

電源開発(株) 総合技術試験所 地盤構造グループ 正会員 栗津 誠
 電源開発(株) 総合技術試験所 地盤構造グループ 溝上 健

1. はじめに

ブロックせん断試験は、岩盤上にコンクリートブロック（試験体）を打設して岩盤とコンクリートの付着面近傍でせん断破壊を生じさせることにより岩盤のせん断強度を求める原位試験であるが、本研究は試験体及びその近傍岩盤に設置した加速度計等により、岩盤の破壊過程において発生する弾性波の伝播特性や周波数特性等について基礎的な検討を行ったものである。

2. 試験方法

ブロックせん断試験を発電所計画地点の地質調査横坑内にて行った。対象とした岩盤の岩種は塩基性変成岩（主に玄武岩が変成を受けた岩石）であり、電研式岩盤分類はCH、ブロックせん断試験により求めた破壊強度は $C=2.56\text{ MPa}$ 、 $\phi=19.9^\circ$ である。試験体のせん断面寸法は $60\text{ cm} \times 60\text{ cm}$ であり、まず所定の垂直荷重を載荷して試験面を圧密した後、徐々にせん断荷重を載荷していき岩盤にせん断破壊を生じさせた〔破壊試験：CASE-1（表-1参照）〕。その後同一試験体を用いて、垂直荷重及びせん断荷重を一旦除荷してから、再度所定の垂直荷重を載荷したのち、徐々にせん断荷重を載荷して、試験体を水平方向に 5 mm 変位させた〔滑り試験：CASE-2～7〕。設置した加速度計（圧電型3成分）の配置状況は、図-1に示すとおりである。また、試験体のせん断に伴う挙動を把握するため変位計（3成分）を設置した。

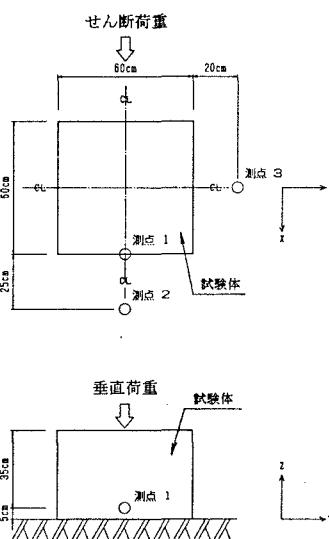


図-1 加速度計（測点1～3）配置図

3. 試験結果

(1)破壊面

破壊試験及び滑り試験後のせん断面の状況を図-2に示す。これよりせん断方向後方のごく一部では試験体に破壊面が発生しているものの、その他の部分では岩盤に破壊面が発生していることが分る。

(2)破壊過程

破壊試験においては試験中に計測される加速度波の頻度が多いものの、試験体の変位は主滑り時（最大加速度発生時）に集中している。すなわち主滑りが発生するまでには部分的に小滑り（小さな加速度波）が発生しているが、試験体全体としては弾性的にひずんでおり、最終的にはこれら小滑りが集積されて破壊面が形成された時に主滑りが発生し、試験体の変位したものと考えられる。一方、滑り試験においては試験中に計測される小規模な加速度波の頻度は少ないが、小滑りの発生に伴い試験体の変位が徐々に進んだ。また、せん断に伴い試験体の垂直変位（浮上り）が計測され、これは岩盤の破壊面で破壊面と直角方向に体積が膨張するダイレイタンスの影響と考えられる。

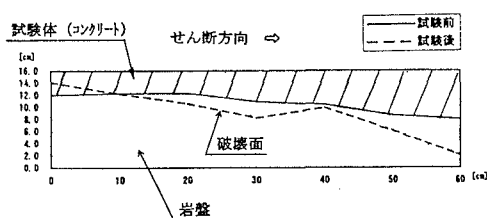


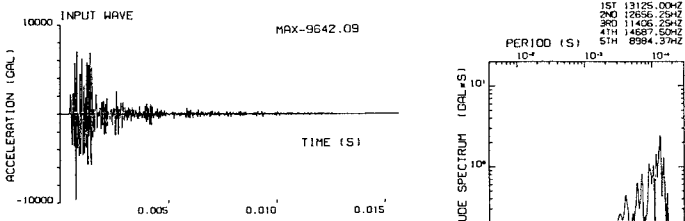
図-2 破壊面形状（試験体中央断面）

キーワード：ブロックせん断試験，岩盤破壊，弾性波，振動の伝播特性

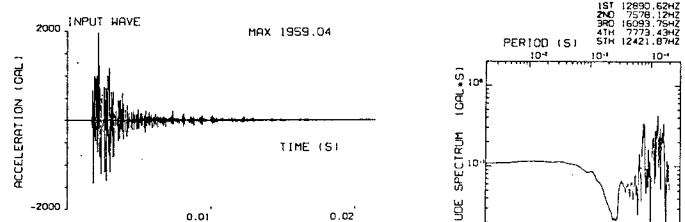
連絡先：〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎1-9-88 TEL 0467-87-1211 FAX 0467-87-7319

(3)振動の伝播特性・周波数特性

破壊試験（CASE-1）及び滑り試験（CASE-3）で測点1において計測されたせん断方向の最大加速度波形とそれから求めた加速度フーリエスペクトルを図－3に示す。また、各々の試験において計測された最大の加速度及びその時の卓越周波数を表－2～3に示す。これらの結果から、以下のことが分る。①測点1（試験体上）と測点2（試験体のせん断方向前方）及び測点3（試験体のせん断直角方向）で計測された加速度の値を比較すると、測点1に対する測点2及び3の割合は、破壊試験においては16～112％であり、一方滑り試験においては1～36％であり、破壊試験の方が岩盤内の振動の伝播が顕著である。②破壊試験において測点2と測点3で計測された加速度の値を比較すると測点2の方が大きく、せん断方向への振動の伝播が顕著である。③滑り試験において測点2と測点3で計測された加速度の値を比較すると特定の傾向は示さず、滑り試験では振動の伝播の方向性に関しては特定な傾向は認められない。④滑り試験においては、試験体にかかる拘束圧が大きいほど振幅の大きな加速度波が発生する傾向があるが、CASE-7のように小さな拘束圧の状態でも、比較的大きな振幅の加速度波が計測された場合があった。⑤滑り試験における加速度の卓越周波数は、測点1での周波数が測点2及び測点3よりも高周波数である。これは滑り試験においては既存の破壊面の存在により、高周波数弾性波の伝播の減衰がより顕著になったためと考えられる。



図－3(1) 最大加速度波形及び加速度フーリエスペクトル
(破壊試験：CASE-1，測点1，せん断方向)



図－3(2) 最大加速度波形及び加速度フーリエスペクトル
(滑り試験：CASE-3，測点1，せん断方向)

表－1 試験ケース

	先行垂直 値圧力 (MPa)	最大加速度発生 時のせん断 応力 (MPa)
CASE-1	1.2	3.5, 7.6
CASE-2	2.5	3.7, 3.9
CASE-3	1.2	1.8, 1.9
CASE-4	0.5	0.7, 0.7
CASE-5	2.5	3.3, 2.5
CASE-6	1.2	1.6, 1.4
CASE-7	0.5	0.7, 0.7

表－2 最大加速度

		(gal)						
測点	方向	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4	CASE-5	CASE-6	CASE-7
1	X	9,642	1,960	1,959	677	1,704	1,510	1,959
	Y	4,977	1,586	795	287	488	426	1,765
	Z	4,959	999	840	239	1,214	429	1,959
2	X	5,632	103	68	14	217	35	172
	Y	5,557	103	68	27	174	63	216
	Z	5,243	193	101	13	174	31	197
3	X	1,582	189	97	5	316	11	52
	Y	1,412	141	105	6	146	20	29
	Z	2,677	312	227	11	401	38	57

(X：せん断方向，Y：せん断直角方向，Z：垂直方向)

表－3 卓越周波数（最大加速度発生時）

		(Hz)						
測点	方向	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4	CASE-5	CASE-6	CASE-7
1	X	13,125	12,578	12,890	12,969	7,656	12,813	10,859
	Y	5,938	9,766	9,258	9,453	5,859	9,531	9,609
	Z	5,156	9,609	9,258	9,218	4,688	5,859	9,453
2	X	5,517	3,906	4,531	3,594	3,828	5,313	3,438
	Y	9,844	6,797	6,601	5,156	1,953	5,156	5,234
	Z	7,344	5,313	4,922	3,750	1,481	4,375	5,234
3	X	3,359	3,516	3,438	3,047	2,031	3,203	4,531
	Y	3,906	6,481	6,481	6,172	2,311	6,091	7,031
	Z	4,786	8,017	7,070	5,313	4,141	5,390	5,078

(X：せん断方向，Y：せん断直角方向，Z：垂直方向)

4. おわりに

ブロックせん断試験により、岩盤破壊の前兆現象として多数の弾性波を計測し、せん断方向への振動の伝播が顕著であることを確認した。データの解析に当たっては東工大大学院理工学研究科の大町教授、翠川教授、年縄助教に有益な助言を戴いており、ここに謝意を表する次第である。