

[177] 鉄筋の通電加熱による原子炉 RC 遮蔽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)
 西 多 致 (前田建設工業原子力部)
 菅原 甫 毅 (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通電し、コンクリートの付着力を消滅させ、更に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可能である。前回、鉄筋の通電加熱によるRC構造物の表層剝離解体に関する基礎実験を縮尺モデルで行った。今回は原子力発電所の廃止措置に伴う原子炉建屋・生体遮蔽壁の放射化部の表層剝離を、図-1に示す解体フローで行うものと想定し、沸騰水型原子炉(BWR)の生体遮蔽壁の一部を模擬した実物寸法モデルについて実験研究を行った。過去の実験・研究から所定の条件で、通電鉄筋間に内部ひびわれが得られることを確認しているから、当実験では表層ブロックの剝離性に注目した。

2. 実験方法

放射化コンクリート解体作業は実際の場合、遠隔化によると予想される。当実験では鉄筋の通電加熱による表層剝離の実用性を調べるのが目的であるため、特に遠隔化とせず、手動の方法を採用した。実験の主なフローを図-2に示す。

2.1 供試体

供試体はBWRの生体遮蔽壁の内側配筋の2段目筋までを模擬し、実物は曲率壁面をもっているが当実験では平板化した。配筋のほか、鉄板型枠、セパレータ及び組立筋等は実構造物の標準的な仕様のとおりとした。図-3~4に供試体の形状及び配筋要領を示す。鉄筋はSD35 D-38 JIS規格品を使用した。コンクリートの調査表を表-1に示す。

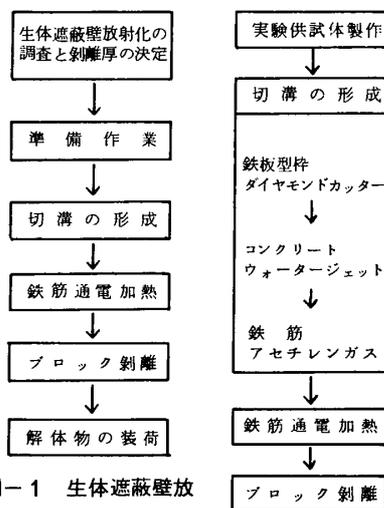


図-1 生体遮蔽壁放射化コンクリート剝離解体フロー

図-2 実験フロー

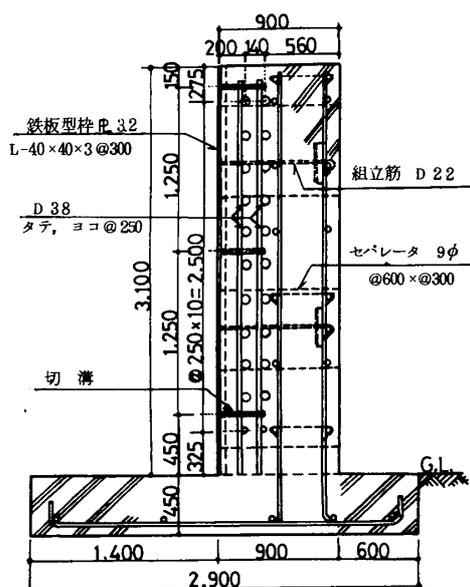


図-3 供試体断面図

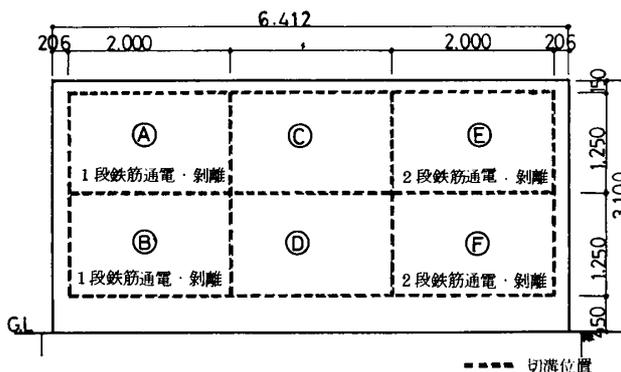


図-4 供試体正面図

表-1 コンクリート調査表

呼び強度 kg/cm ²	粗骨材 mm	スラン プ cm	空 気 量 %	W/C %	S/a %	単位量 kg/m ²				
						水	セメント	粗骨材	混和材	
240	25	12	4	57.5	44	174	303	814	1,020	0.758

2.2 切溝の形成

切溝の間隔（ブロックの大きさ）は、剥離したブロックの搬出及び処分を考慮して決めた。また、切溝の幅は通電用接触電極の挿入及びアチレンガスによる鉄筋の切断に必要な幅とした。切溝の配置を図-4に示す。切溝は以下の手順で形成した。1)ダイヤモンドカッターで深さ約50mmに鉄板型枠とこれに溶接されたリブアングルを切断した。切断は50mm間隔で二条に行った。ダイヤモンドカッターに使用したブレードは12インチと16インチである。モータは水冷式、200V、13馬力、である。

2)ハンマーと楔でダイヤモンドカッター切断条間の鉄板とアングル及びコンクリートを除去した。3)通電鉄筋までの削溝はウォータージェットで行った。2段目鉄筋位置で剥離の場合、アセチレンガスを用いて1段目の鉄筋を切断した。ウォータージェットのスイベルとガンを走行用ベースマシンに設置し、その走行速度は0.4~3.0m/minまで可変にした。また、深さ400mmまで削溝可能とするため、ベースマシンに押し機構を設けた。ウォータージェットの仕様を表-2に示す。

2.3 通電加熱方法

通電設備結線図を図-5に示す。接触電極は上記ベースマシンに設置し、その押し機構にて、切溝中の露出した鉄筋に接触させ、電流を流して加熱した。この通電加熱は、ブロックごとに上から順に横筋に行った。入力単相200Vとし、出力最大定格は5000A、25Vとした。

2.4 鉄筋温度

CA（クロメル・アルメル）熱電対を通電鉄筋に配置した。熱電対をドリルで明けた穴（0.2φ、深さ1.0mm）に挿入して、鉄筋の表層温度を測定した。この際シールドの中に温度記録計を置き、経時記録した。

2.5 供試体のひびわれ

鉄筋間のひびわれを観察するために、切溝形成後、A、Bブロックの両側の通電加熱部分を研った。また、供試体の天端のひびわれも目視により観察した。

2.6 剥離方法

通電加熱後、ジャイアントブレーカの楔をひびわれ面に沿って、打撃挿入して、コンクリートブロックを剥離した。A、Bブロックは1段目、E、Fブロックは2段目の層で剥離した。ブレーカの打撃力は70tである。剥離後のコンクリート面の精度を測定した。

2.7 解体コンクリートの粒度

解体コンクリートの寸法分布を測定した。

3. 実験結果

3.1 コンクリートの試験

供試体に使用したコンクリートの試験結果を表-3に示す。供試体の剥離側の表面に鉄板型枠が打ち込まれているので、解体時のモデル供試体のコンクリートの強

表-2 ウォータージェット概略仕様

装置名	仕様
JET-MINER 55ED	400V(55kW)、75HP 最高水圧 3850 kg/cm ² 吐出量 7.6 L/min
ポンプ	200V 最高水圧 10 kg/cm ² 吐出量 25 L/min
ドリリング	200V 回転数 500 rpm トルク 27 kg/m

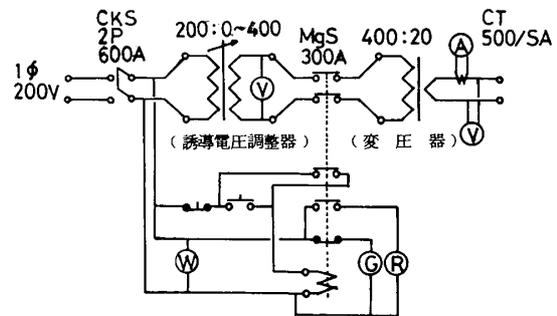


図-5 通電設備結線図

表-3 コンクリートの試験結果

養生	試験要領			
	水中	気中	封緘	試験要領
材令	28日	78日 ^{*1}	78日 ^{*1}	78日 ^{*1}
平均圧縮強度 (kg/cm ²)	244	281	155	207
平均引張強度 (kg/cm ²)			166	192
平均含水率 (%)			31	46

（注）*1 割裂試験

（注）重量法（セメント協会）

表-4 ダイヤモンドカッターによる切断結果

切断方向	切断対象物	深さ (mm)	切断能率
水平	鉄板3.2mm、アングル(L-40×40×3) @300、コンクリート	67	8.6cm/分 (58.0cm ³ /分)
	コンクリートのみ	70	2.7cm/分 (18.9cm ³ /分)
垂直	鉄板3.2mm、コンクリート	55	15.5cm/分 (85.2cm ³ /分)

度は封緘試験体による値と考えられる。

3.2 切溝形成

ダイヤモンドカッターによる切断結果を表-4に示す鉄板型枠の他にリブアングルを含む場合は、コンクリートのみの場合に比較して切断速度が下がり、約1/3の能率であった。また、垂直方向の切断速度は水平方向の約2倍であったが、これは切断方向の差による他、リブアングルの有無によるものである。

表-5にウォータージェットによる削溝結果を示す。ウォータージェットの切断能率は走行速度を変化させても、単位時間当りの切断面積はほぼ同じである。しかしノズルの走行速度を速くすると切断幅は狭くなり、作業性は悪くなった。鉄筋をアセチレンガス切断するためにノズルの先端を鉄筋より2~5mm離して4~7パスの連続削溝で十分に鉄筋を露出することができた。

表-6に鉄筋ガス切断の結果を示す。

3.3 通電加熱

A、Eブロックについては、電流を4000Aに保って鉄筋中央部の温度が約500℃に達するまで通電した。その結果、鉄筋温度が400℃に達する平均通電時間は7分20秒であり、500℃に達する時間は8分30秒であった。B、Fブロックについては、通電時間を8分、電流を4000Aにして、加熱した。Eブロックの鉄筋温度を図-7に、その二次電流、二次電圧、積算電力量を図-8に示す。温度上昇により、インピーダンスが増加し、電流低下が起きる。そのため二次電圧を上げて、二次電流を一定に保った。

3.4 コンクリートのひびわれ

A、Bブロックの通電鉄筋に直交する両端部のコンクリートを研って、通電鉄筋間のひびわれを観察した。通電開始後、3~4分で初めて通電鉄筋を結ぶ方向の内部ひびわれの発生が認められた。このときの鉄筋温度は約200℃であった。その後、温度上昇に伴ないひびわれがさらに伸展し同時にひびわれから水蒸気が噴出した。この状況を写真-1に示す。鉄筋温度が約400℃に達した時点で、隣接する通電鉄筋間を結ぶひびわれは連結した。このように順次鉄筋に通電を終了した時、通電鉄筋を含む面全体にわたって内部ひびわれ発生していることが確認された。この状況を図-9及び写真-2に示す。

3.5 表層剥離

表-7に剥離所要時間を示し、表-8に剥離コンクリート面の精度を示す。

各ブロックは共通して動的楔の打込み開始から数分後、突如剥離した。これは、剥離面に対して垂直に配置された表層コンクリートと母体コンクリートとを連結拘束しているセパレータ及び組立筋の動的楔による破断ないし引抜きが一斉に生じたためである。写真-3に1段筋位置

表-5 ウォータージェットによる削溝結果

切断方向	切断条件対象物	走行速度 cm/分	平均削溝深さ mm/1パス	切断能率 cm ² /分
水平	コンクリートのみ	430	10.1	434
		620	7.2	449
		85.7	5.5	463
		1268	4.1	476
垂直	コンクリートのみ	354	7.6	265
		418	7.7	332

表-6 鉄筋ガス切断結果

切断方向	切断条件	切断能力(本/分)
水平 (タテ筋)	D38 @250 深さ195	0.14
垂直 (ヨコ筋)	"	0.25

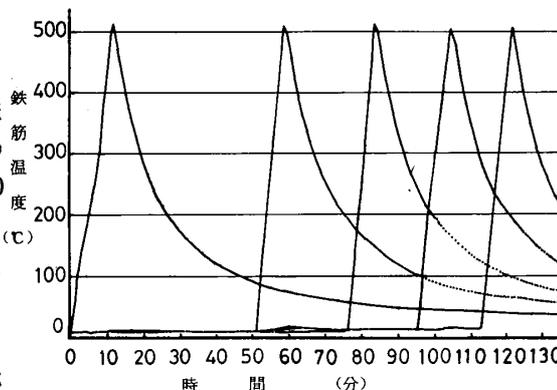


図-6 通電時間：鉄筋温度図

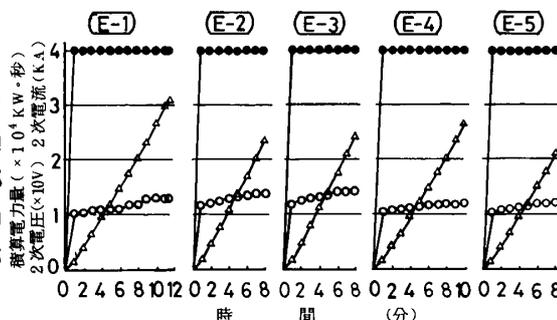


図-7 通電時間：電流・電圧・積算電力量図

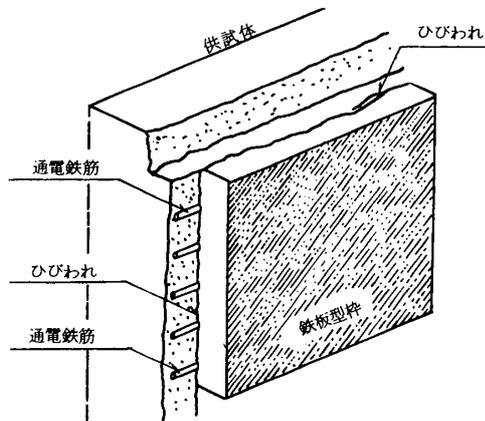


図-8 ひびわれ図

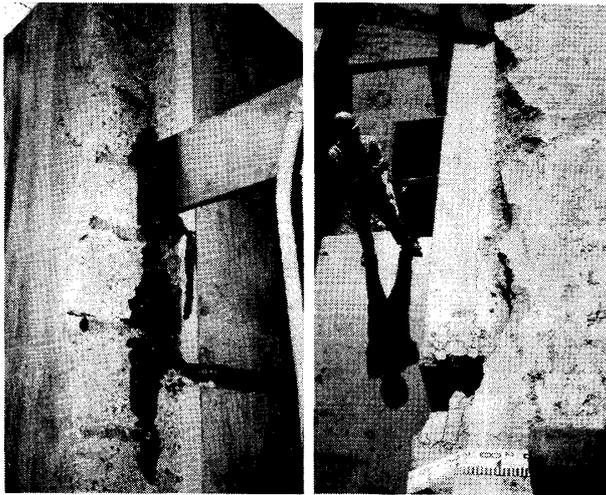


写真-1 通電加熱中の状況 写真-2 通電完了後の状況

表-7 剥離所要時間

ブロック	時間
A	6' 00"
B	7' 30"
E	10' 00"
F	7' 30"

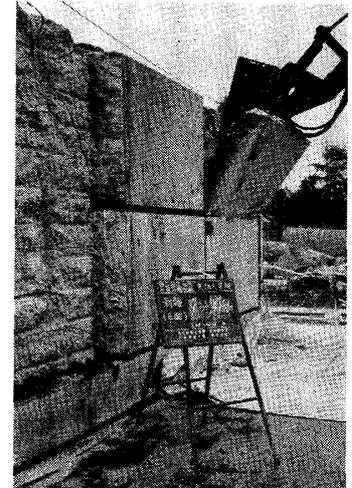


写真-4 Eブロック(2段)剥離

表-8 剥離コンクリート面の精度

ブロック	平均深さ	偏差	最大深さ	最小深さ	(単位: mm)				
					40	20	0	20	40
A	203	13	238	165					
B	199	18	225	150					
E	309	20	348	263					
F	319	16	342	276					

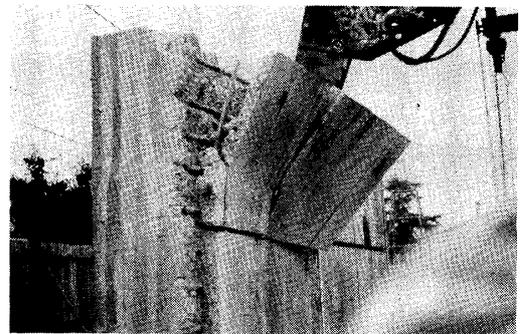


写真-3 Aブロック(1段)剥離

剥離のAブロック、写真-4に2段筋位置剥離のEブロックの剥離の瞬間を示す。

3.6 剥離解体物

1段鉄筋剥離のA、Bブロックでは、表層コンクリートが鉄板、鉄筋と分離して剥離した。解体落下したコンクリート片の大部分は鉄板型枠のリブアングルの間隔で決まる大きさになった。2段鉄筋剥離のE、Fブロックでは、1段鉄筋を内蔵したまま厚さ約320mmの大塊のまま剥離した。剥離解体物の寸法分布を表-9に示す。

4. まとめ

1)板状の銅合金接触電極の採用により、切溝中の鉄筋に確実に通電することができ、実用化への目途が立った。

2)通電鉄筋間を結ぶコンクリートの内部ひびわれが全面にわたって発生することが確認された。

3)解体コンクリート片の大半は塊状ないしは版状であり、微細片の量は少なかった。このことは、解体物の容積が小さく、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。[参考論文]

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・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

表-9 解体物の寸法分布 (単位: %)

ブロック	A、Bブロック	E、Fブロック	ブレーカ研り
ふるい			
塊状	71.15*1	91.64*2	0
100~12mm	25.93	6.82	89.58
1.2~0.074mm	2.34	1.23	8.93
0.074mm以下	0.58	0.31	1.49

*1 最大寸法 300×500×210mm

*2 最大寸法 1950×1200×320mm(計画ブロック寸法)