

各種セメントを用いたコンクリートの低温下における凝結と初期強度増進性状

正会員 ○三森 敏司*
同 濱 幸雄**

コンクリート 凝結 初期強度
積算温度

1. はじめに

寒冷期に打ち込まれたコンクリートで問題となるのは、初期凍害と強度増進の遅れであり、これらに対する技術的な対応は建築学会「JASS5」¹⁾ および「寒中コンクリート施工指針」²⁾ に規定されている。

本研究では、各種セメントを用いたコンクリートの低温環境下における凝結性状、初期強度増進性状に関する実験を行い、普通コンクリートと比較検討した。

2. 実験計画および方法

実験計画表を表1に示す。セメント種類と水セメント比の異なる8種類のコンクリートを作製し、凝結試験と圧縮強度試験を行った。セメントは普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種、フライアッシュセメントB種相当品、普通エコセメントを用いた。各セメントの物理試験結果を表2に示す。細骨材は鶴居産山砂、粗骨材は尾幌産砕石(最大寸法20mm)を用いた。化学混和剤は、水セメント比55%ではAE減水剤標準形(No.70)、水セメント比35%では高性能AE減水剤(SP8SV)を用い、必要に応じて空気量調整剤(MA101, MA404, MA785)を使用した。コンクリートの調合は、目標空気量(4.5±1.0%)、目標スランプ(18±2.5cm)、スランプフロー(65±5cm)が得られるように、練り上がり温度20℃を基本とした試し練りにより決定した。コンクリートの調合を表3に、練り上がり性状を表4に示す。凝結試験は、ミキサによって練り混ぜられた約20℃のフレッシュコンクリートを呼び寸法5mmのふるいでふるって粗骨材を除去したモルタルをプラスチック製容器に入れ、防湿フィルムで覆い、直ちに20℃、10℃、5℃の養生室へ移動した。試験方法は、JIS A 1147に準拠した。初期強度増進性状に関する実験は、φ10×20cmの円柱供試体を用いた。コンクリートの練り上がり温度を20℃として封緘した後、20℃、10℃、5℃で所定の材齢まで養生を継続した。圧縮強度試験の材齢は10℃、5℃の4材齢(15, 30, 90, 120° D-D)を基本とし、20℃養生と比較した。

3. 実験結果および考察

1) 凝結性状

図1に凝結時間を示す。水セメント比、セメント種別に関係なく、養生温度が高い方が水和反応が促進され、始発時間、終結時間も早く、その差が小さい。

表1 実験計画表

セメント種類	W/C (%)	スランプ スランプフロー (cm)	空気量 (%)	試験項目
普通ポルトランドセメント				凝結試験 圧縮強度試験
高炉セメントB種	35	18 ± 2.5	4.5 ± 1.0	
フライアッシュセメントB種相当 ^{※1}	55	65 ± 5.0		

※1 普通ポルトランドセメントにフライアッシュを15%内割混合した。

表2 セメントの物理試験結果

セメント種類	普通ポルトランドセメント	高炉B種セメント	普通エコセメント
密度 (g/cm ³)	3.17	3.08	3.15
比表面積 (cm ² /g)	3340	3760	4350
凝結時間 (時-分)	始発	2-05	3-10
	終結	3-10	4-45
圧縮強さ (N/mm ²)	3日	31.2	20.6
	7日	46.8	34.9
	28日	63.1	62.6

表3 コンクリートの調合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位水量 (kg/m ³)	絶対容積 (l/m ³)			混和剤 (C×%)		
				セメント	細骨材	粗骨材	NO.70	SP8SV	助剤
35N	35	48.6	175	158	302	320	-	2.5	0.0015
35BB		48.2		162	298			1.1	0.0012
35FA		47.7		168	292			1.4	0.0013
35E		48.5		159	301			2.1	0.0025
55N		43.4		175	100			295	385
55BB	42.5	180	106	284	0.0025				
55FA	42.5	177	108	285	0.0400				
55E	42.4	182	105	283	0.0030				

注) 助剤は、35N, 35BB, 35FA, 35EはMA404を、55N, 55BB, 55EではMA101を、55FAではMA785を使用した。

表4 コンクリートの練り上がり性状

記号	目標 練温 (°C)	練り上がり性状				
		練温 (°C)	スランプ スランプフロー (cm)	空気量 (%)		単位容積質量 (kg/m ³)
				圧力法	質量法	
35N	20	19.0	72.0 × 75.0	2.5	2.6	2,358
35BB		18.6	71.0 × 71.0	3.5	2.8	2,342
35FA		18.9	71.0 × 71.5	5.7	6.8	2,230
35E		19.4	75.0 × 75.5	2.5	2.4	2,361
55N		18.0	19.6	5.2	5.2	2,270
55BB		17.8	18.0	4.9	4.0	2,283
55FA		18.6	19.1	5.3	5.1	2,346
55E		19.8	19.3	5.9	4.6	2,272

Setting Time and Strength Development at Early Ages under Low Temperature of Concrete using Various Cement

MIMORI Toshiji, HAMA Yukio

高性能 AE 減水剤の使用により、凝結の始発時間が遅延し、低温ほど顕著な傾向を示した。エコセメントを使用したコンクリートは水セメント比 35%、55%とも各養生温度で終結時間が遅れた。

2) 初期強度増進性状

積算温度と初期強度増進性状の関係を図 2 に示す。普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートは 20℃で 1 日養生した場合、いずれも初期凍害防止のために必要な強度 5N/mm² を満足したが、10℃、5℃の低温で養生した場合には強度増進が遅れ、5N/mm² をクリアするまでに 2~3 日を要した。高炉セメント B 種、フライアッシュセメント B 種相当では、その特性から 5N/mm² をクリアするのが水セメント比 55%では普通ポルトランドセメントに比べ 0.5 日程度遅れ、低温でその差が広がった。水セメント比 35%では、5N/mm² をクリアするまでの各セメントでの時間差は小さい。エコセメントを使用したコンクリートは、水セメント比 55%では普通コンクリートに比べ 5N/mm² を得る時間は遅れたものの、強度発現性状は類似の傾向を示した。しかし、水セメント比 35%では、30° D・D でいずれのコンクリートも低強度でその差が小さかったが、20℃はその後の強度増進が大きく、1 週間の範囲では低温養生との強度差が大きくなった。

4. まとめ

各種セメントを用いたコンクリートの凝結性状、初期強度増進性状について検討を行った。得られた結果を以下に示す。

(1) 高性能 AE 減水剤を使用したコンクリートは低温で凝結が遅延する。

(2) 高性能 AE 減水剤を使用したコンクリートは低温条件下では、30° D・D までの若材齢の強度が小さい。

(3) エコセメントを使用したコンクリートは、低温により若材齢の強度増進が遅れ、高性能 AE 減水剤を使用した場合に顕著である。

なお、凝結段階を含む初期材齢の強度予測式について今後検討を加えたい。

謝辞

本研究は、日鐵セメント(株)、太平洋セメント(株)の協力を得た。記して、関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 建築工事標準仕様書・同解説 (JASS5) 鉄筋コンクリート工事, 日本建築学会, 2003
- 2) 寒中コンクリート施工指針・同解説, 日本建築学会, 1998

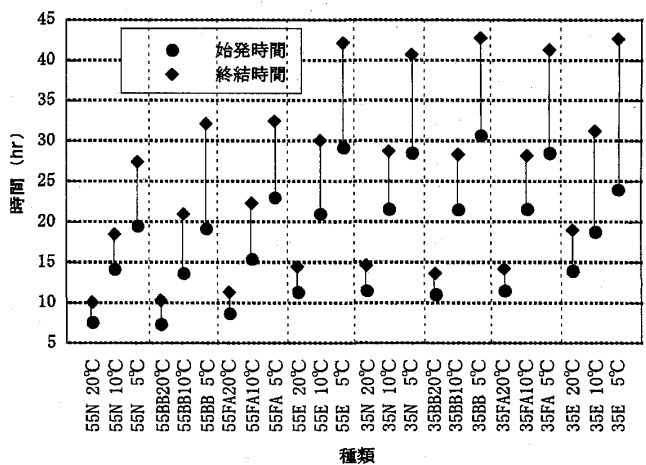


図 1 凝結時間

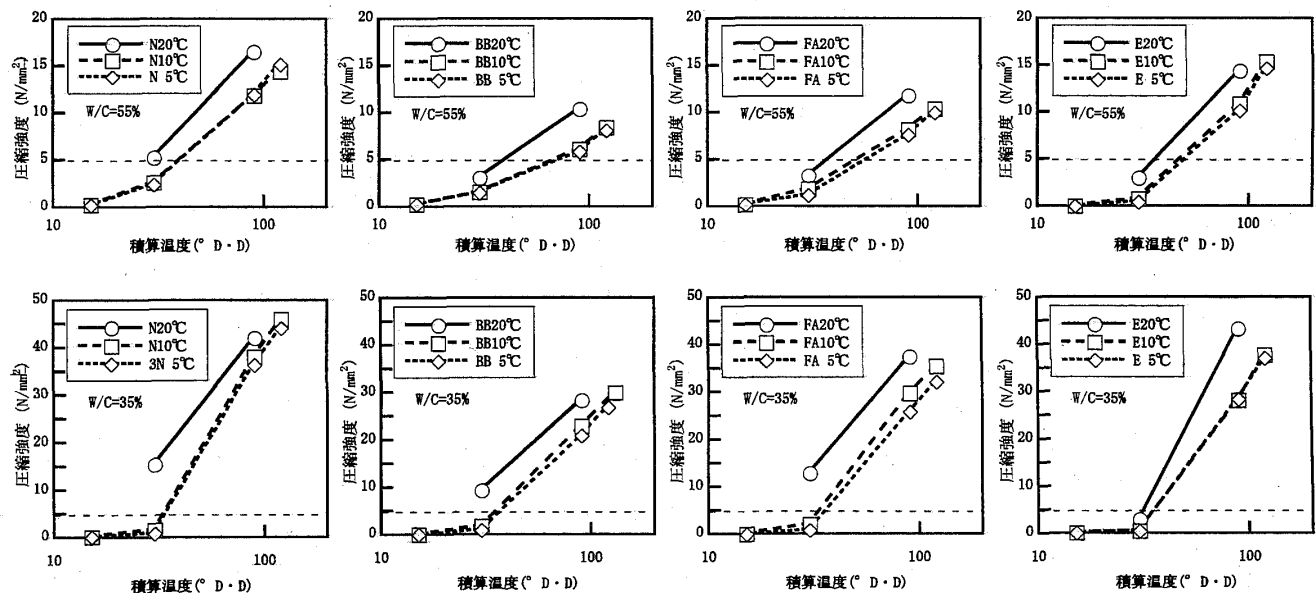


図 2 初期強度増進性状

* 釧路工業高等専門学校 准教授
 ** 室蘭工業大学 准教授・博士(工学)

* Assoc. Prof., Kushiro National College of Technology
 ** Assoc. Prof., Muroran Institute of Technology, Dr.Eng