

Q與A專欄

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。

吳文隆

Q：當土壤之自然含水量大於其液性限度時，所代表之意義為何？是否有液化疑慮？（弘運工程顧問公司陳明瑞先生提供）

A：土壤內若含有較多比表面積（Specific Surface Area）大之粘土礦物或有機物質時，則由於該粘土礦物具有較高之電化活性（Electro-chemical Activity），對水分子產生相當之親和力（Attraction），易使土壤組構（Skeleton）呈蜂巢狀構造（Flocculated Honeycomb Structure），尤其於土壤沈積形成環境之水溶液中離子濃度高者，更容易形成此類組構之土壤。通常蜂巢狀組構之土壤具有較多孔隙，於飽和狀況時自然含水量特別高，遠較一般顆粒性土壤為大，往往該類土壤之自然含水量多較其液性限度大。

阿太堡限度試驗所求得之土壤液性限度值，係表示土壤之含水量使土壤處於塑性體（Plastic Solid）與粘滯液體（Viscous Liquid）狀態之分界點，亦即液性限度是土壤呈粘滯液體狀態時之含水量下限值。根據 Casagrande（1932）之研究指出，當土壤含水量為液性限度時，其土壤所具之剪力強度約為 $25\text{g}/\text{cm}^2$ 。因此，一般藉

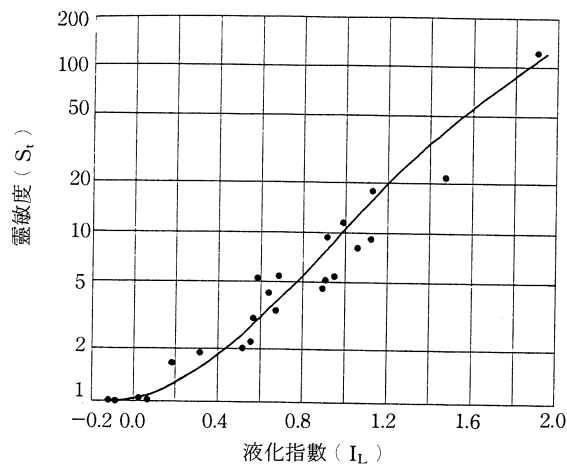
阿太堡試驗儀製作土壤之重模試樣進行試驗，以求取土樣承受擾動剪應力為 $25\text{g}/\text{cm}^2$ 時之含水量，即定義為其液性限度。由於進行液性限度試驗係將土壤之原有組構完全破壞後，求取該重模土樣之指數值，倘土壤之組成成份特殊且其組構原係多孔隙之蜂巢狀構造，則試驗時從事之試樣準備方式、烘乾過程與攪拌程度等因素，皆將影響試驗值之大小。加以進行試驗之土壤重模試樣係遭致嚴重攪拌擾動後之組構狀態，以致其液性限度時所代表之土壤狀態，與原狀土壤所呈現之實際狀態及特性，皆存在極大之差異。

自然含水量大於液性限度之土壤通常多係前節所述呈蜂巢狀組構之粘性土壤或高有機質土壤（有機物含量達25%以上），其未受擾動之原狀土壤與液性限度試驗時之試樣土壤，兩者性質應呈現極顯著之差別。雖原狀土壤之含水量極大，但其土壤組構仍具有相當之強度，並非呈現粘滯液體狀，故若不予以擾動應不致產生液化現象（Liquefaction）。由於此類土壤易受擾動而破壞其組構型態及強度，其自然含水量超出液性限度值愈多，則愈易造成其受擾或重模後呈現液體

狀，造成土壤強度大幅降低，此種強度受擾降低之程度，稱之土壤之靈敏度， S_t (Sensitivity, S_t 值為原狀土壤強度與重模土壤強度之比值)。因此，土壤之液性指數， I_L (Liquidity Index) $I_L = (W_N - P_L) / (LL - PL)$ 與土壤之靈敏度間有極密切之關聯性，依據 Skempton & Northey (1952) 研究結果顯示， I_L 值愈高則土壤之靈敏度愈高，如圖一所示。另外，依據 Seed & Idriss (1982) 指出若黏性土壤之自然含水量大於其液性限度之90%時，則地震引致之震動極易造成該類土壤強度產生大幅降低現象，亦即視其具有液化潛能。因此，上述自然含水量大於液性限度之土壤於地震來襲時，確有發生液化之疑慮，宜妥予分析評估及考量其對工程安全性之影響。(中華顧問工程司吳文隆)

參考文獻

AL-KHAFAJI, A.W., and ANDERSLAND, O.B. (1992) "Geotechnical Engineering & Soil Testing", International Ed., Saunders College Publishing.



圖一 液性指數與靈敏度關係圖 (取自 Skempton & Northey, 1952)

CASAGRANDE, A. (1932) "Research on the Atterberg Limits of Soils.", Public Roads, Vol.13, No.8.

SKEMPTON, A.W., and NORTHEY, R.D. (1952) "The Sensitivity of clays," Geotechnique, Vol.3, No.1, Mar.

SEED, H.B., and DRISS, I.M. (1982) "Ground Motions and Soil Liquefaction During Earthquakes," Earthquake Engineering Research Institute.