

## 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（Strand）、鋼線（Wire）、套管（Sheath）及預力系統等之材料、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 2472  | 灰口鑄鐵件               |
| (2) CNS 2869  | 球狀石墨鑄鐵件             |
| (3) CNS 3332  | 預力混凝土用應力消除無被覆鋼線及鋼絞線 |
| (4) CNS 4018  | 一般許可差(機械切削)         |
| (5) CNS 4021  | 一般許可差(鐵鑄件)          |
| (6) CNS 12739 | 預力混凝土用螺旋套管          |
| (7) CNS 12740 | 預力混凝土用螺旋套管檢驗法       |

##### 1.4.2 交通及建設部

- (1) 交通及建設部頒「公路橋梁設計規範」

##### 1.4.3 美國州公路及運輸協會（AASHTO）

- (1) AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges

##### 1.4.4 美國材料試驗協會（ASTM）

- (1) ASTM A416 Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete
- (2) ASTM D3350 Standard Specification for Polyethylene Plastics Pipe and Fittings Materials
- 1.4.5 歐洲技術認可組織(European Organisation for Technical Approvals, EOTA)
  - (1) ETAG 013 Guideline for European Technical Approval of Post-Tensioning Kits for Prestressing of Structures
- 1.4.6 國際預力聯盟(International Federation for Prestressing, FIP)
  - (1) Recommendations for the acceptance of post-tensioning systems (1993)
- 1.5 定義
  - 1.5.1 預力系統：係指後拉法之端錨(Anchorage)或續接器(Coupler)之整組構件，包含錨頭、承壓板(錨座)、喇叭套筒、夾片或錨錐、保護蓋、活動續接器套管等。各構件均應為同一廠牌，不同廠牌不得混用。
  - 1.5.2 預力續接器：分為固定式及活動式，固定式為接續原已設置並經施畢預力錨碇後之鋼絞線，活動式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：
    - (1) 同系列預力產品指產品適用相同標準(標稱)直徑(Nominal Diameter)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。
    - (2) 夾片數及其尺寸不同者或鋼絞線標稱(標準)直徑不同者為不同系列產品。
    - (3) 固定鋼絞線方式不同者(例如夾片型與握裹型屬不同固定鋼絞線方式)，為不同系列產品。
    - (4) 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。
- 1.6 資料送審
  - 1.6.1 預力鋼絞線：
    - (1) 訂約後：應提送產品說明書（含原廠產品型錄、製造工廠名稱及地址、產品編號或型號、尺寸等規格）送請工程司認可後始准使用。

- (2) 進場時：應提送製造工廠出具之出貨單、批號、出廠證明、檢驗合格證明。國外進口產品需附經海關證明之進口報單或相關證明文件。

#### 1.6.2 預力端錨及預力續接器：

承包商應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。

承包商所提各項文件內容(包含材質、尺寸及構造等規格)應為相符並且一致。

##### (1) 訂約後：

###### A. 產品說明書：

- a. 含預力系統原廠產品型錄、產品編號或型號、預力系統各部構件之尺寸及構造詳圖等規格。
- b. 所採用預力系統如係由原廠授權代理廠商或原廠授權製造廠商所供應，應檢附由原廠所出具並經我國駐外單位驗證之相關授權證明文件。

###### B. 型式檢驗報告書：

- a. 型式檢驗報告書應符合下列規定之一：
  - (a) 應為具取得實驗室認證機構所核發該項試驗認證之實驗室依本章規定辦理所出具之試驗報告。  
前項實驗室認證機構應為國際實驗室認證聯盟相互承認協議(ILAC MRA) 之簽署會員。
  - (b) 出具動力載重試驗報告或載重傳遞試驗報告之實驗室，如不符前述實驗室資格規定時，應依以下 b 項(c)款規定辦理。
  - (c) 經1.4.5節歐洲技術認可組織(EOTA)所認可文件之試驗報告。  
所提試驗報告之試件鋼絞線標稱(標準)直徑，如與所預定使用之鋼絞線標稱(標準)直徑不同時，承包商須檢送於有效期限內之完整EOTA技術認可書(European Technical Approval, ETA)，證明所預定使用鋼絞線標稱(標準)直徑之預力系統已取得EOTA認可，該試驗報告方可予接受。
- b. 提送之試驗報告應包含：
  - (a) 試件之型號、各部構件尺寸及材質等規格(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) 試件組裝、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(含試件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，且應為清晰可辨識之彩色相片)。
  - (e) 承包商如提送由前述 a.(b)款所述實驗室出具之動力載重試驗報告或載重傳遞試驗報告，除需提送以上(a)~(d)各項資料外，應再提送辦理該試驗之試驗機台設備規格、設備校正報告、試驗佈設示意圖、試驗作業程序書、試驗全程縮時攝影紀錄影片(影片應為能含括試驗各階段之完整全程紀錄影片，含試件組裝於試驗機台至試驗完成後試體檢視之操作過程，且應為清晰可辨識之彩色影片，操作中之循環加載過程得以縮時攝影方式適當處理後呈現)等指定之相關資料。
- c. 動力載重試驗得提送曾於本局(含前國工局，以下同)列有型式檢驗之各標工程，依該標工程契約規定經工程司核可之核定文件(包含核可文函及附件-型式檢驗報告書)取代前述第a、b款之內容，惟僅就該核定型號規格之產品可使用於本工程。
- d. 型式檢驗報告書之失效：
  - (a) 各預力系統，自中華民國九十三年一月一日起，型式檢驗報告書所含各預力系統之端錨、續接器及單股鋼絞線續接器，於本局各工程(包含本標以外之其他工程)進場檢驗之靜載重試驗分別累計不合格次數達5次經工程司通知時，則該系列預力系統依前列各款規定所送之型式檢驗報告失其效力，承包商除已進場檢驗合格之材料外，應改用其他預力系統產品或重新提送型式檢驗報告。
  - (b) 承包商依前款規定重新提送型式檢驗報告書者，應按本章規定送由前述a.(a)款及(b)款規定之實驗室重新辦理型式檢驗，並應另檢附材料缺失原因檢討及改正報告送請工程司核可。
- e. 各預力系統之端錨、續接器及單股鋼絞線續接器，依前款規

定於進場檢驗之靜載重試驗不合格次數累計達3次時，工程司可通知承包商於1個月內提送應變計畫(例如改用其他廠牌計畫等)，並於工程司通知累計不合格次數達4次時即依應變計畫辦理前置作業(包含資料送審等)，承包商未依本項規定辦理時，工程司得暫停本章相關工作項目之計價。

C. 產品安裝說明書：

內容應至少包含以下項目：

- a. 預力系統各部構件安裝說明：應至少包含施工順序、施工要領、定位與精度要求(錨頭與承壓板中心偏心防制機制)、注意事項。
- b. 施拉預力：應至少包含機具設備操作要領、預力施拉(前、中、後)要領、伸長量、施工安全注意事項。
- c. 灌漿施工：應符合第03380章3.1.3節規定。

D. 品質計畫：

a. 內容應至少包含以下項目：

- (a) 本工程使用之產品編號或型號、各部構件尺寸及材質等規格與產品標示方式及內容等。
- (b) 各部構件製造工廠名稱及地址與製程品質管制程序及方法。
- (c) 各部構件(錨頭、承壓板、夾片、單股鋼絞線續接器)自主檢驗之試驗項目、試驗方法、頻率及合格標準，至少應包含材質、外觀、尺寸與公差、硬度、機械性質...等。
- (d) 本工程材料數量、進場時程與進場抽檢驗計畫。

b. 前述各項自主檢驗應依所提計畫及本章規定辦理，並留存紀錄備查。

E. 預力系統廠商派赴工地指導承包商辦理安裝作業之技術人員資歷文件。

前述文件應包含其曾實際指導安裝之橋梁工程內容、施工時程、端錨及續接器之型式及數量等經歷。

(2) 進場時：

應提送各部構件製造工廠出具之出貨單、批號、出廠證明及檢驗合格證明。國外進口產品需附經海關證明之進口報單或相關證明文件。

### 1.6.3 預力混凝土用套管：

- (1) 訂約後：應提送產品說明書（含原廠產品型錄、製造工廠名稱及地址、產品編號或型號、尺寸等規格）送請工程司認可後始准使用。
- (2) 進場時：應提送製造工廠出具之出貨單、批號、出廠證明、檢驗合格證明。國外進口產品需附經海關證明之進口報單或相關證明文件。

## 2. 產品

### 2.1 材料

2.1.1 預力鋼絞線及鋼線：應符合CNS 3332之SWPR7BL或ASTM A416 Gr. 1860規定及設計圖示規格並經工程司核可。

### 2.1.2 預力端錨及預力續接器：

- (1) 應為由預力系統製造廠商、原廠授權代理廠商或原廠授權製造廠商所供應經工程司核可之預力系統，並符合1.6.2節相關規定。
- (2) 各部構件應清楚標示廠牌名稱與型號及適用線徑。

### 2.1.3 預力混凝土用套管

- (1) 內置預力者：應符合CNS 12739規定及設計圖示內徑及規格，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：

- A. 套管之材質、外徑與管厚應符合設計圖示，其材質採高密度聚乙烯（HDPE）且符合ASTM D3350之元件分類PE345433 C規定，並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，套管之接頭處理經軸向水壓力測試須達17.5 kgf/cm<sup>2</sup>壓力時無洩漏。
- B. 套管及其接頭應具足夠堅固性，能承受混凝土澆置、灌漿及施工荷載而不損壞或過度變形，並能承受因半途終止之灌漿作業所需清理灌漿沖洗套管之水壓力。
- C. 灌漿：應符合第03380章「後拉法預力混凝土」規定。

2.1.4 為確保品質控制，承包商應選用優良產品。材料試驗及成品檢驗報告經工程司核可並不解除現場安裝使用後承包商所應負契約規定之責任。

### 3. 施工

#### 3.1 準備工作

承包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，應由承包商負全責。

#### 3.2 安裝

##### 3.2.1 鋼絞線或鋼線及預力構材之安裝應符合設計圖示及第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，並應作水密性試驗。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1 m。  
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依CNS 3332規定試驗（標稱(標準)直徑未列於CNS 3332規定者，依ASTM A416規定試驗），其中鬆弛試驗試片之取樣及檢驗頻率為每30捲取樣1次，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捲取樣1次，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) 本標工程該產品若有3次因抽驗不合格而退料時，承包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，應即各別分批，同系列產品以不超過1,000個(活動續接器係以單股鋼絞線續接器組成者，以單股續接器個數計算，每批不超過2,000個)辦理進場檢驗(詳附錄)，本標工程該廠牌產品進場檢驗之靜載重試驗若有3次因抽驗不合格而退料時，承包商應改採其他製造廠牌之產品。

3.3.3 外置預力部分之鋼絞線應取代表性試件(含鋼絞線及夾片)2件依交通及建設部頒「公路橋梁設計規範」第8.26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 12740規定，材料進場後應以500支為一批，檢驗頻率為每批取樣3個辦理試驗。

### 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) 儲放時應置於通風良好、防水、防濕之倉庫且其地板應高出地面30 cm以上，且有妥善防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各部構件之產品標示應與品質計畫相符，以利工程司查對。儲存及運輸時亦應有妥善防蝕措施並設專人保管，若有銹蝕、沾污、機械損傷或散失者均不得使用，儲放時應置於通風良好、防水、防濕之倉庫且其地板應高出地面30 cm以上。
- (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) 各預力混凝土結構單元(伸縮縫至伸縮縫間)，於未準備足夠該結構單元所需全部之預力系統構件(包含端錨、續接器、施力設備等)數量並完成進場檢驗前，不得開始施作預力系統。
- (4) 預力系統安裝及施拉預力時，應由預力系統廠商指派經驗豐富之技術



人員，赴工地指導承包商辦理並於安裝施拉前向工程司解說安裝施拉作業，直至工程司認為承包商可自行安裝及施拉預力為止，其費用已包含於契約相關費用內，不另給付。

- (5) 施預力設備應採用與上述構件同一廠牌為原則。施預力設備如採用非預力系統廠商之產品時，應經由預力系統廠商出具證明，證明所採用之施預力設備符合該預力系統廠商同系列施預力設備之規格、功能需求。施預力設備所使用之壓力表表面直徑應大於6"以上或採用數位顯示，施預力千斤頂與其壓力表應視為一組，並至少每6個月校正1次。
- (6) 施拉預力有失敗情形時，承包商應立即停止相關作業，並提出失敗原因及缺失改善報告，經工程司核可後始可再進行後續作業。

前述預力施拉失敗情形，經檢討若係為預力系統或構件品質因素所造成，於本標工程累計次數達3次者，工程司得要求承包商更換其他廠牌預力系統。

- (7) 其餘事項應依第1.4.3(1)目規範1996年版施工篇第10章規定辦理。

### 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」、「預力鋼腱（外置鋼腱）」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，若因承包商施工或設備之故、或採用與設計圖標稱(標準)直徑不同之預力鋼絞線，而增加之數量應由承包商自行負擔，不另計量。

### 4.2 計價

「預力鋼腱」、「預力鋼腱（外置鋼腱）」之契約單價已包含預力鋼絞線、預力端錨、預力續接器、套管、間隔器、施預力、灌漿、錨碇設備、設計圖未明示惟係承包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，「預力鋼腱（外置鋼腱）」另含套管接頭處理）、損耗等為完成本項工作所需一切材料、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承包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。

<u>工作項目名稱</u>	<u>計價單位</u>
預力鋼腱	T
預力鋼腱（外置鋼腱）	T
<本章結束>	

## 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 1 次。

2. 預力端錨及預力續接器之檢驗分為下列兩類：

### 2.1 型式檢驗

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、動力載重試驗（Dynamic Load Test）、載重傳遞試驗（Load Transfer Test）等項目。

- 2.1.1 預力端錨及預力續接器之型式檢驗試驗次數規定如下(下列二款規定承包商擇一提送)：

- (1) 試驗次數符合下表規定者，於試驗最大股數以下之同系列產品均可適用。

預力端錨	小股數群組 股數最大者	中股數群組 擇一	最大股數	試驗次數 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

預力續接器	小股數群組 股數最大者	中股數群組 擇一	最大股數	試驗次數 合 計
靜載重試驗	2	1	2	5
動力載重試驗	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) 提送該系列內擬使用於本標工程之各相同股數產品之型式檢驗報告者，預力端錨及預力續接器之各項試驗次數，分別依前款小股數群組規定辦理。如本標擬使用12股及19股產品，則應依前款小股數群組規定試驗次數分別提送12股與19股產品試驗報告。

- 2.1.2 預力活動式續接器以單股鋼絞線續接器組成者，應依所採用端錨系列產品之股數，區分為12股以下及12股(含)以上兩群組以分別辦理型式檢驗，試驗次數應符合下表規定。

單股鋼絞線 預力續接器	12 股以下 股數擇一 (至少 6 股)	12 股(含)以上 股數擇一	試驗次數 合 計
靜載重試驗	1	1	2
動力載重試驗	1	1	2

- 2.1.3 靜載重試驗、動力載重試驗、載重傳遞試驗應依本附錄或本章1.4.5節或1.4.6節規定辦理，其中靜載重試驗與動力載重試驗，試件組合後之幾何構造並應符合本章1.4.5節或1.4.6節規定(參本附錄圖1所示)。

## 2.2 進場檢驗

係產品交貨時辦理之檢驗，材料進場時預力端錨及預力續接器應即各別分批依本章規定辦理檢驗，辦理檢驗之實驗室應為具取得依檢驗法授權之實驗室認證機構所核發該項試驗認證之國內實驗室。每批(其定義同本章3.3.2節所述)檢驗項目及頻率規定如下：

### 2.2.1 外觀尺寸及硬度檢驗

- (1) 檢驗項目與要點依表1規定辦理，構件於品質計畫載明之容許公差，承壓板(錨座)尺寸容許公差應符合CNS 4021粗級以上規定，錨頭、夾片及續接器尺寸容許公差應符合CNS 4018粗級以上規定。

表1 預力系統元件外觀、尺寸、硬度檢驗規定

預力系統元件	檢驗項目	檢驗要點	頻率
錨頭	外觀	檢驗不得有裂縫、鏽蝕	每 1,000 個取樣 3

	尺寸	依產品說明書及品質計畫書所載元件主要尺寸進行檢驗，主要尺寸包含直徑、高(或厚)度等	個
	硬度	依品質計畫書所載硬度要求進行檢驗	
承壓板 (錨座)	外觀	不得有使用上有害之傷痕、氣孔、裂縫、鏽蝕等缺陷	每 1,000 個取樣 3 個
	尺寸	依產品說明書及品質計畫書所載元件主要尺寸進行檢驗，主要尺寸包含承壓板之長、寬及厚度、承壓板(錨座)總長、直徑等	
	硬度	依品質計畫書所載硬度要求進行檢驗。	
夾片	外觀	檢驗不得有破損、鏽蝕、變形、污漬及牙之完整度	每 1,000 個取樣 1 個(每個夾片由二或三片組成，每片均應辦理外觀、尺寸及硬度檢驗)
	尺寸	依產品說明書及品質計畫書所載元件長度進行檢驗。	
	硬度	依品質計畫書所載硬度要求，檢驗夾片表面硬度	
預力 續接器	外觀	檢驗不得有裂縫、鏽蝕	每 1,000 個取樣 3 個(單股鋼絞線續接器每 2,000 個取樣 1 個)
	尺寸	依產品說明書及品質計畫書所載元件主要尺寸進行檢驗，主要尺寸包含直徑、高(或厚)度等	
	硬度	依品質計畫書所載硬度要求進行檢驗	

- (2) 試樣中若有1個不合格則該批均視為不合格並應即運離工地，且該批後之各批加倍取樣，直至連續3批樣本均合格再恢復為原取樣頻率。

## 2.2.2 承壓板(錨座)檢驗

- (1) 承壓板供試樣應與鑄鐵件連體鑄造，每爐批至少應製作1組，成品須標示爐號(Heat Number)、澆置日期(Pouring Date)或經工程司認可之其他識別記號。
- (2) 進場時每1,000個取樣3個辦理試驗，材質為灰口鑄鐵件者應依CNS 2472規定辦理機械性質試驗；如屬球狀石墨鑄鐵件者應依CNS 2869規定辦理機械性質試驗(不含基地組織試驗)及石墨球化率試驗。試驗樣本中若有 1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6個，直至連續3批樣本均合格再恢復為3個。
- (3) 提送上述以外材質者應以經工程司認可之同等規範辦理上述檢驗。

## 2.2.3 靜載重試驗

- (1) 預力端錨應每批1,000個取樣6個、預力續接器應每批1,000個取樣3個，分別各辦理3次靜載重試驗，若有1次不合格則該批均視為不合格並應即運離工地，且後續各批取樣辦理之試件數量提高為2倍，直至連續3批試驗均合格，取樣數再恢復原頻率。

進場檢驗對同一批內不同股數產品取樣試驗次數之分配，依2.1.1(1)內列表之規定(惟中股數群組取樣試驗次數為2次)辦理，工程司並得視實際需要修正。

- (2) 預力續接器以單股鋼絞線續接器組成者應每批2,000個取樣6個，以續接6股鋼絞線並成束同時施拉方式辦理1次靜載重試驗，若有1個不合格則該批均視為不合格並應即運離工地，且後續各批取樣辦理之試件數量提高為2倍，直至連續3批試驗均合格，取樣數再恢復原頻率。
- (3) 預力續接器之靜載重試驗，應優先考量委託符合3.1規定之國內實驗室辦理。若國內實驗室設備均無法辦理時，承包商得提報代替試驗法送請工程司核可後辦理。

### 3. 靜載重試驗

#### 3.1 試件規定

- 3.1.1 所用預力鋼材與端錨及預力鋼材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，鋼絞線(或鋼線)與端錨及續接器組合後之尺寸、角度...等幾何構造應與實際所用之組裝構件一致(如圖1所示)。



圖1 試驗之預力端錨與鋼絞線組合後幾何構造圖

#### 3.1.2 預力鋼材母材試驗

預力鋼材母材試驗最少應試驗3根預力鋼材，試驗紀錄應包含以下各項等資料：

- (1) 主要幾何尺寸及機械性能、實際極限載重。
- (2) 實際極限拉力 $F_{pm}$ 。
- (3) 平均截面積 $A_{pm}$ 。
- (4) 表面特徵。

3.1.3 試件之預力鋼材自由受力段不得小於3公尺。

3.1.4 預力鋼材及續接器之佈設，於續接器兩端至少一端應符合以上規定。

### 3.2 試驗方法

3.2.1 量測之儀器設備誤差應在 $\pm 1\%$ 範圍內，載重誤差應在 $\pm 2\%$ 範圍內，千斤頂應將加載至端錨之摩擦損失歸零。

3.2.2 預力鋼腱應安裝於經校正之試驗設備，依 $f_{PK}$ 之20%、40%、60%、80%以每分鐘約100MPa分四級等速加載，達到80%後，其針對內置、外置預力系統維持該載重延時分別為1小時及2小時，完成該載重延時後，外置預力系統卸載至20%，內置、外置預力系統再以最大不超過每分鐘0.002應變速率加載到破壞。

3.3 試驗過程中應觀察及量測之紀錄項目如下（參圖2、圖3所示）：

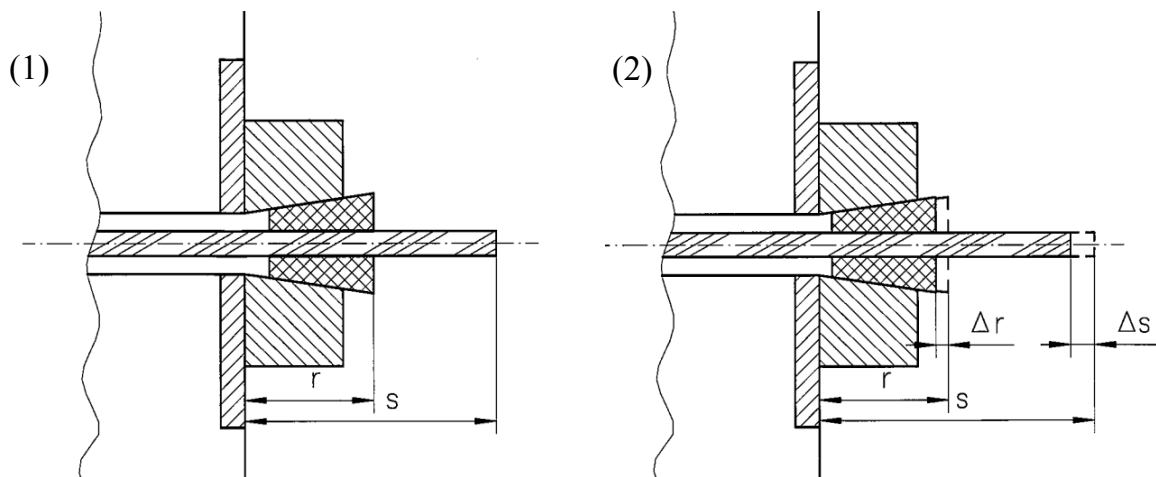
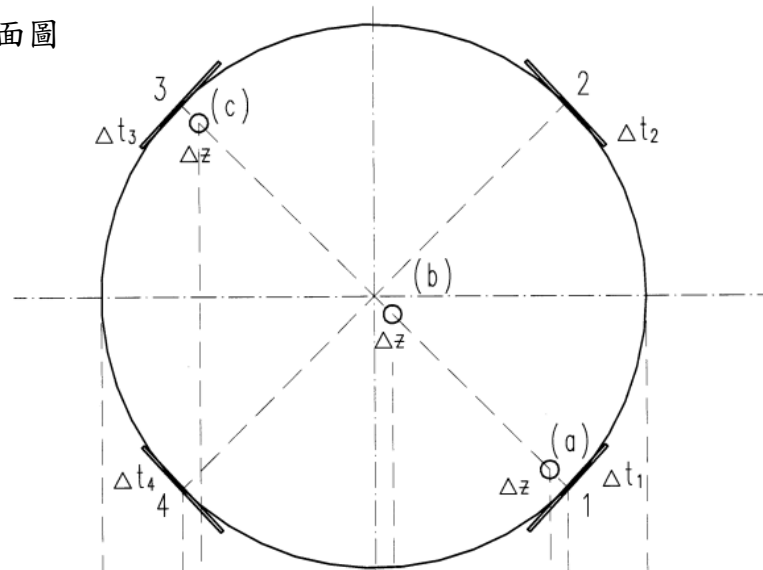


圖2 試驗過程應測量之項目圖：(1)錨碇前 (2)錨碇後

(1) 錨頭平面圖



(2) 立面圖

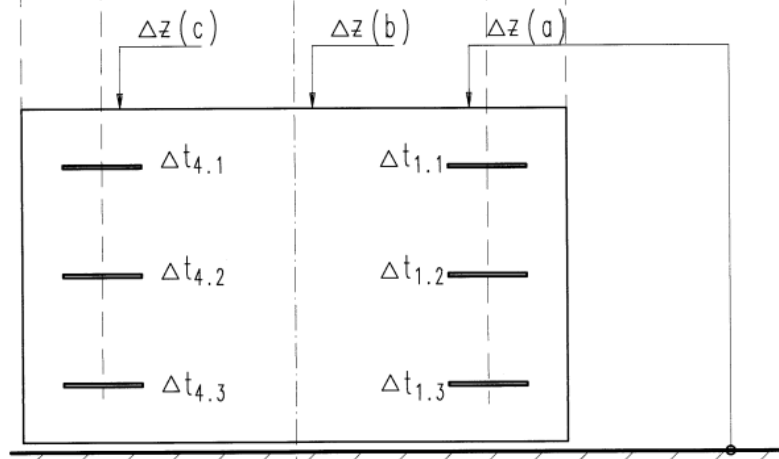


圖3 外置預力試驗過程應測量之項目圖

- 3.3.1 預力鋼材與端錨或續接器間之相對位移 $\Delta s$ 及其與力及時間之關係，至少取2股之讀數（參圖2所示）。
- 3.3.2 端錨或續接器各零件間相對位移 $\Delta r$ 及其與力及時間之關係，至少取2個構件讀數，構件係指例如夾片或以其他方法錨固預力鋼材之構件（參圖2所示）。
- 3.3.3 繪製試驗期間力與變形關係圖並紀錄。
- 3.3.4 極限拉力 $F_{Tu}$ 時預力鋼材自由段之伸長率 $\epsilon_{Tu}$ 。
- 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。
- 3.3.7 針對外置預力系統，須分別就錨頭圓周方向變形 $\Delta t$ 及其相對於不動點之變



形 $\triangle z$ 予以量測，且須依下述規定辦理：

- (1) 20% $f_{Pk}$ 。
- (2) 40% $f_{Pk}$ 。
- (3) 達80% $f_{Pk}$ ，於 $t_0 \sim t_0 + 10$ 分鐘之間量測， $t_0$ 表達80% $f_{Pk}$ 的時間。
- (4) 達80% $f_{Pk}$ ，於 $t_0 + 30 \sim t_0 + 40$ 分鐘之間量測。
- (5) 達80% $f_{Pk}$ ，於 $t_0 + 60 \sim t_0 + 70$ 分鐘之間量測。
- (6) 達80% $f_{Pk}$ ，於 $t_0 + 120 \sim t_0 + 130$ 分鐘之間量測。
- (7) 卸載至20% $f_{Pk}$ 之際量測。

### 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量應與預力鋼材之受力增量成比例變化。
- 3.4.3 於達到0.80 $f_{Pk}$ 之際，前項所述相對位移及針對外置預力系統所量測之變形 $\triangle t$ 及 $\triangle z$ 應於前30分鐘內達穩定狀態。
- 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。夾片縱向的裂紋或裂縫可不視為端錨或續接器之破壞，但夾片的橫向或斜向裂紋或裂縫是不被接受的。
- 3.4.5 量測最大極限拉力( $F_{Tu}$ )之錨碇效率不得低於 $F_{pm} \times 95\%$ 且不得少於 $F_{pk} \times 95\%$

$F_{Tu}$ ：試件量測之極限拉力

$F_{pm}$ ：預力鋼材母材試驗之實際極限拉力； $F_{pm} = A_{pm} \times f_{pm}$

$A_{pm}$ ：預力鋼材母材試驗之實際平均截面積

$f_{pm}$ ：預力鋼材母材試驗之實際平均極限強度

$A_p$ ：預力鋼材母材之標稱截面積

$F_{pk}$ ：預力鋼材母材之標稱極限拉力； $F_{pk} = A_p \times f_{pk}$

$f_{pk}$ ：預力鋼材母材之標稱極限強度

- 3.4.6 在量測極限拉力時之總應變 $\epsilon_{Tu} \geq 2.0\%$ 。

$\epsilon_{Tu}$ ：鋼絞線於極限拉力( $F_{Tu}$ )加載時之應變

## 4. 動力載重試驗

#### 4.1 試件規定

4.1.1 試件規定同靜載重試驗第3.1節規定。

4.1.2 預力鋼材於試驗時應由錨頭外圈開始佈設。試驗時預力鋼材股數  $n'$  規定如下：

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： $n' \geq 6+(n-12)/3$

4.1.3 預力鋼材與端錨之佈設，若鋼腱兩端之佈設均符合以上規定時，則該試驗次數視為2次。

#### 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600次(10Hz)。

4.2.2 試驗施力上限為 $0.65f_{PK}$ ，其應力幅度為80MPa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 預力鋼材與端錨或續接器間、端錨或續接器各零件間與載重及其循環次數有關之相對位移( $\Delta s$ 及 $\Delta r$ )，至少取2股之讀數（參圖2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總截面積之5%。

#### 5. 載重傳遞試驗

5.1 試體形狀及尺寸（示意圖參圖4所示）：

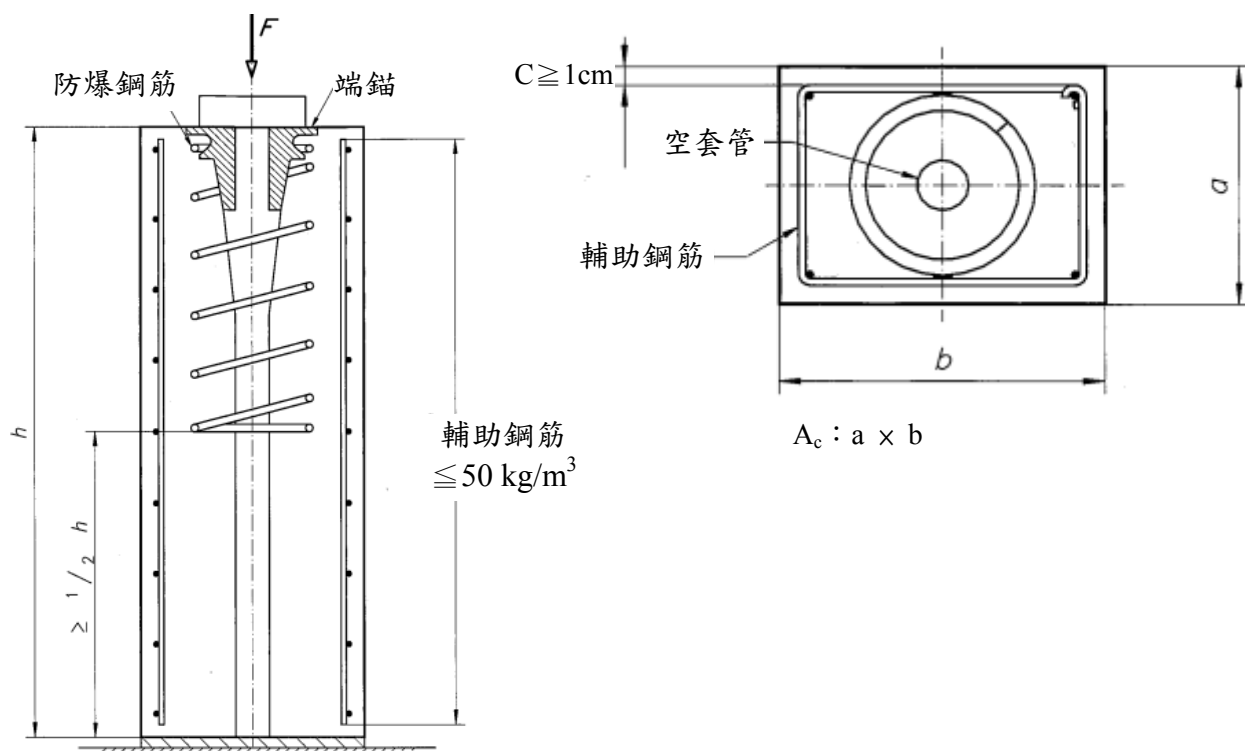


圖4 載重傳遞試驗試體示意圖

- 5.1.1 試體應包含埋入混凝土結構中之端錨或續接器部分與防爆鋼筋，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 試體應為一軸向受壓的混凝土矩形柱，其混凝土之截面積 $A_c = a \times b$ 應與預力鋼腱在軸向受壓時之最小截面積一致，混凝土強度與試體尺寸 $a$ 和 $b$ (參考尺寸)應符合預力系統原廠規定。
- 5.1.3 混凝土試體高度 $h$ 應至少為長邊( $a$ 或 $b$ 取大者)的兩倍，端錨或續接器最低壓力傳遞面以下之高度 $h$ 至少應為 $1/2 h$ (參圖4所示)。
- 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 $\leq 0.003 A_c$ ，且於混凝土中沿試體高度均勻布置之箍筋 $\leq 50 \text{ kg/m}^3$ 。
- 5.1.5 試體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體混凝土相同。
- 5.1.6 鋼筋混凝土保護層應為 $10\text{mm}$ 。

## 5.2 試驗方法

- 5.2.1 試體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 $F_{PK}$ 之20%、40%、60%、80%分四級等速加載(參圖5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 $F_{PK}$ 之80%和12%。(  $F_{pk}=f_{PK}\times A_p$  ,  $A_p$ =預力鋼絞線標稱斷面積)

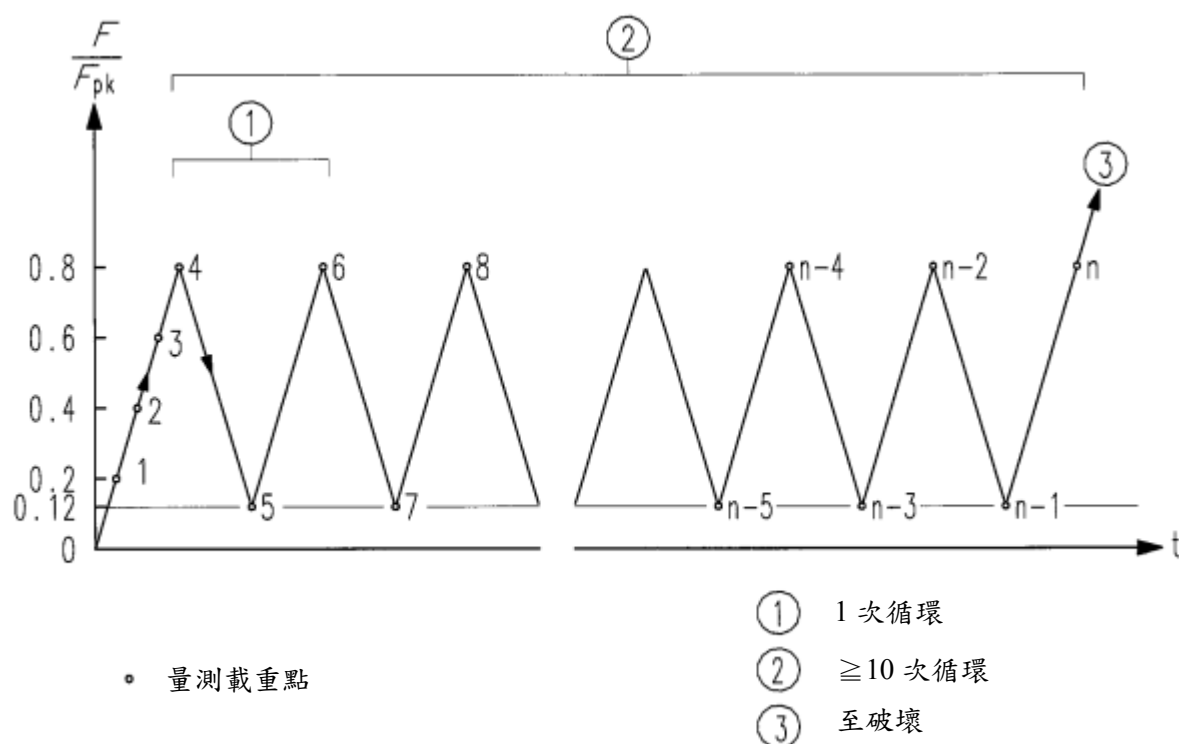


圖5 載重傳遞試驗施載重程序圖

5.2.2 載重循環次數取決於是否符合5.4.4及5.4.5所述應變讀數及裂縫寬度之穩定狀態，循環載重後應逐漸增加載重直至試體破壞。

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5.4之穩定狀態。

5.2.4 試體混凝土於最後之破壞試驗之平均抗壓強度 $f_{cm,e} \leq f_{cm,0} + 3\text{MPa}$ 。

$f_{cm,0}$ ：預力系統廠商允許之混凝土抗壓強度

$f_{cm,e}$ ：試驗後混凝土之抗壓強度

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體側面混凝土之縱向及橫向應變。

5.3.2 上述時刻試體側面裂縫之發生、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6與圖7所示）

5.4.1 首次達載重上限 $0.80F_{PK}$ （載重點 $W_0$ ）之裂縫寬度 $\leq 0.15\text{ mm}$ 。

5.4.2 末次達載重下限 $0.12F_{PK}$ （載重點 $n-1'$ ）之裂縫寬度 $\leq 0.15\text{ mm}$ 。

5.4.3 末次達載重上限 $0.80F_{PK}$ （載重點 $W_n$ ）之裂縫寬度 $\leq 0.25\text{ mm}$ 。

5.4.4 循環載重期間裂縫寬度應達以下穩定狀態：

$$W_n - W_{n-4} \leq 1/3 (W_{n-4} - W_0), \quad n \geq 10$$

5.4.5 循環載重期間應變量應達以下穩定狀態：

$$\varepsilon_n - \varepsilon_{n-4} \leq 1/3 (\varepsilon_{n-4} - \varepsilon_0), \quad n \geq 10$$

5.4.6 測得之破壞載重 $F_u \geq 1.1 F_{pk} (f_{cm,e}/f_{cm,0})$ 。

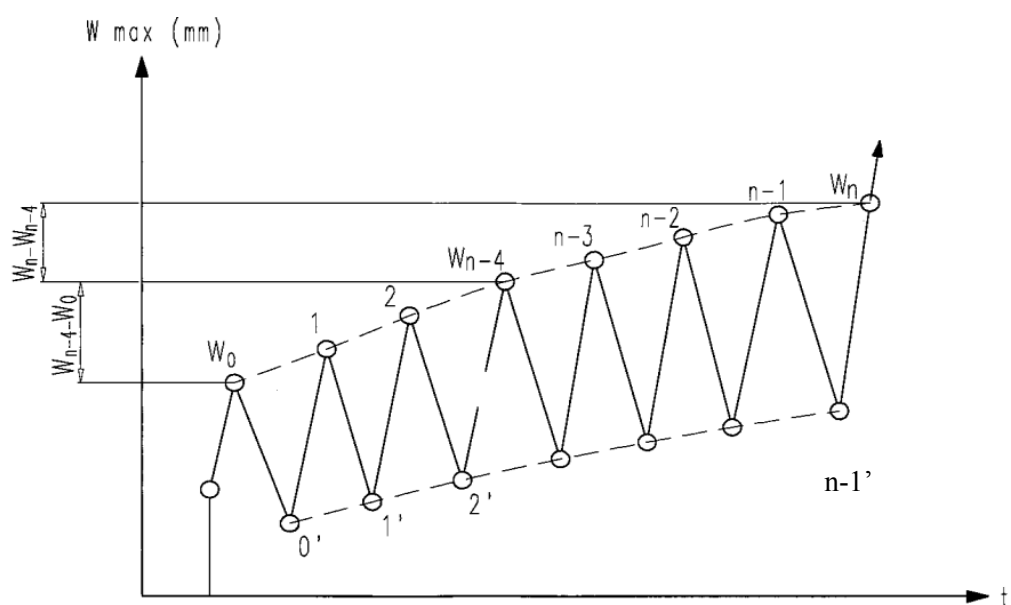


圖6 裂縫寬度要求圖

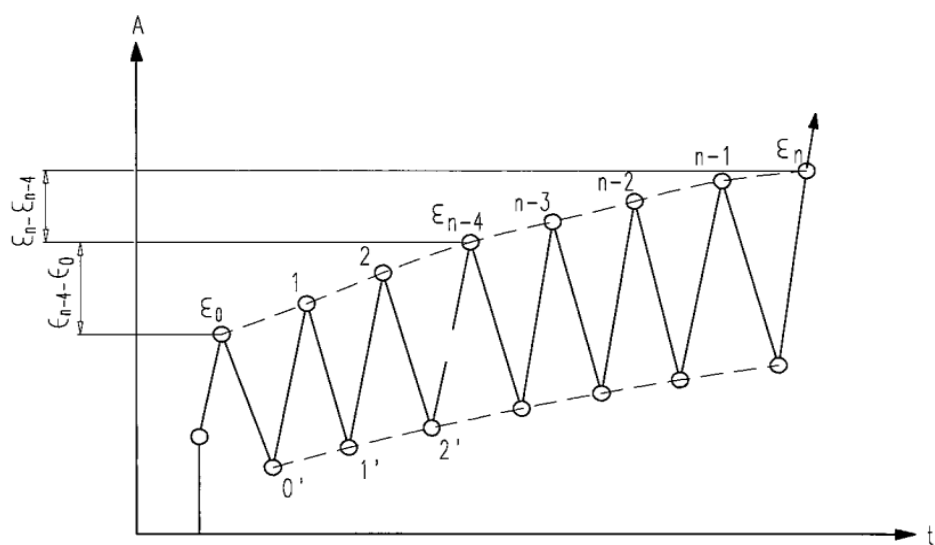


圖7 應變量要求圖

## 6. 單股鋼絞線續接器載重試驗

### 6.1 試件規定

- 6.1.1 預力鋼材與續接器應依預定使用情形就所有錨固預力鋼材之必要部分組裝，預力鋼材兩端並應另取相同型式之續接器作為試驗端錨。試驗時續接器之間應不得相互妨礙其各別作用（如圖8所示）。

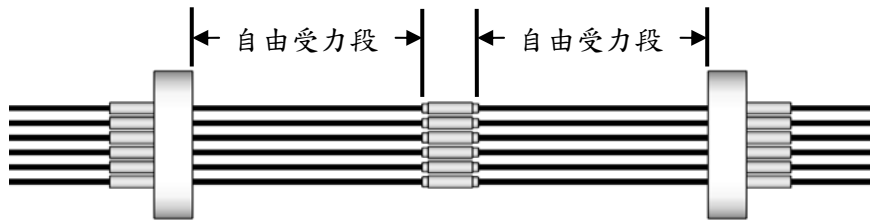


圖8 試驗之單股鋼絞線續接器與鋼絞線組合後幾何構造圖

- 6.1.2 預力鋼材與續接器組合試件之預力鋼材自由受力段，於續接器兩端至少一端不得小於3公尺。

### 6.2 試驗方法

- 6.2.1 單股鋼絞線續接器型式檢驗之靜載重試驗及動力載重試驗，應依所選定之端錨產品預力鋼材股數，將全部預力鋼材予以續接，並以成束同時施拉方式，分別參考3.靜載重試驗及4.動力載重試驗規定辦理。
- 6.2.2 單股鋼絞線續接器進場檢驗之靜載重試驗，應將每批取樣樣品於續接鋼絞線後，以成束同時施拉方式參考3.靜載重試驗規定辦理。