

付属資料－5 調査対象地域の自然社会環境条件

1. 地質

(1) 地層岩質

地層岩質としては大別して以下の6種類が挙げられる。

1) 第四期層

人工盛土 (Q^{m1})、海積シルト (Q^m)、海積砂 (Q^n)、崖すい堆積土 (Q^{d1} 、 Q^{e1}) 等より成り、表土層を形成する。層厚は一定しない。

2) ジュラ紀南園層 (J_{3n}^b)

酸性火山碎屑溶岩であり、岩種としては流紋岩、流紋質晶屑凝灰溶岩、凝灰岩等を含む。この層は牛頭山以北及び火焼嶼と虎嶼間の海域に分布する。

3) 三疊紀文賓山層 (T_{3w})

この地層は火焼嶼及びその周辺海域に分布している。細粒砂岩或いは石英砂岩よりなる。一部泥岩を挟んでおり、斜めの層理が発達している。

4) 燕山末期侵入岩：花崗斑岩、斑状二長花崗岩 ($\gamma_{\pi 5}^{3d}$ 、 $\eta_{\gamma 5}^{3b}$)

花崗斑岩は牛糞礁、東渡、双獅山、揺尾山、独睡島等の地域に分布する。岩質は緻密である。斑状二長花崗岩は中島及びその以北の海域に分布する。岩質は緻密である。

5) 燕山初期侵入岩：片麻状花崗岩 ($\gamma_5^{2(3)c}$)

海滄地区西岸の排頭、水頭、狗頭山一帯に分布する。排頭村付近では東西方向の節理を示している。

6) 千枚岩、糜稜片岩帯 (T-J)

海滄地区西海岸沿いの近海域に分布し、三疊紀文賓山層 (T_{3w}) 及びジュラ紀南園層 (J_{3n}^b) と海滄地区西海岸花崗岩層との間の変質岩層である。強度の地層変動作用を受けたため、岩石は節理化、絹雲母化し、石英岩、千枚岩及び糜稜片岩化している。この帯は北東 40° の方向に分布しており、その傾斜角は南東に対して 80° である。

(2) 地層構成

福建省東部沿岸地域は中世代の燕山活動の影響を強く受けており、断層活動、數次に亘る岩漿侵入及び大規模の火山噴出が示されている。

廈門島での地質構造は、付近に分布する長樂—沼安構造帯（北東方向）及び南靖—漳州—廈門構造帯（東西方向）を受け、大規模な地層断裂の構造を示し断層が數多く分布している。

1) 断層

i. 陸地断層

- 双獅山—仙岳路逆断層：断層形状 $N 73^{\circ} \sim 84^{\circ} E / 70^{\circ} NW$ 、破碎帯幅 $1 \sim 3 m$
- 仙岳山逆断層：廈門面粉庁～仙岳山にかけて位置する。規模は比較的小さく断層形状は $N 73^{\circ} E / 80^{\circ} NW$ 。
- 牛頭山断層：断層方向 $N 55^{\circ} W$ 、規模は小さい。
- 碎石場逆断層：狗睡嶼東より東渡公路まで。その規模はごく小さい。断層形状は $N 54^{\circ} E / 75^{\circ} NW$ 。
- 大平山逆断層：海滄地区大平山の南山麓に位置し、その形状は $N 85^{\circ} E / 80 \sim 85^{\circ} N$ 、断層幅は $1 \sim 3 m$ 。
- 火烧嶼断層：火烧嶼上に主なものとして2本近接して分布する。平行した逆断層であるが、その規模は比較的小さい。一本は島の中央部に位置し、地表面ではY形状を示す。他のものは島の東側に位置し、地表面では海岸崖となっている。断層形状は基本的に同じであり、 $N 50^{\circ} E / 70^{\circ} \sim 80^{\circ} NW$ を示している。

ii. 海域断層

- 虎嶼断層：東渡港第二期埠頭部分に位置する。長さは約 $5 \sim 10 km$ 。ボーリング資料によれば深さは海底より約 $32 \sim 42 m$ であり、幅は $3 \sim 4 m$ となっている。
- 西海岸被圧構造帯 (T-J)：海滄地区西海岸に沿って分布し、花崗岩と三疊紀／ジュラ紀の地層帯との接触部に位置する。三疊紀／ジュラ紀の地層の一部が強い侵入圧を受けて岩石破碎及び変質を遂げたものである。この構造帯の幅は約 $150 \sim 200 m$ である。

2) 節理

地盤構造運動、岩漿冷却作用及び風化作用の結果岩石の節理の発達が見られる。主要な節理の方向は $N 10 \sim 60^{\circ} E / 15 \sim 80^{\circ} NW$ 及び $N 10 \sim 70^{\circ} E / 0 \sim 85^{\circ} SE$ であり、ついで $E-W / 50 \sim 90^{\circ} S$ となっている。

片麻状花崗岩は節理が良く発達しており、節理の間隔は0.4~1mとなっている。火山溶岩の節理間隔は0.2~0.4mである。

3) 褶曲

火焼嶼における三疊紀文賣山層砂岩は褶曲構造を示しており、その方向は北東を主としている。

(3) 岩石強度

ボーリング試料による岩石強度は表-1のごとくとなっている。

表-1 岩石強度試験結果

番号	岩石名称、記号	採取深度 (m)	飽和重量 (g/cm ³)	吸水率 (%)	比重	強度 (MPa)	弾性係数 (10 ⁴ MPa)
1	細粒岩屑石英 T _{3w} 雜砂岩	10.1-10.4	-	-	2.72	-	4.26
2	T _{3w} 雜砂岩	16.5-18.7	2.73	0.27	2.77	73.4	-
3	T _{3w} 變質砂岩	17.9-18.5	2.73	1.08	2.75	169.0	9.43
4	T _{3w} 變質砂岩	23.2-26.0	2.73	0.49	2.75	93.7	7.75
5	T _{3w} 長石石英 雜砂岩	24.5-26.4	2.63	1.26	2.75	35.3	-
6	細粒長石石英 T _{3w} 雜砂岩	37.9-42.3	2.62	0.86	2.71	71.3	5.00
7	J _{3n^b} 片理酸性 凝灰岩	40.2-41.0	2.49	5.27	2.74	4.1	-
8	J _{3n^b} 凝灰溶岩 變英安質晶屑	14.9-18.6	2.98	0.12	3.06	108.6	-
9	J _{3n^b} 凝灰岩 變英安質晶屑	24.8-25.9	-	-	2.70	-	6.28
10	J _{3n^b} 凝灰岩 變英安質晶屑	29.3-31.3	2.57	0.69	2.70	31.5	-
11	J _{3n^b} 凝灰岩	54.3-54.9	2.65	0.26	2.72	154.0	-
12	J _{3n^b} 流紋岩	18.0-20.1	2.53	3.70	2.74	11.3	0.16
13	J _{3n^b} 流紋岩	30.7-33.1	2.62	0.49	2.70	56.9	-
14	花崗變麻岩 γ _{5^{2(3)c}}	24.4-24.5	-	-	-	105.2	-
15	中粒斑状黑雲母 花崗岩 γ _{5^{3b}}	33.3-33.5	-	-	-	178.7	-
16	花崗斑岩 γ _{π^{5^{3d}}}	8.0-8.2	-	-	-	172.2	-
17	細粒二長花崗岩 γ _{π^{5^{3d}}}	24.7-27.5	-	-	-	100.0	-

出典：廈門市西通道預可行性研究報告基礎資料（岩石試験報告）

1987年8月 鉄道部第二勘测设计院

廈門西通道一橋可行性研究工程地質勘察報告

1993年5月 交通部第四航務工程勘察设计院

注：表示の数値は試験値の平均値

岩石の強度は風化程度の大きい試料（No. 7,12）を除いて30MPa以上示して

おり、大型構造物の基礎地盤として十分耐力を有するものと考えられる。また強風化花崗岩においても、標準貫入試験ではN値が50以上を示しており、採取された砂状資料による一軸圧縮、せん断強度はそれぞれ1.5-3.0MPa、50KPaとなっている。

海滄地区東沿岸に断層帯を構成する糜棱片岩の上層部は強風化されており、土状或いは碎片状である。N値は40以上を示す。強風化層は約40mの層厚を有する。

2. 気象

(1) 降雨

表-2に月別降雨量の観測結果を示した。

表-2 月別降雨量 (mm)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均	37.3	66.9	76.5	124.0	154.7	207.1	150.4	144.0	96.3	32.1	27.8	26.1
最大	158.0	340.4	176.2	494.5	328.8	397.9	702.8	420.2	296.3	171.8	126.1	87.2

注：1952～1980年間の観測記録（廈門市气象台）

(2) 風

廈門市气象台による観測記録は50年代初期より保存されているが、この間観測所の位置が2回移転されており、現在の観測所所在地である狐尾山における観測記録は過去10年間程度にすぎない。また風の観測高さも各観測所の標高が異なるため、観測データ相互の相関関係については明確にされていない。

従って、ここでは1991年における狐尾山観測所（標高139m、測定器+14.5m）における最多風向、最大平均風速（10分間平均）についての観測データを示す（表-3参照）。

表-3 月別風向、風速観測結果（1991年）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
風向	E	ESE	ESE	ESE	ESE	S, SSW	SSW	S, SSW	NE	ENE	ENE	E
風速	16.3	17.6	16.8	20.6	19.3	22.3	23.9	18.7	23.1	22.6	20.0	19.2

出典：廈門経済特区年間、1992年 風速単位；m/sec

風向は10月から1月の乾季には東北方向の風が多く、2月から5月にかけては東南方向の、また6月から8月には西南方向の風が卓越している。

廈門市に強風の影響を与える台風の来襲ルートは大別すると、

- a. 台湾海峡を北西方向に横断し、廈門市周辺に上陸するもの、
- b. 汕頭沖海上を北上し、汕頭-廈門付近に上陸するもの、
- c. 香港-汕頭間に上陸し、内陸部を北東に進むもの。

である。図-1に1956年以降廈門気象台において瞬間最大風速30m/s以上の風速が観測された台風の経路を示した。台風の来襲ルートにより構造物に影響を与える風の方法は異なることになるが、この来襲ルートで判断する限り、特定の方向を選定することは設計上望ましくないと考えられる。

3. 地震

(1) 地震環境

廈門における強震記録としては表-4のとおりである。

表-4 廈門地域における強震記録(廈門での震度階6以上)

年 月	震源地	マグニチュード	震央地震階	廈門地震階	震央距離(km)
1185/ 6/ 8	漳州	6.5	8	6	50
1445/12/12	漳州	6.3	8	6	50
1600/ 9/29	南澳島	7.0	9	6	150
1604/12/29	泉州沖	8.0	11	8	140
1906/ 3/28	金門島沖	6.5	8	6	55
1918/ 2/13	南澳島	7.3	10	7	150

出典：廈門市抗震弁公室、廈門市歴史地震震害調査報告(1985年)

汕頭-泉州地震帯の地震活動は大略1640年を境にして2期に分けられる。1640年以前の第一期においては1600~1605年の間の大規模地震の発生により地震エネルギーとして 7.8×10^{16} Jが放出されたとされている(廈門及びその周辺地区の地震活動、叶振民、台湾海峡、Vol. 11, No. 2, June 1992)。これは第一期全体の放出エネルギーの約99%に相当する。1800年以降現在までの第二期活動期における地震エネルギーの放出量は 0.95×10^{16} Jにすぎない。第二期活動期における地震活動は1918~1936年に集中しており、現在は活動エネルギーの蓄積期間と考えられている。

福建省地震局の記録によれば、近年における廈門市周辺地区での小規模地震活動の発生地は4箇所の密集地域にまとめられる(図-2参照)。すなわち、

- a. 蒲田-泉州沖、震源深度16~25km
- b. 廈門-漳州沖、震源深度15km前後

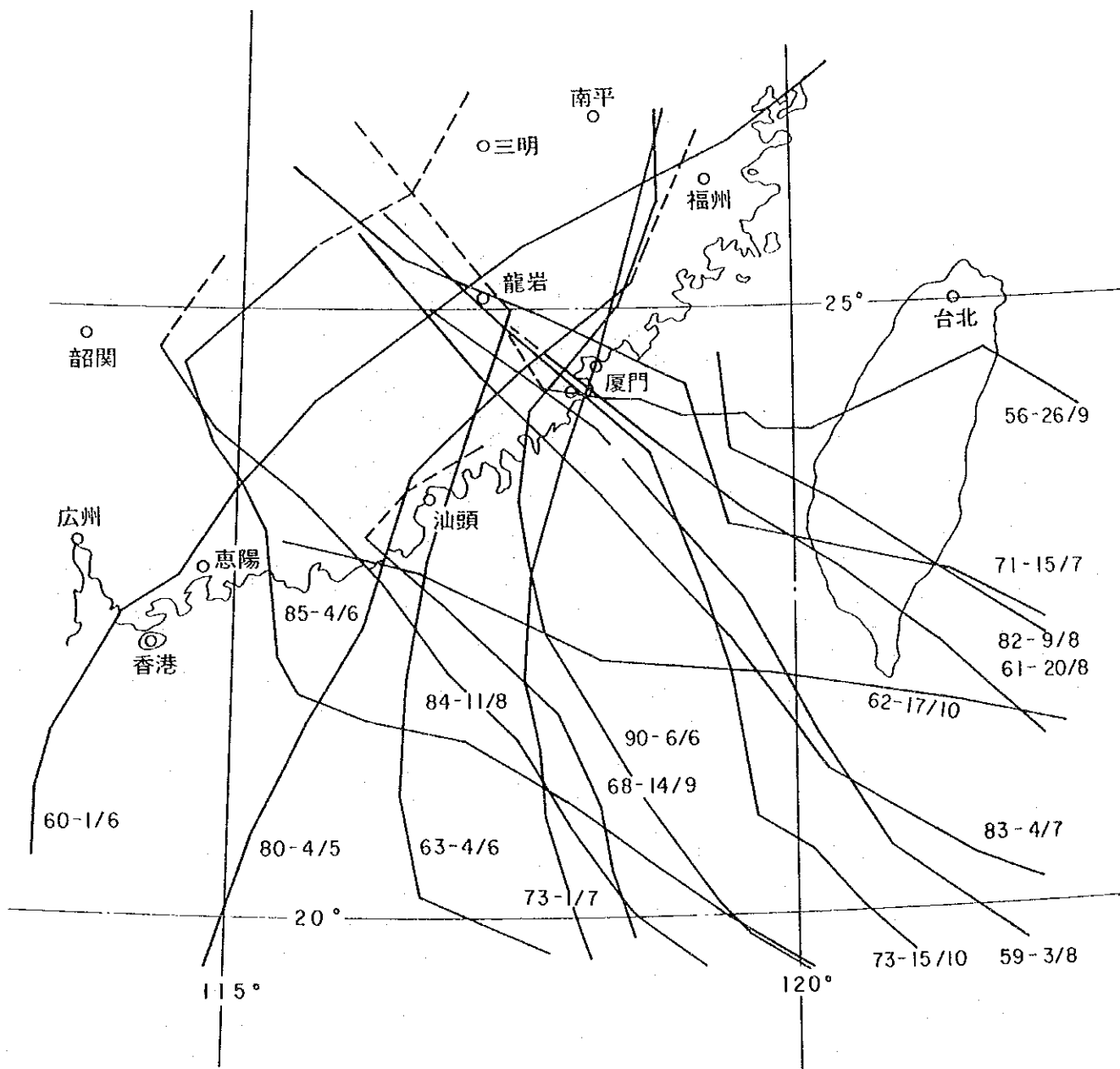


図-1 主要台風軌跡（廈門市における瞬間最大風速30 m/s以上）

- c. 漳州 - 華安 - (龍岩) 地区、震源深度 10 ~ 30 km
- d. 東山 - 南澳沖、震源深度 20 km 前後

である。

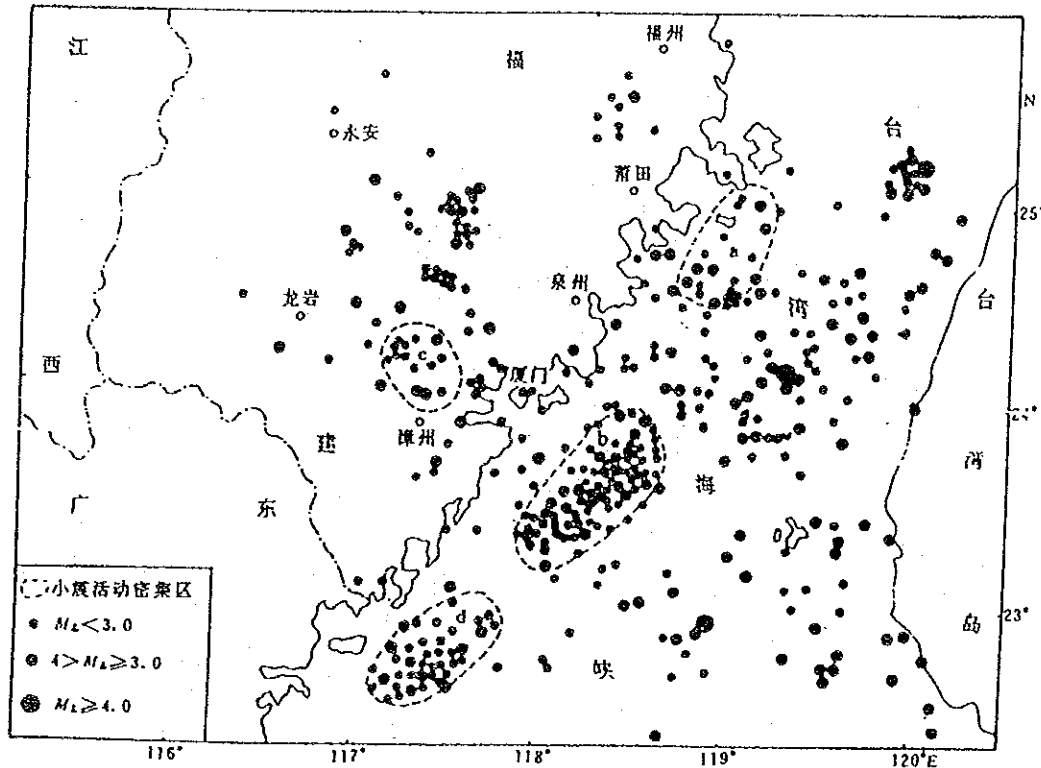


図-2 廈門市周辺地域小規模地震分布 (1971 ~ 85年)

a 地域は最高級の地震活動地域であり、1604年にはマグニチュード8の地震が、また1937年には4.7の地震が発生している。この地区はNE方向断層帯及びNW方向沙県 - 南日島断層帯とEW方向漳平 - 仙游断層帯との交差部に当たっている。この地域の地殻の傾斜度は1kmあたり23mとなっており、東南沿海部の隆起及び台湾海峡の陥没部の境目である。

b 地域においては1906年マグニチュード6.5級の地震が発生しており、最近においては3~4級のものが頻繁におきている。NE方向断層帯の他、NW方向の九龍江断層帯及びEW方向南靖 - 廈門断層帯が交差している。

c 地域は歴史上マグニチュード6以上及び5級の地震を各2度発生している。1968年には華安でM5.2の地震があり、中強震の繰り返して発生する地域となっている。NE方向断層帯とEW方向南靖 - 廈門断層帯の交差地域である。

d 地域においては1600年及び1918年にM7以上の強震が発生しており、これ以外にM6級のを2度経験している。汕頭—泉州地震帯の南端に位置し、強震発生地域となっている。NE方向断層帯とNW方向練江断層帯との交差地域である。

(2) 強震期待値

前出の叶振民によれば、廈門市周辺地域に影響をあたえる可能性のある地震の発生地としては

- a. 台湾西海岸沖
- b. 汕頭—泉州地震帯

の2震源地区としている。ただし、台湾西海岸沖の地震の場合廈門市までの距離は約200km以上あり、その減衰効果を考えると廈門市周辺地域に対する強震の影響を考える必要はないとしている。

一方、汕頭—泉州地震帯における地震発生の可能性について、1983～1989年におけるM2以上の弱震記録より、劉正栄は地震発生周期を以下の式で与えている(地震研究、No. 2, Vol 13, 1990)。

$$T = 7 \times 10^{(0.887M - 4.499)}$$

この式によれば、M8級の地震発生周期は約2700年になり、1604年にM8級の地震が発生している事を考慮すれば、このクラスの地震発生は確率が小さいといえる。同様にM7級について見れば、発生周期は約360年になり、1918年南澳沖でのM7.3の地震発生を考えると、確率的に小さいものとなる。

以上の検討結果によれば、今後100年程度の期間を考えた場合、汕頭—泉州地震帯での発生地震の強度はM6前後と推定され、その震源地が4地区のいずれであれ、廈門市地域に対する影響は、震度階6～7程度と想定される(表-5参照)。

表-5 中国における震度階とマグニチュード

震度階	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
マグニチュード		2	3		4		5	6			8	8-
加速度(g)				0.01	0.02	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	1.60	3.2-

注：加速度は地表面最大加速度

3. 海象・航行船舶

(1) 海象

1) 設計高潮位

「公路橋位観測設計規程」によれば、設計高潮位は本計画においては300年に一度の値を採用する事とされている。1924～83年の60年間における廈門海洋気象台での観測データより、その値は7.99mと計算されている（表-6参照）。

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3.20mが得られている。（表-7参照）

表-6 廈門港暦年潮位記録（1961-90年）

年次	1961	'62	'63	'64	'65	'66	'67	'68	'69	'70	'71	'72	'73	'74	'75
最高潮位(cm)	684	702	674	674	656	695	701	691	722	686	714	682	692	701	695
最低潮位(cm)	25	32	21	11	25	19	26	21	20	21	27	18	36	28	42
年次	1976	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90
最高潮位(cm)	701	710	687	706	714	689	673	683	705	695	703	700	714	710	720
最低潮位(cm)	27	28	34	22	39	36	16	9	39	29	26	16	26	38	17

出典：国家海洋局東海分局廈門中心海洋站

表-7 嵩嶼最大波高観測記録（1985年6月～86年5月）

年月	85/6	7	8	9	10	11	12	86/1	2	3	4	5
最大波高(m)	1.6	0.9	0.8	0.7	1.0	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	0.8

出典：国家海洋局東海分局廈門中心海洋站

(2) 航行船舶

1) 現有船舶調査結果

「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、2万トン級以上の船舶は表-8のごとくである。これらの船舶の空載時における水面上高さについては表-9のごとくとなっている。

表-8 船舶トン数分布

DW (トン)	隻数	%
< 2万	6	2.1
2~3万	95	33.7
3~4万	79	28.0
4~5万	32	11.3
5~6万	11	3.9
6~8万	31	11.0
8~10万	13	4.6
> 10万	15	5.3

注 : DWは積載トンを表す。
中国船籍249隻、外国船籍40隻
出典 : 廈門市西通道工程橋梁的通航空浄寬分析
交通部上海船舶運輸科学研究所

表-9 船舶高さ (空載時水面上)

高さ (m)	船舶数	%	累加%
< 4.0	100	34.6	34.6
4.0~4.2	29	10.0	44.6
4.2~4.4	46	15.9	60.6
4.4~4.6	61	21.1	81.7
4.6~4.8	27	9.3	91.0
4.8~5.0	10	3.5	94.5
5.0~5.2	8	2.8	97.2
5.2~5.3	3	1.0	98.3
5.3~5.7	0	0.0	98.3
5.7~5.8	5	1.7	100.0
> 5.8	0	0.0	100.0

注 : 中国船籍249隻、外国船籍40隻
出典 : 廈門市西通道工程橋梁的通航空浄寬分析
交通部上海船舶運輸科学研究所

4. 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図-3に示すごとく規定されている。

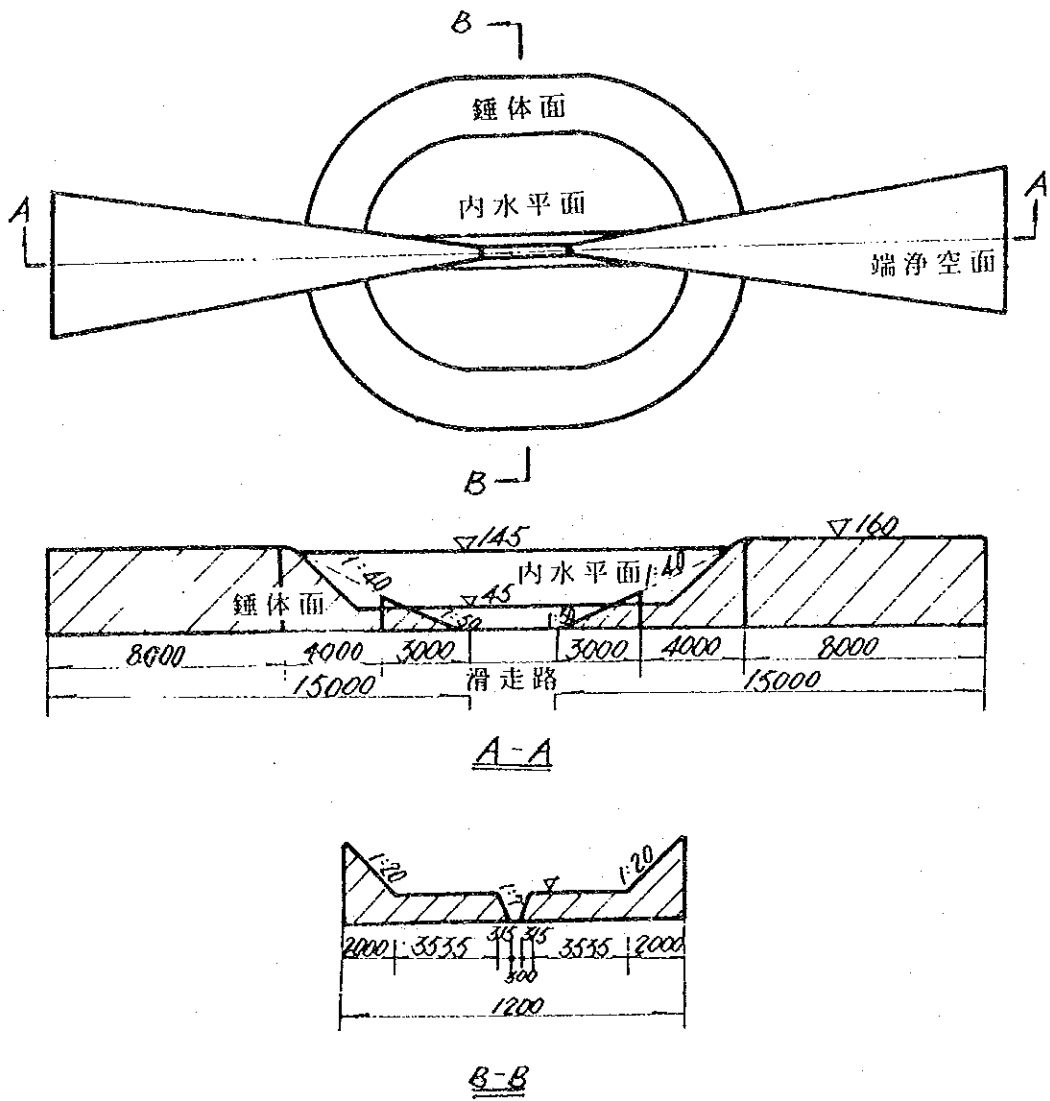


图-3 航空路規制

付属資料－6 橋梁代替案の検討

(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より設定される。すなわち、

1) 港湾施設利用可能空間

東渡港における利用可能空間は、港湾局との協議結果として、現在の東渡埠頭上屋北端より東渡第二期埠頭の南端までの空間とする。

2) 航路

火焼嶼東側の主航路（幅200m）及び西側についても海底標高-5m以上の部分

3) 地質

海滄地区沿岸の断層帯の存在及び地質分布

4) 地形

牛糞礁及び火焼嶼周辺の浅瀬の存在

5) 潮流

橋梁構造物設置による潮流変化或いは渦流発生による土砂堆積の航路への影響

である。

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。支間長としては約900mの橋梁となる。径間長がかなり大きくなるので、航空制限による主塔高さが低く抑えられ、吊橋とした場合サグ比がかなり小さいもの（ $f/l=1/15.1$ ）となる。牛糞礁の橋脚による潮流変化を検討する必要があるが、その他の制約条件については問題ない。

吊橋支間割 $250(A1) + \underline{890} + 330 + 100(A2)$

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。支間長としては約500mの橋梁となる。吊橋とした場合サグ比は通常の範囲内に納まる（ $f/l=1/10.0$ ）。牛糞礁及び火焼嶼北側の橋脚による潮流への影響を検討する必要があるが、その他の制約条件については問題ない。

吊橋支間割 $200(A1) + \underline{500} + 500 + 330 + 200(A2)$

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。支間長としては約600mの橋梁となる。吊橋とした場合のサグ比は通常のものなる（ $f/l=1/10.0$ ）。火焼嶼北側の橋脚による潮流への影響を検討する必要がある。

吊橋支間割 $250(A1) + \underline{600} + 600 + 160 + 100(A2)$

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。火焼嶼の西側水路については、航路及び断層帯を避けて橋脚を設置する。火焼嶼東側の水路に架かる橋梁の支間長は約600m、火焼嶼の西側水路に架かる橋梁の支間長は約210mとなる。東側水路の橋梁を吊橋とした場合サグ比は通常のものとなる($f/l=1/10.0$)。火焼嶼西側の橋脚による潮流変化を検討する必要がある。

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155m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-1に示した。

a. No. 1ルート

橋梁支間割 : 250(A1) + 890 + 330 + 100(A2)

ケーブル理論頂 : 廈門側主塔 135.0 m 海滄側主塔 135.0 m

ケーブルサグ比 : $f/l = 1/15.1$

主塔位置路面高 : 67.0 m

死荷重(t/m/br) : 主ケーブル ; 5.84、補剛桁 ; 16.0、全体 ; 21.8

車両荷重(t/m/br) : 4.6

ストランド数 : 142 (PWS127)

素線径 mm : 5.10

主ケーブル径 mm : 766

ケーブル水平張力 : 45,420 ton/br.

ケーブル張力 : 47,000 ton/br.

b. No. 2ルート

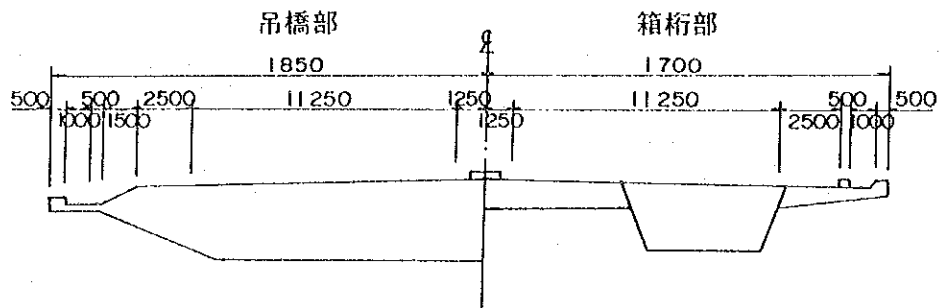
橋梁支間割 : 200(A1) + 500 + 500 + 330 + 200(A2)

ケーブル理論頂 : 廈門側主塔 114.0 m 海滄側主塔 130.0 m

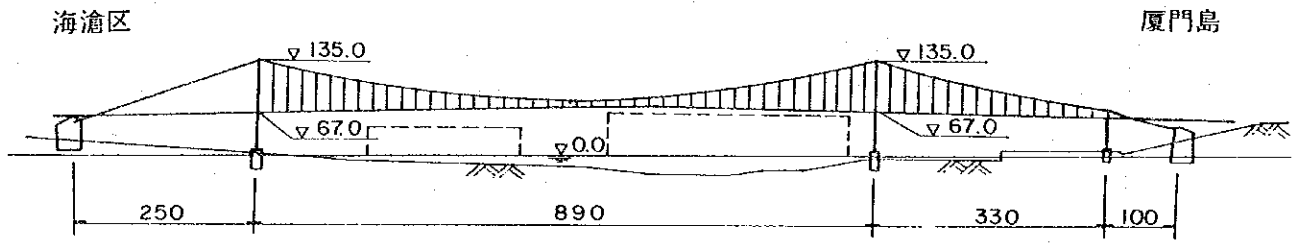
ケーブルサグ比 : $f/l = 1/10.0$

主塔位置路面高 : 66.0 m

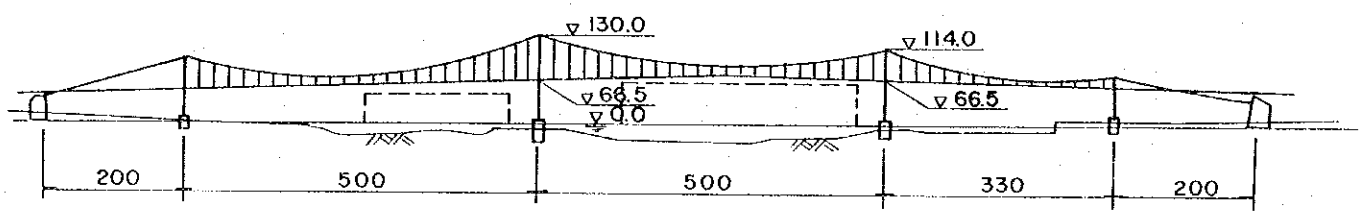
死荷重(t/m/br) : 主ケーブル ; 2.00、補剛桁 ; 16.0、全体 ; 18.0



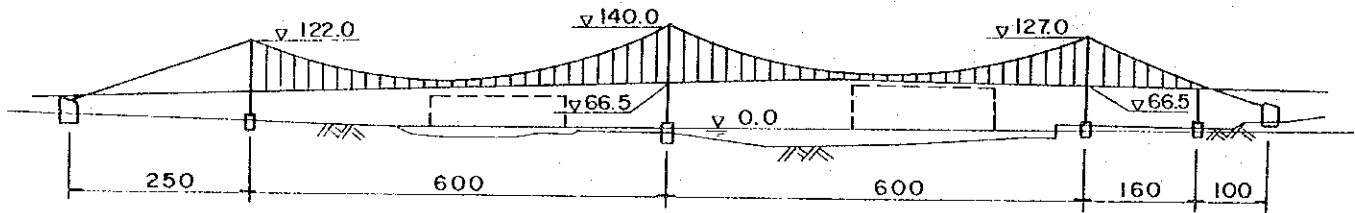
NO. 1



NO. 2



NO. 3



NO. 4

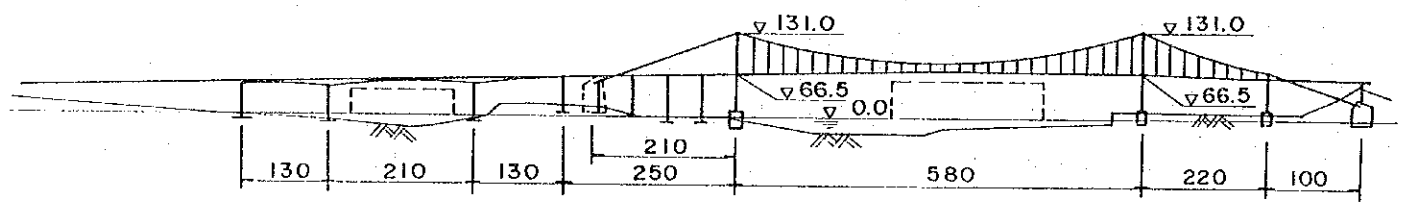


圖-1 橋梁代替案一般圖

車両荷重(t/m/br) : 4.8
ストランド数 : 44 (PWS127)
素線径 mm : 5.30
主ケーブル径 mm : 443
ケーブル水平張力 : 14,240 ton/br.
ケーブル張力 : 15,770 ton/br.

c. No. 3 ルート

橋梁支間割 : 250(A1) + 600 + 600 + 160 + 100(A2)
ケーブル理論頂 : 厦門側主塔 127.0 m 海滄側主塔 140.0 m
ケーブルサグ比 : $f/l = 1/10.0$
主塔位置路面高 : 66.5 m
死荷重(t/m/br) : 主ケーブル ; 2.46、補剛桁 ; 16.0、全体 ; 18.5
車両荷重(t/m/br) : 4.7
ストランド数 : 52 (PWS127)
素線径 mm : 5.43
主ケーブル径 mm : 493
ケーブル水平張力 : 17,380 ton/br.
ケーブル張力 : 19,520 ton/br.

d. No. 4 ルート

吊橋支間割 : 210(A1) + 580 + 220 + 100(A2)
ケーブル理論頂 : 厦門側主塔 131.0 m 海滄側主塔 131.0 m
ケーブルサグ比 : $f/l = 1/10.0$
主塔位置路面高 : 66.5 m
鋼箱桁支間割 : 130(AP1) + 210 + 130(AP2)
鋼箱桁支点上桁高 : 11 m
死荷重(t/m/br) : 主ケーブル ; 2.33、補剛桁 ; 16.0、全体 ; 18.3
車両荷重(t/m/br) : 4.7
ストランド数 : 52 (PWS127)
素線径 mm : 5.28
主ケーブル径 mm : 480
ケーブル水平張力 : 16,670 ton/br.
ケーブル張力 : 18,390 ton/br.

2) 各ルートの基礎地盤性状

No. 1 ルートの吊橋下部構造の地点における地質状況は以下のごとくである。

海滄地区側ソカレツ : 表層約 1.2 m 砂質粘土、以下強風化変質斜閃煌斑岩、N 値 5.3

海滄地区側主塔 : 表層約1.3mシルト、砂質粘土、以下強風化花崗岩、N値4.9
厦門島側主塔 : 表層約2m強風化花崗岩、N値6.4、以下中風化花崗岩
厦門島側アソカレイブ : 表層約7m凝灰溶岩残積粘性土、以下強風化凝灰溶岩、N値3.9

№. 2 ルートの吊橋下部構造の地点における地質状況は以下のごとくである。

海滄地区側アソカレイブ : 表層約1.2m砂質粘土、以下強風化変質斜閃煌斑岩、N値5.3
海滄地区側主塔 : 表層約1.3mシルト、砂質粘土、以下強風化花崗岩、N値4.9
火燒嶼主塔 : 表層約5m砂質粘土、以下強風化砂岩、N値不明
厦門島側主塔 : 表層約2m強風化花崗岩、N値6.4、以下中風化花崗岩
厦門島側アソカレイブ : 表層約7m凝灰溶岩残積粘性土、以下強風化凝灰溶岩、N値3.9

№. 3 ルートの吊橋下部構造の地点における地質状況は以下のごとくである。

海滄地区側アソカレイブ : 表層約1.2m砂質粘土、以下強風化変質斜閃煌斑岩、N値5.3
海滄地区側主塔 : 表層約1.3mシルト、砂質粘土、以下強風化花崗岩、N値4.9
火燒嶼主塔 : 表層約5m砂質粘土、以下強風化砂岩、N値不明
厦門島側主塔 : 表層約1.0m人工盛土、以下強風化花崗岩、N値5.0以上
厦門島側アソカレイブ : 表層約7m凝灰溶岩残積粘性土、以下強風化凝灰溶岩、N値3.9

№. 4 ルートの吊橋下部構造の地点における地質状況は以下のごとくである。

火燒嶼主塔 : 表層約5m砂質粘土、以下強風化砂岩、N値不明
火燒嶼アソカレイブ : 表層約5m砂質粘土、以下強風化砂岩、泥岩、N値不明
厦門島側主塔 : 表層約1.3mシルト、砂質粘土、以下強風化花崗岩、N値4.9
厦門島側アソカレイブ : 表層約1.2m砂質粘土、以下強風化変質斜閃煌斑岩、N値5.3

3) 主要橋梁数量及び直接工事費

a. 主要橋梁数量

表-1 に橋梁案の主要数量を示した。なおこの表の数量は、東渡埠頭から海滄地区西岸までのものである。

表-1 橋梁代替案主要数量

	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
上部工鋼重 (千ト)	2 6 . 1	2 1 . 4	2 2 . 6	2 1 . 8
主ケーブル	9 . 2	3 . 5	4 . 2	2 . 4
その他ケーブル	0 . 9	0 . 7	0 . 8	0 . 5
吊橋補剛桁	1 5 . 3	1 6 . 7	1 7 . 1	1 0 . 4
サドル等	0 . 7	0 . 5	0 . 5	0 . 4
箱桁	—	—	—	8 . 1
コンクリート (万 m ³)	1 3 . 2	8 . 6	9 . 7	1 0 . 0
吊橋橋脚	1 . 3	1 . 3	1 . 4	1 . 0
吊橋橋脚基礎工	1 . 4	1 . 6	1 . 4	1 . 0
アライズ	1 0 . 5	5 . 7	5 . 9	5 . 9
箱桁橋脚	—	—	—	2 . 1
基礎掘削 (万 m ³)	5 . 4	4 . 1	5 . 1	6 . 8
水中掘削	0 . 6	1 . 1	0 . 5	1 . 3
気中掘削	4 . 8	3 . 0	4 . 6	5 . 5

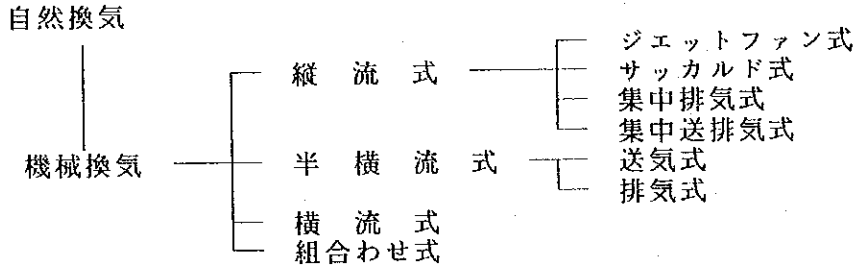
No. 1 ルート案は鋼重及びコンクリート体積ともに他の3案に比べて多くなっている。特にケーブルの単価は他の鋼材に比べて高いため、見かけ以上の鋼重差があると考える必要がある。No. 2 ルート案とNo. 3 ルート案では後者の方が数量的に多くなっているが、橋脚の施工難度と併せて考慮する必要がある。No. 4 のルート案は上部工延長が他の3案に比較して約200~300m長くなっているため、全体数量は多少多目に計算されていることになる。

付属資料－7 隧道換気設備計画

隧道換気設備計画

1) 換気方式の選定

換気方式の種類は、車道空間内での空気の流れから一般に次の様に分類される。



一般に都市域に建設される隧道の一般的諸条件は、以下のとおりである。

- a. 車道内環境が所定の水準以上に維持されること
- b. 坑口からのガス状物質の排出量が少ないこと
- c. 換気塔から排気出来ること
- d. エネルギー効率が良いこと
- e. 隧道内火災に有効なこと
- f. 換気所用地が確保可能なこと

今回は、実績と多数の経験を有する半横流式を採用する。

2) 換気量の検討

1. 条件設定

a. 交通量予測

1992年8月	現地OD調査結果	15,000台/日
2020年	予測交通量 年平均日交通量	59,000台/日

b. 大型車混入率（ジーゼル車）

当該地域の現状交通量調査によれば、貨物車の比率は40～50%程度と予想され、普通乗用車の比率は10～20%である。また貨物車の種類は、4～5T車が多く大半がガソリン車である。貨物のジーゼル車は、日野、イズズ、スカニア等の外国製であり、概ね長距離貨物用と思われる。現状の大型貨物車の比率は、10～15%程度であるが、湖里地区、海滄地区の将来計画から予測して増加するものと予想される。よって、換気計画上の大型車混入率（ジーゼル車）は20%とする。

c. 隧道内の最急勾配 4%

d. 時間当たり交通量

一車線幅員 3.5 m、片側一方向3車線
2,400台/時間(片側隧道)で計画する。

2. 設計目標濃度

道路隧道の換気量を検討する場合、ガソリン車から排出される一酸化炭素(CO)や、ディーゼル車から排出される煤煙量(黒煙)及び窒素酸化物などの有害物質量を算出し、これに対応する換気量を算出せねばならない。その他、自動車の走行風により巻き上げられる土砂や路面、タイヤ等の摩耗により生ずる粉塵などが含まれる。

「公路隧道設計基準」によれば、一酸化炭素を基準としてその(CO)の許容値が定められている。

- a. 隧道内の作業員、管理者等の長時間の場合 24 ppm
- b. 通常時通行車 150 ppm
- c. 事故車等の短時間(15分)処理以内 250 ppm
- d. 車道内風速 8 m/s以下とする。

隧道内の物の見え方に対する規定は、日本国の考え方を参考として煤煙透過率 $\tau = 40\%$ を採用する。

日本国内では、40%を下回ることは避けることとなっている。

3. 基準換気量

中国製貨物自動車の燃料消費率とCO排出量推算式(中国公路隧道基準)によるCO排出量と、日本国内の自動車CO排出量とを比較すると推定式値はかなり低い値となる。このため日本国内の都市内隧道(首都高速道路公団)の基準換気量算定方式を応用してもさじつかえないと思われ、これを使用する。大型車混入率20%、煤煙透過率40%に対する単位基準換気量は0.07 (m³.h/s.km.veh)となる。時間交通量2400台に対する基準換気量は従って168 m³/s.kmとなる。

4) 沈埋隧道案換気量

1. 条件

- ・換気ダクト面積 $A_1 = 8.6 \text{ m}^2$ (片側)
- ・車道内面積 $A_2 = 61.4 \text{ m}^2$ (片側)
- ・隧道内縦断勾配
 - 西側 -3.5% 700 m
 - 東側 -0.4% 500 m

+ 2.5% 1000 m

2. 計算結果

・東渡路行き

$$Q = 460 \text{ m}^3 / \text{s}$$

・海滄行き

$$Q = 360 \text{ m}^3 / \text{s}$$

5) 海底隧道案換気量

1. 条件

・換気ダクト面積

$$A 1 = 21.6 \text{ m}^2 \text{ (片側)}$$

・車道内面積

$$A 2 = 51.7 \text{ m}^2 \text{ (片側)}$$

・隧道内縦断勾配

西側	陸上部	- 3.5%	1125 m
	海底部	- 3.5%	600 m
			- 0.3%
東側	海底部	- 0.3%	200 m
		+ 3.5%	600 m
	陸上部	+ 3.5%	400 m
		+ 3.0%	925 m

2. 計算結果

・仙岳路行き

$$Q = 840 \text{ m}^3 / \text{s}$$

・海滄行き

$$Q = 890 \text{ m}^3 / \text{s}$$

付属資料一 8 橋梁・隧道案概略建設工程

橋梁及び隧道代替案の概略建設工程を、1993年調査・設計開始として考えた場合、表-1～-3に示した。

表-1 概略建設工程

年次	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	備考
調査・設計	----	----	----					移転、補償等
用地準備		--	----	--				
主橋梁			----	----	----	--		製作運搬は除く
下部工施工			----	--				
上部工架設				--	----	--		
アプローチ橋				----	----	--		
廈門島側				----				
海滄区側					----	--		
海滄取付道路 舗装・その他			----	----			----	

沈埋隧道案 全体工程表

	1993	1994	1995	1996	1997	1998
調査・設計		土木設計 設備設計				
用地準備工		ブロック建設 用地				
西立坑工 換気塔		埋立坑	立坑	換気塔		
東立坑工 換気塔		造成	立坑	換気塔		
沈埋函製作		No. 1 ~ No. 4 300m	No. 5 ~ No. 8 300m			
波深工 沈設・埋戻し		4函	4函	4函		
西開削隧道						
東開削隧道						
東・林工事				東行 転換 西行		
西取付 道路工						
馬青路付 工事						
東渡路付 工事						
仙岳隧道				東行 西行		
東取付道路						
換気・照明 諸設備工						
管理用語 施設工						

表-2 沈埋案建設工程計画

海底隧道案 全体工程表

	1993	1994	1995	1996	1997	1998
調査・設計						
用地・準備工						
西立坑換気塔						
東立坑換気塔						
T.B.M 東行(海底)						
T.B.M 西行(海底)						
西陸上隧道						
東陸上隧道						
西取路工						
馬青路 インター工事						
東取路工						
換気・照明 諸設備工						
管理 諸設備工						

表一3 海底隧道案建設工程計画

付屬資料一 9 橋梁 3 代替案比較設計

(1) 支持層の選定

1) 主橋梁部

主橋梁部分において行われた地質調査は、採取したコアの観察、弾性波試験、R、Q、Dおよび岩石試験が主体であり、地盤の強度特性や変形特性を定量的に把握するための有力方法である採取試料の三軸圧縮（C、 ϕ ）、孔内載荷試験（変形係数）等も行われていない。また、R、Q、Dおよび岩石試験は微風化～新鮮岩層で行われているが、この層は大深度でありかつ確認出来ない調査孔もあることから、主橋梁の支持層は風化岩層で検討した。設計を行うために必要な地盤諸元の設定には、岩石試験結果は使用できないので、コアの観察結果、弾性波試験結果および他の長大吊橋の支持層諸元の決定方法を参考とすることとした。

a. 弾性波試験結果

弾性波測定は、1987年8月の地質調査（「廈門市西通道預可行性研究報告：工程地質資料」：鉄道部第2勘測設計院）で行われている。結果は、強風化流紋質晶屑凝灰熔岩で $V_p=2.9\sim 3.0$ (km/sec)、中弱風化流紋質晶屑凝灰熔岩で $V_p=3.77$ (km/sec)である。また、弾性波速度の分布から判断して、弾性波速度は岩質の相違（断層をまたいだ部分で判別）にはよらず、岩盤の風化度合いによる影響が大きいと判断される。

b. 主橋梁部の支持層の選定

現在完成あるいは工事中の吊橋基礎の支持地盤は、必ずしも良好な中・硬岩を支持層としている訳ではない。例として、デンマークのリトルベルト橋、最近の日本に於ける吊橋（明石海峡大橋、白鳥大橋など）の基礎地盤が挙げられる。これらの支持層の弾性波速度はおよそ、 $V_p=1,800\sim 3,000$ m/sec程度である。本橋の海峡部の地質は、強風化岩の弾性波速度 V_p がおよそ3,000 m/secと推定されるので、同程度以下の弾性波速度の軟岩を基礎地盤としている長大橋梁の実績を踏まえ、強風化岩層を基礎支持地盤とした。なお、実施設計に当たっては基礎（特にアンカレイジ）の変位量（弾性変位量およびクリープ変位量）を予測し、上部工の設計に反映する必要がある。

2) 取付橋梁部

No. 4ルートでは、海滄側の取付橋梁の基礎が断層の上に設置される。断層位置でのボーリングは「廈門西通道一橋線路方案可行性研究工程地質勘察報告」（1993年5月27日：交通部第四航務工程勘察設計院廈門分院）にその結果が示されている。既存の調査結果においては（No. K_2+575 および K_2+600 ）、Sc（糜稜片岩）は平均N値で60以上を示しており、固結度の低い岩であると判断出来ることから、一般橋梁の基礎としては何等問題はないと判断した。

(2) 設計用地質条件の設定

1) 支持地盤

a. 設計用地盤定数の決定

地質調査において定量的な判断を行うための試験が行われていないため、支持層となる強風化岩層の設計に用いる地質条件の設定には、弾性波速度、現場踏査、ボーリングコアの観察および類似の地質に対する評価方法を用いて行うこととした。

b. 現場踏査結果

現場踏査は、各ルート of 厦門島側のアンカレイジが置かれる牛頭山、No. 4 ルートの火焼嶼、海滄側のアンカレイジ設置位置付近を中心に行った。また、市内におけるビルの基礎工事現場の地質の観察も行った。この結果、支持層となる花崗岩質の強風化岩層は、「風化花崗岩の支持特性判定要領(案)」(日本、本四公団)に準ずることが可能であると判断した。牛頭山位置付近の凝灰岩質の地質部分についても今回の検討段階においては、花崗岩質に準ずることとした。

c. 支持層の岩盤区分

弾性波速度、ボーリングコアの観察および現地踏査の結果から、本橋の支持層となる強風化岩層は花崗岩の岩盤区分で表現すればDH~CLの下位の岩盤区分と判断出来る。また、火焼嶼に露頭している軟岩はCMクラスの岩級と判断出来る。

d. 各基礎位置の地盤諸元

各基礎位置の地盤諸元は下表の通りとした。

表-1 No. 1ルート地盤諸元

項目	単位	1 A	2 P	3 P	4 A	
支持地盤	—	$w\pi$	γ	$\gamma\pi$	$3^b(T)$	
岩級分類	—	DH~CL	DH~CL	CM	DH~CL	
変形係数	MPa	150.0	150.0	300.0	150.0	
強度定数	C	KN/m ²	100.0	100.0	500.0	100.0
	ϕ	度	37.0	37.0	40.0	37.0
調査ボーリングNo.		K ₂ +200	K ₃ +500, 西(2)他	A, K ₃ +410 K ₃ +440	K ₃ +850	
備考				牛糞礁		

表-2 No. 3ルート地盤諸元

項目	単位	1 A	2 P	3 P	4 P	5 A
支持地盤	—	Wπ	Wπ	(T3W)	γπ	J ^b ₃ (T)
岩級分類	—	DH~CL	DH~CL	DH~CL	DH~CL	DH~CL
変形係数	MPa	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0
強度定数	C	KN/m ²	100.0	100.0	100.0	100.0
	φ	度	37.0	37.0	37.0	37.0
調査ボーリングNo.		K ₂ +200	K ₂ +200	ZK-4	E8~E10	K ₃ +850
備考					東渡埠頭	

表-3 No. 4ルート地盤諸元

項目	単位	1 A	2 P	3 P	4 A
支持地盤	—	T3W	(T3W)	γπ	J ^b ₃ (T)
岩級分類	—	DH~CL	DH~CL	DH~CL	DH~CL
変形係数	MPa	300.0	150.0	150.0	150.0
強度定数	C	KN/m ²	500.0	100.0	100.0
	φ	度	40.0	37.0	37.0
調査ボーリングNo.		—	ZK-5	E8~E10	K ₃ +850
備考		火焼嶼		東渡埠頭	

凡例 Wπ : 強風化変質斜内煌斑岩
 γ : 強風化凝灰熔岩 (強風化み稜片岩)
 γπ : 強風化花崗斑岩
 J^b₃ : 強風化流紋質晶屑凝灰岩
 T_{3W} : 石英砂岩、(T_{3W}) 強風化粉砂岩挟泥岩

2) 中間層

中間層については、N値測定が行われているものがあるため、これらを用いて決定する。

< 参考資料 >

表-4 本四ボーリングコア観察による岩盤区分例

区分	色調	硬軟の程度	風化変質程度	割目の状態	コアの状態	備考
CL	淡黄色 ～黄褐	軟極く脆弱で指で割れ、つぶれる。MCで掘進可能。	岩内部まで風化進行するも岩構造残り石英未風化で残る。	割目多いが粘土化進行密着している	細片状で岩片残り指で砕けて粉状。円形コア無し。	破碎帯でコア一部のみ細片状で採取のもの V _p =2000 - 3300 m/s E _s =150 - 300 MPa
DH	黄褐	極軟粉体に成り易い。MCで無水堀可	概ね一様に風化進行、マサ土化しているわずかに岩片を残す。	粘土化進行のためクラックなし。	土砂状	破碎帯・粘土化帯でコア採取不可能なもの V _p =1500 - 2500 m/s E _s =80 - 150 MPa

(3) 代替案 No. 1 の比較設計

1) 主橋梁上部構造の設計

a. 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-5、表-6 および表-7 に示す。

表-5 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	300m+880m+355m	
	補剛桁	880m+355m	
ケーブルサグとサグ比	f=64.5m、f/L=1/13.6		
塔理論頂(黄海高程)	2P/137.5m、3P/131.5m、4A/56.5m		
線形	平面	直線	
	縦断	1.25%放物線(曲線長600m区間)	
	横断	車道/2.0%直線、管理路/1.0%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		

表-6 設計荷重

死荷重	吊構造部	舗装	41 KN/m/Br.		
		補剛桁	127 KN/m/Br.		
		公共添架物	5 KN/m/Br.		
		小計	173 KN/m/Br.		
		ケーブル	主ケーブル	55.2 KN/m/Br.	
		主ケーブル以外	7.5 KN/m/Br.		
		小計	62.7 KN/m/Br.		
		合計死荷重強度	23.57 t/m/Br.		
活荷重	自動車-超20級/挂车-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 ² /m	1.78	0.73	3.62
	設計風速	m/s	57.8	57.8	54.4
	抗力係数		0.7	0.7	1.3
	風荷重強度	KN/m	3.2	1.3	10.9
温度変化	±20°C				

表-7 主要設計諸元

ケーブル	弾性係数	2.03 × 10 ⁵ MPa	
	許容応力度	640 MPa	
	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	
	ケーブル径	743mm	
ハンガー	最大水平張力	418,000 KN/Br.	
	弾性係数	1.4 × 10 ⁵ MPa	
	安全率	4.0	
	ハンガー間隔	15m	
	1格点の本数	8本/Br.	
	ハンガー径	50mm (CFRC)	
	切断荷重	1,710 KN/本	
補剛桁	桁高 × 総幅	3.0m × 32.5m	
	断面性能	断面積	1.19m ² /Br.
		断面二次モーメント	水平軸まわり 1.86m ⁴ /Br. 鉛直軸まわり 99.3m ⁴ /Br.

b. 応力

補剛桁の吊橋系最大応力を表-8に示す。縦リブ下縁応力度は、床組系でA3鋼の許容応力度いっぱい(145MPa)、吊橋系で20MPaであり、40%割増しの許容応力度(145 × 1.4 = 203MPa)には十分な余裕がある。

表-8 補剛桁の吊橋系最大応力

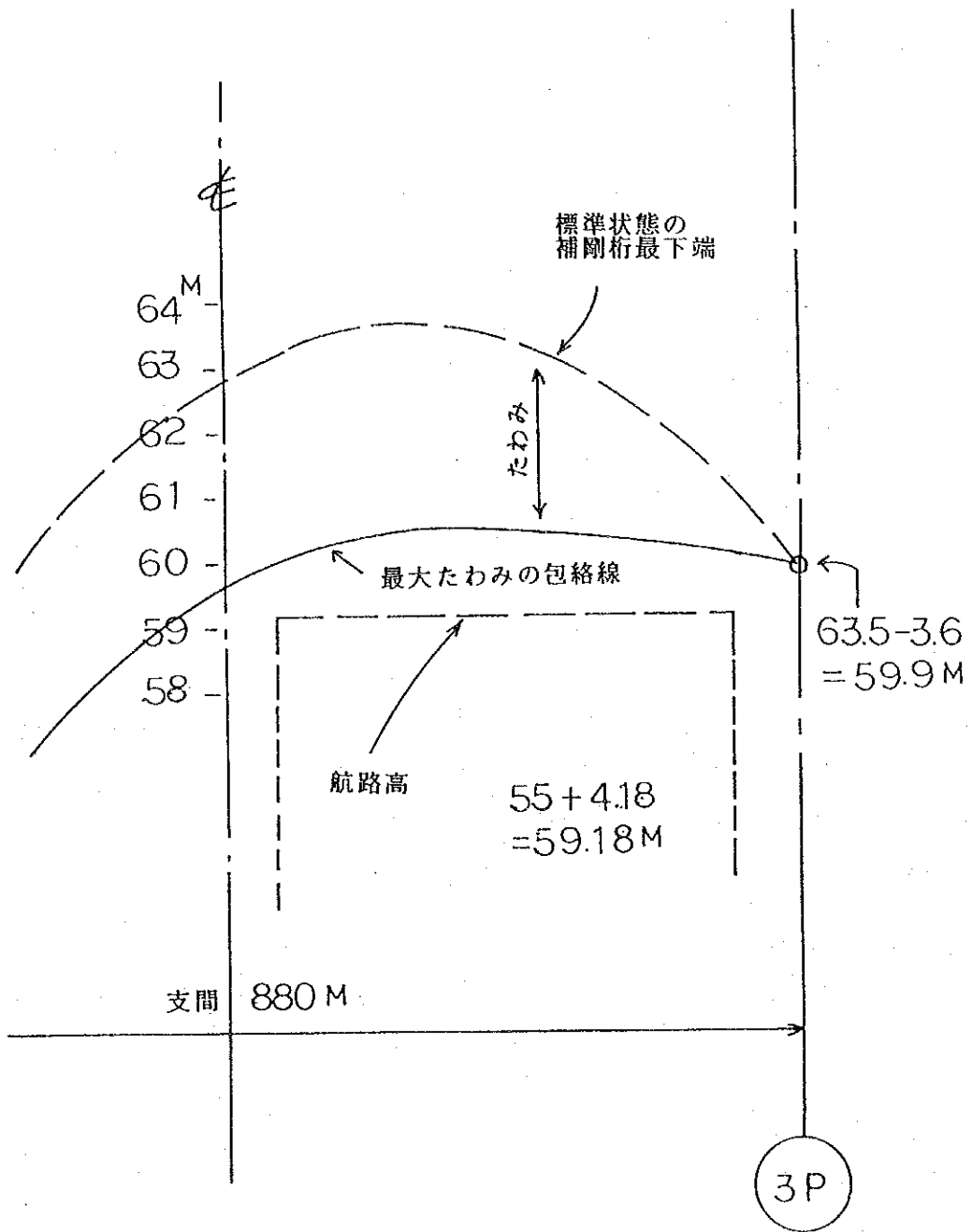
面内 (活荷重 + 温度変化)			
最大曲げモーメント		+74,200 KNm、	-37,800 KNm
縁応力度	デッキプレート	圧縮 52 MPa、	引張 27 MPa
	縦リブ下縁	圧縮 40 MPa、	引張 20 MPa
	ボトムプレート	引張 68 MPa、	圧縮 34 MPa
面外 (風荷重)			
最大曲げモーメント		261,000 KNm	
縁応力度		43 MPa	

c. 変形

吊橋の変形量を表-9に示す。最大たわみの包絡線と航路高との関係を図-1に示す。航路高に対し、1mほどの余裕がある。

表-9 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)	



(高さは黄海高程)

図-1 たわみ図 (No.1)

d. 主要数量

表-10 主要数量

鋼重	ケーブル関係	主ケーブル	8,873t
		主ケーブルのソケット	203t
		ハンガーロープ	202t
		ハンガー金物	48t
		ラッピングワイヤ	166t
		ケーブルバンド	428t
		ハンドロープ	41t
		サドル	268t
		小計(100t単位)	10,200t
		吊構造部	補剛桁
支承	120t		
伸縮装置	400t		
小計(100t単位)	16,200t		
合計		26,400t	

2) 主橋梁基礎・下部構造の設計

a. 安定計算条件

- 鉛直支持に対する安定の照査
基礎底面における鉛直地盤反力度はその基礎に対する地盤許容支持力度以下とする。
- 転倒に対する安定の照査
基礎底面における地盤反力の合力の作用位置は、原則として常時は基礎底面断面の核内、地震時は基礎底面断面の図心位置が圧縮力を受けるような位置とする。なお、有効な根入れがある場合には根入れ効果を考慮して底面における地盤反力の合力の作用位置を計算する。
- 滑動に対する安定の照査
基礎底面における滑動抵抗力と水平作用力の比は下表に示す安全率以上とする。

滑動に対する安全率

設計荷重状態	安全率
完成時常時	2.0
完成時地震時	1.2

- 変位
変位に対する照査はデータ不足のため行わない。

b. 単位容積重量

- マスコンクリートの単位容積重量 $W_{cm} = 23 \text{ KN/m}^3$
- 鉄筋コンクリートの単位容積重量 $W_c = 25 \text{ KN/m}^3$
- ケーソン中空部の単位容積重量 $W_{cc} = 20 \text{ KN/m}^3$ (土砂詰め想定)
- 海水の単位体積重量 $W_w = 10.3 \text{ KN/m}^3$

c. 荷重

安定計算を行う荷重は、上部工からの荷重、基礎の死荷重および地震の影響を考え、波圧および潮流の影響は無視した。

d. 地盤の許容支持力

土被りのある基礎地盤の許容支持力度は、日本及び中国基準による支持力公式に基づき算出した結果と、道路橋示方書下部構造編のケーソンの工学的判断による許容支持力度を比較して安全側となるものを採用した。この場合の許容支持力度はおおよそ1000～1200 kPaとなり長大橋梁基礎としては小さい。一方、土被りのない直接基礎の許容支持力度は、公路橋函設計規範に基づき強風化岩で600 kPa、中風化岩層で1,200 kPaとした。

e. 上部工からの条件

着力点および上部工反力の一覧表を表-11に示す。

表-11 上部工からの条件一覧表

項目		単位	1 A	2 P	3 P	4 A	
着力点		KP(m)	+35.000	+10.000	+10.000	+60.000	
入射角		度	19.458	-	-	6.275	
上部工からの荷重	N	常	KN	-152,000	410,000	390,000	-52,000
		地					
	H	常	KN	431,000	1,400	4,300	475,000
		地			29,000	32,000	
	M	常	KN・m	0.0	240,000	640,000	0.0
		地			520,000	920,000	

f. 主塔の応力度計算結果

ー 使用材料

主塔構造に用いた主要材料を表-12に示した。

表-12 主塔使用材料一覧表

材 料		単 位	2 P	3 P	備 考
コンクリート	コンクリート標号	-	C 7 0	C 7 0	
	設 計 強 度	MPa	37.5	37.5	
	標 準 強 度	〃	49.0	49.0	
	弾 性 係 数	〃	3.8×10^4	3.8×10^4	外挿し求めた
鉄 筋	鉄 筋 種 類	-	3 級 鋼 筋	3 級 鋼 筋	
	引張設計強度	MPa	380	380	
	弾 性 係 数	〃	2.0×10^5	2.0×10^5	

ー 塔基部応力度照査結果

塔基部の破壊抵抗曲げモーメントが、終局荷重作用時に塔基部断面に作用する曲げモーメント以上となるように断面および配筋量を検討した。結果は下表の通り。

塔基部断面 2 P 中空箱断面、2柱、7 x 6 m、壁厚 1.5 m

3 P 中空箱断面、2柱、8.5 x 7 m、壁厚 1.5 m

表-13 破壊抵抗曲げモーメントに対する安全度

項 目	2 P	3 P	備 考
安全度 (Mu/Md)	1.31	1.09	Mu:破壊抵抗曲げモーメント Md:終局荷重時の曲げモーメント

g. 主要数量一覧表

— アンカレイジ

表-14 主要数量一覧表(アンカレイジ)

	単位	1 A	4 A	備考
掘削工	m ³	41,400	24,200	
掘削土運搬工	〃	41,400	24,200	
コンクリート工	〃	87,000	106,600	
鉄筋工	t	1,300	1,600	
型枠工	m ²	16,700	20,500	
足場支保工	m ³	1,680	2,290	
ケーブル定着構造	t	172	172	
鋼矢板	m ²	4,400	2,850	

— 主塔および主塔基礎

表-15 主要数量一覧表(主塔および主塔基礎)

	単位	2 P	3 P	備考
栈橋工	m ²	1,620	1,200	
鋼矢板工	t	1,469	1,439	
掘削工	m ³	16,575	6,552	
基礎コンクリート	〃	12,580	12,056	
主塔コンクリート	〃	5,320	5,900	
鉄筋工	塔	1,064	1,180	
	基礎	1,005	945	
	計	2,069	2,125	
型枠工	塔	9,680	10,740	
	基礎	14,025	11,326	
	計	23,705	22,066	
足場・ 支保工	塔	12,900	12,600	
	基礎	21,675	17,503	
	計	34,575	30,103	
築島土砂	m ³	17,290	23,500	

3) 取付橋梁主要数量

表-16 取付橋梁部主要諸元

上部工	支間長	橋面積	
	20 m	2700	
	30 m	8880	
	40 m	11100	
	50 m	23175	
下部工	コンクリート(m ³)	鉄筋(ton)	掘削量(m ³)
	102631	6099	281064

4) 取付道路及びランプ部主要数量、用地

a. ランプ及びジャンクション部

ランプ及びジャンクション部の概算主要数量を表-17に示した。

表-17 ランプ及びジャンクション部概算主要数量

上部工	支間長 (m)	橋面積 (m ²)	
	20	-	
	30	18915	
	40	20640	
	50	2463	
下部工	コンクリート (m ³)	鉄筋 (ton)	掘削 (m ³)
	59604	3585	230356

b. 道路部

道路部の概算主要数量及び用地を表-18に示す。

表-18 道路部概算主要数量及び用地

項 目	大平山北路線	大平山南路線	備 考
延長 (m)	1, 500	1, 800	
盛土工 (m ³)	268, 185	270, 775	
切土工 (m ³)	236, 955	169, 290	
路盤工 (m ²)	31, 500	37, 800	
盛土法面工 (m ²)	20, 255	22, 620	
切土法面工 (m ²)	15, 515	10, 330	
加ハ工 (箇所)	3	4	
	2x2x40m 1	3x3x40m 2	
	3x3x50m 2	3x3x50m 1	
		3x3x60m 1	
用地 (m ²)	本線、北路線	南路線	
山地、荒地	25, 790	18, 425	
畑地	34, 819	30, 500	
水田	26, 444	34, 750	
養魚場	29, 310	31, 119	
宅地・工場	36, 250	—	
イカ-用地 (m ²)	馬青路北	馬青路南	
山地、荒地	58, 315	—	
畑地	21, 840	41, 413	
水田	27, 295	155, 362	
厦門島イカ-用地	イカ-	イカ-	
山地、公共地	37, 133	—	
宅地・工場	—	31, 635	

(4) 代替案No. 3の比較設計

1) 主橋梁上部構造の設計

a. 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-19、表-20および表-21に示す。

表-19 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	300m+600m+725m+325m	
	補剛桁	600m+725m	
ケーブルサグとサグ比	f=64m、f/L=1/11.3		
塔理論頂(黄海高程)	2P/70.5m、3P/139.5m、4P/132.5m		
線形	平面	直線	
	縦断	1.5%放物線(曲線長725m区間)	
	横断	車道/2.0%直線、管理路/1.0%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		

表-20 設計荷重

死荷重	吊構造部	舗装	41 KN/m/Br.		
		補剛桁	122 KN/m/Br.		
ケーブル		公共添架物	5 KN/m/Br.		
		小計	168 KN/m/Br.		
		主ケーブル	35.1 KN/m/Br.		
		主ケーブル以外	6.0 KN/m/Br.		
		小計	41.1 KN/m/Br.		
		合計死荷重強度	209.1 KN/m/Br.		
活荷重	汽車-超20級/挂车-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 ² /m	1.47	0.84	3.62
	設計風速	m/s	58.0	58.0	54.8
	抗力係数		0.7	0.7	1.3
	風荷重強度	t/m	0.27	0.15	1.10
温度変化	±20℃				

表-21 主要設計諸元

ケーブル	弾性係数	2.03×10^5 MPa	
	許容応力度	640 MPa	
	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	
ハンガー	ケーブル径	591mm	
	最大水平張力	259,000 KN/Br.	
	弾性係数	1.4×10^5 MPa	
	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 $1.08\text{m}^2/\text{Br.}$	
		断面二次モーメント	水平軸まわり $1.64\text{m}^4/\text{Br.}$ 鉛直軸まわり $73.7\text{m}^4/\text{Br.}$

b. 応力

補剛桁の吊橋系最大応力を表-22に示す。縦リブ下縁応力度は、床組系でA3鋼の許容応力度いっぱい(145MPa)、吊橋系で31MPaであるので、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-22 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		+89,500 KNm、	-49,000 KNm
縁応力度	デッキプレート	圧縮 71 MPa、引張 39 MPa	
	縦リブ下縁	圧縮 56 MPa、引張 31 MPa	
	ボトムプレート	引張 93 MPa、圧縮 51 MPa	
面外 (風荷重)			
最大曲げモーメント		443,000 KNm	
縁応力度		89 MPa	

c. 変形

吊橋の変形量を表-23に示す。最大たわみの包絡線と航路高との関係を図-2に示す。航路高に対し、1mほどの余裕がある。

表-23 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)	

d. 主要数量

主橋梁上部構造の主要数量を表-24に示す。

表-24 主要数量

鋼重	ケーブル関係	主ケーブル	7,047t	
		主ケーブルのソケット	125t	
		ハンガーロープ	197t	
		ハンガー金物	50t	
		ラッピングワイヤ	164t	
		ケーブルバンド	481t	
		ハンドロープ	52t	
		サドル	254t	
		小計(100t単位)	8,400t	
		吊構造部	補剛桁	16,223t
			支承	120t
			伸縮装置	400t
			小計(100t単位)	16,700t
		合 計		25,100t
舗装(100m ³ 単位)		2,400m ³		

2) 主橋梁下部構造の設計

a. 安定計算条件

No. 1案と同じ。

b. 単位容積重量

No. 1案と同じ。

c. 荷重

No. 1案と同じ。

d. 地盤の許容支持力

No. 1案と同じ。

e. 上部工からの条件

着点および上部工反力の一覧表を表-25に示す。

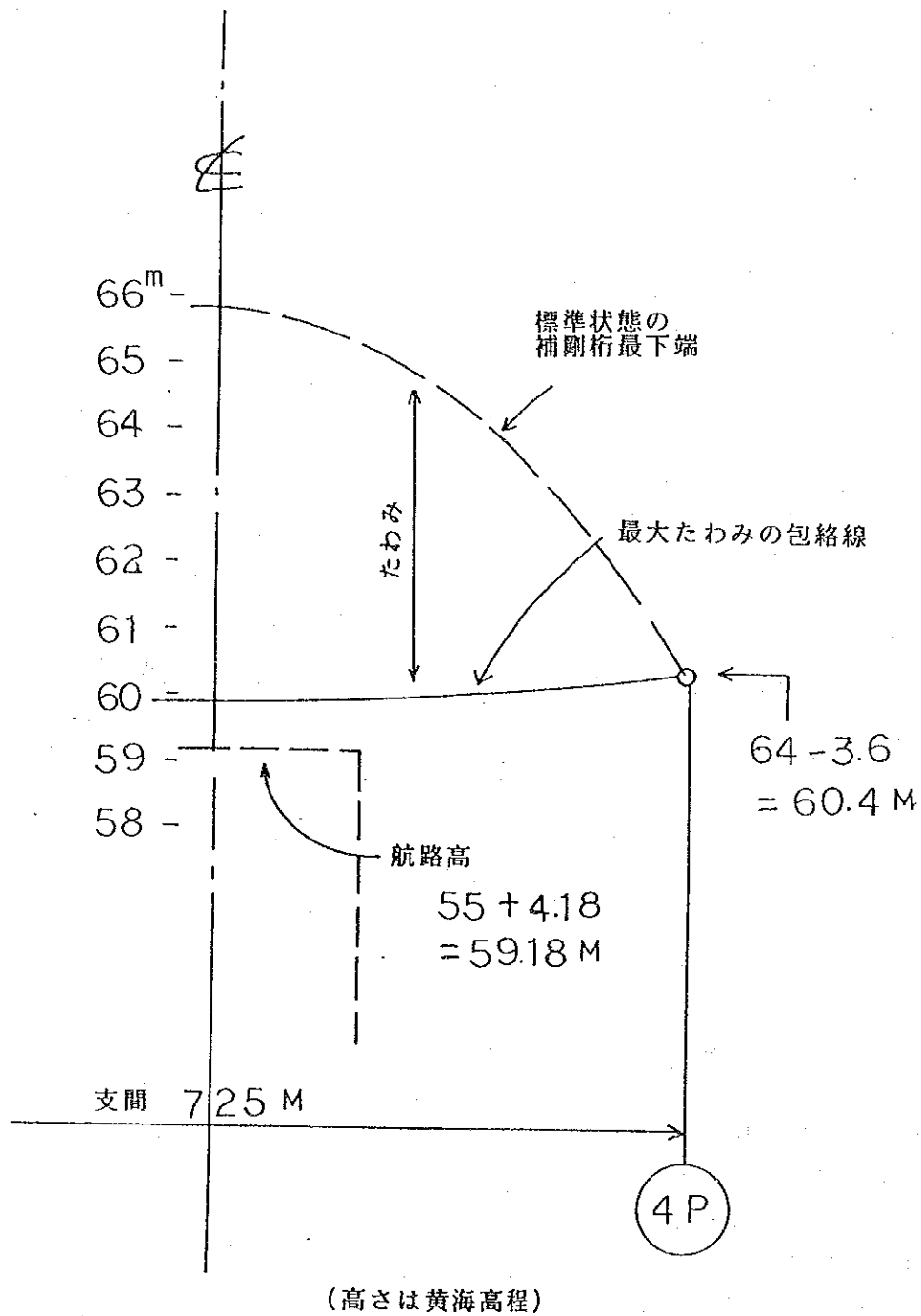


図-2 たわみ図 (No. 3)

表-25 上部工からの条件一覧表

項目	単位	1 A	2 P	3 P	4 P	5 A		
着力点	KP(m)	+35.000	+7.500	+10.000	+7.500	+45.000		
入射角	度	7.407	-	-	-	15.643		
上部工からの荷重	N	常	KN	-37,000	120,000	450,000	290,000	-78,000
		地						
	H	常	KN	287,000	2,100	22,000	1,700	278,000
		地			10,000	71,000	28,000	
	M	常	KNm	0.0	150,000	3000,000	260,000	0.0
		地			200,000	3500,000	530,000	

f. 主塔の応力度計算結果

一 使用材料

表-26 主塔使用材料一覧表

材料	項目	単位	2 P	3 P	4 P	備考
コンクリート	コンクリート標号	-	C 7 0	C 9 0	C 7 0	
	設計強度	MPa	37.5	62.5	37.5	
	標準強度	〃	49.0	81.5	49.0	
	弾性係数	〃	3.8×10^4	4.5×10^4	3.8×10^4	外挿し求めた
鉄筋	鉄筋種類	-	3級鋼筋	4級鋼筋	3級鋼筋	
	引張設計強度	MPa	380	550	380	
	弾性係数	〃	2.0×10^5	2.0×10^5	2.0×10^5	

一 塔基部応力度照査結果

塔基部の破壊抵抗曲げモーメントが、終局荷重作用時に塔基部断面に作用する曲げモーメント以上となるように断面および配筋量を検討した。結果は表-27のとおりである。

塔基部断面 2 P、2 柱、中空箱断面、5 x 3 m、壁厚 0.75 m
 3 P、2 柱、中空箱断面、9 x 12 m、壁厚 1.5 m

4 P、2 柱、中空箱断面、7 x 6 m、壁厚 1.5 m

表-27 破壊抵抗曲げモーメントに対する安全度

項目	2 P	3 P	4 P	備考
安全度 (Mu/Md)	1.31	1.01	1.27	

Mu:破壊抵抗曲げモーメント
Md:終局荷重時の曲げモーメント

g. 主要数量一覧表

表-28 アンカレイジ数量表

	単位	1 A	5 A	備考
掘削工	m ³	59,500	48,200	
掘削土運搬工	"	59,500	48,200	
コンクリート工	"	71,000	70,000	
鉄筋工	t	1,070	1,050	
型枠工	m ²	13,600	13,400	
足場支保工	m ³	1,800	1,730	
ケーブル定着構造	t	86	86	
鋼矢板	m ²	-	-	

表-29 主塔および主塔基礎数量表

		単位	2 P	3 P	4 P
栈橋工		m ²	-	1,500	-
鋼矢板工		t	-	2,269	-
掘削工		m ³	11,813	37,440	20,556
基礎コンクリート		"	8,370	29,952	14,950
主塔コンクリート		"	1,617	7,606	5,527
鉄筋工	塔	t	323	1,521	1,105
	基礎		652	2,415	1,398
	計		957	3,936	2,503
型枠工	塔	m ²	2,940	13,840	10,060
	基礎		7,425	36,036	1,748
	計		10,365	49,876	11,808
足場・ 支保工	塔	m ³	5,800	16,100	11,500
	基礎		11,475	55,692	1,840
	計		17,275	71,792	13,340
築島土砂		m ³	17,290	23,500	-

(3) 取付橋梁主要数量

取付橋梁の上部工、下部工の主要数量を表-30に示す。

表-30 主要数量表

上部工	支間長 (m)	橋面積 (m ²)	
	20	2160	
	30	11730	
	40	10120	
	50	36400	
下部工	コンクリート (m ³)	鉄筋 (ton)	掘削 (m ³)
	112047	6667	290864

(4) 取付道路及びランプ部主要数量、用地

道路数量及び用地については、No. 1案と同じとする。ランプ及びジャンクション部については表-31に示す。

表-31 ランプ及びジャンクション部主要数量表

上部工	支間長 (m)	橋面積 (m ²)	
	20	-	
	30	20460	
	40	18330	
	50	-	
下部工	コンクリート (m ³)	鉄筋 (ton)	掘削 (m ³)
	82219	4927	323127

(5) 代替案 No. 4 の比較設計

1) 主橋梁上部構造の設計

a. 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-32、表-33及び表-34に示す。

表-32 基本事項

形式	単径間2ヒンジ補剛箱桁吊橋		
支間割	ケーブル	275m+690m+215m	
	補剛桁	690m	
ケーブルサグ	とサグ比	f=67.5m、f/L=1/10.2	
塔理論頂	2P/145m、3P/136m		
線形	平面	直線	
	縦断	1.5%放物線(曲線長690m区間)	
	横断	車道/2.0%直線、管理路/1.0%直線	
航路限界	略最高高潮面(20年確率、覆零基準+7.425m)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		

表-33 設計荷重

死荷重	吊構造部	舗装	41 KN/m/Br.		
		補剛桁	117 KN/m/Br.		
		公共添架物	5 KN/m/Br.		
		小計	163 KN/m/Br.		
		ケーブル	主ケーブル	29.6 KN/m/Br.	
		主ケーブル以外	6.0 KN/m/Br.		
		小計	35.6 KN/m/Br.		
		合計死荷重強度	198.6 KN/m/Br.		
活荷重	自動車超20級/挂车-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 ² /m	1.39	1.14	3.12
	設計風速	m/s	58.4	58.4	55.0
	抗力係数		0.7	0.7	1.3
	風荷重強度	KN/m	2.6	2.1	9.6
温度変化	±20℃				

表-34 主要設計諸元

ケーブル	弾性係数	2.03×10 ⁵ 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	5.13mm		
	ケーブル径	541mm		
ハンガー	最大水平張力	214,000 KN/Br.		
	弾性係数	1.4×10 ⁵ MPa		
	安全率	4.0		
	ハンガー間隔	9m		
	1格点の本数	8本/Br.		
補剛桁	ハンガー径	40mm (CFRC)		
	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 ² /Br.	
		断面二次モーメント	水平軸まわり	1.10m ⁴ /Br.
		鉛直軸まわり	73.3m ⁴ /Br.	

b. 応力

補剛桁の吊橋系最大応力を表-35に示す。縦リブ下縁応力度は、床組系でA3鋼の許容応力度(145MPa)限界、吊橋系で29MPaであるので、40%割増しの許容応力度(145×1.4=203MPa)には十分な余裕がある。

表-35 補剛桁の吊橋系最大応力

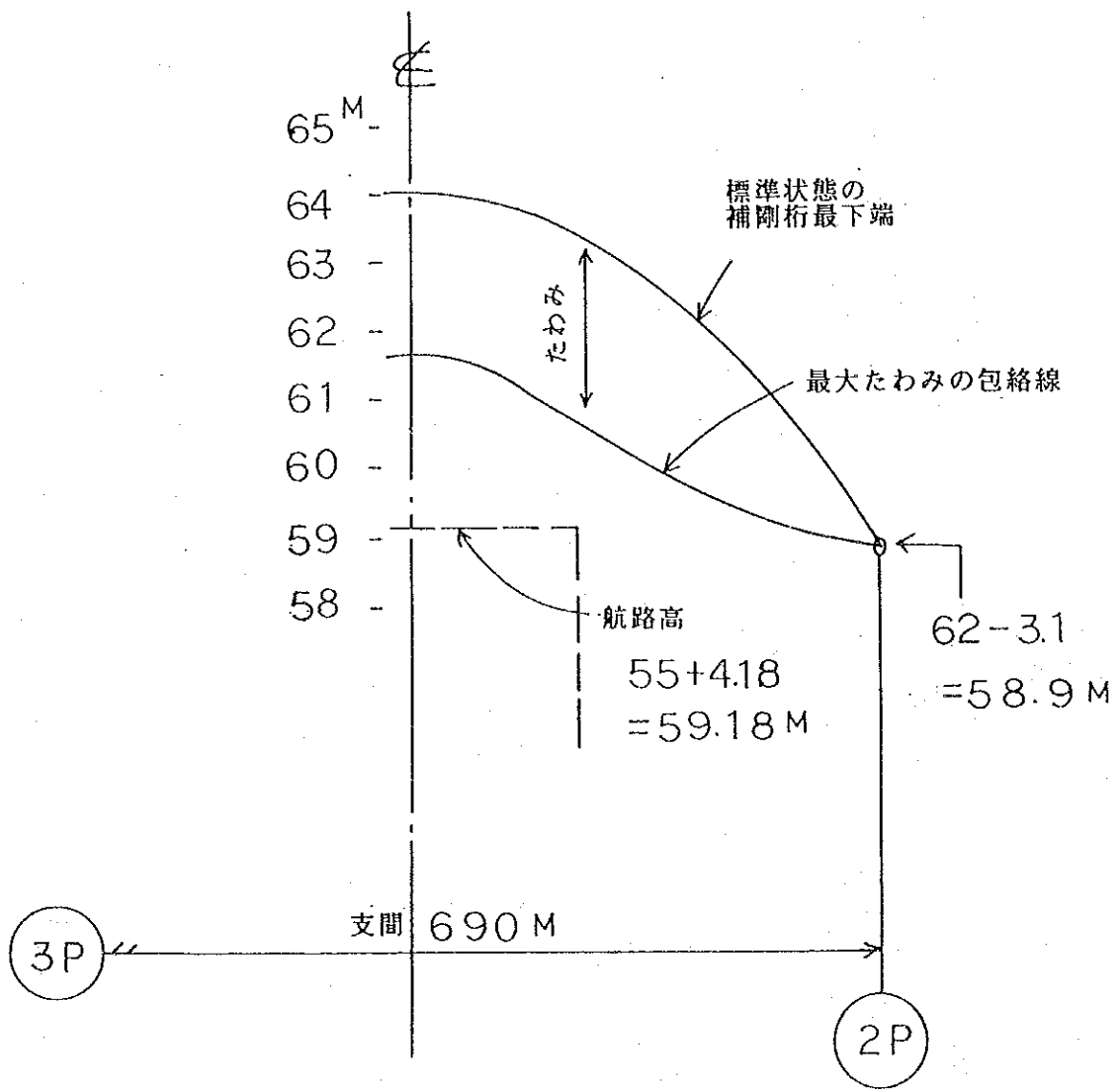
面内 (活荷重+温度変化)			
最大曲げモーメント	+69,000 KNm、 -38,000 KNm		
縁応力度	デッキプレート	圧縮 70 MPa、	引張 38 MPa
	縦リブ下縁	圧縮 53 MPa、	引張 29 MPa
	ボトムプレート	引張 87 MPa、	圧縮 48 MPa
面外 (風荷重)			
最大曲げモーメント	121,000 KNm		
縁応力度	24 MPa		

c. 変形

吊橋の変形量を表-36に示す。最大たわみの包絡線と航路高との関係を図-3に示す。航路高に対し、1mほどの余裕がある。

表-36 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)	



(高さは黄海高程)

図-3 たわみ図 (No. 4)

d. 主要数量

主橋梁上部構造の主要数量を表-37に示す。

表-37 主要数量

鋼重	ケーブル関係	主ケーブル	3,732t	
		主ケーブルのソケット	101t	
		ハンガーロープ	160t	
		ハンガー金物	26t	
		ラッピングワイヤ	94t	
		ケーブルバンド	286t	
		ハンドロープ	33t	
		サドル	212t	
		小計(100t単位)	4,700t	
		吊構造部	補剛桁	8,094t
			支承	40t
			伸縮装置	200t
			小計(100t単位)	8,300t
合 計		13,000t		

2) 主橋梁下部構造の設計

a. 安定計算条件

No. 1案と同じ。

b. 単位容積重量

No. 1案と同じ。

c. 荷重

No. 1案と同じ。

d. 地盤の許容支持力

No. 1案と同じ。

e. 上部工からの条件

着力点および上部工反力の一覧表を表-38に示す。

表-38 上部工からの条件一覧表

項目			単位	1 A	2 P	3 P	4 A
着力点			KP(m)	+40.000	+10.000	+7.500	+40.000
入射角			度	20.898	-	-	24.061
上部工からの荷重	N	常	KN	-83,900	300,000	310,000	-95,900
		地					
	H	常	KN	220,000	1,400	1,400	215,000
		地			29,000	28,000	
	M	常	KNm	0.0	230,000	210,000	0.0
		地			530,000	490,000	

f. 主塔の応力度計算結果

ー 使用材料

表-39 主塔使用材料一覧表

材 料		単位	2 P	3 P	備 考
コンクリート	コンクリート標号	-	C 7 0	C 7 0	
	設計強度	MPa	37.5	37.5	
	標準強度	〃	49.0	49.0	
	弾性係数	〃	3.8×10^4	3.8×10^4	外挿し求めた
鉄 筋	鉄筋種類	-	3級鋼筋	3級鋼筋	
	引張設計強度	MPa	380	380	
	弾性係数	〃	2.0×10^5	2.0×10^5	

ー 塔基部応力度照査結果

塔基部の破壊抵抗曲げモーメントが、終局荷重作用時に塔基部断面に作用する曲げモーメント以上となるように断面および配筋量を検討した。結果は表-40のとおり

りである。

塔基部断面 2 P、2 柱、中空箱断面、7 x 6 m、壁厚 1.5 m
 3 P、2 柱、中空箱断面、7 x 6 m、壁厚 1.5 m

表-40 破壊抵抗曲げモーメントに対する安全度

項目	2 P	3 P	備考
安全度 (Mu/Md)	1.29	1.38	Mu:破壊抵抗曲げモーメント Md:終局荷重時の曲げモーメント

g. 主要数量一覧表

表-41 アンカレイジ主要数量

	単位	1 A	4 A	備考
掘削工	m ³	23,400	45,800	
掘削土運搬工	〃	23,400	45,800	
コンクリート工	〃	48,300	54,700	
鉄筋工	t	730	820	
型枠工	m ²	9,300	10,500	
足場支保工	m ³	1,410	1,500	
ケーブル定着構造	t	67	67	

表-42 主塔および主塔基礎主要数量

		単位	2 P	3 P	備考
栈橋工		m ²	960	-	
鋼矢板工		t	2,138	-	
掘削工		m ³	25,500	20,556	
基礎コンクリート		〃	15,640	14,950	
主塔コンクリート		〃	5,321	5,473	
鉄筋工	塔	t	1,064	1,095	
	基礎		1,280	1,398	
	計		2,344	2,493	
型枠工	塔	m ²	9,680	9,960	
	基礎		21,038	1,748	
	計		30,718	11,708	
足場・ 支保工	塔	m ³	12,100	11,500	
	基礎		32,513	1,840	
	計		44,615	13,340	
築島土砂		m ³	17,290	23,500	

3) 取付橋梁概算主要数量

表-43に概算主要数量を示す。

表-43 取付橋梁概算主要数量

上部工	支間長 (m)	橋面積 (m ²)	
	20	2160	
	30	15060	
	40	25080	
	50	29850	
下部工	コンクリート (m ³)	鉄筋 (ton)	掘削 (m ³)
	177003	11609	399465

4) 取付道路及びランプ部主要数量、用地

a. ランプ及びインターチェンジ部

表-44 ランプ及びインターチェンジ部概算主要数量

上部工	支間長 (m)	橋面積 (m ²)	
	20	2160	
	30	15060	
	40	25080	
	50	29850	
下部工	コンクリート (m ³)	鉄筋 (ton)	掘削 (m ³)
	53820	3235	233310

b. 道路部

表-45 取付道路部概算主要数量

項 目	大平山北路線	大平山南路線	厦門島路線
道路延長 (m)	1, 500	1, 800	
盛土量 (m ³)	268, 185	270, 775	—
切土量 (m ³)	236, 955	169, 290	—
路盤工 (m ²)	31, 500	37, 800	—
盛土法面 (m ²)	20, 255	22, 620	—
切土法面 (m ²)	15, 515	10, 330	—
加幅 (箇所)	3	6	—
	2x2x40m 1	3x3x40m 2	
	3x3x50m 2	3x3x50m 1	
		3x3x60m 1	
用地面積 (m ²)			
山地、荒地	25, 790	18, 425	—
畑地	34, 819	30, 500	—
水田	26, 444	34, 750	—
養魚場	29, 310	31, 119	—
宅地・工場	—	—	36, 250
馬青路北インター用地		馬青路南インター用地	
山地、荒地	58, 315	—	
畑地	21, 840	41, 413	
水田	27, 295	155, 362	
疏港路ランプ用地	オフランプ	オンランプ	
山地、公共用地	37, 133	—	
宅地、工場	—	31, 635	

付属資料--10 主橋梁部上部工比較案の検討

主橋梁部上部工比較案の検討

主橋梁部の上部工形式比較のため次の3種類の比較案を検討する。

- a. 1800 MPa鋼ケーブル案
- b. RC床版合成桁案
- c. 鋼床版2箱桁案

このうち、b. と c. の断面形状は図-1 および図-2 に示す。

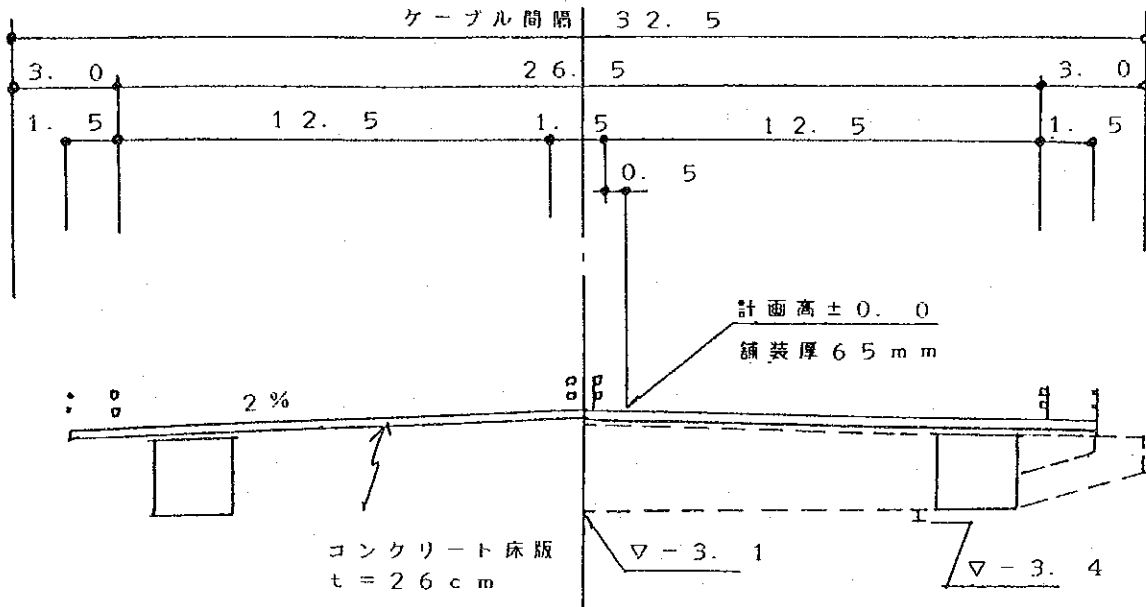


図-1 RC床版案の補剛桁断面

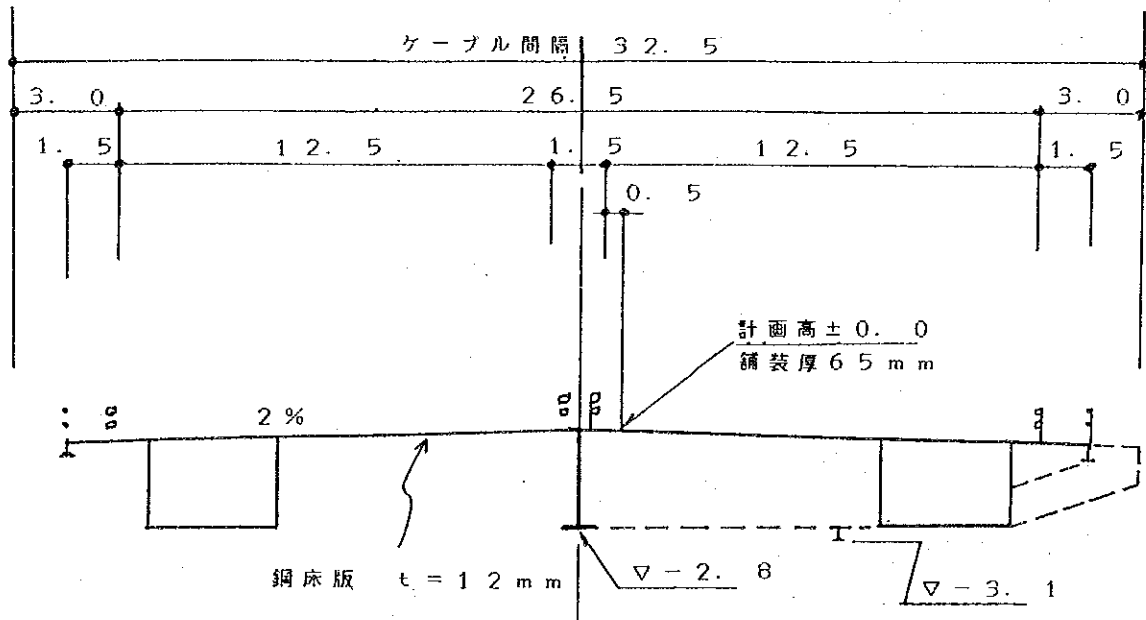


図-2 2箱桁案の補剛桁断面

1) 比較案のねらい

3種類の比較案がねらいとしているのは、以下のとおりである。

a. 1800 MPa鋼ケーブル案

ケーブルの材料強度を1600 MPaから1800 MPaに上げることによって、ケーブルの数量を減少させ、工期・工費の低減を計ろうとするものである。ケーブルの許容応力は、安全率を1600 MPaの場合と合わせ、720 MPaとする。

b. RC床版合成桁案

床版をRC構造とすることによって、補剛桁の鋼重は低減できる。一方、死荷重が増えてケーブルおよび下部工の負担は重くなる。両者の優劣の度合をみようとするものである。

c. 鋼床版2箱桁案

補剛桁の鋼重を軽くすることをねらったものである。

2) 主要設計諸元

比較案の主要設計諸元を表-1に示す。

表-1 比較案の主要設計諸元

	基本案	a. 1800 MPa鋼 ケーブル	b. RC床版 合成桁	c. 鋼床版 2箱桁
支間割、サグ比	別示	基本系に同じ	同左	同左
死荷重 (KN/m)	208.7	205.1	366.6	190.6
最大水平張力 (1000 KN)	206	203	334	191
ストラット数/ケーブル	70	61	102	61

3) 主要数量

比較案の主要数量を表-2に示す。

表-2 比較案の主要数量

	基本案	1800 MPa鋼 ケーブル	R C床版 合成桁	鋼床版 2箱桁
鋼重 (1,000t)	15.7	15.3	13.4	14.2
a. 主ケーブル	3.3	2.9	5.4	3.1
b. a以外のケーブル関係	0.4	0.4	0.5	0.4
c. 補剛桁	11.2	11.2	6.5	9.9
d. サドルその他	0.8	0.8	0.9	0.8
舗装 (1,000m ³)	1.6	1.6	1.6	1.6
ソクリート床版 (1,000m ³)	0	0	6.8	0
コンクリート (1,000m ³)	149	149	241	143
a. 主塔	12	12	20	12
b. 主塔基礎工	19	19	30	19
c. アンカレイジ	118	118	191	112
基礎掘削 (1,000m ³)	136	136	220	136

4) 概算工費

比較案の概算工費を表-3に示す。工費は直接工事費（その他直接工事費分は含まず）で、間接費等は含んでいないものである。

表-3 比較案の概算工費 (単位：億円)

	基本案	180kg/mm ² 鋼 ケーブル	R C床版 合成桁	鋼床版 2箱桁
上部工	3.50	3.33	3.80	3.14
下部工	1.33	1.33	2.12	1.30
仮設備工	0.04	0.04	0.04	0.04
合計	4.87	4.70	5.96	4.48
(比率)	(1.00)	(0.97)	(1.22)	(0.92)

R C床版合成桁案は、死荷重が重くなりすぎ最も不利であるので、以下検討対象としない。

1800 MPa鋼ケーブル案はさほど効果が現れていないが、鋼床版2箱桁案は所期のねらいどおり、工費的には効果があることが分かる。

5) 工期

1800 MPa鋼ケーブル案と鋼床版2箱桁案は、基本案に比べてストランド数が9本少なくできる。ストランドの架設は1日あたりグロスで2.5本のサイクルを想定しているので、高々4日の減少であり影響は少ない。

補剛桁の架設は、1800 MPa鋼ケーブル案では基本案と変わらない。鋼床版2箱桁案では、重量は少なくなるが架設ブロック数は変わらないので、これも工期には影響

しない。

6) 耐風安定性

Selberg 式によるフラッター限界風速は、基本案で113m/sであるのに対し、最も安い鋼床版2箱桁案では75 m/sである。動的に満足すべき風速は65.5 m/sなので、発振風速の低い2箱桁案でもSelberg 式では一応クリアしている。しかし、この程度では風洞試験をしなければなんとも言えない範囲である。1800 MPa鋼ケーブル案では、基本系とほぼ変わらない限界風速となる。

7) 施工性

2箱桁案と1箱桁案における施工性は桁輸送、現場組立及び吊上架設の諸点から検討する必要がある。桁製作は厦門においては製作工場がないので、他の都市の製作工場にならざるを得ない。従って桁輸送の必要性が生ずる。1箱形式に比べて2箱形式は部材寸法が小さく済むので輸送面からは有利である。

桁吊上架設はハンガーケーブル2パネル分を考えているため、吊上桁外寸法は18 x 33 m程度になる。この吊上桁全体を工場製作し、架設現場へ輸送することはこれに適する輸送台船の確保が問題となり、架設現場近くで組立をすることが現実的と考えられる。従って、2箱桁案は部材寸法が小さいため有利と考えられる。

吊上架設に際しては、桁の剛性が重要な要素となり、2箱桁案では架設時の桁剛性確保のため架設時横梁を設ける必要がある。従って、架設費用としては1箱桁案より割高となる。

8) 維持・管理

2箱桁案は1箱桁案より桁の外表面積が多くなり、維持管理において不利となる。またレーダー障害の可能性もあり、その対策が必要である。

9) 評価と結論

1. RC床版合成桁案は、工費が基本案に比べ2割も高く不利である。
2. 1800 MPa鋼ケーブル案は、工費・工期ともに微々たる有利さしかない。あえて1800 MPa鋼を用いるほどではないので、参考案である。
3. 鋼床版2箱桁案は、工費が基本案に比べて8%安く、最も有利と考えられる。しかし施工性、維持・管理において得失があり、また耐風安定性は風洞試験を待つ必要がある、これも参考案である。

付属資料-11 2P主塔基礎形式の比較検討

§ 1 はじめに

2 P主塔基礎位置は、主橋梁の他の基礎と違い、海上に構築されるばかりでなく支持層となる強風化岩層もDL-3 1.000 mと深い。従って、本章では2 P主塔基礎について考えられる基礎形式について検討を行い本橋の2 P主塔基礎として最適な形式を決定することとする。

§ 2 地形および地質条件

2 P主塔基礎は、火烧嶼の東側（主航路側）海岸線からおよそ110 mの沖合いである。水深は約4 mであり海底面の傾斜は少ない。一方地質は、海底面から約27 mの深さで中間層である堆積粘性土層があり、その下に支持層として選定した強風化泥質粉砂岩がある。中間層の粘性土層は（日）ZK2のボーリング結果からはN値が65~49程度であると報告されている。しかし、火烧嶼北端その他で行ったボーリング結果ではN値18~37程度と報告されている。この堆積粘性土層のコアの採取率は70~90%と高く固結度も高いが、水に容易にとける性質である。また、支持層の傾斜は、両ボーリング結果から推定すると約11~20%程度であると考えられる。

図-1 ボーリング柱状図

(日) ZK 2

ZK 5

厦门海沧大桥IV线可行性研究工程勘察

(日) ZK2 号钻孔柱状图

厦门海沧大桥IV线可行性研究工程勘察

ZK5 号钻孔柱状图

孔口坐标 X: 2710360 Y: 455915 DL-5.000 施工日期: 1993.1.2-9.12 孔口直径: 3

分层号	层底深度 (米)	层厚 (米)	层底高程 (米)	层名	岩性描述	层号	层底深度 (米)	层厚 (米)	层底高程 (米)	备注
1	1.50	1.50	1.50	填土	填土	1	1.50	1.50	1.50	
2	1.90	0.40	1.90	粉砂	粉砂	2	1.90	0.40	1.90	
3	5.10	3.20	5.10	粘土	粘土	3	5.10	3.20	5.10	
4	17.60	12.50	17.60	强风化泥质粉砂岩	强风化泥质粉砂岩	4	17.60	12.50	17.60	
5	19.04	1.44	19.04	强风化泥质粉砂岩	强风化泥质粉砂岩	5	19.04	1.44	19.04	

孔口坐标 X: 2712800 Y: 455925 DL-5.000 施工日期: 1993.4.12-15 孔口直径: 3

分层号	层底深度 (米)	层厚 (米)	层底高程 (米)	层名	岩性描述	层号	层底深度 (米)	层厚 (米)	层底高程 (米)	备注
1	1.50	1.50	1.50	填土	填土	1	1.50	1.50	1.50	
2	2.30	0.80	2.30	粉砂	粉砂	2	2.30	0.80	2.30	
3	4.80	2.50	4.80	粘土	粘土	3	4.80	2.50	4.80	
4	5.10	0.30	5.10	强风化泥质粉砂岩	强风化泥质粉砂岩	4	5.10	0.30	5.10	

§ 3 考えられる基礎形式の選出

基礎形式の選出要因は次の通りである。

- ①水深、海底の地形。
- ②支持層の深さ、傾斜。
- ③中間層の地質。
- ④現地の施工技術。
- ⑤経済性。
- ⑥気象、海象、社会条件。

以上の要因を基に、基礎形式の選定マトリックスを作成すると次のようになる。

表-1 基礎形式選定マトリックス

	水深地形	支持層	中間層	施工実績	経済性	評価
鋼管杭基礎	○	○	△固結度	○	△鋼管高	○
場所打ち杭基礎	○	○	○ RCD	○2.5m可	○	◎
オープンケーソン基礎	○	△ 傾斜	×固結度	△ 大型	△	△
ニューマチックケーソン基礎	○	○	△ //	× 不可	×	×
鋼管矢板式基礎	○	○	△ //	× 実無	×	×
連壁剛体基礎	○	○	○	× 実無	×	×

§ 4 2P主塔基礎形式の選定

基礎の施工実績および地質条件等から判断すると、主塔基礎形式としては場所打ち杭基礎がもっとも有力であり、概略安定計算および主要部分の断面計算の結果も問題はない。一方オープンケーソン基礎および鋼管杭基礎については次の点で問題があると考えられ、2P主塔の基礎形式には場所打ち杭基礎（多柱式）を選定することとした。

①オープンケーソン基礎の問題点

- ・安定計算の結果、一体式として形状寸法は、橋軸方向幅17m×直角方向幅50m×高さ38mとなる。この様な大型のオープンケーソン基礎は世界的に見ても実績が少なく、沈下掘削に問題が多い。
- ・中間層のN値は、最大で65が記録されている。また、固結度の高い粘性土であるため周面摩擦力が大きく沈下困難となることが予想される。
- ・分離式のオープンケーソンとした場合でも、中間層の問題は残り、さらに不同沈下および支点の水平移動が発生し、鉄筋コンクリート製の主塔に影響が大きい。

②鋼管杭基礎

- ・一般的な構造用鋼管（スパイラル鋼管）の単価が高く、場所打ち杭に対して割高となる。
- ・海上の多柱式基礎であるため、錆等にたいする対策が必要となる。一般的に吊橋の様な大型基礎には実績がない。
- ・固結した粘性土の中間層の打ち抜きに問題がある。

§ 5 杭径の比較検討結果

場所打ち杭の杭径について、4種類検討を行った結果、経済性からは $\phi 1,200$ および $\phi 1,500$ の差はほとんど無くどちらでも良いという結果が出たが、施工機械の汎用性から、杭径 $\phi=1,200$ を選定する。次ページに比較一覧表を示す。

杭径比較検討一覧表

項目	単位	杭径			
		φ1000	φ1200	φ1500	φ2000
基礎概略一般図					
主塔基礎形状概略検討結果	基礎寸	56.0×21.75×7.0	56.9×20.4×7.0	58.25×21.75×7.0	60.5×24.0×7.0
	杭径	φ1000	φ1200	φ1500	φ2000
鉛直反力	杭本数	8×9×2=144	7×7×2=98	6×6×2=72	5×5×2=50
	P _{max}	434.2 < 547.3	597.2 < 699.2	884.4 < 911.6	1,304.6 < 1,334.9
概算工費	P _{min}	262.1 < "	474.8 < "	592.3 < "	474.8 < "
	コクリト	3,106	3,192	3,648	4,265
評価	杭掘削	395	314	230	160
	鉄筋	8,169	7,391	8,008	9,291
備考	合計	11,670	10,896	11,886	13,716
	比率	1.073	1.000	1.092	1.257
備	評	杭体応力度ならびに頂部応力度も非常に厳しい。 基礎形状は杭体の応力度から決まる。	杭体応力度が厳しい 基礎形状は杭体の応力度および杭の鉛直支持力から決まる。	応力度には余裕がある 基礎形状は、杭の鉛直支持力から決まる	同左
	備		燃焼の汎用性および経済性からφ1200を決定する。		

付属資料一 1 2 主橋梁下部工安定計算

下部工安定計算

1) 1Aアンカレイジ

表-1 安定計算結果一覧表

			1Aアンカレイジ				
基礎概略一般図							
項目	単位	常時	許容値	地震時	許容値		
上部工反力	N	KN	-93,110				
	H	KN	208,012				
	M	KN・m	0.0				
基礎底面の 集計外力	N	KN	860,223		860,223		
	H	KN	208,012		291,051		
	M	KN・m	6,152,725		7,641,394		
重心点応答震度	KG	-			0.087		
底面地盤反力 度	浮力無視	qmax	KPa	72.7	80	80.9	120
		qmin	"	5.5		0.0	
	浮力考慮	qmax	KPa	-		-	
		qmin	"	-		-	
滑動安全率	浮力無	Fs1	-	2.49	2.0	1.78	1.5
	浮力有	Fs2	-	-		-	
偏心量	浮力無	e1	m	7.2	B/6 (8.33)	8.9	B/3 (16.67)
	浮力有	e2	"	-		-	

2) 4 A アンカレイジ

表-2 安定計算結果一覧表

		4 A アンカレイジ					
基礎概略一般図							
項	目	単位	常時	許容値	地震時	許容値	
上部工反力	N	KN	-41,805				
	H	KN	224,033				
	M	KN・m	0.0				
基礎底面の 集計外力	N	KN	1,721,237(1,662,321)		1,760,401(1,623,156)		
	H	KN	224,033		341,668		
	M	KN・m	4,568,372		7,540,724		
重心点応答震度		KG	-		0.067		
底面地 盤反力 度	浮力 無視	qmax	KPa	74.9	80	85.9	120
		qmin	"	45.4		37.2	
	浮力 考慮	qmax	KPa	72.9		82.2	
		qmin	"	43.4		31.3	
滑動安全率	浮力無	Ps1	-	4.61	2.0	3.10	1.5
	浮力有	Ps2	-	4.46		2.86	
偏心量	浮力無	e1	m	2.7	B/6 (10.8)	4.3	B/3 (21.7)
	浮力有	e2	"	2.7		4.9	

(2) 主塔基礎の安定計算

1) 2P主塔基礎

表-3 2P主塔基礎安定計算結果 (橋軸方向)

			2P主塔基礎						
基礎概略一般図									
項	目	単 位	常 時	許容値	暴風時	許容値	地震時	許容値	
上部工反力	N	KN	329,000		-		298,000		
	H	KN	1,340		-		5,670		
	M	KN・m	229,000		-		263,310		
7-7が下面の (原点)集計外力	N	KN	525,309		-		494,309		
	H	KN	1,340		-		31,200		
	M	KN・m	238,380		-		389,888		
重心点応答震度	KH	-	0		-		0.13		
鉛直反力	押込	PNmax	5,972	6,992	-	-	6,303	10,807	
	引抜	PNmin	4,748	-3,666	-	-	3,786	-6,399	
原点水平変位量	δx	cm	0.07	1.00	-	-	0.53	1.00	
杭作用力	曲げモーメント	M	KN・m/本	62	-	-	-	1,056	-
	鉛直力	N	KN/本	5,968	-	-	-	6,302	-
	水平力	S	KN/本	0	-	-	-	318	-
杭配筋 (杭径=1.2m)		-	D35-28 (d=15cm)		-		D35-28 (d=15cm)		
杭応力度	σc	MPa	4.26	8.00	-	-	10.28	12.00	
	σs	MPa	0	120.00	-	-	0.00	270.00	
	τ	MPa	0	0.39	-	-	0.28	0.58	

表-4 2P主塔基礎安定計算結果(橋軸直角方向)

			2P主塔基礎					
基礎概略一般図								
項	目	単位	常時	許容値	暴風時	許容値	地震時	許容値
上部工反力	N	KN	329,000		298,000		298,000	
	H	KN	0		11,500		13,000	
	M	KN・m	0		316,000		348,000	
7-7が下面の(原点)集計外力	N	KN	525,309		494,309		494,309	
	H	KN	0		11,500		38,520	
	M	KN・m	0		-198,450		-43,572	
重心点応答震度		KH	0		0		0.13	
鉛直反力	押込	PNmax	5,363	6,992	5,161	6,992	5,115	10,807
	引抜	PNmin	5,363	-3,666	4,927	-3,666	4,973	-6,399
原点水平変位置		δx	0	1.0	0.2	1.0	0.6	1.0
杭作用力	曲げモーメント	M	0	-	531	-	1,729	-
	鉛直力	N	5,360	-	4,893	-	5,011	-
	水平力	S	0	-	-	-	-	-
杭配筋(杭径=1.2m)		-	D35-28(d=15cm)		D35-28(d=15cm)		D35-28(d=15cm)	
杭応力度	σ_c	MPa	3.50	8.00	5.43	10.80	11.59	12.00
	σ_s	MPa	0	160.00	0	216.00	60.27	160.00
	τ	MPa	0	0.39	-	0.53	-	0.39

2) 3P主塔基礎

表-5 3P主塔基礎安定計算結果

		3P主塔基礎							
基礎概略一般図									
項	目	単 位	常 時	許容値	暴風時	許容値	地震時	許容値	
上部工反力	N	KN	315,000		-		285,000		
	H	KN	2,850		-		6,130		
	M	KN·m	439,250		-		348,760		
基礎底面の 集計外力 ()内は浮力有	N	KN	588700(527415)		-		567130(488976)		
	H	KN	2,850		-		34,159		
	M	KN·m	479,150		-		692,658		
重心点応答震度		KG	-	0	-	-	0.093		
底面地 盤反 力度	浮力 無視	qmax	KPa	89.2	120.0	-	-	95.5	180.0
		qmin	KPa	49.4		-	-	38.0	
	浮力 考慮	qmax	KPa	81.9		-	-	86.3	
		qmin	KPa	42.2		-	-	28.8	
滑動安 全率	浮力無	Fs1	-	123.9	2.0	-	-	10.0	1.5
	浮力有	Fs2	-	111.0		-	-	8.6	
偏心量	浮力無	e1	m	0.8	B/6	-	-	1.2	B/3
	浮力有	e2	m	0.9	2.83	-	-	1.4	5.67

表-6 3 P 主塔基礎安定計算結果 (橋軸直角方向)

		3 P 主塔基礎																		
基礎概略一般図																				
項	目	単	位	常	時	許	容	値	暴	風	時	許	容	値	地	震	時	許	容	値
上部工反力	N	KN		315,000		285,000		285,000												
	H	KN		0		9,300		11,200												
	M	KN・m		0		245,000		306,000												
基礎底面の集計外力 () 内は浮力有	N	KN		588700(527415)		570261(485854)		558700(497415)												
	H	KN		0		44,887		11,200												
	M	KN・m		0		310,360		77,400												
重心点応答震度		KG	-	0		0.127		0												
底面地盤反力度	浮力無視	qmax	KPa	69.3	120.0	71.5	180.0	66.8	180.0											
		qmin	KPa	69.3		62.7		64.6												
	浮力考慮	qmax	KPa	62.0		61.5		59.6												
		qmin	KPa	62.0		52.8		57.6												
滑動安全率	浮力無	Fs1	-	-	2.0	7.6	1.5	29.9	1.5											
	浮力有	Fs2	-	-	-	6.5	-	26.7	-											
偏心量	浮力無	e1	m	0.0	B/6	0.5	B/3	0.1	B/3											
	浮力有	e2	m	0.0	8.33	0.6	16.67	0.2	16.67											

付属資料－13 経済評価指標の概説

(1) 経済内部収益率 (EIRR)

経済内部収益率は、便益の現在価値累計と費用の現在価値累計とを等しくならしめる割引率であり、次式によって示される。

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+R)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+R)^t} = 0$$

ここで、
 B_t : t年における便益額
 C_t : t年における費用額
 R : 内部収益率
 n : 計算期間

プロジェクトが、国家経済的に見て妥当であるためには、内部収益率は資本の機会費用（社会的割引率）より大でなければならない。中国における社会的割引率は、国家計画委員会および建設部が公布している最新の「建設プロジェクト経済評価パラメータ」において示されているところによると、12%である。

(2) 純現在価値 (NPV)

純現在価値は、割引された便益と割引された費用との差である。資本の機会費用をもって割り引いた場合、正（プラス）の純現在価値はプロジェクトが、国家経済的に見て妥当であることを示している。また、その額の大きさがプロジェクトの望ましさが評価される。

純現在価値 =

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+R)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+R)^t}$$

ここで、 B_t : t年における便益額
 C_t : t年における費用額
 R : 割引率
 n : 計算期間

(3) 便益・費用比 (B/C)

便益・費用比 (B/C) は、便益の現在価値を費用の現在価値で除算することによって得られる。資本の機会費用でもって割り引いて、1以上の値を示す場合、プロジェクトが国家経済的に見て妥当であることを示している。

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+R)^t} \quad / \quad \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+R)^t}$$

ここで、 B_t : t年における便益額
 C_t : t年における費用額
 R : 割引率
 n : 計算期間

付属資料-14 車両走行費用算定上の設定条件

単位車両走行費用算定上の設定条件

(1) 代表車種の設定

単位車両走行費用を算定するための車種は、廈門市地域における自動車交通の現況を考慮して、次の5車種、すなわち乗用車、小型バス、大型バス、小型トラックおよび大型トラックとした。各々についての代表車種は、中国側カウンターパートとの打合わせに基づき設定した。

(2) 年間使用状態

自動車の年間使用状態の設定は、中国での高速道路および道路橋に関する類似プロジェクト調査を参考にし、また現地における路上実査の結果などから設定した。

(3) 車体、タイヤ、燃料などの価格

車体、タイヤ、燃料などの市場価格および車両購入に関する税率は、カウンターパートからの情報に依拠した。車体の経済価格は、上述の情報に基づき推定した。また、タイヤおよび燃料の経済価格は、データの不足から中国での高速道路の類似プロジェクト調査において示されている数値から市場価格・経済価格変換率を推定することにより類推した。

(4) 乗務員（バスおよびトラック）の費用

バスおよびトラックの乗務員の平均月当り費用は、「廈門統計年鑑」での情報、および現地でのヒアリング等に基づき月700元/人と設定した。（中国の個人所得税法によると、課税対象ラインは月800元なので、上記の金額をそのまま経済価格とした。）また、各々の車両での乗務員数は、以下のように設定した。

—	小型バス	:	2人
—	大型バス	:	2人
—	小型トラック	:	1人
—	大型トラック	:	2人

(5) 減価償却費、保守費および保険費

減価償却費については、中国での道路橋に関する類似プロジェクト調査に基づき、時間による償却率と走行距離による償却率を設定した。保守費および保険費については、利用データの制約から、中国での高速道路に関する類似プロジェクト調査における数値を参考に推定した。なお、資本費用については、社会的割引率として12%を適用した。

車種別走行時間価値の推定

1. 乗用系自動車の時間価値

(1) 時間価値単価の推定

表-1は、廈門市における1人当たり地域総生産の将来値を示したものである（第3章 調査対象地域の将来社会経済フレームより）。

表-1 廈門市における将来1人あたり地域総生産（1990年価格）

項目 \ 年次	1990	2000	2010	2020
地域総生産（億元）	53.4	203.4	561.0	1004
人口（万人）	110.6	130.7	151.4	172.6
1人当たり総生産（元/人）	4830	15560	37050	58200

出典：調査団推定

年間労働時間は、次のように設定した。

- 1) 年間労働日数：年間日数 - 日曜日 - 祭日 = 365 - 52 - 7 = 306
- 2) 1日の労働時間：8時間
- 3) 年間労働時間：306 x 8 = 2,448時間

従って、上記の1人あたり地域総生産額を年間労働時間で除算して、1人当たり時間価値を推定した（表-2を参照）。

表-2 1人あたり時間価値推定（1990年価格）

\ 年次	1990	2000	2010	2020
時間価値（元/時）	1.97	6.36	15.14	23.77

出典：調査団推定

上記の表-2の数値は、1990年不変価格ベースなので、建設費用積算基準年と整合させるため、1990年-1993年の期間について、デフレーターを設定することにより、1993年価格ベースに変換して、時間価値を推定した。（表-3参照）

表-3 1人あたり時間価値推定（1993年価格）

\ 年次	1993	2000	2010	2020
時間価値（元/時）	3.17	7.19	17.13	26.88

出典：調査団推定

(2) 車種別時間価値の推定

1) 車種別時間価値の算定

乗用系車種の車種別時間価値の算定は、次の式に依拠した。

$$1 \text{ 人当り時間価値} \times \text{トリップ目的による係数} \times \text{各車種の平均乗車人員}$$

乗用車の乗客は、バスの乗客に比べ一般的に時間価値が高いと思われるが、データの不足およびバスの乗客数と比較して人数が少ないことも考慮し、本分析では、乗用車とバスの乗客について時間価値に差を設定しなかった。

2) トリップ目的

「業務トリップ」および「非業務トリップ」の比率を、乗用車とバスについて、次のように設定した。(ここで、非業務トリップとは、通勤、通学、買物、社交、娯楽などを目的としたトリップを言う。)

乗用車については、交通需要予測結果で得られた「個人所有」、「機関所有」の形態別保有台数比率をベースに「個人」、「公有」別に業務トリップ比率を仮定し、将来の乗用車全体の業務トリップ比率を設定した。将来は、非業務トリップの比率は、高まるものと仮定した。

バスについては類似プロジェクト調査の情報および現地での路上実査などから、業務トリップの比率を表-4のように設定した。将来は、非業務トリップの比率が高まるものと仮定した。

表-4 業務トリップ比率の設定 (%)

分類	年次	1993	2000	2010	2020
乗用車	業務トリップ	90	70	50	30
	非業務トリップ	10	30	50	70
	合計	100	100	100	100
バス	業務トリップ	60	50	40	30
	非業務トリップ	40	50	60	70
	合計	100	100	100	100

出典：調査団推定

3) トリップ目的による係数

係数として、業務トリップには 1.0、非業務トリップには、1/3 (0.33) を与えた。従って、加重平均後の係数は、表-5のように示される。

表-5 加重平均後トリップ係数 (%)

項目 \ 年次	1993	2000	2010	2020
加重平均後係数 (乗用車)	93	80	67	53
加重平均後係数 (バス)	73	67	60	53

出典：調査団推定

4) 平均乗車人員

1992年OD調査、および路上観察などに基づき、平均乗車人員を次のように設定した。乗用車に関しては、将来の保有車両率増を考慮すれば平均乗車人員は逓減することが予測される。本分析では、乗用車の平均乗車人員が2020年時点で2.5人/台にまで逓減するものとした。バスは、将来にわたっても一定とした。

表-6 平均乗車人員 (人)

\ 年次	1993	2000	2010	2020
乗用車	4.0	3.0	2.5	2.5
小型バス	15.0	15.0	15.0	15.0
大型バス	30.0	30.0	30.0	30.0

出典：調査団推定

5) 単位時間価値

以上の分析結果として、乗用系車種の単位時間価値は、次の表のように推定した。

表-7 乗用系車種の単位時間価値 (元/時)

\ 年次	1993	2000	2010	2020
乗用車	11.0	17.3	28.7	35.6
小型バス	34.7	72.3	154.2	213.7
大型バス	69.4	144.5	308.3	427.4

出典：調査団推定

2. 貨物車の時間価値

(1) 概説

貨物車の運転手のコストは、車両走行費用に含めることとし、貨物車の時間価値としては、輸送貨物の資本費用を対象とした。貨物車の時間価値は、次の算定式に依った。

$$\text{輸送貨物の平均価格} \times \text{平均積載量 (トン)} \times \text{社会的割引率} \times 1 / (365 \times 16)$$

(2) 積載貨物のトンあたり単価

輸送貨物の平均価格は、1992年OD調査結果における品目別構成比を基に、カウンターパートからの情報および「福建経済年鑑」などから各品目の価格を推定し、最終的に1993年年央値としてトンあたり加重平均価格を推定した。(表-8参照)

平均積載量(トン)は、1992年OD調査結果を参考に、小型トラック2.5トン、大型トラック5.0トンと設定した。

表-8 輸送貨物平均価格の推定

貨物品目	構成比(%)	その他を除く 構成比(%)	設定価格 元/ton	加重平均 元/ton
石炭	4.5	8.7	71	6.2
石油	4.0	7.7	2,400	184.8
金属鉱石	2.6	5.0	1,300	65.0
鋼鉄	6.3	12.2	5,200	634.4
鉱物建材	12.7	24.6	125	30.8
セメント	3.5	6.8	620	42.2
木材	2.5	4.8	1,330	63.8
非金属鉱石	3.9	7.6	120	9.1
化学肥料・農薬	3.5	6.8	12,059	820.0
塩	0.7	1.4	1,600	22.4
穀物	7.4	14.4	1,034	148.9
その他	48.4	-	-	-
合計	100.0	-	-	-
その他を除く合計		100.0	-	2,027.6

出典：調査団推定

資料：品目構成比=1992年OD調査結果

品目別価格=カウンターパート情報、及び「福建経済年鑑1992」

(注) 加重平均価格の計算にあたっては「その他」を除く構成比において単価を乗算したものに基づいた。

(3) 貨物車の単位時間価値

貨物車の単位時間価値の推定結果は、表-9に示す。輸送貨物の平均価格は、今後年平均7.0%の上昇率を示すと仮定した。

表-9 貨物車単位時間価値の推定

	小型トラック	大型トラック
輸送貨物の平均価格(元/トン)	2,028	2,028
平均積載貨物量(トン/台)	2.5	5.0
社会割引率(%)	12	12
貨物車の時間価値(元/台・時) (1993年年央)	0.10	0.21
輸送貨物平均価値の将来増加率	7%	7%
貨物車の時間価値(元/台・時)		
1995年	0.12	0.24
2000年	0.17	0.33
2010年	0.33	0.66
2020年	0.65	1.29

出典：調査団推定

3. 統合車種別単位時間価値の推定

前節では、5車種別での車種別単位時間価値を推定したが、ここでは車種構成比を設定する事により「乗用車系」及び「貨物車系」の2車種ベースの統合車種別単位時間価値を推定する。

乗用車系(乗用車、小型バス及び大型バス)及び貨物車系(小型トラック及び大型トラック)の将来の車種構成比は、1993年厦門大橋での交通量観測値に基づいて設定した。前項、1及び2において推定した5車種ベース車種別単位時間価値と設定車種構成比(表-3参照)とから加重平均として統合車種別単位時間価値を求めた。(推定結果は表-10を参照)

表-10 統合車種別単位時間価値の推定

(1) 車種別単位時間価値

	車種別単位時間価値(元/時)			
	1993年	2000年	2010年	2020年
(乗用車系)				
乗用車	11.00	17.30	28.70	35.60
小型バス	34.70	72.30	154.20	213.70
大型バス	69.40	144.50	308.30	427.40
(貨物車系)				
小型トラック	0.10	0.17	0.33	0.65
大型トラック	0.21	0.33	0.66	1.29

出典：調査団推定値

(2) 統合単位時間価値の推定

	1993年	2000年	2010年	2020年
乗用車系	22.70	38.27	69.21	92.59
貨物車系	0.16	0.27	0.56	1.10

出典：調査団推定

付属資料－15 経済便益の算定

経済便益の算定

(1) 2000年

(a) 走行費用節減便益

	走行台キロ(1,000台Km/日)			単位走行費用 (元/1,000Km)	走行費用節減便益	
	WITHOUT (a)	WITH (b)	WITHOUT - WITH (c)=(a)-(b)		(元/日) (e)=(c)x(d)	(1,000元/年) (f)=(e)x365
乗用車系	824	736	88	890	78,320	28,587
貨物車系	515	470	45	1,838	82,710	30,189
(計)	1,339	1,206	133		161,030	58,776

(b) 時間費用節減便益

	走行台時(台時/日)			単位時間価値 (元/時)	時間費用節減便益	
	WITHOUT (a)	WITH (b)	WITHOUT - WITH (c)=(a)-(b)		(元/日) (e)=(c)x(d)	(1,000元/年) (f)=(e)x365
乗用車系	13,374	10,611	2,763	38.27	105,740	38,595
貨物車系	7,426	6,175	1,251	0.27	338	123
(計)	20,800	16,786	4,014		106,078	38,718

(2) 2010年

(a) 走行費用節減便益

	走行台キロ(1,000台Km/日)			単位走行費用 (元/1,000Km)	走行費用節減便益	
	WITHOUT (a)	WITH (b)	WITHOUT - WITH (c)=(a)-(b)		(元/日) (e)=(c)x(d)	(1,000元/年) (f)=(e)x365
乗用車系	1,765	1,530	235	867	203,745	74,367
貨物車系	1,005	858	147	1,911	280,917	102,535
(計)	2,770	2,388	382		484,662	176,902

(b) 時間費用節減便益

	走行台時(台時/日)			単位時間価値 (元/時)	時間費用節減便益	
	WITHOUT (a)	WITH (b)	WITHOUT - WITH (c)=(a)-(b)		(元/日) (e)=(c)x(d)	(1,000元/年) (f)=(e)x365
乗用車系	34,517	24,376	10,141	69.21	701,859	256,179
貨物車系	16,906	12,038	4,868	0.56	2,726	995
(計)	51,423	36,414	15,009		704,585	257,174

経済便益の算定 (続き)

(3) 2020年 (1) (「西通道有り」および「東通道無し」のケース)

(a) 走行費用節減便益

	走行台キロ(1,000台Km/日)			単位走行費用 (元/1,000Km) (d)	走行費用節減便益	
	WITHOUT (a)	WITH (WITH-1) (b)	WITHOUT - WITH (c)=(a)-(b)		(元/日) (e)=(c)x(d)	(1,000元/年) (f)=(e)x365
乗用車系	4,675	3,933	742	867	643,314	234,810
貨物車系	1,858	1,472	386	1,911	737,646	269,241
(計)	6,533	5,405	1,128		1,380,960	504,051

(b) 時間費用節減便益

	走行台時(1,000台時/日)			単位時間価値 (元/時) (d)	時間費用節減便益	
	WITHOUT (a)	WITH (WITH-1) (b)	WITHOUT - WITH (c)=(a)-(b)		(元/日) (e)=(c)x(d)	(1,000元/年) (f)=(e)x365
乗用車系	352	109	243	92.59	22,499,370	8,212,270
貨物車系	108	33	75	1.10	82,500	30,113
(計)	460	142	318		22,581,870	8,242,383

(4) 2020年 (2) (「西通道有り」および「東通道有り」のケース)

(a) 走行費用節減便益

	走行台キロ(1,000台Km/日)			単位走行費用 (元/1,000Km) (d)	走行費用節減便益	
	WITHOUT (a)	WITH (WITH-1) (b)	WITHOUT - WITH (c)=(a)-(b)		(元/日) (e)=(c)x(d)	(1,000元/年) (f)=(e)x365
乗用車系	4,675	3,414	1,261	867	1,093,287	399,050
貨物車系	1,858	1,268	590	1,911	1,127,490	411,534
(計)	6,533	4,682	1,851		2,220,777	810,584

(b) 時間費用節減便益

	走行台時(1,000台時/日)			単位時間価値 (元/時) (d)	時間費用節減便益	
	WITHOUT (a)	WITH (WITH-1) (b)	WITHOUT - WITH (c)=(a)-(b)		(元/日) (e)=(c)x(d)	(1,000元/年) (f)=(e)x365
乗用車系	352	90	262	92.59	24,258,580	8,854,382
貨物車系	108	31	77	1.10	84,700	30,916
(計)	460	121	339		24,343,280	8,885,298

付属資料一 1 6 事業費（財務価格及び経済価格）

事業費（財務価格および経済価格）

(1) 財務価格事業費

	数量 (ha)	単価 (万円 /ha)	内貨			外貨			合計
			人件費	材料費 損料	税金	人件費	材料費 損料	税金	
直接工事費計			7,035	17,489	3,451	27,975	0	56,310	84,285
施工管理費等			6,190	6,694	678	13,562	0	0	13,562
施工技術費			440	2,348	147	2,935	0	0	2,935
施工企業利潤			587	3,327	0	3,914	0	0	3,914
諸税			0	0	3,367	3,367	0	0	3,367
用地取得 (海滄地区側)	(29.106)	(133.8)		(3,894)		(3,894)			
(厦門島側)	(0.000)			(0)		(0)			
(計)	29.106			3,894		3,894			3,894
家屋移転費・補償費 管理費等			0	23,720	0	23,720	0	0	23,720
(小計)			5,216	683	310	6,209	2,596	4,111	10,320
			12,433	40,666	4,502	57,601	2,596	4,111	61,712
予備費1 (資機材増)			1,997	5,609	951	8,557	260	6,042	14,599
予備費2 (価格増)			9,962	15,557	2,266	27,785	1,295	7,003	34,788
(小計)			11,959	21,166	3,217	36,342	1,555	13,045	49,387
(事業費総額)			31,427	79,321	11,170	121,918	4,151	73,466	195,384

事業費（財務価格および経済価格）

（続き）

（2）経済価格事業費

	数量 (ha)	単価 (万円 /ha)	内貨				外貨				合計	
			内貨計		外貨計		内貨計		外貨計			
			人件費	材料費 損料	税金		人件費	材料費 損料	税金			
（設定変換係数）			1.10	0.97	0.00		1.00	1.00	0.00			
直接工事費計			7,739	16,964	0	24,703	0	56,310	0	81,013		
施工管理費等			6,809	6,493	0	13,302	0	0	0	13,302		
施工技術費			484	2,278	0	2,762	0	0	0	2,762		
施工企業利潤			646	3,227	0	3,873	0	0	0	3,873		
諸税			0	0	0	0	0	0	0	0		
用地取得												
（海滄地区側）	(29.106)	(5.5)		(160)		(160)						
（厦門島側）	(10.228)	(250.0)		(2,557)		(2,557)						
（計）	39.334		0	2,717	0	2,717	0	0	0	2,717		
家屋移転費・補償費			0	23,720	0	23,720	0	0	0	23,720		
管理費等			5,738	663	0	6,401	2,596	1,515	0	10,512		
（小計）			13,677	39,098	0	52,775	2,596	1,515	0	56,886		
予備費 1（資機材増）			2,197	5,441	0	7,638	260	5,782	0	13,680		
予備費 2（価格増）			0	0	0	0	0	0	0	0		
（小計）			2,197	5,441	0	7,638	260	5,782	0	13,680		
（事業費総額）			23,613	61,503	0	85,116	2,856	63,607	0	151,579		

（注）家屋移転費・補償費の変換係数は1.0と設定した。

労働コストのコンバージョン・ファクターの推定

(a) 年間当り住宅費補助額の推定 (廈門市)

1.	1991年廈門市民1人当り平均居住面積 (m ²)	9.66
2.	1991年平均各戸人口数 (人)	3.33
3.	平均各戸居住面積 (m ²)	1 x 2 = 32.20
4.	1991年住宅平均建造費 (元/m ²)	419
5.	1戸当り住宅平均建造費 (元/戸)	3 x 4 = 13,492
6.	設定耐用年数 (年)	50
7.	年間当り住宅建造費	5 / 6 = 270
8.	金利分含む年間当り住宅建造費 (元/年) (年利6%として元利均等償還)	856
9.	設定補助対象率係数	0.50
10.	係数補正後年間当りの住宅建造費 (元/年)	428

(b) 年間当り食糧に対する社会補助の推定

11.	政府価格補助金の財政支出 (億元、1991年)	373.77
12.	総人口 (百万人、1991年)	1,158
13.	1人当り政府補助金 (元、1991年)	32
14.	人口1人に対する労働者数 (人)	0.504
15.	労働者1人に対する補助額 (元)	13 / 14 = 63

(c) 推定住宅・食糧補助と平均賃金との比

16.	推定住宅・食糧補助額	10 + 15 = 491
17.	廈門市労働者平均賃金 (元、1991年)	3,612
18.	住宅・食糧補助と平均賃金の比	16 / 17 = 0.136
19.	労働コストに対するコンバージョン・ファクター	1.1

出典：調査団推定

資料：廈門統計年鑑1992年、中国統計年鑑1992年

海滄地区側用地の経済価格の推定

1. 廈門市地域での野菜類生産額	
商品生産額 (万元)	5, 191
商品率 (%)	93.2
総生産額 (万元)	5, 570
2. 廈門市地域での野菜類生産面積 (畝)	92, 069
3. 廈門市地域での野菜類土地生産性 (元/畝、1991年)	605
4. 生産性伸び率 (1991-1993年、2%/年と仮定)	1.0404
5. 廈門市地域での野菜類土地生産性 (元/畝、1993年)	629
6. 生産コスト (生産高の30%仮定、元/畝)	189
7. 土地の年間純収益性 (元/畝)	440
8. 土地の純収益の現在価値 (土地の経済価格、割引率12%)	
(元/畝) 440 / 0.12	3, 670
(元/Ha) 3670 x 15	55, 050
(元/m ²)	5.51

出典：調査団推定

資料：廈門統計年鑑、1992年における農業商品生産額及び農作物作付面積

注：海滄地区の路線予定地では野菜栽培が行われていると仮定。

廈門島側用地の経済価格の推定

1. 工業企業推定土地生産性 (元/m ² 、1992年値)	1, 146
2. 土地生産性の伸び (1992-93年、5%仮定)	1.05
3. 工業企業推定土地生産性 (元/m ² 、1993年値)	1, 203
4. 推定工業企業利益率 (%)	10
5. 土地収益性 (元/m ²)	120
6. 住宅・公共用地を考慮した補正係数	0.25
7. 補正後土地収益性 (元/m ²)	30
8. 土地収益性の現在価値 (元/m ² 、割引率12%)	250

出典：調査団推定

注1：土地生産性は”湖里区企業アンケート調査”から小・中規模の工業企業を選び推定（ハイテク企業除く）。

注2：工業企業利益率は”廈門統計年鑑1992年”から推定（工業企業主要経済指標）。

付属資料－ 1 7 維持管理費（財務価格及び経済価格）

維持管理費（財務価格および経済価格）

(万元)

年次	財務価格			維持管理費 経済価格	
	維持管理費 ('93年価格)	設定 上昇率	(上昇後)	維持管理費 ('93年価格)	経済価格 変換係数： 0.96
1993			1.0000		
1994		12.0%	1.1200		
1995		12.0%	1.2544		
1996		12.0%	1.4049		
1997		12.0%	1.5735		
1998		12.0%	1.7623		
1999	514	12.0%	1.9738	1,015	493
2000	514	12.0%	2.2107	1,136	493
2001	933	9.0%	2.4096	2,248	896
2002	514	9.0%	2.6265	1,350	493
2003	514	9.0%	2.8629	1,472	493
2004	933	9.0%	3.1206	2,911	896
2005	672	9.0%	3.4014	2,286	645
2006	514	9.0%	3.7075	1,906	493
2007	933	9.0%	4.0412	3,770	896
2008	514	9.0%	4.4049	2,264	493
2009	514	9.0%	4.8014	2,468	493
2010	933	9.0%	5.2335	4,883	896
2011	514	4.0%	5.4428	2,798	493
2012	1,091	4.0%	5.6605	6,176	1,047
2013	514	4.0%	5.8870	3,026	493
2014	933	4.0%	6.1224	5,712	896
2015	514	4.0%	6.3673	3,273	493
2016	933	4.0%	6.6220	6,178	896
2017	514	4.0%	6.8869	3,540	493
2018	933	4.0%	7.1624	6,683	896
2019	672	4.0%	7.4489	5,006	645
2020	933	4.0%	7.7468	7,228	896
2021	514	0.0%	7.7468	3,982	493
2022	933	0.0%	7.7468	7,228	896
2023	514	0.0%	7.7468	3,982	493

付属資料－1.8 財務評価指標の概説

財務評価指標の概説

(1) 財務内部収益率 (FIRR)

財務内部収益率は、料金収入の現在価値累計と費用の現在価値累計とを等しくさせる割引率であり、次式によって示される。

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+R)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+R)^t} = 0$$

ここで、 B_t : t 年における料金収入額
 C_t : t 年における費用額
 R : 内部収益率
 n : 計算期間

(2) 黒字転換年 (利払後利益、減価償却後利益、累積減価償却後利益)

損益計算書上で、利益を計上し得るようになる年次を示す。

(3) 黒字転換年 (資金繰)

資金繰表上で、資金余剰がプラスに転化する年次を示す。同時に、これは短期借入金の借り入れが終了する年次を意味する。

(4) 短期借入金の年間最大借入額

資金繰表上で、年々短期借入金を借り入れていくなかで、借入が最大額を示す年次の金額を意味する。

(5) 短期借入金の最大額借入年

上記において、短期借入金の借入が最大額を示す年次を示す。

付屬資料－19 現行廈門大橋料金体系

現行の厦門大橋料金体系

乗用車 (含バス)	乗車容量 (人)	料金 (元)
	人 ≤ 10	5
	10 < 人 ≤ 19	10
	20 \leq 人 < 30	15
	30 \leq 人 ≤ 40	25
	40 < 人	40
貨物車	積載容量 (トン)	料金 (元)
	トン ≤ 1	5
	1 < トン ≤ 2	10
	2 < トン < 4	15
	4 \leq トン ≤ 5	20
	5 < トン ≤ 8	30
	8 < トン ≤ 15	40
	15 < トン	60
	特殊車	60

付属資料-20 西通道料金体系(5車種ベース)の算定

西通道料金体系表（5車種ベース）の算定

(2) 車種別料金

基準 年次	乗用車	小型バス	大型バス	小型 トラック	大型 トラック
1993	5.00	12.50	32.50	12.50	30.00

(元)

(1) 料金上昇率 (全車種共通)	
1993-1994	12.0%
1994-1995	12.0%
1995-1996	12.0%
1996-1997	12.0%
1997-1998	12.0%
1998-1999	12.0%
1999-2000	12.0%
2000-2001	9.0%
2001-2002	9.0%
2002-2003	9.0%
2003-2004	9.0%
2004-2005	9.0%
2005-2006	9.0%
2006-2007	9.0%
2007-2008	9.0%
2008-2009	9.0%
2009-2010	9.0%
2010-2011	4.0%
2011-2012	4.0%
2012-2013	4.0%
2013-2014	4.0%
2014-2015	4.0%
2015-2016	4.0%
2016-2017	4.0%
2017-2018	4.0%
2018-2019	4.0%
2019-2020	4.0%

年次	乗用車	小型バス	大型バス	小型 トラック	大型 トラック
1994	6.00	14.00	36.00	14.00	34.00
1995	6.00	16.00	41.00	16.00	38.00
1996	7.00	18.00	46.00	18.00	42.00
1997	8.00	20.00	51.00	20.00	47.00
1998	9.00	22.00	57.00	22.00	53.00
1999	10.00	25.00	64.00	25.00	59.00
2000	10.00	25.00	64.00	25.00	59.00
2001	10.00	25.00	64.00	25.00	59.00
2002	10.00	25.00	64.00	25.00	59.00
2003	10.00	25.00	64.00	25.00	59.00
2004	10.00	25.00	64.00	25.00	59.00
2005	17.00	43.00	111.00	43.00	102.00
2006	17.00	43.00	111.00	43.00	102.00
2007	17.00	43.00	111.00	43.00	102.00
2008	17.00	43.00	111.00	43.00	102.00
2009	17.00	43.00	111.00	43.00	102.00
2010	26.00	65.00	170.00	65.00	157.00
2011	26.00	65.00	170.00	65.00	157.00
2012	26.00	65.00	170.00	65.00	157.00
2013	26.00	65.00	170.00	65.00	157.00
2014	26.00	65.00	170.00	65.00	157.00
2015	32.00	80.00	207.00	80.00	191.00
2016	32.00	80.00	207.00	80.00	191.00
2017	32.00	80.00	207.00	80.00	191.00
2018	32.00	80.00	207.00	80.00	191.00
2019	32.00	80.00	207.00	80.00	191.00
2020	39.00	97.00	252.00	97.00	232.00

付属資料－ 2 1 西通道料金収入の算定

西通道料金収入の算定

(1) 西通道利用交通量 (台/両方向/日)		
年	乗用車系	貨物車系
2000	8,438	3,466
2010	16,898	7,630
2020	62,690	21,734

(2) 西通道利用交通量 (台/片方向/日)		
年	乗用車系	貨物車系
2000	4,219	1,733
2010	8,449	3,815
2020	31,345	10,867

年平均成長率		
年	乗用車系	貨物車系
2000		8.21%
-2010	7.19%	
2010		11.04%
-2020	14.01%	

年	(3) 年次別交通量 (台/片方向/日)		(4) 年次別料金 (元/台)		(5) 料金収入 (1,000円/日)			(万円/年) 計
	乗用車系	貨物車系	乗用車系	貨物車系	乗用車系	貨物車系	計	
	1999	3,936	1,602	17.7	45.4	69.7	72.7	
2000	4,219	1,733	17.7	45.4	74.7	78.7	153.4	5,599
2001	4,522	1,875	17.7	45.4	80.0	85.1	165.1	6,026
2002	4,848	2,029	17.7	45.4	85.8	92.1	177.9	6,493
2003	5,196	2,196	17.7	45.4	92.0	99.7	191.7	6,997
2004	5,570	2,376	17.7	45.4	98.6	107.9	206.5	7,537
2005	5,970	2,571	30.3	78.4	180.9	201.6	382.5	13,961
2006	6,400	2,782	30.3	78.4	193.9	218.1	412.0	15,038
2007	6,860	3,011	30.3	78.4	207.9	236.1	444.0	16,206
2008	7,353	3,258	30.3	78.4	222.8	255.4	478.2	17,454
2009	7,882	3,526	30.3	78.4	238.8	276.4	515.2	18,805
2010	8,449	3,815	44.3	129.4	374.3	493.7	868.0	31,682
2011	9,633	4,236	44.3	129.4	426.7	548.1	974.8	35,580
2012	10,982	4,703	44.3	129.4	486.5	608.6	1,095.1	39,971
2013	12,520	5,223	44.3	129.4	554.6	675.9	1,230.5	44,913
2014	14,274	5,799	44.3	129.4	632.3	750.4	1,382.7	50,469
2015	16,274	6,439	54.3	157.7	883.7	1,015.4	1,899.1	69,317
2016	18,553	7,149	54.3	157.7	1,007.4	1,127.4	2,134.8	77,920
2017	21,152	7,938	54.3	157.7	1,148.6	1,251.8	2,400.4	87,615
2018	24,115	8,814	54.3	157.7	1,309.4	1,390.0	2,699.4	98,528
2019	27,494	9,787	54.3	157.7	1,492.9	1,543.4	3,036.3	110,825
2020	31,345	10,867	66.1	191.5	2,071.9	2,081.0	4,152.9	151,581
2021	31,345	10,867	66.1	191.5	2,071.9	2,081.0	4,152.9	151,581
2022	31,345	10,867	66.1	191.5	2,071.9	2,081.0	4,152.9	151,581
2023	31,345	10,867	66.1	191.5	2,071.9	2,081.0	4,152.9	151,581

付属資料－２２ 財務便益・費用キャッシュ・フロー

財務便益・費用キャッシュ・フロー
(財務内部収益率)

財務内部収益率： 9.9%

(万円)

年	収入	費用			ネット・ キャッシュ ・フロー
		投資	維持管理	計	
1 1994		3,539		3,539	-3,539
2 1995		37,154		37,154	-37,154
3 1996		66,920		66,920	-66,920
4 1997		45,235		45,235	-45,235
5 1998		42,536		42,536	-42,536
6 1999	5,198		1,015	1,015	4,183
7 2000	5,599		1,136	1,136	4,463
8 2001	6,026		2,248	2,248	3,778
9 2002	6,493		1,350	1,350	5,143
10 2003	6,997		1,472	1,472	5,525
11 2004	7,537		2,911	2,911	4,626
12 2005	13,961		2,286	2,286	11,675
13 2006	15,038		1,906	1,906	13,132
14 2007	16,206		3,770	3,770	12,436
15 2008	17,454		2,264	2,264	15,190
16 2009	18,805		2,468	2,468	16,337
17 2010	31,682		4,883	4,883	26,799
18 2011	35,580		2,798	2,798	32,782
19 2012	39,971		6,176	6,176	33,795
20 2013	44,913		3,026	3,026	41,887
21 2014	50,469		5,712	5,712	44,757
22 2015	69,317		3,273	3,273	66,044
23 2016	77,920		6,178	6,178	71,742
24 2017	87,615		3,540	3,540	84,075
25 2018	98,528		6,683	6,683	91,845
26 2019	110,825		5,006	5,006	105,819
27 2020	151,581		7,228	7,228	144,353
28 2021	151,581		3,982	3,982	147,599
29 2022	151,581		7,228	7,228	144,353
30 2023	151,581		3,982	3,982	147,599
投資合計 (初期投資のみ)		195,384		195,384	
投資合計		195,384	92,521	287,905	

付属資料－23 借入金資金線表

借入金資金繰表

ケース：1

(1) 中国国内銀行

据置期間	5
返済期間	8
年利率	14.0%

(万元)

年次	期首残高	借入	借入後残高	元本返済	期末残高	利息
1 1994	0	0	0	0	0	0
2 1995	0	15,693	15,693	0	15,693	1,099
3 1996	15,693	13,640	29,333	0	29,333	3,152
4 1997	29,333	351	29,684	0	29,684	4,131
5 1998	29,684	0	29,684	0	29,684	4,156
6 1999	29,684		29,684	0	29,684	4,156
7 2000	29,684		29,684	1,962	27,722	4,018
8 2001	27,722		27,722	3,667	24,055	3,624
9 2002	24,055		24,055	3,711	20,344	3,108
10 2003	20,344		20,344	3,711	16,633	2,588
11 2004	16,633		16,633	3,711	12,922	2,069
12 2005	12,922		12,922	3,711	9,211	1,549
13 2006	9,211		9,211	3,711	5,500	1,030
14 2007	5,500		5,500	3,711	1,789	510
15 2008	1,789		1,789	1,749	40	128
16 2009	40		40	44	-4	3
17 2010	-4		-4	-4	0	0
18 2011	0		0	0	0	0
19 2012	0		0	0	0	0
20 2013	0		0	0	0	0
21 2014	0		0	0	0	0
22 2015	0		0	0	0	0
23 2016	0		0	0	0	0
24 2017	0		0	0	0	0
25 2018	0		0	0	0	0
26 2019	0		0	0	0	0
27 2020	0		0	0	0	0
28 2021	0		0	0	0	0
29 2022	0		0	0	0	0
30 2023	0		0	0	0	0

借入金資金繰表 (続き)

ケース：1

(2) 海外借入金-1
(2 国間援助)

据置期間	10
返済期間	15
年利率	3.0%

(万円)

年次	期首残高	借入	借入後残高	元本返済	期末残高	利息	
1	1994	0	0	0	0	0	
2	1995	0	0	0	0	0	
3	1996	0	29,141	29,141	0	29,141	431
4	1997	29,141	22,730	51,871	0	51,871	1,197
5	1998	51,871	23,411	75,282	0	75,282	1,879
6	1999	75,282		75,282	0	75,282	2,258
7	2000	75,282		75,282	0	75,282	2,258
8	2001	75,282		75,282	0	75,282	2,258
9	2002	75,282		75,282	0	75,282	2,258
10	2003	75,282		75,282	0	75,282	2,258
11	2004	75,282		75,282	0	75,282	2,258
12	2005	75,282		75,282	0	75,282	2,258
13	2006	75,282		75,282	1,943	73,339	2,229
14	2007	73,339		73,339	3,459	69,880	2,147
15	2008	69,880		69,880	5,019	64,861	2,018
16	2009	64,861		64,861	5,019	59,842	1,867
17	2010	59,842		59,842	5,019	54,823	1,716
18	2011	54,823		54,823	5,019	49,804	1,566
19	2012	49,804		49,804	5,019	44,785	1,416
20	2013	44,785		44,785	5,019	39,766	1,265
21	2014	39,766		39,766	5,019	34,747	1,114
22	2015	34,747		34,747	5,019	29,728	963
23	2016	29,728		29,728	5,019	24,709	813
24	2017	24,709		24,709	5,019	19,690	663
25	2018	19,690		19,690	5,019	14,671	512
26	2019	14,671		14,671	5,019	9,652	362
27	2020	9,652		9,652	5,015	4,637	211
28	2021	4,637		4,637	3,073	1,564	90
29	2022	1,564		1,564	1,564	0	22
30	2023	0		0	0	0	0

(注) (3) 海外借入金-2 (国際開発金融機関) の表のページは省略

借入金資金繰表 (続き)

ケース：1

(4) 海外借入金-3
(海外民間金融機関)

据置期間	5
返済期間	8
年利率	6.0%

(万元)

年次	期首残高	借入	借入後残高	元本返済	期末残高	利息	
1	1994	0	0	0	0	0	
2	1995	0	0	0	0	0	
3	1996	0	9,570	9,570	0	9,570	287
4	1997	9,570	8,351	17,921	0	17,921	825
5	1998	17,921	6,004	23,925	0	23,925	1,255
6	1999	23,925		23,925	0	23,925	1,436
7	2000	23,925		23,925	0	23,925	1,436
8	2001	23,925		23,925	1,196	22,729	1,400
9	2002	22,729		22,729	2,240	20,489	1,297
10	2003	20,489		20,489	2,991	17,498	1,140
11	2004	17,498		17,498	2,991	14,507	960
12	2005	14,507		14,507	2,991	11,516	781
13	2006	11,516		11,516	2,991	8,525	601
14	2007	8,525		8,525	2,991	5,534	422
15	2008	5,534		5,534	2,991	2,543	242
16	2009	2,543		2,543	1,794	749	99
17	2010	749		749	749	0	22
18	2011	0		0	0	0	0
19	2012	0		0	0	0	0
20	2013	0		0	0	0	0
21	2014	0		0	0	0	0
22	2015	0		0	0	0	0
23	2016	0		0	0	0	0
24	2017	0		0	0	0	0
25	2018	0		0	0	0	0
26	2019	0		0	0	0	0
27	2020	0		0	0	0	0
28	2021	0		0	0	0	0
29	2022	0		0	0	0	0
30	2023	0		0	0	0	0

借入金資金繰表 (続き)

ケース：1

(5) 合計

据置期間	
返済期間	
年利率	

(万円)

年次	期首残高	借入	借入後残高	元本返済	期末残高	利息	
1	1994	0	0	0	0	0	
2	1995	0	15,693	15,693	0	15,693	1,099
3	1996	15,693	52,351	68,044	0	68,044	3,870
4	1997	68,044	31,432	99,476	0	99,476	6,153
5	1998	99,476	29,415	128,891	0	128,891	7,290
6	1999	128,891	0	128,891	0	128,891	7,850
7	2000	128,891	0	128,891	1,962	126,929	7,712
8	2001	126,929	0	126,929	4,863	122,066	7,282
9	2002	122,066	0	122,066	5,951	116,115	6,663
10	2003	116,115	0	116,115	6,702	109,413	5,986
11	2004	109,413	0	109,413	6,702	102,711	5,287
12	2005	102,711	0	102,711	6,702	96,009	4,588
13	2006	96,009	0	96,009	8,645	87,364	3,860
14	2007	87,364	0	87,364	10,161	77,203	3,079
15	2008	77,203	0	77,203	9,759	67,444	2,388
16	2009	67,444	0	67,444	6,857	60,587	1,969
17	2010	60,587	0	60,587	5,764	54,823	1,738
18	2011	54,823	0	54,823	5,019	49,804	1,566
19	2012	49,804	0	49,804	5,019	44,785	1,416
20	2013	44,785	0	44,785	5,019	39,766	1,265
21	2014	39,766	0	39,766	5,019	34,747	1,114
22	2015	34,747	0	34,747	5,019	29,728	963
23	2016	29,728	0	29,728	5,019	24,709	813
24	2017	24,709	0	24,709	5,019	19,690	663
25	2018	19,690	0	19,690	5,019	14,671	512
26	2019	14,671	0	14,671	5,019	9,652	362
27	2020	9,652	0	9,652	5,015	4,637	211
28	2021	4,637	0	4,637	3,073	1,564	90
29	2022	1,564	0	1,564	1,564	0	22
30	2023	0	0	0	0	0	0

付属資料－2.4 損益計算表

損益計算書

ケース：1

(万円)

年	収入	維持管理費	営業利益	支払利息 (長期)	支払利息 (短期) (10.0%)	利払後利益	減価償却 (利息)	償却後利益	償却後利益 累計
1994			0	0	0	0		0	0
1995			0	0	0	0		0	0
1996			0	0	110	-110		-110	-110
1997			0	0	465	-465		-465	-575
1998			0	0	1,007	-1,007		-1,007	-1,582
1999	5,198	1,015	4,183	7,850	1,649	-5,316	3,908	-9,960	-11,542
2000	5,599	1,136	4,463	7,712	1,180	-4,429	3,908	-9,073	-20,615
2001	6,026	2,248	3,778	7,282	819	-4,323	3,908	-8,967	-29,582
2002	6,493	1,350	5,143	6,663	738	-2,258	3,908	-6,902	-36,484
2003	6,997	1,472	5,525	5,986	559	-1,020	3,908	-5,664	-42,148
2004	7,537	2,911	4,626	5,287	331	-992	3,908	-5,636	-47,784
2005	13,961	2,286	11,675	4,588	1,101	5,986	3,908	1,342	-46,442
2006	15,038	1,906	13,132	3,860	1,172	8,100	3,908	3,456	-42,985
2007	16,206	3,770	12,436	3,079	1,227	8,130	3,908	3,486	-39,500
2008	17,454	2,264	15,190	2,388	1,430	11,372	3,908	6,728	-32,772
2009	18,805	2,468	16,337	1,969	1,268	13,100	3,908	8,456	-24,316
2010	31,682	4,883	26,799	1,738	644	24,417	3,908	19,773	-4,543
2011	35,580	2,798	32,782	1,566	0	31,216	3,908	26,572	22,030
2012	39,971	6,176	33,795	1,416	0	32,379	3,908	27,735	49,765
2013	44,913	3,026	41,887	1,265	0	40,622	3,908	35,978	85,743
2014	50,469	5,712	44,757	1,114	0	43,643	3,908	38,999	124,742
2015	69,317	3,273	66,044	963	0	65,081	3,908	60,437	185,179
2016	77,920	6,178	71,742	813	0	70,929	3,908	66,285	251,464
2017	87,615	3,540	84,075	663	0	83,412	3,908	78,768	330,232
2018	98,528	6,683	91,845	512	0	91,333	3,908	86,689	416,921
2019	110,825	5,006	105,819	362	0	105,457	3,908	100,813	517,735
2020	151,581	7,228	144,353	211	0	144,142	3,908	139,498	657,233
2021	151,581	3,982	147,599	90	0	147,509	3,908	142,865	800,098
2022	151,581	7,228	144,353	22	0	144,331	3,908	139,687	939,785
2023	151,581	3,982	147,599	0	0	147,599	3,908	142,943	1,082,728

付属資料-25 資金繰表(ケース1)

資金繰表

ケース：1

(万円)

年	資金源泉		資金用途		建設期間		借入返済		借入返済		源泉		ネット		累積 キャッシュ フロー
	支払後 利益	出資	借入金	合計	投資	中利息	(小計)	(長期)	(短期)	合計	マイナス 用途	借入 (短期)	キャッシュ フロー	キャッシュ フロー	
1994	0	3,539	0	3,539	3,539	0	3,539	0	0	3,539	0	0	0	0	0
1995	0	21,461	15,693	37,154	37,154	1,099	38,253	0	0	38,253	-1,099	1,099	0	0	0
1996	-110	15,000	52,351	67,241	66,920	3,870	70,790	1,099	0	71,889	-4,648	4,648	0	0	0
1997	-465	15,000	31,432	45,967	45,235	6,153	51,388	4,648	0	56,036	-10,069	10,069	0	0	0
1998	-1,007	15,000	29,415	43,408	42,536	7,290	49,826	0	0	59,895	-16,487	16,487	0	0	0
1999	-5,316	10,000		4,684			0	1,962	0	16,487	-11,803	11,803	0	0	0
2000	-4,429	10,000		5,571			0	4,863	0	11,803	-8,194	8,194	0	0	0
2001	-4,323	10,000		5,677			0	8,645	0	13,057	-7,380	7,380	0	0	0
2002	-2,258	10,000		7,742			0	5,951	0	13,331	-5,589	5,589	0	0	0
2003	-1,020	10,000		8,980			0	6,702	0	12,291	-3,311	3,311	0	0	0
2004	-992			-992			0	6,702	0	10,013	-11,005	11,005	0	0	0
2005	5,986			5,986			0	6,702	0	17,707	-11,721	11,721	0	0	0
2006	8,100			8,100			0	8,645	0	20,366	-12,265	12,265	0	0	0
2007	8,130			8,130			0	10,161	0	22,426	-14,297	14,297	0	0	0
2008	11,372			11,372			0	9,759	0	24,056	-12,684	12,684	0	0	0
2009	13,100			13,100			0	5,764	0	19,541	-6,441	6,441	0	0	0
2010	24,417			24,417			0	5,019	0	12,205	12,212	0	12,212	12,212	12,212
2011	31,216			31,216			0	5,019	0	5,019	26,197	0	26,197	38,410	38,410
2012	32,379			32,379			0	5,019	0	5,019	27,360	0	27,360	65,770	65,770
2013	40,622			40,622			0	5,019	0	5,019	35,603	0	35,603	101,373	101,373
2014	43,643			43,643			0	5,019	0	5,019	38,624	0	38,624	139,997	139,997
2015	65,081			65,081			0	5,019	0	5,019	60,062	0	60,062	200,059	200,059
2016	70,929			70,929			0	5,019	0	5,019	65,910	0	65,910	265,969	265,969
2017	83,412			83,412			0	5,019	0	5,019	78,393	0	78,393	344,362	344,362
2018	91,333			91,333			0	5,019	0	5,019	86,314	0	86,314	430,676	430,676
2019	105,457			105,457			0	5,019	0	5,019	100,438	0	100,438	531,115	531,115
2020	144,142			144,142			0	5,015	0	5,015	139,127	0	139,127	670,242	670,242
2021	147,509			147,509			0	3,073	0	3,073	144,436	0	144,436	814,678	814,678
2022	144,331			144,331			0	1,564	0	1,564	142,767	0	142,767	957,445	957,445
2023	147,599			147,599			-97,684	0	0	-97,684	245,283	0	245,283	1,202,728	1,202,728

付属資料－26 環境関係法令類

(1) 環境基準

環境基準は、「中国環境保護法」に基づき、大気質、水質、騒音、振動について基準値が設定されている。以下、各々の環境基準を示す。

1) 大気質

大気環境質量基準（GB 3095-82）を表-1に示した。この基準は経済発展に伴う大気環境質量の改善、住民の健康の保護を目的として、全域に適用されている。

このうち、一級基準は国家が定めた自然保護区、景勝地等に適用する。また、二級、三級基準は、当該人民政府が定めた地域区分に従って、適用する。

表-1 大気環境質量基準

汚染物名称	濃度上限値 mg/m ³			
	取值時間	一級基準	二級基準	三級基準
浮遊粒子状物質 (SPM)	日平均	0.15	0.30	0.50
	任意の1時間値	0.30	1.00	1.50
粉塵	日平均	0.05	0.15	0.25
	任意の1時間値	0.15	0.50	0.70
二酸化硫黄 (SO _x)	年日平均	0.02	0.06	0.10
	日平均	0.05	0.15	0.25
	任意の1時間値	0.15	0.50	0.70
窒素酸化物 (NO _x)	日平均	0.05	0.10	0.15
	任意の1時間値	0.10	0.15	0.30
一酸化炭素(CO)	日平均	4.00	4.00	6.00
	任意の1時間値	10.00	10.00	20.00
光化学オキシダント	1時間値平均	0.12	0.16	0.20

2) 地表面水質

地面水環境質量基準（GB 3838-88）を表-2に示した。この基準は、経済発展に伴う人の健康の保護、水資源の保全、生態系の保全、地面水質の改善等を目的とし、大型河川、河川、湖沼、ダムなどの地面水に適用されている。

I類基準は、水源や国家自然保護区に適用される。

II類基準は、生活飲用水として集中使用されている一級保護区、貴重な魚類の保護区、魚類の産卵場などで適用される。

表-2 地面水環境質量基準 (mg/l)

番号	項目	I 類	II 類	III 類	IV類	V 類
1	水温	人為的環境水温変化制限： 夏季の平均温度に対し、最大上昇 1℃まで 冬季の平均温度に対し、最大下降 2℃まで				
2	pH	6.5~8.5				6~9
3	硫酸塩(SO ₄ ⁻² 換算)	250以下	250	250	250	250
4	塩化物(Cl換算)	250以下	250	250	250	250
5	溶解性鉄	0.3以下	0.3	0.5	0.5	1.0
6	全マンガン(Mn)	0.1以下	0.1	0.1	0.5	1.0
7	全銅(Cu)	0.01以下	1.0 (漁0.01)	1.0 (漁0.01)	1.0	1.0
8	全亜鉛(Zn)	0.05	1.0 (漁0.1)	1.0 (漁0.1)	2.0	2.0
9	硝酸塩(N換算)	10以下	10	20	20	25
10	亜硝酸塩(N換算)	0.06	0.1	0.15	1.0	1.0
11	非イオンアンモニア	0.02	0.02	0.02	0.2	0.2
12	全窒素(T-N)	0.5	0.5	1	2	2
13	全リン(P換算)	0.02	0.1(タマ、 湖0.025)	0.1(タマ、 湖0.05)	0.2	0.2
14	高マンガン酸塩	2	4	6	8	10
15	溶存酸素(DO)	飽和率90%	6	5	3	2
16	化学的酸素要求量 (COD _{cr})	15以下	15以下	15	20	25
17	生物化学的酸素要求量 (BOD ₅)	3以下	3	4	6	10
18	フッ化物	1.0以下	1.0	1.0	1.5	1.5
19	全セレン(Se)	0.01以下	0.01	0.01	0.02	0.02
20	全ヒ素(As)	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
21	全水銀(Hg)	0.00005	0.00005	0.0001	0.001	0.001
22	全カドミウム(Cd)	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
23	クロム(六価)(Cr ⁶⁺)	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
24	全鉛(Pb)	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
25	全シアン化物	0.005	0.05(漁 0.005)	0.2(漁 0.005)	0.2	0.2
26	揮発フェノール	0.002	0.002	0.005	0.01	0.1
27	石油類(エーテル精製)	0.05	0.05	0.05	0.5	1.0
28	陰イオン表面活性剤	0.2以下	0.2	0.2	0.3	0.3
29	全大腸菌群(個/l)	—	—	10000	—	—
30	ベンゼン(μg/l)	0.0025	0.0025	0.0025	—	—

III 類基準は、生活飲用水として集中使用されている二級保護区、一般的魚類保護区、遊泳区に適用される。

IV類基準は、工場用水区及び飲用又は遊泳の対象とならない用水区に適用される。

V 類基準は、農業用水区及び一般景観のための水に適用される。

3) 海水

海水水質基準（GB 3097-82）を表-3 に示した。この基準は海水水質汚染の防止、人の健康の保護、海洋生物資源の保護、生態系の保全、海洋の合理的開発利用の保全などを目的としている。

第一類は海洋生物資源と人類の安全利用（食品加工・海水淡水化・漁業・水産養殖等の用水）及び海上自然保護区に適用される。

第二類は海水浴場、景勝地等に適用される。

第三類は一般工場用水、湾口水域の海洋開発区域に適用される。

表-3 海水水質基準

項目名称	第一類	第二類	第三類
浮遊物質（SS）	人為的造成による増加は10mg/lを越えないこと。	人為的造成による増加は50mg/lを越えないこと。	人為的造成による増加は150mg/lを越えないこと。
色、臭、味	海水及び海産物が色・臭・味を呈さないこと。		海水が色・臭・味を呈さないこと。
漂浮物質	水面に油膜・浮遊物がないこと。		水面に明らかな油膜・浮遊物がないこと。
pH	7.5~8.4	7.3~8.8	6.5~9.0
化学的酸素要求量（COD）	< 3mg/l	< 4mg/l	< 5mg/l
溶解酸素（DO）	任意時間で5mg/lより低くならないこと	任意時間で4mg/lより低くならないこと	任意時間で3mg/lより低くならないこと
水温	当地当時の水温から4℃を越えないこと。		
大腸菌群	10000個/lを越えないこと（食用貝類の養殖場水質は700個/lを越えないこと）。		
病原体	病原体を含む工場排水や生活排水などは消毒処理を行い、病原体を全て消さなければ、排出できない。		
底質	生物の着生の妨げとなる堆積物が、砂石等の表面にないこと		
有害物質	表-4を参照。		

表-4 海水中有害物質最高許容濃度

番号	項目名称	最高許容濃度 mg/l		
		第一類	第二類	第三類
1	水銀 (Hg)	0.0005	0.0010	0.0010
2	カドミウム (Cd)	0.005	0.010	0.010
3	鉛 (Pb)	0.05	0.10	0.10
4	全クロム (Cr)	0.10	0.50	0.50
5	ヒ素 (As)	0.05	0.10	0.10
6	銅 (Cu)	0.01	0.10	0.10
7	亜鉛 (Zn)	0.10	1.00	1.00
8	セレン (Se)	0.01	0.02	0.30
9	油類	0.05	0.10	0.50
10	シアン化物	0.02	0.10	0.50
11	硫化物	溶存酸素により計算する		
12	揮発性フェノール	0.005	0.010	0.050
13	有機塩化農薬	0.001	0.020	0.040
14	無機窒素	0.10	0.20	0.30
15	無機リン	0.015	0.030	0.045

4) 騒音

都市環境騒音基準 (GB 3096-82) を表-5 に示した。この基準は都市地域における環境騒音公害を規制することを目的として、都市地域に適用される。

第一類“特殊住宅区”は、特別に安静が必要な住宅区である。

第二類“住宅区、文教区”は、住民区と文教区である。

第三類“一類混合区”は、商業地区と住宅区の混合区である。

第四類“二類混合区”は、工業、商業、交通量の少ない住宅区の混合区である。

第五類“商業中心区”は、商業の集中する繁華街地区である。

第六類“工業集中区”は、都市地域内にある工業区である。

第七類“交通幹線道路側”は、交通量が100台/時を道路に面する地域であり、地域区分や時間区分は、当地の人民政府が地域特性を考慮して確定する。

表-5 都市環境騒音基準 (dB)

適用区域	昼間	夜間
特殊住宅区	45	35
住宅区、文教区	50	40
一類混合区	55	45
二類混合区、商業中心区	60	50
工場中心区	65	55
交通幹線道路側	70	55

5) 振動

都市区域の環境振動基準（GB10070-88）を表-6に示した。この基準は都市地域における環境振動を規制することを目的として、都市地域に適用される。

この基準によると、

“特殊住宅区”は、特別安定が必要な住宅区である。

“住宅区、文教区”は、住宅区と文教区である。

“混合区”は、商業地区と住宅区の混合区である。

“商業中心区”は、商業の集中する繁華街地区である。

“工業集中区”は、都市地域内にある工業区である。

“交通幹線道路側”は、交通量が100台/時を道路に面する地域である。

“鉄道幹線側”は、鉄道の外側から30m以内にある住宅区であり、地域区分や時間区分は、当地の人民政府が地域特性を考慮して確定する。

表-6 都市各類型区域鉛直（Z）方向振動基準（dB）

適用区域	昼間	夜間
特殊住宅区	65	65
住宅区、文教区	70	67
混合区、商業中心区	75	72
工場集中区	75	72
交通幹線道路側	75	72
鉄道幹線側	80	80

(2) 排出基準

工場など事業所から発生する公害については、「汚染物総合排出基準（GB8383-88）」が定められている。この基準は汚染源である工場の種類、対象物質ごとにそれぞれ設定されている。

一方、1989年に廈門市では上記の国家基準を踏まえた上で、大気汚染物と水汚染物について排出基準（上乘せ）を制定している。以下、廈門市における排出基準について述べる。

1) 廈門市大気汚染物排出基準

「廈門市大気汚染物排出基準（FDB/HJ2313-89）」は、基本的には一級基準と二級基準に分かれており、廈門島を中心とした都市地域を3種の類型に区分し、類型地域ごとに基準が適用されている。

類型指定地域は、廈門市の地理、気候、生態系、政治、経済及び大気汚染の程度等を考慮した上で設定されている。廈門市の大気汚染物に係る類型区分を図12-6-1に示した。

一類区は、「大気環境質量基準（GB 3095-82）」の二級基準を達成するため、排出基準の一級基準を適用する。

二類区は、「大気環境質量基準（GB 3095-82）」の二級基準を維持するため、その土地の状況により、排出基準の一級もしくは二級基準を適用する。

三類区は、「大気環境質量基準（GB 3095-82）」の二級基準を維持するため、排出基準の二級基準を適用する。

a. 二酸化硫黄（SO₂）

二酸化硫黄についてはp値規制が成されている。即ち、二酸化硫黄の排出基準は煙源高さから、次式によって求める。

$$q = p \times 10^{-3} H e^2$$

- ここで、q : 許容排出量 (kg/時)
 p : 排出指数係数 (表12-6-7参照)
 H e : 有効煙突高さ (m)

H e の計算方法は、中華人民共和国国家基準（GB 3840-83）参照。

表-7 p値区域規定

基準分級	適用類区			
	一類区	二類区		三類区
		非工業区	工業区	
二級 三級	6	13 16	16 19	46

b. 有害気体排出基準

有害物質については有害気体の種類と排出、工場及び煙突高さごとに基準が設定されている。有害気体排出基準を表-8に示した。

表-8 有害気体排出基準

有害物質名称	排出源	煙突高さ (m)	排 放 基 準				注
			排出量 kg/時		排出濃度 mg/Nm ³		
			一 級	二 級	一 級	二 級	
硫化水素 (H ₂ S)	化学工場	20	0.5	0.5	—	—	
		30	1.1	1.2	—	—	
	軽工場	40	1.9	2.1	—	—	
		50	3.0	3.3	—	—	
	石油工場	60	4.3	4.8	—	—	
塩素 (Cl)	化学工場	20	1.3	1.6	—	—	
		30	2.7	3.4	—	—	
	冶金	50	7.4	9.2	—	—	
塩化水素 (HCl)	所 有 源	20	0.6	0.8	—	—	
		30	1.5	1.8	—	—	
		50	4.0	5.0	—	—	
フッ物	化学工場	20	0.07	0.4	—	—	
		30	0.1	0.8	—	—	
		40	0.2	1.4	—	—	
	冶金	50	0.3	2.2	—	—	
		60	0.5	3.2	—	—	
アンモニア (NH ₃)	化学工場	20	3.2	4.0	—	—	
		30	6.4	8.0	—	—	
		40	11	14	—	—	
		50	18	22	—	—	
		60	26	32	—	—	
硫酸ダスト (硫酸換算)	化学工場	—	—	—	42 (20)	84 (40)	数値は再循環処理されたもの ()内数値はその外のもの
鉛 (Pb)	使用単位	15~20	—	—	0.5		
		30~40	—	—	1.5		
(ベンゼン, メチルベンゼン, ジメチルベンゼン)	所 有 源	≥15	—	—	40	80	噴霧に用いるもの

c. 顆粒状物質（煤塵及び粉塵）排出基準

火力発電所の排出基準は、煙突の高さから下記の式により許容排出量を求める。

$$q = p \times 10^{-3} \times H e^2 \text{ (Nm}^3\text{/時)}$$

式中の q , p , $H e$ は、二酸化硫黄の排出基準の算定方法と同じ。

工場や民間のボイラー及び工場炉等の排出基準は、表-9 に示すとおりである。

表-9 工場及び民間ボイラー及び工場炉の煤塵基準

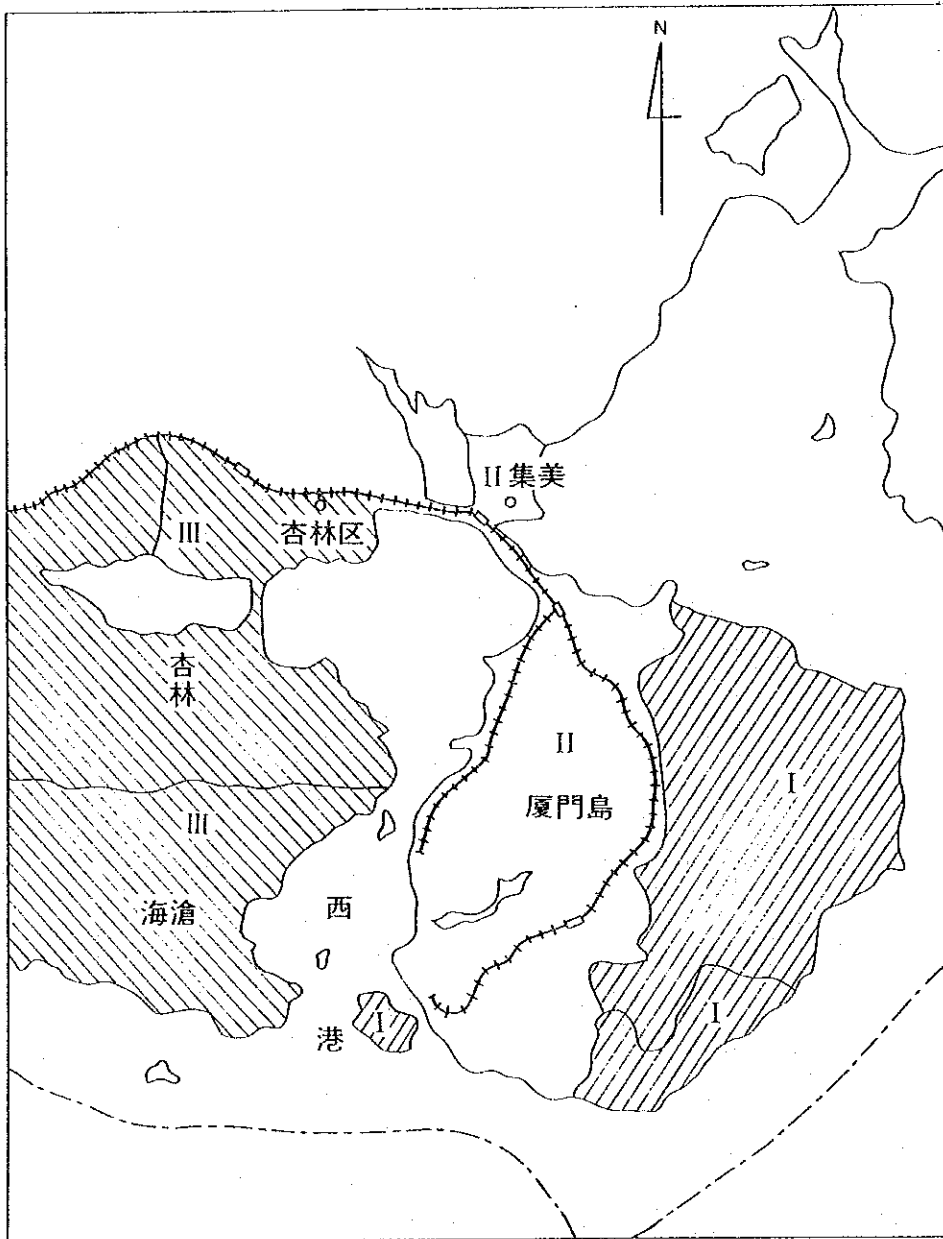
活用地区	基準値	
	最高許容濃度 (mg/Nm ³)	煙の黒さ (級)
一類区	200	1
二類区	200	1
三類区	400	1

工鉱業における生産性粉塵についての基準は、表-10 に示すとおりである。

表-10 生産性粉塵の排出基準

活用地区	最高許容濃度 (mg/Nm ³)	
	第一類粉塵	第二類粉塵
一類区	-	-
二、三類区	100	50

- 注：(1)一、二類区は原則としてセメント工場を新築しないこと。
 (2)第一類粉塵とは、セメント粉塵、煤塵、毒性の無い一般的な粉塵をいう。
 (3)第二類粉塵とは、グラスウール、石綿、アルミ粉塵及び二酸化珪素を10%以上含む粉塵をいう。



一凡 例一

- I : 一類区は、鼓浪嶼及び廈門島東南の胡里山及び黃厝一帯の風景観光区及び鷹厦鉄道の東側の、開発計画が規制された区域。
- : 二類区は、一類区以外の廈門島と集美地区。
- : 三類区は、杏林工業区と海滄及び嵩島の計画中の工業区。

図一 大気汚染物に係る廈門市の類型指定地域

2) 廈門市水汚染物排出基準

「廈門市水汚染物排出基準（FDB/HJ2314-89）」は基本的には一級基準と二級基準及び三級基準に分かれており、廈門島を中心とした海域及び湖を3種の類型（特別保護水域、重点保護水域、一般保護水域）に区分し、類型地域ごとに表12-6-11に示した基準値が適用されている。廈門市の水汚染物に係る類型区分を図12-6-2に示した。なお、この基準に示されていない項目などについては、国家基準である「污水総合排出基準（GB8978-88）」の基準値に従う。

特別保護水域は、「地面水環境質量基準（BG3838-88）」のI類及びII類の基準値を適用し、排水を行う工場や事業場等の新築は行ってはならない。

重点保護水域は、「地面水環境質量基準（BG3838-88）」のIII類及び「海水水質基準（GB3097-82）」のII類の基準を適用し、当排出基準は一級基準を適用する。

一般保護水域は、「地面水環境質量基準（GB3838-88）」のIV類とV類及び「海水水質基準（GB3097-82）」のIII類を適用し、当排出基準は二級基準を適用する。

都市下水道への排水及び生物処理やばっき槽による処理（活性汚泥法など）を行っている二級污水処理場の排水は、三級基準を適用する。

表-11 汚染物最高許容排出濃度（mg/l）

番号	項目	一級		二級		三級
		新, 拡, 改	原有企業	新, 拡, 改	現有企業	
1	浮遊物質（SS）	70	100	150	200	300
2	BOD ₅	30	40	50	60	200
3	COD _{cr}	100	150	150	200	300
4	硫化物	1.0	1.0	1.0	2.0	10
5	石油類	8.0	10	8.0	10	20
6	アンモニア態窒素	15	20	15	20	20
7	磷酸塩	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0
8	色度（倍数）	50	80	80	100	150

注：新, 拡, 改は企業等の新築、拡張、改造等を示す。

なお、次表（表-12）に掲げた業種、項目については、排放基準はその表に従う。また、表-12に示されていない数値については、表-11の基準に従う。

表-1-1 業種別水汚染物排出基準 (mg/l)

業種	企業分類	排水定置	SS		BOD ₅		COD _{cr}		硫化物		石油類		7-エニ7態窒素	
			一級	二級	一級	二級	一級	二級	一級	二級	一級	二級	一級	二級
製糖	新, 拡, 改	10 m ³ /t 砂糖	-	150	-	70	-	120	-	-	-	-	-	-
	現有企業	14 m ³ /t 砂糖	150	200	80	100	120	150	-	-	-	-	-	-
製紙 (パルプ製造を 除く)	新, 拡, 改	50 m ³ /t 紙	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	現有企業	70 m ³ /t 紙	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
紡績及び染物	新, 拡, 改	2 m ³ /100m布	-	200	-	60	-	160	-	-	-	-	-	-
	現有企業	2.5 m ³ /100m布	250	300	60	80	160	200	-	-	-	-	-	-
発酵	新, 拡, 改	-	-	200	-	100	-	200	-	-	-	-	-	-
	現有企業	-	200	300	100	150	200	300	-	-	-	-	-	-
アンモニア合成	現有企業 (<4.5 万 t)	150 m ³ / t アンモニア	150	200	60	100	150	200	1.0	2.0	15	20	50	80
都市二級汚水処理場	-	-	30	30	30	30	120	120	-	-	-	-	-	-

注：排水定置は直接的な生産用水をいい、工場内の生活用水を含む。ただし、間接的な冷却水や工場区内の生活用水は含まない。

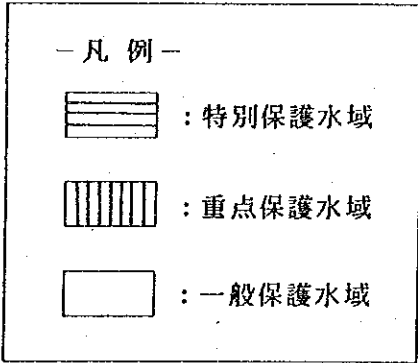
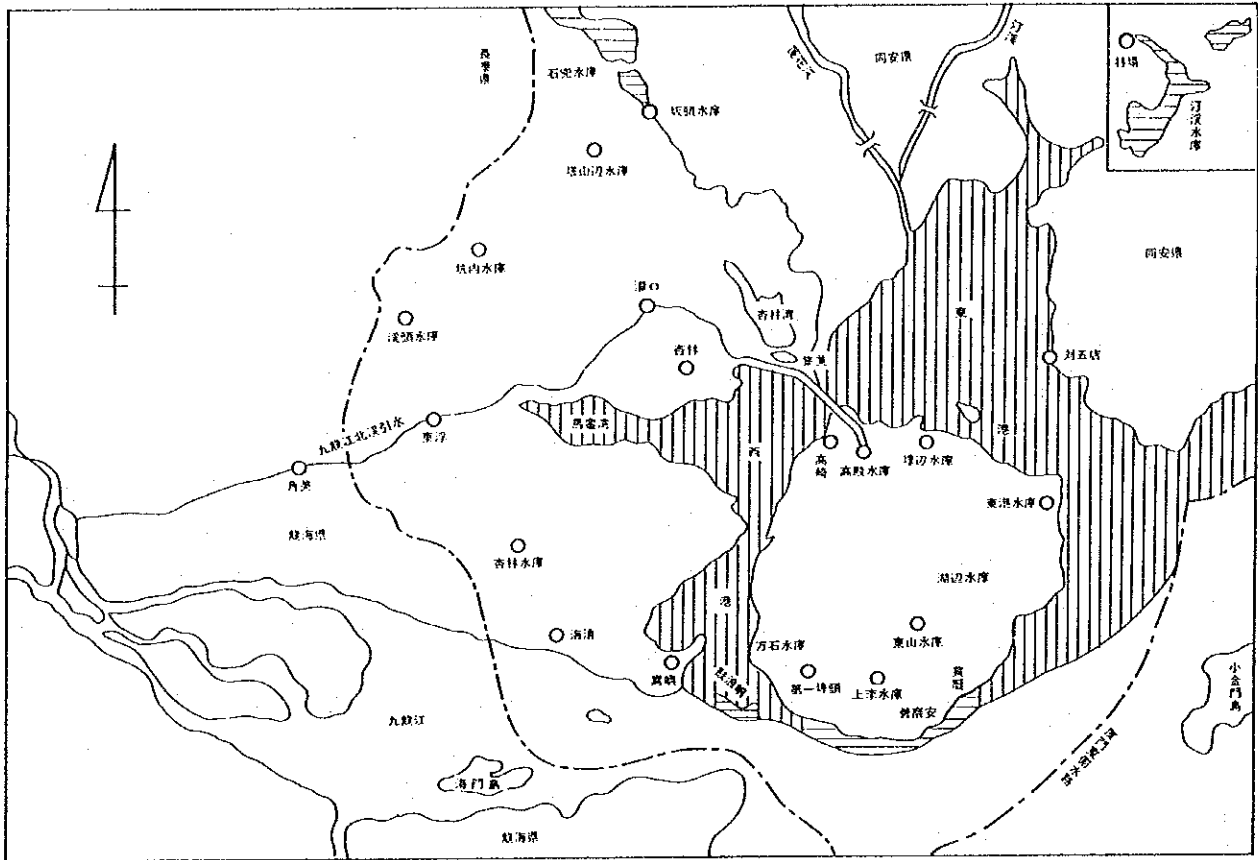


图-2 水汚染物に係る廈門市の類型指定地域

(3) その他の関係法令

大規模開発に係る環境保護を配慮した関係法令を、抜粋して以下に示す。

1) 中華人民共和国環境保護法

第1条 生活環境及び生態環境を保護・改善し、汚染その他の公害を防止し、人体の健康を促進するため、この法律を制定する。

第2条 この法律において「環境」とは、人類の生存及び発展に影響を及ぼす各種天然と人工的な改造を経た自然的要素の総体をいい、大気、水、海洋、土地、鉱産資源、森林、草原、野生生物、自然遺跡、人文遺跡、自然保護区、風景名勝区、都市、郷村等を含むものとする。

第3条 この法律は、中華人民共和国の領域及び中華人民共和国が管轄するその他の海域に適用する。

第13条の2 環境保護行政主管部門は、建設プロジェクトの環境影響報告書について、建設プロジェクトにより生じる汚染及び環境に及ぼす影響に対して評価を行い、防止措置を定め、プロジェクト主管部門の予備審査を経て、かつ、所定の手続に従って環境保護主管部門に審査・認可を申請しなければならない。

計画部門は、環境影響報告書が審査・認可された後に、建設プロジェクトの設計任務書について認可することができる。

第21条 国務院及び沿海地方の各級の人民政府は、海洋環境に対する保護を強化しなければならない。

2) 建設計画環境保護管理方法に係る通達 (1986年)

第4条 環境に影響のある建設プロジェクトは、すべて環境影響報告書の審査制度を採用する。全ての改造及び拡張と技術改造建設プロジェクトは、プロジェクトの進行と同時に、環境保護施設の設計、建設及び運営を進行させなければならない。以後、「三同時制度」という。

建設プロジェクト完成後、汚染物の排水は、国家及び地方が規定する基準及び環境保護関連法規に合致するものとする。

第5条 各地方の人民政府の環境保護部門は、建設プロジェクトの環境保護実施に対して、統一的な管理監督を行う。

(2) 環境影響報告書及び環境影響報告表(環境に、殆ど影響を及ぼさないプロジェクトのための報告書)の批准に責任を負う。

(3) 基本設計の環境保護の章の審査及び建設施工の検査を行う。

(4) 環境保護司切の完成後、その設備の検査を行う。

(5) 環境保護設備の運転と使用状況の監督及び検査に責任を負う。

第11条 建設プロジェクトの環境影響報告書及び環境影響報告表は、FSの段階で完成しなければならない。

第13条 大型・中型の建設プロジェクト及び技術改造建設プロジェクトの環境影響報告書及び環境影響報告表は、省を含むプロジェクト主管部門が予備審査をした後に、プロジェクト所在地の省クラスの環境保護部門が審査を行い、国家環境保護局に書類を送る。

3) 中華人民共和国 海洋環境保護法

第2章 海岸工事による海洋環境の汚染損害の防止

第6条 海岸工事建設に係る主管事業体は、事業計画書作成前に海洋環境の科学的調査を行い、自然条件及び社会条件に基づき合理的に場所を選定し、並びに国の関係規定により環境影響報告書を作成しなければならない。

第9条の2 海岸の保護林、風致林、風景、マングローブ、サンゴ礁の破壊を禁止する。

4) 海洋環境汚染防止管理条例

第1条 海岸工事建設プロジェクトの環境保護管理を強化し、新たな汚染を厳格に規制し、かつ、海洋環境を保護し、及び改善するため、海洋環境保護法に基づき、この条例を制定する。

第2条 この条例において海岸工事プロジェクトとは、(中略)、渡海橋梁及びトンネル工事、防波堤工事、海岸保護工事並びに海岸及び干潟の自然状況を変化されるその他のすべての開発工事建設プロジェクトが含まれる。

第8条 海岸工事建設プロジェクトの環境影響報告書の内容は、関連規定を含むほか、下記のものを含む。

- (1) 所在地及びその付近の海域環境状況。
- (2) 建設中及び建設完成後の海洋環境に対して発生する影響。
- (3) 海洋環境の保護と措置及びその技術、経済的な可能性についての論証及び結論。
- (4) 建設プロジェクトの海洋環境に対する影響の評価と結論。

海岸工事建設プロジェクトの環境影響報告書は、上記の内容にしたがって記入を行う。

