

第三章 研究方法

3.1 概述

多功能孔內試驗儀(BTD)為房正國(1999)所研發，簡慶賢(2000)加裝防水設備，雖然此儀器在本研究之前已可以施做現地試驗，但是上部孔內千斤頂試驗裝置會在傍壓儀回收時，將傍壓儀之薄膜給夾破，以及上部位移量測系統會在桿件接合處發生斷裂及彎曲，以致於多功能孔內試驗儀在施作上還有些許地方使用不便，所以本研究針對存在之缺點又進行改良，使儀器在使用上更為方便。

本儀器之系統可分為：多功能孔內試驗儀主體、量測擷取系統、動力系統。多功能孔內試驗儀主要由三個部分所主成，由上至下可分為：上部孔內千斤頂試驗裝置、中部傍壓儀放置筒及資料擷取盒，及下部平板載重試驗裝置，如圖 3.1 所示。多功能孔內試驗儀(BTD)可施做：孔內千斤頂試驗(BJT)、孔底平板載重試驗(BPLT)、鑽孔剪力試驗(BST)。平板直徑與孔內千斤頂直徑設計為 200mm。ISRM(1981)建議平板之厚度設計應為 20mm，才可達得到剛體平板之要求，因此平板厚度採用 20mm。Goodman et al. (1968)建議孔內千斤頂儀需 3 到 8 之長徑比，本試驗裝置採用長徑比為 3，因此鑽孔剪力試驗與孔壁接觸之長度為 630mm。量測擷取系統分為量測儀器系統與資料擷取系統。動力系統分為平板動力系統與鑽孔千斤系統，如圖 3.2 所示。

3.2 多功能孔內試驗儀之主體

多功能孔內試驗儀之上部為孔內千斤頂試驗裝置，內部是利用高壓傍壓儀推動四片填充板，再由填充板推動孔壁施做孔千斤頂試驗，此外在施做孔底平板載重試驗時可為反力系統。

中部為傍壓儀放置筒與資料擷取盒，傍壓儀放置筒之目的是使傍壓儀橡皮膜之中心可放至於填充板之中心，使其再推動填充版時不會造成偏心，而擷取盒的目的是保護內部之擷取卡，以及類比訊號在擷取盒內轉成數位訊號在輸出，可減少訊號的衰減及雜訊的干擾。

下部為平板千斤頂試驗之裝置，利用 300kN 之油壓千斤頂推動平板，同時推動上部千斤頂試驗裝置，進行孔內千斤頂試驗。多功能孔內試驗儀之整體系統，如圖 3.3 所示。



圖 3.1 多功能孔內試驗儀主體照片

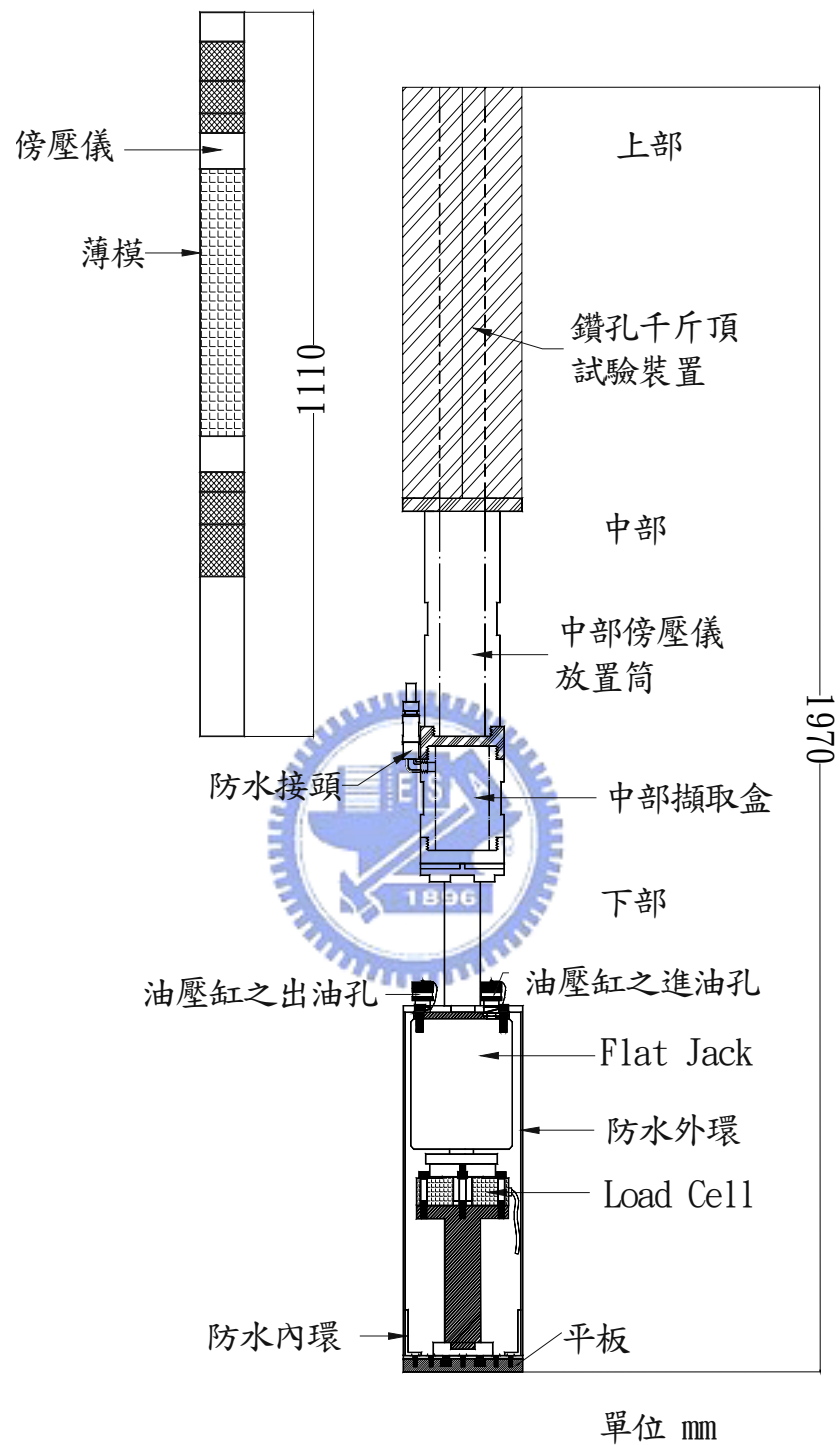


圖 3.2 多功能孔內試驗儀主體之示意圖

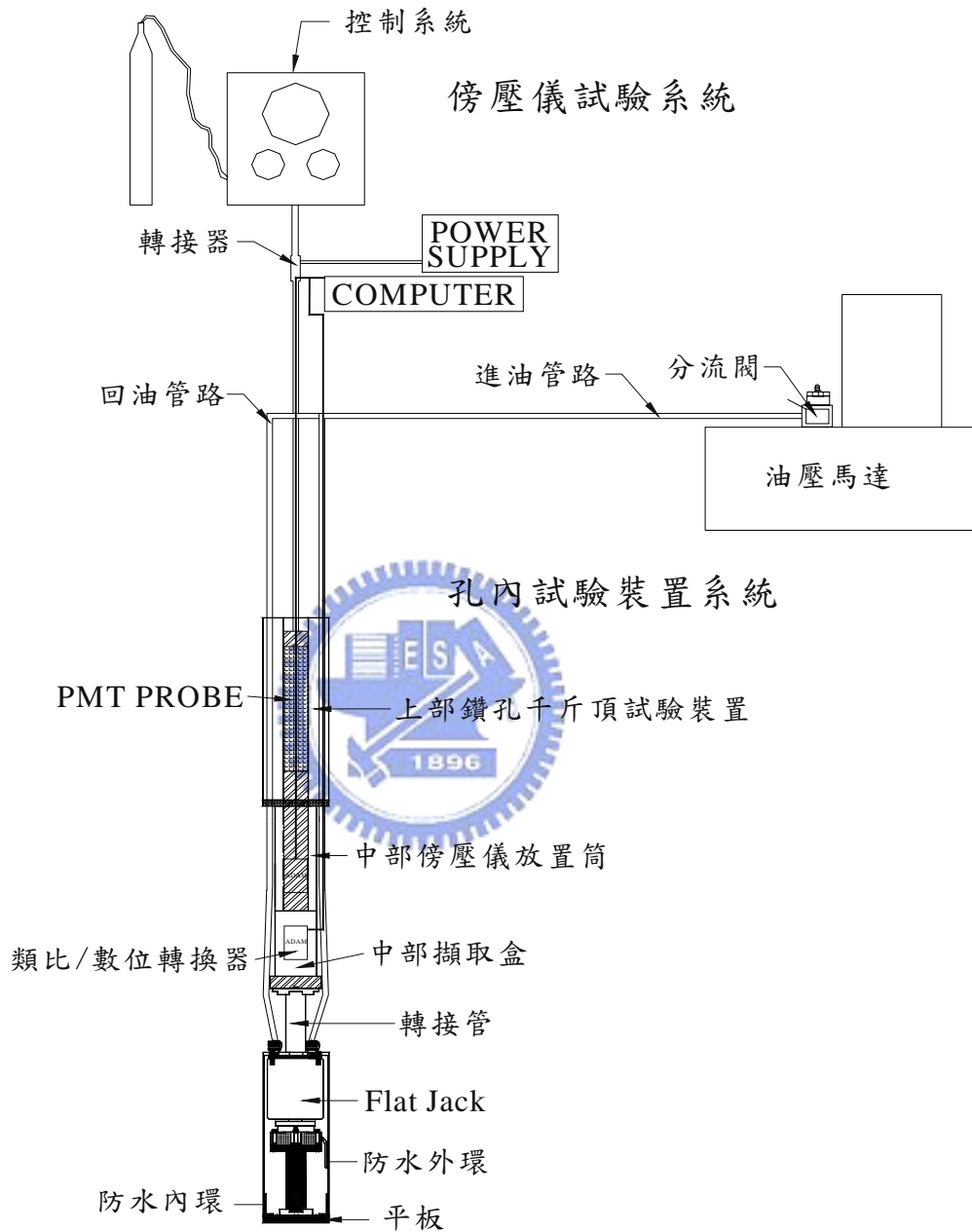


圖 3.3 多功能孔內試驗儀之整體系統

(摘自 簡慶賢,2000)

3.2.1 孔內千斤頂試驗裝置之改良

孔內千斤頂裝置可進行孔內千斤頂試驗與鑽孔剪力試驗，主體是由四塊鋁合金鋼材之填充版所構成，原有之四片填充板組立時中間留有 79mm 之孔洞，可放置外徑 74mm 之高壓傍壓儀，如圖 3.4 所示。由於孔徑相差 5mm 以導致填充板尚未接觸孔壁前傍壓儀已有過大的變形量，以及傍壓儀膨脹時薄膜會跑到填充板之空隙中，再填充板回收時會將薄膜給夾破，所以本研究將填充板裝置加以改良。

改良後之填充板組裝起來中間留有 76mm 之孔洞，如圖所示。填充板相鄰間有六條拉力彈簧，與一根鋁合金管，如圖 3.5、3.6、3.7 及 3.8 所示。拉力彈簧再填充板閉合時已給以預力，目的是在試驗完成後，可自行回復到直徑 200mm，以便於儀器可直接從孔內取出。裝置鋁合金管的目的是填充板再回收時，可使薄膜先頂到鋁合金管，避免高壓傍壓儀之橡皮膜被填充板所夾破，導致填充板無法回收，儀器無法直接從孔內取出。每塊填充板中都有一個 30mm 的孔洞，目的是為了讓底部之油壓管、吊放試驗裝置鋼索、量測系統之電源線及資料擷取之輸出線通過。

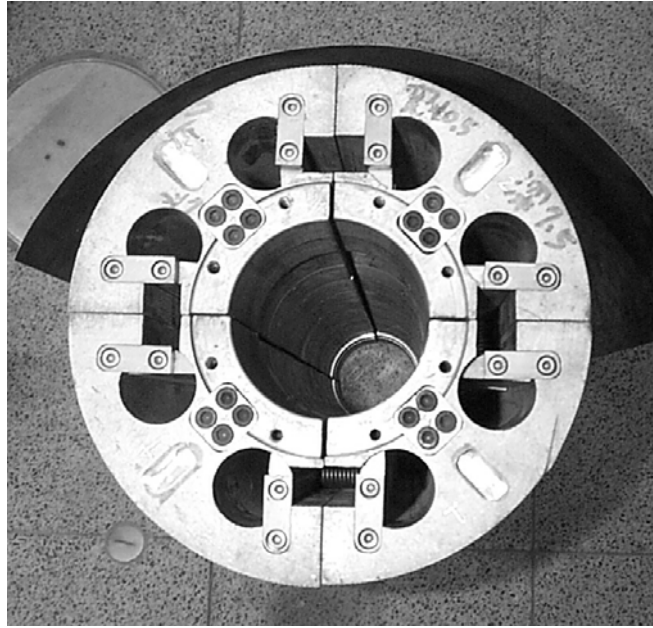


圖 3.4 改良前孔內千斤頂試驗裝置之照片
(摘自 簡慶賢,2000)



圖 3.5 改良後孔內千斤頂試驗裝置之照片

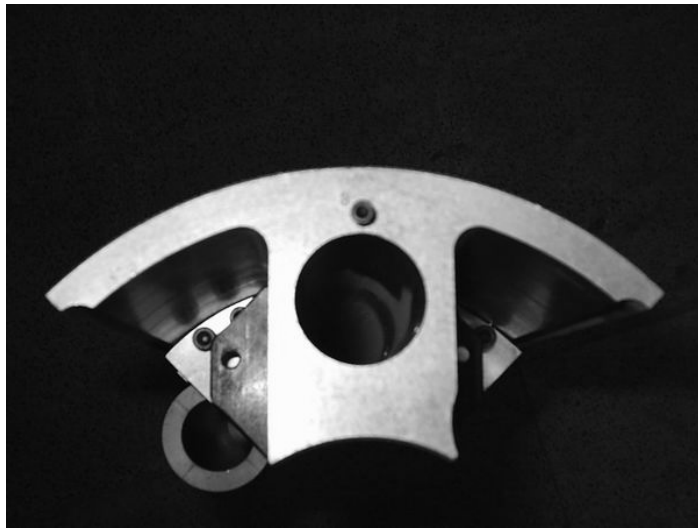


圖 3.6 填充板與鋁合金管之俯視圖



圖 3.7 填充版與鋁合金管之側視圖

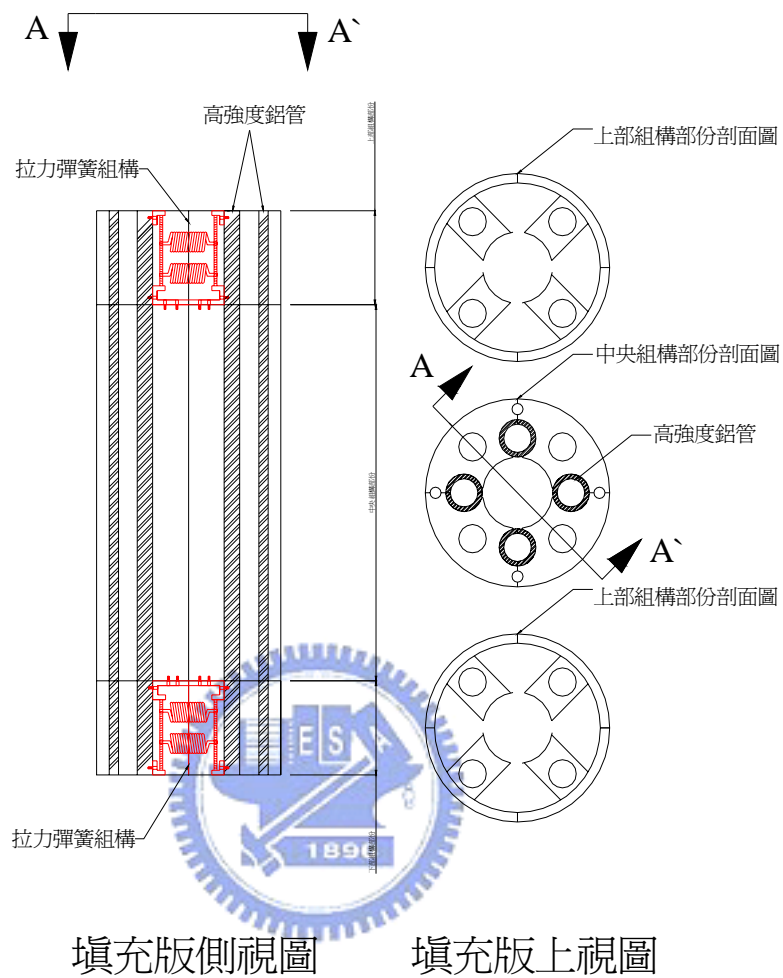


圖 3.8 填充板與鋁合金管之示意圖

3.2.2 傍壓儀放置筒與資料擷取盒

上部為傍壓儀放置筒，其長度為 365mm，如此之長度設計可以讓傍壓儀薄膜的中心點剛好位於上部四塊填充板之中央，加壓膨脹時力量才可以平衡，使四塊填充板能夠均勻的膨脹，如圖 3.9、3.10 所示。

下側為資料擷取盒用來放置研華公司(Advantech)之 ADAM-4017 之類比/數位轉換器與 ADAM-3014 之電壓放大器用來將荷重員之電壓放大至 $\pm 5V$ 。在數位訊號傳輸至地表時，還需透過 ADAM-4520 之 RS-485 與 RS-323 之轉換器，利用電腦 COM1 接頭將資料傳入電腦內，並配合 Quickbasic 之資料擷取程式，在試驗進行時可以同時立即在電腦螢幕上顯示高壓旁壓儀之內部壓力、應變臂之變形量，平板載重試驗之變形量、荷重元之荷重，以及上部填充板位移量之數值，並自動的紀錄在電腦硬碟中。



圖 3.9 傍壓儀放置筒與資料擷取盒之照片

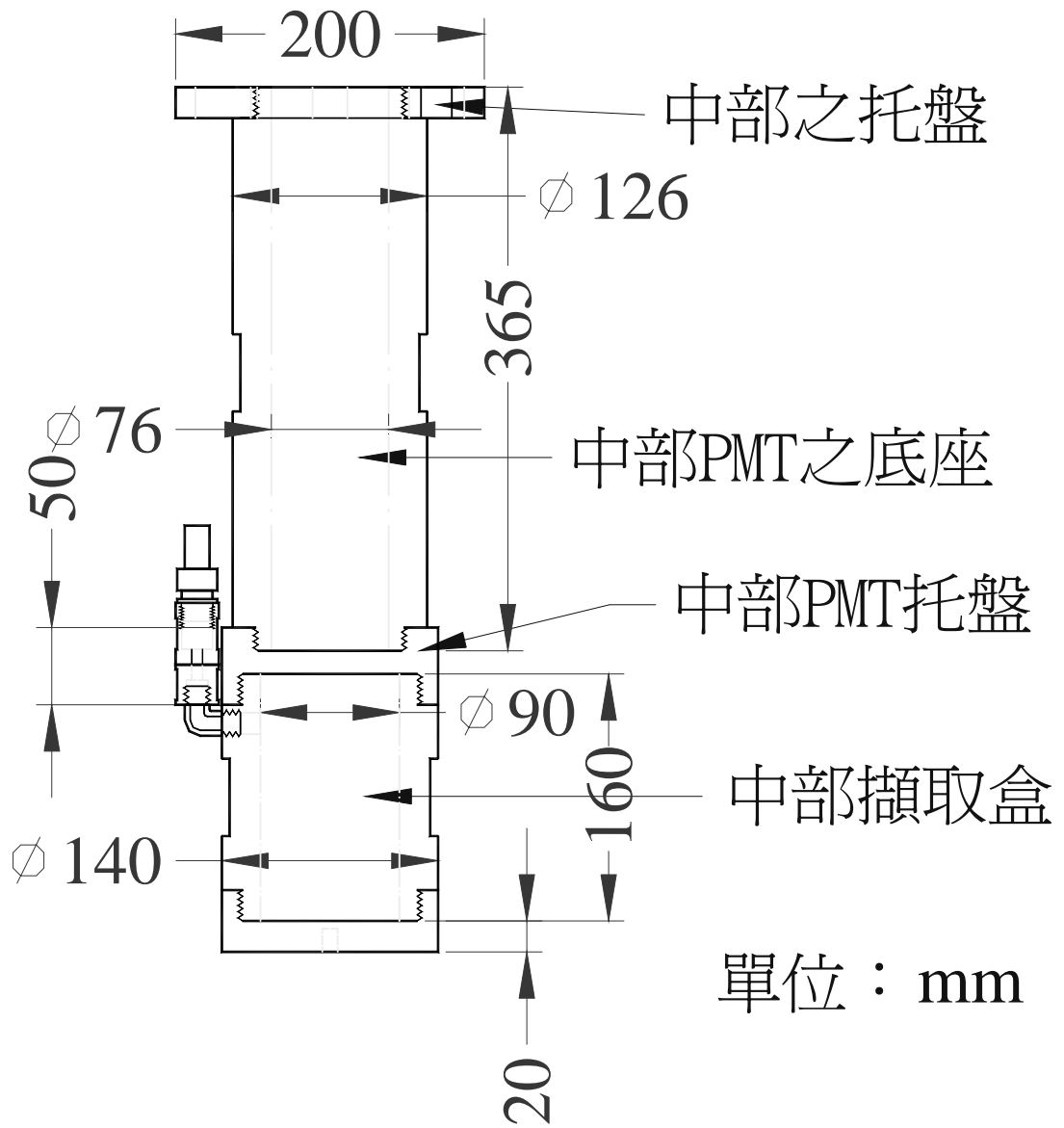


圖 3.10 傍壓儀放置筒與資料擷取盒之構造示意圖

(摘自 房正國,1999)

3.2.3 平板載重試驗裝置

平板載重試驗裝置主要包括一個平板試驗用之 300kN 千斤頂、荷重元轉接管、以及平板之基本配備。千斤頂外徑為 170mm，高度為 200mm，內部有效推動面積為 78.5cm^2 在油壓 35MPa 時推力為 300kN，此時平板作用在岩體之最大壓力為 9.55MPa；推算側壁剪力組抗之應力為 0.8MPa。考慮軟弱岩石之高變形量與潛變之機制，底部平板千斤頂之衝程為 30mm。

荷重元轉接管連接荷重元與平板，長度為 220mm，主要功能為有足夠空間可以在平板架設一隻線性位移量測器，以量測千斤頂之推進量。平板之直徑為 200mm，如圖 3.11、3.12 所示。

為了克服地下水問題，多功能孔內試驗儀在下部裝置設計有防水內、外環，在內、外環中透過 O-Ring 的安裝，將荷重元及線性位移量測器裝在裡面與水隔開，在利用轉接管將本裝置和傍壓儀放置筒與資料擷取盒連接，如圖 3.13 所示。

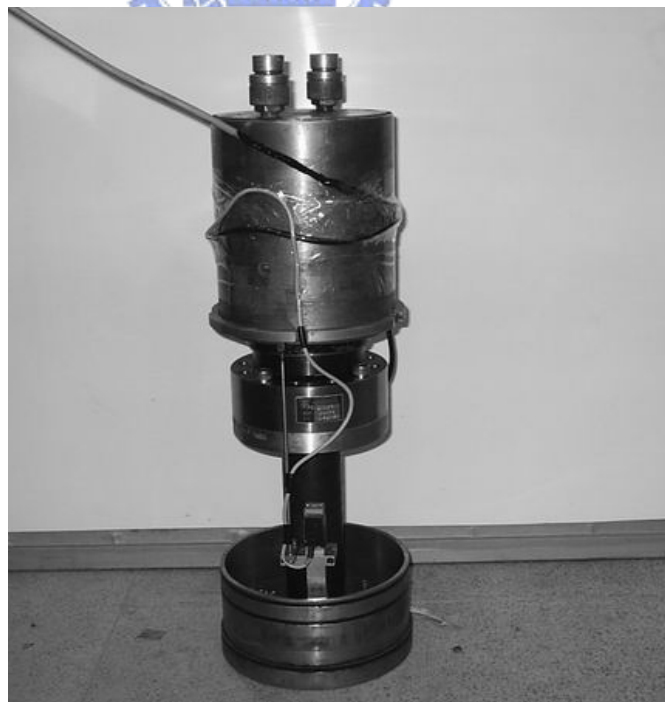


圖 3.11 平板載重試驗裝置之照片

平板千斤頂剖面圖

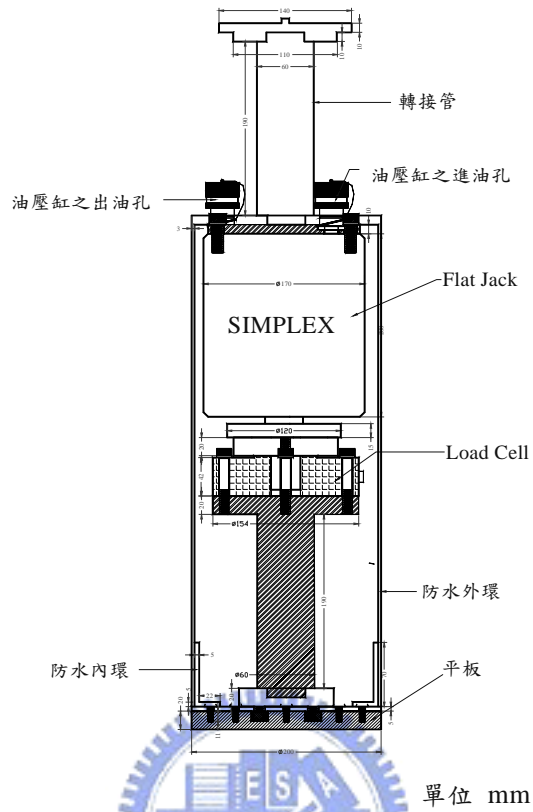


圖 3.12 平板載重裝置之構造示意圖

(摘自 簡慶賢,2000)



圖 3.13 含防水外環的平板載重試驗裝置之照片

3.3 上部位移量測系統之改良

上部位移量測系統是量測孔內千斤頂試驗填充板垂直的位移量。原有的上部位移量測系統是架設四支線性位移量測器及數根小桿件所連接而成之桿件，如圖 3.15 所示，但是在儀器吊放時常會造成桿件接縫處彎曲或斷裂，且線性位移量測器本身並沒有防水功能，若要將線性位移量測器放置孔內量測填充板之位移，在地下水位高於試驗深度時則無法施作，所以本研究針對此缺點加以改進。

改良後之上部位移量測系統將兩支線性位移量測器架設於孔外，其數小根桿件改由細線代替，一端綁在填充板上另一端綁在線性位移量測器上，如圖 3.14 所示，由於線性位移量測器上有彈簧，可提供細繩一個張力，確保量測時細繩是筆直不會彎曲。



圖 3.14 改良後上部位移量測系統

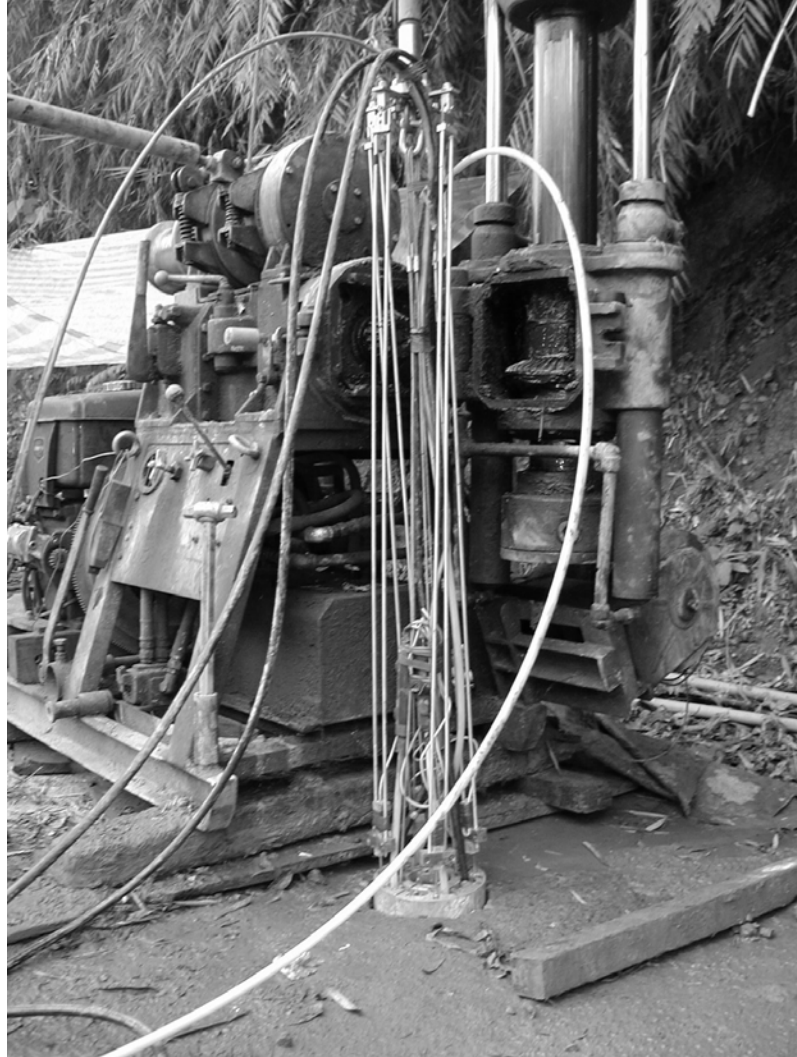


圖 3.15 改良前上部位移量測系統

3.4 量測及擷取系統

包括量測儀器系統與資料擷取系統。量測儀器系統皆是採用電子式量測儀器。可以將物理量轉成電壓送至資料擷取系統，將資料自動紀錄。資料擷取系統裝於試驗裝置內部，此裝置可以在地表下擷取到資料立即由類比訊號轉換成數位訊號，以減少類比訊號在傳輸時受到雜訊或本身的訊號衰減現象，而影響資料擷取之誤差。

3.4.1 量測儀器系統

此儀器所包含的量測儀器系統有：200kN 的荷重元、量測範圍 50mm 之線性位移量測器、壓力轉換器、應變臂。

200kN 之荷重元位在平板載重試驗裝置中，目的是為了量測孔底平板載重試驗及鑽孔剪力試驗之荷重，如圖 3.16 所示。

量測範圍 50mm 之線性位移量測器，如圖 3.17 所示。上部鑽孔剪力試驗架設兩支，量測鑽孔剪力試驗時填充板的垂直位移，得到鑽孔剪力試驗之位移量。平板載重試驗裝置架設一支，利用鋼環將線性量測器固定於底部千斤頂上，量測底部千斤頂的推進量。

高壓傍壓儀內部之量測系統，包括壓力轉換器與應變臂，壓力轉換器可以讀取傍壓儀內之壓力值，應變臂不僅可以量測鑽孔剪力試驗之徑向變形量，還可以推算施作孔內千斤頂試驗時，傍壓儀與四片填充板接觸情況，兩者之量測精度對於鑽孔剪力試驗而言，皆可達到彈性變形範圍內之量測，如圖 3.18、3.19 所示。



圖 3.16 200kN 荷重元之照片



圖 3.17 50mm 線性位移量測荷器之照片

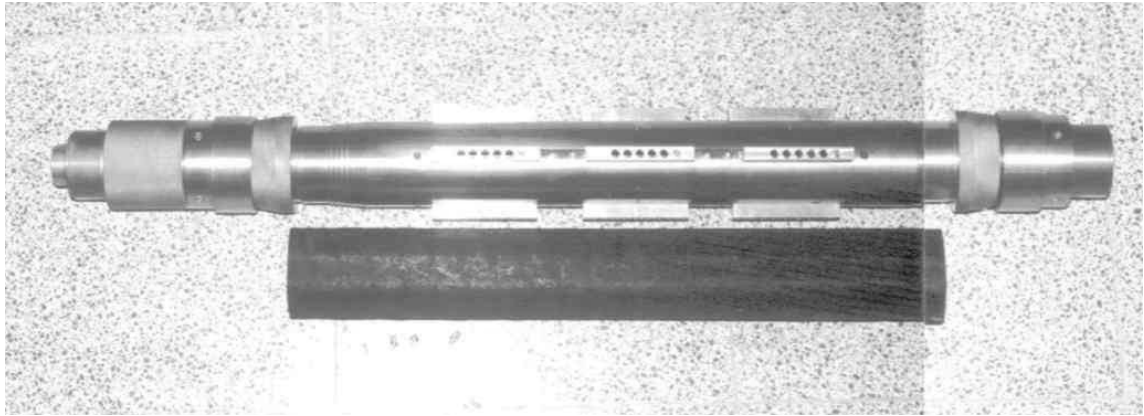


圖 3.18 高壓傍壓儀組裝圖
 (摘自 鄭孟雄, 1999)

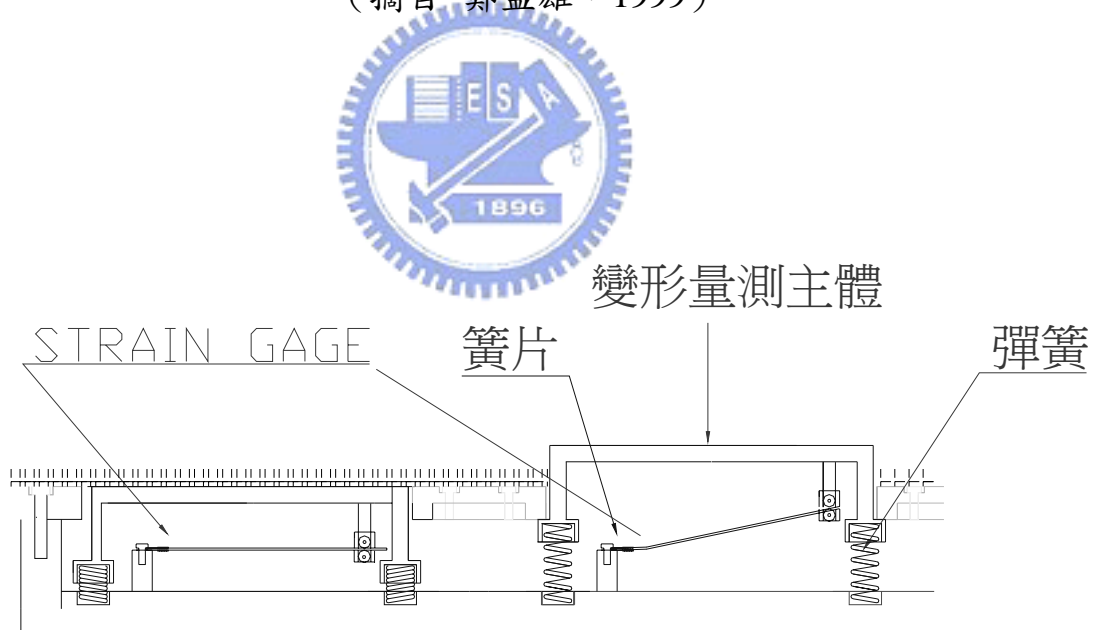


圖 3.19 高壓傍壓儀應變臂之示意圖
 (摘自 鄭孟雄, 1999)

3.4.2 資料擷取系統

安置在試驗儀器內部，可以將電壓之類比訊號轉換成可被電腦讀取之數位訊號，以避免在鑽孔內試驗時量測儀器之電壓直接傳送至地表，受到雜訊干擾及電壓衰減問題。採用研華公司製作之 ADAM-4017 類比/數位轉換器，讀取精度為 16bit，共有 8 個電壓輸出端，以及一個 ADAM-3014 之放大器，將荷重元所接收的訊號放大，如圖 3.20 所示。在利用電線將 RS-485 數位訊號傳送到地表，透過 ADAM-4520 將工業用之 RS-485 訊號轉成個人電腦用之 RS-232 訊號，將電纜線接在電腦之 COM1 上，撰寫 Quickbasic 程式將資料記錄起來，並且立刻顯示於電腦螢幕上，以便了解試驗時之狀況。



圖 3.20 資料擷取設備（左為 ADAM-4017，右為 ADAM-3014）

（摘自 房正國，1999）

3.5 動力系統

孔內千斤頂試驗之動力來源為可以依照軟岩之強度，配合使用氣壓或由壓兩用之高壓傍壓儀裝置，平板載重試驗之動力來源為 70MPa 之油壓機與 300kN 之油壓缸，此系統也是孔內千斤頂試驗之推力來源。

3.5.1 孔內千斤頂之壓力系統

高壓傍壓儀系統由鄭孟雄等人（1999）研發而成。氣壓最大可達 10MPa，油壓最大可達 25MPa，其利用六個應變臂讀取傍壓管上、中、下三層個 90 度方向之變形量，套上橡皮模後之外徑為 76mm，量測範圍達徑向變形量 20mm，孔內千斤頂應變量為 10%，量測的精度可達 3×10^{-4} mm。

3.5.2 平板載重動力系統

包括一個可受壓 70MPa 推力達 300kN、揚程 25mm 之千斤頂，兩條 30m 長兩端為快速接頭之油壓管，以及一台可加壓到 100MPa 的油壓機，試驗時可利用調壓閥來達到穩定壓力，進行多階段加載，油壓機及千斤頂各有兩個油壓進出口，可以在試驗完畢後直接將平板給收回，如圖 3.21 所示。



圖 3.21 平板載重動力系統之照片

（摘自 房正國，1999）