

極少量の爆薬を用いた鉄筋コンクリートの解体工法に関する研究

Demolition Method of Reinforced Concrete Using Minimum Amount of Explosives

中村 隆 寛 柳田 克 巳 緒方 雄 二¹⁾
中村 聡 磯²⁾

要 約

近年都市部の解体工事では騒音・振動の発生が大きな問題となっており、新たな解体工法の開発が必要となっている。そこで本研究では、大型の RC 構造体を瞬時に破砕することができる発破技術に着目し、使用する爆薬量を最小限に抑えた微少発破によって切断解体を行う方法を考えた。そして、考案した方法にてコンクリートを切断するのに必要な単位面積当たり装薬量を試験体実験により明らかにした。また、鉄筋コンクリート部材を切断するための装薬設計式を考案し、その有効性を試験体実験にて確認し、その有効性を明らかにした。

目 次

- I. はじめに
- II. 微少発破による鉄筋コンクリート部材の切断工法
- III. 無筋コンクリートの切断に必要な爆薬量の検討
- IV. 有筋コンクリートの切断に必要な爆薬量の検討
- V. おわりに

I. はじめに

建物の解体工事においては、ブレーカーなど解体用重機にて解体する際に発生する騒音・振動が周辺環境へ及ぼす影響が大きな問題となることが多い。近年都市部の新築工事では解体工事を伴う場合がほとんどであるが、近隣建物が近接している状況での解体工事とならざるを得ず、問題が深刻化している。

また、都市部にて解体対象となる既設建物の多くは地下躯体を有しているが、地下躯体解体時には土留め用の水平切梁材や仮設構台用の支柱である構台杭などが、解体用重機が稼働する障害となるため、小型の解体用重機しか入れないことが多くなり、作業効率が地上解体に比べ極端に低下する。さらに、地下躯体は基礎梁、フーチングなど大断面を有する鉄筋コンクリート部材が多く、解体し難いため地上躯体の解体工事に比べ解体工期を多く要している。解体工期が多く掛かることによって、周辺環境へ影響を与える時間が長くなり、さらに問題を深刻化させている。その対策として近年、ワイヤーソーやコアボーリングなどの低騒音・低振動の解体機械を補助的に利用する場合もあるが、従来の重機による解体工法に比べ、適用条件が限定されること、解体効率が低減するために経済的でないとの理由から、部分的な利用に留まり、普及していないというのが

現在の解体工事の現状である。以上の背景から新たな解体工法の研究開発が期待されている。

国内における鉄筋コンクリート造建物の解体工事に関する研究の歴史は浅く、その始まりは騒音・振動が社会問題化し始めた 1960 年代後半¹⁾である。笠井らは解体・移転工法研究会を立ち上げ、「コンクリート建造物の解体工法」の中で各種解体工法を紹介し、その比較検討を行っている²⁾。現在では当時と比べ重機や機械の飛躍的な進歩により大幅な改善が成されているものの、圧砕機が開発された以外、その技術原理については、当時の主要な解体工法とほぼ変わっていない。なお、最近の解体工法については、湯浅ら³⁾がその詳細をまとめている。主要な解体工法は、ブレーカー、圧砕機を用いるものであるが、それらの課題は先に述べたとおり、騒音・振動である。

低騒音・低振動の解体工法に関し、笠井らが鉄筋を電氣的に加熱して熱膨張させることで、コンクリートにひび割れを生じさせてから解体する工法について報告⁴⁾している。また、毛見らは、カットで切断解体する工法について報告している⁵⁾。

1987 年には、「鉄筋コンクリート地下建造物の解体工法」が刊行され、その中で地下建造物解体の有効な工法として、爆薬を用いた工法が紹介されている。作業面積に制限されることなく、また、破壊力が大きく、短時間に破壊が終了するため、地下建造物の解体に関しては、より有効な工法といえると述べられている⁶⁾。

爆薬を用いた解体工法は、重機や人間の手によって解体する工法と比べ工期が短く、安全性や経済性の面で有利な点が多いとされ、実建物の爆薬による倒壊実験にてその有効性を確認している⁷⁾。ただし、日本においては周辺環境へ与える影響から全面的な採用に至

1) 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

2) カヤク・ジャパン株式会社 Kayaku Japan Co.,Ltd.

キーワード: 微少発破, 解体工法, 切断, 地下解体

Keywords: Micro blasting, demolition method, cut off, underground demolition

るケースは少なく、これまでも実施例は数例程度であり、都心部の解体工事に使用するには、爆薬量が多くなるため安全面及び騒音・振動対策を含めて課題が多い。

一方、部分的な適用に関してはコンクリート破砕薬を用いた研究が行われており、笠井は装薬設計式を示している⁸⁾。コンクリート破砕薬は爆薬に比べて威力が弱く、破壊時に発生する騒音・振動が低減するものの、鉄筋コンクリート部材を破壊するためには結果的に多くの装薬量が必要となり、騒音・振動の影響が大きくなり、また不経済である。また、現在はこの薬剤は製造が中止され使用できない。

以上に述べたように発破技術は大型の鉄筋コンクリート部材を瞬時に破壊することができるエネルギーをもつことから、重機による解体工法に比べて多くの利点が考えられる。ただし、従来の発破工法のような多量の爆薬を装填して破壊する方法は、都市部の建築解体工事で用いることができない。

そこで、著者らは、現状最も苦慮している地下の大型の鉄筋コンクリート部材の解体に対して、爆薬の大きなエネルギーに着目し、極少量の爆薬を分散し、部材を破砕するのではなく、切断解体する方法を考案した。この方法によれば使用する爆薬は少量ですむため、周辺への騒音・振動の発生を抑制しつつ、効率の良い解体を期待することができる。

本研究では地下のRC造躯体の解体を効率化するために微少発破による解体方法を開発することを目的とする。本報では、先ず無筋コンクリート切断のために必要な単位面積当たりの爆薬量を、試験体実験にて確認し、装薬設計式を提案する。また、切断面の形状の差異による影響を確認する。次に、有筋コンクリートの試験体を用いて実験を行い、切断時の鉄筋の影響を確認し、装薬設計式を提案する。そしてその有効性を示す。

II. 微少発破による鉄筋コンクリート部材の切断工法

1. 切断工法の概要

考案した微少発破を用いた解体工法の概要を Fig.1 に示す。図に示すとおり、従来の爆薬を用いた解体工法では、穿孔した箇所にダイナマイトや含水爆薬^{註1)}などの爆薬を集中的に装薬し、周辺のコンクリートを粉々に粉砕するように解体を行っている。対して、考案した微少発破による解体工法は、任意の断面に対して適切な長さに切断した火工品である線状の導爆線^{註2)}を分散して配置し、破砕ではなく部材のある断面にひび割れを貫通させて切断する工法である。任意の切断面に線状爆薬を分散配置して発破を行うことで、爆薬のエネルギーが一箇所に集中せずに分散されるため、極少量の爆薬でも効率良く任意の面にてコンクリートを切断することが可能となると考えた。従来の爆薬による破砕と比べ使用する爆薬量を 1/10 程度に抑えることが可能となり、爆破時の騒音・振動の低減においても有効である。導爆線は従来、含水爆薬などの爆薬に爆轟現象を伝達するために使用されており、単独でコンクリート切断の用途に使用されることは無かった。なお、導爆線の起爆には電気雷管を用いることとし、Photo 1 に示すとおり、適切な長さに切断した導爆線にビニールテープなどを用いて取り付ける。Table 1 に使用する導爆線と電気雷管の仕様を示す。導爆線の芯薬にはペンスリット^{註3)}が使用されている。

また、導爆線を用いることのほかの利点として、現場での火工が容易であるため、現場及び対象部材にあわせた装薬が可能である点、一定の耐水性があるため、雨天時や地下水などに制限されることが少ない点が挙げられる。

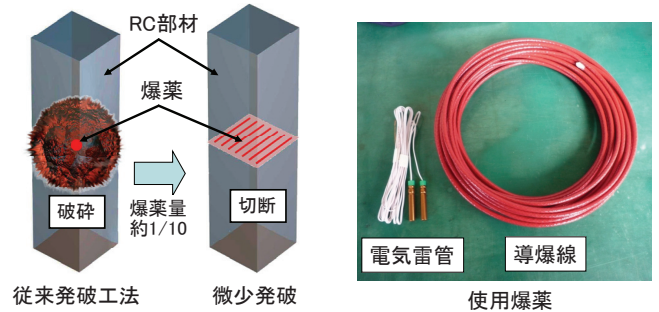


Fig.1 微少発破による解体コンセプト
(Concept of Micro Blasting)

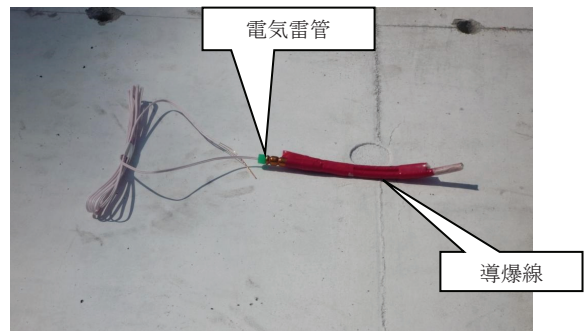


Photo 1 導爆線の使用方法
(Method of Detonating Cord)

Table 1 導爆線と電気雷管の仕様
(Specification of Detonating Cord and Electric Detonator)

商品名	メーカー	薬量 (g/m)	線径 (mm)	爆速 (m/s)	耐水性
導爆線	カヤク・ジャパン(株)	9.5~11.5	4.5~5.5	6,000以上	水深3m、3時間
商品名	メーカー	薬量 (g/個)	脚線長 (m)		
瞬発電気雷管	カヤク・ジャパン(株)	0.4	3.0		

2. 実施手順

実施手順を Photo 2 に示す。各作業の手順と概要は以下のとおりである。

- ①穿孔：電動ドリルなどにて爆薬装填用の孔をあける
- ②爆薬加工：導爆線を適切な長さに切断し電気雷管を取り付ける
- ③装薬：穿孔した孔に爆薬を入れる
- ④砂詰め：爆薬を入れた孔の上部を砂で塞ぐ
- ⑤結線：装薬した爆薬同士（電気雷管）を繋げる
- ⑥防護：爆破時のガラ飛散防止の防護を行う
- ⑦発破：退避した後に発破器と結線し発破する
- ⑧鉄筋切断：鉄筋をガス溶断などで切断する

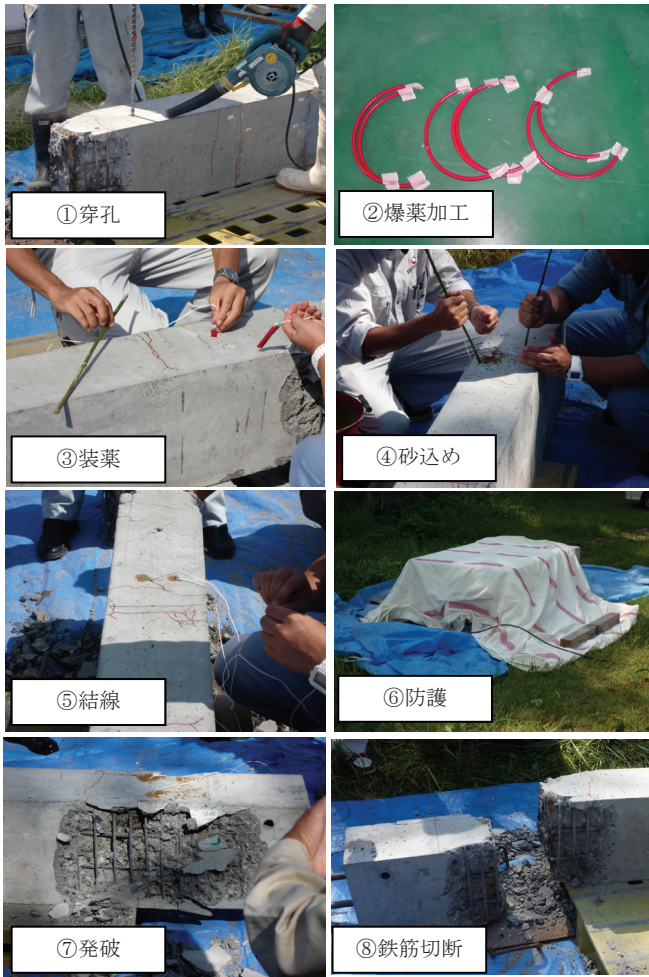


Photo 2 作業手順

(Work Procedure of Micro Blasting)

3. 装薬の標準仕様の設定

別途実施した予備実験の結果に基づいて下記のとおり設定した。

①穿孔径

導爆線を装薬するために穿孔する孔の径。孔径は導爆線の径と同程度とすることが最も効率よく孔壁に発破時の圧力を伝えることができる。ただし、大型の鉄筋コンクリート部材を対象とした場合、長孔の穿孔が必要となるため、穿孔ビットに剛性が必要となることから、ビット径をある程度大きくする必要がある。

以上の点を考慮して試験体実験にて確認した結果、長孔のためにはφ14.5mm以上が必要で、かつφ22mm程度までであれば破壊状況に大きな差がないことを確認している。

②装薬長

一般的に切断する断面に対して、深さ方向に導爆線が占める部分の大きいほど圧力が効率よく切断面に作用すると考えられる。ただし、爆破の際の圧力は、強度が低く破壊が進行しやすい部分に対して集中的に作用するため、例えば部材断面に対して装薬長を長くした場合は、孔尻側が弱点となり、孔尻側のコンクリートが破壊されガス圧はそこから噴出してしまふ。また、同様の考え方で砂込め長が十分に確保されていない場合、一般に鉄砲現象と呼ばれる砂を噴出させてしまふ事象を起こす。切断に最適な装薬

長については予備実験の結果から、穿孔長は部材断面に対して、深さ方向に3/4かつ孔尻の距離を100mm以上、また砂込め長も100mm以上確保する必要があることを確認している。

Ⅲ. 無筋コンクリートの切断に必要な爆薬量に関する検討

1. 試験体実験の概要

本工法にて無筋コンクリートを切断するのに必要な装薬量を確認した試験体及び装薬方法を Fig.2 に示す。試験体の形状は図に示すとおり4種類とし、装薬箇所数は切断面に対して1箇所から4箇所とした。複数箇所装薬した際の装薬孔間のピッチは、200mmとした。それぞれの試験体の切断面積及び単位面積当たりの装薬量及び穿孔と装薬の条件を Table 2 に示す。C1~C6 までの計6体の試験体のうち、C2~C4の3体は同形状の試験体のため、形状は Fig.2 のように4種類である。試験体の切断面の大きさは、0.08~0.4 m²とし、単位面積当たりの装薬量は約11~30g/m²に設定した。装薬の様子は標準仕様とした。なお、コンクリートの圧縮強度は、28.5N/mm²であった。

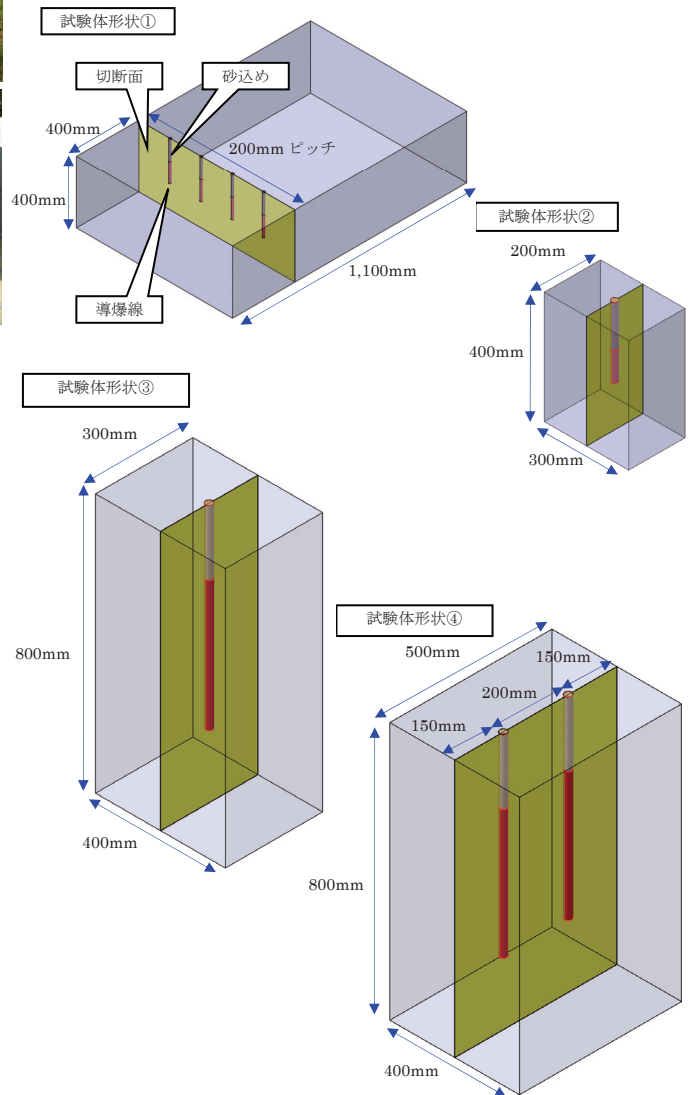


Fig.2 無筋コンクリートの試験体
(Specimens of Concrete)

Table 2 無筋コンクリートの試験体一覧
(List of Plain Concrete Specimen)

試験体記号	試験体形状No.	実験要因						実験条件						
		試験体の切断面積				装薬量		穿孔条件		装薬条件				
		W (mm)	x	H (mm)	断面積 (m ²)	合計装薬量 (g)	単位面積当たり実装薬量 (g/m ²)	穿孔径 (mm)	穿孔深さ (mm)	装薬長 (mm) (導爆線が占める長さ)	1切断面当たり穿孔本数	1孔あたり導爆線薬量 (g)	1断面当たり導爆線薬量 (g)	1切断面当たり電気雷管個数 (個)
C1	①	1000	x	400	0.40	9.6	24.0	18	250	125	4	2.00	8	4
C2	②	200	x	400	0.08	2.4	30.0	22	250	100	1	2.00	2	1
C3		200	x	400	0.08	0.9	11.3	22	250	100	1	0.50	0.5	1
C4		200	x	400	0.08	1.4	17.5	22	250	100	1	1.00	1	1
C5	③	300	x	800	0.24	4.4	18.3	22	600	400	1	4.00	4	1
C6	④	500	x	800	0.40	8.8	22.0	22	600	400	2	4.00	8	2

2. 発破結果の判断方法

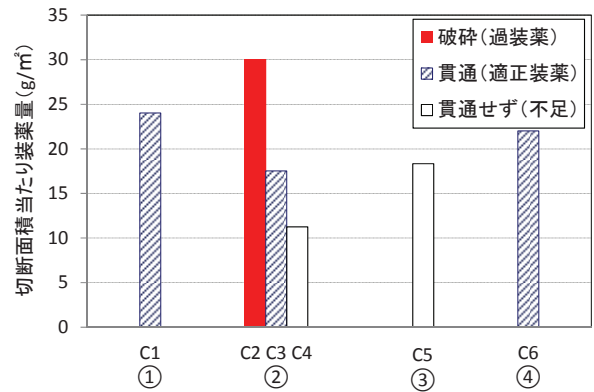
Photo 3 に示すように、発破後の試験体の状況を目視にて確認し破砕、貫通、貫通せず、の3種類に分類して整理した。破砕は、切断ではなく装薬箇所周辺がガラ状に破砕したため、適正装薬より装薬量が多い過装薬である。貫通は、想定した断面にてひび割れが貫通した結果切断されたことを言い、適正装薬量であると考えられる。貫通せずは、ひび割れが貫通に至らず切断されないため、薬量が不足していると判断した。

3. 発破結果

試験体それぞれの発破後の結果を Fig.3 に示す。図に示すとおり、1体が破砕、3体が貫通、2体が貫通しない結果となった。Fig.4 に試験体形状毎に、切断面積当たりの装薬量と発破結果を表したグラフを示す。図に示すとおり、試験体形状に関わらず、切断面積当たりの装薬量が凡そ 20g/m²以下だと、貫通する場合と貫通しない場合が混在する結果となり、15g/m²以下では貫通しなかった。一方 30g/m²以上では破砕となり過装薬であり、20~25g/m²では貫通する結果となった。以上の結果から、設定した標準装薬仕様にて、20g/m²以上であればコンクリートを切断できるとの判断ができる。

4. 装薬設計式の提案

コンクリート切断に必要な単位面積当たりの装薬量を把握するため、発破結果が貫通となった結果に対して回帰分析を行った結果を fig.5 に示す。図に示すとおり、切断面積に対して凡そ 22g/m²を超えると貫通する結果となることが分かった。相関係数は 0.99 であり、高い相関関係がある結果となった。



試験体記号と試験体形状No.
Fig.4 試験体形状ごとの装薬量と発破結果
(Charge Volume and Blasting Results)

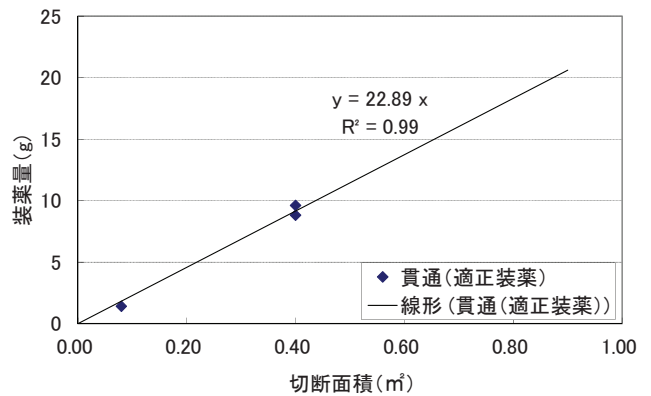


Fig.5 適正装薬量の回帰分析
(Regression Analysis of Proper Charge Volume)

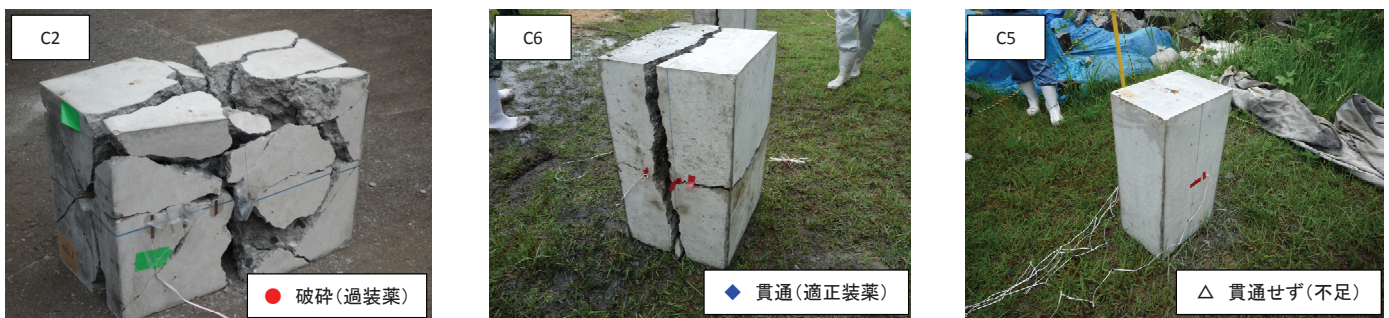


Photo 3 無筋コンクリートの発破結果の分類
(Classification of Crush Situation after Blasting)







試験体記号	破砕状況	単位面積当たり 実装薬量 (g/m ²)	破砕後の写真
C1	貫通 ◆	24.0	
C2	破砕 ●	30.0	
C3	貫通せず △	11.3	
C4	貫通 ◆	17.5	
C5	貫通せず △	18.3	
C6	貫通 ◆	22.0	

Fig.3 無筋コンクリートの発破結果一覧
(List of Crush Situation after Blasting)

Fig.4, Fig.5の結果より、切断面の形状に関わらず切断面積当たりの装薬量が20g/m²以上であれば、ひび割れが貫通していることが分かる。無筋コンクリートの切断に必要な単位面積当たりの装薬量は20g/m²とし、切断のための装薬量の計算式を式(1)とした。実際に解体する建物のコンクリートの圧縮強度域と考えられる20～

30 N/mm²を対象の範囲として考えている。

なお、本式はコンクリート圧縮強度28.5N/mm²の試験体実験の結果から算出している。ここで、切断は引張破壊から生じるので、コンクリートの引張強度が圧縮強度の約10分の1でありその差異は微小である。また、無筋コンクリートの場合においては強度差による装薬量の差異はわずかであるとの報告⁹⁾がある。以上のことから、本式は安全側の評価にて決定している。

$$W = 20 \times A$$

$$W_e = W/n - W_d \dots \dots \dots (1)$$

ここで、

W：コンクリート切断のための装薬量 (g)

A：切断面の面積 (m²)

W_e：装薬孔1本当当たりの装薬量 (g/本)

n：装薬孔本数 (本)

W_d：電気雷管1本当当たりの薬量 (g)

IV. 有筋コンクリートの切断に必要な爆薬量に関する検討

1. 試験体実験の概要

有筋コンクリートの試験体を用いて、鉄筋がある場合に本工法にてコンクリートを切断するのに必要な装薬量を確認する。なお、本工法にて鉄筋は切断できないため、コンクリート部分のみを切断し、鉄筋はガス切断などの方法を用いて切断し、解体をすることとなる。それぞれの試験体の大きさ及び単位面積当たりの装薬量及び穿孔と装薬の条件をTable 3に示す。RC①-1とRC①-3は再現性を確認するため、同条件にて実施している。なお、有筋コンクリートの場合には、切断面に直交する方向に配置された鉄筋が発破による切断時に抵抗することが考えられる。前項にてコンクリートの切断に必要な単位面積当たりの装薬量は20g/m²と確認したことから、残りの装薬量を鉄筋負担分として表に示した。表に示すとおり、試験体の切断面の大きさは、0.06～0.48 m²とし、切断面の単位面積当たりの装薬量は約22～80g/m²に設定した。なお、鉄筋が負担する単位面積当たりの装薬量は2～60 g/m²とした。装薬の仕様は、標準仕様とし、装薬孔間のピッチは、60～230mmとした。試験体及び装薬方法をFig.6に示す。図に示すとおり、試験体の形状は4種類、切断面の形状は5種類とし、計11切断面に対して発破を行った。なお、コンクリートの圧縮強度は20～30N/mm²である。

Table 3 有筋コンクリートの試験体一覧

(List of Reinforced Concrete Specimen)

試験体記号	試験体形状No.	実験要因							実験条件								
		試験体の切断面積				装薬量			穿孔条件			装薬条件					
		W (mm)	x	H (mm)	断面積 (m ²)	切断面に直交する鉄筋の断面積 (m ²)	実際の装薬量 (g) ①	単位面積当たり装薬量 (g/m ²)	鉄筋相当分装薬量 (g)	直交鉄筋が負担する単位面積当たりの装薬量 (g/m ²)	穿孔寸法		1切断面当たり穿孔本数	1孔あたり導爆線薬量 (g)	1断面当たり導爆線薬量 (g)	1切断面当たり電気雷管個数 (個)	
RC①-1	①	200	x	300	0.06	0.00101	2.8	47	1.6	1.579	14.5	200					70
RC①-2	①	200	x	300	0.06	0.00101	2.4	40	1.2	1.184	14.5	250	100	1	2	2	1
RC①-3	①	200	x	300	0.06	0.00101	2.8	47	1.6	1.579	14.5	200	70	2	1	2	2
RC①-4	①	200	x	300	0.06	0.00101	4.8	80	3.6	3.552	14.5	200	80	2	2	4	2
RC②-1	②	730	x	200	0.15	0.00095	5.6	38	2.7	2.821	14.5	150	70	4	1	4	4
RC③-1	③	500	x	400	0.20	0.00287	8.8	44	4.8	1.675	14.5	275	150	2	4	8	2
RC③-2	③	500	x	400	0.20	0.00287	8.8	44	4.8	1.675	18	250	100	2	4	8	2
RC③-3	③	500	x	400	0.20	0.00287	9.2	46	5.2	1.815	18	250	100	3	2.7	8	3
RC④-1	④	500	x	800	0.40	0.00199	8.8	22	0.8	403	22	600	400	2	8	16	2
RC④-2	④	500	x	800	0.40	0.00199	24.8	62	16.8	8.459	22	600	400	2	12	24	2
RC⑤	⑤	600	x	800	0.48	0.00199	16.8	35	7.2	3.625	22	600	400	2	8	16	2

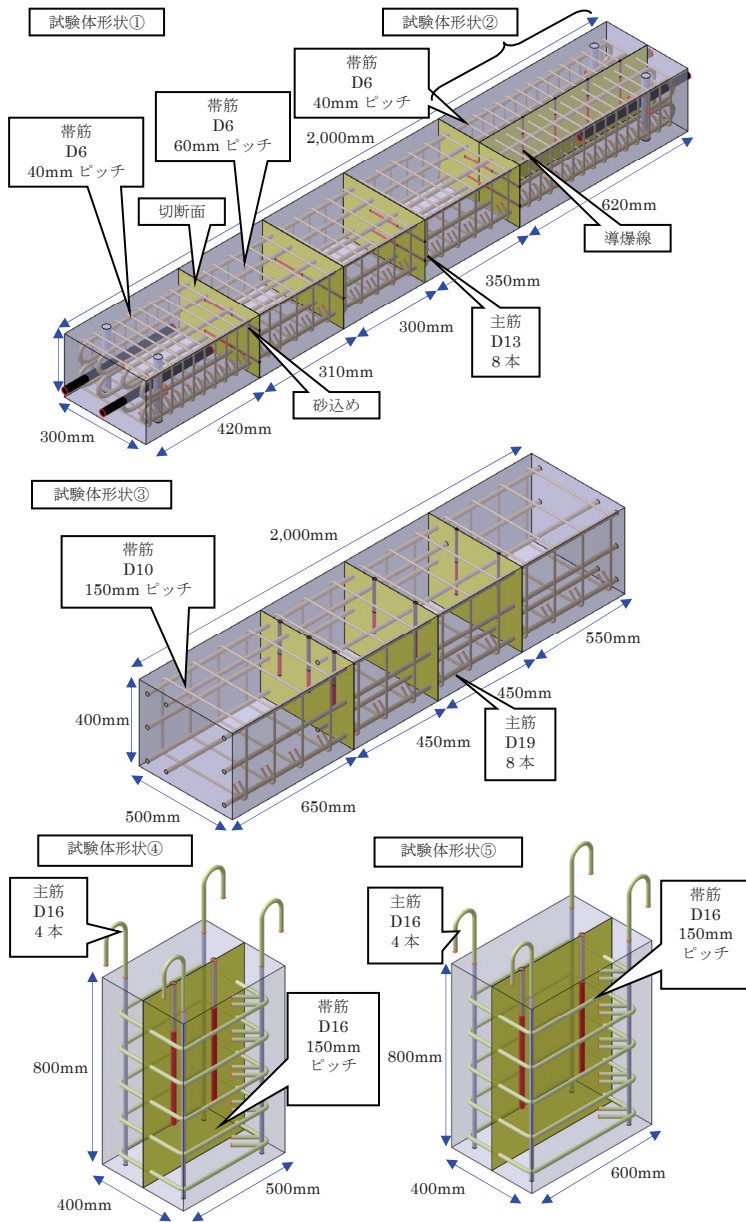


Fig.6 有筋コンクリートの試験体 (Specimens of Reinforced Concrete)

2. 発破結果の判断方法

発破後の発破結果を Photo 4 に示すように目視にて確認し、破碎、貫通、貫通せず、の3種類に分類し整理した。破碎は、切断に加え

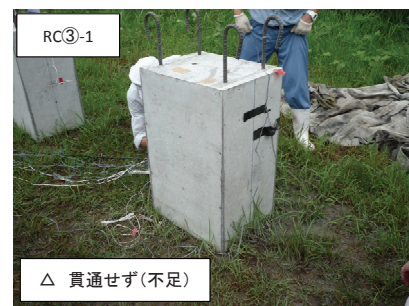
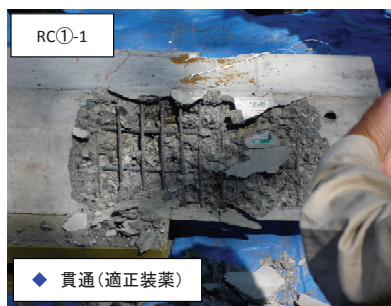


Photo 4 有筋コンクリートの発破結果の分類 (Classification of Crush Situation after Blasting)

て装薬箇所周辺が破碎したため、適正装薬より装薬量がやや多い過装薬である。貫通は、想定した断面にてひび割れが貫通し、鉄筋をガス切断すれば有筋コンクリート部材が切断される状態のことを言い、適正装薬量である。貫通せずは、ひび割れが貫通に至らず切断されないため、装薬量が不足していると判断した。

3. 発破結果

試験体それぞれの発破後の結果を Fig.7 に示す。図に示すとおり、3体が破碎、4体が貫通、4体が貫通しない結果となった。Fig.8 に試験体形状毎に切断面積当たりの装薬量と発破結果を表したグラフを示す。図に示すとおり、切断面積当たりの装薬量が凡そ 45g/m² 以下だと、破碎もしくは貫通する結果となった。ただし、35g/m² で破碎、38g/m² で貫通する結果もあり、全ての結果が同様の傾向を示してはいない。この結果から鉄筋が結果に影響を及ぼしていることが考えられる。なお、同条件にて発破を実施した結果については、同様に貫通であり、再現性を確認することができた。

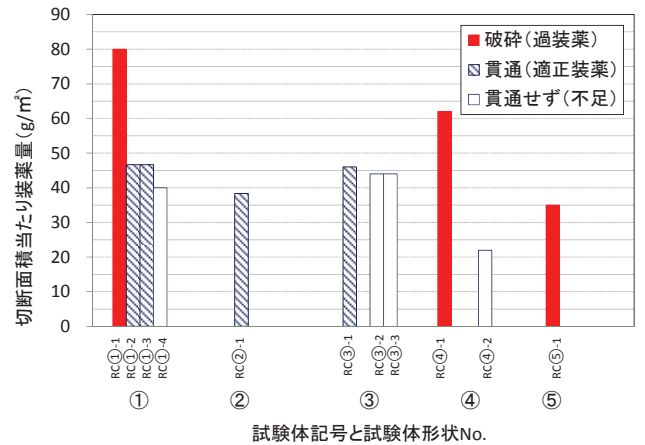


Fig.8 試験体形状ごとの装薬量と発破結果

(Charge volume and blasting result of specimen each shape)

そこで、切断面に直交する鉄筋の断面積の合計毎に、鉄筋が負担する装薬量と破碎結果、及び貫通の結果の回帰分析を Fig.9 に示す。図に示すとおり、回帰分析の結果、鉄筋量に対する装薬量の負担分として、単位断面積に対して凡そ 1850g 以上を装薬すればコンクリート部分を切断することが可能であることが分かる。貫通せずの結果となった際の装薬量は、Table 3 に示したとおり、いずれも 1675g 以下であった。また、破碎となった結果の装薬量は 3550g 以上であった。

試験体記号	破壊状況	破壊後の写真
RC①-1	貫通 ◆	
RC①-2	貫通せず △	
RC①-3	貫通 ◆	
RC①-4	破砕 ●	
RC②-1	貫通 ◆	
RC③-1	貫通せず △	

試験体記号	破壊状況	破壊後の写真
RC③-2	貫通せず △	
RC③-3	貫通 ◆	
RC④-1	貫通せず △	
RC④-3	破砕 ●	
RC⑤	破砕 ●	

Fig.7 有筋コンクリートの発破結果一覧
(List of Crush Situation after Blasting)

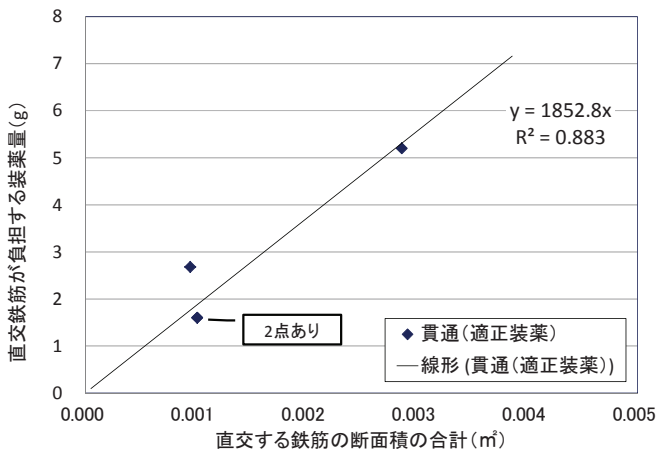


Fig.9 適正装薬時に鉄筋が負担する装薬量の回帰分析

(Regression Analysis of Rebar to Bear upon the Proper Charge)

4. 装薬設計式の提案

有筋コンクリート部材を切断するための装薬設計式を提案する。ここで、鉄筋については引張強度が等しいコンクリート面積で置き換える。一般的に本式で対象とするコンクリートと鉄筋の強度範囲においては、単位面積当たりの鉄筋の引張強度はコンクリートの引張強度の約 100 倍となることから、鉄筋断面積の 100 倍を加えるものとする。単位断面積当たりの装薬量は 2000g となることから、なお、対象とするコンクリートの圧縮強度は、20~30/N mm²程度、鉄筋は SD295 及び SD345 材程度を想定している。前項の結果から、有筋コンクリートの場合には、切断面に直交する方向に配置された

鉄筋が切断時に抵抗しており、鉄筋の単位断面積当たりの装薬量が 1850g 以上であれば、コンクリートが切断されることが分かった。安全側の設計式である。以上より、装薬設計式を式 (2) のとおりに定めた。

$$W = 20 \times (A + 100 \sum a_s)$$

$$W_e = W/n - W_d \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここで、

W : 内部コンクリート切断のための装薬量 (g)

A : 切断面の面積 (m²)

a_s : 切断面に直交する鉄筋の断面積 (m²)

W_e : 装薬孔 1 本当たりの装薬量 (g/本)

n : 装薬孔本数 (本)

W_d : 電気雷管 1 本当たりの薬量 (g)

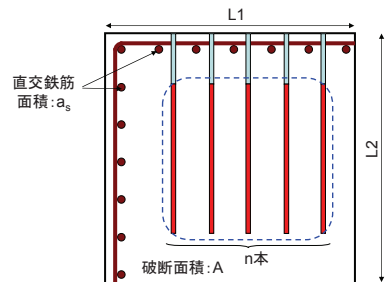


Fig.10 有筋コンクリートの装薬設計の考え方

(Thinking of Charge Explosive for Blasting of Reinforced Concrete)

5. 装薬設計式の有効性確認

実際の装薬量と装薬設計式より算出した設計装薬量との比と破砕結果を表した表を Table 4 にグラフを Fig.11 に示す。図表に示すとおり、RC①-1 は実際の装薬量と設計装薬量の比が 0.87 で貫通となり、RC②-1, RC②-2 は 0.90 で貫通せずという結果となっており、0.9 を下回ると貫通と貫通せず、が混在する結果となった。また、装薬量の比が 0.95~1.4 の間では、貫通の結果となり、装薬量の比が、1.49 を超えると、破砕となる結果となった。よって、設計装薬量から 0.9 倍を下回ると貫通せず、が混在し、1.5 倍程度上回ると破砕となることから、考案した装薬設計式が妥当であると判断することができる。以上の結果から、今回の実験範囲において考案した装薬設計式を用いれば、鉄筋コンクリート部材の切断が可能であることを確認した。

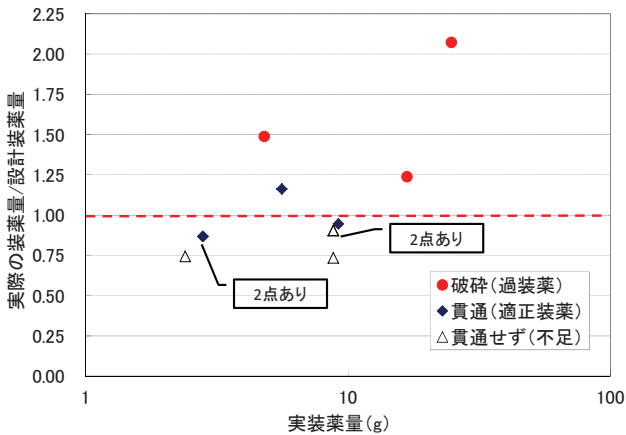


Fig.11 有筋コンクリートの発破結果と装薬量の比
(Experimental Result of Reinforced Concrete Specimens and Ratio of Charging volume)

Table 4 設計装薬量と破砕結果

(The Ratio of the Charging Volume and Crush Result)

試験体記号	RC ①-1	RC ①-2	RC ①-3	RC ①-4	RC ②-1	RC ③-1	RC ③-2	RC ③-3	RC ④-1	RC ④-2	RC ⑤
試験体形状No.	①				②	③			④		⑤
実際の装薬量 (g) ①	2.8	2.4	2.8	4.8	5.6	8.8	8.8	9.2	8.8	24.8	16.8
設計装薬量 (g) ②	3.2	3.2	3.2	3.2	4.8	9.7	9.7	9.7	12.0	12.0	13.6
装薬量の比 (①/②)	0.87	0.74	0.87	1.49	1.16	0.90	0.90	0.95	0.74	2.07	1.24
破砕結果	貫通	貫通せず	貫通	破砕	貫通	貫通せず	貫通せず	貫通	貫通せず	破砕	破砕

V. おわりに

本報では地下の RC 造躯体の解体を効率化するために、微少発破にて鉄筋コンクリート部材を切断解体するための方法を考案し、下記のことを明らかにした。

- ・考案した方法にて鉄筋コンクリート部材の切断が可能である
- ・無筋コンクリート切断のための装薬設計式、及び切断面の形状によらず適用が可能であること
- ・有筋コンクリート切断のための装薬設計式

今後は実構造部材にて部材が拘束された条件下での装薬設計式を明らかにする予定である。

注 1)含水爆薬

成分として水を含有する爆薬。安全性、耐水性に優れ、後ガスの発生も少ないため、トンネルの坑内発破などに良く使用される。威力はダイナマイトより若干劣るが、硝安油剤爆薬より大きい。⁹⁾

注 2)導爆線

ペンスリットなどの爆薬を心薬とし、これを紙テープ及び糸などで被覆し、アスファルトまたは合成樹脂で防水被覆したもの。⁹⁾

注 3)ペンスリット

四硝酸ペンタエリスリトールの慣用名。粉状の爆薬で、高性能爆薬の一つ。威力も強大で伝爆性が良い。

参考文献

- 1) 解体工法研究会 編：新・解体工法と積算，経済調査会，2003.10.
- 2) 解体・移転工法研究会，笠井芳夫 編：コンクリート構造物の解体工法，1970.5.
- 3) 湯浅 昇 監修：まるごと「解体工事」NOW，建築技術 No.738，2011.7，pp.107-193.
- 4) 笠井芳夫，川村雅泰：鉄筋の電氣的加熱によるコンクリートの取りこわしに関する研究，日本建築学会関東支部第 36 回学術研究発表会，1965.6，pp.189-192.
- 5) 毛見虎雄，奥山恒尚，平賀友晃：コンクリート構造物の部材解体工法に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，1973.10，pp.99-100.
- 6) 建設業界 編：鉄筋コンクリート地下構造物の解体工法，1987.1.
- 7) 小林茂雄：鉄筋コンクリート構造物の発破解体設計と実施，土木学会論文集 No.498，1994.6，pp.67-76.
- 8) 笠井芳夫：コンクリート発破における薬量計算方法試案，日本建築学会関東支部第 40 回学術研究発表会，1969.6，pp.457-460.
- 9) 社団法人火薬学会 発破専門部会 編：現場技術者のための 発破工学ハンドブック，2001.08.

Demolition Method of Reinforced Concrete Using Minimum Amount of Explosive

Takahiro Nakamura, Katsumi Yanagita, Yuji Ogata¹⁾ and Satoki Nakamura²⁾

In recent years, the noise and the vibration generated by building demolition construction process become the serious problems in the urban area. Hence, the demands for a new demolishing construction method solving the above problems have surged. In this study, the authors developed a new blasting technology enabling us to minimize the risk of noise and vibration problems, by utilizing very low amount of explosive for effective by cutting of R/C elements. This new blasting technology verified its practicality and effectiveness in demolition construction works from site experiments.