

III-295 不連続変形法(DDA)による岩盤ブロックモデル実験の解析

埼玉大学工学部 正会員 吉中龍之進、吉田 淳
鹿島建設(株) 正会員 佐々木 猛

1. はじめに

不連続性岩盤の力学的変形挙動の主要因として、岩盤内に存在する節理などの不連続面に沿った滑りに起因するものが考えられる。ここでは、これらの挙動を把握する目的で岩盤ブロックによる不連続面を模擬した力学試験を実施した。不連続面を含む岩盤の変形挙動は、その幾何学的形状に強く支配されることが推測される。そこで、本研究では、不連続面が存在する岩盤に力が作用する場合、その幾何形状が変形性にどのような影響を与えるかを見るため、数種類の不連続面の幾何学的パターンを想定したモデルを設定した。また、力学試験と平行して不連続変形法(DDA)による解析¹⁾を行いその精度および実用性を検討した。

2. 岩盤ブロックモデルを用いた2軸載荷試験

表-1に実験に用いた岩盤ブロックのモデルを示す。図-1は、不規則モデル、タイプCの供試体形状と計測点を示す。供試体は、戸室石を気乾状態で用いた。全体の寸法は、40×80×20cmである。不連続面はダイヤモンドカッターで切断した平滑な面と、多数のノミを打ち込んで作成した割裂破壊面の2種類である。平滑面の基本摩擦角は40°である。表-2にこれらの基本物性を示す。図-2に載荷試験装置を示す。載荷は40cmの面に最大圧縮力を4個のジャッキで加え、長手方向の80cmの面に拘束圧を8個のジャッキで加えている。本試験では、拘束圧は一定で2kgf/cm²とした。供試体面上は自由面である。計測は、図-1に示す点で測定した。供試体端面はダイヤルゲージ(LVDT)、内部表面には不連続面を挟んで亀裂変位計(2方向変位計)を配置した。図-3は、平滑な不連続面供試体(FC-1-1)の実験結果で供試体端面に加えた最大応力と各LVDTによって計測した変位との関係を示す。図中の番号は、図-1の変位計番号と対応している。長手方向は1~2mmの変位で最大強度に達している。図-3、4は、タイプA、タイプCの各ステップの変形状態を図面化したものである。

表-1 岩盤ブロックモデル

	平坦面 タイプF	割裂破壊面 タイプB
タイプA	F A	B A(なし)
タイプC	F C	B C

表-2 基本物性

	ブロック 戸室石	ジャッキ 載荷板 鉄
弾性係数(kgf/cm ²)	1.44×10 ⁴	2.10×10 ⁶
ポアソン比	0.2	0.3
単位重量(grf/cm ³)	1.44	
基本摩擦角(°)	0°, 40°	0°

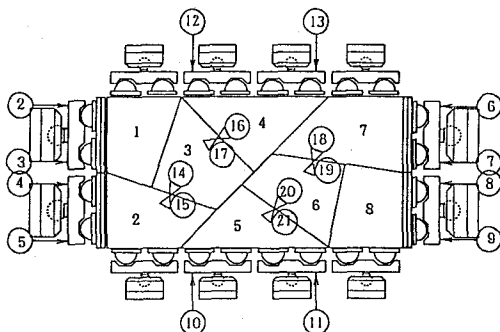


図-1 供試体形状と計測点(タイプC)

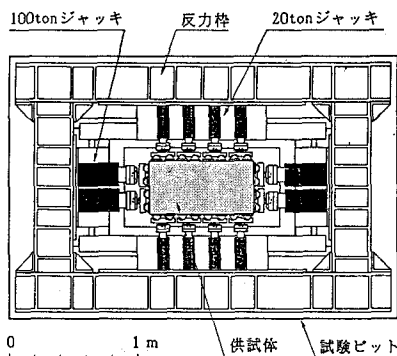


図-2 載荷試験装置

3. 不連続変形法による解析

図-5、6にDDAによる解析モデル(タイプA、C)および結果を示す。これらは、供試体形状、ピストンジャッキ、球座付き載荷板などの幾何学条件をほぼ模擬したものになっている。境界条件として、12個のピストンジャッキのシリンダーガイドを固定し、各シリンダーの中央に荷重を与えた。ブロック間の摩擦角は 40° 、ピストンジャッキおよび載荷板間は 0° である。また、ブロックと載荷板間は 20° とした。これは、載荷板と供試体の間に用いたテフロンシートの摩擦角 17° に相当する。ブロック間の摩擦特性としてMohr-Coulomb則を与えた。すなわち、不連続面のせん断応力 $\tau_s > C + \sigma_n \tan \phi$ (滑り)状態では、せん断バネ K_s を0とし $\tau_s < C + \sigma_n \tan \phi$ (固定)状態では、実験で得られたせん断バネ K_s を与えた。これらから、載荷板とジャッキを含めた不連続な変形の状況が読みとれる。モデルCのブロック内の応力の流れをみると左上から右下に向かって力が伝わっているのがわかる。また、これは、左下から右上に供試体を横切る面に沿い一様に滑るのではなく、力の流れに沿った変形モードが現れている。これは、図-3、4の計測結果と良く一致している。

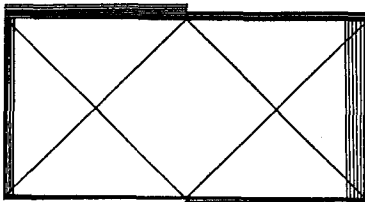


図-3 計測結果(タイプA、2軸)

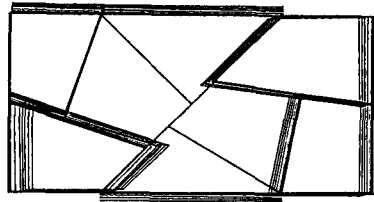
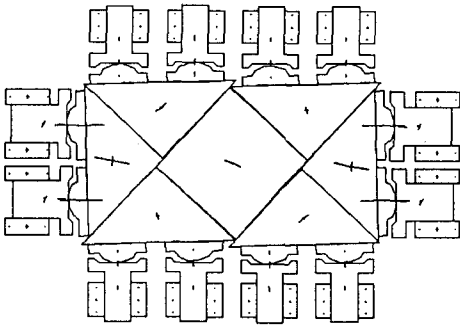
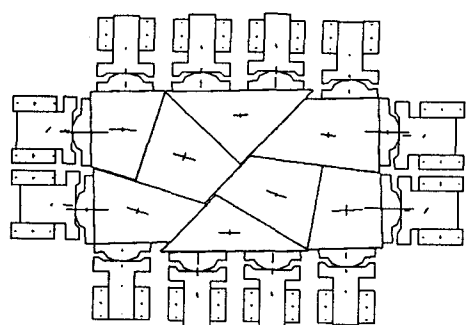


図-4 計測結果(タイプC、2軸)

図-5 計算結果(タイプA、2軸、C=0、 $\phi=40$)図-6 計算結果(タイプC、2軸、C=0、 $\phi=40$)

4. まとめ

今回は、不連続性岩盤の基本的な変形挙動を岩盤ブロック実験とDDA解析を用いて検討した。ブロック実験とDDA解析の結果、その変形パターンが良く一致することが確認された。本実験では、ブロックの変形パターンは、主要な連続した不連続面で一様に滑るのではなく、載荷条件と幾何パターンの関係による力の流れに影響されることが判明した。今後、これらについて、更に実験で検証して行く予定である。DDAの実用性については、本実験モデルのように、載荷、境界などの条件を自然に取り入れることができるので、きわめて有効である。また、ブロック間に摩擦特性を与えた場合には、ペナルティとして、接触面に垂直方向のみ与え、せん断方向にBi-Linearの変形特性を与えると、応力と変形の収束が良くなることが判明した。

参考文献

- 1)大西有三、佐々木猛、“不連続変形法(DDA)の岩盤工学への適用について”、土木学会、第24回岩盤力学に関するシンポジウム、pp.296~300、1992.2