

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。

Q27：連續壁採用為地下結構物並承受垂直載重時，其支持力以何種方式計算？應用上有何種限制？（交通部地下鐵路工程處胡海潮先生提出）

A. 連續壁單元採用為永久結構體並作為承受垂直載重之基礎構造時，其應用與大口徑鑽掘式場鑄基樁(Cast-in-Situ Bored Pile)類似，僅因配合施工機械，而在造型上異於傳統鑽掘式基樁之圓柱型，而有長方型、十字型、T型或H型等（圖27-1），基本上均係配合上部結構物型態，以及連續壁施工機械之特性而設計以代替其他傳統形式之大口徑場鑄基樁，以節省工程經費，此類施工法及設計在近年來於世界各國均有逐步廣被採用之趨勢。在台灣地區可考證之工地中，已知有台北市國泰人壽大樓新建工程中，曾使用如圖27-2斷面之基樁，且曾經載重試驗鑑定其可靠性。

當連續壁以上述之型態被用以傳遞上部結構之垂直載重時，其經由壁體傳遞至基礎土壤之過程一如基樁，荷重係由壁面摩擦力(Side Friction)及底面支承力(Base Bearing)所支持，於考慮荷重之傳遞過程時，通常需考慮下列因素：

1. 連續壁各單元之形狀與尺寸。
2. 支持土層之強度。
3. 土層與連續壁單元之接觸狀況。
4. 連續壁受力後之變形及沉陷發生程度。

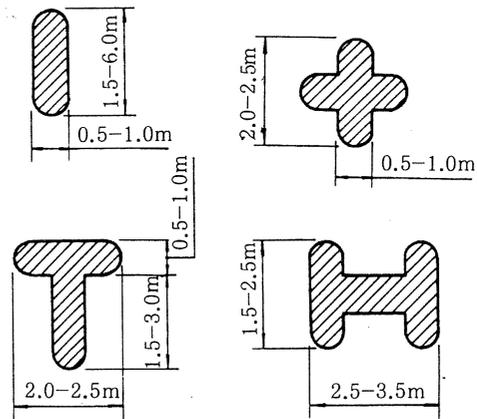


圖27-1 連續壁基樁形式

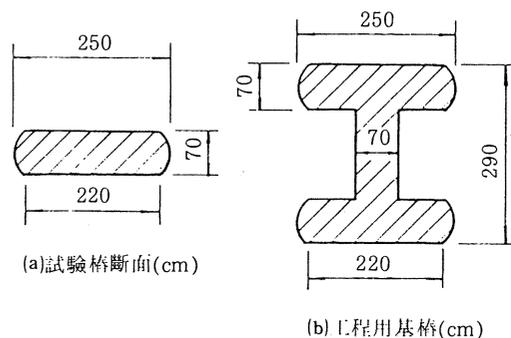


圖27-2 國泰人壽大樓基樁斷面

(取自郭哲明等，1985)

* 亞新工程顧問公司副總經理

連續壁單元之形狀與尺寸直接影響壁面之摩擦抗力發生範圍，如圖27-3之H型單元，其破壞面對(a)狀況之小H而言因土壤之拱形效應(Arching)，使破壞可能沿虛線而發生，而當H型單元腹部增長時，如圖27-3(b)情況，即長寬比變大時，則拱形效應不明顯，破壞可能沿壁體表面發生，因此二者在摩擦抗力值之考慮並不相同，至於長寬比之變化界面，受土層與壁體材料之相對剛性度(Stiffness)影響，目前並無理論可推求，亦缺乏實際觀測記錄驗證，需依經驗判別之。

理論上，依據荷重之傳遞模式，連續壁單元支持力之來源分別為壁面摩擦力 P_s 及底面支承力 P_b ，因此其估計之極限支承力(Ultimate Capacity) P_u 應為以上二值之和。即

$$P_u = P_s + P_b$$

與基樁支持力計算相類似， P_s 與 P_b 之計算分別為：

$$P_s = A_1 \alpha C_u + A_2 \sigma_v' k \tan \delta$$

$$\text{及 } P_b \cong \sigma_{vb}' N_q$$

上式中 A_1, A_2 = 代表在黏土或砂土層中之基樁表面積

C_u = 黏土之不排水剪力強度

σ_v' = 砂土層之平均有效覆土壓力

σ_{vb}' = 樁端點之有效覆土壓力

α = 折減係數

k = 有效水平應力與垂直應力之比值，亦可視為折減係數

δ = 連續壁體與土層接觸面之極限摩擦角

N_q = 基礎支承力因數(Bearing Capacity Factor)

由上式可知壁面摩擦力大小主要視土壤之強度，壁體與四周土壤接觸狀況，土層擾動情形，以及四周土層對壁體之有效圍壓(Effective Confining Pressure)而異，對黏土地層而言，其摩擦抗力主要為黏土對壁面之附著力(Adhesion)，通常依黏土之不排水剪力強度(Undrained Shearing Strength)乘以一折減係數(Reduction Factor) α 後推求之，折減係數一般建議採0.45，於砂土地層，則依土層之有效覆土壓力(Effective Overburden Pressure) σ_v' 及土壤與壁面間之摩擦角及折減係數

綜合求得。事實上於估計表面摩擦抗力時，最主要影響在壁體挖掘過程中壁面粗糙程度，以及皂土液(Bentonite Slurry)形成之濾糕(Filter Cake)厚度，根據Farmer於試驗室之研究，認為皂土膜的存在對表面摩擦力之影響極微，大致均在10%以內，而在工地的測定，一如Reese所研究的結果均發現皂土糕雖存在，仍可保有相當的表面摩擦力，此種情形在鑽掘樁試驗即可發現，Sliwinski及Fleming(1974)的載重試驗即可顯見(圖27.4)，當然事實上表面摩擦力的主要來源仍在於鑽掘過程中壁面之粗糙度，Chadeisson曾比較鑽掘樁使用皂土穩定孔壁與使用套管二者之受力與沉陷形為，發現使用皂土穩定液者較佳，其主因可能在壁面之粗糙度，使用皂土者較高之故，亦可為一參考。

至於底面支持力 P_b ，除利用上述公式外，亦可利用傳統之基樁半徑驗公式推求，Meyerhof公式仍被廣泛應用。實際應用中影響連續壁底面支持力最大者，仍在於灌鑄過程中於壁體底部之泥土沉澱量，若灌鑄混凝土過程，未

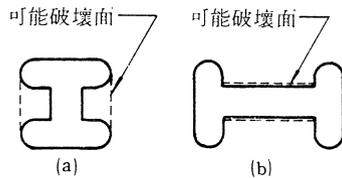


圖27-3 可能破壞面

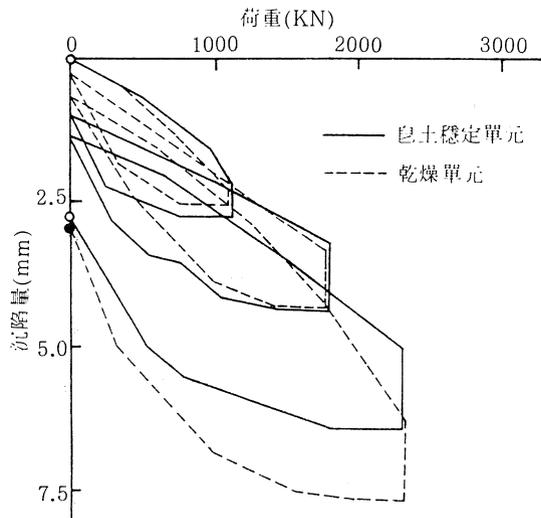


圖27-4 鑽掘樁載重試驗

(取自Sliwinski & Fleming, 1974)

適當清潔槽溝底部累積之沉泥，即便壁體鑽掘入堅實承載層適當深度，仍將導致支持力喪失，並使結構體產生大量沉陷，此情況在大單元之連續壁體，以底面支承力為主要支承來源者更為重要，不得不慎而為之。如圖27-5及表27-1所示，於鑽孔過程中，穩定液內含砂量隨深度之變化而增加，並且易於短時間內產生大量沉澱，因此當連續壁採用為承重構造物時，應特別注意灌鑄混凝土前之槽底清潔工作，此外因連續壁通常單元較大，底面之涵蓋範圍較廣，應特別注意底面支承層之表面平整度，施工必需使壁體底部確實貫入支持層中，以避免受力不均之狀況。

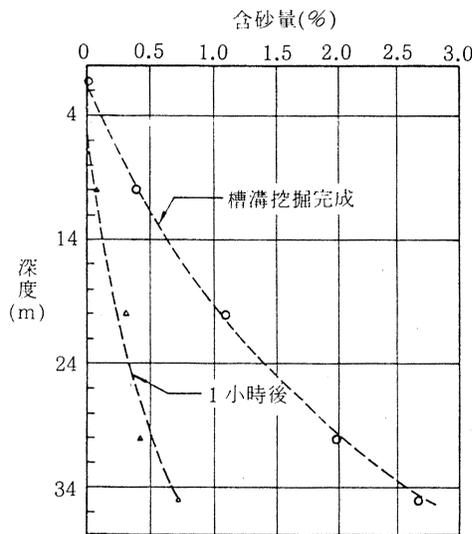


圖27-5 槽溝內穩定液含砂量變化 (取自OU, 1985)

表27-1 槽溝中穩定液變化 (取自OU, 1985)

樣品深度 (m)	比重 (g/ml)	黏滯液 (秒)	PH	含砂量 (%)
	1.025	20.84	9.45	0
-10	1.04	21.29	9.50	0.4
-20	1.052	21.38	9.55	1.5
-30	1.057	20.84	9.55	2.0

Q28：基樁打設後因上浮影響 (Heave)，對其支承力之影響如何？有無安全上浮量規定？施工中應如何減少上浮量？ (台北三井公司黃福晉先生提出)

A. 基樁裝設後造成上浮主要之原因有二，一為鄰近基樁打設之擠壓而致已完成基樁之上浮，另為由於基礎面開挖，地層隆起而引起之

基樁上浮，前者於基樁工程進行中持續發生，必需隨時檢測，發現隆起必需重新打擊基樁至原來深度，通常規定檢測發現隆起達0.5公分時，必需重新打擊，此類隆起對基樁之支承力有絕對之損害，必需嚴加控制，至於因開挖之隆起，其現象較複雜，讀者所諮詢者應為開挖隆起現象對基樁支持力之影響。

如圖28-1所示，基樁完成後，於基礎開挖期間，土層中之有效覆土壓力減少，將產生彈性隆起與塑性隆起，此二者均將造成土層與基樁間之相對移動，於基樁樁頂至深度 d_1 間產生向上拉拔摩擦力，同時基樁下半部自深度 d_2 至樁端點則為平衡隆起應力，相對應產生向下摩擦力，其值大致可以下式表示：

$$T = \Delta \sigma_{ex} \cdot A = \int_0^{d_1} S_{uz} dz$$

上式中 T = 樁身因開挖隆起而生之總張力

$\Delta \sigma_{ex}$ = 開挖減少之覆土應力

A = 各基樁承擔開挖覆土應力減少值之有效範圍

S_{uz} = 代表各深度 z 處之土層與樁面之有效摩擦抗力

此隆起而生之向上抗力，由下部之阻力平衡之，即

$$\int_0^{d_1} S_{uz} dz = \int_{d_2}^H S_{uz} dz$$

圖28-1(c)所示為樁身之抗力產生情況，於設計中應注意其是否能夠為基樁所承受，否則樁身將生斷裂，對於短樁則應注意由基樁之下半部之阻抗力是否足以平衡因隆起而生之總抗力，否則將使樁底與支承面脫離，使樁端點之支承力完全喪失。開挖之隆起對於基樁支承力之直接影響在於端點支承力的降低，端點支承力 Q_b 主要受有效覆土壓 σ_v' 之控制如下式所示：

$$Q_b = \sigma_v N_q$$

N_q 為基礎支持力因數 (Bearing Capacity Factor)，於隆起之情況 (圖28-1(b))，有效覆土壓力自原始之 σ_{0H}' 減低至 σ_{1H}' ，則端點支持力也同時降低，其減少值為：

$$\Delta Q_b = (\sigma_{0H}' - \sigma_{1H}') N_q$$

但通常對大口徑場鑄樁之情形，當基樁再度受壓時，如圖28-2所示，於 P_a 作用情況下，整體基樁重新受全面正表面摩擦阻力 (Posi-

tive Skin Friction) 作用，端點之有效覆土壓力仍然會增加，因而其影響仍屬有限，所需檢核者應在基樁本身之抗拔情況，以及其受力之彈性變形值。事實上對開挖工程而言，預先打設基樁，因其摩擦阻力之影響，可以直接降低

其底部因開挖之有效應力減少值，得以幫助減少土層之隆起，對開挖工程有益，至於開挖過程若認為土層隆起量影響工程安全，可以減少開挖寬度，採取分區開挖法足以有效減少隆起量，即可減少基樁上浮之可能性。

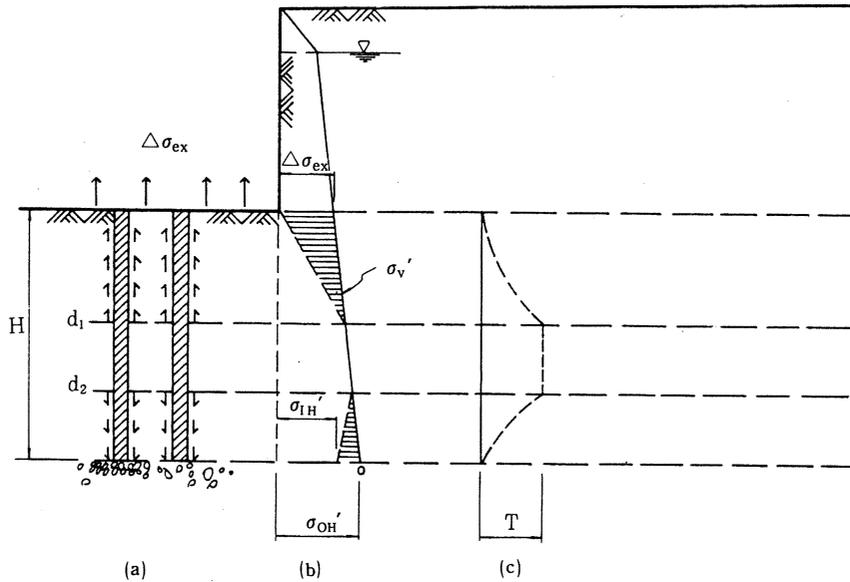


圖28-1 開挖時應力分佈狀況

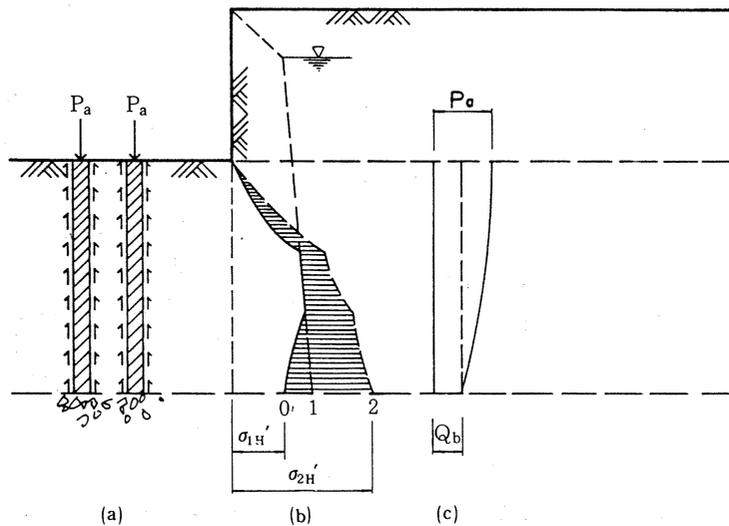


圖28-2 荷重施加後應力變化