

# 金門大橋建設計畫工程研討會



FREEWAY  
BUREAU  
M O T C  
高公局

## 金門大橋工程之整體規劃 及設計理念

報告人：羅財怡

108年4月17日



高公局

### 簡報大綱

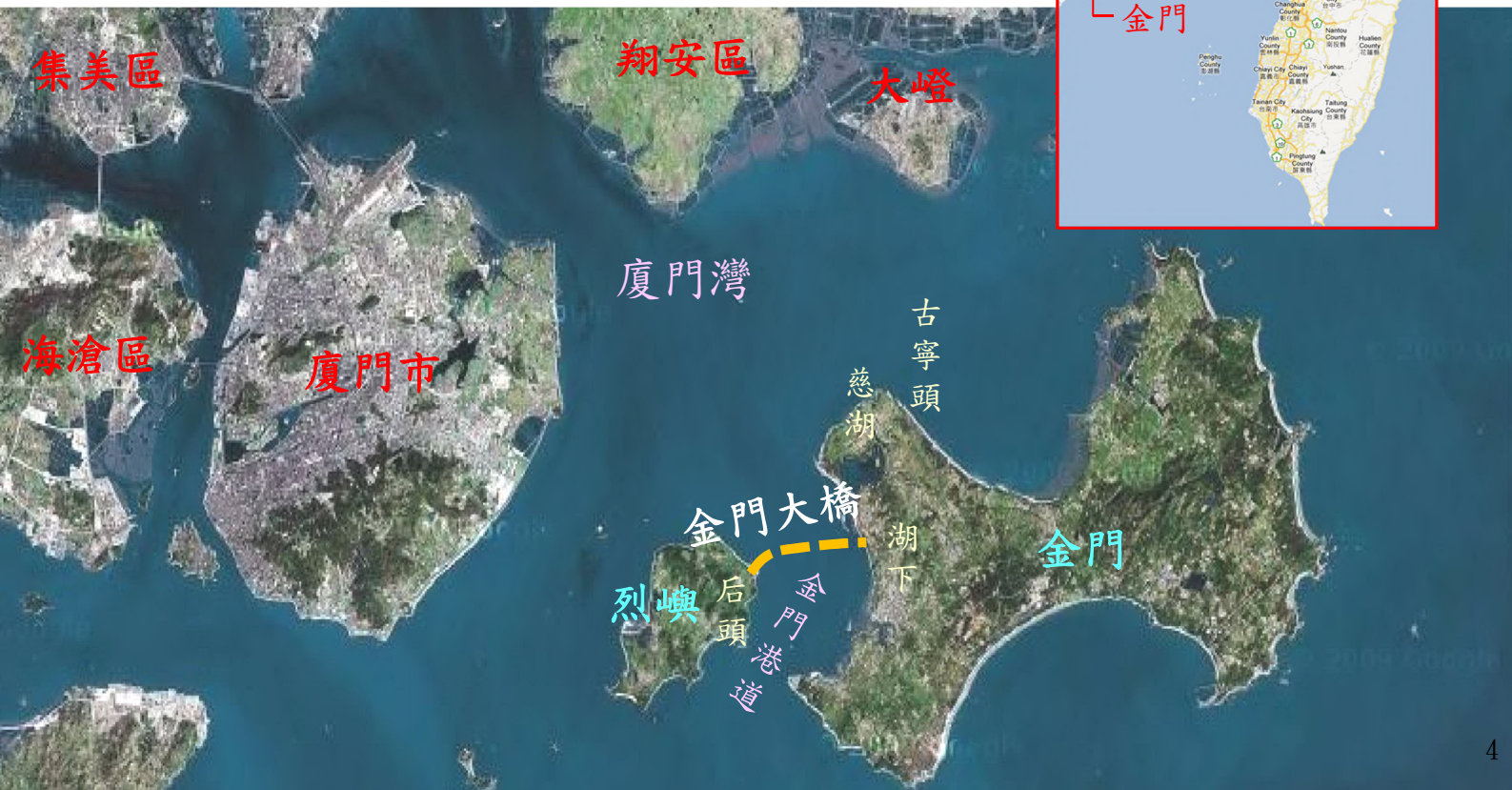
- 路線線形規劃
- 地理環境條件
- 工程設計理念
- 施工規劃
- 橋梁監測及維管
- 結語



## ■ 路線線形規劃

3

### 綜合規劃階段建議北路廊方案



4

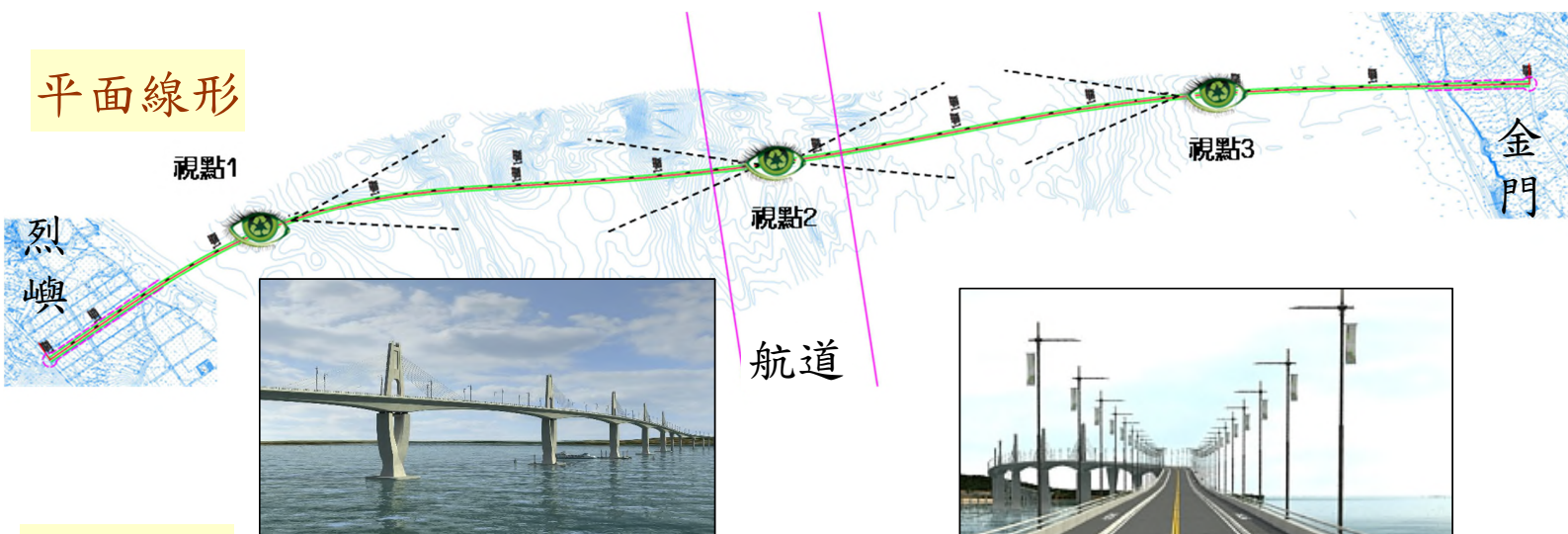


# 路線線形考量

三分交通 七分觀光

- 優美平縱線形配合
- 動態視覺景觀控制

## 平面線形



## 縱面線形



5

# 平、縱面線形布設考量

## 考量因素

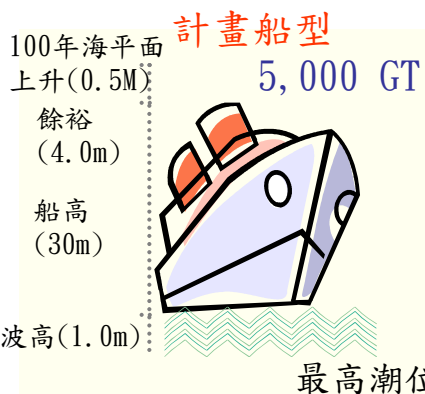
銜接兩端都計  
行車視覺景觀  
橋下道路淨高  
航道通航需求

## 通航高度

- 目標船型5,000GT
- 設計淨高=  
最高潮位+波高  
+船高+海水上升+餘裕

## 通航寬度

- 單向航道
- 船寬3.6~6倍
- 船長1/2以上



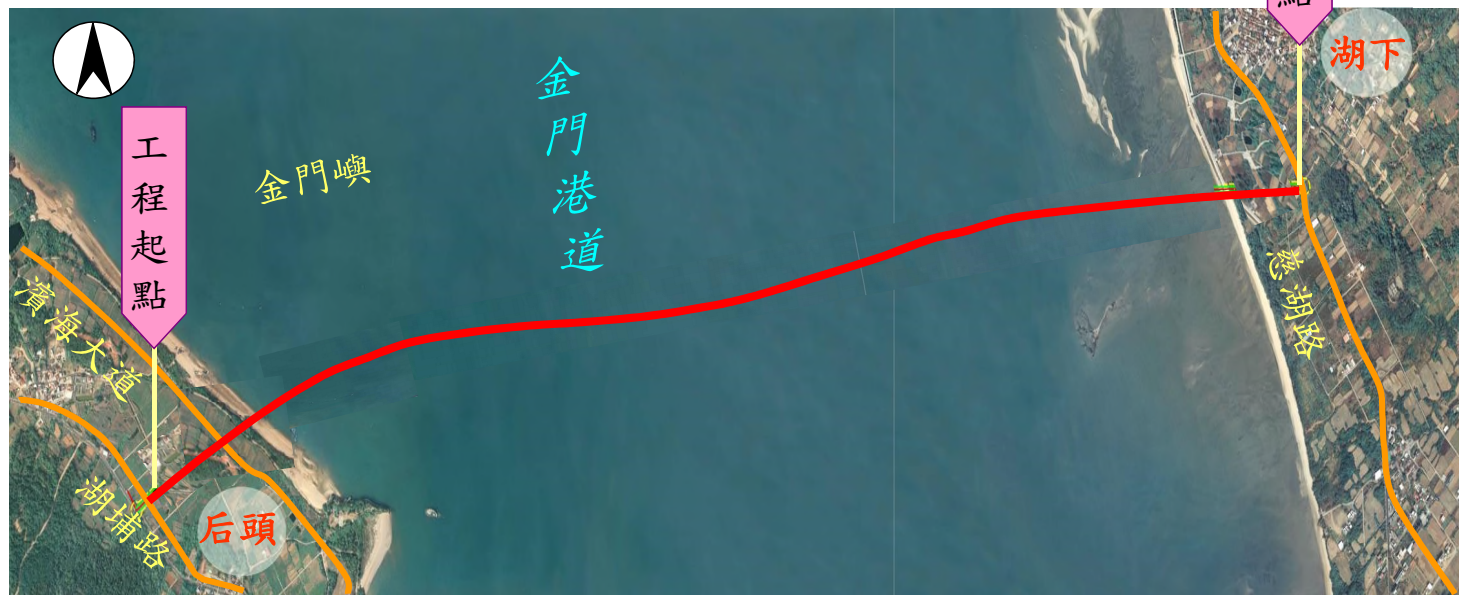
船型	淨高 (M)	航道 寬度 (M)	備註
5,000GT	39.2	160	金門港埠整體規劃 及未來發展計畫 (2009年-2011年)

6

## 路線配置

- ◆烈嶼(小金門)后頭湖埔路至大金門湖下慈湖路
- ◆路線長約5.4公里，橋梁部分4.77公里

工程終點



7



交通部高速公路局  
FREEWAY BUREAU, MOTC

## ■ 地理環境條件

8



## 氣象及海象條件

## 氣象

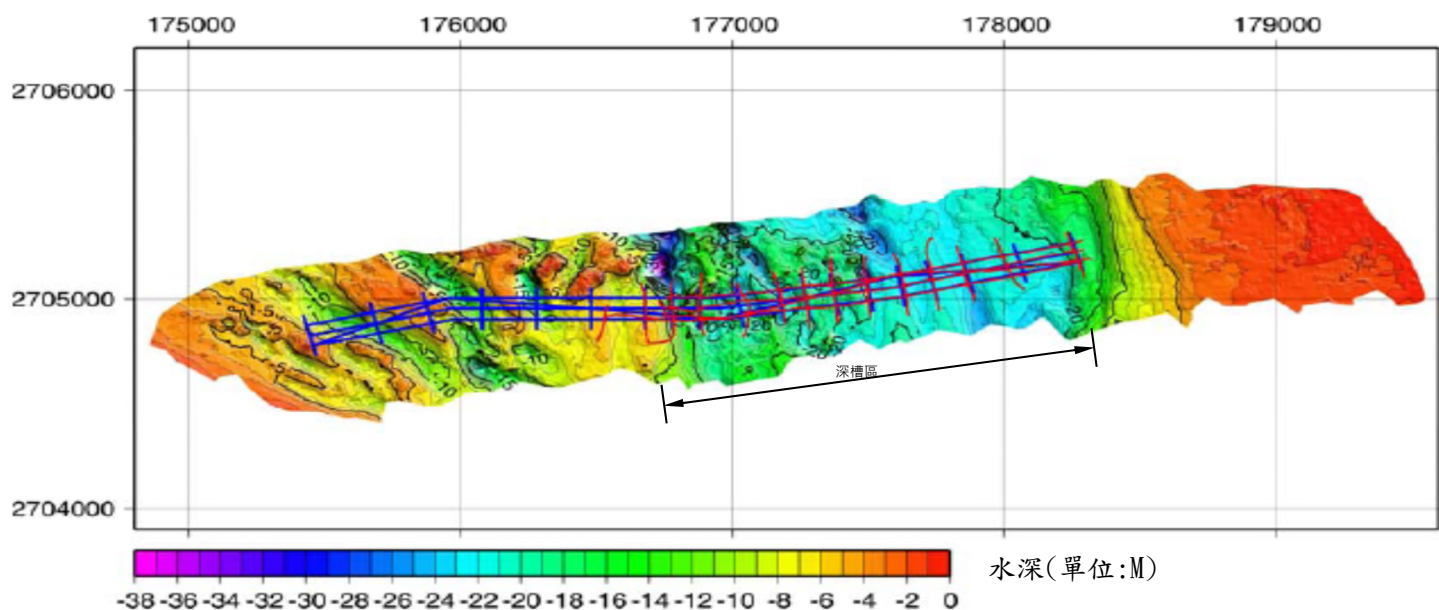
- ◆ 每年約有2個颱風影響金門地區海域
- ◆ 10月至翌年3月東北季風盛行，風速強
- ◆ 3至5月為當地霧季，全年霧日約31天

## 海象

潮汐	半日潮為主	
	最高潮位	EL. 3.16m
	最低潮位	EL. -3.14m
	最大潮差	約6.3m
水深	最深約23m	深槽區約1,800m寬
波浪	季節波浪	大多小於1 m
	颱風波浪	100年迴歸期 1.6 m
海流	海流流向	與金門港口方向平行
	漲潮流速	1.0 ~1.2 m/s
	退潮流速	1.2 ~1.4 m/s

9

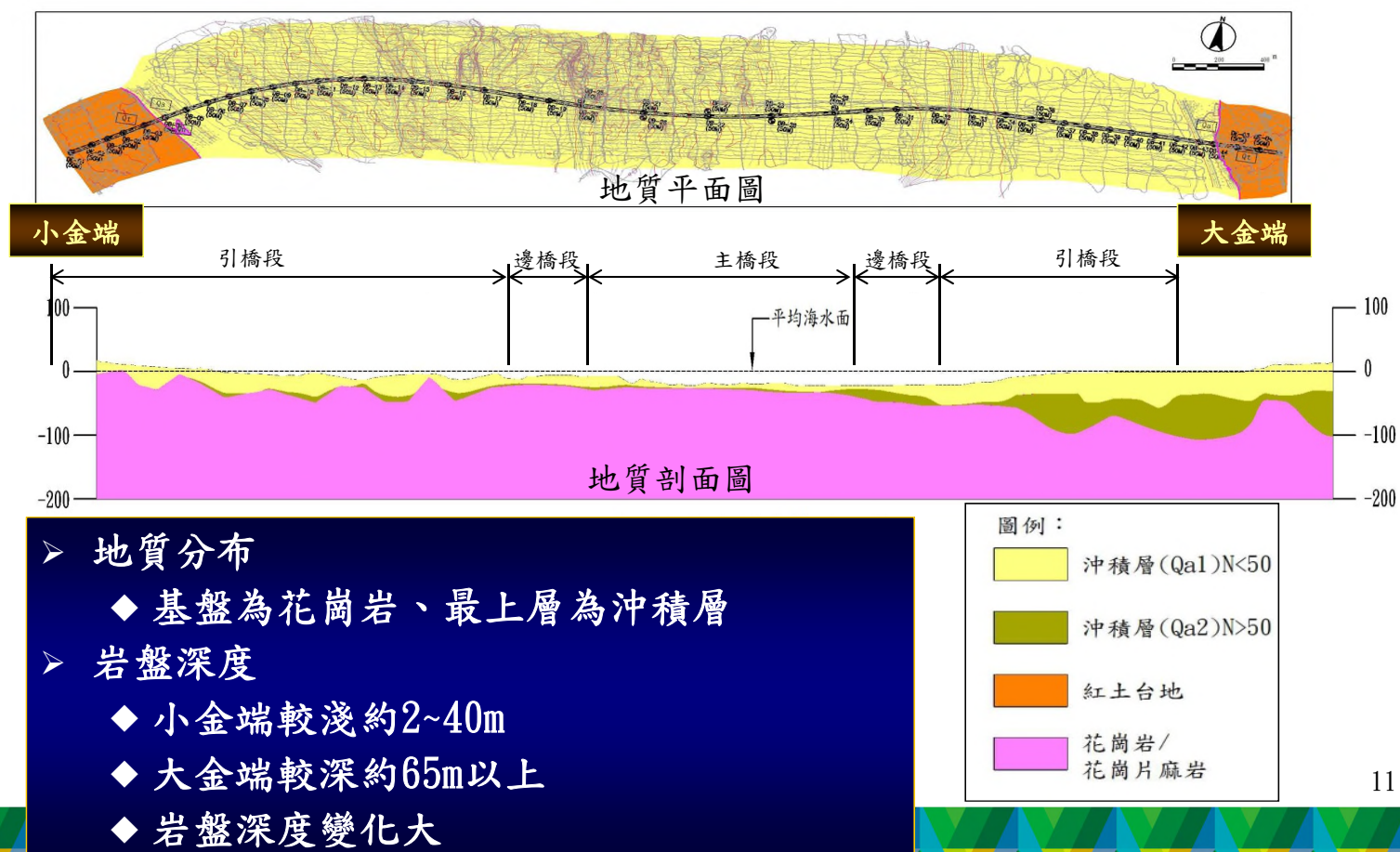
## 地質調查-震測工作配置



- ◆ 沿中心線及兩側各擴50m共3條測線
- ◆ 垂直車行方向每200m一條測線
- ◆ Z形測線作比對
- ◆ 共施作測線10.6km

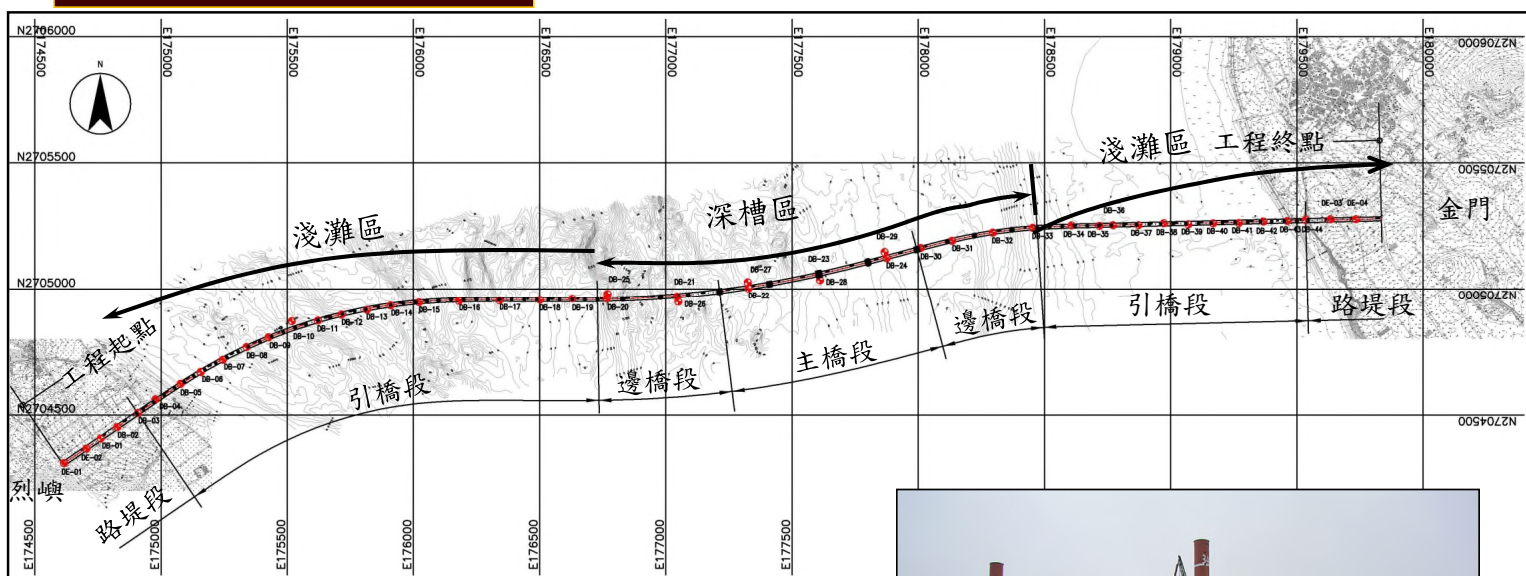
10

## 區域地質概況



11

## 地質調查-鑽探配置



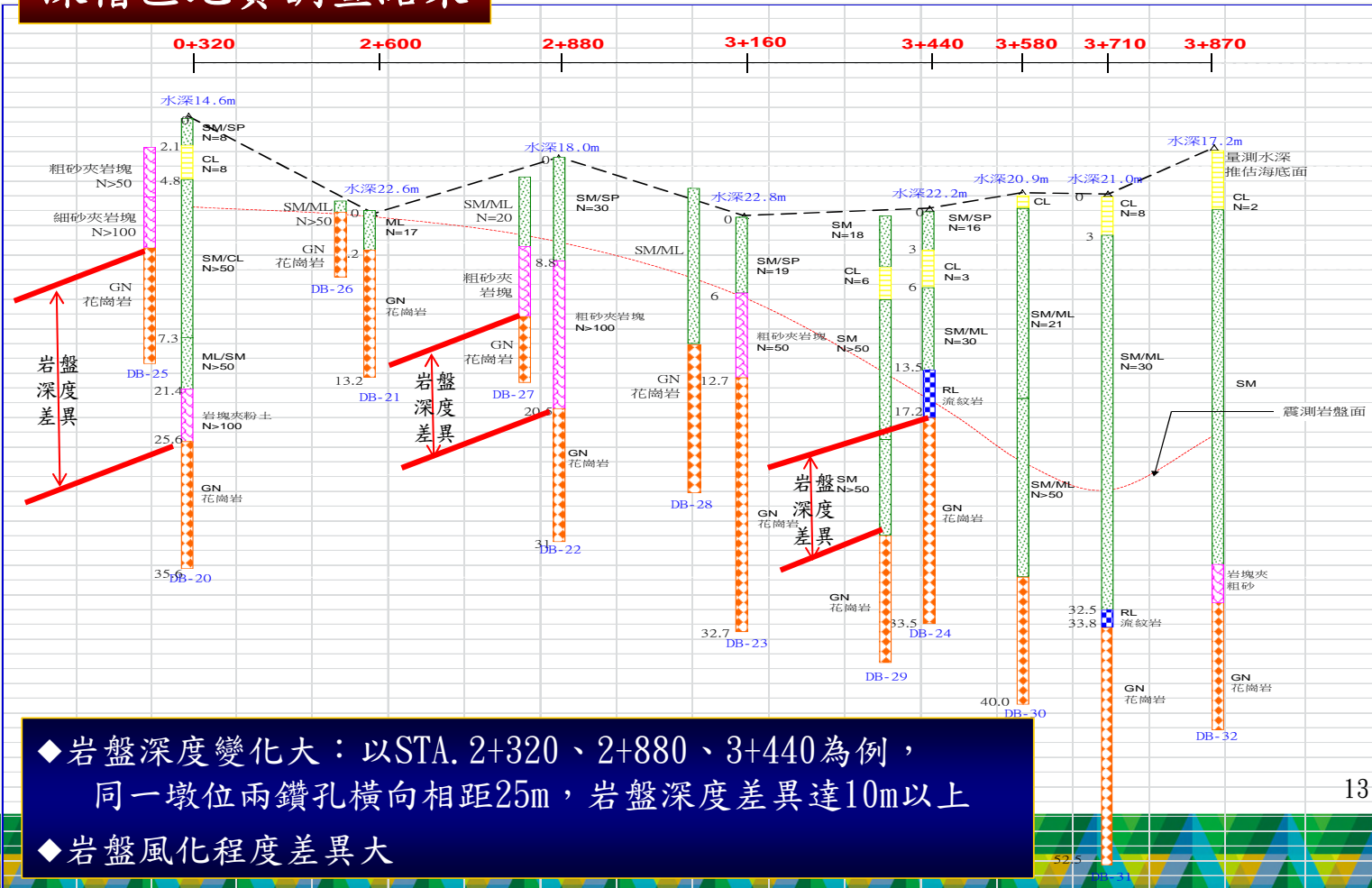
- ◆ 深槽區主橋 2孔/墩
- ◆ 深槽區邊橋 1孔/墩
- ◆ 淺灘區 1孔/100m
- ◆ 共計48個鑽孔



12



# 深槽區地質調查結果



- ◆ 岩盤深度變化大：以STA. 2+320、2+880、3+440為例，同一墩位兩鑽孔橫向相距25m，岩盤深度差異達10m以上
- ◆ 岩盤風化程度差異大

13



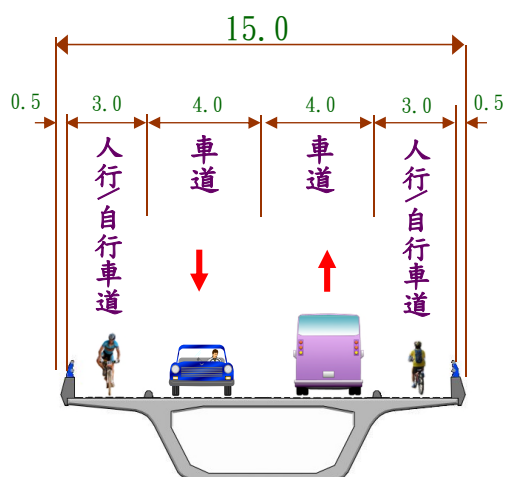
交通部高速公路局  
FREEWAY BUREAU, MOTC

## 工程設計理念

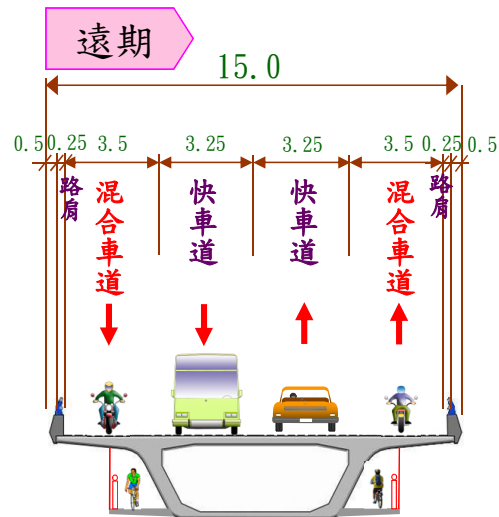
14

## 設計速率及車道配置

- 設計速率為60公里/小時
- 雙向4車道(2混合車道+2人行/自行車道)



橋梁段

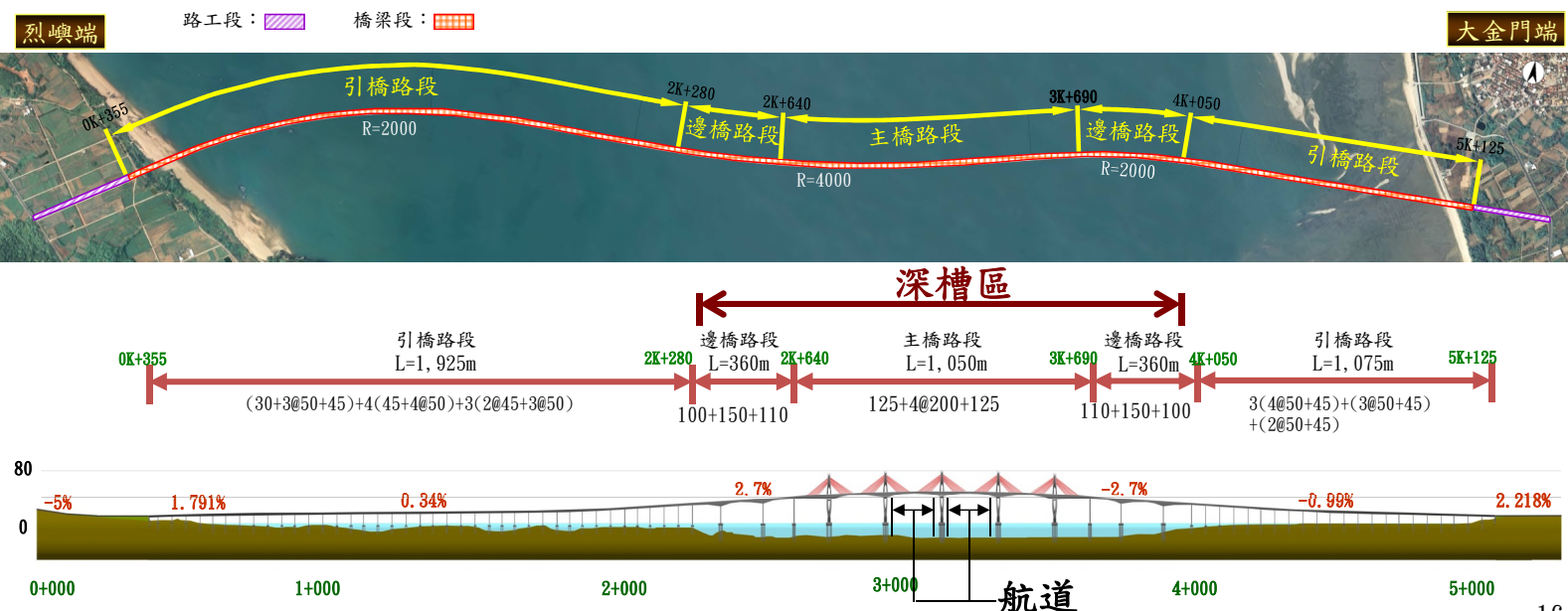


交通量增加時修改配置

15

## 橋梁配置

◆依橋梁位置及海域水深區分為主橋、邊橋及引橋三部分



橋梁全長4.77公里

16



# 基設階段決議採脊背橋設計

配合金門縣政府要求，研擬五種橋塔造型方案，供金門縣居民票選，票選決定採高粱穗心型橋塔方案

五金串聯 金門啟航



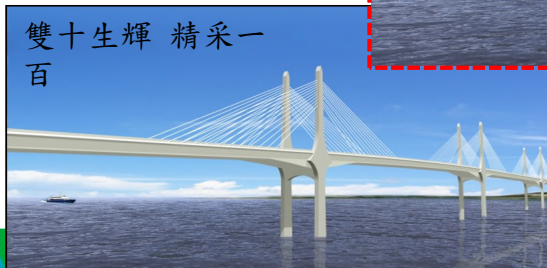
醉月燕尾 開啟新扉



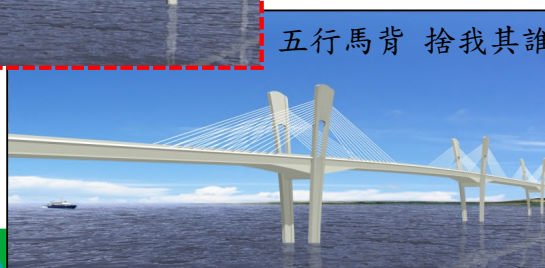
穗心傳語 風情再現



雙十生輝 精采一百



五行馬背 捨我其誰



17

## 脊背橋與斜張橋結構特性比較

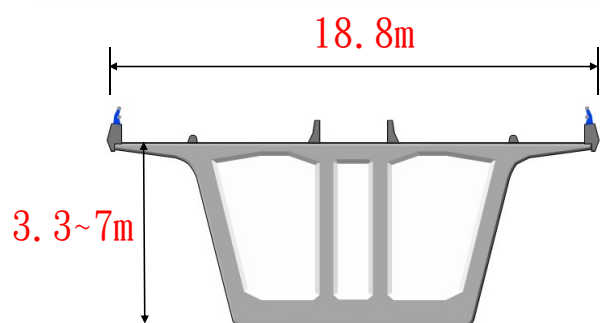
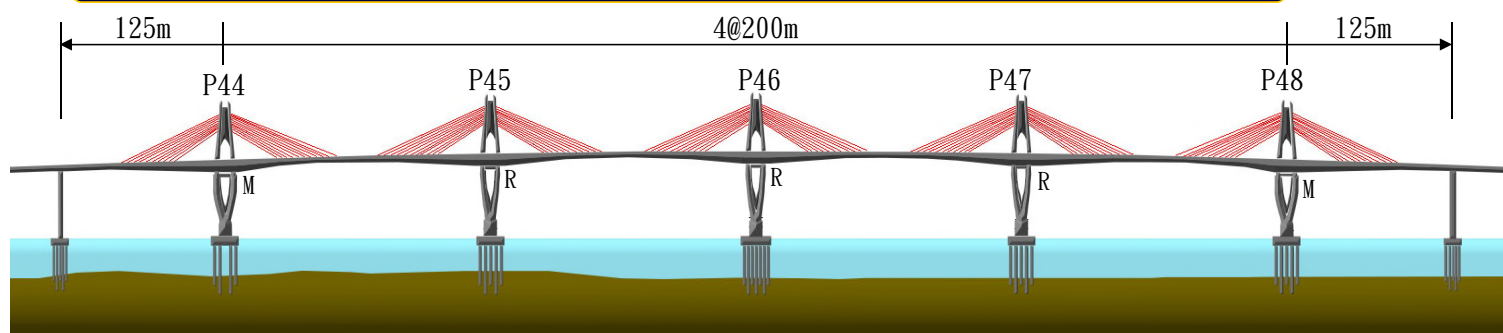


項次	項目	斜張橋	脊背橋
1	受力行爲	鋼纜垂直分力大，如同支承	鋼纜水平分力大，如同外置預力
2	橋塔高度	較高 $h=L/4\sim L/5$ (雙塔三跨式) $h=L/3$ (單塔雙跨式)	較低 $h=L/7\sim L/15$
3	梁深	較薄 $H=L/100\sim L/200$ (2.0~2.5m)	較厚 $H=L/25\sim L/35$
4	邊跨/主跨	$L1/L=0.4\sim 0.5$	$L1/L=0.5\sim 0.6$
5	對風穩定性	低	高

18

# 主橋橋梁配置

- ◆ 變梁深預力混凝土箱型梁 脊背橋，五塔六跨配置，主跨 200m，邊跨125m，橋梁單元1,050m
- ◆ 橋寬18.8m，梁深3.3~7m

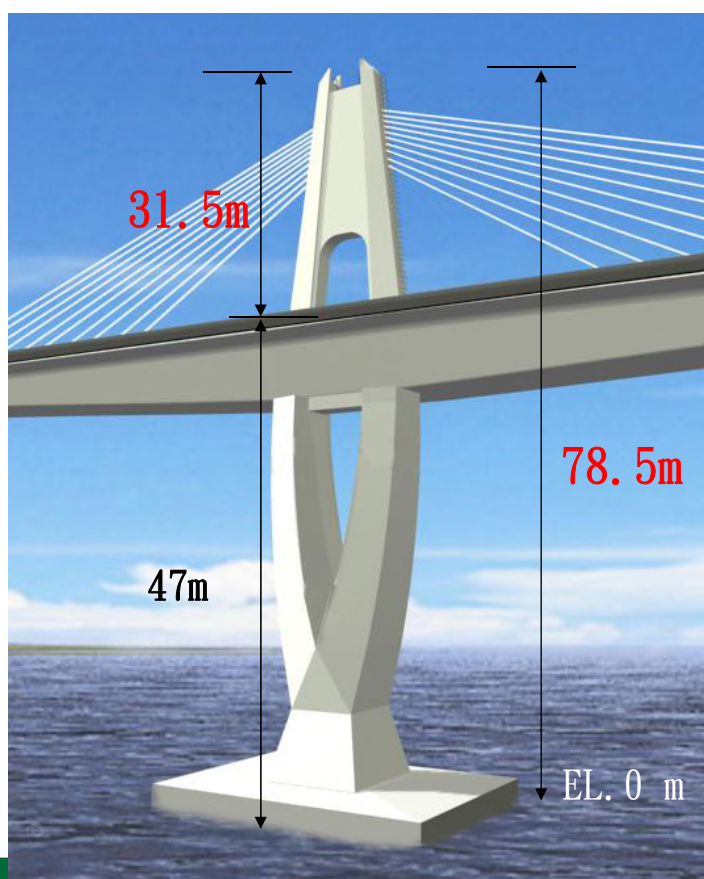


預力混凝土梁斷面

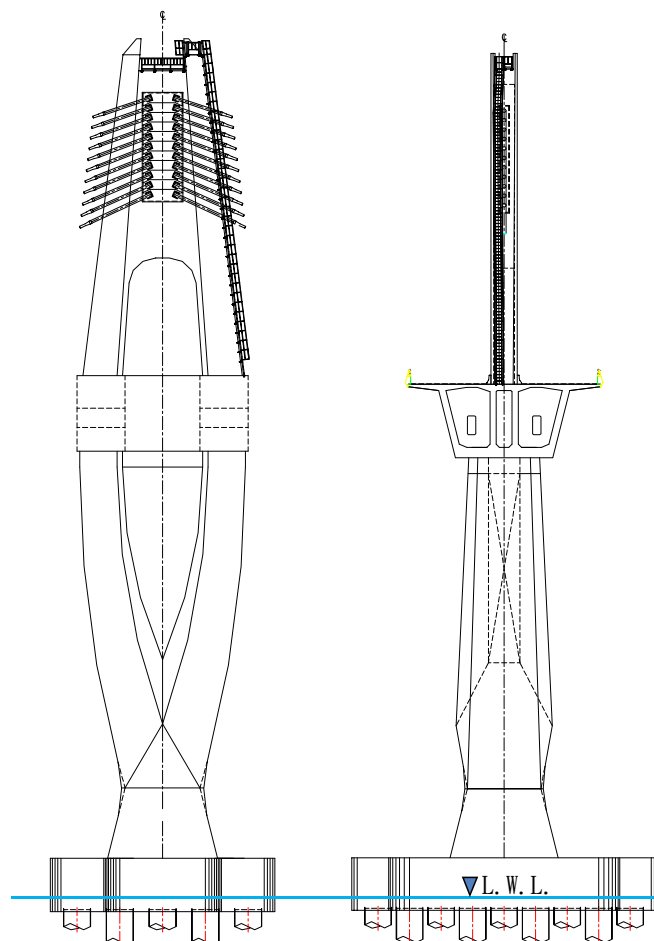


19

## 橋塔高度



P46橋塔透視圖



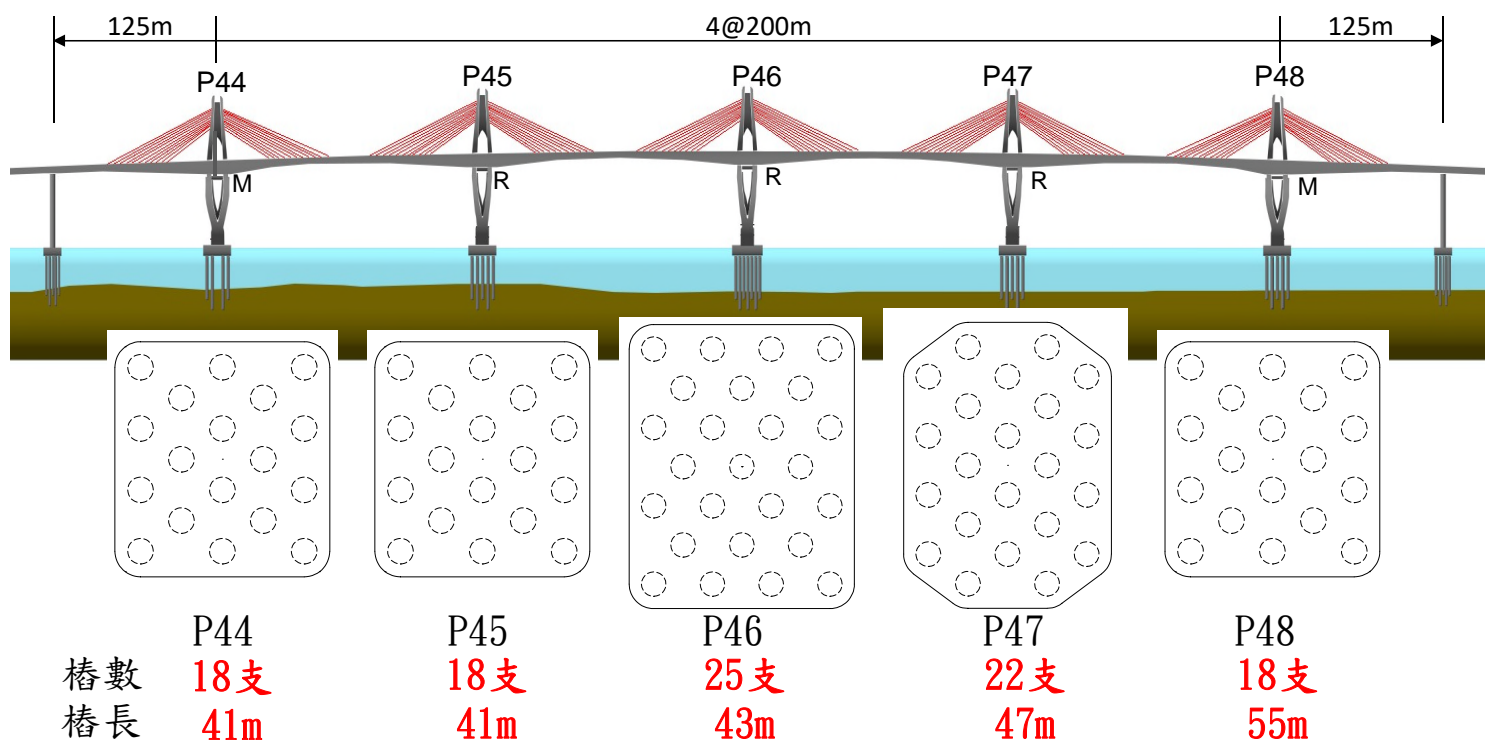
橋塔立面及斷面圖

20



## 主橋基礎配置

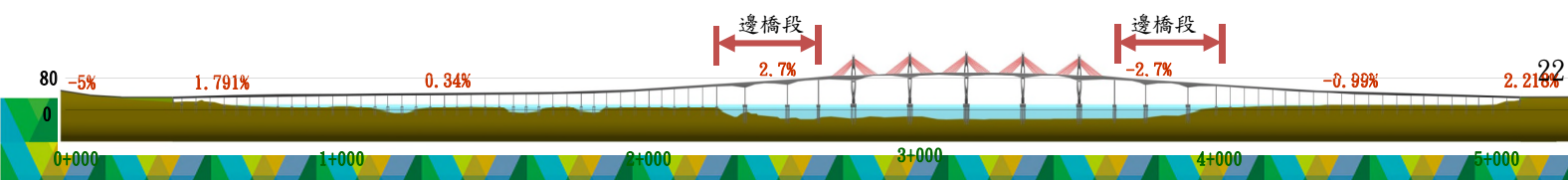
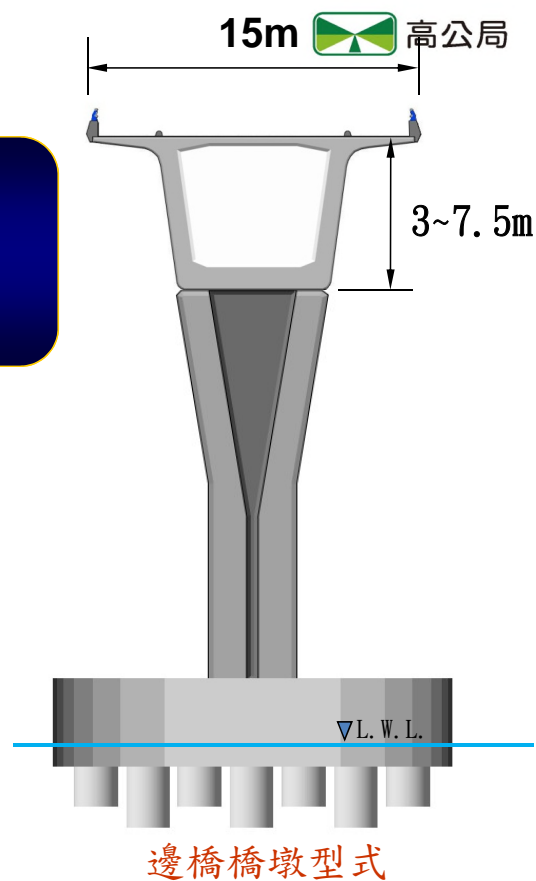
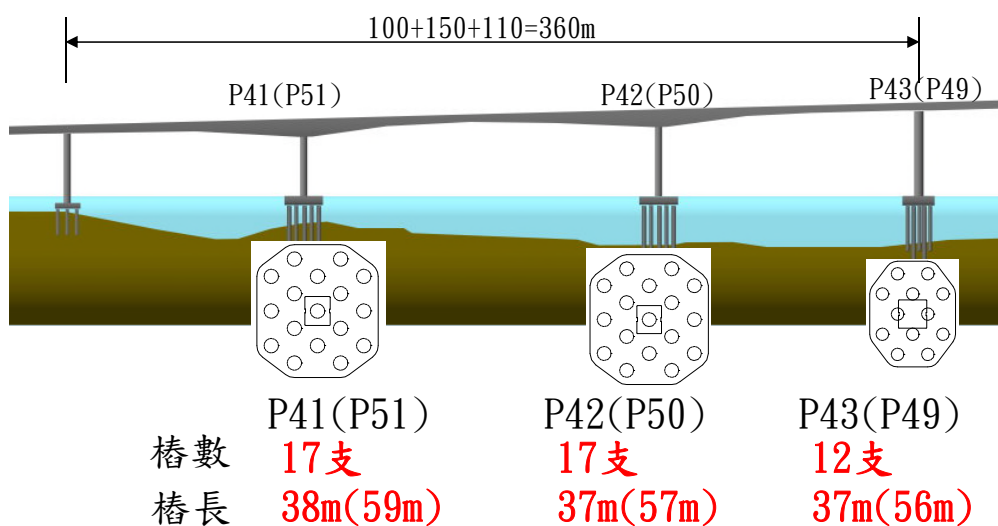
◆主橋段跨徑長，基礎反力大，基樁採2.5m  $\phi$  全套管基樁



21

## 邊橋型式

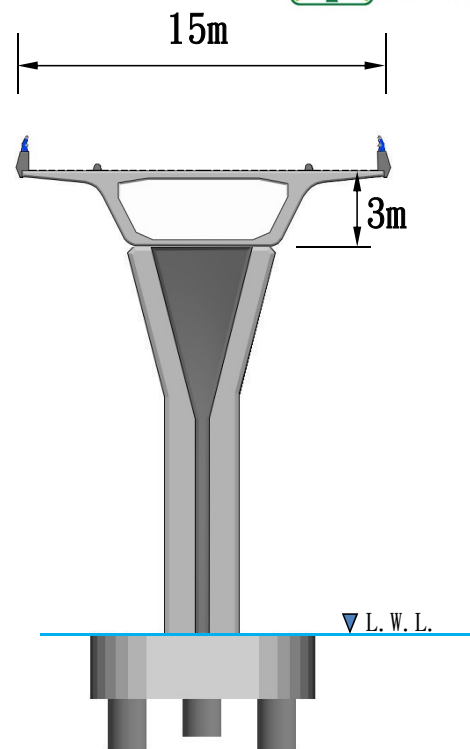
◆變梁深預力混凝土箱型梁，主跨徑150m，採懸臂工法施作，橋寬15m，梁深3~7.5m  
◆基礎採2.0m  $\phi$  全套管基樁



22

## 引橋型式

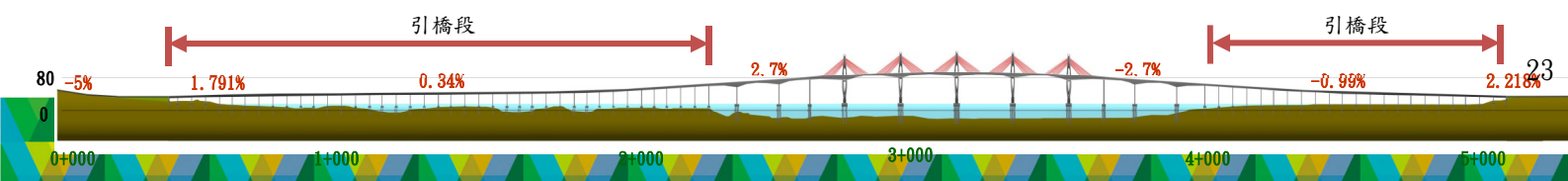
- ◆等梁深預力混凝土箱型梁，標準跨徑50m，橋寬15m，梁深3m，採支撐先進工法施作
- ◆基礎採1.5m  $\phi$  全套管基樁
- ◆基樁：4~8支/墩
- ◆樁長：20~50m



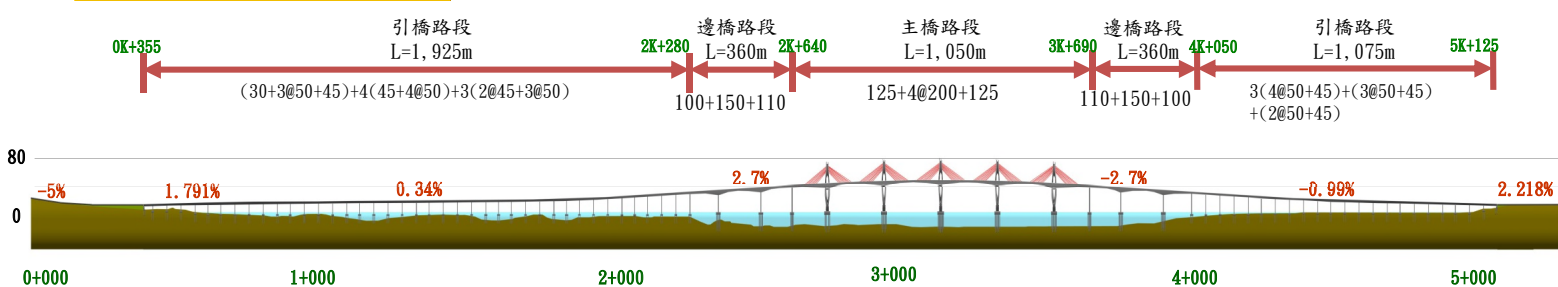
引橋橋墩型式



支撐先進工法



## 樁帽高程配置

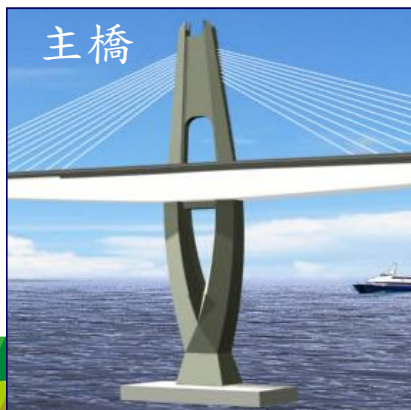


- ◆引橋段：退潮時不露出樁帽為原則(樁帽頂EL. -3.2m)
- ◆主橋與邊橋段：退潮時不露出基樁為原則(樁帽底EL. -4.2m)

引橋



主橋



邊橋





## 耐久性設計 - 抵抗海水硫酸鹽侵蝕考量

### ■ 破壞機制

海水硫酸根離子 + 氫氧化鈣(水泥水化生成物) → 硫酸鈣  
 硫酸鈣 +  $C_3A$ 水合物( $C_3A \cdot 6H_2O$ ) → 鈣礬石(Ettringite)  
 混凝土體積膨脹約4倍而脹裂，降低耐久性

### ■ 因應策略

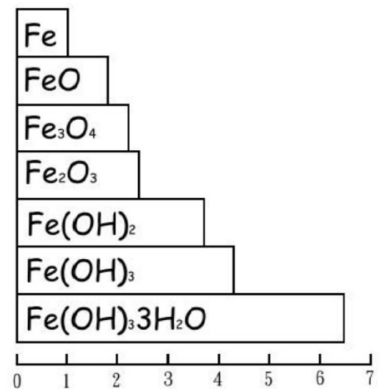
- ◆ 採用 $C_3A$ 含量低之抗硫水泥：本工程規定水泥須採用CNS 61 第 II 型水泥
- ◆ 混凝土添加高爐石粉、飛灰：本工程規定橋梁下部結構之基樁、樁帽、墩柱等，混凝土須添加高爐石粉、飛灰
- ◆ 規定混凝土最大水膠比：本工程規定上部結構、橋塔、橋墩、樁帽及基樁之混凝土，最大水膠比不得大於0.4

25

## 耐久性設計 - 抵抗海水氯離子入侵考量

### ■ 破壞機制

氯離子侵入混凝土結構，會加速鋼筋銹蝕，銹蝕鋼筋體積會膨脹約7倍造成混凝土脹裂，降低耐久性



### ■ 因應策略

- ◆ 混凝土配合設計時，須依CNS 14795進行混凝土抗氯離子穿透能力試驗，應符合”低”以下之標準
- ◆ 加大混凝土保護層厚度
- ◆ 橋墩及樁帽鋼筋採用熱浸鍍鋅鋼筋或環氧樹脂鋼筋

26

## 耐久性設計 - 抵抗海水氯離子入侵考量

### ■ 混凝土抗氯離子穿透能力試驗

◆ 56天齡期混凝土符合CNS 14795等級為”低”以下標準

依據通過電荷量評估氯離子穿透性

通過電荷量(庫倫)	氯離子穿透性
> 4000	高
2000~4000	中
1000~2000	低
100~1000	甚低
< 100	可忽略



27

## 耐久性設計 - 抵抗海水氯離子入侵考量

### ■ 加大混凝土保護層厚度

依據設計階段「公路橋梁設計規範」第12章  
“極嚴重鹽害區域”鋼筋最小保護層厚度規定

橋梁結構部位	金門大橋	一般橋梁
預力橋橋面板頂面、橋塔	6.5cm	4cm
箱形梁外側	6.5cm	4cm
箱形梁內側及隔梁	4.0cm	2.5cm
橋護欄、橋隔欄	4.0cm	4cm
橋墩(繫筋、箍筋及螺箍筋)	10cm	4cm
橋台、翼牆及擋土牆	10cm	5cm
基礎(樁帽)	10cm	7.5cm
場鑄基樁	10cm	10cm

28

## 耐久性設計 - 抵抗海水氯離子入侵考量

### 橋墩及樁帽鋼筋

1. 環氧樹脂鋼筋
2. 熱浸鍍鋅鋼筋

二擇一



環氧樹脂鋼筋



熱浸鍍鋅鋼筋

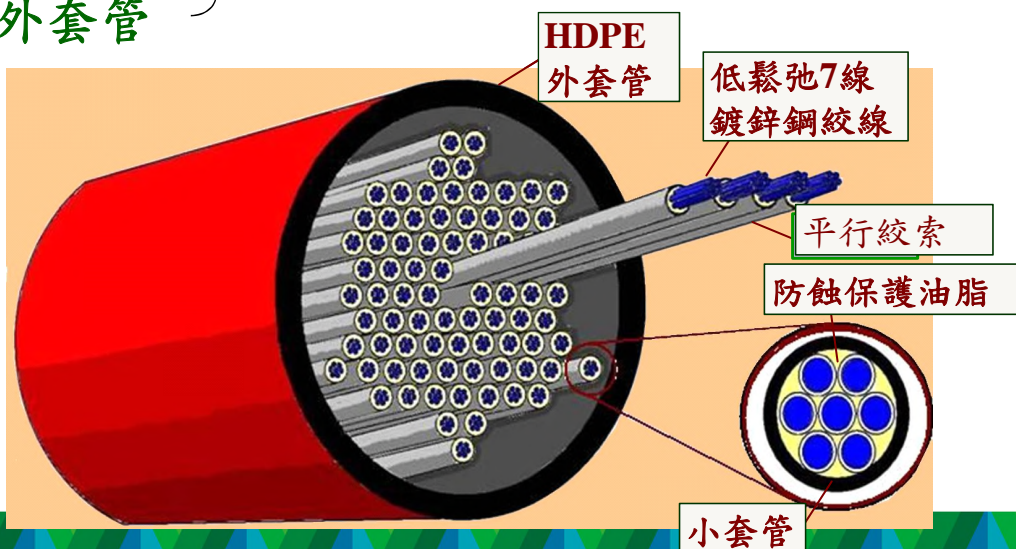
29

## 耐久性設計 - 外置預力鋼腱防蝕考量

### 橋塔外置預力鋼腱設計

- ◆ 鍍鋅鋼絞線
- ◆ 防蝕保護油脂
- ◆ 小套管包覆
- ◆ HDPE外套管

四層保護



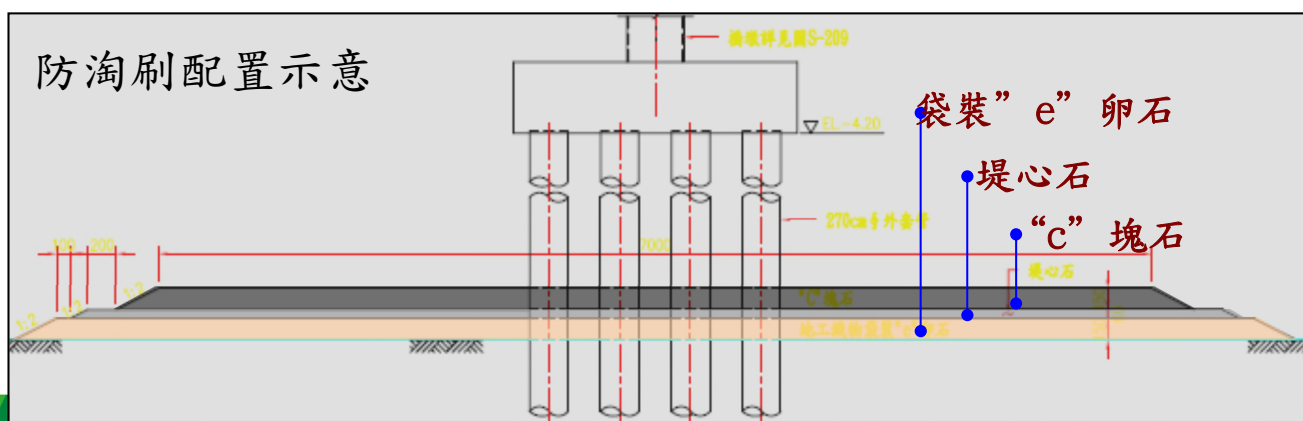
30



# 基礎淘刷考量

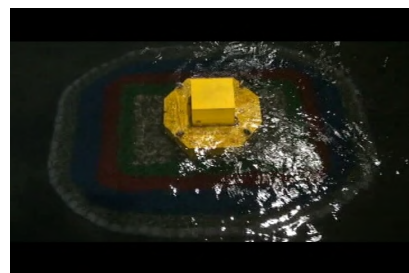
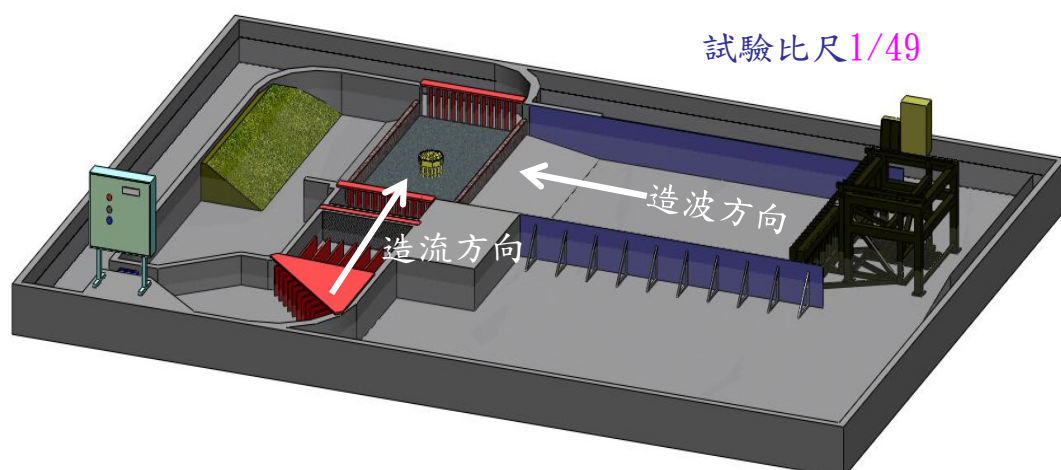
P42 P50  
橋墩採防淘刷配置

- ◆深槽區橋墩P42~P50採防淘刷配置
- ◆其餘橋墩則於結構設計時考量淘刷深度

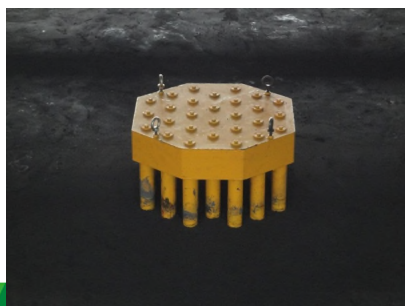
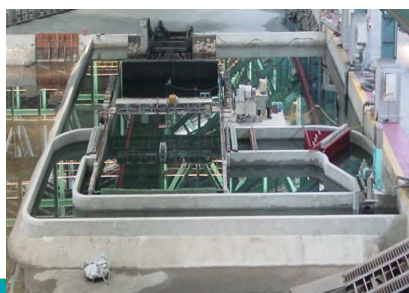


31

## 水工模型試驗(於成功大學水工試驗所辦理)



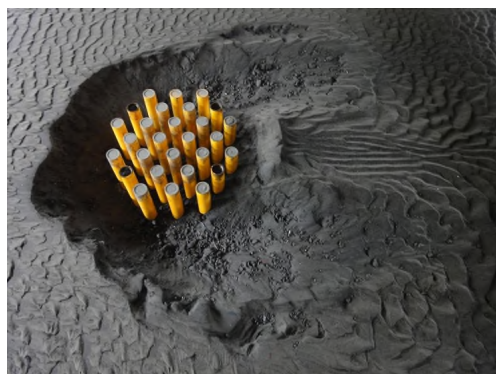
橋墩附近沖刷試驗佈置示意圖(群樁)



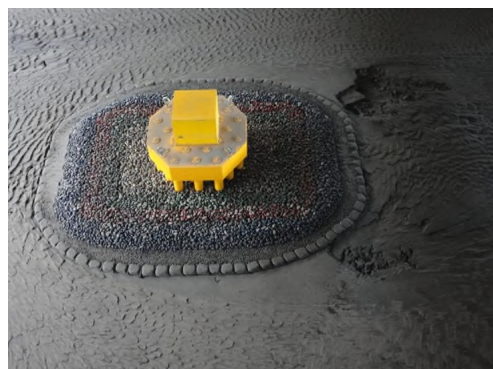
32



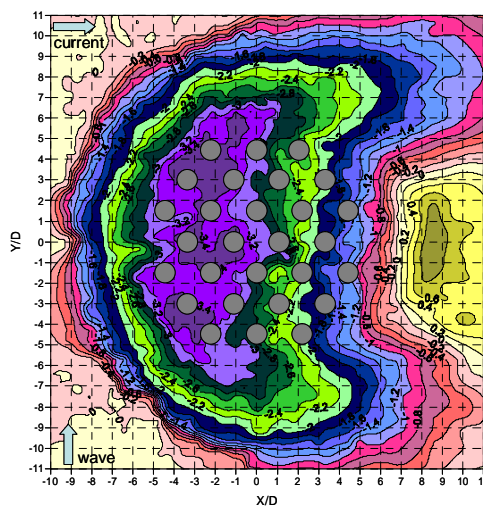
# 水工模型試驗成果



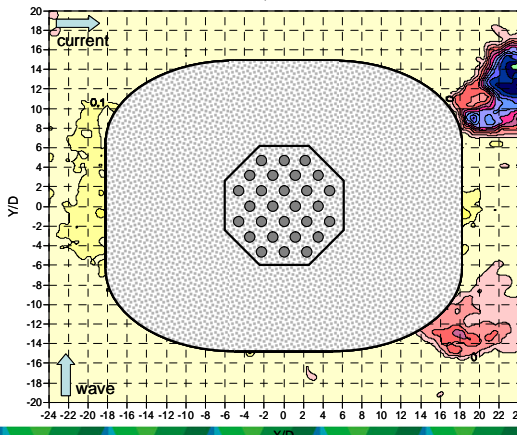
無防淘刷保護工



有防淘刷保護工



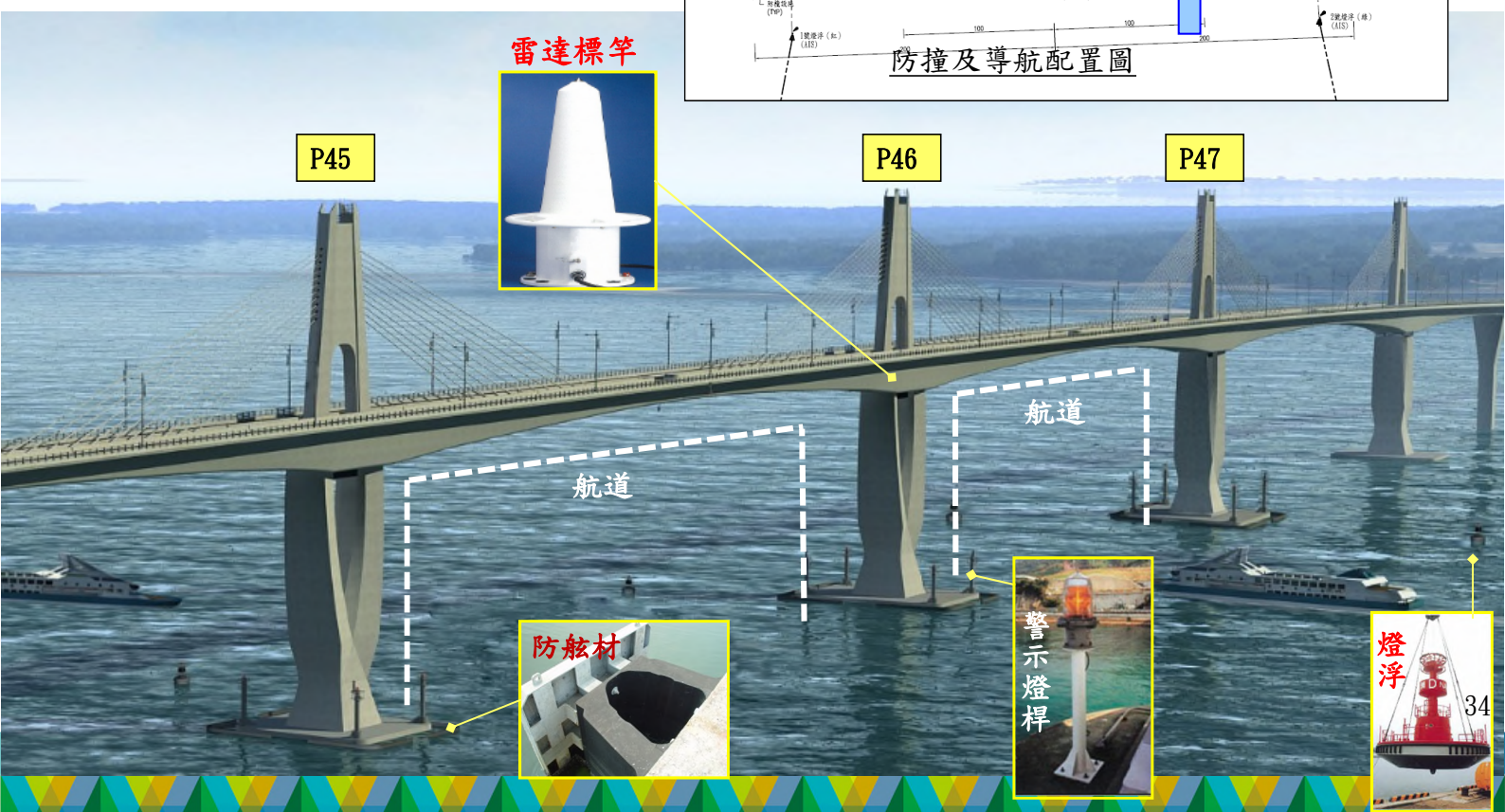
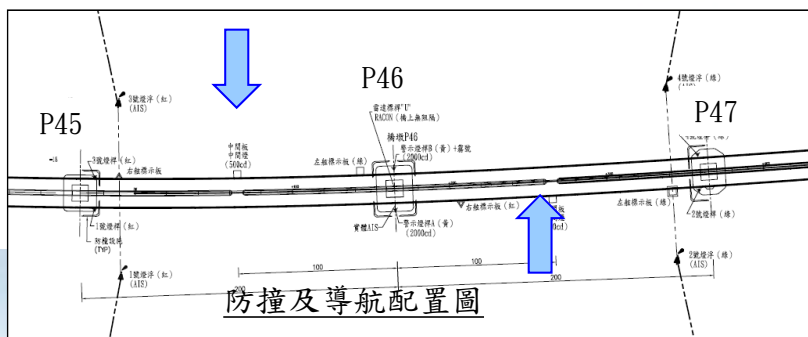
$ds, \max \approx 3.59D$   
範圍兩側  $\approx 7.6D$   
後側  $\approx 8.0D$



群樁附近地形變化

33

# 防撞及導航設施



34



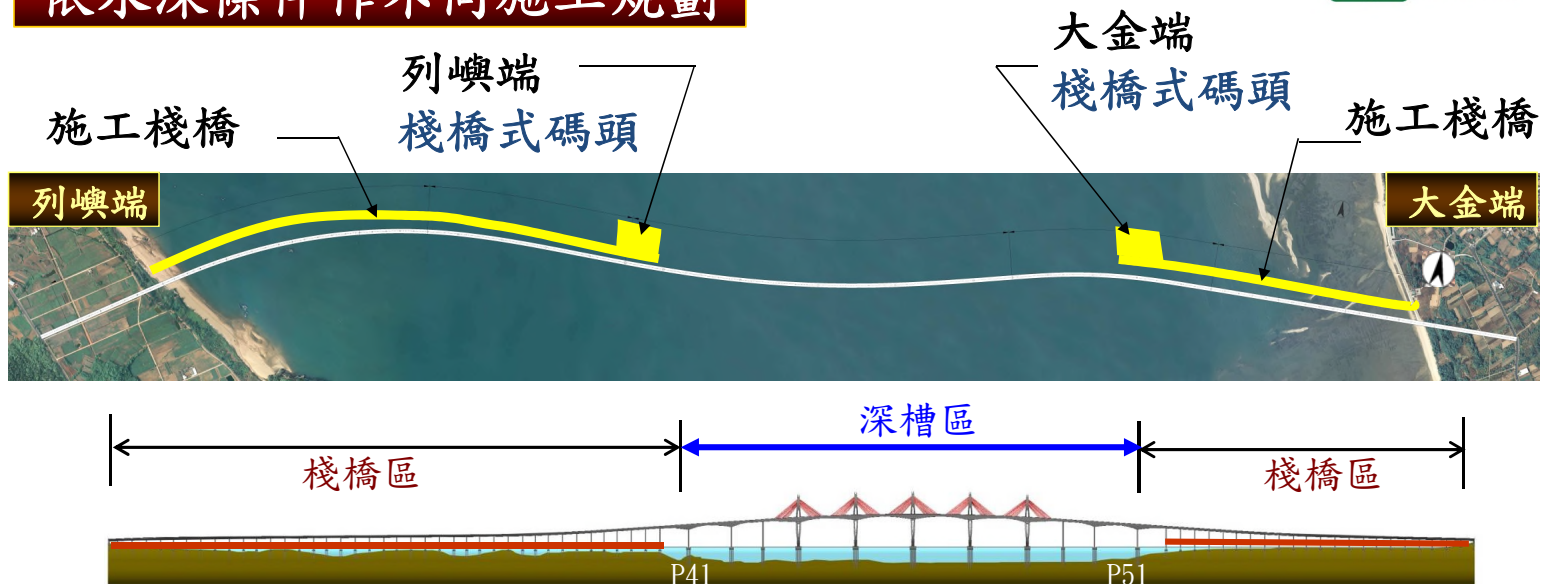


## ■ 施工規劃

35

### 依水深條件作不同施工規劃

高公局



### ■ 深槽區

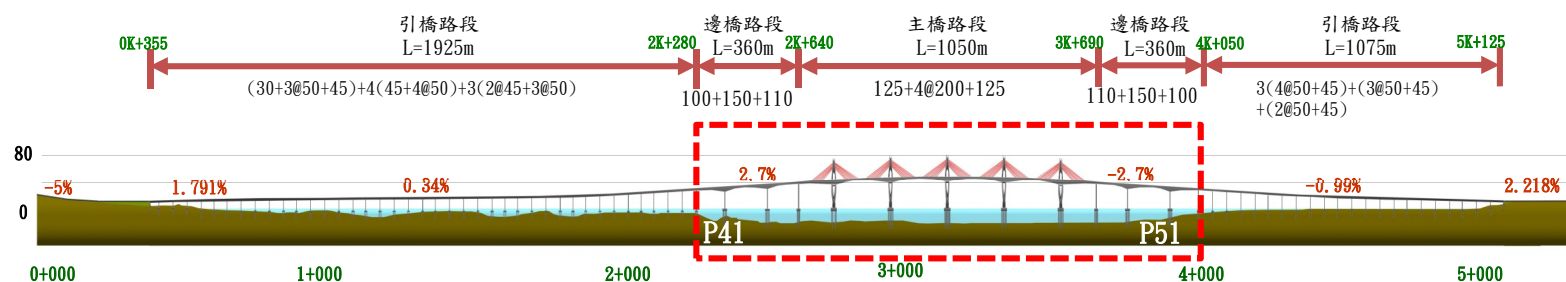
- ◆ 主橋及邊橋段
- ◆ 船機及施工構台
- ◆ 樁帽施作
  - 鋼箱圍堰

### ■ 棧橋區

- ◆ 引橋段
- ◆ 棧橋及施工構台
- ◆ 樁帽施作
  - 鋼箱圍堰、雙層圍堰

36

# 深槽區基礎施工

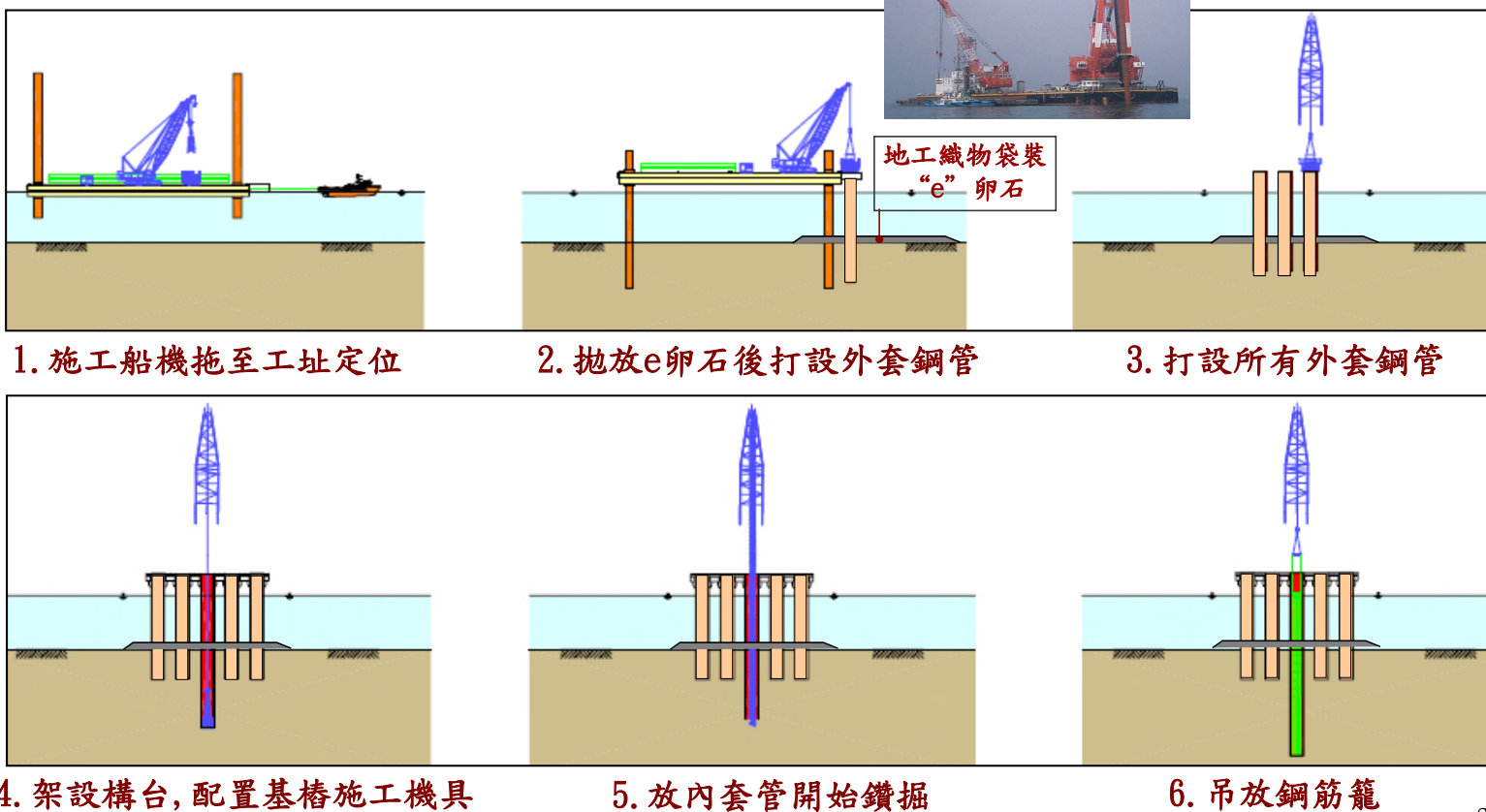


深槽區P41~P51(最大水深達23m)，規劃以船機作業施工

- ◆主橋段P44~P48共 5 座橋墩，最大樁帽尺寸 23 x 29 m，樁數18~25支/墩
- ◆邊橋段P41~P43、P49~P51共6座橋墩，最大樁帽尺寸 18.4 x 16.8 m，樁數12~17支/墩
- ◆樁帽施作：鋼箱圍堰

37

## 深槽區基礎施工流程 1/2

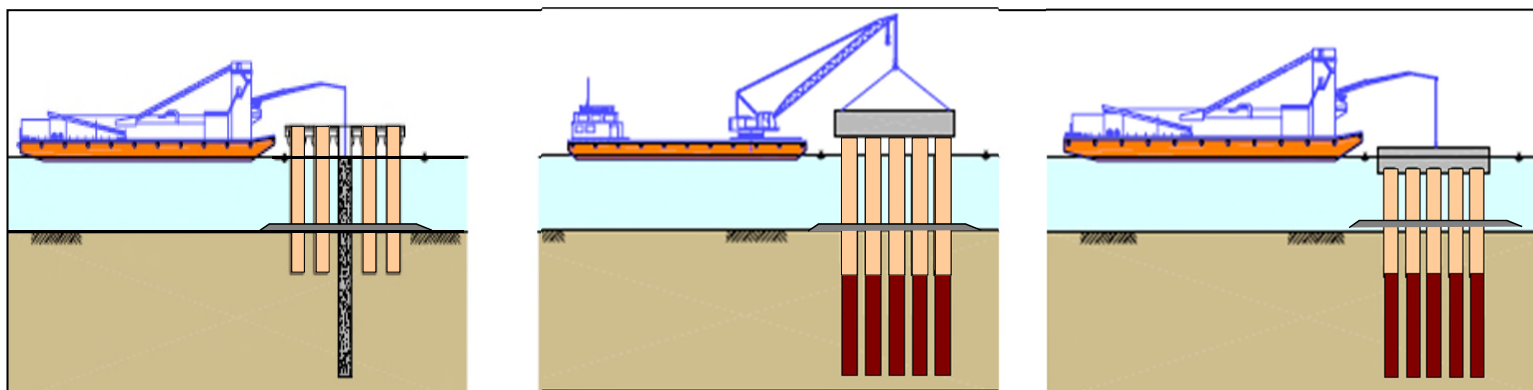


〈補充鑽探，確認樁長〉

38



## 深槽區基礎施工流程 2/2



7. 澆置基樁混凝土

8. 吊放樁帽預製鋼模

9. 澆置樁帽混凝土

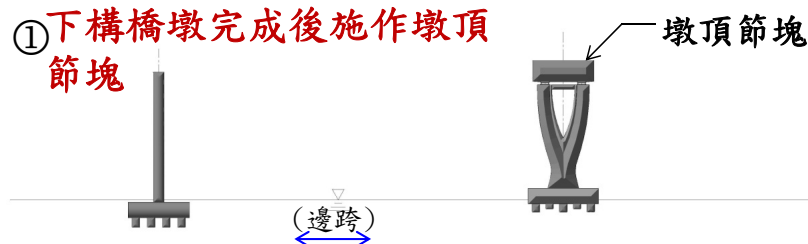


鋼箱圍堰-吊放樁帽預製鋼模

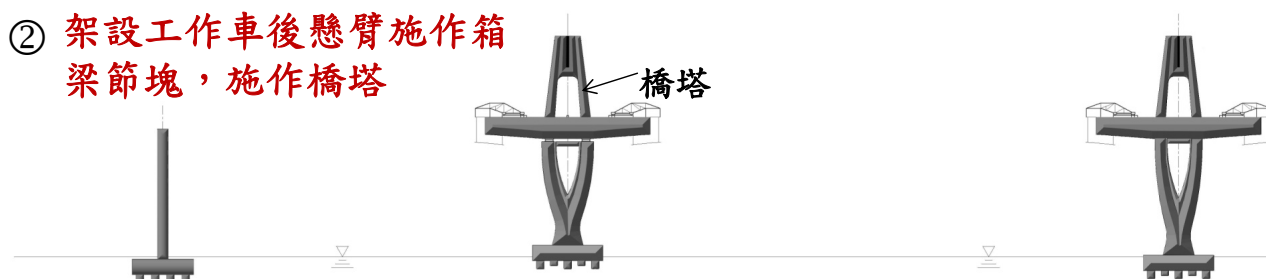
39

## 主橋上部結構施工流程 1/2

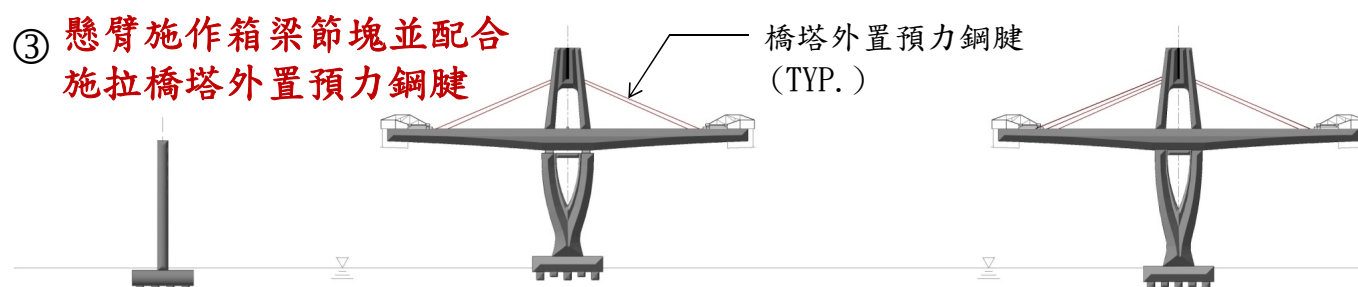
① 下構橋墩完成後施作墩頂節塊



② 架設工作車後懸臂施作箱梁節塊，施作橋塔



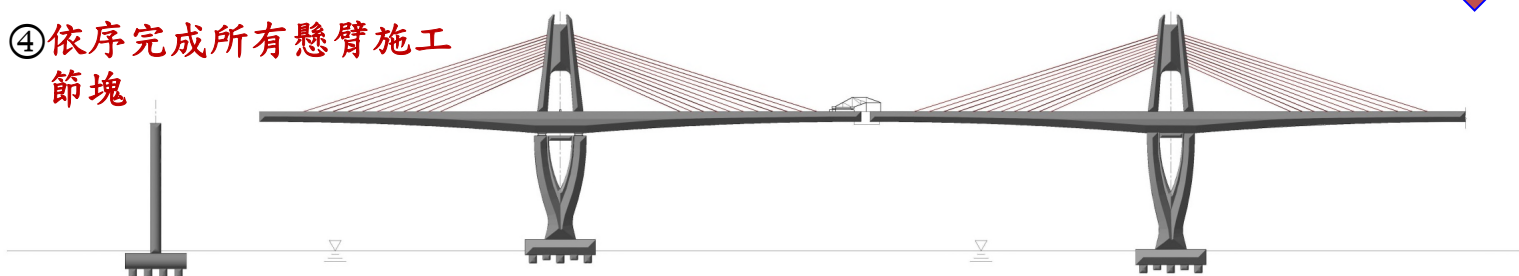
③ 懸臂施作箱梁節塊並配合施拉橋塔外置預力鋼腱 (TYP.)



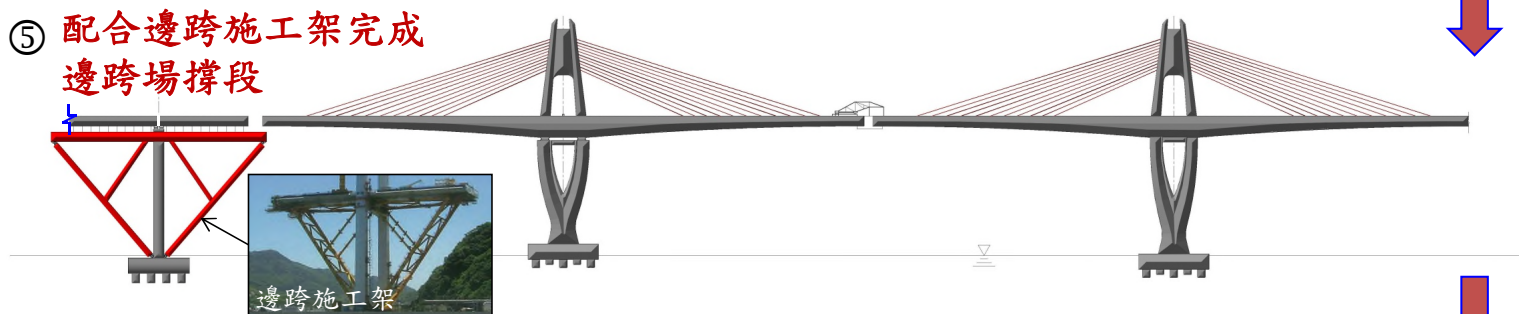
40

# 主橋上部結構施工流程 2/2

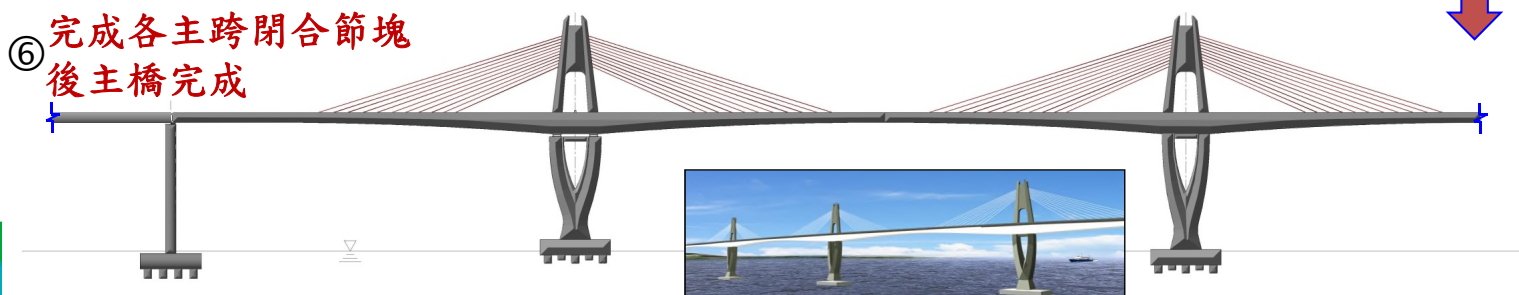
④ 依序完成所有懸臂施工節塊



⑤ 配合邊跨施工架完成邊跨場撐段



⑥ 完成各主跨閉合節塊後主橋完成



41

## 深槽區海上施工船機



頂昇式平台船



鋼管打設機具



混凝土拌合船



起重設備



平台船載運混凝土拌合車

42





頂昇式平台船



混凝土拌合船



起重船



動力船

43

## 棧橋區基礎施工

### 基樁施作

#### ◆ 棧橋及施工構台

### 樁帽施作

#### ◆ 鋼箱圍堰(深水區域)

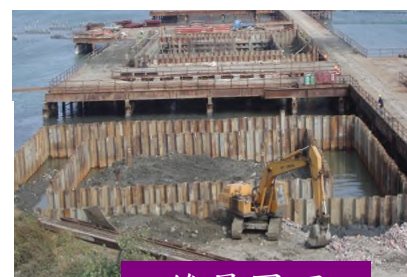
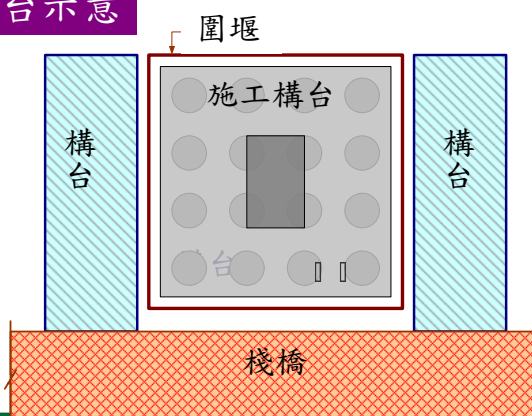
#### ◆ 雙層圍堰(淺水區域)

### 基樁施工



鋼箱圍堰  
(深水區域)

### 棧橋及施工構台示意

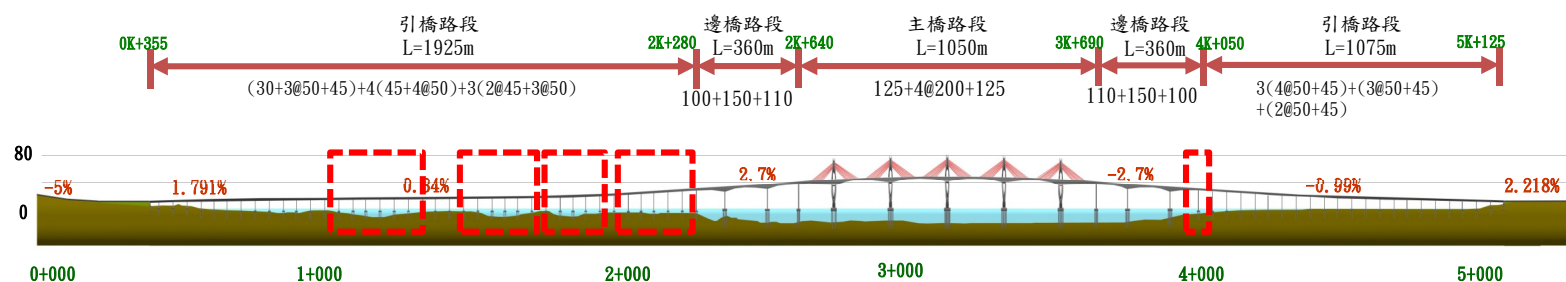


雙層圍堰  
(淺水區域)

44

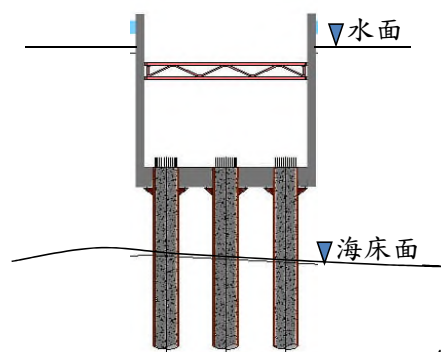


# 鋼箱圍堰施工



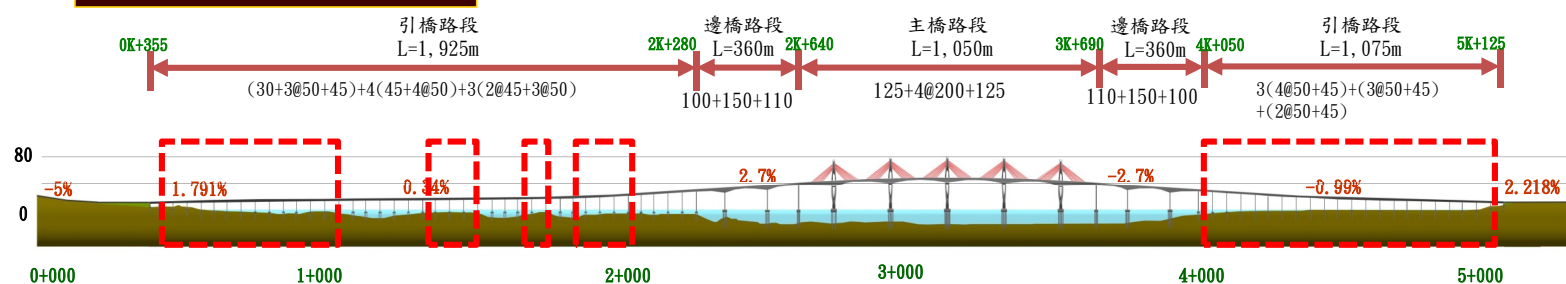
引橋橋墩部分於深水區域(水深大於7m)，  
 樁帽懸於海床面以上，採鋼箱圍堰施工

◆小金端引橋P15~P19、P25~P27、P30~P32、  
 P37~P40，及大金端引橋P52共16座橋墩  
 樁帽最大尺寸11 x 11m



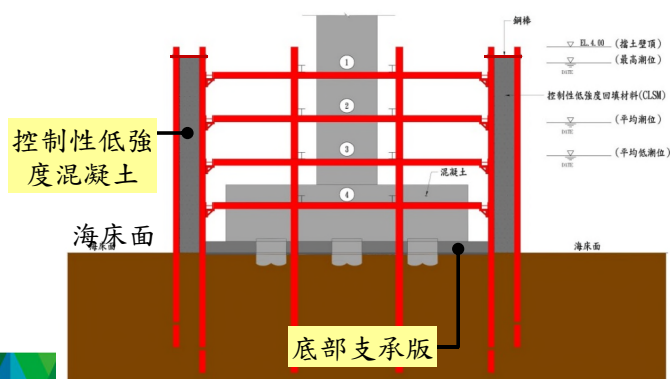
45

# 雙層圍堰施工



引橋橋墩於淺水區域，樁帽底位於海床面以下，採雙層圍堰施工

◆小金端22座橋墩，大金端21座橋墩，樁帽最大尺寸11 x 11m



46





## ■ 橋梁監測及維管

### 環境監測

#### 環境監測計畫內容：

##### ◆ 施工前

放流水質、營建噪音

##### ◆ 施工期間

空氣品質、噪音振動、  
海域水質、海域底質、  
海域生態、動植物生態

##### ◆ 營運期間

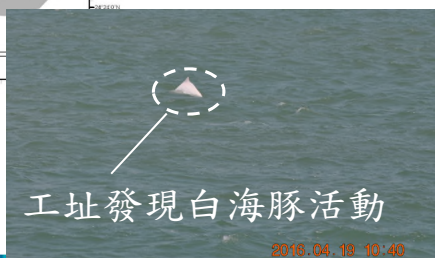
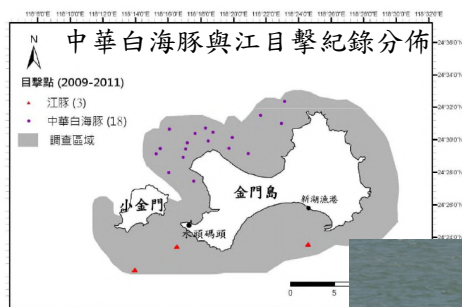
空氣品質、噪音振動、  
海域水質、海域底質、  
海域生態、動植物生態  
、流速流向及地形水深





## 環境監測 - 中華白海豚觀測計畫

- ◆施工期間將指派人員進行監看，並填寫監看日誌及記錄表
- ◆敦聘專家學者定期實施教育訓練
- ◆若發現中華白海豚出現，應立即通報並暫停作業
- ◆逐年檢討監看記錄，了解工址附近中華白海豚活動情形



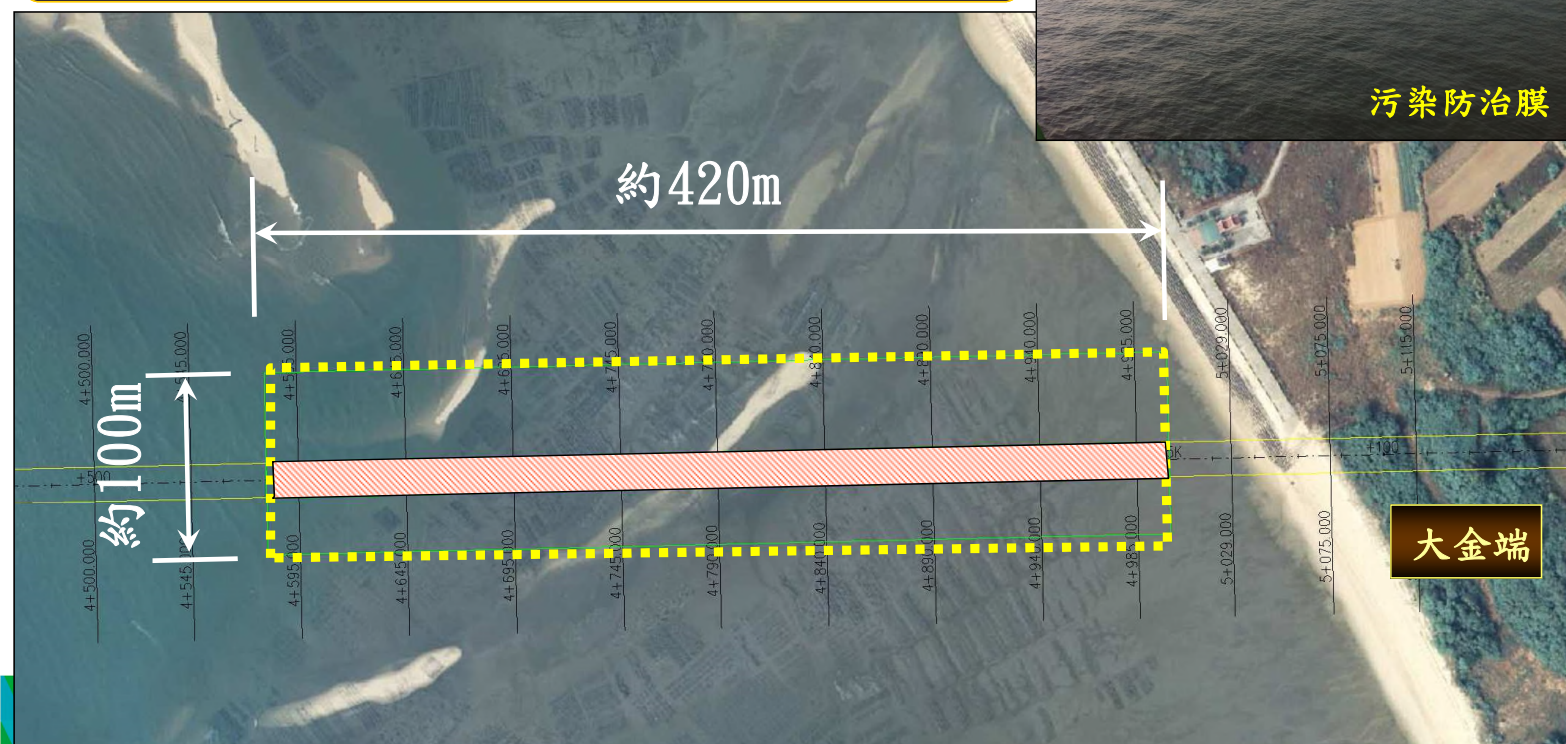
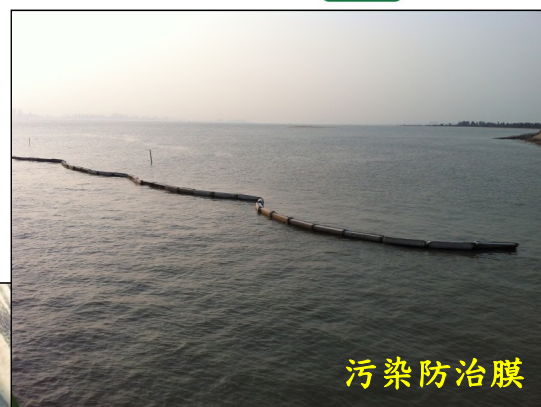
施工期間中華白海豚監看紀錄表

白海豚發現人：		單位：	
發現地點 △：監看位置 ○：白海豚出現位置 →：白海豚移動方向			
填表人：		單位：	
日期	出現位置座標 N：	E：	
出現時間	數量		
天氣	相對距離		
溫度	停留時間		

49

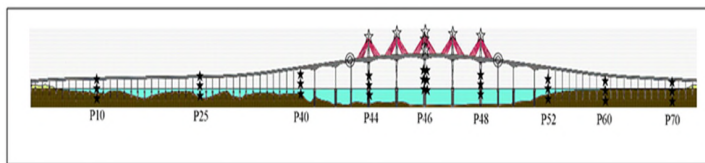
## 設置污染防治膜及水質監測

- ◆蚵架影響範圍長度約420m，寬度約100m
- ◆大金端蚵架區下部結構施工期間配合設置污染防治膜及水質監測





# 橋梁監測計畫



- 金門大橋為目前國內最大規模跨海橋梁，特別研擬規劃橋梁監測計畫，以確保橋梁長期使用功能

## 計畫內容包括

- ◆ 長期材料腐蝕試驗與橋墩腐蝕監測
- ◆ 配合施工時之橋梁構件初始值之量測
  - 環境影響因素(風速、溫度、雨量、濕度)、鋼纜索力、外置預力錨碇塊之應變、主橋橋塔傾斜量及橋體位移、主橋部分箱梁及基樁之應變
- ◆ 完工時之橋梁結構初始值之量測
  - 主橋車輛載重試驗、主橋箱梁應變量測、橋體振動量測、橋體撓度量測、鋼纜微振量測
- ◆ 完整之現地監測系統規劃

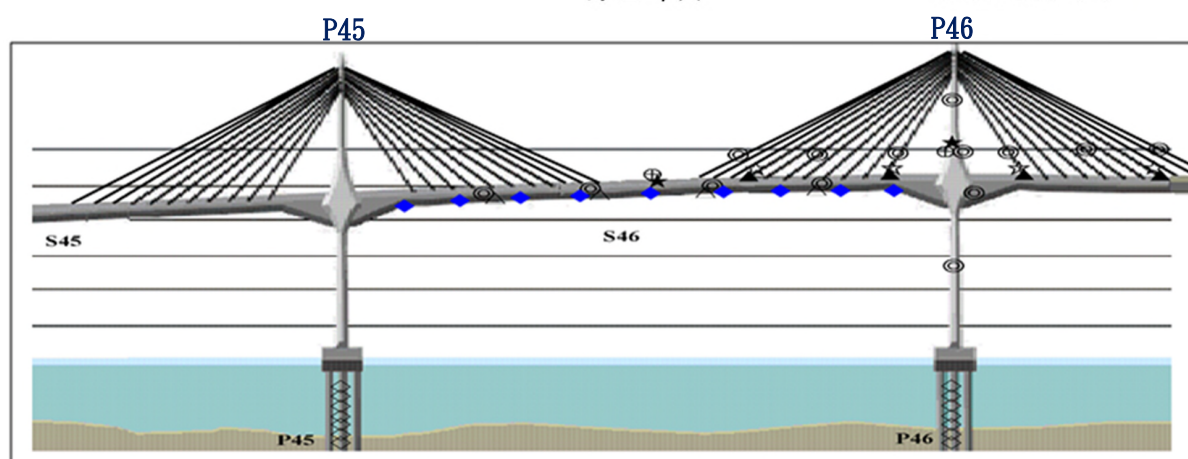
1

## 橋梁監測儀器配置

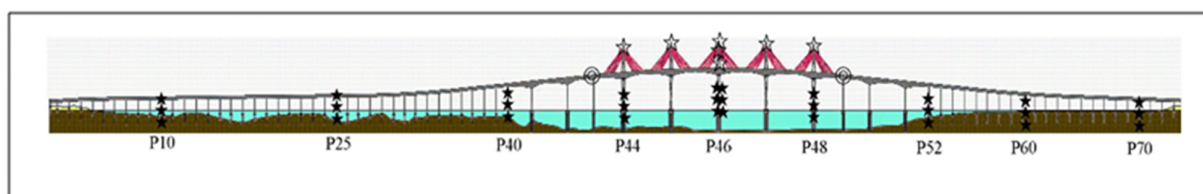
圖例：風速計⊕  
溫度計(熱偶計)◎  
乾溼度計★  
荷重計☆

電阻式應變計▲  
光纖式應變計△  
振弦式應變計◆  
基樁應變計◇

高公局



圖例：腐蝕監測計★ 位移計◎  
傾斜計☆



# 交控系統規劃

## 設置目的

- 路況監視
- 天候偵測
- 用路人資訊提供
- 交通與速限管制



CCTV 閉路電視

RD 雨量偵測器

VD 車輛偵測器(路側式)

CMS 資訊可變標誌

VI 濃霧偵測器

LCS 車道管制號誌

CSLS 速限可變標誌

WD 風力偵測器

VB 車道管制柵欄機

53

## 通車期間風害管理

配合橋上配置之風力偵測器、資訊可變標誌(CMS)、速限可變標誌(CSLs)進行通車期間風害管制

- 風速**5級**(9.66m/s) 以下：無需特別管制
- 10分鐘平均風速**6級至7級**(12.5m/s~18.0m/s)：速限降為50 km/hr
- 10分鐘平均風速**超過8級**(18.0m/s以上)：進行封橋(機率約為1.5%)

54



## 橋梁維護管理

- 設計階段研訂「橋梁維護管理作業計畫書」，提供金門大橋後續維護管理參考
- 除一般橋梁維護管理作業以外，亦針對下列項目規劃特殊項目維護管理
  - 助導航設施維護管理
  - 防撞措施之維護管理
  - 船撞事件後之檢測標準作業程序
  - 防淘刷保護工檢測維修
  - 風害管理

55



交通部高速公路局  
FREEWAY BUREAU, MOTC

## ■ 結語

56



- ◆金門大橋為國內第一座大規模跨海大橋，設計考量已兼顧安全性、耐久性、景觀性、施工性及經濟性
- ◆橋址地盤堅硬，岩盤深度變化大，且水深達23m，施工面臨艱鉅挑戰
- ◆在工程團隊努力下，本工程目前於深水域基樁、樁帽圍堰施工已突破困難，陸續完成中
- ◆期望透過本工程經驗，可提升國內海上橋梁工程的設計及施工技術水準，未來可作為其他海域工程之參考

57



58

金門大橋模擬透視圖(日景)





金門大橋模擬透視圖(夜景)

59



簡報結束

敬請指教