

スランプ保持型混和剤を使用したコンクリートによる品質確保に関する一考察

鹿島建設(株) 正会員 ○藤岡彩永佳 渡邊賢三 柳井修司
 横浜国立大学 正会員 細田 暁
 ポジリスソリューションズ(株) 正会員 小泉信一 阿合延明 菅俣 匠
 国際企業(株) 正会員 筒井達也

1. 背景および目的

近年のレディーミクストコンクリート工場（以降，プラント）数の減少¹⁾により，現場までの運搬時間が長くなる場合や，現場ヤードなどの施工条件，配筋などの構造条件により，製造から打込み完了までに時間を要する場合がある．コンクリート標準示方書〔施工編〕（以降，示方書）には，標準的な施工の目安として，コンクリートの荷卸しまでの運搬時間（外気温 25℃以下：2.0 時間以内）や打重ね時間間隔（外気温 25℃以下：120 分以内）が示されているものの，前述のようにこれを逸脱せざるを得ない場合もある．

一方で，近年では化学混和剤の技術進歩も目覚ましく，特に施工トラブルが増加する夏期においては，遅延剤やスランプ保持性の高い混和剤（以降，SL 保持型混和剤）などを適切に使用することで，施工に時間を費やしてもコールドジョイント等の不具合を回避できた事例が増えてきている．本検討では，標準期に製造から打込み完了までの時間が長くなる場合を対象にして，混和剤を用いた品質確保技術に関する施工実験を行った．

2. 実験概要

本検討では，標準期におけるコンクリートの施工を対象として，プラントから現場までの運搬時間を 30 分と想定した実験を行った．コンクリートの配合を表-1 に示す．一般的な AE 減水剤（標準形）を使用した Case1，AE 減水剤として SL 保持型混和剤①（プラント添加）を使用した Case2 および Case1 に対して現場で SL 保持型混和剤②（現場添加）を後添加した Case3 それぞれで，屋外で試験体を作製した．試験体の概要を図-1 に，各ケースの施工条件を表-2 に示す．Case1 は，示方書に示される上限時間に基づき，Case2 および 3 は示方書に示される上限時間から 30 分延長した時間を設定し，それぞれ 2 層で（45cm/層）打込みを行った．締固めは，φ40mm のバイブレータを挿入して各 10 秒間実施した．挿入位置は，図-1 に示す長さ方向を 4 等分にした中央 1ヶ所（青丸）とし，端部にはかぶり（赤丸）にも振動締固めを追加した．

また，試験体の作製と並行して，同場所の日差しを避けた場所で現場到着から打込みまでのフレッシュ性状試験と 1 層目に用いる各コンクリートの貫入抵抗試験を行った．5 日後に脱型し，硬化した試験体の表層品質を評価するため，目視による確認を行った．さらに，材齢 91 日に図-1 に示す B 部を対象として，各層の高さ方向の中心および打重ね部の 3ヶ所それぞれで表面吸水試験（SWAT 法²⁾）と表層透気試験（Torrent 法³⁾）を行った．

3. フレッシュおよび打込み時の実験結果

各ケースの現場到着時および打込み時のフレッシュ性状試験結

キーワード：スランプ保持，スランプロス，実機試験，非破壊試験，混和剤

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

表-1 コンクリートの配合 (27 12 20N)

Case	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m ³)				AE 減水剤 ※	SL 保持型混和剤① ※※	(後添加) SL 保持型混和剤② ※※※
			水	セメント	細骨材	粗骨材			
1	53.0	46.0	170	321	829	1000	2.89	—	—
2							—	2.89	—
3							2.89	—	0.64

※AE 減水剤 標準形/高機能タイプ
 ※※AE 減水剤 標準形/超保持型高機能タイプ
 ※※※減水剤 遅延形/別途添加型流動保持剤

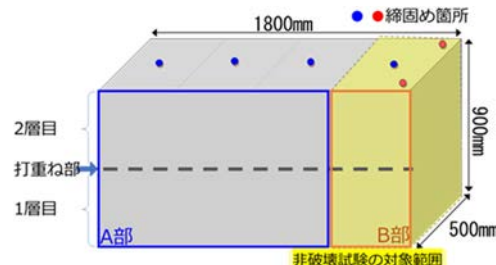


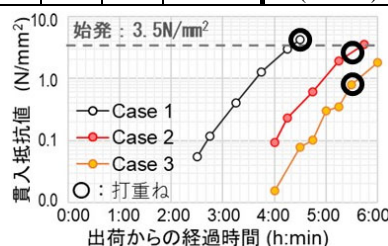
図-1 試験体概要および締固め箇所

表-2 各ケースの施工条件

Case	ケース概要	練混ぜから打込み完了までの時間		打重ね時間間隔 (練混ぜから打重ねまでの経過時間)
		1層目	2層目	
1	一般的なコンクリート	120分後	120分後	150分 (4.5時間)
2	SL 保持① プラント添加	150分後	150分後	180分 (5.5時間)
3	SL 保持② 現場添加	150分後	150分後	180分 (5.5時間)

表-3 フレッシュ性状 (1層目コンクリート)

Case	現場到着時			打込み時		
	SL (cm)	Air (%)	コンクリート温度(°C)	SL(cm) 下段:現場到着からの増減	Air (%)	コンクリート温度(°C)
1	13.5	4.4	21.5	7.5 (-6.0 cm)	4.8	23.5
2	13.0	5.1	20.0	13.0 (±0 cm)	4.2	21.0
3	14.0	4.4	20.0	12.5 (-1.5 cm)	4.8	21.0



Case	打重ね時の (1層目) 貫入抵抗値
1	4.2N/mm ²
2	2.7N/mm ²
3	0.8N/mm ²

図-2 貫入抵抗試験結果

果を表-3に示す。Case1では、打込み時のスランプが7.5cmまで低下したものの、締め固めることができた。一方で、Case2および3では、スランプ低下はごくわずかであり、前述の締め固めによって、型枠内の隅々まで容易に充填できた。1層目と2層目の打重ねに際しては、図-2に示す貫入抵抗試験結果のとおり、打重ね時点で1層目のコンクリートが始発を越えてしまうケースも生じた(Case1)。なお、本実験は外気温20°Cを想定していたが、当日は最高25°C程度まで上昇した。

4. 硬化後の測定結果

(1) 外観目視

硬化後の試験体について、A部とB部(図-1)それぞれの打重ね部の状況を写真-1に示す。中央1ヶ所の締め固めを行ったA部の表面は、いずれも打重ね線が明瞭に残っていた。打重ね時に1層目のコンクリートの凝結が進んでいたことにより、中央1ヶ所の締め固めでは型枠付近の上下の層が一体化しなかったと考えられる。一方で、かぶりに追加の締め固めを行ったB部の表面は、A部と比較して、打重ね線が不明瞭になった。特にCase3は、打重ね線がほとんど分からなくなっていた。混和剤の効果により1層目の硬化が遅延したことに加え、かぶりの締め固めにより、一体性が改善できたものと考えられる。

(2) 表面吸水試験

表面吸水試験の結果を図-3に示す。試験数n=2で実施した。Case2および3の表面吸水速度 P_{600} は、Case1と比較して、同等あるいはそれ以下であり、打込みまでの時間が長いにもかかわらず、比較的良好な結果となった。

(3) 表層透気試験

表層透気試験の結果を図-4に示す。試験数n=1で実施した。1層目および2層目の透気係数 kT は、表面吸水試験と同様に、打込みまでの時間が長いにもかかわらず、比較的良好な結果となった。ただし、打重ね部に関しては、Case2および3は、各層よりも品質の悪い結果となった。かぶりへの追加の締め固めにより、外観や表面吸水速度 P_{600} の改善が見られたが、潜在的に品質が劣ることが定量的に示唆されたものとする。なお、Case1については、1層目が始発を過ぎ、打重ね線が明瞭であったにもかかわらず、透気係数 kT が非常に小さい測定値であったため、今後も長期的な評価を行っていく。

(4) SL保持型混和剤に関する考察

Case2に用いた混和剤は、プラントで添加するAE減水剤として用いるため、Case1と同じJIS A 6204コンクリート用化学混和剤の「AE減水剤標準形」に区分されるものである。25°Cという環境下においても良好なスランプ保持性を確認でき、打込み完了までの時間の延長に対して有効であったことが示された。一方で、JISの規定で「基準コンクリートと比較して始発が-60~+90分以内」に則しており、凝結の遅延作用は小さく、本実験では、打重ねに課題が残る結果となった。また、Case3に用いた混和剤は、「減水剤遅延形」に区分されるものを後添加して用いた。添加後のスランプ保持性と凝結遅延性が確認されたが、今回の条件では、他ケースと同じく、打重ねに課題が残る結果となった。ただし、添加量の調整により、打重ね部の品質を改善できるものとする。

5. おわりに

適切な混和剤の活用によってスランプ保持性を高めたコンクリートは、示方書の標準時間を超過しても、打込み、締め固めが可能であり、硬化後も同等以上の品質を確保できることを確認した。ただし、本実験における打重ね部に関しては、締め固めの工夫を行っても、品質の確保には課題が残った。施工上の工夫に加えて、混和剤技術を有効に活用できる仕組みづくりが重要であることが改めて示された。

参考文献

- 1) 例えば、国土交通省：全国生コンクリート工業組合連合会 生コン業界の現状と課題への取り組みについて 2018.11.
- 2) R.J.Torrent: A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete on site, Material and Structures, Vol.25, pp.358-365, 1992.
- 3) 林和彦, 細田暁: 表面吸水試験によるコンクリート構造物の表層品質の評価方法に関する基礎的研究, 土木学会論文集 E2, Vol.69, No.1, pp.82-97, 2013.

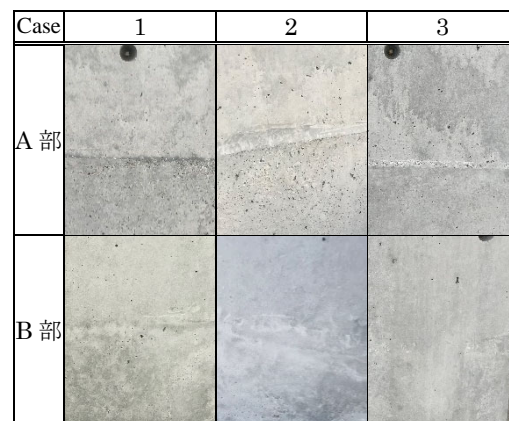


写真-1 硬化後の試験体（打重ね部）の状況

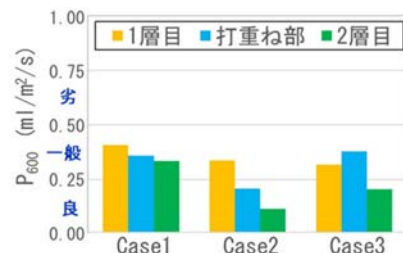


図-3 SWAT試験の結果

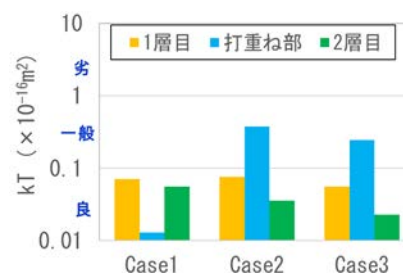


図-4 Torrent試験の結果