

装薬ホルダーを使用した爆破き裂制御

八代高専専攻科環境建設工学専攻 学生会員 岩本誠治
 八代高専土木建築工学科 正会員 中村裕一
 (株)鴻池組東京本店基礎部 山下武久

1. はじめに

地下空間開発やコンクリート構造物の爆破解体などの具体化にともなって、効率的な制御爆破工法の必要性が高まっている。工法を選定する場合、工期、施工性、経済性、安全性を考慮する必要がある。残すべき構造物の損傷防止、平滑な仕上げ面の形成、周辺環境への配慮が要求されるため、精度の高いき裂の方向制御が可能な爆破工法を確立することが重要である。このため著者らは爆破エネルギーの効率を高め、高精度のき裂方向制御を可能にする爆破工法として装薬ホルダーを使用する方法に関する研究を進めている^{1)~3)}。本報告では、新しい着想として衝撃波の集中効果を作り出すくさび形空洞を有する装薬ホルダーを使用したき裂の方向制御に関する爆破モデル実験の結果について述べる。

2. 実験方法

くさび形空洞を有する装薬ホルダーは、デカップリング状態にある装薬の爆発によって発生する衝撃波と特別に工夫された幾何形状を有する装薬孔壁面との干涉効果に着目したものであり、装薬孔の孔壁に作用する爆力の作用方向を制御し、くさび形空洞先端位置の装薬孔壁面上に引張応力場を生じさせ、その位置を予定破断面方向に一致させることによって、き裂の進展方向を制御することを意図している。実験に使用した鋼製装薬ホルダーの形状を図-1に示す。この2つの装薬ホルダー

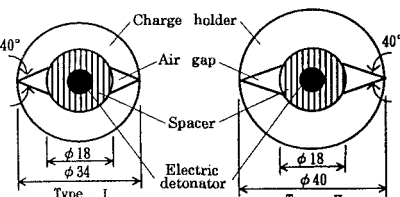
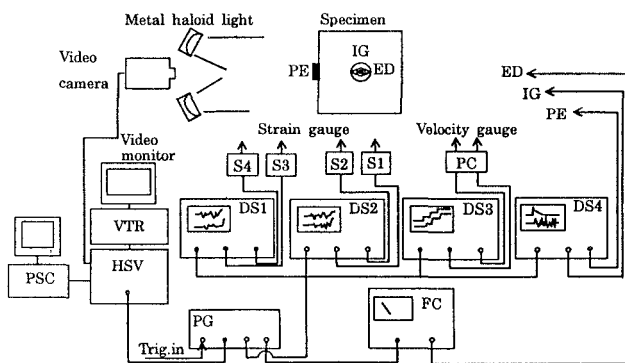


図-1 装薬ホルダーの形状

は、外径とくさび形空洞の体積が異なっている。ホルダーの内径で定義される装薬のデカップリング指数は 2.73 である。本実験では、くさび形空洞を有する装薬ホルダーによって生じるホルダー近傍の動ひずみとき裂進展速度を測定すると共に、き裂の進展挙動を高速度ビデオカメラによって観察した。図-2に本実験のブロック線図を示す。使用した高速度ビデオ撮影装置はデジタルメモリー方式の画像記録装置で、トリガー機能によって爆破現象に同期させて画像記録が可能であり、分割フレームにすれば、最高撮影速度 40500 コマ/秒で画像記録ができる。実験は、爆発容器内に配置された供試体に 2 個の光源の光を当てて、き裂進展挙動を撮影した。

爆破モデル実験には、爆破実験における供試材料として、その有効性が認められている PMMA 供試体(200×200×20mm)を使用し、装薬には市販の地震探鉱用電気雷管を使用した。爆破現象解析のため、装薬の爆発時刻をイオンギャップで測定した。また、岩質材料に対する爆破効果を確認するためにモルタル供試体(300×300×100 および 450×300×100 mm、装薬孔深さ 60mm)も使用した。



ED : Electric detonator IG : Ionization gauge
 S : Dynamic strain amplifier PC : Pulse circuit
 DS : Digital storage oscilloscope PG : Pulse generator
 HSV : High speed video system FC : Firing circuit
 PSC : Personal computer PE : Piezoelectric gauge

図-2 本実験のブロック線図

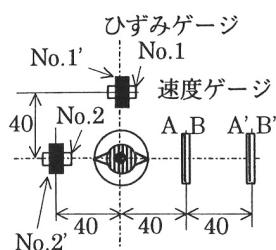
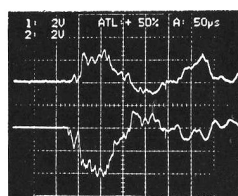
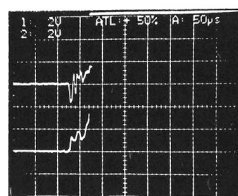


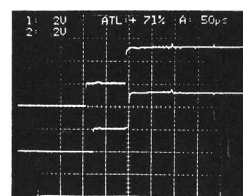
図-3 ひずみゲージおよび速度ゲージの貼り付け位置



上側波形：ゲージ No.1
下側波形：ゲージ No.1'



上側波形：ゲージ No.2
下側波形：ゲージ No.2'



上側波形：ゲージ A-A'
下側波形：ゲージ B-B'

図-4 PMMA 供試体に生じた動ひずみ波形
(Type II、2000 μ ストレイ/V)

3. 実験結果および考察

図-3 は、装薬ホルダーを装着した PMMA 供試体に接着されたひずみゲージおよび速度ゲージのゲージ位置を示している。ひずみゲージ No.1 と No.2 および速度ゲージは供試体の表側（装薬孔上部）に貼り付け、ゲージ No.1' と No.2' は裏側（装薬孔底部）に貼り付けた。同一条件ごとに各爆破実験を 3 回行い、ひずみ波形に再現性があることを確認した。動ひずみ波形の一例を図-4 に示す。起爆後、応力波の到達によって No.1 ゲージは引張力、No.1' ゲージは圧縮力を受ける。提案法は、装薬ホルダー内部のくさび形空洞に衝撃波の動的集中効果を生じさせ、予定破断面の直角方向に大きな引張力を作用させることを意図しているが、No.2' ゲージのひずみ波形から、応力波到達後に大きな引張りひずみが生じていることがわかる。実験後の供試体の破断面は、予定破断面の直角方向に強く引きちぎられたような粗い破断面であった。図-5 は、き裂進展速度計測のための速度ゲージ切断による電圧変化の出力波形である。これから求めた 3 回の実験におけるき裂進展速度の平均速度は、2つの速度ゲージの中間距離で求めた場合 Type I : 588 m/s、Type II : 506m/s であった。これは、くさび形空洞の体積の大きさに関係しており、Type II の方が爆力の緩和効果が大きいと考えられる。図-6 は予定破断面を対角線方向にとり、その方向にくさび形空洞先端を一致させた場合の Type I による爆破き裂の制御効果について評価したものである。自由面近傍において、予定破断面からのずれが生じているものの、予定破断面に沿うき裂が形成されることがわかる。図-7 は高速度ビデオカメラで記録した画像をビデオプリンターで出力したものである。起爆回路とビデオ装置の同期時刻はコマ番号が-1 から+1 になる間である。高速度ビデオカメラに録画された画像からは、くさび形空洞先端から予定破断面に沿ったき裂が生じた後に爆発ガスが作用し、き裂面での破断作用を助長していることが観察された。また、自由面から装薬孔側へ向かうき裂も見られた。

<参考文献>

- 1) 中村裕一，山本雅昭，松永博文；火薬学会誌，Vol.56，No.1，1995，pp.19-25
- 2) 中村裕一；き裂制御爆破工法，特許庁特許公報（特公平 8-12040），1996
- 3) 中村裕一，岩本誠治；土木学会第 51 回年次学術講演会概要集 I-B，平成 8 年 9 月

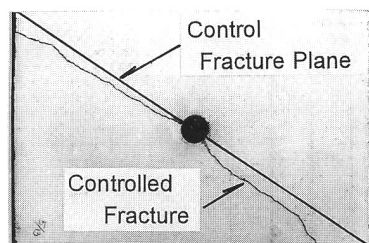


図-6 モルタル供試体のき裂パターン

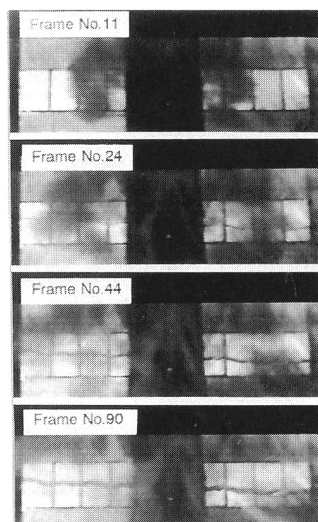


図-7 高速度ビデオカメラで撮影したき裂進展挙動(モルタル供試体)
撮影速度 18000 コマ (Type I)