

# 金門大橋工程研討會

## 海上混凝土施工

報告人 主任技師 陳柏帆



東丕營造股份有限公司

1 1 1 年 8 月 3 0 日

1



### 簡 報 大 綱

壹

前言

貳

海上混凝土拌和船介紹

參

海上混凝土施工

肆

海上混凝土品質管制

伍

困難與對策

陸

結語

2

# 壹 前言

3

## 壹 前言

使用海上拌和船緣由

### ◆一般海上混凝土澆置：

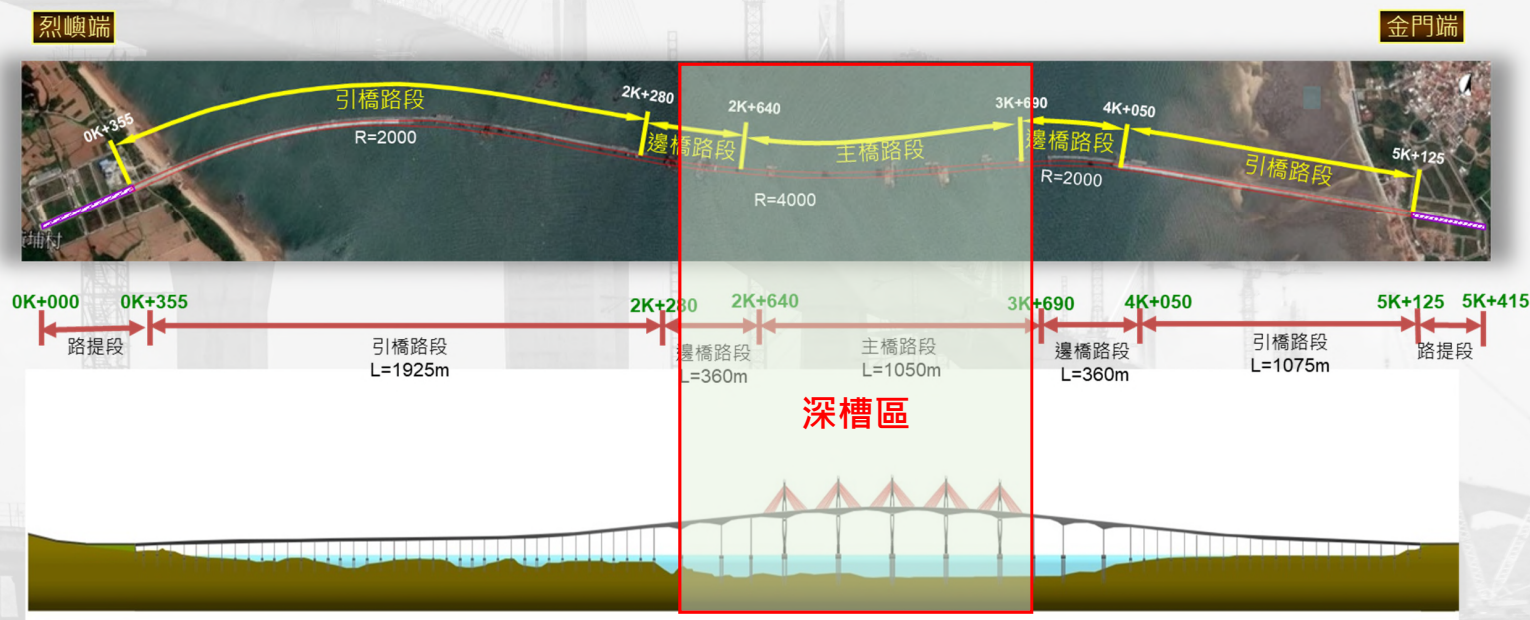
- 打設施工便道或便橋，靠近澆置位置。
  - 缺點：**工址條件限制**，特殊環境無法到達。
- 平台船加裝簡易拌和設備。
  - 缺點：**供料能量小**，無法連續提供大量混凝土澆置。



4



- ◆ 金門大橋**深槽區主橋及邊橋**無設置施工便橋，需使用**專用海上拌和船**來提供混凝土澆置。



5

結構部位	數量	混凝土總數量 (m <sup>3</sup> )	澆置次數(次)	最大單次澆置數量 (m <sup>3</sup> )
基樁	159支	36,469	159	285
樁帽基礎	9墩	16,091	23	1,350
墩柱	9墩	16,264	164	388
柱頭節塊	9墩	6,603	23	481
橋塔	5墩	2,554	70	79
合計		77,981	439	

➤ 總計：77,980 m<sup>3</sup>

使用拌和船澆置次數

合計 439 次

### ◆ 拌和船供料評估結論：

- ✓ 混凝土**單次最大澆置數量**約1,350m<sup>3</sup>(主橋樁帽基礎)。
- ✓ 設置**2艘混凝土拌和船**，每船次**最大可供應800 m<sup>3</sup>混凝土**。

6

## 貳 海上混凝土拌和船介紹

7

### 貳 海上混凝土拌和船介紹

東坪7號

船名	長度(M)	寬度(M)	高度(M)	總噸位(T)	淨噸位(T)	備註
東坪7號	75	26	4.5	2,320	696	

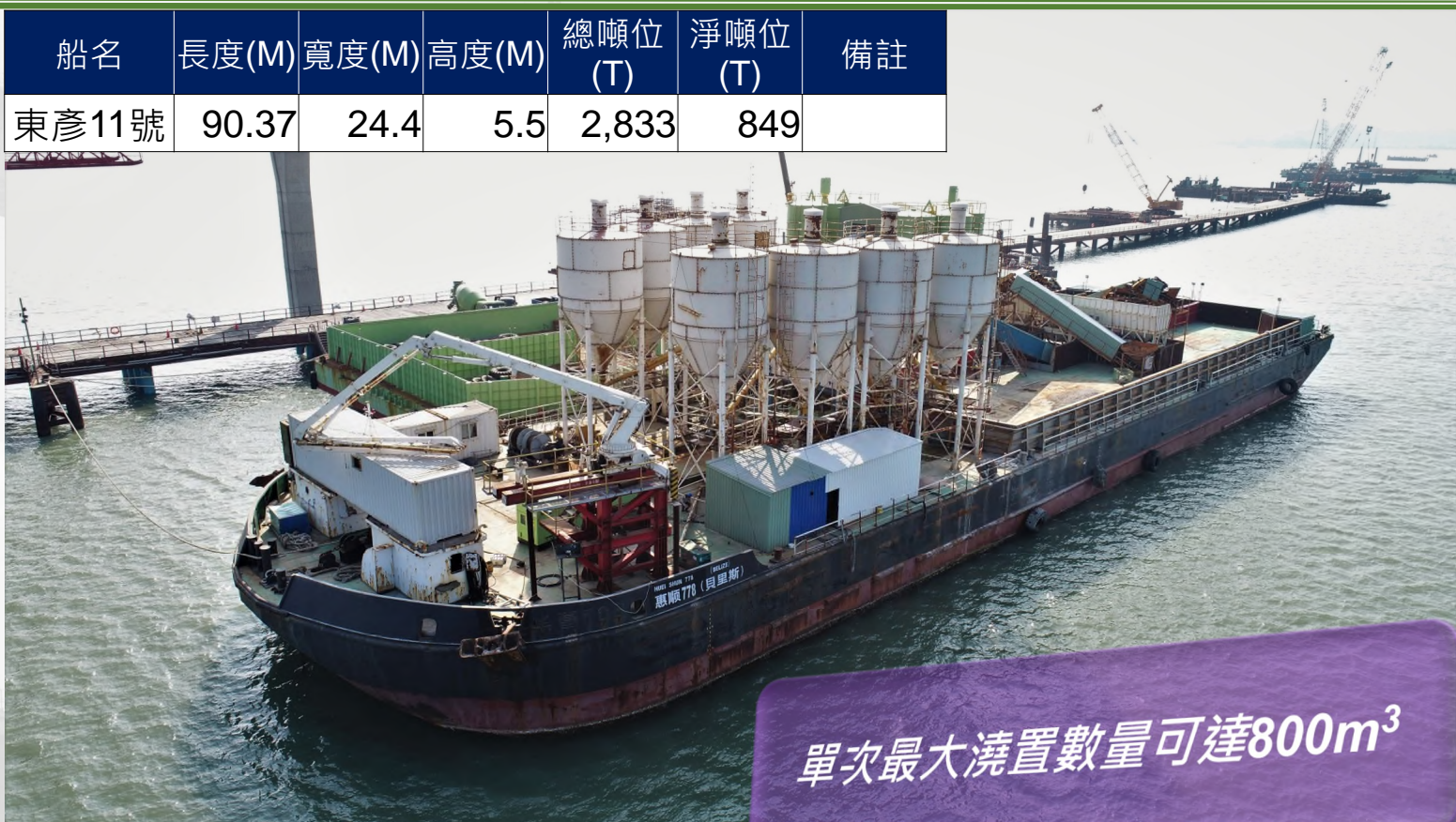


單次最大澆置數量可達800m<sup>3</sup>

8



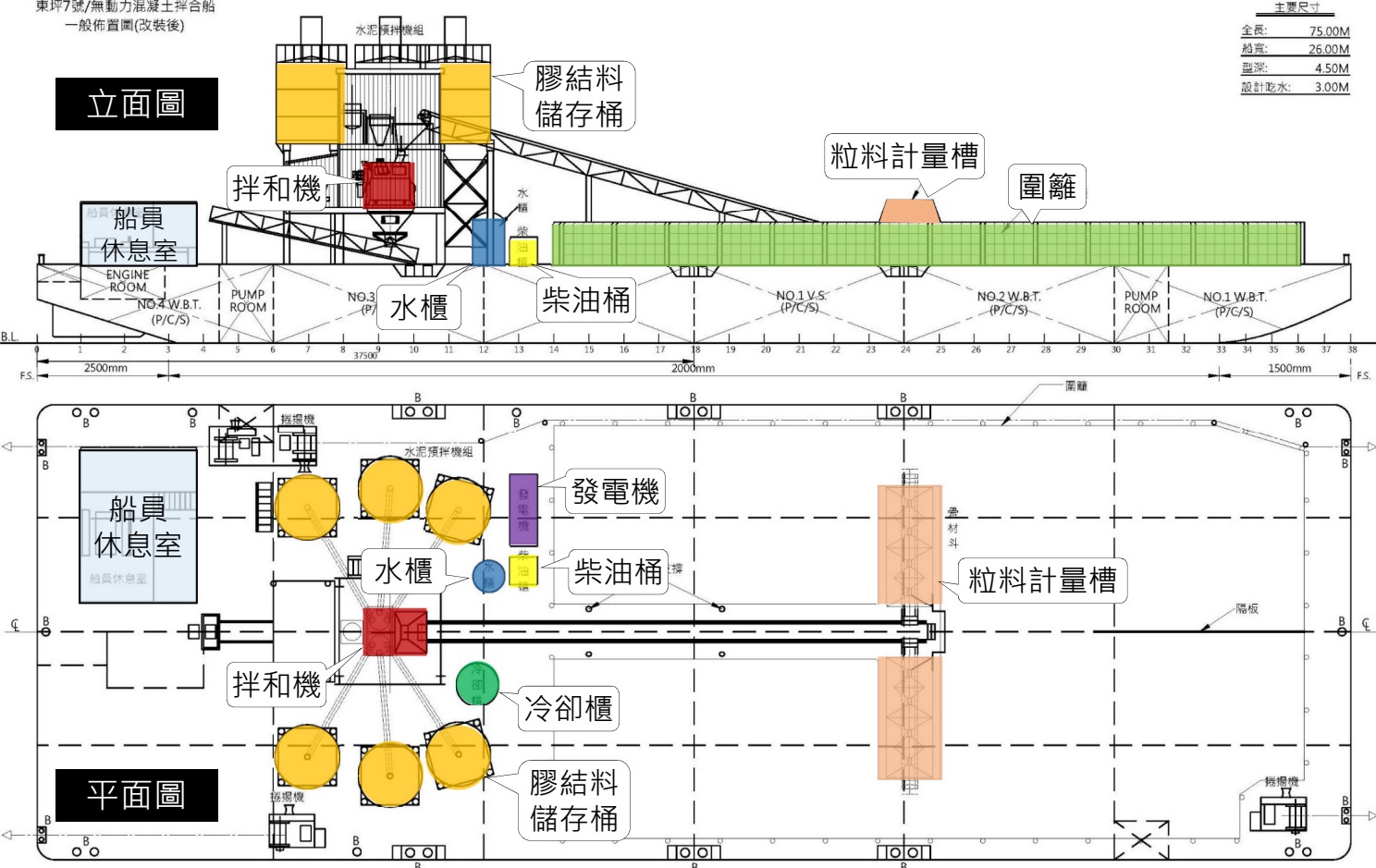
船名	長度(M)	寬度(M)	高度(M)	總噸位(T)	淨噸位(T)	備註
東彥11號	90.37	24.4	5.5	2,833	849	



單次最大澆置數量可達800m³

9

東坪7號/無動力混凝土拌和船  
一般佈置圖(改裝後)



10





化學摻料桶(容量5噸)



發電機



柴油桶(100加侖)



冰水機



冷卻水塔



水泥計量設備



拌和水計量設備



混凝土拌和機(2m³/每盤)



化學摻料計量設備



全自動控制設備



粗粒料計量槽



細粒料計量槽





粗粒料庫



膠結材儲存桶

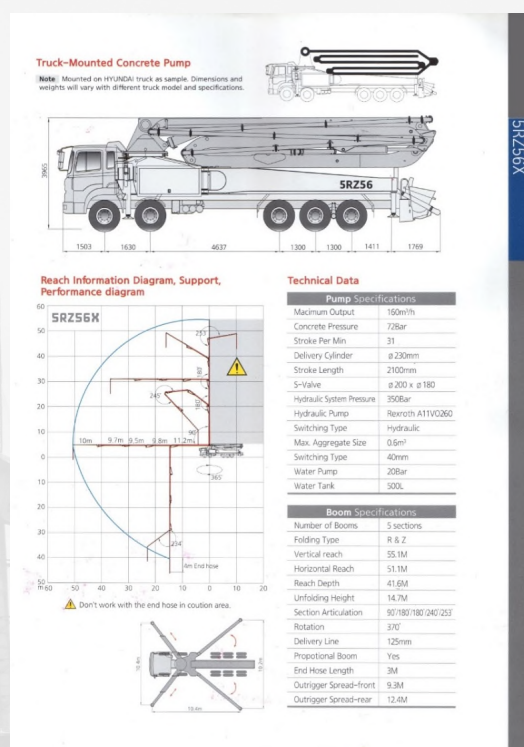
船名	名稱	尺寸(m)	容積(m <sup>3</sup> )	備註
東坪7號	細粒料庫1	18×9×2	324	機製砂
	細粒料庫2	16×9×2	288	天然砂
	粗粒料庫3	18×8×2	288	三分石
	粗粒料庫4	16×8×2	256	六分石
東彥11號	細粒料庫1	18×9×2	324	機製砂
	細粒料庫2	16×9×2	288	天然砂
	粗粒料庫3	18×8×2	288	三分石
	粗粒料庫4	16×8×2	256	六分石

船名	膠結材儲存桶數量	容量(噸/桶)	水泥	爐石粉	飛灰
東坪7號	6桶	120	3桶	2桶	1桶
東彥11號	8桶	100	4桶	3桶	1桶

➤ 可滿足澆置主橋柱頭節塊高度需求。



泵送管長 56 m





- 依據澆置位置需求，靈活調度使用。



泵送管長 42 m

貳

## 貳 海上混凝土拌和船介紹

## 混凝土配比

配比編號	設計強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	標稱最大粒徑 (mm)	設計坍 (流)度 (cm)	水膠比 W/(C+P)	S/A %	含氣量 %	F.M	配合使用量(kg/m <sup>3</sup> )							
								藥劑 (AD)	水 (W)	水泥 (C)	爐石粉 (S.G)	飛灰 (F)	細粒料 (S)	粗粒料 (G)	總重 (KG)
T-315W-19-20-1	315	19	20	0.39	44.0	1.7	2.90	4.49	169	248	157	44	754	951	2,327
T-350-19-20-1	350	19	20	0.37	42.0	1.7	2.90	4.36	158	241	152	43	736	1,006	2,340
T-350-19-SR2-1	350	19	60~70	0.39	53.0	2.6	2.90	4.59	175	254	160	45	873	792	2,304
T-420-19-20-1	420	19	20	0.36	42.0	1.6	2.90	4.50	158	248	157	45	732	1,002	2,347
T-420E-19-20-1	420	19	20	0.30	37.0	1.5	2.90	6.21	177	342	217	62	572	962	2,338
說明	1. 水泥種類：台泥，Ⅱ型，比重3.18														
	2. 爐石種類：中聯，100級，比重2.89														
	3. 飛灰種類：台電，F級，比重2.22														
	4. 粒料來源：														
	2cm粗粒料：漳州中砂石業有限公司														
	1cm粗粒料：漳州中砂石業有限公司														
	機製砂：漳州中砂石業有限公司														
天然砂：鴻林興業股份有限公司															
5. 化學摻料：安耀科技有限公司(TL-2015 <sup>HPC</sup> )，流動化劑第Ⅱ型															

## ◆ 水泥

- CNS 61第 II 型水泥

### ◆ 高爐石粉、飛灰

- 符合CNS 12549、CNS 3036

### ◆ 樁帽、基樁混凝土配比要求

- ### ► 混凝土工作延滞性

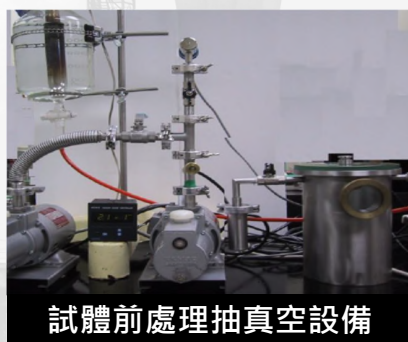
→出廠後2小時，坍度 > 18cm

- 水膠比  $W/(C+P) < 0.4$

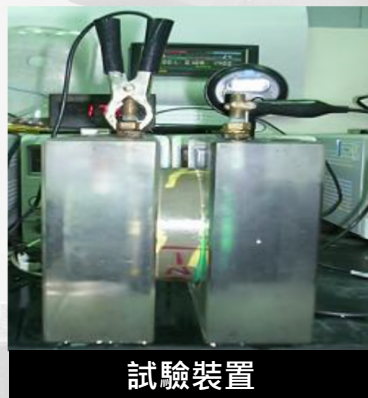


### ◆ 混凝土56天齡期抗氯離子穿透能力

- 確保混凝土的長期耐久性能。
- 以混凝土導電性之測定，評估混凝土抗氯離子入侵能力之指標。
- 應符合CNS 14795 表A.1“低”以下之標準。



試體前處理抽真空設備



試驗裝置

CNS 14795 附錄A 表A.1

通過電荷量(庫倫)	氯離子穿透性
>4,000	高
2,000~4,000	中
1,000~2,000	低
100~1,000	非常低
<100	可忽略



拌和船驗廠



坍度及氯離子含量試驗



V型漏斗流下時間試驗



SCC坍流度試驗(90分鐘)



配比試拌圓柱試體製作



廠拌圓柱試體抗壓試驗



## 參 海上混凝土施工

19

### 參 海上混凝土施工

拌和船定位

拌和船本身無動力，使用

- 東坪1號(1400 HP)
- 東坪2號(700 HP)
- 和洲號(1580 HP)

拖航至澆置位置定位。



東坪1號



東坪2號



和洲號



20



- 於**金門端臨時碼頭**北側進行物料補給。
- 每次澆置完成後，立刻再備料，**隨時維持滿倉狀態**。
- **小型物料可用拖船**海上運補，以應急需。



21

- 強風：風力**大於5級**。
- 大浪：浪高**大於2.5公尺**。
- 濃霧：視當地港口濃霧封港之相關規定或依**金烈渡輪**  
**是否因濃霧宣布全天或半日停駛**為判斷參考。



22



- 澆置混凝土前一日，先行告知**船舶調派中心**，將拌和船拖航就定位準備供料事宜。
- 監造單位駐廠檢驗人員**簽認混凝土澆置申請書**後，通知拌和船出料。
- 辦理**粗細粒料篩分析與含水量試驗**，以調整配比實際用量進行混凝土生產。



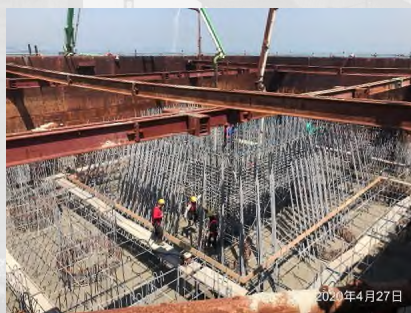


- 使用**特密管**進行基樁混凝土澆置。
- 特密管保持**埋入混凝土面下2m**。
- 另一艘**拌和船隨時待命**，以便遇故障時隨時遞補，避免斷料、廢樁。



25

- **主橋分3層**澆置；**邊橋分2層**澆置。
- 海上澆置**量體最大(1350m<sup>3</sup>)**。
- 主橋樁帽基礎以**2艘拌和船**同時澆置。
- 預埋**溫度計**，監測心溫及溫差變化。



26



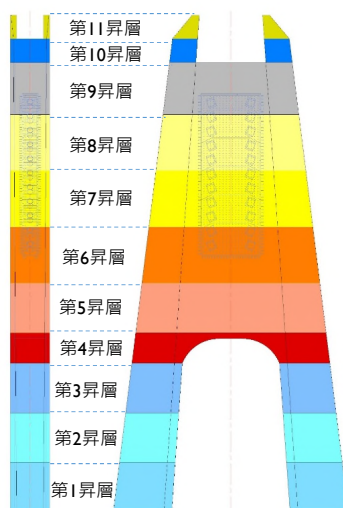
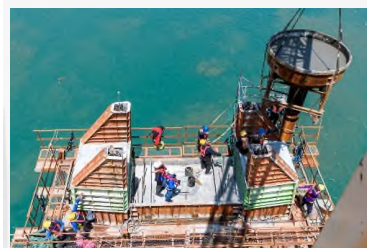
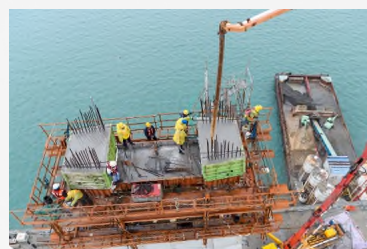
- 主橋墩柱分16~18層澆置；邊橋墩柱分8~10層澆置。



- 主橋柱頭節塊分3層澆置；邊橋柱頭節塊分2層澆置。



- 每墩橋塔分11昇層澆置。
- 橋塔距離樁帽頂面最高達77.7公尺，以塔吊將吊桶運送至澆置位置。



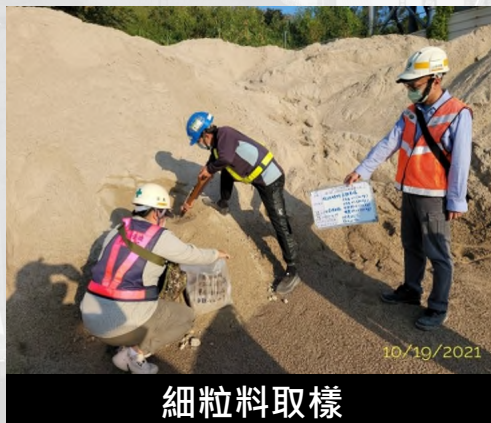


# 肆 海上混凝土品質管制

29

## 肆 海上混凝土品質管制

材料定期取樣試驗

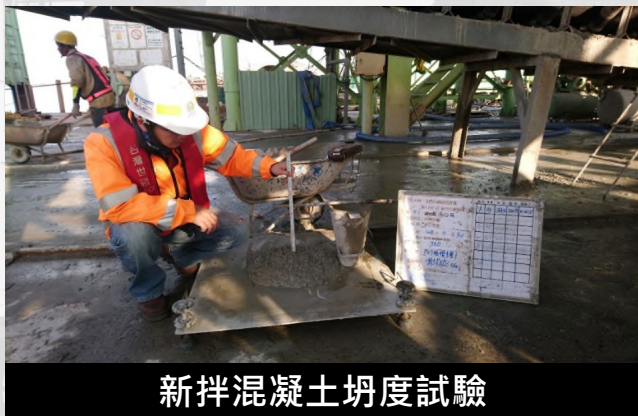


30





SCC坍流度試驗



新拌混凝土坍度試驗

- 混凝土溫度：10 ~ 32°C
- 氯離子含量： $<0.15 \text{ kg/m}^3$
- 坍度： $20 \pm 4 \text{ cm}$
- SCC坍流度：R1:65 ~ 75cm  
R2:60 ~ 70cm

監造派員駐廠執行品管抽查

31



混凝土圓柱試體製作



混凝土圓柱試體抗壓試驗

- 圓柱試體抗壓試驗合格標準：
  - ✓ 連續三組試體抗壓強度平均值  $\geq f_c'$
  - ✓ 任何一組試體抗壓強度不小於
    - $f_c' - 35 \text{ kgf/cm}^2$  , (  $f_c' \leq 350 \text{ kgf/cm}^2$  )
    - $f_c' - 0.1 f_c'$  , (  $f_c' > 350 \text{ kgf/cm}^2$  )

32



高速公路局第二新建工程處 水泥混凝土強度統計表									
工程名稱	金門大橋設計畫第C302-2C標金門大橋後續工程					管制圖 編號	C302-2C-C6C-315W-020		
混凝土等級	315	kgf/cm <sup>2</sup>	要求強度	362	kgf/cm <sup>2</sup>	配比編號	C-315W-19-20-1		
拌和處	東坪7拌和船		設計坍落度	20	cm	取樣期間	108.11.21 ~ 109.02.07		
試體 編號	取樣 日期	個別值(kgf/cm <sup>2</sup> )		該組 平均	連續3組 平均	該組 全距	連續10組 全距平均	備註	
		X 1	X 2						
C3C-315W-111-4	108.11.21	575	578	577		3			
C3C-315W-112-1	108.12.05	547	555	551		8			
C3C-315W-112-2	108.12.05	551	562	557	562	11			
C3C-315W-112-3	108.12.05	548	520	534	547	28			
C3C-315W-112-4	108.12.05	561	548	555	549	13			
C3C-315W-113-1	108.12.15	502	513	508	532	11			
C3C-315W-113-2	108.12.15	493	504	499	521	11			
C3C-315W-113-3	108.12.15	470	489	480	496	19			
C3C-315W-113-4	108.12.15	482	481	482	487	1			

ACI 214 混凝土管制水準(工地試驗)評估準則

### 1. 全面差異(Overall Variation)

整體變異係數 V(%)				
極優	甚佳	良好	普通	不良
小於 7	7.0~9.0	9.0~11.0	11.0~14.0	大於 14.0

### 2. 試驗內變異(Within-test Variation)

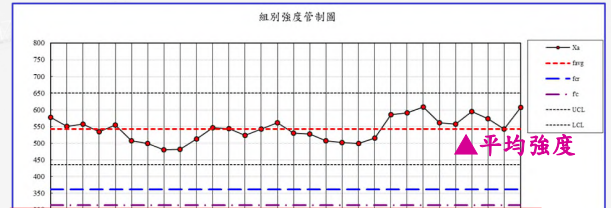
組內變異係數 VI(%)				
極優	甚佳	良好	普通	不良
小於 3	3.0~4.0	4.0~5.0	5.0~6.0	大於 6

\*依據 ACI 214R-02 表 8.3.1  $f_c > 34.5 \text{ MPa}$

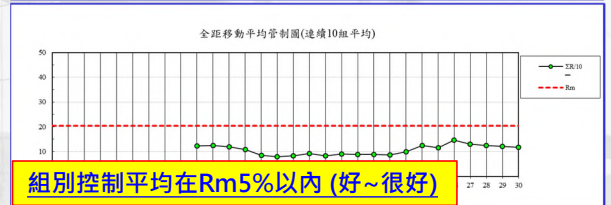
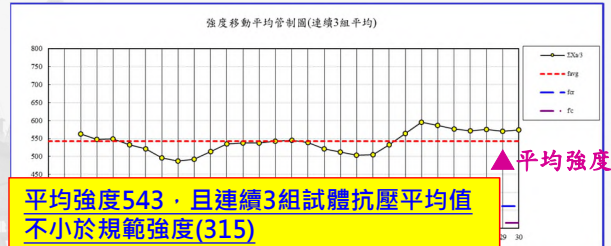
C3C-315W-113-3	108.02.07	575	571	573	575	4	12	
C3C-315W-113-4	108.02.07	545	539	542	570	6	12	
C3C-315W-113-1	108.02.07	601	612	607	571	11	12	
統計組數n=	30		fcr=		362			
$\Sigma X=$	16275		$d_2=$		1.128			
平均強度 $\bar{X}=$	543		$R_m=(0.05*d_2)/fcr$		20.4			
低於 $f_c$	<315	組數:	0		組內全距平均值 $R=\Sigma R/n$		10.9	
低於 $0.85f_c$	<267.75	組數:	0		組內標準差 $\sigma 1=R/d_2$		9.7	
標準差 $\sigma=$	35.7		良好		組內變異係數 $V1=(\sigma 1/\bar{X})\times 100\%$		1.8%	
變異係數 $V=(\sigma/\bar{X})\times 100\%$	6.6%		極優				極優	



## ■ 315 kgf/cm<sup>2</sup> 混凝土強度管制圖



各組強度均在315kg/cm<sup>2</sup>以上，符合規範強度



依據A.C.I Code 214R-02 混凝土品質控制標準：  
總體變異屬：極優(變異係數V=6.6%，小於7%)  
組內變異屬：極優(變異係數V1=1.8%，小於3%)

節錄108/11/21~109/02/07混凝土試驗報告抗壓數值資料，計30組

33

- 試體製作後於拌和船上養護至少48小時再運至實驗室於水中養護至抗壓試驗為止。
- 經實際製作試體及抗壓試驗結果顯示，一般風浪對試體抗壓強度幾無影響。
- 拖行及定位過程的碰撞對船體造成的瞬間振動較大。需特別注意，避免影響混凝土試體強度發展。

34



## 伍 困難與對策

35

## 伍 困難與對策

### 困難

- 拌和船長期停泊在海上，機械設備**易受鹽害腐蝕**損壞故障。
- 金門外島**資源相對不足**，機械故障維修不易且耗時。

### 對策

- 拌和船及泵送車皆**備有二套**，如遇故障時，可立即調度補上，避免斷料過久影響混凝土品質。
- **落實平時保養維護**，相關常用備品之存量亦須足夠，俾能於故障發生時及時修復。

36



### 困難

- 拌和船需停靠臨時碼頭方可進行材料運補，如未提前規劃材料運補，恐發生混凝土供應斷料之情形。



### 對策

- 提前規劃混凝土之澆置數量及頻率，遇有較大量體之混凝土澆置需求時，提前將拌和船各項材料裝至滿艙，預留餘裕數量。
- 化學摻料、油料或其他體積較小之物料，如有急用時可使用拖船載運至拌和船補給。

37

## 伍 困難與對策

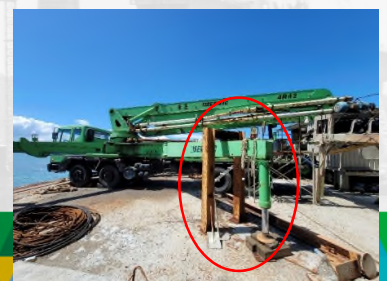
### 困難

- 小三通船舶經過工區時，拌和船易受船跡波影響造成較大之搖晃。



### 對策

- 成立海上交通現場管制小組，管制客輪減速至10節以下通過工區，減少船跡波及船體搖晃。
- 混凝土泵送車車體四周以型鋼鐸固於甲板上，避免因風浪過大造成車輛傾倒。



38