




金門大橋工程

深槽區基樁鑽掘之困難與對策

主講人：張震宇

108 年 04 月 17 日



簡報大綱

- 壹、工程概述
- 貳、施工環境介紹
- 參、主、邊橋基樁設計
- 肆、工址岩位及岩性分佈
- 伍、深槽區基樁施工
- 陸、施工挑戰與克服
- 柒、結語

壹、工程概述



壹、工程概述－基本資料

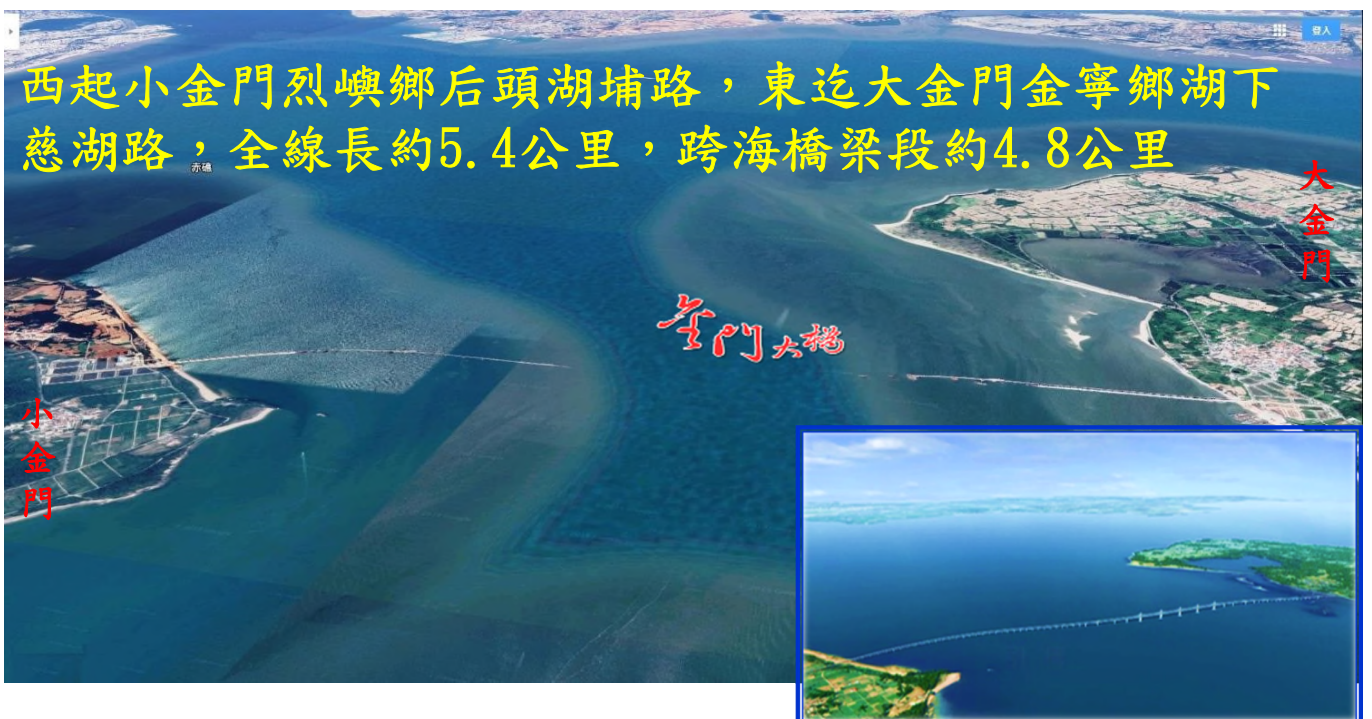
- 主辦機關：金門縣政府
- 代辦機關：交通部高速公路局
- 設計單位：台灣世曦工程顧問股份有限公司
- 監造單位：台灣世曦工程顧問股份有限公司
- 承攬廠商：東丕營造股份有限公司
- 契約金額：59億5,385萬元
- 契約工期：1,470日曆天(一例一休、颱風展延102日曆天)
開工日期105年12月28日，完工日期110年1月5日

壹、工程概述- 位置



4

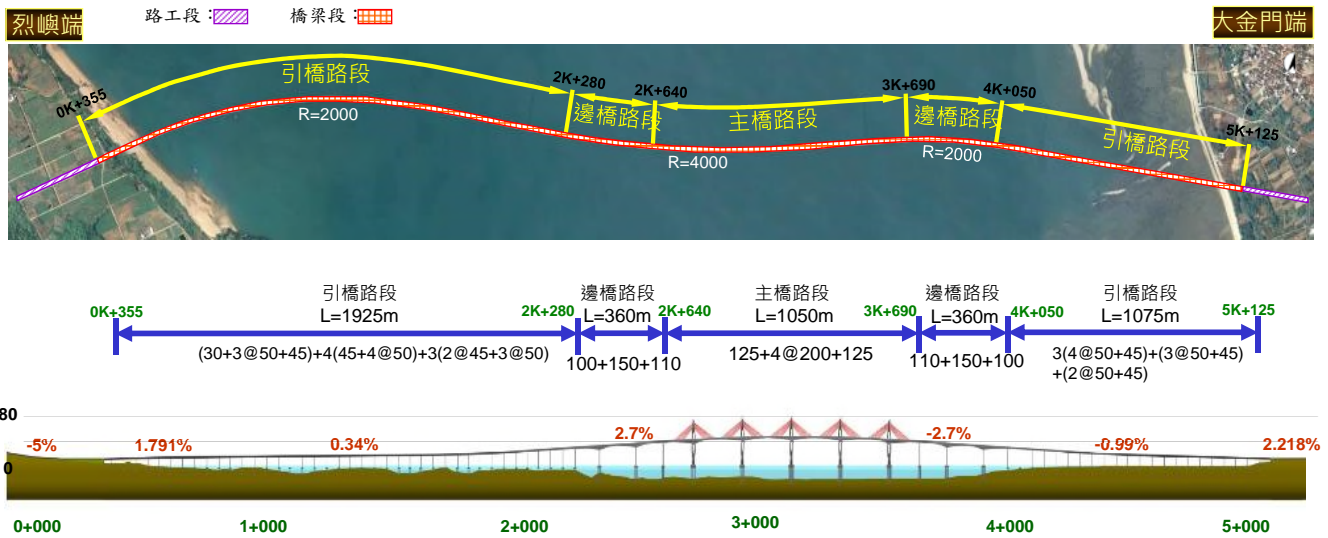
壹、工程概述- 位置



5

壹、工程概述- 橋梁配置

依橋梁位置區分為主橋、邊橋及引橋三部分



橋梁全長4.8公里

6

壹、工程概述- 引橋段

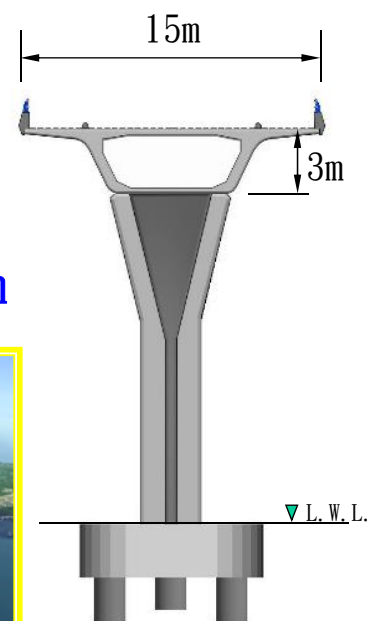
小金端A1、P1~P40，大金端P52~P73、A2，共計64墩，每墩跨距30m~50m，全長3000m，基樁直徑1.5m。



小金端1,925m



大金端1,075m



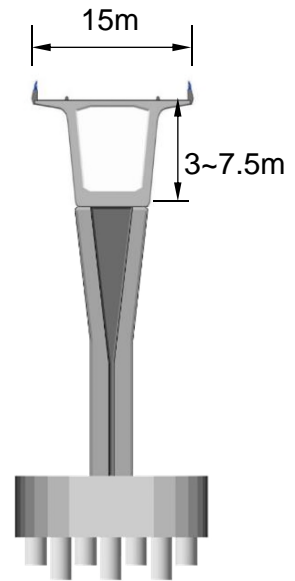
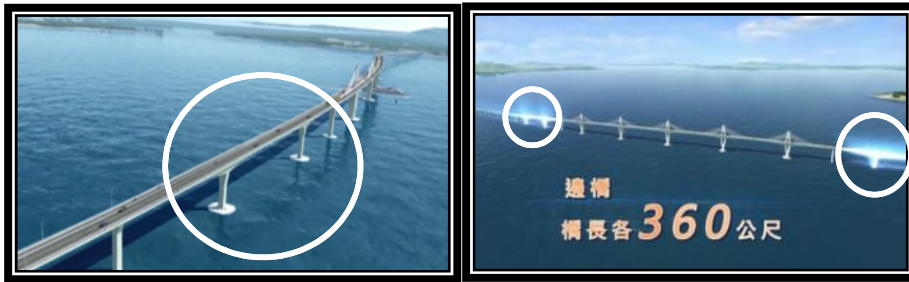
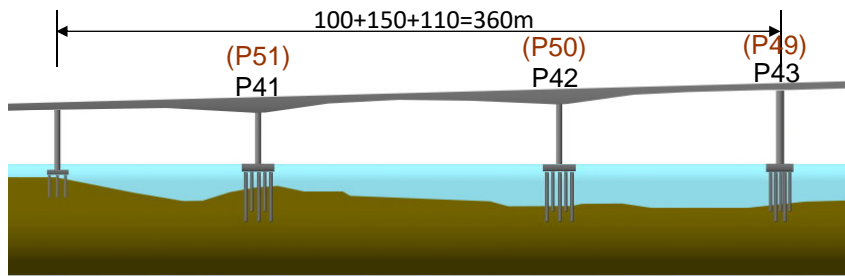
引橋橋墩型式

引橋段基樁總數：339支

7

壹、工程概述— 邊橋段

小金端邊橋段墩位P41~P43、大金端邊橋段墩位P49~P51，共計6墩，全長720m，基樁直徑2.0m。

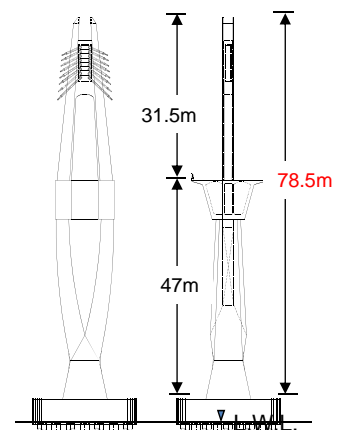
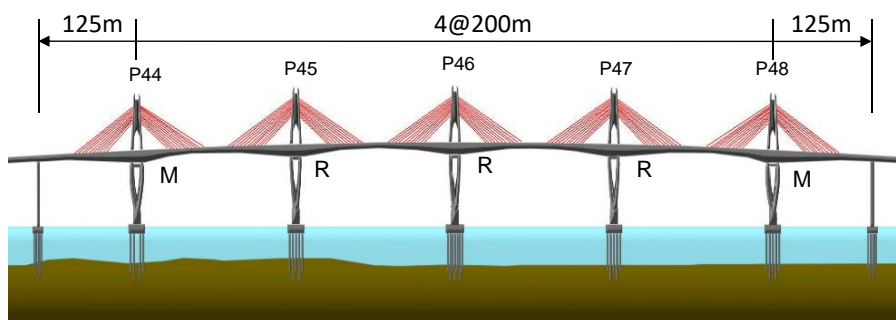


8

邊橋段基樁總數：92支

壹、工程概述— 主橋段

主橋段P44~P48，共計5墩，每墩跨距200m，全長1,050m，基樁直徑2.5m。



橋塔立面及斷面圖

9

主橋段基樁總數：101支

貳、施工環境介紹



貳、施工環境介紹- 潮位變化

↑最高潮位 EL. 3.16M

↓最低潮位 -EL. 3.14M

最大潮差約6.3M



貳、施工環境介紹- 地質

金門及烈嶼之岩層主要為中生代花崗片麻岩、花崗岩與石英片岩，其中夾雜各種不同的火成岩侵入，岩盤面則堆疊紅土礫層與沖積層



貳、施工環境介紹- 海象

金門海域於每年12月至次年2約間為東北季風最為強烈之季節，瞬間風速高達8~10級，平時6~8級者屬稀鬆平常，是造成海面風浪強勁之主因，致使施工船機搖晃，影響海上施工作業甚大。



貳、施工環境介紹- 濃霧

金門海域繼每年12月至次年2約間之東北季風之後，每年2至6月間為多霧的時節，甚而造成金廈、大小金航道停航亦屬常有，對於施工船機海上作業及各墩柱施工工率造成影響。



14

濃霧迷航



15

參、主、邊橋基樁設計



參、主、邊橋基樁設計- 基樁型式規劃

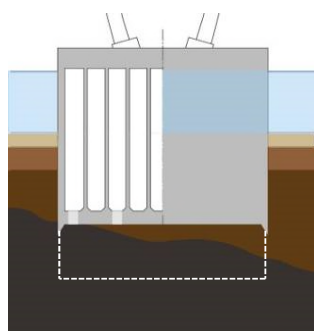


■ 地質條件

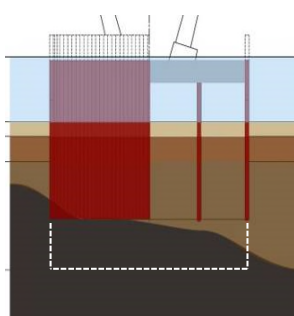
- ◆ 岩盤深度變化大
- ◆ 部分墩位覆土層淺
 - 最淺僅約60cm
- ◆ 岩盤風化程度差異大
- ◆ 覆土層N值變化大

■ 基礎型式選擇考量

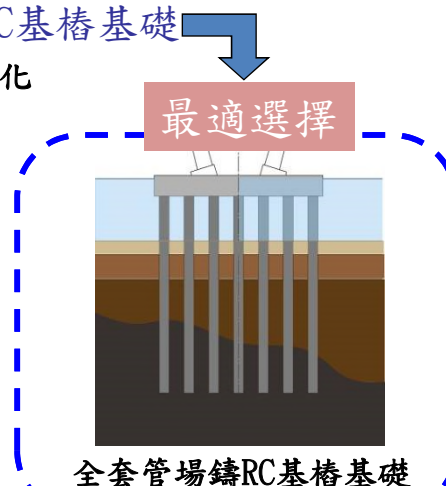
- ◆ 沉箱基礎
 - 岩盤深度差異大，座底穩定性及施工性不佳
- ◆ 鋼管板樁井筒式基礎
 - 鋼管板樁需打設入岩，施工性不佳成本高
- ◆ 全套管場鑄RC基樁基礎
 - 能因應地盤變化



沉箱基礎



鋼管板樁井筒式基礎



全套管場鑄RC基樁基礎

參、主、邊橋基樁設計- 樁徑配置

■ 深槽區主橋樁徑配置評估

- 針對主橋橋塔需求，評估2m、2.5m、3m樁徑之全套管基樁
- 2m樁徑之材料使用量最高、所須工期最長，
2.5m樁徑之材料使用量居中，
3m樁徑之材料使用量最低、所須工期最短
- 2m樁徑國內商源較多，2.5m樁徑國內商源尚可取得，
3m樁徑僅有德國或日本少數廠商具施工能力

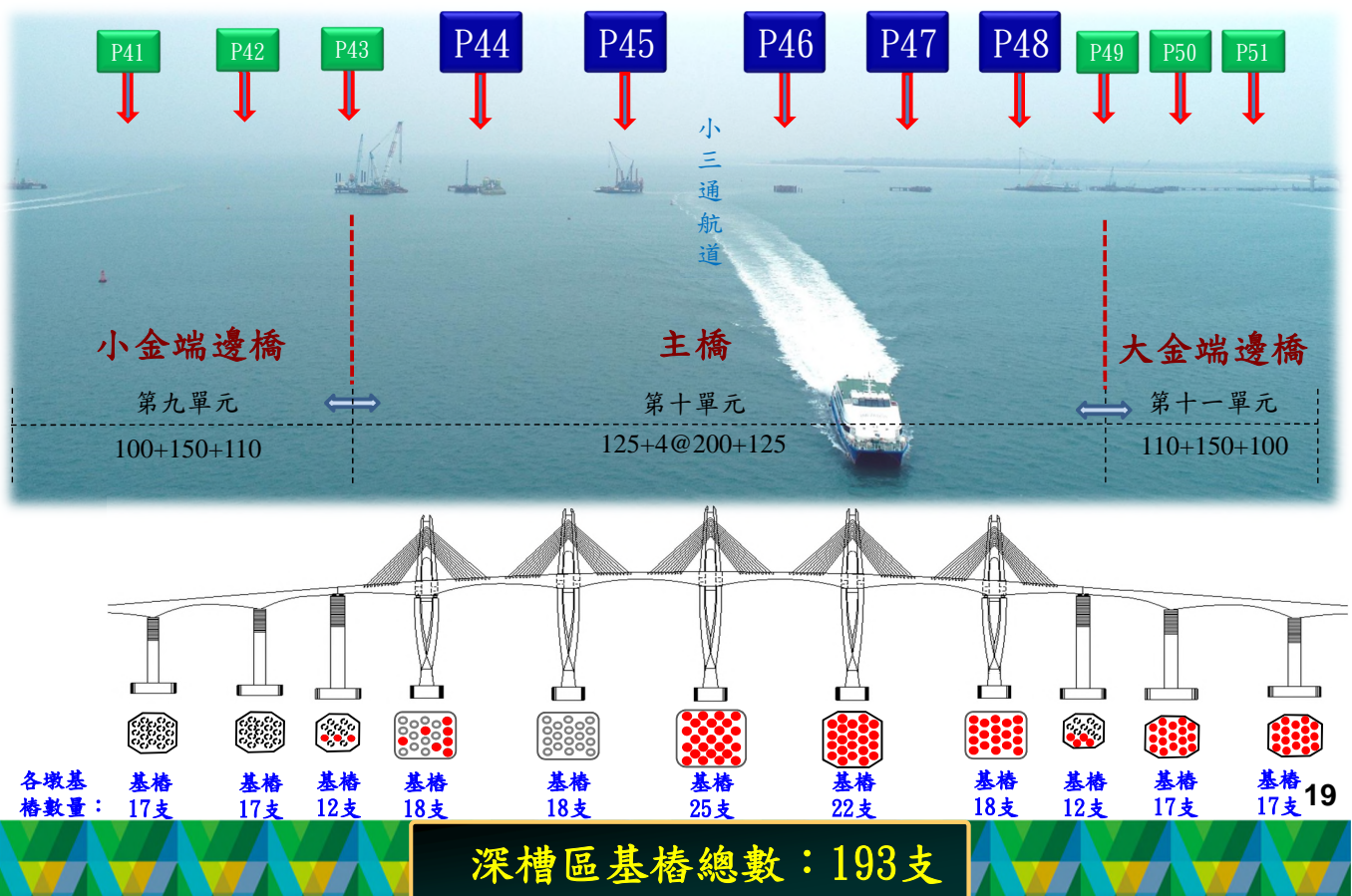
考量經濟性及商源取得，
擬採**2.5m樁徑**之全套管基樁

■ 邊橋、引橋樁徑配置評估

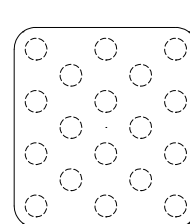
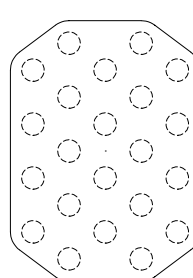
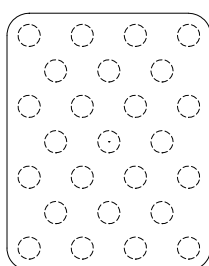
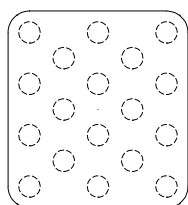
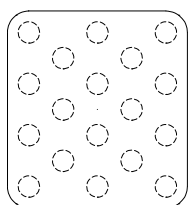
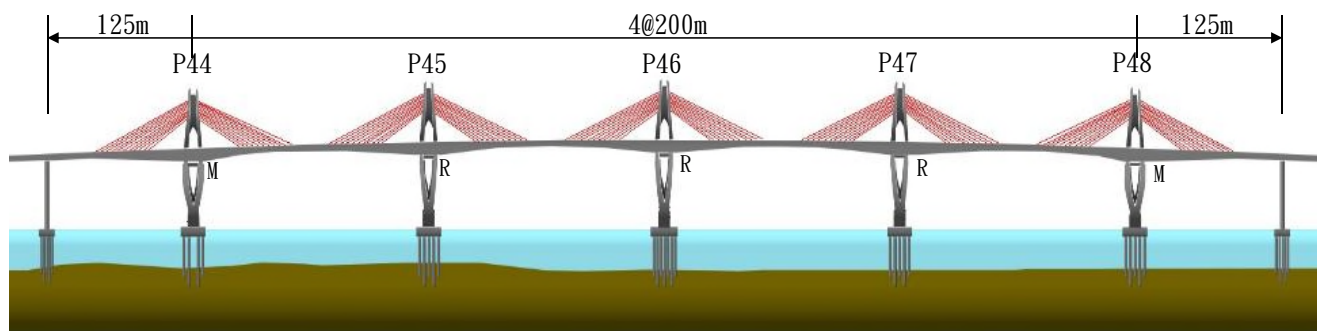
- 針對邊橋及引橋力量規模並配合經濟性、施工性等綜合考量，邊橋採2.0m樁徑，引橋採1.5m樁徑

18

參、主、邊橋基樁設計- 基樁配置



參、主、邊橋基樁設計- 主橋基樁配置

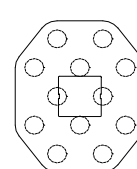
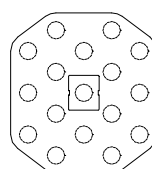
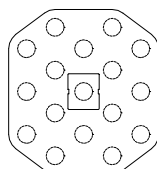
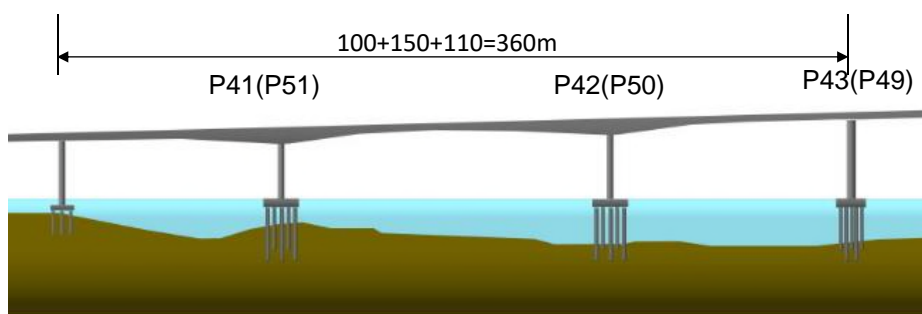


	P44	P45	P46	P47	P48
樁數	18支	18支	25支	22支	18支
樁長	41m	41m	45m	47m	58m
入海床長	24m	27m	27m	29m	40m

20

深槽區基樁總數：193支

參、主、邊橋基樁設計- 邊橋基樁配置



	P41(P51)	P42(P50)	P43(P49)
樁數	17支	17支	12支
樁長	36m(62m)	37m(62m)	37m(63m)
入海床長	28m(52m)	20m(43m)	20m(46m)

21

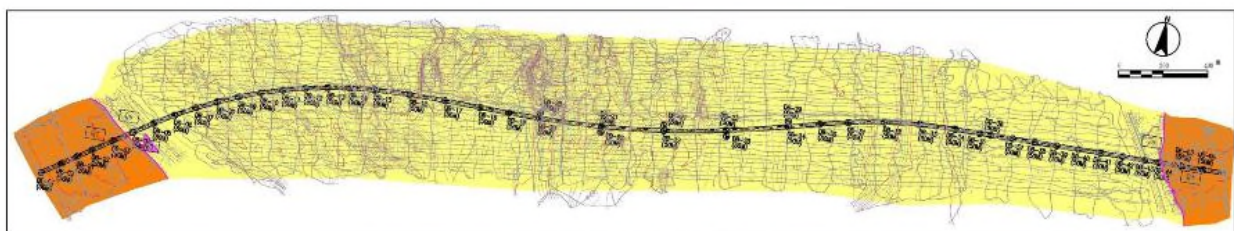
深槽區基樁總數：193支

肆、工址岩位及岩性分布

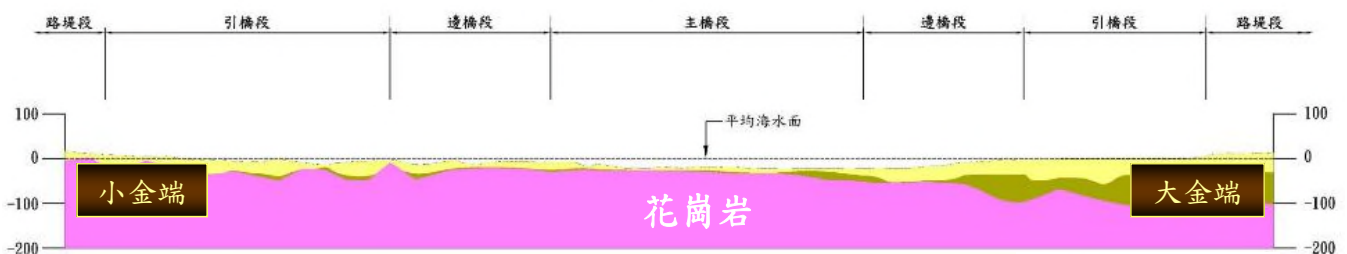


高公局

肆、工址岩位及岩性- 地質平面



金門大橋地質平面圖



圖例：

沖積層(Qa1)N<50

沖積層(Qa2)N>50

紅土台地

花崗岩/
花崗片麻岩

➤ 工址基盤：

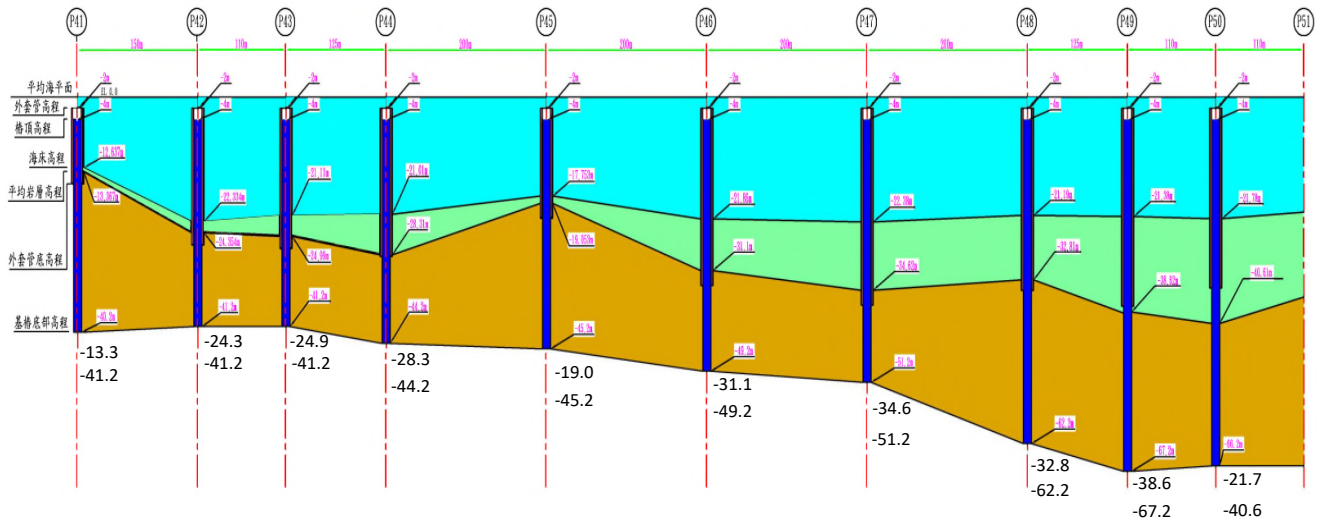
1. 工址基盤為花崗岩

2. 局部裂隙有侵入之基性岩脈（如流紋岩）

➤ 基盤上覆蓋為風化及侵蝕作用之風化土層或紅土礫石層

➤ 最上層為沖積層

肆、工址岩位及岩性- 岩位及岩性變化



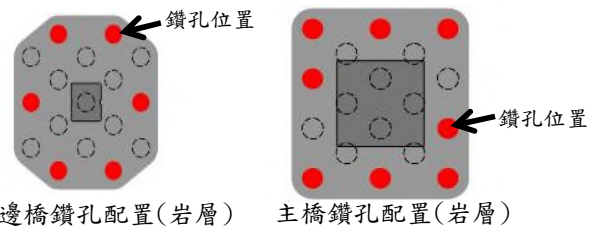
- 深槽區花崗岩硬度分布變化複雜，依據補充地質鑽探結果，深槽區岩體單壓強度差異甚大，最低僅 144 kgf/cm²，最高達 2,628 kgf/cm²。

- 岩盤深度變化大：以STA. 2+320、2+880、3+440為例，同一里程橋橫向相距25m之兩鑽孔岩盤深度差異達10m以上。

24

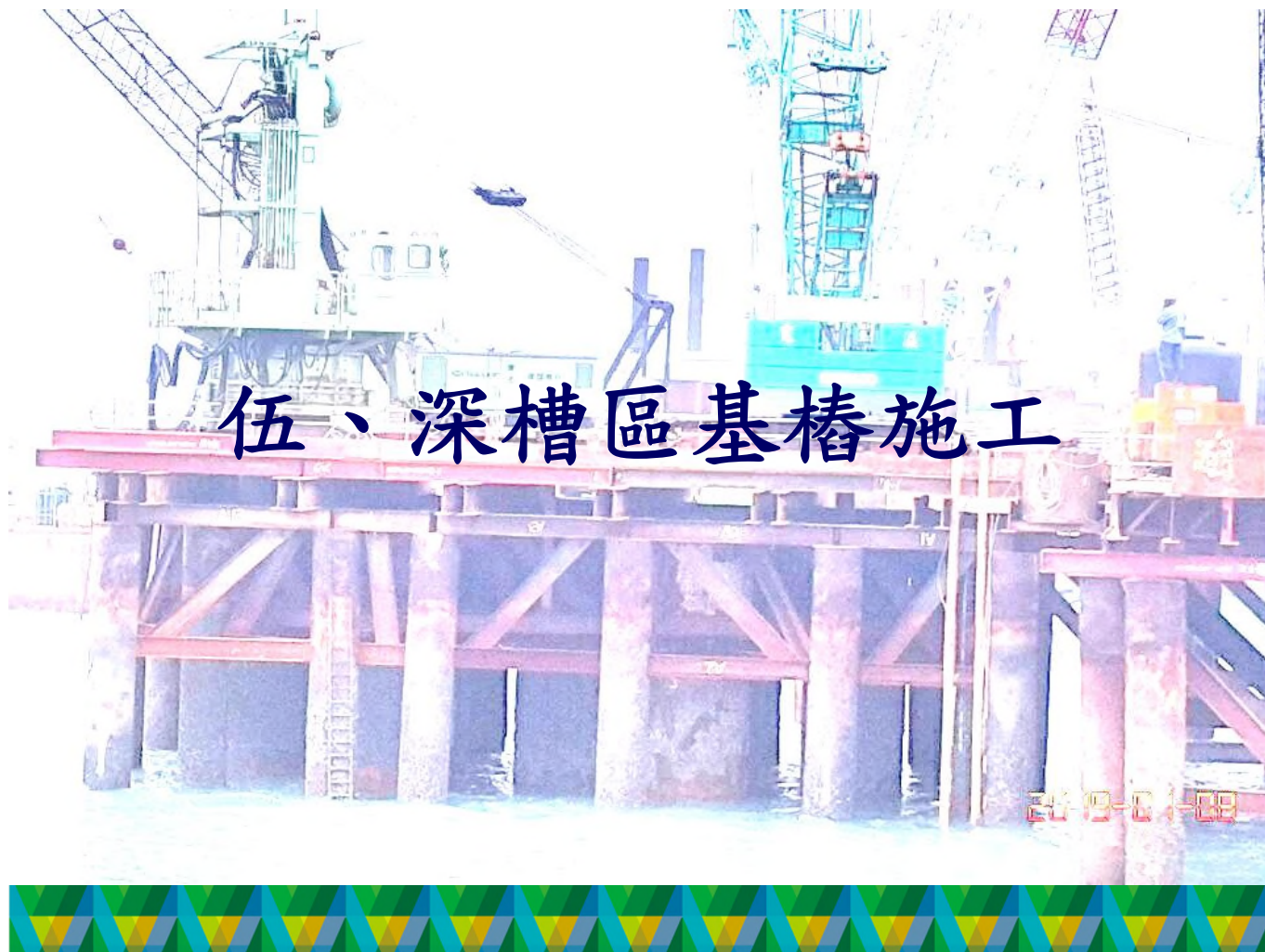
肆、工址岩位及岩性- 補充鑽探

- 設計階段引橋段已完成36孔，邊橋段4孔，主橋4孔，共計44孔，作為發包階段樁長決定依據，考量工址岩盤變化急遽，承包商應於**施工前**進行補充鑽探
- 確認設計階段基樁底部座落**新鮮岩盤**(岩盤風化度分類級數3，中度風化，ISRM)
- 補充地質鑽探配置(總數176孔)
 1. 引橋段，大金端每墩施作1孔(P57、P60除外)，小金端每墩施作2孔，計100孔。
 2. 邊橋段每墩施作6孔，計36孔。
 3. 主橋段每墩施作8孔，計40孔。



- 樁長判定：由承包商應用地質技師、設計單位及監造單位等進行**岩心判釋會勘**，修正鑽探成果資料併同岩樣試驗結果提送設計單位決定基樁長度。

25



伍、深槽區基樁施工— 船機、設備

海上施工作業首重船機之使用，為因應海上施工及花崗岩鑽掘、外套鋼管打設、施工構台設置、基樁施工作業推展及後續基礎鋼箱圍堰吊放，承包商購置或租用設施如下：

1. 施工船機

計有拖船**5艘**、工作平台船**6艘**、頂昇式平台船**3艘**、起重船**2艘**、拌和船**2艘**、警戒船**2艘**、安全巡邏船**1艘**，合計**21艘**。

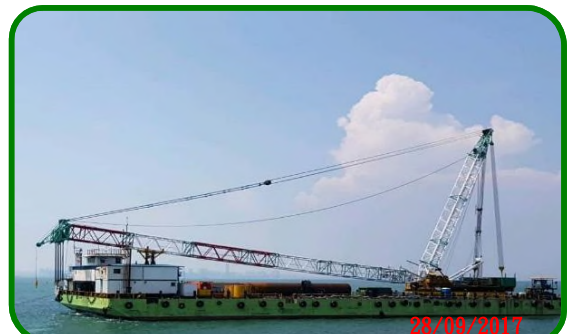
2. 基樁施工設備

- 1) 振動樁錘：為配合加速外套鋼管拔除或打設，承包商進用 ICE250NF、ICE250C、ICE 1412、DZJ240、DZP150、DZP120 等6部振動樁錘進行施工。
- 2) 基樁設備：計進用有1.5M ϕ 搖管機 **1部**、2.0M ϕ 搖管機 **1部**；3M ϕ RCD **2部**、韓商 3M ϕ RCD **2部**及港商3M ϕ RCD **2部**，配合深槽區基樁施工作業。

伍、深槽區基樁施工- 主要施工船舶(一)



起重船-東坪8號(650T)



起重船-東坪9號(800T)



混凝土拌和船-東坪7號



混凝土拌和船-東錫97

28

伍、深槽區基樁施工- 主要施工船舶(二)



頂昇式平台船-東地1號



頂昇式平台船-東彥號(JB112)



船隊停泊大金端臨時碼頭



頂昇式平台船-海岸二號

29

伍、深槽區基樁施工- 施工機具-振動鉗



ICE250NF(振動力 712 T)



ICE1412(振動力305T)



DZJ240(振動力186T)



DZP150(振動力110T)

30

振動鉗施工



伍、深槽區基樁施工- 基樁鑽掘機具(1)



32

伍、深槽區基樁施工- 基樁鑽掘機具(2)

洛陽鎚

- 功率不佳，入岩每日進度3~5公分
- 造漿出渣及防坍，管壁因附著漿膜，須進行刷漿程序，確保基樁岩面磨擦力
- 造漿排放漿水造成海水汙濁



33

伍、深槽區基樁施工- 基樁鑽掘機具(3)



汽動鎚

- ❑ 打擊力過大，造成外套鋼管管身或管口變形。
- ❑ 操作人員隨掛作業，施工安全風險高。



34

伍、深槽區基樁施工- 基樁鑽掘機具(4)

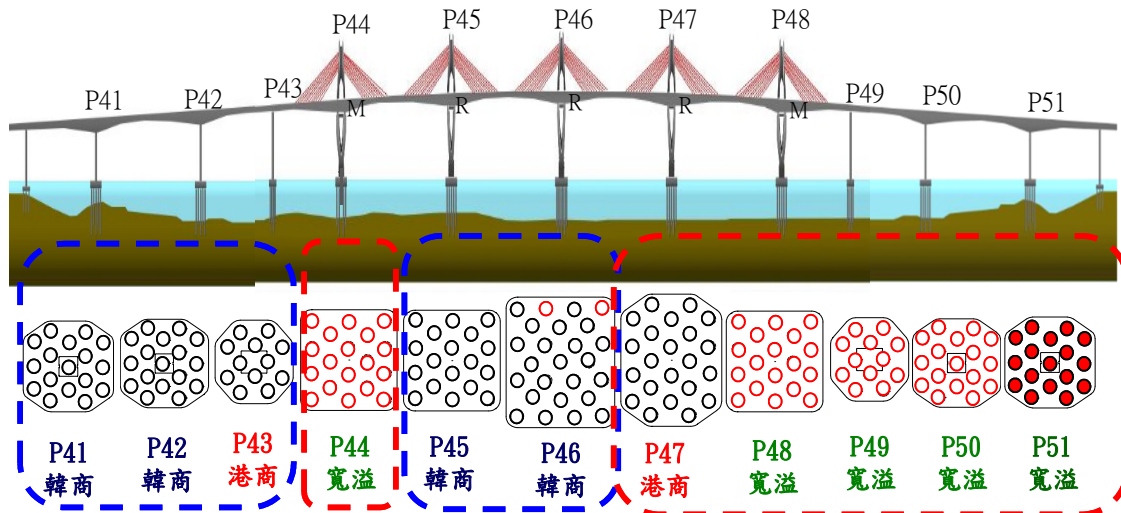
Rodless Reverse Circulation Drill (R R C) 因外套鋼管變形無法下鑽



35

伍、深槽區基樁施工－專業廠商

- ◆ 深槽區主邊橋基樁施工，目前由國內（寬溢）、外籍（韓商東明）及香港（遜傑）為基樁施工主力廠商。
- ◆ 工作面分配：寬溢：P44、P48~P51；韓商東明：P41~42、P45~46；香港（遜傑）：P43、P47



36

伍、深槽區基樁施工－施工作業面規劃

- 海上施工構台：利用打設完成之基樁外套鋼管互相平聯，形成完整而牢固之海上基樁作業平台。其優點為穩定性與安全性高，不受海面風浪影響，但設置耗時且成本高（2月/1,700萬/1座）。
- 頂昇式平台船：以棒錨將平台船定位於墩位上，配合導向樣架施作基樁，優點為施工作業面設置快速，但仍易受海面波浪影響。



▲ 海上施工構台

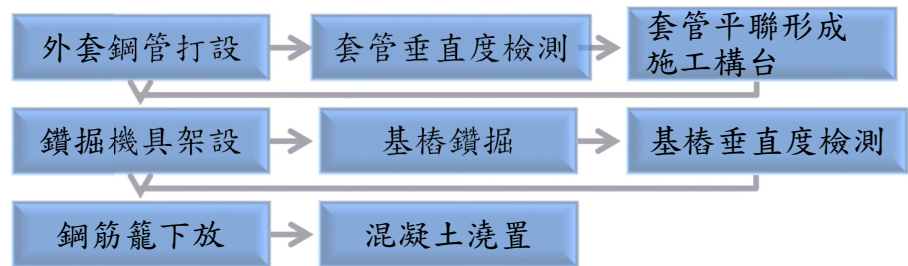


▲ 頂昇式平台船

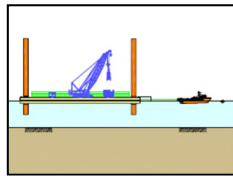
37

伍、深槽區基樁施工- 構台施工

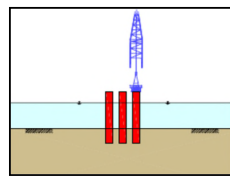
◆ 施工工序



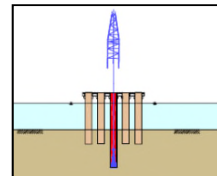
◆ 人力配置 鑽掘機操作手、吊車操作手、施工助手等共計8人



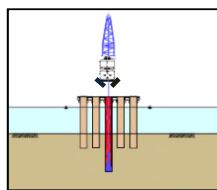
1.船機定位



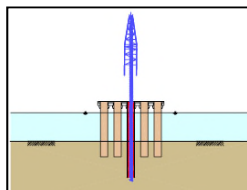
2.打設外套管



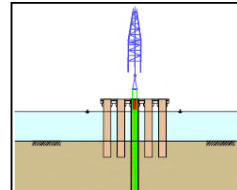
3.架設構台



4.開始鑽掘



5.吊放鋼筋籠



6.基樁澆置

38

伍、深槽區基樁施工- 構台基樁施工



外套鋼管打設



外套鋼管平聯



施工構台設置



基樁鑽掘



超音波檢測基樁垂直度



鋼筋籠吊放搭接



基樁混凝土澆置

39

構台架設施工

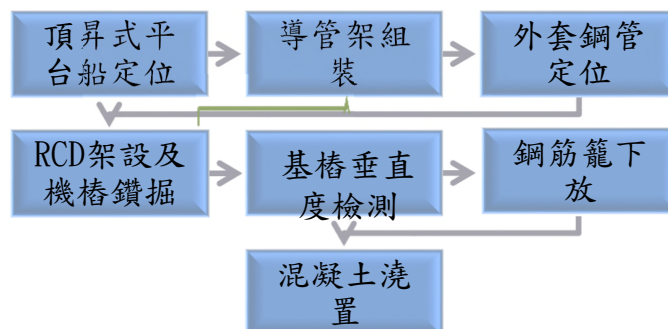
基樁構台立柱打設



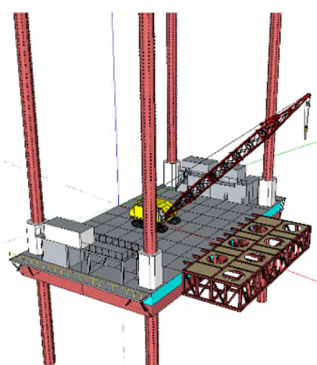
40

肆、深槽區基樁施工－頂昇式平台船基樁施工

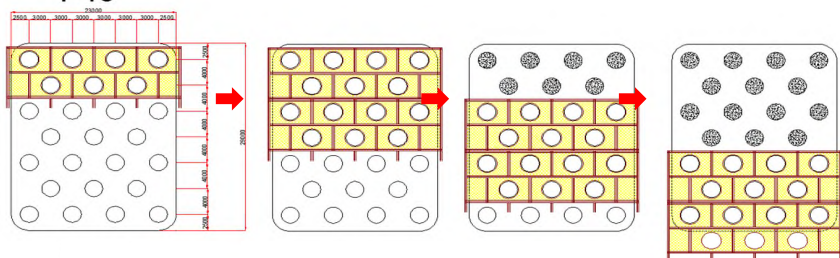
◆ 施工工序



◆ 人力配置 鑽掘機操作手、吊車操作手、施工助手等共計12人



P46



① ② ③ ④

41

肆、深槽區基樁施工－頂昇式平台船施工



導架安裝



外套鋼管安置



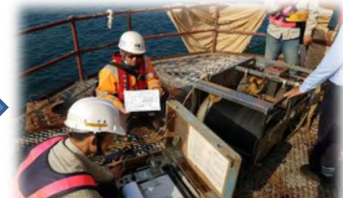
套管下壓



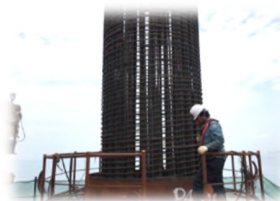
RCD鑽頭下放



基樁鑽掘



超音波檢測



吊放鋼筋籠



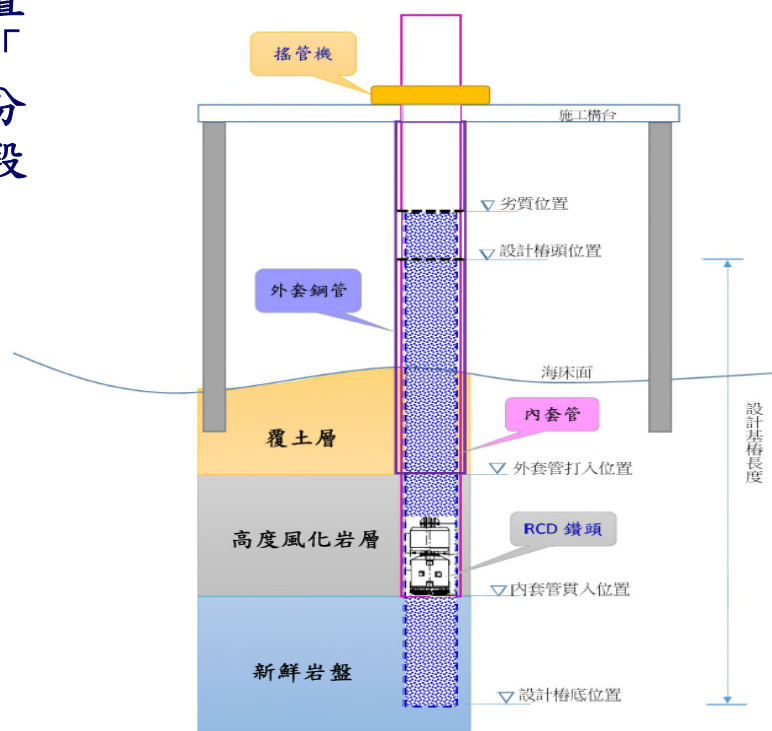
海上拌和船混凝土澆置

42

伍、深槽區基樁施工－基樁施工方式

外套管+內套管+RCD 基樁施工斷面示意圖

- 本工工程基樁因施工位置位於海中，依據設計「海中全套管基樁施作分為海水層段、覆土層段及岩層段三部分」



43

伍、深槽區基樁施工 - 基樁施工方式(1)

➤ 單套管施工（外套鋼管）：

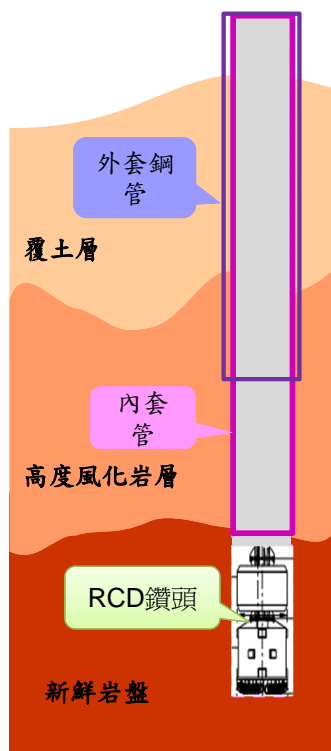
用於岩位高無覆土層之墩位，因無坍孔問題，可不使用內套管，基樁鑽掘採用Reverse Circulation Drilling (RCD)施工



44

伍、深槽區基樁施工 - 基樁施工方式(2)

雙套管



外套鋼管打設深度僅需考量構台承载力及後續鋼箱圍堰抗浮需求即可，內套管則搭配搖管機進行鑽掘，並於澆置過程中起拔內套管。



45

伍、深槽區基樁施工- 外套鋼管

基樁外套鋼管功能

- 模板
- 支撐
- 抗浮



外套鋼管補強

- 管口加勁



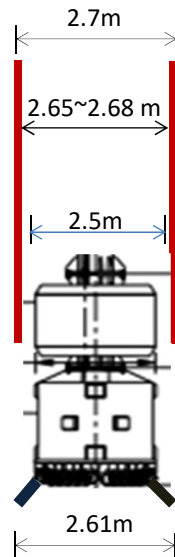
46

伍、深槽區基樁施工- 擴孔鑽頭

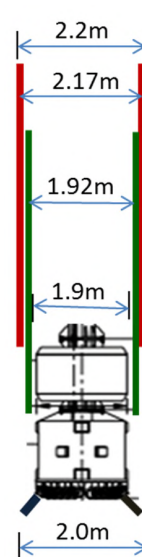


□ 外套鋼管、內套管及鑽頭關係圖：

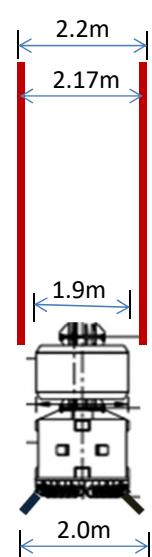
§ 2.5m基樁
(單套管)



§ 2.0m基樁
(雙套管)



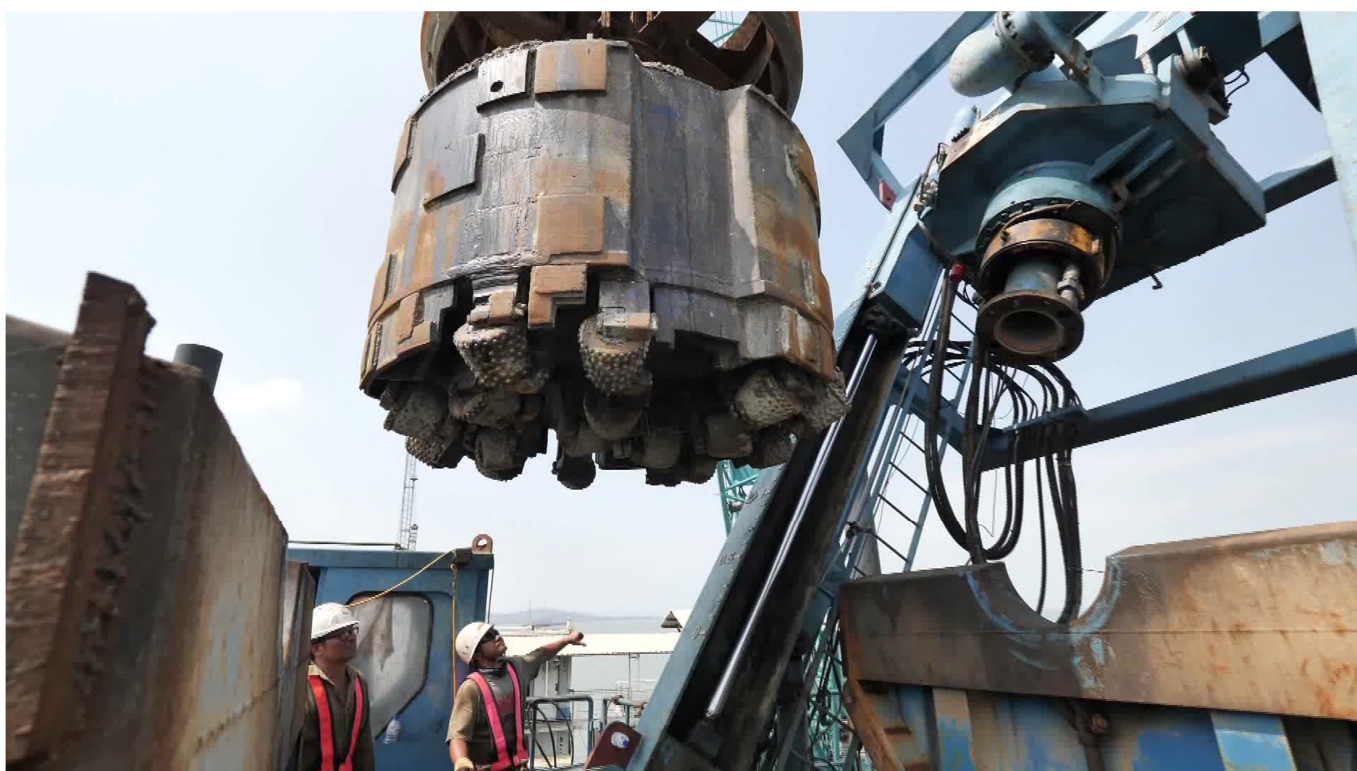
§ 2.0m基樁
(單套管)



47



48



49



伍、深槽區基樁施工－混凝土澆置規劃

- 深槽區各橋墩施工並未設置施工棧橋連結，無法利用大小金端陸上拌和場提供混凝土進行基樁澆置，而採用海上拌和船進行混凝土供料，目前工地備有東坪7號與東錫97號兩艘混凝土拌和船。
- 拌和船之骨材、水泥等混凝土材料運補，利用靠泊於大金端臨時碼頭進行。



▲
東坪7號拌和船



▲
東錫97號拌和船



▲
材料運補

50

肆、深槽區基樁施工－鑽掘作業狀況研判

- 鑽掘過程可藉由出渣狀況、出水清濁來觀察鑽掘深度之地質狀況，據以研判鑽頭調整、工率預判及防坍作業因應。
- 施工過程隨時觀測套管內水位高度，研判有無坍孔情形發生，並立即進行套管與海床面拋放砂包填縫或澆灌水中混凝土防坍。



出水色澤研判



覆土層出渣



破碎岩盤出渣



新鮮岩盤出渣

51

伍、深槽區基樁施工- 鑽掘機具選用

金門海域地層分布主要為厚度10m至100m不等的覆土層、風化嚴重破碎岩層及堅硬新鮮花崗岩層等三部分，鑽掘機具應視地質狀況調整。

鯊魚夾

功用:清除障礙物
速率:約1米/小時

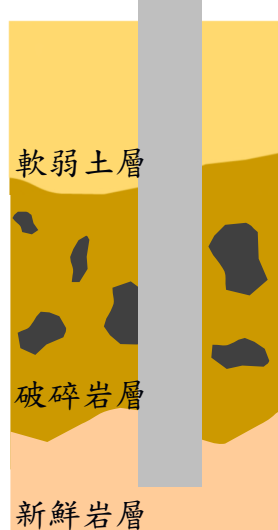


土鑽

功用:鑽掘軟弱土層
速率:約3米/小時

岩鑽

功用:鑽掘花崗岩層
速率:5~30公分/小時



52

伍、深槽區基樁施工- 鑽掘機具錯用



53