

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

地工合成物加勁砂石樁之載重-沉陷關係

Load-Settlement Behavior of Geosynthetic-Reinforced Granular Column

計畫編號：NSC 88-2218-E-032-011

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：吳朝賢 淡江大學土木工程系

一、中文摘要

本文利用砂石樁材料之應力-應變及組成關係，配合外圍土壤之孔穴擴張理論，藉由力平衡與變形連續之條件方程式，推求得砂石樁之載重-沉陷關係。將地工合成材料在砂石樁內部採水平鋪設、以及包裹於砂石樁外之加勁方式，推算加勁砂石樁之載重-沉陷關係。

研究結果顯示：(1). 藉由本文理論承載模式分析，所得之完整載重-沉陷關係，可清楚了解沉陷隨載重之變化行為。(2). 藉由本文模擬之水平加勁三軸試驗，與模擬現地水平鋪設砂石樁相較，可得知現地情況與三軸加勁試驗間之差異。(3). 在外加勁模式下，拉力強度、砂石樁斷面尺寸對軸向應力之影響，在軸向應變較大時才比較明顯；而增加彈性模數，在微小軸向應變處即可獲得明顯之加勁效果；因此在應用之考量上，應首推加勁材料之彈性模數，其次為砂石樁斷面尺寸，最後為加勁材料之拉力強度。

關鍵詞：砂樁、加勁、地工合成物、孔穴擴張

Abstract

Granular columns have been used to stabilize soft clay for lane reclamation. The use of geosynthetics as reinforcement to increase the bearing capacity of granular columns through horizontal placement or external encapsulation is reported in many reports. This paper presents a theoretical analysis to investigate the axial stress-axial strain relationship of reinforced granular columns.

Shear stress-strain curves of granular materials are normalized to account for the effect of volume change, while radial strain of soft soil is modeled by expansion of cylindrical cavity. Parametric studies over the influence factor of reinforcement stiffness, reinforcement strength, granular column radius and reinforcement layers form the primary parts of the study.

Keywords: Granular Column, Reinforced, Geosynthetics, Cavity Expansion

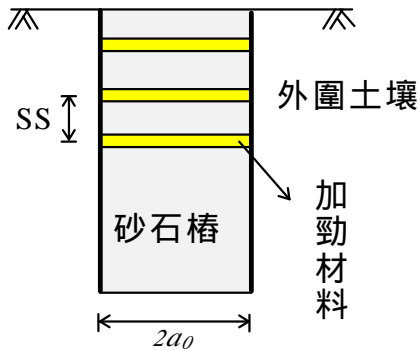
二、緣由與目的

在基礎設計中，土壤改良為增加軟弱土壤承载力，及減低基礎沉陷的常用工法，其中砂石樁工法為土壤改良工法的一種。對於腹地廣大之基地改良設計，使用砂石樁配合預壓法改良基地土壤之工程性質，常可達到良好的效果。

除了土壤承载力外，沉陷量亦為基礎設計所考量的重要因子，所以砂石樁的載重-沉陷關係為本研究之目的。研究中並對以地工合成物採水平鋪設在砂石樁內部、以及包裹在樁外部之加勁行為作理論上的探討。

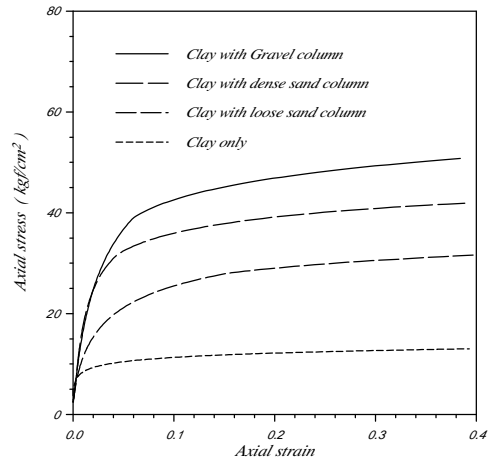
三、結果與討論

假設在如圖一之砂石樁的破壞模式，為側向束制強度不足而產生挫屈破壞。分別考量砂石樁及外圍土壤之應力-變形關係，再配合加勁材的力學性質，以理論模式建立加勁材、砂石樁材及外圍土壤等三種材料之互制行為，最終推導出加勁砂石樁的軸向應力-軸向應變關係。



圖一 加勁砂石樁示意圖

以礫石、緊砂、與鬆砂為砂石樁材料，並以 R1 黏土為外圍土壤材料，取樁半徑為 30cm；與原土層地表附近之軸向應力-應變關係比較如圖二。



圖二 礫石樁、緊砂樁、鬆砂樁及原土層軸向應力-應變關係之比較

表一 材料之模擬參數

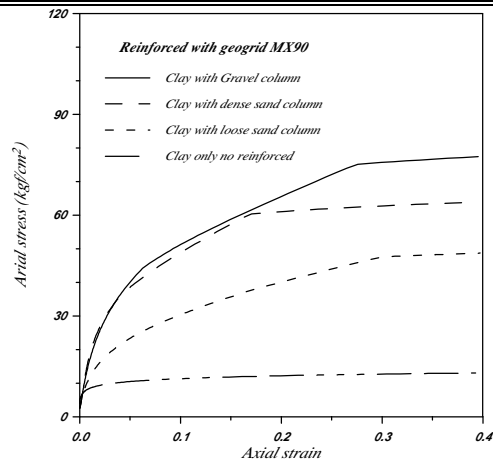
材料種類	R_0	a'	b'		(deg)	c (kgf/cm^2)	R_f	K	n	G (kgf/cm^2)
礫石	1.4	0.0015	0.27	0.4	40.5	0.4	0.82	822.77	0.607	
緊砂	2.5	10.30	1.5	0.85	36.08	0	0.898	256.9	1.44	
鬆砂	1.0	0.00613	0.4335	0.2	30.4	0	0.90	295	0.65	
黏土					0	1.2424	0.966	192.1323	6.3838	755

當軸向應變為 10%時，礫石樁，緊砂樁，及鬆砂樁分別與未處理土層比較，其加勁效果可提昇 276.06%，217.93%，125.10%。由此可知，砂石樁對於原土層之改良效果。

三、一 包裹加勁

圖三顯示，包裹加勁方式在軸向應變為 10%時，加勁礫石、緊砂及鬆砂樁之加勁效果與圖二未加勁之比較，分別提昇 14.52%、23.87%及 14.50%。其加勁效果以對緊砂較佳、其次礫石，最後為鬆砂。

圖四顯示在較小的軸向應變下，以勁度大之加勁材加勁時，砂石樁之軸向承載強度越大；軸向應變較大處之軸向承載強度則無明顯差異，其原因為材料的拉力強度相同時，當加勁材受力達到拉

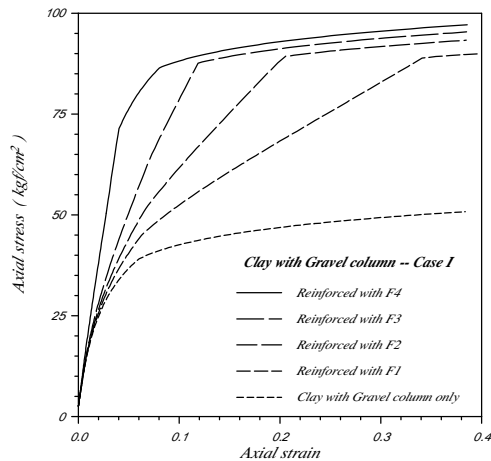


圖三 加勁礫石、緊砂、鬆砂樁及原土層軸向應力-應變關係之比較

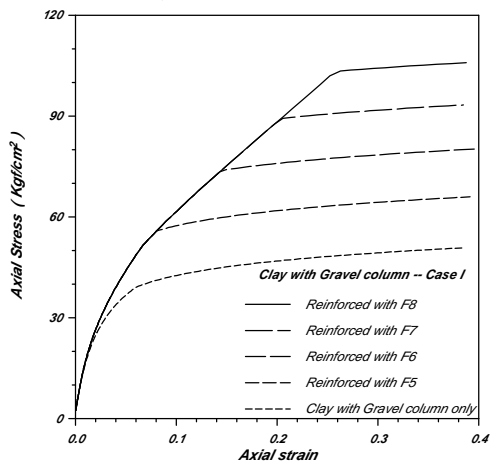
力強度後為塑性行為，故加勁材提供的側向束縛強度將不隨勁度高低而變，因此，加勁樁的軸向承載力將趨於定值。

圖五為加勁材拉力強度對包裹加勁礫石樁軸向應力-應變關係之影響。相同

的加勁材勁度下，於軸向應變較小處，由於加勁材仍未達到拉力強度，其軸向應力-應變關係並不受加勁材拉力強度的影響；加勁材達到拉力強度以後，於軸向應變較大處，其軸向承載強度則隨著拉力強度的增加而增加。



圖四 加勁材勁度對礫石樁之影響

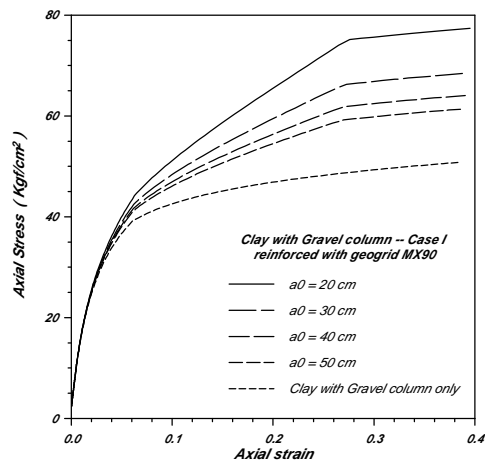


圖五 拉力強度對礫石樁之影響

圖六顯示當軸向應變固定時，加勁礫石樁之起始半徑越大，其軸向承載強度增量則越小；在軸向應變較小時，不同起始半徑的加勁效應差異較大，且其差異值隨軸向應變的增加而增大；在軸向應變較大時其差異，則不再隨軸向應變的增加而有明顯改變。

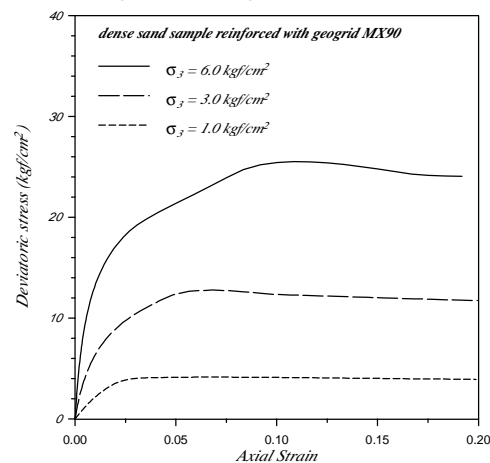
三、二 水平加勁

取地工格網 MX90 為加勁材料，格網與土壤間的摩擦角為 $2/3w$ ，當試體半徑與水平加勁材鋪設的間距皆為 2.5cm



圖六 起始半徑對礫石樁之影響

時，緊砂試體的軸差應力-應變關係之結果如圖七。試體加勁後的極限軸向應力，與未加勁試體比較，分別提昇 33.39%，36.17%，35.92%。

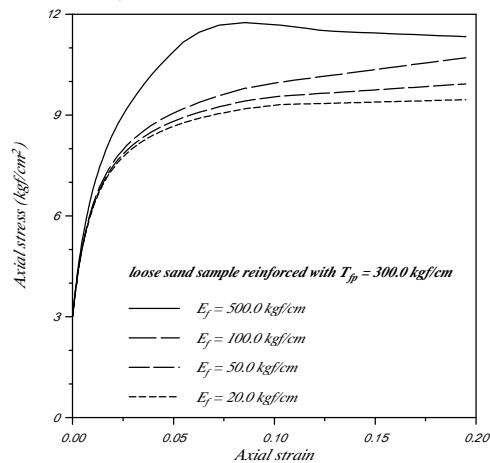


圖七 圍壓對加勁緊砂試體之影響

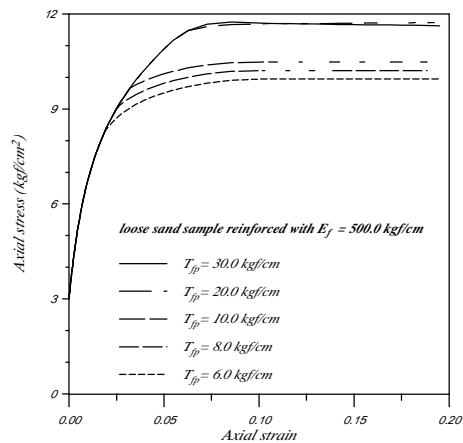
圖八為加勁材勁度對鬆砂試體之影響，加勁材勁度越大則可承受之軸向應力亦越大。彈性模數較高之加勁材，在較大的軸向應變時，加勁材與砂石樁材界面有部分發生滑動。當加勁材之彈性模數較小時，加勁材與土壤間之摩擦力皆大於握裹力，則無論土壤是否已達降伏，隨著加勁材勁度越大，軸向應力增加的趨勢亦越大，如圖中之虛線。

加勁材料彈性模數 E_f 為 500.0 kgf/cm ，模擬試體半徑與水平加勁材鋪設間距皆為 2.5cm 的試體，施加圍壓為 3.0 kgf/cm^2 ，鬆砂試體的平均軸向

應力-應變關係之結果如圖九。圖中曲線前段部分乃加勁材未達塑性狀態，因此不隨拉力強度而改變；但是當加勁材達到塑性狀態後，軸向應力則有逐漸趨近至一定值的趨勢；拉力強度較大的加勁材，軸向應力-應變關係漸漸不受拉力強度影響，趨於相同的曲線。



圖八 加勁材勁度對鬆砂試體之影響

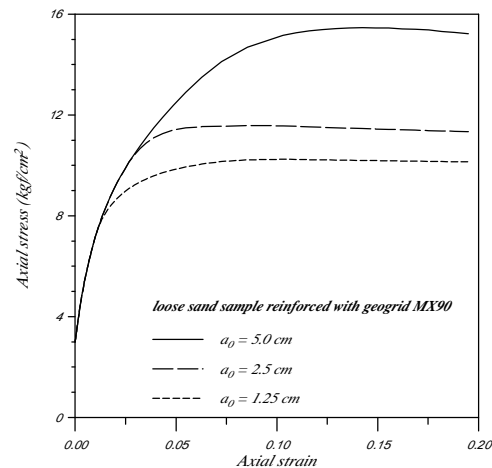


圖九 加勁材拉力強度之影響

試體半徑為 1.25cm 2.5cm 及 5.0cm，水平加勁材鋪設的間距為 2.5cm 時，施加圍壓為 3.0 kgf/cm^2 ，鬆砂試體的平均軸向應力-應變關係之結果如圖十。

加勁材在施加軸差應力的前段部分，受土壤拉伸而握裹，後段則產生滑動摩擦。在握裹機制現象中，軸向應力與軸向應變關係並不隨半徑大小改變；但是滑動摩擦機制則會受試體半徑之影響；當軸向應變相同時，試體半徑越大，

則軸向應力亦越大。



圖十 試體半徑對加勁鬆砂試體之影響

四、自評

本研究內容與原計畫相同。

五、參考文獻

1. Duncan, J. M. and Chang, C. (1970), "Nonlinear Analysis of Stress and Strain in Soils," ASCE, Vol. 96, No. SM5, pp.1629-1653.
2. Gibson, R. E. and Anderson, M. A. (1961), "In-situ Measurement of Soil Properties with the Pressuremeter," Civil Engineering and Public Works Review, Vol. 56, No. 685, pp. 615-618.
3. Madhav, M. R., Alamgir, M. and Miura, N. (1994), "Improving Granular Column Capacity by Geogrid Reinforcement," Proceedings, 5th International Conference on Geotextiles, Geomembranes and Related Products, Singapore, Vol. 1, pp. 351-356.
4. Wong, C. L. Y. (1990), "A Normalizing Relation for Granular Materials," Canadian Geotechnical Journal, Vol. 27, pp. 68-78.
5. Yu, H. S. and Houlsby, G. T. (1991), "Finite Cavity Expansion in Dilatant Soils: Loading Analysis," Geotechnique, Vol. 41, No. 2, pp. 173-183.