

徳山高専

(株)奥村組

徳山高専

山口大学工学部

正会員○橋本堅一

正会員 萩森健治

正会員 工藤洋三

正会員 中川浩二

1. はじめに

火薬類の使用が禁止されているところでの岩盤掘削やコンクリート構造物の解体に静的破碎剤や液圧によりボアホールに内圧を与えて破壊作業を行なう施工例がかなり見受けられる。これらの手法には確立された破碎設計法がなく、個々現場で試行錯誤的に行なわれているのが現状である。これらのことを考えれば破碎設計法へのアプローチとして等方等質と考えられる材料について液圧破碎のための破壊条件を得るということは重要な意味をもつものと考えられる。そこで本研究ではセメントモルタルを用いて載荷孔を一孔有する供試体を作成し水圧による破壊実験を行なった。そして破壊圧力、引張強度、孔径および破壊面長さの関係について明かにした。

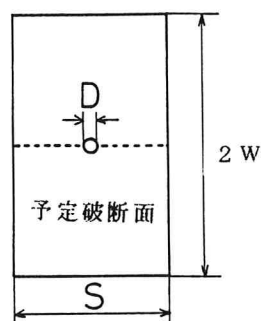


図-1 供試体

2. 実験

供試体材料はセメント：砂が1：2のレディミクストセメントモルタルを用いた。供試体は中央に載荷孔一孔を有するブロック状のものであり載荷孔径（D）は22mm, 26mm, 32mmの3種類を用い、これにより図-1に示す予定破断面長さ（S）を $S/D = 2, 4, 6, 8, 10, 12$ になるように決定した。また予定破断面に直交する面の長さ（2W）はその面に沿って破壊することを防ぐためSの1.5倍以上の長さをとっている。供試体高さは25cmとし、供試体数はおの供試体について2個ずつとしたため合計36個である。供試体打設後は約4週間湿潤状態を保ち実験に供している。用いたセメントモルタルの実験時の圧縮強度、圧裂引張強度は39.4MPa, 3.58MPaであった。載荷方法は水圧によるもので写真-1に示すような内圧載荷用のゴムチューブに圧力センサーを有するバルブユニットを通じて手動ポンプにより水を送り込み、圧力を与える形をとっている。圧力発現部のゴムチューブは図-2に示すように供試体高さ25cmに対して17cmである。したがって載荷は全孔長にわたって行なわれず、中央部に対する部分的な載荷となる。図-3に全孔長25cmについて孔壁に作用する圧力の作用状況を鋼管パイプを用いて測定した結果を示している。



写真-1

載荷ゴムチューブ

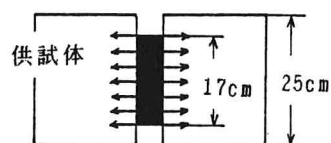


図-2 載荷状態

写真-2に実験により得られた代表的な供試体の破壊状態の一例（ $S/D = 6$ ）を示す。破壊は写真のようにほぼ予定破断面に沿って破壊音をともなって起こった。図-4には破壊内圧 σ_{ic} を材料の圧裂引張強度 σ_t で除して無次元化した値 σ_{ic}/σ_t と破碎設計の立場から重要と考えられる予定破断面長さSを孔径Dで除した値 S/D の関係を36個の供試体についてプロットしたものである。実験結果は $S/D = 1$ のところで $\sigma_{ic}/\sigma_t = 0$ である

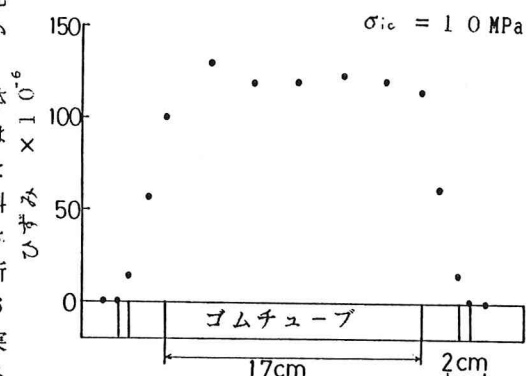


図-3 圧力分布

ことを考慮すれば（

$S/D, \sigma_c/\sigma_t = (1, 0)$ を頂点としたなだらかな2次曲線状を呈しているといえよう。

3. 数値解析

実験結果を力学的に説明するため有限要素法を用いた数値解析を行なった。解析方法は筆者らがすでに紹介した方法を若干修正したもので既報との違いは1) クラックの発達がない場合の荷重増分を0.5MPaにする。2) クラックが入り異方性となった要素においてクラック方向の破壊も考える。の二点である。解析に用いたモデルの一例 ($S/D = 4$) を図-5に示す。ここで要素分割は正三角形を基礎としており載荷孔は正六角形で近似した。破壊はクラックすなわち異方性要素が載荷孔から自由面までを連ねたときを破断とみなしそのときの載荷圧を破壊内圧とした。図-5には破断時におけるクラックの発生状態を図示している。要素内の実線はその要素に発生したクラックの方向を示している。 $S/D = 2, 4, 6, 8, 10$ の5つのモデルについて破壊内圧を求め $\sigma_c/\sigma_t - S/D$ 曲線を求めたものが図-4中の△印であり、これを近似したものが実線である。ここでは $S/D = 2$ 程度ではほぼ一致した値をしめしているが S/D が大きくなるにつれて実験値との差は大きくなり低めに値がでている。これはクラックの発生にかなり依存する肉厚の薄い供試体では実験結果と数値解析結果がほぼ一致していること、数値解析は平面問題で考えていることを考慮すれば実験で載荷孔全体に渡って内圧が作用していないことが大きく影響をおよぼしているものと考えられる。ここで簡単のためその補正係数として、供試体高さに対する載荷長さを考え数値解析結果に修正を施したものの（破壊内圧を25/17倍した）が図-4中破線である。実際問題として実験は平面問題ではないためかなり複雑な破壊メカニズムを示すものと考えられるがこの補正で実験結果を概ね表現できているものと思われる。

4. おわりに

以上のように静的内圧による破砕に対する破砕設計の立場から破壊面の予測が可能な一載荷孔を有するセメントモルタルブロックで実験を行ない、破壊条件について検討を加えてきた。この結果その破壊現象は簡単な数値解析により説明されることがわかった。

（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

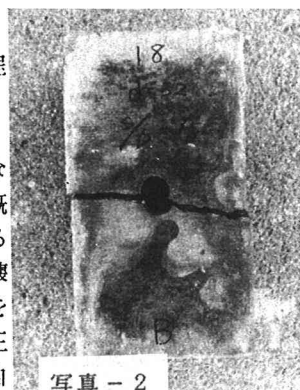


写真-2

供試体の破壊状態

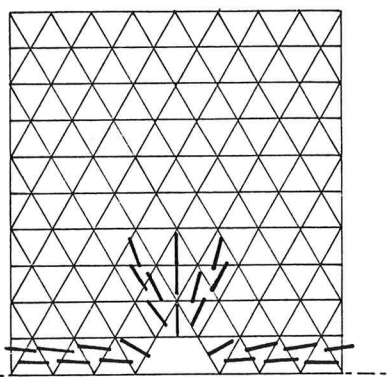


図-5 数値解析結果

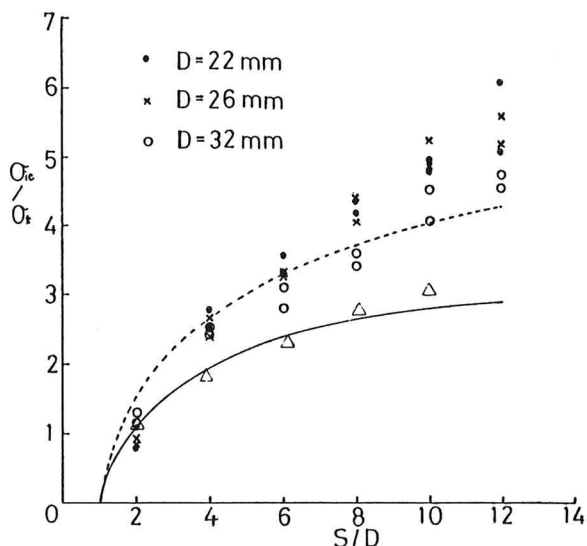


図-4 破壊条件