

塩分を混入した鉄筋コンクリートの自然電位と腐食に関する研究

独立行政法人土木研究所 正会員 松浦 誠司 正会員 片平 博
正会員 渡辺 博志 正会員 河野 広隆

1. はじめに

鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度は、コンクリート標準示方書ではコンクリート単位容積当たり $0.3 \sim 2.4 \text{ kg/m}^3$ 程度とされ、一般の構造物での設計上の限界値を 1.2 kg/m^3 と定めている¹⁾。一方、塩化物イオンはセメント質量の0.4%までがフリーデル氏塩として固定され、腐食とは無関係であるとして、鋼材腐食発生限界濃度をセメント量に対する比率として定めている例もある²⁾など、鋼材腐食発生限界濃度については統一した見解を得るには至っていない。

このため本実験で、塩化ナトリウムを混入したコンクリートに鉄筋を配置した供試体に対し、乾湿繰り返し促進試験を行い、水セメント比(単位セメント量)、塩化物イオン濃度が自然電位と鉄筋の腐食に与える影響について検討した結果について報告する。

2. 実験概要

単位水量を一定として水セメント比を 40, 55, 70%の3水準とし、表-1に示す11種類の配合について塩化ナトリウムを練混ぜ水に混入した供試体を作製した。

供試体は図-1に示すような $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の大きさの角柱であり、15mmのかぶりとなる位置にD10の異型鉄筋を配置し、材齢1日で脱型後、材齢14日まで湿封養生を行った。暴露面は打設時の供試体下面のみとし、脱型後は暴露面を上にして取り扱った。供試体は材齢28日まで気中養生を行った後、暴露面を除く5面をシリコン系コーキング材を用いてシールした。

これらの処理の後、「塩分を含んだコンクリート中における補強用棒鋼の促進腐食試験方法 - 乾湿繰り返し法(JCI-SC3)」に基づき供試体に乾湿繰り返し(65%相対湿度95%を3日間と12%相対湿度25%を4日間の計7日間を1サイクル)を20サイクル行ない、銀-飽和塩化銀電極を照合電極として自然電位の測定を行った。測定は10サイクルまでは1サイクルに1回、それ以降は2サイクルに1回行った。

乾湿繰り返し20サイクル終了後には、鉄筋をはつりだして腐食状況を確認し、腐食面積率で評価した。腐食面積率は、技術者2名が表面(かぶりコンクリート側)と裏面をそれぞれ目視により判定し、これらの平均値を用いた。2名の判定結果の差は最大で20%、平均で3%であり、ばらつきは小さかった。

3. 実験結果

(1) 自然電位測定結果

乾湿繰り返し試験中の自然電位の一例を図-2に示す。乾湿繰り返し開始直後の1~3サイクル程度で自然電位が最も卑となり、その後サイクルが進むと、わずかに貴へと推移した。この傾向は他の供試体についても同様であった。このため、本報ではその供試体の自然電位を、乾湿繰り返しサイクル数1~20サイクルまでの測

表-1 配合条件および塩化物イオン含有量

W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	W (kg/m^3)	C (kg/m^3)	塩化物イオン含有量				
					上段: (kg/m^3) 下段: (セメント量に対する質量%)				
40	45	4.5	160	400	0.6	1.2	2.5	5.0	
					0.15	0.63	1.25		
55	45	4.5	160	291	0.0	0.6	1.2	2.5	5.0
					0.00	0.21	0.41	0.86	1.72
70	45	4.5	160	229	0.6	1.2	2.5		
					0.26	0.52	1.09		

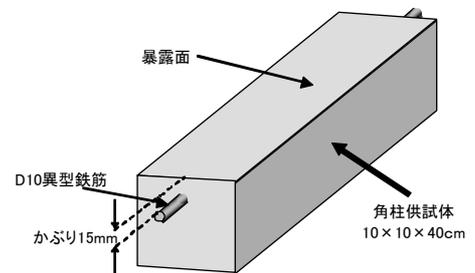


図-1 供試体

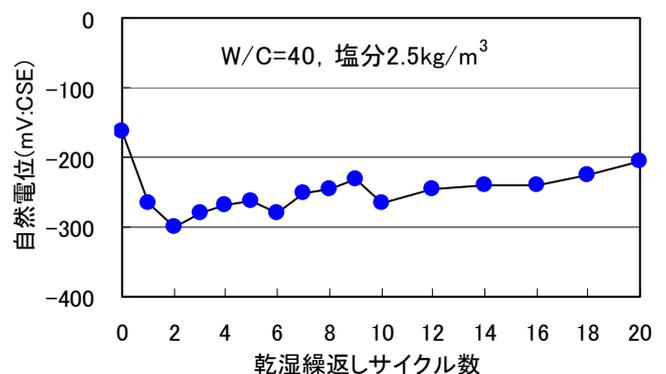


図-2 自然電位測定例

キーワード 塩化物イオン, 鉄筋腐食, 自然電位, 腐食発生限界, 単位セメント量

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 土木研究所技術推進本部構造物マネジメント技術チーム TEL029-879-6761

定値を平均した値で表すこととした。ただし、明らかにエラーと思われる測定値は除いた。

(2)各配合と腐食面積率

各配合の腐食面積率を図-3に示す。水セメント比および塩化物イオン含有量が大きくなるほど、腐食面積率が大きくなった。

(3)自然電位と腐食面積率

自然電位と腐食面積率の関係を図-4に示す。自然電位が卑になるほど腐食面積率は大きくなる傾向が見られた。すなわち、自然電位が卑となるほど鉄筋腐食傾向は大きいと言える。概ね自然電位が -200mv よりも卑であれば何らかの鉄筋の腐食が発生しており、自然電位が卑となるほど腐食が進行している傾向が見られる。しかし、自然電位が -200mv よりも貴であっても鉄筋の一部に腐食が見られた供試体もあった。この結果は従来の鋼材腐食の判定基準（例えば3）、4）など）と一致するものである。

また、自然電位と腐食面積率の関係には、水セメント比の影響が認められなかった。

(4)塩化物イオン量と腐食面積率

塩化物イオン量と鉄筋腐食面積率の関係を図-5(1)、(2)に示す。

塩化物イオン量をコンクリートの単位容積当たりの質量で表した場合(図-5(1))、水セメント比により腐食面積率が異なった。一方、塩化物イオン量を単位セメント量に対する割合で表すと(図-5(2))、質量の絶対値で表すのと比較して水セメント比の違いによる腐食面積率の差が小さくなり、塩化物イオン量と鉄筋腐食面積率の相関が高くなる傾向が見られた。

このことの一因として、水セメント比が大きい配合は、単位セメント量が少なく、コンクリート中の塩化物イオン量が同一であっても相対的に単位セメント量に対する塩化物イオン量が大きいため、固定化されない塩化物イオン量が多くなることなどが考えられる。このように、本実験の範囲では、塩分量を単位セメント量に対する割合として表した方が、鉄筋の腐食に与える影響をよりの確に表現できると考えられる。

4. 結論

あらかじめ塩化物を混入した鉄筋コンクリート供試体に乾湿繰返し促進試験を行い、自然電位および鋼材腐食に与える影響について検討した結果をまとめると、以下ようになる。

(1)水セメント比および塩化物イオン量が大きくなるほど鋼材の腐食は進行しやすい傾向にある

(2)自然電位と鋼材腐食の関係には水セメント比の影響は見られない

(3)塩化物イオン量は、コンクリートの単位容積当たりの量よりも、セメント量に対する比率で表す方が、鋼材の腐食との相関性が高い

参考文献

- 1)2002年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕pp24-28 土木学会
- 2)コンクリート構造物の耐久性シリーズ塩害()技報堂出版
- 3)非破壊検査を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル 技報堂出版
- 4)ASTM C876-91:Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Steel in Concrete

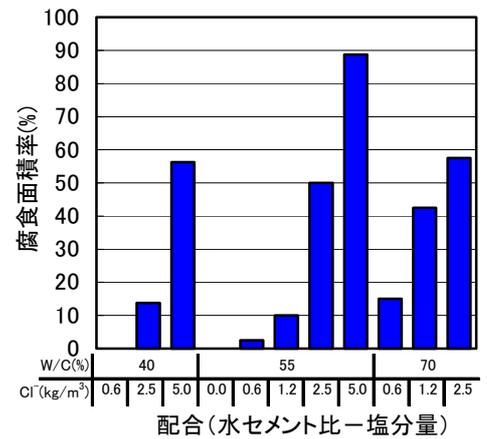


図-3 各配合と腐食面積率

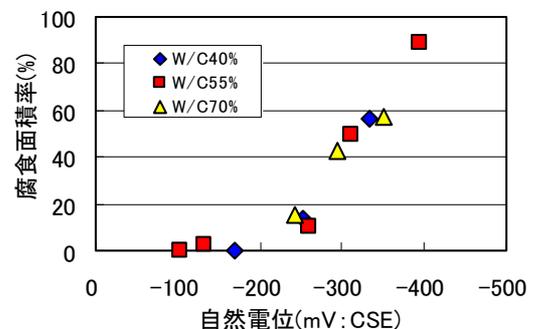
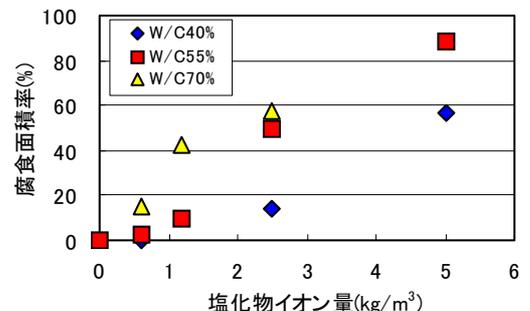
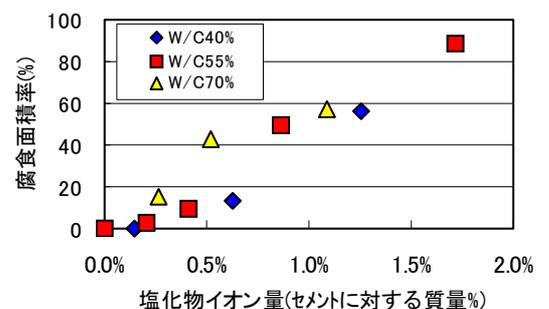


図-4 自然電位と腐食面積率



(1)コンクリートの単位容積当たりの塩化物イオン量



(2)単位セメント量に対する塩化物イオン量

図-5 塩化物イオン量と腐食面積率