

結合材種類および温度履歴養生時の前養生と昇温速度がモルタルの特性に及ぼす影響

首都大学東京大学院 学生会員 ○多田真人, 正会員 上野 敦
正会員 大野健太郎, 正会員 宇治公隆

1. はじめに

プレキャストコンクリート製品を製造する場合、蒸気養生が行われる場合も多い。しかし、一般的に使用されている蒸気養生では、結合材の種類や水結合材比によらず適用されることが多く、必ずしも合理的とはならない場合もある。このため、適切な蒸気養生工程を結合材の硬化特性に基づき提案するため、有効な前養生工程の定量化を行ってきた¹⁾。この結果、結合材の種類によらず、JIS A 1147 のプロクター貫入抵抗値で 3.5N/mm² の組織になるまで前養生を行うことで、後の高温履歴による給熱の効果が有効となることが示された。本研究は、温度履歴養生時の昇温速度が、硬化特性の異なる結合材を用いたモルタルの特性に及ぼす影響を明確にすることを目的としたものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびモルタルの配合

使用材料を表-1 に、モルタルの配合を表-2 に示す。使用した結合材は普通ポルトランドセメント(N)、高炉セメント B 種(BB)、フライアッシュセメント C 種(FC)および普通エコセメント(E)である。

表-1 使用材料		
結合材	普通ポルトランドセメント, 密度3.16g/cm ³	C
	高炉スラグ微粉末4000, 密度2.89g/cm ³	F(B)
	フライアッシュⅡ種, 密度2.28g/cm ³	F(F)
	普通エコセメント, 密度3.15g/cm ³	EC
細骨材	セメント強さ試験用標準砂, 密度2.61g/cm ³	S

表-2 モルタルの配合							
表記	セメント	W/B(%)	単位量(g/L)				
			W	C	EC	F(B)	F(F)
N	普通ポルトランドセメント	50	254	509	-	-	1526
BB	高炉セメントB種 (置換率45%)	50	250	275	-	225	1526
FC	フライアッシュセメントC種 (置換率30%)	50	243	341	-	-	146
E	普通エコセメント	50	254	-	508	-	1526

モルタルの配合は、JIS R 5201 のセメントの強さ試験用の配合を基準に、セメントペースト体積と細骨材の体積を一定とした。

2.2 試験項目

モルタルの凝結試験は JIS A 1147 に、モルタルの圧縮強度試験は JSCE-G 505 に、静弾性係数試験は JIS A 1149 に準拠した。載荷速度は、若材齢の供試体を静弾性係数試験に供する都合上、材齢 1 日の試験では、毎分 5.0N/mm² とした。各試験に用いる供試体の材齢は、圧縮強度試験は材齢 1 日および 14 日、静弾性係数試験は材齢 1 日とした。なお、供試体の作製、モルタルの凝結試験、封緘養生、および気中養生は 20℃、60%R.H.の恒温恒湿室にて行った。

2.3 温度履歴条件

温度履歴養生条件を図-1 に示す。前養生温度を 20℃とし、各結合材の凝結始発時間まで行うものと、前養生を行わないものの 2 水準とした。昇温速度は 5, 10, 20, 40, 60, 80℃/h の 6 水準とし、最高温度を 65℃、最高温度保持時間を 3 時間、降温速度を-15℃/h、後養生を 20℃で 1 時間行った。

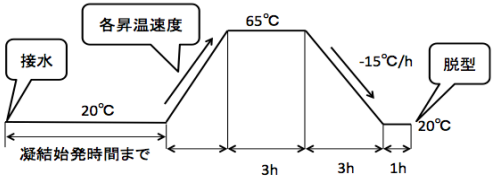


図-1 温度履歴養生条件

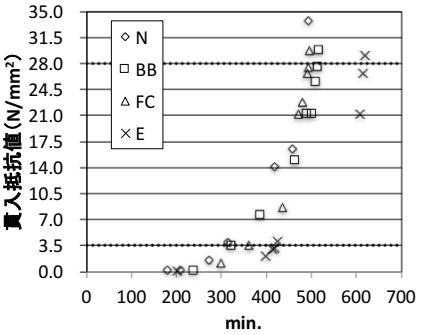


図-2 貫入抵抗試験結果

表-3 モルタルの凝結時間				
配合	N	BB	FC	E
凝結始発時間(min)	310	325	360	420
凝結終結時間(min)	480	515	495	615
硬化速度(N/mm ² /min)	0.144	0.129	0.181	0.126

3. 結果および考察

3.1 モルタルの凝結試験

モルタルの凝結試験の結果を図-2、および表-3 に示す。この結果に基づいて、凝結始発時間を各結合材の前養生時間に設定した。凝結始発時間および凝結集結時間を直線とし、この直線の傾きを硬化速度とした。モルタルの凝結始発時間は N<BB<FC<E の順となり、硬化速度は FC と N が BB、E と比較して若干大きくなった。

キーワード 凝結始発、凝結終結、貫入抵抗値、温度履歴養生、昇温速度、前養生時間

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 042-677-2777

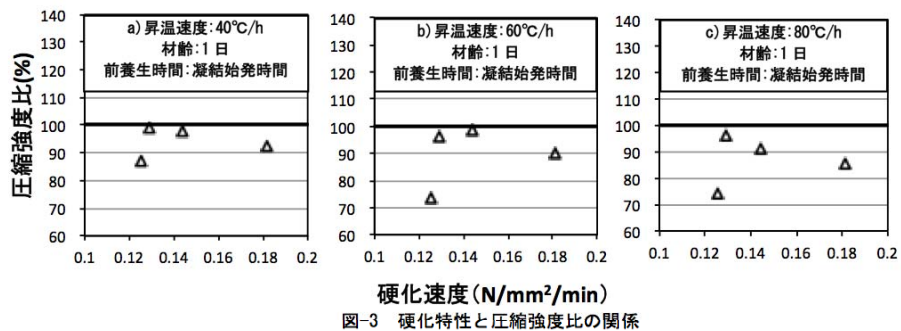


図-3 硬化特性と圧縮強度比の関係

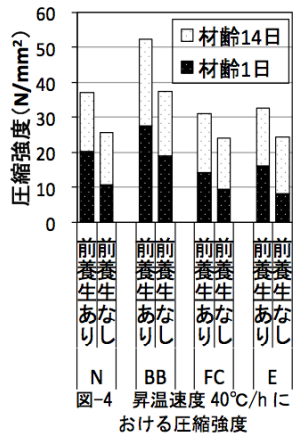


図-4 昇温速度 40°C/h における圧縮強度

3.2 圧縮強度

前養生を凝結始発まで行った場合について、一般的に適用される昇温速度の 20°C/h 時の材齢 1 日の圧縮強度に対し、40、60、および 80°C/h 時の材齢 1 日の圧縮強度の比と硬化速度の関係を図-3 に示す。昇温速度が圧縮強度へ及ぼす影響と硬化速度の関係は明確とはならないことがわかる。昇温速度 40°C/h では、圧縮強度比 20°C/h の圧縮強度とほぼ同等であるが、昇温速度 60 および 80°C/h の圧縮強度比は、昇温速度 20°C/h の圧縮強度比より低下する傾向にある。すなわち、前養生による組織の形成が良好な場合、40°C/h 程度の昇温速度であれば圧縮強度への及ぼす影響は小さいと考えられる。

昇温速度 40°C/h における各モルタルの圧縮強度を図-4 に示す。前養生を貫入抵抗値 3.5N/mm²まで行ったものに対し、前養生行わないものは、いずれの結合材を用いた場合でも 30%程度強度が低下した。このことから、前養生を凝結始発時間程度行うことで、熱応力に耐えうる組織が形成され、この組織が昇温速度上昇による熱応力の影響を軽減することがわかる。

3.3 静弾性係数

前養生を凝結始発まで行った場合の昇温速度 20°C/h における静弾性係数に対する、昇温速度 40、60 および 80°C/h における静弾性係数の比と硬化速度の関係を図-5 に示す。圧縮強度と同様に、結合材の硬化速度によらず、昇温速度 40°C/h では、昇温速度 20°C/h の静弾性係数とほぼ同程度となっている。昇温速度 60 および 80°C/h の静弾性係数は、昇温速度 20°C/h の静弾性係数より低下する傾向となっている。すなわち、前養生による組織の形成が良好な場合、40°C/h 程度までの昇温速度であれば静弾性係数への影響も小さいことがわかる。昇温速度 40°C/h における静弾性係数を図-6 に示す。前養生を貫入抵抗値 3.5N/mm²まで行ったものに対し、前養生を行わないものは、概ね 10~20%程度静弾性係数が低下している。

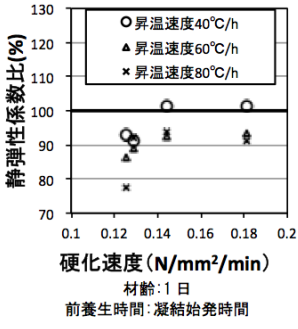


図-5 硬化特性と静弾性係数の関係

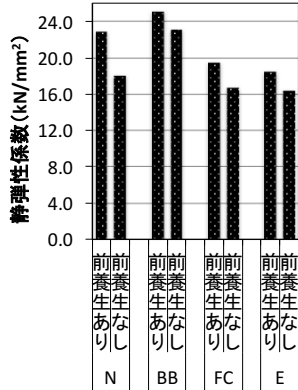


図-6 昇温速度 40°C/h における静弾性係数

4. まとめ

- (1) 貫入抵抗値が 3.5N/mm²となるまで前養生した場合、昇温速度 40°C/h 程度までであれば、モルタルの強度および静弾性係数は、昇温速度 20°C/h の場合とほぼ同程度となる。
- (2) 前養生を行わず、40°C/h の昇温過程を経ると、モルタルの強度および静弾性係数は顕著に低下する。
- (3) 前養生を貫入抵抗値が 3.5N/mm²となるまで実施しても、昇温速度が 60 および 80°C/h では、圧縮強度および静弾性係数が低下する傾向にある。

謝辞

本研究の実施にあたり、東京都コンクリート製品協同組合より研究費の助成を受けた。

参考文献

1) 村田哲, 上野敦, 大野健太郎, 宇治公隆: 極初期の組織形成が温度履歴養生後のモルタルの特性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No1, 2015