

環境温度がフレッシュコンクリートのこわばりに与える影響に関する一考察

(株)フローリック 正会員 ○西村 和朗
清水建設(株) 正会員 根本 浩史

(株)フローリック 正会員 西 祐宜
(株)フローリック 正会員 檜垣 誠

1. 背景・目的

コンクリート構造物の耐久性は、材料・配合等のポテンシャルに影響するため、目標性能を満たすように材料を選定し、配合条件が定められる。しかしながら、所要の性能を満たした配合が選定されていても、施工性能に問題がある場合、目標とする耐久性が当然ながら得られない。このため、近年、フレッシュコンクリートの施工性改善を目的に種々の新しい技術が提案、実用化されている。

一般にフレッシュコンクリートの施工性能はスランプ、空気量のみで判断、管理されるが、例えば、耐震性能の向上に伴う高密度配筋化への充填性をスランプのみで評価するのは困難である。一般強度のコンクリートでは、スランプは降伏値を表現するが、変形性能(塑性粘度)は評価されていない。チクソトロピーやダイラタンシーといったコンクリートの粒子間相互作用が顕在化した状態を、スランプ試験では適正に評価しているとは言い難い。また、これらのレオロジー性質のせん断時間依存性やせん断速度依存性は、コンクリートの施工性能に大きく影響するため、適正な評価を実施し、その結果を基に材料や配合の最適化を図るべきである。

本研究で対象とするコンクリートの「こわばり」は主にセメント粒子の凝集に由来する粒子間相互作用の一つであり、①流動状態ではないコンクリートを動かす際に著しい負荷を生じる状態、②静置によりこわばった状態のコンクリートにせん断エネルギーを加えれば、凝集構造がある程度解消される現象、と捉えている。コ

ンクリートのこわばりは施工性能を著しく低下させることから、その低減技術が渴望されていた。筆者らは、こわばりのメカニズムを整理し²⁾、代表的な配合について実験的検討を試み、こわばり低減効果を実証している。本研究では、コンクリートの呼び強度、環境温度が異なる条件下で、こわばり低減効果を検討した。

2. 実験概要

コンクリートのこわばりの程度を評価するため、環境温度・呼び強度・練上りからの経過時間を実験要因とし、静置スランプ試験²⁾を実施した。コンクリート配合は、JIS A 5308 の普通コンクリートの範囲から呼び強度 21~45 の 9 水準とした。注水から 0, 30, 60 分後に $SL=18\pm2.5\text{cm}$ または $21\pm2.0\text{cm}$ (呼び強度 21, 24 は $21\pm1.5\text{cm}$) となるようにコンクリートを作製した。所定の時間で目標スランプとなったコンクリートをスランプコーンに詰め、そのまま静置させて、30 分後に静置スランプ試験を実施した。ここで、土木構造物を対象とするコンクリートと比較して、本検討のスランプが大きい理由は、こわばりによって静置スランプが著しく小さくなるためであり、静置スランプ試験結果の差が明確になるように意図的に高いスランプを設定した。環境(コンクリート)温度は、約 10, 20, 30℃で実施した。材料・配合情報を表 1 に示す。

3. 実験結果

静置スランプ試験結果を表 2 および図 1, 図 2 に示す。なお、本検討では、こわばりの程度を、静置スランプの比(静置スランプ / 静置前のスランプ)($\approx 18\text{cm}$ or

表 1 材料・配合情報

種別	詳細	単位量の範囲
水	つくば市上水道水	175~185kg/m ³
セメント	普通ポルトランドセメント 3 種等量混合($\rho:3.16\text{g/cm}^3$)	303~492kg/m ³
細骨材	静岡県掛川産山砂($\rho:2.56\text{g/cm}^3$)	689~904kg/m ³
粗骨材	東京都青梅産硬質砂岩碎石 2005($\rho:2.65\text{g/cm}^3$)	877~938kg/m ³
混和剤	高性能 AE 減水剤 I 種 (標準形) : 10, 20℃環境 高性能 AE 減水剤 I 種 (遅延形) : 30℃環境	1.8~5.4kg/m ³

キーワード フレッシュコンクリート、環境温度、呼び強度、こわばり

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 33-1 (株) フローリック TEL 029-877-1945

表2 呼び強度ごとの静置スランプ試験結果(試験回数2回の平均値)

試験条件		左 目標 SL=18.0cm の 30 分後静置スランプ / 右 目標 SL=21.0cm の 30 分後静置スランプ									
環境温度	静置開始	21N/mm ²	24 N/mm ²	27 N/mm ²	30 N/mm ²	33 N/mm ²	36 N/mm ²	40 N/mm ²	42 N/mm ²	45 N/mm ²	
20℃	練上がり直後	4.5 / 7.0	4.5 / 6.0	4.5 / 6.0	3.5 / 5.0	2.5 / 6.0	2.0 / 5.0	2.0 / 5.0	2.5 / 5.5	1.5 / 5.0	
	注水 30 分後	2.5 / 4.5	4.0 / 6.0	4.0 / 7.0	5.5 / 7.5	7.0 / 9.0	7.0 / 11.0	9.0 / 11.5	10.0 / 11.5	8.5 / 12.0	
	注水 60 分後	5.0 / 7.5	4.0 / 7.0	5.5 / 7.5	4.0 / 7.5	4.5 / 7.5	7.0 / 6.5	7.0 / 8.0	5.5 / 9.0	5.5 / 9.5	
10℃	練上がり直後	11.5 / 12.5	10.5 / 11.5	8.5 / 10.0	8.0 / 8.5	7.0 / 8.0	6.5 / 7.0	5.0 / 6.0	4.5 / 5.0	3.5 / 4.5	
	注水 30 分後	11.0 / 13.0	11.5 / 14.5	11.5 / 13.5	12.5 / 13.5	13.5 / 15.5	15.0 / 15.5	14.5 / 16.0	9.5 / 11.0	11.5 / 11.0	
	注水 60 分後	10.0 / 9.5	14.0 / 15.0	12.0 / 14.0	13.5 / 15.5	16.0 / 17.5	17.0 / 19.5	16.5 / 20.0	17.5 / 20.0	17.0 / 20.0	
30℃	練上がり直後	3.0 / 6.5	3.0 / 6.0	3.0 / 6.0	3.0 / 5.5	3.0 / 5.0	3.0 / 4.0	2.0 / 4.0	1.5 / 3.5	1.0 / 2.0	
	注水 30 分後	2.5 / 2.5	3.0 / 3.0	2.5 / 2.5	2.5 / 2.5	2.5 / 2.5	2.5 / 2.5	2.5 / 2.5	2.5 / 3.0	2.5 / 3.0	
	注水 60 分後	14.5 / 14.5	14.5 / 14.5	14.0 / 14.5	14.0 / 14.5	14.0 / 14.5	14.0 / 14.5	14.0 / 14.5	13.5 / 14.0	13.0 / 14.0	

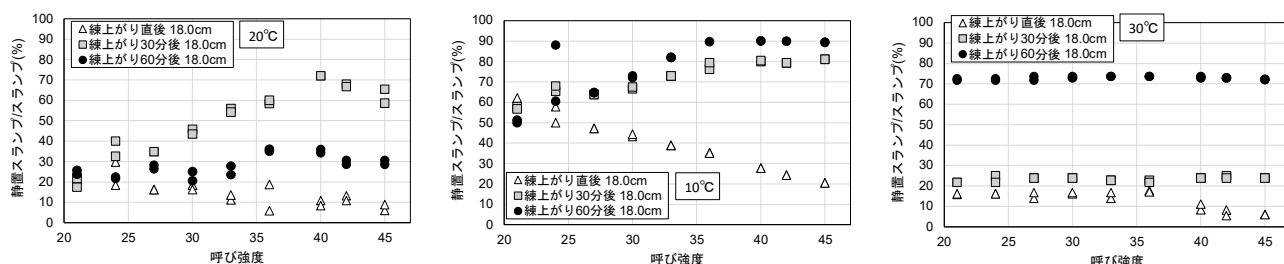


図1 目標スランプ 18cm の場合における呼び強度とこわばりの関係 (左: 20℃, 中央: 10℃, 右: 30℃)

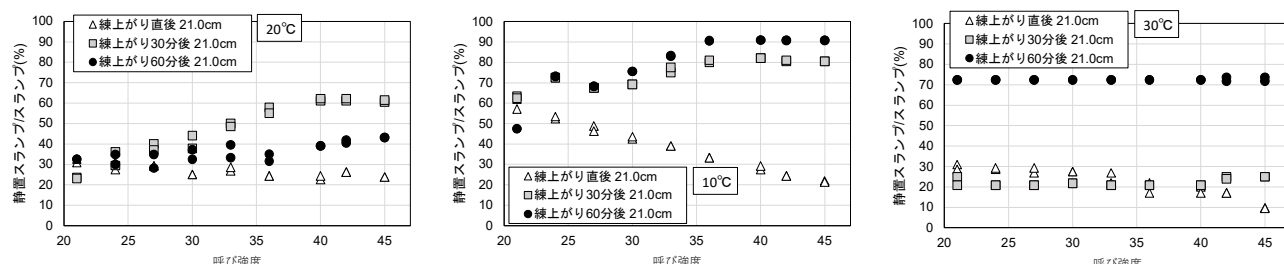


図2 目標スランプ 21cm の場合における呼び強度とこわばりの関係 (左: 20℃, 中央: 10℃, 右: 30℃)

21cm))で表現し、この値が低いものほどこわばりが大きいと判断した。本実験の静置スランプ試験では、20℃では注水 30 分後>注水 60 分後>練上がり直後、10℃では注水 60 分後≧注水 30 分後>練上がり直後、30℃では注水 60 分後>練上がり直後≒注水 30 分後の順でこわばりは軽減されている。

これらの結果の考察として、こわばりは以下の要因が複合的に関係したと考えられる。

①環境温度(コンクリート温度)が高いほど、水和反応およびセメントの凝集が促進するため、静置スランプ比は低下する。

②目標スランプを練上り直後に得る場合と練上り 60 分後に得る場合では後者の方が高性能 AE 減水剤の添加量が多くなるため、静置スランプ比は高くなる。

例えば、環境温度 20℃-21cm の系では、②の影響が卓越して練上り直後の静置スランプ比が低く発現し、練上り 30 分と 60 分の関係は、②の影響が軽微(添加量が同等)なため、①の影響が支配的となり、練上り 30 分の

静置スランプの方が高くなったと推察される。

環境温度 30℃の系では、高性能 AE 減水剤遅延形を使用しているため、練上り 60 分後の結果等は顕著に②の影響を受けている傾向が認められる。

4. まとめ

静置スランプの試験結果より、フレッシュコンクリートは、環境温度、呼び強度、所定の時間で目標スランプを得るための混和剤添加量により、こわばりの発現傾向が複雑に変化することが確認された。

参考文献

- 1) 根本ら：フレッシュコンクリートのこわばりが施工性能に与える影響に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.41，No.1，pp.1079-1084，2019
- 2) 根本ら：コンクリートのこわばりを低減する化学混和剤の効果，コンクリート工学，Vol.57，No.8，pp.565-573,2019