

極初期の硬化特性が温度履歴養生後のモルタルの組織構造に及ぼす影響

首都大学東京 学生会員 村田 哲、正会員 上野 敦
 首都大学東京 正会員 大野 健太郎、正会員 宇治 公隆

1. はじめに

コンクリートに対する給熱養生は、セメント等の結合材の反応を促進させる目的で行われる。しかし、この熱作用は、極初期材齢の水和セメントペースト組織に対して、応力を生じさせる要素を持っている。良好な品質のコンクリートを得るためには熱作用を受ける前の組織が、この作用によって生じる応力に耐えうるものとなっていることが非常に重要となる。本研究は、熱作用を受ける前の組織形成の程度が、硬化後の特性に及ぼす影響について基礎的に検討したものである。熱作用を受ける前の組織形成の程度は、JIS A 1147 のプロクター貫入抵抗値で数値化した。そして、恒温恒湿槽を用いてプレキャストコンクリート製品の蒸気養生を模擬した温度履歴を与え、硬化後のモルタルの特性について検討を行った。

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、高炉セメント B 種、フライアッシュセメント C 種およびエコセメントである。モルタルの配合は W/B を 0.4~0.6 の 3 水準とし、JIS R 5201 のセメントの強さ試験の配合を基準として、単位細骨材量一定としている。

2.2 試験項目

モルタルの凝結試験は JIS A 1147 に、セメントの凝結試験は JIS R 5201 の附属書 1 に従い、20℃、60%R. H. の恒温恒湿室内で実施した。モルタルの圧縮強度試験は JIS A 1108 に、静弾性係数試験は JIS A 1149 に準拠して行った。細孔径分布は水銀圧入法により測定した。後述のモルタルの凝結試験結果に基づき、給熱前の組織形成のための養生（以下、前養生）として A ~D の 4 水準を設定した。各試験に用いる供試体の材齢は表-3に示すとおりである。

3. 結果および考察

3.1 モルタルの凝結時間と温度履歴養生条件

モルタルの凝結試験の結果を表-4に示す。この結果から結合材および W/B ごとに前養生時間 A、B を設定した。A は「凝結終結時間」とし、B は「凝結始発時間」とした。また、前養生を行わないものとして C と、温度履歴を与えず 1 日封緘養生をした後に脱型し材齢 14 日まで気中養生する D を設定した。前養生中は供試体を封緘状態として、20℃、60%R. H. の恒温恒湿室内に静置した。A~C に与えた温度履歴を図-1に、前養生時間の一覧を表-5に示す。

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, 密度 2.89g/cm ³	F(B)
	フライアッシュ, 密度 2.34g/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)	S
N	普通ポルトランドセメント	40	231.9	579.7	-	-	-	1526.0
		50	254.3	508.7	-	-	-	1526.0
		60	271.9	453.2	-	-	-	1526.0
BB	高炉セメントB種(置換率45%)	40	227.6	313.0	-	256.1	-	1526.0
		50	250.3	275.3	-	225.2	-	1526.0
		60	268.0	245.7	-	201.0	-	1526.0
FC	フライアッシュセメントC種(置換率30%)	40	221.6	387.8	-	-	166.2	1526.0
		50	244.4	342.1	-	-	146.6	1526.0
		60	262.4	306.1	-	-	131.2	1526.0
E	普通エコセメント	40	231.5	-	578.9	-	-	1526.0
		50	254.0	-	508.1	-	-	1526.0
		60	271.6	-	452.7	-	-	1526.0

表-3 試験材齢

試験項目	材齢
圧縮強度	1日(A~C), 14日(A~D)
静弾性係数	1日(水結合材比50%のA~C)
細孔径分布	1日(A~C)

表-4 モルタルの凝結時間

min.	N40	N50	N60	BB40	BB50	BB60	FC40	FC50	FC60	E40	E50	E60
凝結終結時間	315	380	475	410	465	550	400	475	510	560	635	725
凝結始発時間	205	245	305	225	280	310	285	340	370	350	455	550

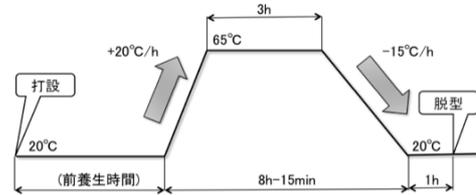


図-1 温度履歴養生条件

表-5 前養生時間による分類

表記	前養生時間	貫入抵抗値
A	凝結終結時間	28 N/mm ²
B	凝結始発時間	3.5 N/mm ²
C	なし	-
D	(温度履歴なし)	-

キーワード 凝結始発、凝結終結、貫入抵抗値、温度履歴養生、前養生時間

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 042-677-2775

3.2 セメントの凝結時間

図-2にモルタルとセメントの凝結始発および終結時間の関係を示す。凝結の数値化手法はモルタルとセメントペーストで異なるが、同じ普通ポルトランドセメントを結合材として使用しているN、BB、FCを比較するとセメントとモルタルの凝結時間には $N < BB < FC$ の関係があるとわかる。Eはセメントの凝結時間が比較的早いのにに対して、モルタルの凝結時間が遅いが、概ね、セメントの凝結とモルタルの凝結には相関があるものと考えられる。

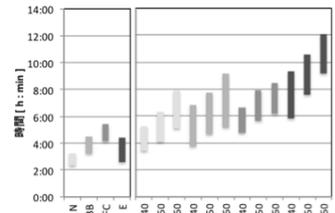


図-2 セメントの凝結始発～終結時間(左)とモルタルの凝結始発～終結時間(右)

3.3 圧縮強度

圧縮強度試験の結果を図-3に示す。前養生時間をモルタルの凝結終結時間としたAは、これを始発時間としたBと比較し、材齢1日で概ね10%強度が高くなるが、14日では同等となることがわかる。そして、前養生を行っていないCは、著しく強度が低下している。Cのうち、特にN40C、BB40C、FC40C、FC50C、E50C、E60Cでは、温度履歴を与えないDの圧縮強度を下回る結果となっている。

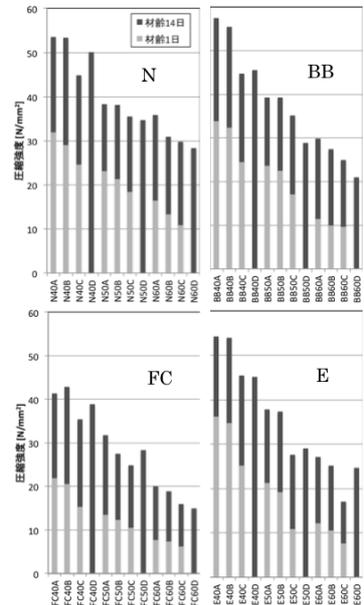


図-3 圧縮強度

3.4 静弾性係数

各配合の静弾性係数を図-4に示す。全ての配合において、条件Cでは静弾性係数が顕著に低下した。BB50、FC50、E50において、条件AとBでは同程度の静弾性係数を示しており、凝結始発時間程度以上の前養生時間であれば、熱作用による組織への悪影響が小さいことがわかる。

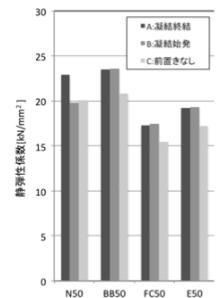


図-4 静弾性係数

3.5 細孔径分布

各配合の細孔量を図-5に示す。全ての配合について、条件AとBを比較すると総細孔容量および細孔径40nm未満の微細な細孔容量に顕著な差は認められない。一方、条件CではAより総細孔容量が多く、細孔径40nm未満の微細な細孔容量は少なくなっており、組織が疎になっているとわかる。BBは細孔径40nm未満の微細な細孔容量の割合が高く、比較的密となっている。EおよびFCの総細孔容量はNより平均で13~14%程度多く、組織が疎となるとわかる。

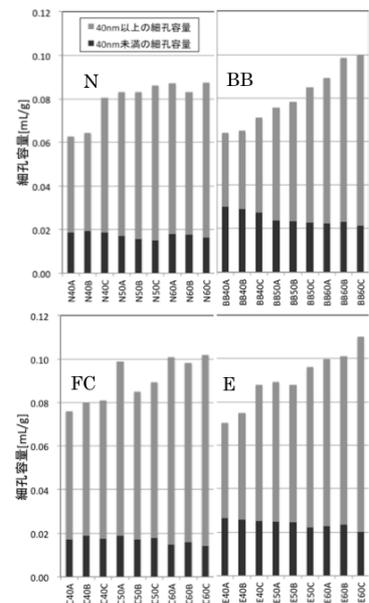


図-5 細孔径分布

4. まとめ

- (1) セメントの凝結時間とモルタルの凝結時間には概ね相関があるものと考えられる。
- (2) モルタルの凝結終結時間を前養生時間とすると、これを始発時間とした場合と比較し、材齢1日で概ね10%圧縮強度が高くなるが、14日では同等となる。
- (3) モルタルの凝結始発時間程度以上の前養生を行った場合、材齢1日での静弾性係数は同等となる。また、材齢1日での総細孔容量および40nm未満の微細な細孔容量も同等となる。
- (4) 前養生を行わなかった場合、圧縮強度および静弾性係数が著しく低下する。そして、硬化体の組織は疎になる。

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、研究費の補助を受けた。