

(22) 破断面制御を可能にする簡易装薬ホルダーを使用した 動的破碎処理工法の開発

Dynamic fragmentation method using simple-type charge holder for fracture control in blasting

中村裕一*, 加藤政利**, 緒方雄二***, 山浦一郎****

中村聡磯*****, Cho Sang-Ho*****

Yuichi Nakamura, Masatoshi Kato, Yuji Ogata, Ichiro Yamaura

Satoki Nakamura and Sang-Ho Cho

*工博, 熊本高専教授, 建築社会デザイン工学科 (〒866-8501 熊本県八代市平山新町 2627)

** 工博, (株)構造安全研究所部長, 研究開発部 (〒181-0013 東京都三鷹市下連雀 8-2-24)

*** 工博, (独)産総研グループ長, 爆発安全コア (〒305-8569 茨城県つくば市小野川 16-1)

**** 五洋建設(株)部長, 建築エンジニアリング部 (〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8)

***** カヤク・ジャパン(株)部長, 技術部 (〒130-0015 東京都墨田横綱 1-6-1)

***** Ph.D, Chonbuk National University, Prof. Department of Mineral Resources and Energy Engineering

(664-14 1Ga, Deokjin-Dong, Jeonju-City, Chonbuk, South Korea, 561-756)

Key Words: Fracture control, Charge holder, Blasting agent, Full-scaled experiments

キーワード: 破断面制御, 装薬ホルダー, コンクリート破碎薬, 実規模実験

1. はじめに

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可能な動的破碎処理工法を確立することの必要性は高まっている。例えば, コンクリート構造物の部分解体を行う場合には, 残す側と破碎処理する側の境界面を平滑に仕上げ, 残す側に損傷を生じさせないことが重要である。今回の発表では, 発表者らが取り組んできた装薬ホルダーを使用した破断面制御技術の実用化のための取り組みについて報告する。本工法の特徴は装薬ホルダーを使用して, 装薬孔周囲の損傷を防止し, 予定破断面に沿う亀裂を進展させて, 平滑な仕上げ面を形成させることにある。本研究では, 簡易装薬ホルダーの動的亀裂の進展制御効果を明らかにするためのモルタル試験体と瞬発電気雷管を使用したモデル実験と, 市販のコンクリート破碎器(商品名 CCR)を簡易装薬ホルダーに装着した実規模のコンクリート試験体(無筋と RC の 2 種類, 2m×1.5m×1m)を使用した実用化のための実証実験を行い, 提案法の有効性を確認した。

2. 破断面制御に関するモデル実験

図-1 は, 既存のコンクリート構造物の破断面制御を意図した破碎処理を目的に, 先に考案した装薬の爆発によって生じる衝撃波の集中作用を作り出す鋼製のくさび形空洞を有する装薬ホルダーの断面図である。装薬ホルダーは, 図に示す形状の二つの部品を突合せて構成され, 同一直径上に適当な角度を有するくさび形空洞(空気のギャップ)を形成する。デカップリング状態で装てんされた爆薬の起爆で生じた爆発衝撃波は, くさび形空洞内を干渉しながら伝ばし, 衝撃波の集中作用を作り出す。これによって, 装薬孔の孔壁面に作用する爆力の作用方向と作用時間の制御が可能となり, くさび形空洞先端位置の装薬孔壁面上に引張応力場が作り出され, その位置を予定破断面方向に一致させることによって, コンクリート中の亀裂の進展方向を制御することができる。しかしながら, この装薬ホルダーの断面形状は複雑であり, 丸鋼の機械加工に手間を必要とするため, 現場適用性で問題がある。このため, コンクリート杭頭の動的破碎処理を目的に, 加工の容易な簡易装薬ホルダーを使用する方法の有効性を明らかにしている¹⁾²⁾。この簡易装薬ホルダーは薄い亜鉛メッキ鋼板を曲げ加工して, 2枚突合せて, くさび形空洞を形成する。図-2 は, モデル実験に使用した簡易装薬ホルダーの一例で, 突合せ部の角度 60° の場合の断面形状を示す。

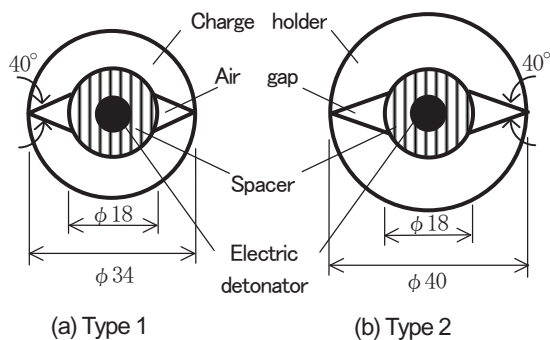


図-1 くさび形空洞を有する装薬ホルダーの形状

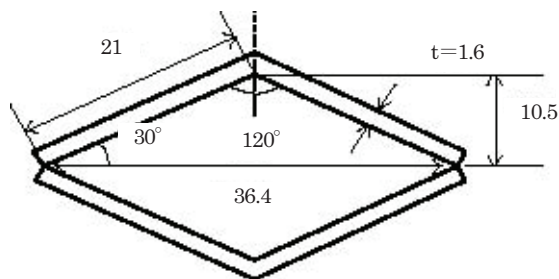


図-2 簡易装薬ホルダー（モデル実験用）の形状

モデル実験では、地震探鉱用電気雷管（6号）を使用した。くさび形空洞を有する装薬ホルダーを使用する場合は、モルタル試験体を作製する際に、ホルダーの外径に等しい丸鋼を所定の深さ（60mm）に埋め込み、硬化後に取り出し、装薬ホルダーを装着している。簡易装薬ホルダーは、モルタル打設時に埋設して装着した。簡易装薬ホルダーの場合には、突合せ部とホルダー底部は、モルタル打設時にホルダー内部への水の浸入を防ぐため、ビニールテープ等でシーリングされている。実験に使用したモルタル試験体の形状は、300×450×100mmである。ホルダーは試験体の中心位置に装着されている。

写真-1は、くさび形空洞を有する装薬ホルダーを使用した場合の亀裂形成状態である。予定破断面に沿って、亀裂進展を生じたことがわかる。写真-2は、簡易装薬ホルダーを使用した場合の亀裂形成状態を示している。写真-2（b）の場合、予定破断面に直交する方向にも亀裂が進展し、破断面を形成していることがわかる。これは、亜鉛めっき鋼板の折り曲げ部における応力状態に起因していることも考えられる。

3. 簡易装薬ホルダー、コンクリート破砕器とコンクリート試験体を使用した実規模実証実験

本実験に使用した簡易装薬ホルダーの形状を、図-3、図-4に示す。この簡易装薬ホルダーに、装薬として火薬を使用した場合は、燃焼ガス圧による応力集中効果がホルダー先端部に生じ、亀裂がコンクリート中に進展する。図-5に、コンクリート試験体（2×1.5×1m）

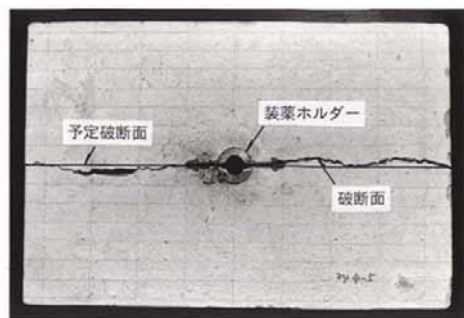


写真-1 くさび形空洞を有する装薬ホルダーを使用した場合の亀裂形成状態



(a)



(b)

写真-2 簡易装薬ホルダーを使用した場合の亀裂形成状態

の上面でのホルダーの配置位置を示す。無筋とRCの2体を作製した。簡易装薬ホルダーは、コンクリート打設時、4カ所に試験体上面から深さ60cmで埋め込まれている。写真-3は、RC試験体にCCRを装填した後、タンピング材（CCRタンパー）でタンピングし、速硬性材料（ケミカルセッター）でガス漏れ防止コーティングした状態を示す。ホルダー上部の横ピン（異形鋼）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。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の実用化事例であるコンクリート杭頭の動的破砕処理におけるCCR装薬量算定式³⁾に基づいている。装薬量算定式は、鉄筋の有無に関係なく、次式を使用した。

$$W=Ccf \times A \quad (1)$$

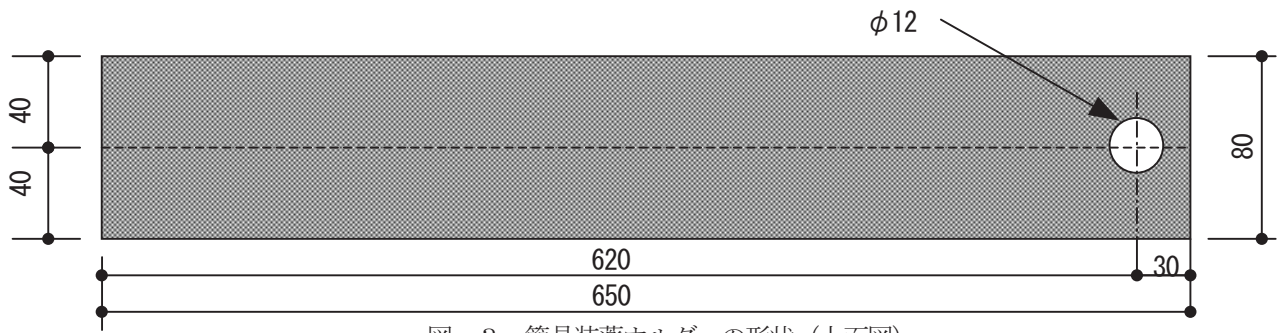
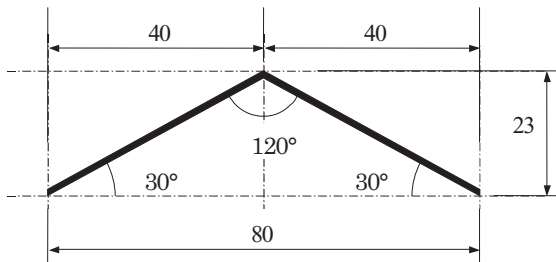


図-3 簡易装薬ホルダーの形状（上面図）



使用材料：溶融亜鉛めっき鋼板
厚板 1.6mm (SGCC)
頂角：約 120°（端部に孔径 15mm の穿孔）

図-4 簡易装薬ホルダーの断面図（片側）

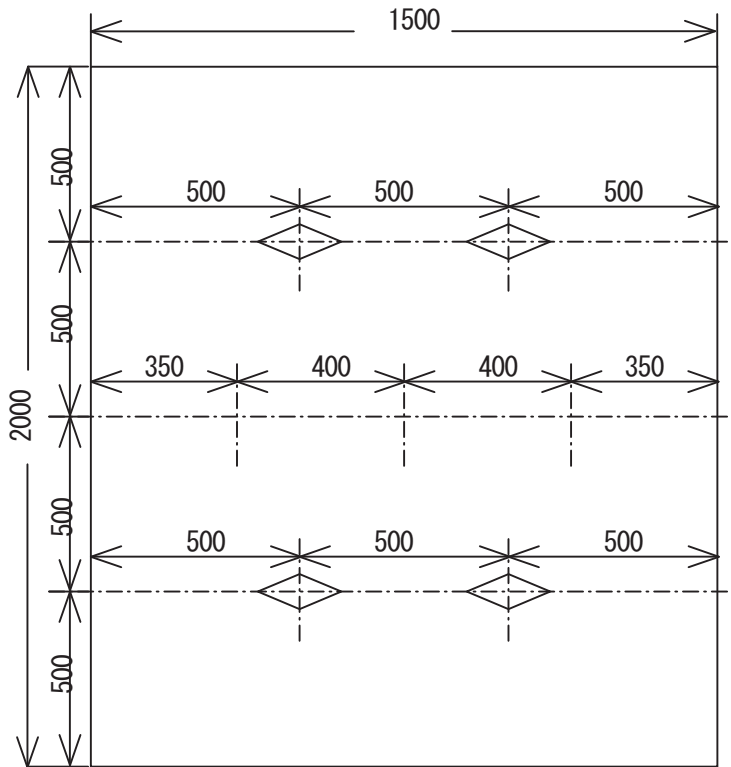


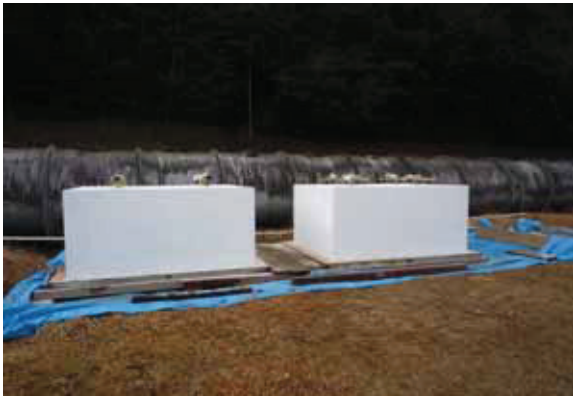
写真-3 コンクリート試験体へ装着された簡易装薬ホルダーとタンピング状態（横ピンはタンピング材の吹き出し防止のため）

図-5 実規模コンクリート試験体の上面図
コンクリート打設時に，4カ所装薬ホルダーが埋設されている．ホルダーの突き合わせ部を結ぶ線が予定破断面となる．

ここで、 W はコンクリート破砕器（CCR）の薬量、 Ccf は破砕係数（ g/m^2 ）（ $= 76 g/m^2$ ）、 A は破断面の面積（ m^2 ）である。これより、本実験における装薬孔1孔当たりの装薬量は、CCR 57 gとなる。CCRの装填作業は1孔あたり10分程度で終了し、速硬性材料(ケミカルセッター)の硬化時間1時間を経過すれば、写真-4に示すように防爆シートを被せ、作業者の退避と安全点検のち、起爆する。起爆後は安全確認後、直ちに作業を開始出来る。試験体の外観を写真-5に示す。左側がコンクリート試験体、右側がRC試験である。



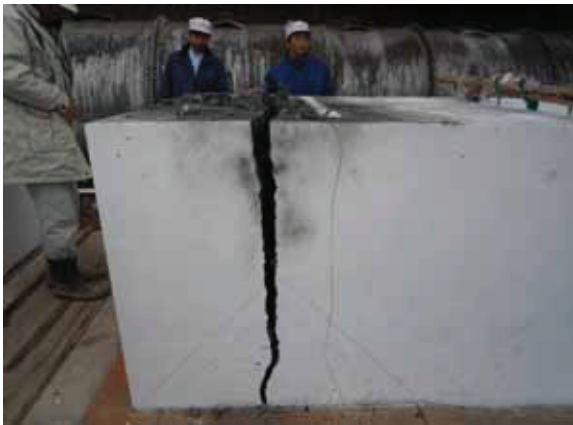
写真-4 起爆直前の準備状態



写真一5 試験体の外観 (左側：無筋, 右側：RC)



写真一6 無筋コンクリート試験体の破断状態



写真一7 RC 試験体の破断状態



写真一8 RC 試験体の自由面側に生じた亀裂

写真一6, 7に, 起爆後の試験体の破断状態を示す. 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とコンクリートの付着によって, 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. 写真一8は, RC 試験体の自由面側の亀裂状態を示す. 自由面側から破断面側へ, 亀裂が進展しているが, CCR の膨張圧が自由面側のコンクリート試験体に作用した状態で鉄筋の拘束力を受けて, コンクリート試験体が外側へ張り出すことによって生じたものと考えられる. このような自由面側から内部へ進展する亀裂は, 応力波と自由面との干渉による変形によっても生じることが確認されている. 写真一9は, 無筋とRCの試験体の破断面形成状態を示す. 制御破砕された状態が確認でき, 本方法による破断面形成の再現性があることが確認出来る. また, 装薬ホルダーを使用することによって, 装薬の体積デカップリングが可能となり, 破砕音の低減化が出来ることが確認されている.

謝辞

本実験を行うについては, 科学研究費補助金 (課題番号: 19560815), 五洋建設(株), カヤク・ジャパン(株)



写真一9 破断面制御破砕の再現性

及び産総研から支援をより頂いた. 謝意を表したい.

参考文献

- 1) 中村,加藤,緒方,山本,忞沢: 杭頭の動的破砕処理工法の開発, 平成20年度土木学会西部支部技術発表会論文集, pp.37-42.
- 2) 山浦,加藤,中村: 杭頭処理工法及び簡易装薬ホルダー (特許第4245614), 2009.1 査定
- 3) 加藤,中村,緒方,翁,中村,山本: コンクリート破砕器と装薬ホルダーを用いたコンクリート構造物の破砕式, 平成21年度火薬学会秋季研究発表会講演要旨集, pp.13-14.