

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 (I) 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：NSC89 - 2211 - E - 009 - 107

執行期間： 89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

計畫主持人：廖志中

共同主持人：

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 90 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 (I) 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 89-2211-E-009-107

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：廖志中 執行機構：交通大學 職稱：教授

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，係以上新世之卓蘭層及上新-更新世之頭嵙山層為主。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。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。本計畫為其中之一子計畫。

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。本年度主要

完成的主要工作包括人造軟岩試體製作、軟砂岩力學模式修正，並與其他子計畫共同完成試驗場址調查、室內模型試驗規劃。本精簡報告將提出人造軟岩試體製作、軟砂岩力學模式修正的研究成果。至於試驗場址調查及室內模型試驗規劃成果將分別於子計畫四及子計畫一提出提出。

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 first year research results for the three periods project. The results include the preparation and the mechanical properties of the artificial weak rock, and the modified material model of poorly cemented sandstone.

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

二、緣由與目的

台灣中北部(桃園至台中)麓山帶地區出露之地層,係以上新世之卓蘭層及上新-更新世之頭嵙山層為主。卓蘭層以砂頁岩互層及砂岩夾薄頁岩層組成。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)[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) 人造軟岩試體製作及性質:台灣中北部麓山帶軟弱砂岩(卓蘭層及頭嵙山層等)是本研究之人造軟砂岩欲模擬的對象,針對該地質材料特性,本研究以目標地層之岩屑作為模擬材料,使用過200號篩溼篩的方

式將研磨過的岩屑分為粗粒料與細粒料水溶液。依配比拌和、灌入模具後，以高壓壓密的方式製作人造軟砂岩試體。經過本研究測試與改良，制訂出製作人造軟砂岩試體的標準製作流程（圖一），並以此進行各項物理與力學試驗，完成之人造軟岩如圖二。製作完成之人造試體單壓強度介於2.5~6.5Mpa 符合 ISRM定義之軟岩強度範圍。再根據模型相似律，本研究之人造試體五個無因次項分別為：模數比介於70~115間，強度比約5~10、卜松比介於0.17~0.24、破壞應變介於1~2%、內摩擦角約38.7°。本研究之人造試體屬低模數比，破壞應變稍大，其他應力應變行為與天然試體極為相似，應可提供模型試驗之用。圖三為人造軟岩之典型單壓應力應變曲線。

(二) 軟砂岩力學模式：地質材料之力學行為極為複雜，往往並非簡單的力學模式所能輕易模擬。本模式運用複屈伏面觀念，提出一套三面模式，可以合理考慮軟岩之真實力學行為，如：非線性、受應力歷史影響、異向性等。對於材料參數之標定，本文採最佳化方法，將標定材料參數視為一個逆問題，引用基因演算來處理求解。本文所提出之三面模式若配合離散力學分析方法（如有限元素法），即可以模擬分析一般之地工邊界值問題。本文將三面模式分別融入非線性與彈塑性有限元素分析方法，用以模擬現地傍壓儀以及實驗室三軸實驗，由數

值模擬結果與試驗結果之比較驗證此模式之合理性與正確性。本研究採用本整合性研究群實驗站-交通大學光復校區西南側坡地鑽探、實驗取樣，所得的三軸試驗及旁壓試驗加以模擬及比對。圖四為其中一個傍壓儀實驗及模擬結果，圖五為室內三軸試驗及模擬結果。由上述二圖顯示模擬結果與實驗結果接近且合理，因此三面模式可用於未來大地工程分析。

四、計畫成果自評

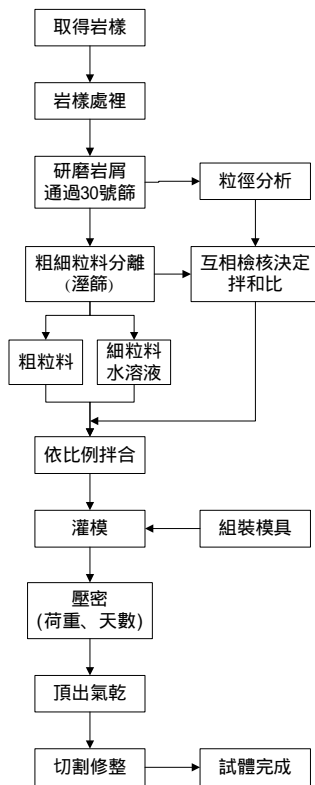
本研究計劃為三年期之研究，針對台灣地區軟弱砂岩之大地工程行為加以探究，以提供土木工程分析、設計之參考。本報告為本子計劃的第一年度成果，皆能依照計劃書執行，詳細成果可見於本校本年度之碩士論文（鍾峻偉 [5]，王慧蓉 [6]，林景民 [7]）。前述研究成果，顯示具有創新性，將準備投稿至國際期刊。

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究討論會論文集，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。

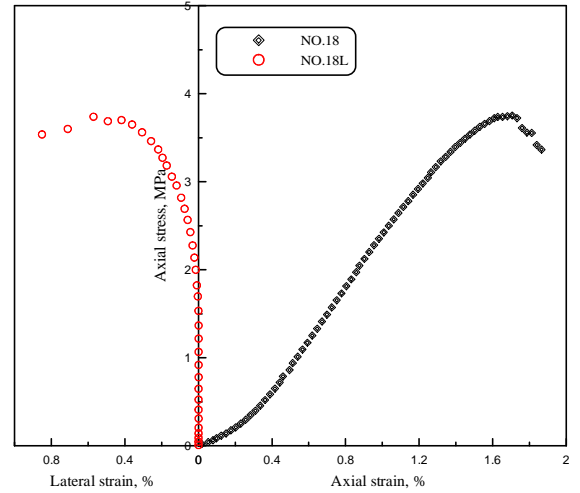
- [6] 王慧蓉，軟弱岩石之漸進與屈服模式，國立交通大學土木工程研究所，民國九十年。
- [7] 林景民，軟弱岩石之應力應變與屈服行為，國立交通大學土木工程研究所，民國九十年。



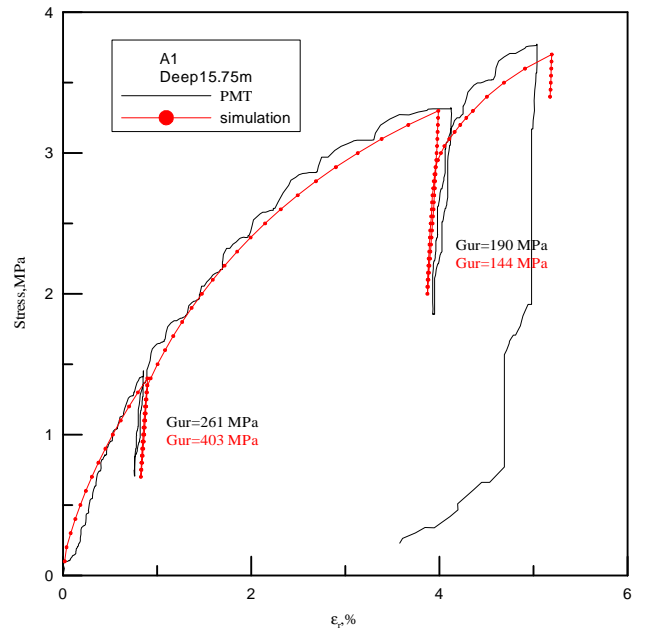
圖一 人造軟岩之製作流程



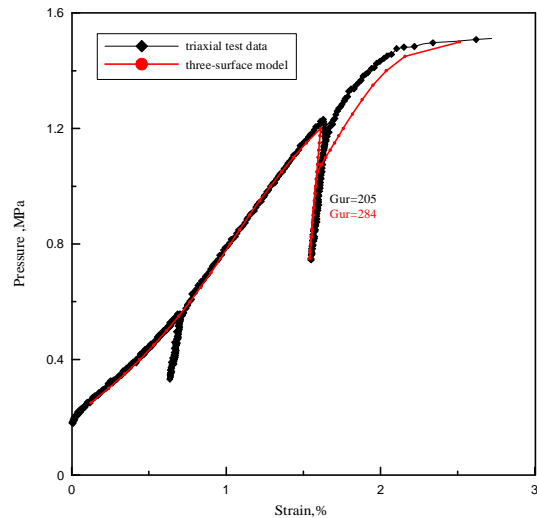
圖二 人造軟岩



圖三 人造軟岩之應力應變曲線



圖四 徬壓儀實驗與模擬結果



圖五 三軸試驗與模擬結果