

第02492章 預力鋼腱地錨

1. 通則

1.1 本章概要

1.1.1 預力鋼腱地錨係用於擋土設施或基礎之穩定，其施工應與擋土設施或基礎之施工互相配合。

1.1.2 預力鋼腱地錨其使用年限及功能，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）須採適當防蝕保護。

1.1.3 預力鋼腱由下列主要部份構成

(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，將其錨碇於孔中。錨碇段之長度應按設計圖所示施工，但應視現場適用性試驗結果及地質實際情況由工程司增減之。

(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、承鈑及基座等組成。承鈑須能依設計圖所示，均勻傳佈鋼腱拉力至基座、橫擋(Waling)或其與基礎或擋土設施結構體之接觸面，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鈑傳佈之全部荷重。

(4) 外部端錨之銹蝕保護

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，並以鍍鋅鐵蓋或鋼筋混凝土密封。

1.1.4 設計拉力(T_w)

施工完成後，預力鋼腱地錨之設計拉力應符合下列規定：

分類	最小安全係數 $T_u^{\text{註1}}/T_w$		
	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(註 2)	2.5(註 2)
永久性或臨時性地錨，其萬一失敗後果很嚴重者。	2.0	3.0(註 3)	3.0(註 3)
註：1. 表中 T_u 為預力鋼腱地錨或岩錨之極限抗拉力，其值係由預力鋼腱之材料強度、斷面積及現場試驗結果決定之。 2. 有完整確認試驗結果，則其安全係數可採 2.0 3. 若需控制地層潛變時，安全係數可提高至 4.0			

1.2 工作範圍

本章規定預力鋼腱地錨施工之材料規定、現場準備工作、預力鋼腱施預力、現場品質管制、接收試驗等相關工作，承包商應依據本章、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02316章—構造物開挖
- 1.3.3 第03052章—卜特蘭水泥
- 1.3.4 第03053章—水泥混凝土之一般要求
- 1.3.5 第03210章—鋼筋

1.4 相關準則

- 1.4.1 中華民國國家標準（CNS）
 - (1) CNS 3332 預力混凝土用鋼線及鋼絞線
- 1.4.2 美國材料試驗協會（ASTM）
 - (1) ASTM D3350 Standard Specification for Polyethylene Plastics Pipe and Fittings Materials

1.4.3 美國混凝土學會 (ACI)

(1) ACI 318 Building Code Requirements for Reinforced Concrete

1.5 資料送審

1.5.1 材料送審

- (1) 承包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試驗、材質分析、最後檢驗及應力—應變曲線等。承包商於裁製鋼腱時，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承包商負擔。
- (2) 承包商應提供握線器及承鉸之廠商試驗資料，證明可以適用。必要時工程司得通知抽樣複驗，其費用應由承包商負擔。
- (3) 護管(含浪形管)須為非再生高密度聚乙烯 (HDPE) 製品，其材質應依 ASTM D3350之規定並符合下列要求：

項目	合格標準
抗拉降伏強度	$>200\text{kgf/cm}^2$
伸長率	$>350\%$
密度	$>0.941\text{g/cm}^3$

- (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之核可。

1.5.2 圖說技術資料及試驗計畫之送審

承包商應於簽約後提供完整之預力鋼腱裁製及其安裝詳圖（含各鋼腱之施預力順序）、計算書、試驗計畫及其他有關資料二份，送請工程司審核。包括：

(1) 預力鋼腱等詳圖及樣品：

包括全段施工詳圖（含灌漿管及迴漿管配置）及重點位置剖面圖、端錨、承鉸、喇叭管、間隔器、封漿器、灌漿管、各處封口（含自由段護管與喇叭管、自由段護管與錨碇段護管、護管與封漿器等）等之詳

圖及其樣品，並於完工後將施工詳圖納入竣工圖內及依工程司指示填列相關資料。

(2) 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，以及承鈹橫擋與托架之計算等。

(3) 試驗計畫：

試驗計畫應包括確認試驗 (Proving Tests) 和現場適用性試驗 (Suitability Tests)。

A. 確認試驗(Proving Tests)

- a. 確認試驗旨在證明特定型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實驗室測試其適用性。
- c. 試用地錨應於具代表性的地點安裝進行試驗，原則上應繼續施拉力至破壞為止，並挖出檢視自由段、破壞模式及防蝕系統之情況，另應拆除錨頭檢視自由段鋼腱與護管間空隙是否確實灌滿漿體。
- d. 當計畫於現地進行確認試驗時，至少應安裝三支地錨進行試驗。

B. 現場適用性試驗(Suitability Tests)

- a. 進行適用性試驗之地錨可為原設計之結構用或為專供試驗之試驗用地錨。但無論為結構用或試驗用地錨其材質、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，必須重新進行試驗。
- b. 地錨各階段之試驗拉力及觀察時間如下表所示。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察時間開始及終了記讀鋼腱之伸長量。試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_f 為鋼腱摩擦損失。
- c. 試驗結果應繪製拉力—伸長量曲線，計算鋼腱摩擦損失及彈性、塑性變形量。並利用各階段試驗拉力觀察時間內所測讀

之伸長量繪製變形—對數時間曲線，計算潛變伸長量(Creep Displacement Kd)。潛變伸長量可利用曲線中直線部分以下列公式計算：

$$Kd = (d2 - d1) / \log(t2 / t1)$$

試 驗 拉 力		觀 察 時 間		
試驗用地錨	結構用地錨	堅實岩層	破碎岩層	崩積層
To=0.10Ty	To=0.20 Tw	— —	— —	— —
0.30Ty	0.4(Tw + Tf)	5分鐘	15分鐘	15分鐘
0.45Ty	0.8(Tw + Tf)	15分鐘	1小時	1小時
0.60Ty	1.0(Tw + Tf)	30分鐘	1小時	2小時
0.75Ty	1.2(Tw + Tf)	1小時	2小時	24小時
0.90Ty		1小時	2小時	24小時

d. 試驗頻率：

現場適用性試驗頻率應按相同地質情況（即同一基礎面）之地錨總數，及其重要性依下表規定辦理。

	試 驗 支 數		
固定端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，其地錨使用期限不超過2年。	永久性或臨時性地錨，其萬一失敗後果很嚴重者。
≤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

e. 試驗結果需符合下列各項要求：

- (a) 潛變伸長量Kd應小於2mm。
- (b) 極限潛變拉力 (Limit Creep Load)為造成潛變伸長量Kd=2公厘之拉力，其值應大於1.2Tw。
- (c) 各階段之鋼腱摩擦損失應小於試驗拉力之20%。
- (d) 有效自由段長度Lef應滿足：
 $0.8Lfr \leq Lef \leq (Lfr + 0.5Lb)$
 式中 $Lef = (\delta l \times A \times E) / (T - To - Tf)$
 δl ：各階段試驗拉力之彈性伸長量

Lfr：鋼腱自由段長度
Lef：鋼腱有效自由段長度
Lb：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
To：起始拉力
Tf：鋼腱摩擦損失

1.5.3 其他有關資料

包括預力鋼腱品質試驗報告、握線器及承鈑檢驗報告、不收縮灌漿材料之規格及其檢驗報告、施預力及預力試驗之方法、油壓雙動千斤頂之型式及其檢驗報告，以及其他有關技術資料（包括鑽孔及灌漿機具之型式及性能等）。

1.5.4 試驗結果送審

承包商應於試驗完成後將試驗結果提送工程司審查，並決定錨碇段之施工長度。

1.5.5 上列各項經工程司認可後，承包商應提供經核定後之完整圖說五份，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，承包商並應依上列各項規定提送審核及依工程司之指示辦理。

1.6 運送儲存及處理

1.6.1 預力鋼腱之保護

- (1) 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。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 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，其品質應符合 CNS 3332 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 握線器及承鈑須經工程司之認可，其品質應符合 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) 水泥應符合本規範第 03052 章第 I 型或第 II 型之規定。
 - (2) 水應符合本規範第 02051 章之規定。
 - (3) 化學摻料(Admixture) 應符合本規範第 03053 章之規定，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試驗之必要時，承包商應即照辦，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，惟通過結構體部分除該護管外，應按設計圖所示預埋外護管，其內徑應略大於鑽孔孔徑或鑽孔時所用套管之外徑，其品質應經工程司之認可。

3. 施工

3.1 準備工作

3.1.1 邊坡整理

依照設計圖所示或工程司指示之階次，每階高約 2~4m，先從最上階地錨、岩錨位置開挖，並完成該階鋼筋混凝土護牆、預力鋼腱地錨工作後，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，以避免嚴重之坍方。開挖後之坡面應平順，並符合設計高程及坡度。

3.1.2 鑽孔

- (1) 鑽孔應按地層條件及設計要求選擇適當的鑽掘系統施鑽，採用之鑽頭外徑不得小於設計孔徑。

- (2) 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。
- (3) 如遇嚴重漏水現象時，承包商應於漏水處先行預灌，再繼續施鑽。
- (4) 鑽孔時，錨碇段應取土樣或岩心樣本，以供研判地質及校核錨碇段長度。
- (5) 如工程司認為鄰近所鑽取之土樣或岩心試樣可判明該孔之地質時，則該孔可免取土樣或岩心樣本。

3.2 安裝

3.2.1 預力鋼腱之安裝組立

依核定之施工計畫進行組立，組立時應以架高之施工平台組立鋼腱，並確認鋼腱表面潔淨，無附有油脂、鐵銹及其他足以影響鋼腱握裹力之雜物，錨碇段護管底端不應有開口，且自由段護管與錨碇段護管銜接處亦需以適當方法密封。

3.2.2 預力鋼腱之安裝

鋼腱裝入孔中前，應詳細檢查各部件是否妥善。鋼腱裝入孔中時，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。承鈹安裝時應於喇叭管與自由段護管銜接處以適當方法密封。

3.3 現場品質管制

3.3.1 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：

A.以水灰比為0.45並加不收縮摻料之水泥漿，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，觀察10分鐘，如壓力低落，應再施灌，直至無低落現象為止。

B.倘於灌漿作業進行中，發生灌漿中斷情事時，承包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。

C.如預力鋼腱無法拔出時，應予作廢，承包商應即提出重作補強計畫，送請工程司核可後施工。上述所需費用概由承包商負擔，不另給價。

(3) 自由段灌漿：

- A. 預力鋼腱施預力完成，並經工程司檢驗合格後，鋼腱與護管間之空隙，以水灰比0.5並加不收縮摻料之水泥漿灌實。
- B. 自由段灌漿時應採適當方法將錨頭密封，並預留迴漿管，依據確認試驗核定之灌漿方式或以低壓或重力流灌漿方式緩慢入漿，以利空氣排除，至迴漿管漿液呈穩定狀態止。

3.3.2 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) 施預力之雙動油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. 拉力控制設備應為自動式，並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，應符合鋼腱製造廠商所提供之規定及要求。

3.4 檢驗

3.4.1 接收試驗

- (1) 接收試驗分為例行接收試驗及追加接收試驗。所有結構地錨均應接受例行接收試驗。每10支應取一支進行追加接收試驗，以檢核其性能。
- (2) 例行接收試驗之試驗程序：

地錨各階段之試驗拉力及觀察時間如下表所示。由初始拉力 T_0 開始逐階施加拉力，並於各階觀察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 ， $T_1 = T_w + T_{ws} + T_f$ 。

式中 T_{ws} ：楔塊滑動損失。

試 驗 拉 力	觀 察 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) 追加接收試驗之試驗程序：

地錨每10支應進行追加接收試驗一支，其各階段試驗拉力及觀察時間同例行驗收試驗。由初始拉力 T_0 起逐階施加拉力，於各階觀察時間開始與終了記讀鋼腱之伸長量直至最大試驗拉力 $1.2(T_w + T_f)$ ，然後維持此拉力至變形一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 。

(4) 試驗結果之評估：

A. 例行接收試驗之潛變伸長量 K_d 應小於 2mm。

B 追加接收試驗：

a. 潛變伸長量 K_d 應小於 2mm。

b. 有效自由段長度 L_{ef} 需符合現場適用性試驗之要求。

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

(5) 鋼腱摩擦損失若小於所施拉力之 5%，於適用性試驗及接收試驗時不需考慮。

(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記錄，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，以致使得鋼索或鋼線拉力無法符合本章第 1.1.4 節之規定或無法符合接收試驗之要求時，應視為不合格，承包商應提出重做或加做補強計畫，經工程司核可後施工，其費用概由承包商負擔。

3.4.2 自由段灌漿檢驗

(1) 為確保自由段鋼腱確實為漿體包覆保護，工作地錨自由段灌漿完成後，應每 10 支抽取 1 支進行自由段灌漿檢驗。

(2) 自由段灌漿檢驗應利用錨頭內上方之預留孔施鑽直徑約 1cm 之檢驗孔，深度達承鈹底面下約 10cm 止，並以工業用內視鏡檢視檢驗孔周邊有

無空洞，經檢視無空洞視為合格。

- (3) 若上述抽驗結果不合格時，由工程司再任意指定2支作自由段灌漿檢驗，如2支均合格，則除原抽驗不合格之地錨需由承包商無償補救施工外，該批10支自由段灌漿均視為合格；如2支中有任何1支不合格，則所代表之10支自由段灌漿全部視為不合格，並依工程司指示辦理。

3.5 清理

3.5.1 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。

3.6 保護

3.6.1 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1.1.3(4)節之規定予以保護。

4. 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 預力鋼腱地錨

預力鋼腱地錨按完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試驗用之地錨）以m為單位計量。

4.2 計價

4.2.1 預力鋼腱地錨

依契約詳細價目表內所列「預力鋼腱地錨」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）、（必要之土層/岩心取樣）、各項試驗及品質檢驗等，以及為完成預力鋼腱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。

工作項目名稱

計價單位

預力鋼腱地錨（註明噸數）

m

<本章結束>