コンクリート切断用の成形爆薬の開発とモルタル供試体の切断実験

産業技術総合研究所　正会員　○緒方雄二　　産業技術総合研究所　正会員　丁　佑鎭
産業技術総合研究所　非会員　久保田士郎　　産業技術総合研究所　非会員　和田有司

１．はじめに

耐用年数に達する原子力発電施設の増加に伴い、その解体処分を効率的に行うことが重要な課題となっている。特に、生体遮へい構造物は放射能の漏洩防止のために、従来の構造物と比較して堅固なコンクリート構造設計となっている。本研究では、この堅固な構造物の解体を効率的かつ安全に実施するため、発破による高エネルギーを利用した自動制御発破工法を開発し、人間への曝露を最小に抑えることを目的として実施する。環境への負荷を最小にするには、コンクリート構造物を放射化の程度に応じて分別解体することが必要である。最適なコンクリート切断用成形爆薬を開発するために、成形爆薬から駆動されるプラズマジェットおよびライナーカッターの生成メカニズムを高速度カメラによる観察実験から明らかにした。また、モルタル供試体を用いたモデル実験から成型爆薬に破壊特性について検討したので報告する。

２．実験方法

２．１　コンクリート切断用成形爆薬

実験ではライナーカッターの材質およびライナー角度の相違による成形爆薬から駆動されるプラズマジェットおよびライナーカッターの生成メカニズムを解明するために、高速度カメラ(Cordin124:撮影駒数 26 駒、撮影速度 10,000～2,500,000 駒/秒、撮影フィルム 35㎜)、クセノンフラッシュ(4kV 以上)を用いて観察した。実験では、成形爆薬が起爆し、ライナー材が溶融し金属ジェットとライナーカッターが生成される状態を観察するために 5×10^{6}FPS（駒間 2μs）の撮影速度で観察した。成形爆薬のライナーカッターの材質としては、PMMA 材、アルミ剤、銅板および亜鉛メッキ鋼板を用いた。ライナー角度としては、60、90、120°としてライナー角度による影響を検討した。ライナーカッターの飛翔速度を計測するために、イオン探針法を用いて計測した。計測では、12 本のイオン探針を 1.0㎝ 間隔で設置し、計測した。さらに、ライナー材を回収し、その形状等を検討した。成形爆薬の概略を Fig.1 に示す。

２．２　モルタル供試体による破壊実験

モルタル供試体は，500mm×500mm×600mm 大きさのブロック状とており，重量配合比を水：セメント：砂＝1：2：4 として 28 日以上養生したものである。密度は 1870.84kg/m^3，ヤング率は 10.31GPa，引張強度は 2.98MPa，圧縮強度は 39.15MPa である。

３．実験結果

３．１　成形爆薬の爆轟性

高速度カメラによる観測結果から爆轟速度とライナーカッターが生成される速度が同等であることが確認できた。また、ライナー材が爆轟伝播により変形を開始し、対象物に衝突するまでの過程が観察でき、モンロー効果による金属ジェットの発生を確認した。抵抗線法によるペントライトおよびエマルション爆薬の爆轟状態の観察結果から時間の経過に伴いほぼ一定の割合で抵抗線の電圧が低下し、ペントライト爆薬で約

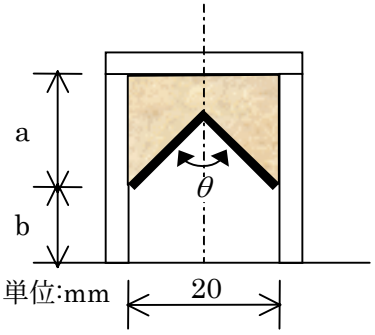

Fig.1 Shape of shaped charge

キーワード　成形爆薬、動的破壊、構造物、金属プラズマジェット
連絡先　〒305-8569　茨城県つくば市小野川[16-1　産総研つくば西事業所　TEL 029-861-8249

爆速は 7,000m/sec 程度の爆轟速度で爆轟していることを確認した。また、ライナー材の材質の相違については、材質に関係せずに定常状態になっていることを確認した。

３．２　ライナー材のの飛翔速度

イオン探針法による計測結果を Fig.2 に示す。図中の●は、アルミ材を用いた時の飛翔速度で、銅材（○）と亜鉛メッキ鋼材（△）に比較して 2 倍程度の約 6,000～8,000m/s で飛翔していることが判明した。これは、アルミ材が銅材および亜鉛メッキ鋼材と比較して密度が低く、ペントライト爆薬の爆轟により容易にプラズマ状態になるためと思われる。また、回収したライナー材については、銅材および亜鉛メッキ鋼板の破片は、ライナー状の状態で回収されるが、アルミ材の場合は、小さな破片として回収される。

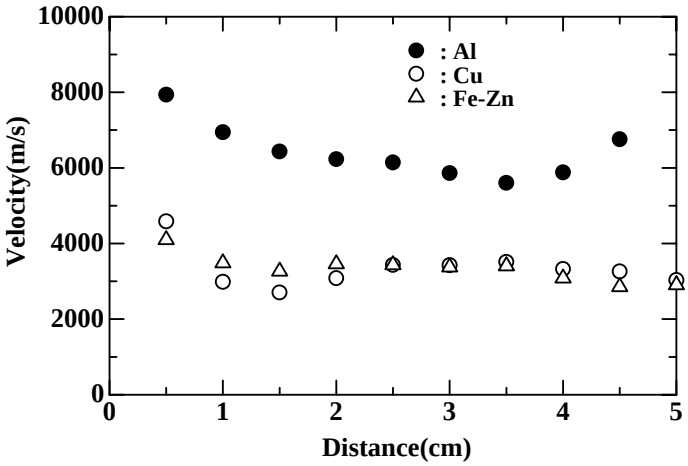

Fig.2 Flying velocity of liner cutter

３．３　モルタル供試体による実験結果

Fig.3 に 3 種類ライナー材で各ライナー角における生成されたクレータの容積を示す。実験の結果，クレータの容積は，最も硬いライナー材である Fe-Zn 材の場合に最も大きくなっており，これはライナー材の材質の違いによるものと考えられる。また，ライナー材が Fe-Zn 材の場合は，ライナー角が大きくなるにつれ，クレータの容積は小さくなった。これは，成型爆薬の爆ごうによって駆動されるライナーカッターはライナー角が大きくなるにつれ，その幅は大きくなり，また，長さが短くなることにより，より広範囲に衝撃力が働くためと考えられる。Al 材においては，他の 2 種類のライナー材と比べて質量が小さく，またライナーカッターがモルタルに衝突する前にほとんどが溶融してしまったため，ライナー角の違いによる顕著な差は見られなかったと考えられると思われる。Cu 材においては，ライナー角 120°の場合に最もクレータの容積が多く，Fe-Zn 材の場合と異なる結果となったが，Fig.4 に示すように，ライナー角 60°の場合にクレータの幅は最も小さくなった。さらに，他の 2 種類のライナー材と比較してもクレータの幅は最も小さいことがわかる。これらのことより，破片を極力出さないことを配慮すると，ライナー材 Cu 材のライナー角 60°が最も効果的である。しかし，ライナー角と成型爆薬の破壊力との間に有意義な相関関係が得られなかったことから，今後更なる検討が必要と考えられる。

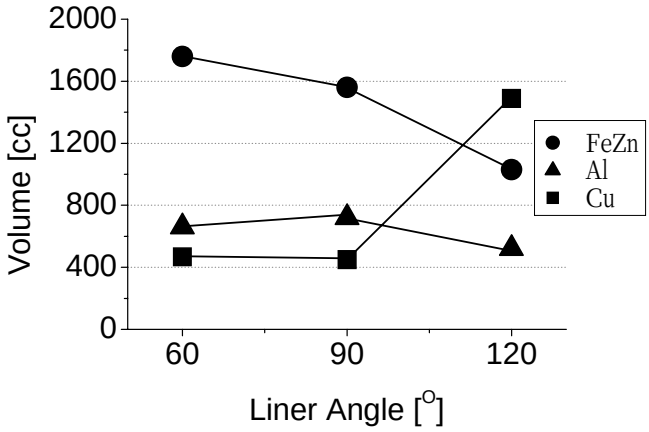

Fig.3 Volume of crater

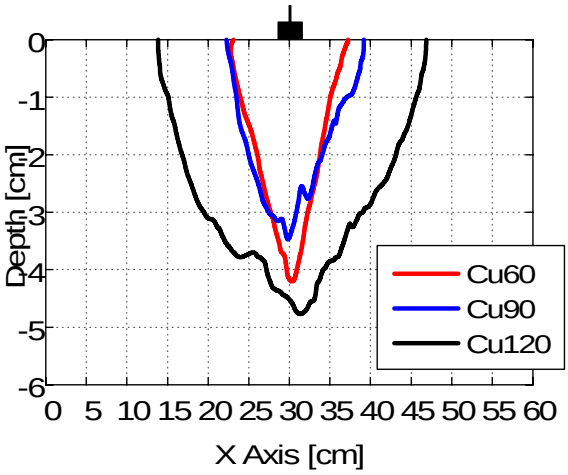

Fig. 4 Width of crater (liner Cu)