

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

子計劃二:膠結不良沉積岩層之淺基礎行為(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-009-026-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學土木工程學系

計畫主持人：廖志中

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 5 月 28 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫期中進度報  
告

膠結不良沉積岩層之大地工程行為 (I) 子計畫 (二) 膠結  
不良沉積岩層之淺基礎行為

**Engineering Performance of Shallow Foundation in Poorly  
Cemented Sedimentary Rocks**

計畫類別：個別型計畫     整合型計畫

計畫編號：NSC 91-2211-E-009-026

執行期間：91年8月1日至92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：廖智偉     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 92 年 5 月 26 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫期中進度  
報告

膠結不良沉積岩層之大地工程行為 (I) 子計畫 (二) 膠結  
不良沉積岩層之淺基礎行為

**Engineering Performance of Shallow Foundation in Poorly  
Cemented Sedimentary Rocks**

計畫編號：NSC 91-2211-E-009-026

執行期限：91 年 8 月 1 日至 92 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：廖智偉 國立交通大學土木工程系碩士研究  
助理

一、中文摘要

台灣西部麓山帶地區出露的新世及更新世的地層組成岩石，大多由節理不發達、層理明顯、厚度不一的砂岩、頁岩、及砂頁岩互層所組成。砂岩普遍具有膠結不良、遇水極易軟化之特性，工程性質與行為甚難掌握與決定。因此，不僅分析設計時參數的選用不易，施工時常有災害發生。因此，有必要對此膠結不良沉積岩層的大地工程行為，包括工址的探勘，岩石力學性質與行為、基礎工程行為，邊坡工程行為、隧道工程開挖行為、及監測深入探討，以供未來分析、設計、及施工的參考。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，針對淺基礎的大地工程行為加以探討。

本計畫擬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室內基礎模型承載試驗（含基礎內變形量測與滑動弧監測），現地基礎承載試驗（含基礎內變形量測與滑動弧監測），及等理論基礎承載分析。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基礎位於邊坡上及位於坡頂上之議題。

本報告為第一年度之期中研究成果，本年度主要完成的工作包括 模型試驗用人造膠結不良砂岩研製及性質測試、模型基礎內量測系統規劃與安裝、淺基礎承載試驗、基礎破壞行為、及 現地試驗場址調查及試驗規劃，本精簡報告將提出上述主要成果。

**關鍵詞：**膠結不良砂岩，力學模式，人造軟岩，基礎承載力，模型承載試驗。

### **Abstract**

The outcrops in the northern and central regions of Western Taiwan 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 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 slopping 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 mid-term research results of the first year 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:** 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）麓山帶地區出露之甚多年輕、成岩作用不完全，膠結不良的地層，如卓蘭層、頭嵙山層、六雙層等。此等地層大多以砂頁岩互層及砂岩夾薄頁岩層組成[1]。此類岩層，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，歷經近數年之努力，對於此等地層岩石之力學行為與性質已能初步掌握[2, 3 4, 5]。

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[6]，及台中大坑地區常有軟岩邊坡破壞[7]，某水庫導水隧道施工引致抽心現象等。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，此等地層內地坑室開挖後之行為尚不是完全明瞭。因此，基於對膠結不良沉積岩石力學行為的了解，本研究群自89年度開始針對上述軟岩（膠結不良沉積岩層）之大地工程行為加以研究。89及90已初步完成實驗站工址初步調查，人造岩石製作及測試，模型承載試驗系統建立，現地承載試驗規劃等等。由於本整合性研究為多目標，高度挑戰之研究，自本年度開始將再進行三年期的整合性研究。

本子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室內基礎模型承載試驗（含基礎內變形量測與滑動弧監測），現地基礎承載試驗（含基礎內變形量測與滑動弧監測），及等理論基礎承載分析。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基礎位於邊坡上及於坡頂上之議題企圖提出適用且廣泛之淺基礎承載分析方法，

### 三、結果與討論

本計畫執行至今，皆能依預定進度執行，個工作項目的期中成果如下：

- (一) 模型試驗用人造膠結不良砂岩研製及性質測試：依前期的研究成果製作模型試驗所需的人造試體並加以測試。目前已完成五個試體，單軸壓縮強度約3~5 MPa，與前期比偏低，但屬ISRM定義之軟岩範圍內；單壓破壞應變範圍為1%~2%之間，強度比( $\sigma_c/\sigma_t$ )約在4~6之間，與楊梅層天然膠結不良砂岩接近、三軸試驗結果顯示有效內摩擦角偏高，且凝聚力則有偏低的現象，此現象反應膠結不良砂岩膠結與固結作用不佳。
- (二) 模型基礎內量測系統規劃與安裝：已完成模型承載試驗週邊配置，內部量

測系統規劃(如圖一所示)並完成一個試體內部變形量測。破壞滑弧於試驗結果中無訊號之反應,檢討結果為因 TDR材料過於柔勁無法於造成有效斷面改變,擬於下次試驗中更換直徑 6mm的傳輸纜線。基礎內部光纖量測結果如圖二所示,由圖中顯示基礎沈陷變形隨者加載增加而增大,且a桿變形較b桿明顯,此為a桿埋設深度較b桿接近基腳所故。另外,由圖三顯示隨者平均應變增加而彈性模數遞減的合理關係。此量測結果充分反映基礎內部的變形,也間接證明本研究所嘗試方法之高度可行性。

- (三) 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,目前完成兩個淺基礎承載試驗,破壞模式如圖四、五。兩個破壞模式大致相同,觀察基礎中間位置及基腳皆有張力裂縫產生,於基礎底下有兩條裂縫相交成三角形之主動破壞區,於區內顆粒皆有壓碎、孔隙變小之狀況。第一個試體裂縫發展至觀察窗範圍,並產生沿觀察窗之裂縫形成些許非平面應變狀態;第二個試體裂縫生長有延伸至邊界的情形,另外經過改良發現無類似第一個試體有沿觀察窗之裂縫產生。
- (四) 現地試驗場址調查及試驗規劃:前期已於寶山第二水庫管理中心預定地配合其他計畫完成場址調查。但因管理中心施工無法進行進一? 調查及規劃現地承載試驗,本年度另選擇寶山第二水庫又壩做附近一處施工單位未來不會動用之基地進行調查及規劃,以供未來現地承載試驗使用。本項目前已完成試驗場址地質調查,並已完成基地內的地質圖及地質剖面圖。其調查結果顯示此區域具有較厚之砂岩層夾薄砂岩層,適用地質羅盤量測層面之走向為N48°E,傾角為29°,傾斜方向為東南方向。未來將於此試驗場址進行鑽探取樣進行室內基本物性與力學試驗,並於該區配合現地試驗(傍壓儀試驗及波速量測試驗)以了解該區之地質特性與力學參數。

#### 四、計畫成果自評

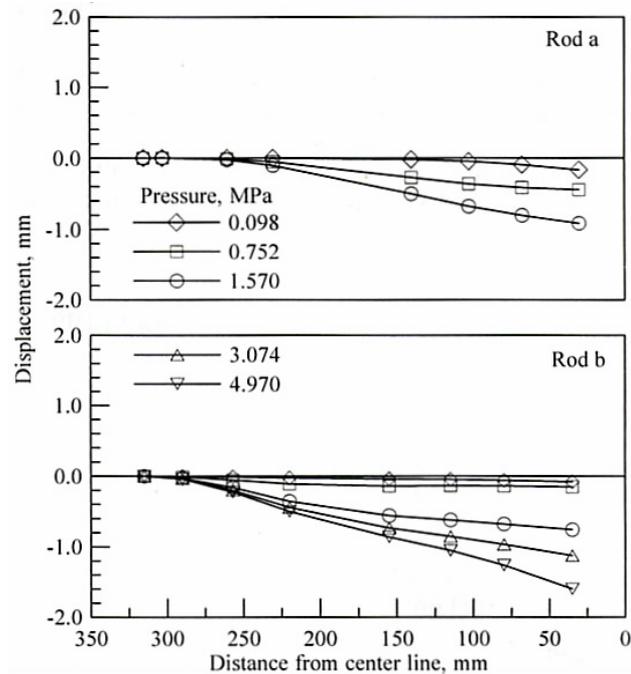
本研究計畫為三年期之研究,延續以往的研究成果,針對台灣地區膠結不良砂岩之大地工程行為加以探究,以提供土木工程分析、設計之參考。本報告為本子計劃的第一年之期中成果,皆能依照計劃書執行,詳細成果可將見於本校本年度之碩士論文及未來之博士論文。前述研究成果,顯示具有創新性,將準備投稿至國際期刊。

#### 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] 廖志中,黃安斌,潘以文,房正國,鄭孟雄,黃惠儀(1999),”軟弱砂岩之

新穎試驗設備，”土木水利，第二十六卷，第一期，第 66-77 頁。

- [3] 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 4<sup>th</sup> North American Rock Mechanics Symposium, July 31-August 3, Seattle, U.S.A., pp. 83-90.

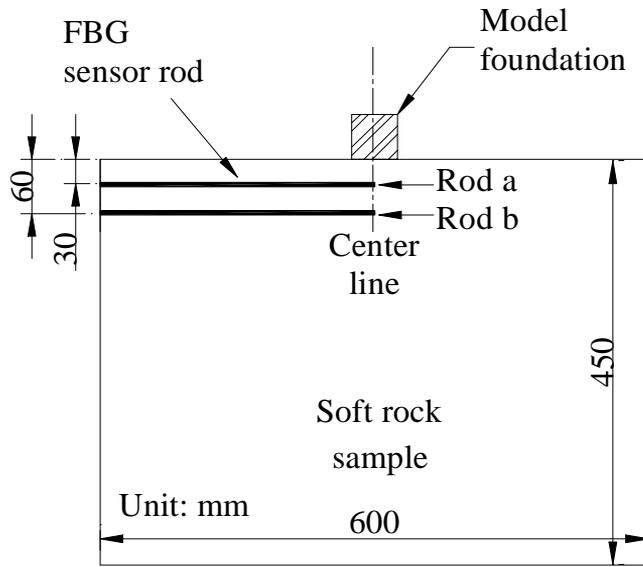


- [4] Huang, A.B., Fang, C.K., Liao, J.J., and Pan, Y.W.(2002), “Development of a Multiple-Purpose Borehole Testing Device for Soft Rock,” Geotechnical Testing Journal, ASTM, Vol. 25, No. 3, pp. 226-232.

- [5] 黃安斌，林志平，廖志中，潘以文，湯士弘，簡旭君，吳政達，葉致翔，盧吉勇，楊培熙(2002)，”先進邊坡監測系統之研發，”土木水利，第二十九卷，第二期，第 65-78 頁

- [6] 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。

- [7] 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.

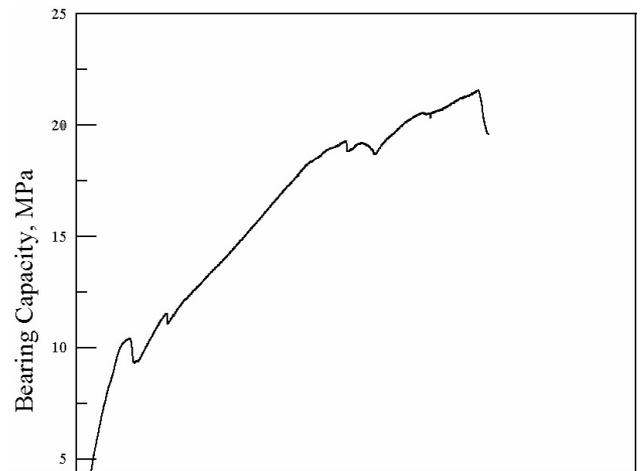
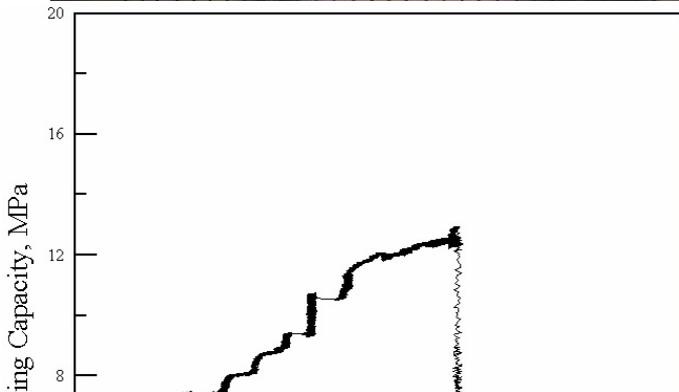


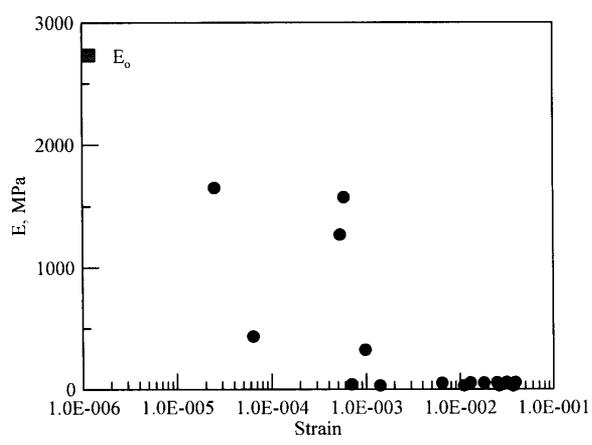
圖一光纖埋設

配置

圖二、FBG 量測基礎內部變形分佈圖

圖三、FBG 量測之 E 與 average strain 關係圖





圖四、第一顆承載試體破壞模式及荷重-沉陷曲線



圖五、第二顆承載試體破壞模式及荷重-沉陷曲線