鉄筋コンクリート構造物からの電気化学的セシウム除去方法に関する基礎的検討

安藤ハザマ　正会員　○齋藤　淳
東京工業大学大学院　正会員　西田孝弘
東京工業大学大学院　フェロー会員　大即信明
（株）コンクリート養生サービス　正会員　庄野　昭

1．目的

原発事故で放出されたセシウムは，当初はコンクリート構造物の表面に付着していたが，時間経過とともにコンクリート中へ浸透し始めた．そのため，ふき取りや洗浄等の現状の除去方法では，放射線量が十分に下がらない場合が生じてきた．一方で，セシウムはアルカリ金属であることから，電気化学的に除去できる可能性がある．その可能性をモルタル試験体で検証することおよび実構造物への適用方法を検討することが本論の目的である．

2．塩化セシウムを用いた室内試験

2.1　試験体

端部にリード線をはんだ付けした鉄筋（D10，長さ 10cm）を，円形型枠（直径 5cm，高さ 10cm）の中心部に配置した後，**表-1** のモルタルを打ち込んだ．型枠撤去は打込み翌日に行い，試験体の両端面をエポキシ樹脂で被覆した．その後は，通電開始まで恒温恒湿室（20℃，60%RH）にて保存した．

2.2　試験条件

試験状況を**写真-1** に示す．試験体の周囲に外部電極としてチタンメッシュを設置するとともに，試験体上面まで外部溶液を満たした．試験期間は 1 週間とし，**表-2** に示す条件で通電した．ケース 1，2 では，試験体の内部鉄筋を直流電流装置の陽極に，外部電極を直流電流装置の陰極に接続して通電を行った．この通電方法の場合，内部鉄筋が電位によって腐食する危険性がある．しかし，本試験の目的は，モルタルからセシウムを電気化学的に除去する可能性を検証することである．そのため電流密度は，既往の研究[1)]で，セシウムと同じアルカリ金属のナトリウムやカリウムのコンクリート中の移動実績がある 1.0A/m^2 とした．

2.3　試験結果

電流密度が 1.0A/m^2 になるように，電流値を 0.04A に保持して通電を行った．電圧変化を**表-3** に示す．ケース 1，2 ともに，通電日数の増加に伴って電圧値が上昇した．また，試験後におけるケース 2 の外観状況を**写真-2** に示す．側面にひび割れが発生し，上面には錆び汁が確認された．これらから，通電によって内部鉄筋が腐食し，その膨張圧でひび割れが発生したと推察される．

表-1　モルタルの配合

W/C	単位量（kg/m^3）			
	水	普通ﾎﾟﾙﾄﾗﾝﾄﾞｾﾒﾝﾄ	細骨材	塩化ｾｼｳﾑ
65%	290	446	1373	1

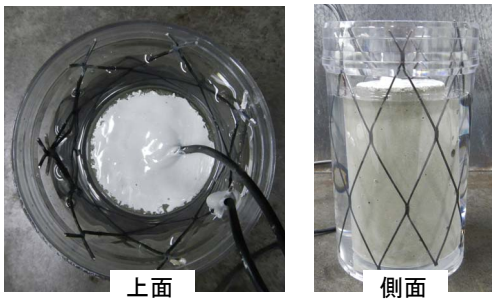

写真-1　室内試験状況

表-2　室内試験条件

ｹｰｽ	外部溶液	陽極	陰極	電流密度
1	$NaHCO_3$	内部	外部	1.0A/m^2
2	水	内部	外部	1.0A/m^2
3	水	－	－	通電なし

※$NaHCO_3$:0.5mol/L 炭酸水素ﾅﾄﾘｳﾑ水溶液

表-3　電圧値の変化

ｹｰｽ	外部溶液	通電材齢		
		1 日	5 日	7 日
1	$NaHCO_3$	11.8V	27.2V	32.7V
2	水	8.7V	20.1V	30.0V

※電流値は 0.04A（1.0A/m^2 相当）一定

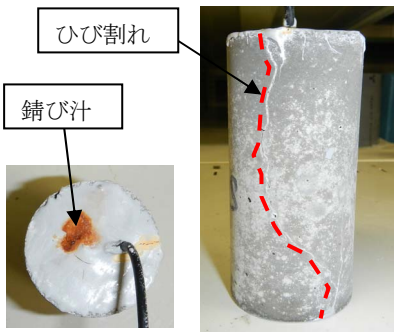

写真-2　試験後の外観（ケース 2）

キーワード　セシウム，除染，電気化学，給水養生装置
連絡先　〒305-0822　茨城県つくば市苅間 515-1 安藤ハザマ　技術研究所　ＴＥＬ029-858-8813

試験終了後の外部溶液のイオン量をイオンクロマトグラフで分析した．通電を行ったケース 1，2 のセシウムイオン量はそれぞれ 94.6mg/L，70.1mg/L であり，通電を行わず水に浸漬したケース 3 の 4.6mg/L の 15～20 倍となった．これは，本方法は，従来方法より効果的にセシウムを除去できる可能性を示している．

３．実構造物への適用方法

3.1　実構造物への適用における課題

本方法を実構造物に適用するにあたり，外部電極の保持と外部溶液の供給が課題となった．これらの課題を解決するために，鉛直壁面コンクリート等の給水養生方法として 10 万 m^2 以上の施工実績を有する給水養生装置[2)]を活用した**図-1** に示す施工方法を考案した．

3.2　壁部材に対する適用試験

内部鉄筋を陽極とし，0.5mol/L 炭酸水素ナトリウム水溶液を外部溶液として 1 週間通電する適用試験を行った．その状況を**写真-3** に示す．外部電極の保持と外部溶液回収性能の向上のために，除水除塵機内で空気と分離された外部溶液を水中ポンプで強制排水する改良を行い，より強い力での吸引を可能とした．さらに，シート下端部に樋を設け，シート下端部から漏水する外部溶液を水槽に回収した．これらの改良により，外部溶液の確実な供給，回収および電流密度 1.0A/m^2 の保持が実現できた．

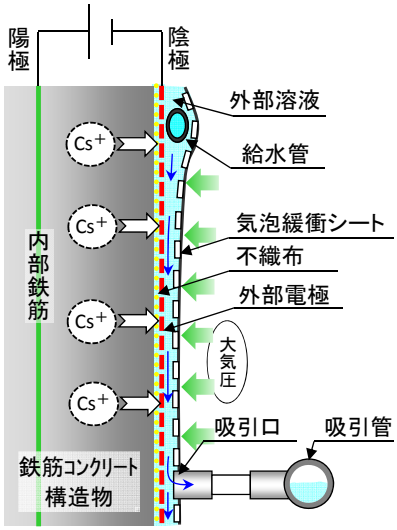

図-1　給水養生装置を用いた施工方法

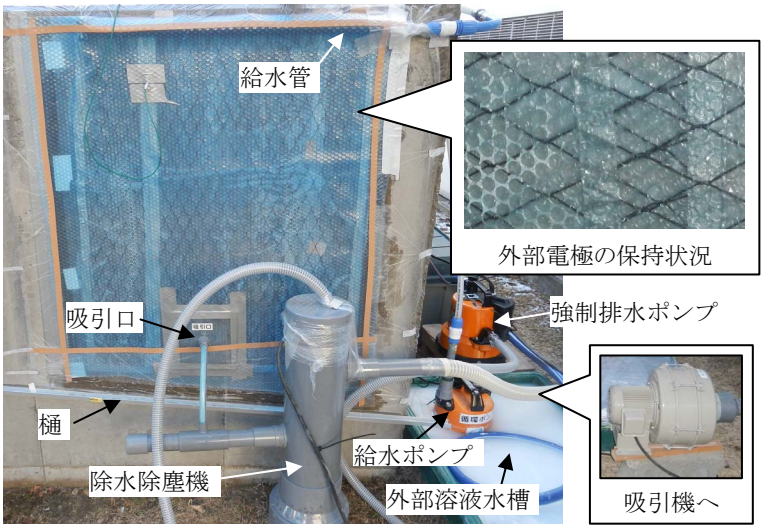

写真-3　施工試験の状況

3.3　腐食ひび割れ制御方法

壁部材では，鉄筋腐食による錆び汁やひび割れの発生は認められなかった．ファラデーの法則により内部鉄筋の積算電流量密度から求めた腐食量と，横関ら[3)]の提案式から求めた腐食ひび割れ発生限界腐食量を**表-4** に示す．モルタル試験体は，腐食量が発生限界腐食量を大幅に超えたため，ひび割れが発生したと考えられる．

表-4　腐食量の比較

項目	鉄筋径	かぶり	腐食量	腐食ひび割れ発生限界腐食量
ﾓﾙﾀﾙ試験体	D10	5cm	233mg/cm^2	59 mg/cm^2
壁部材	D13	10cm	42mg/cm^2	87 mg/cm^2

４．まとめ

セシウムに汚染された鉄筋コンクリート構造物を従来方法より効果的に本方法で除染できる可能性が示された．今後は，内部鉄筋腐食等の課題を解決するとともに，放射線量低減効果の実証試験を行う予定である．

参考文献

1）皆川浩：塩害またはカルシウム溶脱に関するコンクリート中のイオン移動評価と劣化予測手法，東京工業大学学位論文，pp.36-51，2003.3
2）アクアカーテン普及会ホームページ：http://www.aqua-curtain.jp/
3）Yokozeki, K., Motohashi, K., Okada, K. and Tsutsumi, T.: A Rational Model to Predict Service Life of RC Structures in Marine Environment, Forth CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete, ACI-SP170, Volume 1, pp.777-799, 1997