

氏名	橋爪清
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	論工博第3788号
学位授与の日付	平成16年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	精密起爆装置を用いた火薬類の爆轟現象の解明とその応用

論文調査委員 (主査) 教授 花崎 絃一 教授 齋藤 敏明 教授 芦田 讓

### 論文内容の要旨

本研究は火薬類の爆発現象を可視化できる装置に必須である精密発破器及び線爆発電気雷管を開発し、電気雷管及び含水爆薬の爆発現象を精密に撮影してその挙動を把握することによって、鋼板切断用成型爆薬の諸元を定量化し、わが国ではまだ一般的でない都市構築物の解体について研究した結果をまとめたものである。その要旨は次のとおりである。

第1章は緒論として本研究の目的及び意義についてのべ、従来の研究動向の概説と本研究の位置づけを示している。

第2章では雷管の起爆を1 $\mu$ sの精度で制御するために精密起爆機と使用する線爆発電気雷管の試作に関する研究について述べている。高速度カメラ及び高速ビデオによる線爆発電気雷管の爆轟現象の観測から、1 $\mu$ sから10sまで雷管の起爆時間は設定した時間のとおり制御されていることを確認した。又、イメージコンバータ式超高速カメラによる電橋線の起爆精度は0.1 $\mu$ sの精度で起爆されていることを確認した。さらに、アクリル板による斉発発破実験から応力波の干渉によってスムーズプラスティングの効果が大きくなることを確かめている。

第3章では爆破現象のうち、典型的な動的破壊現象の一つであるホプキンソン効果を取り上げ、これによる破壊現象を実験的及び理論的に検討した。実験的には動的弾性試験により波動の伝播と反射引張波による破壊を観察することができた。理論的には破壊現象だけでなく破片の飛翔現象を数値計算し、実験結果と比較してよい一致をみている。

第4章では鉄骨構造物解体の基礎的研究として、成型爆薬によって切断される部材の挙動について、モデル実験と不連続変形法による数値シミュレーションから検討した。モデル実験からは45度の角度で切断される部材はほとんど回転せずに飛び出すことを明らかにした。又、不連続変形法による数値シミュレーションからも切断された部材がほとんど回転せずに飛び出すことを確認した。さらに、実規模の鉄骨構造物の鉄柱の発破解体への適用についても検討し、有用な知見を得ている。

第5章では成型爆薬を用いた鋼材の動的な破壊現象を把握するための基礎的研究として、ライナー材の材質、爆薬の形状係数、ライナー角及びスタンドオフを変えて、鋼材を効果的に切断する条件を実験的に検討した。又、成型爆薬による鋼材の衝撃破壊メカニズムは、これまでモンロー効果で説明されてきたが、精密に高速度カメラで観察した写真撮影、及び鋼材切断部の塑性変形状から、モンロー効果だけでは説明のつかない鋼材の切断挙動のあることを見だし、その現象について新しい見解を述べている。

第6章ではビル等の構築物の主要部材である鉄筋コンクリート柱を発破解体した場合に予想されるコンクリート片の挙動及びその飛散防護方法について検討している。

まず、コンクリート片の飛翔現象を高速度カメラ及び高速ビデオで観察し、その飛翔性とコンクリート片の飛散状況を検討した。高速度カメラ及び高速ビデオによる観測結果から自由面から放出される噴出ガスとコンクリート片は数百m/sの高速で飛び出す、急激に減衰し、数ミリ秒後には数十m/sの飛翔速度になる。このコンクリート片の速度は自由面から数m飛翔した後、ほぼ等速度で放射線状に飛行することを観察している。又、回収したコンクリートの飛散分布から、装薬が偏心していると削孔面方向にコンクリート片が飛散する傾向があって、装薬が中心にある場合はほぼ左右対称の飛散状況とな

ること、コンクリート片の飛散距離は装薬量の増加に伴い大きくなり、発生するコンクリート片の量も増加すること、さらに、遠方にまで飛散したコンクリート片の大部分は放爆面の中心に位置した部分から飛散していることなど有用な知見を得ている。

第7章は、長崎県西杵郡高島町の三菱石炭鉱業株高島鉱業所跡地内にある6階建36戸RC造集合住宅を実験供試体として選定し、発破によって解体した。この実験は本格的なRC建造物の発破解体事例としてはわが国で初めての事例で、事前調査及び予備実験を行った後、1988年10月12日に発破を実施し、計画通り倒壊することができた。発破解体工事に当たっては、先ず予備実験として本アパートの構造主体をなす柱、壁及び梁を発破し、その破壊効果及び発破によって発生する振動、発破音、及び飛散物を計測した。次いで、わが国においては一般的である耐震構造のRC造アパートの倒壊方法、倒壊のための事前処理工事、コンクリート片等の飛散物の防護養生方法等について検討し、発破後のアパートの倒壊状況について、コンクリート片等の堆積状況についてまとめた。次いで、鉄筋コンクリート供試体の周囲を二・三の材料で覆い、コンクリート片の飛散防護の効果を確認した。その結果、金網は強度及び伸びの点で発破による供試体の破壊膨張及びコンクリート片の飛び出しを効果的に抑制することのできる材料であることがわかった。又、噴出ガスの膨張に対しても抵抗することなく、発散させることができた。SBシート（ポリスチレン高強度繊維）や畳などはこれを重ねて用いれば、コンクリート片の飛散を完全に抑制することが判明した。

第8章は結論で、本研究についての結果を取りまとめ、結論を述べている。

#### 論文審査の結果の要旨

本論文は、爆薬の起爆を $1\mu\text{s}$ の精度で制御するための精密発破器及び線爆発電気雷管装置の開発に関する研究、それらを用いて開発した爆発現象を可視化できる装置による電気雷管及び含水爆薬の爆発現象の精密撮影に関する研究およびその爆発現象の把握による鋼板切断用成型爆薬の諸元の定量化に関する研究を行い、さらにわが国ではまだ一般的でない都市構築物の解体法について研究した結果をまとめたものであり、その要旨は次のとおりである。

- 1) 雷管の起爆を $1\mu\text{s}$ の精度で制御するために、精密起爆機とそれに使用する線爆発電気雷管の試作に関する開発研究を行い、イメージコンバータ式超高速カメラによる電橋線の起爆精度は $0.1\mu\text{s}$ の精度で起爆されていることを確認した。また、線爆発電気雷管の爆轟現象の観測により、雷管の起爆時間は $1\mu\text{s}$ から $10\text{s}$ までの設定した時間どおり制御されていることを確認した。さらに、アクリル板による斉発発破実験から応力波の干渉によってスムーズプラスティングの効果が大きくなることを確かめている。
- 2) 爆破現象のうち、典型的な動的破壊現象の一つであるホプキンソン効果を取り上げ、これによる破壊現象を実験的及び理論的に検討し、さらに、破片の飛翔現象を数値計算し、実験結果と比較してよい一致をみている。
- 3) 成型爆薬を用いた鋼材の動的な破壊現象を把握するため、ライナー材の材質、爆薬の形状係数、ライナー角及びスタンドオフなど、鋼材を効果的に切断する条件を実験的に求めており、都市構築物の解体工法の検討に有用な知見を得ている。
- 4) ビル等の構築物の主要部材である鉄筋コンクリート柱を発破解体した場合に予想されるコンクリート片の挙動を検討し、コンクリート片の飛散状況を定量的に把握して、その飛散防護方法の検討に有用な知見を得ている。

以上要するに、本論文は、爆薬の起爆を $1\mu\text{s}$ の精度で制御できる精密発破器と特殊電気雷管を用いた高速度カメラによる爆轟現象の究明とその応用に関する研究であり、廃棄されるべき都市構築物の解体工法などに有用な知見を与え、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成16年2月23日、論文内容とそれに関した事項について試問を行なった結果、合格と認めた。