

暑中コンクリートのこわばり改善に関する実験的検討

千葉工業大学 学生会員○高須 歩武 学生会員 渡邊 大河 学生会員 池田 信義 学生会員 石川 椋太
 学生会員 花咲 魁人 学生会員 加納 龍斗 学生会員 重本 憂大 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

1. はじめに

近年、日本の夏の平均気温は、気候変動に伴い1.16°C/100年(1991~2020)のペースで上昇傾向にあり、暑中環境は過酷化かつ長期化傾向にある。コンクリート標準示方書では、打込み時のコンクリート温度を35°C以下を標準としている。しかし、コンクリート温度が30°Cを超えた場合、運搬中のスランプ低下、長期材齢の強度増進の鈍化、コンクリートの凝結の促進等といった課題が顕在化しており、施工性・品質の低下が顕著になる。これらの課題を引き起こす原因の1つにこわばりという現象が挙げられる。こわばりは暑中環境下で引き起こされやすく、流動性が低下するような現象である。

そのため、本研究では、暑中コンクリートの課題への対応策として、こわばりを低減する化学混和剤を適用し、コンクリート温度30~35°C未満のフレッシュ性状や強度などへの影響を評価した。

2. 実験概要

使用材料は、C:普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³)、S:山砂(表乾密度:2.61g/cm³,粗粒率:2.60)、G:砕石2005(表乾密度:2.70g/cm³,実積率61.0%)、Ad:AE減水剤(遅延形I種)、SP:高性能AE減水剤(遅延形)、TR(こわばり低減剤)とした。表-1にコンクリート配合を示す。配合は、No.1(27-12-20N)とNo.2(36-18-20N)の2種類とし、目標空気量はそれぞれ4.5±1.5%した。双方の配合で、TRを添加していない配合(ベース配合)と現着0分時点(注水から約40分後)にTRを後添加した配合(TR配合)とで評価試験を行った。

評価試験は、コンクリート温度30~35°C未満でスランプ試験、空気量試験と凝結試験およびブリーディング試験を行った後、スランプの経時変化、既往の研究を参考にベーンせん断試験¹⁾や振動締固め試験²⁾、加振ボックス充填試験、強度試験を実施した。フレッシュ試験で試験容器内に現着0分時点の試料を所定の時間静置した場合の性状もあわせて確認した。また、強度試験の養生方法は、標準水中・20°C封緘と現場水中・現場封緘の4水準とした。

3. 実験結果及び考察

コンクリート温度(CT)はすべて30°Cを超えて35°Cに近く、環境温度(AT)は30°C以上で、それぞれ目標値を満たした。表-2にCT、ATを示す。また、TRを後添加したことでスランプおよび空気量が増加する傾向がみられた。続いて、図-1にスランプ試験の経時変化を示す。ベース配合では、通常のスランプよりも静置スランプの方がスランプ低下を生じており、静置の影響によ

表-1 コンクリート配合

配合 No.	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
			W	C	S	G	Ad	SP
1	53.3	44.5	323	172	791	1021	3.23	-
2	45.7	46.9	372	170	817	956	-	3.76

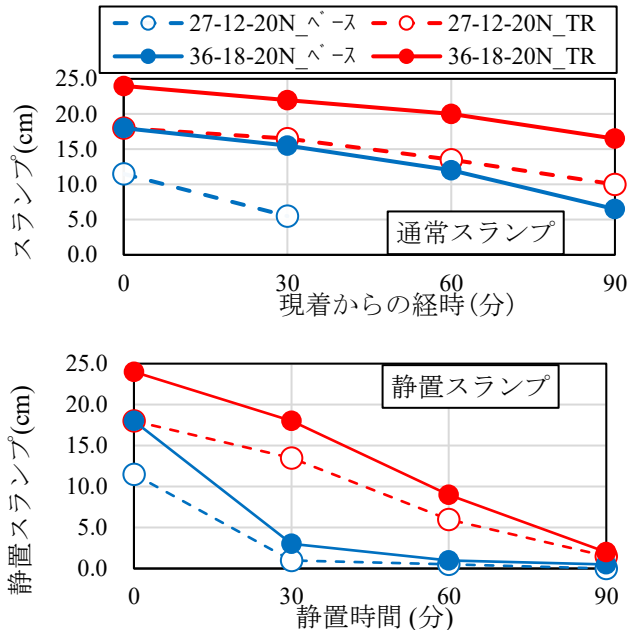


図-1 スランプの経時変化

表-2 コンクリート温度、凝結試験及びブリーディング試験結果

配合	始発 (h:m)	終結 (h:m)	BL量 (cm ³ /cm ²)	Air (%)	SL (cm)	CT (°C)	AT (°C)
27-12-20N ベース	2:24	3:21	0.030	4.8	11.5	34	30
27-12-20N TR	4:04	5:02	0.036	5.1	18.0	33	30
36-18-20N ベース	2:53	3:59	0.004	4.2	18.0	34	32
36-18-20N TR	4:11	5:27	0.010	4.8	24.0	33	30

てスランプ低下が助長されたと考える。しかし、TR配合ではスランプ低下を低減でき、通常のスランプと比較してスランプの保持性が確認できた。この結果、30°C以上のコンクリートの運搬中のスランプ低下の課題に対して、有効に働くと推察する。

表-2に凝結試験及びブリーディング試験の結果を示す。36-18-20Nと27-12-20Nの両方の配合においてもTRを添加したことで始発時間、終結時間ともに1時間半程度の凝結遅延が確認できた。また、TRの添加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。これにより30°C以上のコンクリートの凝結促進の課題に対して、有効に働くと推察する。図-2はベーンせん断試験の結果である。ベース配合の現着と静置を比較して、静置の最大トルク値が増加しており、静

キーワード 暑中コンクリート、こわばり低減剤、静置スランプ、スランプロス、

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

置の影響でこわばりが助長された一方で、TR 配合の場合、ベース配合の結果と比較して現着と静置の双方で、最大トルク値の低減が確認でき、特に静置の結果で顕著にみられた。この結果から、TR が 30℃以上のコンクリートのこわばりの低減に対して、有効に働くと推察する。

図-3 に加振ボックス充填試験の間隙通過速度の結果を示す。TR を添加したことで、間隙通過速度が改善する傾向が見られた。以上より、TR は充填性の低下を改善することに対して、有効に働くと推察する。

図-4 に締固め完了割合の結果を示す。加速度計から得られた最大加速度を既往の研究²⁾を参考に、式(1)に代入することで、最大締固めエネルギーEを、式(2)より、コンクリートのスランブを考慮した締固め完了エネルギーE_{99.5}を算出した。この締固め完了エネルギーE_{99.5}に対する最大締固めエネルギーEの割合、式(3)を締固め完了度合Dとして、各CHごとに評価した。

$$E = \frac{\rho_0 \alpha^2 \max}{4\pi^2 f} t \quad (1)$$

ここで、t: 締固め完了時間(s), f: 振動数(Hz), ρ₀: 示方配合から計算される試料の単位体積重量(kg/m³), α_{max}: 最大加速度(m/s²), E_{99.5}: 締固め完了エネルギー(J/L)

$$E_{99.5} = 11.266e^{-0.191} \cdot SL \quad (2)$$

既往の研究²⁾における本来のスランブの適用範囲は5~15cm程度であり、本実験のスランブ18cm、および静置60分にスランブが5cm以下となった際の締固め完了エネルギーは推定値である。

$$D = \frac{E}{E_{99.5}} \cdot 100 \quad (3)$$

どちらの配合においても、現着0分の結果では、ベース配合の場合、CH1で締固め完了度合100%、CH2で60%程度であったが、TRを添加することで、CH2の締固め完了度合も100%となった。よって、TRがこわばりを低減し、バイブレータの振動エネルギーの伝達範囲が拡大したと考えられる。一方、静置60分ではTRの添加によって、どちらの配合も締固め完了度合はわずかに増加した。

図-5 に材齢 28 日における圧縮強度を示す。36-18-20N と比較して 27-12-20N で、養生水準によらず、TR 配合の強度が増進した。TR 配合の圧縮強度はベース配合と同等もしくは微増した。よって、TR は CT30℃~35℃未満において、暑中コンクリートの課題である強度増進の鈍化に対して、有効に働くと推察する。

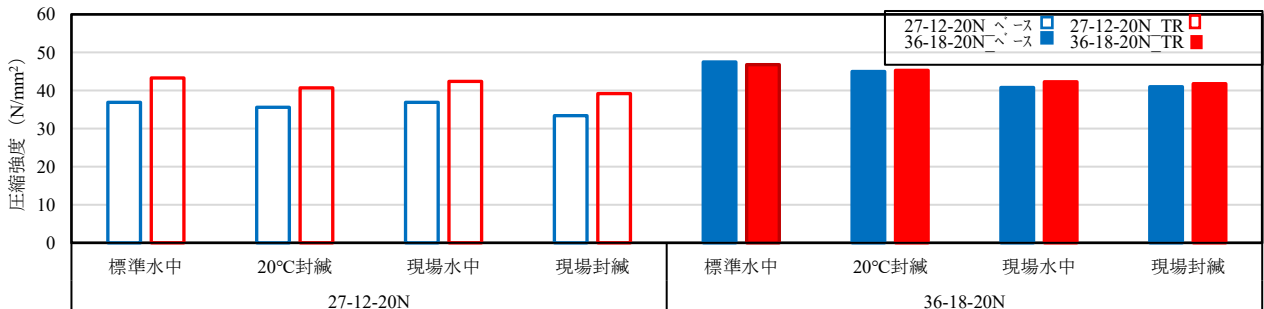


図-5 材齢 28 日圧縮強度試験結果

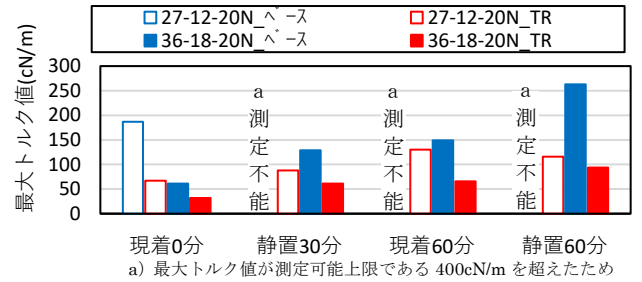


図-2 ベーンせん断試験結果

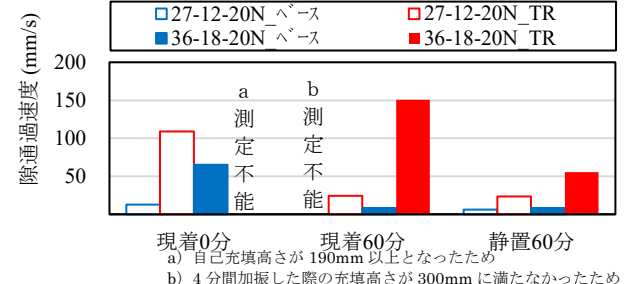


図-3 加振ボックス充填試験結果

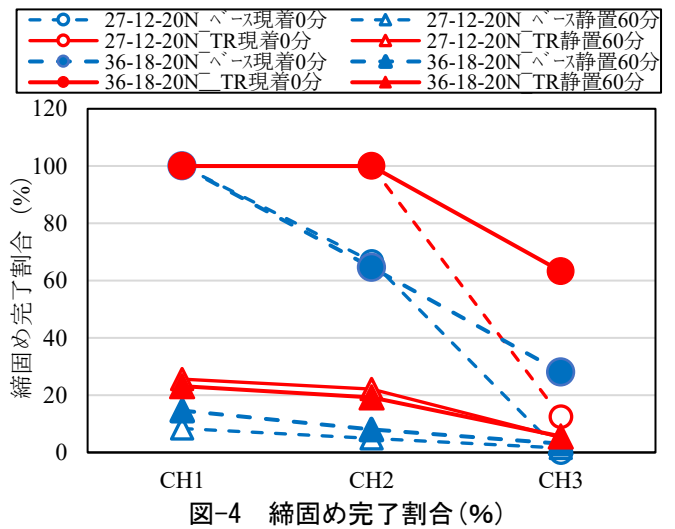


図-4 締固め完了割合 (%)

4. まとめ

コンクリート温度 30℃~35℃において、TR は暑中コンクリートの課題である運搬中のスランブの低下、長期材齢の強度増進、凝結の促進等の解決法として有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 柴田徹:粘土のベーンせん断強度に関する研究, 土木学会論文集, No.138, pp.39-48, 1967.2
- 2) 梁俊:フレッシュコンクリートの締固め性試験法に関する研究, 土木学会論文集, No.2, pp.416-427, 2006. 2