

Ⅲ-A324

模型試験による岩盤表面近傍の破壊に関する検討

西松建設 正会員 ○堀場夏峰、稲葉 力
北海道大学 正会員 藤井義明、石島洋二

1. はじめに

地下空洞壁面周辺や岩盤表面付近ではしばしば岩盤表面に略平行な破壊が見受けられる。たとえば、熔結凝灰岩採石場では山はね様の岩盤剥離現象がみられ¹⁾、V字谷河床の砂岩岩盤ではシーティングが観察される²⁾。また、北海道積丹半島の海岸線における急崖でもしばしば剥離型の破断面が観察される。これらは明らかにせん断破壊とは異なっており、そのメカニズムについて従来余り検討されていない。本研究では、このような岩盤表面近傍の破壊に関して模型試験を行い、有限要素法による応力解析結果と比較する。

2. 実験方法

支笏熔結凝灰岩の強熔結部ブロックを整形し何種類かのモデルを製作した(諸物性値:表1)。ここでは図1のように海食によるノッチのある急崖(左:以下模型1)と浸食速度の違いにより中位層が突き出した急崖(右:以下模型2)をモデルとした供試体についての実験結果を報告する。

供試体を80℃で24時間乾燥した後、荷重・ストローク・横変形・AEリングダウンカウントレート等を計測しながら単軸圧縮した。载荷には、Instron社製材料試験機(5586型、機械式、300 kN)を用い(载荷速度は0.1 mm/min)、荷重は材料試験機付属のロードセルで、横変形はダイヤルゲージを用いて計測した。AE計測には、マグネットホルダーを用いてブラテンに固定した共振周波数140 kHzのセンサー(NF回路設計ブロック社製AE901S)と同社製9501AEテスター(周波数特性100 kHz~2 MHz)を用い、しきい値を0.5 mV、レートメーターのフルスケールを50 count/sに設定し用いた。なお、本試験の問題点として、遠心载荷装置を使用していないため自重载荷ではない、破壊挙動を優先し材料を選択したため次元解析の要求を満たしていない、実験の都合上崖背面の寸法が十分でない等がある。

3. 実験結果

模型1の諸計測結果を図2に示す。図2の時間-変位1図(ノッチ部)では、巨視的破壊の100 s程度前から増加を始めている。これに対して時間-変位2図は巨視的破壊直前まで増加を開始していない。AEは音響とノッチ部岩片の飛散を伴った巨視的破壊時にのみ生じた。試験後の供試体にはノッチ部に圧壊がみられ、ノッチ部からは供試体上端部まで達するき裂が入っていた(図3)。図4は、模型2の諸計測結果である。時間-変位3図では、横変形は载荷初期段階から徐々に増加している。AEも巨視的破壊時に先だって徐々に増加している。パンという音響と共に荷重が低下したので载荷を終了した。試験後の供試体には凸部が剥離するようなき裂がみられた(図5)。

表1 供試体の諸物性値(±に続く数値は標準偏差、括弧内の数値は供試体数、 P_c は封圧)

かさ比重	1.39 ± 0.01 (3)
P波速度(km/s)	2.45 ± 0.10 (3)
有効空隙率(%)	29.5 ± 0.4 (3)
ヤング率(GPa)	5.8 ± 0.1 (3)
ポアソン比	0.14 ± 0.03 (3)
単軸圧縮強度(MPa)	21.7 ± 1.7 (3)
圧裂引張強度(MPa)	3.3 ± 0.3 (6)
3軸破壊条件	$21.4 + 2.37 P_c$ (7) 単軸圧縮強度 21.4 MPa 内部摩擦角 24.0°

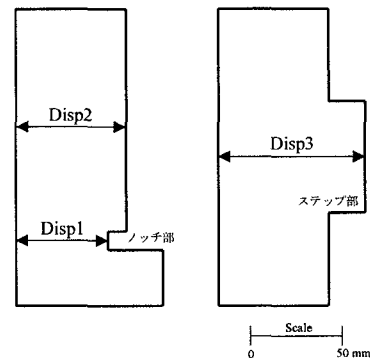


図1 模型試験に用いた供試体

(左:海食によるノッチのある急崖、右:中位層が突き出した急崖)

キーワード : 剥離型破壊、き裂、岩盤表面、模型試験

連絡先 : 〒242-8520 大和市下鶴間 2570-4 西松建設(株)技術研究所 TEL 0462-75-1135 FAX 0462-75-6796

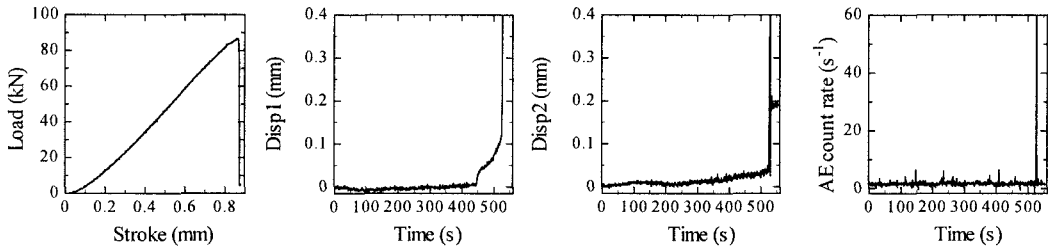


図2 模型1の諸計測結果（ストロークー荷重線図、時間ー変位1図、時間ー変位2図、時間ーAE カウント図）



図3 模型1
試験後の様子

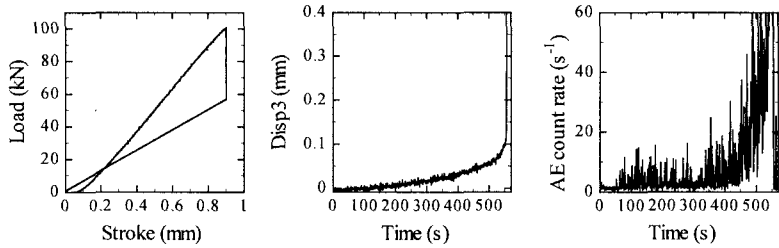


図4 模型2の諸計測結果（ストロークー荷重線図、時間ー変位3図、時間ーAE カウント図）

4. 応力解析結果

有限要素法を用い平面ひずみ状態を仮定した2次元弾性応力解析を行った。境界条件として供試体下面の上下方向変位は固定し、上面に1 MPaの圧縮応力を載荷した。

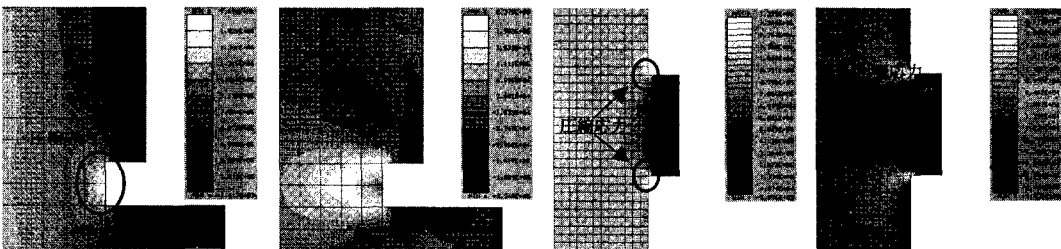
図6の模型1の最大主応力分布では、ノッチ部に圧縮応力が集中し、最小主応力図のノッチ上部には引張応力が分布している。したがって、ノッチ部の圧壊は圧縮応力の集中によるもの、圧壊部から上方へと伸びるき裂は引張応力に導かれたものと解釈することができる。模型2では最大主応力図のステップ部に小さな圧縮応力の集中、最小主応力図の凸部の背後に引張応力の分布が認められる。破壊はおそらくステップ部で初生し、引張応力に導かれて中心部へと成長したものと解釈される。

5. まとめ

急崖を模した模型試験により剥離型破壊等を再現できた。実験で観察されたき裂については有限要素法による応力解析結果で概ね説明できたものの、より詳細な検討のため、変位くい違い法を用いてき裂成長を解析中である。



図5 模型2
試験後の様子



模型1：最大主応力、最小主応力

模型2：最大主応力、最小主応力

図6 応力解析結果

- 参考文献：1）堀場他、凝灰岩採石場における熱応力の計測、第51回土木学会年次学術講演会講演概要集、1996
2）藤井他、あるV字谷におけるシーティングの力学的背景に関する研究、資源と素材、vol.114、869-874、1998