

35°Cを超えるコンクリートのフレッシュ性状とコールドジョイントに関する基礎的研究（その2）

○松平太*1 村上富士仁*1 弓戸淳由*1 丸本貴之*1 河野秀和*1

要旨：「前回の実験（その1）」¹⁾では、スランプロス等の検討課題が見いだされた。

今回の実験では、スランプロス対策に超遅延剤を用い、前回同様の実験に加え、長さ変化試験を行った。

超遅延剤を添加したコンクリートはフレッシュ性状においてスランプロスが少なく適度なブリーディングがあり、硬化コンクリートでも長さ変化に影響を与えない。圧縮強度は、35°C前後のコンクリート温度でも経過時間の影響は少ない。しかし、鉛直継目の曲げ強度は、練混ぜ完了から90分経過時点で一体打ちと比較して87%の強度となりそれ以後も低下していった。

キーワード：暑中コンクリート、超遅延剤、コールドジョイント、長さ変化、圧縮強度、曲げ強度

1. はじめに

日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説鉄筋コンクリート工事」（以下「JASS5」²⁾と表記、土木学会「コンクリート標準示方書」³⁾において、荷卸し時のコンクリート温度や打込時のコンクリート温度が「原則として35°C以下」、「35°C以下を標準とする」と付記されたことから、材料面での対策が期待される場所であるが、生コン工場において、コンクリート温度を下げるための経済的な対策がないのが現状である。

本研究では、35°Cを超えるコンクリートの性状について把握するとともに、混和剤の選定によりレディーミクストコンクリートの品質について対策を検討し、コンクリート打込時に発生するコールドジョイントについて検証する。

2. 実験概要

平成25年度及び平成26年度に行った実験では、スランプのロスが大きく、供試体作製においても作業が困難であった。今回の実験では、スランプロス対策に超遅延剤を用いたコンクリートを使用し、時間経過によるフレッシュ性状の変化と、そのことが硬化コンクリートに及ぼす影響について検証する。

フレッシュ性状の確認は、スランプ試験、空気量試験、凝結試験を行う。試験は1台目の車に積み込んだコンクリートについて練混ぜ完了から5分後、30分経過時点、60分経過時点、90分経過時点、120分経過時点、150分経過時点で行う。また打継ぎを行うコンクリートは時間経過時に新たに練り混ぜをしたコンクリートを用い、それぞれについてフレッシュ性状の確認を行う。また、コンクリートの凝結性状を確認し、貫入抵抗値とコールドジョイントの関係について検証する。

次に、硬化コンクリートに与える影響については、圧縮強度試験とコールドジョイント発生に起因する打重ね時間の影響を検証するため曲げ強度試験を行う。

*1 広島県東部生コンクリート協同組合 技術委員会

圧縮強度試験の供試体は1台目の車から練混ぜ完了から30分経過時点、60分経過時点、90分経過時、120分経過時点で材齢1週、材齢4週の各3本ずつ採取する。

表-1 実験の要因と水準

要因	水準
呼び強度	33
スランプ	18cm
粗骨材最大寸法	20mm
セメント	普通ポルトランドセメント
化学混和剤	・高性能 AE 減水剤遅延形・超遅延剤
練り上がりコンクリート温度	35°C~38°C (実機実験)
経時変化	スランプ・空気量・コンクリート温度

3. 試験方法

試験項目と試験方法は、表-2に示すほか以下の方法による。

表-2 試験項目と試験方法

3.1 フレッシュコンクリート

練混ぜ完了から5分、30分、60分、90分、120分及び150分毎にスランプ、空気量及びコンクリート温度、ブリーディング、凝結時間を測定した。

試験項目	試験方法
スランプ	JIS A 1101
空気量	JIS A 1128
コンクリート温度	JIS A 1156
ブリーディング	JIS A 1123
凝結試験	JIS A 1147
圧縮強度	JIS A 1108
曲げ強度	JIS A 1106
長さ変化	JIS A 1129-3

3.2 硬化コンクリート

(1) 圧縮強度

練混ぜ完了から5分後の試験で採取した材料を工程検査とし、練混ぜ完了から30分、60分、90分及び120分を製品検査とみなし、環境条件を一致させるため屋外での保管とした。

(2) 曲げ強度

コールドジョイント発生に及ぼす打重ね時間の影響を検証するため、曲げ強度試験を実施した。

曲げ強度試験の供試体は、100×100×400mmの型枠に1台目を先打ちコンクリートとして高さ約200mmまで打設後、打重ね時間0分(一体打ち)、90分経過、120分経過、150分経過後に新しく練り混ぜをしたコンクリートを水平継目として打設する。また、150×150×530mmの型枠には鉛直継目として同様の手法でコンクリートを打設し、供試体を作製する。曲げ強度試験の供試体の作製方法を図-1に示す。採取した供試体の保管方法は、標準養生までは屋外の保管とした。

(3) コンクリートの長さ変化測定(ダイヤルゲージ)

通常使用する混和剤を用いたコンクリートと、超遅延剤を添加したコンクリートの長さ変化をダイヤルゲージで測定した。

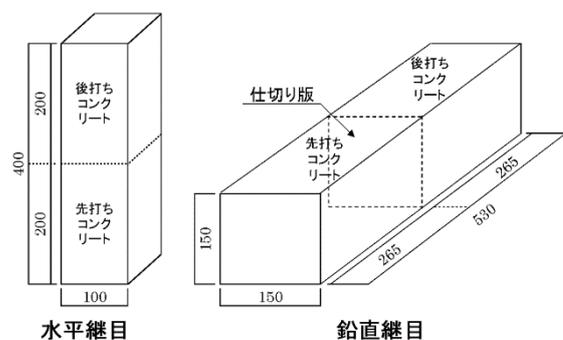


図-1 曲げ強度試験供試体の作製方法

4. コンクリートの配合ならびに使用材料

試験に使用する配合は 33-18-20N とし、配合を表-3 に、使用材料を表-4 に示す。

表-3 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単体量 (kg/m ³)						C× (%)	
		C	W	S1	S2	G1	G2	AD1	AD2
46	48.5	391	180	335	485	355	533	0.5	0.5

表-4 使用材料

材料	種類		産地・銘柄
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	S1	石灰砕砂：表乾密度 2.65 g/cm ³	大分県津久見市産
	S2	海砂：表乾密度 2.56 g/cm ³	佐賀県東松浦郡産
粗骨材	G1	砕石 1505：表乾密度 2.65 g/cm ³	広島県福山市産
	G2	砕石 2010：表乾密度 2.65 g/cm ³	広島県福山市産
水	W	上澄水	
混和剤	AD1	高性能 AE 減水剤遅延形	
	AD2	超遅延剤	

S1 : S2=40 : 60 (容積比)、G1 : G2=40 : 60 (容積比)

5. 試験結果

5.1 フレッシュコンクリートの性状

経時変化の試験結果を表-5、及び図-2～図-3に示す。

表-5 実機による経時変化の試験結果

試験項目\経過時間	5分後	30分後	60分後	90分後	120分後	150分後
スランプ (cm)	20.0	20.0	19.0	15.5	14.0	9.5
空気量 (%)	4.9	5.2	4.6	4.5	3.9	3.1
コンクリート温度 (°C)	33.0	34.0	34.0	34.0	35.0	35.5

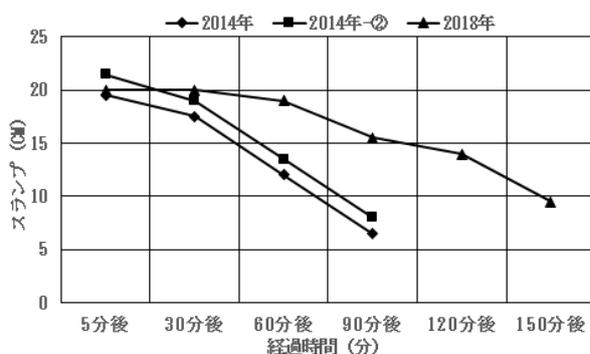


図-2 スランプの経時変化

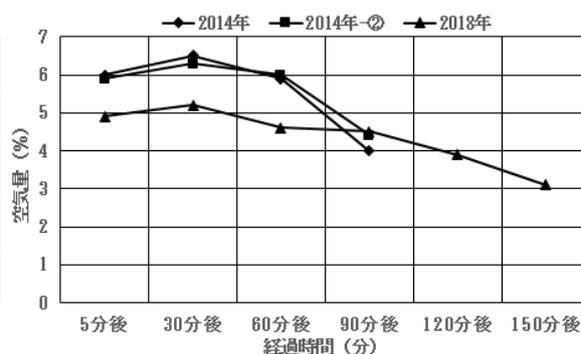


図-3 空気量の経時変化

5.1.1 スランプの経時変化

経時によるスランプの低下は練混ぜ完了から 60 分までは認められずそれ以降は徐々に低下した。

5.1.2 空気量の経時変化

経時による空気量の変化は、経過時間 120 分より低下する傾向にある。

5.1.3 コンクリート温度

コンクリートの温度は、炎天下でドラムカバーを装着しない状態では経過時間 150 分において、2.5°C上昇した。このことは一般には、経過時間によりコンクリート温度は 1~3°C上昇するといわれているが、今回の実験により確かめることができた。

5.1.4 ブリーディング試験

ブリーディング試験は、試験場所を屋外の暑中環境下とし、今回は容器に蓋を付けなかったが、今回は蓋を取付けて実施した。その結果、ブリーディング水が認められた。ブリーディングの試験結果を図-4に示す。

5.1.5 凝結試験

実際の現場打設時の状況に近づけるため、屋外の暑中環境下でコンクリート表面を覆い測定した。凝結試験結果を図-5、表-6に示す。

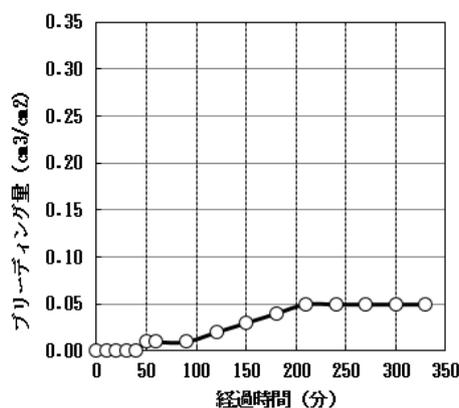


図-4 ブリーディング試験結果

表-6 凝結試験結果

時間 (分)	90	120	240	245	250	270
貫入抵抗値 (N/mm²)	0.000	0.007	0.452	0.411	0.462	1.020

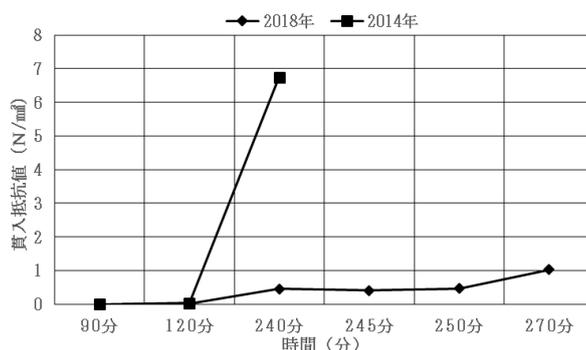


図-5 凝結試験結果

コールドジョイントの発生は(社)土木学会では、プロクター貫入抵抗値として 0.1~1.0 N/mm²といわれている。また、(社)日本建築学会 JASS 5 では、打重ね時間の目安として一般の場合、貫入抵抗値が 0.5 N/mm²といわれている。前回の実験では、120 分で 0.03 N/mm²、180 分で 0.68 N/mm²、240 分で 6.75 N/mm²であった。今回の実験結果が 120 分で 0.007 N/mm²、240 分で 0.452 N/mm²、270 分で 1.020 N/mm²であり、超遅延剤の効果が認められたと推察できる。

5.1.6 長さ変化試験

33-18-20Nの配合で、通常の混和剤を使用したコンクリートと超遅延剤を添加したコンクリートの長さ変化の比較試験を行った。長さ変化の試験結果を表-7に示す。

表-7 長さ変化率 $\times 10^{-6}$

配合\材齢	7日	14日	29日	56日	91日	182日
33-18-20N	-179	-271	-396	-508	-568	-623
33-18-20N +超遅延剤	-169	-261	-395	-514	-578	-630

超遅延剤を添加したコンクリートは、長さ変化の比較試験において影響を与えないことが確認できた。

5.2 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験の結果を図-6に示す。

今回の実験においても前回の実験と同様の傾向を示し、コンクリート温度が35°C前後になっても圧縮強度は大きく低下しない。

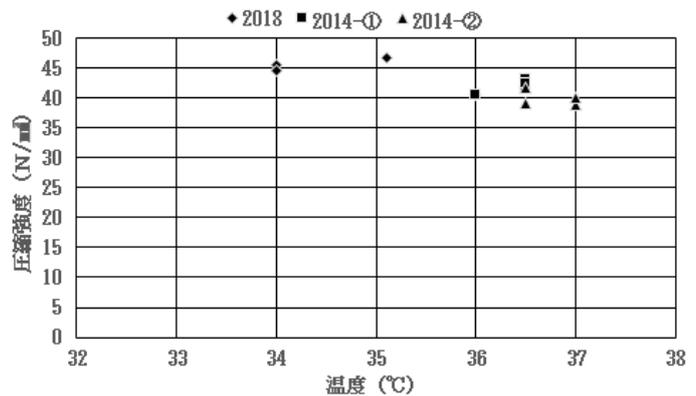


図-6 コンクリート温度と圧縮強度の関係

5.3 曲げ強度試験結果

曲げ強度試験結果を図-7に示す。

前回の実験では、打重ね時間間隔が長くなるにつれて強度低下し、特に鉛直継目では練混ぜ完了から90分経過時点で一体打ちに比べて70%程度まで強度が低下していた。

今回の実験では、練混ぜ完了から90分経過時点で、水平継目は一体打ちと同等の強度となり、鉛直継目は87%を有し、120分経過時点で85%、150分経過時点で65%に強度低下した。

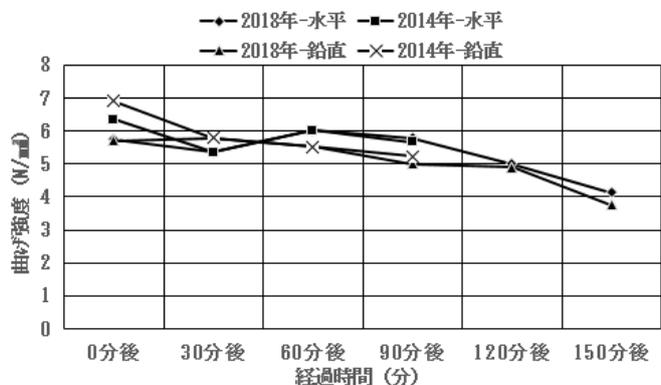


図-7 曲げ強度試験結果

90分経過時点で比較すると、前回実験の鉛直継目では、新旧コンクリートの接着面で破断したとみなしたが、超遅延剤を添加した今回実験では、粗骨材の界面に沿って破断したと思われる部分と、新旧コンクリートの接着面で破断したと思われる部分が同一断面に等しく混在していた。

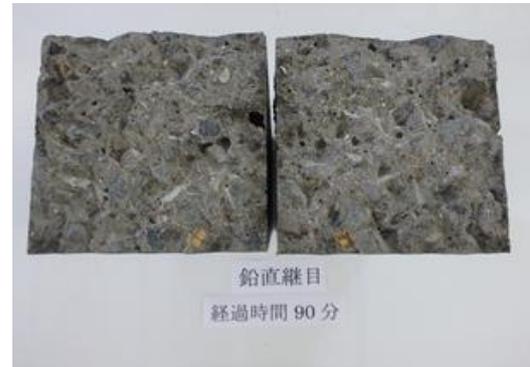
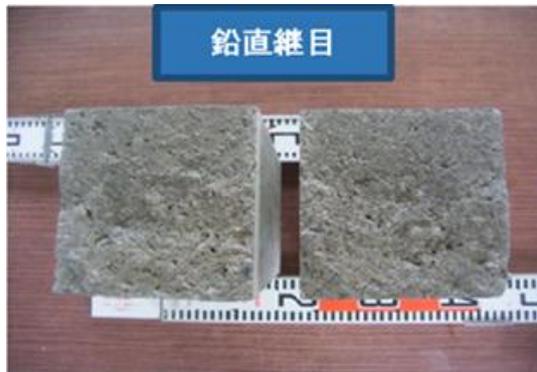


写真-1 前回の鉛直継目の破断面 (90分経過) 写真-2 今回の鉛直継目の破断面 (90分経過)

6. まとめ

超遅延剤を添加したコンクリートの実験から以下の知見が得られた。

- ① 暑中期におけるコンクリートのフレッシュ性状は、超遅延剤を添加することによって、コンクリート温度が 35°C前後であっても経過時間に伴うスランプの低下を一定時間抑制できる。
- ② コンクリート温度は、炎天下の 90 分経過時点で 1°C上昇し、150 分経過時点で 2.5°C上昇する。
- ③ 圧縮強度は、経過時間が 120 分まではコンクリート温度が 35°C前後であっても強度の低下は少ない。
- ④ 曲げ強度は、水平継目の 90 分経過時点までは一体打ちと同等強度で以後徐々に低下する。鉛直継目の 90 分経過時点は一体打ちの 87%強度となり以後も低下する。
- ⑤ 超遅延剤を添加したコンクリートの長さ変化は、通常の混和剤を添加したコンクリートと同様の値を示す。
- ⑥ コンクリートの凝結は、一定時間のコントロールが可能であり、施工における打重ね時間間隔の限度を確保できると推察される。
- ⑦ 供試体破断面は、粗骨材の界面に沿って破断したと思われる部分が前回実験より多くみられることから、超遅延剤が有効に働いていると推察される。

7. おわりに

超遅延剤の利用拡大は、「地球温暖化による気温の上昇」「コンクリート構造物の高強度化」「高耐久化に伴う富配合品の増加」等による、荷卸し時のコンクリート温度 35°Cを超える暑中期において問題となる打重ね箇所コールドジョイント対策の、強力な手段になりうると考える。

最後に実験に際しご指導とご協力を頂いた九州大学大学院小山智幸准教授、竹本油脂(株)、ポゾリスソリューションズ(株)、(有)小林化成に謝意を表します。

参考文献

- 1) 広島県東部生コンクリート協同組合技術委員ほか：35°Cを超えるコンクリートのフレッシュ性状とコールドジョイントに関する基礎的研究、第 18 回 (2015) 生コン技術大会、P.P13-18
- 2) (社)日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事 2015
- 3) (社)土木学会：コンクリート標準示方書〔施工編〕2007