

高性能 AE 減水剤（増粘剤一液タイプ）を用いた高流動コンクリートの低温下における初期強度発現の改善

西松建設(株) 正会員 ○椎名 貴快 正会員 高木 雄介
竹本油脂(株) 森田 篤史 正会員 小林 竜平
竹本技研(株) 山本 陽一

1. 目的

低温下ではセメントの水和反応が鈍化してコンクリートの強度発現が進まず、特に高性能 AE 減水剤（以下、SP）を用いた配合では AE 減水剤を用いた場合に比べて凝結が遅れ、SP 使用量の多い高強度や高流動の配合で初期強度発現の遅れが顕著になる場合がある。またこの時、初期凍害の発生リスクも高まるため、強度発現は適切なタイミングで、できるだけ早期に得たい。

本稿では、近年、施工実績が増えてきた増粘剤一液タイプの SP（以下、VSP）を用いた高流動コンクリートを対象に、低温 5℃（寒中施工での打込み温度の下限）条件での初期強度発現性について実験で確認した。また、早強性膨張材や硬化促進剤を用いた時の初期強度発現の改善効果についても確認した。

2. 実験概要

(1) 実験ケース

実験は、VSP を用いたランク 3 相当の高流動配合(N)をベースとして、初期強度発現の促進を目的に、早強性膨張材を用いた配合(EX)、早強性膨張材と硬化促進剤を併用した配合(EX+FL)、の 3 ケースとした。

(2) 使用材料とコンクリート配合

表-1 に使用材料、表-2 にコンクリート配合を示す。実験は 5℃恒温室内で行い、練上がり温度が 5±1℃になるように材料温度を調整した。単位粗骨材絶対容積は 0.321m³/m³ に固定し、早強性膨張材は細骨材置換で 20kg/m³、硬化促進剤（主成分：窒素系無機塩化合物）はセメント量に対して 2.2%(8 kg/m³)で単位水量の一部（容積置換）として用いた。なお硬化促進剤は、練上がり(排出時)から 30 分後(現着想定)に後添加し混合した。製造は二軸強制練りミキサを使用し、1 バッチ 30L のモルタル先行練りで、目標性状は 現着想定の 30 分後に、スランプフ ロー60cm、空気量 4.5%とした。

表-1 使用材料

種類	記号	材料仕様	密度(g/cm ³)
水	W	上水道水	1.00
セメント	C	普通ポルトランドセメント	3.16
膨張材	EX	早強性膨張材(石灰系)	3.19
細骨材	S	山砂	2.57(表乾)
粗骨材	G1	砕石 2013	2.64(表乾)
	G2	砕石 1305	2.65(表乾)
混和剤	FL	硬化促進剤	1.35
	VSP	高性能 AE 減水剤(増粘剤一液)	1.00~1.08

表-2 コンクリート配合

配合名	W/C (%)	s/a (%)	粗骨材絶対容積 (m ³ /m ³)	単位量(kg/m ³)						
				W	FL**	C	EX	S	G1 G2	VSP
N	46.0	52.0	0.321	170	—	370	—	892	390 459	3.52
EX	46.0			170	—	370	20	876		
EX+FL	44.3 (45.6)*			164	8 (C×2.2%)	370	20	876		

* FL は 40%ほどが固形分のため、残りの 60%が水とすると、水セメント比は正味 45.6%(=(W+FL×0.6)/C)

** FL は練上がり(排出時：0分)から 30 分後に後添加して混合

キーワード 増粘剤含有高性能 AE 減水剤、高流動コンクリート、低温、初期強度、早強性膨張材、硬化促進剤
連絡先 〒015-6407 東京都港区虎ノ門一丁目 17 番 1 号 西松建設(株)技術研究所 TEL. 03-3502-0247

3. 実験結果

(1) フレッシュ性状

図-1 にスランプフローと空気量の測定結果を示す。ミキサ排出時を起点に、10分(練直), 30分, 60分で試験を行った。スランプフローは各ケースとも30分後に増加傾向を示し、特にEXやFLを用いた配合では顕著となった。空気量はやや減少傾向で、EX+PL配合ではFLを後添加した結果、巻き込みによる影響と思われる空気量の過大な増加が見られた。

(2) コンクリート温度履歴

図-2 に 5°C環境下にある円柱供試体φ100mm×H200mmの中心部におけるコンクリート温度の履歴を示す。排出後、一時的に上昇した温度(Max: EX+FL > EX > N)は1,2時間ほどで低下し、その後、18~20時間ほどして再び発熱の兆候が各配合に見られた。発熱の時期や量は粉体の反応、つまり初期強度の発現に関わると考えられ、特にEX+FL配合は発熱の開始が早く、発熱量も高いことから、強度発現に対して最も優位な結果と推定される。

(3) 初期圧縮強度

図-3 に材齢21, 24, 48時間での圧縮強度試験結果を示す。単位セメント量が370 kg/m³と多いこともあり、5°C環境のごく若材齢でも強度発現を確認できた。材齢24時間までの圧縮強度は、N配合に対して、EX配合で約1.9~1.8倍、EX+FL配合では約3.9~3.7倍となり、高い強度増進効果を得られた。特に、早強性膨張材と硬化促進剤の併用が有効であった。一方で、材齢48時間になると、N配合に対して、EX配合で約1.6倍あるのに対して、EX+FL配合では約1.8倍となり、材齢24時間までの増進効果(約3.9~3.7倍)の半分程度となった。このことから、硬化促進剤による強度増進効果は材齢24時間程度までは高く、それ以降はやや鈍化することがわかった。

(4) 積算温度と圧縮強度

図-4 に積算温度と初期圧縮強度との関係を示す。N配合に比べて、EX配合やEX+FL配合は、小さい積算温度で高い強度発現性を有することが示された。

4. まとめ

本実験の結果、5°Cの低温下でも、早強性膨張材や硬化促進剤の使用によって初期強度の改善が見られた。特にこれらを併用した場合、材齢24時間までの強度に高い増進効果が確認された。

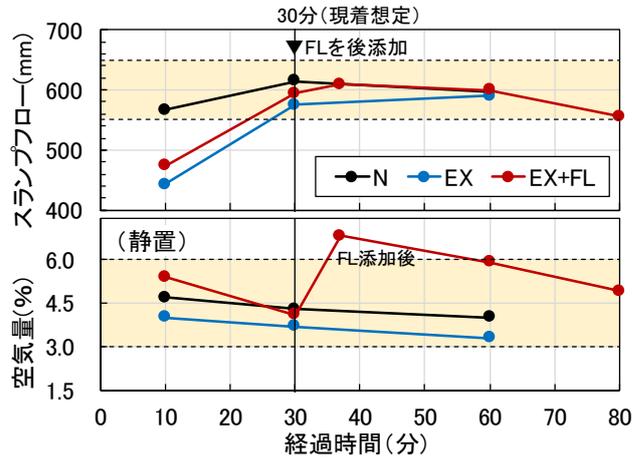


図-1 フレッシュ性状の経時変化

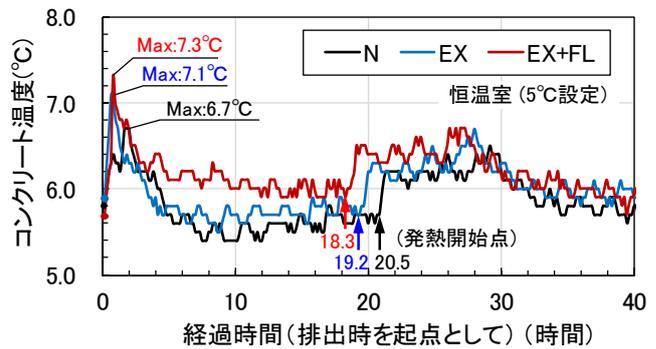


図-2 コンクリート温度履歴

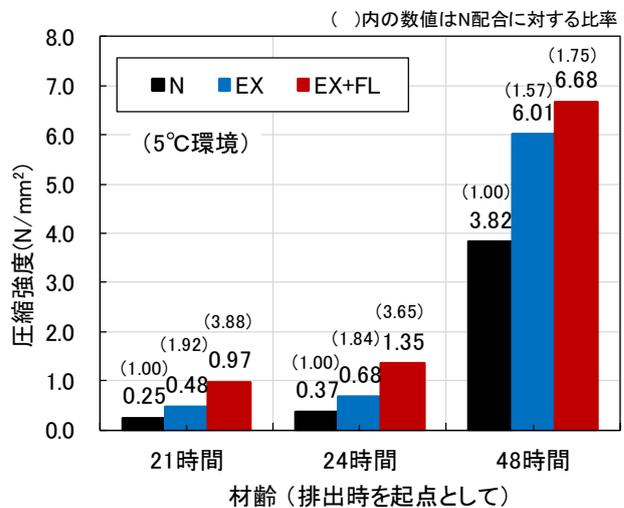


図-3 初期強度(21時間, 24時間, 48時間)

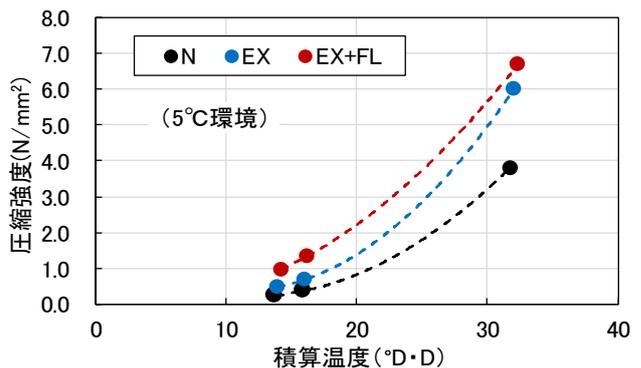


図-4 積算温度と圧縮強度の関係