

講師簡介



陳 柏 帆

東丕營造股份有限公司
技術經理

◆ 學歷

國立成功大學 資源工程所

◆ 專長


橋梁工程、公路工程

◆ 經歷

2002~2012 交通部公路總局 第三區養護工程處


2013~2017 芳裕營造股份有限公司

2019~迄今 東丕營造股份有限公司

 東丕營造股份有限公司

◆ 簡報摘要

一般在海上澆置混凝土的作法，有搭設施工便橋或在平台船上加裝簡易拌和設備充當拌和船。惟傳統作法有施工環境及供料能力的限制，無法連續提供大量體的混凝土，故不適用於金門大橋工程。為完成深槽區的混凝土澆置，東丕公司特別引進2艘專用的海上拌和船，將拌和廠設備完整的搬到船上，每船次可供應800m³的混凝土澆置。其施工品質要求與陸上拌和廠相同，為金門大橋提供優質的混凝土。有了海上拌和船的加入，金門大橋工程才算是踏出了成功的第一步。

 東丕營造股份有限公司

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

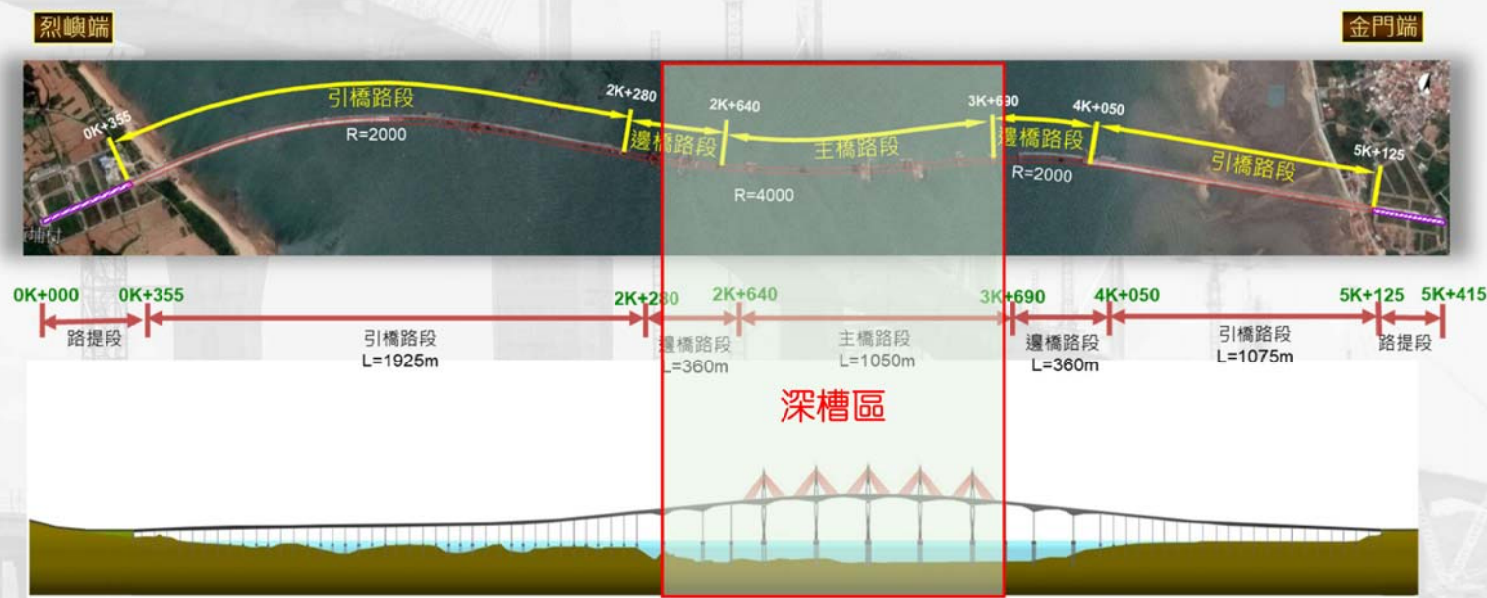
◆ 一般海上混凝土澆置：

- 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。



| 結構部位 | 數量 | 混凝土總數量 (m ³) | 澆置次數(次) | 最大單次澆置數量 (m ³) |
|------|------|--------------------------|---------|----------------------------|
| 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 m³
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1,350m³（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 m³混凝土。

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800m³

8

P

| 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

單次最大澆置數量可達800m³

C

P

東坪7號/無動力混凝土拌合船
一般佈置圖(改裝後)

主要尺寸

| | |
|-------|--------|
| 全長: | 75.00M |
| 總寬: | 26.00M |
| 艙深: | 4.50M |
| 設計吃水: | 3.00M |

立面圖

船員休息室
ENGINE ROOM
NO.4 W.B.T. (P/C/S)
PUMP ROOM
NO.3 (P)
水櫃
柴油桶
膠結料儲存桶
拌和機
粒料計量槽
圍籬
NO.1 V.S. (P/C/S)
NO.2 W.B.T. (P/C/S)
PUMP ROOM
NO.1 W.B.T. (P/C/S)

平面圖

船員休息室
船員休息室
拌和機
水櫃
柴油桶
發電機
冷卻櫃
膠結料儲存桶
粒料計量槽
圍籬
圍籬

| 主要尺寸 | |
|-------|--------|
| 全長: | 75.00M |
| 船寬: | 26.00M |
| 型深: | 4.50M |
| 設計吃水: | 3.00M |

10

貳 海上混凝土拌和船介紹

拌和船設備



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

11

貳 海上混凝土拌和船介紹

拌和船設備



拌和水計量設備



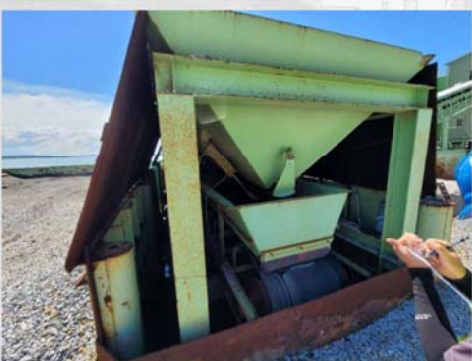
混凝土拌和機(2m³/每盤)



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

12



粗粒料庫



膠結材儲存桶

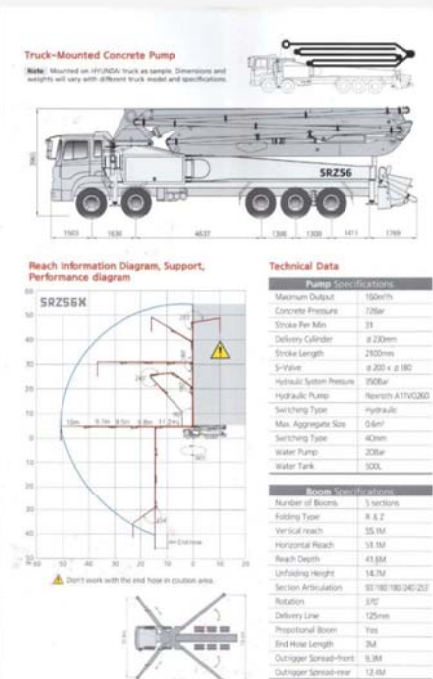
| 船名 | 名稱 | 尺寸(m) | 容積(m ³) | 備註 |
|-------|-------|--------|---------------------|-----|
| 東坪7號 | 細粒料庫1 | 18×9×2 | 324 | 機製砂 |
| | 細粒料庫2 | 16×9×2 | 288 | 天然砂 |
| | 粗粒料庫3 | 18×8×2 | 288 | 三分石 |
| | 粗粒料庫4 | 16×8×2 | 256 | 六分石 |
| 東彥11號 | 細粒料庫1 | 18×9×2 | 324 | 機製砂 |
| | 細粒料庫2 | 16×9×2 | 288 | 天然砂 |
|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

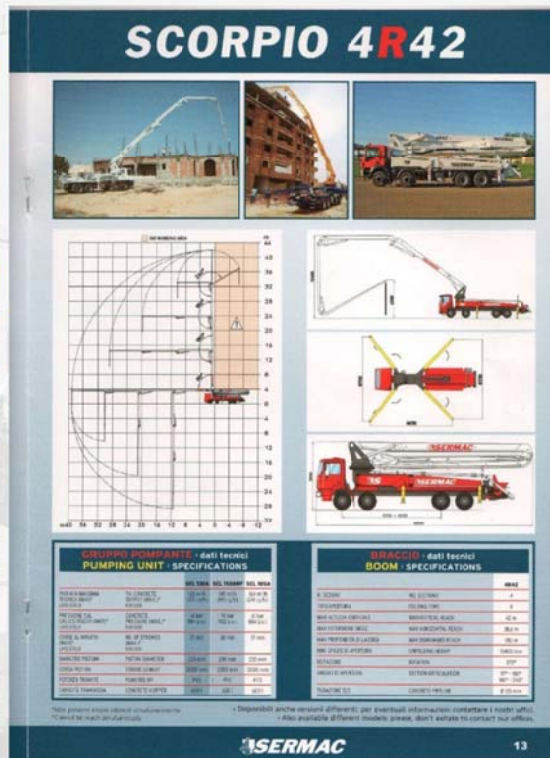
➤ 可滿足澆置主橋柱頭節塊高度需求。



泵送管長 56 m



➤ 依據澆置位置需求，靈活調度使用。



| 配比編號 | 設計強度 (kgf/cm ²) | 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 ³) | | | | | | | 總重 (KG) |
|---|--------------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------|----------|--------|---------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|------------|------------|------------|
| | | | | | | | | 藥劑 (AD) | 水 (W) | 水泥 (C) | 爐石粉 (S.G) | 飛灰 (F) | 細粒料 (S) | 粗粒料 (G) | |
| 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 | | | | | 比重 | 吸水率(%) | | | | | | | | |
| | 1cm粗粒料：漳州中砂石業有限公司 | | | | | 2.60 | 1.1 | | | | | | | | |
| | 機製砂：漳州中砂石業有限公司 | | | | | 2.59 | 1.3 | | | | | | | | |
| 天然砂：鴻林興業股份有限公司 | | | | | 2.60 | 1.0 | | | | | | | | | |
| 天然砂：鴻林興業股份有限公司 | | | | | 2.64 | 1.8 | | | | | | | | | |
| 5. 化學摻料：安耀科技有限公司(TL-2015 ^{HP} C)，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

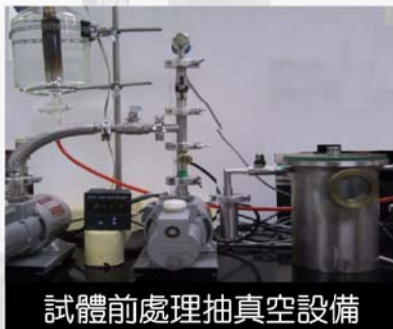
➤ 混凝土工作延滯性

➔ 出廠後2小時，坍度 > 18cm

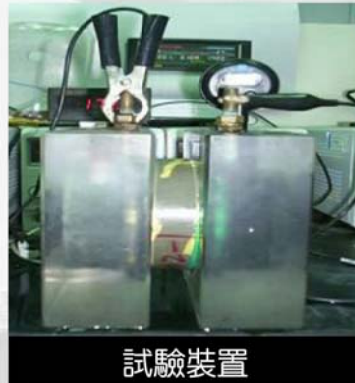
➤ 水膠比 W/(C+P) < 0.4

◆ 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。



- 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。



- 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。

海上混凝土施工

施工流程



- 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。



- **主橋分3層**澆置；**邊橋分2層**澆置。
- 海上澆置**量體最大(1350m³)**。
- 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。



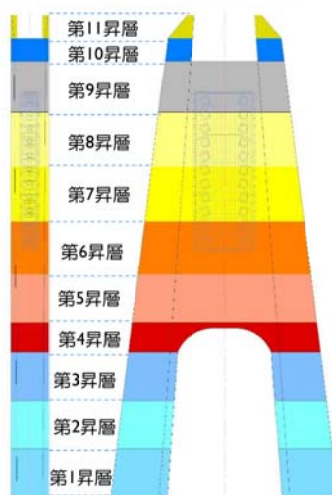
- 主橋墩柱分16~18層澆置；邊橋墩柱分8~10層澆置。



- 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



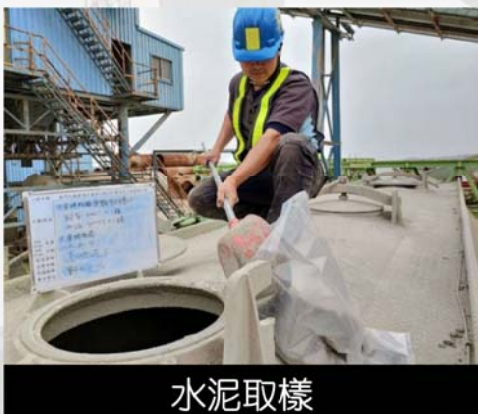
爐石粉取樣



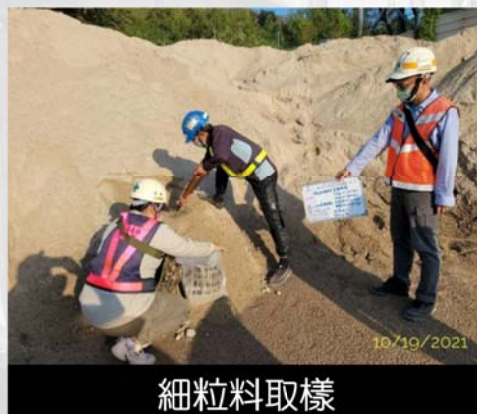
爐石粉取樣



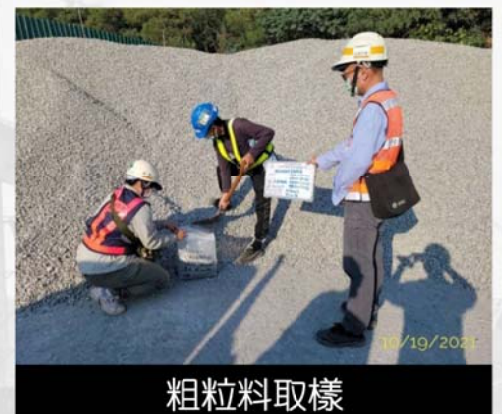
飛灰取樣



水泥取樣



細粒料取樣



粗粒料取樣

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±4cm
- 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 | 金門大橋設計圖第CJ02-2C-315W-020 | 管制圖編號 | CJ02-2C-315W-020 |
|-----------|--------------------------|-------|-------------------------|
| 混凝土等級 | 315 kgf/cm ² | 要求強度 | 362 kgf/cm ² |
| 拌和處 | 象坤7拌和船 | 設計拌和度 | 20 cm |
| 試驗編號 | 日期 | X 1 | X 2 |
| 108-11-21 | 108.11.21 | 575 | 578 |
| 108-11-22 | 108.12.05 | 547 | 555 |
| 108-11-23 | 108.12.05 | 551 | 562 |
| 108-11-24 | 108.12.05 | 548 | 520 |
| 108-11-25 | 108.12.05 | 561 | 548 |
| 108-11-26 | 108.12.15 | 502 | 513 |
| 108-11-27 | 108.12.15 | 493 | 504 |
| 108-11-28 | 108.12.15 | 470 | 489 |
| 108-11-29 | 108.12.15 | 489 | 481 |

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)

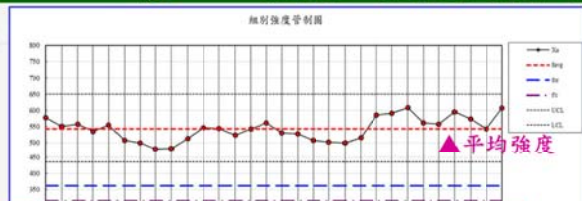
| 組內變異係數 V1(%) | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|------|
| 極優 | 甚佳 | 良好 | 普通 | 不良 |
| 小於 3 | 3.0~4.0 | 4.0~5.0 | 5.0~6.0 | 大於 6 |

*依據 ACI 214R-02 表 3.3 f_{cr} > 34.5 MPa

| | | | | | | | |
|---------------------|-----------|-------|------|-----|--|----|-------|
| 108-11-23 | 109.02.07 | 575 | 571 | 573 | 575 | 4 | 12 |
| 108-11-24 | 109.02.07 | 545 | 539 | 542 | 570 | 6 | 12 |
| 108-11-25 | 109.02.07 | 601 | 612 | 607 | 574 | 11 | 12 |
| 統計總數n | | 30 | | | f _{cr} = | | 362 |
| ΣX | | 16275 | | | d ₂ = | | 1.128 |
| 平均強度 X | | 543 | | | R _m =(0.05*d ₂)/f _{cr} | | 20.4 |
| 低於 f'c | <315 | 組數: | 0 | | 組內全距平均強度=ΣR / n | | 10.9 |
| 低於 0.85 f'c | <267.75 | 組數: | 0 | | 組內標準差 σ 1-R / d ₂ | | 9.7 |
| 標準差 σ | | | 35.7 | 良好 | 組內變異係數 V1=(σ 1 / X)*100% | | 1.8% |
| 變異係數 V=(σ / X)*100% | | | 6.6% | 極優 | | | 極優 |



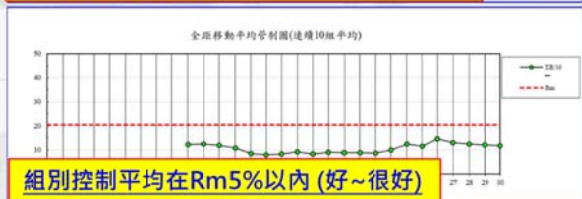
■ 315 kgf/cm² 混凝土強度管制圖



各組強度均在315kg/cm²以上，符合規範強度



平均強度543，且連續3組試體抗壓平均值不小於規範強度(315)



組別控制平均在Rm5%以內(好~很好)

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

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。



陸 結語

39

陸 結語

- 深槽區大量體的海上混凝土澆置是金門大橋工程最重要的一環，也是國內海事工程的首例。
- 工欲善其事，必先利其器。引進2艘專用的海上拌和船。
- 提供優質、可靠的混凝土工程品質。



40

金門大橋

簡報完畢

敬請指導

 東丕營造股份有限公司