

モルタルに埋設された鉄筋の下面の空隙が腐食に及ぼす影響

九州大学大学院 学生会員 高橋 勝也
九州大学大学院 正会員 佐川 康貴

九州大学大学院 正会員 濱田 秀則
九州大学大学院 学生会員 森川 亮太
九州大学工学部 学生会員 池ノ平 勉

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化の原因の一つである鉄筋の腐食は、多くの要因に影響を受ける。種々の要因のうち、コンクリートの材料分離によって発生する鉄筋下面の空隙が鉄筋腐食に及ぼす影響について既に報告されている¹⁾ものの、十分な研究はなされていない。本研究では鉄筋下面に生じた空隙の面積と、鉄筋の腐食との関係について検討した。

2. 試験概要

表-1に使用材料を、表-2にモルタルの配合を示す。図-1に供試体の形状および寸法を示す。供試体は、塩分浸透面よりかぶり3cmとなるように鉄筋を2本埋設した供試体A~C、3本埋設した供試体D、Eの5つとした。鉄筋埋設2本の場合は、打設面から近い順に鉄筋を鉄筋No.1、鉄筋No.3とし、鉄筋埋設3本の場合は、打設面から近い順に鉄筋を鉄筋No.1、鉄筋No.2、鉄筋No.3とした。

供試体は、モルタルを練り混ぜ後、型枠に2層に分けて詰め、セメント強さ試験用のテーブルバイブレータで充填させた。材齢1日で脱型、7日間水中養生した後、28日間気中養生を行い、塩分浸透面を除く5面をエポキシ樹脂により被覆した後、塩水乾湿繰返し試験を開始した。本実験は塩水浸漬2日、乾燥5日を1サイクルとし、97サイクル後、以下に示す項目の測定を行った。なお、塩水は、NaCl換算で10%とした。

- (1)全塩化物イオン濃度:塩化物イオン浸透面側の鉄筋表面位置のモルタルの塩分をJIS A 1154に準拠し測定した。
- (2)腐食面積率:セロハンに腐食状況を写し取り、展開図を作成し算出した。
- (3)鉄筋下面の空隙面積:供試体を鉄筋に対し直交に切断し、鉄筋下面に発生した空隙を顕微鏡で観察し、その面積を算出した。

3. 試験結果および考察

写真-1に鉄筋断面写真、写真-2に鉄筋の腐食状況(ともに供試体B、鉄筋No.1)を示す。写真-1より、鉄筋の下面には空隙が生じていることが分かる。また、写真-2から鉄筋の上面と比較して下面の腐食が進行していることが確認できる。これは他の鉄筋についても同様の傾向を示した。このことから、本実験で使用した供試体の鉄筋の腐食には、ブリーディングによって鉄筋下面に発生した空隙が影響し

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 密度 $3.16\text{g}/\text{cm}^3$ 、比表面積 $3250\text{cm}^2/\text{g}$
細骨材	海砂:表乾密度 $2.56\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率 2.12%
鉄筋	普通丸鋼:SR235 $\phi 13\text{mm}$

表-2 モルタルの配合

W/C (%)	単用量(kg/m^3)		
	W	C	S
60	269	448	1508

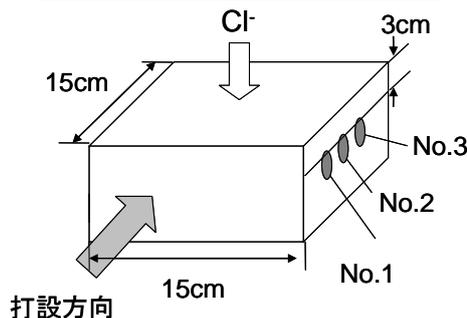


図-1 供試体の形状および寸法

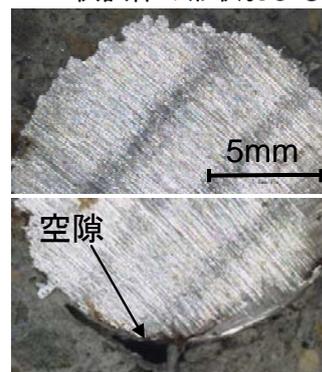


写真-1 鉄筋断面(供試体B鉄筋No.1)



写真-2 鉄筋腐食状況(供試体B鉄筋No.1)

ていると考えられる。

図-2に鉄筋下面の空隙面積の測定結果を示す。図より、打設面に近い鉄筋 No.1 の下面は鉄筋 No.2, 鉄筋 No.3の下面と比較して空隙が大きい結果を示した。よって、締固めにより供試体内の上部の実際の水セメント比が増大し、打設面に近いほど鉄筋の下面はブリーディングの影響を受けやすく、空隙が形成されたと推測される。

図-3に鉄筋下面の空隙面積と腐食面積率の関係を示す。図から、鉄筋下面の空隙面積が大きいほど、腐食面積率が大きくなる傾向が見られる。

図-4に鉄筋周辺の全塩化物イオン量と腐食面積率の関係を示す。図より、打設面に近い鉄筋ほど腐食面積率が大きいことが分かる。鉄筋 No.2, 鉄筋 No.3に着目すると、鉄筋周辺の全塩化物イオン量が多い鉄筋ほど腐食面積率は大きくなる傾向が見られる。同配合、同環境で暴露されている供試体の場合、鉄筋周辺の塩化物イオン量が多いほど、鉄筋の腐食が進行していると考えられるが、鉄筋 No.1はその傾向は見られなかった。これは、図-2で示したように、供試体 A, Dの鉄筋 No.1の下面の空隙が、他と比較して大きいことが影響しているものと考えられる。

また、鉄筋下面の空隙面積が $0\sim 10\text{mm}^2$, $10\sim 15\text{mm}^2$, $15\sim 20\text{mm}^2$ となるグループで分類し、図-4を整理し着目すると、それぞれのグループには、ある程度の相関が見られ、空隙面積の小さいグループの鉄筋ほど、鉄筋周辺の全塩化物イオン量と腐食面積率の関係の勾配が大きくなる傾向が見られる。このように、発錆限界塩化物イオン濃度は、鉄筋下面の空隙面積の大きさにより異なることから、鉄筋下面の空隙面積ごとに、発錆限界塩化物イオン濃度を整理できる可能性がある。

4. まとめ

本研究では鉄筋下面に生じた空隙の面積と、鉄筋の腐食との関係について検討した。以下に、本研究で得られた知見を示す。

- (1) 打設面に近い鉄筋ほど、下面に発生する空隙が大きい傾向を示した。これは、打設面に近いほど、鉄筋の下面はブリーディングの影響を受けやすいためであると推測される。
- (2) 鉄筋下面の空隙面積が大きいものほど、腐食面積率が大きくなる傾向が見られた。
- (3) 発錆限界塩化物イオン濃度は、鉄筋下面の空隙面積の大きさにより異なり、このことから、鉄筋下面の空隙面積ごとに、発錆限界塩化物イオン濃度を整理できる可能性がある。

参考文献 1) T.U.Mohammed ら：耐久的な RC 構造物とするための設計上の課題について，コンクリート工学，Vol.38，No.11，pp.36-41，2000.11

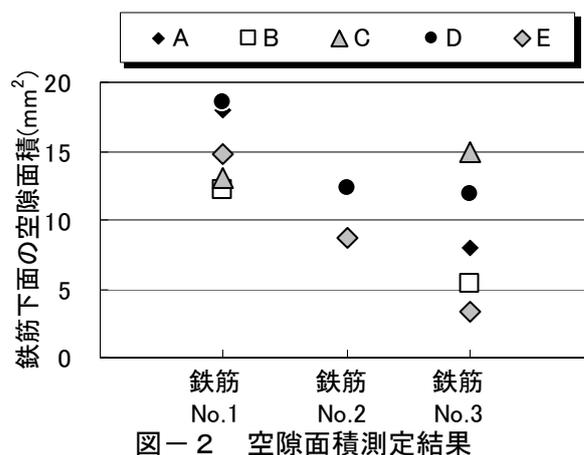


図-2 空隙面積測定結果

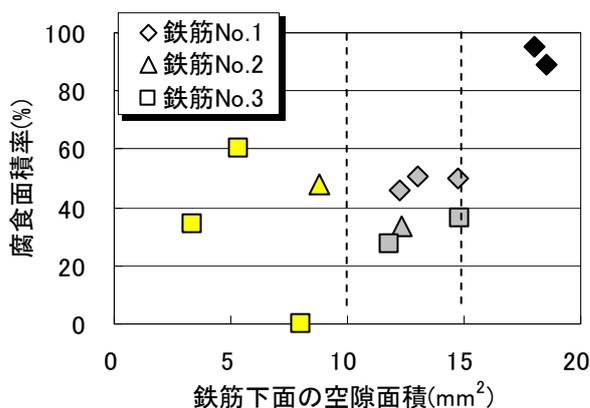


図-3 鉄筋下面の空隙面積と腐食面積率の関係

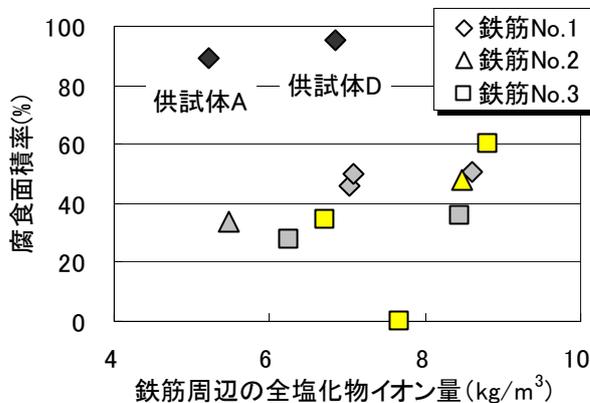


図-4 鉄筋周辺の塩化物量と腐食面積率の関係