

[229] 鉄筋の直接通電加熱による半円筒状 RC 壁の表層剝離解体実験

正会員 笠井 芳夫 (日本大学 生産工学部)  
 正会員 ○中川 和平 (前田建設工業原子力部)  
 正会員 西多 致 (前田建設工業原子力部)  
 正会員 菅原 甫 勲 (前田建設工業原子力部)

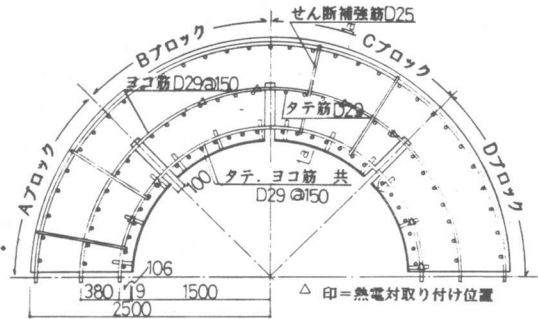
1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の鉄筋に直接、電気を流して加熱し、内部ひびわれを発生させることにより、RC構造物の表層剝離解体作業を著しく容易にすることができる。前々回<sup>1)</sup>は、表層剝離に関する基礎実験を縮尺モデルで行った。また前回<sup>2)</sup>は、表層剝離に関する実証実験を平板状の実物寸法モデルで行った。今回は、半円筒状の試験体について実験研究を行った。この実験では、せん断補強筋の有無による剝離性及び発生粉塵量の把握を主題とした。なお、この実験では、粉塵を次のように分類した。CP Sハイボリューム法により捕集 (光散乱法でも一部捕集) された粉塵を浮遊粉塵、落下粉塵と解体破片中の微粒粉塵 (53 $\mu$ m以下) を沈降粉塵、53 $\mu$ m以上を解体破片とした。

2. 実験方法

2.1 試験体

試験体は、小型原子炉生体遮蔽壁の一部を想定した半円筒状の壁である。切溝の形成作業は省略して、試験体の製作時点で切溝をブロックアウトしてある。切溝によって試験体をA、B、C、Dの4ブロックに分け、A、Cの2ブロックにはせん断補強筋を配置し、残りの2ブロックにはせん断補強筋は無い。図-1~図-2に試験体の形状・配筋要領等を示す。鉄筋は、SD35、D25とD29のJIS規格品を使用した。使用したコンクリートの調合表を表-1に示す。



2.2 通電加熱方法

鉄筋への電気の入力は、以下の方法で行った。発電機より誘導電圧調整器・変圧器を介して、押し出し機構を設けた接触電極を切溝中の露出した鉄筋に接触させて、電流を流して加熱した。通電加熱は図-3に示す①、②、③の鉄筋に行った。①と②は、b、cの溝の鉄筋を切断して両端無拘束として、1層目の鉄筋を通電した。③は、溝の鉄筋を切断せず両端拘束として、2層目の鉄筋を通電した。

鉄筋の通電管理は、通電時間で行うために、①、②及び③の鉄筋長と同じ、キャリアレーション用の試験体を別途に作り、電流値3000A (一定) で鉄筋温度 400℃に達するまでの時間を計り、通電時間とした。

2.3 鉄筋温度測定

鉄筋の表層温度を測定するために、CA (クロメル・アルメル) 熱電対を鉄筋に穴を明けて埋設した。通電中、磁界の影響を防止するために、シールドボックス中に温度記録計を置き、経時記録した。

2.4 ひびわれ測定

通電加熱中に発生した試験体の天端と側面及び溝内のひびわれを目視により観察し、写真とビデオにより記録した。

2.5 表層剝離方法

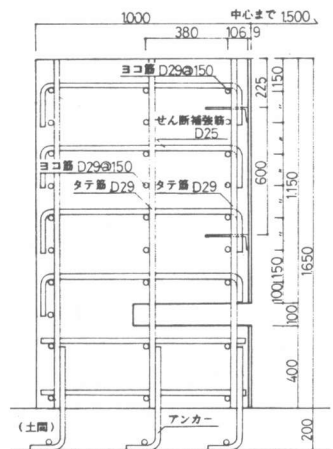


図-2 配筋図 (a-a断面)

剥離位置は図-3に示す7ブロックに分け、通電加熱後1層目の鉄筋または2層目の鉄筋に沿って、ジャイアントブレーカの楔を打撃挿入して、表層コンクリートを剥離した。剥離作業時間及びブレーカの打撃回数を計測した。このブレーカの打撃力は約40tである。なお、Dブロックの2層目の剥離は、粉塵データの比較検討のために新工1名によるハンドブレーカで行った。

### 2.6 解体粉塵と解体片の測定方法

剥離解体作業中に発生する解体粉塵を測定するために壁、天井をビニールシートで覆い、床はエポキシライニングで仕上げた気密ハウスを実験室内に設けた。また、オイルミストを防止するために、バックホーを気密ハウス外に置き、気密ハウス内に入れたアーム及びブレーカをビニールシートで覆った。

浮遊粉塵の採取方法は、CPSハイボリューム法及び光散乱法とした。前者の装置及び吸引ノズルは、剥離解体部位ごとに移動し、後者については、固定して計測した。図-4に計測要領を示す。

計測時間は、剥離後の気密ハウス内浮遊粉塵濃度が剥離開始前の濃度に戻るまでとした。気密ハウス内の浮遊粉塵濃度が剥離開始前の濃度に戻った時点で、気密ハウス内に入り、微小粒子については吸引装置で捕集した。小さい剥離片は、ビニール袋に採集後、粒径、重量の計測を行ない、巨大剥離片については、表面に付着している微小粒子を捕集した後、寸法重量の計測を行った。表-2に測定機器と測定方法を示す。

## 3. 実験結果

### 3.1 コンクリートの試験

試験体に使用したコンクリートの試験結果を表-3に示す。

### 3.2 通電加熱

キャリブレーション試験体では、電流値を3000A一定にして、通電した結果、400℃に達する通電時間は①の長さに対して4分、②、③の長さに対して4分30秒であった。実際の試験体では、400℃に達するまでには5～6分かかった。この差は、試験体とキャリブレーション試験体の容量の違いによるコンクリート温度差で生じたためである。この結果、通電加熱管理は電流値3000A一定、通電時間6分で行った。③(C-Dブロック)の7本の鉄筋の通電時間と鉄筋温度の状況を図-5に、通電時間と電流・電圧・積算電力量の関係を図-6に示す。

### 3.3 コンクリートのひびわれ

通電による天端のひびわれ状況を図-7に示し、ひびわれ観察結果を以下に示す。

(1) ①(Aブロック)：試験体の天端のひびわれは、鋼板型枠に沿って入った。また側面では、通電鉄筋間のひびわれのほかに鉄筋の伸び押し出しにより、鉄筋に対して放射状のひびわれが発生した。

表-1 コンクリート調査表

呼び強度 kg/cm <sup>2</sup>	粗骨材寸法 mm	スランブ cm	空気量 %	W/C	S/a	位置				
						水	セメント	細骨材	粗骨材	
240	25	12	4	53.0	44.3	157	297	813	1,035	0.743

表-2 測定機器と測定方法

測定項目	測定方法	装置型式	備考
浮遊粉塵	質量	光散乱法	栗田化学器械 AP-637型 吸引量：30ℓ/min 瞬時値(アナログ式) 平均値(デジタル式) }併用
		ハイボリュームサンプラー法	記本電子 121A型 吸引量：600ℓ/min
	粒径	C.P.S.サンプラー法	記本電子 600ℓ/min時 1.6~18μm(4段階)
		標準器法	—
沈降粉塵	光透過法	島津製作所 SA-CP2-20	53μm未満
	粒径	JIS A 1102	JIS Z 8801繰るい 100, 50, 25, 20, 15, 10, 5 μm

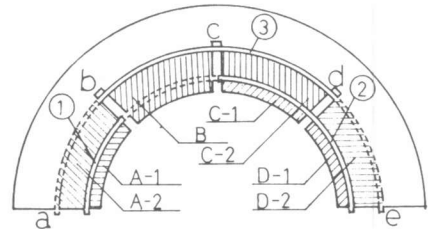


図-3 通電、剥離要領図

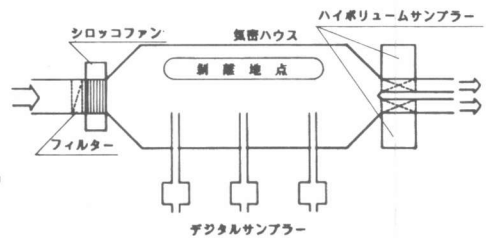


図-4 計測要領図

表-3 コンクリート試験結果

養生 材令	水中		気中	試験要領
	28日	35日	35日	
平均圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	305	325	213	JIS A 1108
平均引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	—	—	22.5	JIS A 1113 (割裂試験)
平均含水率 (%)	—	—	4.7	重量法(セメント協会)

(2) ② (C-Dブロック) : せん断筋のあるCブロックのひびわれは、溝内の通電鉄筋間に発生したが、天端では鉄筋は無拘束である左側に一部発生したのみである。しかし、せん断筋の無いDブロックでは、天端のひびわれは鉄筋位置に沿って発生した。溝内では、上端より下端まで鉄筋に沿って直線状に発生した。また側面のひびわれは、①の発生状況と同じである。

(3) ③ (B-Cブロック) : Bブロック、Cブロック共に天端及び溝内のひびわれは通電鉄筋に沿って発生し、この部位の通電鉄筋は両端拘束であるために、ひびわれ幅は①②より大きかった。せん断補強筋が無いBブロックのひびわれ幅は、せん断補強筋があるCブロックより大きく、最大11mmとなった。通電終了後もひびわれ幅は狭くならず、通電中に表層コンクリートが自然剥離する状況となった。

### 3.4 表層剥離

表-4にジャイアントブレーカとハンドブレーカによる剥離所要時間及びジャイアントブレーカの打撃回数を示す。せん断補強筋の無いブロックでは、ひびわれの最も大きいBブロックが0.3分、次に大きいD-1ブロックが1分で容易に板状剥離した。しかし、せん断補強筋の有るブロックでは、通電有と通電無のケース共にせん断補強筋を残して剥離した。この場合、2層目の剥離を比較すると通電無のA-2ブロックの剥離時間は、通電有のC-2ブロックの剥離時間の約2.5倍となっている。剥離に最も時間を要したハンドブレーカによるD-2ブロックの剥離時間は通電が無く、せん断補強筋があるA-2ブロックの約2倍であった。

### 3.5 解体粉塵と解体片

#### (1) 浮遊粉塵

CPSハイボリウム法によって、捕集した粉塵と光散乱法により捕集した粉塵を合計したものを浮遊粉塵とした。この場合、光散乱法により捕集した粉塵量は、気密ハウス内浮遊粉塵濃度の経時変化図から積算法で求めた。剥離によって発生した浮遊粉塵量は、せん断補強筋の有無、通電の有無、剥離部位(1層又は2層)、剥離方法(ジャイアントブレーカ又はハンドブレーカ)等の条件によって、大きな差が認められた。剥離容積当りの粉塵量( $g/m^3$ )で比較すると、最も発生量の多いD-2ブロック(ハンドブレーカ)の粉塵量は、Bブロックの約85倍となった。A-2ブロック(通電無)の粉塵量は、C-2ブロック(通電有)の2倍となった。発生浮遊粉塵量を図-8に示す。

#### (2) 浮遊粉塵濃度の経時変化

光散乱法による浮遊粉塵濃度測定結果を図-9に示す。同図より、粉塵のパターンは次の3通りに大別される。

①パターンI : A-2、D-2ブロック

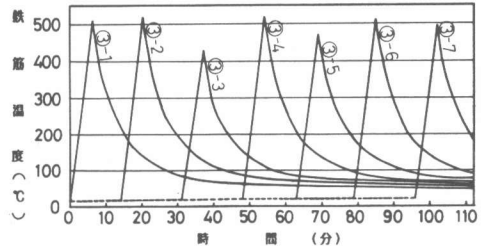


図-5 通電時間-鉄筋温度図

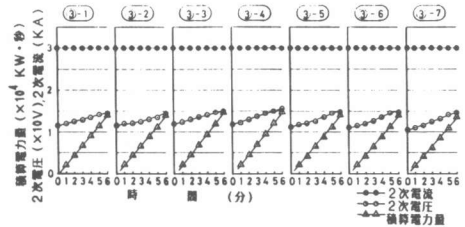


図-6 通電時間-電流-電圧-積算電力図

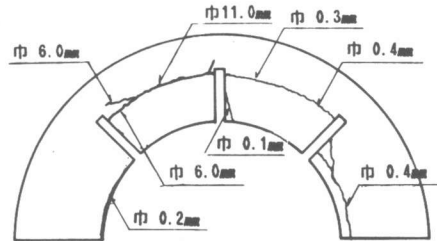


図-7 ひびわれ状況図

表-4 剥離時間と打撃回数

ブロック名	剥離方法	通電有無	剪断補強筋有無	剥離時間(分)	打撃回数(回)
A-1	ジャイアントブレーカ	有	有	7	1084
A-2		無	有	25	4290
B		有	無	0.3	21
C-1		有	有	12	1201
C-2	有	有	10	2510	
D-1	ハンドブレーカ	有	無	1	99
D-2		無	無	53	—

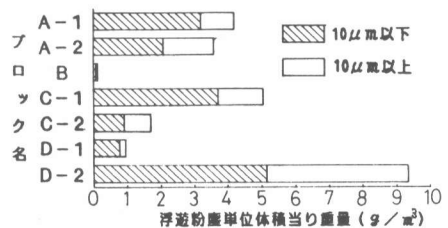


図-8 浮遊粉塵単位体積当り重量比較

両ブロック共、通電の無いケースの剥離である。剥離開始と共に、浮遊粉塵濃度は急激に増加し、 $6\text{ mg}/\text{m}^3$ 程度に達するが、剥離が終了すると急速に減少する。

②パターンⅡ：A-1、C-1、C-2ブロック

3ブロック共、通電、せん断補強筋が共に有るケースの剥離である。粉塵濃度は、 $3\text{ mg}/\text{m}^3$ 程度に達した後、パターンⅠに比べてゆるやかに濃度が減衰している。

③パターンⅢ：B、D-1ブロック

両ブロック共、通電は有るがせん断補強筋が無いケースの剥離である。剥離時間は、短時間（1分以内）で終了したために、濃度は極めて低い。また、剥離終了後の濃度減衰速度も極めてゆるやかである。

### (3) 沈降粉塵量

光透過法による $53\mu\text{m}$ 以下の粉塵の測定結果を図-10に示す。この発生量は、解体コンクリート量の0.01～0.10%の範囲にある。

### (4) 解体破片

解体破片の粒径分布図を図-11に示す。せん断補強筋の無い、BブロックとD-1ブロックはひびわれに沿って鉄筋を含め板状に剥離したため、解体破片は非常に少なかった。他のブロックの解体破片の粒径分布は、ほぼ似た傾向を示している。

### 4. まとめ

今回の半円筒状試験体による実験によって以下に示す結論が得られた。

- (1) 通電加熱中に発生するひびわれは、通電鉄筋の両端を切断した場合より、切断しない場合のほうが良い。
- (2) 通電後の剥離性は、前回の実験結果と同様にせん断補強筋の無い場合、非常に良いことが実証された。また、せん断補強筋の有る場合、無通電に比べて、通電すると1/2以下の剥離所要時間であった。
- (3) 通電後の解体による浮遊粉塵量は、せん断補強筋の無い場合、極めて少なく、またせん断補強筋の有る場合も、その発生量は無通電の場合の1/2であった。
- (4) 通電した解体コンクリート片の大半は塊状ないしは板状であり、微細片の量は少なかった。このことは、解体物のみかけ容積が小さく、廃棄物処理に対して有利である。

今回の実験により、RC遮蔽壁の実物大、実仕様の表層コンクリート剥離解体への鉄筋直接通電加熱工法の適用可能性が実証された。今後遠隔化を含めた工法のシステム化のための開発研究を進めていきたい。謝辞：当実験に御指導戴いた日大理工学部川村雅恭教授と、実験に協力して戴いた大和合金機に謝意を表します。

[参考文献] 1) 笠井・秋山：鉄筋の通電加熱によるかぶりコンクリートの剥離解体実験、第5回コンクリート工学年次講演会講演論文、1983、2) 笠井・中川・西多・菅原：鉄筋の通電加熱による原子炉RC遮蔽の表層剥離解体実験、第7回コンクリート工学年次講演会講演論文、1985、3) 笠井・中川・秋山：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2、建築学会学術講演梗概集、昭和59年10月

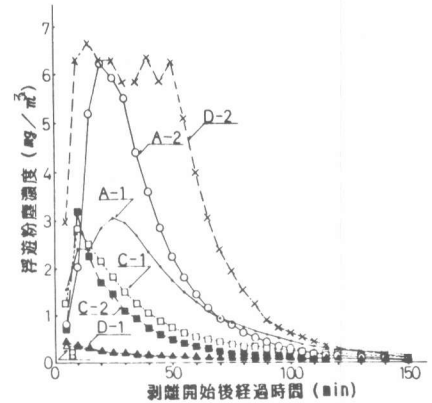


図-9 気密ハウス内浮遊粉塵濃度の経時変化

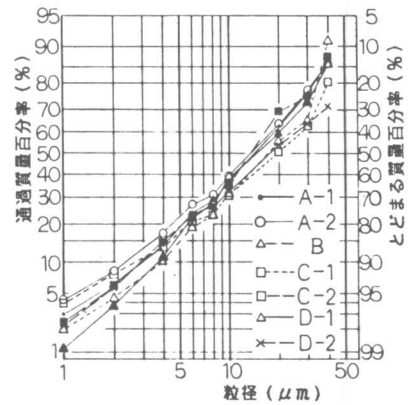


図-10 沈降粉塵 ( $53\mu\text{m}$ 以下) の粒径分布図

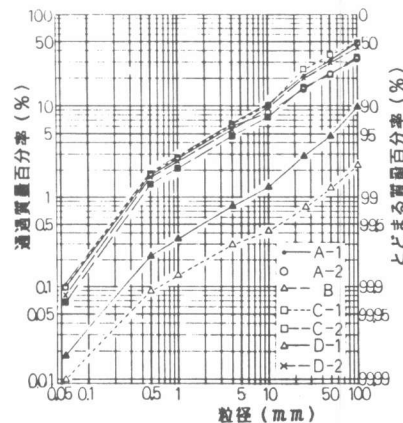


図-11 解体破片の粒径分布図