

塩分浸透過程における電気化学的鉄筋腐食測定法の適用性について

三井住友建設（株） 正会員 斯波 明宏
 三井住友建設（株） 正会員 樋口 正典
 三井住友建設（株） 正会員 藤田 学

1. はじめに

現在、鉄筋腐食の非破壊検査は、主に電気化学的測定法による評価によって行われている。なかでも自然電位法と分極抵抗法が最も多く適用されているが、測定結果に及ぼす影響因子に対して十分に解明されている状況とは言えない。さらに影響因子に対する過去の実験や研究の多くは、練混ぜ時に塩分を混入して模擬している場合が多く、厳密には外部からの塩分浸透状態とは異なると考えられる。また初期に塩分を混入する場合は、塩分が浸透していく過程での測定ができないという大きな欠点がある。

そこで本研究では、鉄筋コンクリート供試体に対し、高濃度の塩水を噴霧することにより、塩分を浸透させた場合の自然電位と分極抵抗の経時変化を調べ、水セメント比およびかぶり厚がそれらに及ぼす影響を検討した。

2. 試験概要

供試体の配合を表 - 1 に示す。配合の相違が測定結果に及ぼす影響を調べるため、水セメント比は70%、55%、40%の3種類とした。供試体は幅150mm×高さ150mm×長さ500mmの直方体で、かぶり厚の大小が測定結果に及ぼす影響も調べるため、側面側に異形鉄筋D16をかぶり20mmおよび40mmとなるよう配置した。供試体は、屋外に約1年間自然暴露し、その後、塩水噴霧試験による測定を行った。

塩水噴霧試験では、供試体の測定面を除く全ての面にエポキシ樹脂を塗布し、測定面を上向きにして試験槽に設置した。試験方法は、10%塩化ナトリウム水溶液の1時間の噴霧と、約30の恒温条件で23時間の乾燥を1サイクルとした。自然電位と分極抵抗の測定は、供試体端部より20mmほど露出させた鉄筋にアースを接続し、供試体側面中央の鉄筋直上で測定し、約1週間毎に約3ヶ月間実施した。なお、自然電位の測定に用いた照合電極は飽和塩化銀電極(Ag/AgCl)である。

一方、上記と同配合の幅100mm×高さ100mm×長さ400mmの供試体を別途作製し、同様の条件下で塩分浸透深さおよび塩分量の測定も行った。塩分浸透深さの測定は、0.1N硝酸銀水溶液をコンクリート切断面に噴霧することにより白く呈色した深さを測定する方法によって行った。また、塩水噴霧試験終了後、供試体中の鉄筋を取り出し、実際の腐食状況について、目視観察による確認を行った。

3. 測定結果

まず初めに塩分浸透深さの経時変化を図 - 1 に示す。いずれの供試体においても、測定範囲内ではほぼ直線的に塩分浸透深さが大きくなっており、水セメント比の相違が顕著に現れる結果となった。ただし、3ヶ月経過時点においても、水セメント比55%および40%についてはかぶり40mmまで塩分が十分浸透するまでに至らなかった。

表 - 1 供試体配合

W/C (%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
				W	C	S	G	AE 減水剤
70.0	13.5	4.8	45.5	182	260	814	1001	0.78
55.0	12.5	4.7	44.5	175	318	783	1003	0.95
40.0	10.5	4.7	40.0	174	435	667	1027	1.31

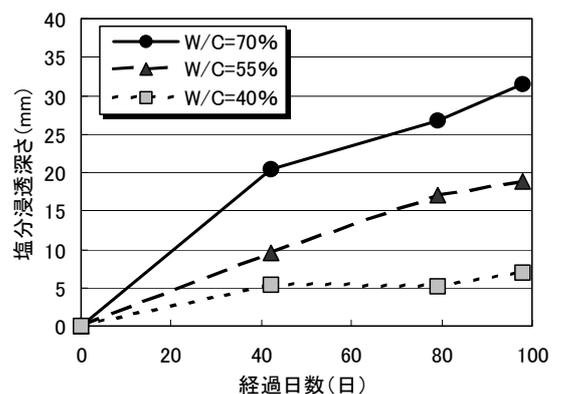


図 - 1 塩分浸透深さの変化

キーワード 塩分浸透, 自然電位, 分極抵抗, 鉄筋腐食

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設（株）技術研究開発本部 TEL 04-7140-5201

次に自然電位の経時変化を図 - 2 に示す。自然電位は CSE 電極基準に換算しており、卑側を + と表示している。凡例中の最初の数字は水セメント比を後の数字はかぶりを表している。

塩水噴霧試験開始前の含水率が約 4% 程度なのに対し、開始後は 1 週間で 10% 以上となり、大幅に含水率が上昇した。それに伴い、開始前の自然電位がどの供試体も約 -100mV であったのに対し、供試体によって約 100 ~ 300mV 程度、大きく卑に移行した。水セメント比 70% および 55% のかぶり 20mm はそれ以降も卑側に大きく変動しており、塩分の浸透が大きく影響を及ぼしているものと考えられる。水セメント比 70% と 55% では水セメント比による相違およびかぶりによる相違が明確に現れる結果となった。ただし、水セメント比 40% についてはかぶりの相違が不明瞭で、塩分の浸透が少ないにもかかわらず、かなり卑な傾向を示していることから、低酸素状態の影響を受けている可能性がある。

分極抵抗の経時変化を図 - 3 に示す。分極抵抗についても試験開始後は試験開始前の測定値から大きく減少した。水セメント比 70% かぶり 20mm の場合は 20 日頃で収束し、水セメント比 55% かぶり 20mm の場合は 50 日頃に減少し、その後収束している。これは塩分浸透による腐食速度の変化と考えられる。水セメント比 70% および 55% かぶり 40mm の場合は比較的分極抵抗が大きくかぶりの相違が見られるが、水セメント比 40% は自然電位と同様、かぶりによる違いが不明瞭である。

最後に 3 ヶ月経過時の塩化物イオン量測定結果を図 - 4 に示す。図の実線は各測定値をフィックの拡散方程式の解を用いて回帰したものである。水セメント比 70%、55%、40% 供試体の見かけの拡散係数はそれぞれ 13.3、4.6、1.6 $\text{cm}^2/\text{年}$ であった。また、表面塩化物イオン量は 10 ~ 11 kg/m^3 であり、コンクリート標準示方書¹⁾のコンクリート表面における塩化物イオン濃度表では飛沫帯と汀線付近の中間に該当する濃度である。

試験終了後、内部の鉄筋を取り出して腐食状況を確認した結果、水セメント比 70% および 55% かぶり 20mm では一部で腐食が確認されたが、その他については、ほとんど腐食していなかった。

4. まとめ

本実験で明らかとなった事項を以下に示す。

- ・ 塩水噴霧試験では、飛沫環境に近い状態で促進試験が可能であり、コンクリートを自然電位などの測定に適した高含水状態に維持できる。
- ・ 水セメント比が大きい場合は、塩分浸透過程における電気化学的測定値の変化を捉えることが可能である。
- ・ 水セメント比が大きい場合は、かぶりや水セメント比による電気化学的測定値の相違が明瞭になる。

参考文献

1) 土木学会：2002 年制定コンクリート標準示方書 [施工編], pp.25

謝辞

本実験でご協力頂いた東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻の赤津雅之君に深く感謝いたします。

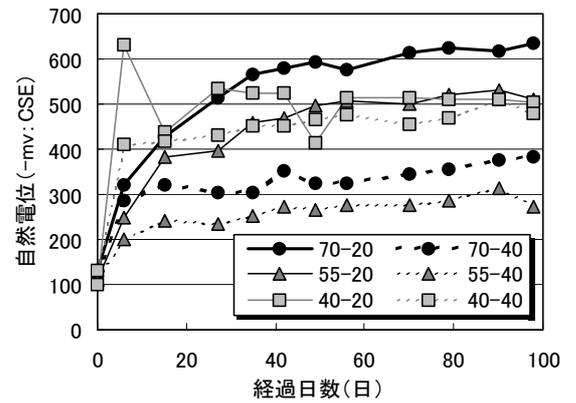


図 - 2 自然電位の変化

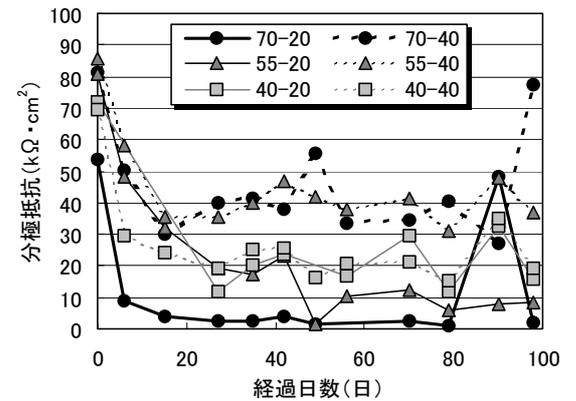


図 - 3 分極抵抗の変化

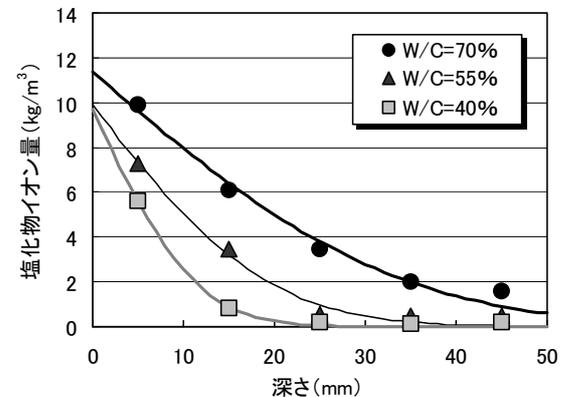


図 - 4 3 ヶ月経過時の塩化物イオン量分布