

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

子計劃一：膠結不良沉積岩層之深基礎行為(2/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-009-031-

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：黃安斌

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 5 月 27 日

膠結不良沉積岩層之深基礎行為(2/3)

Behavior of deep foundations in poorly cemented sedimentary rocks

計畫編號：NSC 92-2211-E-009-012

執行期限：92 年 08 月 01 日 至 93 年 07 月 31 日

主持人：黃安斌 國立交通大學土木工程系 教授

一、中文摘要（關鍵詞：軟弱岩石、基樁、模型試驗、直剪試驗、扭剪試驗）

台灣中北部（桃園至台中）麓山帶地區出露之地層，在地質年代上均屬於甚為年輕之地層，屬於『極軟弱至軟弱』之岩石。其組成之砂岩普遍具有固結差，膠結不良、遇水極易軟化之特性，於原地層中尚可如同固結之岩石，然往往以手用力捏擠即成為砂土，經水浸泡後亦成一團砂土。由於此等介乎土壤及岩石間大地工程材料之性質與工程行為仍非十分確定，欲於此類地層內構築結構基礎，岩體之性質、基礎之承載值、力學之行為等問題，在國內外相關文獻報導都很有有限，仍需進一步研究。本研究為『膠結不良沉積岩層之大地工程行為』整合型研究計畫之子計畫（一），主要目的是延續前五年所執行『極軟弱年輕砂、頁岩層之力學行為』與『極軟弱岩石的大地工程行為』整合型研究計畫之成果，使其與大地工程設計施工結合。本子計畫將專注於軟弱岩石中深基礎之行為分三年執行，其最終目的是提出軟岩內基樁承載力分析與受力沈陷估算之方法。本年度預計完成之工作項目包括（1）模型基樁在人造軟岩中之載重試驗結果之分析、與（2）現地基樁載重試驗之規劃與設計。

英文摘要(keywords: weak rock, pile foundation, model testing, direct shear test, rotational shear test)

The outcrops in northern and central foothill regions of Western Taiwan are young or very young according to their geological age. They can be classified as “very weak to weak” rocks. The sandstone that constitutes part of these soft rocks is often poorly consolidated, weakly cemented, and prone to soften when exposed to

water unconfined. Under the field conditions these sandstone or shale may behave as a consolidated rock. The same material however could be crushed by fingers or turn into a pile of sand when soaked in water. The behavior of these soil/rock like geomaterials is not well understood. Subjects such as the characteristics of the rock mass, foundation bearing capacities, mechanical behavior of these types of weak rock relevant to foundation design demand further research. This project is the sub-project (1) of a collaborated research on “Geotechnical Engineering Behavior of Poorly Cemented Sedimentary Rocks”. It extends an earlier collaborated research project on “Mechanical Behavior of Very Weak Sandstones and Shales”, and “Engineering Performance of Very Weak Rocks” conducted in the past five years. The aim of the current research is to expand what was accomplished in the earlier endeavors into aspects that are applicable to geotechnical engineering designs. This sub-project intends to develop methods to determine bearing capacities and load-displacement relationships for deep foundation in soft rock in the next three years. The main objectives set for past year include: (1) analysis of the laboratory model pile load test results in the artificial soft rock; and (2) design and preparation for the field pile load tests in soft rock.

二、計畫緣由與目的

台灣中北部（桃園至台中）麓山帶地區出露之地層，在地質年代上均屬於甚為年輕之地層，屬於『極軟弱至軟弱』之岩石。其組成之砂岩普遍具有固結差，膠結不良、遇水極易軟化之特性，於原地層中尚可如同固結之岩石，然往

往以手用力捏擠即成為砂土，經水浸泡後亦成一團砂土。由於此等介乎土壤及岩石間大地工程材料之性質與工程行為仍非十分確定，欲於此類地層內構築結構基礎（諸如台北金融大樓基礎），其岩體之性質、基礎之承載值、力學之行為等問題，在國內外相關文獻報導都很有有限。本子計畫（一）『深基礎在軟弱岩石中之行為』延續先前研究之成果專注於軟弱岩石內基樁行為。

三、計畫執行狀況

模型基樁載重試驗結果之分析

模型基樁載重試驗使用之試驗槽為長方體 300mm 寬 600mm 長 500mm 高。使用一 200 噸之油壓缸、壓力元與反力架進行基樁載重。模型基樁之核心使用鋼板加工製作其設計如圖一所示，此核心底部寬 25mm。模型基樁之深度 250mm，樁體之核心使用 10mm 厚之鋼板製作。樁體鋼板中心凹槽處裝有光纖光柵用以量測樁體內部載重之傳遞（load transfer）。樁體之表面使用水泥漿製作，為防止水泥漿與樁體核心鋼板間之滑動，在樁體鋼板表面裝有許多鋼釘。模型樁之寬度為 300mm 與試體寬度相同。因此本模型基樁模擬一個二維，條形之深基礎。使用由 Benmokrane et al.(1994)所提出之兩種不同粗糙度(roughness factor, RF)的模型樁進行四組試驗，試驗內容與加載過程如表一所示。RF 之定義如下：

$$RF = \frac{\Delta b_s L_t}{b_s L_s} \quad (1)$$

其中 Δb_s 表示粗糙度的平均高度， b_s 表示樁的直徑， L_s 表示樁的長度， L_t 表示樁的沉陷量。試驗程序概述如下：

製作粗糙度的模版如圖二所示，於製作粗糙度時先將模板放置於製作好的人造軟岩試體上，使用鋼絲鋸依此模版將模型基樁將佔用之空間挖除，完成之後的情形如圖三所示。

將基樁核心（鋼板部分）放入製作好的凹槽內，並將凹槽的側面貼上寶麗龍版或是壓克力版，用以防止水泥砂漿流出，之後由凹槽的上方灌入水泥漿，以模擬混凝土與軟岩間之介面，完成後如圖四所示，並在人造軟岩試體上畫上網

格。

人造軟岩內變形之監測

試驗室內使用模型與人造岩石做試驗有高均勻性與試驗重複性之優點。接收 Burland (1995)之建議與挑戰，本計畫在軟岩試體內安裝應變感應系統以量測基樁受力時，軟岩試體內應變量之分佈情況。原計畫採用類似 Smith and Burland (1976)之高精密度岩體鑽孔內多點伸張儀結合傾斜管之觀念製作。主持人近期研發完成使用光纖光柵（Optic Fiber Bragg Grating, FBG）之地層扭曲感應系統（陳志陽，2001），其功能遠超過 Smith and Burland (1976)之方法。此光纖感應系統是將 FBG 黏著在一直徑 8mm 之德爾林桿件上（圖五），然後將此桿件埋入試驗槽中人造軟岩內。FBG 之優點除了因為使用光傳遞訊號而不受電磁干擾之外，在同一光纖上可以同時安裝最多 100 點之應變量測點。在人造軟岩製試體製作完成後將試驗槽橫向 300mm x 600mm 之檔版換成安裝有鑽孔之模版。鑽孔位置與 FBG 地層扭曲感應系統安裝位置相匹配，使用鑽機從鑽孔位置向試體內部將安裝 FBG 地層扭曲感應系統所需佔用空間內之軟岩鑽除，之後將石膏灌入鑽孔內，FBG 地層扭曲感應系統外層塗上機油，貼上保鮮膜然後塞入鑽孔。

試驗結果與分析

四組試驗所得承載力與沈陷量之關係如圖七至十所示。試驗所得承載力與沈陷量關係以及光纖光柵變形監測結果，正使用王蕙蓉（2001）所研發，漸進降伏模式之非線性彈性與彈塑性之模式進行分析。在此專門為軟弱岩石所研發之數值模式中可根據材料特性加入一個限制面於邊界面與載重面之間，如此來做漸進式之應力應變關係之計算。工作小組正使用此數值模擬方法分析現有模型基樁載重試驗之結果以及估算現地載重試驗之行為。

現地試驗之規劃

本年度之工作重點為準備未來之現場基樁載重試驗，以及室內模型基樁在重試驗之分析。本工作小組於新竹縣寶山第二號水庫區域所建立之軟弱岩石試驗站進行一系列之除多功能孔內試驗，現地傍壓儀試驗以及 P-S Logging 試驗，以建立試驗站區域軟弱岩石之工程性質。基樁載重試驗將與淺基礎載重試驗配合進行，部分之基樁將做為淺基礎載重試驗之反力樁。

載重試驗基樁內部將使用本計畫前期所研發之光纖光柵變形監測系統來量測承载力之分佈，以及基樁周圍軟弱岩石變形之分佈，如圖十一所示。

四、參考文獻

王蕙蓉，2001，"軟弱岩石之漸進屈伏模式及其應用"，碩士論文，國立交通大學土木工程系。

陳至揚，2001，"光纖光柵感測扭曲儀之研發"，碩士論文，國立交通大學土木工程系。

劉英助，2002，"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"，碩士論文，國立交通大學土木工程系。

Benmokrane, B., Mouchaorab, K.S., and Ballivy, G., 1994, "Laboratory Investigation of Shaft Resistance of Rock-Socketed Piers Using The Constant Normal Stiffness Direct Shear Test," Canadian Geotechnical Journal, Vol.31, pp.407-419.

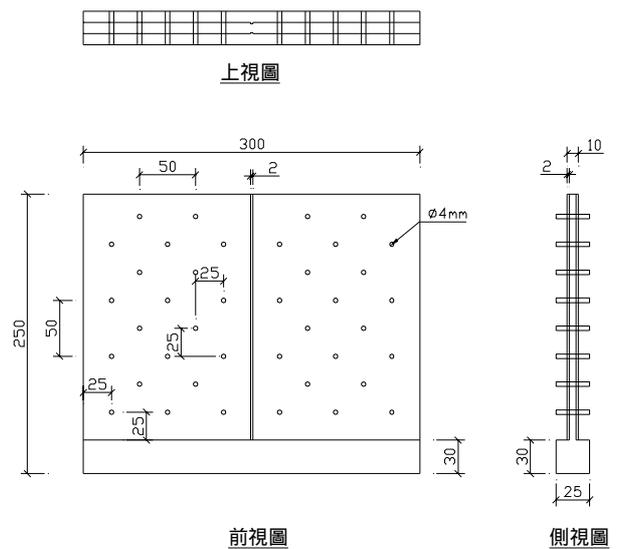
Burland, J.B., 1995, "Closing Remarks," Proceedings, First International Symposium on Pre-Failure Deformation of Geomaterials, Sapporo, Japan, Vol.2, p.703-705.

Smith, P.D.K., and Burland, J.B., 1976, "Performance of a High Precision Multi-Point Borehole Extensometer in Soft Rock," Technical Note, Canadian Geotechnical Journal, Vol.13, pp.172-176.

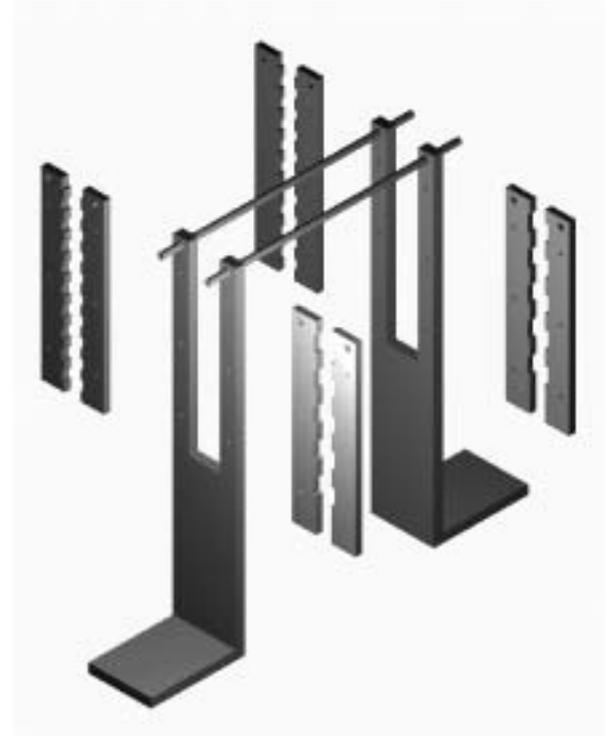
五、圖表

表一承載試驗內容與加載量

試驗編號	試體最大壓密應力, 噸	b_s, mm
1	250	25
2	250	25
3	250	25
4	250	25
試驗編號	粗糙度分類	RF
1	R2	0.06
2	R2	0.02
3	R2	0.024
4	R3	0.053



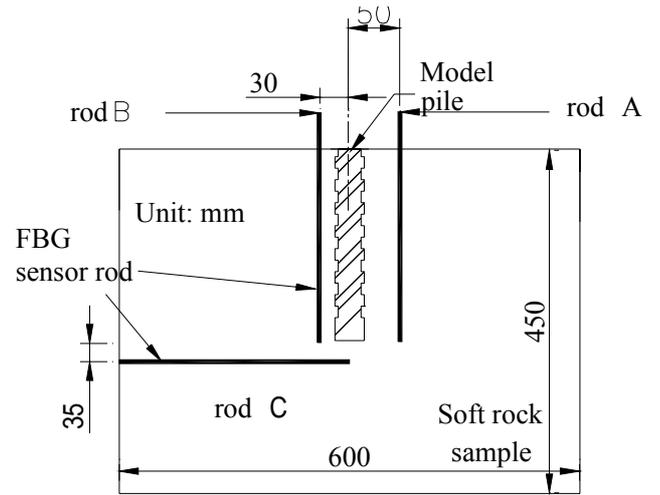
圖一 模型基樁核心之設計圖。



圖二 模型基樁裝面粗糙度形式之模版。



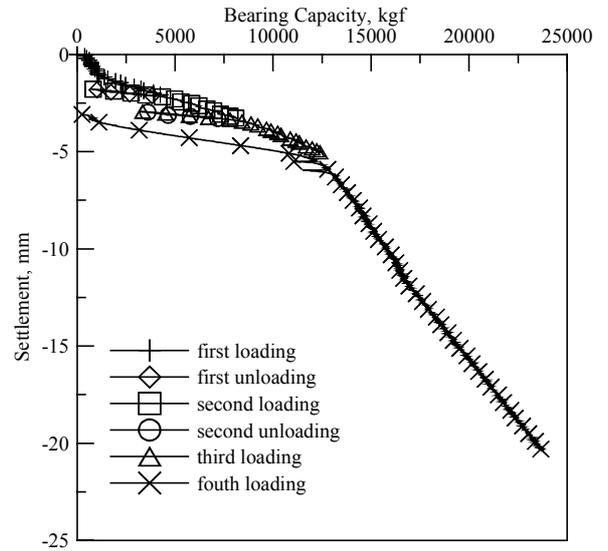
圖三 粗糙度完成圖。



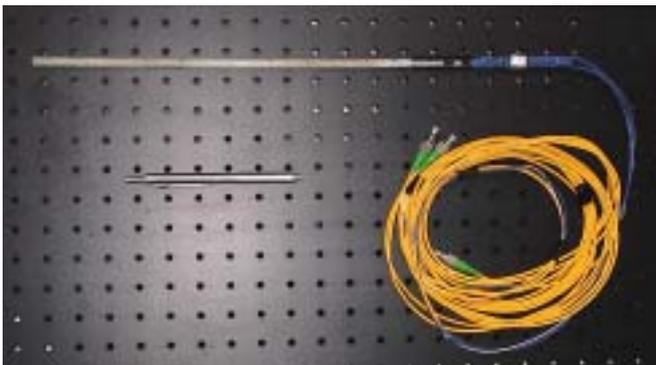
圖六 人造軟岩試體內光纖監測管之分佈以及其與模型基樁之相對關係。



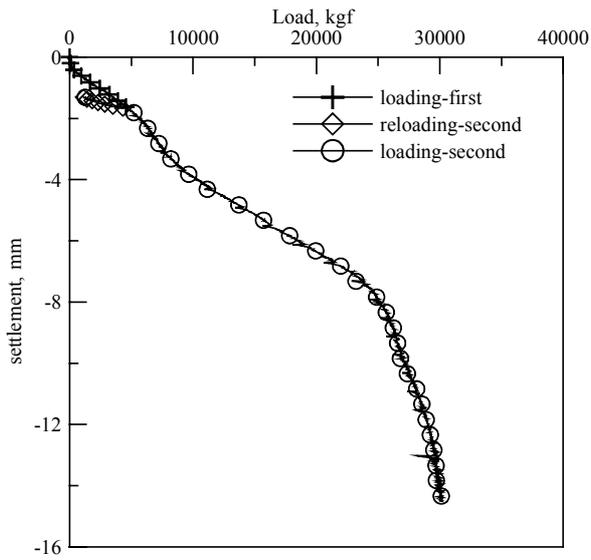
圖四 模型樁完成圖。



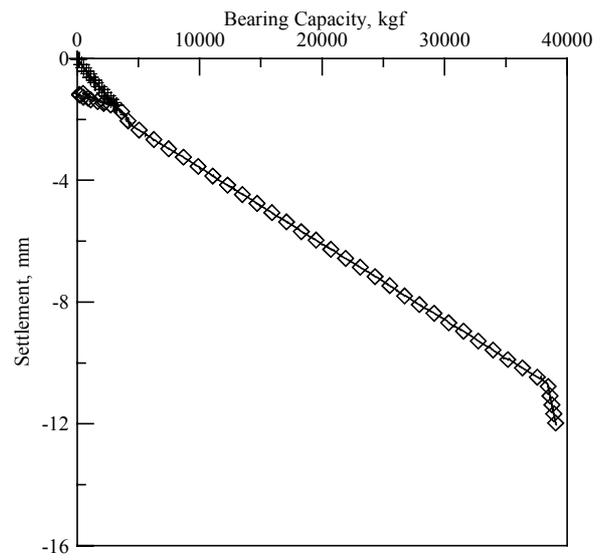
圖七 第一組承載試驗承載力和沉陷量關係。



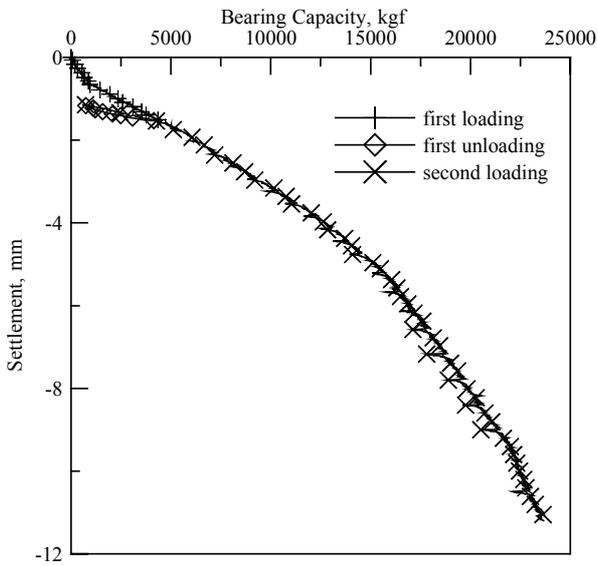
圖五 德爾林桿件照片。



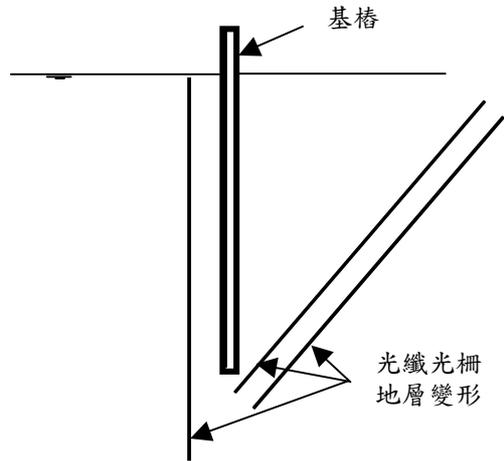
圖八 第二組承載試驗承載力和沉陷量關係。



圖十 第四組承載試驗承載力和沉陷量關係。



圖九 第三組承載試驗承載力和沉陷量關係。



圖十一 現場基樁承載試驗配置