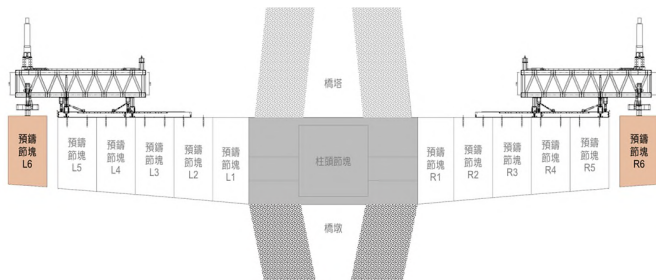




陸、預鑄節塊吊裝 – 吊裝工序(2)

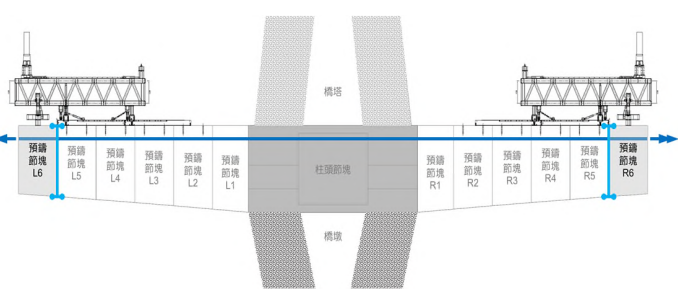
預鑄節塊懸臂吊裝



流程3



- 自節塊運輸船提升預鑄節塊
- 假接合確認吊裝精度
- 接合面塗佈環氧樹脂



流程4



- 預鑄節塊拉近接合
- 鋼棒施加臨時預力
- 預力鋼腱穿線及施拉
- 進行下一對平衡節塊吊裝循環

37

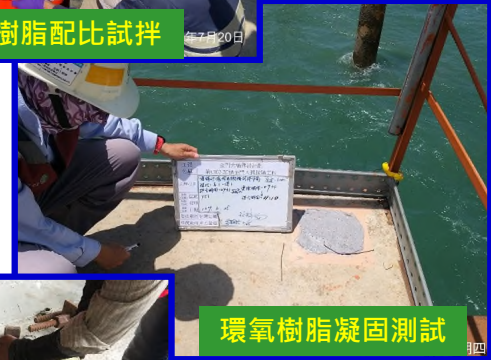
陸、預鑄節塊吊裝 – 吊裝工序(3)

預鑄節塊吊裝作業循環



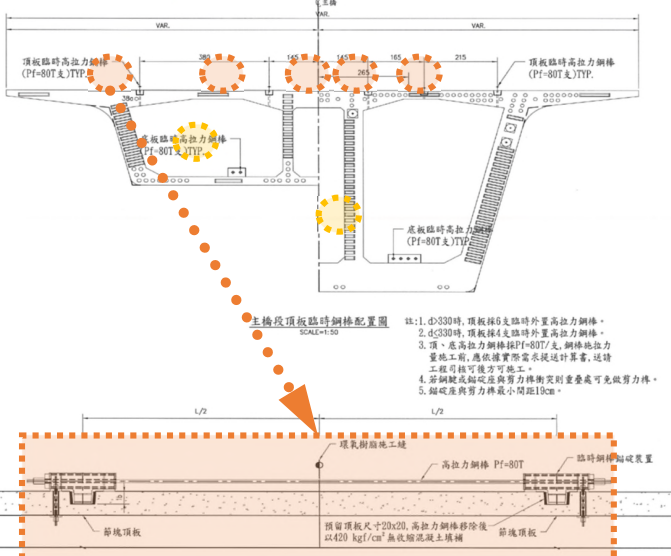
38

- 接合面所塗佈之黏劑厚度須達**1.6mm**以上，並於**膠凝時間（Gel Time）**前接合完竣。
- 每天接合作業前一小時，須取**3.7853**公升黏劑進行施工現場膠凝時間（**Gel time**）測試，其結果須符合至少**30分鐘**之規定。



陸、預鑄節塊吊裝－吊裝作業重點(2)

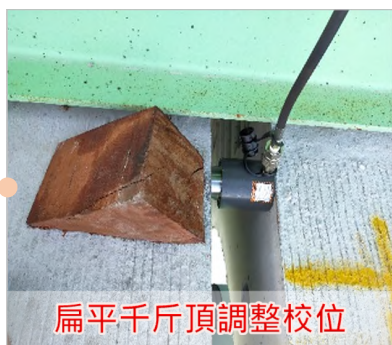
- 每個接觸面塗抹環氧樹脂黏劑後，應於環氧樹脂黏劑接觸時間（Open Time）終了前，完成節塊斷面**2.8kgf/cm²**最低壓力之臨時預力。
- 依梁深不同而配置不同支數之頂板與底板高拉力鋼棒（主橋計8~14支、邊橋計6~8支），平均每隻鋼棒需施加約**45tf~80tf**預拉力。



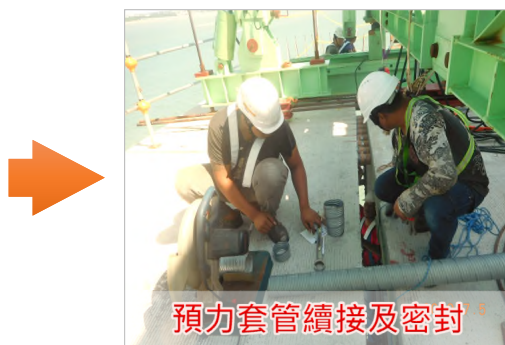
陸、預鑄節塊吊裝－濕接縫(1)



柱頭節塊溼接縫



扁平千斤頂調整校位



預力套管續接及密封



濕接縫封模及混凝土澆置

- ◆ 柱頭節塊採場鑄施工，與預鑄箱梁節塊因分屬不同鑄造單元，須於其介面以現場施作濕接縫方式作為接合。
- ◆ 第一對預鑄箱梁節塊之定位準確與否影響全跨吊裝精度。原因在於橋梁軸線若存有角度誤差，則經由跨徑加乘所造成之位移偏差量 (Tangent Displacement)，將遠大於一般撓度或施工誤差之總和，不可不慎。
- ◆ 本工程以扁平千斤頂及高拉力鋼棒錨碇方式多次循環三維度調整第一對節塊，確認定位無誤後，進行預力套管續接、濕接縫模板組立及現場澆置混凝土等工作。
- ◆ 濕接縫混凝土材料選用早強及無收縮性質，以免影響後續節塊吊裝工進、精度及品質。

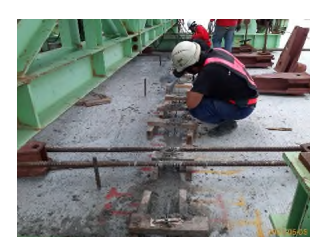
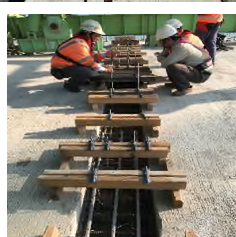
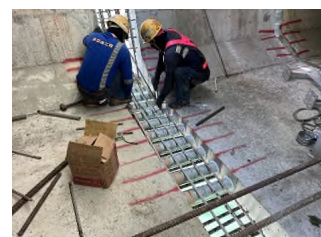
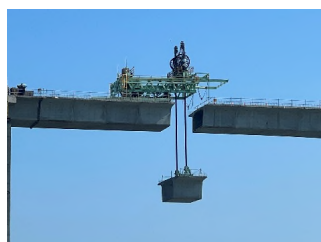
41

陸、預鑄節塊吊裝－濕接縫(2)



閉合節塊溼接縫

- ◆ 閉合節塊吊放定位，頂、底板利用臨時鋼棒與兩側節塊進行連結固定防止晃動。
- ◆ 利用型鋼壓梁收斂閉合節塊與兩端節塊高程差距，
- ◆ 閉合節塊濕接縫預留寬度15~60cm，封模完成進行鋼筋綁紮及預力套管對接，接續完成420kgf/cm²早強無收縮混凝土澆置。

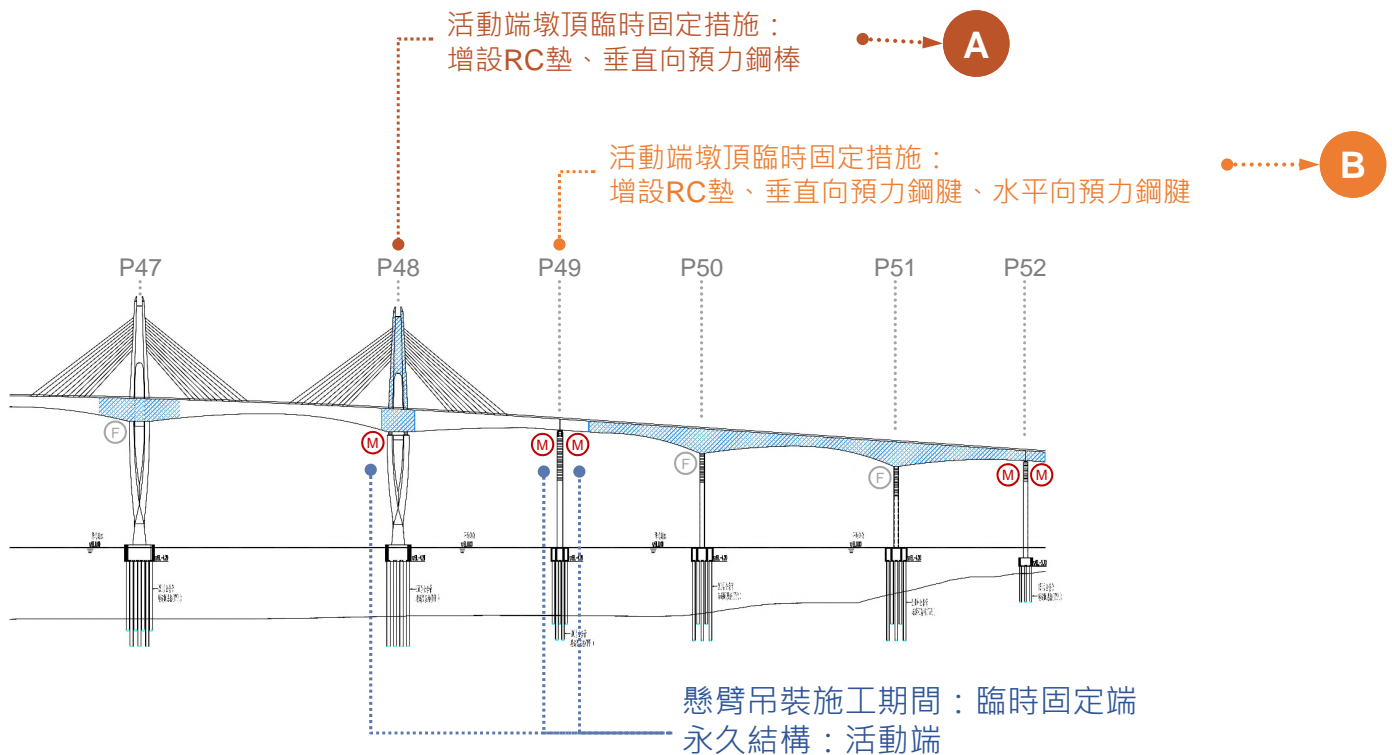


42

陸、預鑄節塊吊裝－活動端固定(1)



活動端臨時固定



43

陸、預鑄節塊吊裝－活動端固定(2)



懸臂吊裝分析檢核－活動端固定

■ 預鑄節塊懸臂吊裝期間，墩頂臨時固定措施之施工設計與分析檢核，依據施工技術規範第03436章規定，過程中所考量載重分列如下，並須依公路橋梁設計規範載重組合規定，以及吊裝期間之臨界載重狀態區分橋軸向及橫向等兩向進行分析檢核：

- 懸臂靜重假設兩邊差異2% (DIFF)。
- 懸臂兩邊差異一個節塊之施工進度所致不平衡吊裝節塊載重 (U)。
- 單側不平衡上揚風力 25kgf/m^2 作用於懸臂的短邊 (WUP)。
- 懸臂兩邊分別有 25kgf/m^2 (短邊) 及 50kgf/m^2 加懸臂端3tf (長邊) 之垂直差異施工活載重 (CLL)。
- 懸臂吊裝工作車及設備自重 (Xt)。
- 其他如縱坡及線形所產生之影響。



44

陸、預鑄節塊吊裝－活動端固定(3)



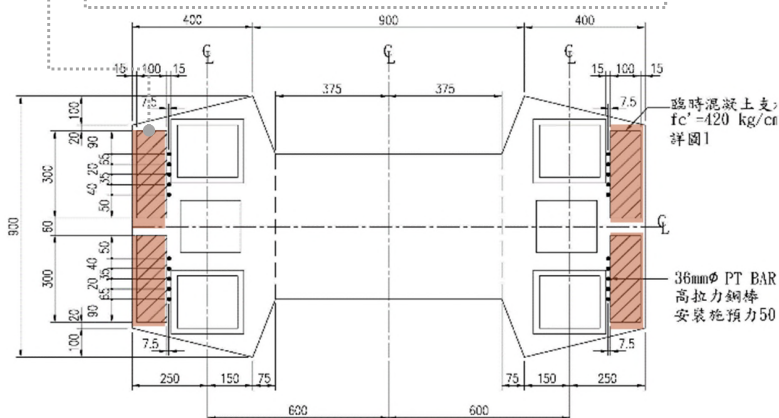
P48活動端臨時固定

增設之RC墊，其功用為：

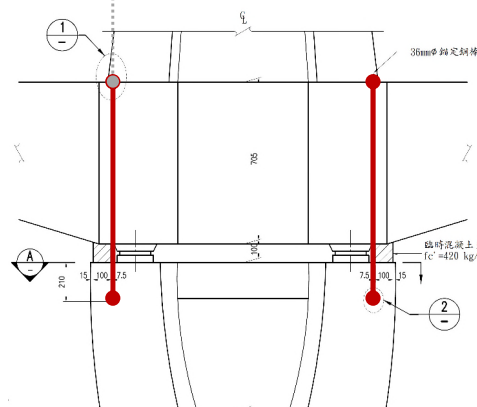
- 懸臂吊裝節塊期間，抵抗垂直及水平向所有載重，及抵抗傾倒潛勢。
- 垂直向載重包括所有節塊（含兩側差一節塊之不平衡吊裝載重）、橋塔、橋面設備機具等重量。
- 水平向載重包括環境載重、縱坡與線形等之影響。

垂直向預力鋼棒，其功用為：

- 懸臂吊裝節塊期間，輔助抵抗傾倒潛勢。



P48墩頂配置平面示意圖



P48墩頂配置立面示意圖

45

陸、預鑄節塊吊裝－活動端固定(4)



P49活動端臨時固定

垂直向臨時預力鋼鍵，其功用為：

- 懸臂吊裝節塊期間，垂直鎖固端隔梁節塊於柱頭，以抵抗傾倒力矩。

端隔梁間澆置混凝土，其功用為：

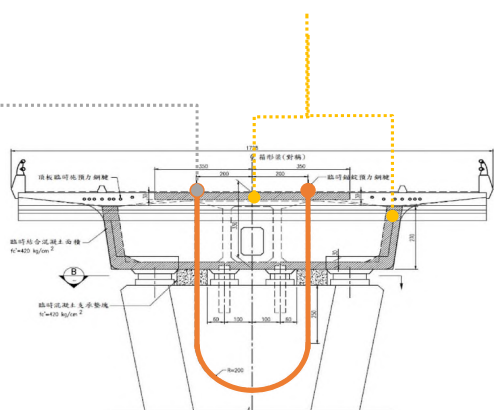
- 水平橋軸縱向連結主橋側及邊橋側之兩端隔梁，以傳遞水平向臨時預力所產生之壓應力。

增設之RC墊，其功用為：

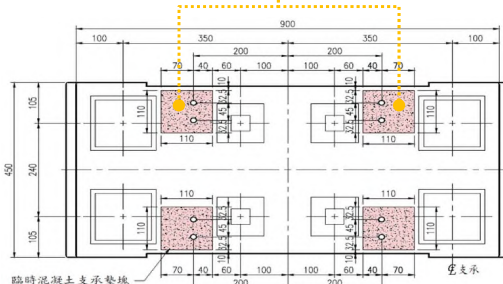
- 懸臂吊裝節塊期間，抵抗垂直及水平向所有載重，及抵抗傾倒力矩。

水平向臨時預力鋼鍵，其功用為：

- 懸臂吊裝節塊期間，連結所有節塊，以抵抗吊裝載重所產生之力矩。

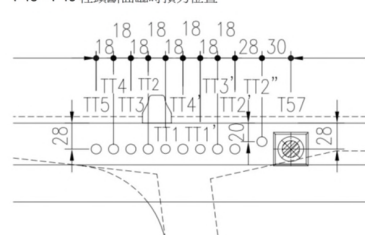


P49墩頂配置立面示意圖



P49墩頂配置平面示意圖

P43、P49柱頭斷面臨時預力位置



水平向臨時預力鋼鍵配置圖

46

陸、預鑄節塊吊裝－線型控制(1)



預鑄節塊懸臂梁橋線形控制

1 節塊吊裝階段

■ 柱頭－第1節塊之濕接縫施工控制

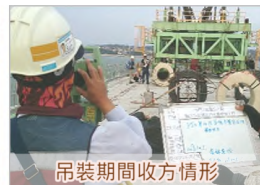
- 第1預鑄節塊須確實定位定向，以免後續因跨徑加乘所造成之位移偏差量（Tangent Displacement）效應造成無法修正之高程或線形誤差。

■ 逐對吊裝，分階回饋檢討修正

- 依續逐對吊裝並收方，分階檢討以免吊裝誤差累積至閉合階段，必要時以增設濕接縫方式因應。
- 收方作業須注意溫度效應影響。



柱頭－第1節塊濕接縫施工



吊裝期間收方情形

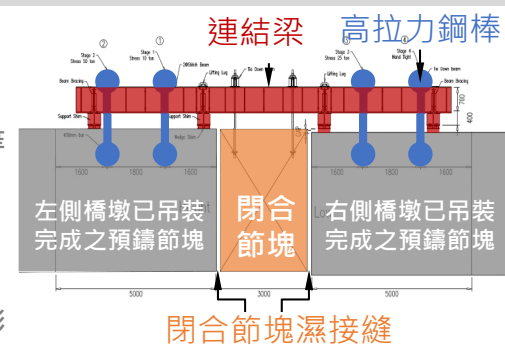
2 單元閉合階段

■ 設置連結梁

- 目的：限制預鑄閉合節塊兩側已完成吊裝端之變位，以避免如溫度、風力等現場環境因素，於施工期間可能之高程線形變化差異。
- 連結梁具備消弭微量閉合誤差功能。

■ 閉合節塊濕接縫澆置控制

- 須使用具備無收縮早強之混凝土。
- 現場澆置閉合節塊濕接縫應控制在日出後2小時前澆置完成，以降低溫度影響。

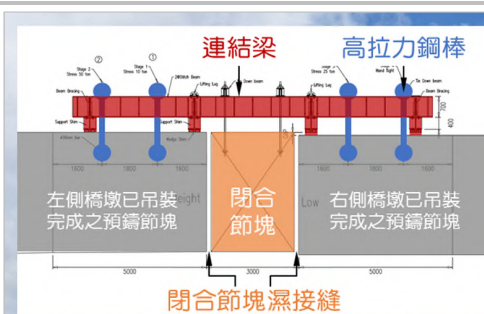


47

陸、預鑄節塊吊裝－線型控制(2)



節塊吊裝後線形控制成果(1)



閉合節塊 vs P46

P46-21-LT : +0.30cm
P46-21-RT : -2.40cm

P45 vs 閉合節塊

P45-21-LT : +1.70cm
P45-21-RT : +0.40cm

P46-P47

P46-21-LT : +1.30cm
P46-21-RT : -0.80cm
P47-21-LT : +0.60cm
P47-21-RT : -2.10cm

P47-P48

P47-21-LT : +4.40cm
P47-21-RT : -2.00cm
P48-21-LT : -1.10cm
P48-21-RT : -1.70cm



48

陸、預鑄節塊吊裝－線型控制(3)



節塊吊裝後線形控制成果(2)



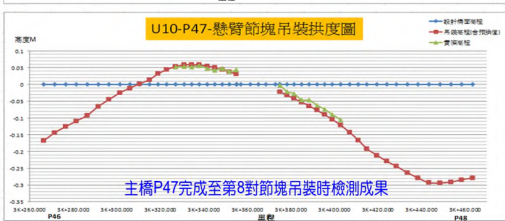
邊橋P42



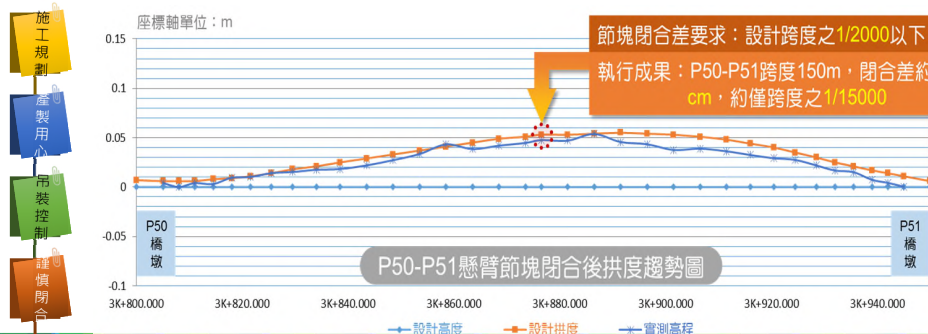
邊橋P42完成至第16對節塊吊裝時檢測成果



主橋P47



主橋P47完成至第8對節塊吊裝時檢測成果



P50-P51閉合節塊



柒、外置預力施工

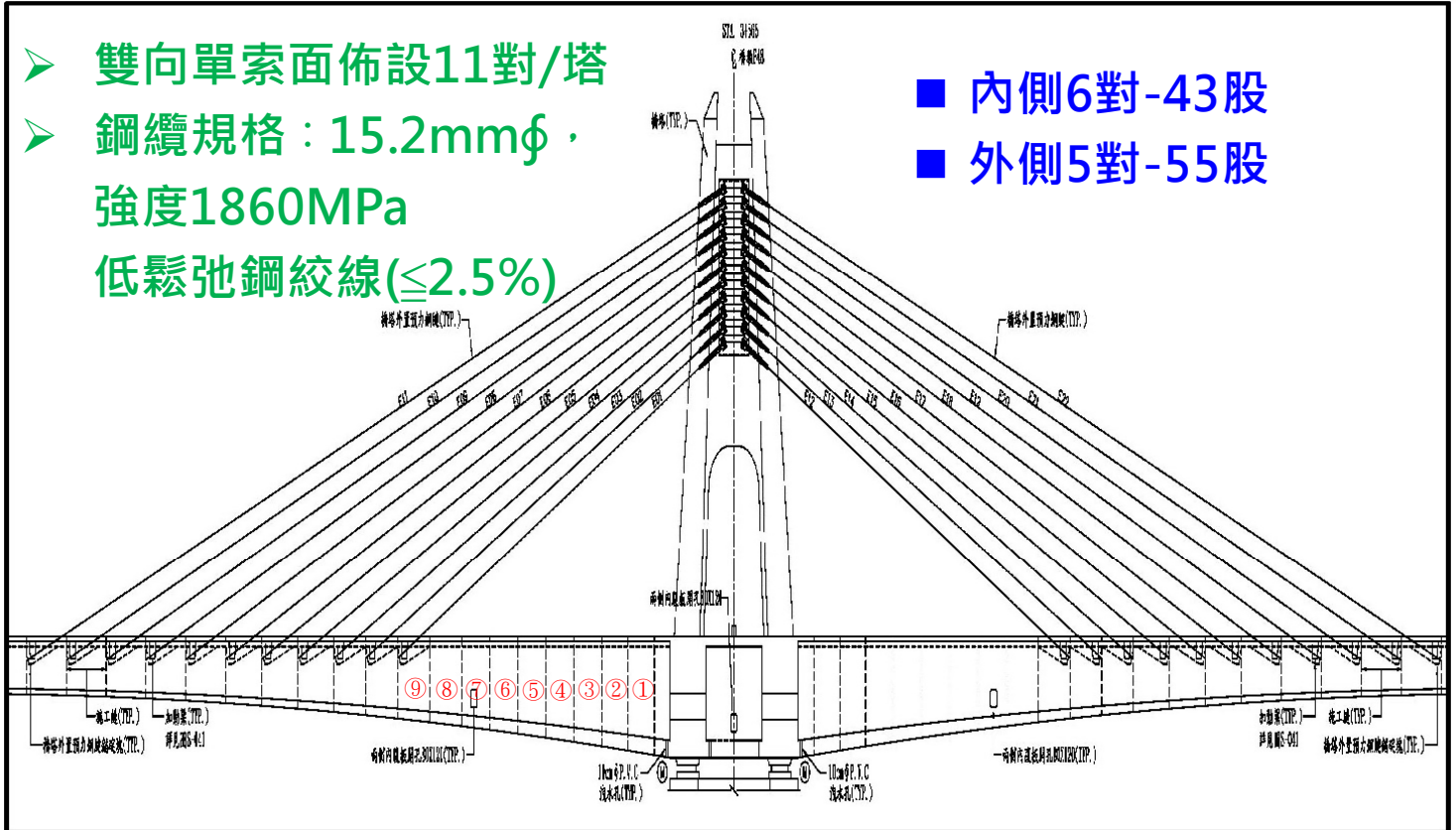


柒、外置預力施工 – 外置預力配置



- 雙向單索面佈設11對/塔
- 鋼纜規格：15.2mm ϕ ，強度1860MPa
低鬆弛鋼絞線($\leq 2.5\%$)

- 內側6對-43股
- 外側5對-55股



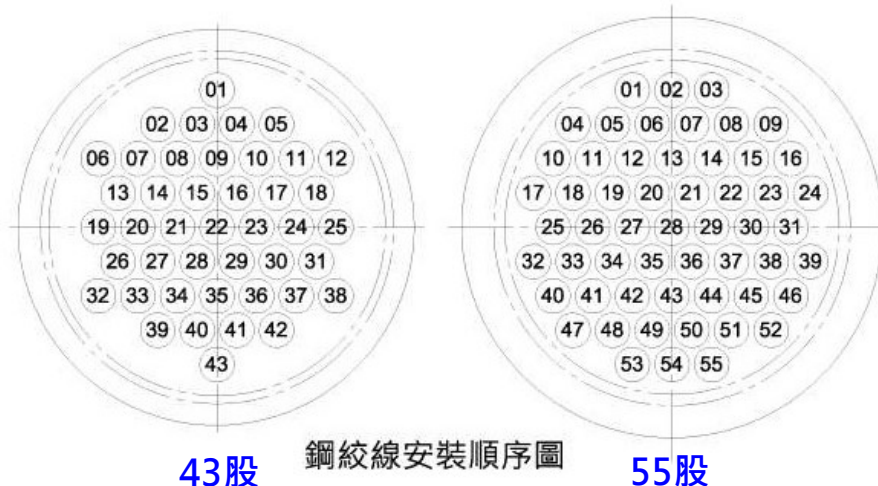
51

柒、外置預力施工 – 鋼絞線



◆ 鋼絞線安裝順序

- 從上而下：留設下部空間做為穿索通道
- 2側同步張拉
- 預力施拉循環：
 1. 逐根施加0.5倍設計索力值，直至全部鋼絞線穿線完成
 2. 自第1根鋼絞線施加100%預力值，直至全部鋼絞線張拉完成
 3. 循環施拉至每根鋼絞線趨近於相同索力(誤差值2.5%)



43股

鋼絞線安裝順序圖

55股

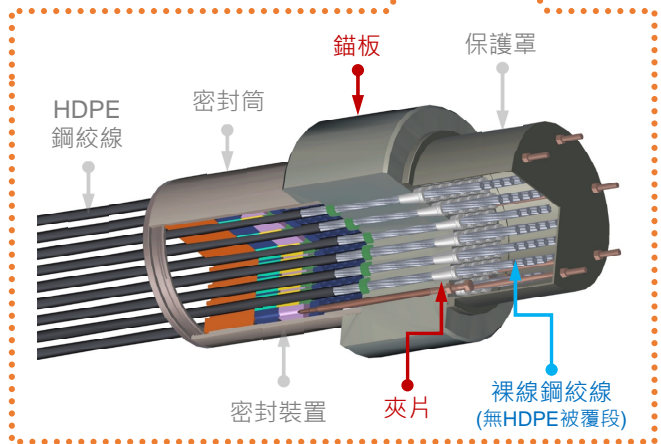
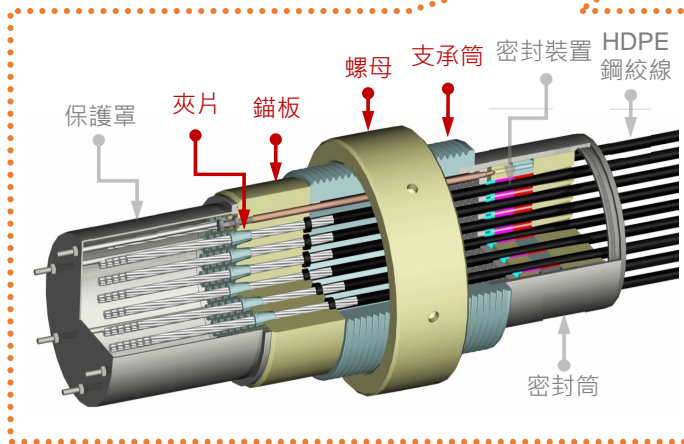
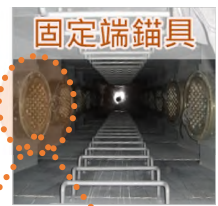
52

柒、外置預力施工 – 外置預力系統(1)



整束外置預力鋼腱可分為
錨碇段(Anchored Section)、
轉換段(Transition Section)、
自由段(Free Section)等三部分

A. 錨碇段構成組件



53

柒、外置預力施工 – 外置預力系統(2)

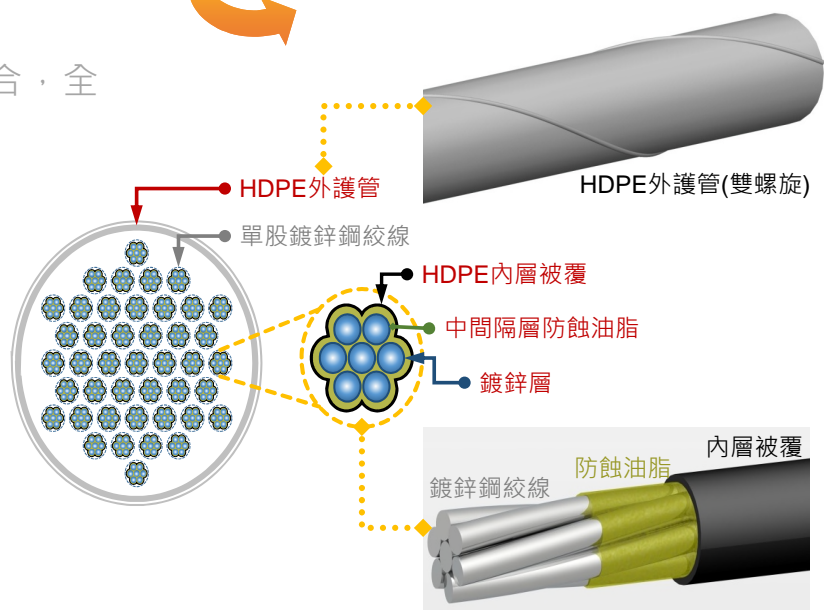


B. 轉換段構成組件

- 減振裝置
- 索箍裝置 (內襯柔性襯墊)
- 防水罩 (與HDPE外護管緊密結合，全防水處理)



C. 自由段構成組件

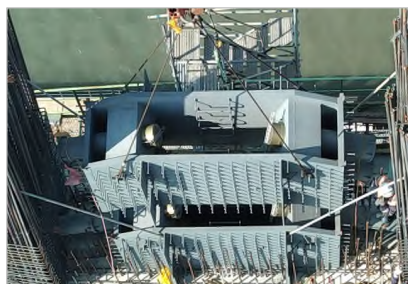


54

柒、外置預力施工 – 斜索施工流程(1)



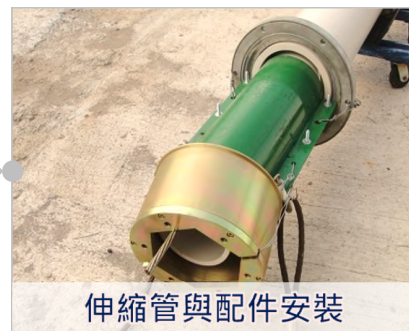
前置作業



橋塔鋼殼安裝 (固定端錨具先行安裝)



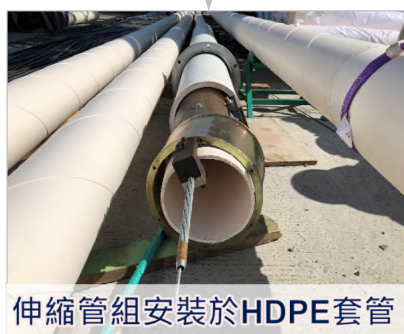
HDPE套管熱熔對接



伸縮管與配件安裝



橋面施拉端錨具安裝



伸縮管組安裝於HDPE套管



鋼絞線剝皮與清理

55

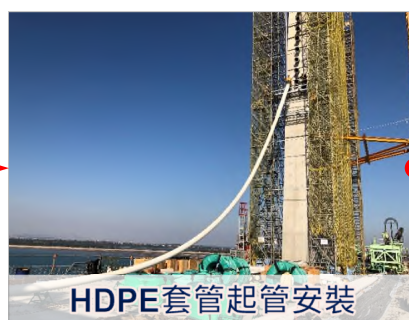
柒、外置預力施工 – 斜索施工流程(2)



起管穿線施拉



HDPE套管曳引鋼索安裝



HDPE套管起管安裝



逐根安裝鋼絞線



單股預力施拉 (逐股量測記錄)



整體索力量測 (EM Sensor)



安裝索箍、減震器及防水罩

56

柒、外置預力施工－節塊吊裝與外置預力施工流程



施工步驟一：

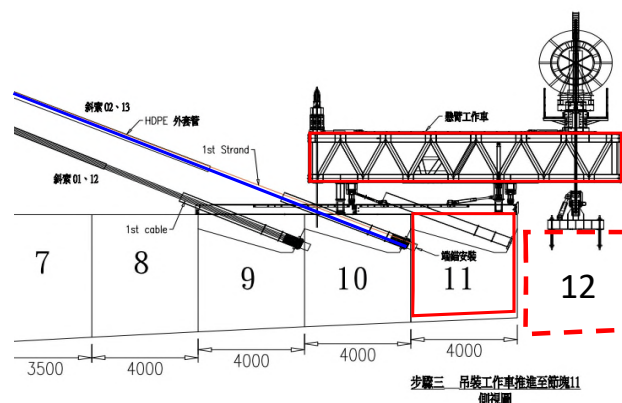
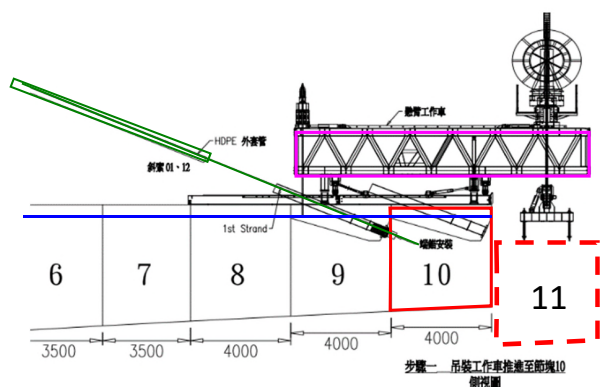
前置作業：第9對節塊預力施拉完成

- 1) 懸臂工作車定位於第9對節塊進行第10對節塊吊掛並完成預力施拉)
- 2) 懸臂工作車移動至第10對節塊定位及第11對節塊預備起吊
- 3) 位於第9對節塊之第1根斜索進行端錨安裝及HDPE起管



施工步驟二：

- 1) 起吊第11對節塊並完成預力施拉
- 2) 懸臂工作車移動至第11對節塊定位
- 3) 第1根斜索進行穿線並完成設計值預力施拉
- 4) 第12對節塊預備起吊
- 5) 第2根斜索進行端錨安裝及HDPE起管



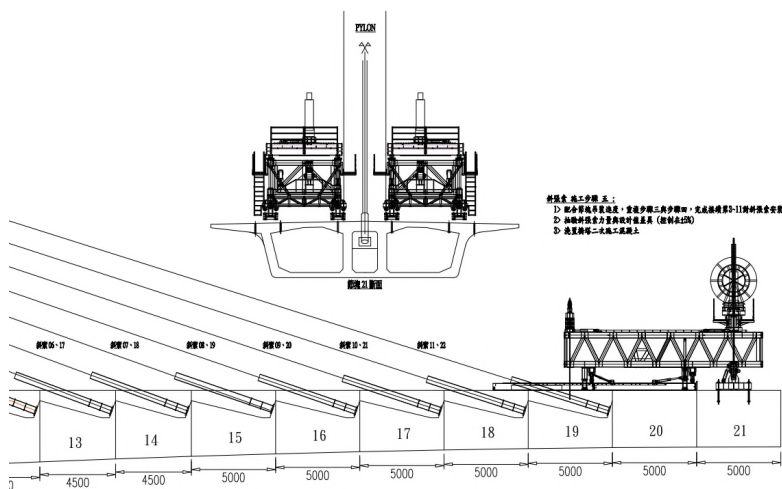
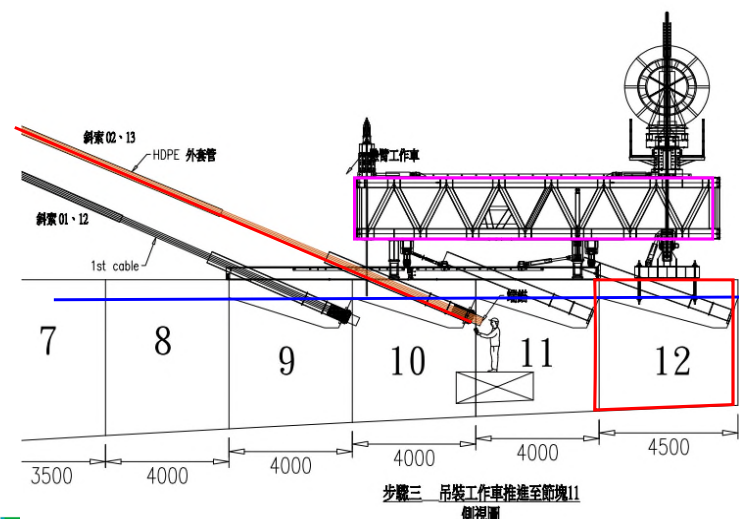
57

柒、外置預力施工－節塊吊裝與外置預力施工流程



施工步驟三：

- 1) 起吊第12對節塊並完成預力施拉
- 2) 第2根斜索穿線並完成設計值預力施拉
- 3) 懸臂工作車移動至第12對節塊定位
- 4) 第3根斜索錨安裝及HDPE起管
- 5) 依據施工步驟一、二循環進行節塊吊裝及外置預力斜索設置至第19對



附圖說明：施工步驟三：
D 配合管線吊裝進度，完成步驟三後，完成後續第11對節塊安裝
D 斜索斜索力及預力值及長度（按圖表25%）
D 斜索斜索力及預力值及長度（按圖表25%）

58



捌、結語

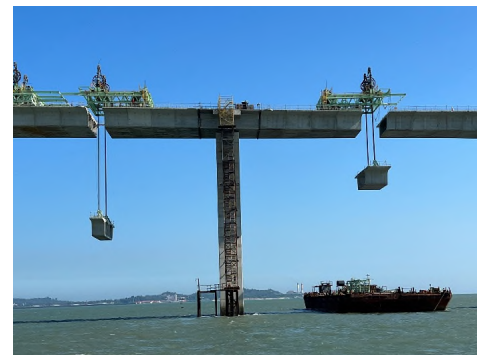


59

捌、結語



■ 金門大橋預鑄節塊產製過程除鑄造步驟需周延外，線形定位與放樣之準確性、節塊接合過程每一細節的確實，均為預鑄節塊成功與否之關鍵，鑄造完成的376塊節塊經由海運，總計進行39趟次的運送作業，克服台灣海峽惡劣海象的風險並安全運送到金門，最後一船節塊於111年6月29日到達工區，並在111年7月21日完成大橋最後一節塊的吊裝合龍，歷經2032天終於完成金門大橋主體結構，金門大橋主、邊橋預鑄節塊懸臂吊裝工法的寶貴施工經驗，應可提供爾後國內海事工程橋梁結構更佳之規劃參考。



60

