

## 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

### その1 試験概要、凝結試験、ブリーディング試験の結果

(株)フローリック 正会員 ○檜垣 誠 (株)フローリック 非会員 石川 あゆこ  
 (株)フローリック 正会員 西村 和朗 (株)フローリック 正会員 西 祐宜  
 清水建設(株) 正会員 根本 浩史 千葉工業大学 正会員 橋本 紳一郎

#### 1. はじめに

近年、我が国は様々な気温変動を繰り返しながらも、1.16℃/100年(1991～2020年)のペースで夏平均気温が増加<sup>1)</sup>している。暑中コンクリートの代表的な課題として、①運搬中のスランプが低下、②凝結の促進、③コンクリート表面からの水分の急激な蒸発、④強度増進の鈍化が挙げられる。これらの現象は、例えばポンプ施工時の配管閉塞、充填不良、コールドジョイントやひび割れの発生等、コンクリート工事の不具合に直結する恐れがあるばかりではなく、受入れ時の検査が不合格になり、廃棄処分を余儀なくされる可能性も否めない。現状、暑中コンクリートは、使用材料およびコンクリートの配(調)合の変更、材料またはコンクリートを冷却する措置を講じて対応しているが、平均気温が増加の一方を辿ることを考えれば、更なる対策方法を立案する必要があると考えられる。土木学会「コンクリート標準示方書[施工編]」では、コンクリート温度が35℃を超える場合には、所要の品質を確保できることを確かめることとなっている。しかしながら、筆者らは、将来の気候変動を考慮すれば、より積極的に暑中コンクリートの施工性を確保する新たな技術が必要と考えた。現状、化学混和剤による暑中コンクリートの対策としては遅延形の使用を推奨しているのみであり、必ずしも十分な対応とは言えない。そこで、筆者らはこわばり低減剤<sup>2)</sup>を暑中コンクリートに応用することに着目した。その1では、試験概要およびTRを使用した際の凝結特性、ブリーディングについて述べる。

#### 2. こわばり低減剤

表-1にこわばり低減剤の概要を示す。こわばり低減剤(以下、TR)は、静置状態のコンクリートが可逆的な凝集状態になる現象を抑制する化学混和剤(JIS A 6204分類外、建設材料技術性能証明取得)である。主成分は、グリコールエーテル系誘導体とオキシカルボン酸塩で

あり、AE減水剤コンクリートと高性能AE減水剤コンクリートに使用する2タイプ(以下、TR-AとTR-B)が存在する。TR-AおよびTR-Bは、水セメント比により変化するセメント粒子の濃度に合せて組成比率を最適化している。TRの主効能は、圧送性の改善、ハンドリング性の改善、充填性の向上、施工の可使時間確保であり、これらの効能はコンクリート工事の潜在的リスクを低減する。ここでいうハンドリング性とは、コンシステンシー試験(スランプ試験)では評価できない、せん断抵抗を受けた際の抵抗性である。即ち、ハンドリングが「軽い」または「重い」といったコンクリート工事の従事者が感じる定性的な状態を表す性能である。

TRは水溶紙袋に梱包された後添加型の化学混和剤であり、常備薬的に必要に応じて使用できる利便性がある。流動化剤も後添加型の化学混和剤であるが、流動化剤は単位添加量当たりの減水性がTRよりも高く、スランプを回復させるのではなく、設計段階からスランプを増加させる目的で使用される。また、流動化後のスランプの低下も大きいといった特徴を有する。一方、TRは適度なスランプの回復と添加後のスランプ保持性の向上が見込める。これらの効能は、暑中コンクリートの施工上の問題点の解決策になりうる可能性があると考え、こわばり低減剤を暑中コンクリート(最大環境温度40℃)に適用した際の効果を検証することとした。

#### 3. 試験概要

試験は環境温度20、30および40℃にて実施した。強制二軸ミキサで製造したコンクリートの測定を行った

表-1 こわばり低減剤の諸特性

製品形態	水溶紙袋	
内包量	250g/パック	
成分外観	灰色粉末	
かさ密度(g/cm <sup>3</sup> )	0.94~0.96	
塩化物イオン量(%)	0.00	
全アルカリ量(%)	0.50~0.60	
製品外観		

キーワード 暑中コンクリート、こわばり低減剤、化学混和剤、スランプ保持性

連絡先 〒170-0013 東京都豊島区東池袋1-10-1住友池袋駅前ビル5F(株)フローリック TEL03-5960-6911

後、試料を傾胴ミキサに移し、注水から 15, 45, 75, 105 分後および TR 添加直後のスランプの経時変化を測定した。TR は経時 45 分の測定終了後に添加した。傾胴ミキサ内のコンクリートに出来得る限り満遍なく投入し、高速攪拌で 120 秒攪拌し、均一に分散させた。経時 105 分の測定終了後に凝結試験、ブリーディング試験および圧縮強度試験の供試体を作製した。圧縮強度試験の養生は、20℃水中養生、20℃封かん養生、各環境温度の水中養生、各環境温度の封かん養生の 4 水準とした。供試体は翌日に脱型し、それぞれの養生を開始した。表-2 にコンクリートの配合および使用材料を示す。化学混和剤は、27-12-20N では AE 減水剤高機能タイプ（主成分：ポリカルボン酸系ポリマー、リグニンスルホン酸塩、オキシカルボン酸塩）を、36-18-20N では高性能 AE 減水剤（主成分：ポリカルボン酸系ポリマー）を用いた。どちらも 20℃環境では標準形を、30℃および 40℃環境では遅延形を用いた。TR は、27-12-20N では TR-A、36-18-20N では TR-B を使用した。目標空気量は  $4.5 \pm 1.5\%$  とし、AE 剤を使用して調整した。

#### 4. 試験結果

表-3 に凝結試験およびブリーディング試験結果を示す。環境温度が高温になるに従い凝結時間は早くなった。特に 27-12-20N の環境温度 30 および 40℃の TR 無添加（以下、Blank）、36-18-20N の 40℃環境の Blank は仕上げ時間が確保できないほど早期に始発時間を迎えた。一方、TR を添加した系は、36-18-20N の環境温度 30℃の系を除き、適度に凝結時間を遅延した。TR の遅延性は、TR-A>TR-B であり、TR-A を使用した 27-12-20N の方が遅延性は明確に発現された。環境温度 40℃の 27-12-20N は、最も高い温度環境であるにも関わらず、TR-A はしっかりと遅延性を発揮した。この現象は、竹内らが報告<sup>3)</sup>しているように、40℃環境では遅延成分が活性化し、10~30℃環境より凝結時間の遅延が生じる現象である。本研究でも TR-A は遅延成分の組成率が高いため、同様の現象が生じたと考える。環境温度 40℃で TR-A を使用する際は、始発時間を考慮した TR-A の添加量にすることが肝要である。

27-12-20N のブリーディング量は、全ての環境温度で始発時間の遅延に伴い増加する傾向を示したが、水密コンクリート、凍結融解作用を受けるコンクリート等で規定される  $0.3\text{cm}^3/\text{cm}^2$  以下であった。36-18-20N は全ての系でブリーディングがほぼ発生しなかった。TR を

表-2 コンクリートの配合および使用材料

コンクリートの呼び方	W/C (%)	s/a (%)	設計空気量 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
				W	C	S1	S2	G
27-12-20N	51.5	43.4	4.5	169	328	534	239	1038
36-18-20N	44.0	44.9		170	386	537	239	982

水 (W) : 上水道水, 茨城県つくば市, 密度 1.00 g/cm<sup>3</sup>  
セメント (C) : 普通ポルトランドセメント, 密度 3.16 g/cm<sup>3</sup>  
細骨材 (S1) : 山砂, 茨城県行方市, 表乾密度: 2.58g/cm<sup>3</sup>, F.M.: 2.50  
細骨材 (S2) : 砕砂, 栃木県佐野市, 表乾密度: 2.69g/cm<sup>3</sup>, F.M.: 3.10  
粗骨材 (G) : 砕石, 茨城県つくば市, 表乾密度: 2.69g/cm<sup>3</sup>, 実積率: 60.0%  
化学混和剤 (Ad) : 27-12-20N AE 減水剤高機能タイプ  
36-18-20N 高性能 AE 減水剤  
こわばり低減剤 (TR) : 27-12-20N TR-A  
36-18-20N TR-B

表-3 凝結試験およびブリーディング試験結果

環境温度 (°C)	種類	27-12-20N			36-18-20N		
		始発時間	終結時間	BL 量 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	始発時間	終結時間	BL 量 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )
20	Blank	6:00	7:40	0.06	5:25	7:10	0.01
	TR	8:25	10:00	0.09	6:40	8:10	0.00
30	Blank	4:45	5:40	0.04	5:40	6:45	0.00
	TR	7:40	8:35	0.10	5:35	6:35	0.00
40	Blank	3:45	4:25	0.05	3:55	4:30	0.00
	TR	10:35	11:20	0.21	4:45	5:30	0.00

使用しても、仕上げのタイミングや型枠の側圧等に影響を与えるような凝結時間の遅延やブリーディング量の増大は発生しないことが分かった。

#### 5. まとめ

暑中コンクリートの課題に新たな対策を講じるべく、こわばり低減剤 (TR) を暑中コンクリートに適用することを試みた。環境温度 30 および 40℃では、TR 無添加の Blank は仕上げ時間が確保できないほど凝結時間が促進された。(超)遅延剤等を使用して凝結時間を確保することは技術的には可能であるが、遅延性を基に設定した添加率では、必要以上の分散性となり所定のスランプを確保できない、または、材料の品質変動等により凝結時間が制御できなくなることが懸念される。TR は、環境温度 20 および 30℃では程よい遅延性能を付与し、遅延しにくい 40℃環境でも安定的に遅延性能を発揮し、早期凝結を抑制することが可能となった。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省 気象庁 : [https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/sum\\_jpn.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/sum_jpn.html) (2022 年 1 月 6 日閲覧)
- 2) 根本浩史他 : コンクリートのこわばり低減する混和剤の効果, コンクリート工学, Vol.57, No.8, pp.565-573, 2019
- 3) 竹内徹他 : 超遅延剤を用いたコンクリートの特性, コンクリート工学, Vol.37, No.11, pp.9-19, 1999