

連行空気泡が温度履歴後のモルタルの特性に与える影響

東京都立大学 学生会員 ○酒井 創地, 正会員 上野 敦
正会員 宇治 公隆, 正会員 大野 健太郎

1. はじめに
蒸気養生を行ったコンクリートで、特に AE コンクリートでは、微細なひび割れが多く発生することが報告されている¹⁾。これは蒸気養生過程で、コンクリートよりも熱膨張係数の大きい空気泡が、高温履歴を受けて急激に膨張することで、コンクリートの引張強度を超える引張応力が生じるためと推察される。本研究では、連行空気泡が蒸気養生を模した温度履歴によって硬化体の組織構造に与える影響について基礎的に把握することを目的に、前養生での貫入抵抗値を変化させ、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 使用材料および配合

表-1 に使用材料、表-2 にモルタルの配合を示す。本研究では東京都のプレキャストコンクリートで利用されているエコセメントを用いた。モルタルの配合は AE 剤無添加(記号：N)、AE 剤を $C \times 0.0053\%$ 添加したもの(記号：A)の 2 水準とした。

2.2 養生条件

表-3 に前養生条件、図-1 に温度履歴養生条件を示す。前養生終了条件は貫入抵抗値 1.0N/mm^2 、 3.5N/mm^2 (凝結始発)、 28N/mm^2 (凝結終結)、前養生なしの 4 水準とした。脱型後材齢 14 日の圧縮強度・静弾性係数試験を行う供試体は、 20°C 、 $60\%\text{R.H.}$ の恒温恒湿室にて気中保管した。

2.3 試験項目

各モルタルに対して凝結試験(JIS A 1147)、材齢 1・14 日に圧縮強度試験(JSCE -G 505 を参考)、静弾性係数試験(JIS A 1149 を参考)、材齢 1 日に細孔径分布測定を行った。なお、圧縮強度試験・静弾性係数試験は若材齢の供試体を用いるため、載荷速度を毎分 5N/mm^2 とした。

3. 実験結果および考察

3.1 凝結

凝結試験結果を図-2 に示す。A は N と比べ、凝結始発(3.5N/mm^2)、凝結終結(28N/mm^2)とする組織形成までに要する時間が 1.2 倍程度長くなっていることがわかる。これは連行空気泡の存在によるものと考えられる。

3.2 圧縮強度

圧縮強度試験の結果を温度履歴開始時の貫入抵抗値で整理したものを図-3 に示す。A、N どちらも貫入抵抗値 3.5N/mm^2 、 28N/mm^2 まで前養生した場合、圧縮強度は概ね同等となっている。一方、貫入抵抗値 1.0N/mm^2 では圧縮強度が先の 2 ケースよりも低く、前養生での組織形成が不十分であるとわかる。また、前養生なしの場合、圧縮強度は大幅に低下した。

キーワード 凝結始発、凝結終結、前養生時間、貫入抵抗値、連行空気泡、温度履歴養生

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

表-1 使用材料

セメント	普通エコセメント, 密度 3.15g/cm^3
細骨材	セメント強さ試験用標準砂, 密度 2.61g/cm^3
AE 剤	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤

表-2 モルタル配合

記号	W/C (%)	空気量 (%)	単位量 (g/L)			
			W	C	S	AE 剤 (100 倍液)
N	50	—	254.2	508.4	1525.3	—
A	50	7.9	231.6	468.1	1404.5	$C \times 0.0053\%$

表-3 前養生条件

配合	前養生温度 ($^\circ\text{C}$)	前養生時間 (h:mm)			
		前養生終了時の貫入抵抗値 (N/mm^2)			前養生なし
		1.0	3.5	28	
N	20	5:00	6:30	9:35	0:30
A		6:25	7:35	11:30	0:30

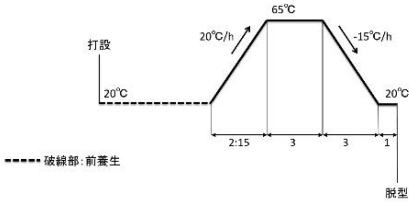


図-1 温度履歴条件

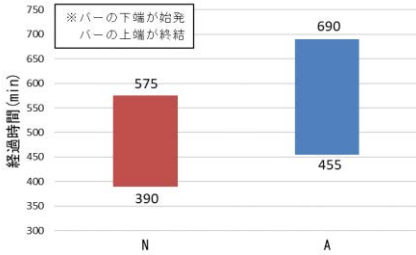


図-2 凝結試験結果

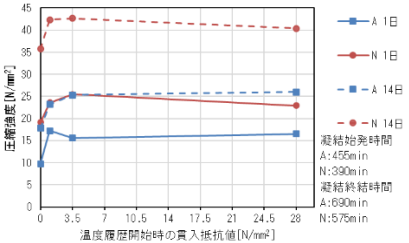


図-3 圧縮強度-貫入抵抗値

同じ貫入抵抗値まで前養生したときの N の強度を基準として A の圧縮強度の低下率を整理すると図-4 のようになる。図-4 よりすべての前養生条件で圧縮強度低下率が 25%以上となっている。

JIS A 1116 に従い N の空気量を求めた結果は 4.6%であった。一般に、空気量が 1%増加すると圧縮強度は 5%低下する²⁾ことから、空気量による A の圧縮強度の低下は N に対して 16.5%程度であると考えられる。高温履歴を受けることで打込み時の空気量の影響以上に圧縮強度が低下していることがわかる。また、前養生での貫入抵抗値が低いほど低下率は大きくなり、前養生での組織形成が重要となることもわかる。

3.3 静弾性係数

静弾性係数の結果を温度履歴開始時の貫入抵抗値で整理したものを図-5 に示す。N の温度履歴開始時の貫入抵抗値が 28N/mm²、3.5N/mm²、1.0N/mm² の場合、概ね同等の静弾性係数を示すが、前養生を行わない場合、静弾性係数が低下することがわかる。一方 A では材齢 1 日の時、温度履歴開始時の貫入抵抗値が 1.0N/mm² および前養生を行わない条件のとき静弾性係数が僅かに低下するが明確な違いはない結果となった。

3.4 細孔径分布

細孔径分布測定の結果を 50nm の細孔径を閾値³⁾として整理したものを図-6 に、50nm 以上の細孔量と温度履歴開始時の貫入抵抗値の関係を図-7 に示す。全体として前養生の貫入抵抗値が大きくなるほど総細孔量は減少する傾向にある。温度履歴開始時の貫入抵抗値に関わらず A は N に比べ、総細孔量が 1.3 倍程度、50nm 以上の細孔量が 1.4 倍程度大きくなっており、組織構造が疎となっていることがわかる。また、貫入抵抗値が 3.5N/mm² と 28N/mm² では、50nm 以上の細孔量は同程度になることもわかる。

50nm 以上の細孔量と圧縮強度のグラフを図-8 に示す。A、N どちらも負の相関を示し、一つの直線で近似できるとわかる。

4. まとめ

- (1) 空気連行することで、凝結始発時間・凝結終結時間は長くなる。
- (2) 空気連行することで、温度履歴後の圧縮強度・静弾性係数は低下し、細孔構造は疎となる。圧縮強度の傾向から、前養生時間での組織形成の不足による強度低下は、空気連行した場合に顕著となる。
- (3) 空気連行した場合でも凝結始発を示す貫入抵抗値 3.5N/mm² まで前養生を行うことで、その後の温度履歴養生の効果を高めることができる。

謝辞：本研究の遂行にあたり、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) 大塚浩司, 庄谷征美, 小関憲一, 阿波稔: コンクリートの蒸気養生過程で発生する表面微細ひび割れの性状に関する研究, 土木学会論文集, No.520/V-28, pp.143-155, 1995.8
- 2) 國府勝郎ほか: わかり易い土木講座 10 新訂第七版コンクリート工学(I)施工, 彰国社, p75, 2015.11
- 3) 内川浩, 羽原俊祐, 沢木大介: 混合セメントモルタルおよびコンクリートの硬化体構造が強度発現性状に及ぼす影響, セメント・コンクリート論文集, No.44, pp.330-335, 1990

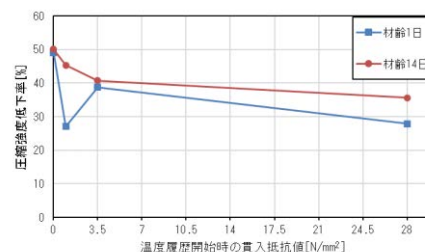


図-4 圧縮強度低下率-貫入抵抗値

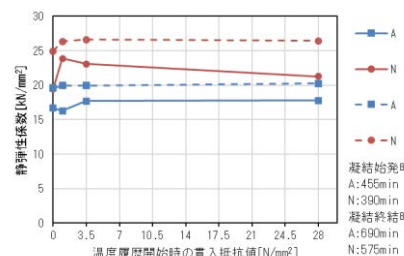


図-5 静弾性係数-貫入抵抗値

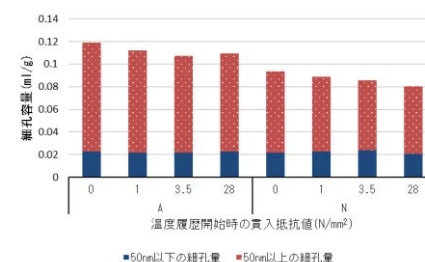


図-6 細孔径分布測定結果

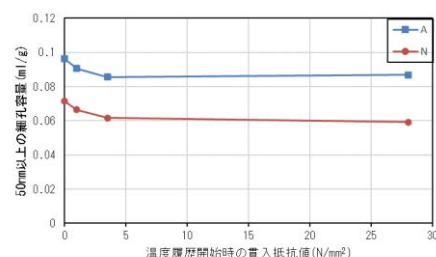


図-7 細孔量-貫入抵抗値

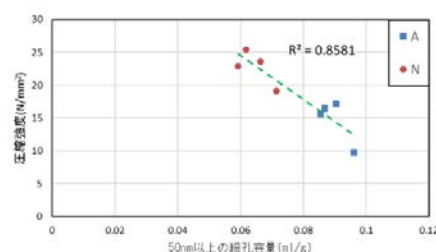


図-8 圧縮強度-細孔量