

介紹

1. 使用範圍：

由於混凝土具有高抗壓之特性，然而抗拉強度卻極弱，因此預力混凝土即根據此一特性，在拉力側配置高拉力鋼鍵，並在承受載重前先行導入預力，使拉力側混凝土先承受其容許應力以下之壓應力，以便抵消加載重後產生之拉應力，以提高構件之結構強度。一般預力作業方式可於澆鑄混凝土前先施預力於鋼鍵之先拉法及澆鑄混凝土後再施預力於鋼鍵之後拉法兩種；先拉法一般較適用於較小跨徑構件，而後拉法則可應用於較大跨徑者或必須配置彎曲鋼鍵之構件，於施加預力後藉由錨頭錨錠之方式達成預力效果。預力混凝土應用於工程之範圍極為廣泛，諸如堤壩工程、橋樑工程、建築結構、港灣工程、地錨工程、基樁工程、道路工程甚至預力軌枕等皆常見其被廣泛應用。

2. 解釋名詞

(1) 先拉法：施作配置如圖1所示。預力混凝土之先拉工法乃預先使鋼鍵受拉力，並將其固定於兩端之固定臺，如照片1所示，然後灌注混凝土，通常均以蒸氣養護，如照片2所示，待混凝土達到預定之強度後切斷鋼線，於是由鋼鍵與混凝土間之握裹力將預力傳達於混凝土梁，如照片3所示。

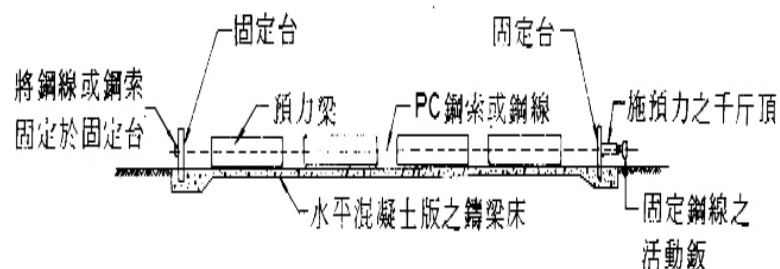


圖1 先拉法之長線鑄梁床示意圖

(資料來源：林樹柱；“預力混凝土設計及施工”)



照片1 先拉法之預鑄梁施預力作業
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)



照片2 先拉法之預鑄梁混凝土蒸氣養護作業
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)



照片3 先拉法之預鑄梁成品
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

- (2) 後拉法：預力混凝土之後拉工法乃先依設計配置組立鋼鍵及鋼筋，如照片4所示，澆鑄混凝土，待混凝土達到規定強度後拆模，如照片5所示，再自梁之兩端或一端施拉預力，然後將鋼鍵

固定於梁兩端之錨錠，如照片6。



照片4 後拉法之預鑄梁組立鋼鍵及鋼筋作業
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)



照片5 後拉法之預鑄梁混凝土拆模作業
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)



照片6 後拉法之預鑄梁施預力鋼鍵錨錠作業
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

- (3) 預力損失：預力梁在梁端施預力時，可由油壓錶量測施預力之大小，但油壓錶顯示之預力並未能全部傳遞給預力梁，在傳遞過程

中有部份預力於半途即行消失。

- (4) 全預力構件：預力混凝土在使用載重時，混凝土斷面均不受拉力亦不產生混凝土開裂現象，稱為全預力構件。
- (5) 部份預力構件：預力混凝土所施加之預力減少，斷面產生之拉力容許其由混凝土負擔或另加普通鋼筋承擔，這種結構稱為部份預力。

危害

1. 潛在危害，災害類型，災害防止對策：

本機具設備之潛在危害有(1)機具倒塌(2)架樑倒塌(3)墜落(4)物體飛落(5)感電(6)鋼鍵射出

- (1) 機具倒塌：預力作業中不論預鑄或場鑄工法中都需要運用吊具搬運材料或構件，而因場地承載力不足或機具操作不當而發生倒塌之危害。

防止對策：

- A. 整平場地，在承載力不足下，預先舖以R.C.或P.C.地坪，以提供足夠的承載力。
- B. 依機具操作規範施作，如起重機須檢查合格，並由合格起重機操作手來操作。吊掛物料時，計算重心，重量不超出起重機能力才能確保安全。

- (2) 架樑倒塌：預鑄預力樑於澆鑄完成，施加預力後，即可進行架設作業。因其為細長構件，因此極易因操作不當而發生斷裂倒塌之危害。

防止對策：

- A. 預先在吊掛位置埋入吊件，並且除此指定之吊掛位置不得作為吊點。
- B. 吊裝時，由合格吊掛作業人員施吊，吊掛用具經檢查良好，並採三角吊掛。
- C. 其他設施如千斤頂、拖架，及其基礎，應予事前計算且有充分之安全率。
- D. 預力樑橫向位移時，須使用滑輪、滾軸或台車，在調整至定位後，應使樑與支承間平整接觸方得安置。
- E. 搬運中應力求平穩避免傾斜或突發之衝擊。

(3) 墜落：預力作業中常有高處作業，勞工極易墜落傷亡。

防止對策：

A. 於高處作業開口處，應設置護欄或護網及警告標誌。

B. 勞工於暫時未能設置護欄處施工時，須先設立安全母索並使用安全帶以求安全。

C. 禁止非工作人員進入工作範圍。

(4) 物體飛落：預力作業常須吊掛各種物料及構材，稍有疏乎即會產生物體飛落之危害。

防止對策：

A. 使用合格起重機，並由合格起重機操作手來操作。

B. 使用良好吊具，採用三角吊法，由吊掛人員依吊掛作業規定來施吊。

C. 手工具綁牢，並置工具袋，各種零附件集中堆置。

(5) 感電：預力作業中常須使用電氣設備，因此易會發生感電之危害。

防止對策：

A. 各分電盤設立漏電斷路器。

B. 使用可撓性雙重絕緣電纜，並予架空。

C. 勞工使用各種護具。

D. 由合格電氣作業人員施作，電氣設備並依規定定期檢查、保養，以確保電氣安全。

(6) 鋼鍵射出：預力鋼鍵較易產生腐蝕及降低疲勞強度，在預力施加過程中，會發生鋼鍵超載降伏破壞，引發爆裂而傷人。

防止對策：

A. 作業中嚴守作業規定，依程序及規範施作。

B. 鋼鍵之強度和品質須檢具出廠證明及配合現場取樣送驗。

C. 施加預力當中，勞工不可站立於鋼鍵後方。

作業程序

作業前注意事項：

1. 預力作業施工計劃之擬定：由於預力混凝土工法受現場條件影響之工種甚多，故對於機材器具，勞務管理等均應在技術上詳實調查檢討，並依勞工安全衛生法等相關法令擬定安全策略。其中計劃內容一般涵

- 蓋技術、進度、人事勞務、暫設設備、機械資材及安全衛生計劃等。
2. 施工材料品質保證作業：預力混凝土主要構成材料包括混凝土、鋼鍵、鋼筋、薄漿、套管、錨錠具與接接具及其他雜項材料等，在施工之前對於所有材料均應先確認其品質，以查明是否符合於所訂規格。作業中注意事項：於高處作業時，開口處設立護欄，勞工戴用各種護具、安全帽，於暫未能設立護欄處作業時，須先設安全母索並使勞工使用安全帶，才可開始使勞工作業。
 1. 模板與支撐作業時：如照片7所示，由模板支撐作業主管在場監督方可施作，此階段應注意



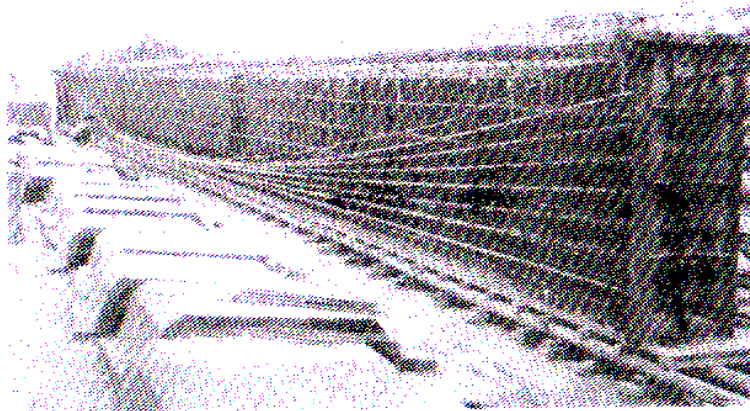
照片7 模板與支撐作業系統

(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

- (1) 模板製作上應注意施預力於構件後將引致變位，反力亦集中轉移至支承部，故模板不得拘束這些變位。
- (2) 使用木製及合版製模板應擇用無損傷之材料，金屬製模板則不得使用有彎曲，凹凸或銹蝕等瑕疵者。
- (3) 模板組立應確實查點與採取適當之預拱措施使澆置之構件得確保其位置和尺寸。
- (4) 拆模時間需俟混凝土強度達必要強度使得拆除模板，拆模作業不得有衝擊或破壞混凝土之情形。
- (5) 支承架設係以支承、梁、繫材，斜撐及臨時基礎等構材所構成之暫設構造物，其目的為安全地支撐構件自重，作業機具人員等。支承架有木材與鋼製撐架兩種，選用時應依據構鍵型式，形狀尺寸，架設高度與整體工程規模，工期等評估既安全又符合經濟原則者擇之，進行高架支承架設時應設置防止勞工墜落之防護措施，另支承本身是否穩定之現場檢核亦應由模板支撐作業主管實

施檢查確認。

2. 鋼筋及鋼鍵之配置與組紮時：如照片8所示，此階段應注意



照片8 鋼筋及鋼鍵之配置與組紮情形

(資料來源：林樹柱，“預力混凝土設計及施工”)

- (1) 鋼筋之加工與配置，應確保混凝土得以順利澆置作業，並能有效固定鋼鍵為原則。
 - (2) 鋼鍵之配置作業應注意套管或鋼鍵位置之精確，避免套管有局部變形或波浪狀之情形，套管間之接續應確實做到水密性之要求。
 - (3) 鋼筋及鋼鍵之裁切，組紮等作業，應依圖說施工或按鋼筋混凝土及預力混凝土相關規範辦理，勞工在使用裁切器械時應注意作業安全，防範肢體被機械傷害事件。
3. 混凝土澆灌作業時：如照片9所示。混凝土之澆置為能有效控制其強度及品質，應於事前擬具澆灌計劃以為作業之基準，其內容應包括混凝土配比設計、預拌混凝土供料計劃、混凝土澆打前作業機具與施作處所之查核、澆置搗實順序及方法之規劃，養生計劃和必要得施工接縫處理計劃等，作業中則應督導勞工注意機具操作安全，勞工戴用個人護具，使用氣動振動機，或注意電氣安全，使電線架高，電纜經漏電斷路器，可參考營造安全資料表 SDS-P-0090057 及 SDS-P-0180066。



照片9 預力混凝土澆灌作業

(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

4. 施加預力作業時：如照片10所示。施預力作業時之預力管理可採下列二種方法為原則：A.利用壓力錶量測，B.測量鋼鍵之伸長量。施加預力作業之良窳影響構件品質甚鉅，惟此作業易受施工因素影響，必須就施預力作業前檢討管理之準備工作以確保品質：
 - (1) 瞭解設計圖上所規定事項。
 - (2) 核對混凝土試體強度是否達到設計圖上所規定者。
 - (3) 查核預力鋼鍵試驗之物理性質是否達到規定。
 - (4) 規定施預力順序，並計算鋼鍵之伸長量及油壓錶應力。
 - (5) 計算預力構件之彈性縮短量及拱勢量。
 - (6) 預估鋼鍵之錨錠滑動量及影響長度。
 - (7) 檢查預力構件混凝土有無破損裂紋等。
 - (8) 檢查預力構件模板是否會阻礙施預力時之變形。
 - (9) 支承位置之底模可否承載施預力後之構件重。
 - (10) 施拉機具之檢查及千斤頂之校準。
 - (11) 裝設施預力時之各種安全設施。
 - (12) 安排合適之作業人員，遵循勞工安全衛生工作守則之規定作業。



照片 10 施加預力作業

(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

5. 預力錨錠施作時：如圖2所示。

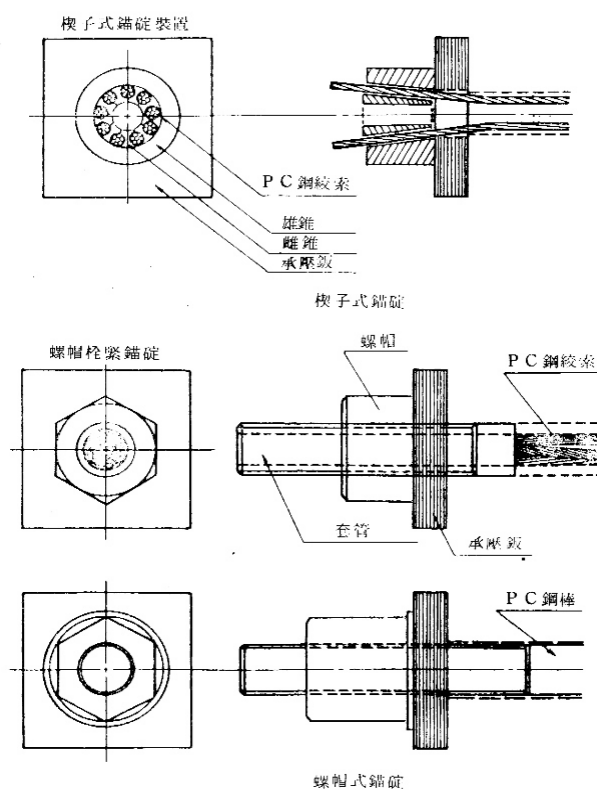


圖 2 預力錨錠施作示意圖

(資料來源：林耀煌，“高層建築基礎開挖施工法與設計實例”)

6. 架梁作業時：此係將預鑄工法製作之構件，搬運安置於設計位置之作業，作業前應予檢查並核算具有充分之安全率，搬運中應力求平穩避免傾斜或突發之衝擊，預力梁橫向位移時應使用滑輪，滾軸或台車，在調整至定位後應使梁與支承間平整接觸始得安置，如照片 11 及照片 12 所示，架梁作業當中應有專人做好指揮及檢核動作，避免人

員、機具、物料或構件之墜落事件。



照片11 滾軸或台車輔助架梁作業施工情形
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)



照片12 吊昇機具架梁作業施工情形
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

相關法令標準

1. 營造安全衛生設施標準：

- (1) 第二條：對於工作場所，暴露之鋼筋、鋼材、鐵件、鋁件及其他材料等易生職業災患者，應採適當防護措施。
- (2) 第五條：…對工作場所設置之警告標示，應依左列規定…。
- (3) 第六條：…工作場所中原有之電線、電力配管、電線桿及拉線、給水管、電信管線、危險物或有害物管線等，如有妨礙工程施工安全者，應於施工前妥善處理…。
- (4) 第七條：…對於有車輛出入或有導致交通事故之虞之工作場所，應依左列規定設置適當交通號誌、標示或柵欄…。

- (5) 第十條：…勞工於二公尺以上高度之屋頂、開口部分、階梯、樓梯、坡道、工作臺等場所從事作業，應於該處設置護欄或護蓋等防護設備。但如使勞工佩掛有安全帶等而無墜落之虞者，不在此限。
- (6) 第十一條：…依前條規定設置之護欄，應依左列規定…。
- (7) 第二十三條：…以捲揚機等作為吊運物料時，應依左列規定…吊掛之重量不得超過該設備所能承受之最高負荷…。
- (8) 第四十七條：…勞工從事露天開挖作業，為防止地面之崩塌及損壞地下埋設物致有危害勞工之虞，應事前就作業地點及其附近，施以鑽探、試挖或其他適當方法從事調查，其調查內容…。
- (9) 第四十八條：…勞工以人工開挖方式從事露天開挖作業，其自由面之傾斜度，應依左列規定…。
- (10) 第四十九條：…從事露天開挖時，為防止地面之崩塌或土石之飛落，應依左列規定…。
- (11) 第五十條：…勞工從事露天開挖作業，為防止土石崩塌，應指派專人辦理左列事項…。
- (12) 第五十二條：…露天開挖作業，為防止損壞地下管線致危害勞工，應採取懸吊或支撐該管線，或予以移設等必要措施，並指派專人於現場指揮施工。
- (13) 第五十四條：…於採光不良之場所從事露天開挖作業，應裝設作業安全所必需之照明設備。
- (14) 第五十五條：…勞工從事露天開挖作業，其垂直開挖最大深度應妥為設計，如其深度在一·五公尺以上且有崩塌之虞者，應設擋土支撐。
- (15) 第六十一條：…於開挖場所有地面崩塌或土石飛落之虞時，應依地質及環境狀況，設置適當擋土支撐、反循環樁、連續壁、邊坡保護等方法或張設防護網等設施。
- (16) 第六十二條：…對於露天開挖作業之工作場所，應設有警告標示，禁止與工作無關人員進入。

災害案例

在橋樑拓寬工地從事固定預力樑工作發生溺水災害

1. 災害發生經過：

某甲營造公司承建某大橋拓寬工程，甲營造公司將預力樑預鑄工程交付乙工程行承攬，八十二年五月二十七日八時A、B、C、D四名勞工到工地，欲將已作好之預力樑固定以防止下雨時溪水暴漲將預力樑沖走，決定使用圓竹固定預力樑，A勞工欲到另一邊取物料，沿著已積成水坑附近通行時掉落水坑中，經在場工人合力搶救將罹災者送醫急救無效死亡。

2. 災害發生原因：

- (1) 在溪床從事固定預力樑工作時，於通行積水水坑附近時掉落水坑中，因不諳水性而遭溺水。
- (2) 水坑附近未設置警告標誌。
- (3) 未對勞工實施安全衛生訓練，勞工安全衛生知識不足。

3. 災害防止對策：

- (1) 在土木工程作業場所，應設置適當之臨時圍籬，並於明顯位置設置警告標誌。
- (2) 應對勞工實施安全衛生訓練，補充勞工安全衛生知識，防止類似事件發生。