

V-316

コンクリート中の鉄筋腐食における解析システムに関する考察

大成建設(株) 技術研究所 正会員 許 鎧麟

大成建設(株) 札幌支店 正会員 武田 均

大成建設(株) 技術研究所 正会員 丸屋 剛

1. はじめに

著者らは、腐食性環境下に置かれた鉄筋コンクリート部材中の腐食物質の移動、蓄積及び鉄筋の腐食進行までを統一的に解析するシステムの開発研究に取り組んでいる。本論文では、鉄筋を埋め込んだモルタル試験体を腐食促進環境に暴露して得られた実験結果と本解析システムを用いた解析結果との比較を行った。

2. 鉄筋腐食に関する解析手法の概要¹⁾

図-1に解析フローを示す。まず、簡便なモデルを組み合わせることにより、与えられた環境条件、材料条件、構造条件のもとでコンクリート中の腐食因子の移動及び蓄積、即ち潜伏期における腐食因子の分布を経時的に求める。また、文献調査²⁾と著者らの実験結果を参考に、腐食開始限界 $[Cl^-]/[OH^-]$ 比を4.7に定めた。つまり、十分な酸素の供給があれば、鉄筋表面の $[Cl^-]/[OH^-]$ 比が4.7を越えると、腐食が開始すると判断される。また、孔食電位と不動態に対応するカソード電位の相互関係から、鉄筋表面のミクロ電位を算出することができる。さらに、鉄筋表面上の任意の二点は一つの電気回路を形成すると仮定し、コンクリート中の鉄筋分極特性を取り込んで、自然電位と腐食電流量を計算することができる。

3. 実験結果と解析結果の比較

a. 実験の概要 本解析システムに基づいた解析結果と著者らの過去の実験結果との比較を行った。実験は、室内促進腐食環境におけるコンクリート中の物質移動と鉄筋腐食の測定を実施したものである³⁾。実験には表-1に示すモルタルを用いた。試験体は材齢1日で脱型し、材齢28日まで20℃の水中で養生した。室内促進試験は材齢29日目に開始し、22週間の室内促進試験を行った。試験体の形状を図-2に示す。図に示すように、鉄筋のかぶり高が20mmとなるように試験体の中心に異形鉄筋(SD295,D10)を配置した。ひび割れは、一点集中荷重により底面の中央部に曲げをかけることにより発生させた。

b. 解析条件 潜伏期に関する解析に用いた材料定数を表-2に示す。ひび割れ部においては、塩化物イオンは液状水に伴い内部に移動することを考慮し、擬似吸着流束を増加すると仮定した。また、進展期に関する解析に用いたコンクリート中の自然電極電位、孔食電位、分極抵抗及び比抵抗の計算については文献1)を参考に定めた。

c. 検討結果 図-3には40℃、65%RHの高温乾

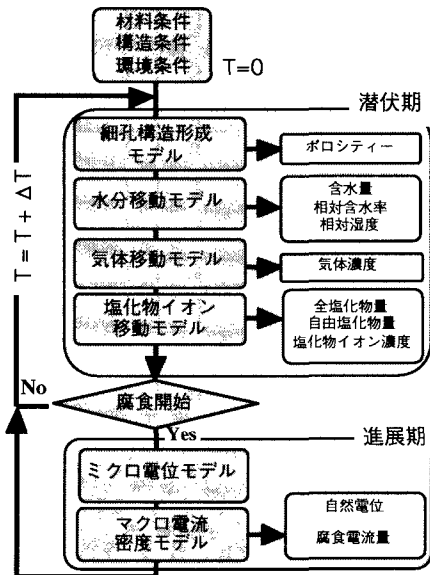


図-1 物質移動及び腐食進行の連成解析の流れ

表-1 モルタルの配合と試験条件

試験体 記号	室内暴 露環境	平均ひ び割れ 幅(mm)	単位量(kg/m ³)			
			水	セメ ント	細骨材	AE減水剤
3M	40℃,65 %RH	0.07	262	523	1311	セメント ×0.25wt%
4M	20℃,65 %RH	0.07	262	523	1311	セメント ×0.25wt%

表-2 解析に用いた材料定数

試験体 記号	拡散係数 $\times 10^{-3}$ (cm ² /day)				擬似吸着流束/擬似吸 着流束 (20℃)	
	水蒸気		塩化物イオン		ひび割 れ部	健全部
	乾燥面	内部	浸透面	内部		
3M	244.3	84.6	7.236	6.030	4.8	2.4
4M	129.1	44.2	2.249	1.874	2.0	1.0

キーワード：マクロセル腐食、自然電位、腐食量、孔食

連絡先：〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術研究所 TEL 045-814-7228 FAX 045-814-7253

乾燥環境における 22 週間暴露後の全塩化物の分布と解析結果を 20℃, 65%RH の一般環境における結果とともに示す。図-3 からわかるように、実験結果では、温度の高い方が浸漬面付

近の全塩化物量が小さいが、内部の全塩化物量が大きく、解析結果もほぼ一致した。なお、図-4 に示すように試験体表面（浸漬面）で測定した自然電位と解析結果は、解析結果が実験結果より貴になるが、温度の高い方が電位値が下がる傾向は一致している。ここで、解析結果と実験結果に差が生じた原因としては、モデルにおいて使用されたコンクリート中の鉄筋孔食電位、ターフェル勾配、比抵抗に關与する酸素、含水率、塩分濃度などの定量的取り扱いが不明確なことなどが考えられる。図-5 にコンクリート表面で測定した自然電位の分布を腐食電流量に換算した実験結果と解析結果を示す。この図において、マイナス側は流出電流量を示しておりアノード領域を形成している。一方、プラス側は流入電流量を示しておりカソード領域を形成している。また、温度の高さにかかわらず、試験体のほぼ中心位置で大きなアノードの値を示しており、ひび割れ部分の腐食領域で鉄筋が激しく腐食状態にあることがわかる。以上から、本解析システムを通して、実験値で得た腐食領域と解析で得られた腐食領域がほぼ同じであることが確認できた。この腐食領域の位置と目視による觀察された腐食領域の位置もほぼ一致した。

4. まとめ

以上の検証及び考察から、本解析システムの妥当性が認められるが、コンクリート中の鉄筋腐食における電気化学的特性と腐食因子の定量的な関係を明確にして解析精度を向上を図る必要がある。

謝辞 本研究の一部の実施に当っては、東京大学生産技術研究所の魚本健人教授に御指導を賜りました。ここに、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) K.L.Hsu and T.Maruya : Modeling Time-Dependent Response of Chloride-Induced Macrocell Corrosion of Steel in Concrete, コンクリート工学年次論文報告集, 1999 年 6 月（投稿中）
- 2) Glass, G.K. and Buenfeld, N.R. : The Presentation of the Chloride Threshold Level for Corrosion of Steel in Concrete, Corrosion Science, Vol.39, No.5, 1997, pp.1001-1013.
- 3) 丸屋ら：高温乾燥環境におけるコンクリート中の物質移動と鉄筋の腐食、「材料設計とコンクリート構造物の性能」に関するシンポジウム, 1999 年 5 月（投稿中）

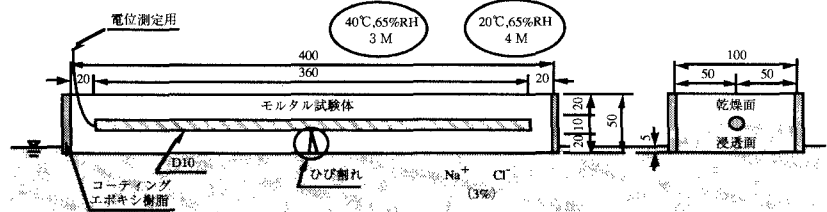


図-2 試験体の形状と試験方法

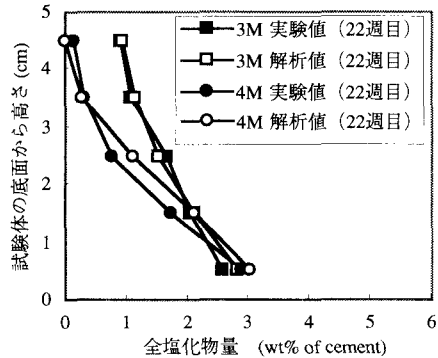


図-3 試験体中の全塩化物の分布

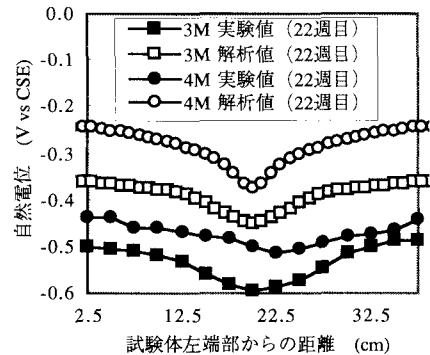


図-4 試験体表面の自然電位の分布

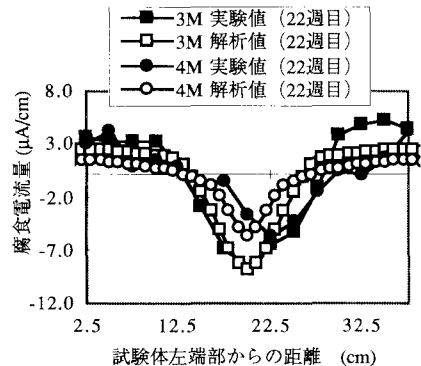


図-5 自然電位から換算した腐食電流量の分布