000 (3000)				() 内は絶対最小値
	凹	m	3000 (2000)				() 内は絶対最小値
縦 断 曲 線 長		m	70				
片 勾 配		%	10.0				最大値
合 成 勾 配		%	10.5				最大値
視 距		m	140 (110)				() 内は絶対最小値

表 3-11 アプローチ橋幾何構造基準 (案)

	単位	規 定 値				備 考
設 計 速 度	km/h	50				
最 小 曲 線 半 径	m	100 (80)				() 内は特例値
最 小 緩 和 区 間 長	—	40				
緩 和 曲 線 省 略 半 径	m	700 (400)				() 内は絶対最小値
最 小 曲 線 長	m	80 (600)				() 内は交角 7 度未満
片 勾 配 打 切 半 径	m	1300				直線部横断勾配 2.0%
片 勾 配 す り つ け 率	—	1 / 115				
最 急 縦 断 勾 配	%	4.0				
	m	—				制限長
縦 断 曲 線 半 径	凸	m	1200 (800)			() 内は特例値
	凹	m	1100 (700)			() 内は特例値
縦 断 曲 線 長	m	40				
片 勾 配	%	10.0				最大値
合 成 勾 配	%	11.0				最大値
視 距	m	65 (55)				() 内は特例値

4) 標準横断面

アプローチ橋及びランプ接続道路の横断構成は、中国での基準にもとづいて図3-10及び図3-11に示すものとする。

なお、曲線部の拡幅については、車線幅が4 mと広いこともあり、本調査では曲線部の車線幅の拡幅を考慮していないが、詳細設計段階ではこの点についての検討が必要である。

5) 線形計画案

(1) 縦断検討

a. 前提条件

i) 最急縦断勾配は、次の理由により、4%にする。

・アプローチ延長を可能な限り短くすること。

(西側の場合は、地域内道路利用のため、B-on、B-offランプの地上接続位置を出来るかぎり手前に位置させること。)

・全体の工事費を低廉化すること。

ii) 中山南路に沿って、上海市環状道路計画がある。当ランプ部の計画に際しては、将来時点において、その将来構造の建設に支障がないよう平面・高架・地下、各案に対する施工可能性を考慮すること。

iii) 中山南路の計画幅員は、中国側からの提出の資料による。

b. 線形計画

i) 航路部の線形

黄浦江航路部については、水路標高4.0mに対し、航路高46.0mを確保するよう、線形を計画した。

ランプ標準断面

黄浦江大橋標準断面

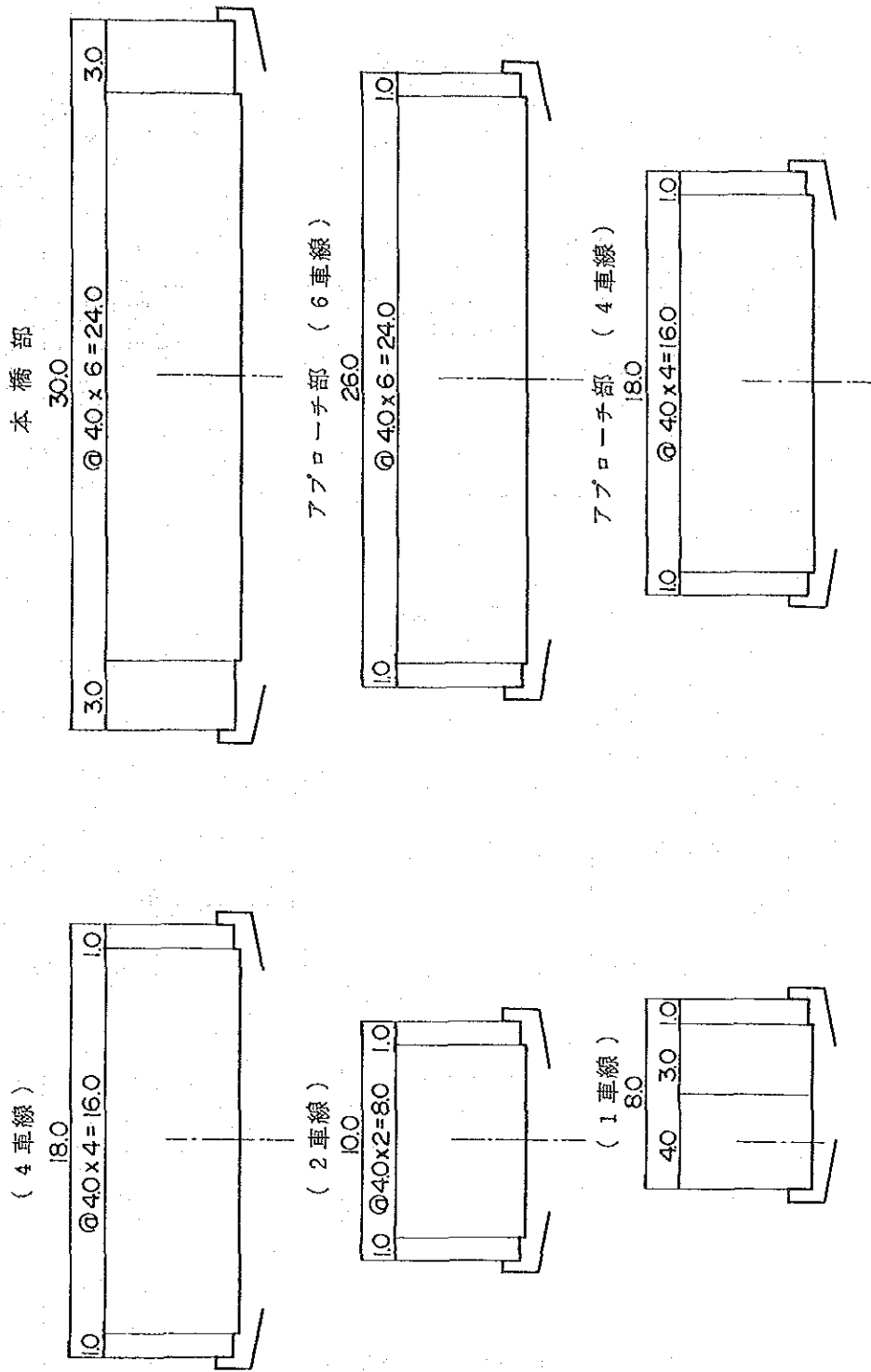


図 3-10 路面の標準断面形状

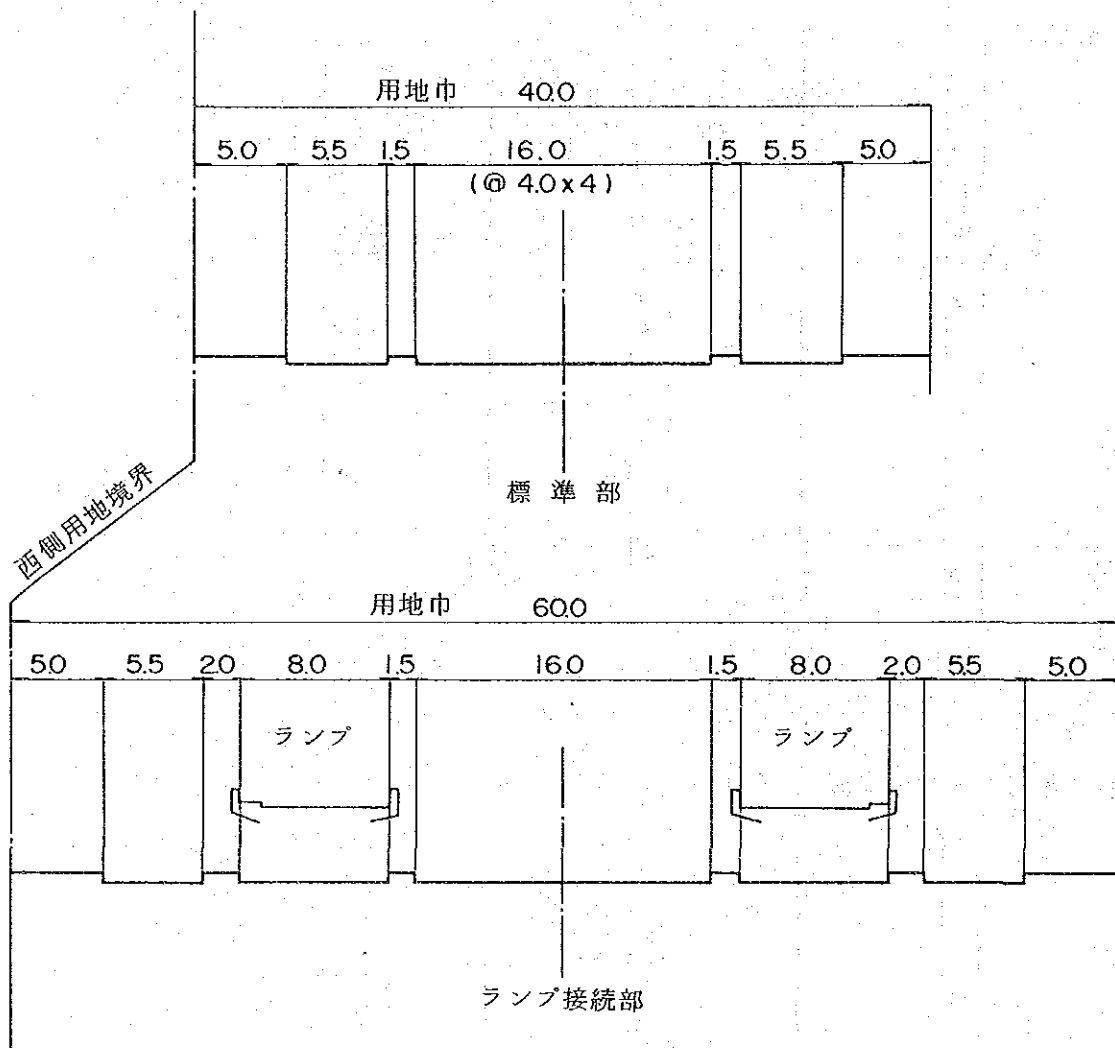


図 3-11 浦東南路接続部の横断構成

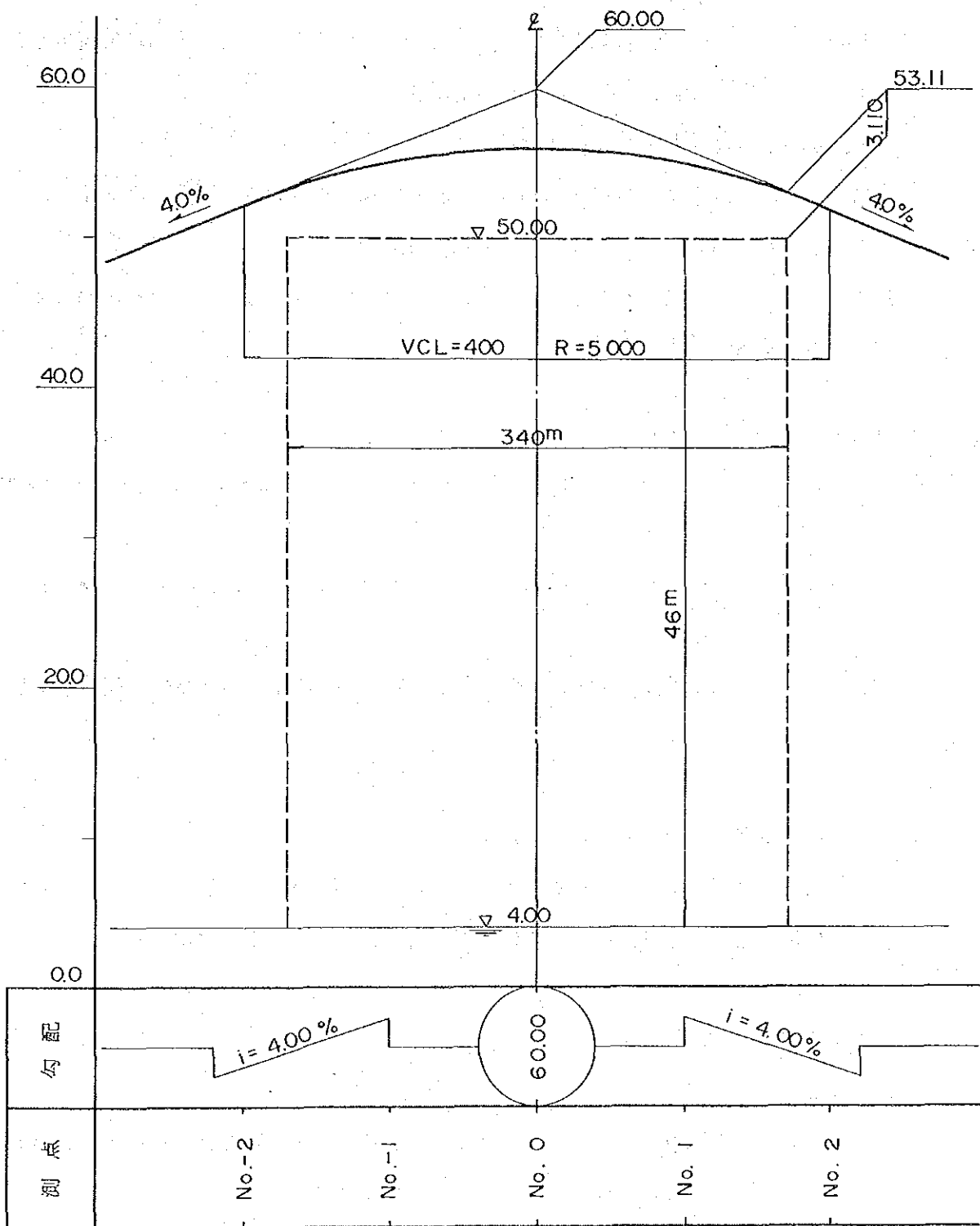


図 3-12 黄浦江航路部のクリアランス

ii) 西側アプローチ部の線形

- ・ A-onランプは、B-offランプおよび中山南路をオーバーパスする。
- ・ A-offランプは、NO.-12-80付近でC-offランプと分流さらに、NO.-14-00付近でB-offランプと分流し、NO.-16付近で中山南路をオーバーパスする。
- ・ B-onランプは、NO.-10-70付近でC-on、C-offランプをオーバーパスする。
- ・ B-offランプは、NO.-17-60付近でC-on、C-offランプをオーバーパスする。
- ・ C-on、C-offランプは、NO.-14-20付近で中山南路をオーバーパスする。

以上のコントロール条件をもとに、各ランプの縦断線形を計画すると付属図面集に示すとおりとなる。

iii) 東側アプローチ部の線形

- ・ A-onランプ、B-onランプは、それぞれNO.18+20付近で浦東南路をオーバーパスする。
- ・ A-off、B-offランプは、NO.12+30～NO.16+80付近の区間がA-on、B-onランプとのダブルデッキ構造となる。

以上のコントロール条件をもとに、各ランプの線形を計画した結果を付属図面集に示す。

iv) 中山南路の将来高速道路構想との対応について

将来中山南路に環状高速道路が構想されているが、この場合、西側アプローチ地点における高速道路の路線計画に関しては、構造的に次の3つの案が想定される。

- ・ 地下構造案
- ・ 高架構造案
- ・ 平面構造案

ここでは、計画高速道路の各々の想定路線案と、黄浦江大橋西側アプローチ橋の縦断線形計画との関連（将来構造上の支障の有無等）について触れる。

a. 地下構造案の場合

将来計画を4車線として、構築の幅員を考えると、概略22mとなる。この場合、アプローチ部の各ランプの下部構造と近接することになる。しかし、中山南路の施設帯（アプローチ及びその他）が10mぐらい確保されているので、ランプ用橋梁の柱間隔は大きくなるが、将来計画が地下構造となっても、現線形計画で対応可能である。

b. 高架構造案の場合

高架構造とした場合の将来高速道路の線形については、以下に示す2通りの案が考えられる。（図3-13 参照）

- ・中山南路に沿った線形で、アプローチランプの上方を通過する案。
- ・ループ部に将来高速道路を迂回させる案。

尚、ループに将来高速道路を迂回させる案については、交差部の縦断線形が次頁に示す2通り考えられる。

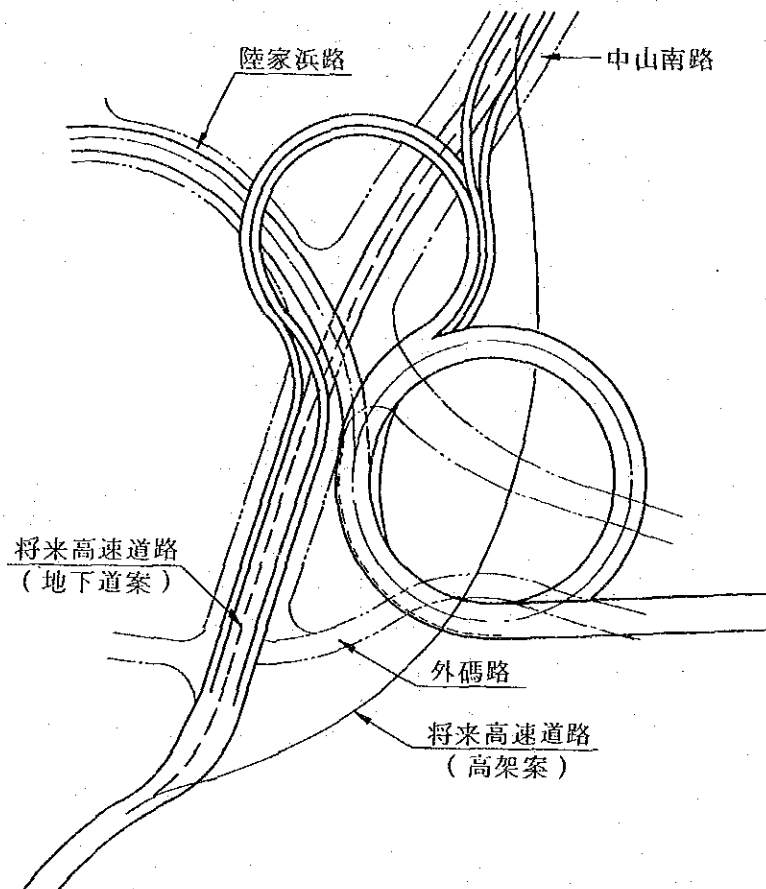


図3-13 将来高速道路位置

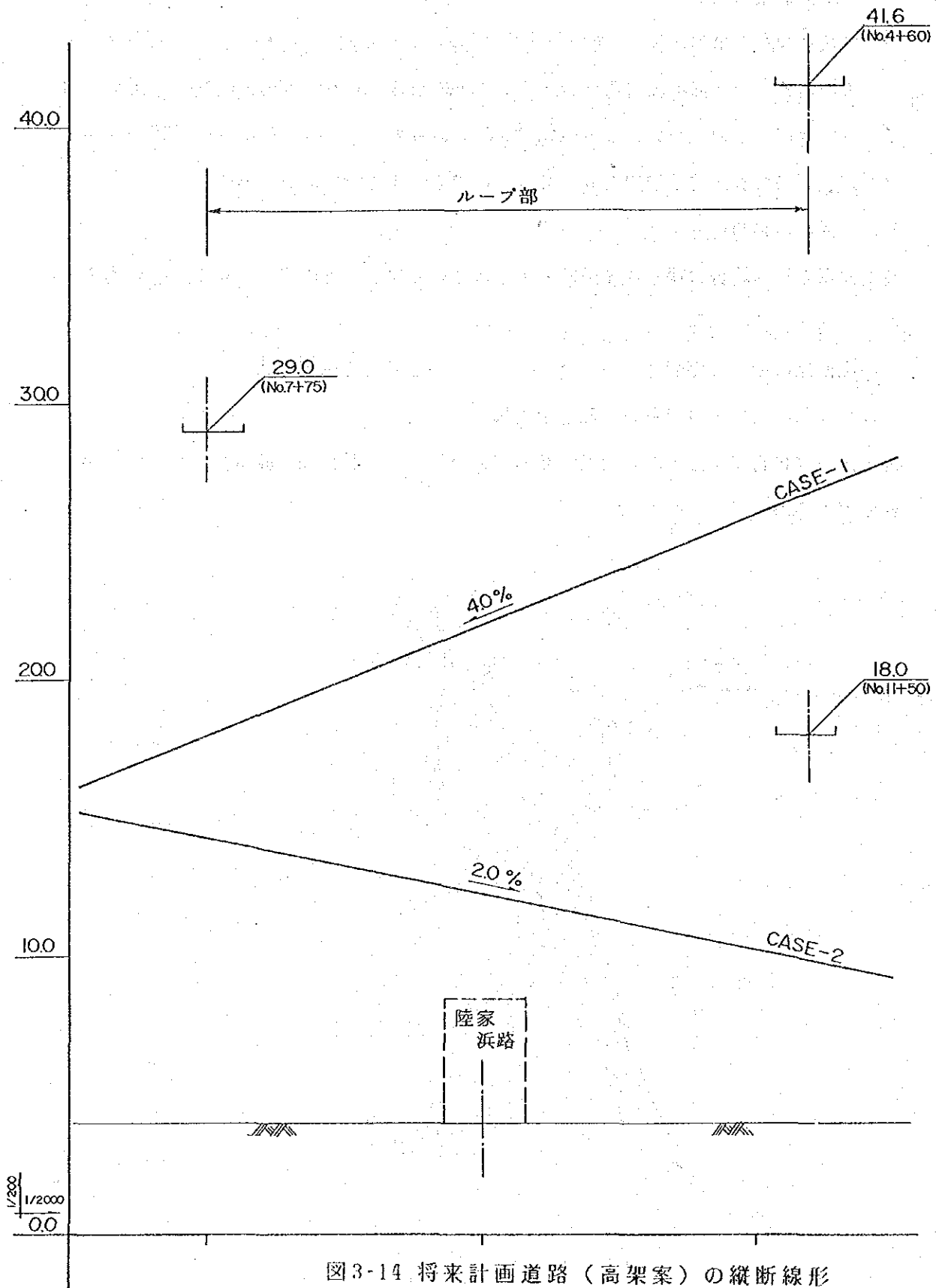


図3-14 将来計画道路（高架案）の縦断線形

c. 平面構造案の場合

将来計画道路が平面構造の場合には、平面線形は a の地下構造の場合と同じになる。但し、平面構造とした場合には、中山南路において陸家浜路が分断されるという問題点がある。

以上、西側アプローチ部の縦断線形と将来計画高架道路との関係については、上記のとおり、いずれの想定構造形式に対しても、構造上の支障はないものと考察される。

第 4 章 設計基準の検討

4.1 一般

設計基準については、以下の示方書類を参考にした。

- | | | |
|--------------------|--|------------------|
| (1) 道路橋示方書・同解説 | I 共通編、II 鋼橋編、III コンクリート橋編、
IV 下部構造編、V 耐震設計編 | 日本道路協会 |
| (2) 設計基準類 | | 日本国本州四国連絡橋公団 |
| (3) 公路工程技術標準 | | 中華人民共和国交通部 |
| (4) 公路橋涵設計規範 | | 中華人民共和国交通部 |
| (5) 公路橋涵設計通用規範 | | 中華人民共和国交通部 |
| (6) 城市道路設計規範 | | 中華人民共和国城鄉建設環境保護部 |
| (7) 公路預圧力混凝土橋梁設計規範 | | 中華人民共和国交通部 |
| (8) 公路橋涵地基与基礎設計規範 | | 中華人民共和国交通部 |
| (9) 公路工程抗震設計規範 | | 中華人民共和国交通部 |

4.2 標高及び潮位

(1) 標高

高さの標示は、吳淞江の基準レベルを使用する。

(2) 潮位

潮位は、次の通りとする。

既往最高潮位 +5.22 m

さく望平均満潮位 +4.00 m

平均潮位 +2.30 m

既往最低潮位 +0.30 m

吳淞江基準面 ±0.00 m

4.3 荷重の種類

設計にあたって考慮する荷重は、次の通りとする。

- | | | |
|-------------|------------------|-------|
| (1) 主荷重 (P) | 1) 死荷重 | (D) |
| | 2) 活荷重 (群集荷重を含む) | (L) |
| | 3) 衝撃 | (I) |
| | 4) プレストレス力 | (P,S) |
| | 5) 土圧 | (E) |
| (2) 従荷重 | 6) 風荷重 | (W) |
| | 7) 温度変化 | (T) |
| | 8) 地震荷重 | (EQ) |

4.4 荷 重

1) 上部工反力

下部構造を設計する場合に、上部構造に作用させる荷重の組合せは、橋軸及び橋軸直角方向に対して、次の通りとする。

- (1) D + L、D + L + T (D: 死荷重、L: 活荷重、T: 温度変化)
- (2) D + W (W: 風荷重)
- (3) D + EQ (EQ: 地震の影響)

2) 死荷重

死荷重の算出には、次表に示す単位重量を用いる。但し、実重量の明らかなものはその値を用いるものとする。

材 料 の 単 位 重 量 (kg/m³)

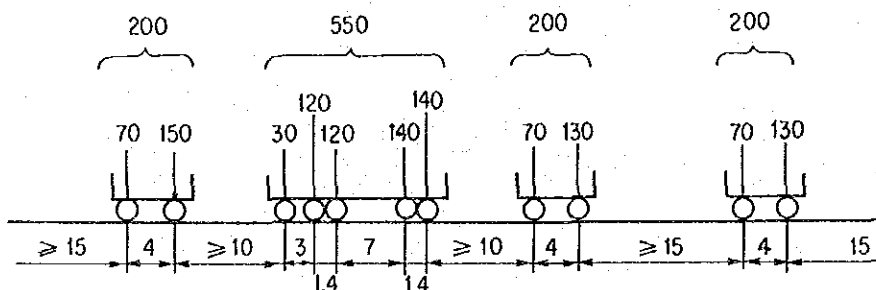
材 料	単 位 重 量	材 料	単 位 重 量
鋼・鋳鋼・鍛鋼	7,850	コンクリート	2,350
鋳 鉄	7,250	セメントモルタル	2,150
アルミニウム	2,800	木 材	800
鉄筋コンクリート	2,500	歴青材 (防水用)	1,100
プレストレストコンクリート	2,500	アスファルト舗装	2,300

3) 活荷重

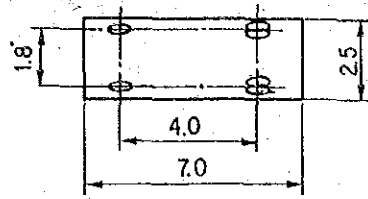
設計に用いる活荷重は、自動車荷重、トレーラー荷重、特殊トレーラー荷重及び群集荷重とする。詳細については付属資料を参照のこと。

(1) 自動車荷重 [汽車一超20級]

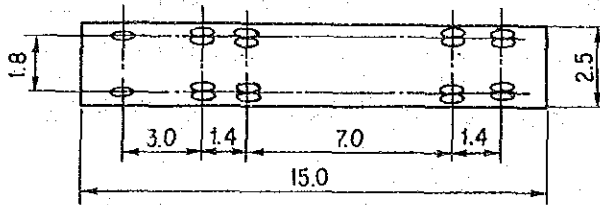
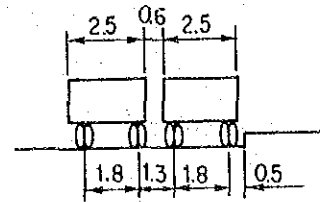
a. 橋軸方向配置 単位 重量KN、長さ m



b. 平面寸法及び横方向配置 単位 m



200 KN



550 KN

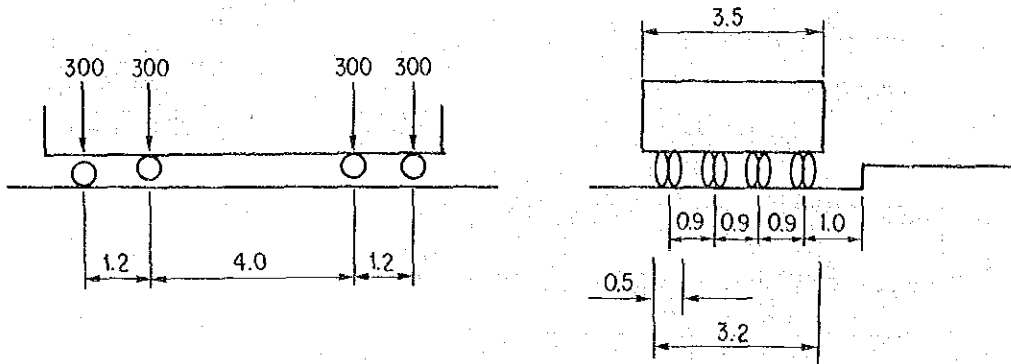
c. 軸重、輪帯幅及び接地長

自動車総重力	KN	200	550
1 連当り重車両数	台	1	1
前軸重力	KN	70	30
中軸重力	KN	—	2×120
後軸重力	KN	130	2×140
軸間隔	m	4.0	3+1.4+7+1.4
車輪間隔	m	1.8	1.8
前輪接地幅	m	0.3×0.2	0.3×0.2
中・後輪接地幅	m	0.6×0.2	0.6×0.2
車両外形寸法 (長×幅)	m	7×2.5	15×2.5

自動車荷重〔汽車一超20級〕は、各車線毎に載荷するが、片側2車線以上の場合には、各軸重を30%減ずる。尚、550KNは車線に1台、200KNは制限なし。

(2) トレーラー荷重〔挂车-120〕

a. 橋軸及び横方向配置 単位 KN、m



b. 軸重及び接地幅

主要諸元	単位	挂车-120
車両動力	KN	1200
車軸数	↑	4
軸動力	KN	300
軸間隔	m	1.2+4.0+1.2
1車両当り軸数	組	4
車輪間隔	m	3×0.9
車輪接地幅	m	0.5×0.2

トレーラー荷重〔挂车-120〕は、一橋に1台のみ載荷し、他の自動車荷重は同時には載荷しない。この荷重に対しては、許容応力度を25%割増す。

(3) 群集荷重

群集荷重は、次式による。

$$W = \left(450 - 200 \times \frac{L-20}{80} \right) \left(\frac{20-B}{20} \right) \geq 240 \text{kg/m}^2$$

ここで W : 群集荷重強度 kg/m²

L : 支間長 m、但し、L ≥ 100m の場合 L = 100m

B : 歩道幅員 m

本橋では、L = 100m、B = 3.0m であるから

$$W = \left(450 - 200 \times \frac{100-20}{80} \right) \left(\frac{20-3.0}{20} \right)$$

$$= 212.5 \text{kg/m}^2 < 240 \text{kg/m}^2 \text{ のため}$$

W = 240kg/m² となる。

4) 衝 撃

設計に用いる衝撃係数は、以下の式によるものとする。

$$i = \frac{20}{50 + L} \quad L : \text{支間長 (m)}$$

5) プレストレス力

プレストレストコンクリートに導入するプレストレス力については次のとおりとする。

- (1) プレストレス力はプレストレッシング直後のプレストレス力及び有効プレストレス力について考慮する。又、プレストレス力により不静定力が生じる場合にはこれらも考慮する。
- (2) プレストレッシング直後のプレストレス力は、P C 鋼材引張端に与えた引張力に、次の影響を考慮して算出するものとする。
 - 1) コンクリートの弾性変形
 - 2) P C 鋼材とのシースの摩擦
 - 3) 定着具におけるセット量
- (3) 有効プレストレス力は、(2) 項の規定により算出するプレストレッシング直後のプレストレス力に、次の影響を考慮して算出するものとする。
 - 1) コンクリートのクリープ
尚、この場合に考慮する持続荷重は、プレストレス力及び死荷重とするものとする。
 - 2) コンクリートの乾燥収縮
 - 3) P C 鋼材のリラクセーション
- (4) 有効プレストレス力による不静定力は、プレストレッシング直後の不静定力に P C 鋼材引張力の有効係数を、部材全体にわたって平均した値を乗じて算出することとする。

6) 設計風荷重

設計風荷重 P_D は、構造物の形状を考慮し、その値を定める。詳細については付属資料を参照のこと。

7) 温度変化

温度変化の影響は、 $+15^{\circ}\text{C}$ を基準として、 $-15^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$ の範囲について考慮するものとする。

8) 地震荷重

設計水平震度は、構造物の固有周期の影響を考慮した修正震度法による。但し、標準設計水平震度 K_0 は

$$K_0 = 0.10$$

とする。

4.5 使用材料

主要使用材料は以下の考え方を基にして、その規格を定めた。

1) 鋼材

鋼材などは、輸入材として日本の規格を標準とした。

2) コンクリート

コンクリートは原則として、下表の設計基準強度以上のものを用いるものとする。

コンクリートの最低設計基準強度 (kg/cm²)

部 材 の 種 類		最低設計基準強度
無筋コンクリート部材		160
鉄筋コンクリート部材		210
プレストレストコンクリート部材	プレテンション方式	350
	ポストテンション方式	300

使用材料の規格、品質、あるいはその許容応力度については付属資料にしめす。

第5章 主橋梁部代替案の設計

5.1 予備検討

設計作業に際し、以下の内容について予備検討を行ない、主要諸元を定めた。

1) 支間割

黄浦江を跨ぐ中央径間長は航路幅、及び護岸の状況より400mと固定した。一方側径間長については、地形・地質上よりの制約がないため、力学的・経済的に最適なものを選定することになる。通常、斜張橋においては主桁断面力の釣合いより、中央径間長と側径間長との比は1:0.4程度が経済的に最も合理的とされており、従って側径間長は約160mとなる。本代替案においては、斜ケーブルの張出し間隔との関係も考え以下の側径間長を選択している。

① 鋼斜張橋 $l = 156 \text{ m}$

② PC斜張橋 $l = 156 \text{ m}$

③ 複合斜張橋 $l = 126 \text{ m}$

複合斜張橋の場合については、側径間における桁死荷重は、中央径間における桁死荷重より重くなるので釣合い上、側径間長を短くした。

2) 塔高

塔の高さについては、航空に対する安全配慮より標高130.0m以下に制限されている。

塔には、安全燈・避雷針等の施設が必要となるので、塔高についてはこれらの施設も含めて制限高に入る様設計する。塔位置における路面高は標高約52mであるので、ケーブルの張出し角度は大略 $80\text{m}/190\text{m} = 0.42$ となり、多少小さめであるが、設計上問題となる値ではない。

3) ケーブル形状

ケーブルの形状については、中央分離帯を設けない条件の下に2面吊りを用いる。【1面吊りの場合についての検討は付属資料参照のこと。】 ケーブル本数については、耐風安定性及び施行上の理由よりマルチケーブル方式とし、ケーブルの張り方については塔周辺のケーブルの交番応力を避けるため、ファン形状を採用した。

4) 基礎工形式

基礎の支持層としては、標高-39m 付近の N 値50以上を示す砂混り粘土層及びその以深の N 値30以上を示す細砂層となり、基礎の長さとしては約40m である。

基礎形式としてまづ考えられるのは、杭基礎形式であり、杭種では打ち込み杭（杭長から鋼管杭）の場合、杭先端より上層の中間層が N 値25以上を示す砂混り粘性土で、この層を15m 以上打ち抜く必要があり、困難と言える。従って鋼管杭の場合、中掘り工法となるが、塔基礎の荷重から考えた場合（常時の支持力で杭本数が決定される）出来るだけ大口径が有利であり、中掘り工法杭は不適當と言える。

場所打ち杭では、施工深度よりベント杭（オールケーシング杭）は、施工限界に近く、リバース杭が適する。又、杭径の点でも近年 $\phi = 4.0\text{m}$ 以上の実績もあり、その点からも適する工法と言える。

以上より杭形式としては、リバース杭とする。尚、杭径は塔基礎の反力が大きく、常時の支持力で杭本数が決定されるため、大口径杭が望ましいが、 $\phi = 2.0\text{m}$ 以上は杭打設機が少なく、汎用性に問題があるため、一般的に使用されている最大径の $\phi = 2.0\text{m}$ とする。

PC 斜張橋案の塔基礎に作用する荷重は他案に比べ大きく、杭基礎とした場合杭本数が90本必要で、橋軸方向のフーチング幅が45m に及び、岸の水際に近づくため大規模な締切工が必要になり、ケーソン基礎形式が適切と考えられる。工法としては、下層部約15m ある N 値25以上の砂混り粘土層での沈下を考えると、オープンケーソン工法では困難であり、ケーソン施工長（ $\ell = 37\text{m}$ ）では限界に近いが、下層粘土層の水圧低減が考えられることから、ニューマチックケーソン工法が妥当と思われる。

工費的には杭90本（ $\phi = 2.0$ ）とケーソン B 15m \times L 10m \times ℓ 37m \times 2本がほぼ同じで、仮締切工が不用な分ケーソン形式が杭基礎形式に比べ施工上有利となる。

尚、連続地中壁基礎形式は、塔基礎が常時の支持力で決定されるため、支持地盤面で杭90本（ $\phi = 2.0$ ）の断面積に匹敵する地中壁面積が必要で、不適當な形式と言える。（構造上及び経済性上、メリットが少ない。）

5.2 設計結果

1) 鋼箱桁斜張橋

(1) 支間割

中央径間400mに対し、碇着径間は156mとした。碇着径間の間に橋脚2基を設け、7径間連続鋼箱桁斜張橋である。

$$156\text{m} (44+56+56) + 400\text{m} + 156\text{m} (56+56+44)$$

碇着径間の間の橋脚については、2基の場合及び無しの場合を検討したが、中央径間の活荷重による変形量を小さくすること、経済性及び施工上の都合からも碇着径間中間に橋脚2基設置する方が望ましい。

主塔部に主桁の中間支点を設け、鉛直力及び水平力を支持する。

(2) 主桁

主桁は鋼2箱桁構造である。桁高は2.5mとし、ケーブルと主桁の取付点は歩道と車道の間に設けた(中吊)。これは、

- i) ケーブルを歩道の外側に設置(外吊)すると、横桁の支間が大きくなり不経済になる。
- ii) 主桁の上フランジを床版として有効利用するためには、外吊では不都合である。
- iii) 外吊の場合、車道端が箱桁の中間に位置し、排水上問題がある。

の理由から中吊の方が望ましいと判断した。中吊としたことによって生ずる歩車道間の1mの遊間は、耐風安定上必要があれば風抜穴として利用する余地がある。

(3) ケーブル

ケーブルは予め工場において防蝕構造を施した平行線ワイヤストランドを使用する。

これは斜張橋の最も重要な構造部材であるケーブルの防蝕を重視し、施工精度を高めるため重要な要素である弾性係数が安定している平行線ワイヤストランドを用い施工性に配慮したものである。ケーブルの段数は供給可能なワイヤストランドの大きさと、主桁の中央径間張出し架設を考慮し、張出パネル長18mから10段ケーブルとした。

ケーブル面は鉛直面とし、主桁とケーブルの取付点の構造を単純化することに配慮した。

(4) 塔

施工工期を早め、建設機械等の効率化を考慮し鋼製塔とした。塔の形状は歩車道堺のケーブル面が鉛直であるため H 型とする。基礎構造を小さくするため、塔の傾斜を小さくし、歩道は塔部分で外側に廻すことによって塔基部の広がりを減少させる。又、塔の桁下部分は出来る限り視界をさまたげない構造とし、陸地と水面との親和性を保持するよう配慮した。

(5) 基礎工

基礎形式として $\phi = 2.0\text{m}$ のリバース杭とする。杭の許容鉛直支持力としては常時 970t/本である。杭は常時の反力によりその本数が決定され、塔 1 基当たり 40 本の杭が必要となる。フーチング寸法としては、 $20 \times 58 \times 8 \text{ m}$ となった。

(6) たわみ

斜張橋のたわみは主として、ケーブルの変形によって支配される。活荷重による最大たわみは中央径間中央で $\delta = 98\text{cm}$ となった。これは、たわみ一支間比 $1/408$ になる。

(7) 振動特性

橋軸方向の一次固有周期は 5.84 秒である。

全体一般図を付属図面集に示す。

2) PC 斜張橋

(1) 支間割

PC 斜張の場合、主桁の重量が重いので碇着支間長は長い方が応力バランスは良い。

しかし、ここでは浦西側の制約条件から鋼箱桁と同様碇着径間長を 156m とし、ケーブルの剛性を高めるためと、架設に便利のため碇着径間に中間橋脚を 2 基設ける。

構造系としては、中間支点上の桁の応力が過大となるのを避けるため、主桁の塔部には鉛直支承は設けない。

(2) 主 桁

主桁はPCコンクリートとし、桁高2.5mの2箱主桁構造である。ケーブルは鋼箱桁案と同様に歩車道界で主桁と連結する。

(3) ケーブル

ケーブルに対する考え方は鋼箱桁案と同様である。但しケーブル面については、ケーブルと主桁の連結構造が単純なので鉛直面としない。すなわち最下段のケーブルを鉛直（橋軸直角方向）とし、他のケーブルは塔の傾斜にしたがって傾斜させる。

(4) 塔

塔はコンクリート製とし、塔柱の中心軸を直線とし A 型の塔を採用した。他の事項は基本的に鋼箱桁案と同じである。

(5) 基礎工

PC斜張橋では塔からの荷重が大きく、杭基礎工法では橋軸方向の基礎幅が45m必要となる。このためこのままでは施工が困難で、中央径間長を伸ばすか、基礎形式として、ケーソン工法を採る必要が生ずる。ここでは杭基礎とケーソン工法の工事費の差が小さいことに着目し、ケーソン工法を採用した。

橋脚位置の地質から判断し、ニューマチックケーソン工法が妥当であると判断した。

他の橋脚の基礎は杭基礎を用いる。ケーソンの寸法は塔1基当たり10×15×45m－2本

(6) たわみ

活荷重によるたわみは中央径間中央に生じ、 $\delta = 55\text{cm}$ である。たわみ一支間比は1/727となる。

(7) 振動性状

橋軸方向の一次固有周期は5.76秒となっている。

全体一般図を付属図面集に示す。

3) 複合斜張橋

(1) 支間割

複合斜張橋は鋼箱桁のたわみ性状を碇着径間に、自重が重く剛性の高いP C箱桁を用いることによって改善しようとするものである。従って、中央径間を碇着径間の主桁重量の差が大きいため、調和のとれた碇着径間長は126mとなる。この碇着径間の中間に橋脚1基設ける。構造系としては、P C斜張橋案と同じ理由で、主桁の塔部には鉛直支承は設けない。

(2) 主 桁

前述のように主桁構造は、中央径間鋼箱桁、碇着径間P C箱桁とし、各々鋼箱桁とP C箱桁をジベルで連結する。

(3) ケーブル

ケーブルについては鋼箱桁斜張橋と同様である。

(4) 塔

塔は工期の短縮を計ること及び基礎工への負担を軽減するため鋼製とする。形状は鋼箱桁案と同様 H 型とする。

(5) 基礎工

基礎については鋼箱桁案と同様 $\phi = 2.0\text{m}$ リバース杭を用いる。杭本数は塔1基当たり40本、フーチング寸法は $20 \times 58 \times 8\text{ m}$ である。

(6) たわみ

中央径間でのたわみは95cmであり、支間比で $1/421$ となる。

(7) 振動性状

橋軸方向の一次固有周期は6.69秒となる。

全体一般図を付属図面集に示す。

5.3. 最適案の選定

主橋梁部比較代替案3案についての比較表を、次頁以下に示した。直接工事費としてはPC斜張橋案が最も安く、次いで複合斜張橋案となっている。しかしながら、工期については中央径間部の施工期間の影響等により、鋼箱桁斜張橋が最も短く約25ヵ月、PC斜張橋は39ヵ月と約1年の差が生じている。

比較3案の総合評価としては

1) 施工上の安全性

- ・ PC斜張橋の場合、中央径間張出し施工期間中に台風時期を迎えることになり、その対応が非常に困難である。
- ・ 長期にわたって黄浦江上に張出し施工を行うため、航行船舶に対する安全性が損なわれる危険性が高い。

2) 技術的确实性

中央径間長として400m程度のPC斜張橋の施工例は世界中で現在1例しかなく、鋼斜張橋の施工例に比べて劣る。

3) 国家経済的観点

- ・ 本橋は事業資金として借入金を想定しているため、資金の金利の点で工期が短い鋼斜張橋、複合斜張橋案の方がPC斜張橋案より有利。
- ・ 供用開始時期が約1年早くなることにより、国家経済的に見れば、時間・資源の節約が大きく期待できる。
- ・ 財務的に考えると、早期に料金収入が得られるので、有利となる。

以上の考察より、複合斜張橋案を最適案と考えた。

(4) 概略工事費

比較代替案の主橋梁部及び取付部の直接工事費を表に示す。

表 3-12 取付部概算工事費

項 目	金 額 (千元)	比 率
合 計	248,380	1.00
外 貨	140,270	0.56
内 貨	108,110	0.44
労 務 費	34,770	0.14
材 料 費	183,800	0.74
機 械 損 料	29,810	0.12

表 3-13 主橋梁部概算工事費 (複合斜張橋)

項 目	金 額 (千元)	比 率
合 計	286,400	1.00
外 貨	205,500	0.72
内 貨	80,900	0.28
労 務 費	117,100	0.41
材 料 費	125,100	0.44
機 械 損 料	44,200	0.15

表 3-14 主橋梁部概算工事費 (鋼箱桁斜張橋)

項 目	金 額 (千元)	比 率
合 計	317,100	1.00
外 貨	231,600	0.73
内 貨	85,500	0.27
労 務 費	140,200	0.44
材 料 費	127,300	0.40
機 械 損 料	49,600	0.16

表 3-15 主橋梁部概算工事費 (P C斜張橋)

項 目	金 額 (千元)	比 率
合 計	258,600	1.00
外 貨	170,600	0.66
内 貨	88,000	0.34
労 務 費	75,100	0.29
材 料 費	129,800	0.50
機 械 損 料	53,700	0.21

表 3-16 主 橋 梁 部 数 量 表

資 材		代替案	鈎斜張橋	P C斜張橋	複合斜張橋
上 部 工	鋼 材	t	8,670 (SS41: 5,540)	—	4,800 (SS41: 3,040)
	コンクリート	m ³	—	17,850	6,320
	型 枠	m ²	—	71,400	25,280
	鉄 筋	t	—	2,670	950
	P C 鋼 材	t	—	750	270
塔	鋼 材	t	5,450 (SS41: 1,510)	—	5,450 (SS41: 1,510)
	コンクリート	m ³	—	9,810	—
	型 枠	m ²	—	24,520	—
	鉄 筋	t	—	2,940	—
斜材		t	1,020	1,940	920
基 礎 工	コンクリート	m ³	45,100	39,900	45,300
	鉄 筋	t	3,180	2,840	3,340
	堀 削	m ³	48,500	26,700	48,500
	場 所 打 杭	m	8,000	5,280	8,240
	ケ ー ソ ン	空m ³	—	11,100	—

	鋼箱桁斜張橋	PC斜張橋	複合斜張橋
力学的特性	耐風安定性については、風洞での検証が必要。	同左 一般的には、鋼箱桁斜張橋に比較してやや有利である。	同左
実施例	実施例は豊富であり、技術的信頼性は高い。	実施例は豊富であるが、鋼箱桁斜張橋よりもやや規模が小さいケースが多い。400mを越えるPC斜張橋は1例だけである。	比較的新しい考え方であるため、実施例は他の2案に比較して少ないが、最近は増加しつつある。
施工性	部材の多くが工場生産されるため、施工精度的信頼性が高い。 また、施工管理も容易である。	構造的安全性はコンクリートの品質管理にかかると見られる。 現場施工であるため、施工精度にやや不安がある。	鋼箱桁斜張橋およびPC箱桁斜張橋に準じているが、鋼箱桁とPC箱桁との連結には、特に、配慮が必要である。
施工の安全性	施工期間が短いことから、中央径間張出工事(6ヶ月)が台風時期と重なることを避けることができる。 不安定な中央径間張出工事の期間が短いため、安全性が高い。 施工期間が短いことから、航行船舶に対する影響が少ない(安全性が高い)。	施工期間が長いことから、工事期間中に台風時期を2回迎えることになり、中央径間張出工事中(20ヶ月)に少なくとも1回重なる。	鋼箱桁斜張橋に同じ
景観	色彩の選択が自由である。 形態的にはケーブル本数が少なく、シンプルで力強い。	コンクリートの色が基本であるが、着色も可能である。 形態的にはケーブル本数が多く、繊細な印象となる。	鋼箱桁斜張橋に準じるが、鋼箱桁とPC箱桁との色彩的調和に配慮が必要である。 形態的には、ケーブル本数は鋼箱桁斜張橋と同じであるが、側径間が他の2案より短いためピア本数が少なく、桁下景観がすっきりしている。
維持管理	さび等の欠陥の早期発見が容易で、早めの補修が可能である。 定期的な塗料の塗り替えが必要であり、維持費がかかる。 (2.8 百万円/5年)	コンクリート塔表面のよごれ防止対策が必要である。 鋼箱桁斜張橋に比較して、維持は容易である。 (2.1 百万円/5年)	鋼箱桁斜張橋およびPC斜張橋に準じる。定期的な塗料の塗り替えが必要であり、維持費がかかる。 (2.1 百万円/5年)
工期	下部構造 7 上部構造 18 合計 25ヶ月	下部構造 9 上部構造 30 合計 39ヶ月	下部構造 7 上部構造 20 合計 27ヶ月
概略工事費	下部構造 61.6 上部構造 255.5 合計 317.1 百万円	下部構造 91.9 上部構造 166.7 合計 258.6 百万円	下部構造 62.9 上部構造 223.5 合計 286.4 百万円
その他	施工期間が短いことにより、浦東地区開発へ好影響が期待される。	輸入に類する資機材が、比較的少なくて済む。	側径間が短いため、アプローチ橋へのクロナイド曲線へのすりつけが容易である。

表3-18 比較案の総合評価

比較項目において3案に有意の差異があるものとして、施工性、工期、概略工事費がある。

このうち橋梁部の工期はアプローチ部分を含む全体の工期を決定するものであり、経済性や施工の安全性等、多くの側面に反映される。黄浦江大橋においては、評価を左右する最大の要素と考えられるため、ここで再確認しておく必要がある。

鋼箱桁斜張橋：25ヶ月
複合斜張橋：27ヶ月
PC斜張橋：39ヶ月

以下に施工性および経済性について、工期の要素を加味した検討結果を示す。

(1) 施工性

世界的な実施例からみても、当該橋梁の規模におけるPC斜張橋の施工は1例に過ぎない。技術的な信頼性および施工管理の確実性を考慮する場合、鋼箱桁斜張橋もしくは複合斜張橋が有利と考えられる。

黄浦江は河川港であることから航行船舶数が非常に多く、河川内作業はガイドケトル設置作業を除き水面利用は認められない。航行船舶の安全性確保の観点からは、工期の短縮が図られることが望ましい。特に、不安定な中央径間張出工事の期間の短縮が望まれる。この意味でも鋼箱桁斜張橋もしくは複合斜張橋が有利と考えられる。

また、施工の安全性の観点からは、中央径間張出工事は台風時期を避けて行うことが望ましいが、PC斜張橋の場合、中央径間張出工事の期間が長い。中央径間張出工事期間中に台風時期を迎えることを余儀なくされる。鋼箱桁斜張橋もしくは複合斜張橋の場合、台風時期を避けて中央径間張出工事が行えることは大きな利点と考えられる。

(2) 経済性

各案の経済性を評価する場合、以下の観点から総合的に判断する必要があると考えられる。

- ① 本橋工事費
- ② 事業費に対する金利
- ③ 供用開始後の料金収入
- ④ 架橋完成による浦東地区開発促進への波及効果

以上3点の中で、②金利および③料金収入は工期の長短に大きく影響される要素である。金利については、工期が短くなることにより、短縮された期間分の金利が節減されることになる。

また、料金収入についても、工期が短縮され供用開始が早まれば、その期間内に見込まれる収入によって、事業資金の回収が早められることになる。

厳密な意味では、事業費と金利および料金収入を同列に考えることはできないが、ここでは総合判断の目安とするため、最も工期の長いPC斜張橋の工期を基準として、他の2案の工期短縮の期間についての金利および料金収入を事業費から差し引くことにより比較を行う。

金利および料金収入の試算内容は以下の通りである。

① 事業費の金利負担減

平均5.5%の金利を想定すれば、各案の開業時における金利総額は以下の通りとなる。

鋼箱桁斜張橋案：1.4億円（総事業費10.3億円）
複合斜張橋案：1.4億円（総事業費9.9億円）
PC斜張橋案：1.9億円（総事業費9.6億円）

② 料金収入の早期徴収

1993年時点の料金収入は0.8億円、
2022年時点の料金収入は2.4億円と想定される。
金利を8%として、2022年の料金収入を1993年時点に換算し（換算率=1/10.063）、その料金収入との差を計算すると以下の通りとなる。

$0.8 - 2.4 \times (1/10.063) = 0.6$ 億円…(12ヶ月短縮の場合)
 $0.6 \times (14/12) = 0.7$ 億円…(14ヶ月短縮の場合)

①と②より、各案の経済性の目安と考えられる総事業費の比較結果として次の数値が得られる。

鋼箱桁斜張橋案： $10.3 - 0.5 - 0.7 = 9.1$ 億円
(1.4-1.9)
複合斜張橋案： $9.9 - 0.5 - 0.6 = 8.8$ 億円
(1.4-1.9)
PC斜張橋案： $9.6 - 0 - 0 = 9.6$ 億円
(1.9)

総事業費のみではPC斜張橋が有利と考えられるが、金利および料金収入を考慮した場合には、複合斜張橋が最も経済的であると考えられる。

また、④の浦東開発への波及効果については、具体的な数値として表現することは難しい。しかし、約1年に及ぶ建設期間の差異は、今後の上海市の都市政策上に極めて大きな影響を及ぼすものであり、架橋の早期完成がもたらす開発効果には図り知れないものがあると考えられる。

(3) その他の評価

力学特性からは、PC斜張橋がたわみ剛性が最も高く、車両あるいは風に対する安定性がやや勝る。しかし現時点では、本橋と同規模の斜張橋橋の実施は1例あるのみである。維持管理については、鋼橋の場合、塗装の塗り替えが5年に一度程度必要となり経費がかかるが、全体事業費に対する割合はごくわずかであり、3案とも大差ない状況である。

(4) 結論

以上の観点から「複合斜張橋」を最適案として推奨する。

第6章 最適代替案の設計

6.1 設計結果

1) 支間割

主径間の鋼桁と側径間のPC桁の重量比は約1:2.5であり、これを通常の主径間長に対する側径間長の比1:0.4を採用した場合、死荷重による塔の左右のケーブル張力の差は大きく、この差を塔の曲げ剛性で取らせることは経済的でない。

このケーブル張力の差を小さくするためには、重量の重い側径間を短くすることによって解決する事が出来るが、本橋の場合には、側径間部が陸上にあるため、端橋脚の設置位置に地形的制約を受けないので、ケーブル張力の釣合う側径間長として126mを選定した。

また、橋梁全体の剛性を高めるため、側径間内に中間橋脚を1基設けた。さらに、塔位置では主桁に鉛直支承を設置しないフローティング形式とした。これにより塔位置での主桁の曲げモーメントの突出を避け、同時に最下段ケーブルの応力変動を小さくした。

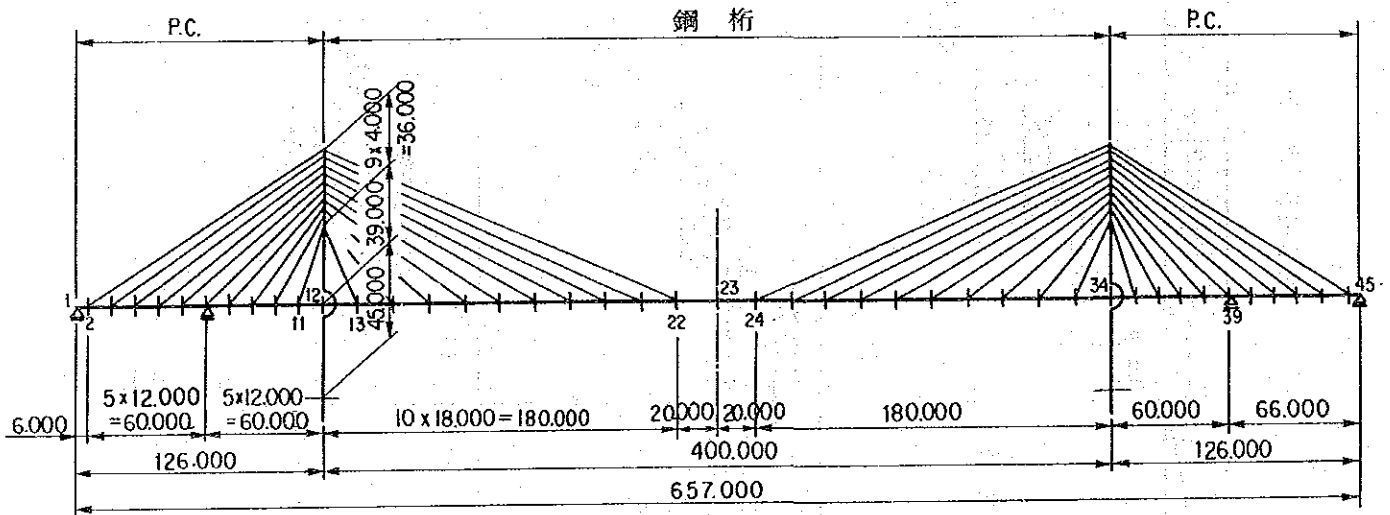


図3-16 全体構造

2) 主桁

主桁はケーブルの2面吊を考慮して、鋼桁、PC桁ともに2箱桁とし、それぞれ最外侧ウェブを利用して、ケーブルの碇着を行う。このため歩車道の間間に1.0 mの碇着幅を取った。

主桁高は、 $H=2.8$ mであり、総幅員 $B=32.0$ m、主径間長 $L=400.0$ mに対する割合は、それぞれ

$$\frac{H}{B} = \frac{2.8}{32.0} = \frac{1}{11.4} \quad \frac{H}{L} = \frac{2.8}{400.0} = \frac{1}{143}$$

となっている。

使用材料は、次の通りである。

SS41	3360 ton	コンクリート	4940 m ³
SM50Y	840 ton	型枠	19760 m ²
ScMn1A	152 ton	鉄筋	741 ton
F10T	126 ton	PC鋼材	148 ton

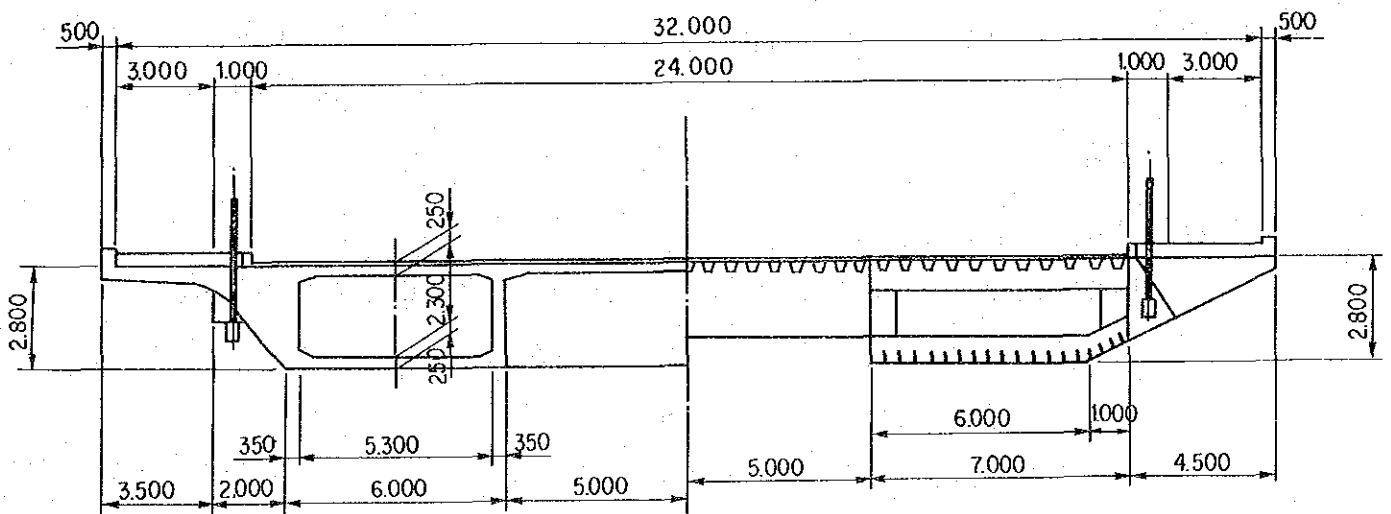


図3-17 主桁断面形状

3) ケーブル

ケーブルは2面吊とし、各面は10段のケーブル4組より構成されている。また、ケーブルは、予め工場において防蝕構造を施した平行線ワイヤストランドを使用し、塔及び主桁には鉛直に碇着される。

ケーブルは塔側を固定し主桁側で応力調整を行う。1ストランドの素線数は313本～506本であり、ケーブル総重量は900tonである。

4) 塔

塔は橋軸方向には下端固定、中間をケーブルで弾性支持された片持柱であり、直角方向には二層のラーメン構造とした。塔柱は橋軸方向にテーパを持ち、塔基部では3.5m×6.0mの3セル構造であり、塔頂部では、3.5m×4.0mの1箱桁とし、塔高は地盤面より126mである。

塔基部は、フーチング中に埋め込まれたアンカーフレームとアンカーボルトにより固定される。

使用材料は以下の通りである。

SM50Y	3749	ton
SS41	1338	ton
F10T	148	ton
合計	5235	ton

5) 基礎工

基礎形式は、 $\phi=2.0\text{m}$ のリバース杭であり、杭長及び杭本数は、次の通りである。

	杭長	杭本数
主塔基礎	38.5m	40本
端橋脚	39.0m	20本
中間橋脚	41.0m	10本