

ブリーディングによる塩分の移動・集積

独立行政法人土木研究所 正会員 ○山田 宏 古賀 裕久 渡辺 博志

1. はじめに

従来、一般的な土木構造物ではスランプ 8cm のコンクリートが用いられてきた。しかし近年、施工性を考慮し打込み時点での最小スランプを柔軟に設定することが提案されている。コンクリートのスランプを増大させると、既往の研究からブリーディング量がやや大きくなるおそれがある。

ブリーディング量が大きいと、鋼材下面に空隙が生じたり、ブリーディング水の移動に伴って、コンクリート中の塩分が移動・集積したりすることによって、鋼材の腐食を促進されるおそれがある。そこで本報では、特にブリーディングによる初期塩分の移動・集積について検討した。

2. 実験方法

配合を、表 1 に示す。ブリーディング量に着目した実験であるため、配合 1～3、5 に用いた細骨材はブリーディングが生じやすいように粒径 0.15mm 以下の微粒分をふるい分けて除去した。配合 6 は、ブリーディングが生じない高流動コンクリートとした。配合 7 は、粗骨材の有無の影響を把握する目的で、配合 4 のモルタル部分のみを取り出した配合とした。なお、塩分の移動・集積の傾向をとらえやすくするため、NaCl を混入した。

供試体は、図 1 に示す形状とした。図中の水色は異形棒鋼、赤色は切断位置を表す。供試体 a は、無筋の供試体であり鉄筋が関与しない状況での高さ方向における塩分分布を把握するものとした。供試体 b、c は、異なる高さにおける鋼材下面での塩分の移動・集積の程度を把握するものとした。供試体 d は、一部に重ね継手を模擬し、その影響を把握するものとした。なお、配合 5 は、成形条件の影響を把握するため、過剰な振動締固めを行って供試体を作製した。養生は、20℃試験室内で行い、打設後 14 日目まで封緘型枠内とした。その後は、図 1 に示す箇所を供試体から切り出して、材齢 28 日まで気中養生した。

コンクリート中の塩化物イオン量は、全塩分を電位差滴定法 (JISA 1154) で分析した。また別途、ブリーディング試験 (JISA 1123) も実施した。なお、ブリーディング試験は、過振動条件 (配合 5) のみ、供試体と同様の締固め方法で試料を締め固めた。

3. 実験結果

3. 1 ブリーディング試験結果

ブリーディング試験結果を図 2 に示す。まず、全てのブリーディング試験の結果 (図 2 左) に着目すると、ブリーディングが生じない高流動コンクリート (配合 6) から大幅にブリーディングが生じるコンクリート (配合 3) まで、幅広いブリーディング量の範囲のコンクリートとなり、意図的にブリーディング量を調整したモルタル (配合 7) を除いて、細骨材の微粒分を除去した配合でブリーディング量が大きくなる傾向となった。次に、供試体の成形条件が異なる配合 4、5 (図 2 右) に着目すると、過剰に振動をかけた配合 5 はブリーディング量がかなり大きくなった。

表 1 配合

	成形 条件 (表 2)	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)					添加量 (C×%)			NaCl量 (C×%)
			W	C	S		G	Ad1	Ad2	AE	
					全粒度	微粒分除去					
配合 1	通常	55	175	318	—	803	980	0.00	—	0.0030	1.3
配合 2			150	273	—	903		0.25	—	0.0045	
配合 3			175	318	803	—		0.25	—	—	
配合 4	通常	—	—	—	—	—	—	—	—		
配合 5	過振動	—	—	—	803	—	—	—	—		
配合 6	流込み	35	175	500	654	—	—	1.00	0.0030		
配合 7	通常	55	284	516	1303	—	—	0.25	—		

粗骨材最大寸法：20mm
C：普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³）
S：静岡県掛川産山砂（配合 1～3：密度 2.57g/cm³・吸水率 1.87%、配合 4～7：密度 2.56g/cm³・吸水率 2.23%）
G：茨城県笠間産砕石（密度 2.67g/cm³・吸水率 0.46%）
Ad1：リグニンスルホン酸系 AE 減水剤
Ad2：ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤
AE：変性ロジン酸化物系空気導入剤
※配合 7 は、上表以外にブリーディングを制御する目的で、メチルセルローズ系増粘剤を水に対して 0.075% 用いた。

表 2 成形条件

成形条件	打込み	締固め		
		使用機器	加振面	時間
通常	2層	型枠バイブレータ	両側面	15秒／1側面・1層
過振動	2層	テーブルバイブレータ	底面	120秒／1底面・1層
流込み	1層	なし	なし	なし

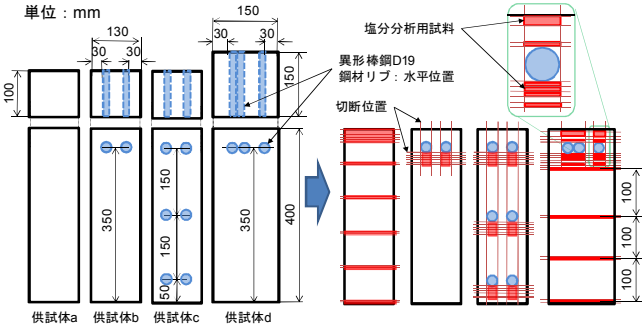


図 1 供試体概要

キーワード ブリーディング，鋼材，塩化物イオン，移動，集積

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独)土木研究所 基礎材料チーム TEL 029-879-6761

3. 2 高さ方向の塩分分布

塩分の移動・集積は、塩分分析で得られた全塩分量を練混ぜ時に混入した塩分量で除した値（塩化物イオン量比）で評価した。なお、全塩分量は種々の影響（分析試料中の粗骨材量等）で若干のばらつきがあるため、塩分量の収支が完全に一致していない。

塩分分布の一例を図3に示す。まず、ブリーディング量の大きな配合3の結果（図3左）に着目する。無筋の供試体aの結果から、上部で塩化物イオン量比が大きくなる傾向が見られた。また、配筋した供試体b, cでは、鋼材直下の塩化物イオン量比が急激に大きくなった。なお、供試体b, cで同じ高さ位置（350mm）では、鋼材直下の塩化物イオン量比は、同程度であった。練混ぜ時に混入した塩分量を超える箇所は、最上部から50mm程度（供試体a）の場所で、また、鋼材下面から数十mm程度（供試体b, c）が顕著であった。

次に、供試体dの結果（図3右）に着目する。供試体の成形条件の異なる配合4, 5では、高さ方向の分布傾向が少し異なり、通常の成形条件の配合4に比べ、過剰に振動をかけた配合5が上部で塩化物イオン量比が大きくなる傾向がより顕著となった。また、どちらの配合も配筋条件が異なっても、鋼材直下の塩化物イオン量比は、大きくなった。

塩化物イオン量比が最も大きくなった部分は、ほぼ全ての配合で最上部であり、その大きさは最大2.2倍となった。

3. 3 鋼材直下の塩分集積

鋼材直下の塩化物イオン量比を図4に示す。まず、供試体cの結果（図4左）に着目すると、ばらつきはあるが、上部の鋼材ほど、その直下の塩化物イオン量比が増加する傾向にあった。

次に、供試体d（図4右）に着目すると、ほぼ全ての配合でダブル配筋の方がシングル配筋に比べ、鋼材直下に位置する塩化物イオン量比がやや大きい傾向にあった。

3. 4 塩分集積とブリーディングの関係

シングル配筋で鋼材位置350mmの鋼材直下の塩化物イオン量比とブリーディングの関係を図5に示す。ブリーディングが生じない高流動コンクリート（配合6）で鋼材直下の塩化物イオン量比が1.1倍程度であった。ブリーディング量（または、率）が大きい配合では、鋼材直下の塩化物イオン量比が大きい傾向にあるようにも見受けられたが、その違いは顕著ではなかった。また、分析試料中に粗骨材が存在しないモルタル（配合7）では、あまり顕著な集積程度にならなかった。本検討に用いた配合の範囲では、シングル配筋で練混ぜ時の塩分量の最大1.4倍程度であった。

4. まとめ

- (1) ブリーディングによって、塩分が移動・集積される現象が確認できた。
- (2) 異形鋼材D19・1本の場合、鋼材直下の塩分量は、練混ぜ時の塩分量の最大1.4倍程度であった。

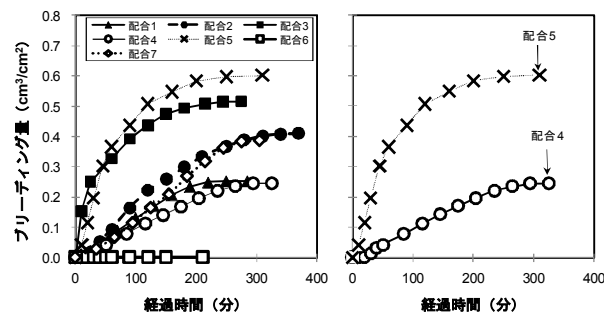


図2 ブリーディング試験結果

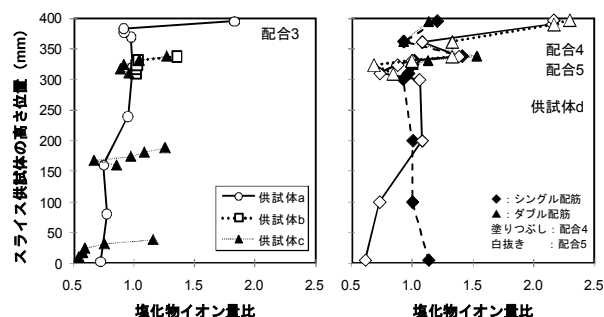


図3 塩分分布の一例

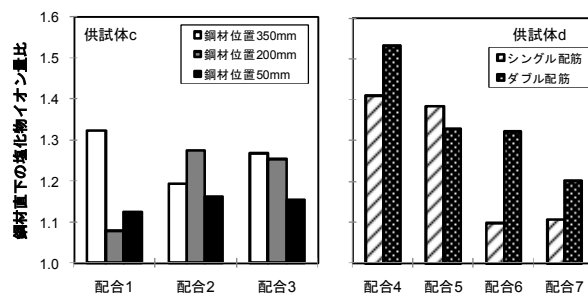


図4 鋼材直下の塩化物イオン量比

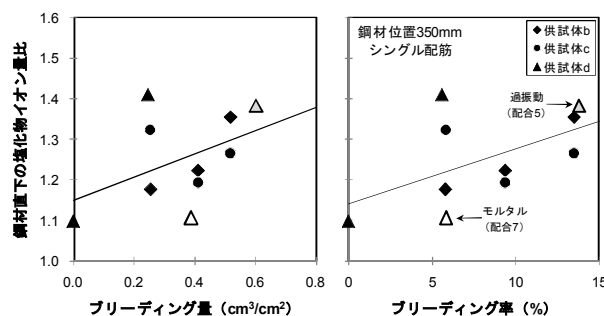


図5 鋼材直下の塩分集積とブリーディングの関係