

III-A 391 岩盤の簡易三軸圧縮試験法に関する基礎的研究

佐賀大学 正会員 石橋 孝治

1. まえがき

原位置での岩盤三軸圧縮試験は、方形に切り残した岩盤塊に対して三主応力制御方式に基づいて载荷を行うものである。この試験は、装置の構成が大規模となると共に多大な労力と費用を要することから、実施されることはほとんど無く、通常、岩盤せん断試験やブロックせん断試験が実施されている。そこで室内三軸圧縮試験法の1つである擬似三軸圧縮試験法（Conventional Triaxial Compression Test: CTCT）の考え方を導入した簡易三軸圧縮試験法（Fault Triaxial Compression Test: FTCT）に着目し、室内でのモデル実験を行ってこの試験法の特性を検討して来た。本報はこれまでの検討結果を中間段階でとりまとめたものである。

2. FTCTの概要

図-1にFTCTの概念図を示す。被試験片は岩塊に切り残された円柱試験片であり、外周の岩盤に圧力セルの機能を持たせるのが特徴である。試験装置は1組の軸方向力载荷装置と周圧付加装置から成り、CTCTの場合と同様な装置構成である。

3. 実験方法

室内でのモデル実験のレベルであることから、モデル岩塊は全てセメントモルタルを使用して製作した。モデル岩塊に切り残す円柱試験片の直径高さ比（ H/D ）は有限要素法によるシミュレーション解析と一軸圧縮試験の結果¹⁾に基づいて2.5とした。

実験は2段階に分けて行った。各実験段階の特徴を表-1にまとめて示す。両試験とも三軸セルの機能を持つFTCT試験片の外周部の耐力が材料力学的にも構造的にも充分とは言えないことから、コア溝の外周縁に鋼管を挿入して外周部の補強を行った。FTCT試験片はゴムスリーブを用いて被覆し、コア溝と鋼管の隙間やゴムスリーブ底端は水溶性コーキング剤を注入してシールした。軸力はアムスラー型の圧縮試験機を用いて毎分1.96Nの割合で载荷した。FTCTから導出される強度定数を比較検討するために、同一モデル材料に対するCTCTも同時に実施した。なお、FTCTとCTCT共に各周圧レベルに対してそれぞれ3本の試験片を供した。

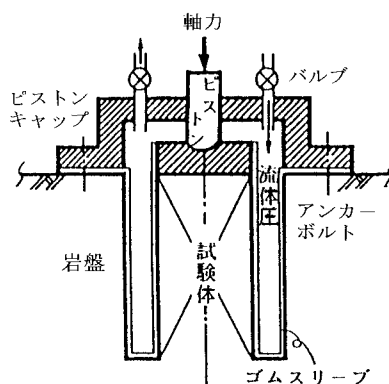


図-1 FTCTの概念図

表-1 試験の概要

試験の条件	第1段階の試験	第2段階の試験
モデル岩塊の寸法 (mm)	$\phi 150 \times 300$	$\phi 300 \times 250$
試験片の寸法 (mm)	$\phi 35 \times 87.5$	
ピストンキャップの装着法	締結ボルトによる挟み込み装着	アンカーボルトによる装着
周圧付加源	窒素ガス	油圧
周圧レベル (MPa)	0, 0.98, 1.96, 2.94	0, 1.47, 2.94, 4.41
ピストンキャップの強度 (MPa)		
圧縮強度 (引張強度)	38.0 (2.2)	25.3 (1.9)

4. 実験結果および考察

1) 差応力～ひずみ関係

差応力～ひずみ関係の線形に関しては、FTCTとCTCTの間に顕著な差異は観察されなかった。強度破壊点以前の領域における差応力～ひずみ関係の傾きは、FTCTの方がCTCTに比べ僅かではあるが大きめの値を与える傾向を示した。これは試験片底部が連続するFTCT試験の特徴と言える。

2) 試験片の破壊状況

FTCTの試験終了後、試験片の外周部を注意深く除去し、試験片の破壊状況を調べた。試験片の概ね中央から底部にかけて試験片を斜めに貫く明瞭なせん断滑り面が観察された。せん断滑り面は試験片内で完結しており、観測される挙動は試験片部分の挙動であること考えて良いと言える。

3) 三軸圧縮強度

表-2に三軸圧縮試験の結果をまとめて示す。周圧の増加に伴って強度($\sigma_1 + \sigma_3$)も増加し、モールの破壊応力円が拡大しており、試験片底部が連続したFTCT試験片でもCTCTと同様な結果を与えること示されている。第1段階の試験では、FTCTはCTCTより十数%小さい強度を与えたのに対して、第2段階の試験では、FTCTはCTCTとほぼ等しい強度を与えている。両者の間には周圧源の変更に伴う周圧の変動レベルや、CTCT試験片の採取対象等に差異があり、三軸圧縮強度に関するFTCTの特性を判断するには試験データの蓄積が必要である。

4) 強度定数

表-2の結果を基にしてモールの破壊応力円を描き、これらの包絡線を利用して強度定数であるせん断強度と内部摩擦角を求めれば表-3の結果を得る。内部摩擦角はせん断応力軸切片における破壊包絡線の接線の傾きで評価している。また、

表-2 三軸圧縮試験の結果 (σ_1)

周圧 (σ_3)		0	0.98	1.47	1.96	2.94	4.41
第1段階	FTCT	36.7	39.8	—	43.6	45.6	—
	CTCT	42.3	48.3	—	49.3	53.0	—
第2段階	FTCT	28.4	—	28.7	—	30.7	33.7
	CTCT	26.5	—	29.5	—	29.4	33.8

単位：MPa

曲線状の破壊包絡線の描線に際してはモデル材料のBrazilian Testに基づく引張強度を参照した。内部摩擦角に関しては、両段階の試験を通じてFTCTはCTCTより若干小さな値を与える。一方、せん断強度に関しては、第1段階の試験と第2段階のそれとでは大小関係が逆転する結果を与えている。せん断強度の評価には三軸圧縮強度の結果が敏感に反映

表-3 導出された力学定数の比較

試験法		せん断強度 S_s (MPa)	内部摩擦角 ϕ (deg.)
第1段階	FTCT	7.1 (9.9)	53.7 (34.2)
	CTCT	7.9 (9.8)	56.7 (38.5)
第2段階	FTCT	5.3 (9.4)	54.5 (22.0)
	CTCT	5.0 (7.8)	55.0 (27.5)

() 内は直線包絡線による。

すると言える。同表における括弧内の数値は、三軸圧縮強度の結果のみを利用して直線の破壊包絡線を描き強度定数を評価した場合の値である。直線の破壊包絡線を仮定すると、せん断強度は過大に、内部摩擦角はかなり過小に評価される。引張強度の評価が困難な岩盤に対して適用するには、例えば適当な次数を与えた放物線包絡線を仮定した強度定数の評価法を検討する必要がある。

5. むすび

岩盤に対して適用するには上記した事柄の他、装置の改良や採用する試験片の大きさ等、検討しなければならない問題が残されている。

参考文献 1) 石橋：原位置岩盤の三軸圧縮試験法に関する基礎的研究，第48回年講概要集-3，1993，1420-1421