

# 預鑄節塊工法施工實際遭遇問題之探討

宋傳璽

國道新建工程局第三區工程處宜蘭工務段 工程員

近來由橋梁設計施工技術之提昇，對於施工技術較高之預鑄節塊吊裝工法常使用於各項橋梁建設中，此工法之優點在於不受地形影響、縮短工期、降低成本，故該工法於規模較大較長的橋梁常列為重要評選考量。北宜高速公路頭城蘇澳段採自辦監造，於 C510 標及 C511 標也採用預鑄節塊工法，由於有關預鑄節塊工法論述頗多，本篇著重於施工實際遭遇問題及解決方式共同分享研討。

## 一、 遮雨設備對短線鑄造混凝土澆置之必要性

預鑄節塊工法依鑄造工法之差異，可區分為長線鑄造與短線鑄造兩類，短線鑄造之特色為所需場地較小，可調整式鋼模可重使用，成本較低，一般對於短線鑄造預鑄場廠棚最低要求予以規範，預鑄節塊混凝土澆置現場多半以帆布備用，因此相較於長線鑄造之預鑄場廠棚設備顯然簡陋，由於宜蘭地區氣候頗似基隆，冬天為多雨季節，根據 C510 及 C511 標施作經驗，遮雨設備對節塊產能、混凝土品質及工程進度均有積極效益。

### (一) 節塊澆置概述

1. 本路段之柱頭節塊（位於橋墩）採場鑄方式澆置，其餘標準節塊、相鄰節塊及閉合節塊等採預鑄方式澆置，後述內容以標準節塊為代表作說明。
  - (1) 每一節塊所需混凝土為 36 立方公尺。
  - (2) 配合不同結構部位坍流度要求，以 7 車次預拌混凝土澆置。
  - (3) 每一節塊完成澆置時間約為 2~2.5 小時。
  - (4) 分批澆置混凝土之限制條為混凝土交界面 1.5 小時。
2. 第 C510 標曾發生預鑄節塊未達強度要求而作廢重作，經追蹤檢討乃係澆置當日突遇驟雨，雖緊急覆蓋帆布亦未搶救成功，因而對下列各項考量思索遮雨設備之必要：

- (1) 宜蘭地區氣候多雨特性，且冬季細雨又多斜飄，必須藉由遮雨設備才能避免影響工進。
- (2) 全省各地在夏季及天候不穩時均有可能發生驟雨，須預作防範。
- (3) 基於節塊澆置新舊混凝土界面時間間隔 90 分鐘要求，必須考量澆置過程因雨中斷造成節塊損失之可能性。

## (二) 遮雨設備之探討

1. 本路段節塊預鑄場原先採用頂罩式遮雨棚（圖 1、2），其尺寸約略大於標準節塊，其使用情形如下：
  - (1) 預鑄場之節塊鋼模共有 8 組，分列於東西兩側，遮雨棚計有 2 套。
  - (2) 每次以天車吊裝遮雨棚開始至遮雨棚固定完成約需 15~25 分鐘，其體積龐大以致吊裝費時是其主要缺點。
  - (3) 該遮雨棚另一缺點為無法抵擋大雨及斜飄細雨。
2. 針對上述頂罩式遮雨棚缺點研擬改善方案：
  - (1) 類似活動車棚以輪軸推拉之遮雨棚，經使用後，因重量輕、受風面大，其穩定性欠佳，後改用於節塊吊裝雨天塗抹 epoxy 之時遮雨之用。
  - (2) 採用部分固定式遮雨棚，搭配帆布以捲軸方式伸展收藏，可達最佳遮雨效果，初估費用約需 60~70 萬元，協力商或因成本考量未予採用。
  - (3) 就原頂罩式遮雨棚再予改良，四週視雨量及風勢大小懸掛帆布，是可達遮雨效果最低成本之改善方案，嗣後即採用此方案至節塊澆置完成。
3. 經使用上項改方案（3）遮雨棚後，檢視其功能確能達到當初最基本預期效果，在工程管理上可以減少業主與承商在天候因素上是否施工爭議之灰色地帶，達成如期、如質、如量之要求。
4. 基於本路段短線鑄造所採用遮雨棚之經驗，建議爾後承商提送預鑄節塊工法施工計畫應將遮雨設備列為審查項目，以確保預鑄節塊品質及工進。



圖 1 遮雨棚架由天車吊運安裝



圖 2 遮雨棚架正面

## 二、 混凝土坍流度之控制

C510 及 C511 標預鑄節塊採用鋼模，在斜翼版部分之上下左右等四方向均為鋼模，混凝土由頂版交接處流向腹牆交接處，由於斜翼版厚度為 25 公分，基於工作性考量，混凝土型式經多次配比後決定採用以添加化學摻料 TYPE-F 增加工作度，在施作初期未能充分掌握該化學摻料 TYPE-F 混凝土之特性，經嘗試修正後確認混凝土坍流度之控制對節塊澆置扮演重要角色，未來在在其他型式混凝土或有可供參考之處。

### (一) 混凝土使用 TYPE-F 化學摻料之背景與特色

C510 及 C511 標預鑄節塊斜翼版部分之澆置作業亟需較高流動性之混凝土，當時尚未採用高性能混凝土，乃藉由添加 TYPE-F 化學摻料以符合工作性需求。

#### 1. 混凝土添加 TYPE-F 化學摻料須滿足之條件

- (1) 預鑄節塊鋼模在斜翼版部分採密封式組模，淨厚 25 公分，長 6 公尺，混凝土在此扁平且深長空間內須具有充分之流動性。
- (2) C510 及 C511 標之預鑄節塊澆置模式為經由預拌混凝土車卸料至移動式輸送帶，再將混凝土運送至節塊澆置工作平台（圖 3、4）。混凝土在輸送帶運送過程中，須滿足水泥砂漿與骨材不產析離現象。

#### 2. 混凝土添加 TYPE-F 化學摻料在實際澆置之特色

- (1) 確實兼具粘稠又易流動之特色，其設計坍度為 22 公分，但實際則以坍流度為依據，最初建議坍流度為 60 公分（圖 5）。
- (2) 一旦初凝，其坍損速度比一般混凝土快，故須注意新舊混凝土澆置之時距，以避免產生冷縫。
- (3) 由於坍損速度也影響節塊澆置速度及預拌車出料時間掌控，曾發生混凝土坍損過速，預拌車後半段難以卸料，為確保節塊生產品質，立刻採取退料並調整補送正常工作性之混凝土，以確保混凝土不斷料，避免新舊混凝土無法膠結而導致節塊作廢。影響坍損因素可歸納如下：
  - A. 運距：拌合廠至 C510 標預鑄場約 3 分，幾無坍損；而至 C511 標預鑄場約約 20 公分鐘，流度坍損約 5~7 公分。
  - B. 溫度：高溫下，初期對坍損影響不大，一旦初凝則坍損快。
  - C. 風速：與高溫相比較，秋冬季節風速影響略大於溫度影響。

D. 另外拌合廠拌料作業手更換頻繁、補充化學添加劑最初 3 天等亦常發生坍塌異常。



圖 3 預鑄節塊澆置工作平台



圖 4 預鑄節塊澆置混凝土現況

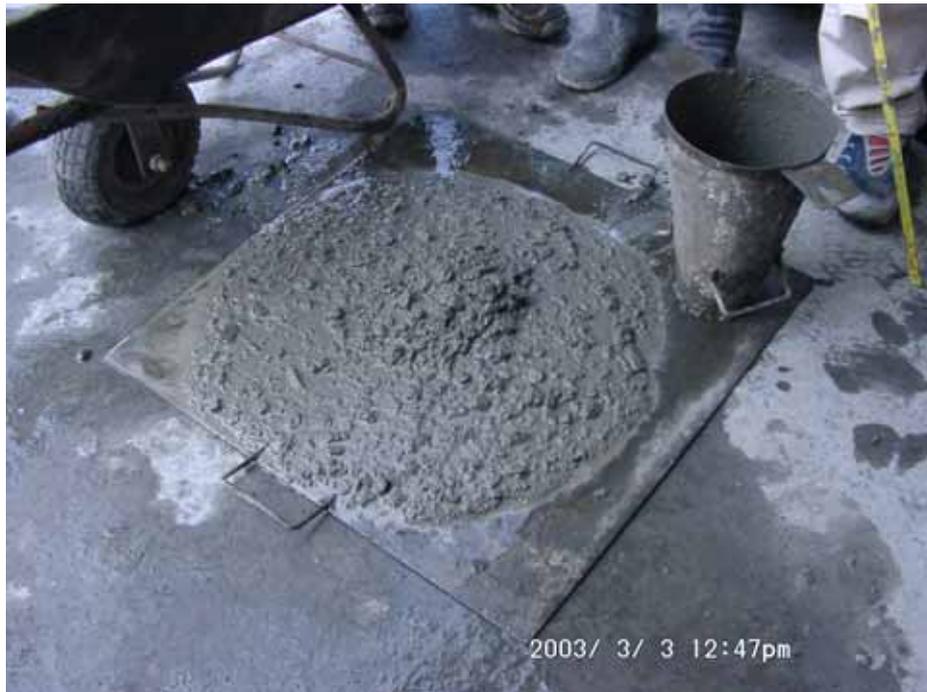


圖 5 混凝土添加 TYPE-F 化學摻料進行坍流度試驗

## (二) 預鑄節塊各部位之混凝土坍流度控制

混凝土添加 TYPE-F 化學摻料主要是針對預鑄節塊斜翼版工作性而配製，相較於無需強調流動性的其他部位，應無必要採取相同坍流度。施作初期，因各位採取相同坍流度，以致澆置斜翼版時常發生腹版牆混凝土仍未具塑性而大量自底版交接處不停流出，影響正常澆置作業，經由多次嘗試後確定不同預鑄節塊部位採用不同混凝土坍流度為具體可行。

### 1. 預鑄節塊部位區分：(圖 6、7)

- (1) 腹版牆。
- (2) 斜翼版。
- (3) 頂版及底版。

### 2. 澆置順序及考量因素：

- (1) 腹版牆：第一次澆置深度約為  $1/2 \sim 2/3$  版牆深，第二次澆置時與頂版一起進行，其考量因素：

- A. 腹版牆底部與底版、斜翼版交接，是澆置過程中最難處理部分，該部分列為最先澆置目的之一，即在於期望儘早充分獲得混凝土塑性，其功用類似做為斜翼版混凝土的擋板，而於斜翼版後續澆置振動作業中不致造混凝土之流潰。

B. 澆置深度大小則尚須考量混凝土自重提供混凝土流動性之動力對於混凝土塑性形成的負面影響，經相互比較後，以澆置深度約為  $1/2 \sim 2/3$  版牆深效果較佳。

(2) 斜翼版。

(3) 頂版及頂版。

3. 預預鑄節塊部位區分：

(1) 腹版牆：45 公分（第 1、2 車）。

(2) 斜翼版：50~55 公分（第 3、4 車）。

(3) 頂版及底版：50 公分（5、6、7 車）

4. 近來各類高性能混凝土陸續研發應用，日後未必使用類似添加化學摻料 TYPE-F 混凝土，但本次自辦監造所獲得解決或改善問題之思考邏輯才是最寶貴經驗。



圖 6 預鑄節塊堆置場



圖 7 斜翼版近照

### 三、 節塊間使用墊片進行垂直線形調整後檢視混凝土

關於預鑄節塊吊裝作業過程對於水平及垂直線形須作監控及調整，常見於相關論文著述，而在實際施工吊裝作業時，對於垂直線形發生偏差所做之調整方式，係使用薄墊片置於二個預鑄節塊交接處頂版或底版位置，藉以使垂直線形向下或向上調整，達到恢復原設計線形要求(圖 8~圖 11)。經檢視使用墊片進行垂直線形調整後符合預期效果，惟少數墊片調整位置發生不明顯裂紋，爰作進一步了解。

1. 初步推斷使用薄墊片調整縱向線形，在施拉臨時預力固定時，於該處造成應力集中所致。
2. 上述裂紋大部分肉眼無法直接辨識，因在雨後晴天發現部分節塊交處會有近乎半圓形水紋痕跡，再輔以錘頭敲擊部分位置會有中空擊聲，確認部分位置之發生混凝土剝離，經全面檢視結果確定薄墊片調整縱向線形處確有發生混凝土剝離之可能性，應列入吊裝作業之檢視項目，若有混凝土剝離現象，則以聚乙醯環氧樹脂填補。
3. 由於使用薄墊片調整縱向線形處是否發生混凝土剝離大部分肉眼無法直接辨識，故特別提出此項施工遭遇，藉以減少潛在問題之發生。



圖 8 接合面處理及塗抹 epoxy



圖 9 塗抹 epoxy

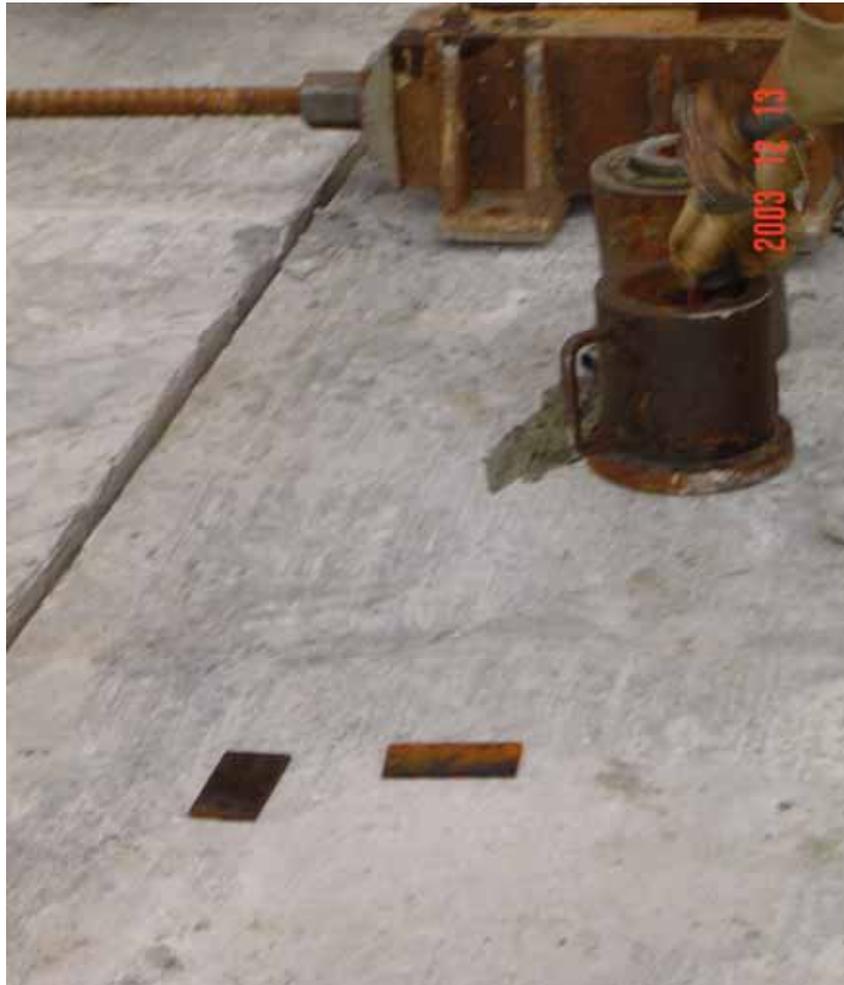


圖 10 線形所使用之薄墊片



圖 11 薄墊片塞入交接處隙縫

#### 四、 結語

以上所提三項施工作業實際遭遇問題是在自辦監造過程中，關於預鑄節塊吊裝工法的代表性問題提出心得報告，藉由本次專題研討達成經驗傳承效果，希望對採用相同工法之其他工程作為參考，並請各位工程先進不吝指正。