

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

極軟弱岩石之大地工程行為 (II) 子計畫

(二) 淺基礎在軟岩中之行為

**Engineering Performance of Shallow Foundation
In Very Weak Rocks**

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC90 - 2611 - E - 009 - 010

執行期間：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

計畫主持人：廖志中 國立交通大學土木工程系博士教授
計畫參與人員：張振成 國立交通大學土木工程系博士研究助理
計畫參與人員：劉英助 國立交通大學土木工程系碩士研究助理

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學土木系

中 華 民 國 91 年 10 月 30 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

極軟弱岩石之大地工程行為(II)子計畫(二)淺基礎在軟岩中之行為

Engineering Performance of Shallow Foundation in Very Weak Rocks

計畫編號：NSC 90-2611-E-009-010

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：廖志中 執行機構：交通大學 職稱：教授

計畫參與人員：張振成 國立交通大學土木工程系博士研究助理

計畫參與人員：劉英助 國立交通大學土木工程系碩士研究助理

一、中文摘要

台灣中北部(桃園至台中)麓山帶地區出露之地層，係以卓蘭層及頭嵙山層為主。卓蘭層以砂岩夾薄頁岩層及砂頁岩互層組成。頭嵙山層又可分為二種岩相，即由礫岩組成之火炎山相及由厚層砂岩、粉砂岩與頁岩組成之香山相(或通霄砂岩)；卓蘭層及頭嵙山層香山相等地層甚年輕，砂岩孔隙大、透水性高，材料性質介乎土壤及岩石間。由於取樣不易，早期對其力學性質及行為甚難加以掌握，本研究群在國科會前期整合性計畫支持下，對於此等地層岩石之力學行為與性質已能初步掌握。然而，此類地層內之大地工程行為，例如邊坡穩定，基礎承載，及坑室行為一直未被有效掌握。本研究團隊擬針對此類地層的大地工程行為加以探討。本計劃為其中之一子計劃。

本計畫將以三年時間進行淺基礎之研究，企圖提出適用且廣泛之淺基礎承載分析方法，本研究主要工作包含人造軟岩研製，室內基礎模型承載試驗，理論基礎承載分析，及現地基礎承載試驗等。研究課題除考慮座落於水平地表上之淺基處外，並將探討文獻上較被忽略之課題-淺基礎位於

邊坡上及位於坡頂上之議題。本報告為第二年度之研究成果，本年度主要完成的工作包括基礎人造砂岩的力學性質、淺基礎承載試驗、基礎破壞行為、極限承載力探討，本精簡報告將提出上述主要成果。本計畫並與其他子計劃共同完成寶二試驗場址調查，此部份成果將於總計畫報告提出。

關鍵詞：卓蘭層，頭嵙山層，力學模式，人造軟岩，淺基礎，模型試驗。

Abstract

The outcrops in the northern and central regions of Western Taiwan (e.g., the Pliocene Cholan Formation and the Pliocene to the Pleistocene Toukoshan Formation) often contain very weak rocks. The rocks are composed of the poorly cemented sandstone, shale, and interbed of very thin sandstone and shale. The strengths of these young formations lie within "very weak" and "extremely weak". The mechanical properties and behaviors of these rocks are between soils and rocks in the geotechnical spectrum. The engineering performance of geotechnical structure in these rocks is not

fully understood.

This project aims to investigate the engineering performance of shallow foundation in such rock. In this project, a synthetic soft rock will be developed as the foundation material. The mechanical behavior of the synthetic rock will be analogous to the nature weak rock. A series of loading tests will be performed on the physical foundation model. The footing will be located on a horizontal surface, a sloping ground, or at the crest of a slope. A few loading tests will also be conducted on different ground in fields. Finally, an useful analysis approach for estimating the bearing capacity of weak rock will be proposed.

This report presents the second year research results for the three periods project. The results include the loading test for shallow foundation model and site investigation of the Bao-shan II reservoir experimental station.

Keywords: Cholan, Toukoshan Formation, Poor cemented sandstone, Synthetic Rock, Model Loading Test, Shallow Foundation, Bearing Capacity

二、緣由與目的

卓蘭層以砂頁岩互層及砂岩夾薄頁岩層組成。頭嵛山層又可分為二種岩相，即由礫岩組成之火炎山相及由厚層砂岩、粉砂岩與頁岩組成之香山相（或通霄砂岩）[1]。此等地層甚年輕，砂岩孔隙大、透水性高，材料性質介乎土壤及岩石間。由於取樣不易，早期對其力學性質及行為甚難

加以掌握，本研究群在果科會整合性計畫支持下，歷經近三年之努力，對於此等地層岩石之力學行為與性質已能初步掌握[2]。由於此地層之邊坡常於豪雨或開挖後，於砂岩體內常產生局部之侵蝕破壞或沿頁岩面上產生各種形態之大規模岩層滑動，例如北二高關西至新竹段施工時曾產生二十多個邊坡滑動皆屬此類型態之邊坡滑動[3]，及台中大坑地區常有軟岩邊坡破壞[4]。此外，大規模之山坡地工程中常於大填方或挖方整平之基地上構築結構物，或由於夯實不良，或由於岩層受風化作用產生軟化現象，常使基礎承载力及沉陷量不易估計，而產生基礎沉陷以致造成房屋龜裂之現象（例如新竹青草湖附近某高級社區）。此外，此等地層內地下坑室開挖後之行為及岩壓之估計、合適之支撐等問題，尚不是完全明瞭。因此，本研究群將於未來三年針對上述軟岩之大地工程行為加以研究。本子計畫負責淺基礎之研究，企圖提出適用且廣泛之淺基礎承載分析方法，本研究主要工作包含人造軟岩研製，室內基礎模型承載試驗，理論基礎承載分析，及現地基礎承載試驗等。研究課題除考慮座落於水平地表上之淺基處外，並將探討文獻上較被忽略之課題-淺基礎位於邊坡上及位於坡頂上之議題，由於樁基之底端（end bearing）受力行為與本議題相近，亦將涵蓋於本子計畫內。

三、結果與討論

（一）基礎人造砂岩力學性質：本研究採用去年度研究成果(5)之識體製作方法，製作五個基礎模型試體，製作條件相同，僅是壓密應力較低。經由泡沫鑽心取樣，本研究進行單壓、巴西及三軸等試驗，其結果說

明如下。人造膠結不良砂岩單壓試驗當軸向應力到達尖峰值，此時試體將產生裂縫而破壞。由試體最後之破壞形態得知，人造膠結不良砂岩試體大多為軸向劈裂之破壞形態。此因與材料呈脆性，以及材料在加載過程中，因為相對於試驗儀器的勁度很低，很快達到張裂的現象。本研究彈性模數(E)取單壓尖峰強度50%處之割線斜率，其值介於140~250 MPa。從模型相似律中模數比(E/c)的值來比較，本研究之模數比介於50~80，而去年成果人造膠結不良砂岩試體的模數比介於70~115之間，皆屬於低模數比(小於200)，且略小於本研究施作天然軟砂岩的模數比。巴西試驗所得之間接張力強度的範圍介於0.6~0.7 MPa，與文獻人造膠結不良砂岩施作巴西試驗得到的結果相似。人造岩石試體因裂隙較少，所以張力強度略大，導致強度比的比值較小，Moon et al.(1986)調查人造岩石試體的強度比指出其值約在3~10之間。而本研究製作之人造膠結不良砂岩試體強度比約在4~6之間，屬於合理的範圍且相似。本研究針對人造膠結不良砂岩試體編號No. 進行三軸試驗，圖一為其中之一的應力應變曲線，由應力應變曲線，以及超額孔隙水壓與應變之關係，可以發現平均圍壓增高，試體呈剪縮趨勢，誘發正的超額孔隙水壓，且屈服段與應變延展段皆有增大趨勢；而在平均圍壓減少下，試體呈剪脹趨勢，誘發出負的超額孔隙水壓。經分析，本研究之強度參數凝聚力 $c' = 0.06\text{MPa}$ ，有效內摩擦角 $\phi' = 37.27^\circ$ 。

人造膠結不良砂岩之有效內摩擦角偏高，且凝聚力則有偏低的現象。

- (二) 淺基礎模型試驗：本研究進行模擬平面應變之基礎承載試驗(二個試體)；其代表性承載曲線及試驗施作前後網格描述之照片，分別如圖二、三所示。由承載曲線示意圖(圖四)大致可將人造膠結不良砂岩的承載行為分為三大階段，分別為初始階段、降伏階段及破壞階段。另外，透過繪製網格，試驗施作後依其變形經觀察結果顯示，試體破壞可分成四區(圖五)，即主動受壓區、被動受壓區、主要剪裂面、及完整區。
- (三) 極限承載力探討：本研究將承載試驗所得之極限承載力與各個理論分析所預測之極限承載力的比較，顯示出幾乎所有的承載理論分析方式所預測之極限承載力與本試驗之結果的偏差量均大；初步探討的原因為各理論分析針對的材料對象大多為凝聚性的砂土或是以硬岩為主，少有針對軟弱岩石的承載理論，加上各承載力公式中，主要的控制因子為凝聚力，而本研究製作之人造膠結不良砂岩的凝聚力偏低，故以理論預測之承載力遠低於實驗所得，不適用於預估膠結不良砂岩之極限承載力。此有待進一步將人造膠結不良砂岩之製作流程標準化，包含壓密應力與時間等因素，再以其材料參數作為比較依據，可得更佳的结果。

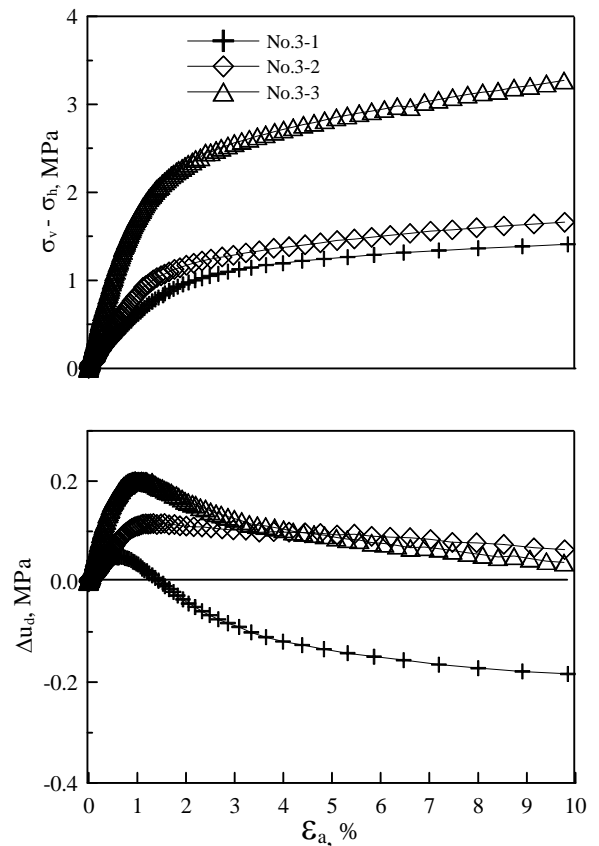
四、計畫成果自評

本研究計劃為三年期之研究，針對台

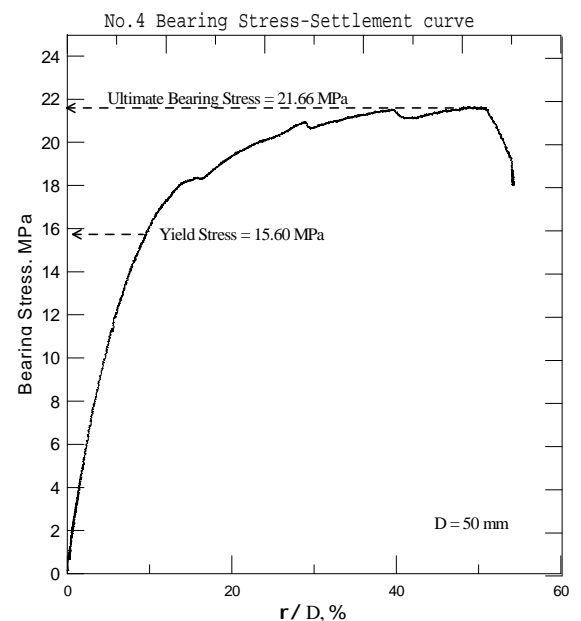
灣地區軟弱砂岩之大地工程行為加以探究，以提供土木工程分析、設計之參考。本報告為本子計劃的第二年度成果，皆能依照計劃書執行，詳細成果可見於本校本年度之碩士論文(劉英助[6]，洪任賢 [7]，簡宜嫻[8])。前述研究成果，顯示具有創新性，將準備投稿至國際期刊。

五、參考文獻

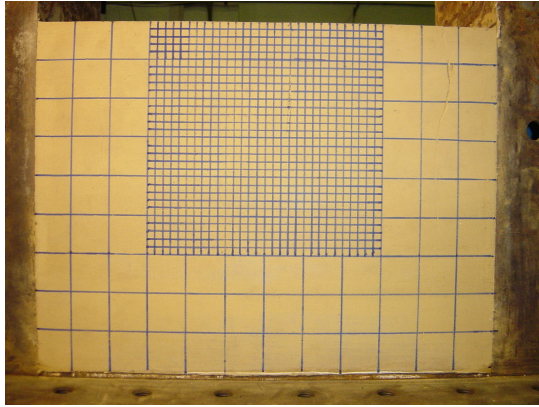
- [1] 何春蓀，台灣西部麓山帶地質，地工技術，第二十期，第 80-98 頁，民國 76 年。
- [2] Huang, A.B., Liao, J.J., Pan, Y.-W., Cheng, M.H., Hsieh, S.Y., and Peng, J.K.(2000), "Characterization of Soft Rocks in Taiwan," Proceedings of the 4th North American Rock Mechanics Symposium, July 31-August 3, Seattle, U.S.A., pp. 83-90.
- [3] 蘇英豪，北二高關西至新竹段沿線邊坡坍塌整治方案彙集報告，國道建設技術研討會論文集，pp.69-87，民國 83 年。
- [4] 董家鈞、廖志中、潘以文(1999)，"臺中大坑地區軟岩邊坡崩滑型態與機制之探討"，第八屆大地工程學術研討會論文集，民國 88 年 8 月，屏東，1616-1627.
- [5] 鍾峻偉，人造軟岩之研製與性質，國立交通大學土木工程研究所，民國九十年。
- [6] 劉英助，人造膠結不良砂岩之模型承載試驗設備建立及淺基礎承載試驗，國立交通大學土木工程研究所，民國九十一年。
- [7] 洪任賢，軟弱岩石之應力應變行為，國立交通大學土木工程研究所，民國九十一年。
- [8] 簡宜嫻，膠結不良軟岩之彈塑性模式與基礎承載模擬應用，國立交通大學土木工程研究所，民國九十一年。



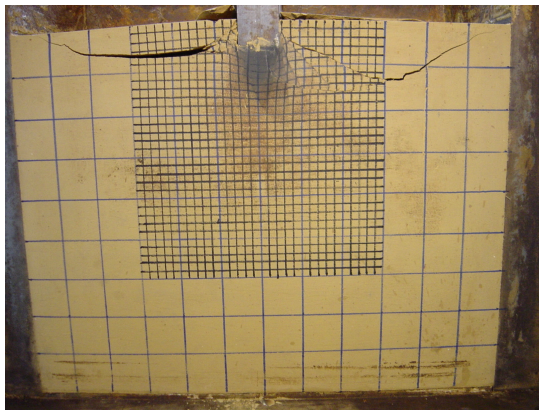
圖一 人造砂岩之三軸試驗結果



圖二 淺基礎模型試驗承載曲線

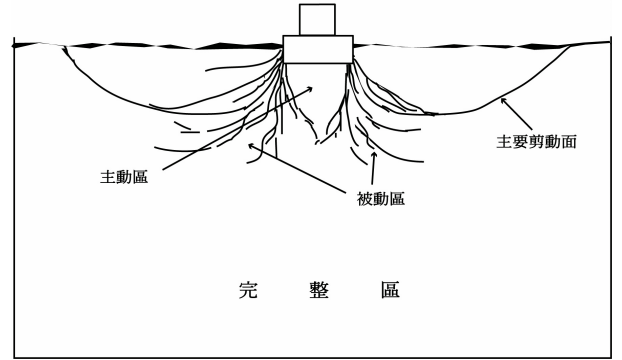


試驗前

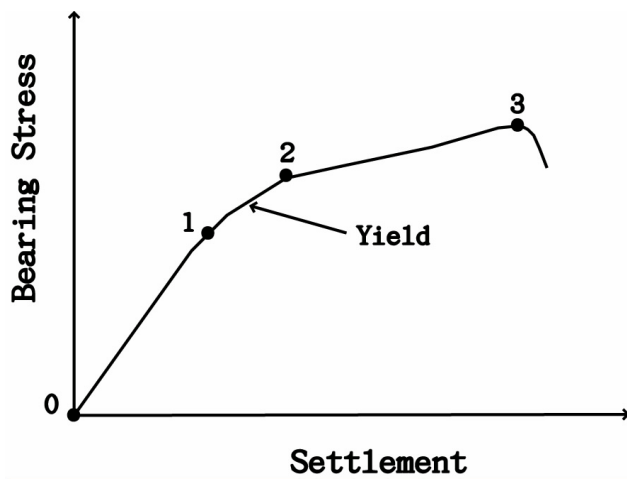


試驗後

圖三 淺基礎承載試驗前後照片



圖五 淺基礎破壞分區



圖四 淺基礎承載曲線示意圖