

第 03231 章

預力鋼腱及端錨

1. 通則

1.1 本章概要

說明預力混凝土構造物所採預力鋼腱 (Tendon)、鋼絞線 (Strands)、鋼線 (Wires)、套管 (Sheath) 及端錨 (Anchorage) 等之材料、設備、施工及檢驗等相關規定。

1.2 工作範圍

1.2.1 預力鋼線及鋼絞線、預力端錨及預力續接器、預力混凝土用套管之材料規格。

1.2.2 預力端錨及預力續接器產品資料之分階段送審。

1.2.3 安裝、檢驗及現場品質管制。

1.3 相關章節

1.3.1 第 03380 章--後拉法預力混凝土

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 |
| (2) CNS 8497 | 熱軋不銹鋼鋼板、鋼片及鋼帶 |
| (3) CNS 8499 | 冷軋不銹鋼鋼板、鋼片及鋼帶 |
| (4) CNS 12739 | 預力混凝土用螺旋鋼製套管 |

1.4.2 交通部

(1) 交通部頒「公路橋梁設計規範」

1.4.3 美國材料試驗協會 (ASTM)

- | | |
|----------------|---|
| (1) ASTM A53 | Standard Specifications for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless |
| (2) ASTM A416 | Standard Specification for Low-Relaxation, Seven-Wire Steel Strand for Prestressed Concrete |
| (3) ASTM C564 | Standard Specification for Rubber Gaskets for Cast Iron Soil Pipe and Fittings |
| (4) ASTM D3350 | Standard Specifications for Polyethylene Plastics Pipe and Fittings Materials |

1.5 定義

1.5.1 預力系統

預力系統係指後拉法之端錨或續接器之整組構件，包含錨頭、承壓板、喇叭套筒、夾片或錨錐、保護蓋、活動續接器套管等，各構件不同廠牌不得混用，且採用同一廠牌之施預力設備施作。

1.5.2 預力續接器

預力續接器分為固定型及活動型，固定型為接續原已設置並經施畢預力錨碇後之鋼絞線，活動型為接續原已設置但尚未施預力之鋼絞線。續接處不得產生影響應力傳遞之滑動。

1.5.3 同系列預力產品

同系列預力產品指產品適用相同直徑但不同股數（此處“股數”指系統產品所具股數，非本工程擬使用股數）鋼絞線之預力系列，其使用相同傳力機制、並具有相同構件組成，僅各構件尺寸不同者之預力端錨產品，視為同系列產品。固定端錨與活動端錨相互替代符合前述同系列情形者，可視為同系列產品。

夾片數不同者或鋼絞線直徑不同者為不同系列產品。

固定鋼絞線方式不同者為不同系列產品。

1.6 資料送審

1.6.1 預力鋼絞線

預力鋼絞線應提送產品說明書(含製造廠名稱及地址、產品編號或型號、規格、尺寸等)送請工程司認可後始准使用。

1.6.2 預力端錨及預力續接器

預力端錨及預力續接器：施工承攬廠商應於下列各階段提報相關文件送請工程司核可後始可進行次一階段之作業，

1.6.2.1 訂約後：

(1) 產品說明書應包含：

- A. 產品製造廠名稱。
- B. 產品編號或型號。
- C. 預力系統各產品及施預力設備之規格、材質、尺寸及構造圖。

(2) 型式檢驗報告書，應符合下列規定：

- A. 應為具取得國家或試驗團體協會所核發之該項試驗認證之試驗機構所辦理符合本章規定之試驗報告。
- B. 提送之試驗報告應包含：
 - a. 試驗樣本之型號、各產品之製造廠資料、各部尺寸及材質資料(本項資料可由預力系統廠商提供)。
 - b. 試驗用鋼絞線之機械性質報告(鋼絞線應符合本工程規定)。
 - c. 試體組裝、試驗流程、試驗數據、試驗結果判斷。
 - d. 試驗機構提供之試驗相片(含試體組裝於試驗機台之相片及試驗完成後試體之相片，相片應能涵括各角度，且應為清晰之彩色相片尺寸約4吋x6吋)(經試驗機構出具證明試驗時未拍攝相片者不在此限)。

(3) 產品安裝說明書。

(4) 製造廠預力系統廠商派赴工地指導施工承攬廠商辦理安裝作業之技術人員資歷文件。

1.6.2.2 進場時：

預力系統製造廠出具之產品出廠證明及檢驗合格證明。

1.6.3 預力混凝土用螺旋套管

進場時應提報原送製造廠之產品測試報告。

2. 產品

2.1 材料

2.1.1 預力鋼絞線及鋼線

預力鋼絞線應符合 CNS 3332 之 SWPR7BL 規定及契約圖示規格並經工程司核可，且降伏應力依 ASTM A416 之定義 $f_y \geq 17100 \text{ kgf/cm}^2$ ，彈性模數 $E_s \geq 1.97 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 。

2.1.2 預力端錨及預力續接器

應為經工程司核可之預力系統，其材質、尺寸及規格應符合產品說明書。

2.1.3 預力混凝土用套管

(1) 內置預力者

應符合 CNS 12739 規定及契約圖示內徑及規格，並應具充分強度以免搬運及安裝或澆置混凝土時因混凝土之壓力或與振動機接觸而變形，且應具水密性，以免水泥漿滲入套管內而影響施預力工作。

(2) 外置預力者

其外徑與管厚應符合契約圖示，埋置於混凝土內部分應採鋼管且材質應符合 ASTM A53 Grade B。外露部分則採用高密度聚乙烯管(HDPE)，且材質應符合 ASTM D3350 之元件分類 PE345433 C 規定，並應附原廠之產品測試報告以確保產品品質，產品送達工地後應取樣試驗。前述兩類管間須以能防漏密封之緊迫接頭接合，該接頭經軸向之水壓力測試須達 17.5 kgf/cm^2 壓力時無洩漏，而其內部防水材質必須符合 ASTM C564 規定，外部緊迫體須為 CNS 8497 或 CNS 8499 規定之 304 類不銹鋼材，且其螺栓厚度須小於 1.5cm，以符合該兩類管相接之空間。

3. 施工

3.1 準備工作

施工承攬廠商擬訂之施工計畫書應妥為考慮採購、製造、送審、試驗及檢驗、運輸等相關作業所需時程，並配合工期及時辦理鋼絞線之低鬆弛試驗，否則因而延誤工期，應由施工承攬廠商負全責。

3.2 安裝

3.2.1 預力元件之安裝應符合契約圖示及「第 03380 章--後拉法預力混凝土」規定。

3.2.2 預力混凝土用螺旋套管

- (1) 相鄰套管間及與端錨之接頭應緊密，絕不可漏漿或受力脫開。接頭處應為螺旋式，其搭接長度應為內徑之 1.5 倍以上，且不得接成折線，安裝時應注意不得損及套管。
- (2) 套管應安裝於正確之位置及方向並以鋼筋固定，以免澆置混凝土時因受混凝土之壓力或與振動機接觸而移動位置或方向，其固定鋼筋之間距規定如下：
佈設於橋面板之縱向或橫向預力套管：不得超過 0.6m。
佈設於腹板之縱向金屬套管：不得超過 1m。
佈設於腹板之縱向非金屬套管：不得超過 0.6m。
- (3) 必要時，部分彎曲度較大之套管須於工廠內預彎。
- (4) 套管安裝完成後之位置及方向是否正確、套管有無受損、是否將預力鋼絞線之必要部分全部包裹、接頭處是否牢固及密不漏漿等均須經工程司檢查認可後，始可封模並澆置混凝土。

3.3 檢驗

3.3.1 預力鋼絞線

- (1) 材料樣品須具代表性，並於預定使用期限前及時依 CNS 3332 規定

試驗，其中鬆弛試驗試片之取樣及檢驗頻率為每 30 捲，若連續試驗 6 次（含經加倍取樣重驗）均合格則頻率放寬為每 60 捲，其後若有不合格且經加倍取樣重驗仍不合格，則回歸原頻率。

(2) 為確保品質控制，產品若有 3 次因抽驗不合格而退料時，施工承攬廠商應改採其他製造廠牌之產品。

3.3.2 預力端錨及預力續接器

材料進場時，應即分批，同系列產品以不超過 1,000 個（活動續接器係以各單根鋼絞線續接組成者，以單根續接個數計算），辦理進場檢驗（詳附錄-預力端錨及預力續接器之檢驗）。為利品質控制，產品若有 3 次因抽驗不合格而退料時，施工承攬廠商應改採其他製造廠牌之產品送驗。

3.3.3 外置預力使用之鋼絞線應取代表性試體（含鋼絞線及夾片）二件依交通部頒「公路橋梁設計規範」第 7.27 節規定作動力試驗，其試驗報告應於外置預力鋼絞線安裝於完成結構物至少 30 日前送工程司核可。

3.3.4 預力混凝土用螺旋套管應符合 CNS 12739 規定。產品送達工地後應再以 500 支為一批，取 3 個試體取樣試驗。每 500 支應進行水密性試驗。

3.4 現場品質管制

3.4.1 預力鋼絞線

(1) 裝運時應併同所用防蝕劑置於貨櫃（箱）內以免受物理性損壞與銹蝕，其包裝或貨櫃若受損應即更新或整修。除特殊需要或工程司特許外，預力鋼材表面不得塗以化學防蝕劑。

(2) 儲放於工地時應有妥善防銹蝕措施並設專人保管維護，若有銹蝕、沾污或損傷者均不得使用。

3.4.2 預力端錨及預力續接器

(1) 預力端錨及預力續接器之各元件應標示其製造廠名稱、型式及號碼等（夾片則僅需標示製造廠名稱），儲存及運輸時亦應妥善保護並設專人保管，若有銹蝕、沾油污、機械損傷或散失者均不得使用。

(2) 臨時性防護措施應不影響安裝操作之效果及永久性防蝕之實施。

3.4.3 預力混凝土用螺旋套管

- (1) 經工程司認可之螺旋套管應儲存於倉庫內或加覆蓋存於適當之場所，以免銹蝕或沾油污、灰塵等雜物，並應防止受損或變形。
- (2) 套管若有受損或內面有顯著銹蝕者不得使用，其外表面若沾有油污、鐵銹等雜物時，安裝前應以適當方法清除乾淨。

4. 計量與計價

4.1 計量

預力鋼腱係依經工程司核可之施工圖示兩端錨之外端面間各預力鋼絞線之總長度換算為重量，並以公噸為計量單位，若因施工承攬廠商施工或設備之故而增加之預力鋼絞線應由施工承攬廠商自行負擔，不另計付。

4.2 計價

預力鋼腱之契約單價已包括預力鋼絞線、預力端錨、預力續接器、套管、間隔器、施預力、灌漿、錨碇設備及所有其他配件等之材料與施工費用，以及契約圖說雖未明示，惟係施工承攬廠商所採預力系統必要之補強鋼筋（「預力鋼腱」另含預力續接器、間隔器、損耗等所需一切材料、人工、機具設備等費用，且型式檢驗費用之攤提、進場前自主品管辦理之各項材料與成品試驗、製造廠派赴工地指導施工承攬廠商辦理安裝作業之技術人員等費用已包含於預力端錨及預力續接器材料費內，另無其他給付。

工作項目名稱	計價單位
預力鋼腱	公噸

〈本章結束〉

附錄 預力端錨及預力續接器之檢驗

1. 試驗用之測力系統誤差不得大於 2%；測量總應變之量具標距及指示應變之誤差分別不得大於標距之 0.2%及 0.1%，且該試驗設備及儀器應每年至少檢定一次。
2. 檢驗分為下列兩類：
 - 2.1 型式檢驗：係為證實其可靠性及提供施工現場之技術數據所辦理之試驗，計有靜載重試驗(Static Load Test)、動力載重試驗(Dynamic Load Test)、載重傳遞試驗 (Load Transfer Test) 等項目，試驗個數規定如下(下列二款規定施工承攬廠商擇一提送)：
 - (1) 試驗樣本符合下表規定者，於試驗最大股數以下之同系列產品均可適用。

表 1 型式檢驗試驗樣本表

項目	小股數群組 內股數最大者	中股數群組 擇一	最大股數	試驗組數合計
靜載重試驗	2	1	2	5
動力載重試驗	1	1	2	4
載重傳遞試驗	1	1	2	4

表中所述小股數群組、中股數群組、最大股數群組依下列方式定義：

同系列預力產品，依其不同股數之產品數分為三群組，其產品數除以 3 餘數為 1 者，小股數內之產品數為商數加 1，餘數為 2 者，小股數及中股數內之產品數為商數加 1。(例：某同系列產品計有 4、7、12、15、19、22、27 等七種產品數， $7/3=2$ 餘 1，三分群組則小股數群組包含 4、7、12 股，中股數群組包含 15、19 股，依上表小股數群組內股數最大者指 12 股，中股數群組擇一指可取 15 股或 19 股任一，最大股數指 27 股之產品。

- (2) 試驗股數群組未符合前款規定者，可提送該系列內擬使用於本工程

之各相同股數產品之型式檢驗報告，依本款規定提送者，其各試驗項目均應取樣 3 個辦理試驗。(如本工程擬使用 12 股及 19 股產品，則應提送 12 股及 19 股產品之各項型式檢驗報告各 3 份)

2.2 進場檢驗：係產品交貨時辦理之檢驗，同系列進場材料應即分批，每批（其定義同第 3.3.2 款所述）取樣 6 個辦理 3 組靜載重試驗及單根鋼絞線續接組成之單股鋼絞線組合拉力試驗，若有一個不合格則該批均視為不合格並應即運離工地，且該批後之各批抽樣數提高為 10 個，直至連續 3 批樣本均合格再恢復為 6 個。

進場檢驗對同一批內不同股數產品取樣之分配，依 2.1(1)內列表之規定（惟中股數群組取樣個數為 2 個）辦理，工程司並得視實際需要修正。

3. 靜載重試驗：

3.1.1 所用預力鋼材及端錨與續接器應依預定使用情況就所有錨固預力鋼材之必要部分組裝，各種鋼材之幾何構造應與實際所用之組裝構件一致。

3.1.2 預力鋼材母材試驗：最少試驗三根預力鋼材並記錄試件母材之主要幾何尺寸及機械性能、實際之平均極限載重、最大載重時之平均總伸長率、平均截面積及表面特徵等資料。

3.1.3 試件之預力鋼材自由受力段不得小於 3m。

3.2 試驗方法：

3.2.1 對於施預力時預力鋼材已安裝於端錨或續接器之系統，含端錨或續接器之整組試件應安裝於經校正之試驗設備，依預力鋼材標稱抗拉強度 f_{PK} 之 20%、40%、60%、80%以每分鐘約 1,020kgf/cm² 分四級等速加載，達到 80%時維持此載重 1 小時，再逐步加載至破壞。

3.2.2 對於施拉預力鋼材後再錨碇之系統，預力鋼腱應安裝於經校正之試驗設備，並以施工時之施拉設備於一端依 f_{PK} 之 20%、40%、60%、80%以每分鐘約 1,020 kgf/cm² 分四級等速加載，達到 80%後錨固並維持此載重 1 小時，再逐步加載到破壞。(若能證明預力鋼材於先施拉後再錨碇對靜載性能無影響時，亦可依前述 a 之方法加載。)

3.3 試驗過程中應觀察及量測之紀錄項目如下（參圖 1 所示）：

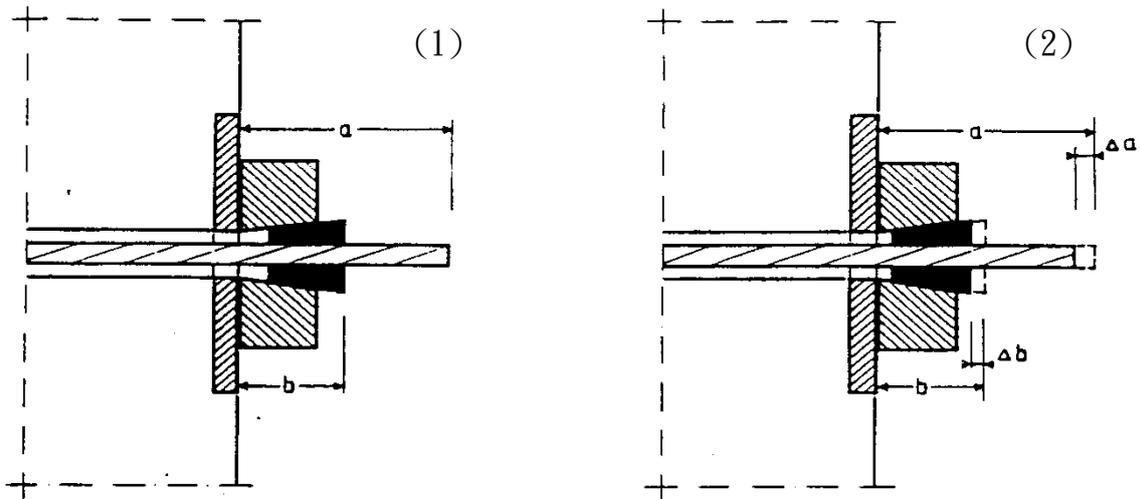


圖 1 試驗過程應測量之項目圖：(1)錨碇前 (2)錨碇後

- 3.3.1 預力鋼材與端錨或續接器間之相對位移 Δa 及其與力及時間之關係。
- 3.3.2 端錨或續接器各零件間相對位移 Δb 及其與力及時間之關係。
- 3.3.3 端錨或續接器各零件之變形。
- 3.3.4 破壞時預力鋼材自由段之伸長率 ϵu 。
- 3.3.5 量測得之極限拉力 F_{Tu} 。
- 3.3.6 試件之破壞部位及形式。
- 3.4 合格標準：
 - 3.4.1 試驗後端錨或續接器各部位之殘餘變形應證明其可靠性（不影響端錨或續接器之性能）。
 - 3.4.2 端錨或續接器各部位間及其與預力鋼材間之位移增量應與預力鋼材之受力增量成比例變化。
 - 3.4.3 於達到 $0.80f_{PK}$ 並維持 1 小時階段，前項所述相對位移應於前 30 分鐘內達穩定。
 - 3.4.4 試件破壞形式應為預力鋼材之斷裂，且該斷裂非因端錨或續接器部位破壞所致。
 - 3.4.5 測得之錨碇效率 $\eta_A = F_{Tu}/F_{pm} \geq 0.95$

F_{Tu} ：試件量測之極限拉力

F_{pm} ：試件母材預力鋼材之實際極限拉力； $F_{pm} = A_{pm} \times f_{pm}$

A_{pm} ：試件預力鋼材之實際平均截面積

f_{pm} ：預力鋼材母材試驗之實際平均極限強度

3.4.6 在量測極限拉力時之總應變 $\epsilon_u \geq 2\%$ 。

4. 動力載重試驗：

4.1 試件規定同靜載重試驗，惟其試驗時預力鋼材股數 n' 規定如下，且其預力鋼材於試驗時應由端錨外圈開始佈設：

產品股數 n 為 12 股以下者： $n' \geq n/2$

產品股數 n 大於 12 股者： $n' \geq 6+(n-12)/3$

4.2 試驗方法：

4.2.1 應於裝有脈衝器之拉伸試驗設備進行，其加載脈衝頻率每分鐘不得超過 500 次。

4.2.2 試驗施力上限為 $0.65f_{PK}$ ，其應力幅度為 816 kgf/cm^2 且於試驗中保持不變。

4.2.3 試件於試驗中應避免次振動 (Secondary Oscillation)，組裝試件安裝於試驗設備時應審慎並確保加載力均勻分布於預力鋼材。對於已灌漿之鋼腱，可用專門之器具以免距端錨或續接器較遠之預力鋼材因磨損而過早破壞。

4.3 試驗過程中應觀察和量測之紀錄項目如下：

4.3.1 預力鋼材及端錨或續接器各部位間、端錨或續接器本身與載重及其循環次數有關之相對位移 (參圖 1 所示)。

4.3.2 試驗後端錨或續接器及預力鋼材之疲勞損傷及變形之檢查。

4.3.3 試驗過程中預力鋼材發生疲勞破壞之載重循環次數、斷裂位置及數量。

4.4 合格標準：

4.4.1 不應發生端錨或續接器部位之疲勞破壞。

4.4.2 試件經 200 萬次循環載重後，預力鋼材因端錨或續接器影響發生疲勞破壞之面積不得大於試驗開始時其試件初始總截面積之 5%。

5. 載重傳遞試驗：

5.1 試件形狀及尺寸 (示意圖參圖 2 所示)：

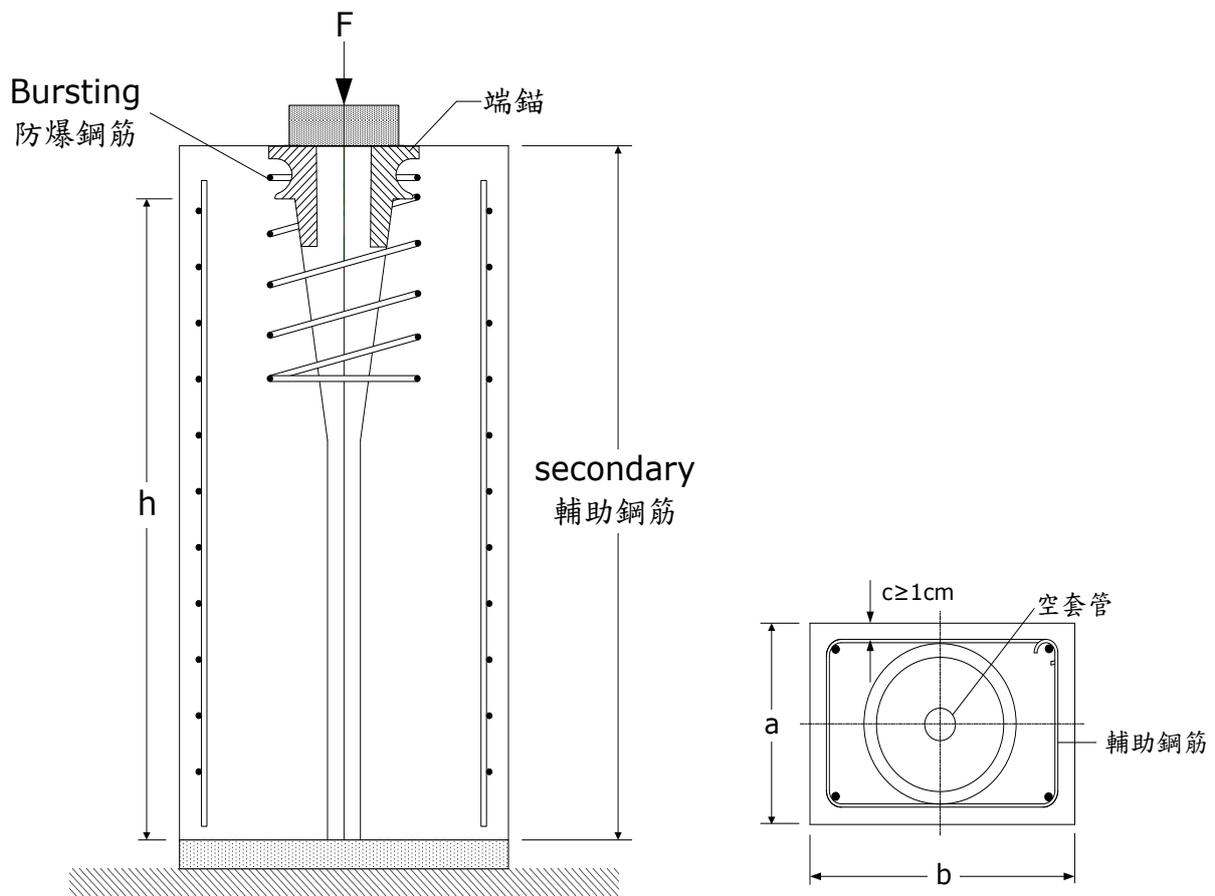


圖 2 載重傳遞試驗試體示意圖

- 5.1.1 試件應包含埋入混凝土結構中之端錨或續接器部分，其布設應按實際應用情形並與專業製造廠商之技術要求一致。
- 5.1.2 試件應為一軸向受壓的混凝土矩形柱，其受壓面各邊之長度(a, b)應與該端錨或續接器於構造物之最小中心間距一致。
- 5.1.3 混凝土試件之端錨或續接器最低壓力傳遞面以下之長度 h 應為長邊 b 之二倍以上。
- 5.1.4 端錨或續接器附近應配置與預力系統所規定之相同尺寸及構造之防爆鋼筋，另可配置輔助鋼筋以固定防爆鋼筋，惟該輔助鋼筋之縱向總截面積 $\leq 2 \text{ cm}^2$ ，且於混凝土中沿試件高度均勻布置之箍筋 $\leq 50 \text{ kg/m}^3$ 。
- 5.1.5 試件之混凝土應於澆置一天後拆模，再進行濕治養護直至強度達預定強度，測定抗壓強度之試體之養護方式應與試件混凝土相同。
- 5.2 試驗方法：
 - 5.2.1 試件應安裝於經校正之試驗設備，依結構實際載重情況（例如加載於預

力鋼材或直接於端錨或續接器) 及 FPK 之 20%、40%、60%、80% 分四級等速加載 (參圖 3 所示), 達 80% 後至少需進行十次慢速循環加載, 其上、下限分別為 FPK 之 80% 和 12%。(Fpk=fPK×Ap, Ap=預力鋼絞線標稱斷面積)

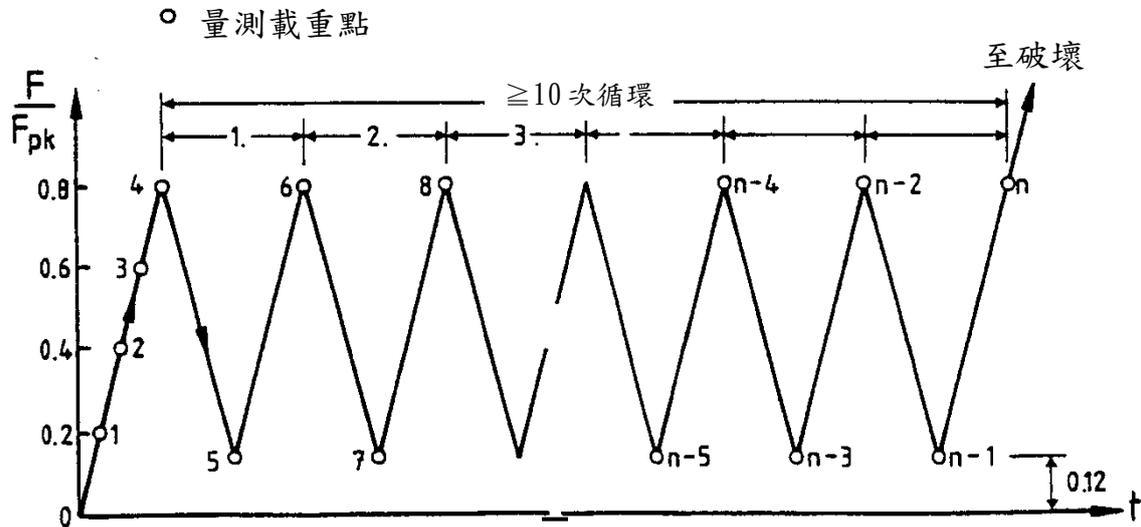


圖 3 載重傳遞試驗施載重程序圖

- 5.2.2 載重循環次數取決於合於第 5.4.4 及 5.4.5 所述應變讀數及裂縫寬度之穩定性，循環載重後應逐漸增加載重直至試件破壞。
- 5.2.3 循環載重期間應量測若干循環之上下限載重，以決定應變及裂縫寬度是否達后列第 5.4 之穩定狀態。
- 5.2.4 試件混凝土於最後之破壞試驗之平均抗壓強度 f_{cm} 不得大於 f_{ci}' 。
- 5.3 試驗過程中應觀察及量測之紀錄項目如下：
 - 5.3.1 各次循環載重上下限時，最大劈裂影響區內試件側面混凝土之縱向及橫向應變。
 - 5.3.2 上述時刻試件側面裂縫之發生、寬度及擴展情況。
 - 5.3.3 與混凝土接觸之端錨或續接器之變形情況。
 - 5.3.4 破壞之位置和形式。
 - 5.3.5 破壞載重 F_u 。
- 5.4 合格標準 (參圖 4 所示):
 - 5.4.1 首次達載重上限 0.80FPK (載重點 4) 之裂縫寬度 $\leq 0.1\text{mm}$ 。
 - 5.4.2 末次達載重下限 0.12FPK (載重點 n-1) 之裂縫寬度 $\leq 0.1\text{mm}$ 。

- 5.4.3 末次達載重上限 $0.80FPK$ (載重點 n) 之裂縫寬度 ≤ 0.25 mm。
- 5.4.4 若循環載重期間最後兩次載重之縱向和橫向應變增量小於 5%，則可判定應變已穩定。
- 5.4.5 若循環載重期間最後兩次載重之循環裂縫寬度增量不大於 0.02 mm，則可判定裂縫寬度已穩定。
- 5.4.6 測得之破壞載重 $F_{ua} \geq FPK \times (f_{cm}/f_{ci}')$ 及 $1.1FPK$ 。

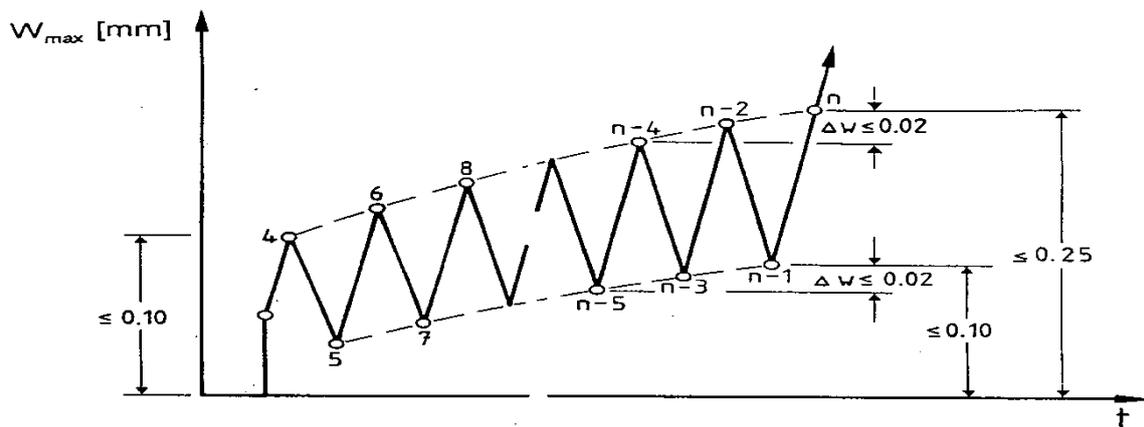


圖 4 裂縫寬度要求圖

6. 單股鋼絞線組合拉力試驗：
- 6.1 預力活動式續接器以單根鋼絞線續接器組成者，應辦理本項組合拉力試驗。
- 6.2 試體組裝後，續接器兩端鋼絞線長度不得小於 50cm。
- 6.3 單股鋼絞線組合拉力之極限負載應不小於鋼絞線標稱拉伸負載之 95%，且於拉斷時不得發生握裹破壞。
7. 外置預力鋼絞線動力試驗：
- 7.1 能承受在規定之鋼絞線最低極限之 60 至 66% 應力作 500,000 次循環試驗。
- 7.2 在規定之最低極限強度之 40 至 80% 應力作 50 次循環試驗而不破壞。
- 7.3 每一循環之週期為自低應力至高應力再回到低應力。
- 7.4 每一次做過試驗之試體，不可用作第二次動力試驗。
- 7.5 合格標準：循環試驗不破壞。