

硬化促進剤を使用したコンクリートの断熱養生条件下における強度発現性について

ポゾリス ソリューションズ (株) 正会員 ○松倉 隼人
 佐藤工業 (株) 正会員 小山 広光
 佐藤工業 (株) 正会員 宇野 洋志城

1. はじめに

コンクリートの初期強度発現性を高めることによる脱型材齢の短縮は、コンクリート工事の生産性の向上に寄与し、近年開発されたカルシウムシリケート水和物を主成分とする硬化促進剤（以下、Ac と称す）の適用はその一手法として有効であると考えられる。また、低温環境下でのコンクリート工事で適用される保温養生は、断熱性の高い材料でコンクリートの周囲を覆うことにより、セメントの水和熱を利用して材齢初期の強度発現性を高めるものであるが、Ac と保温養生の併用により、さらなる強度発現の促進が期待できると考えられる。

本報では、Ac と保温養生を併用したコンクリートの強度発現性への影響について、供試体に簡易断熱養生を施すことにより検討した内容を報告する。

2. 試験概要

表—1 に使用材料、表—2 にコンクリートの配合を示す。セメントは、普通ポルトランドセメント、高炉セメント B 種をそれぞれ使用した。コンクリートの配合は、水セメント比を 55%、環境温度を $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、Ac の添加率をセメント質量の 0% または 2.0% とし、目標スランプ $15 \pm 2.5\text{cm}$ 、目標空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ を満足するように AE 減水剤および AE 剤の添加率を調整した。

試験項目は、スランプ (JIS A 1101:2020)、空気量 (JIS A 1128:2019)、凝結時間 (JIS A 1147:2019) および圧縮強度 (JIS A 1108:2018) とした。

表—3 に圧縮強度試験用供試体の養生方法および試験材齢を示す。気中養生用供試体は、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の鋼製型枠を用いて作製した。供試体上面仕上げ後にポリエチレンフィルムで覆い封緘し、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の温度に保った室内で静置したのち、材齢 24 時間後、72 時間後に脱型し圧縮強度試験を実施した。材齢 28 日試験用供試体については、材齢 72 時間後に脱型したのち試験時まで標準水中養生を行った。

簡易断熱養生槽の仕様は、図—1 に示す形状・寸法とし、発泡スチロール製を使用した。供試体の作製本数は、キーワード 硬化促進剤、簡易断熱養生、保温養生、圧縮強度

連絡先：〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722 ポゾリス ソリューションズ(株) TEL0467-84-9640

表—1 使用材料

材料	記号	産地・銘柄・主成分
練混ぜ水	W	上水道水
セメント	N	普通ポルトランドセメント (密度= 3.16g/cm^3)
	BB	高炉セメント B 種 (密度= 3.04g/cm^3)
細骨材	S	大井川水系陸砂 (密度= 2.58g/cm^3)
粗骨材	G	青梅産砕石 2005 (密度= 2.65g/cm^3)
AE 減水剤	Ad	リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体
AE 剤	AE	変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤
硬化促進剤	Ac	カルシウムシリケート水和物

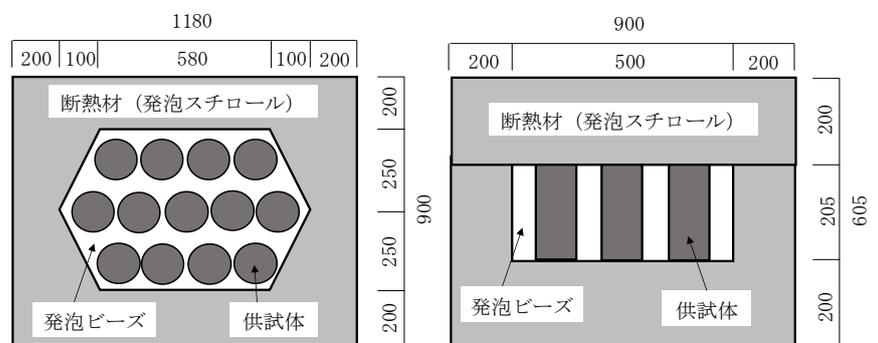
表—2 コンクリートの配合

セメント	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				Ac 添加率 (C×%)
			W	C	S	G	
N	55.0	46.6	170	309	826	973	0% または 2.0%
BB	55.0	46.6	170	309	815	973	0% または 2.0%

表—3 圧縮強度試験材齢および養生方法

養生方法	試験材齢				温度測定
	24 時間	48 時間	72 時間	28 日	
気中	○	—	○	○※1	—
簡易断熱	○	○	○	○※2	○

※1 材齢 72 時間後に脱型し標準水中養生 ※2 材齢 14 日後に脱型し標準水中養生



図—1 簡易断熱養生槽の概要

圧縮強度試験用および温度測定用 1 本を加えた 1 配合あたり 13 本とし、φ100×200mm の鋼製簡易型枠を使用して作製した。気中養生供試体と同様に供試体上面をポリエチレンフィルムで封緘したのちに養生槽内に静置し、供試体の間隙を発泡ビーズで充填して各試験材齢まで養生を行った。材齢 28 日試験用供試体は、材齢 14 日後に養生槽から取り出し試験材齢まで標準水中養生を行った。

また、温度測定用供試体の内部に熱電対を埋設しキーエンス製モバイル型温度レコーダーNR-1000 を使用して、簡易断熱養生槽内のコンクリート温度を 15 分毎に 14 日間測定を行った。

3. 試験結果と考察

表—4 にフレッシュコンクリートの試験結果を示す。セメントの種類によらず、Ac をセメント質量の 2.0% 添加することで、始発・終結共に 60 分以上の凝結時間の短縮が認められた。

表—5 に簡易断熱養生槽内の供試体の温度測定結果および圧縮強度試験結果を示す。養生槽中の

表—4 フレッシュコンクリートの試験結果

セメント	W/C (%)	Ad 添加率 (C×%)	Ac 添加率 (C×%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	凝結時間(時間:分)	
							始発	終結
N	55.0	0.75	0	15.5	4.8	21	5:50	8:00
		0.50	2.0	15.0	4.5	21	4:40	6:25
BB	55.0	0.70	0	17.0	4.5	21	6:15	9:30
		0.40	2.0	17.5	4.4	21	5:10	8:30

コンクリートの最高到達温度は、普通セメント使用条件では、Ac を 2.0% 使用することにより Ac 未使用に比べ 4.3°C 最高到達温度が上昇し、高炉セメント B 種では、Ac 未使用に比べ 0.8°C 最高到達温度が上昇した。

圧縮強度発現性は、Ac の有無および養生方法の違いにより大きな差が認められ

表—5 温度測定結果および圧縮強度試験結果

セメント	養生方法	Ac 添加率 (C×%)	最高到達温度 (°C)	最高温度到達時間 (時間:分)	圧縮強度 (基準に対する強度比)			
					24 時間	48 時間	72 時間	28 日
N	気中	0	—	—	4.6 (基準)	—	17.5 (基準)	41.0
		2.0	—	—	5.3 (114%)	—	19.0 (109%)	41.2
	簡易断熱	0	45.6	50:40	9.2 (200%)	19.3	23.0 (131%)	31.1
		2.0	49.9	50:10	11.9 (258%)	21.6	24.8 (142%)	33.3
BB	気中	0	—	—	2.5 (基準)	—	10.7 (基準)	34.2
		2.0	—	—	2.5 (100%)	—	10.7 (100%)	35.2
	簡易断熱	0	46.3	62:30	5.0 (201%)	13.0	19.1 (179%)	31.6
		2.0	47.1	62:50	5.7 (226%)	14.1	19.4 (182%)	31.3

た。特に、Ac と簡易断熱養生を併用した場合、Ac 未使用で気中養生を施した場合に比べ、材齢 24 時間時点の圧縮強度比が普通セメントで 258%、高炉セメント B 種で 226% となった。この強度発現性の差は材齢が進むごとに小さくなる傾向が認められ、このことにより、材齢 24 時間より短い材齢でより高い強度増進効果が得られることが示唆された。また、Ac の有無による強度増進効果は、気中養生よりも簡易断熱養生で大きくなる傾向が認められ、これは、Ac の強度促進効果が加温条件下でより高まることを示した既往の研究と一致し²⁾、例えば低温環境下ではその差がより大きくなることが示唆された。

4. まとめ

本報告では、Ac の有無と養生条件の違いがコンクリートの強度発現性に及ぼす影響を検討し、Ac と簡易断熱養生を併用することにより高い初期強度発現性が得られることを確認した。本手法を用いた場合の材齢 24 時間より短い材齢およびコンクリート温度の違いによる強度発現性への影響の検討については今後の課題とする。

参考文献

- 1)春日貴行ほか、C-S-H 系早強剤を使用したコンクリートの基本性能、土木学会第 68 回年次学術講演会、pp1101-pp1102, 2013.
- 2)作栄二郎ほか、C-S-H 系早強剤を多量に添加したコンクリートの養生条件の違いによる強度発現性、土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集、pp.301-302, 2016