

暑中コンクリートの経時変化及び強度に対するこわばり低減剤の有効性に関する検討

千葉工業大学 学生会員 ○重本 憂大 高須 歩武 渡邊 大河 石川 椋太 正会員 橋本 紳一郎
清水建設 正会員 根本 浩史 フローリック 正会員 西村 和朗 西 祐宜

1. はじめに

現状、暑中コンクリートの課題に、運搬中のスランブ低下、凝結促進、表面の急激な水分蒸発、充填性や締固め性の低下、強度増進の鈍化等がある。これら課題の要因の1つに、こわばりという現象が挙げられる。こわばりは、時間経過によりセメント粒子が可逆的な凝集状態となることで、コンクリートの流動性が低下する現象であり、暑中環境下で助長される。従って、こわばりを低減する混和剤「こわばり低減剤」を暑中コンクリートへ用いることで、前述した課題解決への寄与が期待できるが、暑中環境下でのこわばり低減剤適用後の性状は明らかでない。そこで本研究では、暑中コンクリートの課題解決を目的に、環境温度 30℃以上で製造した暑中コンクリートへこわばり低減剤を適用した際のフレッシュ性状の経時変化、圧縮強度について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び配合

使用材料は、普通ポルトランドセメント(密度:3.16 g/cm³, C)、山砂(表乾密度:2.61 g/cm³, S)、砕石 2005(表乾密度:2.70 g/cm³, G)、AE 減水剤(遅延形, AD)、高性能 AE 減水剤(遅延形, SP)、こわばり低減剤(TR)とした。TR は、オキシカルボン酸塩、グリコールエーテル系誘導体を主成分とし、主成分の組成比率が異なる TR-1、TR-3 の2種類がある。TR-1 は AE 減水剤を用いた配合、TR-3 は高性能 AE 減水剤を用いた配合に使用した。表-1 に配合を示す。配合はスランブと呼び強度の異なる2種類とし、それぞれで TR 添加有無による性状を確認した。

2.2 実験内容

表-2 に試験内容を示す。試験条件は、プラントで2m³のコンクリートを練混ぜ、現場まで30分運搬した後、低速でドラムを回転し続けた場合(攪拌)と、各試験容器内で静置させた場合(静置)の2水準設けた。ベーンせん断試験は、既往の研究¹⁾を参考とし、こわばりの評価を目的に行った。また、振動締固め試験は、振動の反射波を抑えるために発泡スチロールで形成された型枠内の試料を棒状パイププレートにより締固め、その際の振動伝播をパイププレートからの距離25cmに設置した加速度計で計測した。そして得た最大加速度の値を既往の研究²⁾から締固め完了に要する推定締固め完了時間を算出し、こわばりによる締固めへの影響を評価した。また、圧縮強度試験(JIS A 1108)では、養生方法を、標準水中、20℃封緘、現場水中、現場封緘の4水準とした。

3. 実験結果及び考察

表-3 に、基礎性状試験結果を示す。環境温度、コンクリート温度(CT)は、30℃を超えた暑中環境であり、TR

表-1 コンクリートの配合

種別	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
			C	W	S	G	AD	SP	TR
27-12-20N	53.3	44.5	323	172	791	1021	3.23	-	-
27-12-20N+TR-1									0.19
36-18-20N	45.7	46.9	372	170	817	956	-	3.53	-
36-18-20N+TR-3									0.25

表-2 試験実施内容と実施時間

試験条件	試験実施内容	試験実施時間			
		TR 添加からの経過時間 (分)			
		0	30	60	90
攪拌 (実機内で テスト)	基礎性状試験 (スランプ 試験(JIS A 1101), 空気量試験(JIS A 1128), コンクリート温度測定(JIS A 1156))	○	○	○	○
	ベーンせん断試験 ¹⁾	○	○	○	-
	凝結試験(JIS A 1147), フリージング試験(JIS A 1123)	○			
	加振ボックス試験(JSCE-F701)	○			
	振動締固め試験 ²⁾	○	-	○	-
	圧縮強度試験(JIS A 1108)	○			
静置	スランプ試験(JIS A 1101)				
	ベーンせん断試験 ¹⁾	試料採取 静置開始	-	○	-
	加振ボックス試験(JSCE-F701)		-	○	-
	振動締固め試験 ²⁾		-	○	-

表-3 基礎性状試験結果

種別	スランブ (cm)			空気量 (%)			CT (°C)	環境温度 (°C)
	目標	荷降ろし	TR 添加後	目標	荷降ろし	TR 添加後		
27-12-20N	12.0	11.5	-	4.5 ± 1.5	4.8	-	34	30
27-12-20N+TR-1	±2.5	13.5	18.0		3.9	5.1	33	30
36-18-20N	18.0	18.0	-		4.2	-	34	32
36-18-20N+TR-3	±2.5	19.0	24.0		3.9	4.8	33	30

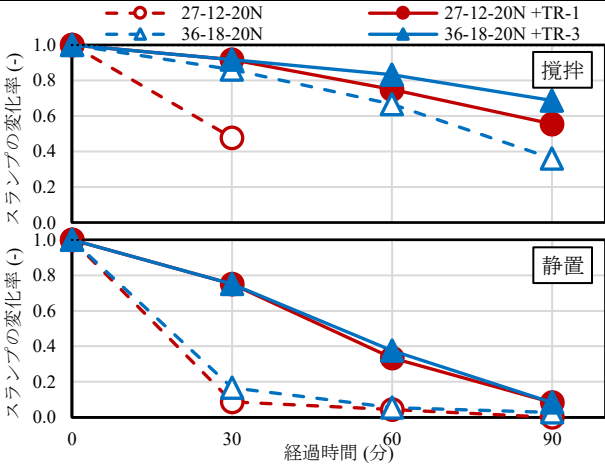


図-1 経時によるスランブの変化率

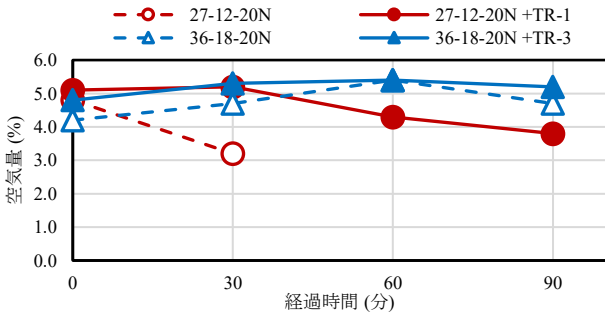


図-2 経時による空気量の変化

キーワード 暑中コンクリート、こわばり低減剤、経時変化、フレッシュ性状、施工性
連絡先 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学 TEL:047-478-0445

によって、スランプ、空気量の増加がみられた。図-1に、スランプの経時変化を示す。両配合とも、攪拌条件よりも静置でのスランプ低下が著しく、静置によりスランプ低下が助長されたと考える。しかし、TR 配合はベース配合と比べ、試験条件によらずスランプ保持性が高く、暑中コンクリートのスランプ低下に対する TR の有効性が示唆された。図-2 に、空気量の経時変化を示す。36-18-20N では、空気量の経時変化はみられず TR の影響は確認できなかった一方、27-12-20N では、TR により経時 30 分でも空気量が保持できる結果となった。

図-3 に、ベーンせん断試験から求めた最大せん断応力の経時変化を示す。ここでは、結果の一例として 36-18-20N を示す。TR 有無によらず、攪拌条件と比べて静置の方が 60 分後の最大せん断応力の変化率は増加しており、こわばりが生じたと推察する。しかし、TR 配合の最大せん断応力の変化率は、試験条件によらずベース配合と比べて小さくなり、この傾向は静置条件において顕著だった。表-4 に凝結試験及びブリーディング試験結果を示す。凝結試験では、TR により始発及び終結時間の 1 時間半程度の遅延を確認できた。また、TR によるブリーディング量の増加は軽微であり、大きな影響は確認できなかった。図-4 に加振ボックス試験結果を示す。TR 添加により、2 つの配合及び全試験条件において、間隙通過速度及び粗骨材量比率が改善する傾向が見られた。この傾向は、試験条件によらず 27-12-20N よりも 36-18-20N の配合において顕著であった。図-5 に振動締固め試験の結果を示す。TR 配合はベース配合と比べて、全ての試験条件で推定締固め完了時間が短縮される結果となった。以上の結果から、暑中コンクリートのこわばりの低減、凝結の抑制、充填性及び締固め性の改善に対して、TR 添加の有効性が示唆された。

図-6 に圧縮強度試験の結果を示す。全ての条件で呼び強度を上回る結果であった。養生条件を比較すると標準養生が最も高く、現場養生は僅かに低い値であった。コンクリート温度が高温の場合、強度が低下することは既知の現象であり、本実験でもベース配合は強度が低下する傾向を示した。36-18-20N では、TR-3 添加による圧縮強度の変化は殆ど確認できなかった。一方、27-12-20N では、TR-1 添加により、養生水準によらずベース配合よりも圧縮強度が増加する結果となり、強度増進の鈍化への有効性が確認された。この結果の傾向は、既往の研究³⁾と同様である。水和過程を確認していないため詳細なメカニズムについては不明だが、コンクリート温度が高く、強度増進の鈍化が懸念される場合、TR-1 の添加が有効である可能性が示唆された。

4. まとめ

暑中コンクリートの課題である運搬中のスランプ低下、凝結の促進、充填性及び締固め性低下等の施工性の経時変化と、強度増進の鈍化に対して TR の有効性が示唆された。

参考文献

- 1) 平野修也，西祐宜：ベーンせん断試験によるフレッシュコンクリートのハンドリングの評価に関する実験的研究，コンクリート工

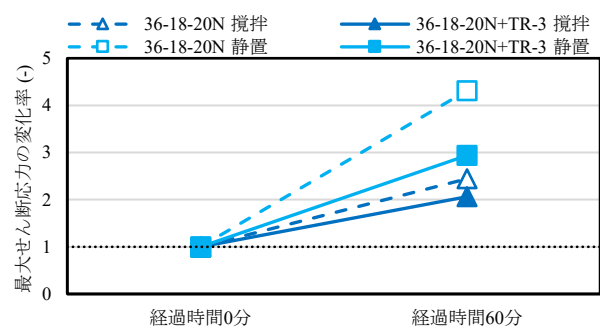


図-3 経時による最大せん断応力の変化率

表-4 凝結試験及びブリーディング試験結果

種別	凝結時間 (h:mm)		ブリーディング量 (cm ³ /cm ²)
	始発	終結	
27-12-20N	2:24	3:21	0.030
27-12-20N+TR-1	4:04	5:02	0.036
36-18-20N	2:53	3:59	0.004
36-18-20N+TR-3	4:11	5:27	0.010

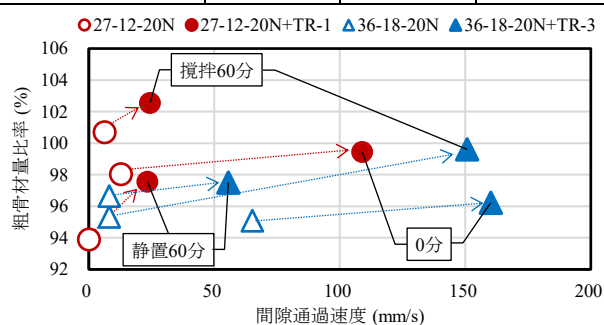


図-4 加振ボックス試験結果

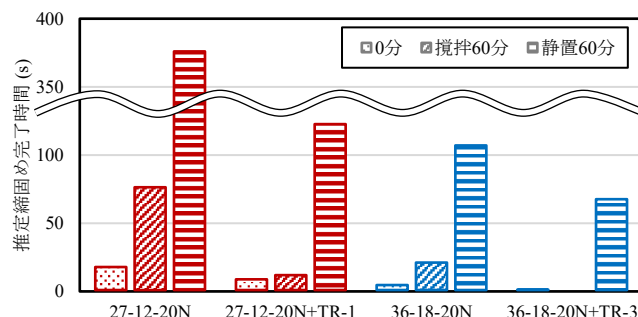


図-5 振動締固め試験結果

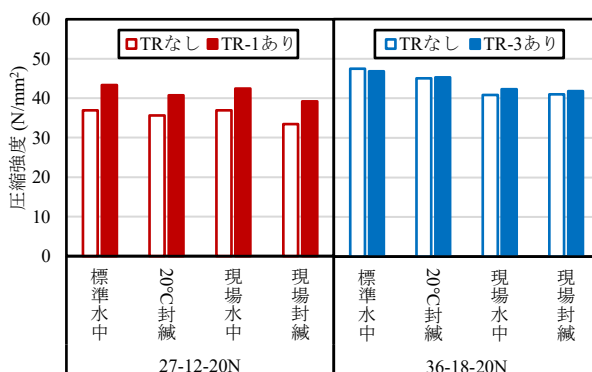


図-6 材齢 28 日圧縮強度試験結果

学年次論文集, Vol.40, No.1, pp.16-19, 2019

- 2) 梁俊，國府勝郎，宇治公隆，上野敦：フレッシュコンクリートの締固め性試験方法に関する研究，土木学会論文集 E, Vol.62, No.2, pp.416-427, 2006
- 3) 橋本紳一郎，西村和朗，西祐宜，根本浩史：暑中コンクリートへのこわばり低減剤の適用性に関する検討，コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.1, pp.772-777, 2022