発錆鉄筋を再打設した際の電気化学的特性について

九州大学大学院　学生会員○多田　昂平　　九州大学大学院　正会員　　濵田　秀則
九州大学大学院　正会員　　佐川　康貴　　九州大学大学院　学生会員　池田　隆徳

1. はじめに

現在，鉄筋腐食診断に関する非破壊検査法として，自然電位法，分極抵抗法，電気抵抗法などの電気化学的方法が開発され，一部では実用化されている。自然電位法は比較的簡易な装置を用いて行えるため，実構造物での鋼材の腐食の有無を診断する際に積極的に活用されているが，様々な要因の影響を受けて変動することから，実際の鋼材の腐食状態と一致しないこともある。筆者らは，既往の研究[1)]において，供用後 75 年が経過した RC 実構造物主桁の主鉄筋の自然電位を計測した（**図-1**)。図中，丸印で示すデータ（外海中段丸鋼，外海上段丸鋼）は極めて激しく腐食していたにも拘わらず，自然電位は非常に高い(貴)結果となった。この理由として，材齢 35 年において断面補修を行った際に，すでに錆びた状態で再度埋設されたためと推定された。

そこで本研究では，この現象を再確認するために，既に発錆した鉄筋をモルタル中に埋設し，その電気化学的計測を行ったので，結果を報告する。

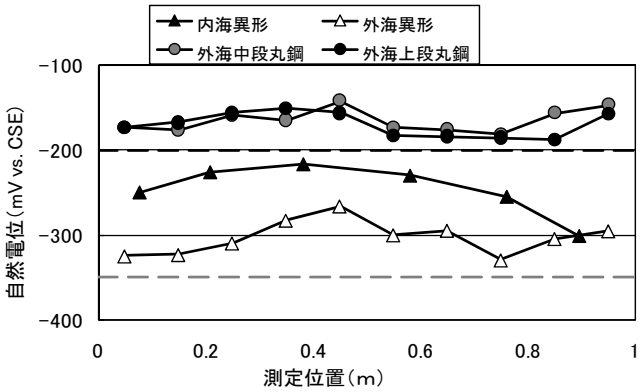

図-1　実構造物の自然電位測定結果

2. 実験概要

2.1　使用材料および供試体概要

本研究で使用したモルタルの配合および使用材料を**表-1, 表-2** に示す。供試体の形状・寸法を**図-2** に示す。かぶりを 10mm とし，寸法は 135mm×135mm×50mm とした。なお，鉄筋は供試体 1 体に付き 2 本配置し，片方は腐食面積率 100%の鉄筋（A(100%)），もう一方は光沢の残る状態の鉄筋(B(0%))とした。A(100%)の鉄筋は，過去にモルタル中に埋設した状態で塩水乾湿繰返しを行い，腐食面積率 100%となったものをはつり出し，再使用したものである。**写真-1** に A(100%)の鉄筋を示す。打設後 1 日で脱型を行い，脱型後 28 日間水中養生した。その後，塩化物イオンを一次元的に浸透させるために打設面の対面となる 1 面を除く 5 面をエポキシ樹脂により 2 層被覆した。

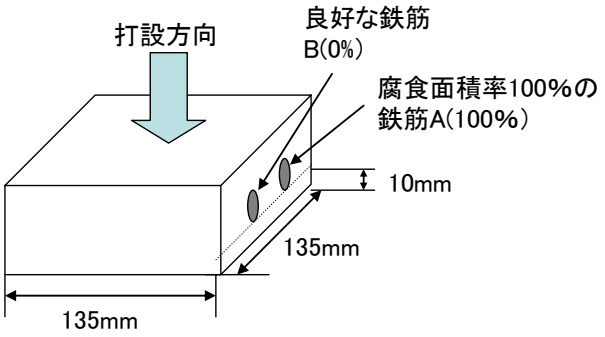

図-2　供試体概要

表-1　モルタルの配合

W/C(%)	単位量(kg/m^3)		
	W	C	S
50	255	510	1508

表-2　使用材料

使用材料		物性
セメント	普通ポルトランドセメント	密度:3.16g/cm^3
		比表面積:3250cm^2/g
細骨材	海砂	表乾密度:2.55g/cm^3
		吸水率:1.56%
		粗粒率:3.02
鉄筋	普通丸鋼	SGD400-D φ13mm

2.2　試験方法

NaCl 換算で 3%とした塩水溶液に浸漬 2 日，乾燥 5 日を 1 サイクルとする乾湿繰返しを行った。試験開始後，1 サイクルごとに自然電位および分極曲線を測定した。

キーワード　鉄筋腐食　不動態被膜　自然電位法　分極曲線　断面補修
連絡先　〒819-0395　福岡市西区元岡 744 番地　　TEL:092-802-3387　Fax:092-802-3387

3. 実験結果および考察

3.1 自然電位測定結果

図-2に自然電位の経時変化を示す。A(100%)とB(0%)の自然電位に大きな違いは見られず，表-3 に示すASTM腐食判定基準によれば90%以上の確率で腐食なし，または不確定という結果となった。しかし，実際には A(100%)の鉄筋は腐食しているので，腐食判定基準とは一致していない。鉄筋が不動態状態にある時はアノード反応が抑制され，この時の腐食電流は極めて小さく，自然電位は高い値(貴)を示すとされている。このことから，A(100%)の鉄筋については，表面の錆膜が不動態被膜と同じような働きをしているために，自然電位が貴となったものと推定される。

表-3 ASTM C 876の腐食判定基準

自然電位(E)	鉄筋腐食の可能性
-200mV≦E	90%以上の確率で腐食なし
-350mV＜E＜-200mV	不確定
E≦-350mV	90%以上の確率で腐食あり

銅/硫酸銅照合電極基準(CSE)

写真-1 腐食面積率100%鉄筋 -A(100%)-

3.2 分極曲線測定結果

図-3に分極曲線より求めた不動態グレードの経時変化を示す。不動態グレードは大即により提案されているものであり [2)]，数値が大きいほど不動態の状態はよいと判断する指標である。A(100%)の方が若干不動態グレードは低くなる傾向を示しているが，A(100%)とB(0%)の不動態グレードはほぼ同等であり，両方の鉄筋に不動態被膜の形成が認められるという判定結果となった。この結果からも，A(100%)の鉄筋については，表面の錆膜が不動態被膜と同じような働きをしていることが推察された。なお，A(100%)の鉄筋において不動態被膜が再度形成された可能性もあるが，検証はできておらず，今後の検討課題とする。

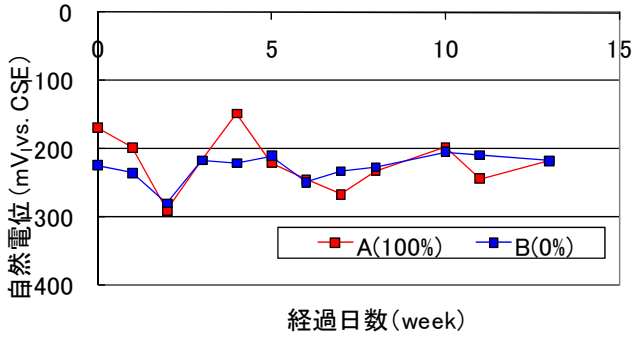

図-3 自然電位の経時変化

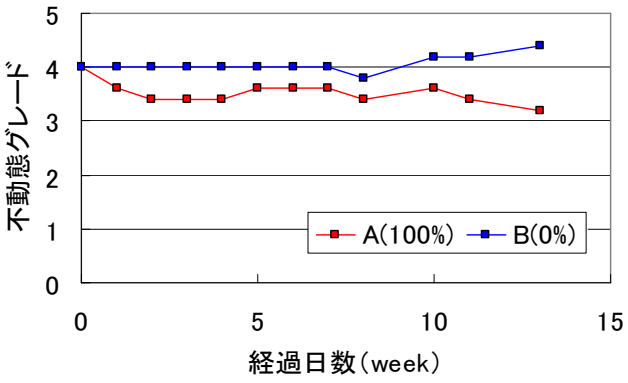

図-4 不動態グレードの経時変化

4. 結論

(1)腐食した状態でモルタルに埋設した鉄筋と良好な状態で埋設した鉄筋では，自然電位はほぼ同等の値を示し，腐食していない，という判定結果となった。

(2)分極曲線の測定結果から判定した不動態のグレードも，両鉄筋でほぼ同等の値を示し，不動態被膜が健全な状態にある，という判定結果となった。

(3)以上の結果から判断すると，断面修復をする際には鉄筋表面の錆層を適切に残すことにより，補修後の腐食を抑制できる可能性があるものと考えられる。ただし，今後，さらにデータを蓄積していく必要がある。

【参考文献】

1)佐川康貴，森川亮太，濵田秀則：断面補修を行ったRC橋の塩害環境下における鋼材腐食に関する考察，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，Vol.9，pp.97-102，2009.10

2)大即信明：コンクリート中の鉄筋腐食に及ぼす塩素の影響に関する研究，港湾技術研究所報告，Vol.24，No.3，pp.183-283，1985