

Q與A專欄

歐晉德*

Q25：地錨(Ground Anchor)試驗一般較常用者可分為那幾種？其試驗步驟如何？
(花蓮縣薛謙添先生提出)

A. 地錨試驗因其檢核目的不同而有各種的試驗方法，但主要均在瞭解地錨受力後之變形行為。由於地錨之成效與錨體受力後應力轉進之過程息息相關，試驗方法必需注意檢核影響應力與變形間關係之種種因素，地錨試驗自其應用開始，迄今已發展出多種形式，近年來國際地錨工程界中較常用者，大致可歸納成三種：

1. 證明試驗(Proving Test)或稱訂約前試驗(Precontract Test)
2. 現場適用性試驗(On Site Suitability Test)
3. 例行之驗收試驗(Routine Acceptance Test)

其細節分述如下：

1. 證明試驗：本試驗之主要目的在於瞭解試驗區域地層中，設計地錨之可行性，試驗目的通常包含對地層性質，錨碇性質及施工問題等之肯定了解，特別在未曾使用過地錨之地區，或應用特殊形式、特殊長度的地錨時，此類試驗益顯其重要性。證明試驗常涵蓋錨座、錨頭、千斤頂、防蝕設施，錨碇本身的製作，灌漿步驟，現場的操作、錨碇長度、錨碇能力以及潛變性質等項目之檢核，因而顯見此類試驗需儘可能涵蓋將來現場可能發生的情況，以便於判別地錨系統及施工方法的可靠性。

證明試驗之試驗步驟一般常依據 Ostermayer(H.Ostermayer, "Construction, Carrying Behaviour and Creep Characteristics of ground Anchors" Proc. of Conference on Diaphragm Walls & Anchorage, ICE, Lon-

don, 1974) 或德國規範 DIN4125 之建議，基本上先施加一初始荷重(Initial Load)或稱基本荷重(Bedding in Load)其值約為設計錨索屈服強度(P_y)的十分之一，而後按屈服應力百分之十五的增量逐步施加應力，試驗過程中可包含數次解壓循環，以測定其殘餘變形，試驗各階段的位移與時間關係亦加以記錄，荷重增量的維持時間，對砂質地層而言，應持續至變形停止為止，時間大致在五分鐘至一小時，於粘土層則維持至變形率小於每小時 0.1mm 為止，試驗荷重增加至最大試驗荷重後，一般證明試驗可繼續施加荷重至錨碇系統完全破壞為止，此時可將地錨整個取出，鑑定其錨碇形狀，自由端長度，固定端破壞狀況，特別是鋼線四周的灌漿情形，防蝕設施狀況等等，均宜加以檢視。

證明試驗之荷重增量亦可參照 FIP 之建議，如圖 25-1 所示，將最大試驗荷重 P_p 限制在錨索屈服強度的 95% 範圍下，起始荷重 P_i 設定為 $0.1P_p$ 至 $0.2P_p$ 左右，以後每次試驗荷重增量 ΔP 約等於 $(P_p - P_i)$ 值的六分之一至十分之一，每次荷重增量維持一固定時間 $n \cdot \Delta t$ 後，均予解壓，以測定其彈性變形 $\Delta \ell_{el}$ 與永久變形 $\Delta \ell_{perm}$ ， n 可為 1 或 10，而記錄荷重維持 Δt 及 $10 \cdot \Delta t$ 之變形量，以進一步繪製如圖 25-2 之圖形，FIP 規範建議於岩層或砂土層， Δt 採至少 5 分鐘，於含粘質土地層及過壓密粘土層採至少 15 分鐘，至於正常壓密粘土及粘土質粉土則至少 180 分鐘，主要目的均在了解地錨的潛變性質，如正擬定中的英國規範說明，若地層具有可能發生潛變者，觀測時間甚至需維持至二十八天。

對於任何地錨工程合約，如無該區域之使用經驗者，一般建議在工程開始前均應進

* 亞新工程顧問公司副總經理

行證明試驗，且數量不應少於三支。

2. 現場適用性試驗：

所有的地錨工程均宜進行此類試驗，試驗狀況需與將來使用之地錨狀況一致，其主要目的在檢核地錨之設計強度，於地錨工程中，現場適用性試驗如基樁工程之前期載重試驗(Preliminary Pile Load Test)需於工程進行之前即先進行，試驗結果作為以後工程進行時，執行驗收試驗的依據，現場適用性試驗之數目大致上可依照表 25-1 之建議進行。

現場適用性試驗之步驟與證明試驗採用者大致相同。表 25-2 及表 25-3 分別為德國 DIN4125 及英國擬議中規範建議之試驗荷重階段及觀測時間提供讀者參攷。

3. 例行之驗收試驗：

驗收試驗乃自證明試驗，適用性試驗再

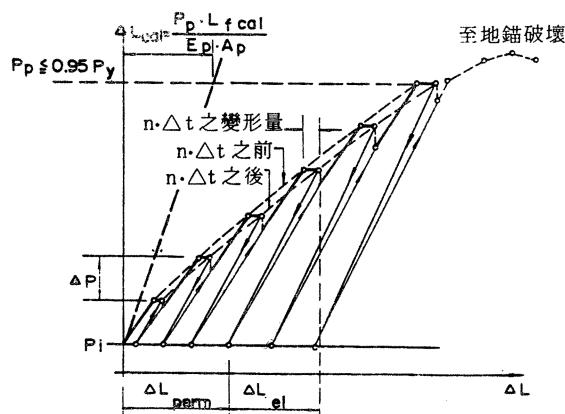


圖 25-1 地錨試驗步驟 (取自 FIP, 1982)

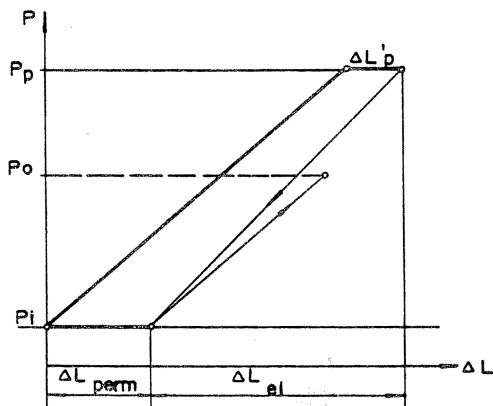


圖 25-2 驗收試驗步驟

予以延伸用以控制地錨品質之品管試驗，通常對所有的地錨均應實施，試驗所採用之最小試驗荷重值 P_p ，大致上依據設計安全係數由設計單位指定，表 25-4 為 FIP 建議之最小檢核試驗荷重 P_p 與設計錨碇荷重 P_w 之比例，提供參攷。

驗收試驗的步驟大致如下：

- (1) 先施加初始荷重，其值大致為設計荷重的十分之一，即 $P_i = 0.1P_p$ ，並量測基準之讀數。
- (2) 將錨碇施加至檢驗荷重 P_p ，記錄 P_i 至 P_p 時之變形量 Δl ，同時將 P_p 荷重維持 $n \cdot \Delta t$ 時距，再記錄其增加之變形值 $\Delta l'$ 。
- (3) 荷重予以解除至 P_i 以記錄 Δl_{perm} 。
- (4) 最後將荷重再施加至預定的錨碇轉移荷重 P_t (Load at Transfer) 即將之鎖上。此 P_t 荷重通常較錨碇設計荷重 P_w 略高。

以上步驟大致在一般地錨中使用，若在岩層中，即岩錨時，除非適用性試驗顯示有特殊的問題存在，通常不再放鬆至 P_i ，可在荷重施加至 P_p 後，維持 $n \cdot \Delta t$ 時間，即解壓

表 25-1 建議現場適用性試驗數目

地錨工程總根數	臨時性地錨 使用期間六 個月以內， 對大眾安 全性低之工 程	臨時性地錨 使用期限達 二年以內， 或無警告下 破壞對大眾 安全不生影 響者	永久性地錨 或臨時性地 錨但破壞時 將造成公共 危險者
少於 20 支	—	—	3
超過 20 支	地錨根數之 1%，但不 少於 3 支。	地錨根數之 1.5%，但 不少於 3 支	地錨根數之 2%，但不 少於 3 支

表 25-2 永久性地錨現場適用性試驗荷重階段
及觀測時間 (取自 DIN 4125, 1974)

荷重量	觀測時間 (小時)		
	基本荷重 $> 0.1P_y$	粒狀土	細粒土
0.4 P_w	0.25	0.5	
0.8 P_w	0.25	0.5	
1.0 P_w	1.0	2.0	
1.2 P_w	1.0	3.0	
1.5 P_w	2.0	24.0	

P_y = 錨索屈服應力

P_w = 錨碇設計荷重

至 P_0 即可。圖25-2大致顯示例行驗收試驗之過程。於結果的研判上，應特別注意驗收試驗與適用性試驗結果間的比較，如於同樣時

間 Δt 時， $\Delta \ell_p'$ 之值較適用性試驗之觀測值高出許多，則應延長觀測時間，以了解其原因。

表25-3 現場適用性試驗建議荷重增量及觀測時間(取自Little John, 1981)

臨時性		永久性		觀測時間 (分鐘)	
荷重增量 (%)		荷重增量 (%)			
第一循環	第二及第三循環	第一循環	第二及第三循環		
20	20	20	20	5	
	40		40	5	
50	60	50	60	5	
	80		80	5	
100	100	100	100	5	
	120		120	5	
			140	5	
125	125	150	150	15	
100	100	100	100	5	
50	50	50	50	5	
20	20	20	20	5	

荷重增量之百分比係指設計錨碇荷重而言

表25-4 地錨設計安全係數與檢驗荷重倍數建議值

地錨類別	設計最低安全係數 P_u / P_w	最小檢驗荷重倍數 P_p / P_w
第一類 臨時性地錨，使用年限在六個月以內，且破壞時不影響公共安全者。	1.4	1.1
第二類 臨時性地錨，使用年限達二年以內者，或局部破壞並不影響公共安全者。	1.6	1.25
第三類 所有永久性地錨，或臨時性地錨，但其破壞足以造成嚴重影響者。	2.0	1.5

P_u ：預力錨索之極限荷重

Q26：地錨固定端灌漿，為達其不收縮目的，會摻適量鋁粉添加劑，是否影響錨碇安全性和耐久性？（花蓮縣薛讚添先生提出）

A:地錨之錨碇安全度與耐久性深受灌漿液之特性及施工步驟之影響，對於灌漿液之品質及其使用，目前並無一定的指針，各國使用之標準並不一致，基本上均要求使用品質良好之水泥，並適度控制水灰比，而特別注意其氯化物及硫化物之含量，以防止腐蝕，如英國規範規定氯化物含量不得超過水泥重量的百分之一

，硫化物不得超過百分之四，至於使用其他填加劑以加速或延長凝結時間，增加流動度，或增加灌漿之膨脹性者，通常可依 ACI 的建議酌情採用，但鋁粉對錨碇安全度之影響並不明顯，目前仍需依現場觀測結果以判定之，自可見的文獻中可知，如英國規範規定不得使用高鋁水泥，而南斯拉夫的資料中亦顯示含鋁粉的水泥漿液在長程的穩定性較差，因此只允許在臨時性的錨碇中使用。