

報告

[1166] 鉄筋の直接通電加熱によるRC戸境壁の開口部形成解体工法の開発

正会員 ○中川和平 (前田建設工業 原子力部)

正会員 菅原甫韜 (前田建設工業 建築設備部)

松波宏和 (前田建設工業 原子力部)

正会員 笠井芳夫 (日本大学 生産工学部)

1. はじめに

近年、鉄筋コンクリート造建築物の模様替え等のニーズから、低騒音、低振動のコンクリート壁の解体工法が求められている。特に、鉄筋コンクリート造集合住宅の戸境壁の開口部形成の解体を行う場合、同棟に居住者のいる室内での工事であるから、騒音、振動及び粉塵の少ない工法の開発が必要である。これらの低減に対して有効な直接通電加熱工法(コンクリート中の鉄筋に、低電圧、大電流の電気を流して高温度に加熱し、コンクリート中にひびわれを発生させてコンクリートの解体を容易にする方法¹⁾)を戸境壁の解体に適用するための開発実験(基礎実験、確認実験)を行い、実際の戸境壁解体工事における施工実験によりその適用性を確認した。

2. 確認実験

2. 1 実験の目的

これまでに行った基礎実験²⁾により、鉄筋径9mmφの場合、かぶり厚が4cmまでは通電加熱後、鉄筋の引剥しにより表層コンクリートの解体が可能であることを確認している。そこで今回は、かぶり厚のさらに大きいシングル配筋の戸境壁を想定して、通電による発生ひびわれのパターンの把握と通電加熱後の面外加力による二次破碎を行い、その方法の検討を行った。

2. 2 実験の方法

実験の方法とその手順は、次のとおりとした。

①解体部の墨出し、②鉄筋位置の墨出し、③通電鉄筋の両端部表面をコアボーリングにより露出、④電極端子取付け部の鉄筋表面の研磨、⑤複数本の鉄筋を同時通電、⑥解体境界部をディスクサンダーを用いて深さ25mmまで切目を入れる、⑦二次破碎(油圧ジャッキによる壁の面外加力)。

(1) 試験体と使用材料

試験体は、一般的な集合住宅の戸境壁を模擬し、壁厚は12cm、鉄筋は丸鋼9mmφシングル配筋@200mm(縦筋、横筋とも)、かぶり厚は51mmとした。図-1に示す試験体を製作し、その試験体に扉の開口寸法に相当する0.85m×2.10mの開口部を2箇所設けるものとした。

使用したコンクリートは、早強ポルトランドセメントコンクリートで、呼び強度240kgf/cm²(温度補正30kgf/cm²)、粗骨材最大寸法25mm、スランプ値15cmである。コンクリートの平均圧縮強度の試験結果(試験方法はJIS A 1108による)は、材令1週で234kgf/cm²、4週(実験日)で304kgf/cm²であった。

(2) 通電装置と通電加熱の方法

コントローラ、加熱用トランス及び操作盤等の通電装置は、連壁立坑シールド口形成解体用のもの¹⁾を使用した。加熱用トランスの出力は、周波数400Hzで、单相3回路、定格電圧50V、定格電流1150Aである。開口部の中のすべての鉄筋に通電するものとし、まず各鉄筋の両端部をコアボーリング(深さ50~60mm 鉄筋面まで 図-1 試験体A 詳細図参照)により露出させ、鉄筋の表面を

ワイヤブラシを用いて研磨して、電極端子を取り付ける。次に、発電機（容量175kVA）より、コントローラ、トランス、電極端子を介して、電流値を350 A～400 Aに設定して通電を行う。

（3）壁の面外加力の方法

通電の完了した試験体の表裏両面より、ディスクサンダー（径100mmφ）を用いて解体境界線に沿って深さ25mmの切目を入れ、コンクリートの残存部の厚さを70mm程度とした（図-1 試験体A詳細図参照）。その後15cm角の載荷板を当て、30 t油圧ジャッキを用いて加力解体を行う。加力値は、ロードセルにより測定する。

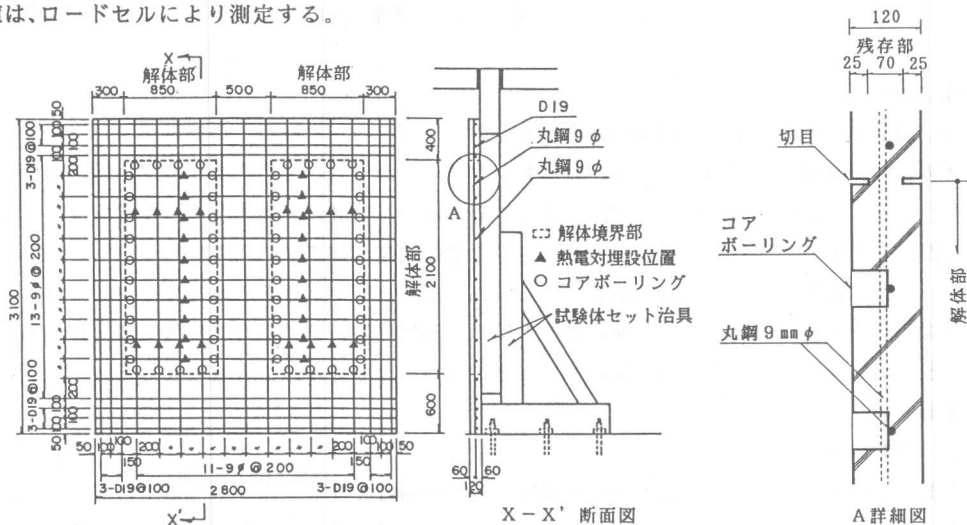


図-1 試験体図

2. 3 実験の結果と考察

（1）通電鉄筋端部の露出

コアボーリング（径50mmφ）1箇所所要時間は、3～4分程度で、作業は短時間で終了した。

（2）通電加熱

横筋9本及び縦筋4本をそれぞれ一組として通電加熱を行った。横筋を通電するときは3相の二次側ケーブルからそれぞれ鉄筋3本に、縦筋を通電するときは2相のケーブルからそれぞれ鉄筋2本に分岐した。

この結果得られた横筋通電のデータを図-2に示す。通電開始時は、トランス出力部で1相当り電流値950 A、電圧値19Vに設定した（鉄筋1本当たり電流値は約315 A）。鉄筋の温度上昇によるインピーダンスの増加に伴い、わずかずであるが電流値は減少し、また電圧値は増加する。鉄筋温度は、通電開始後35分で400℃に達した。

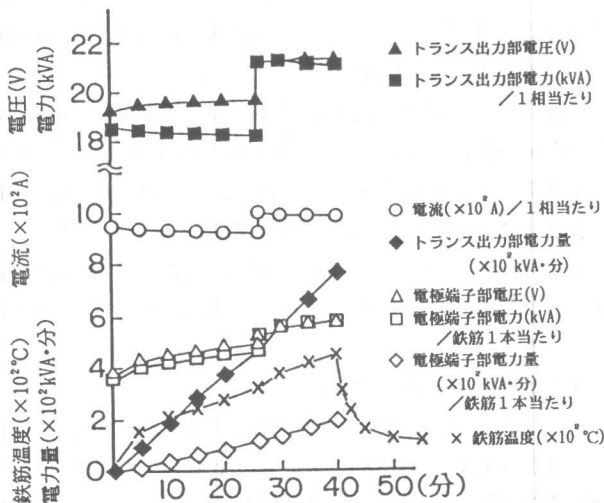


図-2 通電時間-鉄筋温度-電流-電圧図

(3) 通電加熱によるひびわれの発生状況

ひびわれは、通電開始後6～7分で発生しはじめ、このときの通電鉄筋の温度は約200℃であった。このひびわれは通電の継続とともに次第に伸展する。図-3に通電完了後のひびわれを示す。

内部ひびわれについては、加力による解体時、鉄筋間を結ぶ面で層状に壊れ、鉄筋間を結ぶ方向のひびわれが発生していたことが確認された(写真-1参照)。

(4) 加力による二次破碎

通電完了後の解体部を二次破碎するために、油圧ジャッキを用いて試験体の壁面を面外方向に加力した。

最初に、解体部の中央点を加力した。加力4tに達した時点で加力点から45°方向に4本のひびわれが発生し、通電によるひびわれと連結しながら伸展する。加力が5～6tに達すると新たな箇所からもひびわれが発生し、さらに加力を続けると、最終的に9.4tでパンチングによりコンクリートが破壊した。

次に、解体開口部の下端より1/4の点を加力した。加力4～5tの時点でひびわれが入り始め、これも45°方向あるいは通電筋に沿う方向に伸びる。次第にひびわれ幅が大きくなり、8.9tでやはりパンチングで破壊した。図-4及び写真-2に、以上2回の加力によるひびわれ発生状況を示す。

このように加力点を変えて(0.85m×2.0mの扉寸法の開口解体では上部・中央部・下部の3箇所)荷重を加え、解体部全域にひびわれを発生させた後、大ハンマーで数回打撃を加えることで解体が可能であった。この解体片は、通電によるひびわれ(鉄筋に沿うひびわれ及び鉄筋間を結ぶひびわれ)と加力によるひびわれにより、10～20cmの小片となり、さらに小割りすることなく室外への搬出が容易な大きさになった。

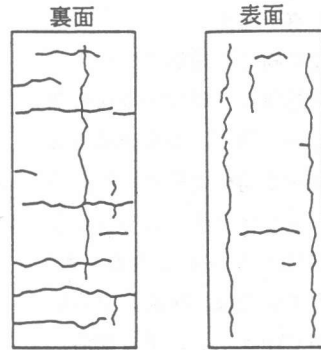


図-3 通電によるひびわれ図

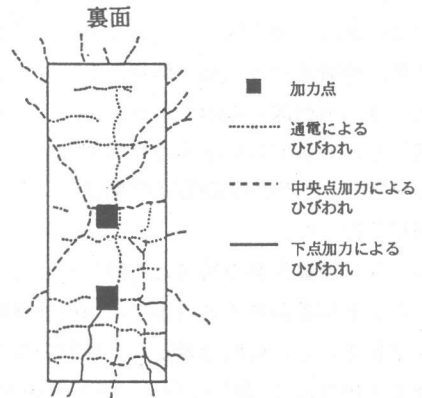


図-4 加力後のひびわれ図



写真-1 鉄筋間ひびわれの確認



写真-2 加力によるひびわれ発生状況

3. 施工実験

3. 1 実験の目的

前述の確認実験により、通电加熱後に壁体を面外に加力する二次破碎の方法の実用性が確認された。この方法を用いて、既存の建築物の壁を実際に解体し施工性の検討を行う。同時に他工法による解体を行い、本工法との比較、検討を行う。

3. 2 実験の方法

(1) 工事の概要

対象建築物は、鉄筋コンクリート造、平屋建て、昭和50年代初期に築造された団地内の集会場である。解体する間仕切壁は、壁厚13cm（モルタル仕上代1cmを含む）、解体総面積は19.24 m^2 である。また解体壁中の鉄筋は、事前調査の結果、丸鋼9mm ϕ 、シングル配筋、縦筋@200mm横筋@250mmであった。

(2) 解体の方法と測定項目

この施工実験では、他工法との比較、検討を行うため、解体部を図-5（平面図）に示すように区割りし、それぞれに示す方法で解体を行い、作業能率調査及び騒音測定を行った。

3. 3 通电作業の結果と考察

パンチ型電極端子と連壁立坑用の挟み型電極端子とを分岐ケーブルで連結し、横筋9本、縦筋4本をそれぞれ同時通电した。鉄筋の温度上昇を400 $^{\circ}\text{C}$ 以上とするため、通电条件はトランス出力部で1相当たり1000A、18V、通电時間を40分とした（鉄筋1本当たり約300A）。

躯体コンクリート（12cm）にモルタル仕上げ（1cm）が施してあり、ひびわれが仕上表面で観察されたのはわずかであったが、仕上モルタルの躯体からの完全な剥離が認められた。

3. 4 解体作業の結果と考察

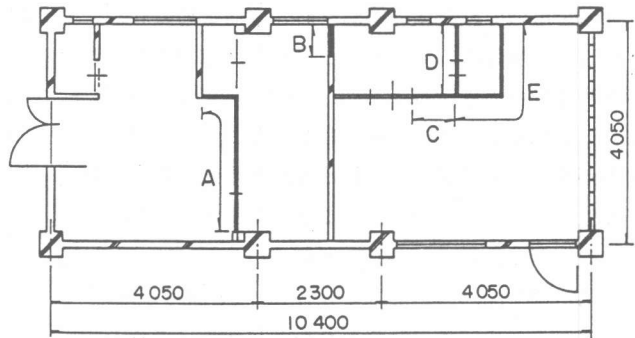
解体作業は、斫解体工2名及び土工1名の計3名で行った。解体境界線に沿って見切りのためにサンダーを用いて浅い切目を入れ、最後にチップパー又は手斫りで仕上げ整形を行った。

各工法ごとの解体作業の状況は次のとおりである。なお、以下の記述で、全解体作業時間とは、墨出しからガラ搬出片付けまでとする（各工法による解体実績を表-1に、各作業の騒音測定結果を表-2に示す）。

(1) ハンドブレーカによる解体

A壁（4.50 m^2 ）：ハンドブレーカ（CB20）を1台使用して解体作業を行った。全解体作業時間345分（0.78 m^2 /時）のうち、ハンドブレーカによる破碎時間は85分（準備作業を含めると115分）、チップパーによる仕上げ整形時間は40分、鉄筋切除は30分であった。

E壁（6.08 m^2 ）：ハンドブレーカ（CB20）を2台使用して解体作業を行った。全解体作業時間は



- A壁、E壁：ハンドブレーカによる解体（無通电）
- B壁：通电後、油圧ジャッキによる加力解体
- C壁：通电後、ハンドクラッシャーによる解体
- D壁：ハンドクラッシャーによる解体（無通电）

図-5 解体間仕切壁平面図

230分(0.79m²/台・時)

で、ブレーカによる
破砕時間は40分、仕
上げ整形時間は30分、
鉄筋切除は40分であ
った。

騒音測定の結果、
音源から1mの距離で
115dB、室外で扉を閉
めた状態（音源から
5m）でも100dBを超
え、不快感が強い。
そしてブレーカ使用
中、この解体音は継
続するので、騒音問
題を引き起こす要因
となると思われる。
また、粉塵量は非常
に多く、室内は白く
霞んだ状態となる。

(2) ハンドクラッシャーによる解体

D壁(2.28m²): ハンドクラッシャーを1台使用し
破砕を行った。全解体作業時間285分(0.48m²/時)の
うち、準備作業を含めハンドクラッシャーによる破
砕時間は180分(破砕のみ120分)であった。発生音
は最高90dB(音源から1m地点)であったが、これは
解体片の落下による音で、実際の解体音はほとん
どない。また、粉塵量はかなり多い。

(3) 通電後ハンドクラッシャーによる解体

C壁(2.34m²): 通電加熱を行ったあと、ハンドク
ラッシャーを1台使用し破砕を行った。全解体作業
時間680分(0.21m²/時)のうち、準備作業を含めた
ハンドクラッシャーによる破砕時間は160分(破砕の
み90分)であり、前述のD壁と比較すると、破砕の
みの時間では3/4に短縮される。作業にあたった斫解
体工の判断では、コンクリートがかなり脆くなって
おり、無通電のD壁に比べて壊し易く作業性が良い。
しかし、通電作業時間435分が付加されるため、全解
体作業時間は、D壁の約2.5倍となる。発生音はD壁
と同程度であるが、粉塵の発生量は比較的少ない。

表-1 工法別の作業時間

(単位:分)

作業		工法	使用機器	通電後ジ ャッキ加力	通電後ハ ンドクラッ シャー	ハンドクラッ シャー(*1)	ハンドブ レーカ
境界部	準備	足場、エアホース		10~25			
切目入れ	切断	エアハンダー(200φ)、コンプレッサー		3.8~4.3/m			
コア抜き		ダイヤモンドコアドリル		3.1~3.8/箇所	-	-	-
鉄筋切断、頭出し 研磨		ガス切断、 ハンダー、ワイヤカッター		1.4~1.7/本	-	-	-
通電加熱	準備	ケーブル配線接続		40~115	-	-	-
	通電	発電機、通電装置		37.0~40.0/回	-	-	-
	盛替	電極端子		2.1~2.7/箇所	-	-	-
ジャッキに よる解体	準備	架台		60	-	-	-
	加力	油圧ジャッキ、反力治具		10.0/回	-	-	-
	盛替			15.0/回	-	-	-
ハンドクラ ッシャーに よる解体	準備			-	60~70	-	-
	解体	発電機、クラッシャー		-	38.5/m ²	52.6/m ²	-
鉄筋切除		ガス切断		-	-	0.8/本	-
ハンドブ レーカに よる解体	準備	ハンマドリル、アンカー、足場		-	-	-	30
	解体	ブレーカ(CB20)、エアコンプレッサー		-	-	-	18.9/m ²
仕上、整形		チャッカー、コンプレッサー		4.9~5.8/m			
ガラ搬出片付け		ビニール袋詰め		107.1~156.3/m ³			

(*1) ハンドクラッシャー解体に先立って行う、コアボーリング等による30cm×50cm程度の壁を貫通する穴明け作業は、今回のデータには含まれていない。

表-2 作業別騒音測定結果

(単位: dB (レベルA))

作業 特記外は(屋内)	音源より 1m位置	屋外入口よ り1m(*1)
発電機 [屋外] (防音型185kVA)	78	
コンプレッサー [屋外]	77~75	
エアハンダー	112(88*2)	87(61*2)
ハンドブレーカ	115(90*3)	100(75*3)
電動ピック	106~71	89~53
トランス	76~67	
コアボーリング	94~72	70~62
ガス	93~81	66~56
電気ドリル	97~70	
アンカー打ち	90~70	
油圧ハンドクラ ッシャー	90~62 (*4)	

(*1) 音源より5m位置

(*2) エアホースと掃除機の騒音

(*3) エアホースの騒音

(*4) 80dB以上の騒音は解体コンクリート片の落下音

(4) 通電後油圧ジャッキによる加力破碎

B壁 (1.80m²) : 通電加熱を行ったあと、油圧ジャッキを用いて加力破碎を行い、扉1枚分の大きさ (0.9m×2.0m) の開口を形成する。

通電完了後、エアースランダー (径200mmφ) を使用して両面より深さ40~50mmの切目を入れてコンクリート残存部の厚さを30mm程度とした。さらに母体の損傷を防ぐため、加力裏面側より解体境界線の外周部に沿って補強を施した。

まず油圧ジャッキにより、解体中央部に加力を行った。5.0tで新たなひびわれが入りはじめ、さらに荷重を9.2tまで加え続けたところ、ひびわれは伸展してその幅は広がるが破壊落下には至らなかった。次に、解体上部 (上端より1/4点) を加力した。3.9tで新たなひびわれが入り始め、さらに荷重を加え続けると、ひびわれ幅は急激に広がり、7.1tで大きな1枚の板状に壊れた。解体片を廃棄処分するためには小割りが必要だが、大ハンマーによる打撃を軽く4~5回加えると、通電によるひびわれ及び加力によるひびわれにより、10~15cm程度の解体片になり、小割りをする必要はなかった。

通電作業時間 (鉄筋探査から通電後の片付けまで) は460分、油圧ジャッキによる加力破碎時間は準備時間も含めて300分、全解体作業時間は785分 (0.14m²/時) と、在来工法に比較し所要時間ははるかに多くかかる。しかし、通電及び加力解体時の発生音は皆無に近く (暗騒音レベル)、準備作業のコアボーリング及び切目を入れる時のサンダーの音が気になる程度である。また粉塵量も僅少であり、他工法に比較すると、騒音問題並びに作業環境に関しては優れている。

4. まとめ

(1) 通電加熱後の二次破碎については、丸鋼鉄筋9mmφシングル配筋でコンクリートのかぶり厚が小さい場合 (4cm以下) は鉄筋の引剥しによる解体²⁾、またかぶり厚が大きい場合 (5cm以上) は油圧ジャッキによる壁の面外加力が実用的であることがわかった。

(2) 通電加熱後油圧ジャッキ加力による破碎の方法は、室内での戸境壁開口形成解体の工法として充分実用的であることが確認された。すなわち、騒音、振動及び粉塵の問題はほぼ解消される。また、二次破碎作業の能率が良く、解体片が小割りになりガラ搬出が容易である。ただし、全作業時間は他の工法に比較して長くなる。

(3) 通電加熱後ハンドクラッシャーによる破碎の方法は、ジャッキ加力による破碎に比べて、二次破碎作業の能率は良いが、破碎時の粉塵と騒音に問題が残る。状況によっては、戸境壁の開口形成解体に適用できる。

(4) 今回の施工実験においては、連壁立坑用の通電装置を流用したため、装置の搬出入及び設置が大変困難であった。今後とも工事の需要は、狭い敷地における集合住宅などであることが予想され、しかも高層階での施工も十分考えられることから、小型軽量の通電装置が必要である。

[参考文献]

- 1) 笠井・中川・西多・菅原：鉄筋の直接通電加熱工法による連壁立坑開口部解体、コンクリート工学年次論文報告集10-2、1988、No.1025.
- 2) 笠井・中川・西多他：鉄筋の通電加熱による表層コンクリートの剥離実験—その4 RC薄壁の通電・剥離解体基礎実験、日本建築学会大会学術梗概集、昭和62年10月、No.1161.