

V-301

自然電位法に影響する要因と鉄筋腐食に関する実験的研究

日本コンクリート工業 正会員 小寺 満、同 土田伸治

1. はじめに

近年、非破壊検査法を用いたコンクリート中の鉄筋腐食状態の評価が研究され¹⁾、一部で実用化されている。その中でも自然電位法は ASTM 基準に示されるなど注目されている手法の 1 つであるが、塩害に対するものであるため、実用上の問題も少なくない。そこで本研究では、自然電位法による鉄筋腐食状況評価に及ぼす主要因を取り上げ、それらが測定値に及ぼす影響について検討し、さらに鉄筋腐食状況と測定値の関係について実験的に検討を行った。

2. 実験概要

実験は、大きく分けて次の 2 つの実験を実施した。実験①では、自然電位に及ぼす各種要因の影響を検討するために矩形はり試験体により行い、実験②では、自然電位の分布状態と鉄筋腐食の関係を検討するためにスラブ試験体により行った。

実験①の矩形はり試験体は、表-1に示す条件の組み合わせで計 37 体を所定の NaCl 量の塩化物をとけ込ませた練り混ぜ水を用いてコンクリートを打設し、気中あるいは蒸気養生を施した。脱型した試験体の自然電位の初期値を計測し、かぶりコンクリートが中性化するまで強制中性化槽(CO₂ 濃度 10%, 温度 60℃)に静置した。その後、JCI-SC2 に従ってオートクレーブ法(AC 法)による劣化促進を行い、任意のサイクルで自然電位を計測し、最終的に試験体の鉄筋をはつりだして腐食状態を確認した。

実験②のスラブ試験体は、表-1に示す条件の組み合わせで計 23 体を矩形はり試験体と同様の手順で製作・計測し、一部の試験体を強制中性化させた。その後 8 時間湿潤、16 時間乾燥を 1 サイクルとした 60℃の人工海水での乾湿繰り返し法による劣化促進を行い、以後同様の手順とした。なお、自然電位の計測は表面に散水 8 時間後に鉄筋直上を測定し、一部の試験体については鉄筋をはつり出す前に分極抵抗を測定した。また、含水率については 10 × 10 × 40 cm 供試体で行った。

3. 実験結果

①塩化物イオンの影響: コンクリート中の塩化物イオン量が自然電位の計測値に与える影響について図-1に示す。縦軸は、塩化物イオン量(Cl⁻) 0 kg/m³に対するそれぞれの塩化物イオン量の場合の自然電位の差を示している。なお、測定した試験体は、脱型後の初期値とする状態での値である。いずれも塩化物イオン量の増加にともなって自然電位は卑側へ移行し、その影響は 3 kg/m³で -20 ~ -200mV、5 kg/m³で -220 ~ -320mV の範囲であった。森本¹⁾が行った実験では塩化物イオン量 4.8 kg/m³に対する変化量が -200mV 程度であり、ほぼ同様の傾向を示した。これは、塩化物イオンによつてかぶりコンクリートの比抵抗が減少すること、拡散電位が発生することなどが影響するためと考えられる。

②中性化の影響: 強制中性化前後の自然電位の変化について図-2に示す。鉄筋かぶり位置まで中性化槽による強制中性化によって、自然電位は「貴」側へ移行した。中性化前には -100 ~ -300mV の範囲であったが、

表-1 試験体寸法・実験の要因と水準

	実験①	実験②
寸法(B × H × L)	75 × 125 × 100 α	40 × 15 × 200 α
W/C	40, 60 %	60 %
Cl ⁻ 量 kg/m ³	0, 3, 5	0, 3
鉄筋(SD295)	D13	D10, D13
かぶり	10, 20 mm	20, 30 mm
強制中性化	有	有、無
劣化促進法	AC	乾湿繰返

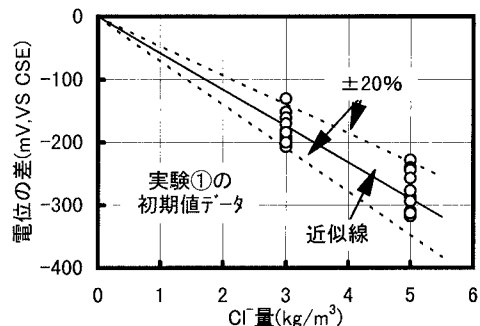


図-1 塩化物イオンの影響

キーワード: 自然電位法、鉄筋腐食、鉄筋コンクリート、塩化物イオン、中性化

茨城県下館市伊佐山 218-3 ・ TEL 0296 (28) 3396 ・ FAX 0296 (28) 3886

中性化によって+200 ～-200mV の範囲に移行し、平均で約+100mV 移行したが移行後の範囲は非常に広範囲にばらついていた。この理由として、武若²⁾による拡散電位の理論的解析に見られるように、中性化部分の pH 値およびその勾配・分布が試験体によって異なり、拡散電位差が異なっていることなどが考えられる。従って、中性化による補正電位を計測することが必要である。

③含水率による影響:コンクリート含水率と自然電位の関係について図-3に示す。含水率 0 ～ 1 % の乾燥範囲では計測不能であり、高含水率では多少卑側に移行するが、その中間範囲での含水率による影響は小さいことがわかる。これは、IR ドロップによるものと考えられ、測定面への散水および余剰水の除去などが必要である。

④鉄筋腐食と自然電位:中性化による補正を行った自然電位および参考値として測定した分極抵抗と鉄筋腐食状況の関係を図-4に示す。また、文献³⁾と ASTM C-876 についても併せて示す。自然電位に関しては、ASTM 基準に比較的整合し、-300mV 程度に腐食領域と非腐食領域のしきい値がある結果となった。しかし、筆者らが過去に行った非塩害環境下での調査⁵⁾では-100mV 程度でも腐食が見受けられ、塩害の場合とはしきい値が異なることが得られた。従って、塩分量によってしきい値が異なることが想定される。

なお、本実験の範囲では、水セメント比およびかぶりによる初期電位への影響は明確に現れなかったが、劣化促進の過程においては水セメント比が大きいほどかぶりが小さいほど卑な電位が計測され、これは鈴木⁴⁾の実験結果とも整合した。

4. まとめ

本実験の結果をまとめると次のようになる。

(1)自然電位への影響については、塩化物イオン濃度に比例して卑側に移行し、3 kg/m²で-20 ～-200mV、5 kg/m²で-220 ～-320mV の範囲であった。かぶりコンクリートの中性化によって貴側に移行し、平均で約+100mV であるがそのばらつきは大きい。コンクリート含水率が過度の乾燥、あるいは湿潤状態に無ければ影響は少ない。

(2)自然電位と鉄筋腐食状況の関係には相関があり、ASTM 基準ともほぼ整合する。

本実験では促進劣化法を用いたことなどから、実構造物と異なる可能性が大きい。従って、今後実構造物の測定をとおして、整合性について検討を行う予定である。

参考文献: 1) 森本ほか「塩分を含んだコンクリート中の鉄筋腐食に関する研究」コンクリート工学年次論文報告集,1987

2) 武若「コンクリート中の鉄筋腐食機構と自然電位分布の関係について」12 回セメント・コンクリート研究討論会要旨,1985

3) 中川防蝕工業「塩害環境にあるコンクリート構造物の鉄筋腐食診断システム」中川防蝕技報, No.37, 1989

4) 鈴木ほか「電気化学的測定によるコンクリート中の鉄筋の腐食に関する研究」セメント技術年報 42, 1988

5) 小寺ほか「鉄筋コンクリートのひび割れと鉄筋の腐食に関する長期暴露試験」コンクリート工学 Vol.35, No.2, 1997.2

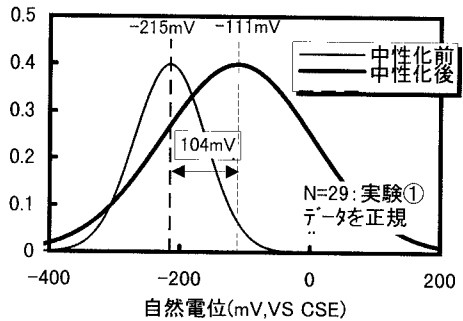


図-2 中性化の影響

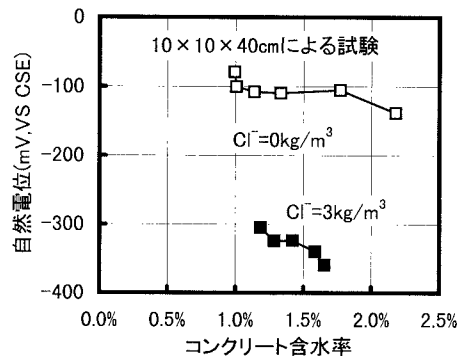


図-3 コンクリート含水率の影響

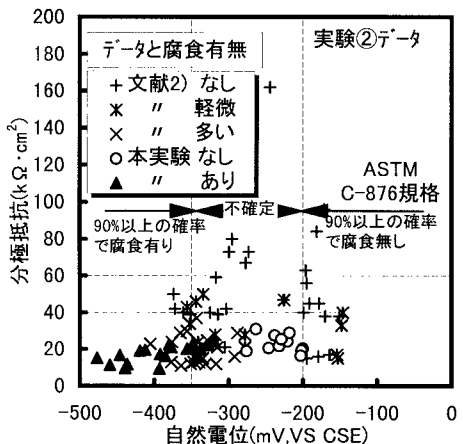


図-4 自然電位と鉄筋腐食状況