

III-366

2 系統の不連続面を有する岩盤の力学的挙動

榊ニュージェック 正会員 北條 明 ○井根 健
 関西電力㈱ 正会員 打田靖夫 吉田次男
 神戸大学工学部 正会員 櫻井春輔

1. まえがき

多数の不連続面が存在する岩盤の解析を行う場合、岩盤を擬似的に連続体としてモデル化する手法が種々提案されている¹⁾。ここでは、このような等価連続体解析手法の一つとして、永井らが提案した1系統の不連続面を有する岩盤に対する構成式²⁾を拡張して、2系統の不連続面を有する岩盤と等価な挙動を示す連続体の応力-ひずみ関係を求め、ジョイント要素を用いたFEM解析の結果と比較し、その妥当性を検討する

2. 応力-ひずみ関係の誘導

1系統の不連続面を有する岩盤の1軸圧縮状態における応力-ひずみ関係において、みかけの弾性係数 E_{j1} は次式のように表せる²⁾。

$$E_{j1} = 1 / (1/E_1 + N \cos^3 \theta / d H K_n + N \cos \theta \sin^2 \theta / d H K_s) \cdots (1)$$

ここで、 E_1 は岩石実質部の弾性係数、 K_n および K_s は不連続面の垂直剛性とせん断剛性、 $d H$ はモデルの高さ、さらに θ および N は不連続面の角度と本数である。

本研究では、2系統の不連続面を有する岩盤のみかけの弾性係数を、岩石実質部のコンプライアンスと、各不連続面の变形だけによるみかけのコンプライアンスの重ね合せとして算出し、2系統モデルのみかけの弾性係数 E_{j2} を次のように導いた。

$$E_{j2} = 1 / (1/E_1 + N_1 \cos^3 \theta_1 / d H K_n + N_1 \cos \theta_1 \sin^2 \theta_1 / d H K_s + N_2 \cos^3 \theta_2 / d H K_n + N_2 \cos \theta_2 \sin^2 \theta_2 / d H K_s) \cdots (2)$$

3. ジョイント要素を用いたFEM解析結果との比較

シミュレーション解析に用いたモデルを図-1に、使用した物性値を表-1に示す。不連続面にはジョイント要素を、岩石実質部には平面要素を用いて解析を行った³⁾。

境界条件は、底面を鉛直方向固定、水平方向自由（右端は固定）とし、上辺に鉛直方向の強制変位を1ステップ0.1mmで20ステップまで与えた。

図-2に、 $\theta_1 = 30^\circ$ および $\theta_2 = -40^\circ$ のそれぞれについて1系統の不連続面のシミュレーションと、 $\theta_1 = 30^\circ$ 、 $\theta_2 = -40^\circ$ の2系統の不連続面のシミュレーションによって得られた変形図を示す。

表-1 使用した物性値

岩石実質部	弾性係数	$E_1 = 10,780 \text{ MPa}$
	ポアソン比	$\nu_1 = 0.2$
不連続面	せん断剛性	$K_s = 1,500 \sigma_j \text{ GN/m}^2$
	垂直剛性	$K_n = 100 \text{ GN/m}^2$

σ_j の単位：GN/m²

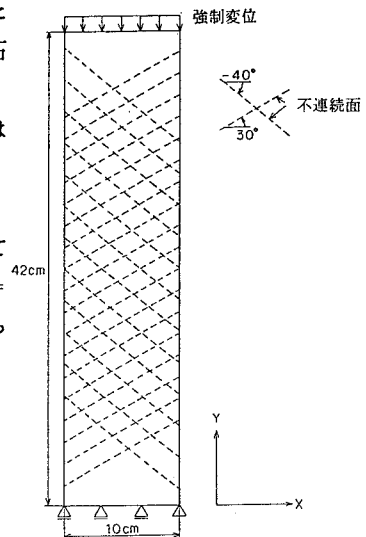


図-1 解析モデル

次に、式(2)を用いて求めた軸方向応力-軸方向ひずみ関係とシミュレーション結果の比較を行った。その結果を図-3に示す。この図より、1系統および2系統ともに、シミュレーションと式(2)による計算の結果はかなりよく一致しており、2系統の不連続面を有する岩盤の変形挙動を、疑似的に連続体として式(2)に示した考え方で表現できることがわかった。

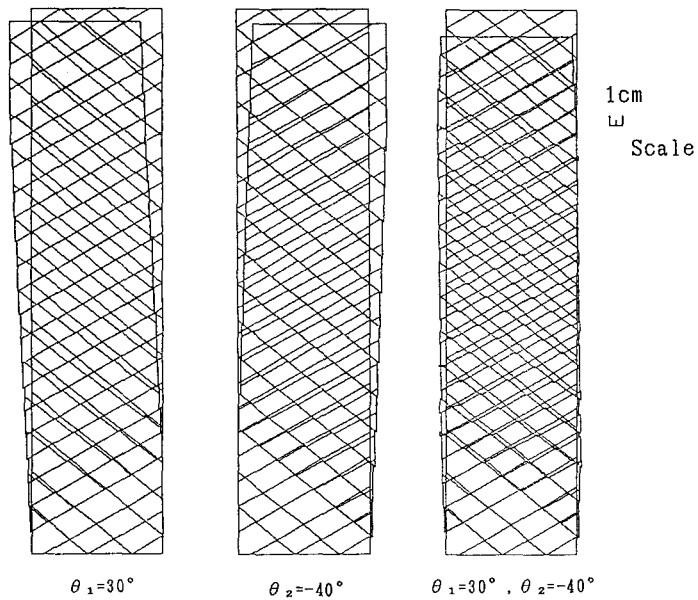


図-2 シミュレーションモデルの変形図
($\sigma_y = 2.0 \text{ MPa}$ 時)

4. あとがき

本研究では、2系統の不連続面を有する岩盤を等価連続体と考えた場合の応力-ひずみ関係を検討した。今回の検討で導いたみかけの弾性係数を用いて得た解と、ジョイント要素を用いたFEM解析の結果とは極めてよく一致した。したがって、この考え方に基づき構成式を導けば、2系統あるいはそれ以上の不連続面を有する岩盤であっても、その挙動を連続体解析により容易に推定することができる。

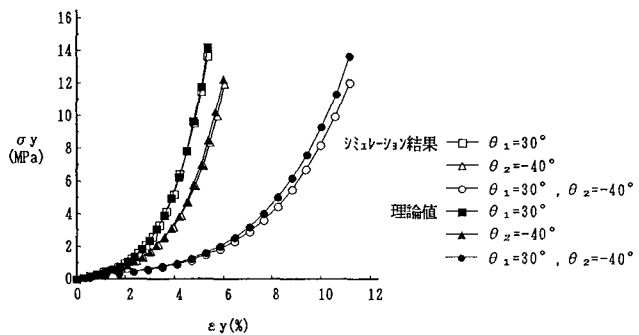


図-3 シミュレーション結果との比較

(参考文献)

- 1) 櫻井 春輔・清水 則一 : 不連続性岩盤の解析手法の現状, 土と基礎, 40-11(418), pp. 39~44, 1992.
- 2) 永井 哲夫・櫻井 春輔 : ロックボルトにより補強された不連続性岩盤の挙動に関する研究, 神戸大学大学院自然科学研究科紀要, 10-B, pp. 1~12, 1992.
- 3) 北條 明・原田 俊之・打田 靖夫・櫻井 春輔 : 不連続性岩盤におけるロックボルトの作用効果について, 第25回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp. 361~365, 1993.