

均質化理論に基づく分布き裂を有する材料の 巨視的強度評価法に関する研究

(株) 竹中土木 正会員 ○山田耕一郎
 東北大学 学生会員 石井 建樹
 正会員 京谷 孝史
 フェロー会員 岸野 佑次

1. はじめに

均質化理論を応用して不連続面を多数含む不連続性岩盤の巨視的変形強度特性が提案されている¹⁾。さらにそれを基に岩盤の破壊の重要な要因となりうるき裂先端の破壊について線形破壊力学の理論に基づき、均質化法による岩盤全体の強度評価法に組み合わせた手法が提案されている²⁾。本研究では、実験を通じて分布き裂を有する材料の力学挙動を明らかにするとともに、線形破壊力学に基づく岩盤の強度評価法の適用性について検討する。

2. 破壊力学に基づく巨視的破壊規準の導出

(1) 単一き裂を有する石膏一軸圧縮試験

図-1 に示すような単一き裂を有する石膏供試体に対して一軸圧縮試験を行なった。供試体の大きさは $140 \times 140 \times 50\text{mm}$ で、開口き裂の角度を変化させている。基質部の石膏は配合条件は特級焼石膏：水を $10:7$ であり、作成した供試体は恒温槽内で 50°C の状況で乾燥させ、約 72 時間乾燥させた。この条件下での円柱供試体の一軸圧縮強度、ヤング率、ポアソン比はそれぞれ表-1 に示す通りである。なお、供試体を作成する際は、き裂を含む供試体を 3 体、参照用として、き裂を含まない健全な供試体を 1 体の計 4 本を一度に作成した。

実験後の供試体を図-2 に示す。き裂角度 45° 、 90° の供試体において、き裂進展確認時の载荷変位は 0.53, 0.98mm であった。

(2) 実験結果に基づく破壊じん性値の導出

き裂進展確認時の载荷変位により破壊じん性値の導出する。この手法はき裂進展確認時の载荷変位を有限要素解析における境界条件として与え、解析の結果得られるき裂縁相対変位により外挿法³⁾を用いて破壊じん性値を導出するものである。

図-3 にき裂角度について求めた破壊じん性値を示す。き裂寸法によらずき裂角度 0° での破壊じん性値はそれ

表-1 石膏の材料物性値

一軸圧縮荷重 (MPa)	16.09
ヤング率 (MPa)	2714
ポアソン比	0.0795

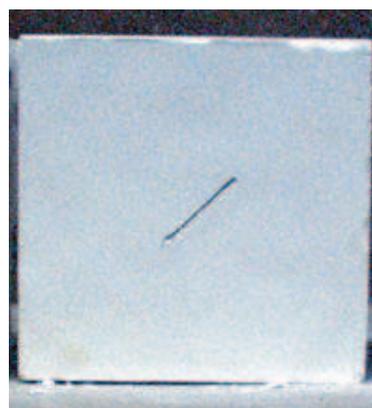


図-1 単一き裂を有する供試体（実験前）

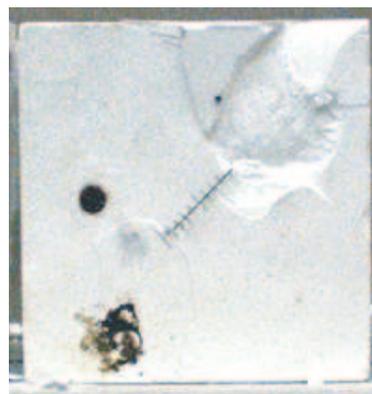


図-2 単一き裂を有する供試体（実験後）

以外の角度とは大きく異なる結果が得られた。これは、き裂が载荷軸方向に垂直なため、かつき裂面に沿ってき裂に対してせん断は十分な大きさで生じないためである。

一方、それ以外の角度のき裂では、実験時における供試体の配合、寸法などによる結果のばらつきを考慮すれば、破壊じん性値は、ほぼ等しいと見なすことができる値が得られている。

Key Words: 破壊力学, 応力拡大係数, 極限荷重解析

〒 980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 06 TEL:022-217-7425 FAX:022-217-7423

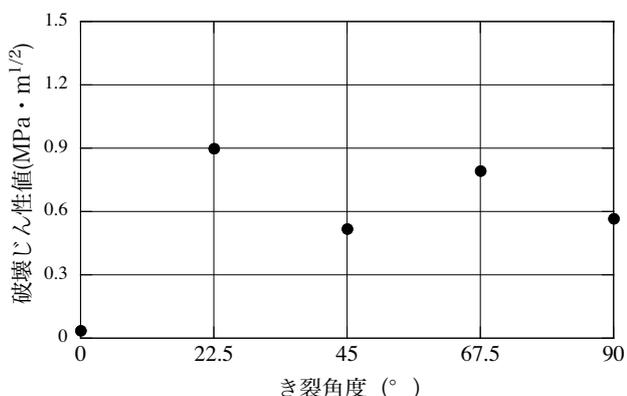


図-3 破壊じん性値

(3) 巨視的破壊規準の導出

均質化法を用いると微視構造から巨視的な力学特性を数値解析的に導出できる¹⁾。本研究では、前項で求めた破壊じん性値を用いて巨視的破壊規準を求める。

微視構造を含む材料の巨視空間上のある1点での破壊開始の基準を「材料内部の点 x の近傍にあるユニットセル内部のき裂先端において、き裂先端の応力拡大係数がいずれかのモードの破壊じん性値を越えたとき、構造体の点 x において巨視的な破壊が始まる」と定義する。この定義のもとで、破壊に達する巨視応力 Σ_{kl} を数値的に求めることができる。(図-4) さらに二次凸曲面で近似することで巨視的破壊規準が求められる。(図-5) その結果から極限支持力解析¹⁾により巨視構造の強度評価を行う。

3. 分布き裂を有する材料の巨視的強度特性

分布き裂を有する石膏供試体において一軸圧縮試験を行った。また、解析において(3)で導出した巨視的破壊規準を用いて極限支持力解析を行った。実験および解析の結果得られた各き裂角度の一軸圧縮強度(単位はMPa)を表-2に示す。き裂角度によって強度特性に違いが現れている。解析と実験の強度の差は、実験結果のばらつきやき裂を含む構造体の破壊挙動はき裂先端の破壊だけが原因で起こるものではないことによると考えられる。

4. おわりに

本研究では、実験を通じて分布き裂を有する材料の力学挙動を明らかにするとともに、線形破壊力学に基づく岩盤の強度評価法の適用性について検討した。

分布き裂を有する材料の力学挙動はその配置条件に応じた破壊形態を反映した挙動を示すため、材料の巨視的破壊をき裂先端の破壊として考慮するだけではな

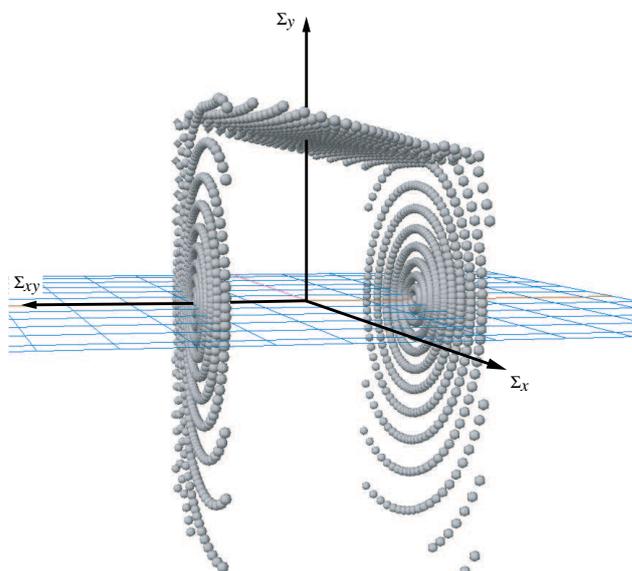


図-4 巨視的破壊応力点 (3次元巨視応力空間)

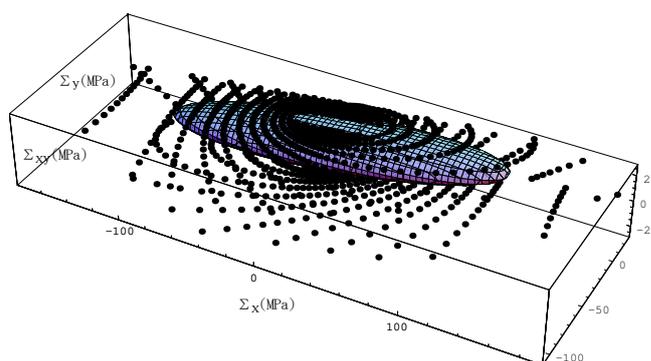


図-5 巨視的破壊規準 2次曲面近似

表-2 実験と解析の強度比較

き裂角度 (°)	強度 (解析値)	強度 (実験値)
0	14.939	7.9975
22.5	13.838	7.2162
45	14.612	9.1131
67.5	128.02	9.6769
90	45.88	13.186

く、様々な破壊に関わる要因を融合させることが必要と考えられる。

参考文献

- 1) 京谷孝史, 寺田賢二郎, 欧陽立珠: 岩石の力学特性と不連続面画像情報による岩盤の変形強度特性評価, 土木学会論文集, No. 631/III-48, pp. 131-150, 1999.
- 2) 破壊力学に基づく岩盤のマルチスケール強度特性評価, 東北大学修士学位論文, 2002
- 3) 白鳥正樹, 三好俊郎, 松下久夫: 数値破壊力学, 実教出版, 1985.