

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

極軟弱年輕砂頁巖之力學行為 (I) 子計畫 (二) 極軟弱岩石之力學性質與行為

Mechanical Properties and Behavior of Very Weak Rocks

計畫編號：NSC 87-2218-E-009-039

執行期限：86年8月1日至87年7月31日

主持人：廖志中 執行機構：交通大學 職稱：副教授

一、中文摘要

極軟弱岩石，如年輕砂岩、頁岩、及砂頁岩互層，其組成之岩石普遍具有固結差，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。由於此等岩層膠結不良，鉆探取得之岩樣，本身之組織構造其實皆已受到破壞。因此由岩石力學實驗室得到之力學性質與行為，皆無法反應現地岩石之力學性質與行為。此外，由於軟岩之力學性質與土壤或一般之中等強度或高強度岩石有異。是故無法完全採用土壤或岩石力學之實驗設備加以求得，例如岩石力學所採用的類似不排水三軸試驗，可能無法完全適用於透水性高之軟弱，膠結疏鬆砂岩，而一般採用的土壤三軸試驗儀器，由於其軸向及圍壓加載能力不足，更無法適用於一般之軟弱砂岩。台灣中北部地區年輕地層，如卓蘭層級頭嵛山層，涵蓋甚多此類岩石。

因此，本研究計劃除於實驗室利用現有之土壤、岩石試驗機（三軸、直剪、單張、壓密...）外，並利用自行研發之軟岩用多功能實驗機（可從事 CU、CD、壓密、透水、超音等試驗），單剪試驗機，改良直接張力夾等，從事一系列之指標性質試驗及力學性質和行為試驗。以求得軟岩真正之力學性質、指標性質、強度破壞準則、與組合律模式。本研究計畫擬分三年進

行。本報告針對第一年度研究工作成果所提出。包括研發軟岩用多功能實驗機，及利用岩石試驗機(MTS 815)進行部分力學性質和行為試驗。

關鍵詞：卓蘭層，頭嵛山層，砂岩，頁岩，砂頁岩互層，指標性質，力學性質，強度破壞準則，組合律模式

Abstract

The outcrops in the northern and central regions of Western Taiwan (e.g., the Pliocene Cholan Formation and the Pliocene-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 mechanical properties and behaviors of these rocks are between soils and rocks in the geotechnical spectrum. These properties are not easy to be obtained by employing conventional techniques (e.g. soil or rock tests). In this report, a new multi-purposes triaxial test system is developed. Additionally, the results of a series of experiments (index and mechanical properties) using conventional rock testing machine (MTS 815) are reported. Following the experimental work, the relations between index properties and mechanical properties,

and strength failure criteria for these soft rocks are also presented.

Keywords: Cholan, Toukoshan Formation, Sandstone, Shale, Index properties, Mechanical Properties, Failure Criteria

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]。此等岩層膠結不良，岩層取樣時，大部分岩樣本身之組織構造其實皆已受到破壞，因此由岩石力學實驗室得到之單壓強度結果一般均甚為散亂(介於20至150Kg/cm²)，依國際岩石力學協會之定義乃屬於『極軟弱至軟弱』之岩石[2]。

由於此等地層甚年輕，砂岩孔隙大、透水性高，本地區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[3]。此外，由於此等介乎土壤及岩石間之地質材料之性質與工程行為仍非十分確定，岩體之性質、力學之行為、岩壓之估計、合適之支撐等問題，均仍需進一步研究。

因此，結合其他研究計劃，針對此本土且不易決定之軟岩力學特性加以深入探討。本研究子計畫為完成研究目的-力學行為，而擬自行研發一多功能軟岩用三軸室、改良以往之研究所得之張力夾具[4]、及自行製造軟岩用單剪儀(Simple Shear)。並由上述儀器進行一系列試驗，其試驗結果用以提出真正的頭嵙山香山相或卓蘭層軟岩之室內材料力學性質(彈性係數，單軸強度，剪力強度...)，強度破壞準則，組合律模式，以及上述力學性質與指標性質的關係

三、結果與討論

本年度依研究計劃書共完成下列四項主要成果，分別敘述如下：

(一) 完成軟岩用多功能三軸試驗系統的研發。本研究自行設計製作之三軸室包含添購之油壓施加設備與可同時量測軸向與環向之局部變形的應變量測系統，以及內置型荷重計，再加上自行組裝之氣壓控制面板(可施加氣壓與施作滲透試驗)，最後再配合資料擷取系統。經整合後，圍壓之施加可達12MPa；可進行排水或不排水三軸試驗、透水性試驗、以及超音波試驗等。所有設備單元如圖一，詳細資料參考文獻[7, 8, 9]。

(二) 由具有自動回饋功能之岩石試驗機(MTS 815)及高精度之量測儀器(伸張計等)[5]，針對卓蘭層之砂岩進行一系列之單軸及三軸壓縮試驗。結果顯示，卓蘭層砂岩之應力應變曲線隨應變增加可區分為裂縫閉合階段、彈性段、微裂縫生成段及裂縫串聯段。圖二為典型之應力應變曲線。

(三) 頭嵙山層香山相及卓蘭層之砂岩，其顆粒粒徑界於2-0.075mm。香山相之顆粒分布較均勻，而卓蘭層之泥質含量較高。在相同試驗條件下，泥質含量及砂顆粒均勻性較低的，其力學強度有增高之趨勢。

(四) 由傳統三軸試驗數據，分析得Hoek-Brown破壞準則[6]較適合描述卓蘭層砂岩之三軸強度。

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力學行為加以探究，以提供土木工程分析、設計之參考。原定計劃主要目標(第一年)為研發軟岩用多功能實驗機、利用岩石試驗機(MTS 815)進行部分力學性質和行為試驗、及進行部分指標性質試驗以提出(1)軟弱砂岩之應力應變曲線(2)軟弱砂岩之三軸強度破壞準則，(3)軟弱砂岩之指標性質與力學性質關係。經

一年之努力，階段性目標已完成，詳細成果可見於主持人指導完成之碩士論文(二人-陳賀瑞及柳政男[7,8])、及本年度發表於1998岩盤工程研討會之一篇論文[9]。由於為三年期之研究計劃，預期自下年度開始，利用自行研發之軟岩用多功能實驗機進行一系列之試驗後，將會有創新性之研究成果提出，並投稿至國際期刊。

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] Johnston, I.W. "Soft Rock Engineering" in *Comprehensive Rock Engineering*, Vol.1, pp.367-393, 1993。

[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] Liao, J.J., Yang, M.-t., and Hsieh, H.-Y., "Direct Tensile Behavior of a transversely Isotropic Rock," *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* No. 5, pp. 847-849, 1997.

[5] 黃紹祈，硬頁岩之強度與變形行為，國立交通大學土木工程研究所，民國八十三年。

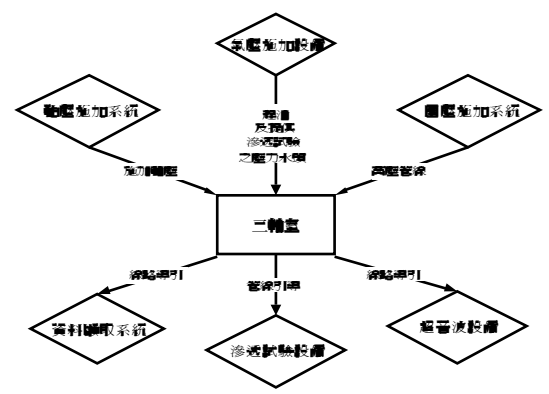
[6] Hoek, E. and Brown, E.T., "Empirical Strength Criterion for Rock Masses," *Journal of Geotechnical engineering Division, ASCE*, Vol. 106, No. GT9, pp.

1013-1035, 1980.

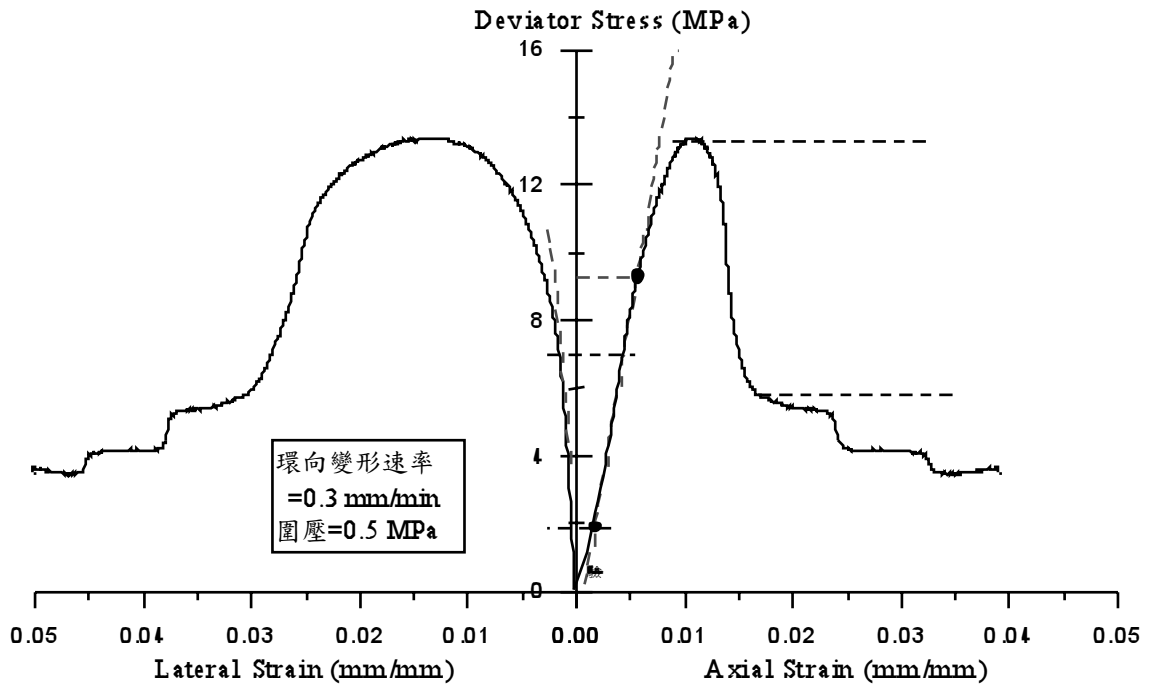
[7] 陳賀瑞，中北部地區極軟弱砂岩之物理與力學性質之初步探討，國立交通大學土木工程研究所，民國八十六年。

[8] 柳政男，軟岩多功能儀器研發與軟砂岩基本性質之探討，國立交通大學土木工程研究所，民國八十七年。

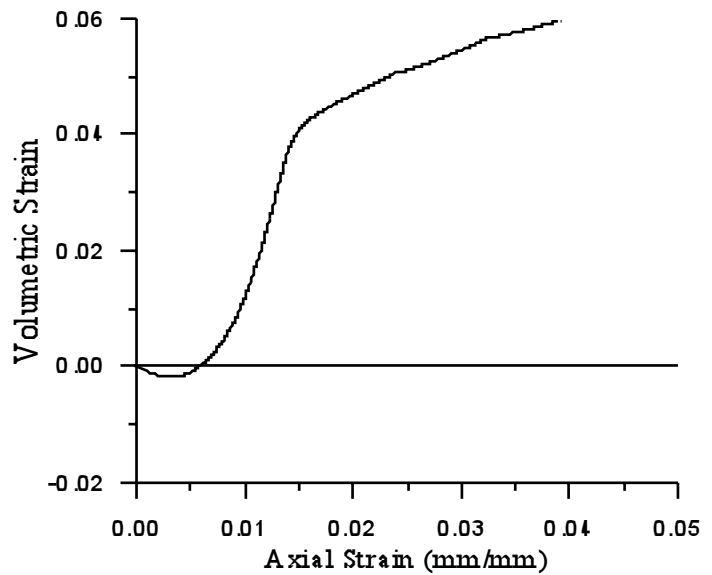
[9] 陳賀瑞及廖志中，軟弱砂岩受壓下之應力應變行為，1998岩盤工程研討會論文集，第169-179頁，新竹交通大學，民國八十七年。



圖一 軟岩用三軸室單元連結圖



- I : 裂縫閉合段
- II : 彈性段
- III : 新裂隙產生
- IV : 塑性段 (裂隙密度增加)
- V : 裂隙串連段
- VI : 殘餘階段



圖二 軟弱砂岩典型之應力-應變曲線圖