

第四章 試體製作

本研究主要針對岩鎖基樁側壁剪力阻抗的行為做探討，以固定正向勁度直剪試驗來模擬基樁受荷重下與軟岩界面的行為。其界面為混凝土與軟岩的界面。可是當現地在澆置混凝土時，與軟岩直接接觸的界面部分(圖 4-1)，應當是細顆粒的材料比較多，如:水泥與砂，因此假設岩鎖基樁與軟岩界面可以簡化為水泥砂漿與軟岩的界面來模擬其行為。

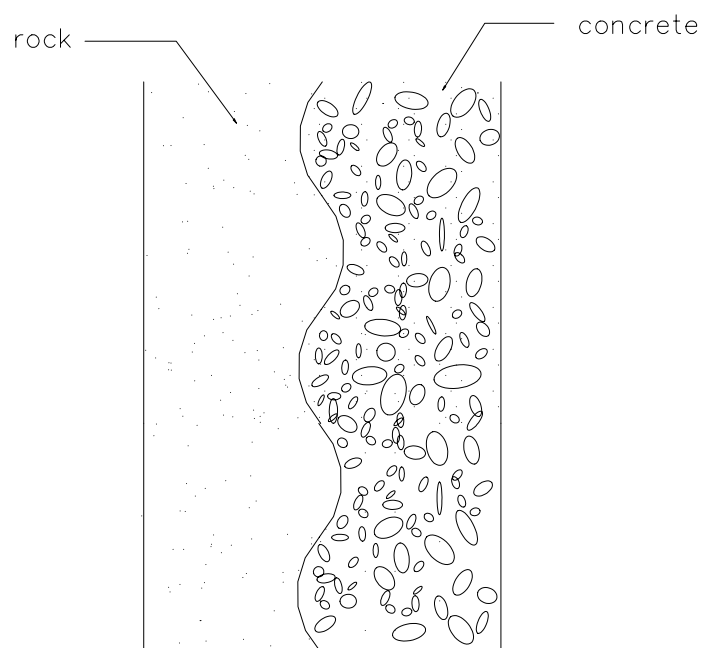


圖 4-1 岩石與混凝土界面示意圖

本章先對於試體來源與試體製作過程作說明，並對於試驗所採用材料(天然砂岩、人造膠結不良岩、水泥砂漿與石膏)性質與勁度做比

較。本研究以兩種不同製作方法之膠結不良砂岩-水泥砂漿界面直剪試體：

1.現地取樣(block)之天然砂岩試體，製作界面粗糙度後，將水泥砂漿直接澆置於天然軟岩試體之上，試體界面具有與混凝土之間的化學膠結作用產生之凝聚力，整體行為較為複雜。

2.現地取樣後將岩塊敲碎後，製作人造砂岩試體(人造軟岩製作過程與方法參考劉英助(2002))，再於人造砂岩界面上製作粗糙度。水泥砂漿界面試體採取另外分離製作，不直接澆置於人造砂岩界面上，使水泥砂漿-人造砂岩界面沒有化學膠結作用產生之凝聚力，整體行為較為單純。



4.1 水泥砂漿-天然砂岩膠結界面試體製作

4.1.1 天然砂岩試體來源

本研究之軟岩試體來源為新竹寶山第二水庫右側壩墩的天然塊狀砂岩試體(圖 4-2)，本區位於風化層下方約 2~3m的位置的新鮮岩盤，採用挖土機明挖的方式開挖，開挖起的塊狀試體放於貨車上並以纜索固定，周圍空隙以泡棉填充，以減少載運過程中的晃動。塊狀試體搬運至試驗室時以天車緩慢吊放，並切割至需要的大小(約略為 $40*40*30\text{cm}^3$)，搬運至通風良好的地下室存放。此地區的砂岩通常具有固結差、膠結不良、遇水極易軟化的特性，將取回之塊狀砂岩試體

鑽心取樣其單壓強度約為 1.1MPa，但是若取回存放至試驗前時間過長，試體易因為風化而導致強度大幅減小，無法準確表現現地行為。因此後來取用天然軟岩重模之人造砂岩試體，單壓強度約為 1.8MPa。



(a) 挖兩道深溝

(b) 橫向挖取岩塊



(c) 鏟起所需岩塊

(d) 岩塊放置於卡車上

圖 4-2 天然砂岩塊體取樣過程

4.1.2 水泥砂漿-天然砂岩膠結界面試體製作

1. 圖 4-3(a)，利用線鋸將軟岩切割成界面試體的大小，長約 25cm，寬約 10cm，高度約 8cm。然後將軟岩置於內邊長 300mm x 300mm x 150mm 的下盒模具中，先澆置石膏將砂岩試體定位，石膏與水的重量比為 2：1。
2. 圖 4-3(b)，將粗糙度模板(圖 4-4)固定在下盒模具的兩邊，利用線鋸和粗糙度模板來修整製作軟岩上之粗糙度，試體粗糙度分為水平，規則三角形 10 度與規則三角形 20 度三種(圖 4-5)，每個節瘤高為 7mm，剪動面寬度為 100mm，長度則因粗糙度不同分別為 250mm、238mm 與 231mm，因此剪動面面積界於 $231\text{cm}^2 \sim 250\text{cm}^2$ 之間。圖 4-3(c)，然後在放上高度為 10mm 的夾具(利用夾具和試體盒兩邊預留孔洞以插入圓桿使上下盒模具定位)預留剪動面高度。
3. 圖 4-3(d)，組裝上盒模具，在粗糙面上直接澆置水泥砂漿(重量比為砂：水泥：水= 3.5：1：0.75，水灰比為 0.75)，完成直剪試體。
圖 4-6，試體為 300mm x 300mm x 310mm，每一顆試體中間皆留有一固定 10mm 的縫隙做為受剪面；試體的平均重量約為 54kg。



(a) 將天然軟岩切割適當大小

(b) 製作試體粗糙度界面(20°)



(c) 置放夾具預留受剪面

(d) 澆置水泥砂漿

圖 4-3 水泥砂漿-天然砂岩膠結界面直剪試體製作過程



圖 4-4 粗糙度模板(20°)

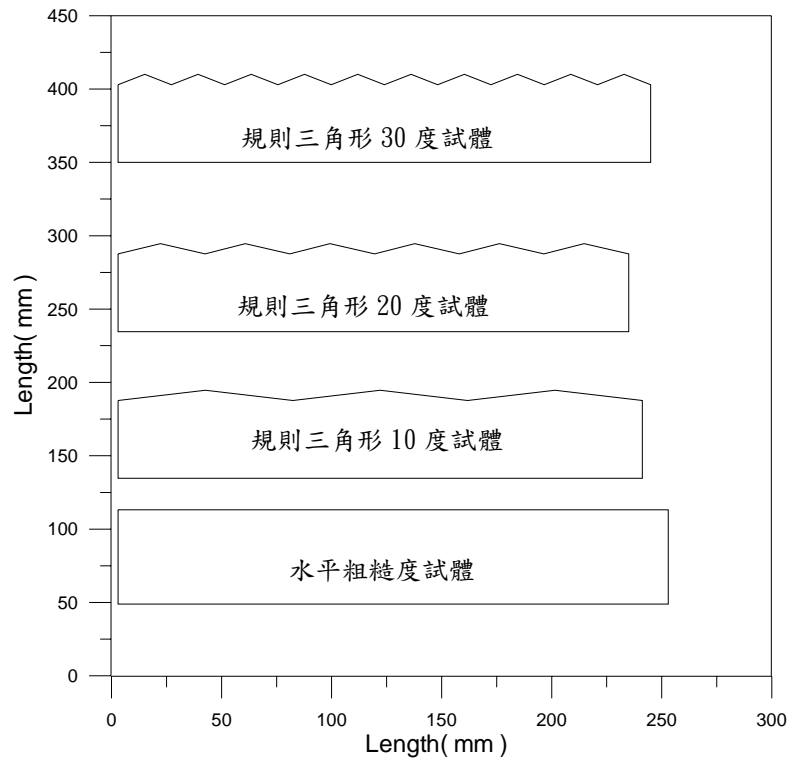


圖 4-5 試體粗糙度示意圖

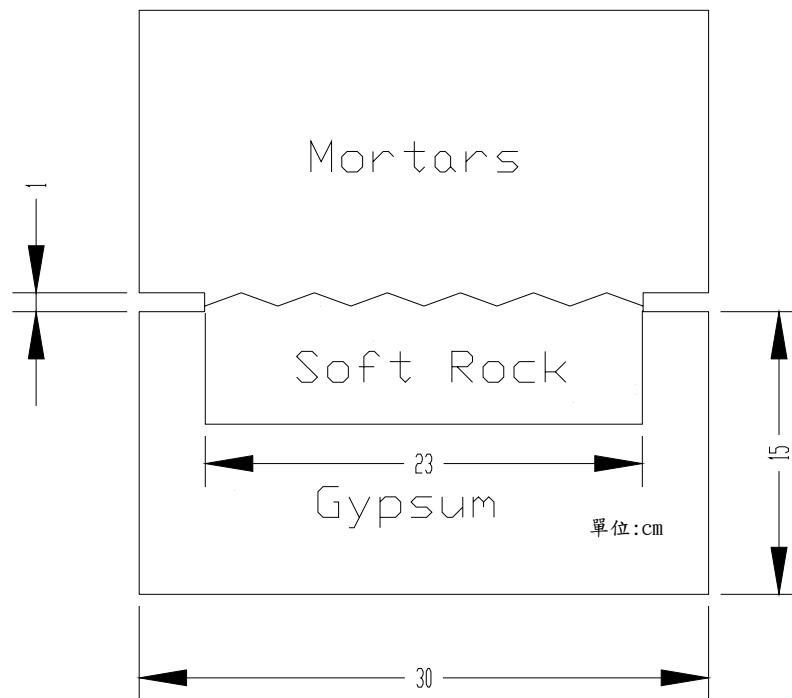


圖 4-6 天然砂岩-水泥砂漿界面直剪試體示意圖

4.2 水泥砂漿-人造軟岩界面試體製作

4.2.1 人造砂岩試體來源

人造砂岩試體製作過程參考劉英助(2002)製作方法，人造軟岩試體來源為將新竹寶山第二水庫右側壩墩的砂岩塊體，取回試驗室後進一步敲碎成岩屑，取通過 30 號篩之粒料作為主要原料，再以 200 號篩溼篩方式將粗細粒料分離，以 1 : 1 比例與水溶液調配，細粒料水溶液重量約占總粒料重的 26%，再將拌好之粒料注入模具中，試體壓密最大荷重 250 噸，最高壓密應力為 138.89kg/cm^2 ，最大荷重壓密時間 5 天，拆模後氣乾時間 3 週以上(圖 4-7)。



圖 4-7 人造軟岩試體

4.2.2 水泥砂漿-人造砂岩界面試體製作

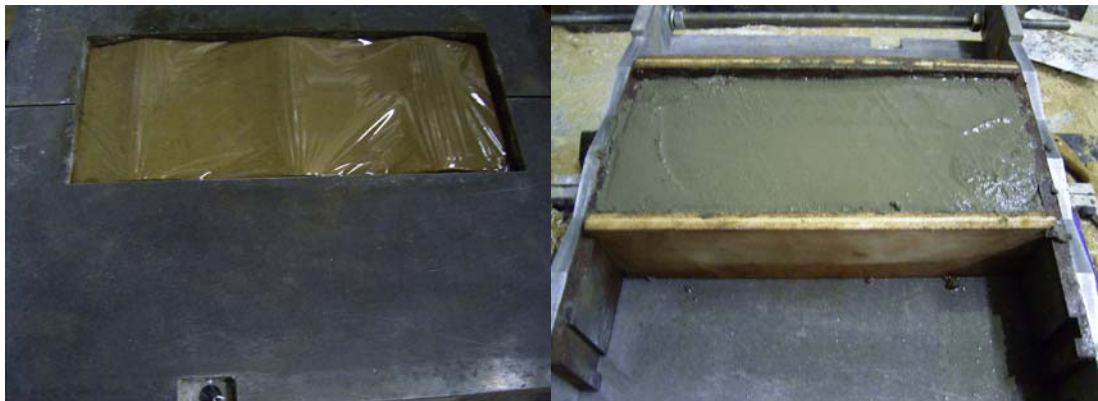
- 1.圖 4-8(a)，利用線鋸將軟岩切割成界面試體的大小，長度約 25cm，寬度約 10cm，高度約 8cm。將軟岩置於內邊長 300mm x 300mm x 150mm 的下盒模具中，澆置石膏將砂岩試體定位，石膏與水的重量比為 2：1。
- 2.圖 4-8(b)，將粗糙度模板固定在下盒模具的兩邊，利用線鋸和粗糙度模板來修整製作軟岩上之粗糙度，試體粗糙度分為規則三角形 10 度、規則三角形 20 度與規則三角形 30 度三種(圖 4-5)，每個節瘤高為 7mm，剪動面寬度為 100mm，長度則因粗糙度不同分別為 238mm、231mm 與 242mm，因此剪動面之面積界於 $231\text{cm}^2 \sim 242\text{cm}^2$ 。然後放上高度為 10mm 的夾具(利用夾具和試體盒兩邊預留孔洞以插入圓桿使上下盒模具定位)預留剪動面高度。
- 3.圖 4-8(c)，利用原先粗糙度製作完成的砂岩界面當做水泥砂漿界面試體粗糙度製作的下模板，於水泥砂漿界面上放置保鮮膜(避免水泥砂漿-人造砂岩界面有化學膠結作用，使行為過於複雜)，並組裝水泥砂漿試體模具，將水泥砂漿(重量比為砂：水泥：水=3.5：1：0.75，水灰比為 0.75)注入模具中。
- 4.圖 4-8(e)，等待 24 小時後，水泥砂漿界面試體製作完成，再將界面上的保鮮膜移除，組裝上盒模具，於人造砂岩界面上放置水泥砂漿

試體，並澆置石膏於上盒模具內完成直剪試體。圖 4-9，試體中間留有一固定 10mm 的縫隙做為受剪面；試體平均重量約為 48kg。



(a)軟岩放入下模定位

(b)製作粗糙度界面(30°)



(c)界面上先放置保鮮膜

(d)製作水泥砂漿界面過程



(e)水泥砂漿界面製作完成

(f)大型直剪試體完成

圖 4-8 水泥砂漿-人造砂岩界面試體製作過程

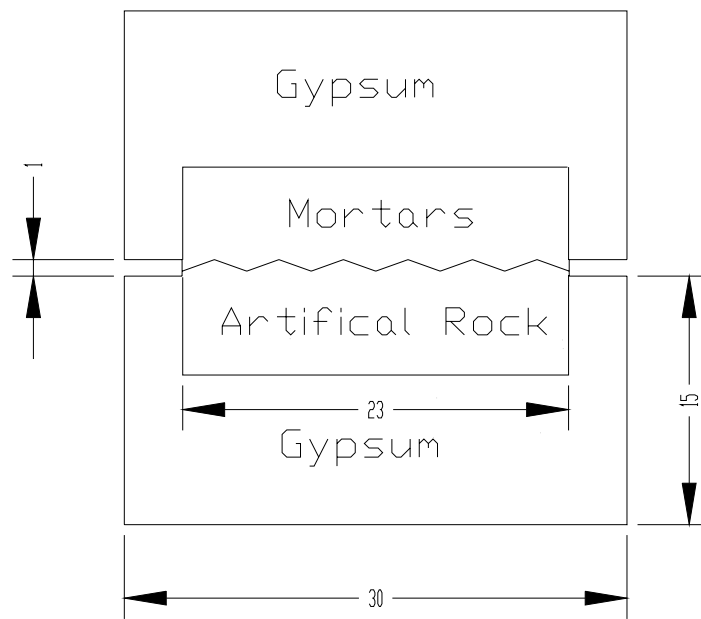


圖 4-9 水泥砂漿-人造砂岩界面直剪試體示意圖

4.3 材料性質

本研究對於所採用的模擬材料(天然砂岩、人造砂岩、石膏與水泥砂漿)進行單壓強度試驗，求取應力-應變曲線(圖 4-11~圖 4-14)，得到材料的正向勁度大小(表 4-1)。材料試體直徑為 52mm、高度 140mm(圖 4-10)，採用應變控制，速率為 0.01mm/sec。

天然砂岩在現地取回塊體(block sample)後直接鑽心取樣，強度為 1.15MPa，然而試體因為放置到試驗之前時間過長且保存不易以致於風化嚴重，於直剪試驗後，將直剪試體內的軟岩再次鑽心取樣，岩體本身因為直剪試驗的關係，表面已有微裂縫產生，因此單壓強度只有 0.18MPa，前後單壓強度差異頗大。天然砂岩界面於試體製作時，採

取水泥砂漿直接澆置，因此界面所要考慮的因素還包含水泥砂漿與天然軟岩的化學膠結作用，理論上，化學膠結作用所產生的凝聚力對於剪力強度的增加有一定的貢獻，但是相對使剪動時界面的摩擦力與剪脹行為過於複雜。因此，之後採用人造砂岩，其單壓強度為 1.8MPa，並且於試體製作過程，改採水泥砂漿試體與砂岩界面先分離製作，使界面少了化學膠結作用的影響，受剪時行為較為單純。人造軟岩之三軸實驗結果，人造砂岩試體於乾燥下 c 值(凝聚力)為 0.54MPa， ψ 值(尖峰強度磨擦角)為 45° ， ν 值(包生比)為 0.27，飽和人造砂岩試體(B Check 值為 0.85)之 E 值(楊氏模數)為 180-220MPa。現地孔內千斤頂試驗所得之 G 值為 20-100MPa，假設波松比 ν 為 0.25，則現地 E 值為 $2(1+\nu)G$ ， E 值範圍介於 50-250MPa 之間。水泥砂漿的配比(重量比)為砂:水泥:水=3.5 : 1 : 0.75，水灰比為 0.75，單壓強度 20MPa。石膏單壓強度為 8.8MPa 大於人造砂岩之單壓強度，正向勁度與人造軟岩接近，可確保試體在剪動過程中，因水平應力或正向應力造成石膏先發生破壞。由混凝土-人造砂岩界面試體壓縮曲線(圖 5-33~圖 5-37)可以得知，界面勁度約介於 300-500kPa/mm 之間，而石膏與水泥砂漿勁度大小相對於試體界面勁度大上許多，因此石膏(填充材)與水泥砂漿厚度大小(圖 4-6 與圖 4-9)在一定的範圍內對於試驗結果的影響並不大。



(a)石膏單壓試體

(b)水泥砂漿單壓試體

圖 4-10 單壓試體

表 4-1 材料單壓試驗結果(直徑 52mm，高度 140mm)

| | 天然砂岩 | 人造砂岩 | 水泥砂漿 | 石膏 |
|------------------|----------------|------|------|------|
| 單壓強度 (MPa) | 1.15 (0.18) | 1.8 | 20 | 8.8 |
| 正向勁度 (kPa/mm) | 846 (346) | 2022 | 3306 | 2005 |

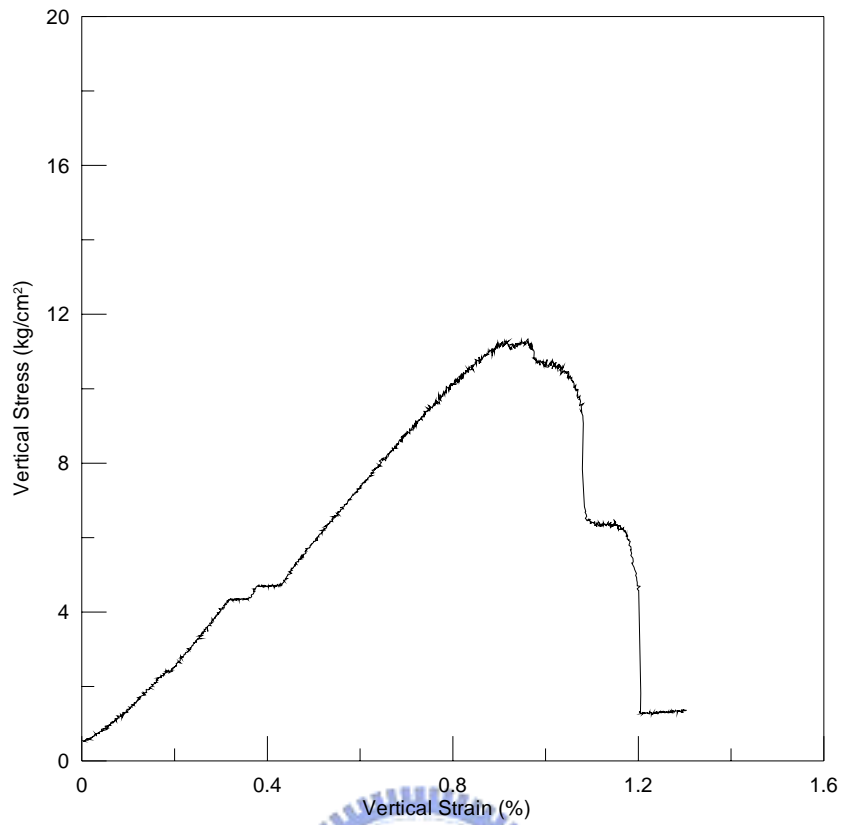


圖 4-11 天然砂岩單壓強度曲線

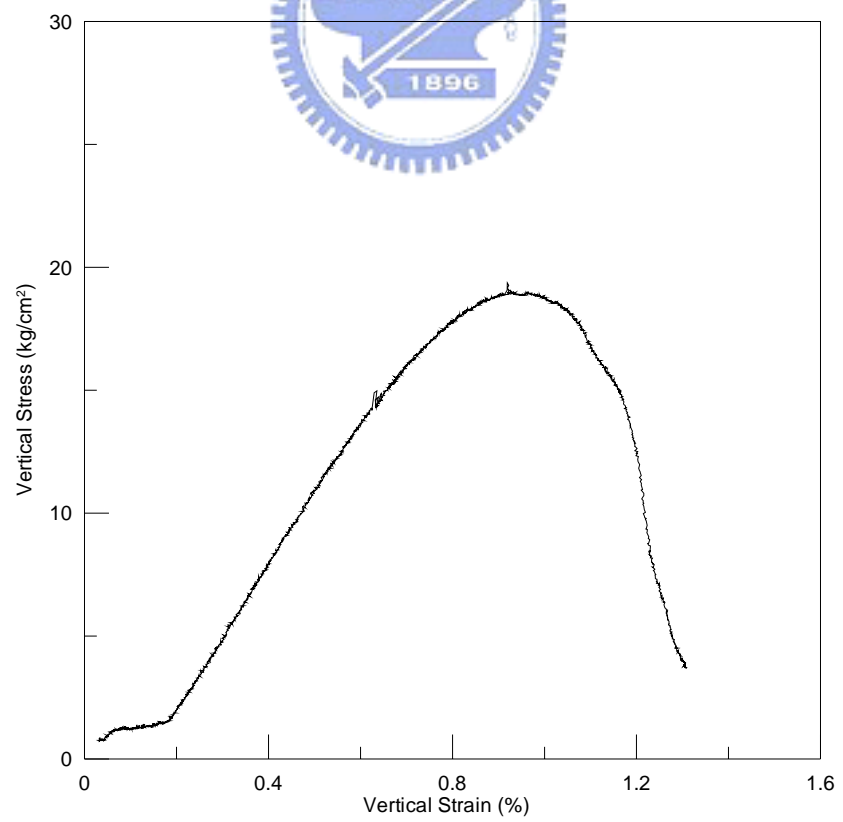


圖 4-12 人造砂岩單壓強度曲線

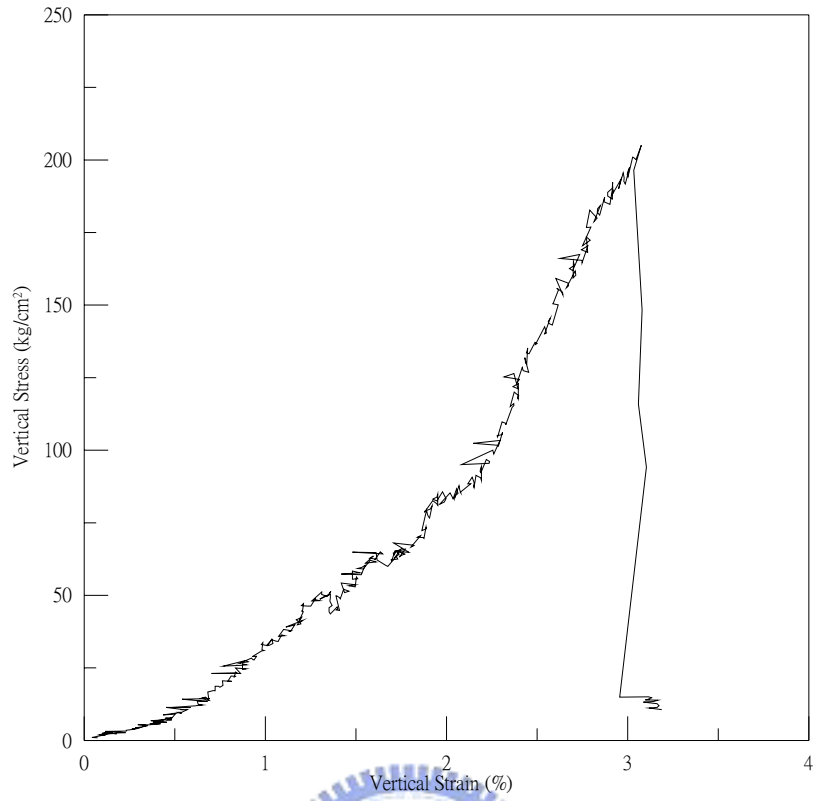


圖 4-13 水泥砂漿應力-應變曲線

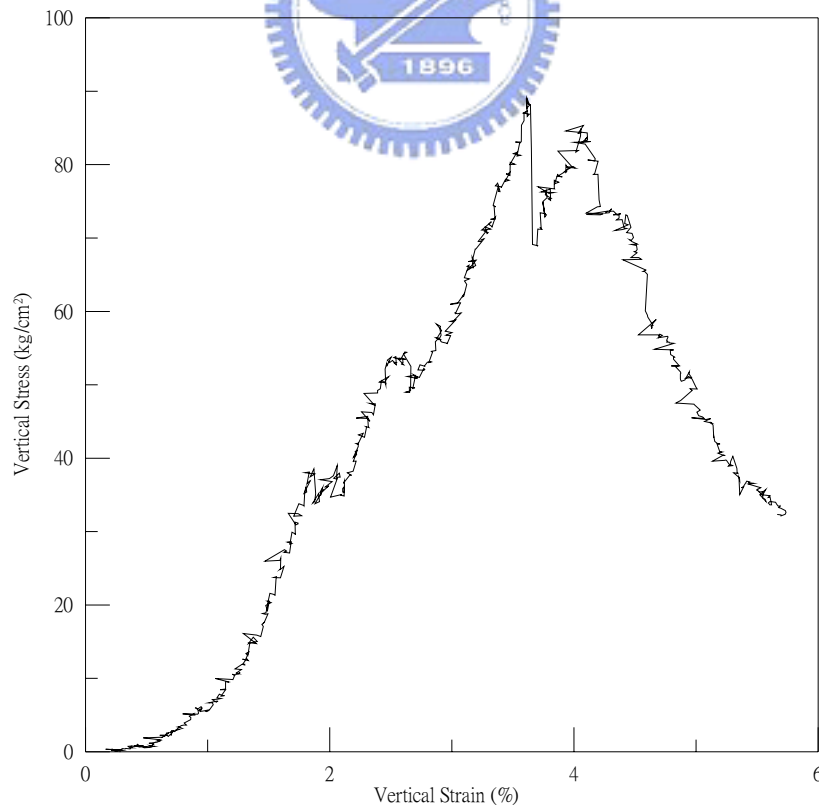


圖 4-14 石膏應力-應變曲線