

孔列を有する岩質材料の内圧破壊における自由面の効果

徳山高専	正会員○橋本堅一
(株)奥村組	正会員 萩森健治
徳山高専	正会員 工藤洋三
山口大学工学部	正会員 中川浩二

1. はじめに

市街地や住宅近傍など、火薬類の使用が禁止されている所での岩盤掘削において穿孔したボアホールに静的破砕剤などにより静的内圧をかけて岩盤を壊す方法が使われるようになってきた。これらの方法は破壊能力の問題で自由面を有効に利用した破砕設計を行なうことが必要となる。そこで本研究では静的な内圧を受ける岩盤等の破砕設計のための資料をうるために4孔が一行に並んだセメントモルタル製の直方体供試体の破壊実験を行なった。すなわち二つの外端孔から側面までの距離をかえることによる破壊機構の変化について検討した。またその破壊挙動については有限要素法を用いた数値シミュレーションにより力学的説明を行なっている。

2. セメントモルタル供試体の破壊実験

供試体は4孔を一行に並べており孔径(D)および孔間隔(S)は26mm, 13.4cmとしている。供試体寸法は幅35cm, 高さ25cmとし長さは外端孔から孔列に垂直な面までの距離(W)を孔間隔(S)の0.3倍($W=0.3S$), 0.5倍($W=0.5S$), 0.7倍($W=0.7S$)で与えることにより48.3cm, 53.6cm, 59.0cmの3種類を用いている。供試体数は各々2個, 計6個である。またセメントモルタルの実験時の圧縮強度および圧裂強度は40.2MPa, 3.55MPaであった。

加圧方法は水圧によるもので写真-1に示すような内圧载荷用のゴムチューブに手動ポンプにより水を送り込むことにより圧力を与えている。実験に際しては孔列軸に対して孔および自由面から一定の位置に電気抵抗線ひずみゲージをはり, ひずみの発現を調べている。

実験結果として破壊状態を写真-2に示す。写真には破断面の破断順序と破断圧力も加えている。ここで $W=0.3S$ のものは孔間のひずみに比べて外端孔と自由面間のひずみの発現がはやく, 破壊も一方の外端孔からそれに近い二つの隣接する自由面に向けて生じた。ここで液圧管はすべて連結されているため一孔の破壊が生じ圧力が低下すると他孔の圧力も低下することになるので残された3孔に圧力をかけたところ破壊はやはり外端孔から二つの隣接する自由面に向けて起こり孔間の破断は3回目の载荷で達成された。 $W=0.5S$ の供試体では外端孔と自由面間のひずみの発現が孔間のひずみに比べて



写真-1

载荷チューブ

特にはやいという結果は得られなかったが $W=0.3S$ のものと同様最初の破壊は一方の外端孔とそれに近い隣接する二つの自由面を結ぶ形で生じた。しかし2回目の载荷では $W=0.3S$ のものとは異なり孔間を連結する

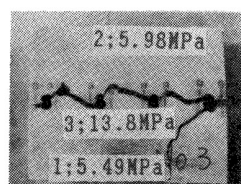
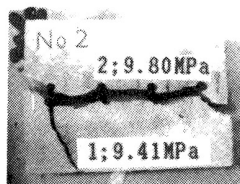
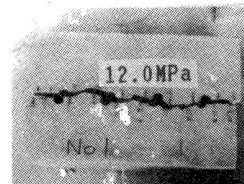
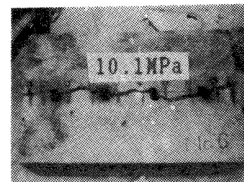
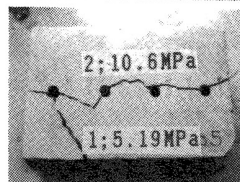
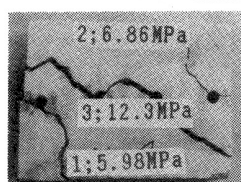
(a) $W=0.3S$ (b) $W=0.5S$ (c) $W=0.7S$ 

写真-2 実験結果

破壊が生じた。 $W=0.7$ Sの供試体では $W=0.3$ Sの供試体とは逆に中央の2孔の間のひずみの増加が荷重の増加とともに顕著となり、1回目の载荷で孔列を結ぶ直線状の破断面が形成された。

以上の結果によりひずみの増加傾向からは外端孔から自由面までの距離を 0.5 S程度にすれば効果的な破壊が起こるようである。

3. 数値シミュレーション

実験結果を力学的に説明するために有限要素法を用いた数値解析を行なった。数値解析の方法は筆者らがすでに紹介した方法でここではその詳細を省く。解析モデルは $1/4$ 部分で図-1に示す通りである。ここでモデルの幾何学的形状が要素分割の都合上若干異なっているが破壊挙動、破壊圧力を論ずるためには影響が少ないものと考えられる。クラックの発達状態および孔間が連結したときの圧力とその圧力における繰返し計算の数(カッコ内)を図-1に示している。まず $W=0.4$ のモデルでは外端孔から自由面までの破壊が最初におこっておりそれから内側方向に孔間の連結が進んでいる。これは実験でみられた端部の破壊に対応するものでありその挙動をうまく説明しているものと考えられる。 $W=0.5$ Sのモデルでは孔間以外のクラックが少なく中央孔間と端部の破壊が同時に起こっている。これは対象となる材料が均一性を有するならば非常に効果的な破壊とみなすことができるがもし端部に欠陥を有するならば実験でみられた結果も予測される。 $W=0.6$ Sでは破壊内圧は若干大きくなるが中央孔間から外側にむけて孔列に沿った破断が生じており一度に孔列のクラックによる連結が期待される。以上により数値解析でも効果的に孔列に沿った破断を生じさせるためには端部孔から自由面までの距離を 0.5 Sより少し大きくとる必要がある結果となり実験結果を概ね説明できたものと思われる。

4. おわりに

本研究では载荷孔から自由面までの長さを変化させた供試体によりその長さが破壊の機構に及ぼす効果を検討してきた。その結果、ブロック状の材料を孔列方向に有効に破断するには外端孔から自由面までの距離を 0.5 Sより少し大きくとる必要があるという結果を得た。これは今後静的な内圧破壊を考えるうえで有効な資料になるものと思われる。

(参考文献) 橋本, 工藤, 中川, 萩森: 液圧による岩質材料の破砕について, 第17回岩盤力学に関するシンポジウム, 1985

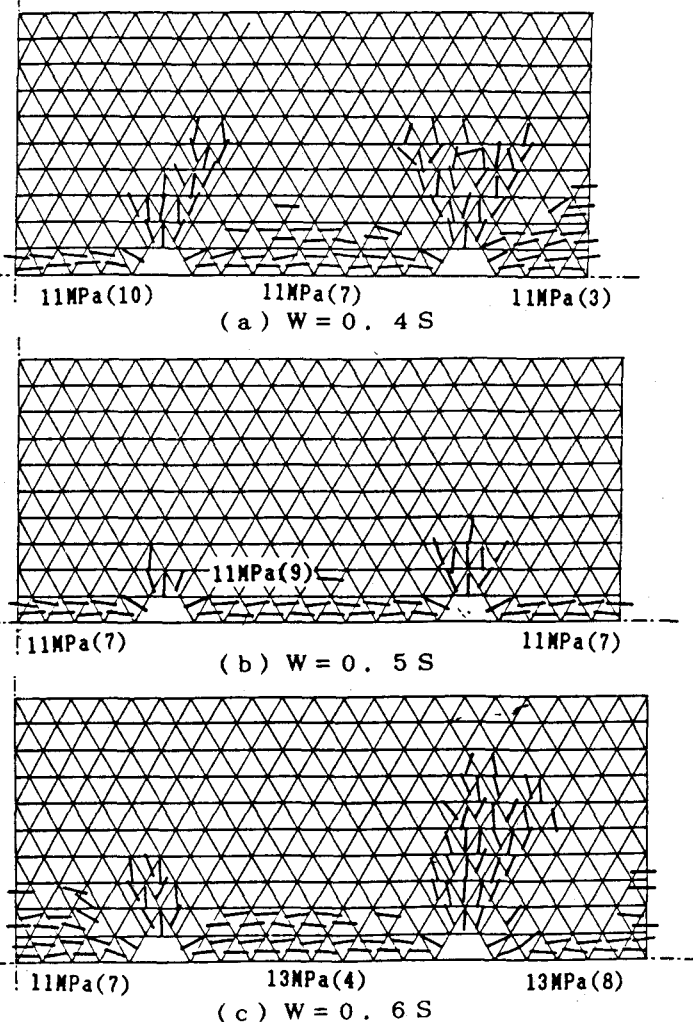


図-1 数値解析結果