

名詞解說專欄

低壓灌漿 (Low-Pressure Grouting)

楊品錚 潘毅鴻 *

低壓灌漿一詞似無明確之定義，因為灌漿諸方法中只有高壓噴射灌漿定義明確，而若將高壓噴射灌漿以外之灌漿方式統稱為低壓灌漿又失之偏頗，因此首先應瞭解各種灌漿方式。

灌漿通常係將液體狀材料加壓，藉由鑽孔注入地層空隙或地層和鄰近構造物之間的空間。其主要目的是為了強化、壓密土壤及降低土壤或岩層的滲透性；有時只是填滿地層之間或地層和構造物之間的空隙，以避免其間應力之傳遞。

依據灌漿材料注入土壤或岩層方式之不同，灌漿方式可分為：

(1) 滲透灌漿

在不擾動地層構造的情況下，將漿液低壓注入土壤孔隙或岩層裂隙中，以置換土壤顆粒或岩層裂隙中的地下水。

(2) 劈裂灌漿

以較高的壓力將漿液半強制性地注入地層中，通常會導致土壤構造的移位變形，或在破碎岩層中劈開其裂隙而擴散到相當大的範圍。應用實例如：覆蓋壓力足夠的情況下，以馬歇管(Tube-A-Manchette)灌漿工法將漿液加壓至 80kg/cm^2 注入粘性地層中，使漿液達到較佳的脈狀分佈效果而改良其強度；以計算的灌漿壓力將漿液預先注入岩層裂隙中，必要時，甚至以 600kg/cm^2 以上的灌漿壓力加大岩層裂隙，使漿液擴散到設計的灌漿範圍，俾能在礦井或長隧道的通風豎井開挖中形成足夠厚度的止水帷幕。

(3) 擠壓灌漿

將十分濃稠的砂漿或瞬結型漿液加壓注入鬆散的土壤中，形成球狀灌漿體以壓密周圍的土壤而不滲入其孔隙中。此種灌漿方式應用於建築物基礎版下方地層，可藉壓密地層造成地表隆起而扶正建築物。

(4) 填充灌漿

通常以低壓力將漿液填滿地層之間或地層和構造物之間的空隙，例如：在土壤冰凍區域外圍鑽孔填充皂土漿，以防止凍脹壓力之傳遞；隧道混凝土襯砌和地層之間的灌漿亦屬填充灌漿。

(5) 高壓噴射灌漿

水泥漿液加壓經噴嘴而形成水平高壓噴射柱，對土壤進行切割攪拌或置換，由鑽桿旋轉、提昇之作用而使土壤改良形成樁體，具有提高土壤強度及降低滲透性之效果。

(6) 電導化學灌漿

在軟弱地層中鑽孔並插入鋼管，然後施予正和負的電極，並在正極連接灌漿幫浦，負極連接抽水幫浦。剛開始作用時，正極土壤中帶正電的水游向負極，藉著抽水幫浦排出管外，接著自正極注入的灌漿材料中帶正電的離子如 Na^+ 等會游向負極的土壤中，而灌漿材料中帶負電的離子如 Cl^- 等，則和正極的鋼管起化學反應成 FeCl_2 ，再與水起作用生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 滲入正極土壤中。為了加強改良效果，有時也將正負極交換，使兩極都起排水和灌漿強化的作用。

上述各種灌漿方式中，電導化學灌漿為特殊的低壓灌漿方式，應用案例不多而較適用於粘性地層。一般的低壓灌漿應包括滲透灌漿、擠壓灌漿及填充灌漿。

低壓灌漿針對各種不同地層之應用而有上述填充、滲透、壓密的方式及作用，主要目的就是要強化地層並降低滲透性。因此，依灌漿材料不同，主要有水泥漿、皂土漿及化學藥液等三大系列灌漿材料，水泥漿系具永久性、強度高但顆粒較大，滲透效果可達粗砂地層，適用於填充灌漿及擠壓灌漿；皂土漿系具永久性、彈塑性，顆粒較小，滲透效果可達中、細砂地層，常和水泥漿混合應用於填充灌漿及滲透灌漿；化學藥液強度較差、顆粒最小，滲透效果可達沉泥地層，適

用於臨時性的止水滲透灌漿。此三大系列灌漿材料又可相互搭配，靈活運用於實際灌漿作業中，例如：馬歇管灌漿工法一次注入為水泥皂土漿，二次注入為化學藥液，兼具強度、永久性及止水性，為最完善的土壤低壓灌漿工法。

依灌漿管路之不同，低壓灌漿分為單管灌漿工法、二重管灌漿工法及馬歇管灌漿工法。單管灌漿僅允許二種不同灌漿材料在拌漿桶混合的1徑方式，及在孔口混合的1.5徑方式，因此，漿液混合後的凝結時間不可太短以避堵塞灌漿管路。二重管灌漿則有1徑方式、1.5徑方式及在孔底混合的2徑方式，2徑方式允許漿液混合後立即凝結，因此可以瞬結型漿液實施擠壓灌漿；若以2徑方式配合1徑方式或1.5徑方式，則可實施二重管複合灌漿。馬歇管灌漿是在事先裝設完成且已封填外皮漿之PVC管中，以一膨脹雙止漿塞(double packer)、一通行灌漿液之二重管路，逐階將水泥皂土漿及緩結化學藥液，經PVC管上之灌漿逆止閥注入地層中。

欲達到良好的灌漿效果，必須使漿液儘量注入改良區段內而不自灌漿孔逸出地面，此時便倚賴止漿塞(packer)鎖固於改良區段上方而發揮其作用。馬歇管灌漿工法和岩層灌漿都有足夠強度之管壁或孔壁可鎖固止漿塞而達到良好的灌漿效果。於軟弱地層實施灌漿時，雖無法鎖固止漿塞於孔壁，但可以二重灌漿管注入瞬結型漿液在灌漿管和孔壁之間達到止漿效果，繼而以緩結型漿液實施二次注入，此即二重管複合灌漿工法。

參考文獻

MANFRED R. HAUSMANN (1990), "ENGINEERING PRINCIPLES OF GROUND MODIFICATION".