

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。本欄歡迎各讀者提出問題，並歡迎學者專家就解答內容提供意見。有鑒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。

Q13：對於所謂擴散性土壤 (Dispersive Soil) 有否較簡易之研判方法？工程中遭遇擴散性土壤時，除以石灰、明礬處理外，可否用濾層，或限制水力坡降，增加緩流比等方法處理？臺灣地區擴散性土壤之分佈如何？(臺灣省水利局陳茂生先生提出)

A：(1)擴散性侵蝕特性與一般土壤殊異，由於其黏土顆粒遇水會分離土體或流失之，以致在短時間內產生地下水道 (Tunnel)，管湧 (Piping)，峽道 (Gully) 和壺穴 (Jug) 等擬石灰岩侵蝕特性 (Pseudo Karst) 於斜坡、壩、堤或開挖曝露面，有時在較平緩的斜坡除上述侵蝕特性外亦留有虛軟的，層片狀的砂質結構。此外，由於黏土顆粒懸浮擴散於水中，往往在地面形成混濁的小水池，這些都是吾人利用為研判擴散性土壤的工具之一。

美國 SCS (Soil Conservation Service) 建議，判定土壤是否具有擴散性之試驗方法為針孔試驗，雙比重計試驗，孔隙水化學分析，以及土片試驗 (Rumb Test) 等四種。Sherard 及 Decker 建議在判定土壤是否具有擴散性時，前述四種試驗應該全部執行。孔隙水化學分析的試驗方法不為土木工程師們所熟悉；針孔試驗的執行則需一般普通土壤力學試驗室所無之儀器。雙比重計試驗及土片試驗則較易執行。

雙比重計試驗係利用比重測定土壤顆粒大小之方法，但使用二量筒及二比重計。其中一量筒中除蒸餾水外，尚加入抗凝劑，並於土壤加入後，利用機械方式加以充份之攪拌；另一量筒中僅有蒸餾水，且於土壤加入後，並不給予充份之攪拌。此試驗

之目的在比較二者中所得土壤粒徑小於 0.005 mm 之比例，再求出擴散百分比。當擴散百分比大於 15% 即表示土壤具有擴散性。

土片試驗為 Emerson 於 1960 年所發展，係將一小塊自然含水量之土壤置於大量蒸餾水中，再觀察此土塊周圍是否有土粒擴散痕跡，再按 Sherard 等建議之分類法判定土壤是否且有擴散性。由土片試驗所得之結果與由雙比重計試驗法中所得者不盡相同，與由針孔試驗中所得者亦有差異。按 Holmgren 等之研究，土片試驗可完全正確判定非擴散性土壤，但僅能判定 27% 之擴散性土壤；但若將土壤置入蒸餾水前將其含水量調整至其塑性限度以上，則可判定 65% 之擴散性土壤，但對非擴散性土壤判定之正確性降低為 73%。若要利用土片試驗使判定擴散性土壤之正確性提高，Holmgren 等建議將含水量為其塑性限度以上之土壤置於濃度為 0.001 N 之 NaOH 溶液中，正確性可達 97%，但亦可能將 81% 之非擴散性土壤判定為擴散性土壤。

因此簡易而正確的判定土壤是否具有擴散性之試驗方法，應為雙比重計試驗法及土片試驗為主，而針孔試驗在可能情況下仍應執行，並配合地形、地質和侵蝕特性以研判。

(2)對於壩堤採用擴散性土壤而欲防止其失敗的補救方法，可略分為化學的和物理的二種，所謂化學的方法就是以石灰等化學劑利用離子交換原理以穩定之，至於物理的方法，一為利用濾層阻擋沉泥大小 (含) 以上的顆粒流失並因而封閉先期的微細裂縫的特性以斷止水流。(如 Sand Filter, Sand

* 亞新工程顧問公司副總經理

Corn, Sand Chimney)。一為斷隔基礎於施工時因乾縮而生之裂縫，不予水在壩體與基礎界面上存在一個有利的通路（如 Keyway, Cutoff）。濾層之設置亦有效之防止擴散性土壤所可能導致之破壞，但此濾層中必須有小於50號篩之細砂，且應用針孔試驗來判定其效能。以上方法都是經證明為有效可行的方法。

至於限制水力坡降或增加緩流比等方法，則因擴散性土壤造成或管湧破壞之機構行為特異，故並無功效。

(3)擴散性土壤被利用於小型擋水構造物後曾造成災害，因而受到重視，而引起廣泛的研究，事實上，擴散性土壤之所以具有擴散性，最主要的原因是土壤孔隙水中金屬離子大部份為鈉離子。現已知有擴散性土壤之國家為美國、澳洲、以色列、委內瑞拉、墨西哥、巴西、泰國、南非、越南等，因此沒有理由不相信在其他的地區亦有此類土壤。據 Sherard 等之經驗，大部份之擴散性土壤可在洪水平原、河流或湖泊之沉積土壤，但人為促使土壤具有擴散性亦屬可能。臺灣地區因從未進行此一方面之研究，故擴散性土壤之分佈情形並不明確。（葉向陽、邵德洋）

讀者有興趣時，可參考如下有關文獻：

SHERARD, J. L. and DECKER, R. S. (1976) Summary to "Dispersive Clays, Related Piping and Erosion in Geotechnical Projects," ASTM Special Technical Publication 623, ASTM June, 1976.

SHERARD, J. L., DUNNIGAN, L. P. and DECKER, R. S. (1975) "Identification and Nature of Dispersive Soil," ASCE Journal GT4, Vol. 101, April, 1975.

HOLMGREN, G. G. S. and FLANAGAN, C. R. (1976) "Factors Affecting Spontaneous Dispersion of Soil Materials as Evidenced by the Crumb Test," ASTM STP623, ASTM, June, 1976.

Q14：某地下室工程施工於地下連續壁體完成後，開始利用振動樁錘打設開挖區內支撐使用之H型支柱樁 (King Post)，每樁打擊費時約20分鐘，本工程共打擊50支樁，請問是否有可能危及鄰近約30公尺處之鋼筋混凝土結構物安全？磅秤指針於打擊期間，連續指示在500公克之讀數，其意義如何

？此類震動可否避免？（標竿企業有限公司提出）

A：由於在問題中並未交待震動打樁機之能量及H型鋼樁之尺寸，故無法針對此一問題作答。僅根據現有之資料，對於震動打樁機施打板樁時對鄰近結構物之影響作一般性之說明，以供參考。

震動式打樁機 (Vibratory Pile Driver) 在施工時所產生之震動為一連續性之恒態震動 (Steady State Vibration)，其引致之地盤震動之震幅與其能量之大小成正比並且隨距離之增加而衰減。根據 Clough 及 Chameau (1980) 二氏所作之研究，在舊金山灣區之二處工地所量之地表震動幅度（以最大地盤震動速度表示之）與距離之關係如圖14-1之陰影區域所示。圖中所示之另一條曲線為 Wiss (1981) 氏在其他工地量測所得結果，與 Clough 及 Chameau 二氏之結論約略相合。

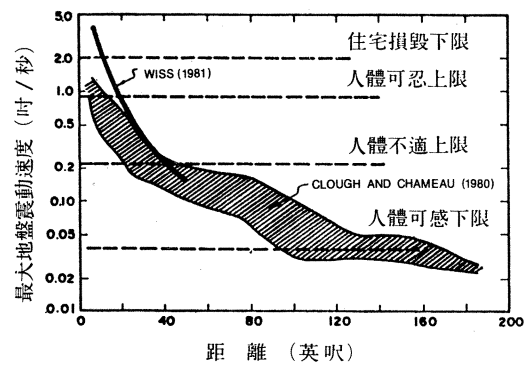


圖 14-1

因施工而產生之震動除源自震動式打樁機之外尚可能源自開炸，衝擊式打樁機，及其他施工機具之運轉等，對鄰近之環境均可能產生不良的影響。關於此類不良之影響及其有關之震動強度有許多文獻可茲參考，不過一般均對結構物可能造成不良影響之震幅歸納成兩個重要的標準即是 Wiss (1981) 所建議之以 4.0 英吋/秒為商業區結構物（或可定義為鋼結構或鋼筋混凝土結構等較為堅實之建築物）之最大容許地盤震幅，而以 2.0 英吋/秒為住宅區建築物（或可定義為磚木結構物）所能承受之最大地盤震幅。在這兩個對結構物所定的震幅標準之下尚有 1.0 英吋/秒之人體最大可忍受震幅，0.2 英吋/秒上下之人體「不適」標準及 0.04 英吋/秒之人體「可感」標準等。在圖一中也繪入了這些不同的震幅標準。由此圖可知在 30 公尺（90~100 英呎）處之

震幅係介於「可感」與「不適」二者之間，遠低於2.0 英吋/秒，應不致於對結構物造成不可彌補之損害。當然，如果在問題中所提到之打樁機之能量遠超過 Clough 及 Chameau 二氏所用之打樁機則就另當別論了。

震動打樁機或任何其他施工機具產生之震動對鄰近結構物尚可能造成非直接的損害，譬如震動可能造成鬆軟土壤之趨於緊密或液化以致於地基產生坍塌而導致結構物之損壞，不可不防。不過這種現象之產生與土壤之性質有甚大之關係，並非隨處都會產生這種問題。

問題中所提到以磅秤來量取震動幅度並不是一個可靠的方法，因為磅秤及其指針是一個專門用於量度靜態荷重的機械裝置，但在動態荷載之下其準確度會受到機械裝置的動態反應 (Dynamic Response) 能力之限制。問題中所說在隔鄰及距離30公尺處均顯示相同之指針讀數極可能就是這個緣故。換言之，在當時之震動頻率下，指針的最大反應就只有這麼大而無法分別出兩地震幅之不同。

代替衝擊或震動式打樁機的施工方法並非不存在，譬如可以用鑽掘式基樁代替貫入式的承重基樁，以地下連續壁來代替版樁等等。日本也有所謂無噪音工法將基樁以油壓千斤頂的力量壓入地下。但是任何工法都必有其優點及缺點，也必有不同的施工成本，工程師常常只能在權衡之後作一選擇而盡力避免或設法彌補其所造成的不良影響。(李建中)

——讀者可參考下列資料，以對打樁之影響有更進一步了解：

- CLOUGH, G. W. and CHAMEAU, JEAN-LOU (1980) "Measured Effects of Vibratory Sheetpile Driving," *Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE*, Vol. 106, GT 10, October.
- WISS, J. F. (1981) "Construction Vibrations: State-of-the-Art," *Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE*, Vol. 107, GT2, February.