

第 部門

硫酸塩劣化による鉄筋の腐食および電気化学的特性に関する研究

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○井澤 昌平
 正会員 山本 貴士
 正会員 服部 篤史
 フェロー 宮川 豊章

表 1 実験要因

材料	C:コンクリート(W/C=60%) / M:モルタル(粗骨材除去)
環境 (要因)	硫酸ナトリウム水溶液 1.42% / 7.10% / 14.2%
測定	コンクリート・モルタルの外観観察 / 寸法 鉄筋の電気化学的特性 / 中性化深さ 硫酸イオン浸透深さ / 微小硬度

1. はじめに

本研究では、硫酸塩による鉄筋コンクリート構造物による劣化現象の中において特に鉄筋腐食に着目し、その進行過程および鉄筋腐食に対する電気化学的モニタリングの適用性について検討を行った。

2. 実験概要

実験概要を表 1 に示す。また、供試体の形状・寸法を図 1 に示す。W/C は硫酸イオンの浸透を早めるため 60%とやや大きくした。浸せき時は鉄筋半分(25mm)までの喫水とし、乾湿繰返し(浸せき 3 日・乾燥 4 日)に供した。乾燥 4 日目以下を測定した。

コンクリート・モルタルの外観観察・寸法・・・目視による外観観察の後、ノギスを用いて鉄筋直上の計 3 点で高さ測定を行った。

鉄筋の電気化学的特性・・・鉄筋供試体に対し 60 分間湿布養生し、自然電位、分極抵抗およびコンクリート比抵抗(矩形波電流分極法)を浸せき面上で測定した。

劣化因子浸透深さ・・・フェノールフタレイン 1%エタノール溶液(JIS K 8006)を用いて中性化深さを、硫酸イオン浸透深さ試薬^[1](過マンガン酸カリウムと 0.2mol/l 塩化バリウムの 1:3 混合液)を用いて硫酸イオン浸透深さを測定した。また、試薬による浸透深さをもとに微小硬度を測定した(図 2 参照)。

鉄筋の腐食減量率・・・浸せき 448 日において測定した。

3. 実験結果

3.1 外観観察および寸法

浸せき 448 日目の外観の一例として、7.10%硫酸ナトリウム水溶液に浸せきしたコンクリート供試体の写真を図 3 に示す。浸せき開始 448 日目では、1.42%の供試体については、ひび割れは確認されなかった。しかしながら、7.10%、14.2%の供試体については目視でひび割れが確認でき、特に隅角部で顕著であった。図 4 に高さの経時変化を示す。外観観察によりかぶりコンクリートの劣化が顕著であった 7.10%、14.2%の供試体では、膨張生成物の影響により供試



図 1 コンクリート・モルタル供試体図(鉄筋入り)

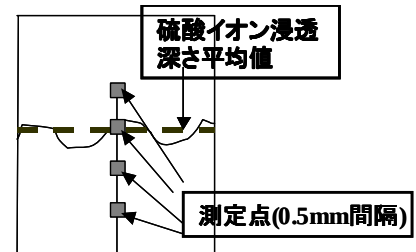


図 2 微小硬度測定位置

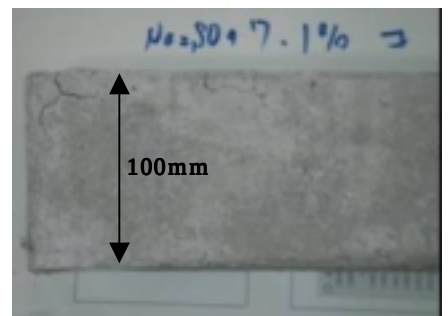
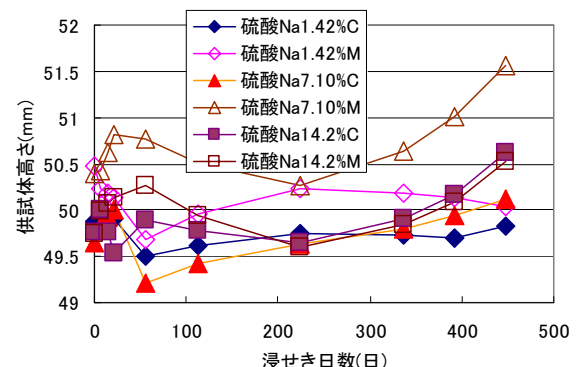
図 3 コンクリート供試体外観
(448 日目, 7.10% Na₂SO₄ aq. 浸せき)

図 4 供試体高さ経時変化

体高さが増加傾向にある。1.42%の供試体では高さの変化はほとんど見られない。

3.2 劣化因子浸透深さ

鉄筋単体の溶液浸せき試験結果(図5)より、アルカリ性領域においても、硫酸イオンの存在により不動態被膜が破壊され、鉄筋は腐食する。

中性化深さ、試薬による硫酸イオン浸透深さ、微小硬度による劣化因子浸透深さ、および浸せき448日目における腐食減量率を表2に示す。硫酸塩濃度によらず、中性化深さよりも硫酸イオン浸透深さが深部にまで至っていた。また、微小硬度分布より、鉄筋位置まで浸透深さが達していたと考えられた高濃度溶液に浸せきした供試体において腐食減量率が高い。これらから、中性化の影響を受ける以前から、劣化因子である硫酸イオンが鋼材位置にまで浸透し、不動態被膜を破壊し腐食を引き起こし、その後、膨張生成物によるひび割れ等から中性化と硫酸イオンの浸透がさらに進み、腐食が加速していると考えられる。

3.3 電気化学的モニタリング

電気化学的モニタリング結果の経時変化を図5に示す。自然電位、分極抵抗、コンクリート比抵抗全ての測定項目で、腐食減量率が高い7.10%モルタル供試体、14.2%コンクリート供試体の測定値が腐食傾向を示していた。その他の要因についても腐食傾向を捉えていたことが確認できた。したがって、硫酸塩劣化を受ける鉄筋コンクリートの鉄筋腐食の非破壊測定法として、電気化学的モニタリングは適応可能であると考えられる。

4. 結論

- (1) 硫酸塩劣化では、中性化の影響を受ける以前から、劣化因子である硫酸イオンが鋼材位置にまで浸透し、不動態被膜を破壊し腐食を引き起こす。その後、膨張生成物によるひび割れ等から中性化や硫酸イオンの浸透がさらに進み、腐食が加速されていると考えられる。
- (2) 自然電位・分極抵抗・コンクリート比抵抗全てにおいて実験結果から、鉄筋の腐食傾向を捉えており、実構造物においても適用できると考えられる。

参考文献

- [1] 土木学会：2001年制定コンクリート標準示方書[維持管理編]，2001

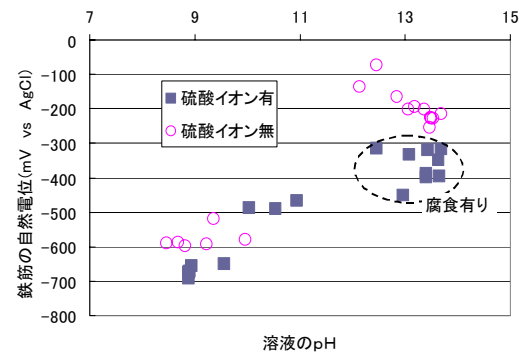


図5 鉄筋単体浸せき試験結果

表2 浸透深さ結果一覧

供試体	測定項目	中性化深さ (mm)	硫酸イオン深さ (mm)	微小硬度による 劣化因子浸透深さ		腐食減量率 (%)
				バルク部 (mm)	遷移帯 (mm)	
1.42%	C	3.07	4.64			0.241
	M	2.65	3.29	6.29	6.78	0.269
7.10%	C	6.03	8.09			0.722
	M	7.01	7.41	20.88	21.31	1.689
14.20%	C	8.42	10.08			1.075
	M	6.66	7.22	16.10	20.74	0.529

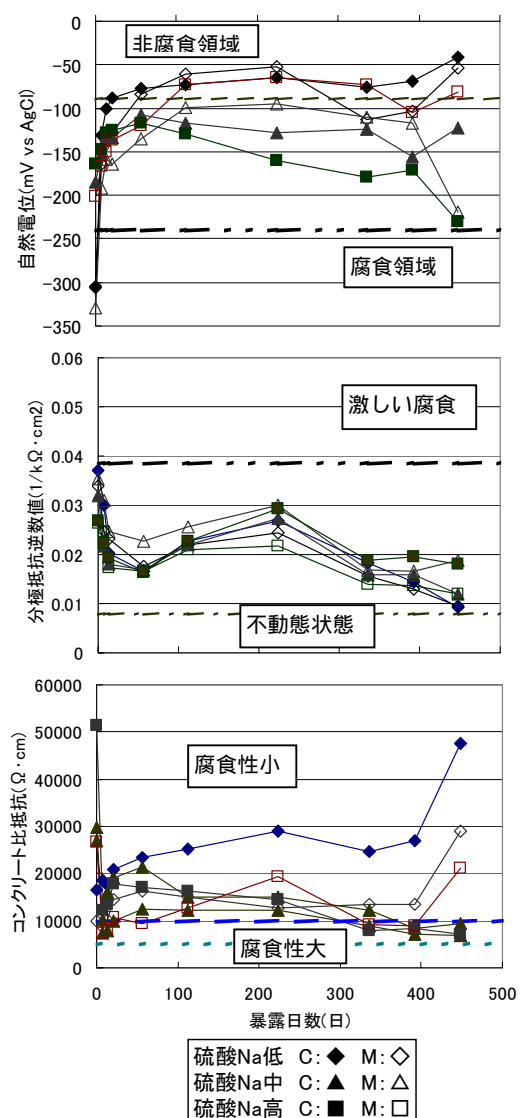


図6 電気化学的モニタリング