

促進剤を添加したモルタルの促進熱養生における強度発現性に関する研究

日本大学理工学部 正会員 ○佐藤 正己  
 日本大学理工学部 正会員 入江 正明  
 日本大学理工学部 正会員 梅村 靖弘

1. はじめに

近年、現場打ちコンクリート工法は、職人の高齢化や建設業就業者数減少といった問題により、プレキャストコンクリート(PCa)の普及が期待されている。PCa では蒸気養生を行い製品の早期生産を行っているが、生産性をさらに高めることが望まれている。しかし、生産の効率化のため1日2回の生産を目指し加熱時間を短縮した促進蒸気養生を行うと初期強度が低下することも報告されている<sup>2)</sup>。そのため、本研究では促進熱養生と促進剤を併用することによる初期強度の改善を目指し、普通ポルトランドセメント(NC)及びフライアッシュセメント(FC)を用いたモルタルに6種類の促進剤を添加し、初期強度の改善を試みた。

表-1 使用材料

材料名	略号	緒元
セメント	NC	普通ポルトランドセメント 密度=3.16g/m <sup>3</sup>
		フライアッシュII種 密度=2.25g/m <sup>3</sup>
混和材	結合材	FA
		CA
混和剤	促進剤	AC
		ST
		R
		N
		CS
		Si
		Ca
		Ca
高性能減水剤	SP	ナフタレンスルホン酸系
消泡剤	DEF	ポリエーテル系消泡剤
細骨材	S	陸砂 密度=2.64g/m <sup>3</sup>
水	W	水道水

2. 実験概要

使用材料を表-1に示す。使用した促進剤は、市販品や試薬から作製した水溶液を用い、主成分ごとに各1種類を選定した。モルタル配合を表-2に示す。配合は、各セメント(NC, FC(内割り30%))を用いたコンクリート配合をベースとし粗骨材を除いたモルタルとした。促進剤添加量は、市販品では標準添加量の上限とした。ただし、CA配合のみ粉体系促進剤であり、セメント(NC および FC)に対して内割り20%添加した。また、飽和炭酸水素カルシウム水溶液(Ca)は、ポズラン反応の促進を目的としたためFC配合のみ行った。モルタルの流動性は、フロー試験(JIS R 5201)により練混ぜ直後が200±20mm、流動保持性能確保のため練混ぜ30分後が150mmを下回らないように高性能減水剤添加量を調整した。また、空気量による強度のばらつきを無くすために、消泡剤を用いて空気量を3%以下になるように調整した。

表-2 配合表

配合名	W/C (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					混和剤 (B×%)			
		W	B				S	SP	DEF	AC
			NC	FA	CA	ST				
NC	270	540					0.7			
NC-CA		432		108	0.6		0.2			
NC-R			0			1464	1.1	0.1	3.0	
NC-CS		540					0.9		4.0	
NC-Si							0.9		2.0	
NC-Si							1.2		5.0	
FC		50	347	149				0.7		
FC-CA			278	119	99	0.5		0.4		
FC-R							1509	0.7		3.0
FC-N								0.9	0.1	4.0
FC-CS	347		149				0.9		2.0	
FC-Si							1.2		5.0	
FC-Si							0.7		50.0	
FC-Ca							0.7		50.0	

本研究で使用したモルタルは、土木学会が推奨する1日1サイクルの一般的な標準蒸気養生<sup>2)</sup>を模擬した標準熱養生(L)と1日2サイクルの促進熱養生(S)を行った。熱養生パターンを図-1に示す。促進熱養生のパターンは最高温度継続時間終了後、養生槽から取り出し急速に冷却した。

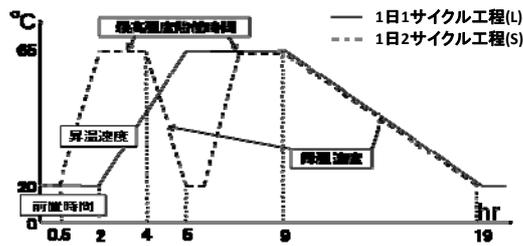


図-1 熱養生パターン

凝結試験は、コンクリートの凝結試験方法(JIS A 1147)に従い貫入抵抗試験を行った。

圧縮強度試験は、圧縮強度試験方法(JIS A 1108)に準拠し、供試体寸法 φ50×100mmで行った。試験材齢は、注水時間を始点とし材齢1日、3日、7日、14日、28日とした。試験供試体は、熱養生後に試験材齢までアルミテープによりシールし、封緘養生を行った。

キーワード プレキャストコンクリート フライアッシュ 熱養生 促進剤 強度発現性

連絡先 〒104-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14 理工学部土木工学科 TEL 03-3259-0654

### 3. 実験結果および考察

#### 3. 1 促進剤添加によるフロー値および流動性保持性の変化

高性能減水剤の添加量は、NC 配合、FC 配合ともに促進剤の種類にかかわらず減水剤の標準添加量の範囲であった。練混ぜ直後と 30 分後のフロー値を図-2 に示す。フロー値は、どの配合も大きく減少することは無くフロー低下が 25mm 以下となった。

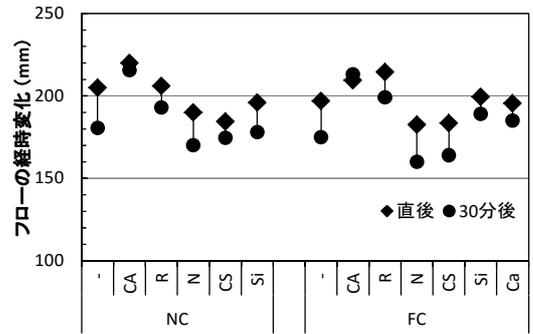


図-2 各配合のフロー値

#### 3. 2 促進剤添加による凝結時間の促進効果

図-3 に凝結試験結果を示す。NC 配合の終結時間は、無添加配合 (NC) と比較して、NC-CA, NC-Si が同等, NC-R, NC-CS が 1 時間早く、N が 2 時間 40 分早くなった。FC 配合の終結時間は、無添加配合 (FC) と比較して、FC-Si, FC-Ca が同等, FC-R, FC-CS が 2 時間早く、FC-N が 4 時間早く、FC-CA が 5 時間 30 分早くなった。

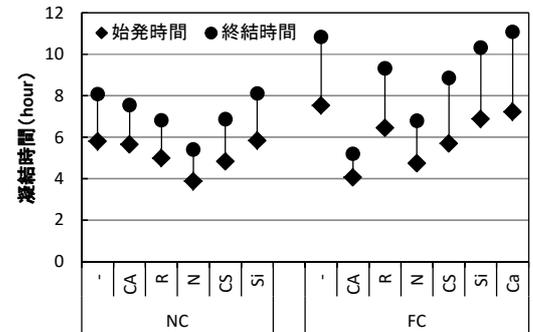


図-3 凝結試験結果

#### 3. 3 促進剤添加による圧縮強度の改善効果

図-4 に圧縮強度試験結果を示す。NC 配合の圧縮強度は、NC-L と比較して、脱型材齢 1 日で NC-S(促進剤無添加)が約 25% 低くなり、NC-Si-S のみ約 40% 低くなり、他の配合が同等となった。出荷材齢 14 日では、NC-Si-S のみ約 20% 低くなり、他の配合が同等となった。一方、FC 配合の圧縮強度は、FC-L と比較して、脱型材齢 1 日で FC-S(促進剤無添加)が約 25% 低くなり、FC-CA-S のみ約 75% 高くなり、FC-R-S, FC-N-S が約 15%，他の配合は約 25% 低くなった。材齢 14 日では FC-S(促進剤無添加)が約 20% 低くなり、FC-CA-S のみ約 25% 高くなり、FC-R-S, FC-N-S が同等, FC-CS-S が約 20%，FC-Si-S, FC-Ca-S が約 30% 程度低くなった。

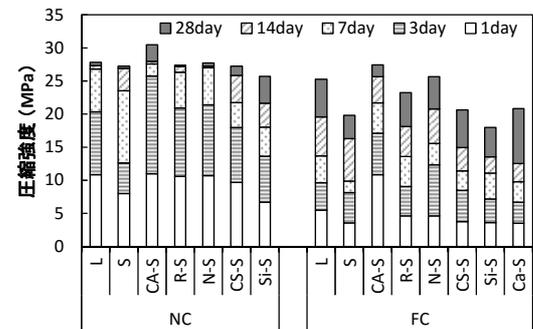


図-4 圧縮強度試験結果

NC 配合では、市販品(CA, R, N, CS)の促進剤を添加することにより脱型材齢 1 日および出荷材齢 14 日において NC-L と同等となり、FC 配合では CA のみ初期強度の改善効果が高く、FC-R および FC-N も FC-L と同等までは達しないが初期強度の発現効果が認められた。一方、Si 配合の強度低下は、注水直後からこわばる状況が確認され、Si に含まれるケイ酸イオン濃度が注水直後のセメントの水和反応で生成されたカルシウムイオンと反応し、偽凝結を起こした可能性が示唆された。また、Ca 配合の強度低下は、溶液中のカルシウムイオン濃度がセメントの水和により生成される  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  起因の濃度よりも高濃度であるため硬化促進効果が期待されたが、間隙水中のカルシウムイオン濃度が高くなり、セメントの水和によるカルシウムイオンの溶出を抑制し、反応が停滞してしまったこと、炭酸水素イオンが弱アルカリでありポズラン反応が停滞したことが原因として考えられた。

### 4. まとめ

モルタルに促進剤を添加し促進熱養生を行ったところ、圧縮強度は NC 配合において標準熱養生と比較して、脱型材齢 1 日、出荷材齢 14 日ともに FC-Si のみ低くなり、他の配合は同等となった。FC 配合において、標準熱養生と比較して、脱型材齢 1 日で FC-CA が高くなり、出荷材齢 14 日で FC-CA が高く、FC-R, FC-N が同等となった。促進熱養生における初期強度への影響は、NC 配合では市販品の促進剤に強度発現効果が認められ、FC 配合では主成分によって強度発現効果が異なることを確認した。

### 参考文献

- 1) 鏡健太ほか：フライアッシュセメントペーストの水和反応と圧縮強度に及ぼす蒸気養生履歴の影響，土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集，pp.1113-1114，2011
- 2) 土木学会：コンクリート標準指図書[施工編]，pp.124-125，2012