

(20) 簡易ホルダーによるコンクリート破碎時の動ひずみ計測

Measurements of the dynamic strain on the concrete block for fracture control blasting
using the simple-type charge holders

緒方雄二*、久保田士郎**、佐分利 禎***、中村裕一****、加藤政利****、
山浦一郎*****、中村聡磯*****、衿沢俊雄*****

Yuji Ogata, Shiro Kubota, Tei Saburi, Yuichi Nakamura, Masatoshi Kato,
Ichiro Yamaura, Satoki Nakamura and Toshio Matsuzawa

*工博, 産業技術総合研究所爆発利用産業保安グループ・グループ長 (〒305-8569 茨城県つくば市小野川 16-1)

** 工博, 産業技術総合研究所爆発利用産業保安グループ・研究員 (〒305-8569 茨城県つくば市小野川 16-1)

***工博, 産業技術総合研究所爆発利用産業保安グループ・研究員 (〒305-8569 茨城県つくば市小野川 16-1)

****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、所長 (〒181-0013 東京都三鷹市下連雀 8-2-24)

*****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・ジャパン株式会社、部長、技術部 (〒130-0015 東京都墨田区横網 1-6-1)

*****カヤク・ジャパン株式会社、執行役員 (〒30-0015 東京都墨田区横網 1-6-1)

Key Words : Simple-type charge holders, Blasting agent, Dynamic strain, Full-scaled experiments

キーワード: 簡易装薬ホルダー、コンクリート破碎薬、動ひずみ計測、実規模実験

1. まえがき

コンクリート破碎薬は、一般にエマルジョン爆薬等の産業用爆薬と比較して燃焼速度が遅くガス発生量も少ないことから構造物等の破碎時に発生する地盤振動、発破騒音等を低減できることが知られている。また、従来のハンドドリル等の解体機器による解体作業と比較して、解体工期の短縮、解体エネルギー削減等の効果が期待されている。コンクリート破碎器は、ある一定量以下の消費量では、消費制限が緩和されている¹⁾。

このため本研究では、環境低負荷解体工法の一つとして杭頭処理工法へのコンクリート破碎薬の適用を検討するために、コンクリート供試体による破碎実験を実施した。実験では、コンクリート供試体に発生する亀裂を制御する破碎工法として簡易装薬ホルダーの適用を検討した。簡易ホルダーによる亀裂制御法は、破碎孔に簡易ホルダーを設置することで、発生する応力を制御する方法であり、矩形方向への亀裂進展を助長することが実験的に示されている²⁾。

実験では、簡易ホルダーによる亀裂制御を検討するために、簡易装薬ホルダーの応力状態およびコンクリート供試体の破壊状況を解明するために、簡易ホルダー、鉄

筋とコンクリート供試体の表面にひずみゲージを貼り付けて、ひずみの変化および亀裂の進展を計測したので、その結果を報告する。

2. ひずみゲージ設置位置

実験で使用したコンクリート供試体は、鉄筋コンクリートと無筋コンクリートを使用した。作製したコンクリート供試体は、2.0m×1.5m×1.0m 大きさであり、実規模サイズとした。無筋および鉄筋コンクリート供試体による破碎実験をそれぞれ2回実施した。

ひずみゲージの設置位置は、簡易装薬ホルダーの外側表面の2カ所と鉄筋の表面2カ所またはコンクリートの表面に設置した。簡易装薬ホルダーは、破碎薬の中心部に近い簡易ホルダー下面から100mmと400mm地点の2箇所に設置した。コンクリート内部の鉄筋には、下面から300mmと600mm地点に設置した。また、無筋コンクリートでは、鉄筋の代わりにコンクリート供試体の表面の上面と側面にひずみゲージを貼り付けた。簡易装薬ホルダーおよび鉄筋でのひずみゲージ設置位置の概略を図-1に示す。また、コンクリート供試体でのひずみゲージの設置位置を図-2に示す。コンクリート供試体の表

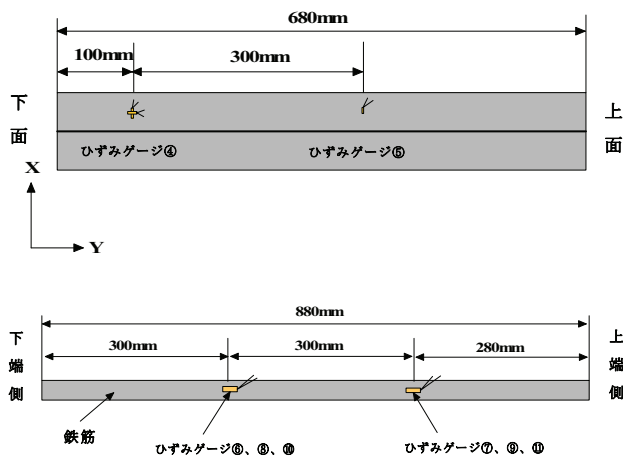


図-1 簡易ホルダーおよび鉄筋でのひずみゲージ設置位置

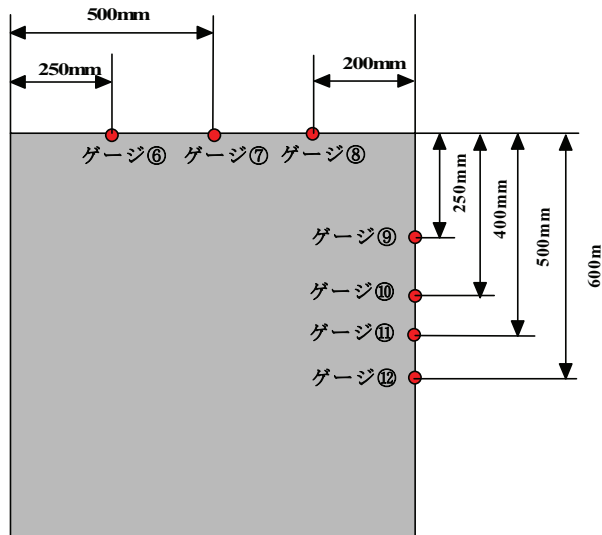


図-2 コンクリート供試体での設置位置



図-3 ひずみゲージ設置状況 (簡易ホルダー表面)

面に貼り付けたひずみゲージは、簡易装薬ホルダーにより破断する予定線上に設置した。簡易ホルダー面ではひずみゲージは、破砕薬設置面とは反対側面にひずみゲージを設置した。2軸ひずみゲージの設置状況を図-3に示す。

使用したひずみゲージは、鉄筋ではゲージ長 1mm 1軸、簡易装薬ホルダーでは、ゲージ長 5mm 2軸または1軸で、コンクリート表面には、ゲージ長 30mm 1軸のひずみゲージを使用した。それぞれのひずみゲージは、エポキシ樹脂で固定した。

3. 計測方法

動ひずみ計測では、ブリッジボックスと動ひずみアンプ (共和電業 CDV700A: 応答周波数: DC~500kHz) を介して、データレコーダー (TEAC 社製 XL-20: サンプルレート 50kHz) で計測した。ひずみゲージ用のブリッジボックスと動ひずみアンプの接続は、ひずみ用シールドケーブルを用いた。また、同時に破

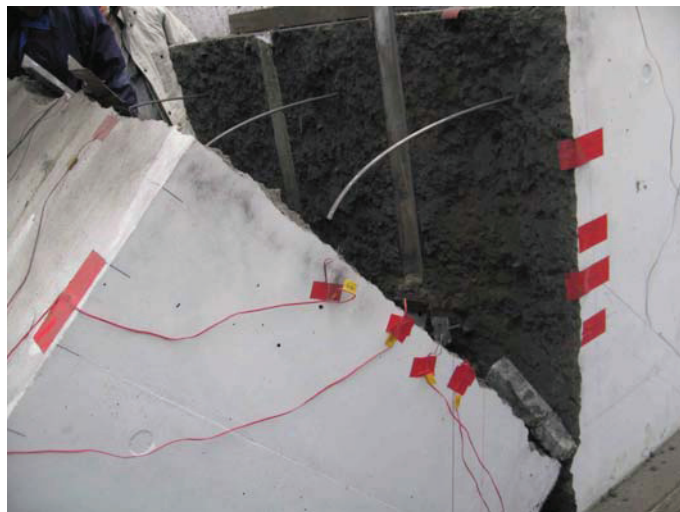


図4 コンクリート供試体の破断状況

砕時に発生する爆発衝撃音を音圧センサーで計測した。衝撃音の計測で使用したセンサーは、PCB 社製 (Model377A10) の音圧センサーを使用した。

音圧計の設置位置は、使用する破砕薬量の総量から換算K値が8(約3.8m)、16(約7.7m)、32(約15.5m)の地点の3カ所で計測した。音圧計測データも同時にデータレコーダーで計測した。

4. 計測結果

実験では、無筋および鉄筋コンクリート供試体による破砕実験を実施し、それぞれ2回の実験ではほぼ予定通りの破断面を形成して切断することができることを確認した。コンクリート供試体の破断状況を図-4に示す。ほぼ、切断予定線上に亀裂が進展し、設置したひずみゲージを切断し、コンクリート供試体が破断していることが分かる。また、コンクリート供試体の破砕による飛散物も発生していない。

4. 1 ひずみ計測結果

ひずみ計測結果コンクリート供試体の装薬ホルダーに設置したひずみの計測結果の一例を図-5に示す。図-5は、装薬ホルダーの左側の計測結果であるが、ホルダー下部(CCR部：図中の黒線Aと青線B)の横方向の引張変形が大きいことが分かり、永久ひずみ(塑性変形)として残ることが分かる。また、簡易装薬ホルダーが破砕薬の膨張ガスにより広がることから比較的ゆっくりと引張状態になることを示した。これは、破砕薬の衝撃圧より発生した膨張ガスの影響により、簡易ホルダーが変形したと推定できる。破砕薬近傍では、簡易ホルダーの横方向の変形が、縦方向より大ききことが分かる。

ホルダー上部のひずみ変化(図中の緑線C)は、引張・圧縮と振動する程度であり、大きなひずみ変化とはならなかったが、既に亀裂が進展していることが予測できる。簡易ホルダーでのひずみの変化は、実験後に回収した簡易ホルダーの状態が、CCR装薬部分が大きく変形している状況に一致している。

コンクリート表面に貼り付けたひずみ測定結果を図6に示す。図-6はコンクリート供試体の上面に貼り付けたひずみ測定結果であり、ゲージ番号⑥と⑦がほぼ同時に破断し、約2.0msec程度遅れてゲージ⑧が破断する。この結果は、装薬ホルダーのひずみ状態から右側の装薬が先に起爆した状況に一致し、コンクリート表面にも亀

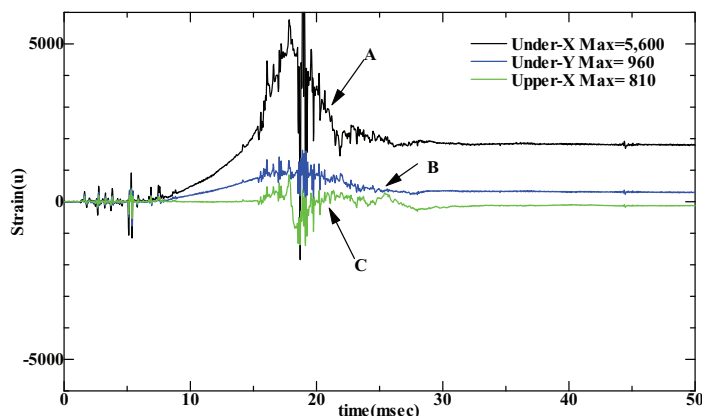


図-5 簡易装薬ホルダーのひずみ

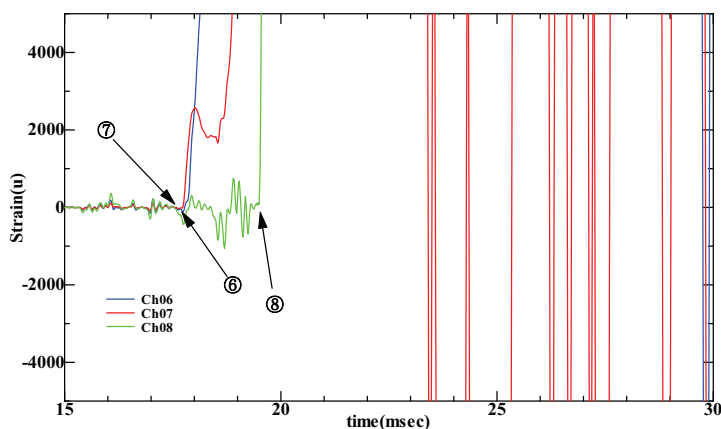


図-6 コンクリート表面のひずみ計測結果 (上面)

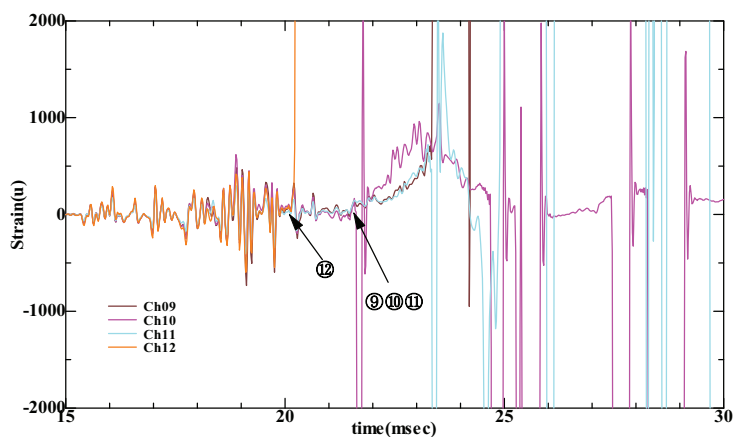


図-7 コンクリート表面のひずみ計測結果 (側面)

裂が進展し発生したことが分かる。コンクリート供試体の側面に貼り付けたひずみ測定結果を図-7示す。装薬地点に近い、ゲージ番号⑫が最初に破断する。また、⑨、⑩、⑪は、引っ張り状態となり遅れて破断する。破砕薬の装薬位置に近い場所から亀裂の進展は始まったことが推定できる。

コンクリート供試体の内部鉄筋に貼り付けたひずみゲージは、破碎薬の起爆とほぼ同時に反応し、引張・圧縮を繰り返すことが、鉄筋が切断される状況になっていないことが分かる。これは、爆薬を使用した破壊実験結果と比較して、コンクリート供試体がゆっくりと破碎したものと推定できる⁴⁾。このことからコンクリート破碎薬による破碎では、破碎薬から発生する膨張ガスによる破碎が主であることが推定できる。

4. 2 音圧計測結果

発生した音圧は、圧力レベルが急激に上昇する衝撃音であった。爆源近傍の圧力が非常に高く、距離により急激に減衰することを示した。また、K=8 地点では 140dB 以上の音圧となった。爆源近傍では高い音圧状態になることを示した。しかし、高周波の波動であり、小薬量であることから、ある程度の距離があれば、急激に減衰し、破碎薬自体の爆発と比較して低く抑えられることを示した⁵⁾。また、防音マット・シート等による防音措置を施すことで、十分に抑えられると思われる。計測した音圧波形と音圧の距離減衰を図-8と図-9に示す。

5. まとめ

環境低負荷解体工法として、コンクリート破碎薬によるコンクリート供試体の破碎実験を実施し、簡易装薬ホルダーを使用することで想定通りの亀裂を発生させることができることを確認した。コンクリート供試体の破碎時の動ひずみ計測および音圧計測から以下のことが判明した。

1. 破碎時の動ひずみ計測から簡易装薬ホルダーでは、破碎薬の近傍で大きく膨張し、発生ガスで亀裂を発生されると推定できる。また、実験後の破壊状況とコンクリート供試体の表面に貼り付けてひずみゲージの計測結果から簡易装薬ホルダーにより亀裂が進展を制御できることを示した。
2. 音圧計測では、爆源近傍では大きな値を示したが、距離により急激に減衰することを示した。産業用爆薬による音圧より低くなり、環境低負荷解体が可能であることを示した。

今後は、実際の杭頭処理工法への適用を検討する予定である。

謝辞

本研究の実施にあたっては、八代高専（現熊本高専）、五洋建設（株）、カヤク・ジャパン（株）と産総研の共同研究で実施したものであり、関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 火薬類取締法第2条第1項第1号のハ

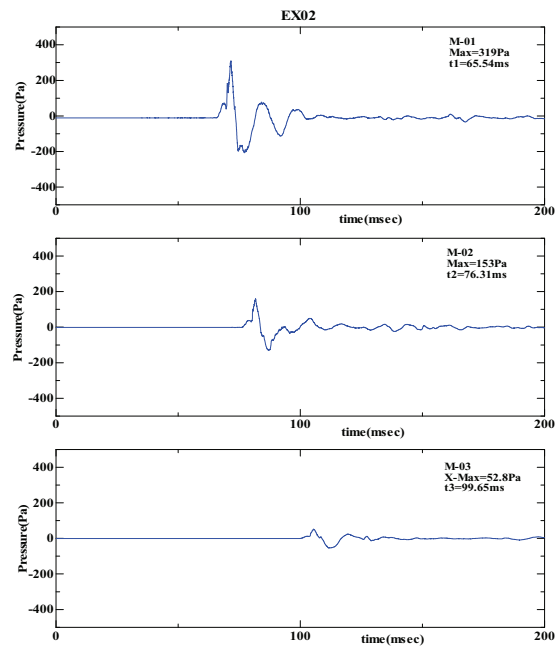


図8 計測した音圧波形

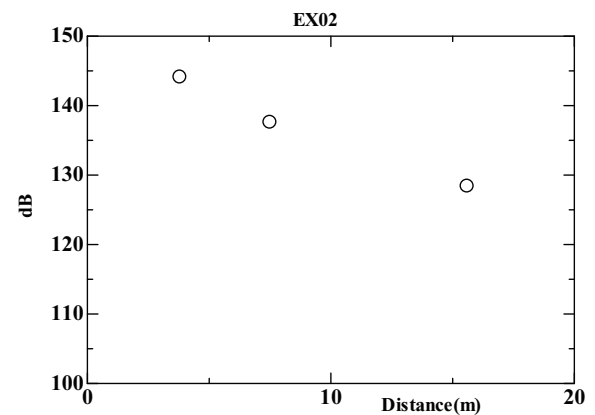


図9 音圧計測結果

- 2) 中村裕一、加藤政利、緒方雄二、山本雅昭、忝沢俊雄、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論文集、pp. 37-42
- 3) 加藤政利、中村裕一、緒方雄二、翁 久幸、中村聡磯、山本雅昭、コンクリート破碎器と装薬ホルダーを用いたコンクリート構造物の破碎式、平成 21 年度火薬学会秋季研究発表会講演要旨集、pp. 13-14、2009
- 4) Y. Ogata, S. Kubota and T. Saburi, "The strain measurement of reinforced concrete wall under the blast impact loading", PROTECT2009、2009
- 5) 緒方雄二、久保田士郎、佐分利 禎、加藤政利、中村聡磯、忝沢俊雄、翁 幸久、中村裕一、コンクリート破碎薬及び爆薬によるモルタルブロック破碎実験、平成 21 年度火薬学会秋季研究発表会講演要旨集、pp. 31-32、2009