

栓塞效應 (Plug Effect)

吳偉康*

開口式鋼管樁或 H 型鋼樁以打擊方式貫入地層時，土壤會逐漸擠入鋼管樁內部或 H 型鋼樁翼緣鋸間，並發揮土壤與樁體內緣摩擦阻力。此內緣摩擦阻力隨著打樁過程擠入土壤增多而漸增，當內緣摩擦阻力大於樁底土壤之全斷面承載力時，樁底土壤即無法再擠入樁體內部，此時，基樁底部是由全斷面積發揮承載力而非淨斷面積發揮承載力，此種效應即稱為栓塞效應 (Plug Effect)。估算開口式鋼管樁或 H 型鋼樁之承載力時，可適度考慮栓塞效應，以免低估基樁之承載力。

栓塞效應之形成機制隨土壤種類及樁之斷面而異，說明如下：

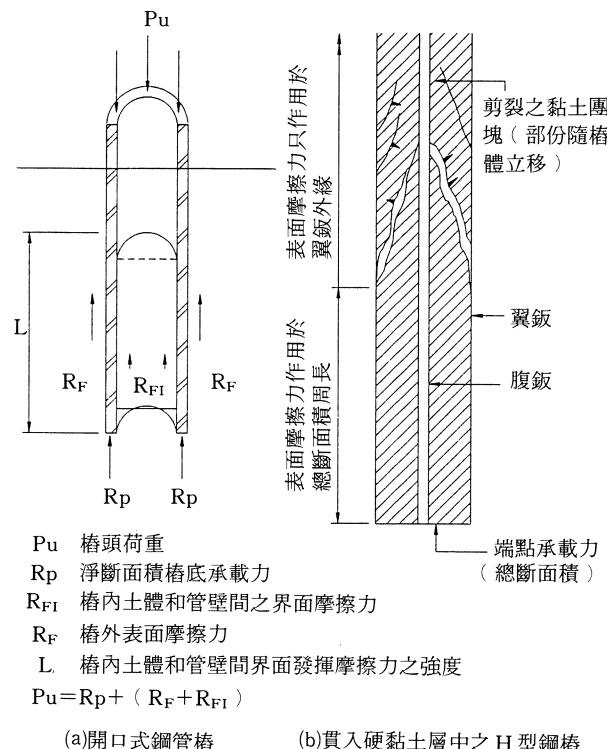
(1) 黏性土壤

a. 開口式鋼管樁

鋼管樁的承載機制如圖一(a)所示，基樁承載力除由樁身黏著力及作用於壁厚之樁底承載力提供外，擠入樁內的土壤亦提供其承載效應，惟當進入鋼管樁內之土壤與鋼管樁間之黏著力大於樁底之承載力時，栓塞效應將完全發揮，樁內土壤與樁結合成一體共同承力，故基樁承載力將由樁底之全斷面積承載力與樁身外部之黏著力提供。開口式鋼管樁承載力可依下式推估之：

(i) 貫入深度未足以完全發揮形成栓塞效應時，即 $L < L_p$

$$P_u = R_p + (R_F + R_{FI})$$



圖一 低位移樁樁底土壤栓塞之形成機制

(ii) 貫入深度足以形成栓塞效應時，即

$$L = L_p$$

$$P_u = 9C_b A'_b + R_f$$

式中 L_p ：栓塞長度，理論上可依下式估
算之

$$L_p = 9c_b \cdot A'_b / \alpha c_u C_d$$

式中 c_b ：栓塞效應開始發揮時之樁底黏
土不排水剪力強度

\bar{c}_u : 桩塞效應段管內土壤的平均不排水剪力強度

A'_b : 桩之橫斷面積（全斷面積）

c_d : 桩之內徑周長

α : 附著係數

b. H型鋼樁

栓塞效應在H型鋼樁中之機制尚未十分確定，圖一(b)所示為貫入硬粘土層內之H型鋼與擠入翼緣鋸間黏土之接觸情形，在整個栓塞長度內大致可分層兩區段，上區段土壤由於拖曳作用形成許多剪裂縫，而在H型鋼之翼、腹鋸接觸面間存有孔隙，下區段則可發揮完整的栓塞效應，故Tomlinson(1977)建議評估硬黏土中H型鋼樁之承載力時應考慮翼緣之摩擦力及全斷面之樁底承載力。

(2) 砂性土壤

砂性土壤中之栓塞效應受到土壤與管壁間之摩擦力，砂土液化潛能及拱效應等因素影響，不易評估。Tomlinson(1977)則建議樁底承載力仍應考慮採用樁身之淨斷面積，但是樁身摩擦阻力則可另外考慮管樁內部或H型鋼樁翼緣間之摩擦阻力。即

$$P_u = R_p + (R_f + R_{fi})$$

由前述栓塞效應之形成機制，可瞭解其影響因素有：

(1) 打樁方法

以敲擊方式打設之基樁，樁底土壤於瞬間大量擠入，故較以震動方式打設之基樁更容易發揮栓塞效應。

(2) 地層條件

砂土地層易受外力作用而受到擾動，如液化、拱效應等均影響栓塞效應的形成，故黏性土層較易發生栓塞效應。

(3) 打樁深度

貫入深度愈深則擠入管內之土壤愈多，栓塞效應亦愈容易發揮。

(4) 樁身斷面

鋼管樁壁厚與管徑之比值或H型鋼樁之翼鋸厚與翼高之比值愈大，則栓塞效應愈易形成，管壁過薄則由於管內土壤擠壓所產生的壓力易造成樁材之膨脹變形而降低其栓塞效應。此外，鋼管樁管徑大小也是影響栓塞效應形成難易的主要因素之一，管徑愈大栓塞效應愈不易發揮。

(5) 樁底端加勁隔鋸

依山原浩（日本鋼管杭協會，1963）之研究顯示開口式鋼管樁底部焊接加勁鋸時，有利樁體之貫入，可提昇栓塞效果。

由於鋼管樁在日本使用頻繁，因此對栓塞效應的相關研究頗多，因而發展出許多評估栓塞效應的半經驗方法，有興趣的讀者可參閱參考文獻。

參考文獻

Tomlinson, M.J. (1977) "Pile Design and Construction Practice".

日本鋼管杭協會 (1963), “鋼管杭—その設計と施工—”。

日本建築學會 (1988), “建築基礎構造設計指針”。