

VI-150

レーザーシャドウグラフ法による 爆破にともなう応力波の可視化と き裂制御への応用

八代工業高等専門学校 正会員 中村裕一
西松建設(株)技術研 正会員 大原 直
西松建設(株)関西支店 椋木淳二

1. はじめに

最近、地下空洞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う、効率的な制御爆破工法の必要性が高まっている。特に、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が、爆破現象が瞬間的であるため、解明すべき課題も多い。爆破にともなう応力波、爆発ガス、き裂進展を可視化写真観察することによって、高精度で効率的なき裂制御爆破工法を確立するための有益な情報を得ることが出来る。可視化法には種々の方法があるが、著者らは爆破現象との同期が可能で、短時間(20nsec)に十分な強度の単色光を得ることが出来るQスイッチルビーレーザーを光源に使用したシャドウグラフ法による可視化システムを構築し、モデル実験によって、前述の爆破現象の写真観察を行い、その成果をもとに、き裂方向制御可能な爆破要素技術に関する研究を進めている(1)。本報告では、可視化システムの詳細と円孔と干渉する応力波の挙動の可視化写真及びその実験成果に基づく着想として、爆破き裂の制御のための切り欠きを有するガイドホール(空孔)の有効性について述べる。実施工において、この様な溝付き孔の削孔は大原・椋木らによって開発された図-1に示すウイングビットを使用して行うことが出来る(2)。

2. レーザーシャドウグラフ法による可視化システム

発光強度の十分な光パルスを効率よく得るには、Qスイッチの作動をポンピング開始時より最適遅延時間(使用したレーザー装置では900マイクロ秒)だけ遅らせる必要がある。本システムでは、現象との同期のために2台の遅延回路と自作した起爆回路(充電電圧45V、放電時定数2ミ秒)を使用した。遅延回路はデジセットスイッチによって、1マイクロ秒の精度で遅延時間の設定が可能である。シャドウグラフ観察を行うための光学系の配置は、2個の凹面鏡(焦点距離

1.5m、有効径15cm)を用いた2面对向法である。図-2に、光学系の配置状況を示す。これらの光学系は、He-Neレーザーによって光軸調整される。ビーム拡散用凹レンズ、補助平面鏡、凹面鏡によって平行光線となり、観測部を通過する。このとき、観測部における密度変化によって生じる光の濃淡は、受光側の凹面鏡、補助平面鏡で集光されたのち、カメラのフィルム面上に結像され、シャドウグラフ写真が撮影される。可視化写真観察のモデル爆破実験には、供試体として厚さ20mmのPMMA板を使用し、装薬には市販の地震探鉱用電気雷管を使用した。この爆破実験は、鋼製爆発容器内で行い、雷管の爆発光とレーザーの光パルスはフ

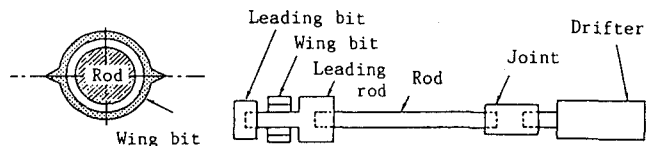


図-1 溝付き孔を削孔するウイングビット

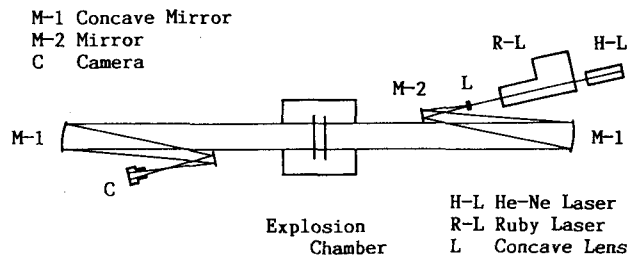


図-2 レーザーシャドウグラフ法における光学系の配置

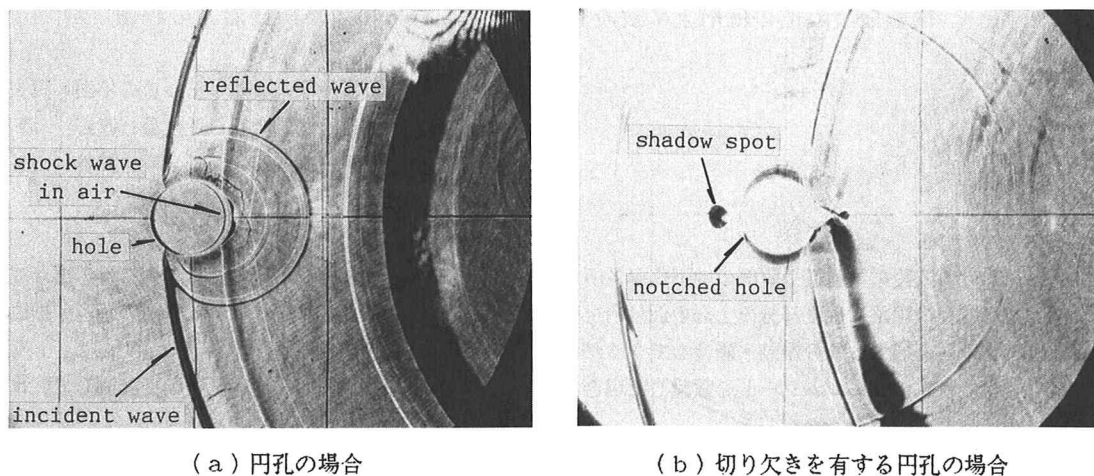


図-3 円孔と干渉する応力波のシャドウグラフ写真

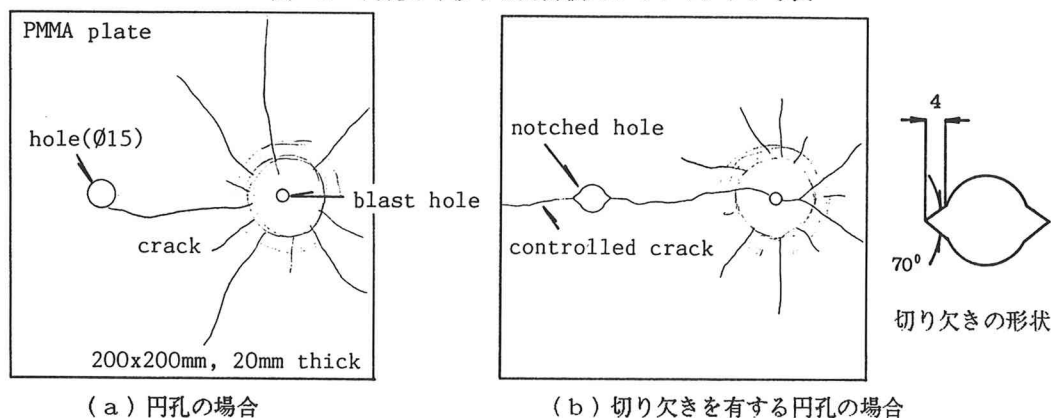


図-4 爆破後の供試体のき裂形成状態

フォトランジスターで感知した。これによると使用した電気雷管の起爆遅れは、約120マイクロ秒であった。また、供試体の自由面に圧電ゲージを装着し、衝撃波の到達時刻を計測した。

3、実験結果及び考察

円孔と干渉する応力波のシャドウグラフ写真を図-3に示す。写真(a)から円柱状に爆源から伝ばする入射応力波は円孔に到達すると干渉して、反射波が円柱状に入射波と逆向きに伝ばすることがわかる。供試体中における入射応力波波頭の平均伝ば速度をシャドウグラフ写真のデータ解析から求めると約2.74km/秒となった。また、特徴的なこととして、円孔内部の空气中に収束する衝撃波が発生していることがわかる。これは、入射応力波に対して円孔壁面が自由面となり、応力波との干渉によって自由面が内側に変位することによって生じたものである。円孔内に生じた衝撃波は円孔壁面に内圧となって作用する。このことに着目すると円孔に切り欠きを設けることによって、き裂進展を制御することが期待できる。写真(b)は切り欠きを有する円孔と干渉する応力波のシャドウグラフ写真である。切り欠き先端部分に応力集中を示すシャドウスポットが生じている。図-4は爆破後の供試体のき裂形成状態のスケッチであるが、特別な方向へのき裂進展を実現するためのガイドホールとして切り欠きを有する円孔が効果的であることがわかる。

参考文献

- (1)Y.Nakamura, et al, Demolition and reuse of concrete and masonry, pp.195-206,1993.10
- (2)大原、椋木、秋吉、土木学会第47回年次学術講演会（平成4年9月）