

## 連續壁混凝土澆灌時鋼筋籠荷重變化之觀察

黃文財\* 蔡國基\* 郭鵬志\*\*

牆頂部(參見圖一)。鋼筋籠吊放時之考量因素包括：

1. 鋼筋籠起吊時吊點鋼筋之應力分析
2. 導牆及鋪面受鋼筋籠荷重下之承載力分析
3. 鋼筋籠本體置於槽溝時吊點鋼筋之應力分析

前二項為常態下之檢核，第三項一般均以鋼筋籠荷重減去水浮力後，再酌量增加以為安全係數。但鋼筋籠於混凝土澆灌期間，吊點或焊道拉裂時有所聞，安全係數是否足夠？即為本文討論之重點。

### 2.2 特密混凝土澆灌

特密混凝土澆灌時通常使用一至三組特密管澆灌，特密管間之距離一般均小於3公尺。澆灌混凝土之初，將特密管底部置於壁底上方 30 至 50 公分處，並使用栓塞(PLUNGER)將管內之穩定液先行排出，再繼續澆灌混凝土。各組特密管應平均澆灌，混凝土表面之傾斜高差維持在1公尺至1.5公尺間。又特密管底部應保持在混凝土面下1.5公尺以上，特密管距單元接頭則保持在1公尺以內，以如此順序澆灌直到完成。

## 三、案例介紹

### 3.1 工程案例

本案例位於台北東區，連續壁厚度1.5m，設計抓掘深度為入卵礫石層4m，平均深度約為55m。單元寬度為母單元約3m，公單元約6m，使用MHL工法施作。混凝土澆灌速率上，母單元規定每小時僅可上昇5m，公單元則無特別要求。為防止漏漿，澆灌前母單元端版外側，需先填入高約4m之碎石級配。

## 一、前言

連續壁工程施工中使用特密管作為混凝土澆灌工具。由於在水中澆灌，施工中特密管必需插入混凝土面以下1.5m至6m不等，以防止混凝土與水中淤泥混合。澆灌時混凝土自地面置入特密管內，先因自重產生向下推擠力量，再轉為向阻力較低之混凝土表面向上擠昇。對鋼筋籠受力情況而言，如果向上擠昇力量大於鋼筋籠自重時，則產生鋼筋籠上浮現象；如果向下推擠力大於吊點鋼筋應力時，則將造成吊點鋼筋本體拉斷或焊道之拉裂，進而產生鋼筋籠變形，影響整體結構行為。

本文首先說明施工案例中鋼筋籠吊放及灌漿之詳細步驟，並藉由裝設於鋼筋籠頂部之荷重計，量測8個連續壁單元鋼筋籠頂部之荷重變化，及與混凝土灌漿深度時間等之關係。量測結果發現灌漿時最大荷重約達鋼筋籠自重之1.8倍，公、母單元二者行為略有不同，母單元最大荷重發生在灌漿中期，公單元最大荷重發生在灌漿完成前。

本文詳述鋼筋籠荷重變化監測結果及日本公司之解決方法，以供工程界處理此類問題之參考。

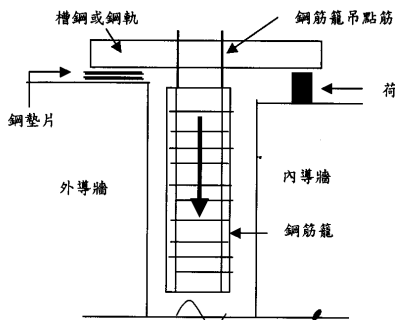
## 二、連續壁混凝土澆灌之步驟

### 2.1 鋼筋籠吊放之考量

連續壁於槽溝抓掘完成並清除槽溝底部淤泥後，即開始吊放鋼筋籠，起吊時吊車以二至三點吊法將鋼筋籠緩慢吊起，再置入槽溝中。此時鋼筋籠全部重量係由鋼筋籠吊點鋼筋經跨越槽溝之槽鋼(或鋼軌)傳到內外導

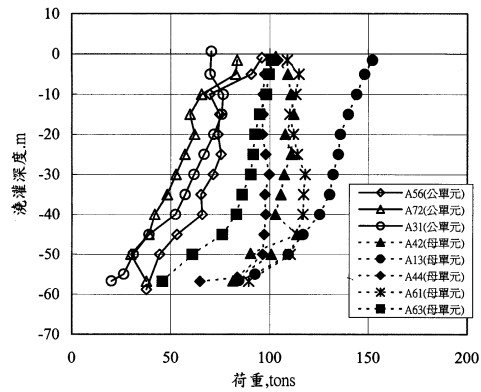
### 3.2 鋼筋籠吊點荷重之量測配置

本案例選取8個連續壁單元進行觀察，以了解鋼筋籠灌漿中吊點荷重之變化。觀察時係以3至6個電阻式荷重計置於槽鋼與內外導牆之間，前6個單元以3個單側荷重計讀測，再以力臂長度反求總荷重，後2個單元(A13,A31)則以6個荷重計分置兩側求總荷重。讀測時機為自特密管放置完成起，每次混凝土面澆灌達5m之整數高程時即讀測一次，直到澆灌完成，荷重計配置方式參見圖一及圖二。

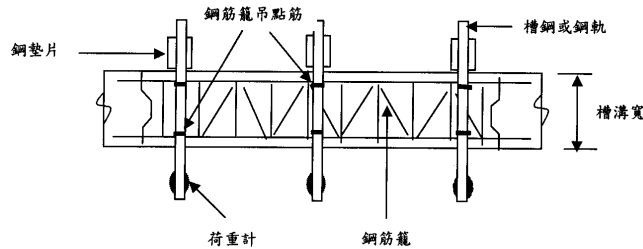


圖一 連續壁鋼筋籠剖面及荷重計配置示意圖

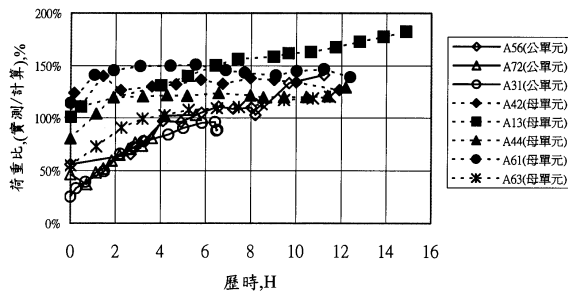
元(A13,A31)則以6個荷重計分置兩側求總荷重。讀測時機為自特密管放置完成起，每次混凝土面澆灌達5m之整數高程時即讀測一次，直到澆灌完成，荷重計配置方式參見圖一及圖二。



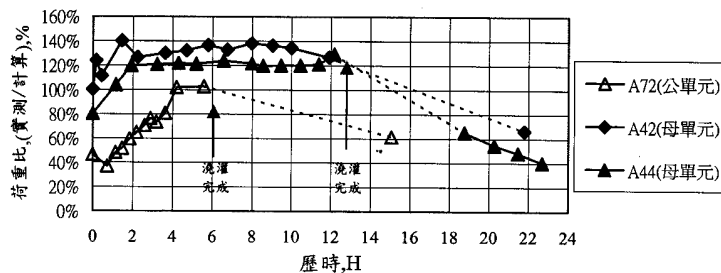
圖三 鋼筋籠吊點總荷重與灌漿深度關係



圖二 連續壁鋼筋籠平面及荷重計配置示意圖



圖四 鋼筋籠吊點總荷重比與灌漿歷時之關係



圖五 鋼筋籠吊點總荷重比與灌漿歷時之關係

### 3.3 鋼筋籠吊點荷重之量測結果

圖三為鋼筋籠吊點總荷重與灌漿深度關係，圖四為鋼筋籠吊點總荷重百分比與灌漿時間關係，本項結果顯示：

1. 母單元寬僅約3.5m，但配筋量加上端版重量，其吊點筋總荷重較公單元(寬約6m)為重，此結果應屬合理(圖三)。

2. 公單元之吊點筋總荷重，在混凝土澆灌過程中以近乎穩定之情況持續增加(圖三)。

3. 母單元之吊點筋總荷重，在混凝土澆灌過程中初期以較快之速度增加，後期則增加情況明顯減緩(圖三)。

4. 就澆灌時間而言，鋼筋籠之吊點筋總荷重，在混凝土澆灌起1~3小時內，總荷重增加速率較快，其後則漸緩，研判可能受混凝土初凝影響(圖四)。

5. 整個澆灌過程中，鋼筋籠之吊點筋總荷重與計算值(含端版重量)之比，母單元在120~183%之間，公單元則在95~140%之間(圖四)。

6. 母單元A42於澆灌到50m附近時，曾發生吊點鋼筋拉斷之現象，導致吊點筋總荷重突然下降之情況，經重新補強後再繼續澆灌(圖四)。

7. 母單元A13因灌漿時漏漿導致吊點筋總荷重反應異常(圖四)。

8. 圖五為混凝土澆灌一段時間後，吊點筋尚未切除前之幾個單元荷重量測結果，顯示荷重有逐漸減少之趨勢，推估可能之原因來自混凝土水化過程中產生水化熱，導致鋼材之輕微膨脹，或混凝土硬化後，導致荷重減少，惟真正原因尚待後續進一步之研究。

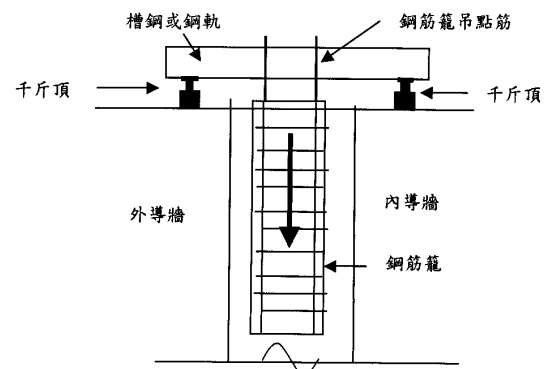
## 四、討論及結論

1. 連續壁灌漿期間吊點鋼筋之增加荷重，研判應來自澆灌時混凝土自地面置入特密管內，因自重產生向下推擠力量。

2. 連續壁在灌漿過程中吊點應力有逐漸上升之現象，母單元較大之增加速率出現在初期灌漿階段，公單元則增加速率較為平緩，以灌漿完成前達最大增量。

3. 本案例之觀察，吊點筋總荷重與計算值之比值最大曾達183%，施工前檢討吊點應力時應特加考量。

4. 為防止吊點鋼筋於混凝土灌注時遭拉斷，日商大林組曾提供日本之作法，為在槽型鋼與導牆間設置千斤頂，當發現荷重過大時，將千斤頂微量放低，可減少鋼筋之受拉應力，此不失為一良好之解決方式，參見圖六。



圖六 日本工程公司減少吊點筋荷重之方法示意圖

5. 有關混凝土灌漿時之行為，本文僅觀察吊點荷重之變化，如能加上鋼筋計之應力變化觀察，則可能對整個灌漿過程之行為更有所了解。

6. 本文僅為初步之觀察，並提供同業參考，後續仍有待工程先進繼續研究。

## 五、致謝

本文得以完成，首先感謝三力技術工程顧問股份有限公司李光雄董事長及該公司大地顧問服務團隊之分析指導，日本大林組伊藤正己課長提供原始構想，世久營造提供現場量測工作，新儀工程顧問股份有限公司慨借荷重計，在此同申謝忱！