

I - B218

爆破応力波と円孔の干渉によって生じるき裂の動的挙動

八代高専土木建築工学科 正会員 中村裕一

八代高専専攻科環境建設工学専攻 岩本誠治

西松建設(株)技術研究所 正会員 大原 直

1. はじめに

爆破き裂の進展制御を目的とした従来技術の中で、装薬孔の近くに円孔のガイドホール(空孔)を設けておくと、その方向へ爆破き裂を進展させることが出来ると言われており、この方法に関する理論的、実験的研究がこれまでにいくつかなされているが、その効果の評価については幅がある。これは爆破現象が瞬間的であることなどの実験的困難さなどによって、爆破にともなう応力波と円孔の相互作用やき裂進展に及ぼすその役割が必ずしも十分に明らかにされていないことなどによるものである(1)。この問題について、著者らは構築した可視化システムを使用して応力波と円孔の干渉挙動を明らかにし、その成果の一部をすでに報告している(2)。本報告では高速度ビデオを使用した画像撮影によって、予定破断面に沿う爆破き裂の進展挙動を解析し、切り欠きを有する円孔をガイドホールとして使用する方法が爆破き裂制御方法として有効であることを示す。

2. 実験方法

本実験における配置を図-1に示す。可視化写真観察には、爆破モデル実験での有用性が認められているPMMA供試体を使用した。装薬には起爆遅れのバラツキの少ない地震探鉱用電気雷管(6号)を使用した。爆破現象の解析のために、装薬の爆発時刻、レーザーの発光時刻及び応力波の自由面到達時刻を各々、イオンギャップ、フォトランジスター及び自作した圧電ゲージで測定した。圧電ゲージは装薬孔とガイドホールを結ぶ方向の自由面位置に装着した。これらの計測波形は2台のデジタルストレージオシロスコープに記録した。実験から求められた雷管の起爆遅れは、114 μ sから144 μ sの範囲にあった。図-2に高速度ビデオカメラによるき裂進展挙動撮影における装置の配置を示す。爆発容器に配置された供試体に2個のハロゲンランプの光をあてて、き裂の進展挙動を撮影した。厚みのあるモルタル供試体を使用する場合は、装薬孔からの飛散物による観測窓の破損を防止するために、供試体を光軸に対して45度傾けて撮影した。使用した高速度ビデオカメラはデジタルメモリー方式で、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る。実験では爆発ガスの拡散を防止するために装薬孔位置の供試体表面に鋼製チャンネルを被せた。

3. 実験結果及び考察

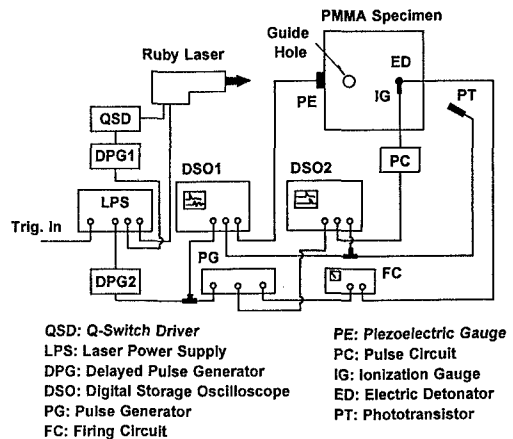


図-1 本実験のブロック線図

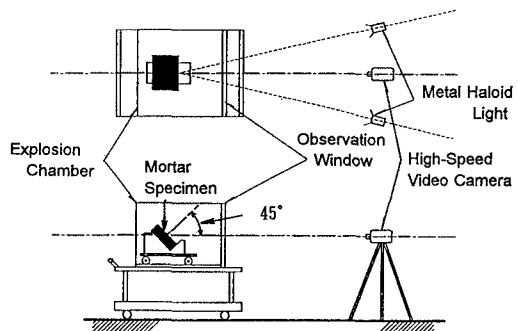


図-2 高速度ビデオを使用した実験の配置

〈キーワード〉 応力波、き裂進展、ガイドホール、爆破き裂制御、高速度ビデオ

〒866 熊本県八代市平山新町2627 八代高専, Tel 0965-35-1611 Ext255, Fax 0965-33-0616

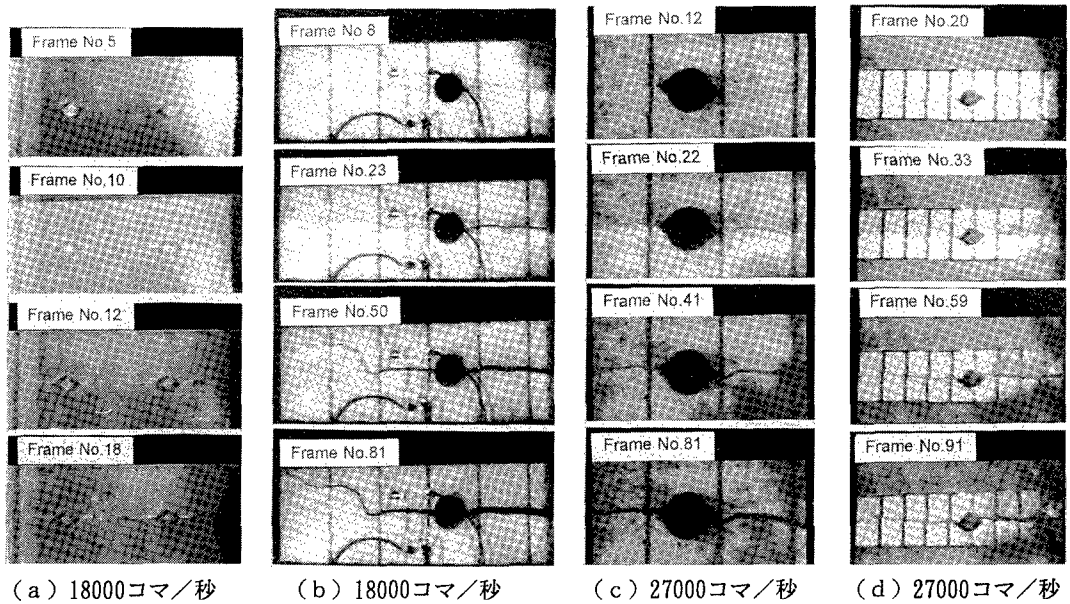


図-3 高速度ビデオで撮影した爆破き裂の進展挙動

本実験条件下では図-1に示した20x20x2cmのPMMA供試体の装薬中心から15cmの距離にある自由面までの応力波の伝ば時間は約50 μ sで、その平均伝ば速度は3km/sになるが、圧電ゲージ装着位置の自由面付近では約2.7km/sとなり、供試体の縦波弾性波速度に近い値になることが実験結果から明らかになった。また、先頭の応力波につづいて、第2波の応力波が伝ばし、これは起爆薬と添装薬を有する雷管の構造に起因しているものと考えられる。図-3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。

(a)では30x20x2cmのPMMA供試体を使用され、装薬中心から第1、2のガイドホールまでの距離は各々10、20cmである。(b)及び(c)では30x30x3cmのモルタル供試体が、(d)では30x30x10cmのモルタル供試体を使用されている。これらの画像から、き裂の進展挙動と切り欠きを有する円孔のガイドホール効果を確認することが出来る。(a)から、切り欠き円孔の切り欠き先端からき裂が互いに逆向きに伝ばし、円孔間で互いにき裂が衝突して予定破断面に沿うき裂面が形成されることがわかる。(b)から(d)の供試体ではガイドホールは装薬中心及び写真左側の自由面から10cmの位置にある。円孔のみの場合は、き裂が円孔を通過した後、円孔と自由面の中間付近でその進展速度が低下するのに対して、切り欠きを有する円孔では進展速度が急激に低下することなしに自由面までき裂が進展する。このため、爆発ガスの膨張エネルギーが効果的に作用することから、破断面が形成された後の上側の供試体は拘束されていないために、その移動も速くなる。写真から爆発ガスがき裂面に沿って移動することがわかる。モルタル供試体における破断面の形成は微視き裂の発生とそれに続くき裂の開口によるものであるが、爆発ガスの移動がき裂の開口に重要な役割を果たすことがわかる。これらの実験結果から、特定の方向へのき裂進展を実現するための方法として、切り欠きを有するガイドホールを使用する方法が有効であることがわかる。また、起爆後の早い段階で特定の方向にき裂を進展させることが出来れば、装薬孔からの無秩序に進展するき裂を抑制することも出来る。この様な切り欠きを有する孔（溝付きの孔）の現場での削孔は椋木・大原らによって開発されたウィングビットを使用して行うことが出来る(3)。

<参考文献>

- (1)緒方雄二, 和田有司, 勝山邦久; 火薬学会誌, 56, 1(1995)
- (2)中村裕一, 大原直, 椋木淳二; 土木学会第50回年次学術講演会（平成7年9月）
- (3)椋木淳二, 大原直, 秋吉直義, 国武誠二; トンネルと地下, 23, 41(1992)