

低粉体量高流動コンクリートのブリーディングに関する基礎的検討

鉄建建設 ○正会員 岩城 圭介 正会員 福岡 瑛莉奈
正会員 西脇 敬一 正会員 山川 勉

1. はじめに

鉄道高架橋およびラーメン式橋台の柱部材に用いる高流動コンクリートでは、ノンブリーディングが規定される場合があり、これを実現するため比較的高粉体量の高流動コンクリートが用いられている。また、近年一般化されつつある高性能 AE 減水剤増粘剤一液タイプの適用による、ノンブリーディングに向けた低粉体量高流動コンクリートも検討されつつある²⁾。一方ブリーディングに関しては、耐久性の観点から初期ひび割れ低減に寄与する特性として着目されている³⁾。ブリーディングの評価では、積分値であるブリーディング量(率)が一般的に用いられるが、微分値であるブリーディング速度の検討も行われ⁴⁾、ブリーディングのメカニズムが解明されつつある。本研究は、低粉体量高流動コンクリートのブリーディング量とブリーディング速度について検討し、ブリーディングのメカニズムの解明を目的に行った。

2. 試験概要

試験項目・目標値を表-1に、使用材料を表-2に示す。本研究では、自己充填性ランク2に相当する高流動コンクリートを対象とした。またブリーディング速度は、1時間ごとのブリーディング量に基づき算出した。

3. 試験結果

(1) 結果概要

試験結果を表-3に示す。いずれの試験ケースもブリーディング量は $0.1 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ 以下であり、CFTの要求性能⁵⁾を満足する程度に低いレベルであった。中でも、単位セメント量 506 kg/m^3 および単位セメント量 411 kg/m^3 でVMAを使用したケースでは、ノンブリーディングであった。また、最大ブリーディング速度は、単位セメント量、単位水量、細骨材率、SP使用量などの配合要因により大きく変化した。

(2) ブリーディング量

ブリーディング量の経時変化を図-1に示す。図-1には単位セメント量 $411, 348 \text{ kg/m}^3$ およびVMA添加量を変えた結果を示した。既報⁴⁾ではブリーディング量 $0.10 \sim 0.25 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ の範囲で得られた結果を検討しているのに対して、本研究ではさらに、ブリーディング量の少ない $0.1 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ 以下の実験結果について検討した。積分値であるブリーディング量については、いずれも同様のカーブを示し、ある値までは直線に

表-1 試験項目および目標値

試験項目	試験方法	目標値
スランブフロー	JIS A 1150	$65 \pm 5 \text{ cm}$
50cm フロー到達時間		3~15 秒
空気量	JIS A 1128	$4.5 \pm 1.5\%$
U形充填高さ (障害 R2)	JSCE-F 511-2021	300 mm 以上
ブリーディング率/量	JCI-S-015-2018	-

表-2 使用材料

材料	記号	種類および物性他
セメント	C	普通ポルトランドセメント, 密度 3.16 g/cm^3
細骨材	S	陸砂, 表乾密度 2.57 g/cm^3
粗骨材	G	砕石 2005, 表乾密度 2.71 g/cm^3
化学混和剤	SP1	高性能 AE 減水剤, ポリカルボン酸コポリマー
	SP2	高性能 AE 減水剤増粘剤一液タイプ, ポリカルボン酸コポリマーと特殊増粘剤
	VMA	粉末増粘剤, セルロースエーテル系

表-3 試験結果

試験ケース	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)		化学混和剤			スランブフロー (cm)	50cm 到達時間 (s)	空気量 (%)	U形充填高さ (mm)	ブリーディング		
		W	C	SP種類	SP C×% (kg/m ³)	VMA (kg/m ³)					率 (%)	量 (cm^3/cm^2)	最大速度 ($\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)
506-1	49.2	175	506	SP1	1.35	-	62.0	4.2	4.7	354	0.00	0.00	-
506-2	49.6	170			1.45	-	63.5	4.5	5.1	350	0.00	0.00	-
411-1	51.9	170	411	SP2	1.75	-	64.5	3.6	3.7	348	0.32	0.01	0.14
411-2	52.3	165			1.95	-	65.5	4.9	3.5	358	0.19	0.01	0.09
411-3	54.5				2.30	-	63.0	4.5	4.6	349	0.06	0.00	0.05
411-4		2.45			0.025	60.5	5.7	4.2	349	0.00	0.00	-	
411-5	160	2.55			0.050	61.0	6.7	4.0	354	0.00	0.00	-	
411-6		2.30			-	65.0	5.3	4.8	354	0.07	0.00	0.05	
411-7		2.50			-	59.0	7.5	5.2	348	0.07	0.00	0.06	
348-1	48.9	170	348	SP2	1.80	-	64.0	3.3	3.1	352	1.14	0.05	0.44
348-2					2.00	0.025	61.5	3.1	4.8	345	0.59	0.02	0.24
348-3					2.10	0.050	60.0	3.8	5.2	346	0.39	0.02	0.19
348-4					1.80	-	56.0	3.1	4.7	327	0.36	0.02	0.24
348-5					2.30	-	60.0	4.9	4.4	343	0.74	0.03	0.33

キーワード：ブリーディング速度、低粉体量高流動コンクリート、高性能 AE 減水剤増粘剤一液タイプ、増粘剤
連絡先：〒286-0825 千葉県成田市新泉 9-1 鉄建建設 建設技術総合センター TEL 0476-36-2355

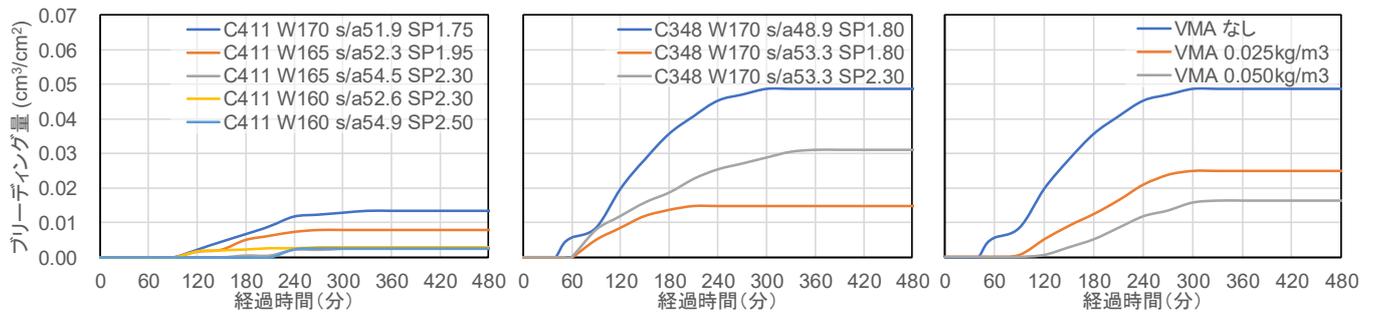


図-1 ブリーディング量の試験結果
(左 : C 414kg/m³, 中 : C 348kg/m³/VMA なし, 右 : C 348kg/m³/VMA 使用量の影響)

近い増加傾向であり、その後は緩やかな曲線を呈して定常（ブリーディング終了）となった。これらからは、ブリーディングのメカニズム推定に有用な情報があまり得られないことがわかる。

(3) ブリーディング速度と経過時間の関係

単位セメント量 348 kg/m³ のブリーディング速度の経時変化を図-2、図-3 に示す。図-2 では VMA なしの 3 配合を比較したが、細骨材率や SP 使用量に影響によりブリーディング量が異なるものの、いずれも 120~180 分にブリーディング速度のピークが認められた。一方図-3 では、VMA 添加量の影響について比較したが、VMA 使用量の増加にともないブリーディング速度が低下するとともに、ブリーディング速度のピークが 240 分程度まで遅延した。

以上より、VMA 使用によるブリーディング抑制のメカニズムとして下記が推定できると考えられる。

- 第 1 ステップ：比重差による材料分離から水みちがで、ブリーディング速度が大きくなる。VMA 無添加系では下部から連続して水が供給され、さらにブリーディング速度は大きくなる。一方、VMA 添加系ではその保水性（水分拘束能）によりブリーディング速度が小さくなる。
- 第 2 ステップ：材料分離による水の供給が少なくなり、ブリーディング速度が低下する。VMA 添加系では明瞭な水みちが生成せず細かな毛細管のみとなるため、ブリーディング速度のピークが遅くなり、かつ大きな値とはならない。
- 第 3 ステップ：VMA 無添加系、添加系共に、ブリーディング速度が減少する。

4. 結論

本研究では、ブリーディングメカニズムの解明を目的に、低粉体量高流動コンクリートにおいてブリーディング量とその速度について検討した。本検討の範囲で得られた知見を以下に示す。

- VMA を添加したケースでは、その保水性のため初期のブリーディング速度が小さく、そのピークも遅れる。これによりブリーディング量が少なくなったと考えられる。
- ブリーディング速度から、VMA によるブリーディング抑制メカニズムを推定した。

【参考文献】

- 東日本旅客鉄道株式会社 建設工事事部 設備部：土木工事標準仕様書，2016.9
- 福岡瑛莉奈ら：ノンブリーディングに向けた低粉体量高流動コンクリートの配合検討，土木学会年次講演会 2021 投稿中
- コンクリートのブリーディング制御に関するシンポジウム，日本コンクリート工学会，2016.3
- 井田浩二ら：低分子量セルロースエーテルのコンクリートへの適用性に関する基礎的研究，その 8 ブリーディングに及ぼすセルロースエーテルの影響，日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）2019 年 9 月
- 一般社団法人 新都市ハウジング協会：コンクリート充填鋼管(CFT)造技術基準・同解説の運用及び計算例等，2015.7

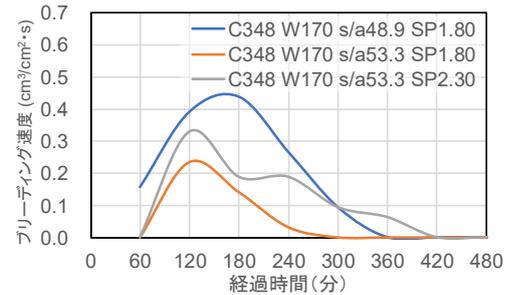


図-2 ブリーディング速度
(C 348 kg/m³, VMA なし)

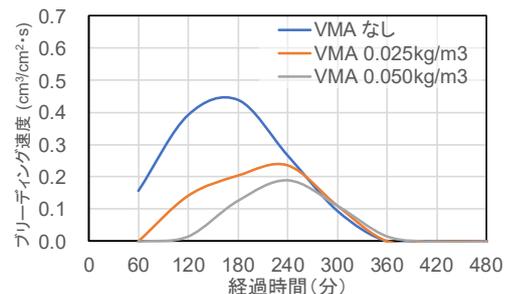


図-3 ブリーディング速度
(C 348 kg/m³, VMA 使用量の影響)