

電気化学的防食工法における ASR 抑制方法の検討

鳥取大学大学院
鳥取大学大学院

学生会員
正会員

○高橋 諒
吉野 公

鳥取大学大学院
鳥取大学大学院

正会員
正会員

黒田 保
畑岡 寛

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化の原因のひとつに ASR がある。その一方で、塩害による鉄筋腐食に対する最も効果的な補修工法として電気防食工法が挙げられる。しかし、反応性骨材が使用されている鉄筋コンクリートに電気防食工法を適用すると、コンクリート構造物の ASR による劣化を助長する可能性がある」と指摘されている。このために構造物に電気防食工法を適用する場合には通電が ASR に対して与える影響を考慮する必要がある。また、ASR について電流密度に対して膨張量が最大となるペンマム条件が存在するとの報告もある。このことから、一般に電気防食工法で適用される電流密度を超える大電流を通電することによって ASR による膨張を抑制できるのではないかと考え、本研究では一般的な電流密度を超える大電流を鉄筋コンクリートに供給し、コンクリートの長さ測定を行うことで ASR に与える通電の影響を明らかにして、最も ASR 膨張を抑制できる条件について検討する。また、電流の継続供給は通電にともなうランニングコスト増加や、PC 構造物の場合では鋼材の水素脆化等の問題があるため、通電を断続的にすることでこれらの問題を解消し、かつ、ASR 膨張抑制にも効果が期待できる通電パターンについても検討を行った。

2. 実験概要

本研究では反応性骨材を使用したコンクリートに一般的な電気防食工法で適用される電流密度を供給したシリーズ（シリーズ1）と ASR 膨張抑制を目的として大電流密度の供給を行ったシリーズ（シリーズ2）、また大電流供給時の悪影響を改善するために大電流を断続的に供給したシリーズ（シリーズ3）の計3シリーズで検討を行った（表2）。通電条件として継続通電は保存期間中、電流を継続して供給する方法であり、断続通電はある期間通電を行った後に一定期間通電を停止し、これを1サイクルとして繰り返して電流供給を行っていく方法とした。また、表2において断続通電を行うシリーズの記号としては（通電期間-通電停止期間）と表記している。実験方法としては作製した供試体の長さの初期値を測定後、各供試体と定電流発生装置が直列になるよう配線し、供試体を二重のポリエチレン袋で包み、恒温槽（温度 40℃，R.H.100%）に入れて通電した。長さ変化の測定にあたっては供試体温度が 20℃になってから測定した。また、図1に示すように長さ変化の測定箇所は鉄筋軸方向と鉄筋軸鉛直方向の2方向を測定した。使用した供試体はいずれも 100×100×300mm の角柱供試体であり、アルカリ総量を 8kg/m³に調整したものである（NaCl で調整）。また、直径 13mm のステンレス丸棒を使用した。ここで、ステンレス丸棒を使用するのは鉄筋腐食による膨張の影響を排除するためである。

表1 コンクリートの示方配合

W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)				
			W	C	S	G	NaCl
45	41	4.5±1.5	180	400	718	1020	11.491
60	45	4.5±1.5	180	300	829	996	12.398

表2 実験条件

シリーズ	通電パターン	W/C (%)	電流密度(A/m ²)				
			0	0.005	0.015	0.03	0.1
シリーズ1	継続通電	45	○	○	○	○	○
		60	○	○	○	○	○
シリーズ2	継続通電	W/C (%)	電流密度(A/m ²)				
			0.3	0.5	0.8	1	2
シリーズ2	継続通電	45	○	○	○	○	○
		60	○	○	○	○	○
シリーズ3	断続通電 (2W-1W)	45	○	○		○	○
	断続通電 (4W-2W)	60	○	○		○	○

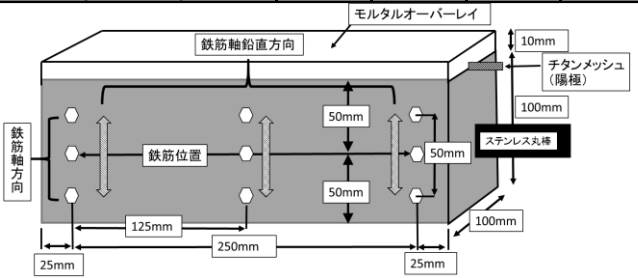


図1 供試体図（長さ測定方向）

キーワード 電気化学的防食工法, ASR 膨張, ASR 抑制方法

連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101番地 鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科工学専攻

T E L 0857-31-5281

3. 結果および考察

3.1 通電が ASR 膨張に及ぼす影響

図 2～図 3 に電流密度 (A/m^2) と膨張率との関係の水セメント比ごと

とに示す。図 2, 図 3 から反応性骨材を使用したコンクリートに通電を行うと膨張が助長されたことがわかる。これは通電時にコンクリート中のアルカリ金属イオンが陰極である鉄筋近傍に集積し、集積したイオンが内部の反応性鉱物と反応することにより ASR が助長されたと考えられる。また、電流密度において膨張率が最大となるペシマム値が $W/C=60\%$ に対しては $0.3A/m^2$, $W/C=45\%$ に対しては $0.015A/m^2$ である

ことを確認した。上記のメカニズムにより膨張が助長されるが、ある値を超えた電流密度の通電はアルカリ金属イオンの過剰な供給によりアルカリシリカゲルの組成変化によるゲルの流動化等により膨張圧の緩和が発生したため膨張率が低下したと考えられる。また、水セメント比が大きいものより小さいもののほうが膨張率が大きい理由としては水セメント比の増加に伴って細孔量の増加と細孔径の拡大化によるアルカリシリカゲルの膨張圧の緩和による影響と考えられる。

3.2 断続通電が ASR 膨張に与える影響について

図 4 に $W/C=45\%$ における断続通電 (2W-1W と 4W-2W の 2 種類) を行った供試体の電流密度と膨張率の関係を示す。図 3 (12 週目) と比較すると膨張率は断続通電のほうが継続通電よりも大きいことがわかった。この通電方法は通電を停止することで水素脆化を引き起こす原因となる鉄筋近傍に発生する水素イオンの拡散を狙ったものだが、水素イオンだけではなくアルカリ金属イオンも拡散したためにアルカリ金属イオンの過剰集積によるアルカリシリカゲルの組成変化による膨張圧の緩和が生じにくかったため、このような結果になったと考えられる。また、 $0.5\sim 1.0 A/m^2$ では通電を短期的なサイクル (2W-1W) で切り替えるよりも長期的サイクル (4W-2W) で切り替えたもののほうが膨張率は低下する傾向があることがわかった

4. まとめ

本実験において反応性骨材を使用したコンクリートに通電を行うと ASR 膨張が助長されるが、電流密度が最大となるペシマム値を超えた電流密度を供給することによって、通電による ASR 膨張の助長を抑制できることがわかった。本研究の電流密度の範囲内で ASR 膨張抑制に効果的と思われる通電条件は、ペシマム値を超えた値の供給が適していると考え、継続通電では $W/C=60\%$ において $1.0A/m^2$, $W/C=45\%$ においては $0.8A/m^2$ 以上の電流密度の供給が効果的と考えた。また、断続通電 (2W-1W) では $1.0A/m^2$ 以上の供給が望ましく、同様に断続通電 (4W-2W) においては $0.5A/m^2$ 以上の電流密度の供給が望ましいと結論づけた。今後、これらの電流密度の供給を電気防食工法適用前に行い、ASR 膨張抑制効果が可能なのかについて検討を行う必要がある。

謝辞： 本研究は、(一社) 中国建設弘済会「技術開発支援事業」の助成を受けて実施したものである。ここに謝意を表します。

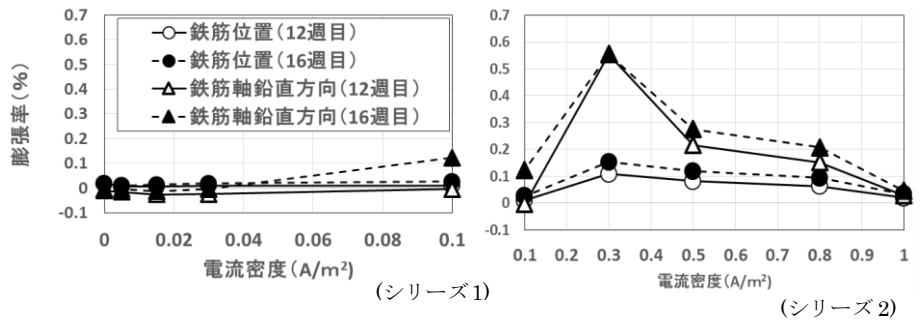


図 2 電流密度と膨張率の関係 ($W/C=60\%$)

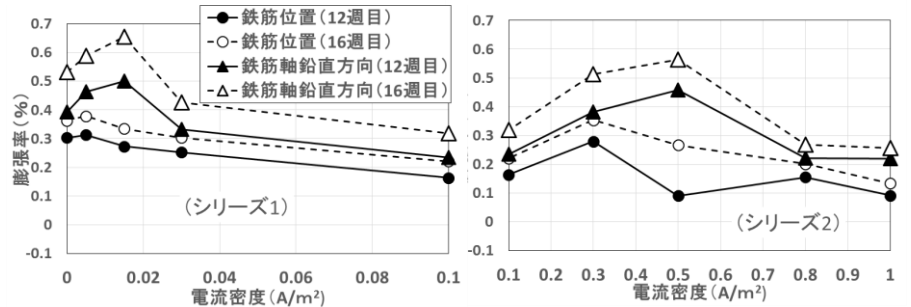


図 3 電流密度と膨張率の関係 ($W/C=45\%$)

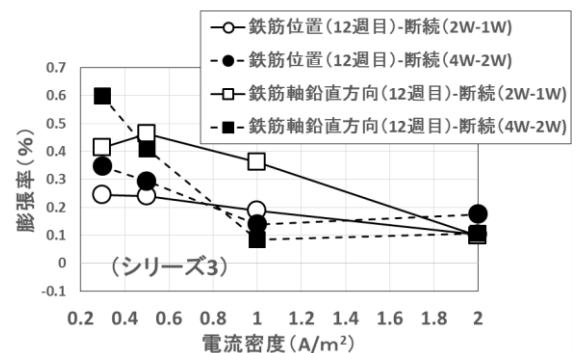


図 4 電流密度と膨張率の関係 ($W/C=45\%$)