

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。

Q7：在山坡地，崩積地層進行邊坡穩定性分析時，由於其組成複雜，岩塊甚多，一般調查法之精確度大受影響，特別是標準貫入試驗之可靠性，薄管樣品之代表性均大有商榷之處，於此情況下，應如何選擇設計參數，以何種方法進行分析，以合理評估邊坡之安全性？（新店市林燕正先生提出）

A：崩積地層邊坡穩定分析問題較一般地層為複雜，其調查與分析除應考慮崩積層本身之分佈，組成及工程性質外，更應注意崩積層下方之岩盤分佈狀況與地下水文，特別需注意岩層之軟弱帶。

分析前宜先研判此崩積層之組成及可能崩塌型式，並根據地下水文狀況選擇合理之試驗方法與分析模式。分析需注意及崩積層之形成與沉積層相異，地層中無明顯層次可循，地層強度及透水性視崩積情況及位置之不同而異，固結程度不均勻，地下水易在局部軟弱區域中集中，整體地層強度常視地下水壓之集結狀況而生變化，形成不穩定坡，由於地下水之浸淫作用，持續之滑動常沿崩積層之基盤岩面發生，另一不規則性之崩積層內崩塌，則視崩積層本身之抗剪強度狀況及滲水情形而產生。

由於其複雜性，建議調查試驗以至選擇參數之步驟大致如下：

1. 測繪地質圖，瞭解崩積層之形成狀況及分佈，基岩種類，傾角與走向等。

2. 調查崩積層主要組成及其工程性質，此時

以試坑 (Test pit) 方式為之較佳。

3. 針對地層軟弱帶，研判其強度，調查地下水狀況，此可以裝設水壓計記錄水壓變化得之。

4. 以試坑方式採取土樣，進行試驗室強度試驗及透水試驗，特別調查其浸水後之強度變化。

5. 現場仍可進行標準貫入試驗，但應詳細記錄打擊情況，藉以適度修正結果。此外尚可利用現場直接剪力試驗求得地層抗剪強度。

6. 地質調查工作應涵蓋對現有邊坡，或已開挖邊坡之穩定調查。

7. 利用傾斜變位觀測儀持續觀測崩積層之變化狀況，包含位移速度及移動深度。

8. 基岩部份宜鑛取岩心，進行浸水後之強度試驗以評估其強度變化。

綜合以上資料，選擇浸水後之地層強度，判別地下水壓集中區域，評定可能之崩塌地點及模式後進行邊坡穩定性分析。（趙基盛、游 坤）

Q8：請詳述羣樁載重試驗之方法及其分析重點，並兼述 DEFPIG 及 PIGLET 電腦程式之應用。（臺灣省住宅及都市發展局胡文虎先生提出）。

A：羣樁載重試驗之主要目的通常在了解羣樁排列方式對基樁承载力之影響，及載重在各樁中之分佈以確實明瞭所謂羣樁折減係數 (Ground Reduction Factor)，羣樁效率 (Group Efficiency) 及所謂交互影響因素 (Interaction Factor) 等之

* 亞新工程顧問公司協理

表8.1 羣樁試驗之情況

順 序	羣 樁 數	試 樁 類 別	研 究 者 (年 代)
1	2, 6, 8, 9	木 樁	Feagin (1953)
2	9, 25, 49, 81	模 型 樁	Whitaker (1957)
3	9	鋼 管 模 型 樁	Berezantzev <i>et al</i> (1961)
4	9	模 型 樁	Saffery & Tate (1961)
5	2, 4, 9, 16	鋁 樁	Sower & Martin (1961)
6	15, 27, 45	木樁, 玻璃樁, 銅樁	Hanna (1963)
7	利用(2)至(6)結果	—	Poulos (1968)
8	利用(2)至(5)結果	—	Butterfield & Benerjee (1971)
9	利用(2)至(5)結果	—	Banerjee & Davies (1977)
10	9	鋼 管 樁	Koizumi & Ito (1967)
11	3	鋼 管 樁	Cooke (1974)
12	2, 4, 6	鑽 掘 擴 座 樁	Garg (1979)
13	8	木 樁	Stevens <i>et al</i> (1979)
14	利用(3), (7), (10)結果	—	Randolph & Worth (1979)
15	5, 10	鋼 管 樁	Motlock <i>et al</i> (1980)
16	利用(1)及(15)結果	—	Poulos & Randolph (1983)

應用效果，並得以評估由單樁沉陷推求羣樁沉陷的可靠度，自理論及試驗觀點探討羣樁影響之論著甚多，但其中利用試驗方式求其明證者仍屬小數，表 8.1 列舉近年來曾發表以試驗方式討論羣樁行為之論著供讀者參考。事實上其中大部份均以模型樁為之，主要受場地、荷重量及經費等所限，不易進行大規模之羣樁實體試驗。最近數年，以實體基樁進行羣樁載重試驗之成果逐漸增多，也表現出各國學者專家對實際羣樁載重分析重要性之重視，研究漸傾向於試驗真正基樁，但不論如何，目前羣樁載重試驗尚無統一之步驟、方法、或規範。主因仍在於研究仍極有限，目前試驗大致仍採單樁試驗類似之方式進行，鑒諸表 8.1 中第 9 至 12 第之方法而言，大致採用所謂之維持荷重法 (ML 法)，將最大試驗荷重分成 8 階段施加，每階段荷重維持一至二小時或至沉陷率小於 0.02 mm/小時，記錄各階段荷重時樁帽中心及邊緣之沉陷量，如前所述，羣樁載重試驗之主要目的常在於了解樁間交互之影響，以及推估沉陷量之正確性，因此分析常針對此目的進行，結果除繪製不同間距情況之載重——沉陷曲線外，應與單樁載重結果進行比較，以明瞭其變化，羣樁試驗應特別注意及試驗期間樁帽中心及邊緣部份之不等沉陷，並分別量測以判別其影響，由於羣樁載重試驗並無一定模式可循，本解答謹補充下

列與羣樁試驗有關之論文出處以供讀者參考。

1. COOKE, R. W. (1974), "The Settlement of Friction Pile Foundations", *Proc. of Conf. on Tall Buildings*, Kuala Lumpur.
2. GARG, K. G. (1979), "Bored Pile Groups under Vertical Load in Sand", *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, Vol. 105, No. GT8, August.
3. STEVENS, J. B. *et al* (1979), "Pile Group Response to Axial and Lateral Loading", *Proc. of a Symposium on Deep Foundation, ASCE*.

至於讀者問題提出之 DEFPIG 及 PIGLET 兩程式均為近年發展出來，用以分析羣樁在不同受力情況下，傳遞至單樁之荷重分佈及其變形狀況，此二程式分別採取不同之分析法，但所得結果大同小異，DEFPIG 係採用簡化之邊界單元分析法 (Simplified boundary element analysis)，利用積分方程分析羣樁於彈性土層中，其任一樁在垂直及側向荷重下之反應，而利用所謂之交互影響因素表明樁與樁間因相互作用而增加之變形量，此影響因素主要受羣樁排列形式，樁體剛性度，間距，土層之強度模數等所控制。

至於 PIGLET 則利用代數式表示任一樁受垂

表8.2 DEFPIG 與 PIGLET 程式考慮重點比較

項 目	考 慮 性 質	DEFPIG	PIGLET
土壤特性	土質變異性	一般化	理想化，如以 $G=G_0+mZ$ 表示 (G 及 G_0 為土壤剪力模數， Z 為深度， m 為變化常數)
	非線性	以彈性體表示，並於樁與土壤界面指定屈服應力值	線性變化之彈性體
羣樁性質	幾何排列形狀	軸向力狀況均採一致之圓柱體，側向力狀況採長條形	理想化之圓柱形，樁長一致。
	端點支承	已考慮	已考慮
樁 帽	斜樁	於水平力作用方向上	任意方向
	自由站立段	假設置於極軟弱土層內	以地表上懸臂樁方式處理
	樁帽固定性	可指定無轉動發生	可自由轉動
	樁之固定性	(1)固定頂部 (2)僅插入樁帽內	(1)固定頂部 (2)固定於樁帽內
載重情形	樁帽與土體之接觸	可考慮	無接觸
	垂直荷重	已考慮	已考慮
	水平荷重	單方向	分成二相互正交方向
	扭轉力	未考慮	已考慮
	指定之位移	已考慮	未考慮

(取自 Poulos & Randolph, 1983)

直，側向及扭轉荷重時之反應，並以適當之修正值涵蓋樁與樁間相互作用之影響。

表 8.2 綜合說明此二程式之基本考慮，讀者可大致明瞭其特點，無論利用 DEFPIG 或 PIGLET 程式，所求得之羣樁沉陷，變形比例以及其因應斜樁角度之變化值等大致相近，僅樁體某些部份中，以 PIGLET 程式求得之荷重及力矩值較 DEFPIG 略高外，其他如羣樁中之荷重與力矩分佈均類似，根據 Poulos & Randolph (1983) 說明，此二程式求得之結果大致與樁載重試驗相符，同時因為這兩個程式皆可求取單樁在靜荷重下與羣樁沉陷間之

關係值，因此，對現有設計而言，得以利用單樁之載重試驗結果作為設計羣樁之依據，確有其實用價值，惟應進一步說明者，兩程式目前均在發展階段，所依據之載重試驗結果仍屬有限，直接之應用仍宜有適當之試驗結果配合之，有關此二程式之細節讀者若有興趣，請參考下篇論文。

POULOS, H. G. and RANDOLPH, M. F. (1983), "Pile Group Analysis: A Study of Two Methods", *Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE*. Vol. 109, No. 3, March.