

第七章 試驗結果與分析

7.1 現地試驗

本研究實際於現地進行多組孔內試驗，試驗場址為寶二水庫停車場預定地，利用多功能孔內試驗儀施做孔內試驗，在施作前先鑽孔取樣，並取回施作室內試驗，以便分析實驗室試驗的結果與現地試驗結果之差異。試驗材料為軟弱砂岩厚度約為 5m，此區域地層走向為 N48°E，傾角為 29°，傾角方向為東南方向。試驗孔數為三孔，每孔施作兩次試驗，試驗編號、試驗孔號、試驗種類及試驗深度如表 7.1 所示。

表 7.1 試驗編號、孔號、種類、深度

試驗種類	試驗編號	試驗孔號	試驗深度 (m)
孔內千斤頂	0420J	B-1	0.5~1.1
孔內千斤頂	0423J	B-1	3.5~4.1
孔內千斤頂	0426J	B-2	0.5~1.1
孔內千斤頂	0428J	B-2	3.5~4.1
孔內千斤頂	0429J	B-3	0.5~1.1
孔內千斤頂	0430J	B-3	3.5~4.1
鑽孔剪力試驗	0423S	B-1	3.5~4.1
鑽孔剪力試驗	0426S	B-2	0.5~1.1
鑽孔剪力試驗	0428S	B-2	3.5~4.1
鑽孔剪力試驗	0429S	B-3	0.5~1.1
鑽孔剪力試驗	0430S	B-3	3.5~4.1
孔底平板載重試驗	0423P	B-1	5.5
孔底平板載重試驗	0426P	B-2	2.5
孔底平板載重試驗	0428P	B-2	5.5
孔底平板載重試驗	0429P	B-3	2.5
孔底平板載重試驗	0430P	B-3	5.5

7.2 孔內千斤頂試驗結果

孔內千斤頂的解析方式可使用擴孔理論的方式解析，但是在使用擴孔理論分析前，必須先將應力-應變曲線上的應力先給予修正，其修正的項目包括了：

- 1.內部壓力效能修正因子 0.24，此修正因子是將傍壓儀內部壓力，修正為孔壁實際上所受到的壓力。
- 2.差異因子 0.85，此因子是修正孔內千斤頂與擴孔理論實際上在邊界條件及受力狀況之間的差異。

圖 7.1 及圖 7.2 為 0423J 孔內千斤頂試驗之應力-應變曲線，圖 7.1 為走向方向，圖 7.2 為傾方向角，由於在鑽孔過程中孔徑的尺寸已經大於儀器尺寸約 10mm，所以實際可量測的範圍為 2~3mm，所以量測的應力-應變曲線範圍皆在線性段。

由結果可知孔內千斤頂試驗的 G_0 會比 G_{ur} 來的小， $G_0/G_{ur}=0.3\sim 0.65$ 之間，且在不同壓力狀況下做解壓-再壓，所得到的 G_{ur} 也會有所同，造成此現象發生的原因，是在壓力愈大的情形下會使裂隙閉合，所以在壓力愈大的情況下 G_{ur} 會比壓力小的 G_{ur} 來的大。且由每一組試驗的結果得到一個趨勢，在走向方向的剪力模數 G 皆會比傾向方向來的小，在 G_0 部分平均約小了 22%，而 G_{ur} 平均約小了 32%，由此證明了多功孔內試驗儀可以探討異向性的行為。表 7.2 為全部孔內千斤頂的試驗結果，其試驗之應力-應變關係見附錄-A。

表 7.2 孔內千斤頂試驗結果

NO.	方向	Go (MPa)	Gur1(MPa)	Gur2(MPa)	Gur3(MPa)
0420J	走向	10	27	28	--
	傾向	11	40	48	--
0423J	走向	26	43	73	77
	傾向	34	60	77	77
0426J	走向	17	37	62	100
	傾向	18	45	120	88
0428J	走向	11	21	26	--
	傾向	14	32	40	--
0429J	走向	12	28	39	--
	傾向	16	36	43	--
0430J	走向	10	18	26	--
	傾向	20	36	43	--

註：--表示無施作試驗

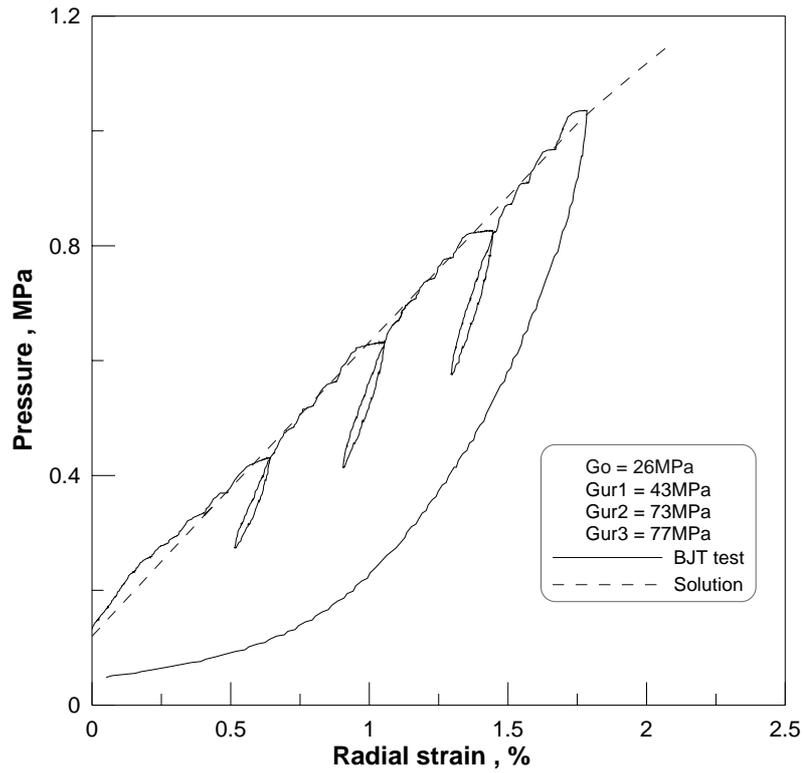


圖 7.1 試驗編號 0423J 走向方向的應力-應變圖

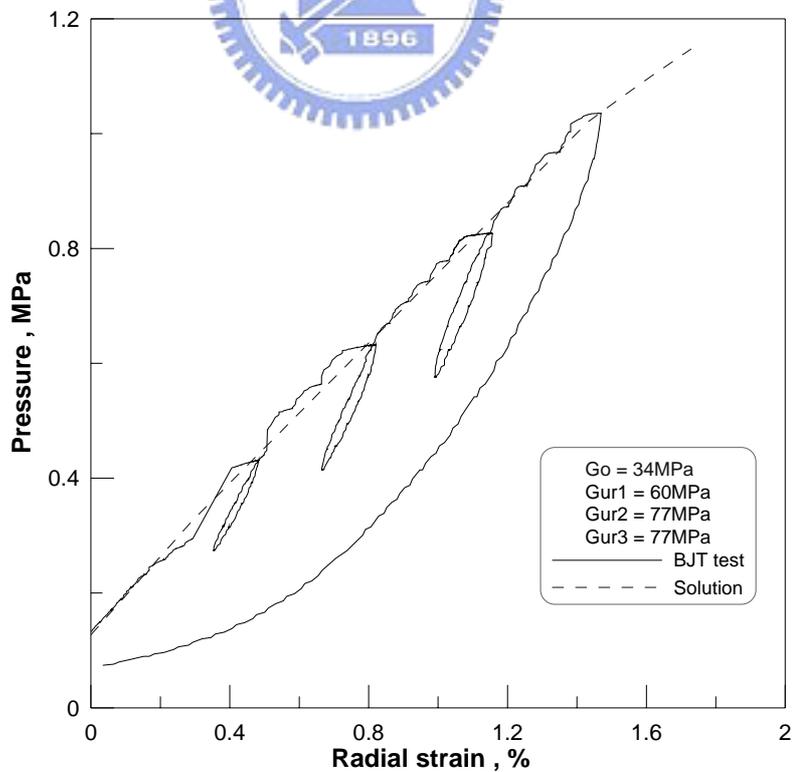


圖 7.2 試驗編號 0423J 傾向方向的應力-應變圖

7.3 孔內剪力試驗與孔底平板載重試驗結果

由於當孔內千斤頂向外頂時，可以提供孔壁一個正向力，在底部千斤頂向下伸長時，可以提供一個推力。在鑽孔千斤頂四塊填充板尚未滑動前可以提供孔底平板載重試驗所需之反力，當填充板反力不足開始滑動時，底部千斤頂可視為孔內剪力試驗的推力，因此孔內千斤頂試及孔底平板載重的應力-應變是互相影響的，所以再此將兩個試驗結果放在一起討論之。

孔內千斤頂試驗可以提供一個作用在孔壁上的正向力，孔壁上作用的壓力可以藉由傍壓儀內部之壓力計量測到傍壓儀內部之壓力，此壓力必須乘上內部壓力修正因子，才是孔壁實際上所作用之正向力。當孔底千斤頂伸張時可提供填充板一個推力，當在不同的正向力作用下，會有不一樣的推力。

在試驗編號 0428P-1 及 0428S-1 中，給予孔壁一個正向力為 0.11MPa，由試驗結果圖 7.3 可知，當推力在 22kN 以下時，填充板的位移量很小，此時可以提供底部千斤頂試驗所需之反力，但當推力大於 22kN 時填充板已無法承受此剪力，開始大量滑移(slip)，所以 22kN 為正向力在 0.11MPa 所能承受的大剪力，此最大剪力除上填充板與孔壁的接觸面積，可得到孔壁可承受的最大剪應力為 0.052MPa。

試驗 0428P-2 與 0428S-2 當正向力為 0.188MPa 時，所對應的剪應力為 0.105MPa，如圖 7.4 所示。

試驗 0428P-3 與 0428S-3 當正向力為 0.263MPa 時，所對應的剪應力為 0.143MPa，如圖 7.5 所示。

由三組不同的正向力與剪應力之關係可畫出一莫爾-庫倫破壞包絡線。由試驗 0428S 所畫出之莫爾-庫倫破壞包絡線可得到介面的強度參數 C 、 ϕ ，其 $C=0$ 、 $\phi=30^\circ$ ，如圖 7.6 所示。表 7.3 為全部鑽孔剪力試驗的結果，其介面摩擦角的範圍在 $28^\circ\sim 41^\circ$ ，其試驗結果圖見附錄-B。

孔底平板載重試驗進行階段加載，可以得到試驗時的荷重-變形量關係曲線，可使用 Pells (1983) 所提出之公式：

$$E_p = \frac{Q_p}{\rho D_p} (1 - \nu^2) \mu_0$$

其中 E_p ：平板載重試驗所求得之彈性模數，MPa

Q_p ：加載力，N

ρ ：平板變形量，mm

D_p ：平板直徑，mm

μ_0 ：孔底平板載重試驗之深度修正因子，見圖 2.15 所示

由於此解析方式是建立在均質、均向與理想的線彈性材料上，然而由試驗之結果可觀察軟岩材料並非真正之理想線彈性材料，且在初始段會因為裂隙及鑽孔時孔底所留下之岩碎所影響，而造成每一個試驗之荷重-變形量關係在初始段差異很大，也沒有一致性之關係，對現地的彈性模數會造成低估，所以在此分析是取裂隙閉合段之後的線性範圍，代入 Pells (1983) 所指出的公式中，可得到軟弱岩石縱向方向的彈性模數。

圖 7.3、7.4、7.5 為 0428P-1、0428P-2、04278P-3 之荷重-變形量曲線關係，其試驗 0428P-1、0428P-2、04278P-3 的彈性模數分別為 23.42MPa、46.32MPa、53MPa，實驗結果可看出一個趨勢，同一位置的縱向彈性模數會有愈來愈大的情形，研判是因為孔底受鑽孔擾動、解壓，以及少許的岩碎無法取出，在愈壓愈緊密的情形下，造成彈性模數愈來愈大的情形發生。表 7.4 是全部平板載重試驗的結果，其試驗之荷重-變形量關係見附錄-B。

表 7.3 孔內剪力試驗

試驗編號	Stress (MPa)	1	2	3	4	ϕ	correlation
0423S	σ	0.14	0.212	0.255	--	38°	0.998
	τ	0.058	0.105	0.15	--		
0426S	σ	0.13	0.205	0.253	0.362	28°	0.998
	τ	0.06	0.095	0.126	0.182		
0428S	σ	0.11	0.188	0.263	--	30°	0.99
	τ	0.052	0.105	0.143	--		
0429S	σ	0.152	0.214	0.265	--	41°	0.998
	τ	0.101	0.152	0.2	--		
0430S	σ	0.113	0.157	0.217	--	28°	0.995
	τ	0.065	0.092	0.121	--		

註：--表示無施作試驗

表 7.4 孔底平板載重試驗之縱向彈性模數

試驗編號	E1 (MPa)	E2 (MPa)	E3 (MPa)	E4 (MPa)
0423P	40	47	--	--
0426P	14	38	50	67
0428P	23.42	46.32	53	--
0429P	47.6	65	--	--
0430P	42.65	40	--	--

註：--表示無施作試驗

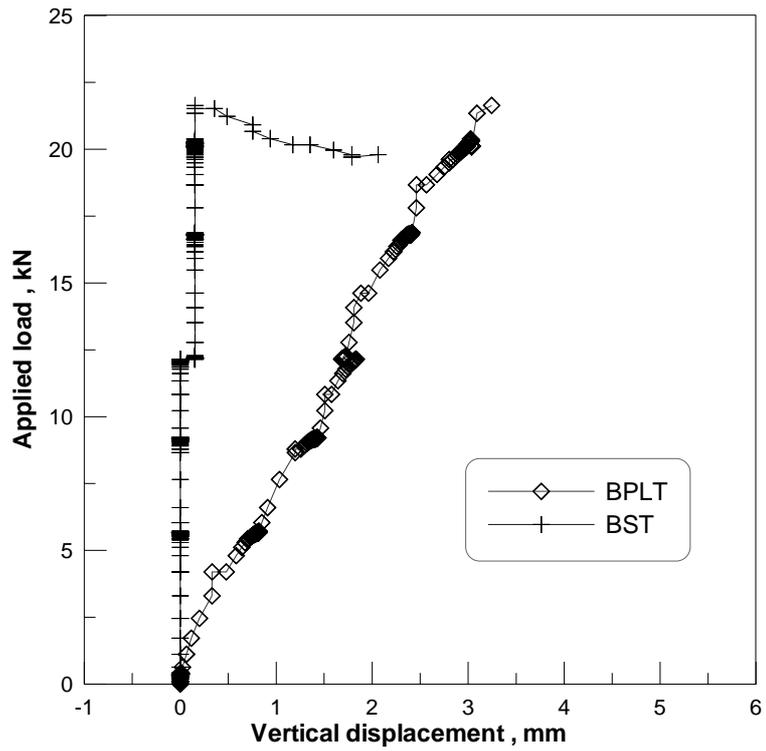


圖 7.3 試驗編號 0428P-1 與 0428S-1 荷重與位移之關係

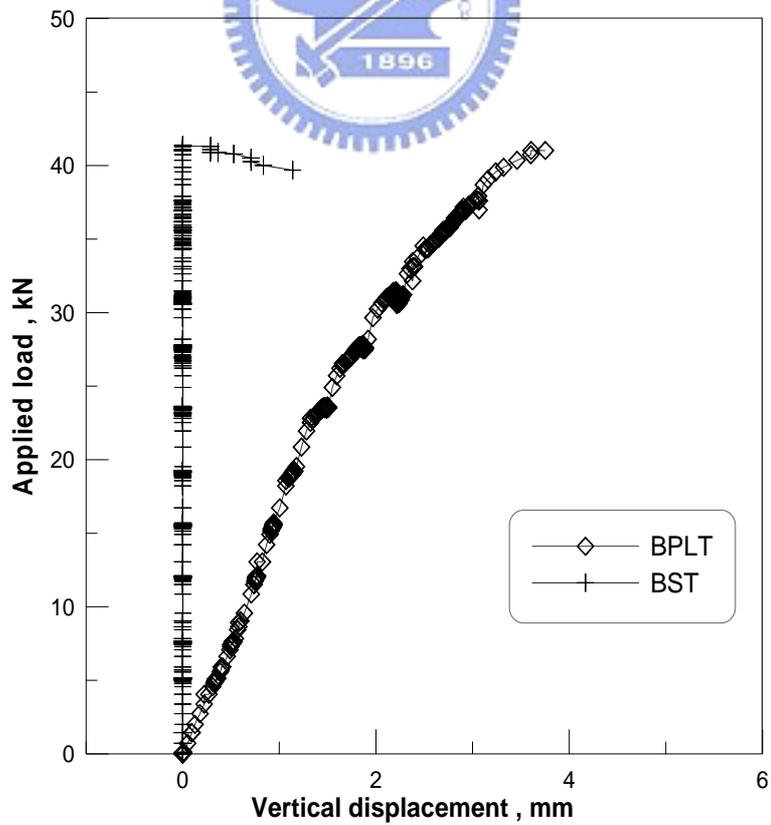


圖 7.4 試驗編號 0428P-2 與 0428S-2 荷重與位移之關係

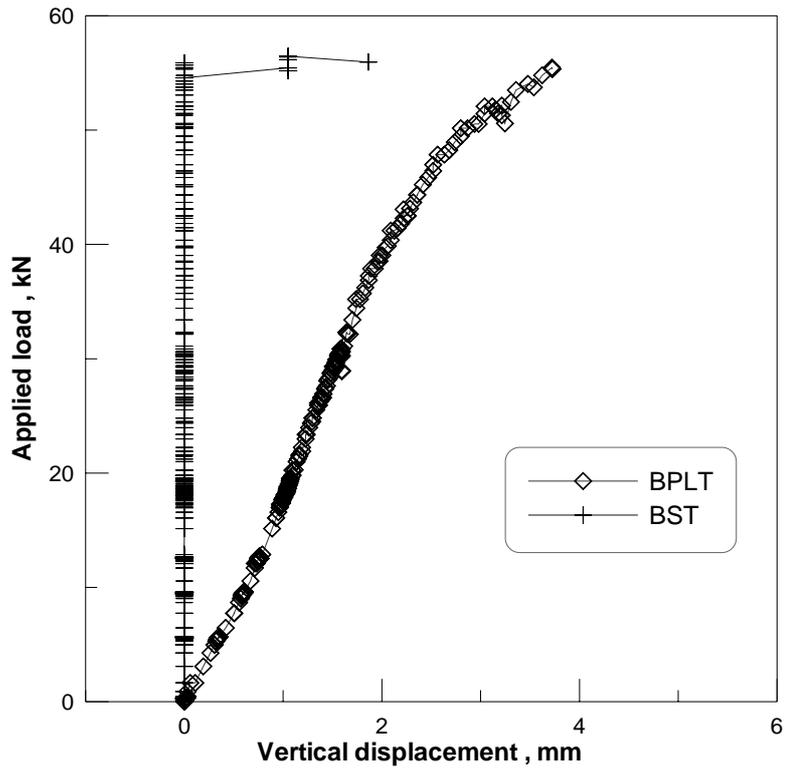


圖 7.5 試驗編號 0428P-3 與 0428S-3 荷重與位移之關係

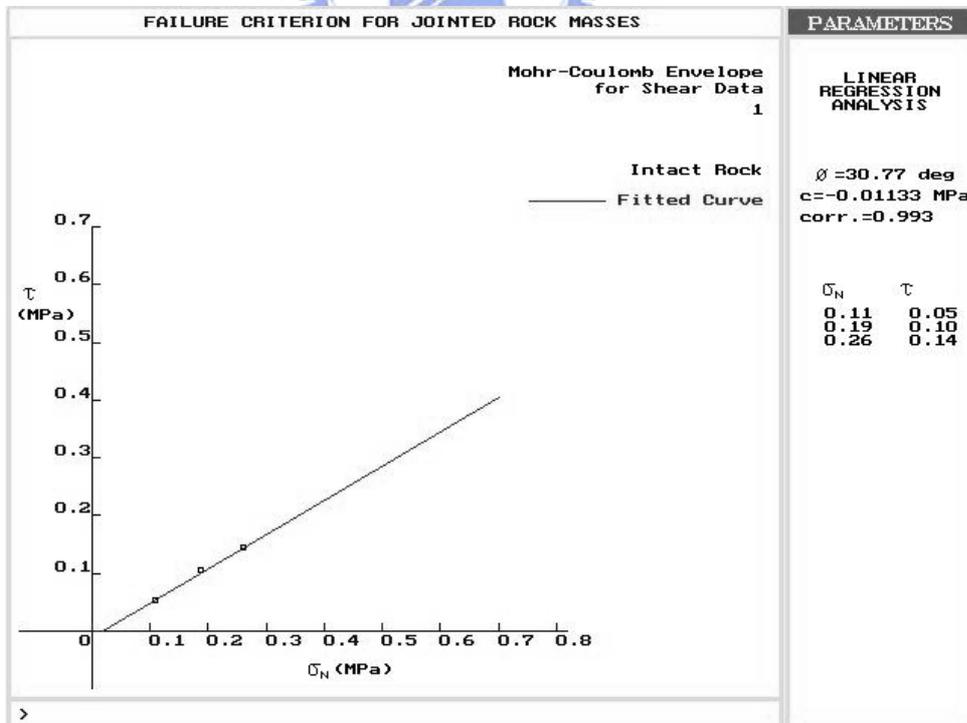


圖 7.6 試驗編號 0428S 的破壞包絡線

7.4 實驗室三軸試驗結果

室內三軸壓密佈排水試驗，在微應變下所得到之彈性模數為 390MPa，其所對應的剪力模數為 150MPa，此值略大於現地試驗由解壓-再壓所得到的剪力模數，造成此現象是由於施做三軸微應變試驗前，試體經過壓密排水階段，以致於試體間的孔隙已經減少、裂隙也慢慢的閉合，所以得到的剪力模數有偏大的情形。

由室內三軸試驗所求得強度參數 c 、 ϕ 分別為 0.15MPa 及 30° ，其強度參數較一般軟弱岩石所求得的強度參數還低，原因是取樣的試體較接近地表，受到較嚴重的風化以及水的影響以致於強度較低。

