

平成 22 年 5 月 28 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19560815
 研究課題名（和文） 環境負荷低減化を可能にする破断面制御爆破工法に関する研究
 研究課題名（英文） Fracture plane control method in blasting to reduce influence on environment
 研究代表者 中村 裕一（Nakamura Yuichi）
 熊本高等専門学校・建築社会デザイン工学科・教授
 研究者番号：00112392

研究成果の概要：最近の建設新技術に要求される迅速性・コスト縮減・環境負荷低減化・安全性を満たした動的破碎工法として、簡易装薬ホルダーを使用した破断面制御爆破工法の確立のためのモデル実験、実規模実験を行い、その有効性を明らかにした。環境負荷低減化効果を評価するために、破碎時の騒音の音圧測定を行い、装薬方法などとの関係を調べた。実施工への適用を考えた実規模実験では作業負担を軽減化するために、火薬を使用する方法の有効性を明らかにした。また、火薬類が使用できない場合のための破碎方法として、衝撃放電破碎法についての研究もおこなった。

研究成果の概要：Model experiments in the laboratory and large-scale experiments in the field were carried out to develop the dynamic fracture plane control method in blasting. The method using the simple type charge holder enables us to reduce the sound noise in blasting affecting environments. Sound pressure measurements were performed to show the effectiveness of the method. The blasting agent, cracker for concrete and rock (CCR), was used to reduce loads in field works. Model experiments were also performed to develop new fracture method using the electric discharge energy

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：地球工学

キーワード：動的破碎工法、破断面制御、音圧測定、簡易装薬ホルダー

1. 研究開始当初の背景

最近の施工技術開発に要求される「迅速性」、「環境負荷低減化」、「コスト縮減」などを考慮すると、高精度で効率的な破断面制御爆破工法を確立することの必要性は高

まっている。本研究では、考案した簡易装薬ホルダーを使用した破断面制御工法の実用化を目指した取り組みを行った。動的破断面制御技術は、岩盤掘削などにおける平滑な仕上げ面の形成や、装薬孔近傍の損傷

抑制、コンクリート構造物の部分解体などにおいて、その必要性が高い。図1に示すように、残す側と破砕する側の境界面となる予定破断面に沿って、亀裂進展制御させることが出来れば、時間制御起爆によって、瞬時に制御破砕が可能となる。

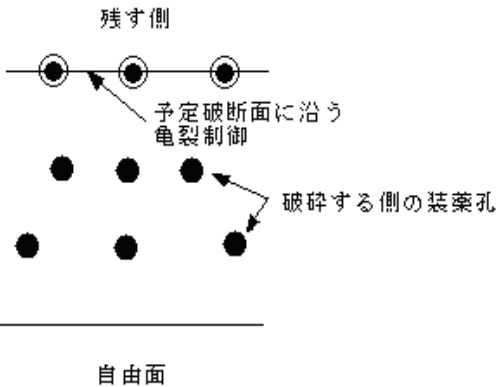


図1 破断面制御爆破工法の概要

2. 研究の目的

迅速性・コスト縮減・環境負荷低減化・安全性を満たした動的破砕工法として、簡易装薬ホルダーを使用した破断面制御爆破工法の確立のためのモデル実験、実規模実験を行い、その有効性を明らかにした。環境負荷低減化効果を評価するために、破砕時の破砕音の音圧測定を行い、装薬方法などとの関係を調べた。実施工への適用を考えた実規模実験では作業負担を軽減化するために、火薬を使用する方法の有効性を明らかにした。また、火薬類が使用できない場合の破砕方法として、衝撃放電破砕法についての研究も行った。

3. 研究の方法

本研究で提案している簡易装薬ホルダーを使用して、以下の実験を行った。まず、コンクリート杭頭処理部の鉛直方向のクラックを制御すると同時に、杭頭処理部と杭健全部との境界面に沿う水平方向のクラック制御を実現するための動的破砕処理工法の有効性を、コンクリート柱状試験体を使用したモデル実験によって検証した。環境負荷低減化効果を評価するために、破砕時の破砕音の音圧測定を行い、装薬方法などとの関係を調べた。また、コンクリート破砕器(CCR)を装着した実規模コンクリート躯体(無筋とRCの2種類、2m×1.5m×1m)を使用した。図2は、モデル実験で使用した簡易装薬ホルダーの形状を示す断面図である。亜鉛メッキ鋼板を山形に折り曲げた板材を2つ突き合わせて、ひし形形状の装薬ホルダーとなる。図3に、装薬に爆薬を使用した場合の装薬ホルダーの動的作原理に示す。ホルダーの突き合わせ部で衝撃波の動的集中作用が生じる。

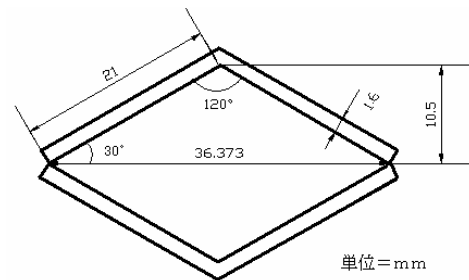


図2 簡易装薬ホルダーの断面図

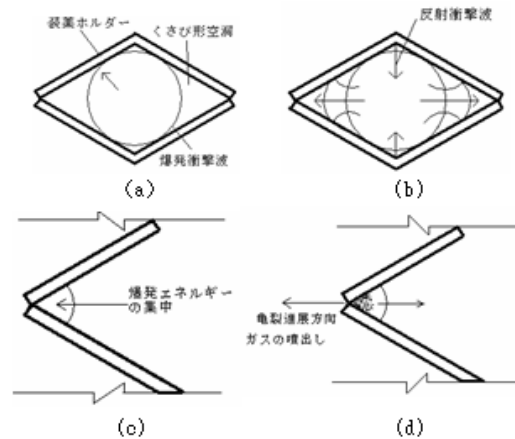


図3 簡易装薬ホルダーの作用原理

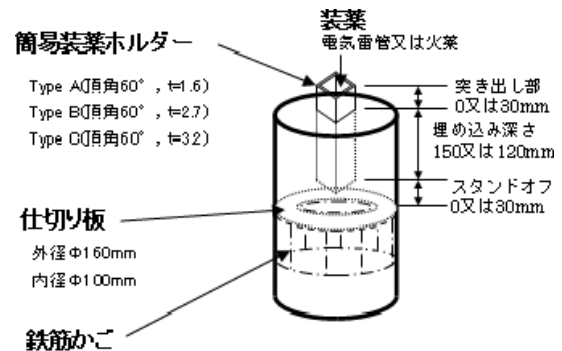


図4 コンクリート柱状試験体

図4に、モデル実験で使用したコンクリート柱状試験体を示す。鉛直方向に装着した簡易装薬ホルダーと水平方向に埋め込んだ仕切り板、実施工に対応した鉄筋かごを併用して、仕切り板上部の処理部の破断面制御を行う。図5に、実規模実証実験に使用した簡易装薬ホルダーを埋設したコンクリート躯体(2.0×1.5×1.0m)の形状を示す。予定破断面に沿う2箇所に簡易装薬ホルダーが埋め込まれている。これによって、鉛直方向の破断面が形成される。ホルダーの突き合わせ部とホルダー底部はコンクリート打設時にホルダー内部への水の浸入を防止するために、ビニールテープでシーリングされている。装薬として火薬を使用する場合は燃焼ガス圧によって、ホルダーの突き合わせ部に応力集中作用が生じる。

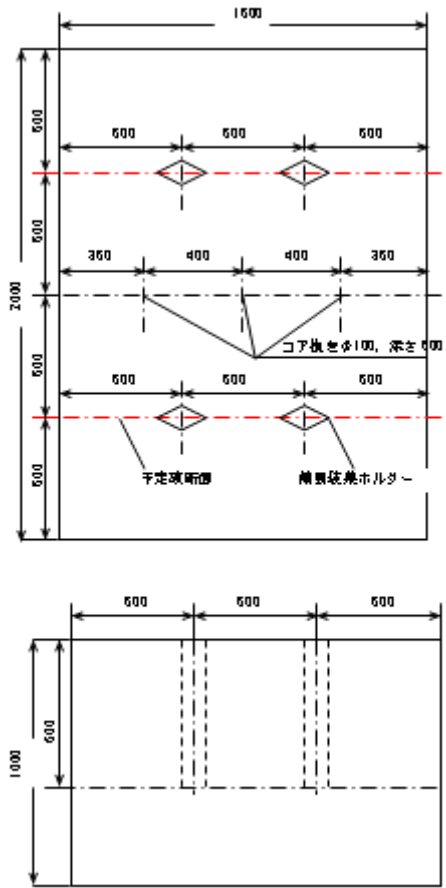


図5 実規模実証実験に使用した
コンクリート躯体



写真1 実験前のコンクリート躯体



写真2 装薬装填後のホルダー上面

4. 研究成果

(1) コンクリート柱状試験体を用いたモデル実験

写真3に、動的破砕時に撮影した高速度ビデオ画像（撮影速度：13500f/s）の2コマを示す。試験体は横にして、実験している。ホルダーの突き合わせ部にそって、鉛直方向の破断面と仕切り板埋め込み部の水平破断面の形成が生じていることがわかる。

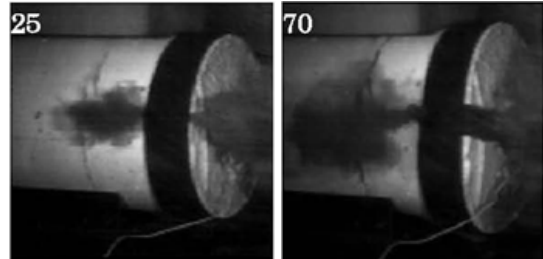


写真3 コンクリート柱状試験体の動的
破砕挙動



写真4 コンクリート柱状試験体の
破断面形成状態

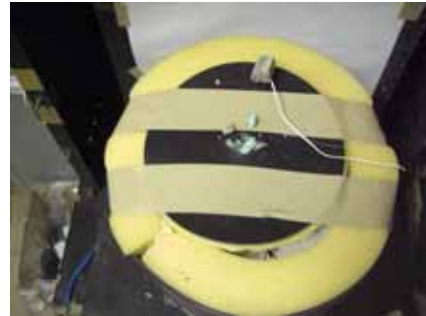


写真5 破砕音低減化のためにスポンジと
ゴム板で覆われたコンクリート試験体



写真6 実験後の破砕状態（鉄筋かごは使用
していない）

写真4は、実験後の水平破断面形成状態を示す。鉄筋かごの縁切り効果によって、杭頭処理部と健全部の破断面制御が実現出来ていることがわかる。写真5は、破碎音低減化を実現するために、試験体をスポンジとゴム板で覆い、実験した試験体の実験後の状態を示している。写真6は、試験体上部のスポンジを取り除いた状態と試験体の破碎状態を示す。この実験では、鉄筋かごは使用されていない。写真4と写真6の比較から鉄筋かごの効果を確認できる。

(2) コンクリート躯体を使用した実規模実証実験

写真2は、RC試験体にCCRを装填した後にケミカルセッターでタンピングした状態を示す。ホルダー上部の横ピン(丸鋼)は、タンピング材の噴出しを抑制するためのもので、その有効性はモデル実験で確認している。本実験における装薬孔1孔当たりの装薬量は、CCR57gである。この装薬量の計算については、簡易装薬ホルダーを使用した破断面制御工法におけるCCR装薬量の算定式に基づいている。写真7, 8に、起爆後の試験体の破断面状態を示す。無筋のコンクリート試験体では、平滑な破断面が形成され、破断面の開口幅が大きい。RC試験体では、コンクリート内部の鉄筋の付着によって、破断面の開口幅は小さいが、破断面の平滑さは満足されている。装薬ホルダーによって、装薬孔周囲の損傷も抑制されていることがわかる。



写真7 無筋コンクリート躯体の破断面



写真8 鉄筋コンクリート躯体の破断面

(3) 破碎音の測定と低減効果の評価

(連携研究者：西村壮平)

破断面制御技術における騒音の低減化を検証するために、破碎音の音圧測定を行った。6つの条件(通常の装填、体積デカップリングが小さい場合、体積デカップリングが大きい場合、条件に水を充填した場合、

柱状試験体周囲をスポンジとゴム板で覆った場合、条件に試験体上部もスポンジとゴム板で覆った場合)について、実験を行った。使用した2台の騒音計は、ONO SOKKI社のLA-5560であり、これらを簡易装薬ホルダーから1m離れた場所に設置し、破碎音のピーク値の L_{eq} と L_{max} と音の時間変動を測定した。なお、等価騒音レベル L_{eq} とは変動する騒音をエネルギー平均として表したものであり、変動騒音に対する人間の生理的、心理的反応ともよく対応する騒音レベルである。また、最大騒音レベル L_{max} は測定時間内における最大の騒音レベルを表したものである。 L_{eq} の測定結果を図6に示す。横軸は、各実験条件を表し、縦軸は L_{eq} を表している。図7は L_{max} の測定結果を表している。横軸は図6と同様、実験条件を表し、縦軸は L_{max} を表している。実験では、各条件ごとに2回ずつ行い、レベルの高い方を採用し、実線で表している。レベルの低い方はで表している。1つの条件ごとに実験を2回行い、現象の再現性を確認した。実験結果から、条件6が一番低減効果が得られていることが分かる。 L_{eq} の値は91.9dBであり、 L_{max} は105.9dBである。条件1と比較すると L_{eq} では11.1dBの低減効果が得られ、 L_{max} では10.3dBの低減効果が得られている。また、図6に示される通り、条件6における2回の実験の騒音レベルの差はわずか0.53dBであり、環境負荷低減化効果の再現性が確認された。

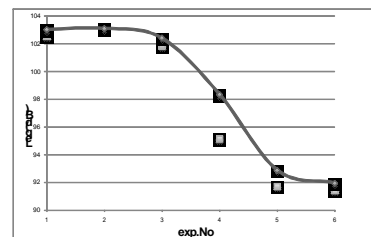


図6 L_{eq} の測定結果

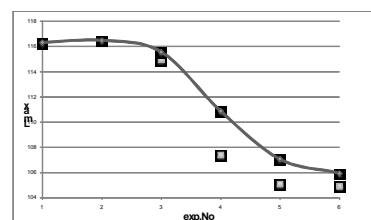


図7 L_{max} の測定結果

(4) 衝撃放電装置と破碎実験

(連携研究者：村山浩一)

火薬類が使用できない場合の破碎工法として、細線を用いた放電衝撃による破碎工法について、装置の開発と破碎実験を行った。図 8 に今回製作した衝撃放電装置の回路図を示す。

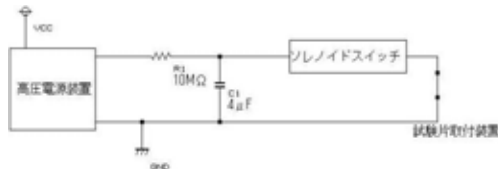


図 8 衝撃放電装置の回路図

実験方法としては、直径 50mm、長さ 100mm の円柱状モルタルの中心に直径 18mm、長さ 70mm のくさび形状を有した円柱空洞を作り、そこに 0.15mm の銅線を設置した試験片に対して、5.5～10kV の充電電圧で放電を行って破碎した。実際に破碎した試験片の様子を写真 9 に、また、破碎した試験片をふるいにかけて、粒度曲線としてグラフにしたものを図 10 に示す。



(a) 充電電圧 7 kV (b) 充電電圧 8 kV

写真 9 放電破碎後の試験体の状態

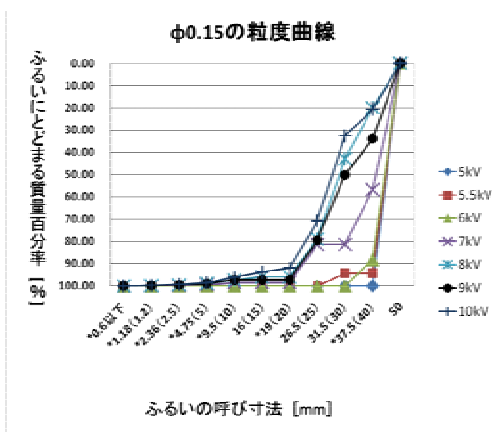


図 10 破碎片の粒度分布

実験の結果、充電電圧が増加するにつれて試験片も細かく破碎される傾向があるが、ある値で破碎効果は飽和することが分かった。また、装薬孔に、切り欠き溝を設けることによって、比較的低い充電電圧において、切り欠きの先端を結ぶ予定破断面に沿う破断面

が形成されることが確認出来た。即ち、衝撃放電破碎における亀裂制御についての可能性も確認することができた。

(5) 成果のまとめ

簡易装薬ホルダーを使用した破断面制御破碎工法の有効性を、コンクリート柱状試験体と実規模実証のための無筋及び鉄筋コンクリート躯体を使用した実験で確認した。

動的破碎時の破碎音を測定し、装薬条件と環境負荷低減化効果との関係を明らかにした。装薬の体積デカップリングに水を充填することによって、最大音圧が低減化出来る。

実規模実証実験では、火薬のコンクリート破碎薬(CCR)を使用し、動的破碎制御を行う方法の有効性を確認した。

火薬類が使用出来ない場合の動的破碎方法として、衝撃放電破碎法の有効性をモデル実験で確認した。切り欠き装薬孔を使用して破断面制御が実現できることを確認した。

< 謝辞 >

実規模実験は、カヤク・ジャパン(株)厚狭研究部試験場で行われた。実験では、カヤク・ジャパン(株)中村聡磯研究部長、田口琢也厚狭研究部長及び関係スタッフ、(株)構造安全研究所加藤政利代表、産総研緒方雄二爆発安全グループ長、五洋建設(株)翁幸久課長の協力支援を得た。謝意を表したい。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計 9 件)

中村裕一, 加藤政利他 4 名: 破断面制御破碎工法のモデル実験, 平成 21 年度火薬学会秋季研究発表講演会講演要旨集, pp. 9 ~ 12 (2009), 北九州市北九州国際会議場

中村裕一, 加藤政利他 3 名: 杭頭の動的破碎処理工法の開発, 平成 20 年度土木学会西部支部技術発表会, pp. 37 ~ 42 (2008), 福岡市福岡国際会議場

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 裕一 (Nakamura Yuichi)

熊本高等専門学校・建築社会デザイン工学科・教授

研究者番号: 0 0 1 1 2 3 9 2

(2) 連携研究者

村山 浩一 (Murayama Koichi)

熊本高等専門学校・機械知能システム工学科・准教授

研究者番号: 3 0 2 9 0 8 3 6

(3) 連携研究者

西村 壮平 (Nishimura Sohei)

熊本高等専門学校・機械知能システム工学科・助教

研究者番号: 0 0 4 4 2 4 8 4