

## 第6章 調査対象地域の自然社会環境条件及び西通道建設に対する設計条件の検討

### 6.1 調査対象地域の自然環境条件

調査対象地域の自然環境条件について概略以下に述べる。詳細については付属資料-5に記した。

#### 6.1.1 地形・地質

##### (1) 地形

調査対象地域における西通道建設地点は厦門島及び海滄地区から構成されている。厦門島の地形はそれほど起伏に富んだ状況ではないが、島の南部には標高約200mから350mの山地部が、また中北部には標高約100mから200mの山地部が東北東方向に分布している。これらの山は基岩が露出しており、地表面は灌木で覆われている。島の他の部分は大略標高20m以下の浅瀬、海積平原あるいは台地から構成されている。

海滄地区はその中央部を山地部が縦断しており、標高約300mの蔡尖尾山が中央にそびえている。海滄地区の周辺を取り巻くように平地部分が広がっており、この地域に海滄開発区が整備されることになる。

西通道の建設が予定される東渡港-火烧嶼-排頭地域は、約1kmの海峡を挟んで海滄地区と厦門島が近接している。厦門島側には仙岳山(標高213m)及び狐尾山(標高140m)が位置し、また海滄地区側には大平山(標高238m)が位置している。海峡部には多くの岩礁、小島が分布している。海底の地形は比較的複雑であり、一定していない。火烧嶼の東側は船舶航路に指定されており、その航路の水深は最大30m程度、西側の水路の水深は約20mとなっている。

##### (2) 地質

厦門島周辺の地層構成は、中世代の三畳系水成堆積岩、火成堆積岩及び侵入岩で構成されている。ジュラ紀後期の大規模な岩漿噴出によりジュラ系南園層が形成され、燕山期初期及び後期に同じく岩漿噴出により複そうした酸性侵入岩層を形成している。多次にわたる地殻運動あるいは岩漿侵入の影響を受け、種々の変質作用も受けている。断層は陸上及び海中に多く確認されており、構造物の建設位置には注意を要する。

地質構造を東渡港付近について図6-1-1に示した。

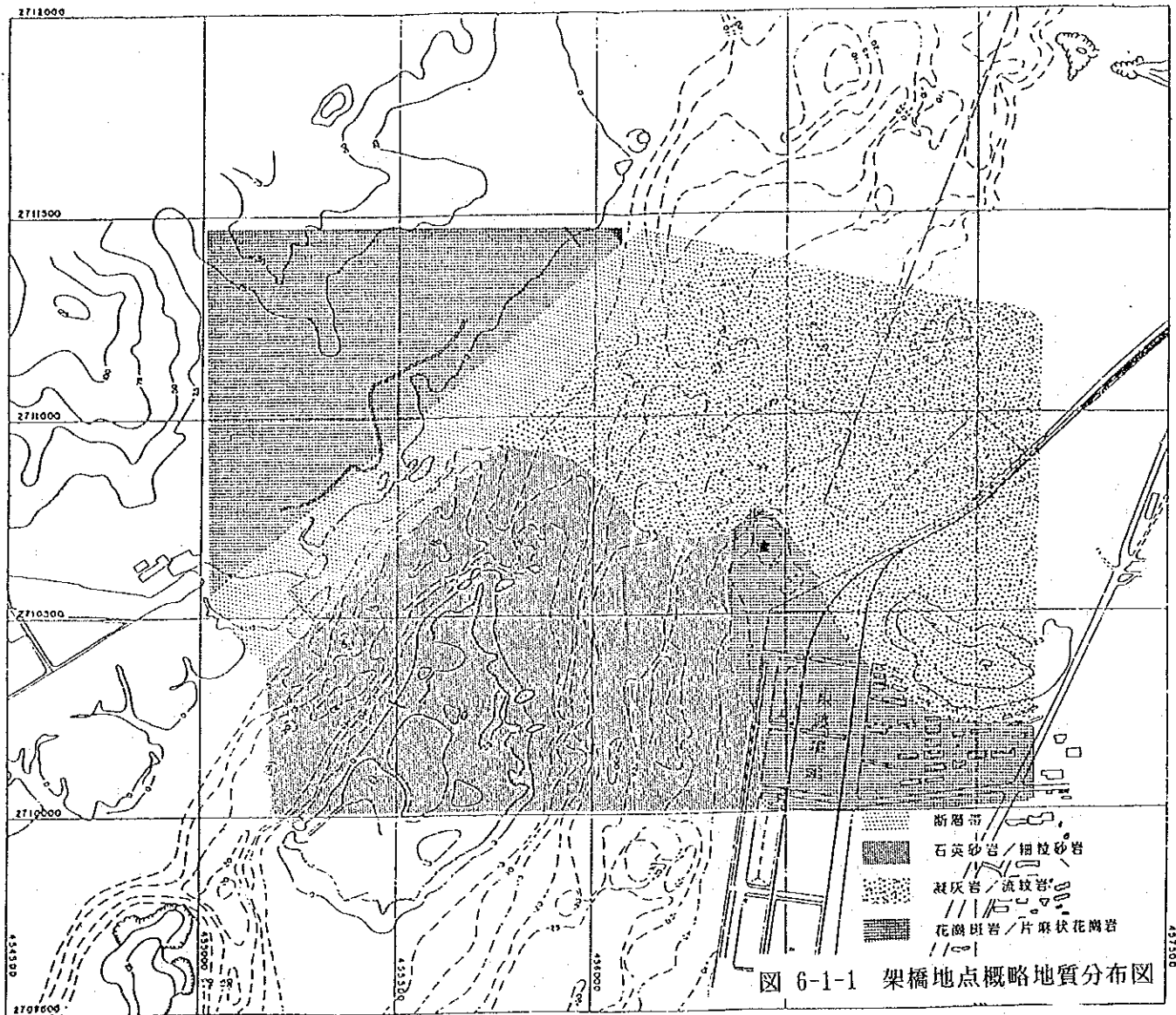


图 6-1-1 架橋地点概略地質分布图

## 6.1.2 気象・地震

### (1) 気象

#### 1) 気温、降雨

廈門市はアジア大陸の東南端の海岸に位置し、熱帯海洋性モンスーン気候帯に属する。気候は比較的温暖であり、乾期・雨期に明確に区分される。廈門気象台における1952～1980年間の観測記録によれば年平均最高気温（7月）は24.8℃であり、最低気温（1月）は18.1℃となっている。観測期間中における最高気温は38.5℃、最低気温は2.0℃であった。

一般に2～8月は雨期、9～1月は乾期となっており、特に5～7月に雨量が最も多くなっている。前記期間における観測記録によれば、年間平均降雨量は1143.5mmである。

#### 2) 風

台風は大略7月から9月の時期にかけて毎年5～6回廈門市付近に来襲している。その廈門市に対する影響の程度は台風の規模及び通過ルートによって異なるが、大略最大瞬間風速として31～32m/sとされている。これまでの観測された最大瞬間風速としては1973年10月の42.3m/sがある（非公式のデータとしては1959年7月におけるものとして60m/s以上が示されている）。

### (2) 地震

中国における有数の地震地帯である東南沿海地震帯は台湾海峡にあり、廈門市はその地震活動の一つの中心である汕頭―泉州地震帯に隣接している。西暦288年以降の地震記録によれば、東南沿海地震帯において発生した震度階6以上（注：中国における震度階は12段階に規定されている。）の地震は130回あり、その内汕頭―泉州地震帯で44回発生している。

汕頭―泉州地震帯における汕頭の震源地は南澳島付近の海底（廈門より約155km）、泉州の震源は泉州湾東方海底（廈門より約75km）とされている。

## 6.1.3 海象

### (1) 潮汐

廈門湾は一日2回の潮の干満の影響により、4度潮流が発生する。1周期約12

時間半となっている。大潮の発生は陰暦の3日と18日である。廈門海洋気象台によれば(1907年以降)、廈門港での潮汐記録は以下のごとくとなっている。

最高潮位	7.78 m (廈門基準、黄海基準では4.538 m)
最低潮位	-0.06 m
平均高潮位	5.68 m
平均低潮位	1.69 m
平均海面高	3.57 m

この潮の干満により火燒嶼水道での潮流の最大流速は1.54 m/sが観測されている。

## (2) 波浪高

波浪高については国家海洋局東海分局廈門中心海洋站による1985/86年における観測記録より、100年確率での最大波高として3.20 mが得られている。

## 6.2 調査対象地域の社会環境条件

### 6.2.1 航行船舶

#### (1) 現有船舶調査結果

廈門市の委託による「交通部上海船舶運輸科学研究所」の廈門港を利用する可能性のある船舶についての調査によれば、2万トン以上の船舶は282隻である。その内5万トン以下の船が全体の75%を占めている。

一方、これらの船舶の空載時における水面上高さについては98%以下の船舶が高さ5.3 m以下であり、残余2%の船の高さは5.8 mに達する。これらの船舶については低潮時に通航可能である(一日あたり5~6時間)。

#### (2) 航路条件

船舶の水面上高さについては東渡港第二期及び排頭埠頭以南については5.3 mと設定されるが、これ以外に波浪の影響、潮位変動、船舶高さの測量誤差等を考慮し、余裕高を2 m取ることとして5.5 mを航路高さに規定されている。東渡港第二期及び排頭埠頭以北の航路については1万トン級の船舶航行を想定し、3.5 mを航路高さとする。

航路幅としては、現在の廈門港の主航路幅が200 mに設定されている。ただし、

部分的に拡大されているので、西通道の建設ルートに対応した航路幅の設定を行う必要がある。

## 6.2.2 航空制限

### (1) 航空路規制

廈門における航空路規制については付属資料-5に示すごとく規定されている。しかし、廈門空港の標点座標及び滑走路長が機密事項として公表されていないので、西通道建設ルート上の任意点での構造物高さ制限値については、概算値として設定する。

計画通航水位については「内陸河通航標準」によれば、20年確率水位を採用する事とされている。廈門港での5%確率の高潮位は7.42m（廈門水準、黄海水準では4.18m）となっており、この値を設計航行水位として用いる。

### (2) 西通道構造物高さ制限

民航華東管理局機場処の計算によれば、牛糞礁において構造物高さは136.77m（廈門水準）以下とされている。滑走路端から牛糞礁までは約6km離れているので、ほぼ制限値の数値になる。橋梁構造の場合、塔等の構造物架設のため仮設構造物が必要になるが、上海の華東民航局との打ち合わせ結果では仮設構造物はこの規定外とし、永久構造物の高さを制限値以下に設定する。ただし、仮設構造物の高さと工事期間については届け出ることとする。

吊橋の主塔の場合には仮設用クレーンとして塔頂よりさらに約16～17m高さが必要になると考えられる。主塔の高さは牛糞礁において塔頂避雷針等の設置を考慮して、135m程度（廈門水準）に制限される事となる。

その他の位置においては、空港滑走路端からの距離に応じて概算されるが、大嶼付近では滑走路端より7km以上離れているので、構造物の高さ制限は160m（廈門水準）となる。

## 6.3 西通道建設に対する設計条件の検討

### 6.3.1 設計基準類

中国における以下の設計基準をに準拠し西通道建設に対する設計基準を設定する。  
 なお、これらの基準に規定されていないものについては、諸外国の設計基準を参考に設定する。

- 中国基準：
- a. 公路工程技術標準（JTJ01-88）
  - b. 公路橋涵設計通用規範（JTJ021-89）
  - c. 公路隧道設計規範（JTJ026-90）
  - d. 公路鋼筋混凝土及預応力混凝土橋涵設計規範（JTJ023-85）
  - e. 公路橋涵地基与基礎設計規範（JTJ024-85）
  - f. 公路橋涵鋼結構及木結構設計規範（JTJ025-86）
  - g. 公路工程抗震設計規範（JTJ004-89）
  - h. 城市道路設計規範（GJJ37-90）
  - i. 公路橋涵施工技術規範（JTJ041-89）
- 外国基準：
- a. AASHTO
  - b. BS5400
  - c. 日本道路協会道路橋示方書
  - d. 本州四国連絡橋公団設計基準類

### 6.3.2 道路規格等

#### （1）道路等級

中国における道路等級は交通量、役割及び性質により以下の5等級に分類されている。

表 6-3-1 道路等級区分

区 分	交通量（千台／日）	機能・性質
自動車専用高速道路	25以上	政治経済的に特別重要な道路 出入路は全て制御
自動車専用1級道路	10～25	政治経済的に重要な地点を結ぶ道路、出入路は部分的制御
2級道路 専用	4.5～7	政治経済中心と大工鉱業区、 港湾、飛行場等結ぶ道路
一般	2～5	政治経済中心と大工鉱業区、 港湾、飛行場等結ぶ道路
3級道路 一般	2以下	県以上の都市部道路
4級道路 一般	0.2以下	県、郷（鎮）、村の道路

西通道は機能・性質から分類すると自動車専用1級道路になる。ただし交通量としては25千台/日以上となると想定される。

設計目標年次に関しては自動車専用高速道路及び自動車専用1級道路に対しては供用後20年と規定されている。ただし交通量に応じた段階施工に対しても検討することも必要である。

## (2) 設計速度

西通道は廈門市における基本幹線として位置付けられているが、同時に市内街路としての機能も併せ持つ道路である。従って自動車専用幹線道路としての設計条件と市街地街路としての設計条件を考慮する必要がある。公路工程技術標準によれば1級公路の設計速度は平原・微丘地域で100km/h（設定区間長20km以上、特例10km）と規定されている。ただし市街街路との連絡では一般に10km以上（特例として5km）と規定されており、西通道における馬青路・東渡路・疏港路・仙岳路等の市街地街路との取付条件はこの基準以下になる。従って、西通道における設計速度としては1段階低い80km/hを採用する。ただし隧道区間においては走行安全性より60km/hを採用する。

既存街路との取付ランプに対しては、2級一般道路の山嶺重丘地域に適用される40km/hの設計速度を適用する。

## (3) 幅員構成

### 1) 車道幅員

1級道路の基本幅員は2x7.5mであるが、交通量より3x3.75m（片側）とする。

### 2) 中央分離帯幅

高速道路及び1級道路には中央分離帯が設置されなければならない。1級道路に対する中央分離帯幅は2m（特例1.5m）に規定されている。従って西通道においては以下の値を採用する。

橋梁区間	1.5m
隧道区間	分離構造のためなし。
道路区間	2.0m

### 3) 左側側方余裕

左側側方余裕は1級道路において0.5m（特例0.25m）に規定されている。0.5mを採用する。

4) 路肩幅

路肩幅は舗装路肩と土路肩に分類され、1級道路では以下の規定値となっている。

舗装路肩 2.5 m (特例 2.25 m)

土路肩 0.75 m

西通道においては以下の値を採用する。

	舗装路肩	土路肩
橋梁区間	0.75 m	0.0 m
隧道区間	0.5 m	0.0 m
道路区間	2.5 m	0.75 m

5) 管理用道路

1 m 幅の管理用道路を橋梁区間に設ける。

6) 建築限界

公路工程技術標準より 5 m とする。

(4) 平面曲線半径

自動車専用1級道路、自動車専用2級道路及び2・3級一般道路の平面曲線半径は、公路工程技術標準において以下の値以上と規定されている。

表 6-3-2 平面曲線基準値 (公路工程技術標準)

区 分	地 域	設計速度 (km/h)	最小曲線半径 (m)	最大曲線半径 (m)
専用1級道路	平原微丘	100	700 (400)	4000
専用2級道路	平原微丘	80	400 (250)	2500
3級一般道路	平原微丘	60	200 (125)	1500
2級一般道路	山嶺重丘	40	100 (60)	600

注：( ) 内数値は極小値

従って、西通道に対しては以下の設計値を採用する。

表 6-3-3 平面曲線半径設計値

	通 常	極 小	最 大
一般部	400 m	250 m	2500 m
隧道部	200 m	125 m	1500 m
ランプ	100 m	60 m	600 m

(5) 車線幅員拡幅

平面曲線が 250 m 以下の場合には車線幅員を内側に拡幅する。拡幅量は曲線半径に応じて以下の表の数値とする。



表 6-3-4 車線幅員拡幅量

区 分	平面曲線半径 (m)				
	200-250	<200-150	<150-100	<100- 70	<70 - 50
拡幅幅 (m)	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5

出典：公路工程技術標準

(6) 緩和曲線

表 6-3-3の最大曲線半径以下の曲線部には緩和曲線を設ける。緩和曲線の曲線長は以下の値以上とする。

一般部	70 m
隧道部	50 m
ランプ	35 m

(7) 縦断線形

1) 縦断勾配

縦断勾配に関しては、公路工程技術標準において、設計速度に応じて以下のごとく定められている。

設計速度 (km/h)	縦断勾配 (%)
80	5
60	5~6
40	6~7

縦断勾配は急なほど構造物の規模が小さくなるため、事業費が少なくなる。しかし、西通道は市街街路として機能も有しており、大型の公共バスの運行も予想される。上海市の中心市街地に建設された楊浦大橋においては、中国における自動車の登坂・制動能力を考慮して縦断勾配を最大4%（下りは最大3.5%）に設定している。西通道の供用時期としては2000年前後と考えられる。近年の中国における自動車生産は外国企業からの技術導入を進めており、国産車の性能は向上しつつある。一方隧道に対しては公路隧道設計規範は縦断勾配を3%以下にする事を規定している。

しかし、この縦断勾配によって西通道の隧道建設を行う場合、隧道長が長くなりその事業費が巨額になる。諸外国の例では5%が最急勾配である。従って、西通道における縦断勾配はこれらの状況を考慮して表 6-3-5の値を基準値とする。

表 6-3-5 縦断勾配

区 分	最大値 (%)	最小値 (%)
橋梁部	3.5	0.3
隧道部	4.0	0.3
道路部	3.5	0.3
ワラワ	4.5	—
ワラワ	4.0	—

出典：調査団設定

## 2) 最小縦断曲線半径及び最小曲線長

最小縦断曲線半径及び最小曲線長は公路工程技術標準より表 6-3-6の値とする。

表 6-3-6 最小縦断曲線半径及び最小曲線長 (m)

区 分		橋梁・道路部	隧道部	ランプ
凸曲線半径	極小	3000	1400	450
	一般	4500	2000	700
凹曲線半径	極小	2000	1000	450
	一般	3000	1500	700
最小曲線長		70	50	35

出典：公路工程技術標準

## 6.3.3 荷重

### (1) 自動車荷重

中国公路工程技術標準により、自動車専用1級道路に対する荷重として汽車一超20級/挂车一120を採用する。

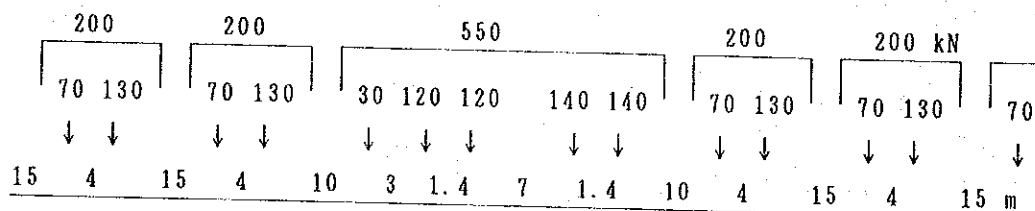


図 6-3-1 汽車一超20級

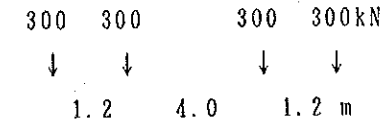


図 6-3-2 挂车 - 1 2 0

吊橋設計用には、等分布荷重と集中荷重に換算して用いる。汽車一超 2 0 級荷重を、1 車両列について最も安全側に換算すると、

等分布荷重  $200\text{kN}/19\text{m} = 10.526 \text{ kN/m}$

集中荷重  $550\text{kN} - 17.8\text{m} \times 200\text{kN}/19\text{m} = 363 \text{ kN}$

である。長さによる低減はない。

西通道（橋梁部）は片側幅員が 12.5 m なので、この中に横方向に最大 4 車両列まで載荷可能である。技術標準の適用支間は明記はしていないが 150~200m 程度以下と考えられる。このような場合に、技術標準どおりに（片側あたり 4 車両列）載荷するか、あるいは本橋は技術標準を かに超えた長い支間となるので車線数分の車両列（片側あたり 3 車両列）だけでよいとするかは、議論のあるところである。

技術標準によれば、2 車両列のときは荷重低減なし、3 車両列では 80% に荷重低減、4 車両列では 70% に低減するように規定されている。それ以上の車両列に対しては規定されていないが、一般には 70% を用いている。

いずれにせよ、中央分離帯により上下車線は分離されているので、全幅員の荷重に対しては片側車両列が上下車線両側で同時に起こる確率を導入するのが妥当である。このとき、上下車線で活荷重（事象）が「独立の性質の事象」であるか「同じ性質の事象」であるかによって、採用する荷重は異なる。たとえば、郊外などで朝夕の通勤時に一方向の交通量がピークとなり上下車線のバランスがくずれているような場合には、独立の性質の事象とみなせる。これに対し、都市内交通のように上下車線の交通量がピーク時にもバランスしているような場合には、同じ性質の事象とみる。同じ性質の事象の場合には、安全側の 70% に低減することにする。

以上の組合せを整理すると、次のとおりとなる。

(a) 独立の性質の事象	2 × 3 車両列	6車 × 80% × 80% = 3.84 車両列
(b) “	2 × 4 車両列	8車 × 70% × 70% = 3.92 車両列
(c) 同じ性質の事象	2 × 3 車両列	6車 × 70% = 4.2 車両列
(d) “	2 × 4 車両列	8車 × 70% = 5.6 車両列

表 6-3-7 にそれぞれの荷重の大きさとともに、各国の基準による荷重強度の比較を示した。

中国における6車線橋梁の例では、上海での二つの斜張橋（南浦大橋、楊浦大橋）は(c)の6車×70%=4.2車両列に相当する荷重で設計されており、江陰長江大橋（中央径間1,385mの吊橋）は根拠は不明であるが結果的に(a)に近い荷重40kN/mで設計している。

西通道は将来は都市内道路となることから、上下車線の荷重は独立の事象とは考えにくいので、(a)と(b)は採用しない。(d)の58.9kN/mでは外国の基準と比べてあまりにも大きい。本橋では上海の二つの斜張橋に習い、(c)6×70%=4.2車両列に相当する荷重を採用する。すなわち、等分布荷重44.2kN/m、集中荷重1,520kNとする。

結果としては等分布荷重(44.2kN/m)は各国の最大値を少しだけ超える程度の値であるが、集中荷重(1,520kN)はとび抜けて大きい。これは1車両列の段階で最も安全側を採用したことによるものである。吊橋の設計では集中荷重の影響は小さいので、このまま用いる。詳細設計段階では検討を要する。

表 6-3-7 自動車荷重強度の比較

		支間長	500	600	700	800	900 m
本 橋	(a)	等分布荷重	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4 kN/m/Br.
		集中荷重	1390	1390	1390	1390	1390 kN/Br.
	(b)	等分布荷重	41.3	41.3	41.3	41.3	41.3 kN/m/Br.
		集中荷重	1420	1420	1420	1420	1420 kN/Br.
	(c)	等分布荷重	44.2	44.2	44.2	44.2	44.2 kN/m/Br.
		集中荷重	1520	1520	1520	1520	1520 kN/Br.
	(d)	等分布荷重	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9 kN/m/Br.
		集中荷重	2030	2030	2030	2030	2030 kN/Br.
米国基準		等分布荷重	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9 kN/m/Br.
		集中荷重	530	530	530	530	530 kN/Br.
英国基準		等分布荷重	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0 kN/m/Br.
		集中荷重	400	400	400	400	400 kN/Br.
本四基準		等分布荷重	45.7	43.2	41.3	39.8	38.6 kN/m/Br.
		集中荷重	1130	1140	1140	1150	1160 kN/Br.

注：英国基準は衝撃を含んだ値である。

## (2) 衝撃係数

中国公路橋涵設計規範における規定値を一般に用いるが、中央支間500mを越える長大鋼橋については、日本国本州四国連絡橋公団の設計基準を採用する。

## (3) 管理用通路荷重

管理用通路に対する荷重は、公路工程技術標準より群衆荷重として $3 \text{ kN/m}^2$ を載荷する。

## (4) 風荷重

中国公路橋涵設計規範における規定値を一般に用いるが、中央支間500mを越える長大橋梁については、日本国本州四国連絡橋公団の耐風設計設計基準を採用する。設計風力については、中国基準において廈門市では $1000 \text{ Pa}$ （地上20m、10分間平均、100年期待値、 $40 \text{ m/s}$ 相当）とされている。本四公団基準では設計風速は地上10mの値で規定されているので、高度補正すれば、

$$V_{10} = 40 / 1.10 = 36.4 \text{ m/s}$$

に相当する。上海市南浦大橋においては、設計風速として $V_{10} = 32 \text{ m/s}$ が上海気象台における30年間の観測データより設定されている（地上10m、100年期待値）。上海における設計風力は $800 \text{ Pa}$ と規定されているので、廈門市における $V_{10}$ は、

$$V_{10} = 32 \times (1000 / 800)^{1/2} = 35.8 \text{ m/s}$$

に対応することになる。以上を総合して設計風速 $V_{10}$ としては $36 \text{ m/s}$ を採用する。

## (5) 地震荷重

中国地震烈度区画図（1990）の規定によれば、廈門市周辺地域は震度階7に分類されている。ただし、その運用規定においては、特殊・大規模・重要建設工事或いは地震震度階の境界付近の建設工事では、震度階の選定に国家地震震度階評定委員会の承認が必要と規定されている。第6章1節付属資料に示す推定では廈門市での今後100年間程度における強震期待値は震度階6～7とされている。この震度階に対する地震加速度は地表面で最大 $0.1 \text{ g}$ となる。

震度階では廈門市沖合いの金門島の東半分は、震度階8の地域に分類されている。また西通道建設計画は工事規模が大きく、またその社会的影響も広範囲に及ぶ事業である。廈門大橋の設計においては、潜在的震源分布図、震度階・頻度相関、土質加速度減衰係数等のデータを基に、表6-3-8に示す地表面における地震加速度超過確率の関係を分析し、その最大水平加速度として100年に0.1回の超過確率の $194 \text{ gal}$ を採用している。

表 6-3-8 供用期間、超過確率と地震加速度 ( gal)

供用期間	超過確率				
	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
1年	60	73	90	105	194
30年	147	174	209	233	—
50年	167	194	227	251	—
100年	194	219	251	301	—

出典：高集海峡大橋場址工程地震工作報告、1986年4月  
国家地震局地球物理研究所他

一方、厦門大橋周辺の地層分布とその振動応答特性を利用して2次元有限要素模型解析も行っている。地層分布として基岩の上に不等厚の堆積層及びシルト層が分布して堆積しているモデルで、基岩（模型上では地表面下60m）における最大水平加速度を102galとし（年超過確率 $1 \times 10^{-3}$ ）、加速度応答スペクトルは表6-3-9のごとく設定している。

表 6-3-9 加速度応答スペクトル

周期 (秒)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	2.0	—
Sa(gal)	102	314	314	205	112	53	25	—

出典：高集海峡大橋場址工程地震工作報告、1986年4月  
国家地震局地球物理研究所他

解析結果によれば、橋軸方向各地層上の各点における応答加速度は以下の範囲となっている。

シルト層	81~330gal
堆積層	68~211gal
基岩	53~156gal

震度階の選定は国家地震震度階評定委員会の承認が必要になる。しかし、本調査期間中に震度階あるいは基本設計加速度の設定が、上記委員会の承認を経ることは不可能である。厦門大橋における設計加速度194galは1000年に1回の確率の基に選定されており、この超過確率の選定は安全側過ぎると考えられる。また、大型基礎の設置される地層は岩盤層であり、その設計加速度は上記の値より小さくなる。ここでは構造物の重要度を考慮して、200年に1度の確率を基準とし、基本設計加速度として0.13gの値（基礎底面）を採用する。

#### (6) 温度変化

鋼構造物については最高・最低気温記録より $\pm 19^{\circ}\text{C}$ 、コンクリート構造については月平均最高・最低気温記録より $\pm 11^{\circ}\text{C}$ とする。

### 6.3.4 使用材料及び許容応力度

#### (1) コンクリート材料

##### 1) 設計強度

公路橋函設計規範における規定では、鉄筋コンクリート及びプレストレストコンクリートに用いられるコンクリートは表 6-3-10 のものとされている。

設計強度 32.5 MPa 以上は規定されていないが、参考値として 40 MPa 程度までのものについて外挿値として計算した。

表 6-3-10 コンクリート設計強度および標準強度 (MPa)

強度種類	規 格							
	20	25	30	40	50	60	70	80
設計強度	11.0	14.5	17.5	23.0	28.5	32.5	36.5	40.5
標準強度	14.0	17.5	21.0	28.0	35.0	42.0	49.0	56.0

注：規格 70、80 は規定外。外挿値

##### 2) 許容応力度

コンクリート構造及びプレストレストコンクリート構造に対しては、橋函設計規範では部材の終局強度及び供用時の変形について検討することが求められている。従ってコンクリートに対する許容応力度の基準は設定しない。

##### 3) クリープ、乾燥収縮

クリープ、乾燥収縮は多くの要因が関係し単純ではないが、当該調査においては公路鋼筋混泥土及預応力混泥土橋函設計規範の附表 4.2 より以下の値を採用する。

表 6-3-11 コンクリートのクリープ、乾燥収縮

	材 令 (日)	理論部材厚 (cm)	
		20 以下	60 以上
クリープ係数	3 - 6	2.7	2.1
	7 - 60	2.2	1.9
	> 60	1.4	1.7
乾燥収縮係数 ( $10^{-4}$ )	3 - 6	2.6	2.1
	7 - 60	2.3	2.1
	> 60	1.6	2.0

(2) 鉄筋及びP C鋼材

鉄筋及びP C鋼材については公路橋函設計規範における規定値（表 6-3-12参照）を用いる。

(3) 構造用鋼板

構造用鋼板については、公路橋函設計規範に規定されるもの（表 6-3-13参照）以外のものについては、日本道路協会の道路橋示方書に規定するものを使用する。

表 6-3-12 鉄筋及びP C鋼材材料強度 (M P a)

鋼材種類		引張設計強度	圧縮設計強度	標準強度
1級鉄筋		240	240	240
2級鉄筋		340	340	340
3級鉄筋		380	380	380
4級鉄筋		550	400	550
5号鋼鉄筋		280	280	280
冷間引抜 2級鋼棒	双	450	340	450
	単	420		
冷間引抜 3級鋼棒	双	530	380	530
	単	500		
冷間引抜 4級鋼棒	双	750	400	750
	単	700		
冷間引抜 5号鋼棒	双	450	280	450
	単	400		
5級鋼棒（熱処理）		1200	400	1500
P Cより線φ7.5		1440	380	1800
P Cより線φ9.0		1360	380	1700
P Cより線φ12.0		1280	380	1600
P Cより線φ15.0		1200	380	1500

注：1）2級鉄筋で径28mm以上の場合、設計強度は320MPa



(4) 吊橋ケーブル

吊橋のケーブルについては、本州四国連絡橋公団基準を適用する。

主ケーブル（溶融亜鉛メッキ鋼線）：640MPa / 720MPa

ハンガーロープ：破断保証強度の1/4

表 6-3-13 構造用鋼板許容応力度（公路橋涵設計規範）（MPa）

鋼材種別	A 3	1 6 Mn	Z G 25II	Z G 35II	Z G 45II	4 5 号鋼
軸圧縮	1 4 0	2 0 0	1 3 0	1 5 0	1 7 0	2 1 0
曲げ	1 4 5	2 1 0	1 3 5	1 5 5	1 8 0	2 2 0
せん断	8 5	1 2 0	8 0	9 0	1 0 0	1 2 5

注：本体構造には普通 A 3 及び 1 6 Mn を用いる。鋳物類には Z G 25II 以上を使用する。ヒンジ、ピン類には 4 5 号鋼を使用する。



## 第7章 西通道渡海ルート及び構造形式の検討

### 7.1 検討概要

本章においては西通道渡海ルート及び構造形式を選定するため、廈門島と海滄地区を結ぶ渡海方式を検討した。交通容量の観点からフェリーによる輸送方式は非現実的とし、橋梁形式或いは隧道形式による渡海方式を選定した。

渡海ルートに関しては廈門大橋以南の3ルートを検討対象として選定し、それぞれの工費、施工難度、維持管理、航行船舶への影響、交通流処理、環境への影響等の諸面から比較を行い、東渡港－排頭／水頭ルートが最も環境面での影響が少なく、交通流の処理が簡単であり、交通開放後の交通便益が最大に見込まれることより渡海ルートとして選定した。廈門大橋位置に関しては将来の廈門市に置ける道路網での位置付けとして、廈門市の北部地域と廈門島とを結ぶ地域幹線とされているため、西通道建設ルートとしての代替案には含めなかった。

さらに、この東渡港－排頭／水頭ルートにおいて、橋梁及び隧道建設代替案を作成し技術的、経済的な比較検討の結果構造形式としては橋梁形式を選定した。以下に検討内容の詳細を述べる。

### 7.2 渡海方式について

廈門島と海滄地区を結ぶ交通路の手段としては以下の方式が建設可能と考えられる。すなわち、

- a. フェリー
- b. 橋梁
- c. 隧道

である。フェリー方式は旅客及び車両輸送に都市内の交通手段として活用されている例は多くある。廈門市においては、鼓浪嶼－廈門島間に旅客フェリーが運行されている。また上海市においては、市内を流下する黄浦江を横断する旅客及び車両フェリーが多地点で運営されており、多くの市民の利用がなされている。

上海市における車両フェリーは約400～500mの川幅を横断して運行されている。1隻のフェリーの運送容量は約10～20台／運行であり、ピーク時には約10分間隔で運行されている。3～4隻のフェリーによる運行によって、日あたり約3千台の車両（往復）が輸送されているが、乗船待ちの車両もかなり多くみられる。

廈門島と海滄地区を結ぶ交通路としてフェリーを考慮した場合、廈門島側のフェ

リー埠頭の位置は、現在の市街地の交通状況から考えて東渡埠頭第二期付近に選定されよう。航路距離としては1.5 km程度であり、航行時間としては10分程度と考えられる。しかし、問題はその輸送力にある。上述のごとく1シフト（フェリー3～4隻1組）あたり3千台/日が限度であり、2シフトとしても6千台/日にすぎない。設備投資額は少額ですむが、交通幹線として将来の海滄地区と厦門島を結ぶ交通路としてははなはだ不十分な規模と言える。西通道の交通需要量は2000年時点においても1～1.5万台/日と考えられるので、フェリー方式は不適切と結論できる。

従って、本調査においては西通道の渡海方式は、橋梁及び隧道の2方式について検討を行うこととする。

### 7.3 渡海地点代替案の検討

#### 7.3.1 渡海地点代替案の概要

厦門島と海滄開発区との連絡路の位置としては、両地域を含む地形及び交通条件より、図7-3-1に示す3地点が考えられる。

##### (1) 北部路線

厦門島高殿と海滄地区鰲冠とを連絡する路線で、東渡港第二期の及び排頭埠頭の北側に位置する。渡海距離としては約4.6 kmとなるが、航路条件が緩和されるため橋梁建設条件が楽になる。

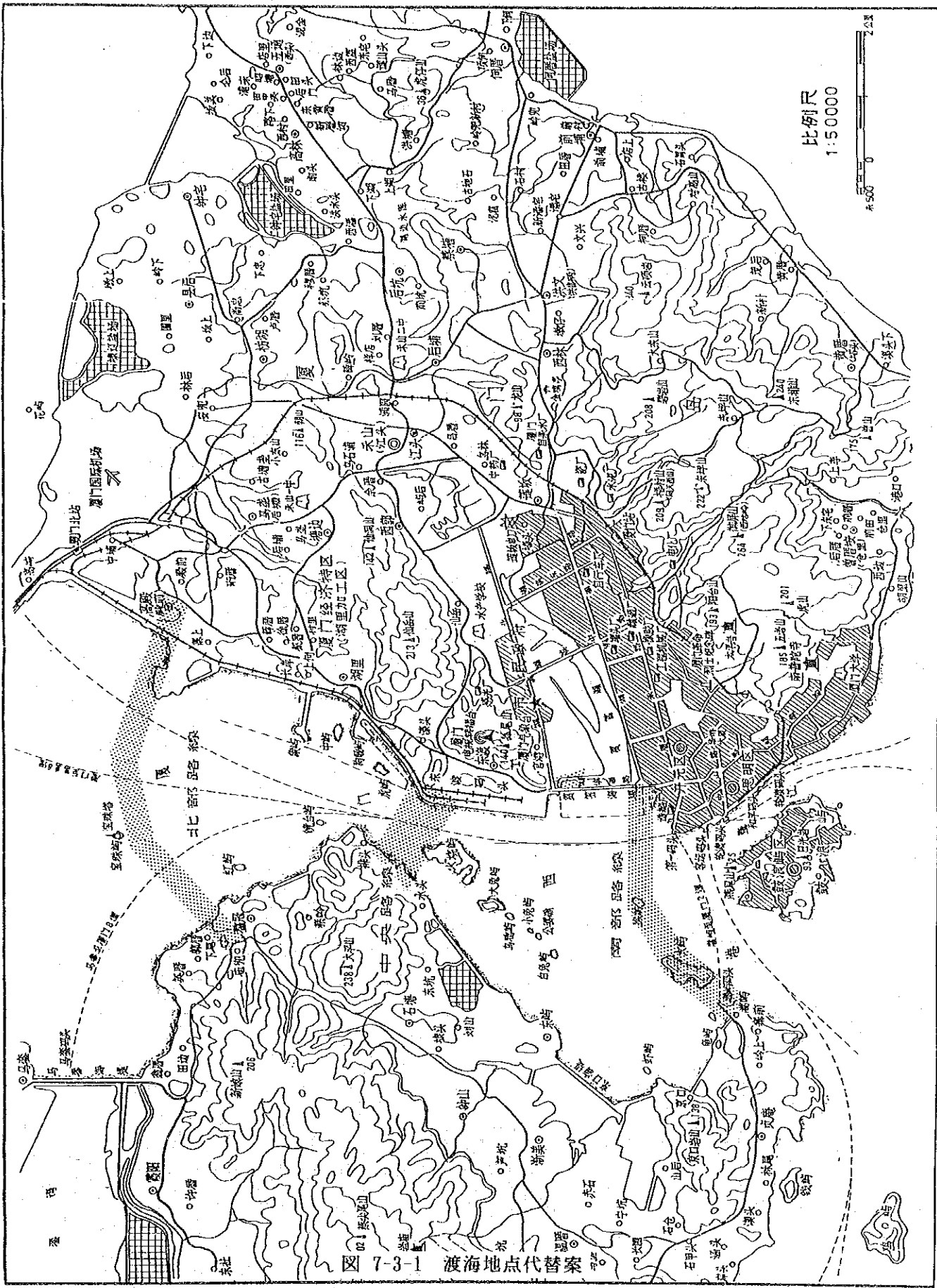
##### (2) 中央路線

厦門島東渡埠頭地区と海滄地区排頭/水頭集落とを連絡する路線であり、3路線の内最も渡海距離が短い（約1.2 km）。東渡港の中央を横断する路線のため橋梁に対する制約条件は厳しく、また厦門国際空港の航空路の下に位置しているため、構造物の高さ制限を受ける。

##### (3) 南部路線

厦門島開元区筲筍湖付近と海滄地区嵩嶼とを連絡する路線であり、その中間の大嶼及び猴嶼を經由する。渡海距離は約3.4 kmである。猴嶼の両側の海域は厦門港の主要航路となっているため、航路条件が厳しくなる。また大嶼は将来港湾区として開発が予定されており、その面からの制約も受けることになる。鼓浪嶼は旅遊観光区域として大規模開発に対する規制が厳しいので、路線検討から除外した。

以上の3路線に対する渡海形式としては、橋梁及び隧道は3路線とも建設可能で



あるが、隧道の場合地盤条件がそれほど変わらなければ、渡海距離が短いほど建設費は少なくなることは明白である。従って、北部及び南部路線について隧道形式を検討することは不要である。この3地点の内橋梁方式による最適地点選定するため、比較検討を行う。

### 7.3.2 渡海地点代替案の比較、最適地点の選定

#### (1) 各路線ルート及び構造の概略検討(図7-3-2参照)

##### 1) 北部路線

海底の標高は最深で-15m程度であり、また航路条件として航路幅150m/航路高35m程度とすれば、コンクリート桁橋で建設可能である。航路としては杏林集美及び高崎の3ルートがあるので、この部分については中央支間200mの連続桁を設けることになる。廈門島側は臨港鉄道が敷設されているので高架で交差し、長岸路に接続する。海滄地区側は鰲冠の集落を避けて馬青路に接続する。航路部分以外は30~60mのコンクリート桁橋を用いる。海中部の橋脚基礎については海底面より7~15m下に中風化の流紋岩が分布しているので、RC現場打杭を用いる。

廈門島側の取付部は市街化があまり進行していないので、用地確保における問題は少ない。

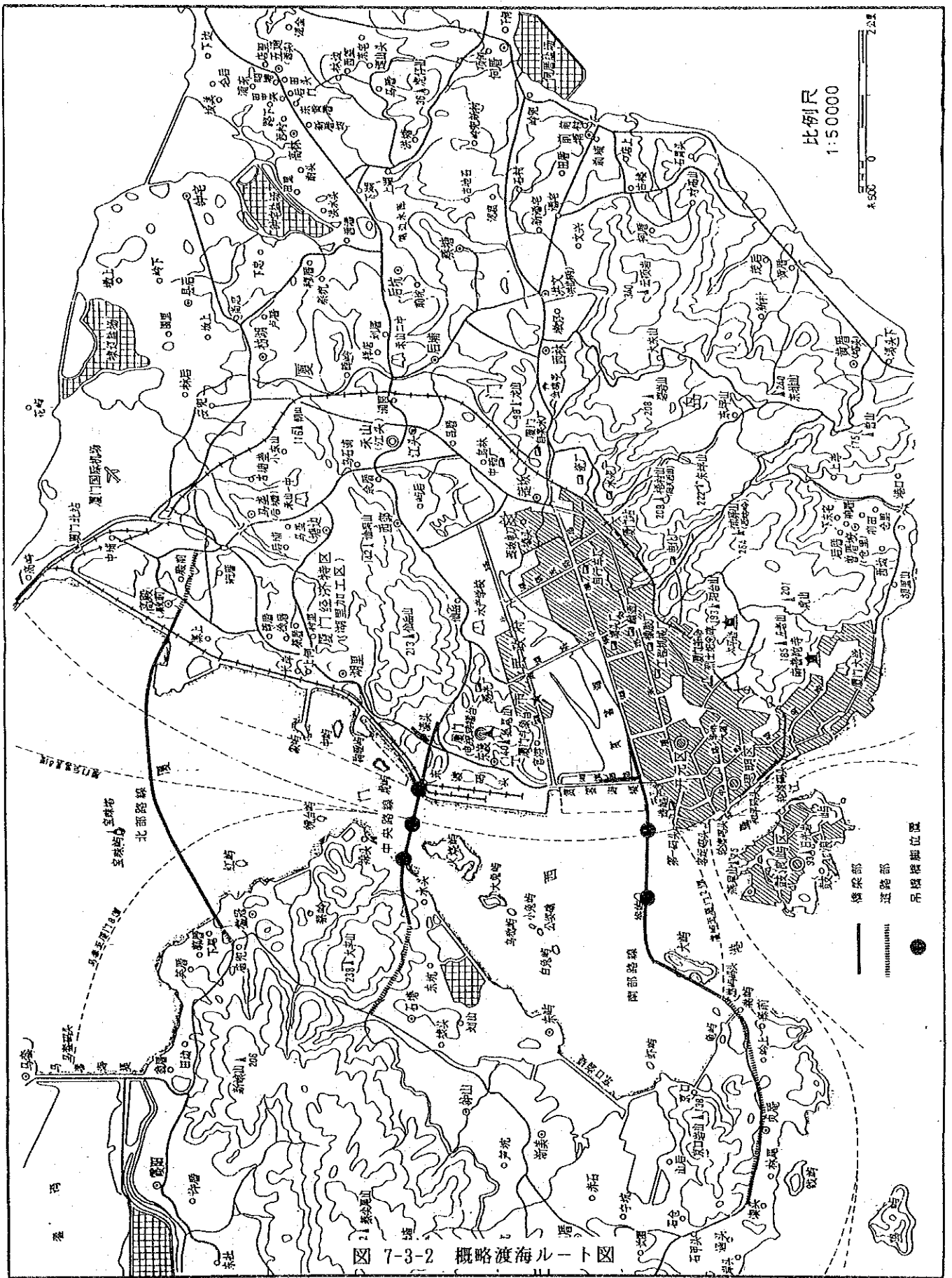
主橋梁 : コンクリート連続箱桁 120 + 200 + 120 m 3橋  
アプローチ : 30~60m支間長のコンクリート桁橋  
橋長 : 約5.2km

##### 2) 中央路線

火燒嶼の周辺は海峡幅が狭くなっているため水深が深く、潮流も早い。火燒嶼の東側は廈門港の主航路として利用されているため、橋脚の設置位置は制限される。また西側水路については、将来浚渫して水路として利用する可能性があるため、海底標高-5m以上の海中部分に橋脚の設置は困難である。更に航空路からの高さ制限(標高137~145m程度、施工時含まず。)のためそれ以上高い塔の建設は不可能である。航路高は55m(船舶高53m+余裕2m)とする。

廈門島側の取付道路部は東渡路から仙岳路にかけて住宅及び工場が多数立地しており、用地取得における移転補償が必要になる。海滄地区側においては排頭/水頭集落を避ければ、丘陵地域であり問題は少ない。

地質的には海滄地区の海岸沿に150~200mの断層帯が分布しており、この



部分を大型構造物は避けることが要求される。海中部に設置される主塔の基礎はケーソン形式を用いる。海滄地区及び廈門島における橋脚の基礎は、地表面からさほど深くない位置に岩盤層が予想されるので、直接基礎とする。

以上の条件の下に、概略橋梁構造を検討すれば、以下のごとくとなる。

主橋梁 : 3 径間連続吊橋  $250 + 600 + 600 + 160 + 100$  m  
アプローチ : 30 ~ 50 m 支間長のコンクリート桁橋  
橋長 : 約 3.5 km

### 3) 南部路線

この路線では猴嶼の両側の航路を避けるため長径間の橋梁が必要となる。橋脚の位置としては猴嶼近辺及び筲筴海堤前面の浅瀬が最適と思われる。大嶼の付近は港灣区域とされているので、埠頭区域の背面を通過するようにし、嵩嶼に連結する。

廈門島側は筲筴海堤前が市街地域として埋め立てられているので、土地収用の問題がある。取付道路としては湖濱西路及び湖濱南路となる。両道路共自転車道・歩道付きの4車線道路として整備されており、特に湖濱南路は両側が市街地となっているため、ランプ用地の選定に困難を伴う。

アプローチ橋梁の海底標高は浅いので直接基礎形式の橋脚を用いる。また主橋梁の構造物基礎についても、支持岩盤が比較的浅い標高で期待できるので、直接基礎形式を考える。航路高として55m、また航空制限から構造物高さは160mに制限される。

主橋梁 : 3 径間吊橋  $500 + 1000 + 500$  m  
アプローチ : 30 ~ 60 m のコンクリート桁橋  
橋長 : 約 4.8 km



(2) 渡海地点代替案比較及び最適案の選定

(1) における3渡海地点代替案についての比較検討を表7-3-1に示した。

表 7-3-1 渡海地点代替案の比較検討

評価項目	代 替 案		
	北部路線	中央路線	南部路線
建設費用	橋長は3案中最長であるが、建設費は最小。	全体橋長は最短。建設費は第二位。	橋長長く、吊橋規模も大きくなり、建設費最大。
施工難度	海中施工区間が長く、橋脚施工に問題が多い	吊橋の施工実績なし。海中橋脚施工1基	浅瀬であるが海中施工部分が長い。
維持管理	コンクリート構造として鋼構造より有利。	吊橋上部構造の維持管理に経費必要。	吊橋上部構造の維持管理に経費必要。
船舶航行	施工中の船舶航行に配慮必要。	吊橋中央橋脚施工時に船舶航行に配慮必要。	吊橋橋脚及びアソビ施工時に船舶航行への配慮
道路交通	路線が北に偏り過ぎ、基幹道路として不適。	路線は中央に位置し、交通流配分として最良	路線が南に偏る過ぎ、海滄区北部の交通に不便。
環境影響	工事中の海水汚濁大、養殖漁業への補償必要 廈門島取付部の住宅移転必要	養殖漁業への補償、仙岳路取付部の住宅移転が多い、工事中の海水汚濁の可能性	廈門島側の取付用地確保に難、工事中の海水汚濁高圧線移設必要、大型船舶航行障害の可能性

北部及び南部路線においては、海滄地区及び廈門島の道路網（現在及び将来）との関係を見た場合、位置的に偏り過ぎており、交通効率として問題が多く、またそのための建設による経済効果が少なくなると考えられる。特に北部路線は現在の廈門市中心地区と約8km離れた位置となり、中央路線と比べた場合、海滄地区南部から市中心街までは約13km余分に走行する必要がある。また南部路線の場合、廈門島側の取付部は廈門市の市街地の中心地区であり、既存道路の交通容量から見て、幹線道路としての機能を整備することはかなり困難である。また、廈門市の都市計画においては、西通道—仙岳路—東通道は廈門市街地を横断する幹線道路として計画に組み込まれており、北部路線及び南部路線をその計画に組み直すことは困難である。

環境影響については3路線とも問題を有しているが、南部路線は廈門島側取付部の家屋或いは商業地域の移転が大規模になり、その実現には非常な困難を伴う。また船舶航行に対しては、吊橋の大型下部構造が廈門港主航路そばに建設されることになり、施工時に船舶航行に影響を与える。また中央路線は補償問題が主たるものであり、自然環境への影響は比較的少ないといえる。北部路線においては海中工事量が多くなり、工事による海水汚濁は避けられない。

以上の検討結果より渡海地点としては東渡港 - 排頭/水頭ルートを選定する。

## 7.4 東渡港 - 排頭 / 水頭集落渡海地点におけるルート及び構造形式の検討

### 7.4.1 橋梁代替案

#### (1) ルート

橋梁のルートについては、地形、地質、航路、航空路及び港湾施設等の制約条件（付属資料-6参照）を考慮し、図 7-4-1に示す4ルートを考えた。

##### 1) No. 1ルート

このルートでは牛糞礁及び海滄側陸上部に橋脚を設ける。

吊橋支間割  $250(A1) + 890 + 330 + 100(A2)$

##### 2) No. 2ルート

牛糞礁、火焼嶼北側の浅瀬及び海滄側陸上部に橋脚を設ける。

吊橋支間割  $200(A1) + 500 + 500 + 330 + 200(A2)$

##### 3) No. 3ルート

東渡埠頭、火焼嶼北側の浅瀬及び海滄側陸上部に橋脚を設ける。

吊橋支間割  $250(A1) + 600 + 600 + 160 + 100(A2)$

##### 4) No. 4ルート

東渡埠頭、火焼嶼東側・西側の浅瀬、海滄側海中部及び陸上部に橋脚を設ける。

吊橋支間割  $210(A1) + 580 + 220 + 100(A2)$

鋼箱桁支間割  $130(AP1) + 210 + 130(AP2)$

以上4ルートにおける主橋梁の支間長は500m以上となり、構造形式としては一般に斜張橋及び吊橋が適用される。しかし、斜張橋では主塔の高さが少なくとも標高15.5m必要になるので（支間長580m）、航空制限より適用不可能である。従って、ここでは主橋梁として吊橋構造について検討を進める。

#### (2) 橋梁代替案

##### 1) 代替案一般形状寸法

各ルート毎の橋梁代替案の橋梁一般形状寸法を図 7-4-2に示した。詳細に付いては付属資料-6参照のこと。

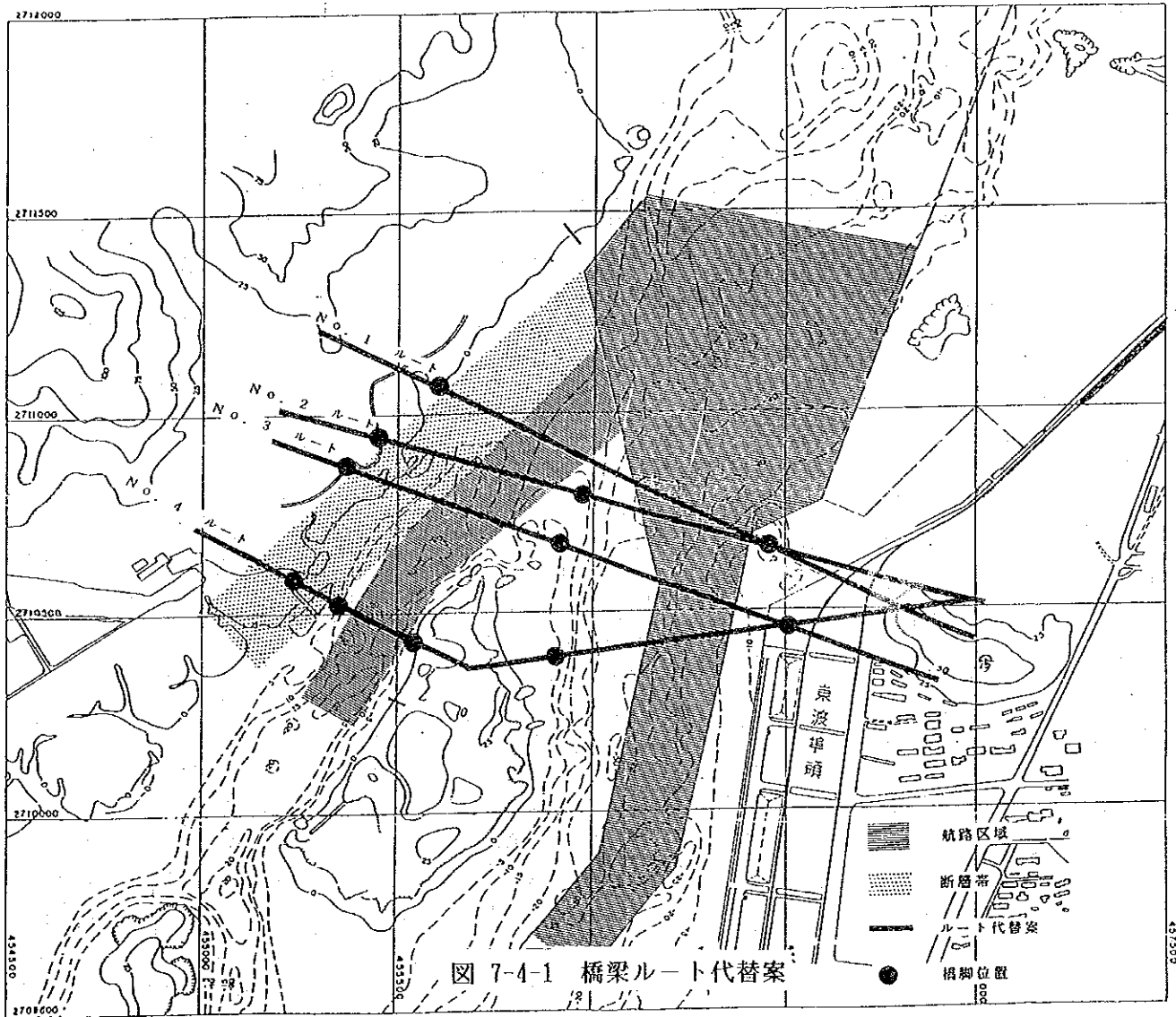
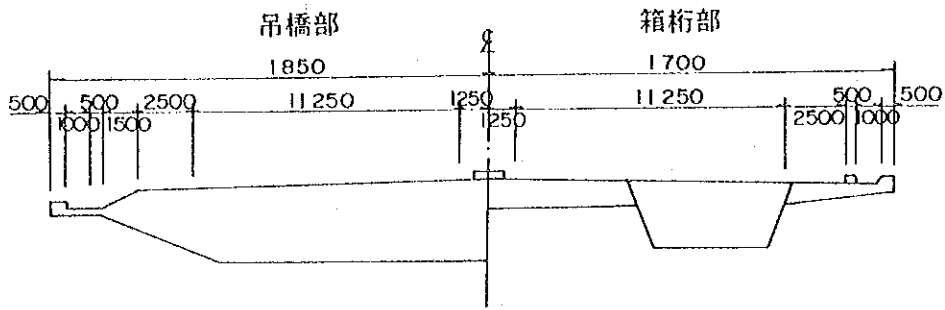
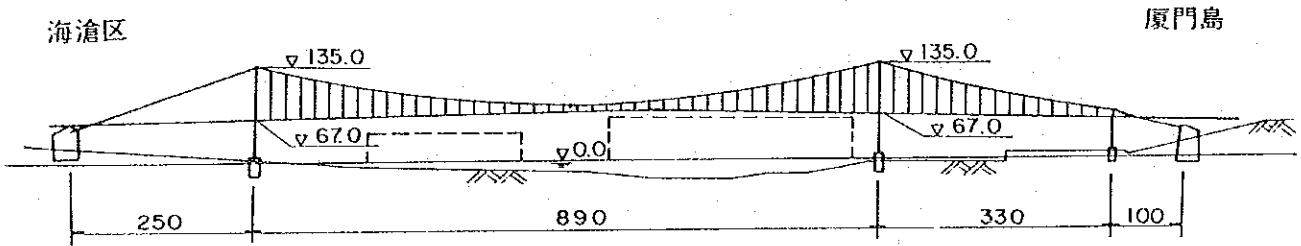


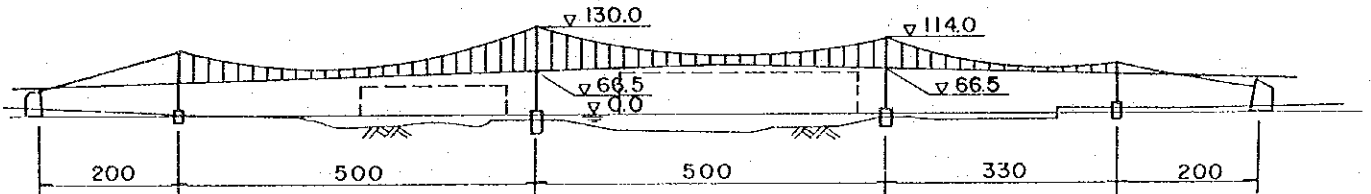
図 7-4-1 橋梁ルート代替案



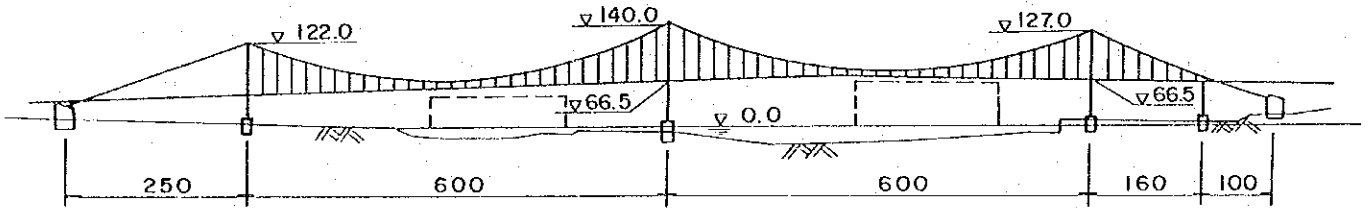
NO. 1



NO. 2



NO. 3



NO. 4

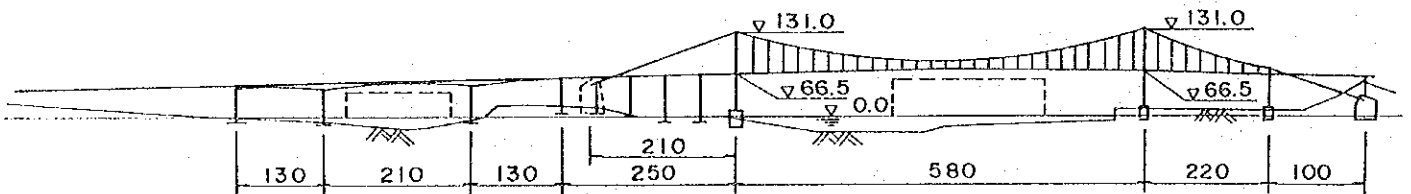


图 7-4-2 桥梁代替案一般图

## 2) 代替案の特質、問題点

No. 1 ルートの案は航路及び断層帯を避けて吊橋の支間長を大きく設定した案であり、従って構造物の諸元も大きくなる。主塔橋脚の高さが航空路高さ制限のため十分に確保できないため、ケーブルのサグ比が小さくなり、ケーブルの水平張力は他の案に比べて約2.5倍となっている。アンカレイジの構造は大きくなるが、水中施工の必要な橋脚は1基だけであり、下部構造の施工は楽になる。

No. 2 ルートの案は、No. 1 ルート案の構造諸元を小さくするため火焼嶼北部の浅瀬に、航路を避けて橋脚を設置した案である。ケーブルの水平張力は約2万トン/橋とかなり小さくなるが、多径間式の吊橋となるため補剛桁のたわみは第4案に比べると大きくなる。また、水中施工の必要な橋脚は2基となるため、更に航路近辺の施工となるため、下部工施工の難度が高くなる。

No. 3 ルートの案は、No. 2 ルート案の支間長を大きくし、下部構造の施工を楽にしたものである。吊橋主塔橋脚のうち廈門島側のものは現在の東渡埠頭に設置し、海滄地区側と同じく陸上施工としている。中央の主塔橋脚は火焼嶼北側の浅瀬に位置しているので、航路に対しても影響は少ない。廈門島側主塔位置は埠頭岸壁に近接して計画しているが、港湾条件より鉄道引込線間に設置する場合には、吊橋の支間長は約100m長くなる。ケーブルのサグ比を大きく取っているため、ケーブル水平張力はNo. 2、4ルート案と大差ない。東渡埠頭の橋脚位置については港湾局の承認が必要であり、また施工時は埠頭荷役に対する配慮が要求される。

No. 4 ルートの案は、火焼嶼を經由して廈門島と海滄地区を結ぶ案である。火焼嶼西側の水路に対しても吊橋構造が可能であるが、経済的及び景観的に劣るので鋼箱桁構造としている。火焼嶼上では路面は曲線となる。この案では水中施工の必要な橋脚は3基となる。ただし全て浅瀬に位置しているので、施工が困難と言うわけではない。海滄側端橋脚（AP1）は断層帯上に位置しているが、地質的には不活性であり、橋脚基礎の支持力的にも十分強固と考えられる。東渡埠頭の橋脚については港湾局の承認が必要であり、また施工時は埠頭荷役に対する配慮が要求される。

## 3) 橋梁直接工事費

橋梁直接工事費の概算値を表7-4-1に示した。この概算値には橋面舗装工、照明、安全設備等は含んでいない。また工事単価は予備段階であり、精度は橋梁代替案の比較に用いるレベルである。

表 7-4-1 橋梁代替案概略直接工事費比較

	ル ー ト			
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
橋梁上部延長 (m)	1 2 2 0	1 3 3 0	1 3 6 0	1 5 2 0
上部工費 (億円)	7. 3 4	4. 4 7	4. 9 1	4. 1 5
下部工費 (億円)	0. 7 5	0. 6 1	0. 5 7	0. 7 2
合計工費 (億円)	8. 0 9	5. 0 8	5. 4 8	4. 8 7

(3) 最適橋梁ルート代替案の選定

工事費としてはNo. 4が最も少ないが、実質的にNo. 2～4はほぼ同じと考えられる。ただし、No. 3～4は廈門島側主橋脚位置が鉄道引込線間に設置する事になれば工事費は上表の値より多くなる。その他の条件に関しては以下の諸点が挙げられる。

- 1) No. 2は中間主塔位置が航路に近接して航行船舶に大きな影響を与える可能性があり、また水深としても満潮時には14m程度になる。火焼嶼からの栈橋長が長くなるなど施工的にも最も条件が悪くなる。
- 2) No. 4の場合には海中橋脚の施工が多くなること、海滄側端橋脚が断層帯上に設置されることに加え、火焼嶼の北側部分がかなり掘削されることになる。火焼嶼の西側水路及び北側部分は養魚場として利用されており、この面の補償問題はNo. 4の場合多くなる。断層上の橋脚設置については追加検討が必要である。
- 3) No. 3の中間主塔は火焼嶼北側の浅瀬に位置しており、航路からも離れており、また引き潮時の火焼嶼周辺の潮流に対しても（満潮時よりも引き潮時の潮流が激しい。）、位置的に影響の少ない地点である。ただし構造的には施工された例がなく、検討すべき課題は多い。
- 4) No. 1は工事費は他の案に比べて約30～40%（No. 3、4の廈門側主塔位置が鉄道引込線間になる場合は比率は少なくなる）多くなるが、航路障害或いは漁業補償の点で問題が少なく、また施工技術的に一番問題が少ない。  
以上の理由により、橋梁ルート代替案としては施工上問題の少ないNo. 1及びNo. 3また工費的に経済的なNo. 4を選定し、更に詳しく技術的検討を行う。

(4) 既存及び将来計画街路への取付

西通道と既存及び将来計画街路への取付は、渡海ルート周辺条件より以下のごとくとなる（図 7-4-3参照）。

1) 海滄地区

現在建設中の馬青路に接続する。馬青路は4車線で計画されているので、西通道

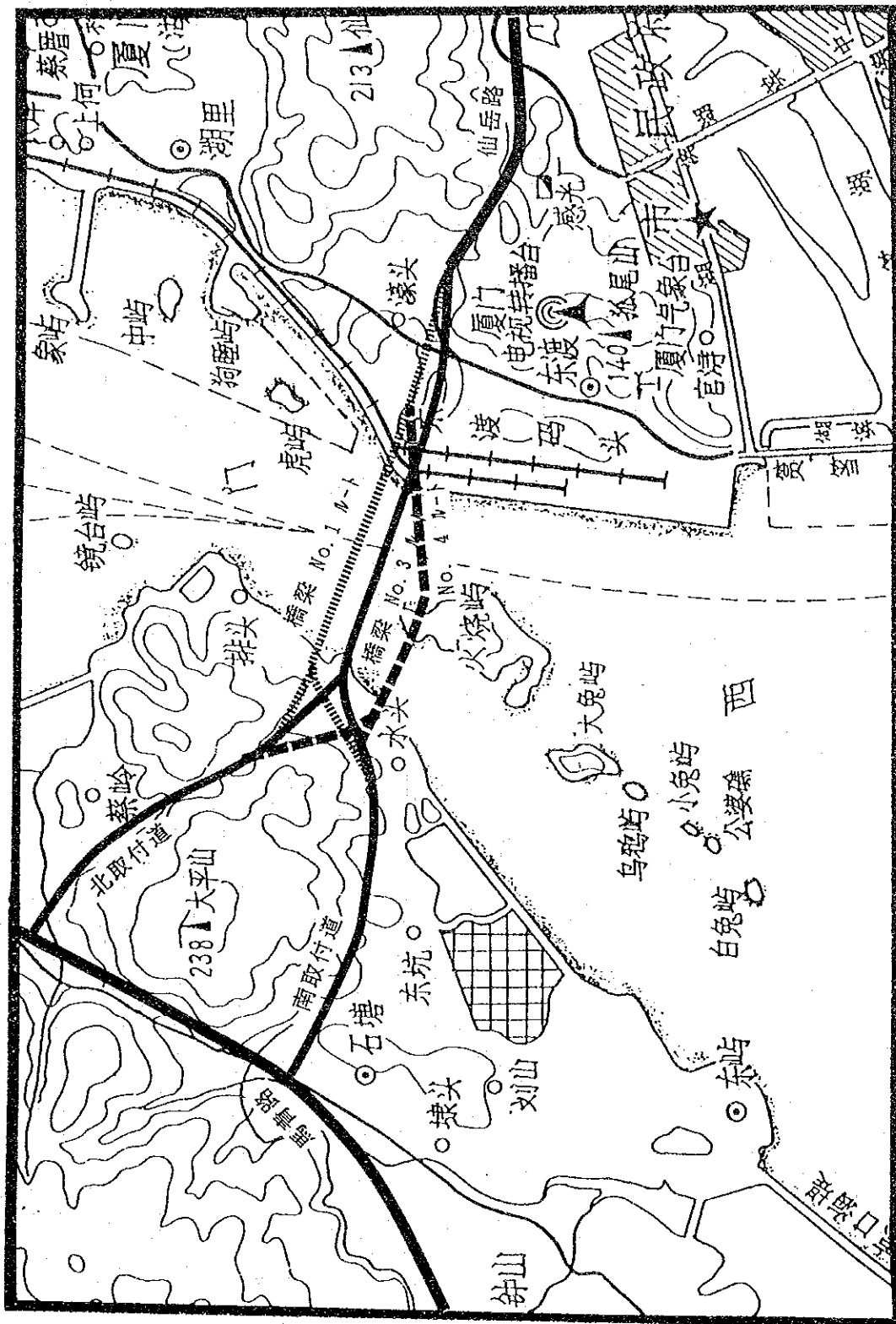


图 7-4-3 桥梁代替案全体ルート图

は大平山の東側で分岐し、4車線づつの南北取付道で馬青路に接続する。この接続については当面西通道利用交通量が少ないので、南北いずれかの取付道を先行して施工する。

2) 厦門島側

東渡路及び現在改良中の仙岳路に接続する。東渡路は改良済みの4車線道路であり、仙岳路は厦門島横断の幹線道路として6車線で計画されている。従って、仙岳路への接続は6車線本線のままで行い、東渡路に対しては2x2車線のランプで接続する。

(5) 橋梁代替案全体直接建設費

橋梁計画案に対する仙岳路から馬青路までの区間について、直接建設費を以下の項目に区分して概算する。ただし概算値には東渡路への接続、大平山北側取付道路、交通管理施設及び有料料金徴収施設の費用は含んでいない。

- a. 主橋梁直接工事費
- b. アプローチ橋梁工事費
- c. 取付道路工事費
- d. 間接費 . . . a～cの合計の22.0%
- e. 技術経費及び税金 . . . a～dの合計の12.0%

表7-4-2に橋梁代替案に対する概略建設費内訳を示した。No.1ルートは全体道路延長が長くなっているが、馬青路への取付道路を太平山の南山麓に仮に設定したためである。ただし、取付道路の工事費は全体に占める割合が少ないため、全体工費に対してさほど影響していない。

表 7-4-2 橋梁代替案直接建設費 (億元)

項 目	No. 1ルート	No. 3ルート	No. 4ルート
計画道路全長 (m)	6 3 0 0	6 0 0 0	5 8 2 0
主橋梁延長 (m)	1 2 2 0	1 3 6 0	1 2 7 0
取付橋梁延長 (m)	3 0 8 0	2 3 4 0	2 2 5 0
取付道路延長 (m)	2 0 0 0	2 3 0 0	2 3 0 0
主橋梁工事費	8 . 0 9	5 . 4 8	4 . 8 7
アプローチ橋梁工事費	2 . 0 4	1 . 5 5	1 . 3 2
取付道路他工事費	0 . 1 0	0 . 1 1	0 . 1 1
間接費	2 . 2 5	1 . 5 7	1 . 3 8
技術経費及び税金	1 . 5 0	1 . 0 5	0 . 9 2
合 計	1 3 . 9 8	9 . 7 6	8 . 6 0



## 7.4.2. 隧道代替案

### (1) 計画

今回調査における基本的な設計基準は、

公路工程技術標 JTJ01-88

公路隧道設計規範 JTJ026-90

城市道路設計規範 GJJ37-90

等を基本とするが、日本における隧道関係の設計基準も参考とする。

### (2) 設計条件

#### 1) 断面計画条件

隧道建設案は、沈埋隧道案と海底隧道案の2案について検討する。

横断道路隧道案の断面を検討するに当たり基本的条件を以下に示す。

a. 1車線幅員 3.5 m

隧道内の設計速度は海底部の特殊条件であるから60 km/hとする。

b. 車両限界高さ 5.0 m

c. 監査路 有り

d. 避難路 有り

e. 照明設備 有り

f. 換気設備 有り

g. 排水設備 有り

h. 防災設備 有り

i. 共同溝設備 有り

以上の条件を考慮して断面を検討する。

#### 2) 縦断計画条件

隧道内の縦断計画については、日本国内、諸外国の施工事例を参考とすれば5%が最急勾配である。しかし、当計画路線は走行車両の走行条件を考慮し最大4%を採用する。この場合、4%採用延長は隧道内で200 m以下とする。

### 3) 地質条件

隧道対象路線の海底部地質条件は、凝灰岩、流紋岩、砂岩泥岩層に花崗岩がこれらの層に貫入してきている。既存の地質調査、岩石強度試験結果によれば海底部の地質条件は、以下のとおりである。

#### a. 沈埋隧道案

当該地域の海底部2～3mは、泥砂が堆積しその下部には物探速度3km/s前後の凝灰変成岩の風化帯である。この地質の10m付近の強度は、 $\sigma = 40 \sim 330 \text{ kpa}$ で沈埋掘削と沈設後の支持層として支障はない。

#### b. 海底隧道案

上記の第一層地質の下部には、物探速度3～4km/sの第2層中風化帯があり、この地質の海底40m付近の強度は、 $\sigma = 1540 \sim 12600 \text{ kpa}$ の試験結果がある。本路線の両岸陸上部隧道は、花崗岩帯を施工するが片麻状で剝離性もあり、石英含有率は、20～25%と報告されており機械掘削に支障はない。

#### c. 断層について

確認されている断層は、虎嶼西側から東渡埠頭にかけて存在するF1断層と、火烧嶼の西側に幅約100Mの断層褶曲帯が存在するが活動性のものではない。しかし、両断層付近で行われているボーリング調査結果の中に、岩脈の存在が確認されており、これを通過するさいに多量の湧水をみることがある。また東渡埠頭と牛糞礁付近で確認されている花崗岩と、F1断層との境界は隧道建設上重要な要素となる。

### (3) 隧道断面

#### 1) 海底隧道断面図(案-1)

本計画断面は、3車線幅員10.5mを確保した断面である(図7-4-4参照)。

#### 2) 沈埋隧道断面図(案-2)

沈埋隧道は、陸上で本体構造を製作するため1方向3車線の上下6車線構造を確保することが可能である。左右に換気用の換気坑、中央部に緊急の避難路と共同溝を設けた(図7-4-5参照)。

### (4) 沈埋隧道案

#### 1) 沈埋隧道の特徴

沈埋隧道工法は、陸上で分割製作した隧道本体を水に浮かべて敷設箇所まで曳航

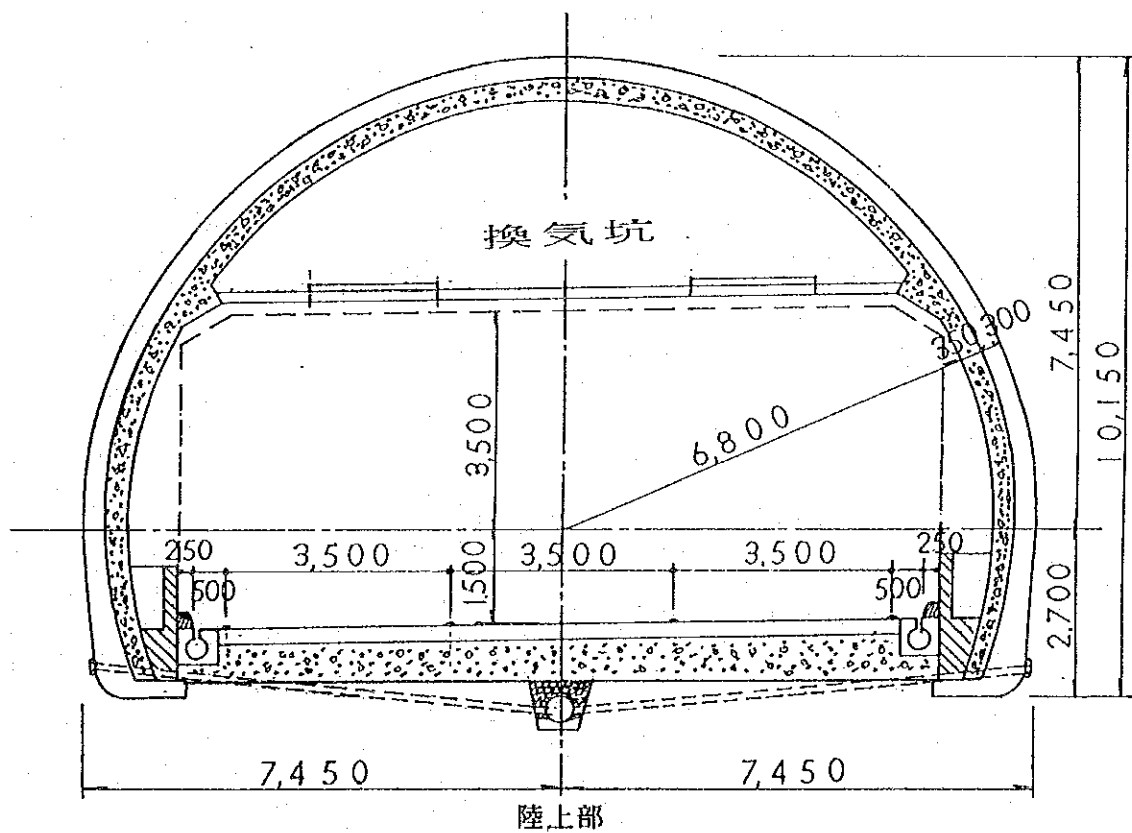
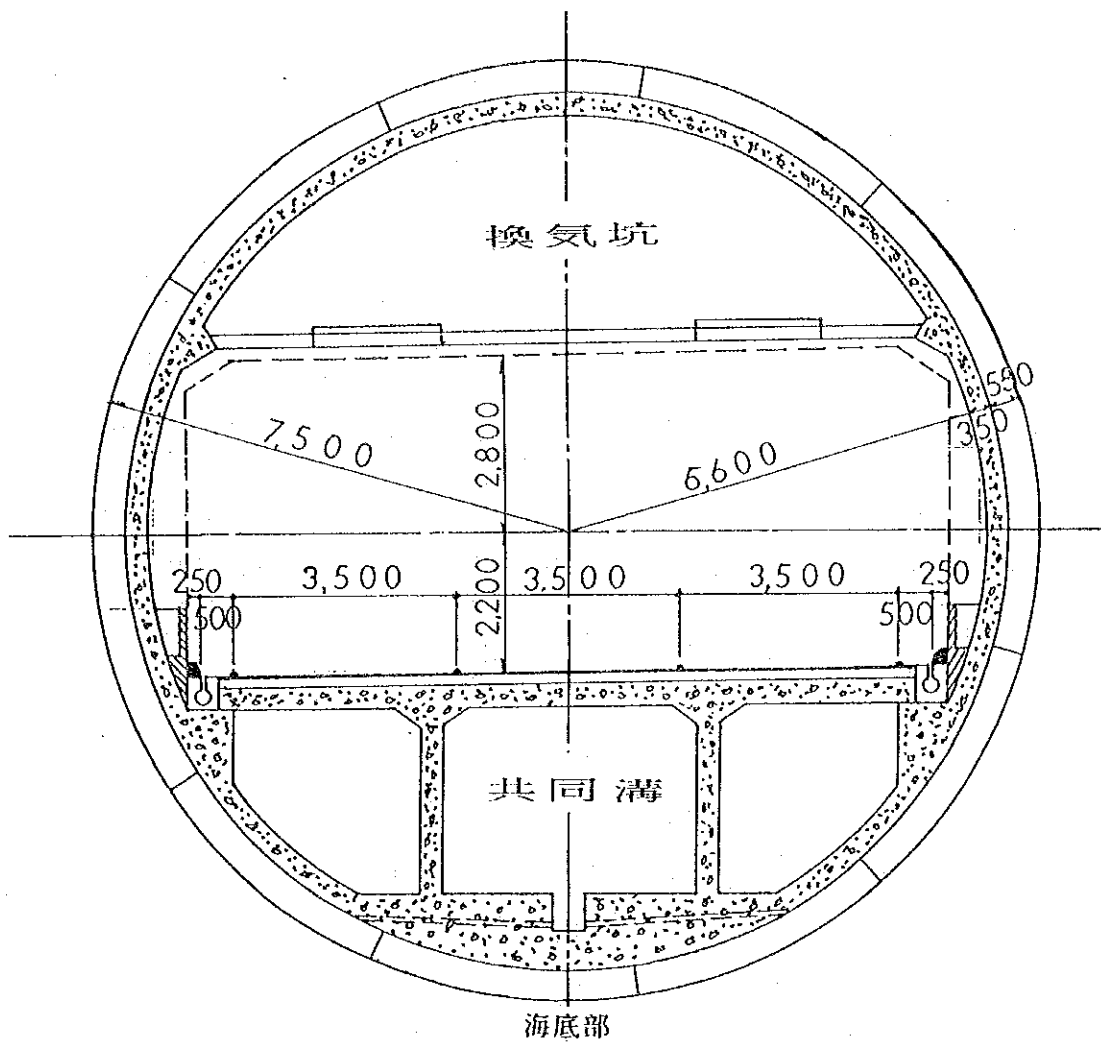


图 7-4-4 海底隧道案断面图  
-7-17-

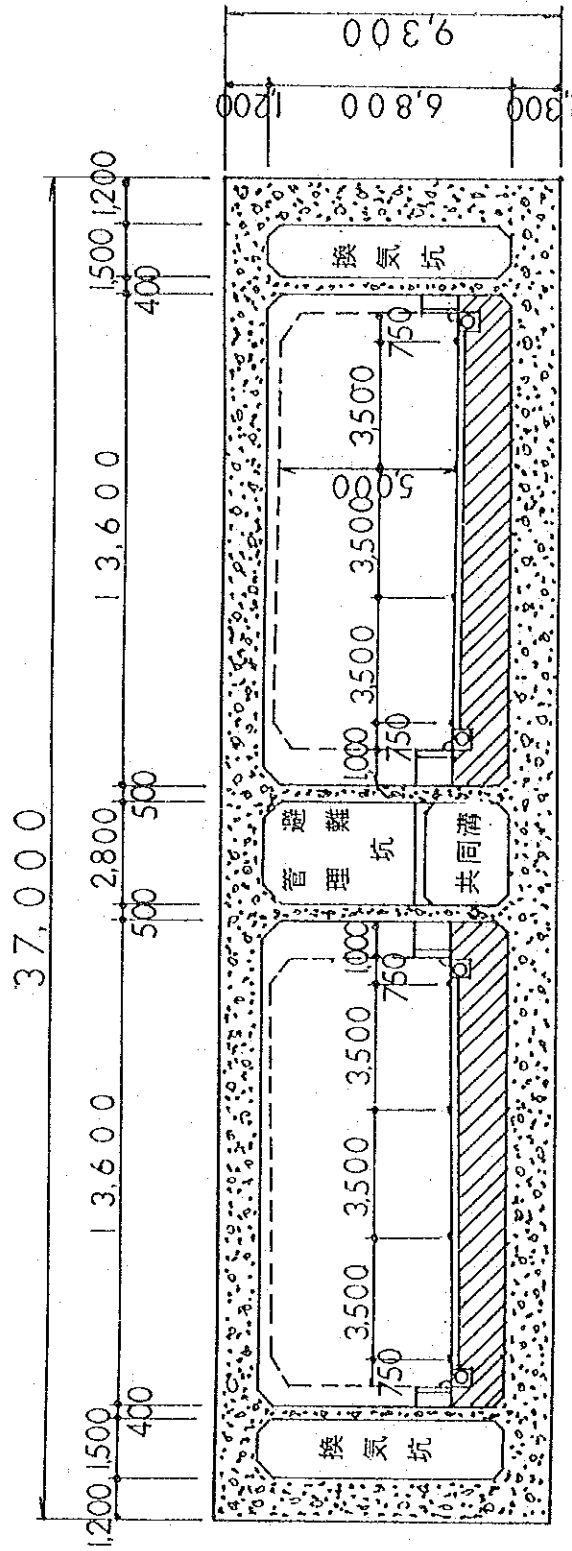


图 7-4-5 沈理隧道案断面图

し、海底に掘削した溝（Trench）の中に沈設し、函体の接合、埋戻しをして完成させる工法である。陸上のドライドックで隧道本体函を製作するため、高品質の本体を製作することができ、隧道のプレハブ化とも言われている。

## 2) 沈埋隧道案の路線選定

廈門西港の海域で最も狭い箇所は、火燒嶼をはさんだ東渡港地域と対岸の排頭、水頭地区である。道路隧道の路線を選定する場合、次の条件を満足する地点を選ぶ必要がある。

- a. 平面的に隧道延長が最も短くなる地点。
- b. 地質条件が良好な地点。
- c. 現地形の水深が最も浅い地点。
- d. 換気塔の建設位置が選定可能なこと。
- e. 沈埋函建設の陸上部仮設備敷地が路線上の近くに確保出来ること。  
( $350\text{m} \times 120\text{m} = 42,000\text{m}^2$ ) 内寸法
- f. 建設用資材運搬路が自由に確保できる。

以上の条件から、図 7-4-6に路線案を示した。

## 3) 縦断計画

平面選定は、海峡部の水深、換気塔計画位置、東渡路との取付路線等から検討し選定した。選定結果の最水深部は-20mである。今回の路線検討延長については、検討の結果、沈埋隧道案の延長は $L = 6,280\text{m}$ となる。内訳は、下記のとおりである。

a. 馬青路取付インター	一式
b. 海滄側取付道路部	$L 1 = 2,700\text{m}$
c. 西側陸上隧道部	$L 2 = 300\text{m}$
d. 沈埋函隧道部（沈埋函8基）	$L 3 = 900\text{m}$
e. 東側陸上隧道部	$L 4 = 1,000\text{m}$
f. 疏港路取付ランプ	一式
g. 仙岳路取付道路部	$L 5 = 650\text{m}$
h. 仙岳路取付隧道部	$L 6 = 730\text{m}$
i. 仙岳路取付改良部	一式
延長合計	$6,280\text{m}$

縦断勾配については、西側陸上隧道部内に最急勾配3.5%が計画され、沈埋函隧道区間内は西側で3.5%、東側で0.4%である。西側取付道路部内には、縦断勾配0.5%を計画して料金所、管理事務所用地の確保を計る。

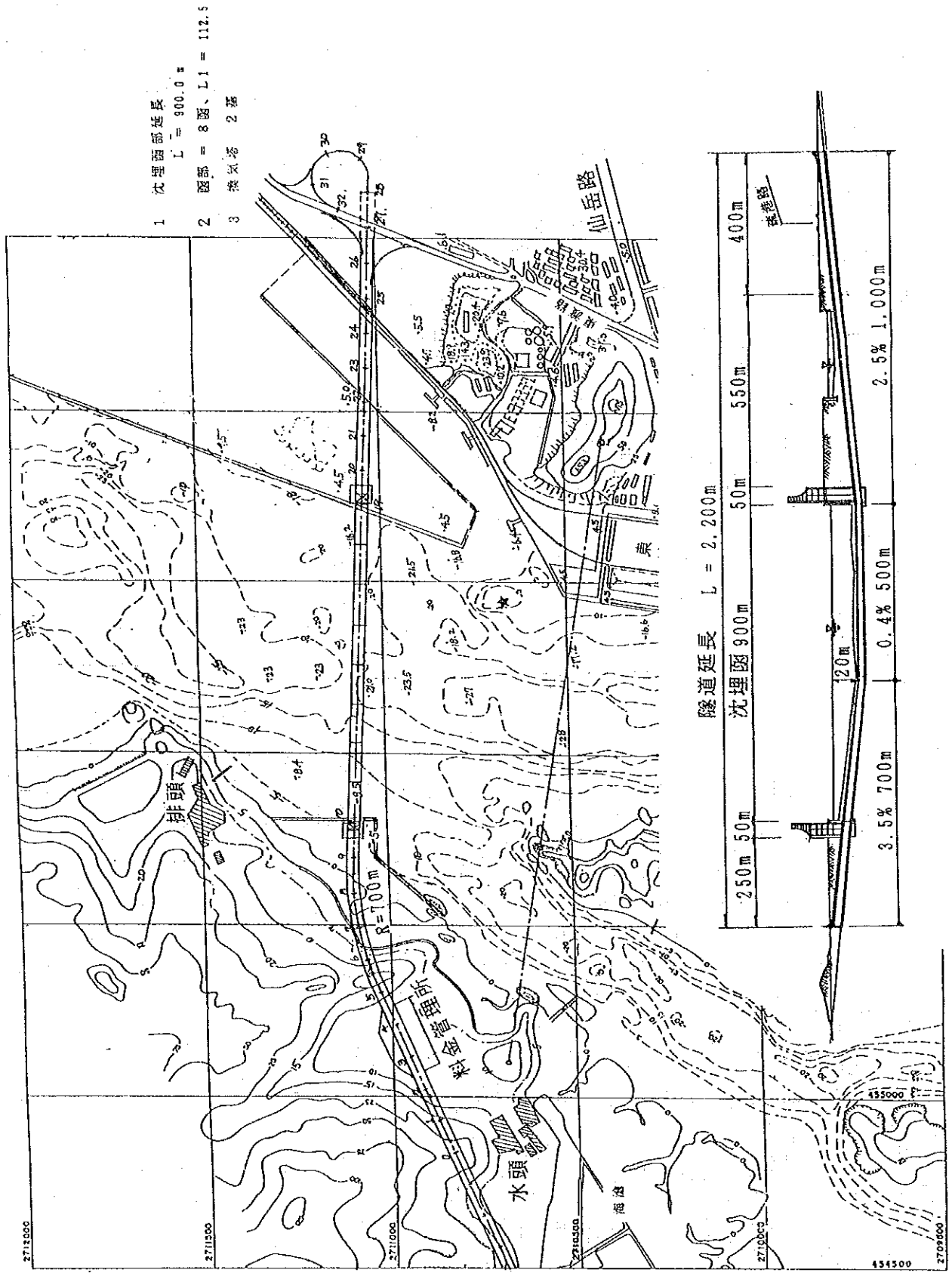


圖 7-4-6 沈埋隧道路線計画图

西側陸上隧道部の550mの区間は、延長があり隧道換気の処理も必要なこと、土被り高さ、また計画縦断は旧海底部に位置していることなどから、場合によってはシールド工法で施工する可能性も検討できる。終点側の東渡路への取付道路は、東渡路を地下で通過し、立体交差にて取り付ける。また仙岳路への取付はアプローチを延長し、仙岳隧道を設けて行う。沈埋函隧道部は $L=900$ mの延長に対して、沈埋函1基当たりの延長は、 $L=112.5$ mとして8基計画する。

沈埋隧道案の全体的排水計画は、東西換気塔の下部2箇所と、海底部の最深部、測点15付近に排水溝を設けて、ポンプにて強制排水する。隧道内への漏水は、設計建設時に完全防水を目的とした処理を行うので基本的には発生しない。しかし施工誤差に伴う1分間数リッターの漏水や、完成後の隧道内清掃水、火災時の消化水などの排水を処理する必要がある。

#### 4) 沈埋隧道の基本的施工法

沈埋函建設のため、海滄地区に約 $42,000\text{m}^2$ のドライドックを建設し仮設備ヤードとする。この中で4基の沈埋函を製作する。これを2工程おこない8函製作し予定位置に曳航して沈設し完成させる。

### (5) 海底隧道案

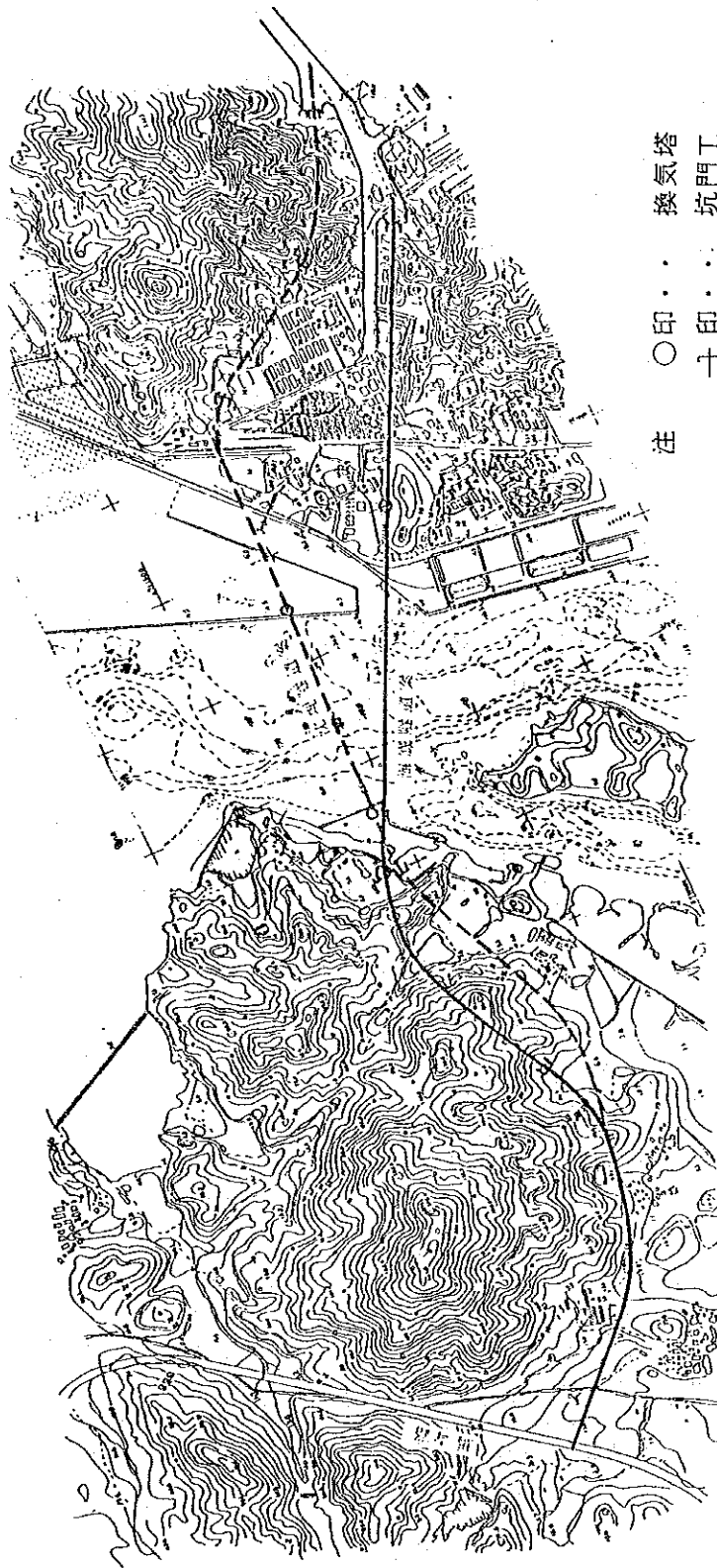
#### 1) 海底隧道計画の問題点

今回廈門西港の横断路については、海峡部延長で1km以上となり最深部の水深は、約30mである。また火燒嶼西側部には、断層が確認されており路線全体の地質評価も含めて考えると、湧水圧との対応策を第一に考慮しなければならない。この事は、沈埋隧道案と比較して不利な条件と成らざるを得ない。

#### 2) 路線選定

沈埋隧道案と同様に、廈門西港の海域で最も狭い箇所でも水深も浅い地点を選定する。海底隧道であるため、海底部の地質が安定している深さまで計画縦断を選定する必要があるが、延長が長くなるため、地質調査資料から掘削可能と判断した海底土被り20m案を選定し、水深等も考慮して沈埋隧道案路線に近い地点に計画した。

なお海滄側取付道路については、大平山南斜面路線をとりあえず採用する。また上下線隧道の中心間隔は40mとする。海峡両岸部には、換気塔を建設する。換気塔までの坑道には、立坑式と斜坑式があるが換気設備用と避難通路を兼ねて斜坑式(勾配1/3)坑道を計画する。陸上隧道部の換気もこの坑道を利用して換気塔に連絡させる(図7-4-7参照)。



注 ○印 · · · 換氣塔  
 十印 · · · 坑門工

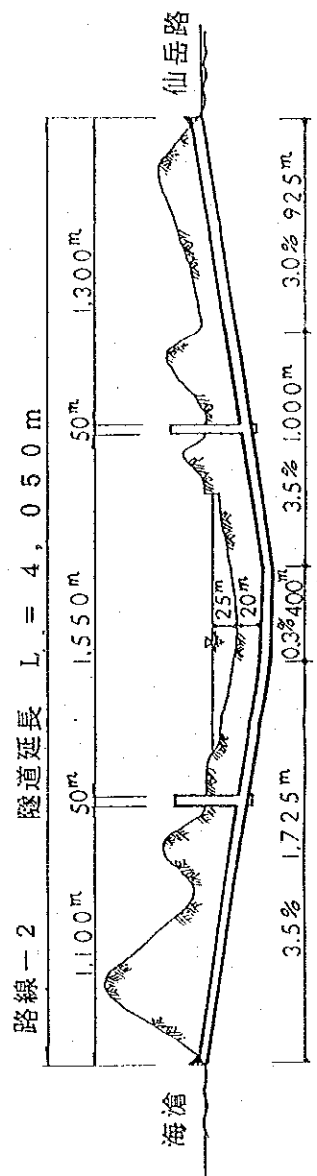


圖 7-4-7 海底隧道路線計畫圖



### 3) 縦断計画

平面線形は、海峡部の水深、換気塔計画位置、海滄幹線道路（馬青路）及び仙岳路との取付路線から検討し選定した。

縦断計画の最水深部は、 $-25\text{ m}$ 、この地点の道路計画高さは、 $-54\text{ m}$ となる。上下線隧道の計画高さは、同一とする。各隧道の非常用避難路は、 $500\text{ m}$ 間隔に設けるものとした。計画延長の内訳は、下記の通りである。

	路 線 延 長	
a. 西側取付道路部	L 1 = 1, 575 m	
b. 西側陸上隧道部	L 2 = 1, 100 m	
c. 西側換気塔部	L 3 = 50 m	
d. 海底隧道部	L 4 = 1, 550 m	
e. 東側換気塔部	L 5 = 50 m	
f. 東側陸上隧道部	L 6 = 1, 300 m	
g. 東側取付道路部	一式	
計	5, 625 m	
h. 縦断勾配		
西側%、	海底部%、	東側%
3.5	0.5~3.5	3.0~3.5

### 4) 施工基地

本海底隧道案の施工基地は、換気塔箇所2箇所と隧道入口出口の合計4箇所となる。今回計画は、上下線隧道建設となるため各基地の建設用仮設備用地は、各箇所共、概ね $30\text{ m} \times 200\text{ m} = 6000\text{ m}^2$ は確保する。

この中には、コンクリートプラント設備、砂、砂利の置場、掘削後の坑内より搬出した岩砕の処理設備、空気圧縮機室、修理工場、汚水処理設備、仮設受配電設備の変電所等が設置される。その他、大型施工機械類の駐車場、現場事務所等である。

### 5) 海底隧道の基本的な施工法

海峡横断の海底隧道であるため、海底部の地質が安定している深さまで計画縦断を設定する必要があるが、この場合は隧道延長が長くなる傾向となる。延長を極力縮小し建設費の低減を計る必要がある。このため現状の地質調査資料の範囲以内である、海底土被り $20\text{ m}$ を目標とした切羽完全密閉式の、機械掘削機による施工法を採用する。この場合、施工の安全確保と工事工期を保持するため、地質調査を兼ねた先進ボーリングを併用する。

(6) 隧道案建設費

1) 沈埋隧道案

沈埋隧道案に対する概略建設費を表 7-4-3に示す。

表 7-4-3 沈埋案直接工事費  
(対象延長=6,280m 管理施設、料金所等含まず)

工 種	金 額 (万元)
1 土工部 (3 3 5 0 m)	1, 6 4 5
2 沈埋隧道部 (9 0 0 m)	5 0, 9 4 6
3 陸上隧道部 (2 0 3 0 m)	3 5, 9 4 1
小 計	8 8, 5 3 2
4 換気所建物 (2 基)	1, 6 0 0
5 換気設備費	1, 6 4 0
6 内装・照明・防災設備費	4, 2 8 4
7 受配電制御設備費	1, 7 8 1
8 その他付帯設備費	2, 9 4 0
小 計	1 2, 2 4 5
累 計	1 0 0, 7 7 7
9 間接費 (上記計22.0%)	2 2, 1 7 1
10 技術経費及税 (上記計12%)	1 4, 7 5 4
小 計	3 6, 9 2 5
合 計	1 3 7, 7 0 2

2) 海底隧道案

海底隧道案に対する概略建設費を表 7-4-4 に示す。

表 7-4-4 海底隧道案直接工事費 集計表  
(延長 5,625m 管理施設等含まず)

工 種	金 額 (万元)
1 隧道建設費 (4,050m 2 本)	1 0 9, 2 2 4
2 取付道路部 (1,575m)	7 7 3
小 計	1 0 9, 9 9 7
2 換気所建物 (4 基)	3, 2 0 0
3 換気設備費	3, 4 6 0
4 内装・照明・防災設備費	7, 6 4 6
5 受配電制御設備費	7, 1 2 8
6 その他付帯設備費	4, 8 6 0
小 計	2 6, 2 9 4
累 計	1 3 6, 2 9 1
7 間接費 (上記計22.0%)	2 9, 9 8 4
8 技術経費及税 (上記計12%)	1 9, 9 5 3
小 計	4 9, 9 3 7
合 計	1 8 6, 2 2 8

## 7.5 西通道建設ルート及び構造形式の選定

### (1) 代替案の比較

7.4.1 及び7.4.2 において東渡一水頭／排頭渡海地点における西通道建設ルート及びその構造形式について、橋梁形式及び隧道形式の各代替案を検討した。橋梁形式についてはそのルートと構造別に4案選定し、その経済性・施工性・環境への影響等を比較した。その結果、代替案No. 1、No. 3及びNo. 4を選定し、厦門島及び海滄地区における現在及び将来の道路網への取付方法について検討し、それらに基づいた概略建設費の見積り或いは概略建設工程の設定を行った。隧道形式については、構造形式として沈埋隧道及び海底隧道を選定し、それぞれ地形・地質・取付街路条件に適合したルートを設定し、それらの概略建設費の見積り及び建設工程の設定を行った。

ここではそれらの結果に基づき、経済性、施工性、工期、交通利便性、環境への影響等の評価指標により、西通道建設ルート及び構造形式の選定を行う。表 7-4-5は各代替案について評価指標をまとめたものである。

表示の概略直接建設費は建設工事その他費用、建設期間中の借入金利、建設物価上昇等を含んでいない。建設費は橋梁案代替案No. 4がもっとも経済的である。

工期については、橋梁案で工事期間は4年、隧道案でも4年と考えられるが、海底隧道案では地質状況によっては出水対策に工期を延長せねばならないことも考えられる。

交通の利便性に関しては、海底隧道の場合東渡路と接続できないため、全ての交通流が仙岳路に流入出し、またそれらの内南北方向及び西方向の交通流は福厦公路経由で道路網に分散することになる。他の3案に比べて利便性がかなり劣ることになる。

施工性に関しては、吊橋及び沈埋隧道についての施工実績はない。また海底隧道については工法的には山岳隧道での実績を有するが、長距離の海底を施工した実績を持っていない。いずれの案においても検討すべき課題を多く有するが、以下に挙げる事項が主な点である。

#### (1) 吊橋において

- 1) 主塔海中基礎用鋼ケ-ツの製作は製作能力上、厦門以外の場所で行うことになり、組立も行うとすれば、海上輸送が必要となる。厦門で組み立てるとすれば、ドックが必要となる。
- 2) 主塔の高さは125～130mになるので、コンクリート打設に大型・高性能コンクリートポンプ機が必要となる。

表 7-4-5 ルート・構造形式代替案比較表

橋梁代替案 No. 1	No. 3	No. 4	沈埋隧道案	海底隧道案
計画延長(km)	6.30	6.00	6.28	6.10
主要構造	吊橋 橋長 1220m 橋径間長 1890m 幅員 33m 橋脚 1基 7/11付道 取取	1360m 1600m 1基 2340m 2300m	全長 2930m 幅員 23m 橋脚 2基 460m <sup>3</sup> /s 3350m	全長 4050m 3車線x2断面 換気塔 2基 排気力 890m <sup>3</sup> /s 最大断面 3.5% 取付道 1800m
概路直建費(億)	8.09 2.04 0.10 3.75 13.98	5.48 1.55 0.11 2.62 9.76	8.69 1.22 0.16 3.77 13.77	10.92 2.63 0.08 4.99 18.62
工期	調査・設計 1993/1995 建設 1995/1998	調査・設計 1993/1995 建設 1995/1998	調査・設計 1993/1995 建設 1995/1998	調査・設計 1993/1995 建設 1995/1998
交通利便性	東の(各)路、仙能(各)と、馬路、及、及び、間架、径、お等の箱製剛	の取付に山地区へ、平路、大馬路、間架、径、お等の箱製剛	におの製が度航	東渡路北中と接統できなため、南中ずる。
施工性	中国に作要り。にお等の箱製剛	の取付に山地区へ、平路、大馬路、間架、径、お等の箱製剛	中国に作要り。におの製が度航	断層帯貫通時の出水対策を十
環境への影響	民地区路す水土流音照	の取付に山地区へ、平路、大馬路、間架、径、お等の箱製剛	住宅が合路水土流音照	転移区障る汚流出・騒音照

- 3) 主ケーブルの架設はエアースピニング工法では工期が2～3カ月長くなるので、平行線ケーブル工法とした。平行線ケーブルを中国で製作する場合、製作ヤード・製作技術についての検討が必要である。
- 4) 補剛桁の製作は廈門においてはその能力を有していない。中国国内では上海、広州或いは武漢等の造船所等で製作されるが、組立も行うとすれば、海上輸送が必要となり、廈門で組み立てるとすれば、組立設備・ヤードを要する。

(2) 沈埋隧道において

- 1) 隧道函の1基の寸法は112.5 x 37 mである。この函を製作するためには大規模なドライドック(350 x 120 m)が必要である。
- 2) 隧道函敷設路の掘削には多数の浚渫船が稼働することになり、航路制限、船舶航行規制が必要となる。
- 3) 隧道函をドライドックから敷設現場まで曳航するためには船舶航行規制が行われる必要があり、また隧道函沈設には大規模な航路規制を要する。
- 4) 海水汚濁・海中生物への影響を極力避けるため、海底掘削には大規模発破は使用できない。従って、重量グラブによる掘削となり、掘削工期が長くなる。
- 5) 水深が深く、潮流のある箇所での函の沈設は施工精度的に難しく、十分な技術的蓄積のある施工業者の選定を行わねばならない。

(3) 海底隧道において

- 1) 海底地盤の確認のため、先進導坑が必要となる。特に断層帯の厚さ、地質構成、透水性等について十分確認する必要がある。
- 2) 防水工法については地質、透水性、透水量等に応じて検討する必要がある。

維持管理に対しては、隧道案では照明、換気及び排水を常時必要とし、それら設備の維持管理或いは更新のための経費がかなり必要となる。

環境への影響に関しては表に示したごとく、住民移転等補償、航路障害、海水汚濁、表土流出、騒音・振動等に問題を生ずると考えられる。ただし、構造形式によってその程度が異なる。

住民移転等補償に関しては、隧道構造の場合占用用地が少なくなるため、橋梁案に比べて少なくなる。航路障害については海底隧道では全然生じない。しかし、沈埋隧道においてはかなりの期間にわたって航路規制、航路遮断を行う必要が生じ、港湾機能に対する影響はかなりのものとなる。これについては、港湾局は条件的に受け入れられない立場を取っている。橋梁案では海中橋脚の施工時に一部海面占用が必要となり、また上部工施工時は海面を一時占用する工法を採用することになる。

海水汚濁については、海底隧道案では発生しないが、沈埋隧道案ではかなりの汚染が発生する可能性がある。橋梁案では海中施工の範囲が限定されるので、影響は少ないと考えられる。表土流出については主として海滄地区の取付道路の施工によって生ずると考えられるため、各案ともほぼ同じである。

騒音・振動については仙岳路周辺の住宅地を各案とも通過することになるので、大差はないと考えられる。排気については隧道案では換気塔に排気が集中するので、その拡散について十分な検討が必要である。日照については橋梁案は高架橋のため、仙岳路周辺の住宅地に影響を与える可能性がある。

## (2) 最適ルート・構造形式代替案の選定

(1)における検討によるごとく、沈埋隧道案では環境に及ぼす影響が大きく、特に大規模な航路規制・遮断は港湾局が難色を示している。また施工工法的に高度の技術を要し、かなりの技術的検討を必要とする。海底隧道案では海底地盤の状況によっては施工工期が長くなることも予想され、建設費がさらに増える事も考えられる。また交通流の観点からも東渡路との連結ができないため福厦公路に交通が集中する難点がある。

維持管理においても照明、換気及び排水等の施設の常時運転、定期的更新等維持管理にかなりの費用が必要となり、橋梁案と建設費が同じであっても全体の事業費としては劣る事になる。

以上のように隧道形式では橋梁案に比べて、工事費、維持管理、工期、社会環境への影響、交通流或いは施工技術の面で多くの課題を抱えており、西通道の構造形式としては望ましくないと結論づけられる。

従って、西通道の構造形式としては橋梁形式となるが、代替案No. 1、No. 3及びNo. 4では工期、施工性、環境への影響、交通利便性等において差異はなく、経済性においてやや代替案No. 4が勝ると考えられる。ただし、その構造力学性、詳細な経済性についての比較は更に精度を上げた検討が必要であり、この段階においては3案を次段階の検討に対する代替案として選定する。

## 第8章 最適橋梁案の選定

第7章において選定された中央ルート橋梁代替3案について詳細な比較設計を行い、経済性、力学安定性、施工性、地質安定性、景観、環境影響度、車両走行性及び工期の諸点について評価を行い、経済性、力学安定性、景観及び工期の点において優れた評価を示したNo. 4案を最適橋梁案として選定した。以下にその選定の詳細について述べる。なお、比較設計の詳細については付属資料-9としてまとめた。

### 8.1 比較代替案の概要

#### 8.1.1 各代替案の路線線形

##### (1) 全体路線計画

各代替案の主橋梁部及び取付橋梁部の路線平面線形を図8-1-1に示す。海滄地区における道路区間の路線線形は各代替案とも共通である。厦門島側における既存街路との取付は疏港路/東渡路及び仙岳路であり、疏港路との取付は交通量としてそれほど多く見込めないため、1車線ランプに設定した。

海滄地区においては、大平山の南北両側に馬青路への接続道路を設けることにし、各4車線道路として計画した。大平山東側にジャンクションを設け、両接続道路の合流点とした。

No. 1ルートでは主橋梁部は平面線形としては直線であり、海滄地区における取付橋梁区間においてR400-700mの曲線部を設定した。ランプ部及びジャンクション部においてR80-100mの曲線部を挿入している。縦断線形は主橋梁部においてはケーブルサグを多くとるため2.5%の縦断勾配とし、主航路上において縦断曲線を設けた(曲線長600m)。

No. 3ルートでは主橋梁部(主塔間)の平面線形は直線であるが、既存街路との取付及び接続道路との連結のため、主塔-アンカレイジ間に曲線部が必要となっている(R500-550m)。ランプ部及びジャンクション部においてR80mの曲線部を挿入した。縦断線形は主橋梁部において3%の縦断勾配とし、主航路部の主塔間に縦断曲線を設けた(曲線長725m)。

No. 4ルートでは主橋梁部主塔間の平面線形を直線とし、それ以外の橋梁区間においてR400-550mの曲線部を挿入した。ランプ部及びジャンクション部においてはR80-100mの曲線部を設けている。縦断線形はNo. 3ルートと同じく3%であるが、吊橋の変形量の差より路面計画高を2m低くした。

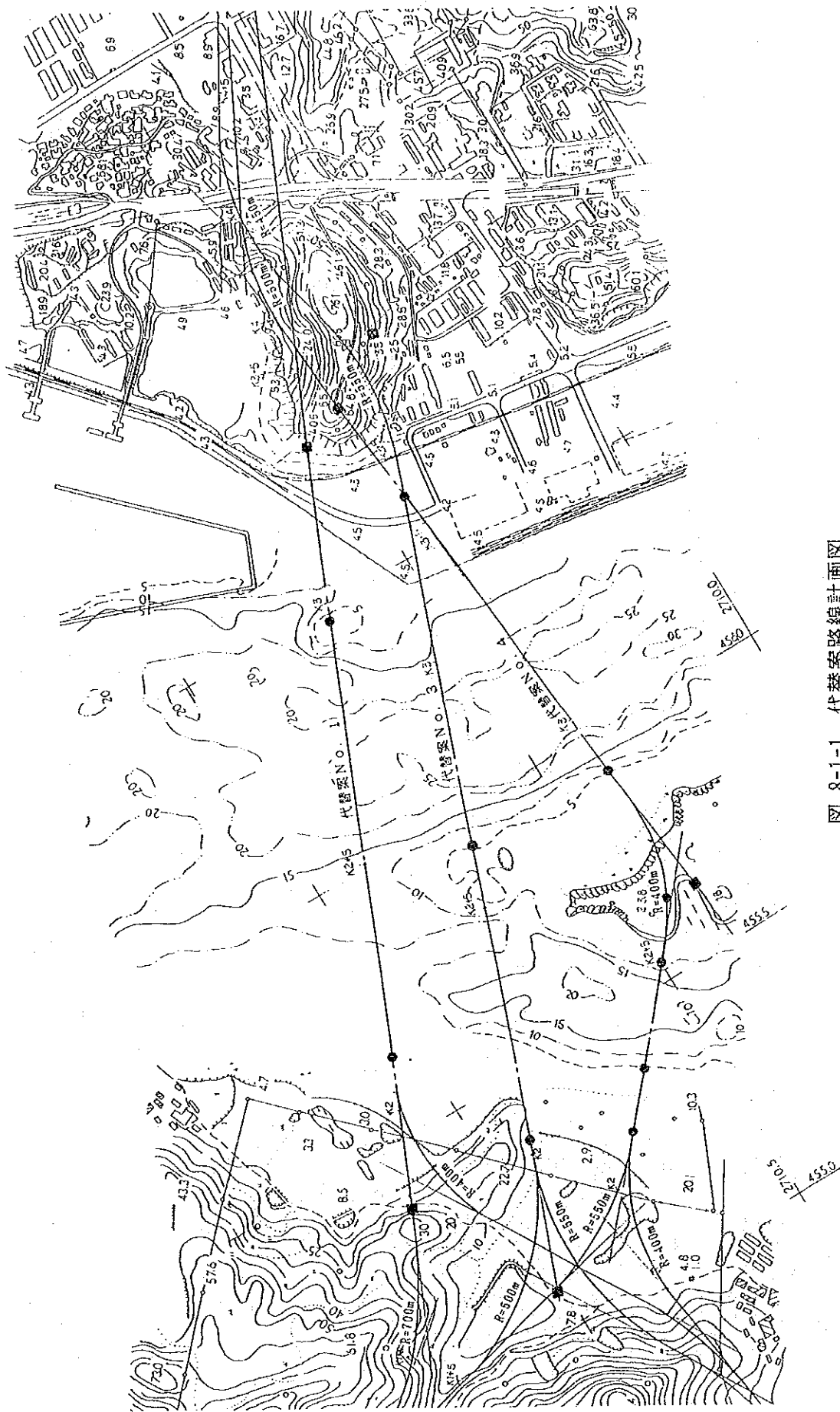


图 8-1-1 代替案路線計画図



(2) 代替案路線延長

西通道の海滄側取付道路は、建設中の馬青路に連結する計画である。海滄地区はすでに開発工事が盛んに行われ、一部地域では、工場建設、住宅団地等の完成を見ることが出来る。3代替案の路線は、大平山の北斜面と、南斜面に沿った線形にて計画し、いずれの案もアプローチ路線は、同じ線形上に計画した。橋梁部までの取付縦断勾配は、各案共に3%以下であり道路構造的な問題点は無い。この南北路線の概況について、表 8-1-1～ 8-1-2に示した。

表 8-1-1 海滄側路線の概況

	南 路 線	北 路 線
地形状況	水頭、東坑地区の山麓地形は比較的なだらかである。標高30mより急峻地形を呈す。山肌はあまり荒れていない。	標高30m付近より急峻地形を呈し大塊状の花崗岩が露出して山肌は荒れている。大平山と狗頭山に挟まれた標高45mの鞍部がある
農水産との関連	水頭地区は、養殖の水産業が主で東坑地区は、養殖と稲作が半々の様子であり、石塘地区には養豚場がある。	水頭側谷間は、水田と畑地があり平地は養殖場となっている。峠より北側は稲作が主で一部に畑地が有るが、標高15m付近まで水田である。
諸施設との関連	この地域には、高圧幹線が付設されており随所に鉄塔が位置する。また石塘には4基の無線塔が設置されている。	この北路線には、高圧幹線路やこれに類する施設は無い。
道路工事との関連	路線は上記の関連施設を避けて計画せねばならない。	北側斜面は、荒れているため道路工事は切土工をなるべく避ける。
景観との関連	海滄側橋梁アプローチが市街地から見る事が可能で景観上優れている。	アプローチが大平山に隠れるため景観上は劣る。

表 8-1-2 代替案 路線延長集計表

	代替案N°1路線	代替案N°3路線	代替案N°4路線
1. 北路線本線			
1) 始点側土工部	K0~K1+210 1,210m	K0~K1+320 1,320m	K0~K1+475 1,475m
2) 北路線高架部	K1+210~K2+110 900m	K1+320~K2+20 700m	K1+475~K2+145 670m
3) 西航路橋梁部	---	---	K2+145~K2+895 750m
4) 補剛桁長部	K2+110~K3+345 1,235m	K2+20~K3+345 1,325m	K2+895~K3+585 690m
5) 仙岳路高架部	K3+345~K4+800 1,455m	K3+345~K4+950 1,605m	K3+585~K5+100 1,515m
全延長	4,800m	4,950m	5,100m

表 8-1-2 代替案 路線延長集計表 (その2)

	代替案 N o 1 路線	代替案 N o 3 路線	代替案 N o 4 路線
2. 南分岐路線			
1) 始点側土工部	Ko~K1+790 1,790m	Ko~K1+765 1,765m	Ko~K1+835 1,835m
2) 取付高架部	K1+790~K2+590 800m	K1+765~K2+265 500m	K1+835~K2+185 350m
分岐線延長	2,590m	2,265m	2,185m
3. 合計延長	7,390m	7,215m	7,285m

(3) 馬青路取付計画

1) 北路線インターチェンジ

a. 地形条件

取付け付近における馬青路の線形は、平面曲線 600m が設置されており地形上は、大平山と竹藍山に挟まれた沢部に位置する。このため縦断線形は、前後 2% の凹型線形にて建設されている。周辺地は、水田地帯と畑地であり、これに盛土高さ約 8 ないし 12m を有している。

西通道縦断方向の線形は、標高 138m の竹藍山正面に位置し地形急峻のため、地形上からは、インターチェンジ建設が不利な地勢条件となっている。このため馬青路の平面曲線を避けて、インターが比較的経済的に建設可能なトランペット形式を採用し、図 8-1-2 に示す形状にて計画した。

b. 設計緒元

建設起点 k0 の道路計画高さ FH = 18.0 m

	平面線形	縦断勾配
A ランプ	R = 600 m	+0.50%
B ランプ	R = 300 m	+1.2、-2.17%
C ランプ	R = 70 m	-1.2%
D ランプ	R = 300 m	+0.5%
馬青路跨線橋	40 m × 2 径間	一式

2) 南路線インターチェンジ

a. 地形条件

南分岐線との交差インターは、海滄開発地区の計画を遵守し、クローバー型イン

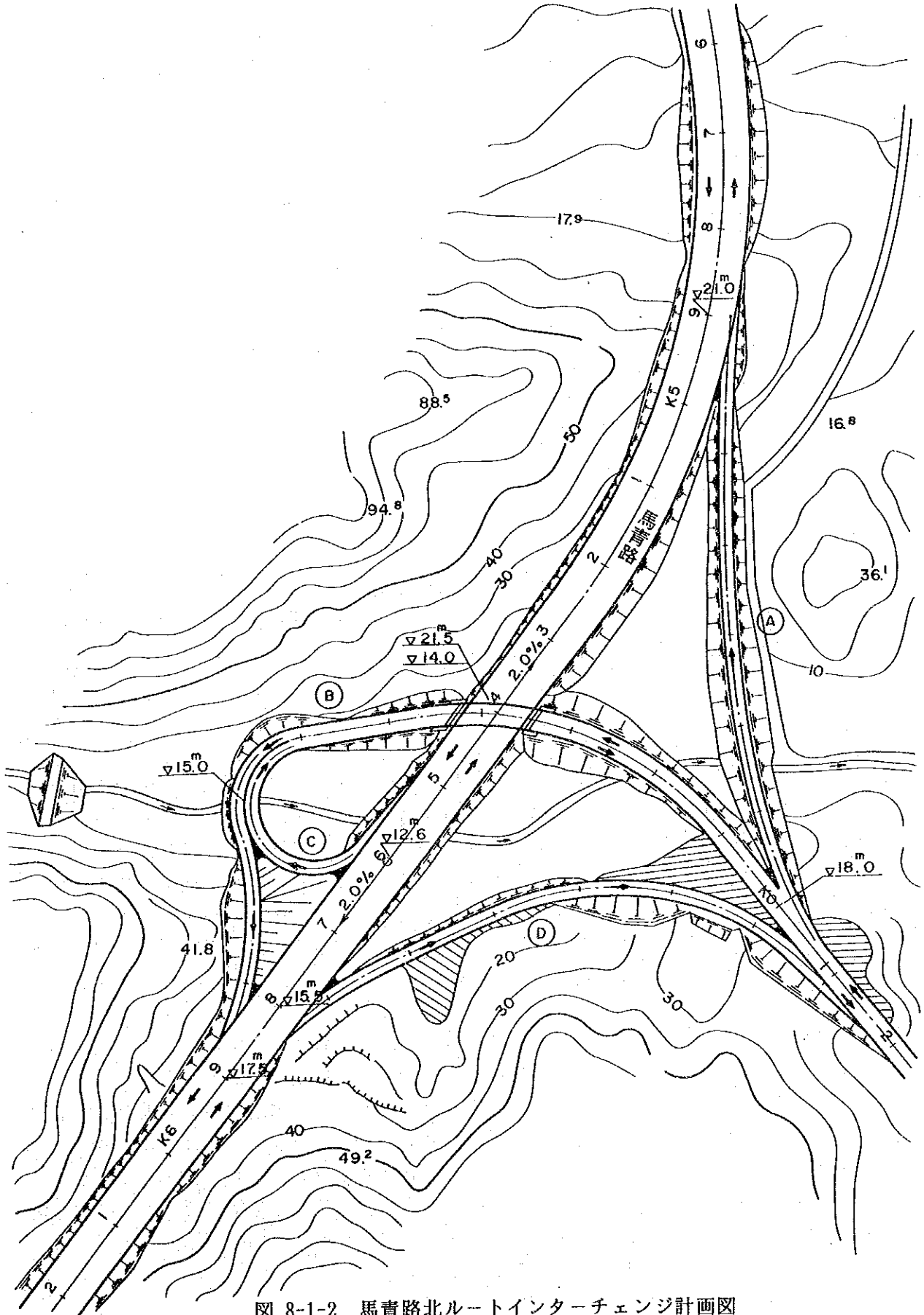


図 8-1-2 馬青路北ルートインターチェンジ計画図

ターチェンジにて計画した。交差付近の地形は、なだらかな耕地であり馬青路の線形は、平面曲線 1,000 mにて建設されている。縦断線形は、北交差部と同じく凹型が挿入されており、この地点付近を利用し馬青路をオーバーする形式とした。

馬青路の盛土高さは、1ないし2 m程度で現地盤とほぼ同じに建設が完了している。インターチェンジ建設には、特に問題のない良好な地形条件の箇所である。図 8-1-3に計画図を示す。

b. 設計諸元

建設起点K0の道路計画高さ FH = 18.0 m

	平面線形	縦断線形
Aランプ	R = 400 m	+0.24%
Bランプ	R = 400 m	+0.27%
Cランプ	R = 300 m	-0.73%
Dランプ	R = 400 m	+0.60%
Eランプ	R = 70 m	-2.30%
Fランプ	R = 70 m	+2.30%
Gランプ	R = 70 m	-2.30%
Hランプ	R = 70 m	+2.30%
馬青路跨線橋	40 m × 2 径間	一式

(4) 南北路線の分岐線計画

西通道本線は、東渡港を横断し海滄側の水頭地区にて、大平山の北斜面を通過する北路線と、南斜面に沿う南分岐線が計画されている。渡海地点までの橋梁幅員は6車線であるが、南北路線の幅員は4車線にて計画する。当初の建設は、北路線を先行し、海滄北西部の開発進展と杏林地区との連絡を優先することが市側の基本方針である。このため南分岐線は、将来交通の伸びと海滄開発の進展に合わせて建設を行う予定である。今回の3代替案のいずれにおいても、分岐方式は同一方式となる。本線との関係図を図. 8-1-4に示す。

分岐方式については、海滄行き道路のみ本線を横断せねばならない。本線をオーバーする案と、アンダーパスする案が検討できるが、No. 1、No. 3共に主ケーブルが本線上空に位置するため、オーバー案はこれを避けて通過する必要がある。地形上から、分岐線下部工の高さが本線橋梁のピア一高さより高くなり、構造的に何のメリットも無く、不経済となるため平面曲線R = 80 mを採用し、2%にて下り本線をアンダーパスする案を採用する。本線通過後は、1.5%程度の登り勾配で南分岐線に合流することが十分可能である。幅員は、2車線の高架橋幅員を採用し、分岐ランプ線のみ延長は、概ね800 m程度となる。

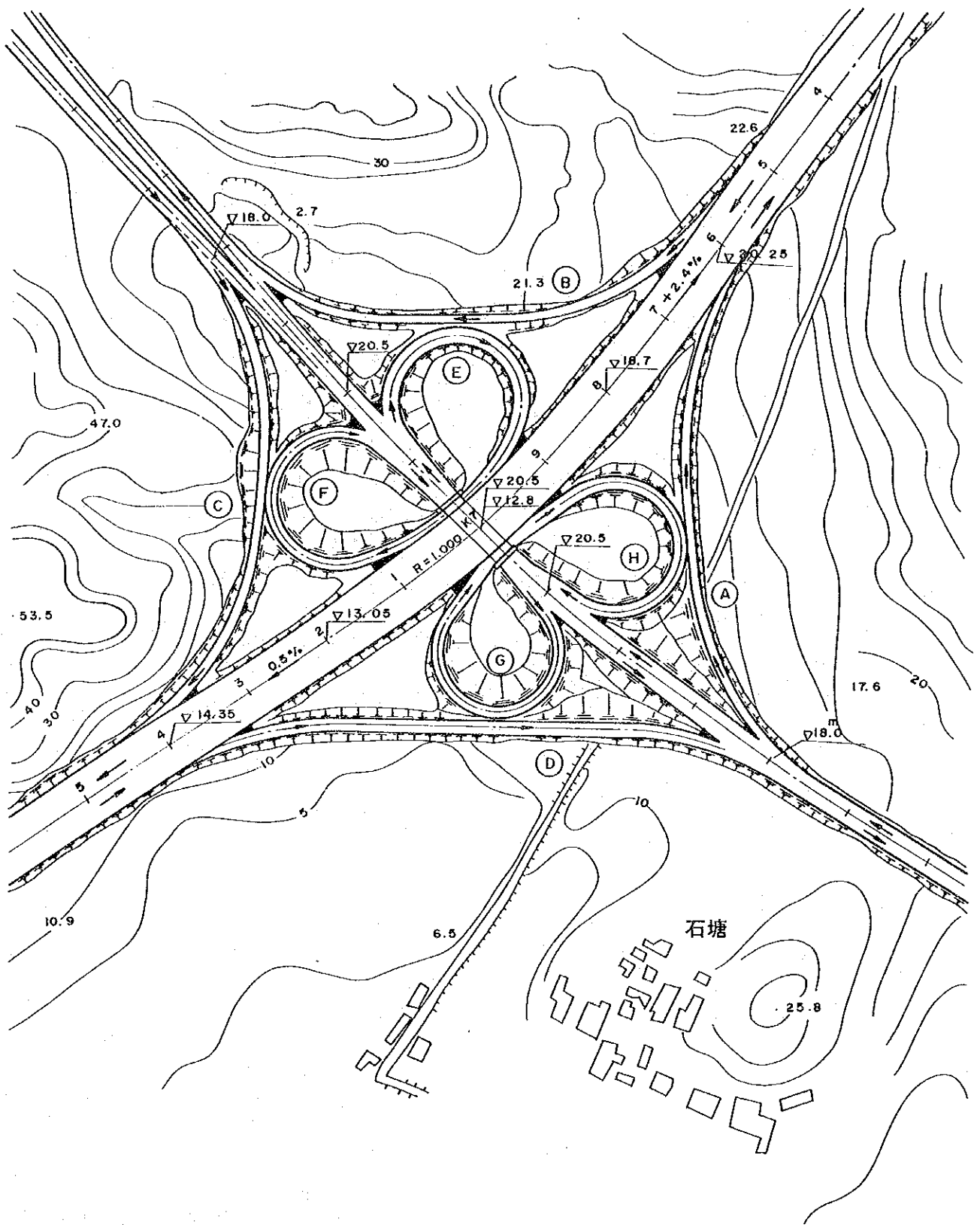


図 8-1-3 馬青路南ルートインターチェンジ計画図

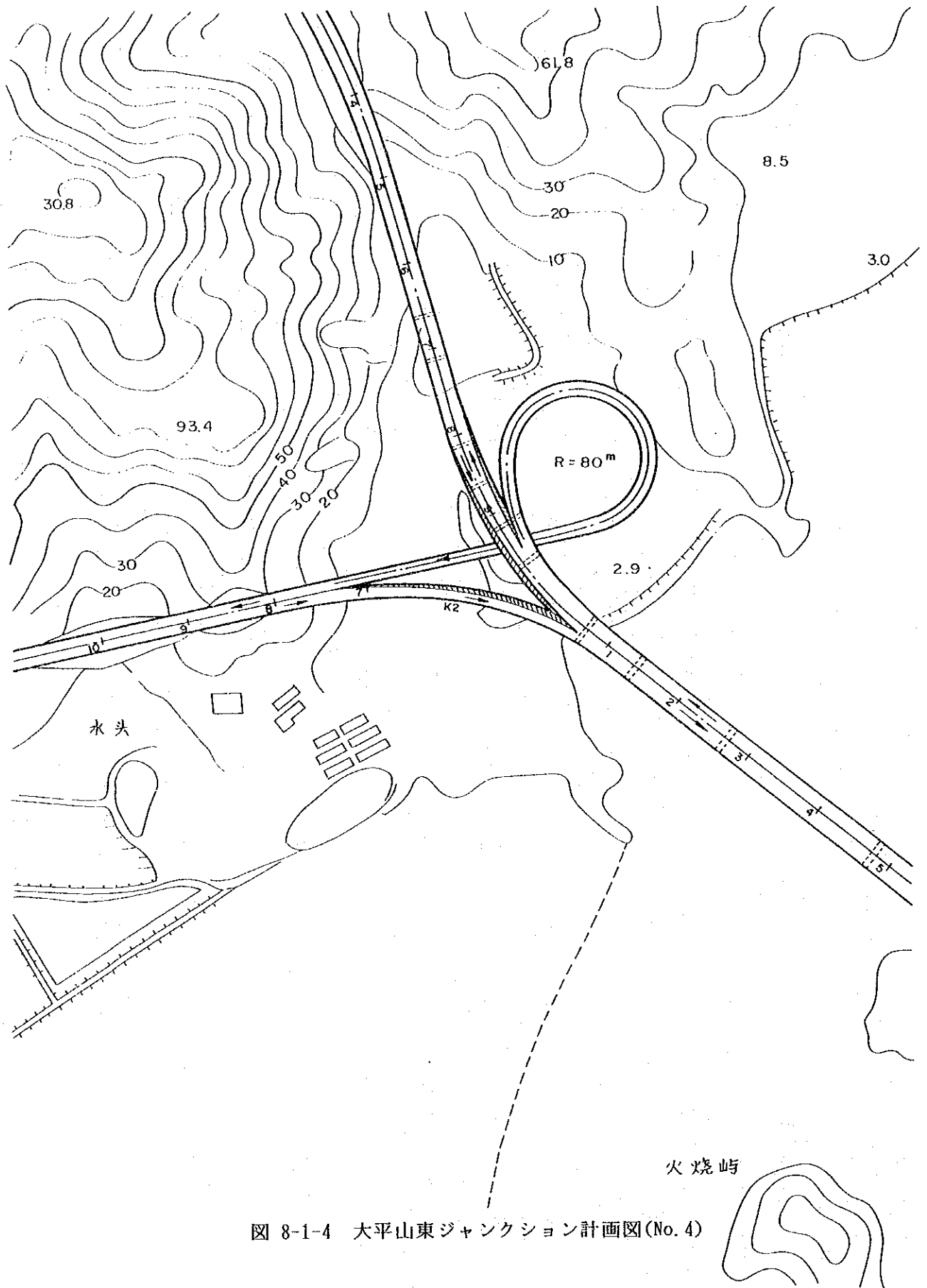


図 8-1-4 大平山東ジャンクション計画図(No. 4)

(5) 東渡路、疏港路ランプ計画

本島側の取付道路位置は、仙岳路を計画している。仙岳路は、現在の牛頭山付近にて東渡路と交差する。東渡路は、幅員40m(4車線)で道路の拡幅工事は完了している。しかし、仙岳路は工事途中で計画幅員は、40mである。交差点から700m区間の両側には、既に各種の企業の施設が完成しており、西通道の取付線形によっては、現計画の仙岳路線形は再検討する必要がある。

代替案の3路線に対する東渡路、疏港路からの出入りランプ線形の検討結果を図8-1-5に示す。整理表を表8-1-3に示す。

表 8-1-3 ランプ計画一覧表

	No 1 路線	No 3 路線	No 4 路線
1. オフランプ側			
(1) ランプ半径	R = 90 m	R = 80 m	R = 90 m
(2) ランプ本体 縦断勾配	4% 下り の1周	3% 下り の2周	2.5% 下り の2周
(3) 東渡路側縦断勾配	3.6%	2.8%	2.5%
(4) 疏港路側縦断勾配	2.2%	3.0%	1.5%
2. オンランプ側			
(1) ランプ半径	R = 90 m	R = 80、70m	R = 80 m
(2) ランプ本体 縦断勾配	2.3% 登り の1.5周	2.5% 登り の2周	2.4% 登り の1.5周
(3) 東渡路側縦断勾配	2.5%	3.5%	2.0%
(4) 疏港路側縦断勾配	3.75%	3.5%	3.75%
3. ランプ延長			
(1) オフランプ	1, 765 m	1, 710 m	2, 080 m
(2) オンランプ	1, 348 m	2, 154 m	1, 253 m
合計	3, 113 m	3, 864 m	3, 333 m

8.1.2 各代替案の基本構造諸元の見直し

7.3において検討した橋梁代替案の基本諸元の内、以下の点において変更を行った(図8-1-6計画案概略図参照)。

a. No. 3/4ルートにおける厦門島側主塔位置

港湾局側の岸壁使用上の理由により、厦門島側主塔位置は現鉄道引込線より東側に後退させた。支間長としては約110-125m長くなっている。

b. No. 1ルートにおける側塔の廃止

厦門島側側塔を廃止し、直接アンカレイジに側径間部を連結した。これによりバックステイ部及び側塔の工費を削減した。

c. できるだけ主ケーブルのサグを大きく取るため、主塔の高さは各主塔位置における最高可能高さを取るようにした。

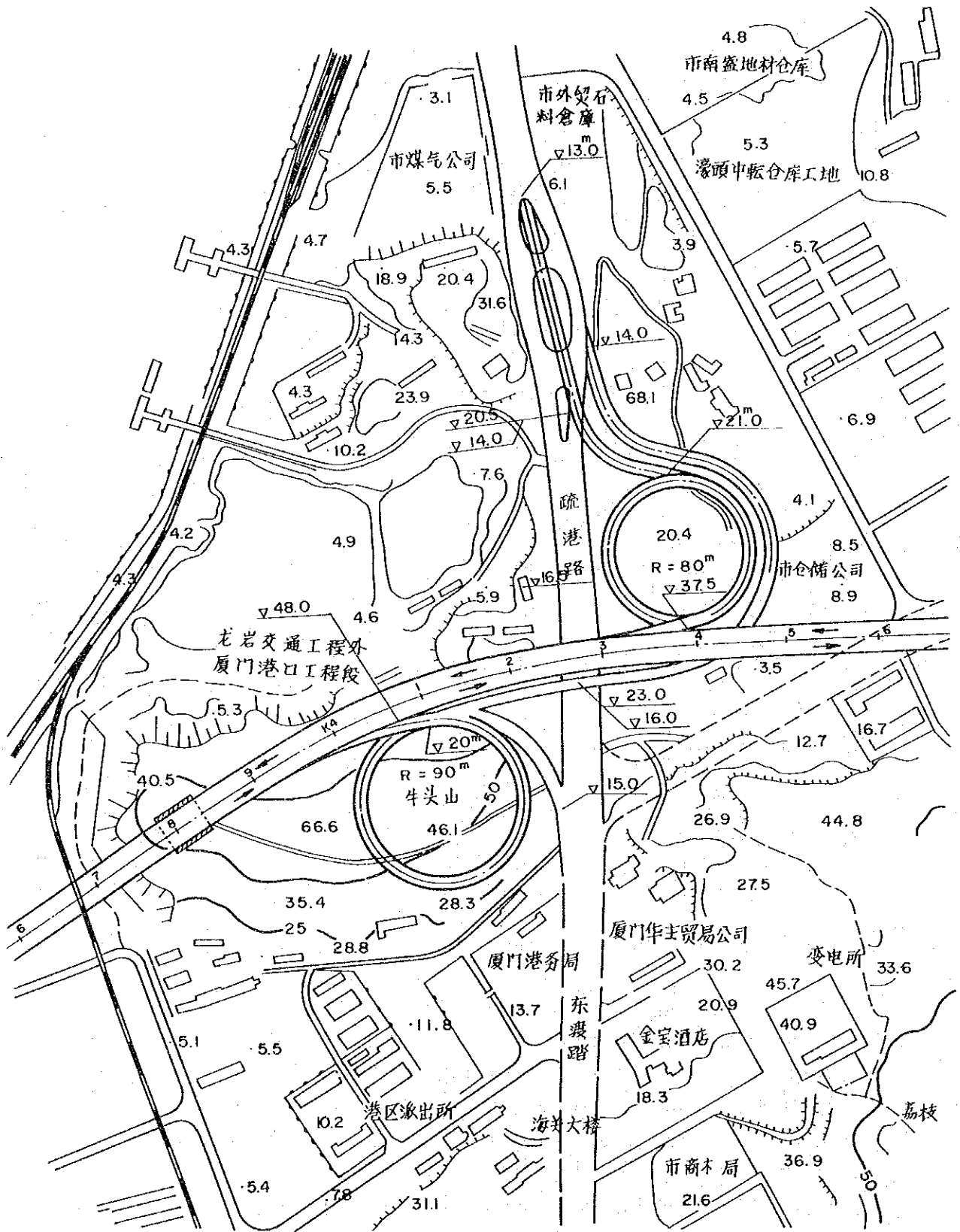


图 8-1-5 疏港路ランプ計画図(No. 4)



(注) 高さは黄海高程で示す。

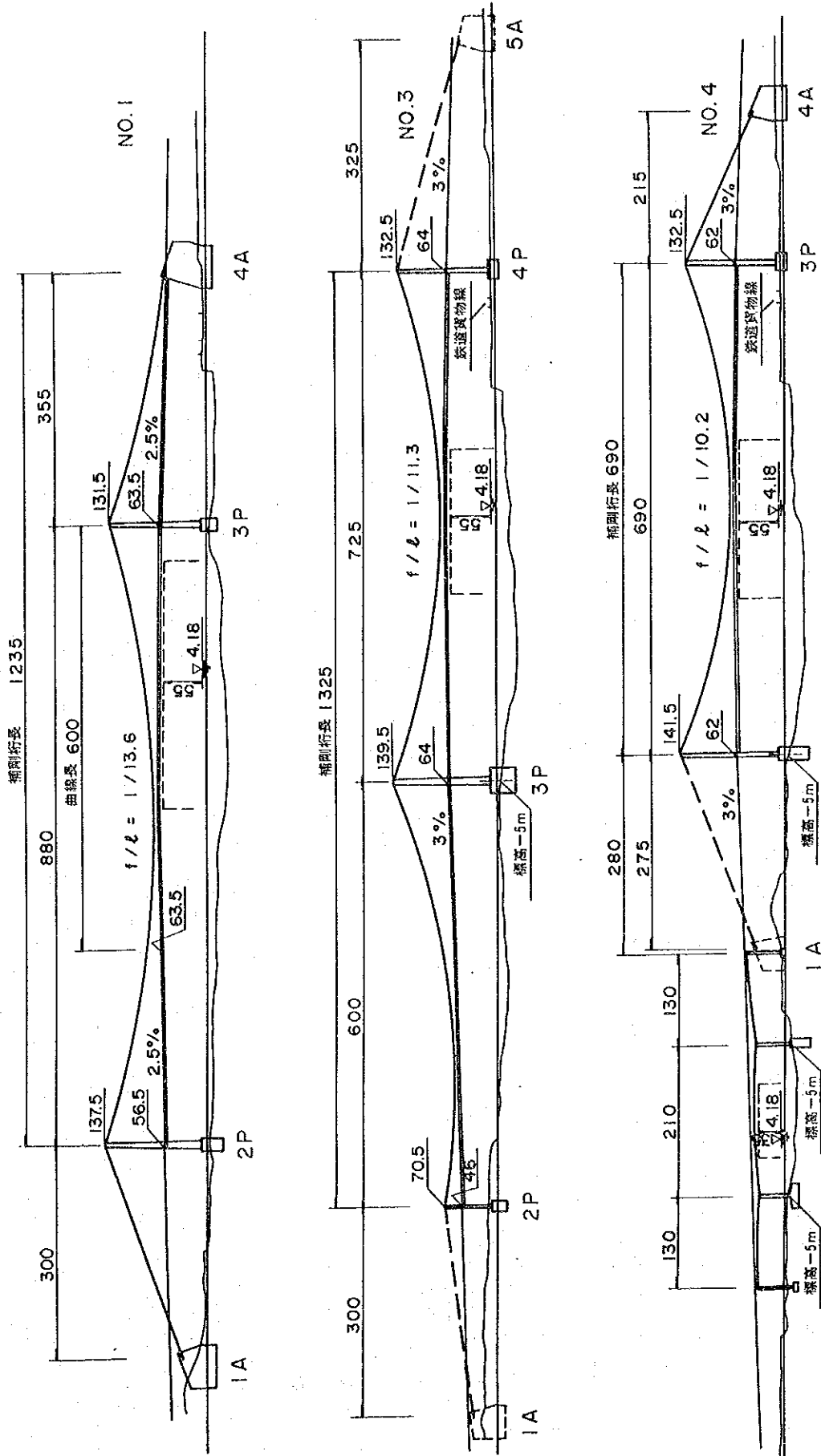


図 8-1-6 計画案概略構造図

## 8.2 代替案No. 1の比較設計

### 8.2.1 主橋梁上部構造の設計

#### (1) 設計基本方針

代替案No. 1の主橋梁は、主径間880mの2径間吊橋である。吊橋の形状は、図8-1-6に示す。航空高と航路高の制限から吊橋のサグを浅くせざるをえないが、少しでもサグを大きくするために、塔高と縦断勾配に配慮を加える。主径間の左右の塔は、それぞれの高さ制限以内まで高くし左右の塔高を変える。縦断勾配は緩くし、2.5%とする。

補剛桁は、直下吊り架設を前提に、偏平な箱桁を採用する。補剛桁の断面形状は、図8-2-1に示す。4A上でのサドルまわり構造と車道建築限界との競合を避けるため、車道建築限界からケーブル中心まで3mを確保する。このため、支点部以外は管理路はケーブルの内側に配置できる。

海滄側の側径間部はバックステイとする。これはこの部分で道路が分岐するのと、この部分を吊橋の補剛桁とするよりもコンクリートの高架橋とする方が安いのである。主ケーブルはプレハブ平行線ストランド工法を想定する。

塔はフレキシブル塔とし、経済性、鋼塔柱ブロック端面仕上げの必要性及び塔柱ブロック架設用大型架設機材の必要性を考慮し、コンクリート構造を採用する。

#### (2) 主要構造諸元

主橋梁上部構造の主要諸元を表8-2-1に示す。

表 8-2-1 主要設計諸元

ケーブル	ケーブル本数	2本/Br.		
	ストランド本数	127本/ケーブル		
	素線数	127本/ストランド		
	素線径	5.23mm		
ハンガー	最大水平張力	418,000 KN/Br.		
	安全率	4.0		
	ハンガー間隔	15m		
	1格点の本数	8本/Br.		
補剛桁	ハンガー径	50mm (CFRC)		
	切断荷重	1,710 KN/本		
	桁高×総幅	3.0m×32.5m		
	断面性能	断面積 1.19m <sup>2</sup> /Br.		
		断面二次モーメント	水平軸まわり 1.86m <sup>4</sup> /Br.	
			鉛直軸まわり 99.3m <sup>4</sup> /Br.	

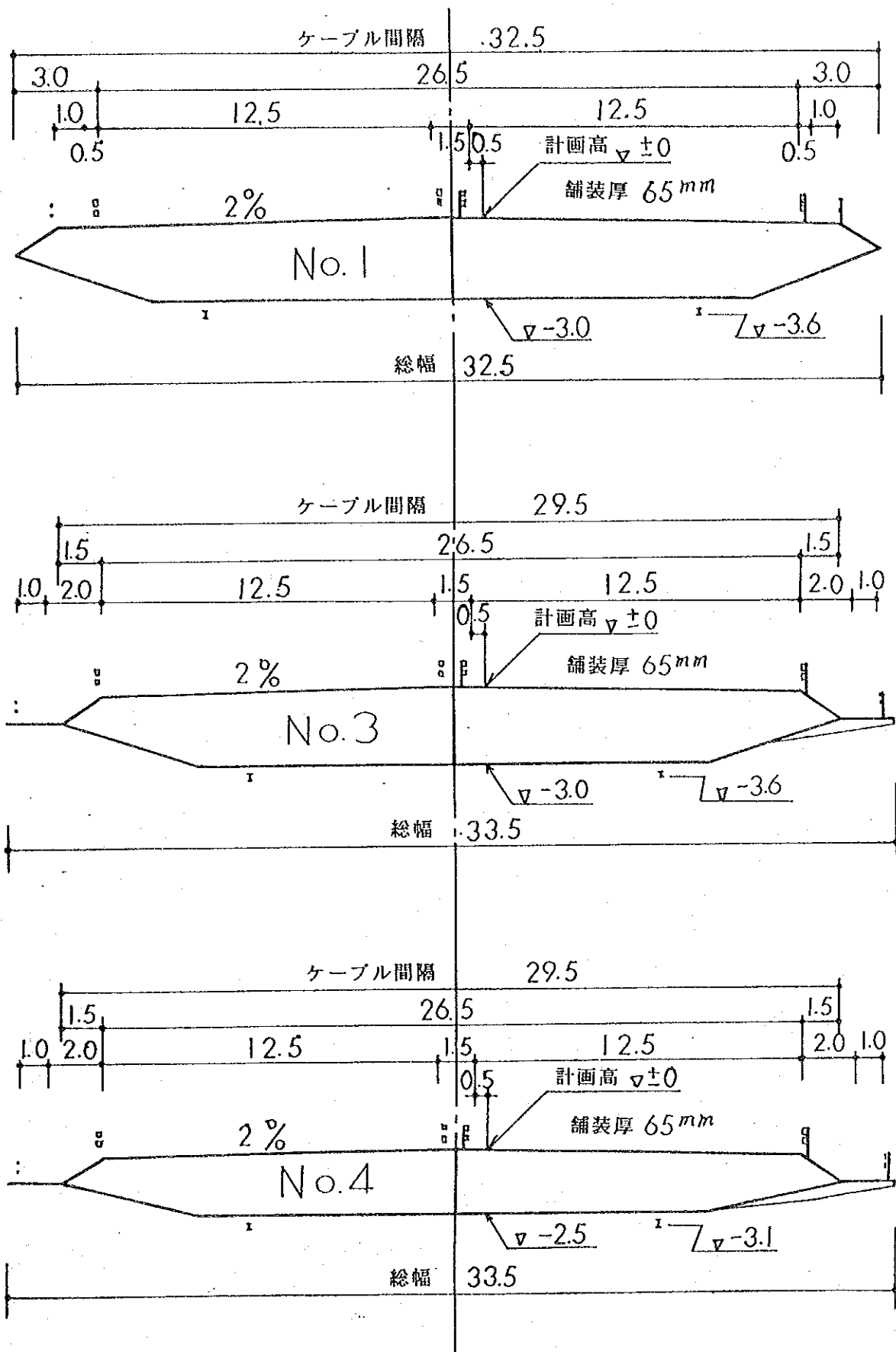


図 8-2-1 補剛桁断面図

### (3) 変形

吊橋の変形量を表 8-2-2に示す。航路高に対し、1 mほどの余裕がある。

表 8-2-2 吊橋の変形量

最大たわみ	面内 (活荷重+温度変化)	3.4m
	面外 (風荷重)	4.6m
最大塔頂変位	2P/0.2m、3P/0.5m、4P/0.1m (ただし、塔の剛性を無視した場合)	

## 8.2.2 主橋梁基礎・下部構造の設計

### (1) 基本設計方針

#### 1) 安定計算手法

安定計算は、構造物の応答を考慮した震度法で行う。応答計算に使用するスペクトル曲線は、「国家地震局地球物理研究所他」が模型実験を行い作成した応答スペクトルを参考に、基盤の最大応答加速度が130 galとなるよう修正し使用する。

#### 2) 主塔の応力度照査方法

破壊抵抗曲げモーメントの算出および照査方法は、「日本道路協会、道路橋示方書コンクリート橋編：第2章」に従って行う。終局荷重作用時の荷重の組み合わせおよび材料の強度は、「公路橋函設計規範：中華人民共和国」に従って行い、照査する断面は応力度の最も厳しくなる地震時の塔基部の橋軸方向断面とする。

#### 3) 支持層

主橋梁基礎の支持層は、弾性波速度( $V_p$ )、ボーリングコアの観察および現地踏査を踏まえ、強風化軟岩層とした。地盤の変形係数、強度定数等は「風化花崗岩の支持特性判定要領」(本四公団)を参考にした。

#### 4) 厦門側アンカレイジ構造

厦門側アンカレイジは中間塔を設けて着力点を下げること考えられるが、比較の結果、経済性より本案を採用した。

## (2) 基礎構造形式の選定

基礎構造形式は、長大橋梁基礎としての特性、施工の可否および支持層の深さを考慮して剛体系基礎とする。各基礎の形式を下表に示す。

表 8-2-3 基礎構造形式一覧表

項目	1 A	2 P	3 P	4 A
根入れ深さ(m)	15.0	19.5	7.0	7.5
基礎形式	前面を考慮した直接基礎	オープンケーソン基礎	直接基礎	前面を考慮した直接基礎

## (3) 安定計算結果

剛体2自由度系の応答計算モデルを用いた安定計算を行った結果の概要を表 8-2-4に示す。

表 8-2-4 安定計算結果一覧表

項目	1 A	2 P	3 P	4 A
橋軸直角方法幅(m)	46.0	50.0	52.0	48.0
橋軸方向幅(m)	60.0	17.0	18.0	16.0
高さ(m)	47.5	30.0	22.0	10.0
安定計算決定条件	転倒・滑動	地盤支持力	地盤支持力	地盤支持力

注)アンカレイジの高さは、ベントブロックの高さを示す。  
安定計算の決定状態は全て常時。

### 8.2.3 取付道路

取付部の橋梁は経済性の観点からコンクリート橋を採用した。計画路面高のかなり高い部分があるので、その支間長としては50-20mの範囲で変化させた。橋脚は脚柱を柱式とし、基礎形式としては直接基礎を用いた。

### 8.3.4 取付道路及びランプ部の検討

海滄地区における取付道路は4車線道路として検討した。北側路線は大平山と狗頭山との谷間を利用して計画した。この部分の土地利用は畑地、山地及び水田である。海岸部分の取付橋梁部には養魚地があり、工事中は一時借り上げが必要となる。

南側路線は家屋移転問題を避けるため、水頭集落の背後の丘陵地を通過するように路線位置を設定した。この大平山の南山麓には高圧線が施設されているため、できるだけこの鉄塔に影響を与えないよう留意した。土地利用は畑地、山地及び水田である。海岸部分の取付橋梁部には養魚地があり、工事中は一時借り上げが必要となる。

大平山東側のジャンクションは南側路線馬青路行きを北側路線廈門島行きの下を通過させることとし、ループ部を設けた。

疏港路／東港路とのランプは牛頭山の用地を利用し、かつランプ構造を簡単にするため、疏港路／東港路の両側にオフランプ及びオンランプを分離配置し、ループ構造により本線－取付道路の路面高低差を処理した。

仙岳路との取付はセンター方式とし、仙岳路計画路線にすりつけた。疏港路／東港路から仙岳路取付までは既成市街地区であり、工場、住宅地となっているため、できるだけ大型構造物を避けるよう路線選定した。

### 8.3 代替案No. 3の比較設計

#### 8.3.1 主橋梁上部構造の設計

##### (1) 設計基本方針

代替案No. 3の主橋梁は、主径間725mの2径間吊橋である。吊橋の形状を、図8-1-6に示す。航空高と航路高の制限から吊橋のサグを浅くせざるをえないが、少しでもサグを大きくするために、塔高に配慮を加える。主径間の左右の塔は、それぞれの高さ制限以内まで高くし、左右の塔高を変える。補剛桁は、直下吊り架設を前提に、偏平な箱桁を採用する。補剛桁の断面形状は、図8-2-1に示す。車道の建築限界とサドルまわりとは競合しないので、建築限界からケーブル中心までを1.5mとする。管理路はケーブルの外側に配置する。

主ケーブルはプレハブ平行線ストランド工法を用いる。塔はフレキシブル塔とし、大きな塔頂変位にもかかわらず鋼製より経済的なのでコンクリート製を採用する。

##### (2) 主要構造諸元

主橋梁上部構造の主要諸元をそれぞれ表8-3-1に示す。

表 8-3-1 主要設計諸元

ケーブル	ケーブル本数	2本/Br.		
	ストランド本数	80本/ケーブル		
	素線数	127本/ストランド		
	素線径	5.24mm		
	ケーブル径	591mm		
ハンガー	最大水平張力	259,000 KN/Br.		
	安全率	4.0		
	ハンガー間隔	12m		
	1格点の本数	8本/Br.		
補剛桁	ハンガー径	46mm (CFRC)		
	切断荷重	1,440 KN/本		
	桁高×総幅	3.0m×33.5m		
	断面性能	断面積	1.08m <sup>2</sup> /Br.	
		断面二次モーメント	水平軸まわり	1.64m <sup>4</sup> /Br.
			鉛直軸まわり	73.7m <sup>4</sup> /Br.

(3) 変形

吊橋の変形量を表 8-3-2に示す。航路高に対し、1 mほどの余裕がある。

表 8-3-2 吊橋の変形量

最大たわみ	面内 (活荷重 + 温度変化)	6.84m
	面外 (風荷重)	6.7m
最大塔頂変位	2P/0.2m、3P/2.2m、4P/0.3m (ただし、塔の剛性を無視した場合)	

8.3.2 主橋梁下部構造の設計

(1) 基本設計方針

1) 安定計算手法

N o. 1 案と同じ。

2) 主塔の応力度照査方法

N o. 1 案と同じ。

3) 支持層

N o. 1 案と同じ。

(2) 基礎構造形式の選定

基礎構造形式は、長大橋梁基礎としての特性、施工の可否および支持層の深さを考慮して剛体系基礎とする。各基礎の形式を表 8-3-3に示す。

表 8-3-3 基礎構造形式一覧表

項 目	1 A	2 P	3 P	4 P	5 A
根入れ (土被) 深さ (M)	15.0	17.5	20.0	9.0	13.0
基礎形式	直接基礎	オ-フ-ソケ-ソ基礎	オ-フ-ソケ-ソ基礎	直接基礎	直接基礎



### (3) 安定計算結果

剛体2自由度系の応答計算モデルを用いた安定計算を行った結果の概要を下表に示す。

表 8-3-4 安定計算結果一覧表

項 目	1 A	2 P	3 P	4 P	5 A
橋軸直角方法幅(m)	42.0	45.0	52.0	50.0	42.0
橋軸方向幅(m)	49.0	15.0	36.0	26.0	49.0
高 さ (m)	47.5	20.0	35.0	11.5	48.0
安定計算決定条件	支持力	最小寸法	支持力	支持力	支持力

注：アンカレイジの高さは、ベントブロックの高さを示す。  
安定計算の決定状態は全て常時。

#### 8.3.3 取付橋梁の検討

No. 1 案と同じ。

#### 8.3.4 取付道路及びランプ部の検討

No. 1 案と同じ。

## 8.4 代替案No. 4の比較設計

### 8.4.1 主橋梁上部構造の設計

#### (1) 設計基本方針

代替案No. 4の主橋梁は、主径間690mの単径間吊橋である。吊橋の形状は、図8-1-6に示す。航空高と航路高の制限から吊橋のサグを浅くせざるをえないが、少しでもサグを大きくするために、塔高に配慮を加える。主径間の左右の塔は、それぞれの高さ制限以内まで高くし塔高を変える。

海滄側の側径間は平面曲線があるので吊らない。厦門側の側径間は、吊橋補剛桁とするよりもコンクリートの高架橋とする方が経済性が優るので、吊らない。補剛桁は、直下吊り架設を前提に、偏平な箱桁を採用する。補剛桁の断面形状は、図8-2-1に示す。車道の建築限界とサドルまわりとは競合しないので、建築限界からケーブル中心までを1.5mとする。管理路はケーブルの外側に配置する。

主ケーブルはプレハブ平行線ストランド工法を用いる。塔はフレキシブル塔とし、経済的なコンクリート製を採用する。

#### (2) 主要構造諸元

主橋梁上部構造の主要諸元をそれぞれ表8-4-1に示す。

表 8-4-1 主要設計諸元

ケーブル	ケーブル本数	2本/Br.		
	ストランド本数	70本/ケーブル		
	素線数	127本/ストランド		
	素線径	5.13mm		
	ケーブル径	541mm		
	最大水平張力	214,000 KN/Br.		
ハンガー	安全率	4.0		
	ハンガー間隔	9m		
	1格点の本数	8本/Br.		
	ハンガー径	40mm (CFRC)		
補剛桁	切断荷重	1,710 KN/本		
	桁高×総幅	2.5m×33.5m		
	断面性能	断面積	1.07m <sup>2</sup> /Br.	
		断面二次モーメント	水平軸まわり 1.10m <sup>4</sup> /Br. 鉛直軸まわり 73.3m <sup>4</sup> /Br.	

(3) 変形

吊橋の変形量を表 8-4-2に示す。航路高に対し、1 mほどの余裕がある。

表 8-4-2 吊橋の変形量

最大たわみ	面内 (活荷重+温度変化)	2.9m
	面外 (風荷重)	6.7m
最大塔頂変位	2P/0.3m、3P/0.2m (ただし、塔の剛性を無視した場合)	

8.4.2 主橋梁下部構造の設計

(1) 基本設計方針

- 1) 安定計算手法  
No. 1案と同じ。
- 2) 主塔の応力度照査方法  
No. 1案と同じ。
- 3) 支持層  
No. 1案と同じ。

(2) 基礎構造形式の選定

基礎構造形式は、長大橋梁基礎としての特性、施工の可否および支持層の深さを考慮して剛体系基礎とする。各基礎の形式を表 8-4-3に示す。

表 8-4-3 基礎構造形式一覧表

項目	1 A	2 P	3 P	4 A
根入れ(土被り)深さ	5.0	30.0	9.0	13.0
基礎形式	直接基礎	オ-ブ-ンケ-ツ基礎	直接基礎	直接基礎

2 P主塔基礎は掘削深度が30 mと深いので、オ-ブ-ンケ-ツ基礎以外に多柱杭基礎形式も考えられるが、現時点においては工費的に大差と見られないので、オ-ブ-ンケ-ツ基礎形式で比較設計を行った。

### (3) 安定計算結果

剛体2自由度系の応答計算モデルを用いた安定計算を行った結果の概要を表 8-4-4に示す。

表 8-4-4 安定計算結果一覧表

項 目	1 A	2 P	3 P	4 A
橋軸直角方法幅(m)	40.0	50.0	50.0	40.0
橋軸方向幅(m)	48.0	17.0	26.0	18.0
高 さ (m)	40.0	45.0	11.5	43.0
安定計算決定条件	滑動	支持力	支持力	滑動

注：アンカレイジの高さは、ベントブロックの高さを示す。  
安定計算の決定状態は全て常時。

#### 8.4.3 取付橋梁の検討

№. 1案と同じ。

#### 8.4.4 取付道路及びランプ部の検討

№. 1案と同じ。

## 8.5 概略工費、施工工程

### (1) 概略工費

各代替3案に対する概略工費を表8-5-1に示す。積算についての詳細は第10章に記した。

表 8-5-1 概略事業費（百万元）

費目	代替案No. 1	代替案No. 3	代替案No. 4
直接工事費	1105.2	1086.4	946.5
主橋梁部	817.6	759.7	425.8
上部工	668.2	600.1	315.0
下部工	144.2	151.7	106.5
仮設備工	5.2	7.9	4.3
取付橋梁部	131.1	157.2	379.8
ランプ・ジャンクション	89.2	100.9	67.3
取付道路部	16.2	16.2	16.2
その他直接工事費	51.1	52.4	57.3
間接費	161.9	164.1	169.4
施工技術・装備費	38.0	37.5	33.5
施工企業利潤	50.7	50.0	44.6
諸税	43.7	43.1	38.3
建設工事費、上記計	1399.5	1381.1	1232.3
建設工事その他費用	481.3	366.2	422.6
予備費	611.9	570.4	559.6
建設期間借入金利	371.0	345.0	329.6
事業費総額	2863.7	2662.6	2544.1

### (2) 施工工程

代替3案に対する施工工程を図8-5-1に示す。工程は主橋梁部のみ示してあるが、その他取付橋梁部、ランプ部及び道路部に関しては主橋梁部と平行して施工されることになるが、代替3案ともほぼ同じと考えられる。取付道路／橋梁、ランプ部の用地準備については、一部工事に先行して行われる必要がある。

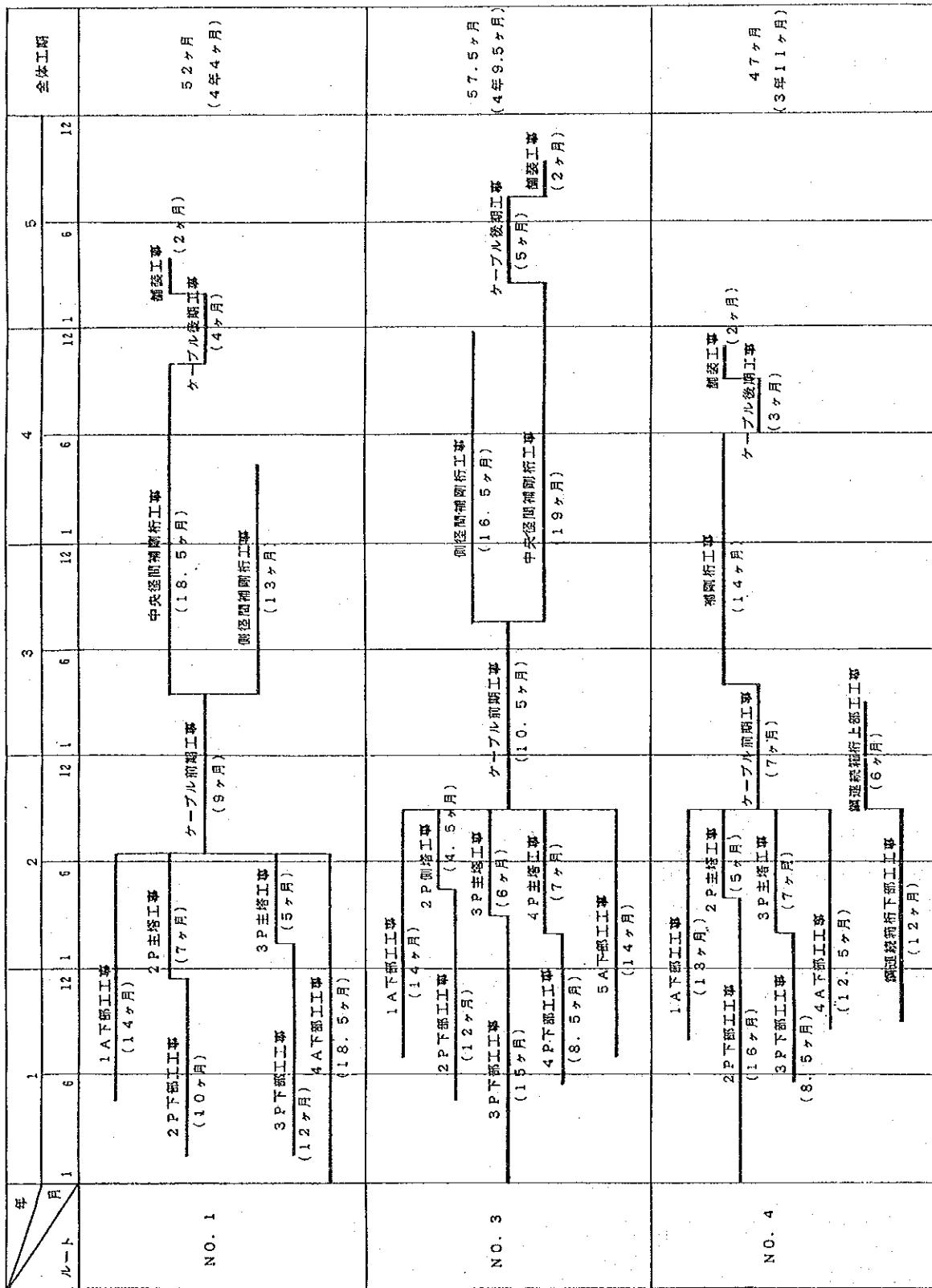


図 8-5-1 施工工程図

## 8.6 代替3案の比較および最適橋梁案の選定

### (1) 代替案の比較検討

比較設計結果を以下の表に取りまとめた。

表 8-6-1 代替案比較一覧表

項目	代替案No. 1	代替案No. 3	代替案No. 4
路線長(km)	7.395	7.225	7.285
主橋梁区間長(m)	1235	1325	690
取付橋梁長(m)	3160	2810	3285
取付道路長(m)	3000	3090	3310
吊橋支間長(m)	880	725	690
事業費(億円)	28.6	26.6	25.4
施工工期(月)	52	58	47

各代替案を数量的な比較を行うため、以下の評価マトリックス表を用いて代替案の評価を行った。項目毎の重み付け及び採点に関しては相対的・定性的なものであるが、重み付けに関しては当プロジェクトの規模を考慮し経済性、力学安定性、地質安定性及び景観を重視した評価とした。

表 8-6-2 代替案評価マトリックス表

評価項目	重み(%)	代替案No. 1	代替案No. 3	代替案No. 4
経済性	40	8.9	9.5	10.0
力学安定性	10	9.5	7.5	10.0
地質安定性	10	10.0	9.5	8.5
景観	10	9.0	9.0	10.0
環境影響性	5	9.0	10.0	9.0
車両走行性	5	10.0	9.5	9.5
施工難易度	5	8.5	9.0	10.0
工期	15	9.0	8.0	10.0
総合評価	—	9.14	9.03	9.78

上記評価に関する内容の説明を以下に述べる。

#### 1) 事業費

総事業費は代替案No. 1、No. 3、No. 4の順に高く、それぞれ28.6、26.6及び25.4億円となっている。代替案No. 1の事業費はNo. 4の事業費に比べて12.6%多くなっている。

## 2) 構造力学的性

代替案No. 1の吊橋は、サグが小さいのでケーブルが大きくなっている。本案では(サグ比1/13.6で支間880mの吊橋)、サグ比1/10の支間1200mの吊橋に匹敵するケーブル断面が必要となっている。これに対し、代替案No. 4では、サグ比を1/10.2まで大きくすることができるので一般的なプロポーションとなっており、さらに側径間を吊っていないので塔頂変位も小さくコンクリート塔に適している。

3案のうち、代替案No. 3は異常に変形量大きい。これは多径間吊橋の特徴であり、見かけの側径間が非常に長いことによるものである。塔剛性を無視したときの3P塔頂の変位は2mにもなり、3P塔およびその基礎の設計を非常に苦しめている(主塔基部コンクリート示方強度 約70 Mpa)。

## 3) 地質安定性

主橋梁部の基礎の地質はいずれの代替案においても、強風化岩層を選定している。この強風化岩層の物理的性質は現在の時点では明確でないが、支持力の点では問題ないと考えられる。海滄側東海岸或いは火焼嶼における断層帯は安定状態にあり、支持力としてはボーリングコアサンプルの目視からは十分強固と判断できる。しかし、全体的な地質調査がなされていないため、とくに代替案No. 4においては今後詳細な地質検討が必要となろう。

## 4) 景観

吊橋としての景観は3案ともさほど差異はない。しかし、No. 1案は多少偏平な感じを与える。また全体構造物の周辺地形との融合状態を見た場合は、No. 4案は周辺地形を無理なく利用して構築されている感じを与えるが、No. 1案は周辺地形に比べて大きすぎる感じを与える。No. 3案はNo. 1案に準じた感じを与える。

## 5) 環境影響性

比較代替案の自然環境に与える影響は大差ないものと見られる。火焼嶼については環境保護区として設定されていないので、No. 4案についても特に問題はない。社会環境に与える影響については、船舶航行、農地収用、住民・工場移転、振動・騒音・排気ガス等の項目が上げられる。船舶航行については各案とも東渡港の主要航路を妨げないように橋脚を計画しており、差異はない。農地収用に関しても3案とも同じである。住民・工場移転に関しては、代替案No. 3は疏港路ランプ用地として牛頭山跡地を利用しており、他2案に比べて影響は少なくなっている。



振動・騒音・排気ガスについては3案とも同じと考えられ、差異はない。

#### 6) 車両交通走行性

西通道本線の平面及び縦断線形はほぼ同じであり、ほとんど差異はないが線形的にNo. 1がやや優っている。

#### 7) 施工難易度

中国においては200mまでの吊橋は数多くあるが、本橋のような600mを超える本格的吊橋の経験はまだない。中央径間888m、6車線の珠江虎門大橋（吊橋）は1992年に着工したところである。中央径間1385m、6車線の江陰長江大橋（吊橋）は1993年中に着工予定である。この意味では代替3案とも中国の設計・施工技術者にとっては解決すべき多くの問題を抱えていると言える。

基礎構造及び下部構造については、海中主塔・橋脚の施工量の関係でNo. 4、No. 3、No. 1の順に施工難度が低くなる。主塔の建設及びアンカレイジの建設については、同様の構造であるので代替案間の差異はない。

上部工については吊橋の施工工法的には3案とも同じ工法であり、特別異なる工法を用いていない。しかし構造が大きくなるほど問題が多くなり、施工難易度が高くなる。特にケーブル施工については吊橋の最も重要な要素であり、施工精度の確保、施工資機材（ケーブル引き出し、張力調整、締め付け、ラッピング等）はケーブルの寸法に応じたものを準備する必要がある。代替案No. 1は主ケーブル張力が大きく、また代替案No. 3はケーブル長が最も長い。代替案No. 4は両者に比べて張力が最も少なくまたケーブル長も最も短い。

#### 8) 工期

工期は代替案No. 3が最も長く約58カ月、代替案No. 4が最短で47カ月である。

### (2) 最適代替案の選定

以上の検討結果より、総合評価としては経済性、工期及び力学安定性等の諸点で優位性を有する代替案No. 4が最も評価が高く、これより最適代替案として代替案No. 4を選定する。



## 第9章 最適案の概略設計

本章においては第8章で選定された中央ルートNo. 4橋梁案に対する概略設計の内容を述べる。概略設計は主橋梁部、火燒嶼西側航路橋部、取付橋梁部及び取付道路部について実施した。以下にそれらの設計における基本方針、設計結果の概要等示す。設計詳細については設計図面集を参照のこと。

### 9.1 設計条件の見直し

#### (1) ルート線形（平面計画図参照）

第8章において得られた結論を基に、廈門市における内部討議を経て、火燒嶼を經由するNo. 4ルートが西通道架橋位置として選定された。但し、比較設計に於いて検討された海滄地区大平山山麓の南北地域を通過して馬青路に到る2ルートの取付道路は、重複投資の意味合いが強く、また火燒嶼を通過後の線形上の観点からも北ルートの設置は難点が多いため、取付道路は南ルートに限定して設計を行った。

#### (2) 主橋梁橋脚位置

主橋梁の廈門島側の橋脚位置は港湾局との協議により、埠頭に於ける荷役及び鉄道引込線の運行に支障のない範囲において設置可能となったため、支間長を可能な限り短縮するため、東渡埠頭岸壁より約50m離れた位置に計画した。また、火燒嶼側の橋脚は基礎工の施工難度を考慮し、海底地盤高-5mより浅瀬の位置に設置することにし、中央支間長650mを設定した。

#### (3) 主橋梁形式

吊橋の側径間は主ケーブルで吊る場合と吊らない場合とが考えられる。廈門島側の側径間は港湾区域にあり、その下方空間は港湾活動の利用が考えられるため、構造として工費的に割高になるが、主ケーブルから吊る形式を選定した。但し、港湾局との協議によりこの部分を高架橋形式とする事も考えられ、その場合工費的にもまた施工方法的にも有利となる。一方、火燒嶼側の側径間は両形式共問題なく建設可能であるが、経済的に優れたコンクリート高架橋形式を選定した。しかし側径間の構造については景観等を含めて詳細設計までにさらに検討することが望ましい。従って、主橋梁の形式としては2径間吊橋とした。支間割は以下のとおりである。

$$210 + \underline{650} + 230 \text{ m (下線部は吊径間)}$$

## 9.2 吊橋構造概略設計

### (1) 主橋梁上部構造の概略設計

#### 1) 設計基本方針

吊橋の形状は、図 9-2-1に示す。航空高と航路高の制限から、塔高に配慮を加える。主径間の左右の塔は、それぞれの高さ制限までの余裕を同等とし塔高を変える。火焼島側の側径間はコンクリートの高架橋とする方が経済的であるので吊らない。廈門側の側径間は、港湾の環境を損なわないように吊橋とする。

補剛桁は、直下吊り架設を前提に、偏平な箱桁を採用する。補剛桁の断面形状は、図 9-2-2に示す。管理路はケーブルの内側に配置する。

主ケーブルの工法はPSを想定する。

塔はフレキシブル塔とし、経済的なコンクリート製を採用する。

#### 2) 主要構造諸元

主橋梁上部構造の基本事項、設計荷重および主要設計諸元をそれぞれ表 9-2-1、表 9-2-2および表 9-2-3に示す。

表 9-2-1 基本事項

形式	2 径間 2 ヒンジ補剛箱桁吊橋
支間割	ケーブル 210m+650m+230m 補剛桁 650m+230m
ケーブルサグとサグ比	f=65.0m、f/L=1/10.0
塔理論頂(黄海高程)	2P/139m、3P/130m
線形 平面	直線
縦断	1.5%放物線(曲線長650m区間)
横断	車道/2.0%直線、管理路/2.0%直線
航路限界	略最高高潮面(20年確率、厦零基準+7.42m=黄海高程+4.18m)より55m上
道路床版形式	鋼床版
道路舗装厚	車道/アスファルト65mm、管理路/アスファルト20mm
幅員構成	車道幅員 = (右側路肩0.75 + 車線3×3.75 + 左側帯0.5) × 2 + 中央分離帯1.5 = 26.5m 管理路幅員 = 1.0m × 両外側

側面圖

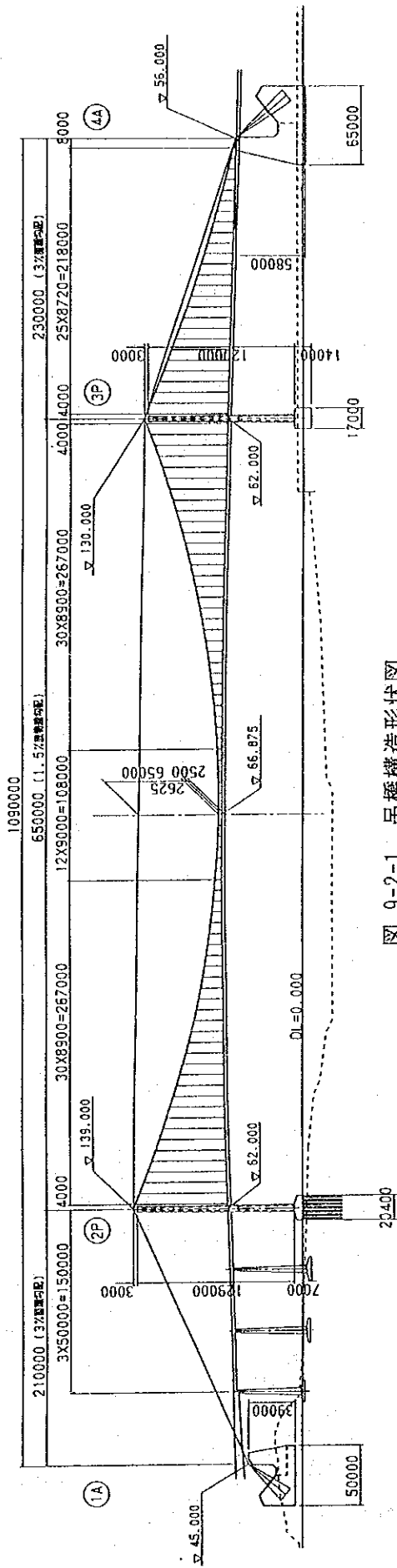


圖 9-2-1 吊橋構造形狀圖

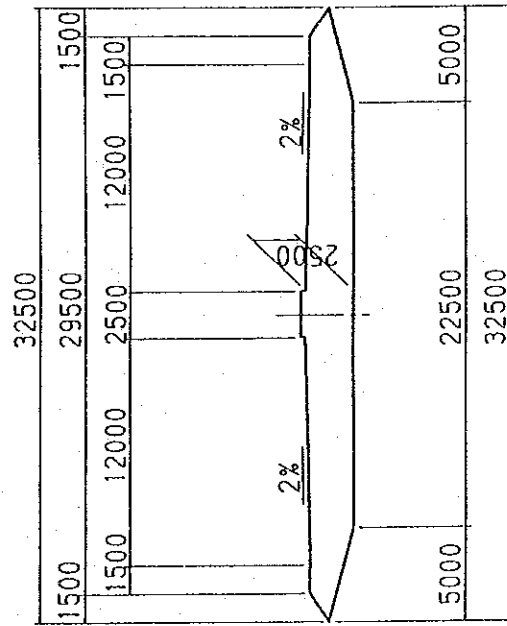


圖 9-2-2 補剛桁斷面形狀圖

表 9-2-2 設計荷重

死荷重		中央径間 (KN/m/Br.)	側径間 (KN/m/Br.)		
吊構造部	舗装	41	41		
	補剛桁	127	127		
	公共添架物	5	5		
	小計	173	173		
	ケーブル	主ケーブル	28.7	29.4	
	主ケーブル以外	7.0	7.0		
	小計	35.7	36.4		
合計死荷重強度		208.7	209.4		
活荷重	自動車超 20 級 / 挂車 - 120				
風荷重	基本風速 36m/s				
		ケーブル	ハンガー	補剛桁	
	投影面積	m <sup>2</sup> /m	1.33	0.92	3.12
	設計風速	m/s	58.0	58.0	54.6
	抗力係数		0.7	0.7	1.3
	風荷重強度	KN/m	2.5	1.7	9.4
温度変化		±20℃			

表 9-2-3 主要設計諸元

ケーブル	弾性係数	2.03 × 10 <sup>5</sup> MPa		
	許容応力度	640 MPa		
	ケーブル本数	2本 / Br.		
	ストランド本数	70本 / ケーブル		
	素線数	127本 / ストランド		
	素線径	5.05mm		
	ケーブル径	532mm		
	最大水平張力	206,000 KN/Br.		
ハンガー	弾性係数	1.4 × 10 <sup>5</sup> MPa		
	安全率	4.0		
	ハンガー間隔	9m		
	1 格点の本数	8本 / Br.		
	ハンガー径	40mm (CFRC)		
	切断荷重	1,090 KN/本		
補剛桁	桁高 × 総幅	2.5m × 32.5m		
	断面性能	断面積	1.21m <sup>2</sup> /Br.	
		断面二次モーメント	水平軸まわり	1.29m <sup>4</sup> /Br.
		鉛直軸まわり	104 m <sup>4</sup> /Br.	
	ねじれ定数	5.16m <sup>4</sup>		
極慣性モーメント	259 t·s <sup>2</sup>			
回転半径	11.0m			

3) 応力

補剛桁の曲げモーメント図を図 9-2-3に、吊橋系の最大応力を表 9-2-4に示す。縦リブ下縁応力度は、床組系で A 3 鋼の許容応力度 (145MPa) いっぱい、吊橋系

で36 MPaであるので、合計で 181MPa となり、40%割増しの許容応力度 ( $145 \times 1.4 = 203\text{MPa}$ ) には十分な余裕がある。

表 9-2-4 補剛桁の吊橋系最大応力

面内 (活荷重 + 温度変化)			
最大曲げモーメント		+ 92,600 KNm、	- 52,800 KNm
縁応力度	デッキプレート	圧縮 82.8 MPa、	引張 47.2 MPa
	縦リップ下縁	圧縮 63.3 MPa、	引張 36.1 MPa
	ボトムプレート	引張 97.3 MPa、	圧縮 55.5 MPa
面外 (風荷重)			
最大曲げモーメント		123,000 KNm	
縁応力度		19.2 MPa	

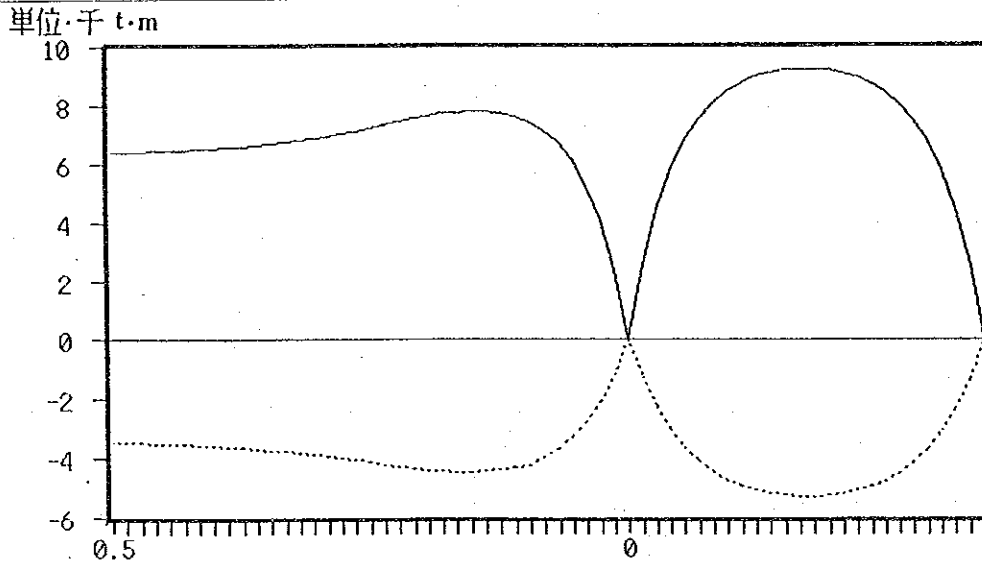


図 9-2-3 補剛桁の曲げモーメント図

#### 4) 変形

吊橋の変形量を表 9-2-5 に示す。最大たわみの包絡線と航路高との関係を図 10-2-4 に示す。航路高に対し、50 cm ほどの余裕がある。

表 9-2-5 吊橋の変形量

最大たわみ	面内 (活荷重 + 温度変化)	2.8m
	面外 (風荷重)	5.1m
最大塔頂変位	2P / 22cm、3P / 40cm (ただし、塔の剛性を無視した場合)	
桁端移動	中央径間	+55cm、-55cm
	側径間塔側	+15cm、-15cm
	側径間端部	+10cm、-10cm

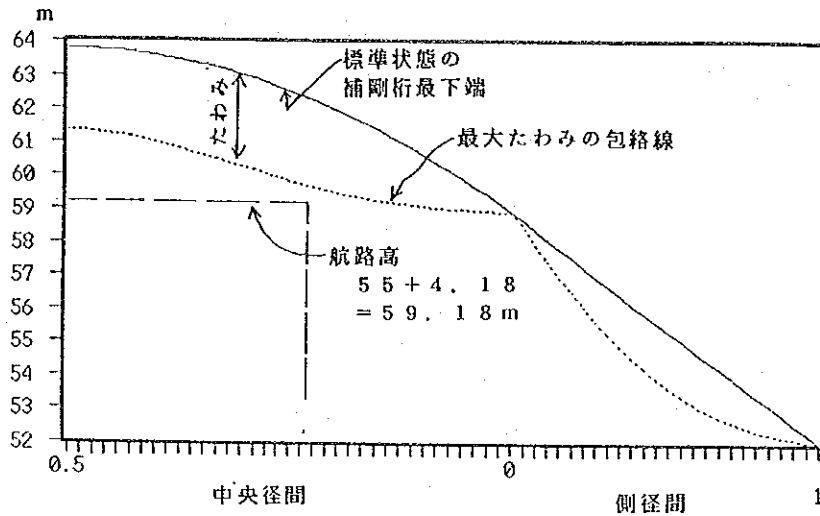


図 9-2-4 最大たわみの包絡線図

### 5) 耐風安定性

補剛桁の高さ幅比が  $2.5\text{m}/32.5\text{m}=1/13$  と偏平であり平板に近い。したがって、Selberg式でフラッター発振風速を算出する。

$$\text{Selberg式 } V_{c1} = b \cdot \omega \alpha \cdot 0.88 \cdot [(\nu^{1/2} / \mu) \cdot (1 - \omega \eta^2 / \omega \alpha^2)]^{1/2}$$

ここに、 $b$  = 幅員の半分 (m)

$$\omega \alpha = \text{ねじれ円振動数 (rad/s)} = 2 \cdot \pi \cdot N \alpha$$

$$\omega \eta = \text{たわみ円振動数 (rad/s)} = 2 \cdot \pi \cdot N \eta$$

$$N \alpha = \text{ねじれ振動数 (Hz)}$$

$$N \eta = \text{たわみ振動数 (Hz)}$$

$$\mu = 2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot b^2 / m$$

$$\nu = 2 \cdot r^2 / b^2$$

$$r = \text{回転半径 (m)}$$

$$\rho = \text{空気密度} = 0.12 (\text{kg} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^3)$$

$$m = \text{質量} (\text{kg} \cdot \text{s}^2 / \text{m/m})$$

計算された振動数は  $N \alpha$  (対称 1 次) = 0.4364 Hz、 $N \eta$  (対称 1 次) = 0.1868 Hz だから

$$V_{c1} = 113 \text{ m/s}$$

である。

一方、動的に満足すべき風速は設計風速の 1.2 倍 ( $54.6 \times 1.2 = 65.5 \text{ m/s}$ ) なので、フラッターに対する安定性は十分クリアしている。ただし、箱断面は限定振動が起こりやすいので、風洞試験による検証は欠かせない。



(2) 主橋梁下部構造の概略設計

1) 設計基本方針

主塔の設計は、極限状態設計法によるものとする。設計方針は基本的には「公路鋼筋混凝土および予応力混凝土橋涵設計規範：1985 中華人民共和國交通部標準」によるものとする。これによる荷重の組み合わせと載荷安全係数は以下の通りである。

$$1.25 S_G + 1.45 S'_{Q1}$$

$$1.10 S_G + 1.30 S'_{Q1} + 1.30 S_{Q2}$$

ここで、 $S_G$ ：死荷重による応力、 $S'_{Q1}$ ：活荷重（衝撃を含む）

$S_{Q2}$ ：温度および乾燥収縮の影響

基礎の安定計算は、次の要領により行う。

a. 剛体基礎

剛体基礎の設計は、常時、地震時および暴風時について行う。安定計算手法は基本的に日本国本州四国連絡橋公団の「下部構造設計基準・同解説」および「耐震設計基準・同解説」によるものとした。ただし、地震時の安定計算においては、廈門付近で200年に1度の発生確率が考えられる地震に対する応答スペクトルを用いた剛体2自由度の応答解析手法を用いる。

b. 杭基礎

杭基礎の設計は、原則としてフーチングを剛体とし、フーチングの変位を考慮した弾性解析法により杭反力、変位および杭体の応力度を算出する。耐震設計は震度法とし、設計水平震度は応答スペクトル曲線から最大値（130gal）を用いることとする。

本ルートは、水頭地区から火焼嶼を經由し牛頭山に至る直線ルートである。吊橋は、火焼嶼から東渡埠頭を越え、牛頭山の埠頭側の麓までの1,090m間に建設され、下部構造の設置位置は下表の通りである。

表 9-2-6 下部構造設置位置

下部工位置	X (m)	Y (m)	備 考
1 A アンカレイジ	2,710,474. <sup>6530</sup>	455,647. <sup>6982</sup>	27°V-点と中心線の交点
2 P 主塔基礎	2,710,466. <sup>2590</sup>	455,857. <sup>5304</sup>	
3 P 主塔基礎	2,710,440. <sup>2800</sup>	456,507. <sup>0110</sup>	岸壁から約50m陸上
4 A アンカレイジ	2,710,431. <sup>0870</sup>	456,736. <sup>8272</sup>	27°V-点と中心線の交点

## 2) 各基礎位置の地形概要

### a. 1 A アンカレイジ

1 A アンカレイジの設置位置は、火焼嶼北端の通信施設付近の標高約23mの山の頂に設置する。山の傾斜は最急部分でおよそ37%であり比較的急である。また、アンカレイジ東側(前面)および西側(背面)には海面から切り立った崖垂が存在し、表面は雑木に覆われている。基礎を設置する上での問題点は、西側の崖垂とアンカレイジ背面との距離および地山の傾斜から基礎のセット面の決定に制約を受けることである。

### b. 2 P 主塔基礎

2 P 主塔位置は、火焼嶼の東側海岸線からおよそ110mの沖合いである。水深は約4mであり海底面の傾斜は少ない。水深は比較的浅いため、基礎の施工上の制約は比較的少ない。

### c. 3 P 主塔基礎

3 P 主塔基礎は、埠頭の岸壁と海側の引き込み線からそれぞれ約50m離れた位置に設置する。この部分は埠頭用地内の埋立地で港湾施設に隣接した位置にあり、標高約5mの平坦な地形である。現在水切り用のクレーンや資材運搬用のトラックなどの交通量が多い。

### d. 4 A アンカレイジ

4 A アンカレイジは牛頭山西側の崖垂の位置に設置する。牛頭山は現在切り崩されており、橋梁架設時期にはほぼ切り崩され、標高5mの平坦地となる予定である。スプレー点から西側引き込み線までの距離はおよそ40m程度しかなく軀体の前面側の寸法が制約を受ける可能性がある。

## 3) 各基礎位置の地質

### a. 地質調査項目

吊橋の検討のために実施された地質調査ボーリングは下表に示す4本である。これらのボーリングは残念ながら基礎の設置位置で行われたものではない。従って地質条件は近傍の地質調査結果から推定を行った。

### b. 1 A アンカレイジ

(日) ZK3のボーリング調査によると、火焼嶼北側地盤の地質構成は表層に40cm程度の表土の下に支持層として選定した、強風化泥質粉砂岩(軟岩に相当)が現れる。この層はおよそ30mの層厚があり、その下位には中風化粉砂岩層となる。支持層となる強風化泥質粉砂岩に対する室内試験結果等は無いもののコアの状態および火焼嶼の露頭を見ると、花崗岩のDH~CLランクに相当すると判断することが出来る。

表 9-2-7 地質調査ボーリング位置

ボーリングNo.	ボーリング位置	適用する基礎	その他
(日) Z K 3	火焼嶼北側頂上	1 A アンカレイジ	
(日) Z K 2	火焼嶼東側海上約 1 0 0 m	2 P 主塔基礎	
Z K 5	火焼嶼北端	2 P 主塔基礎	
Z K 8	東渡埠頭引込み線間	3 P 主塔基礎	埋立時の調査も加味
K <sub>3</sub> +8 5 0	牛頭山北側麓	4 A アンカレイジ	

c. 2 P 主塔基礎

2 P 主塔基礎位置の地質は、(日) Z K 2 を中心に Z K 5 を加味して推定する。この位置の地質構成は上層から、中間層の堆積粘性土層、支持層となる強風化泥質粉砂岩となる。上層の堆積粘性土層は Z K 5 および (日) Z K 2 から判断して、航路側に向かって急激に深くなっていると判断できる。今回は、両ボーリング柱状図の堆積粘性土層から算出される傾斜を用いて、この層の下端(支持層との境)を標高(以下 DL と表現する) - 3 1. 0 m とした。支持層は、1 A アンカレイジと同じ強風化泥質粉砂岩とする。

d. 3 P 主塔基礎

3 P 主塔基礎位置の地質は、Z K 8 および埠頭建設時に行った地質調査結果から推定する。Z K 8 の地質調査結果によると、この位置の地質構成は、表層から碎石、埋立土(N値5~7)、堆積粘性土、強風化断層角礫岩、強風化石英粉岩および中風化石英粉岩となる。ボーリングコアの採取率は強風化石英粉岩以上の岩質で95%と良好であり、中風化石英粉岩では非常に良好なコアが採取されている。支持層となる強風化石英粉砂岩層は、DL-1.6m、中風化石英粉砂岩層でもDL-5.6mで現れる。しかし、岸壁の近傍で行った過去の地質調査ボーリングを見ると支持層の深さはDL-7mとなり、支持層が航路に向かって落ち込んでいることが判る。主塔基礎位置は、ちょうど両ボーリング調査位置の中程よりも岸壁に近いことから、支持層の深さとしては旧ボーリング結果に基づいて決定する。支持層については、中風化岩岩層が比較的浅く得られるためこれを選定する。

e. 4 A アンカレイジ

4 A アンカレイジ位置付近で行われたボーリング調査は、K<sub>3</sub>+8 5 0 が最も近い。3 P と 4 A 間には断層があり、これを境に地質が変わる。すなわち、3 P 位置の地質が石英質粉砂岩であるのに対し、4 A 位置では流紋質晶屑凝灰溶岩となる。K<sub>3</sub>+8 5 0 のボーリング調査結果では、地表からDL-2mまでが流紋質晶屑凝灰溶岩岩質粘性土層、それ以深が支持層となる流紋質晶屑凝灰溶岩強風化岩である。

4) 主塔の設計結果

図 9-2-8に主塔断面力計算結果を示した。塔柱については、2P、3Pの両方の計算を行うが水平材については2Pのみ計算を行う。

表 9-2-8 塔柱断面力

断面位置	方向	N (KN)	H (KN)	M (KN・m)	荷重組合せ	備考
2P 塔基部	橋軸	209,000	900	146,000	1.25D+1.45L	
	橋直	186,000	8,300	213,000	1.10D+1.30L	
3P 塔基部	橋軸	201,000	1,900	288,000	1.25D+1.45L	
	橋直	176,000	8,100	212,000	1.10D+1.30L	
3P 下部水平材 上側	橋軸	163,000	1,900	166,000	1.25D+1.45L	
	橋直	127,000	3,500	126,000	1.10D+1.30L	

表 9-2-9 塔水平材断面力

断面位置	方向	N (KN)	H (KN)	M (KN・m)	荷重組合せ	備考
2P上部水平材	橋直	3,800	10,000	82,000	1.25D+1.45L	
2P下部水平材	橋直	2,900	28,000	259,000	1.10D+1.30L	プレストレス300t

表 9-2-10 2Pおよび3P主塔主要断面照査結果

断面位置	方向	使用鉄筋	せん断補強筋	N, M 耐力	せん断耐力
2P 塔基部	橋軸	D22ctc200	D19×4 本	0.532	0.092
	橋直	D22ctc200	D19×4 本	0.547	0.851
3P 塔基部	橋軸	D22ctc200	D19×4 本	0.663	0.198
	橋直	D22ctc200	D19×4 本	0.533	0.830
3P 下部水平材 上側	橋軸	D22ctc200	D19×4 本	0.547	0.227
	橋直	D22ctc200	D19×4 本	0.395	0.359
2P上部水平材	橋直	D38ctc150	D25×4 本	0.945	0.656
2P下部水平材	橋直	D38ctc150	D29×4 本	0.860	0.823

注：表中耐力の欄に示した係数は、荷重組合せにより求めた断面力（M, N, S）に対する極限状態の抵抗曲げモーメントに対する比率である。

## 5) アンカレイジの設計

アンカレイジ軀体寸法を決定する要因および前提条件は、主に次のとおりである。

### ・ケーブル着力点

ケーブル着力点は、1 A アンカレイジで  $DL+4.5\text{ m}$ 、4 A アンカレイジで  $DL+5.6\text{ m}$  である。

### ・ケーブル折れ角

ケーブル折れ角は、45度程度を基本とするが安定計算結果に応じて調整する。検討の結果ケーブルの折れ角は1 A、4 A アンカレイジとも50度とした。

### ・ケーブル定着方法

ケーブル定着方法は、ヨーロッパに実績の多いプレストレス方式とする。プレストレス方式を採用することにより、ケーブルアンカーフレームが不要となるため工期の短縮を図ることが出来る。定着構造図（参考）を下図に示す。

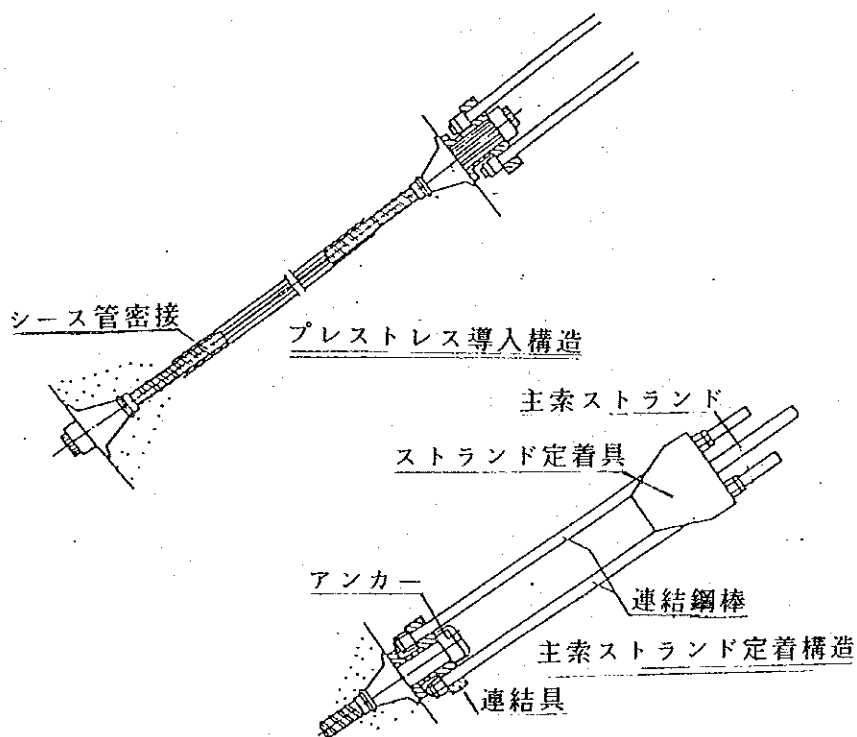


図 9-2-5 ケーブル定着構造図

・ケーブル定着長

ケーブル定着長は、過去の実績を考慮して16mと決定した。下図に過去のケーブル張力と定着長の関係のグラフを示す。

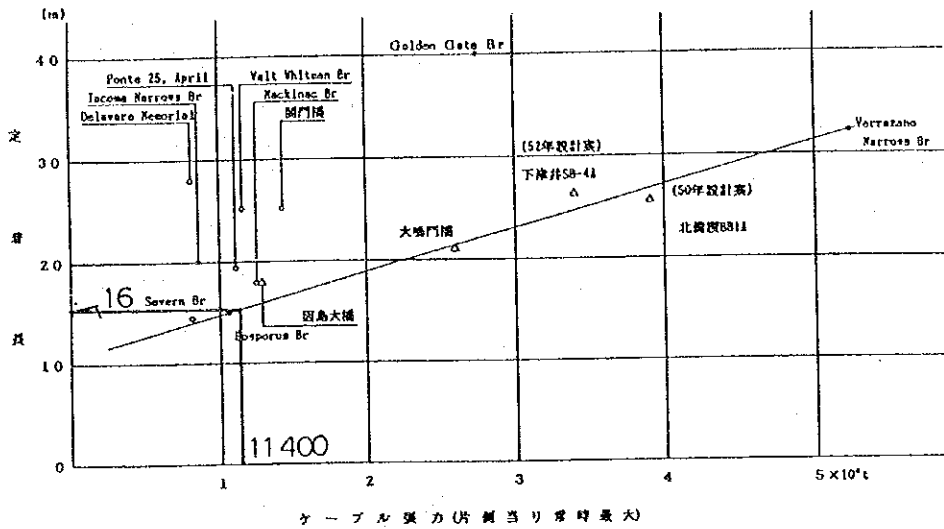


図 9-2-6 ケーブル定着長

・ケーブル定着面の寸法

ケーブルの定着面の形状は、相似形とし過去の実績から各ストランドの高さ方向および水平方向の間隔をそれぞれ、80cmおよび60cmとして次のように決めた。

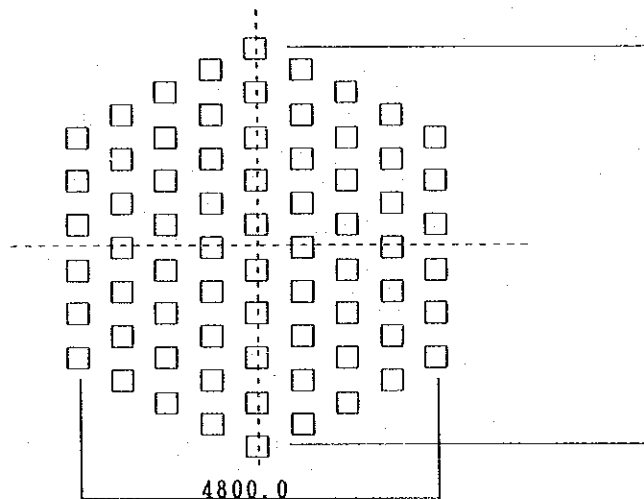


図 9-2-7 ケーブル定着面構造

アンカレイジの安定計算結果は付属資料-12にまとめて示した。

## 6) 主塔基礎の設計

2 P 主塔基礎は、海底標高約-4 mの海上に構築され、支持地盤となる強風化岩の深度は黄海高程基準による海面下28 mである。水深は比較的浅いため、締切り工法等により種々の施工法の選定が可能であるが、支持層の深さからオープンケーソンあるいは杭基礎が考えられる。2 P 主塔基礎は、別途行った基礎形式の検討より多柱式の場所打ち杭基礎が最良であると判断した。

しかし、多柱式基礎については設計水平震度および支持地盤の地質特性によって構造諸元が大きく変化するため、詳細な基礎地点の地質調査を行い、その結果と設定された設計水平震度を基に、その最終的な採否を検討すべきと考えられる。

場所打ち杭径については、 $\phi 1,000$ 、 $\phi 1,200$ 、 $\phi 1,500$ 、 $\phi 2,000$ の4種類について比較した結果、経済性および施工機械の汎用性を考えて杭径を $\phi 1,200$ に決定した。

3 P 主塔基礎は、東渡埠頭の岸壁から50 m牛頭山側、引き込み線より約50 m海岸側の埋め立て地に構築される。現地盤高さは標高約5 m、支持層は標高約-7 mの岩盤層である。このことから判断して基礎形式は締切りを用いた直接基礎を選定する。また、基礎は左右独立した形式も考えられるが、コンクリートタワーであることから基礎の不等沈下および移動を考慮して一体式の形式が最良であると判断した。

主塔基礎の安定計算結果については付属資料-12にまとめて示した。

### 9.3 火焼嶼西側航路橋梁

火焼嶼西側航路上の橋梁形式は海底地形・地質条件及び航路条件（航路幅100m）より、以下の形式を検討した（図9.3-1参照）。

- a. PC連続箱桁：支間割、115+160+115m  
基礎形式、現場打ちRC杭
- b. 鋼連続箱桁：支間割、115+160+115m  
基礎形式、現場打ちRC杭
- c. PC連続箱桁：支間割、115+190+135m  
基礎形式、現場打ちRC杭
- d. PC連続箱桁：支間割、115+190+135m  
基礎形式、ケーソン

海滄側橋脚位置は約-10mの平坦な海底地盤に位置するため、施工条件的には海滄側に後退させても変わらないので、航路条件を侵さない限度まで水路中心に近接させた。一方、火焼嶼側の橋脚は海底地盤の変化する場所に位置するため、海底地盤高約-5mの地点及び0mの地点の2箇所を選定し比較した。

比較結果を表9.3-1に示した。経済性においてc.案が優っており、また施工性に於いても火焼嶼側の橋脚の施工が簡単な締切工で可能なことから、c.案を火焼嶼西側航路上の橋梁形式として選定した。ただし、基礎形式については橋脚位置での地質データがなく、全て想定地盤による検討に基づいているため不確定な要素があり、さらに詳細な地質調査結果に基づいて形式検討がなされる必要がある。

表 9.3-1 火焼嶼西側航路橋梁形式比較

橋梁形式	PC箱桁 160m、杭	鋼箱桁 160m、杭	PC箱桁 190m、杭	PC箱桁 190m、ケーソン
直 上部工	1821	5004	2026	2026万元
接 下部工	761	573	542	725万元
工 費 合計	2582	5577	2568	2751万元
施工性	160m案においては火焼嶼側の橋脚が海中における施工を必要とし、施工難度が増す。ケーソン形式の基礎工は海底支持地盤の確認を必要とし、工期的にも杭基礎に比べて長くなる。			



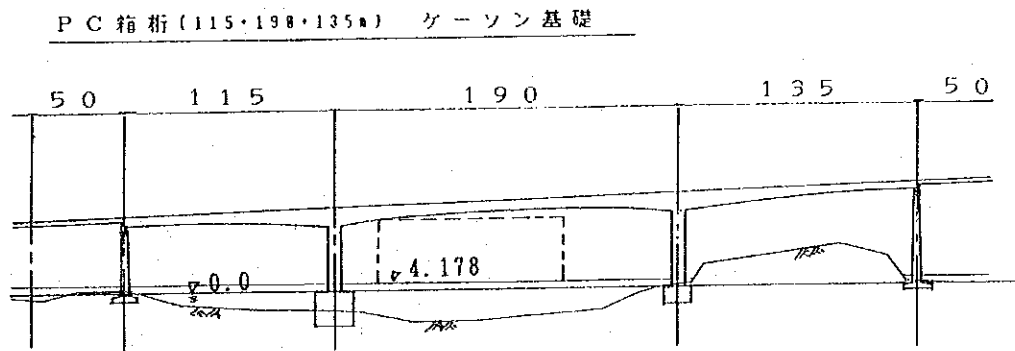
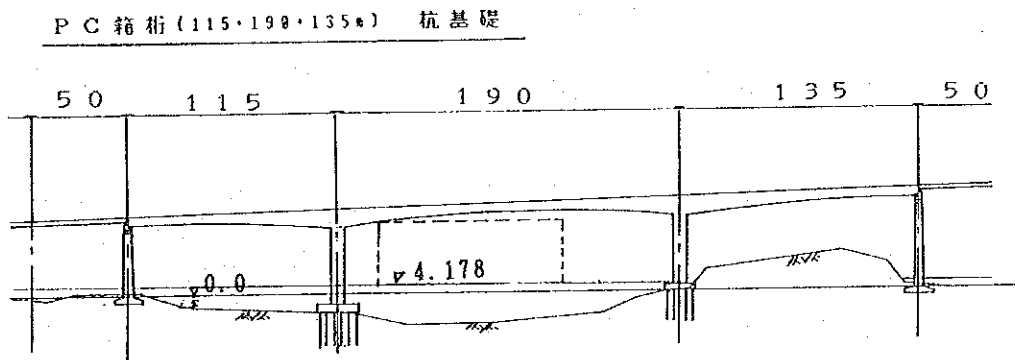
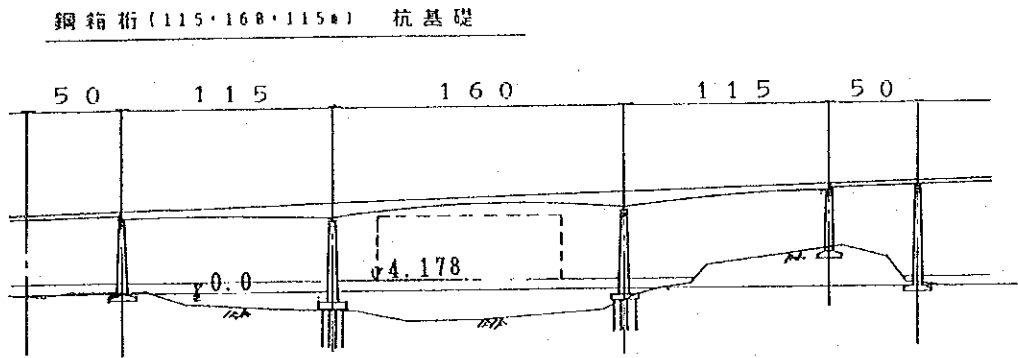
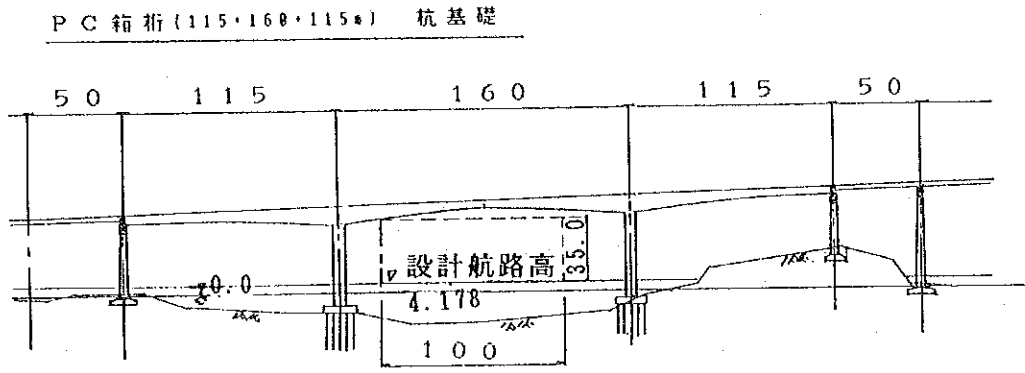


図 9-3-1 火燃嶼西側水路上橋梁形式比較代替案

## 9.4 取付橋梁

### (1) 橋梁形式

取付橋梁の形式としては、経済性、海岸地域の塩風への構造物の耐久性及び景観上より、コンクリート箱桁構造を採用した。取付橋梁はその計画高が約60mから20mまで変化するため、経済性を考慮して径間長を50～30mの範囲で変化させた。図9-4-1に橋脚高さの変化に対する橋梁直接工事費の変化を示した。この結果より、取付橋梁区間の径間割りを以下の如く定めた。

橋脚高さ	$H \geq$	約30m	桁径間長	50m
約30m >	$H \geq$	約20m	桁径間長	40m
約20m >	$H$		桁径間長	30m

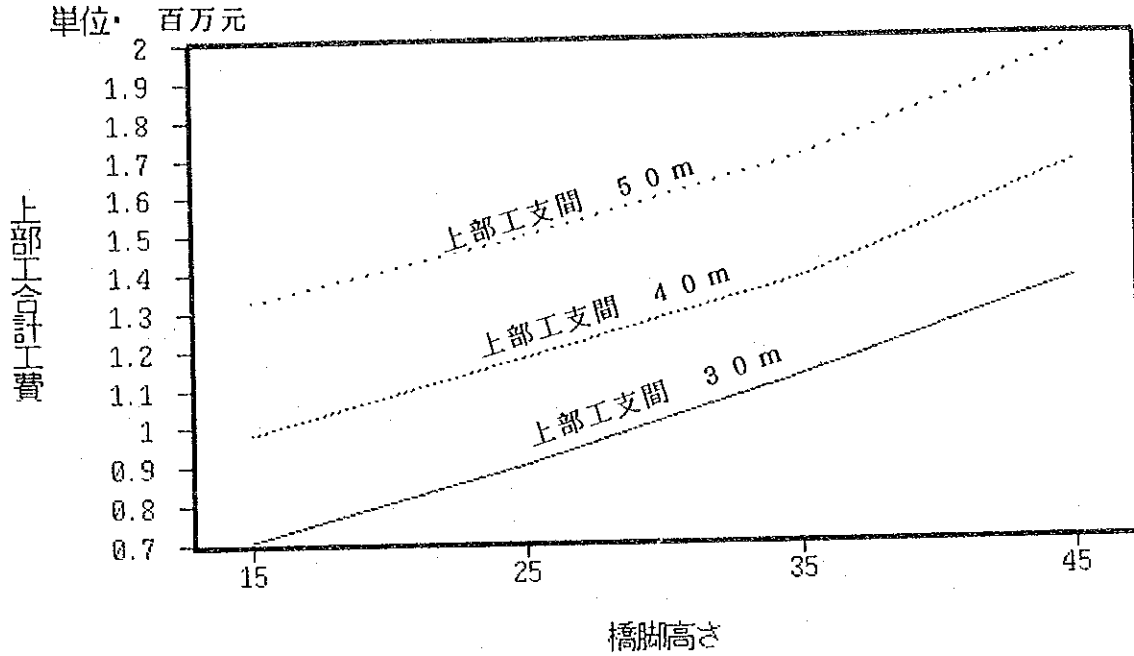
### (2) 既成街路との取付

西通道の既成街路との取付は以下の3街路に対して考慮した。

- a. 海滄地区 馬青路
- b. 廈門島地区 疏港路
- c. 廈門地区 仙岳路

馬青路との取付は両道路の将来の交通量を考慮し、立体形式の完全クローバー形式のインターチェンジ(2車線ランプ)を採用した。疏港路との取付は両道路の路面高差が35-30mあり、また市街化地域のため用地の制限を受けるため、ループ形式のランプを計画した。ランプは2車線を基本としているが、疏港路南行からの乗り入れについては1車線として計画した。仙岳路との取付は西通道本線6車線をそのまま仙岳路と連結する構造とし、仙岳路のこの地点から疏港路までの区間は西通道高架道路の両側に併設する計画としている。

橋脚高による工費変動



橋脚高による工費変動

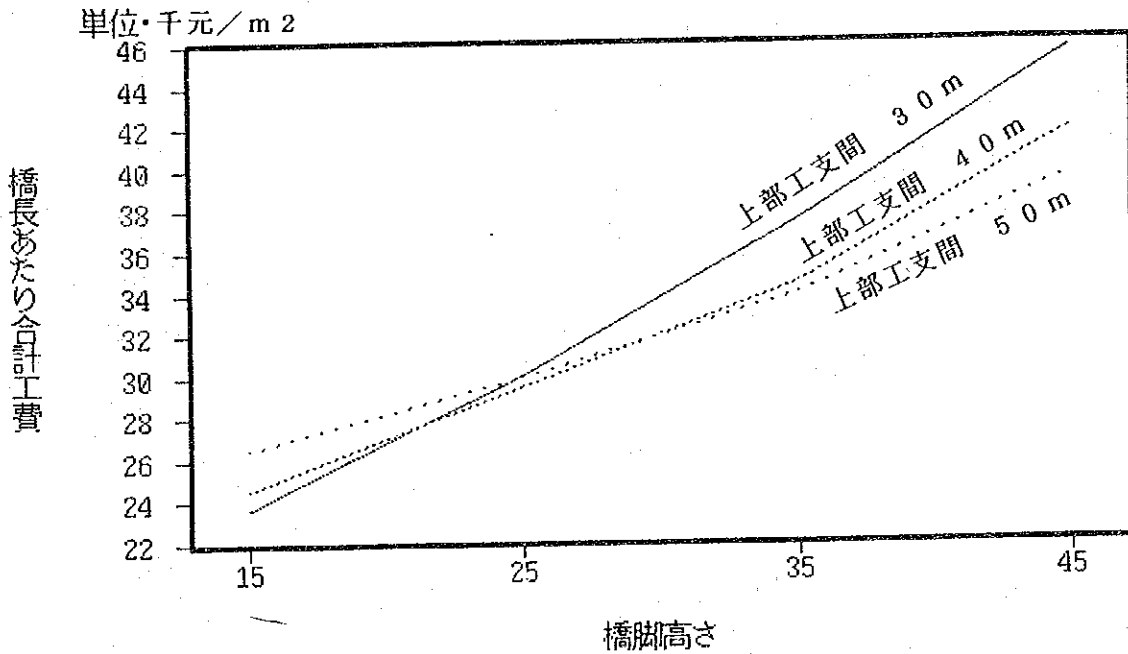


図 9-4-1 取付高架橋橋脚高さ変化と上部工支間変化

## 9.5 道路概略設計

### 9.5.1 路線計画

#### (1) 平面線形の計画

海滄側道路路線は大平山の南山麓線を通る案を採用する。このため海滄側アプローチの線形を、火焼嶼から直線的に設定する。

##### ・コントロールポイント

- a. 始点側の馬青路に連結するインターチェンジは、当初の計画通りの位置とする。
- b. 東坑地区と石塘地区の中間に設置されている無線アンテナ群を避ける。
- c. 水頭地区に新設されている本島への高圧電力線鉄塔は避ける。
- d. 疏港路へのランプ建設は、牛頭山掘削跡地を利用する。
- e. 終点位置は、現在の仙岳路計画路線とする。

#### (2) 縦断計画

平面線形の選定より主橋梁部主塔間の平面線形を直線とすることが可能となり、主橋梁部において3%の縦断勾配とし、主航路部の主塔間に縦断曲線を設けた。

アプローチの縦断線形は、これに準じ土工区間のコントロールポイントとしては料金管理所の計画高さを地形条件に整合させた。また、海滄側取付橋梁部区間の計画高さとして土工区間の排水処理を考慮して、測点20付近をコントロールとした。

仙岳路側、3%縦断勾配のアプローチのすり付けは、測点59付近で現地形に整合し仙岳路の予想計画高さ約15mにてすり付けた。西通道線形概要図を図9-5-1に示す。

表 9-5-1 西通道路線延長集計表

西 通 道 路 線 延 長		
1) 始点側土工部	K2~K21+10	1,910 m
2) 海滄側高架部	K21+10~K31+90	1,080 m
3) 西航路橋梁部	K31+90~K35+70	380 m
4) 補剛桁長部	K35+70~K46+60	1,090 m
5) 仙岳路高架部	K46+60~K57+95	1,135 m
6) 終点側土工部	K57+95~K63+00	505 m
全延長		6,100 m

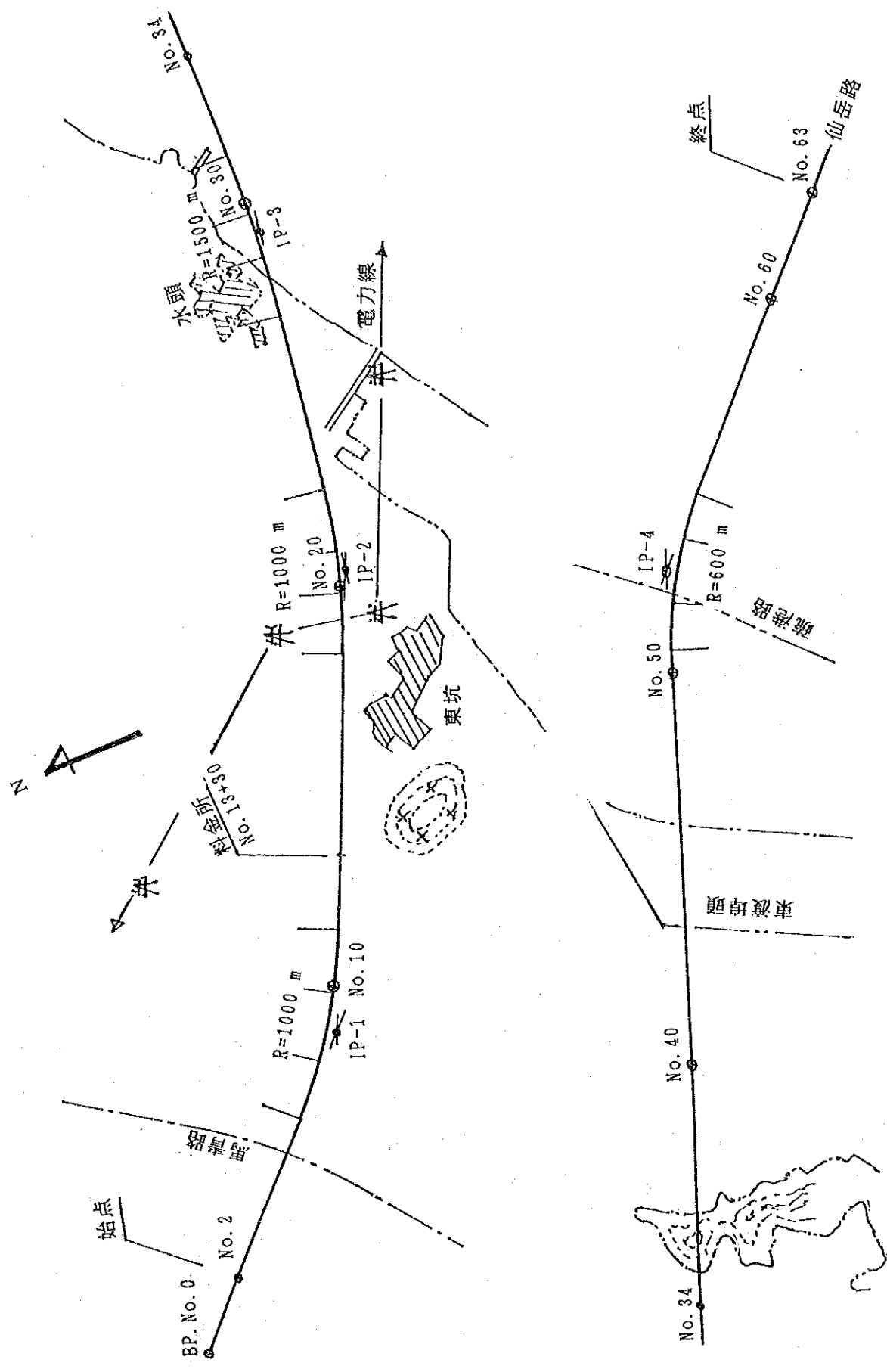


图 9-5-1 西通道線形概要图

### 9.5.2 馬青路取付計画

#### (1) 地形条件

馬青路との交差インターは、海滄開発地区の計画を遵守し、クローバー型インターチェンジにて計画した。交差付近の地形は、なだらかな耕地であり馬青路の線形は平面曲線1,000mにて建設されている。縦断線形は、凹型が挿入されており、この地点付近を利用し馬青路をオーバーする形式とした。

馬青路の盛土高さは、1ないし2 m程度で現地盤に沿う形で建設が完了している。インターチェンジ建設には、特に問題のない良好な地形条件の箇所である。

#### (2) 設計諸元

建設起点K 2の道路計画高さ FH = 19.525m

	平面線形 (m)	縦断線形 (%)	延長 (m)
Aランプ	R = 200 m	+0.718	480
Bランプ	R = 70 m	+1.63	330
Cランプ	R = 70 m	-2.39	320
Dランプ	R = 200 m	+0.396	380
Eランプ	R = 200 m	-1.433	410
Fランプ	R = 70 m	+2.63	320
Gランプ	R = 70 m	-2.89	310
Hランプ	R = 300 m	+0.285	520
馬青路跨線橋	35 m × 2 径間	一式	計 3070

### 9.5.3 東渡路・疏港路ランプ計画

厦門島側の取付道路位置は、仙岳路を計画している。仙岳路は、現在の牛頭山付近にて東渡路と交差する。疏港路は、幅員40 m (4車線)で道路の拡副工事は完了している。しかし、仙岳路は工事途中で計画幅員は40 mである。交差点から700 m区間の両側には、既に各種の企業の施設が完成している。西通道の取付線形と幅員については、現計画の仙岳路線形にすり付け、用地幅員を全面的に確保する。

東渡路、疏港路からの出入りランプ線形の検討結果を表 9-5-2に示す。

表 9-5-2 ランプ計画一覧表

1. オフランプ側	概 要	
(1) ランプ半径	R = 80 m	
(2) ランプ本体 縦断勾配	4% 下り の1周	
(3) 疏港路取付区間	1.47%	
(4) 延長	915 m	
2. オンランプ側	A ランプ	B ランプ
(1) ランプ半径	R = 70 m	R = 70 m
(2) ランプ本体 縦断勾配	2.3% 登り の1.7周	—
(3) 東渡路側縦断勾配	—	3.57%
(4) 疏港路側縦断勾配	1.50%	—
(5) 延長	1,005 m	445 m

#### 9.5.4 料金徴収所の計画

有料道路に関する規定、基準等は、中国においては整備中と思われる。これらに関する条例については、次のものがある。

- ・ 中華人民共和国道路管理条例 1987年10月13日 国務院
- ・ 中華人民共和国道路管理条例实施细则 1988年8月1日 施行
- ・ 福建省道路、橋梁、隧道車両通行費  
徴収暫定施行法 1993年1月1日 施行
- ・ 廈門市廈門大橋管理施行法 1993年4月27日 施行

上記の条例は、いずれも行政面における取決めを規定したものであり、道路における交通・維持管理を主体とした技術面の規定ではない。このため別章でも解説した「維持管理施設の設置」等も含めて今後十分検討を要する。

#### (1) 条件設定

##### a. 西通道交通量

2,010年 24,528台/日

2,020年 59,850台/日 (東通道完の場合)

料金所ブースの計画に対しては、60,000台/日を対象とする。

b. 設計速度 80 km/時

c. 一車線幅員 3.75m

d. 建築限界 5.00m

##### e. 料金所計画位置の線形

平面線形 直線 (現計画)

縦断勾配 1.00% (現計画)  
 横断勾配 1.5% とする。

- f. 料金所これに付属する管理事務所の広場面積は、2,020年において十分満足するものとする。その他施設もこれに準ずるものとする。この計画については、日本道路公団の設計要領を参考とする。
- g. 日本の場合、料金所のブースが6ヶ所以上には管理員の安全確保の面から地下の横断通路を設けることを原則としている。また階段は、アイランドーツ置きに設けるものとしている。
- h. 車両制限令違反者の取締のため車両重量計を設ける。
- i. 料金所広場は、コンクリート舗装を行いその範囲は、料金所中心線の前後50mとする(図9-5-2参照)。
- j. 料金所前後の道路標準部幅員とのすり付け長は、1/3以下とする(図9-5-3参照)。
- k. 車両重量計の配置は、図9-5-4に示す基準を参考とする。

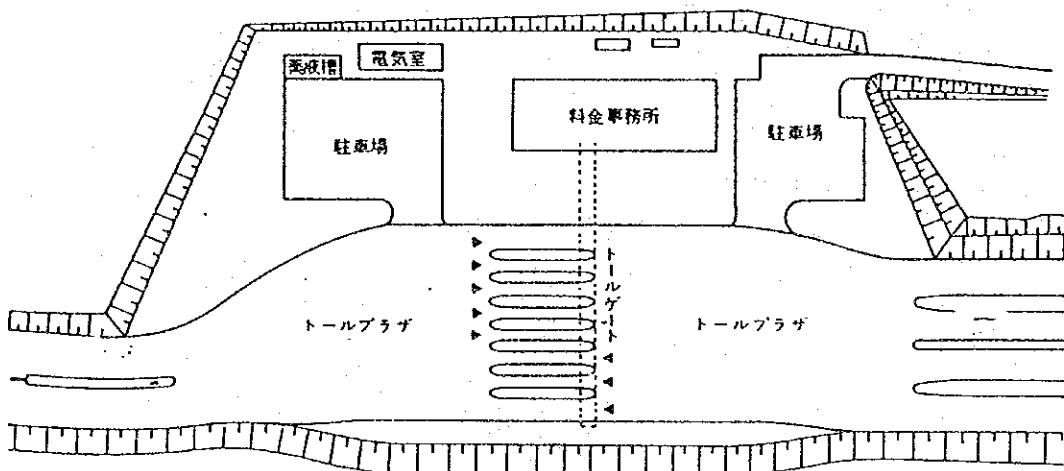


図 9-5-2 料金所広場の概要例図

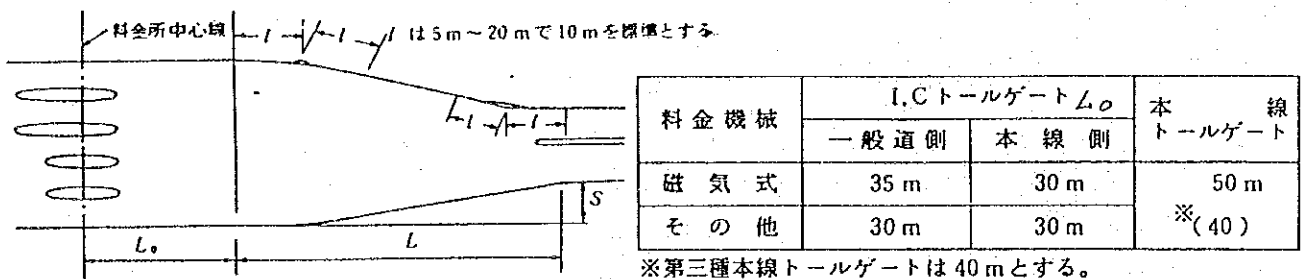


図 9-5-3 料金所前後のすりつけ例



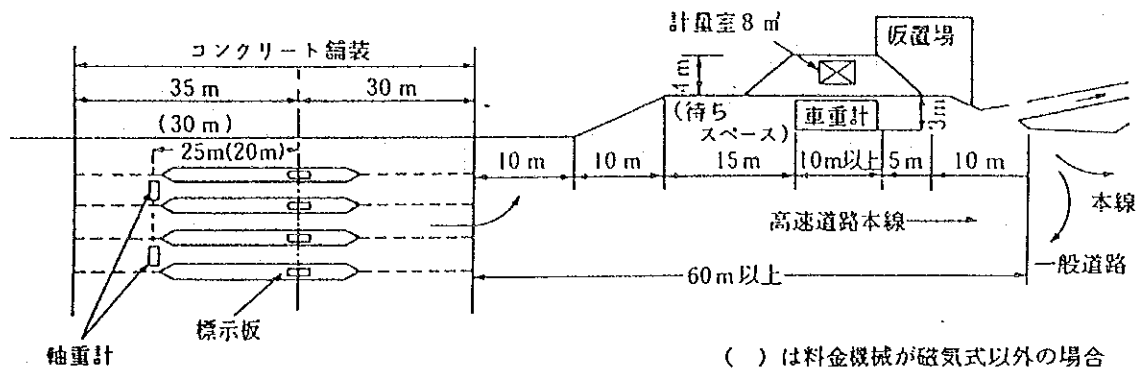


図 9-5-4 車両重量計の配置例図

1. 料金の徴収方法については、廈門市側は廈門大橋との連動性を検討中であり、このことから、当該施設については、海滄側の取付IC手前の本線上に料金所を計画する必要がある。この方針に沿って計画を進めた。
- m. 積載重量超過車両については、料金徴収所管理用道路を經由し一般道路へ誘導する。

## (2) ブースの計画

### 1) 条件

料金所における所要車線数は、交通量（入車間隔）、平均サービス時間、サービス基準（平均待台数）を定めれば求められる。

a. 交通量は、設計時間交通量を採用する。

b. サービス時間

日本道路公団の場合、区間別料金制の場合は原則として入口6秒、出口14秒とし、均一料金制の場合は8秒を原則としているが、本計画では廈門大橋の料金所計画で採用されている10秒を採用する。

c. サービス基準

これは平均待台数で計られるが、日本道路公団では原則として1台としている。

### 2) 計算

・設計時間交通量 D H V		3,000台/時
・サービス時間	b	10 秒
・車線数	s	6 車線

・平均入車時間  $a = \frac{3,600 \text{秒}}{3,000 \text{台}} = 1.2 \text{秒}$

・交通強度  $p = b / a = 10 / 1.2 = 8.333$

・一車線当たり交通強度

$$u = b / s \cdot a = p / s = 1.389$$

・確率

$$k = \frac{1}{1 + p + \frac{p^2}{2 \cdot 1} + \dots + \frac{p^{n-1}}{(n-1)!} + \frac{p^n}{n!} \times \frac{1}{(1-u)}}$$

$$= \frac{1}{1 + 8.333 + \frac{8.333^2}{2 \cdot 1} + \frac{8.333^3}{3 \cdot 2 \cdot 1} + \dots + \frac{8.333^6}{6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1} \times \frac{1}{-0.389}}$$

$$= -0.00034$$

・平均待時間

$$w = \frac{p^s \cdot b \cdot k}{s \cdot s! \cdot (1-u)^2} = \frac{8.333^6 \cdot 10 \cdot -0.00034}{6 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 \cdot (1-1.389)^2}$$

$$= 1.75 \text{秒}$$

・1 ブース平均待時間

$$q = w \cdot s / b = 1.75 \cdot 6 / 10 = 1.05 \text{台}$$

故に 6 ブースの計画で充分である。

9.6 主要工事数量

主橋梁部、取付橋梁部及び取付道路部における主要工事数量を表 9-6-1 ~ 9-6-5に示した。

表 9-6-1 主橋梁上部工主要数量

項目	名称	単位	数量	備考
鋼重	主ケーブル	ton	3,343	160キロ鋼
	主ケーブルソケット	ton	50	
	ハンガーローフ	ton	150	
	ハンガー金物	ton	15	
	ラッピングワイヤ	ton	82	
	ケーブルハント	ton	201	
	ハントローフ	ton	27	
	ハントローフ支柱	ton	3	
	塔頂サドル	ton	74	
	スプレサドル	ton	140	
	補剛桁	ton	11,654	
	添加物	ton	440	
	スカイゾウ舗装	箇所		
路面舗装		m <sup>3</sup>	1,569	

表 9-6-2 主橋梁下部工主要数量

項目	名称	単位	数量	備考
1 A	掘削工	m <sup>3</sup>	68,450	気中掘削(土止め工無し)
	掘削土運搬工	m <sup>3</sup>	41,070	
	基礎工コンクリート	m <sup>3</sup>	41,449	
	基礎工鉄筋工	ton	622	
	基礎工型枠工	m <sup>2</sup>	7,143	
	基礎工足場工	m <sup>3</sup>	9,472	
2 P	掘削工	m <sup>3</sup>	-	径1.2m 止水締切 主塔施工時
	掘削土運搬工	m <sup>3</sup>	-	
	基礎工コンクリート	m <sup>3</sup>	6,570	
	基礎工鉄筋工	ton	1,314	
	基礎工型枠工	m <sup>2</sup>	2,723	
	基礎工足場工	m <sup>3</sup>	1,138	
	場所打杭工	m	3,234	
	鋼矢板	m <sup>2</sup>	6,247	
	埋立土砂	m <sup>3</sup>	16,595	
	栈橋工	m <sup>2</sup>	1,470	
	主塔コンクリート	m <sup>3</sup>	6,327	
	主塔型枠工	m <sup>2</sup>	9,467	
	主塔鉄筋工	ton	759	
	主塔支保工	m <sup>3</sup>	17,630	
主塔足場工	m <sup>3</sup>	13,755		

表 6-6-2 主橋梁下部工主要数量 (続き)

項 目	名 称	単 位	数 量	備 考
3 P	掘削工	m <sup>3</sup>	11,856	気中掘削 (鋼矢板土止め工)  土止め工
	掘削土運搬工	m <sup>3</sup>	10,200	
	基礎工コンクリート	m <sup>3</sup>	11,900	
	基礎工鉄筋工	ton	1,190	
	基礎工型枠工	m <sup>2</sup>	1,876	
	基礎工足場工	m <sup>3</sup>	1,960	
	鋼矢板	m <sup>2</sup>	1,704	
	主塔コンクリート	m <sup>3</sup>	5,993	
	主塔型枠工	m <sup>2</sup>	8,894	
	主塔鉄筋工	ton	719	
	主塔支保工	m <sup>3</sup>	16,196	
主塔足場工	m <sup>3</sup>	12,600		
4 A	掘削工	m <sup>3</sup>	55,531	気中掘削 (土止め工無し)
	掘削土運搬工	m <sup>3</sup>	35,511	
	基礎工コンクリート	m <sup>3</sup>	76,654	
	基礎工鉄筋工	ton	1,150	
	基礎工型枠工	m <sup>2</sup>	10,465	
	基礎工足場工	m <sup>3</sup>	12,700	

表 9-6-3 取付橋梁上部工橋面積 (m<sup>2</sup>)

区 分	支間長 (m)				備 考
	5 0	4 0	3 0	その他	
海滄側本線高架	13,500	10,800	4,860	-	P C箱桁
西側水路上	-	-	-	11,880	P C箱桁
火燒嶼高架	4,050	-	-	-	P C箱桁
厦門島本線高架	15,375	10,620	7,290	-	P C箱桁
上りランプ	1,463	1,950	2,048	-	P C箱桁
下りランプ (A)	-	7,020	-	-	P C箱桁
下りランプ (B)	-	1,073	-	-	P C箱桁
合 計	34,388	31,463	14,198	11,880	-

表 9-6-4 取付橋梁下部工主要数量

項 目	単位	海滄側本線	西側水路	火燒高架	廈門島本線	上りﾗｯﾌﾟ	下りﾗｯﾌﾟ
ｺﾝｸﾘｰﾄ	m <sup>3</sup>	36,850	8,943	9,544	41,127	4,654	16,313
鉄筋工	ton	2,395	645	620	2,673	301	1,272
型枠工	m <sup>2</sup>	23,900	9,602	5,616	24,002	4,069	12,326
支保工	m <sup>3</sup>	14,176	-	2,552	15,141	1,743	14,707
足場工	m <sup>3</sup>	46,704	6,084	9,552	55,109	6,463	11,694
掘削土	m <sup>3</sup>	37,052	-	7,148	66,116	11,053	26,423
R C 杭	m	-	1,560	-	-	-	-
鋼矢板	m <sup>2</sup>	12,798	8,384	2,808	-	-	-
栈橋工	m <sup>2</sup>	-	2,270	940	-	-	-

表 9-6-5 取付道路主要数量

項 目	単位	海滄側	廈門島側	合 計
土工量				
盛土工	m <sup>3</sup>	251,931	2,403	254,334
切土工	m <sup>3</sup>	102,563	384,421	486,984
法面工				
切土擁壁	m <sup>2</sup>	6,120	12,375	18,495
盛土法面	m <sup>2</sup>	21,248	-	21,248
路盤工	m <sup>2</sup>	65,393	14,393	79,786
用地取得				
畑地	m <sup>2</sup>	90,698	-	90,698
水田	m <sup>2</sup>	165,284	-	165,284
果樹	m <sup>2</sup>	9,400	-	9,400
池	m <sup>2</sup>	6,825	-	6,825
養魚場	m <sup>2</sup>	25,675	-	25,675
工場宅地	m <sup>2</sup>	-	73,106	73,106
公共地	m <sup>2</sup>	-	56,362	56,362
荒地	m <sup>2</sup>	-	25,050	25,050

