

亀裂性岩盤の大型岩盤ブロック室内せん断試験（その1 - 破壊基準）

株大林組 鈴木健一郎^{*1} 東京電力(株) 松尾 敏^{*2}
 東京大学 堀井秀之^{*3} (株)大林組 平間 邦興^{*1}

1. はじめに

亀裂性岩盤の強度特性の把握には、通常、原位置せん断試験が用いられる。原位置試験と同規模の岩盤試料 (W50cm × D50cm × H50cm) の室内三軸試験により岩盤の強度特性を調べた。この試験によれば、変形特性の仮定なしに岩盤の平均的なひずみが得られる。この報告では、亀裂性岩盤の強度と限界ひずみの関係について考察する。

2. ブロック供試体および試験方法

ブロック試料は、美濃帯中古生層の砂岩主体のC_L級岩盤から採取した一辺50cmの立方体である。図-1にブロック供試体の状況を例示する。砂岩部はホルンフェルス化により一軸強度が200MPa以上と非常に硬く、全体として間隔5cm程度のランダムと考えられる亀裂が存在し、その付近は熱水変質している¹⁾。試験は70cm立方までの供試体を三主応力制御にて加圧できる岩盤多機能試験装置(最大荷重:水平X,Y軸;5MN,鉛直Z軸;10MN、図-2)を用いた。拘束圧として、X,Y,Z軸方向の応力を等方で、0.1,0.2,0.4,0.8MPa 載荷後、XおよびY方向を荷重制御状態でZ方向に軸差応力を与え、破壊まで載荷した。ブロック供試体と載荷板との間には、摩擦除去と載荷応力の均等化を図ってテフロンシート(厚さ0.1mm × 2枚)を挟んだ。載荷は、変位速度0.5mm/min(0.1%/min)で載荷した。X,Y,Z方向載荷板変位(X,Y方向各2面それぞれ4点、Z方向1面4点の計20点)を高感度変位計(感度0.001mm)により計測した。

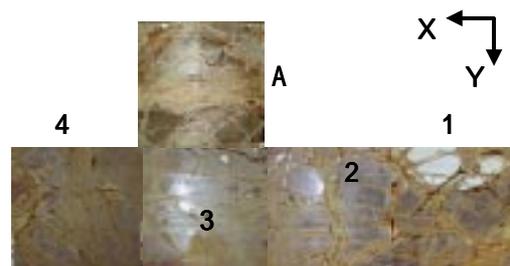


図-1 ブロック供試体亀裂状況(No.B4)

3. 試験結果および考察

応力～ひずみ関係の一例を図-3に示す。XおよびY方向のひずみは、載荷板上の4点の相対変位の平均を供試体初期寸法に対して表わしたものであり、Z方向のひずみは変位4点の平均を同様にひずみに変換したものである。ピーク強度発現後、剛板での載荷のため軟化はほとんど起こらない。6体の試験を実施し、その結果にクーロンの破壊基準 $2c \cos \phi + (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \phi = (\sigma_1 - \sigma_3)$ を適用すると図-4のようになる。6点の直線回帰により、粘着力 c は 199 kN/m^2 、内部摩擦角 ϕ は 36° である。回帰直線の下側のデータの破壊モードは、せん断が優勢であり、逆に上側のそれは圧裂引張によるはく離破壊が卓越している。これらの破壊モードの違いは亀裂の分布特性の違いから十分予測できるものであ

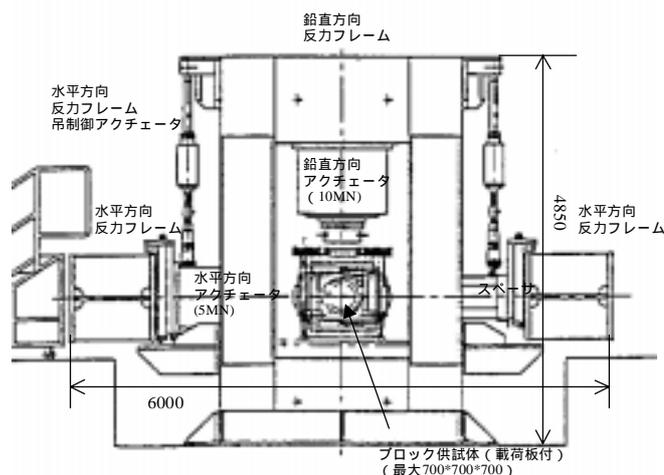


図-2 岩盤多機能試験装置

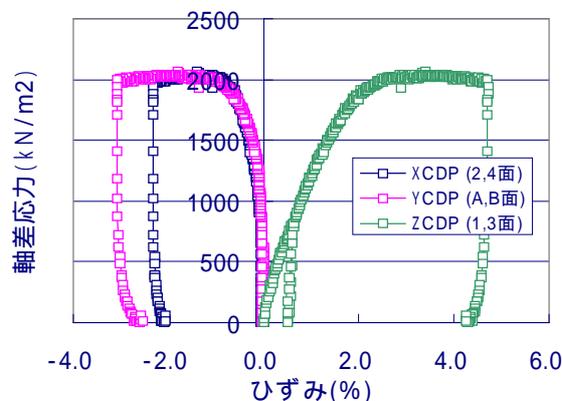


図-3 応力～ひずみ関係(No.B4)

た。

岩盤の限界ひずみ²⁾と一軸圧縮強度の関係を調べるために、岩盤ブロックの平均一軸圧縮強度を、前述の破壊基準で $\sigma_3=0$ において、786 kN/m² と求めた。一軸圧縮試験における初期弾性係数を推定するため、三軸試験時の初期弾性係数を拘束圧に対してプロットし(図-5) そのY切片の弾性係数を用いて限界ひずみを求めた。図-6は桜井²⁾が提案した限界ひずみと一軸圧縮強度との関係で、土質材料から岩石の室内試験における限界ひずみと一軸圧縮強度に対して限界ひずみがプロットしてある。今回得られた岩盤ブロック供試体の平均的な一軸圧縮強度に対して、平均的な限界ひずみをプロットした。別途実施した岩石コアの試験結果も同図にプロットしたが、岩盤の限界ひずみも岩石コアの傾向に従うといえる。桜井の原位置岩盤試験結果から得られたプロットでは、室内試験に対する値とほぼ等しくなり、限界ひずみが割れ目の影響を受けない材料固有のものであるとしている。今回の結果は、その推論よりは、一軸圧縮強度に依存する結果となった。岩盤の限界ひずみから拘束圧に依存した破壊ひずみが算出されればひずみによる破壊基準が表わせる。そのためには、応力～ひずみ曲線を双曲線近似した場合の漸近強度と試験より得られた強度の比 R_f が必要となる。三軸状態では R_f は、拘束圧に依存することになる。三軸状態での破壊ひずみ $\epsilon_{f(tri)}$ は、限界ひずみ ϵ_0 と三軸試験での $R_{f(tri)}$ を用いて次式のように表わされる²⁾。

$$\epsilon_{f(tri)} = \epsilon_0 \left(1 + \frac{\sigma_3 \tan \phi}{c} \right) \frac{1}{1 - R_{f(tri)}}$$

これより、今回の実験より得られた破壊ひずみを用いて、 $R_{f(tri)}$ を求めると図-7のような拘束圧依存性が得られる。これらの結果を用いれば、ひずみによる破壊基準も得られることになる。

4. おわりに

亀裂性岩盤の大型ブロック試験により、応力およびひずみによる破壊基準を示すことができたと考える。亀裂構造による基準の上下限を特定していく必要がある。参考文献

- 1)池田誠太：ニュース「斜面上深礎基礎の実規模水平支持力実験」、土と基礎、p41、2000
- 2)桜井春輔：トンネル工事における変位計測結果の評価法、土木学会論文報告集、第317号、pp.93-100,1980

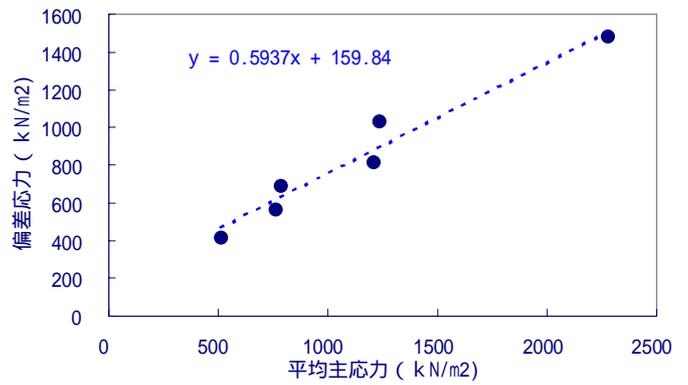


図-4 クーロン破壊基準の適用

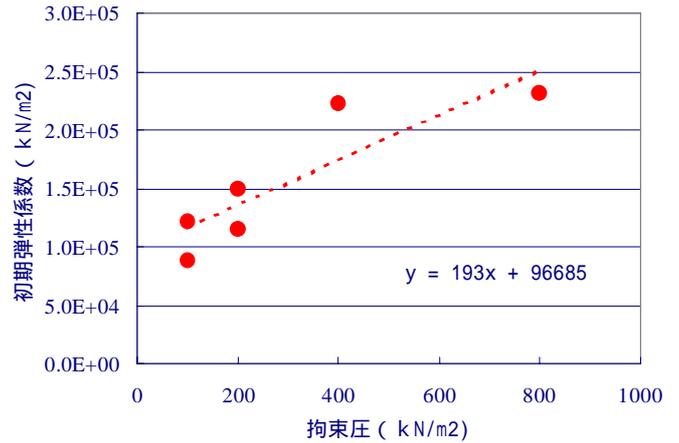


図-5 初期弾性係数の応力依存性

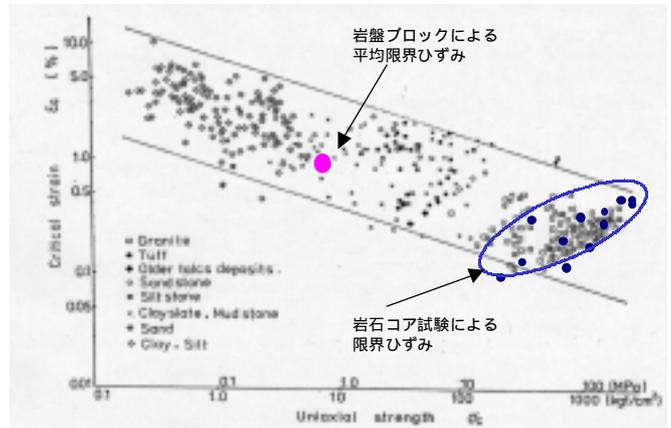


図-6 限界ひずみと一軸圧縮強度の関係

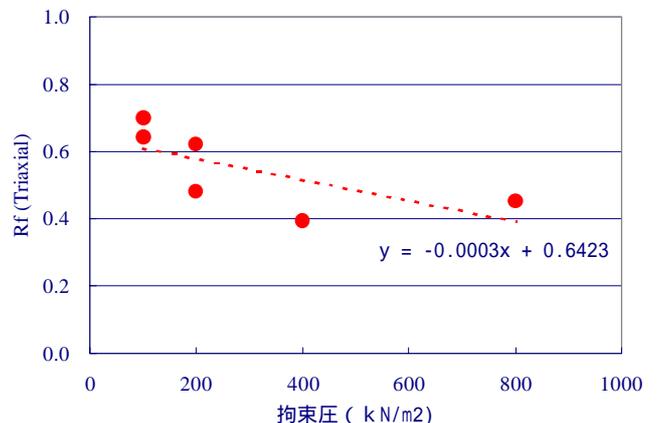


図-7 パラメータ Rf の応力依存性