

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(2/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-009-033-

執行期間：92年08月01日至93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 93 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 92-2211-E-009-033

執行期間：92年8月1日至93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：孫光東 國立交通大學土木工程系碩士研究助理
 王伯皓 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 93 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 92-2211-E-009-033

執行期限：92年8月1日至93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：孫光東 國立交通大學土木工程系碩士研究助理

計畫參與人員：王伯皓 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-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軟弱砂岩研製及變形量測裝設、現地試驗場址調查、室內基礎模型試驗(具邊坡形狀)承載試驗、現地基礎承載試驗及基礎承載力試驗結果分析，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 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 mid-term research results of the second year for the three periods project. The results include the loading test for shallow foundation model on slope 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,常使基礎承載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-淺基礎位於邊坡上

及位於坡頂上之議題。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) 模型試驗用人造軟弱砂岩研製及變形量測裝設：此一部份已於第一年度完成，人造軟弱砂岩試體長60cm, 寬30cm及高約43~45cm。性質測試成果於基本物性(物性結果及粒徑分布，如表一及圖一)，驗證膠結不良砂岩與天然砂岩具有相近性質且還原缺乏有效膠結與固結作用的影響。破壞滑動監測TDR試驗結果如圖二，顯示波形變化判斷變形之位置，與試驗結果相比對，發現裂縫滑動位置非常接近。基礎內部光纖量測結果如圖三所示，由圖中顯示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。
- (二) 現地試驗場址調查：上年度已完成相關的場址調查，今年並完成進行現地試驗(PMT、PS-Logging、單孔與跨孔震測)以了解該區之地質特性與力學參數。
- (三) 室內基礎模型試驗(具邊坡形狀)承載試驗：本年度已完成邊坡傾角 10° 、 20° 及 30° 之淺基礎承載試驗，目前除 30° 條件試驗結果較無一致性外，其餘皆有良好一致性之承載曲線與破壞機制，如表三及圖四所示。試驗結果顯示(圖五)，邊坡傾角 10° 以下其破壞機制與傾角因子較無深切影響，破壞機制為線性階段模型基腳應力集中產生之裂縫所控

制成為破壞階段之滑動破壞面；而邊坡傾角 20° 以上其破壞機制與傾角因子有深切影響，破壞機制為線性階段模型基腳應力集中產生之裂縫成為破壞階段之次要破壞面，而待其破壞面形成後則模型基腳下方迅速形成主要破壞滑動面，造成承載力急劇下降。

- (四) 現地基礎承載試驗：現地承載試驗將於寶二水庫實驗站進行，目前已於此實驗站進行詳細之場址調查。未來選定厚砂岩區域進行試驗，如圖六所示。試驗設備規劃如圖七，反力設備共有八根長8m微型樁所提供；量測設備除基礎沈陷外，將以斜孔埋置TDR及FBG藉以監測基礎內部滑動位置與變形。
- (五) 基礎承載力試驗結果分析：本項目針對上年度之水平模型試驗結果，考慮合理的破壞機制與材料特性，初步以極限分析法之上限法利用功能平衡原理推估，獲得膨脹角與基礎極限承載力之關係(如圖八所示)。

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二年之期中成果，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，顯示具有創新性及實用性質。目前部分成果已發表，彙整如下：

1. 劉英助 張振成 廖志中 潘以文 黃安斌 林志平⁴，『膠結不良砂岩之模型淺基礎承載試驗』，第十屆大地工程研討會，台北、三峽，2003。

2. 張振成 廖志中、潘以文、孫光東、王柏皓，『人造膠結不良砂岩之位於坡頂條件下淺基礎模型承載試驗』，第六屆岩盤工程研討會，台北 淡水，2004。（接受）
3. J.J. Liao, J.C. Chang, Y.W. Pan, A.B. Huang, C.P. Lin, Loading Behavior of Shallow Foundation in Poorly Cemented Sandstone, 3rd Asian Rock Mechanics Symposium, Kyoto, Japan, 2004. (accepted)

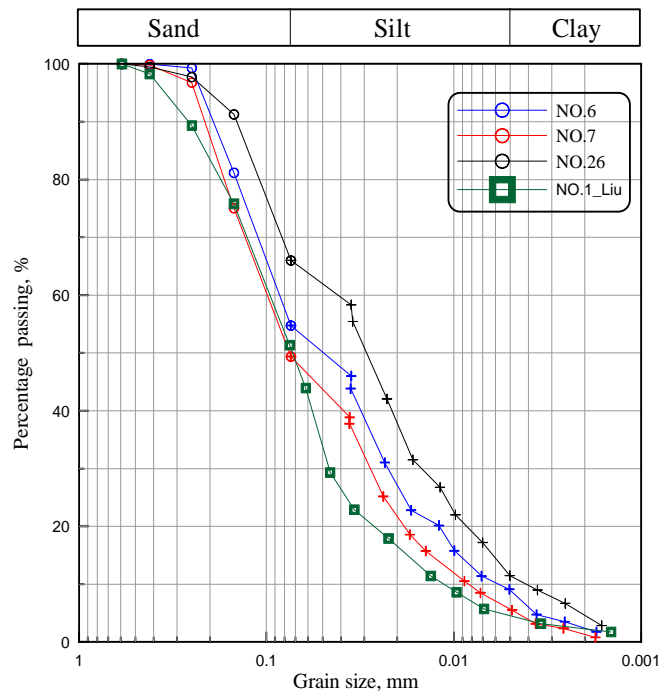
五、參考文獻

- [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 4th 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

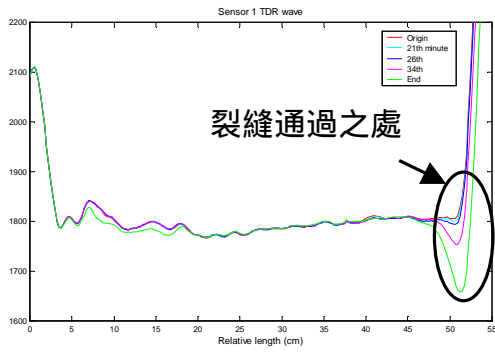
文集，民國 88 年 8 月，屏東，1616-1627.

表一、試體物性試驗之結果比較

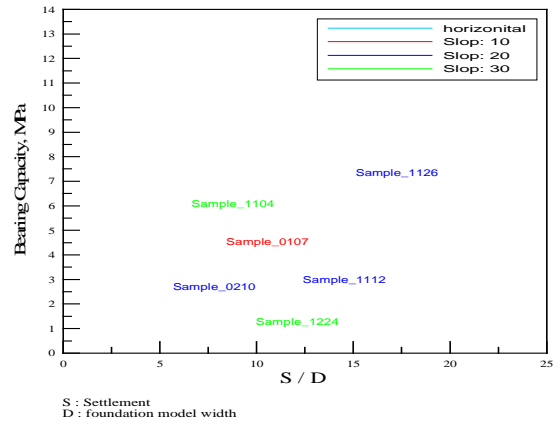
Engineering property	Model rock	Natural rock
Uniaxial compressive strength σ_c (MPa)	2.72	5.91
Failure strain of ϵ_f (%)	1.2	1.1
Modulus of elastic E (MPa)	280.8	785.5
Modulus Ratio E/σ_c	103.2	132.9
Tensile strength (Brazil test) σ_{ct} (MPa)	0.66	0.6
Intensity ratio σ_{ct}/σ_c	4.12	9.88
Cohesive force (triaxial compression) c' (MPa)	0.53	0.74
Friction angel (triaxial compression) $\phi' (^{\circ})$	42.1	38



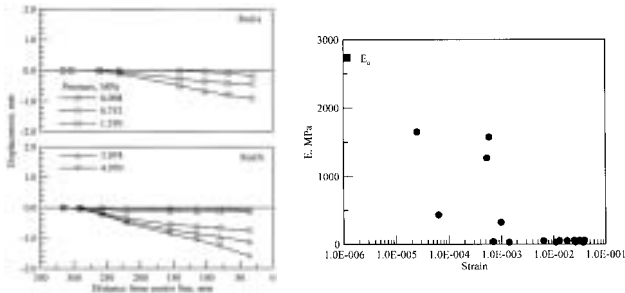
圖一、粒徑分佈比較



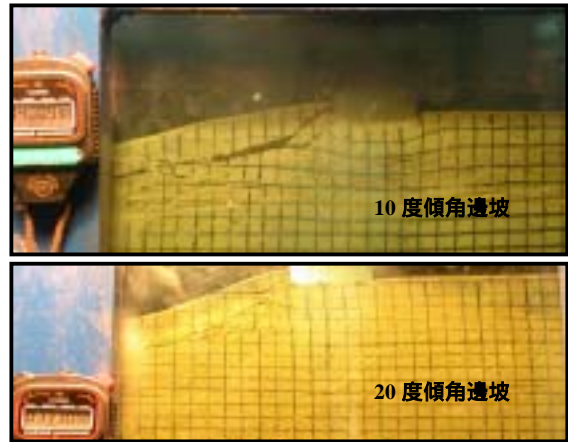
圖二、TDR 訊號試驗結果



圖四、承載曲線



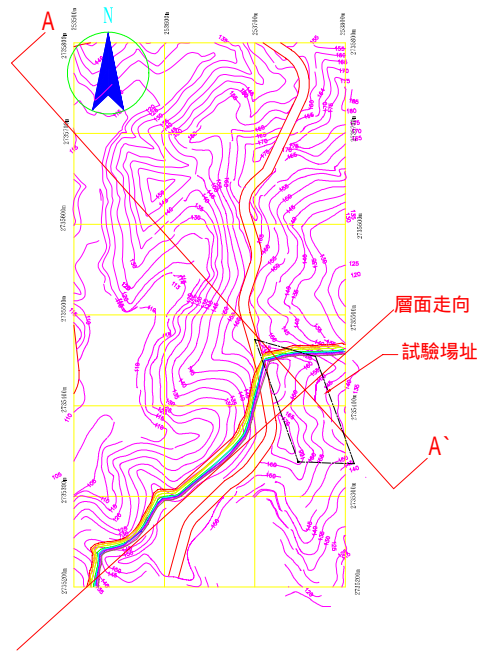
圖三、FBG 量測基礎內部變形及反算 E 值分佈圖



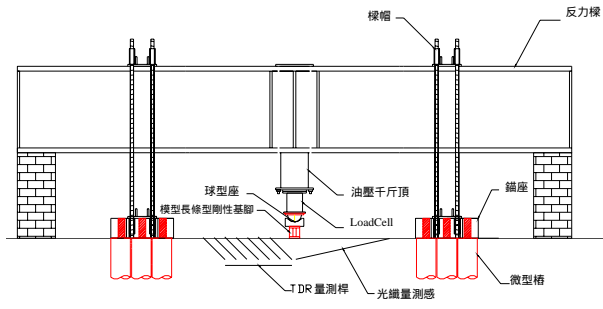
圖五、10 及 20 度之基礎破壞機制

表一、承載試驗結果比較

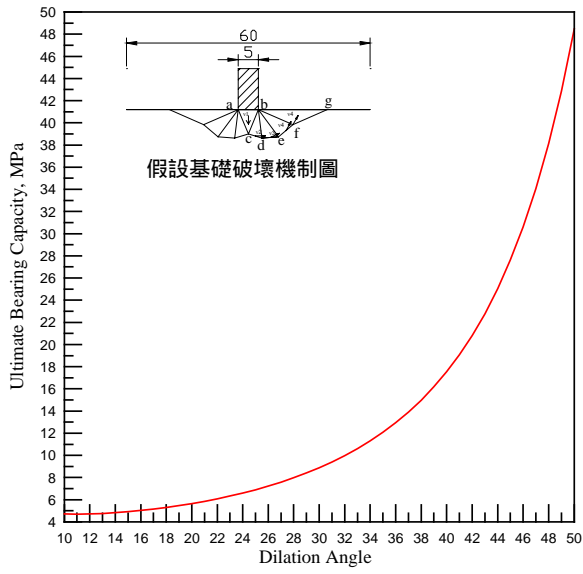
試驗條件	水平 地表	10 度 邊坡傾角	20 度 邊坡傾角	30 度 邊坡傾角
本研究平均 值(MPa)	10.48	9.51	8.25	5.6
水平條件 試驗值比值 (%)	100	90.74	78.72	53.43



圖六、試驗場址地質圖



圖七、現地承載試驗配置示意圖



圖八、推導結果之膨脹角與承載力關係圖