中庸熱・低熱ポルトランドセメントを用いたコンクリートの硬化促進剤の効果について

佐藤工業株式会社　正会員　○小山　広光
佐藤工業株式会社　正会員　宇野洋志城
ポゾリスソリューションズ株式会社　正会員　松倉　隼人

１．はじめに

中庸熱ポルトランドセメントおよび低熱ポルトランドセメントは，水和熱が小さく長期強度に優れ収縮が小さいという利点がある一方，凝結時間が長く初期強度発現性が小さいという特徴を有しており，マスコンクリートや高強度コンクリートなどに用いられる場合，表面仕上げ完了や脱型作業開始までに時間を要する．これらのセメントが用いられる際の現場施工の生産性向上を目的として，硬化促進剤を用いた場合の凝結促進および初期強度発現性向上効果について検討した．

２．試験概要

表−１に使用材料を，**表−２**にコンクリート配合を示す．普通ポルトランドセメント（以下，N）を対比に，中庸熱（以下，M）および低熱ポルトランドセメント（以下，L）について試験を実施した．環境温度 20℃の条件下において，水セメント比 55%のコンクリート配合で，いずれのセメントを使用する場合においても粗骨材量を一定とし，スランプ 15.0±2.5cm，空気量 4.5±1.5%となるようにＡＥ減水剤およびＡＥ剤の使用量を調整した．また，凝結・初期強度を促進し，長期材齢においても強度を向上させることが確認されているカルシウムシリケート水和物（C-S-H）を主成分とする硬化促進剤 [1] をセメント質量の 2%使用した場合と，使用しない場合の効果を比較した．

凝結試験は JIS A 1147 に準拠し，環境温度 20℃にて貫入抵抗値を測定した．

圧縮強度は JIS A 1108 に準拠して実施した．試験用供試体はφ100×200mm の簡易鋼製型枠を用いて作製し，上面を封かんした供試体を発泡スチロール製の養生槽内に配置させ（**図−１**参照），

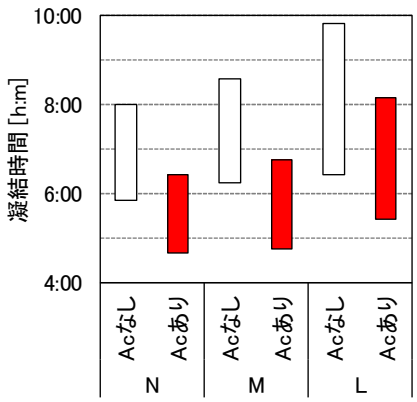
表－１　使用材料

材料	記号	種類，産地，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/cm³）
	M	中庸熱ポルトランドセメント（密度:3.21g/cm³）
	L	低熱ポルトランドセメント（密度:3.22g/cm³）
細骨材	S	大井川水系陸砂（表乾密度:2.58g/cm³）
粗骨材	G	青梅産硬質砂岩砕石（表乾密度:2.65g/cm³）
混和剤	Ad	ＡＥ減水剤 標準形（Ｉ種） 高機能タイプ （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	ＡＥ剤（Ｉ種） （変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤）
	Ac	硬化促進剤（カルシウムシリケート水和物）

表－２　コンクリート配合

スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³) W	N	M	L	S	G	Ad	AE	Ac
15.0±2.5	4.5±1.5	55.0	46.6	170	309	−	−	826	973	2.32	0.015	−
										1.55	0.019	6.18
			46.7	170	−	309	−	831	973	2.32	0.017	−
										1.39	0.020	6.18
			46.3	170	−	−	309	815	973	1.70	0.020	−
										1.24	0.022	6.18

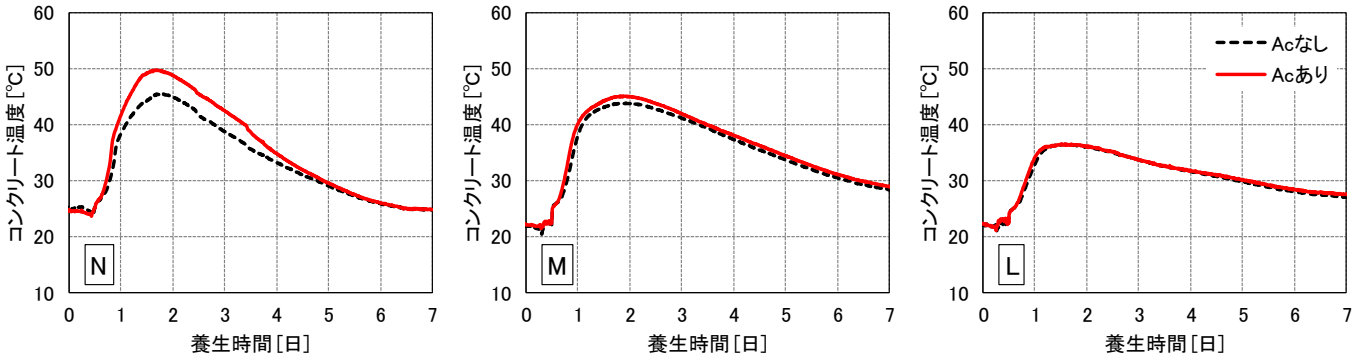
図－１　簡易断熱養生状況



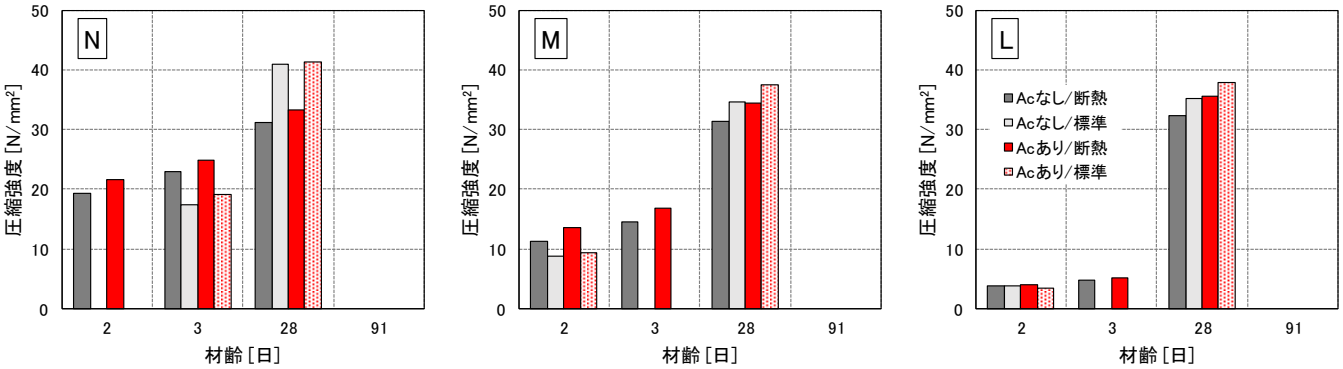
図－２　凝結試験結果

キーワード　中庸熱ポルトランドセメント，低熱ポルトランドセメント，硬化促進剤，初期強度，簡易断熱養生
連絡先　〒243-0123　神奈川県厚木市森の里青山 14-10 佐藤工業（株）技術センター 技術研究所　TEL.046-3270-3091

© Japan Society of Civil Engineers



図－３　コンクリート温度測定結果



図－４　圧縮試験結果

供試体の間隙を発泡ビーズで充填した後に発泡スチロール製の上蓋で断熱し，所定の材齢まで簡易断熱養生を行った．簡易養生供試体の一つの内部に熱電対を埋設し，コンクリート温度の測定を行った．また，簡易断熱養生供試体の対比として標準養生供試体による供試体を作製し，併せて圧縮強度を確認した．

３．試験結果と考察

図－２に凝結試験結果を示す．M に硬化促進剤を用いた場合において，始発時間が 1.5 時間，終結時間が 1.8 時間短縮した．L の場合においては，始発時間が 1.0 時間，終結時間が 1.7 時間短縮し，N の硬化促進剤なしと同程度の凝結時間であった．**図－３**に簡易断熱養生を行った供試体のコンクリート温度測定結果を示す．硬化促進剤を用いることにより N の場合は最高温度が 4.3℃高くなるのに対して，M の場合は 1.3℃高くなり，L の場合の最高温度は同等であった．**図－４**に圧縮強度試験結果を示す．硬化促進剤による初期材齢（2 日および 3 日）の圧縮強度増加量は，M の場合は N と同程度の約 2N/mm^2，L の場合は強度増進効果がほとんど認められなかった．また，既往の研究と同様，材齢初期の高温履歴が長期強度に与える影響は M および L は N に比べ小さい傾向にあり [2)]，硬化促進剤を用いることにより M・L の 28 日圧縮強度は標準養生供試体と同程度となった．これは，硬化促進剤に含有される C-S-H ナノ粒子により水和生成物の結晶殻がコンクリート中に万遍なく分散され，その後の水和反応が阻害されにくくなったためと考えられた．

４．まとめ

中庸熱および低熱ポルトランドセメントに硬化促進剤を用いることにより，1.0～1.8 時間の凝結促進効果，L においては最高温度の上昇がないこと，M においては N と同程度の初期強度促進効果が確認された．また，材齢初期に高温履歴を受けた場合において標準養生と同程度の強度発現性を確保できる可能性が示唆された．

参考文献

1) 小山, 井元, 小泉, 土谷：C-S-H ナノ粒子を含有する早強剤の特性と効果について, コンクリート工学, Vol.53, No.7, pp.614-621, 2015
2) 田中, 竹内, 丸岡, 富田：初期材齢に高温履歴を受けた高強度コンクリートの強度発現性状, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.1, pp.193-198, 1997

© Japan Society of Civil Engineers