横ずれ断層変位に伴う上部岩盤の破壊形態に関する岩石模型試験

電力中央研究所 正会員 〇澤田昌孝・上田圭一・小早川博亮・金谷守

1. はじめに

近年、地下空間を利用したエネルギー貯蔵システムや高レベル放射性廃棄物の地層処分などが検討されている。これらの重要な地下構造物を岩盤内に建設する際には、貯蔵物の漏洩を防ぐため、高透水の変形帯を回避する必要がある。基盤の断層変位に伴う表層未固結層におけるせん断帯に関する研究は砂箱を用いた模型試験など多数実施されている(上田,2003 など)のに対して、地盤の固結度が高い場合を想定した研究は少ない。本報では、岩盤内での横ずれ断層系の3次元発達過程および変形帯の形成過程に関しての知見を得るために、岩石を用いた断層模型試験を実施した内容を報告する。 10 13.5 10

2. 岩石模型試験

基盤断層を模擬した真鍮製の載荷用ブロック 3 枚(24mm x 80mm、厚さ10mm:2枚、13.5mm:1枚)を図1のように5mm ずらした状態で重ね合わせたものを、2 枚の岩石板(河津凝灰岩、33.5mm x 80mm x 5mm)で挟み、岩石板と真鍮ブロックの境界は塩化ビニル系接着剤によって接着することで模型を作成した。三軸圧縮試験装置において、拘束圧を作用させた後、図1のように載荷することで、載荷用ブロック境界にずれ変位を発生させ(基盤断層変位を模擬)、岩石板に合計4箇所の破壊ゾーンを形成する。載荷は変位制御で行い、変位速度は0.12mm/minとした。

拘束 E_{σ_c} および最大軸方向変位 h の異 なる 5 ケースの試験を実施した。試験ケー スの概要について表 1 に示す。No.1 およ び No.3 は、軸荷重のピークを確認後、速 やかに載荷を終了したケースであり、その 他のケースではピーク確認後もある程度、 載荷を継続した。



図1 載荷ブロック(切断面2面)



	No.	拘束圧	最終変 位量	最大軸差 荷重	ピーク時の 変位	ピーク後の 変位
		$\sigma_{\rm c}$ (MPa)	h (mm)	$P_{\text{max}}(\text{kN})$	$h_{\text{peak}}(\text{mm})$	$h - h_{\text{peak}}(\text{mm})$
	1	20	0.262	42.15	0.232	0.031
	2		0.56	43.60	0.24	0.311
	3	40	0.364	43.48	0.229	0.135
	4		0.598	39.51	0.331	0.267
	5		1.167	42.17	0.439	0.728

3. 破壊形態の観察

載荷終了後,供試体の表面に形成されたクラックを顕微鏡により観察した。供試体の表面には性質の異なる2種類のクラックが概ね交互 (雁行状)に出現する(図2)。ひとつは載荷ブロックの分割面(基盤の断層位置)と斜交する角度(右横ずれの場合で時計回りを正とする)に着目すると、正の角度を持っており明瞭な破壊面を持ち、開口しているものもある。もうひとつは載荷ブロックの分割面と負の角度を持って斜交し、明瞭な破壊面は観察しにくく、破砕された領域が確認できる。前者はリーデル線に相当するクラックと考えられるのでリーデルクラ

変位の方向 負の角度をもつクラック
(低角度クラック)
正の角度をもつクラック
(リーデルクラック)

図2 典型的なクラック

ック、後者はリーデルクラックよりも平均的に低角度で載荷ブロック分割面と斜交するので低角度クラックと 名付ける。以下の項目に着目してクラックの測定・分析を行った(図3)。

キーワード 横ずれ断層,模型試験,岩盤,地下施設,破壊形態

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 地球工学研究所 TEL 04-7182-1181

- ▶ 基盤断層との斜交角度 θ_R、θ_B
- ▶ クラックの長さ L_R、L_B
- ▶ リーデルクラックの開口幅 W_R

▶ 低角度クラックの破砕幅 W_B

ここで、下付きの R、B はそれぞれリー デルクラック、低角度クラックを表す。 クラックの断層直交方向への投影長 *B*_R、 *B*_Bおよび断層方向への投影長 *D*_R、*D*_Bは クラックの斜交角度および長さから算出 可能である。

 $h \ge W_R$ の関係を示す。黒は $\sigma_c=20$ MPaのケース、赤は σ_c =40MPa のケースを表す。また、白抜きのプロットは 全データ、塗りつぶしのプロットは試験ケース毎の平均 を表す。図4、図5より、ピーク荷重以後、基盤の変位 が進行してもリーデルクラックの斜交角度や長さは平 均的には大きく増加しないことが分かる。また、拘束圧 に依存する傾向も認められない。一方、リーデルクラッ クの開口幅は基盤の変位の進行に伴い増加する傾向が ある。 $\sigma_{c}=20$ MPaのケースの方がリーデルクラックの開 口幅が大きい値を示しており、拘束圧がクラックの幅を 抑制する効果を発揮している。上記については、低角度 クラックについてもリーデルクラックと同様の傾向が 見られる。以上のことから、基盤の変位が増加しても、 クラックが存在する変状域 DR、DB が大きく拡大するこ となく、その影響は主にリーデルクラックの開口幅およ び低角度クラックの変状幅の拡大として現れることが 分かった。

4. おわりに

今後は別の岩種を用いた岩石模型試験および人工材 料を用いたより寸法の大きな模型試験を実施しデータ の拡充を図る。さらに、断層変形帯の現地調査結果との 比較検討を実施する。なお、本報告は科学研究費補助金

(基盤研究 B、課題番号 16360241)の成果の一部である。 また、静岡ガス(株)・伏見隆之氏、横浜国立大学・谷和 夫教授には実験の実施にあたりご協力いただいた。ここ に記して深く謝意を表する。

参考文献

上田圭一:横ずれ断層系の発達過程ならびに変形地形の 形成過程一断層模型実験による検討一、電中研研究報告 U03021、2003.





h(mm)図6 $h \ge W_R$ の関係

0.8

1.0

1.2

1.4

0.6

0.2

0.4

0.0

-632-