

Ⅲ－40 介在物を含む材料の変形強度特性評価に関する 実験及び数値解析による検討

東北大学 学生会員 ○梅沢 圭祐 正会員 京谷 孝史
 フェロー 岸野 佑次 学生会員 石井 建樹
 学生会員 山田耕一郎 学生会員 神部 匡毅

1. はじめに

岩盤の力学特性を直接的に支配する要因である内部構造の力学特性とその分布状況の情報から、均質化法と極限支持力解析を組み合わせたことによって岩盤構造物の強度特性を定量的に予測評価する方法¹⁾が提案されている。本研究は、介在物を含む材料の力学特性を実験的および均質化解析を用いた数値解析により検討することを目的とする。

2. 介在物を含む石膏供試体の一軸圧縮試験

図-1 に示すような介在物を含む石膏供試体に対して一軸圧縮試験を行った。供試体の大きさは $140 \times 140 \times 50 \text{ mm}$ 、介在物には鉄 (SS400) の円柱 ($\phi 10 \times 100 \text{ mm}$) と角柱 ($9 \times 9 \times 100 \text{ mm}$) を用いた。配合条件は特級焼石膏：水が10：7であり、作成した供試体は恒温槽内で 50°C で約72時間乾燥させた。この条件で作成した円柱供試体の一軸圧縮強度、ヤング率、ポアソン比は表-1 に示す通りである。

1種類の供試体を作成する際は、介在物を含む供試体を3体と参照用に介在物を含まない健全な供試体を1体の計4体を一度に作成した。試験機は、MTS社の油圧式高温高圧一軸圧縮試験機を使用した。荷重方法は変位制御とし、荷重速度は 0.1 mm/min とした。介在物の形状、混入密度、配列を変化させ、供試体を示す力学挙動への影響を実験的に検討する。

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

3. 一軸圧縮試験結果と考察

図-2 に荷重後の供試体を示す。図-3 に規則配列時の一軸圧縮荷重を参照用供試体の一軸圧縮荷重で正規化した値を示す。円柱を配置した供試体では混入密度が大きくなるにつれて徐々に一軸圧縮荷重が小さくなる傾向が見られた。同様の傾向は角柱を 45° 傾けて配置

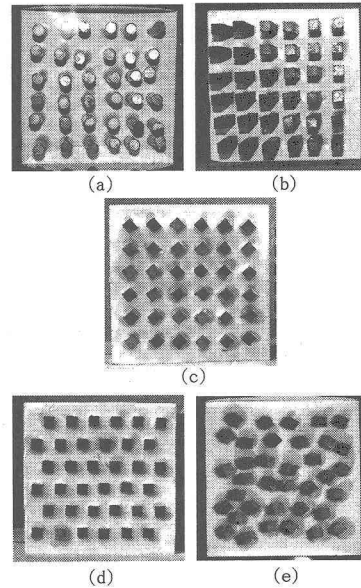


図-1 荷重前の供試体 (a) 円柱 (b) 角柱 0° (c) 角柱 45° (d) 千鳥配列 (e) ランダム配列 (混入密度は全て15%)

した供試体でも見られた。円柱と角柱 45° の場合では、介在物は欠陥として作用し、ひび割れが荷重方向に進展しやすくなると考えられる。一方、角柱を 0° に配置した供試体では参照供試体よりも一軸圧縮荷重が大きく、混入密度が大きくなると一軸圧縮荷重も大きくなる傾向を示した。角柱 0° の場合は荷重方向に伸びてきたひび割れを辺で受け止め、ひび割れの進展を横方向へ促す役割を果たしたからであると考えられる。

図-4 に配列が異なる供試体の一軸圧縮荷重を正規化した値を示す。角柱の千鳥配列では細かいひび割れが供試体の様々な箇所から発生する。千鳥配列では規則配列に比べて荷重方向の介在物同士の間隔が長くなり、発生したひび割れが荷重方向へ伸びにくく、また介在物に沿って階段状に伸びて繋がることで大きなひび割れを形成するため強度が高くなると考えられる。ランダム配列においては円柱と角柱の一軸圧縮荷重が逆転しているが、これは円柱は配列のみがランダムになる

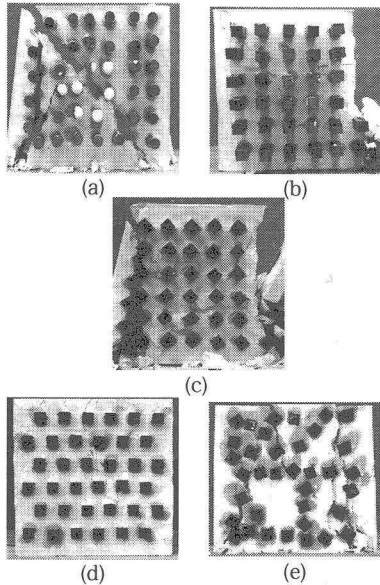


図-2 载荷後の供試体 (a) 円柱 (b) 角柱 0° (c) 角柱 45° (d) 千鳥配列 (e) ランダム配列 (混入密度は全て 15%)

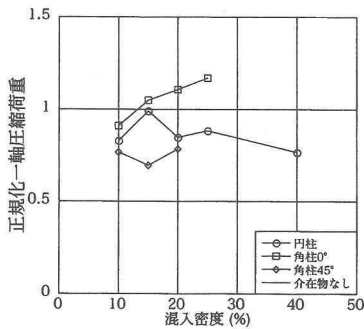


図-3 混入密度と正規化一軸圧縮荷重の関係

のに対して、角柱は角度もランダムになるので载荷方向に介在物の角が向いた介在物が存在し、その介在物の界面付近で応力集中が起こってひび割れが発生し、強度の低下が起こったためであると考えられる。

4. 均質化解析システムによる解析結果と考察

均質化解析により、介在物を含む供試体の強度評価を行って実験値と比較した。図-5に規則配列の供試体についての解析結果と実験結果を示す。ここで実験値は解析結果と比較するために、正規化した一軸圧縮荷重に参照用供試体の一軸圧縮荷重の平均値を掛けた値を用いている。解析結果はどの形状においても実験値

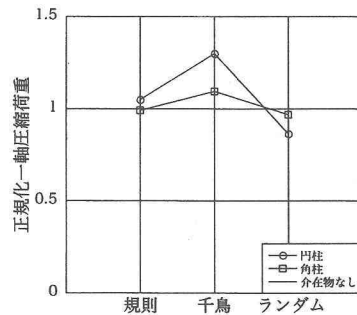


図-4 配列と正規化一軸圧縮荷重の関係 (混入密度 15%)

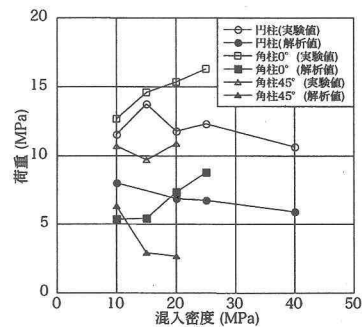


図-5 実験値と解析結果の比較

より低い値を示しているが、角柱 0° では混入密度が大きくなるのに伴って最大荷重も大きくなる傾向を表している。均質化解析では降伏の設定が安全側に設定されていることと、実際の供試体では介在物と石膏の付着が弱く剥がれやすいが、解析中の介在物と石膏は剥がれることがなく、ひび割れが発生しやすくなるために強度は低くなったと考えられる。

5. おわりに

本研究により、以下のような結論を得られた。

- 力学特性は介在物の混入密度よりも、母材の固結度に支配されている。
- 介在物の形状や配列は、ひびの発生、進展や力学特性に影響を与える。
- 本解析システムは介在物を含む石膏供試体の力学特性を定性的に説明できる。

参考文献

- 1) 京谷孝史, 欧陽立珠, 寺田賢二郎: 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, 第 631 号/III-48, pp.131-150, 1999.