

Q 與 A

本問題與解答專欄將定期於本刊登出，所擬問題均選自目前大地工程界於施工中可能遭遇之一些疑難小問題，此類問題雖小，但常造成施工人員之困擾。本欄更歡迎讀者提出問題，並歡迎學者專家就解答內容提供意見。有鑑於大地工程牽涉範圍及變化甚多，讀者亦請避免將本欄提供之解答視為唯一方案，以免造成施工或尋求解答方法之錯誤。

吳文隆

Q1：在基地形狀呈狹長形的深開挖工程，由於長向水平支撐的長度相當長，以致其支撐效用將大幅降低，且不符工程經濟考量原則，若採用角隅大斜撐，請問：

- (一)其設計原則及注意事項為何？
- (二)橫檔與連續壁面的摩擦力如何傳遞較佳？
- (三)就連續壁而言，角隅大斜撐所提供之側向支撐的勁度如何計算？

(讀者 劉鏞)

A1：

(一)狹長平面開挖之長向水平支撐因其施工精度較難掌握與支撐勁度較小，以致其有效預力值較低，且容易發生側向變形、挫屈等問題，因此，一般於開挖區兩端短邊之開挖及支撐方式乃採用背拉式地錨工法、島區式分段開挖支撐工法或角隅大斜撐工法替代該長向水平支撐，然而背拉式地錨工法顧慮侵犯鄰地地權、黏性土層地錨之錨碇力不佳及砂性土層地錨之鑽孔發生湧水、湧砂等問題；島區式工法則須考慮分階段施工結構體受側向力、分區介面之防水及工期增長等問題。若上述衍生之問題，無法有效克服時，則角隅大斜撐支撐工法當為最理想、可行之選擇，此法係最簡單、迅速、且經濟之支撐方式。

惟採用此類大斜撐時，須審慎予以規劃設計，其設計原則及注意事項分述如下：

(1)短向寬度不宜過長，因寬度過大時則其角隅之拱效應將因而減低，距角隅愈遠之大斜撐所受土壓力亦隨之增大，且支撐之長度及數量增加，則施工品管較難掌握，易造成安全顧慮。

(2)欲採大斜撐系統之擋土壁體，宜採用結構水平向連續性佳、勁度高之壁體(如連續壁)，且長向與短向壁體相交之角隅處不宜設置接頭，宜採用同一單元構築，使角隅呈一整體構造，以增加連續壁應力傳遞效果，避免該複雜之外力作用位置之連續壁發生顯著變位，造成斜撐預力鬆弛，支撐功能喪失而引致全面破壞。

(3)大斜撐所承受之軸向力，使與其斜交之橫檔間產生剪力，應詳加檢核，以防止該接頭處剪力所致之水平滑移破壞，必要時，應設計妥善之止滑或固定設施。

(4)當短向寬度過長時，橫檔與擋土壁體應妥適結合，並能傳遞部份或全部水平剪力至擋土壁體上，使擋土壁體不致因水平剪力而與橫檔間發生分離、相對位移或使橫檔產生不均勻之扭轉，且可使各大斜撐傳遞至橫檔之軸力累積現象減小或消除。

(5)短向寬度過長以致大斜撐配置之列數增多時，則其橫檔必須同時考慮各對

大斜撐所可能傳遞之累積軸力及側向土壓力所產生之彎矩應力聯合作用下之梁柱行為。

(6) 短向擋土壁之兩角隅大斜撐原則上宜採對稱配置。另若該等角隅並非直角時，則斜撐與短向壁體之交角，宜採較大之角度配置，以免其水平剪力分量大。

(7) 妥慎設計配置支撐應變計、荷重計、隆起桿、壁體內傾斜計及壁體外傾斜計等監測系統，並訂定合適之監測預警管理值。

(二) 橫檔與連續壁面的摩擦力傳遞方式，一般有下列四種設計方法，如圖一～四所示，各有其優缺點，分述如表一所示。

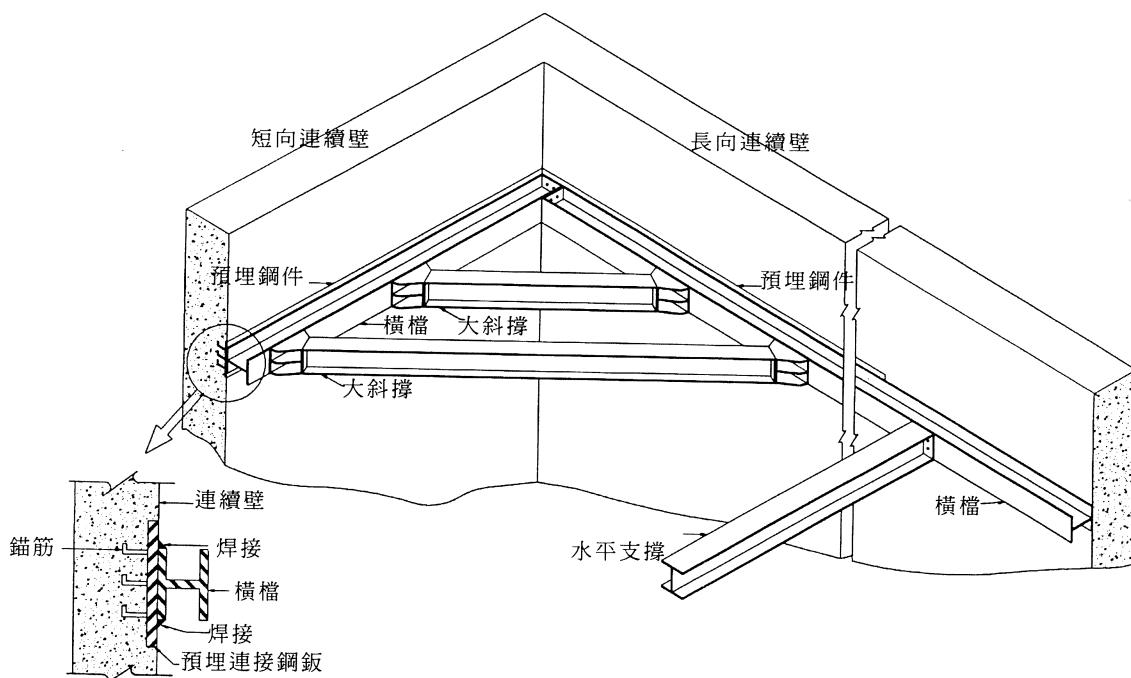
(三) 角隅大斜撐所提供之側向支撐的勁度之計算，理論勁度值 $K_i = EA/L$ ，與一般正交於橫檔之水平支撐之計算相同。

式中 E ：支撐材料之楊氏係數

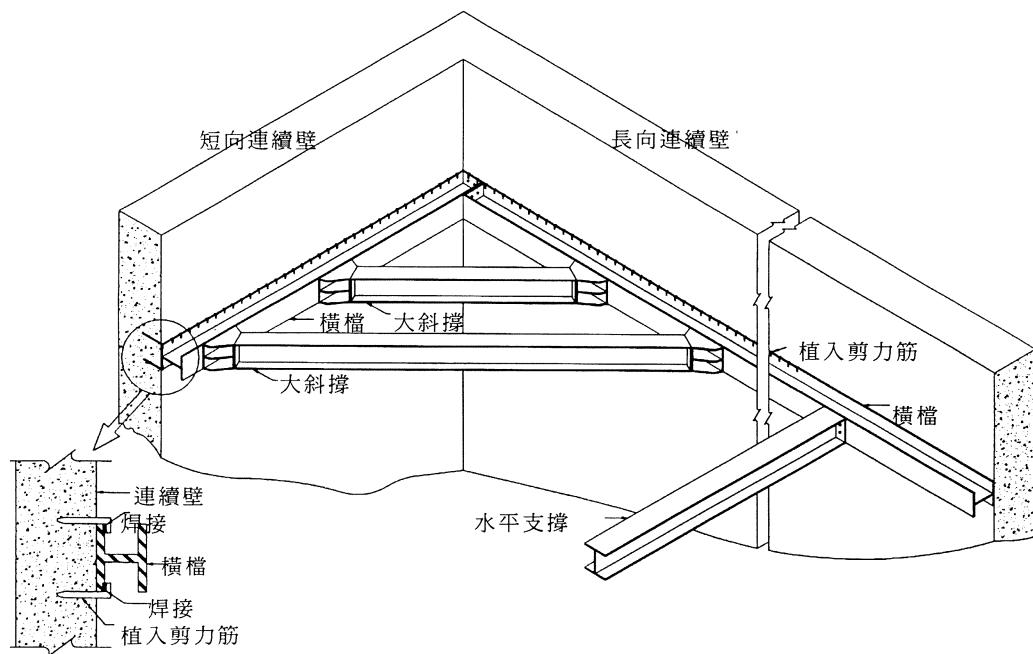
A ：支撐之斷面積

L ：支撐之長度

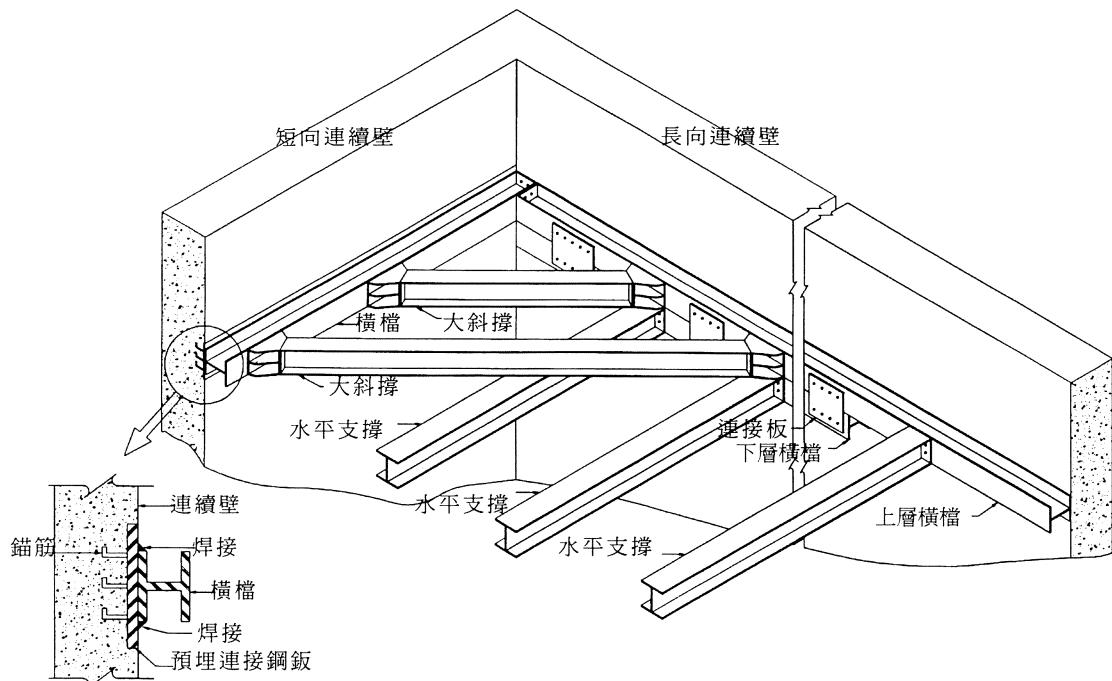
同時，而大斜撐之有效勁度 K_E 值大小，亦係與實際之斜撐有效軸力值 P 及斜撐軸向變形量 ΔS 大小有關。由於支撐位置之擋土壁體變位量 δ 與支撐之軸向變形量 ΔS ，兩者數值理論上應相同，但實際並不一致，通常 δ 皆較 ΔS 為大，以致 K_E 遠較 K_i 為小，支撐與擋土壁體之銜接位置施工品質愈佳、頂撐效果愈好，則 δ 與 ΔS 之差異會愈小，亦即 K_E 與 K_i 也愈接近。一般而言，支撐之有效勁度隨著預載值(俗稱預力)增加而增加，如圖五所示，支撐施以妥適的預載值可有效提高勁度及其支撐效率。



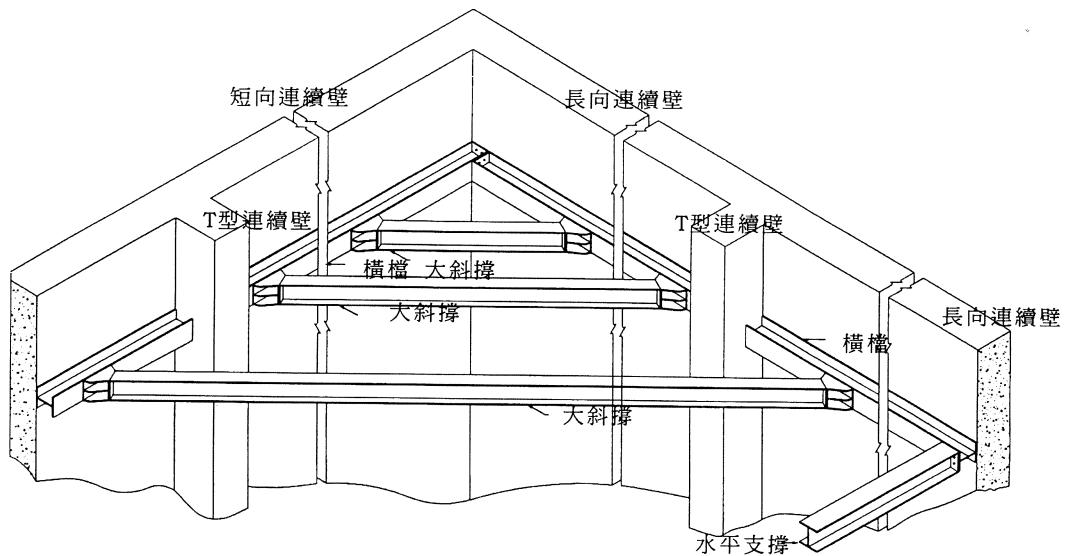
圖一 連續壁體預埋鋼件並與橫檔焊接之 A 法示意圖



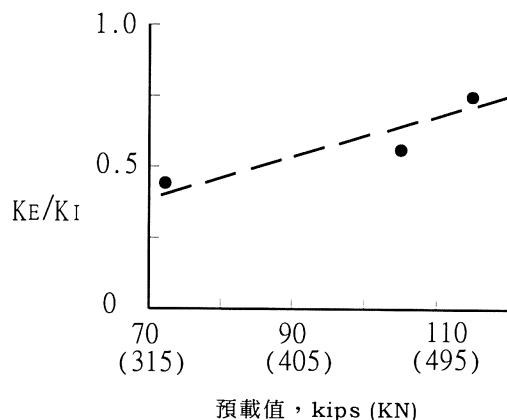
圖二 連續壁體植入剪力筋與橫檔焊接之 B 法示意圖



圖三 雙層上下橫檔、斜撐及水平支撐位置轉換 C 法示意圖



圖四 調整連續壁的形狀以供橫檔之反力座 D 法示意圖

圖五 預載與 K_E / K_I 之關係圖(取自 O'Rourke, 1981)

由於大斜撐與橫檔間、橫檔與連續壁間較易發生剪應變及滑移等變形，致使大斜撐擋土系統之 δ 與 $\triangle S$ 有較顯著之差異，因此其有效勁度 K_E 較一般正交於橫檔之水平支撐之 K_E 為低。根據現場監測工作經驗，筆者建議大斜撐之 K_E / K_I 可採 $0.2 \sim 0.4$ 。

參考文獻

O'ROURKE, T.D.(1981), "Ground Movement Caused by Braced Excavations" , September, PP.1159 ~ 1177.

XANTHAKOS, PETROS P.(1994), "Slurry Walls as Structural Systems", McGraw-Hill Inc., second edition , PP.209 ~ 217.

表一 連續壁面與橫檔結合型式優缺點比較表

型式	設計方法	優 點	缺 點
A	長、短向連續壁體之斜撐段預埋鋼件與橫檔焊接	<p>預埋鋼筋或鋼鈑等鋼件之彎鉤或固定扣件與連續壁體混凝土充分握裹，不易脫落，結合強度較佳。</p> <p>僅須打除連續壁之保護層，不須大量鑽孔與敲除混凝土。</p> <p>經濟且迅速。</p> <p>可發揮較佳支撐之預壓。</p>	<p>預埋鋼件位置不易事先準確定位，不易配合水平支撐之架設作業。</p> <p>橫檔與預埋鋼件平整度較差，因此必須填塞楔片調整，結合強度易受影響。</p> <p>橫檔與鋼件採用焊接方式，橫檔下緣必須仰焊，結合強度視焊接品質良窳而定，且因開挖面與橫檔間之作業空間受限，作業困難且施做緩慢。</p>
B	長、短向連續壁之斜撐段植入剪力筋與橫檔焊接	<p>採用連續壁直接植入剪力筋，其位置可以配合現場支撐作業，不須預先埋設，因此靈活而方便，不受空間限制。</p> <p>不須敲除連續壁。</p> <p>結合強度較佳，不會產生滑動，水平支撐預壓效果佳。</p> <p>可依剪力大小而調整剪力筋之數量。</p>	<p>必須以電鎚或鑽石鑽頭鑽孔，鑽孔作業較費時。</p> <p>安裝費用較高。</p> <p>較不適合於水平力很大的狀況。</p> <p>支撐拆除較費事。</p>
C	短向之橫檔採 A 或 B 法以及長向之斜撐段採雙層上下橫、斜撐及水平支撐，支撐位置轉換方法	<p>長向連續壁不須預埋鋼件或植入剪力筋，或敲除連續壁混凝土面，不會造成噪音公害。</p> <p>短向水平支撐提供橫檔與連續壁之摩擦力，以抵抗斜撐所傳遞之水平剪力分量。</p> <p>經濟且迅速。</p>	<p>對於多對斜撐時，因水平剪力累積至大，則橫檔因梁柱作用而挫屈破壞。</p> <p>橫檔與連續壁產生滑動，或連續壁變形而鬆脫，以致斜撐預壓效果不佳。</p> <p>橫檔與連續壁之接觸面，較無法完全密接。</p> <p>開挖作業較易受水平支撐作業影響，必須先架設水平支撐，然後才能進行斜撐之架設。</p>
D	調整連續壁的形狀，以供橫檔之反力座方法	<p>短、長向皆可視需要構築1~2反力墩座，連續壁不須預埋鋼件或植入剪力筋及焊接作業，可減少支撐架設時間。</p> <p>以T型連續壁當成反力墩座，直接承受橫檔之水平剪力。</p>	<p>T型連續壁單元之角隅，施築時容易坍孔。若接頭部份施工品質欠佳，容易受力後開裂而漏水。</p> <p>對於多對大斜撐時，為避免水平剪力累積，須增設反力墩座，將增加連續壁之工程數量及造價。</p> <p>主體結構物施築時須敲除反力墩座之混凝土，造成振動噪音公害。</p>