

## Q 與 A 專欄

歐 晉 德\*

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。本欄歡迎名讀者提出問題，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決方法之錯誤。

**Q15：**擋土結構物採用彈塑性分析，目前已發展之電腦程式中如何涵蓋每一施工階段之變位？其基本假設是否合理？於利用彈塑性分析時，如何考慮支撐之勁度及預壓力？（台北市黃福晉先生提出）

A：開挖工程擋土結構物設計，使用彈塑性觀念分析之方法甚多，目前謹就日本方面採用較多，由山肩邦男等人提出（「掘削工事における切バリ土留め機構の理論的考察」，土と基礎，Vol. 17, No. 9, 1969年9月）之彈塑性分析法作說明，山肩氏等提出之方法中包含幾項假設：

(1) 假設黏土質地層中，擋土牆為一無限長之彈性體。

(2) 擋土牆背後之土壓力，於開挖面以上部份呈三角形分佈，於開挖面以下則保持均勻之矩形分佈。

(3) 開挖面下土壤對擋土結構物之阻力與擋土牆之變形成一次比例之變化，並以被動土壓與靜止土壓之差為最大阻力值。

(4) 當支撐裝設後，該支撐位置即不再發生位移。

(5) 當下層支撐裝設後，該支撐以上各已裝設完成之支撐其受力值（軸力）均保持不變，變形量均保持以往數值不再改變。

根據以上之假設進行分析時，具體言之，於電腦分析程式中，僅需保留各階段支撐過程中上一階段擋土設施變位量即可，此分析方法之主要根據在其觀測資料中，大部份支撐在裝設完成後變位及軸力之變化幅度甚小，而得以涵蓋可能之施工狀況，對於支撐之勁度影響則缺乏說明，因此於1972年日本中村兵次及中沢章乃進一步建議（「掘削工事における土留め壁應力解析」日本土質工學會論文報

告集，Vol. 11, No. 4, 1972），使開挖工程擋土結構更符合實際行為，其不但視擋土結構貫入土中部份為有限長，並需視土層狀況考慮其為自由端，固定端或鉸接點，分析中考慮支撐位置受軸力後之彈性變形，將支撐按其材料，斷面，長度等求其彈性係數以判別受力後變形值，至於開挖過程中，每階段支撐裝設前變位量均換算成相對之剪應力納入各次階段之位移，力矩等計算式中，嚴格言之，中村氏之分析仍未將預壓影響納入，但近年來工程界應用之開挖分析程式多半可進一步處理，把預壓力視為一作用力，將牆後土壤視為一系列彈簧，以推求反作用力變化及變形後，再將之輸入下一階段之支撐分析過程中，此方法難免與實測值略有出入，目前為求完善，仍應配合有效之施工觀測記錄以修正之。

事實上，就支撐之勁度（spring stiffness）而言，影響因素甚多，諸如：

(1) 支撐之接合情形

(2) 橫樑(Wales)與擋土牆接合之緊密度

(3) 支撐之間距

(4) 支撐長度

(5) 支撐材料之彈性模數

(6) 支撐之大小

(7) 施加預力情況

以及(8)溫度變化等因素，計算之理論值與實際值可能發生相當差異，不易控制，L.A. Hansen(1983)即提出如圖15-1說明預壓力愈大，則實際值愈接近理論值，而當勁度之理論值愈大時，接頭不良，橫樑變形等因素，對實際支撐勁度之影響更為顯著，甚至可使支撐之實際勁度僅為理論值之1/50，圖15

\* 亞新工程顧問公司副總經理

-2即為Hansen所提之例證，以供讀者參考，因而對計算中採用之支撐勁度應作適當折減，並利用施工觀測系統作進一步控制。(林晉祥，王劍虹)

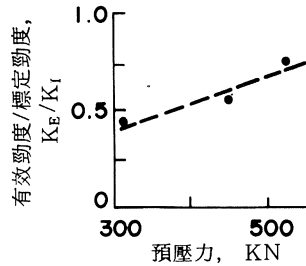


圖 15-1  $K^E/K^I$  隨預壓力而增加之趨勢

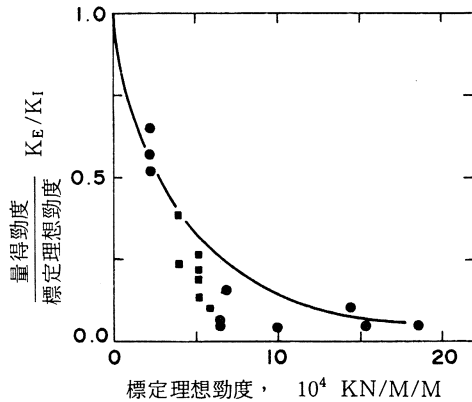


圖 15-2 量測勁度隨標定勁度加大而減少之趨勢

**Q16：請闡述施工觀測系統之必要性及其功能，其一般涵蓋之項目為何？(台北市倪祖麟先生提出)**

A：土木工程師設計興建結構物時，需考慮其基礎地層間的相互作用，由於構成基礎的土壤及岩石為自然產物，其工程性質相當複雜，施工變化性亦不易掌握，以致工程進行中存在很多難以確知的因數。因此，傳統設計者往往採用保守的安全係數以保障工程安全，但事實上傳統的設計方法應用於變化性甚大的土木工程上，雖有時使工程趨於過份保守而浪費經費，事實上亦不能完全免除工程失敗的危險。隨著時代的進步，土木工程的規模日益增大，工程標準日益提高，施工技術也愈形複雜。無論設計者或施工者，均切望對工程中之可能變異，達到完全掌握之目的，以符合時效及經濟原則，因此，解決此困難根本之道，已不再侷限於設計理論與方法，或施工技術層面上的探討，而必須在作法及觀念上有所突破，故促成一種由不同功能儀器組合而成的施工觀測系統發展，再配合以周密而具體的觀測計劃，在施工現場進行觀測，收集資料，經過此類工程技術的應用，設計者得在施工期間逐步研判並改進其設計以求其合宜而經濟，施工者亦能

同時提高工程品質，並控制安全性，使整個工程能符合既安全又經濟的原則下完成。因此，對土木工程而言，一套完整妥善的施工觀測系統是控制工程安全的必要條件。

概括而論，施工安全觀測系統至少應具下列功能：

1. 對工程安全具有全面性的控制。
2. 能確實掌握施工情況的變化。
3. 防止公共危害的發生，消除第三者因工程施工所帶來的不安，改善施工單位與第三者間的公共關係。
4. 由實測結果與土壤調查分析相印證，以獲得分析數據的規律性，建立良好的分析模式，並可驗證原設計的正確性及實用性。
5. 降低工程成本，提高工程的經濟效益。
6. 提昇工程技術的水準。
7. 評估新工程技術的效益。
8. 分析研判施工中所遭遇各種問題的癥結所在，提出解決方法，並將之收集以為將來設計與施工的參考。

綜言之，施工安全觀測的主要功能是督管工程的進行，控制工程的安全及品質，設計的修正及驗證。

一般而言，應用於土木工程的施工觀測儀器，可裝設在結構物上，或埋設於其周圍或其下的地層中，用以觀測該結構與其周圍環境的相互作用，以及其變化。因此，在目前的應用上，施工觀測系統的觀測項目大致包括下列各項：

1. 結構體本身的應力，應變，沉陷，側位移，傾斜度。
2. 周圍地表的沉陷，隆起。
3. 鄰近結構物的沉陷，側位移及傾斜度。
4. 地下水位與水壓變化。
5. 作用於結構物上的土壓力及其變化。

目前在中華民國，施工觀測系統已普遍被認同，不但在各項重要建設工程，甚至一般民間的山坡地開發工程均已逐步採用，特別是超高層建築的深開挖工程中，已被列為主要工程項目之一，在作業方法，已從觀測結果電腦化走進全部自動化的里程。

有關施工觀測系統的應用，讀者可參考地工技術雜誌第四期中林晉祥等著“施工時效計測控制系統在深開挖工程的應用”以及林景文著“自強大樓逆打施工與觀測系統簡介”二文中得明瞭其大概。(鄭在仁)