

Ⅲ－54 欠陥を含む石膏供試体を用いた一軸圧縮試験と AE計測に基づく破壊挙動と強度特性に関する検討

東北大学

学生会員 ○中村 正紀

正会員 石井 建樹

正会員 京谷 孝史

フェロー 岸野 佑次

1. はじめに

岩盤は多くの不連続面を含む複雑な構造からなっており、その不連続面が強度特性に与える影響を把握することは非常に重要である。そこで著者らは、岩石材料の力学特性と不連続面の分布状況の情報から、岩盤の変形強度特性を定量的に予測評価する方法の研究を進めている¹⁾。本研究は、その一貫として、様々な形状の欠陥を含む石膏供試体を用いて、一軸圧縮試験およびAE計測を行い、欠陥にまつわる材料の破壊現象と強度特性について実験的に把握し検討する。

2. 供試体について

図-1に示すような欠陥を有する石膏供試体に対して一軸圧縮試験およびAE計測を行った。供試体の大きさは $140 \times 70 \times 30$ (mm)で、欠陥の形状を変化させている。供試体は、石膏・水の質量比が10:7となるように練り合わせて作成した。同じ条件で作成した円柱供試体では一軸圧縮試験および割裂試験の結果、表-1のようなヤング率、ポアソン比および引張り強度を示した。

欠陥は全て供試体中央に配置し、直径10mmの円形および 9×9 mmの正方形の空隙と、幅×厚さが 20×0.8 mmの開口亀裂とする。開口亀裂については、角度を水平から 22.5° 、 45° 、 67.5° の3種類とした。

3. 一軸圧縮試験およびAE計測の結果と考察

本実験では、図-2に示すように、荷重の傾きが小さくなる初期降伏点の前後で初期イベントが発生する傾向が見られた。ここでは、初期降伏荷重および初期イベント発生荷重に注目し破壊形態との関連性について検討する。各種供試体における各値を図-3に示す。ただし、角度 6.75° については試験を行った2本が全く異なった傾向を示したため、それぞれを別々に示す。

初期降伏荷重は、亀裂角度 22.5° で最も小さくなり、次いで 45° が小さな値を示した。他の供試体では比較的大きな値を示し、それらの初期降伏荷重はほぼ一定となった。また、初期降伏荷重の値が大きくなるにつれ、初期イベント発生時の荷重の方が初期降伏荷重より大きな値を示す傾向が見て取れる。試験時、各種供試体で図-4に示すような柱

表-1 石膏供試体の材料物性値

ヤング率	ポアソン比	引張り強度
3.40 GPa	0.12	3.0 MPa

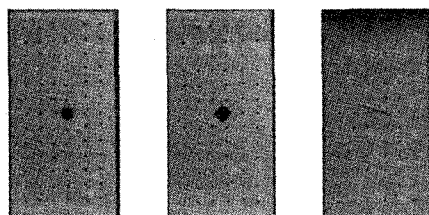


図-1 供試体例

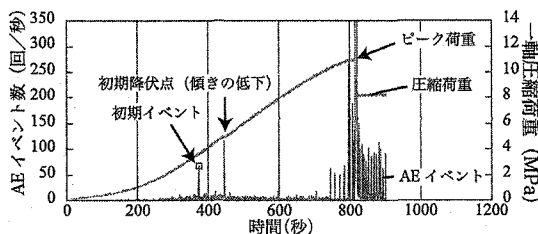


図-2 強度特性の算出法

が主に荷重を受け持つと考え、円形空隙の場合、この柱において顕著なAEイベントとして現れないような微小な塑性的破壊が進展し、その後に欠陥周辺でひび割れが発生したと考えられる。そのため、初期降伏する値が大きくなったと言える。このことは、初期降伏荷重が欠陥のない供試体とほぼ等しいことから妥当であると言える。また、正方形空隙や角度 67.5° についても、初期降伏荷重が円形空隙のものと等しいことから塑性的な破壊が支配的であると考えられる。角度 22.5° 、 45° の場合は、早い段階で欠陥でのひび割れが発生し進展したため、その影響によって初期降伏の値が小さくなったと考えられる。

以上のように、破壊過程において供試体全体に進展する塑性的破壊と、欠陥周辺でのひび割れ発生という異なる2つの破壊が存在していることが分かった。初期降伏と初期イ

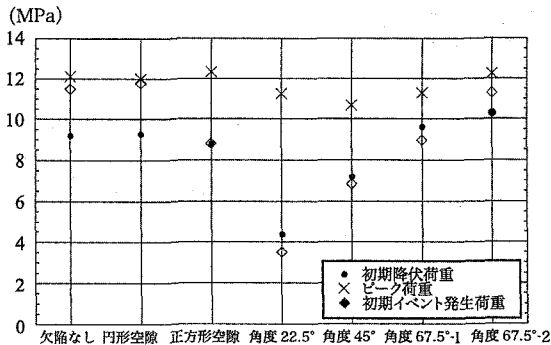


図-3 各種供試体の強度特性

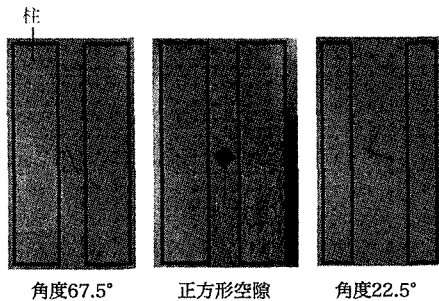


図-4 破壊後の供試体例

ベントが同時に発生した正方形空隙を基準に考えると、円形空隙および角度 67.5° は塑性的な破壊の影響が大きいく、角度 22.5° および 45° は欠陥にまつわる破壊の影響が大きいと考えられる。

4. 試験結果と数値解析結果の比較・検討

実験より得られた知見を検討するため、線形弾性体を用いた有限要素解析を行い、最大主応力 σ_1 と von-Mises 応力の分布を調べた。図-5 に、最大主応力の分布を示す。実験で観察されたひび割れ発生位置は最大主応力が集中した箇所とほぼ一致している。したがって、欠陥にまつわる破壊は引張り応力による破壊と考えられる。

図-6 に各種供試体において、柱に分布している von-Mises 応力の平均値と最大主応力 σ_1 の集中した箇所の最大主応力の値 $\sigma_1^{\max}$ の比を示す。初期降伏と初期イベントが同時に発生した正方形空隙の応力比を 1 として、換算した値を示す。円形空隙および角度 67.5° では 1 より大きな値を示し、角度 22.5° と 45° は 1 より小さな値を示した。この傾向は、実験が示した傾向とよく整合しており、実験結果をよく説明できている。

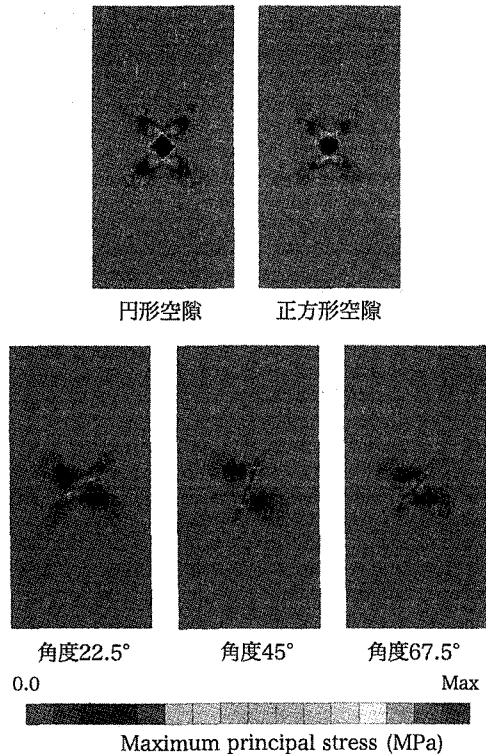


図-5 主応力分布

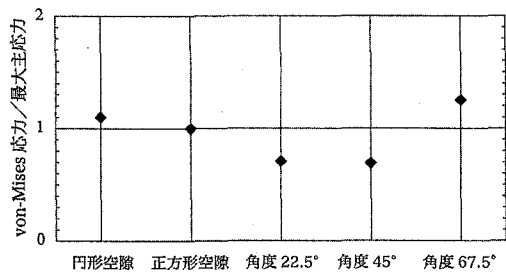


図-6 各種供試体における von-Mises 応力 / 最大主応力

5. おわりに

本研究により、欠陥の違いによって破壊形態が変化し、その違いが強度特性に現れていることを明らかにした。このような考察は、欠陥を多数含む材料における強度特性について考える上での基礎となる知見となり得ると考えられる。

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.