

# 深基礎在軟弱岩石中之行為

## Behavior of deep foundations in soft rock

計畫編號：NSC90-2611-E-009-007

執行期限：90年08月至91年07月

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。本研究之目的是提出軟岩內基樁承載力分析與受沈陷估算之方法。本年度之工作重點是（1）模型基樁在人造軟岩中之載重試驗、與（2）現有基樁承載力分析於軟岩之適用性探討。本報告敘述本計畫之研究背景、目標與執行方法。

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 “Engineering Performance of Geotechnical Systems in Very Weak Rock”. It extends an earlier collaborated research project on “Mechanical Behavior of Very Weak Sandstones and Shales”, conducted in the past three years. The aim of the current research is to expand what was accomplished in the earlier endeavor into aspects that are applicable to geotechnical engineering designs. This project intends to develop methods to determine bearing capacities and load-displacement relationships for deep foundation in soft rock. The main tasks for this year include: (1) laboratory model pile load tests in an artificial soft rock; and (2) evaluate the feasibility of the current practice in analyzing the behavior of piles in soft rock. This report describes the status of this research.

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。

86至88年間由潘以文教授擔任總計畫主持人，結合不同專長之研究人員，共同完成了『極

軟弱年輕砂、頁岩層之力學行為』整合型研究計畫。其探討之問題包括：如何取得完整不擾動的試體？如何獲得足具代表性之岩石性質（包含自然及岩石之岩相組成，單軸、三軸強度，剪力強度，應力-應變行為，透水性，波速，依時行為，砂頁岩界面的力學特性）？其弱化機制如何？力學行為如何？如何估計岩石經重模後材料之力學特性及最佳之夯實方法？工程分析所需之力學參數如何研訂？參與之人員研發出改良式之軟弱岩石取樣與保存技術、適合軟弱岩石使用之高壓傍壓儀試驗儀器、多功能軟弱岩石孔內試驗裝置、改良式之現地透水試驗方法、適合軟弱岩石使用之高壓三軸試驗儀器、以及 suspension P-S Logging 現地波速量測技術之引進。為控制滲流並正確決定試體滲透性，本研究研製一微流量幫浦，藉由伺服馬達強制控制流經試體之微流量，透過強制流量之方式來控制滲透試驗之進行。參與人員已使用這些新開發或引進的試驗技術，進行了一系列之現地取樣、試驗與室內之試驗，提出了決定極軟弱岩石材料力學參數之程序與數值模擬之方法。這些成果已在國內外相關之學術會議中發表，『多功能軟弱岩石孔內試驗裝置』並已獲得專利（黃安斌等，2001）。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。本年內之工作重點包括：

1. 模型基樁在人造軟岩中之載重試驗、與
  2. 現有基樁承载力分析於軟岩之適用性探討
- ### 三、計畫執行狀況

#### 載重試驗模型基樁之製作

人造軟岩製作與模型基樁載重試驗所使用之試驗槽已完成設計與機械加工。本試驗槽為長方體 300mm 寬 600mm 長 500mm 高之試驗槽，使用鋼板與製作。200 噸之油壓缸與壓力元與反力架也已安裝完成。載重試驗系統安裝於交通大學土木結構大樓，反力架與試驗槽鎖在強力地板上。**圖一**顯示組裝完成之試驗槽與反力架。

模型基樁之核心使用鋼板加工製作，此核心底部寬 30mm 使用 30mm 厚之鋼板製作。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。**圖二**展示本模型基樁核心鋼板製作部分之示意圖。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。人造軟岩試體之製作根據劉英助（2002）所研發之程序。在試體製作完成後將試驗槽橫向 500mmx600mm 之檔版換成安裝有模型基樁裝面粗糙度形式之模版，如**圖三**所示。使用鋼絲鋸依此模版將模型基樁將佔用之空間挖除。人造軟岩試體挖除後之空間首先放入模型基樁核心（鋼板部分），剩餘之空間（模型基樁樁面）灌入水泥漿，以模擬混凝土與軟岩間之介面。

#### 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礎受力時，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 10mm 之德爾林桿件上，然後將此桿件埋入試驗槽中人造軟岩內。**圖四**顯示將 FBG 黏著於管件時所使用之光學軌。光學軌上裝有圓心與角度定位裝置以確保 FBG 黏著方位之精確度。**圖五**顯示一安裝完成 2 米長，34mm 直徑，裝有 FBG 之 PVC 管，本 PVC 管適用於現地邊坡滑動之監測。在本研究中使用 10mm 直徑德爾林桿件來取代 PVC。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。本計畫所使用之 FBG 訊號擷取系統是經由主持人所參與大學發展卓越計畫之經費所購置，可以每秒讀 100 次之速度同時監測 4 條光纖，因此可以滿足試驗之需求。

**圖六**顯示 FBG 地層扭曲感應系統安裝位置之分佈。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，將 FBG 地層扭曲感應系統外層圖上

樹脂然後塞入鑽孔。

模型基樁與監測系統安裝完成之後即可將原試驗槽之鋼製橫向檔版復原，然後進行載重試驗。室內試驗現正進行之中，在完成一系列試驗之後將從事現有承載值分析理論之評估。

#### 四、參考文獻

黃安斌、房正國、廖志中、潘以文、2001，"高壓多功能孔內試驗裝置"，中華民國專利，發明第130458號，專利權人行政院國家科學委員會，專利期間90年4月21日至109年1月3日。

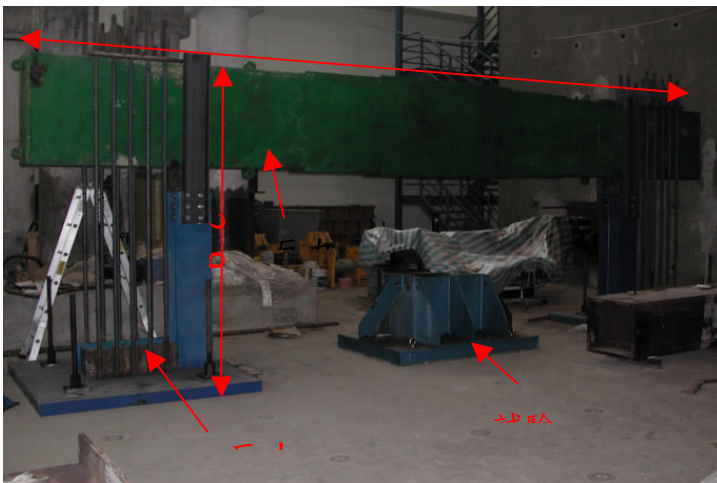
陳至揚，2001，"光纖光柵感測扭曲儀之研發"，碩士論文，國立交通大學土木工程系。

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。

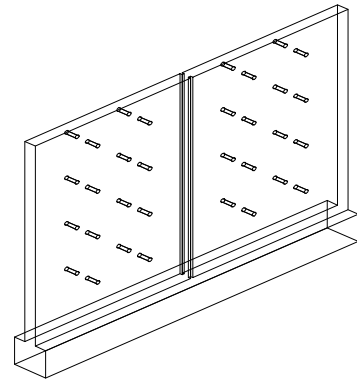
Burland, J.B., 1995, "Closing Remarks," Proceedings, First International Symposium on Pre-Failure Deformation of Geomaterials, Sapporo, Japan, Vol.2, p.703-705.

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.

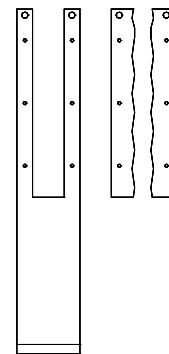
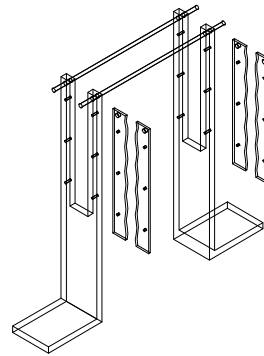
#### 五、圖表



圖一 組裝完成之試驗槽與反力架。



圖二 模型基樁核心鋼板製作部分之示意圖。



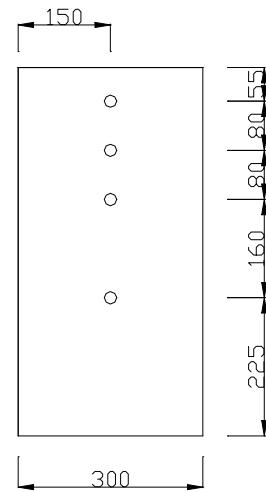
圖三 模型基樁裝面粗糙度形式之模版。



圖四 將 FBG 黏著於管件時所使用之光學軌。



圖五 裝有 FBG 之 PVC 管。



圖六 FBG 地層扭曲感應系統安裝位置之分佈。

