

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

液化土壤之細料特性及其對液化強度之影響

Characteristics of Fines in the Liquefied Soils and Their Effects on the Liquefaction Resistance

計畫編號：NSC 90-2211-E-002-093

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：翁作新 國立台灣大學土木工程學系

計畫參與人員：陳界文 孫家雯 國立台灣大學土木工程學系

一、中文摘要

本研究以CKC動力三軸儀，採用南投市貓羅溪岸土壤，藉由控制試體乾密度相同，變化不同之細料含量，進行動力三軸試驗，探討細料含量對於土壤抗液化強度之影響，並且依據員林、草屯地區薄管土樣之試驗結果，探討其所含細料之特性與抗液化強度之關係。

根據貓羅溪岸土壤之試驗結果發現，當試體之乾密度相同時，土壤之抗液化強度隨著細料含量增加，會有先下降後上升之趨勢，細料含量100%之粉土，其抗液化強度比純砂土之抗液化強度約高30%。細粒料在土壤中所扮演的角色，隨著細料含量之不同而改變。當細料含量較少時，土壤本身是以砂土為主體，其抗液化強度是由粗顆粒之砂土所控制，細料只是扮演著填充空隙之角色。當細料含量較多時，土壤本身則以細粒料為主體，其抗液化強度是由細粒料所控制。

試驗結果亦發現，土壤之抗液化強度與試體相對密度具有線性關係，當試體相對密度愈大，土壤之抗液化強度亦愈高。因此，用試體之相對密度來評估高細料含量土壤之抗液化強度，是一可行的方式。

關鍵詞：砂土液化、細料、動力三軸試驗

Abstract

The specimens of nonplastic sand with high fines content in Maoluo River area of Nantou City were prepared by moist tamping to a same dry density for sands with different fines content. Triaxial liquefaction tests were

performed with CKC cyclic triaxial test apparatus. The purpose of this research is to investigate the effect of fines content on the liquefaction strength of soils. The test results of soils from Yuanlin and Tsaotun areas were also evaluated for the understanding of the relationship between fines characteristics and liquefaction strength.

The test results show that liquefaction strength of soils at Maoluo River bank decrease as the silt content increases until a minimum liquefaction resistance is reached at silt content of 20%. As the silt content increases above 20%, the liquefaction resistance increases. The liquefaction strength of silt contain 100% fines is 30% greater than that of sand which contains 0% fines. As silt content is low, the soil can be described mainly as a sand with silt filling in the void and liquefaction strength is controlled by the coarse grain. As silt content is high, the soil can be described as sand particles within a fines matrix and liquefaction strength is controlled by the fine grain.

The test results also show that there is a strong relationship between liquefaction strength and relative density of the whole soil including sand and silt. Liquefaction strength increases as relative density increases. Therefore, it is feasible to evaluate the liquefaction strength of soil containing high fines content according to its relative density.

Keywords: Sand Liquefaction, Fines, Dynamic Triaxial Test

二、緣由與目的

1999年9月21日集集大地震，其地震規模(M_L)高達7.3，為台灣地區百年災害最大的地震。此次地震在中部之震度甚大，引起重大的損失。同時也在許多地區發生數十年罕見的廣泛土壤液化現象，造成嚴重災害。其中液化災害以彰化縣員林鎮、台中縣霧峰鄉及南投縣市最為嚴重，引起甚多建物及設施之毀損[1]。因此國科會曾委託亞新工程顧問公司在此地區進行鑽孔與現地試驗及量測，以了解這些液化地區土層分佈狀況與特性以及其液化潛能[2]。依據現場調查及鑽探所得土樣分析，發現集集地震中甚多液化土壤之細粒料含量相當高[3]，因此有必要對高細料含量砂土之液化進行研究探討。

本研究利用貓羅溪岸之土壤，以試體重模方式，藉由控制試體乾密度，改變細粒料之含量，求得不同試體之液化強度，以瞭解細粒料含量對土壤抗液化強度之影響。並且探討含細粒料的土壤相對密度的定義，以及相對密度與抗液化強度之間關係。

三、試驗土樣與內容

土樣主要取自於南投市貓羅溪岸邊，取樣深度距離地表面約1.5公尺，現地平均含水量為18.3%，乾密度為 1400 kg/m^3 由於現地乾密度值略低，可判斷現地土壤應處於較疏鬆之狀態。現地土樣取回實驗室後，先進行粒徑分析，並將土樣以200號篩為界，經過濕篩、烘乾以及過篩後分為粗粒料與細粒料二部份。其他尚有在員林鎮、大村鄉、社頭鄉、草屯鎮及霧峰鄉之液化地區現地鑽探中取得部份薄管試樣。

將取自於貓羅溪地區的土壤，以200號篩為界分成粗粒料與細粒料兩部份，然後控制其試體乾密度，變化不同的細粒料含量，總共包含0%、20%、48%、65%、100%五種比例，求取其液化強度，藉此探討細粒料含量對液化潛能的影響，以及細粒料在試體中所扮演的角色，除此之外，並探討相對密度對高含量細粒料土壤在液

化研究方面的適用性，亦期望找出一套較適合而且簡單的方法，來決定高含量細粒料土壤之相對密度。詳細試驗儀器與方法，見[4]。

四、試驗結果與討論

貓羅溪岸土壤之粗粒料依統一土壤分類法屬於SP，土壤比重 $G_s=2.668$ ，平均粒徑 $D_{50}=0.15 \text{ mm}$ ，而細粒料則屬於ML，塑性指數 $PI=8$ ，土壤比重 $G_s=2.688$ ，平均粒徑 $D_{50}=0.022 \text{ mm}$ 。粗粒料之礦物成份，以石英居多，佔68%，岩屑次之，佔27%，岩屑中大部份是細粒砂岩與中粒砂岩，少部分是頁岩與變質岩，而細粒料之礦物組成，亦以石英居多，佔76%，高嶺土次之，佔11%，以及少量其他黏土礦物等。

(一) 細粒料含量對土壤抗液化強度之影響

本研究中首先以試體乾密度作為試驗時之控制參數。試體壓密後乾密度為 1400 kg/m^3 ，試體之初始有效圍壓為 78 kPa 。根據試驗結果得知，細料含量20%之土壤，其抗液化強度最低，當試體細料含量超過20%後，抗液化強度會隨著細料含量增加而增加，如圖1所示。

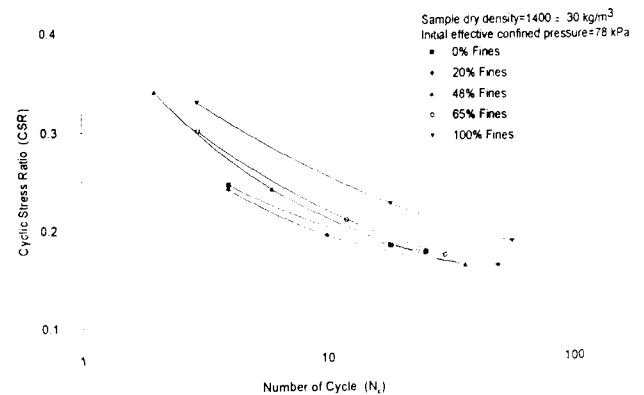


圖1 不同細料含量貓羅溪土壤之反覆應力比與反覆作用次數之關係

由圖2可看出反覆作用次數15次時，所對應之土壤液化阻抗比，隨著細料含量增加，有先降低後上升之趨勢，細料含量100%之低塑性粉土，其抗液化強度比純砂之抗液化強度約高30%左右。

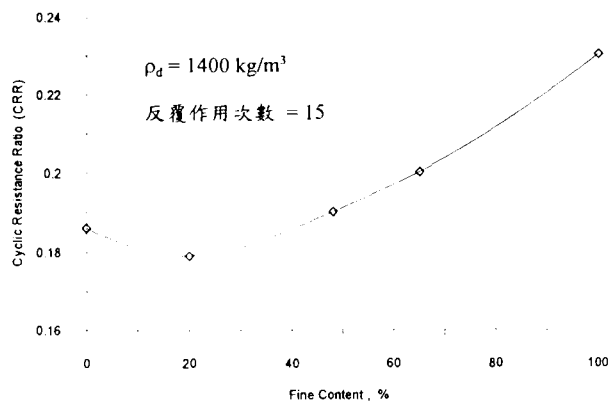


圖 2 細料含量與土壤之抗液化強度之關係

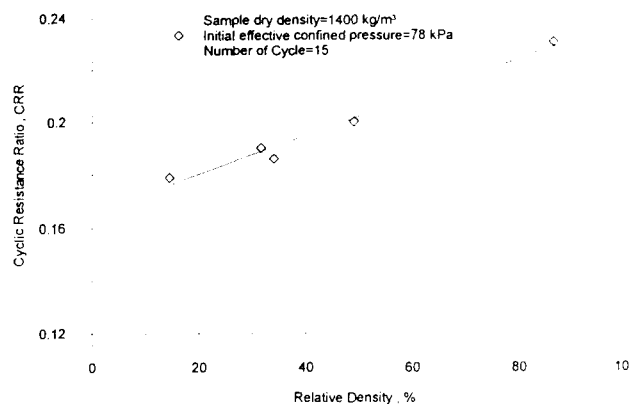


圖 4 相對密度與反覆作用次數為 15 次時之反覆阻抗比之關係

(二) 相對密度與抗液化強度之關係

依據 ASTM D4253-93-2A (濕法) 及 ASTM4254-91 法, 求得不同細料含量時, 土壤之最大、最小空隙比, 結果如圖 3 所示。由此可計算不同細料含量砂土之相對密度。

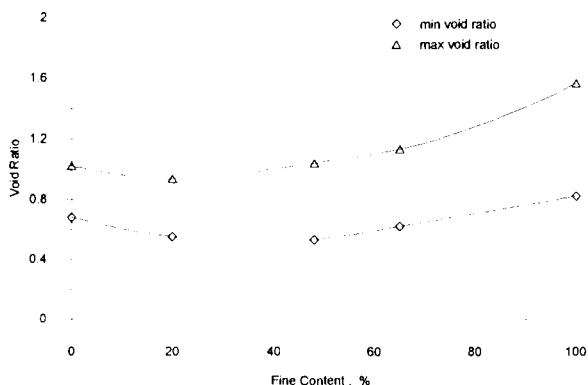


圖 3 不同細料含量貓羅溪岸土壤之最大、最小乾密度

由圖 1 取反覆作用次數等於 15 次時所對應之反覆阻抗比, 與其試體相對密度之關係, 繪於圖 4。由圖中可看出, 無論試體之細料含量為何, 其反覆阻抗比與試體相對密度有良好之線性關係。

(三) 員林、草屯地區細粒料特性與抗液化強度之關係

由員林、草屯地區薄管土樣之試驗結果發現, 當試體細料含量愈多, 其抗液化能力愈強, 此與重模試體之試驗結果相似。另外亦發現, 細料塑性程度愈高, 土壤之抗液化強度亦愈高。

五、結論與自評

(一) 細粒料在土壤所扮演的角色, 隨著細粒料含量的不同而改變。當細料含量較少時, 土壤本身是以砂土為主體, 其抗液化強度是由粗顆粒之砂土所控制, 細料只是扮演著填充空隙之角色, 此時土壤若受到反覆應力作用, 則其破壞型式較接近於一般純淨砂土液化。土壤抗液化強度與砂結構空隙比有較一致的關係, 抗液化強度隨著砂結構空隙比變大而下降。

(二) 當細料含量較多時, 土壤本身則以細粒料為主體, 其抗液化強度是由細粒料所控制, 此時土壤之破壞型式較接近於反覆流動變形。土壤抗液化強度則與細粒料空隙比有較一致的關係, 抗液化強度隨著細粒料空隙比變小而上升。

(三) 若控制試體乾密度相同, 初始有效圍壓值相同時, 土壤之抗液化強度隨著細料含量增加, 會有先下降後上升之趨勢。細料含量 100% 之粉土, 其抗液化強度比純砂土之抗液化強度約高 30%。

(四) 由本研究結果得知, 土壤之抗液化強度與試體相對密度具有線性關係, 當試體相對密度愈大, 土壤之抗液化強度亦愈高。在控制相同試體相對密度時, 不論其細料含量多少, 在相同反覆應力作用下, 試體達到液化之反覆作用次數大致相同, 顯示試體相對密度相同時, 其抗液化強度約相同。因此, 用試體之相對密度來考量高細料含量土壤之抗液化強度, 是一可行

的方式，可應用於砂土液化潛能之評估。

(五) 本研究初步驗證集集地震液化地區高細料含量土壤液化特性以及細料含量與特性對液化強度的影響。進一步不同細料的特性與其變化對液化的影響及研究結果之應用於液化潛能評估準則，將於後續研究中進行探討。

六、參考文獻

- [1] 國家地震工程研究中心，九二一集集大地震全面勘災報告—大地工程震災調查，NCREE-99-053，民國八十八年十一月。
- [2] 亞新工程顧問公司（2000），土壤液化評估與處理對策研擬，第一期計畫，(彰化縣員林鎮、大村鄉及社頭鄉)，國家地震研究中心，民國八十九年四月。
- [3] 翁作新、褚炳麟、林炳森，「員林、霧峰及南投地區土壤液化特性」，*地工技術*，第八十一期，pp.48~56，民國八十九年十月。
- [4] 陳界文，*細粒料特性對土壤抗液化強度之影響*，國立台灣大學土木工程學研究所，碩士論文，民國九十一年六月。