

第 02492 章 預力地錨

1. 通則

1.1 本章概要

說明應用於基礎構造物抗傾／抗浮、邊坡及擋土設施穩定之預力地錨（不包括鋼棒）之相關規定，包括材料供應、資料送審、現場品質管理、檢驗、清理及保護等。

1.2 工作範圍

本章規定預力地錨施工之材料規定、現場準備工作、預力鋼腱施預力、現場品質管理、驗收實驗等相關工作，施工廠商應依據本章、設計圖及工程司核准之施工計畫進行施工。

1.3 相關章節

1.3.1 第 02051 章--工程用水

1.3.2 第 03052 章--卜特蘭水泥

1.3.3 第 03050 章--混凝土基本材料及施工一般要求

1.4 相關準則

1.4.1 中華民國國家標準（CNS）

(1) CNS 3332 G3073 預力混凝土應力消除無被覆鋼線及鋼絞線

(2) CNS 2458 K3013 化學工業及一般用高密度聚乙烯塑膠管

1.4.2 美國混凝土學會（ACI）

(1) ACI 318 鋼筋混凝土建築規範規定 (Building Code Requirements for Reinforced Concrete)

1.5 定義

1.5.1 地錨係土錨及岩錨之統稱，為可將拉力傳遞至特定地層之裝置，按其錨碇段所在地層類別可再細分為錨碇於土層中之土錨，以及錨碇於岩層中之岩錨。

1.5.2 預力地錨依其使用年限及功能，分為臨時性和永久性地錨。永久性地錨之所有部分（包括錨碇段、自由段及外部端錨）須採適當之防蝕保護。

1.5.3 預力地錨由下列主要部分構成：

- (1) 錨碇段：係將預力鋼腱錨碇於所鑽之孔洞底部而成，其長度必須足以承受鋼腱施預力時所加之全部荷重。錨碇段之鋼腱組合，應儘量使其軸心與鑽孔之軸心一致，並應均佈於鑽孔內，再以壓力灌注水泥漿，將其於孔中錨碇。錨碇段之長度應按設計圖說所示施工，但應視適用性實驗結果及地質實際情況由工程司或工程司代表增減之。
- (2) 自由段：係由預力鋼腱、護管及封漿器組成。封漿器須置於錨碇段與自由段之分隔處，務使於錨碇段灌漿時，其漿液不致流入自由段之護管內。為避免腐蝕，自由段應按規定予以防蝕處理或於施預力後，以水泥漿將護管與鋼腱間之空隙灌實。
- (3) 外部端錨：係由握線器、承板及基座等組成。承板須能依設計圖說所示，均勻傳布鋼腱拉力至基座、橫擋（Waling）或其與基礎或擋土設施構造體之接觸面，而其本身應力則應在容許應力範圍內。基座應足以承受自承板傳布之全部荷重。除另有規定外，於自由段灌漿後，如屬臨時性工程，鋼腱外部端錨應以油漆及護蓋加以保護，如屬永久性工程，則應將自由段護管以套管延伸至外部端錨，並以鋼筋混凝土密封。

1.5.4 實驗

- (1) 確認實驗（Proving Test）：係於設計階段或結構用地錨尚未施工前所進行之現場實驗，為瞭解設計地錨在該工區地質條件下之極限荷重及變位行為，並求取地錨設計所需參數之實驗。

- (2) 適用性實驗 (Suitability Test)：係依據工作地錨設計尺寸施工，並以荷重循環施拉方式來確認現場施工後之地錨能否完全符合設計要求；而其實驗結果將作為驗收實驗之執行依據。
- (3) 驗收實驗 (Acceptance Test)：係將施工後之結構用地錨與設計要求相比較，證明地錨能實際符合設計之需求。驗收實驗又分為例行驗收實驗及追加驗收實驗兩種。

1.6 資料送審

1.6.1 材料送審

- (1) 施工廠商應將預力鋼腱製造廠商之品質證明報告，隨同所製鋼腱提送工程司，其內容應包括物理及機械特性實驗、材質分析、最後檢驗及應力－應變曲線等。施工廠商於裁製鋼腱時，均應留下一段試樣，以供工程司認為需要時可通知複驗其品質。此項複檢驗費用應由施工廠商負擔。
- (2) 施工廠商應提供握線器及承板之廠商實驗資料，證明可以適用。必要時工程司得通知抽樣複驗，其費用應由施工廠商負擔。
- (3) 護管（含浪形管）須為非再生高密度聚乙烯（HDPE）製品，其材質依 CNS 2458 K3013 之規定應符合下列要求：
- A. 抗拉降伏強度 $>200\text{kgf}/\text{cm}^2$ 。
 - B. 伸長率 $>350\%$ 。
 - C. 密度 $>0.941\text{g}/\text{cm}^3$ 。
- (4) 凡未經工程司認可之材料，一律不得使用。運入工地之材料，經工程司抽檢結果未合規定者，應即運離工地。
- (5) 化學摻料用料規範、製造廠商之說明書及樣品應先送請工程司核可。
- (6) 相關防蝕處理方式。

1.6.2 圖說技術資料及實驗計畫之送審

施工廠商應於簽約後提供完整之預力鋼腱裁製及其施工製造圖（含各鋼

腱之施預力順序)、計算書、實驗計畫及其他有關資料 2 份，送請工程司審核。包括：

(1) 構件詳圖及樣品

包括預力鋼腱剖面圖、端錨、間隔器、封漿器、灌漿管等之詳圖及其樣品。

(2) 設計拉力 (T_w)

分 類	最小安全係數 T_u/T_w		
	預力鋼腱	地層／漿體	預力鋼腱／漿體
臨時性且較不重要之地錨，其使用期限不超過 6 個月。	1.4	2.0	2.0
臨時性但較重要之地錨，其使用期限不超過 2 年。	1.6	2.5	2.5
永久性或臨時性地錨，其萬一失敗後果很嚴重者。	2.0	3.0	3.0

以上安全係數為施工中設計調整參考，各項地錨及岩錨之實驗荷重依本章各項實驗之規定辦理。

表中 T_u 為預力地錨之極限抗拉力，其值係由預力鋼腱之材料強度、斷面積及現場實驗結果決定之。

(3) 計算書

內容應包括錨碇段長度、錨碇段所承受之最大拉力、預力鋼腱有效應力、初期及暫時應力、預力損失之性質及大小、鋼腱伸長量，以及承板橫擋與托架之計算書等。

(4) 實驗計畫

實驗計畫應包括確認實驗 (Proving Test) 和適用性實驗 (Suitability Test)。

A. 確認實驗 (Proving Test)

a. 確認實驗旨在證明特定形式的地錨能夠符合設計之要求。

- b. 地錨之所有構件需針對其使用要求於製造廠或試驗室測試其適用性。
- c. 實驗用地錨應於具代表性的地點安裝進行實驗，施拉程序應參照適用性實驗中之實驗用地錨進行，原則上應繼續施拉力至破壞為止，並挖出檢視其自由段、破壞模式及防蝕系統之情況。
- d. 當計畫於現地進行確認實驗時，至少應安裝 3 支地錨進行實驗。
- e. 施工時為確認地質時，得要求施工廠商鑽探。
- f. 確認實驗結果應以各階段實驗拉力觀測時間內所測讀之伸長量繪製變位—對數時間曲線及實驗拉力—潛變伸長量關係圖等評估地錨之極限潛變拉力 (Limit Creep Load)，並配合施工紀錄及地層條件等進行結果判釋。

B. 適用性實驗 (Suitability Test)

- a. 進行適用性實驗之地錨可為原設計之結構用或為專供實驗之實驗用地錨。但無論為結構用或實驗用地錨其材質、施工狀況均需與工作地錨相同。當工作地錨所處之狀況（如地質狀況）改變時，必須重新進行實驗。
- b. 實驗頻率
適用性實驗頻率應按相同地質情況（即同一基礎面）之地錨總數，及其重要性依下表之規定辦理。

	試 驗 支 數		
錨碇段在同一基礎面之地錨總支數	臨時性且較不重要之地錨，其使用期限不超過 6 個月。	臨時性但較重要之地錨，其使用期限不超過 2 年。	錨碇段在同一基礎面之地錨總支數
≤ 20	—	—	3
> 20	地錨總數之 1%，但至少 3 支	地錨總數之 1.5%，但至少 3 支	地錨總數之 2%，但至少 3 支

- c. 地錨各階段之實驗拉力及觀測時間如下表所示。從起始拉力 T_0 逐步施加至設定之最大拉力後，逐階解除拉力至 T_0 ，並於各階施加拉力或解除拉力之觀測時間開始及終了記讀鋼腱之伸長量。實驗用地錨之最大拉力應不大於降伏拉力 T_y 之 90%，而結構用地錨的最大拉力應不大於 $1.2 (T_w + T_f)$ ，其中 T_w 為設計拉力； T_f 為鋼腱摩擦損失。

試 驗 拉 力		觀 測 時 間			
實驗用地錨	結構用地錨	堅實岩層	破碎岩層	崩積層	土層
$T_0 = 0.10T_y$	$T_0 = 0.20T_w$	—	—	—	—
$0.30T_y$	$0.4(T_w + T_f)$	5 分鐘	15 分鐘	15 分鐘	30 分鐘
$0.45T_y$	$0.8(T_w + T_f)$	15 分鐘	1 小時	1 小時	2 小時
$0.60T_y$	$1.0(T_w + T_f)$	30 分鐘	1 小時	2 小時	3 小時
$0.75T_y$	$1.2(T_w + T_f)$	1 小時	2 小時	24 小時	24 小時
$0.90T_y$		1 小時	2 小時	24 小時	24 小時

- d. 適用性實驗結果應繪製及應用下列相關曲線，配合施工紀錄及地層情況等進行結果判釋，評估工作地錨之適用性，作為工作地錨驗收實驗之辦理依據。
- 利用各階段實驗拉力觀測時間內所測讀之伸長量繪製變形

- 對數時間曲線，計算潛變伸長量 (Creep Displacement K_d)。

潛變伸長量可利用曲線中直線部分以下列公式計算：

$$K_d = (d_2 - d_1) / \log(t_2 / t_1)$$

- 繪製拉力－伸長量曲線，研判有效自由段長度 (L_{ef})，並利用地錨拉力鎖定時所量得之鋼腱回縮量，以求取鋼腱之滑動損失 (T_{ws}) 及摩擦損失 (T_f)。
- 繪製拉力－彈塑性變位量關係圖，求得各循環施拉之變位量。

e. 實驗結果需符合下列各項要求：

- 潛變伸長量 K_d 應小於 2mm。
- 極限潛變拉力為造成潛變伸長量 $K_d = 2\text{mm}$ 之拉力，其值應大於 $1.5T_w$ 。
- 各階段之鋼腱摩擦損失應小於實驗拉力之 20%。
- 有效自由段長度 L_{ef} 應滿足：

$$0.8L_{fr} \leq L_{ef} \leq (L_{fr} + 0.5L_b)$$

式中 $L_{ef} = (d_{el} \times A \times E) / (T - T_0 - T_f)$ 。

d_{el} ：各階段實驗拉力之彈性伸長量。

L_{fr} ：鋼腱自由段長度。

L_{ef} ：鋼腱有效自由段長度。

L_b ：鋼腱錨碇段長度。

A ：鋼絞線斷面積。

E ：鋼絞線楊氏模數。

T ：實際拉力。

T_0 ：起始拉力。

T_f ：鋼腱摩擦損失。

1.6.3 其他相關資料

包括預力鋼腱品質實驗報告、握線器及承板檢驗報告、無收縮灌漿材料之規格及其檢驗報告、施預力及預力實驗之方法、液壓雙動千斤頂之型

式及其檢驗報告，以及其他相關技術資料(包括鑽孔及灌漿機具之型式及性能等)。

1.6.4 實驗結果送審

施工廠商應於實驗完成後將實驗結果提送工程司審查，並決定錨碇段之施工長度。

1.6.5 上列各項經工程司認可後，施工廠商應提供經核定後之完整設計圖說 5 份，供工程司使用。倘設計圖說及技術資料由業主提供時，除應按其規定辦理外，施工廠商並應依上列各項規定提送審核及依工程司之指示辦理。

1.7 運送、儲存及處理

製造完成之預力鋼腱各部組件，於運達工地及安裝地點後，其儲存及處置，應依製造廠商推薦及工程司認可之方法辦理。製造廠起運前，預力鋼腱應妥為包裝，以防受損、受潮或為油污或其他穢物所污染。鋼腱材料如因銹蝕而有斑點現象者，絕不得使用。取用及放置鋼腱時，須特別小心，並應詳細檢查鋼腱是否受損或受潮，其兩端是否良好，以及有無缺或刻痕等。在存放預力鋼腱或腱束之鄰近處，不得進行銲接工作，更不得將鋼腱各有關部件作為銲接基座或與電銲電極觸碰。

2. 產品

2.1 材料

2.1.1 預力鋼線或鋼絞線應為無銹蝕且具光澤之新品，其品質須符合 CNS 3332 G3073 之規定，且不得附有塵垢、油脂或其他有害物質，並不得銲接或含有接頭。

2.1.2 握線器及承板須經工程司之認可，其品質須符合 ACI 318 之規定。握線器須能握線後再行拉緊或重行鬆開者。

2.1.3 灌漿材料

(1) 水泥須符合本規範第 03052 章「卜特蘭水泥」第 I 型或第 II 型之規定。

(2) 水應符合本規範第 02051 章「工程用水」之規定。

(3) 化學摻料 (Admixture) 應符合本規範第 03050 章「混凝土基本材料及施工一般要求」之規定，含有氯化鈣之摻料不得使用。用料規範、製造廠商之說明書及樣品應先送請工程司核可，如工程司認為有先予實驗之必要時，施工廠商應即照辦，並負擔其費用。

2.1.4 護管材料應為非再生高密度聚乙烯 (HDPE)。臨時性或永久性地錨自由段之鋼腱均需以護管包裹，管厚應大於 3mm；永久性地錨錨碇段之鋼腱需以浪形護管包裹，管厚應大於 1mm，惟通過構造體部分除該護管外，應按設計圖說所示預埋外護管，其內徑應略大於鑽孔孔徑或鑽孔時所用套管之外徑，其品質應先經工程司之認可。

3. 施工

3.1 準備工作

3.1.1 工作面整理

邊坡開挖施作預力地錨，依照設計圖說所示或工地工程司指示之階次，每階高約 2~4m，先從最上階地錨位置開挖，俟完成該階鋼筋混凝土護牆、預力地錨工作後，再依序往下分階施工。開挖時應小心施工，避免鬆動岩盤。必要時應採用跳島式間隔開挖，以避免嚴重之坍塌。開挖後之坡面應平順，並符合設計高程及坡度。

3.1.2 鑽孔

鑽孔應按地層條件及設計要求選擇適當之鑽掘系統施鑽，其鑽頭外徑不得小於設計孔徑。鑽孔進行中，應視地層實際情況，於必要時，以套管保護孔壁，以免發生崩坍現象。如遇嚴重漏水現象時，施工廠商應於漏水處先行預灌，再繼續施鑽。鑽孔時，錨碇段應取土樣或岩心樣本，以供工程司研判地質及校核錨碇段長度。如工程司認為由相鄰兩側孔所鑽

取之土樣或岩心樣本可判明該孔之地質時，則該孔可免取土樣或岩心試樣。

3.2 現場品質管理

3.2.1 預力鋼腱之安裝

鋼腱裝入孔中前，應詳細檢查各部組件是否妥善，錨碇段鋼腱是否附有油脂、鐵銹及其他足以影響鋼腱裹握力之雜物。裝入孔中時，應特別注意，避免鋼腱遭受嚴重扭曲及護管受損，並應預防其他穢物進入孔中。

3.2.2 預力鋼腱之灌漿

(1) 灌漿機具及材料應經工程司認可。

(2) 錨碇段灌漿

以水灰比為 0.45 並加無收縮摻料之水泥漿，用壓力灌漿將錨碇段灌滿，如該段設有防蝕護管時，則其內外空隙均應灌滿，且灌漿壓力除另有規定外，應不得小於 5kgf/cm^2 ，並保持定壓，觀測 10 分鐘，如壓力低落，應再施灌，直至無低落現象為止。倘於灌漿作業進行中，發生灌漿中斷情事時，施工廠商應將預力鋼腱立即拔出，重新施鑽錨孔。拔出之預力鋼腱及各部件，應經工程司檢視合格後，方可再行使用，否則應廢棄之。如預力鋼腱無法拔出時，應予作廢，施工廠商應即提出重做補強計畫，送請工程司核可後施工。上述所需費用概由施工廠商負擔，不另給價。

(3) 自由段灌漿

預力鋼腱施預力完成，並經工程司檢驗合格後，自由段鋼腱與護管間之空隙，應以水灰比 0.5 之水泥漿灌實，直至水泥漿由承板孔溢出時為止。

3.2.3 預力鋼腱之施預力

(1) 預力鋼腱應於錨碇段所灌水泥漿之立方體抗壓強度達 200kgf/cm^2 以上時，並經工程司認可後，方可開始施預力。

(2) 施預力之雙動液壓千斤頂應符合下列規定：

- A. 須附經檢驗機構檢驗合格而能隨時顯示鋼腱所受拉力之壓力計。
- B. 拉力控制設備應於達到某一設定拉力噸數時，即能自動停止且維持該拉力者。
- C. 施預力之方法，須符合鋼腱製造廠商所提供之規定及要求。

3.3 檢驗

3.3.1 驗收實驗 (Acceptance Test)

- (1) 驗收實驗分為例行驗收實驗及追加驗收實驗。所有結構用地錨均應接受例行驗收實驗。每 10 支應取 1 支進行追加驗收實驗，以檢核其性能。

- (2) 例行驗收實驗之實驗程序

地錨各階段之實驗拉力及觀測時間如下表所示。由初始拉力 T_0 開始逐階施加拉力，並於各階觀測時間開始與終了記讀鋼腱之伸長量，後將拉力錨碇於錨碇拉力 T_1 。

$$T_1 = T_w + T_{ws} + T_f$$

T_w ：設計拉力

T_{ws} ：鋼腱滑動損失

T_f ：鋼腱摩擦損失

試 驗 拉 力	觀 測 時 間
$T_0 = 0.2 (T_w + T_f)$	2 分鐘
$0.50 (T_w + T_f)$	2 分鐘
$0.75 (T_w + T_f)$	2 分鐘
$1.00 (T_w + T_f)$	2 分鐘
$1.20 (T_w + T_f)$	15 分鐘
錨碇拉力， T_1	

- (3) 追加驗收實驗之實驗程序

地錨每 10 支應進行追加驗收實驗 1 支，其各階段實驗拉力及觀測

時間同例行驗收實驗。由初始拉力 T_0 起逐階施加拉力，於各階觀測時間開始與終了記讀鋼腱之伸長量直至最大實驗拉力 $1.2 (T_w + T_f)$ ，然後維持此拉力至變形-對數時間曲線中直線部分出現止，再逐階解壓至初始拉力 T_0 ，最後再重施拉力並錨碇於 T_1 ，必要時設置監測儀器。

(4) 實驗結果之評估

A. 例行驗收實驗之潛變伸長量 K_d 應小於 2mm。

B. 追加驗收實驗

a. 潛變伸長量 K_d 應小於 2mm。

b. 有效自由段長度 L_{ef} 需接近適用性實驗之結果。

c. 檢查預估摩擦損失是否正確。若由於錯估摩擦損失致使實驗結果顯示作用於錨碇段之有效拉力小於所需拉力之 90%，應使用正確實驗拉力重做實驗。

(5) 鋼腱摩擦損失若小於所施拉力之 5%，於適用性實驗及驗收實驗時不需考慮。

(6) 其他規定

A. 預力操作人員須具有此項工作經驗者，施預力時，其安全防護設施應符合要求。

B. 每一條鋼腱之施工應有詳細紀錄，且應經工程司簽認，施預力及檢校預力時，均應有工程司在場。

(7) 不合規定之鋼腱

施工中如發生鋼腱損壞，以致使得鋼絞線或鋼線拉力無法符合本章第 1.6.2 款第(2)項之規定或無法符合驗收實驗之要求時，應視為不合格，施工廠商應提出重做或加做補強計畫，經工程司核可後施工，其費用概由施工廠商負擔。

3.4 清理

3.4.1 鋼腱之剪斷

地錨強度經檢校合格，且自由段已灌漿完成後，其露出孔外之鋼腱，除留下約 20cm 外，其餘應予剪斷，剪斷時不得使用燒切。

3.5 保護

3.5.1 端錨之保護

端錨應依工程司核可之詳圖施工，並應按本章第 1.5.3 款(3)之規定予以保護。

4. 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 預力地錨

預力地錨按竣工後經驗收合格之實際埋設長度（從承板底面至錨碇段尾包含實驗用之地錨）以公尺為單位計量。因配合地質改良所增加之工作項目及費用須另行計價。

4.1.2 鋼筋混凝土護牆梁板工程

依「構造物開挖」、「鋼筋」、「混凝土」、「軀體模板」等相關項目計量。邊坡開挖時，超挖部分須以同設計強度之混凝土填補，且與鋼筋混凝土護牆梁板之混凝土同時澆置。超出設計面之超挖及填補混凝土，其費用已包括於有關工作項目單價內，不另計量。「構造物開挖」之數量以板之厚度計量。設計圖說所示之縱向伸縮縫及分階水平施工縫所需之模板，以「軀體模板」項目計量。設計圖說所示分階水平施工縫所需之鋼筋搭接長度，以「鋼筋」項目計量。

4.1.3 因個案特殊情況且契約另有規定外，超出設計面之超挖補償費用包括於有關工作項目單價內，不另計價。

4.2 計價

4.2.1 預力地錨

依契約詳細價目表內所列「預力地錨」項目計價。該項單價已包括鑽孔、套管、預灌工作、鋼腱及其製作與安裝、灌漿、施預力、外部端錨之保護、一切附屬配件（諸如橫擋、托架等）、及本章所述各項實驗及品質檢驗等，以及為完成預力地錨所需之一切人工、材料、機具、設備、運輸、搬運、動力、工作架、安全設施以及其他有關之費用在內。

4.2.2 鋼筋混凝土護牆梁板工程

依「構造物開挖」、「鋼筋」、「混凝土」、「軀體模板」等相關契約項目計價。開挖時若因施工廠商之施工疏忽引起岩石鬆動或掉落，則所需回填同級混凝土等一切費用由施工廠商負擔。

工作項目名稱	計價單位
預力地錨（註明噸數）	公尺
構造物開挖	立方公尺
鋼筋	公斤或公噸
混凝土	立方公尺
軀體模板	平方公尺

〈本章結束〉