

超高強度合成繊維補強コンクリートへの犠牲陽極式電気防食の適用について

九州大学大学院 学生会員 ○Khalilah binti Kamarulzaman

九州大学大学院 フェロー会員 濱田秀則 正会員 佐川康貴 正会員 福永隆之 正会員 山本大介

1. はじめに

コンクリート構造物では、塩害などによる鉄筋腐食が大きな問題である。構造物の表面にひび割れが発生し、その深さが鉄筋まで到達すると、鉄筋腐食の進行がさらに加速することになる。そこで、維持管理の一環として、犠牲陽極式電気防食工法が鉄筋腐食を防止するための方法の一つとして導入されることもある。犠牲陽極式電気防食工法は、鉄筋と陽極の電位差により発電をするため、外部電源が不要であり、設置が容易である。既往の研究では、普通ポルトランドセメント (OPC) 試験体に埋設された犠牲陽極は、ひび割れが存在しても塩害環境において鉄筋コンクリートの防食効果を発揮することが分かっている。[1]

本研究では、PVA 繊維を用いた超高強度繊維補強コンクリート (以下 PVA-UFC) という超高強度材料に対しても犠牲陽極式電気防食を適用することを目的とし、試験体を用いた実験的な検討を行った。

2. 実験概要

試験体の概要を図-1に示す。かぶり厚 20 mm の 150 × 150 × 500 mm の試験体を 4 体製作した。1 体を除く 3 体の試験体に打設時にひび割れを発生させる位置にテフロンシートを設置し、0.1 mm, 0.2 mm, 0.3 mm のひび割れを人工的に導入した。なお、それぞれの試験体を F-0, F-0.1, F-0.2, F-0.3 とする。

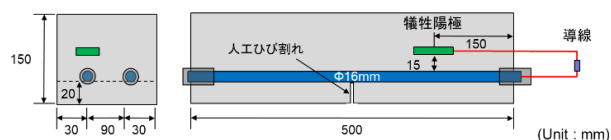


図-1 試験体の概要

2.1 使用材料

表-1に使用材料とその諸物性、表-2に標準配合を示す。結合材は、ポルトランドセメントをベースとしてシリカフェームを混合したプレミックスセメントを使用している。本研究で使用する犠牲陽極は、写真-1に示す亜鉛犠牲陽極である。試験体は、48 時間の蒸気養生後、鉄筋と陽極の通電を開始し、通電中は 3% NaCl 溶液に浸漬した状態で保管した。

表-1 使用材料の諸物性[2]

材料	種類および物性	記号
結合材	密度: 3.08 g/cm ³ 比表面積: 6000 cm ² /g	B
骨材	最大粒径: 2 mm 表乾密度: 2.60 g/cm ³ 吸水率: 0.91%	S
混和剤	ポリカルボン酸系高性能減水剤等	A
補強繊維	素材:PVA, 密度: 1.3 g/cm ³ , 繊維長: 12 mm, 直径 0.1 mm	F

表-2 標準配合

W/B (%)	単位量(kg/m ³)				
	水 W	結合材 B	細骨材 S	混和剤 A	PVA 繊維 F
15	186.2	1500	750	38.78	22.5

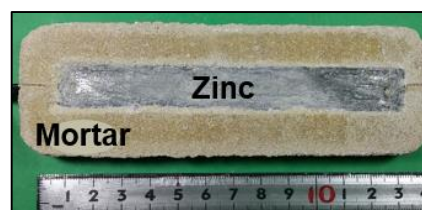


写真-1 本研究で適用した亜鉛犠牲陽極

2.2 測定項目

鉄筋の腐食状況及び犠牲陽極の防食効果を判断するために、以下の項目を測定した。まず、鉄筋と犠牲陽極の通電開始後、防食電流を継続的に測定した。鉄筋のオン電位 (通電中の電位) とオフ電位 (通電切断後の自然電位) を測定した後、その電位差である復極量を算出した。自然電位の測定には、写真-2に示すデジタルマルチメーターと飽和カロメル (SCE) 照合電極を用いた。また、復極量 100 mV を防食基準として採用した。[3]

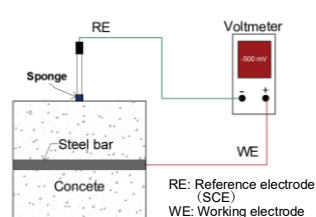


図-2 自然電位の測定方法



写真-2 デジタルマルチメーターと SCE 照合電極

3. 結果及び考察

鉄筋と陽極との通電中に流れる防食電流の測定結果を図-3に示す。結果より、PVA-UFCで流れる防食電流密度は、初期約 10 mA/m^2 であったものが徐々に低下していくことが分かる。既往の研究では、OPC のみの場合、防食電流密度が $70 \sim 120 \text{ mA/m}^2$ から徐々に低下し、10日後に 20 mV となったが[1], PVA-UFC の場合はそのほぼ 10%ほどであることが確認できた。また、ひび割れの有無によって防食電流が変動する、すなわち、ひび割れを有する F-0.1, F-0.2, F-0.3 の方がひび割れのない F-0 より電流密度が大きい。ひび割れが大きいほど防食電流が大きくなると想定されるが、F-0.3 の場合、ひび割れが最も大きい 0.3 mm にも関わらず、F-0.1 と F-0.2 より低い値となった。

通電切断後の自然電位の推移を図-4に示す。鉄筋と犠牲陽極の通電中は、鉄筋の電位がマイナス方向に分極し、通電切断後は徐々に自然の状態である自然電位に復極した。しかし、図-4に示す通り、PVA-UFC の場合は、鉄筋の電位が復極するまで約 24 日ほど必要であることが確認できた。これは、PVA-UFC の電気抵抗率が高い性質のためであると考えられる。

通電中の電位と 24 日の電位の差をとり、復極量として算出した。各試験体の復極量の結果を図-5に示す。復極量は、通電を開始してから 239 日目と 334 日目に計測したものである。図-5より、どれも 100 mV 基準値を満たすことが分かった。電流密度が小さいにも関わらず、鉄筋の復極量が 100 mV の基準値を満たし、犠牲陽極の効果が十分発揮されていることが分かった。また、防食電流によって、犠牲陽極の消耗速度が変わるため、PVA-UFC 試験体では防食電流が極めて小さくなることで犠牲陽極の寿命が長くなると考えられる。

4. まとめ

PVA-UFC への犠牲陽極式電気防食の適用の結果を以下にまとめる。

- 1) 通電中の電流密度は小さいものの、犠牲陽極の効果を示す 100 mV 基準の復極量を満たし、防食効果が十分発揮されていると判断された。
- 2) 復極速度が極めて小さくなることから 24 時間では防食効果の正しい判定は難しいものと思われる。

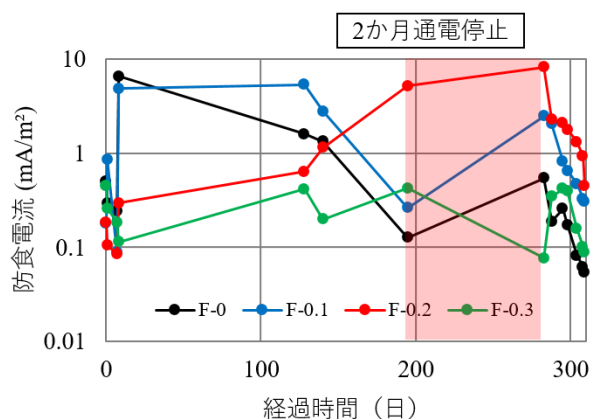


図-3 通電中の防食電流密度

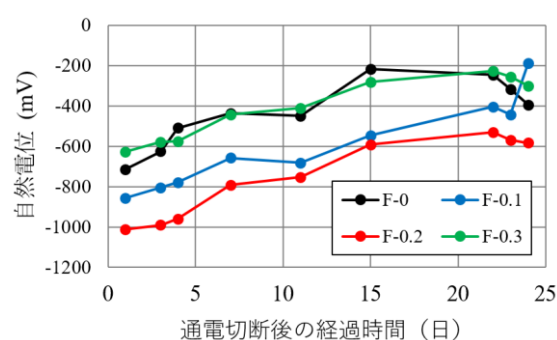


図-4 通電切断後の自然電位

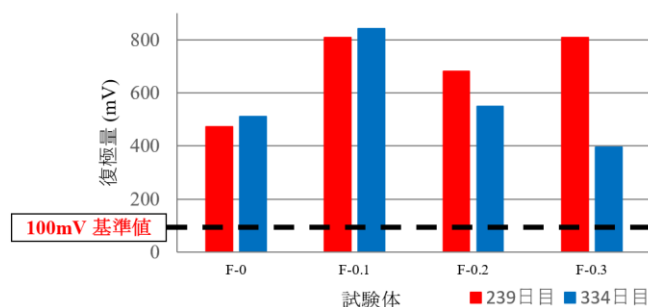


図-5 各試験体の復極量

参考文献

- [1] Muhammad Akbar Caronge : A Study on the Effectiveness of Cathodic Protection for Steel Bars in Concrete Structures, 九州大学博士論文, 2015
- [2] 濱口祥輝:PVA 繊維を用いた超高強度繊維補強コンクリートの材料特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, pp.295-300, 2015
- [3] 土木学会: 鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向—コンクリート委員会腐食防食小委員会報告—, p.123, 1997

謝辞: PVA-UFC の材料を提供していただきました(株)エスイー様と、犠牲陽極を提供していただきました(株)デンカ様にお礼を申し上げます。