

報告 鉄筋通電と静的破碎剤を併用したRC壁の解体実験

鵜飼達郎^{*1}・坂口雄彦^{*2}・伊藤 洋^{*1}・木内幸則^{*3}

要旨: RC壁において、鉄筋とコンクリート表面に設けた特殊な面電極間に直流電流を通電し、①コンクリート強度低下、②コンクリートと鉄筋の付着力低下、③鉄筋の腐食膨張圧によるひび割れ発生、といった劣化現象を短期間に促進することにより、鉄筋とコンクリートの分離と強度劣化を実現し、ついで静的破碎剤を用いて静的に解体する工法に係わる工学的規模の実験を行い、その効果・有用性を確認した。

キーワード: 鉄筋コンクリート、鉄筋腐食、静的破碎剤、解体、劣化

1. はじめに

都市及び住宅地における解体工事では、周辺住民への影響を配慮すると低騒音・低振動・低粉塵な解体工法が強く望まれるところであり、建物の老朽化及び設備の刷新等に伴う構造物の建て替え・リニューアルの需要も今後増大するものと考えられる。

比較的公害が少ない解体工法としては、油圧を利用したジャッキ工法や圧碎工法、カッターワーク法、静的破碎剤、ウォータージェット工法等が挙げられるが、いずれの工法においても一長一短があり、低騒音・低振動・低粉塵のすべての条件を満たす工法は確立されていないのが現状である。

上述の解体工法の中で、静的破碎剤は低騒音・低振動・低粉塵に優れた工法ではあるが、鉄筋コンクリートにおいては鉄筋が破碎剤の膨張時に拘束体となるため、充分な効果を得ることが困難である。そこで、本研究ではあらかじめ鉄筋とコンクリート間に直流電流を通電し、鉄筋の腐食現象とコンクリートの劣化促進を行うことにより、鉄筋とコンクリートの分離を可能とし、その後、静的破碎剤を利用する工法を提案する。

本論では、まず鉄筋通電によるコンクリート部材の劣化概念及び、その基本的効果を確認することを目的に行った基礎実験結果について示す。次に、鉄筋通電と静的破碎剤の併用工法を実構造物に適用した実証実験結果について示す。その結果、本工法の有用性が確認されたのでここに報告する。

2. 鉄筋通電工法の概要

鉄筋通電工法の概念を図-1に示す。図のように、RC壁から鉄筋の一部をはりだして陽極とし、陰極をコンクリート表面に設けた特殊な面電極（金網+塩化マグネシウム含浸マット、又は塩化ビニール容器+塩化マグネシウム水溶

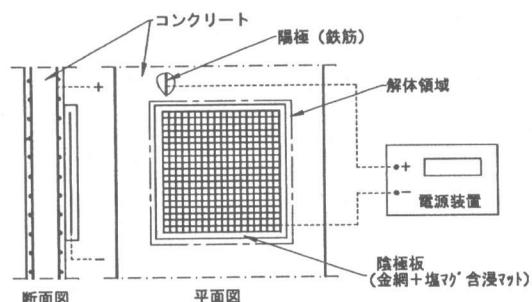


図-1 鉄筋通電工法の概念

*1 (株)熊谷組 技術本部 技術研究所 土木構造グループ

*2 (株)熊谷組 技術本部 原子力エネルギー部 エネルギー貯蔵技術グループ

*3 (株)ナカボーテック 技術開発研究所 開発室

液等)として、両極間に直流電流(1~4A/m², 40V程度)を通電する。通電により、図-2に示すように、①コンクリート中のカルシウム成分が溶出することによる母材強度の低下、②電解による鉄筋断面積の減少に伴うコンクリートと鉄筋の付着力の低下、③コンクリート中水分の電気分解により発生するガス圧および腐食生成物(鋼材の腐食により生成する鉄の酸化物)の膨張圧によるひび割れ発生・剥離等といった効果を発現し、部材を劣化させることができる。

3. 基礎実験

上述の①~③の効果を確認するため実施した基礎実験の代表的な結果を以下に示す。

3.1 コンクリート強度低下確認試験

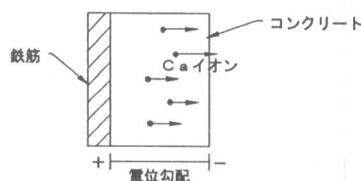
(1) 円柱試験体

試験の概要を図-3に示す。図に示すように、円柱コンクリート試験体($\phi 100 \times 200\text{mm}$, W/C=55%)の上下に塩化マグネシウム水溶液を含浸させた脱脂綿と1mm厚の円形鋼板からなる電極を設置し、定電流電源装置(電圧2~20V)により、所定の電流(1.6~16mA)を一定時間(6.0~258.0h)通電する。試験は積算電流量をパラメータとして計12ケース実施した。通電後、圧縮強度試験(f :通電後の圧縮強度, f_0 :初期強度)を実施した結果を図-4に示す。積算電流量が大きくなるにつれて圧縮強度が低減し、最大50%程度まで低下することが確認された。

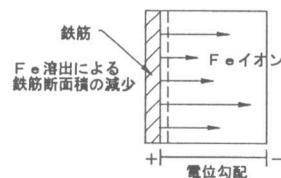
(2) 平板試験体

試験の概要を図-5に示す。中央部に格子状配筋(D10@200)を施したコンクリート平板(500×500×100mm, W/C=70%)の一部に陰極板(金網+塩化マグネシウムを含浸させた脱脂綿)を設置し、鉄筋1ヶ所を陽極として1.6A/m², 611.2Ah/m²の電流を通電した。通電後、図に示す4ヶ所のコアボーリング($\phi 58\text{mm}$)を行い圧縮強度試験を実施した。その結果、通電を行った陰極直下のB-1は23.3N/mm²、通電を行っていないB-2,3,4の平均は32.1N/mm²と、およそ30%の強度低下が確認された。

(1) Ca溶出によるコンクリート強度低下



(2) 鋼材電解による付着強度低下



(3) 鋼材腐食膨張によるかぶりコンクリートのひび割れ発生

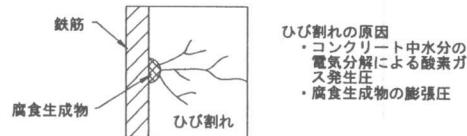


図-2 通電による劣化の概念

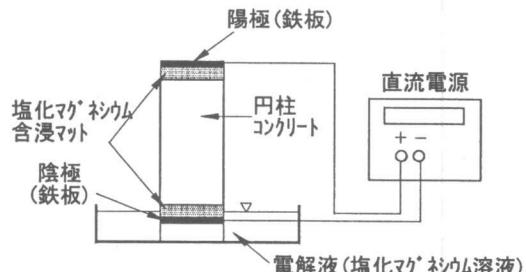


図-3 強度低下確認試験(円柱)の概要

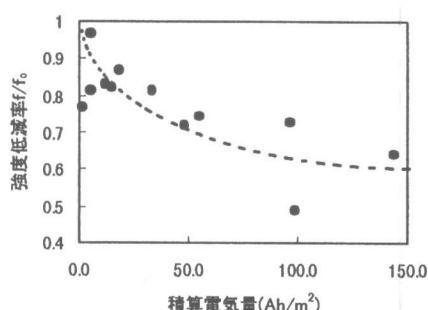


図-4 通電量と強度低減率の関係

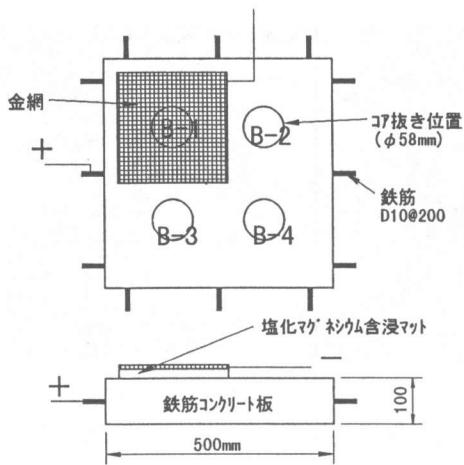


図-5 強度低下確認試験(平板)の概要

3.2 鉄筋付着強度の低下確認試験

試験の概要を図-6に示す。中央に $\phi 25\text{mm}$ の丸鋼(黒皮付き, $L=240\text{mm}$)を設置した円柱コンクリート($\phi 100 \times 200\text{mm}$, $\text{W/C}=40\%$)の周囲に陰極板(金網+塩化マグネシウムを含浸させた脱脂綿)を設置し、鋼材を陽極として $40\text{V}, 20\text{mA}$ の定電流で、 $242, 402, 638\text{Ah/m}^2$ の計3ケース通電した。通電後、先の3ケース及び通電を行っていない試験体1体の合計4体の下部 20mm を切断し、図-6に示す押し抜きによる付着強度試験を実施した。その結果を図-7に示す。同図より、通電を行っていない試験体の付着力は約 3.0N/mm^2 以上を示している。一方、通電を行ったものはそれに比べかなり小さく、いずれも 0.3N/mm^2 以下であり、約 $1/10$ 以下となっている。また、通電量に応じて付着力にも影響が表れることが認められた。

3.3 ひび割れ発生確認試験

試験の概要を図-8に示す。中央部に格子状配筋($D10, D16 @100, 200, 300; 6$ 種類)を施したコンクリート平板($500 \times 500 \times 100\text{mm}$, $\text{W/C}=70\%$)の表面に陰極板(金網+塩化マグネシウムを含浸させた脱脂綿)を設置し、鉄筋を陽極として 1.0A/m^2 の電流($25 \sim 40\text{V}$)を通電した。試験は計6ケース実施したが、いずれの試験体も $3 \sim 5$ 日で鉄筋に沿ったひび割れ($w=0.05 \sim$

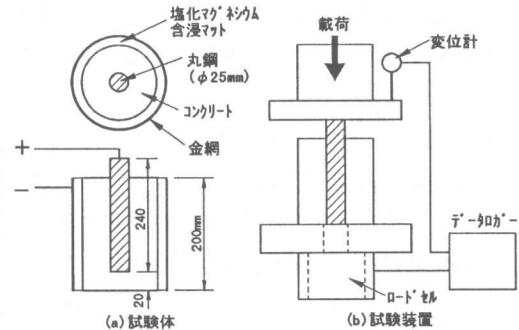


図-6 付着強度低下確認試験

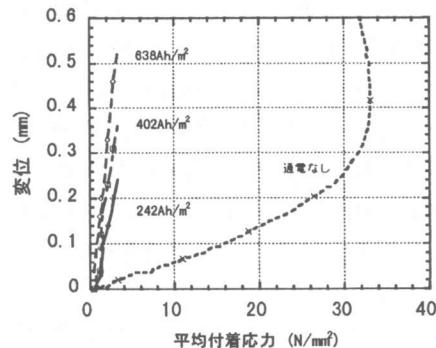


図-7 鋼材付着力と変位の関係

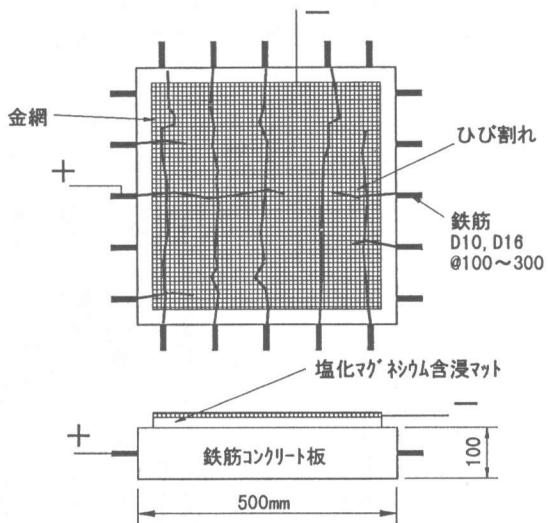


図-8 ひび割れ発生確認試験の概要

0.2mm)が発生し(写真-1),さらに2日間通電を継続すると、一部表層剥離が見られた。

4. 実構造物への試験的適用

基礎実験の結果、通電によるコンクリート強度の低下、鉄筋付着力の低下及びひび割れ発生といった効果が各々基本的に確認された。ここでは、実構造物(ボックスカルバート模擬壁)において本工法を試験的に適用した事例について示す。

4.1 実験概要

対象構造物は、図-9に示すような、D10,D13の鉄筋が配筋された $2100 \times 1240 \times 1995$ mm(内空 $1800 \times 900 \times 1995$ mm)のボックスカルバートである。開口部設置場所は図に示した 1200×1050 mm の領域で、陰極板は、塩化ビニール容器を壁面に接着した後、金網を容器内に設置し、塩化マグネシウム水溶液を満たしたもの用いた。

通電に先だって、発生するひび割れの解体領域外への進展防止のため、解体領域の外周部をコンクリートカッターで $10\sim20$ mm の深さで切削した。その後、RCレーダー(鉄筋探知機)にて鉄筋位置の探査を行った。次に、開口部のコンクリート塊をブロック状に撤去するために、1ブロックの大きさを考慮して、同図に示すよ

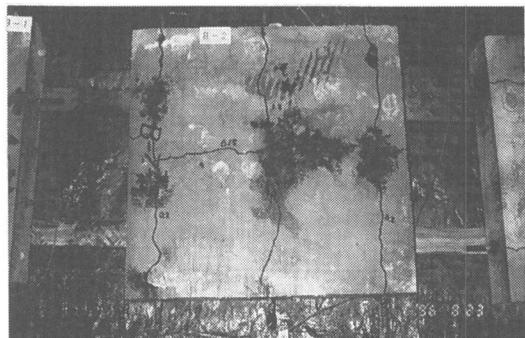


写真-1 ひび割れ発生状況

うに鉄筋直上に内外面各7基の陰極板を軟質エポキシ樹脂系弹性接着剤にて接着した。また、陽極をとるために、鉄筋直上の適当な一箇所を削孔した。

通電は、直流電源(40V, 1A)3台を並列にし、両極間に40V一定で約2週間通電した(写真-2)。通電電流は、外側が平均2.3A、内側は平均2.25Aであった。

通電終了後、陰極・陽極を撤去した後、図-10に示すように劣化させた鉄筋の両側に10cm間隔で注入孔($\phi 18$ mm)を削孔し、静的破碎剤を注入した。

4.2 実験結果

通電開始から開口部設置までの各段階における観察結果を以下に示す。

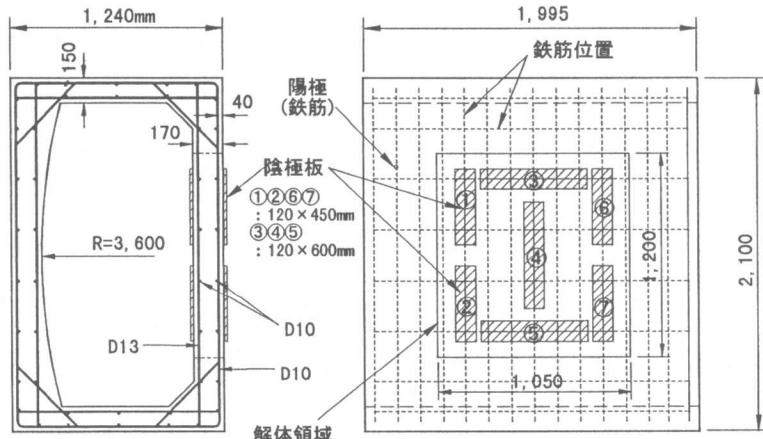


図-9 構造物概要

通電開始後 4~5 日で陰極部分に鉄筋に沿ったひび割れが確認された。また、陰極部分及び周辺から錆汁が滲出した（写真-3）。陰極の溶液内には大量の白色析出物（炭酸カルシウム）の沈殿が認められた。

約 2 週間の通電後、静的破碎剤を注入し、約 1.5 日後には劣化部分に沿って剥離及び貫通ひび割れの発生が認められた。3 日後には解体領域のほぼ全域にわたって、かぶりコンクリート部分の剥離が確認された（写真-4）。剥離した境界面は通電によって生じた錆層（錆汁が浸透する層）にそって発生していることが確認された。剥離した部分を小型バール等により撤去した後、露出した鉄筋を観察した結果、陰極板設置位置直下の鉄筋はほぼ全面にわたって腐食しており、D10 の鉄筋が最大で直径 7mm まで腐食していることが確認された。また、通電の影響範囲（鉄筋が腐食している部分）は陰極板の端から約 3cm 程度外側までであり、破碎剤によるひび割れも外周部の切削により、解体領域内に抑制された。

かぶりコンクリートを撤去した後（写真-5），露出した鉄筋を切断して無筋コンクリート状になった部分を、静的破碎剤及びハンマー・小型ピックなどの軽打撃を利用してブロック状に撤去した（写真-6）。

4.3 考察

本実証実験により、本工法による鉄筋コンクリート壁の静的な開口解体が基本的に可能であることが確認できた。作業期間を通じてある程度の騒音・振動・粉塵が発生した作業は、①解体領域外周部の小型コンクリートカッターによる切削作業時の騒音と粉塵、②陽極及び静的破碎剤注入孔の削孔時の騒音、振動、粉塵、及び③鉄筋切断後の最終的な開口部設置時のハンマー・小型ピックなどによる騒音・振動であった。しかし、騒音は非常に軽微なものであり、粉塵については集塵カッター、集塵ドリルを使用することにより防止できる。また、振動についても無振動ドリル等を使用すればある程度低減が

可能である。いずれにしても、ブレーカー等を使用する研り作業に比べて非常に軽微なものであった。

作業期間については、通電期間を除けばブレーカー等による研り作業と大差はなかった。通電中はメンテナンスフリーであるので、全体工程の調整により通電期間は確保できると思われる。今回は通電期間を 2 週間としたが、壁面の

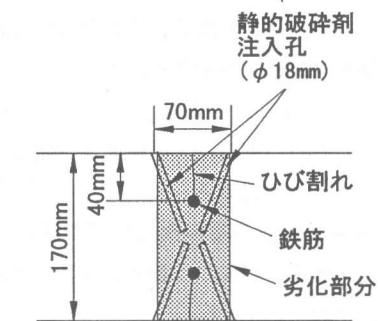
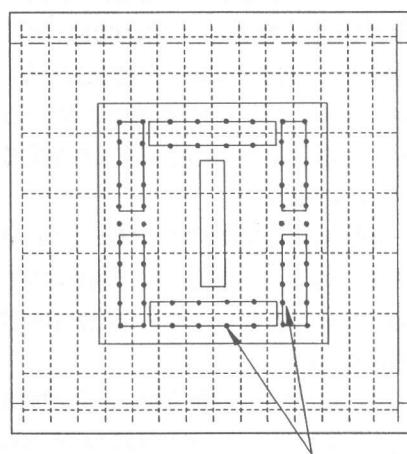


図-10 静的破碎剤注入位置

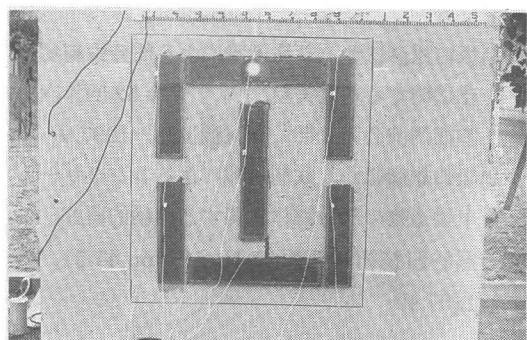


写真-2 通電状況

劣化状況より 1 週間程度の通電でも所定の効果が得られたと判断できる。

5. まとめ

以上、鉄筋通電と静的破碎剤の併用による RC 壁の部分解体工法について基礎実験及び実構造物への適用実験を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- ①コンクリート強度は積算電流量に対応して低減する傾向が認められ、今回実施した円柱試験体では、最大 50%程度まで低減した。
 - ②鉄筋とコンクリートの付着力は通電（242～638Ah/m²）により、1/10 以下に低減することが認められた。
 - ③かぶりが 4cm 程度以下であれば、1.0A/m² の通電により、3～5 日程度でひび割れが発生し、さらに 2 日間通電を継続するとかぶり部が剥離に至った。
 - ④鉄筋とコンクリート表面間に 1～2 週間程度通電することにより、設定領域の部材の強度低下、鉄筋付着力低下、ひび割れ発生等の劣化現象を促進・誘発することが可能である。
 - ⑤静的破碎剤により発生するコンクリートのひび割れ及び剥離は、通電により発生する錆層に沿って発現する。
 - ⑥鉄筋通電と静的破碎剤の併用工法によって騒音・振動・粉塵が、従来工法に比べ大幅に低減可能である。
- 今後、種々の配筋状況、壁体表面状況に対応したデータ取得を進める予定である。

参考文献

- 1)坂口雄彦ほか：鉄筋通電による部分強制劣化に関する基礎実験、土木学会第 52 回年次学術講演会第 6 部、pp.482-483、1997.9
- 2)坂口雄彦ほか：鉄筋通電によるコンクリート構造物の部分解体に関する実験的研究、熊谷組技術研究報告 No.56、pp.45-51、1997.10

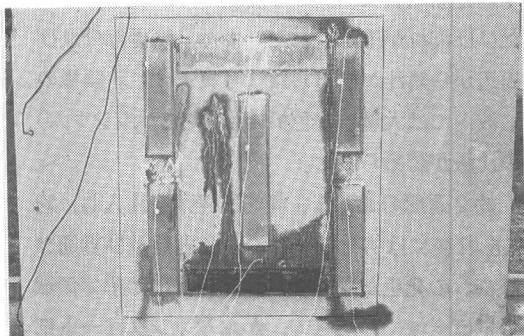


写真-3 劣化状況

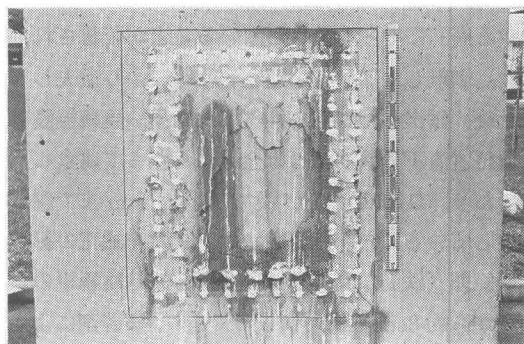


写真-4 静的破碎剤による破碎状況

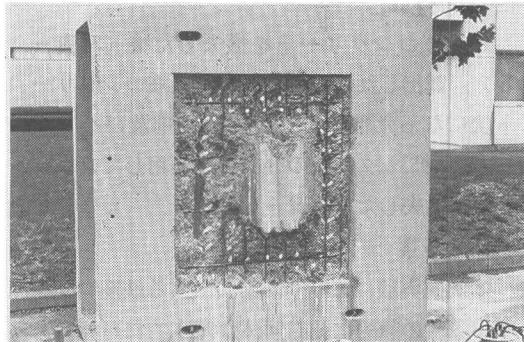


写真-5 かぶりコンクリート除去状況



写真-6 開口部設置状況