

V-18

蒸気養生したモルタル・コンクリートの強度および細孔径分布について

福岡大学 〇正員 江本 幸雄
 福岡大学 正員 大和 竹史
 福岡大学 正員 漆田 政司

1. まえがき

コンクリート製品の製造には強度発現の促進をはかるため蒸気養生が広く用いられているが、養生方法が不適当な場合には長期強度や耐久性の低下を生じることがある。蒸気養生コンクリートの強度や物性に及ぼす要因としては前養生時間、温度上昇速度、最高温度などの養生条件によるものと、蒸気養生後の二次養生条件によるものとが考えられる。本研究ではモルタル供試体において、蒸気養生後に水中および気中で二次養生を行なった場合、さらに、コンクリート供試体においては前養生時間、養生最高温度などの養生条件を変化させた場合について実験を行ない、蒸気養生が強度と細孔径分布に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメント(比重3.16)、粗骨材は角閃岩砕石(比重2.89)、細骨材は海砂(比重2.59)をそれぞれ使用した。なお、モルタルの場合は細骨材として標準砂を使用した。モルタルおよびコンクリートの配合を表-1に示す。蒸気養生はプログラム蒸気養生槽(温度範囲: 常温~90℃, 湿度95%以上)により実施した。養生方法は表-3に示すとおりである。最高温度保持時間はいずれも3時間とした。細孔径(25000~43Å)の測定は水銀圧入法により行なった。試料は強度試験を行なったあとの供試体を粉砕し、2.5~5mmのモルタル部分を用いた。また、硬化コンクリートの空気泡はφ15×30cmの円柱供試体の中央部分から試料を採取し、150倍の工具顕微鏡を用いてリニヤートラバース法により測定した。

表-1 モルタルの配合

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)		
	セメント	砂	水
60	600	1200	358

表-2 コンクリートの配合

スランブ (Cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				減水剤 (kg)	AE剤 (CC)
				G	W	S	G		
8	4	46	44	350	161	784	1114	0.875	2100

表-3 蒸気養生方法

シリーズ	前養生時間 (hr)	温度上昇速度 (°C/hr)	最高温度 (°C)	二次養生
I	3	20	65	水中, 気中
II	1, 2, 3 4	10, 20 30	65	気中
III	2	20	55, 65 75, 85	気中

3. 実験結果および考察

I) 二次養生の影響 (モルタル)

蒸気養生後の

二次養生は水中および気中養生とした。比較のため、蒸気養生しない供試体の水中、気中養生も同時に実施した。圧縮強度試験結果を図-1, 2に、細孔径分布を表-4にそれぞれ示す。AEモルタルの場合、蒸気養生したものは3日、7日の初期材令においては水中養生を上回っているが、材令28日では、水中養生に対して、二次養生を行なった場合91%, 行なわない場合で、84%, 気中養生の場合74%の強度となっている。気中養生および蒸気養生を行なっても二次養生を行なわない場合、材令7日から28日までの強度増加がほとんど見られないのに対し、水中養生および二次養生として水中養生を行なった場合には強度が増進している。NON AEモルタルの場合もAEモルタルとほぼ同様の傾向を示している。

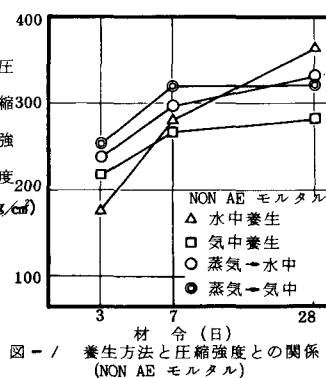


図-1 養生方法と圧縮強度との関係 (NON AE モルタル)

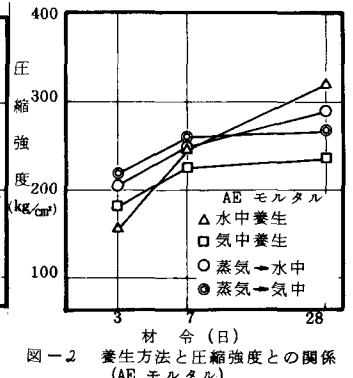


図-2 養生方法と圧縮強度との関係 (AE モルタル)

次に、細孔径分布は水中養生および二次養生として水中養生した場合は近い値を示しており、75~250Åの細孔径が多く、50%近くを占めている。これは蒸気養生後においても水分の供給があれば細孔径は細かい径の方に移動することを示している。これ

に対し、気中養生および二次養生として気中養生したものは、凍結融解作用に影響を及ぼすといわれる750~7500Åの範囲の細孔径が大きくなる傾向が認められる。

Ⅱ) 前養生時間の影響 温度上昇速度10%/hr, 20%/hr および30%/hr における前養生時間と強度との関係を図-3, 4, 5にそれぞれ示す。上昇速度10%/hr の場合、材令1日での強度差は小さいが、材令28日では前養生時間1, 2, 3時間で強度低下が大きく標準養生に比べ64~74%である。前養生4時間では標準養生の96%程度である。

上昇速度20%/hr, 30%/hr の場合は初期強度から前養生時間の影響が現われ、前養生時間が短いほど、強度低下が大きくなっている。また、上昇速度が速いほど、材令1日の強度は大きい、材令を経るにしたがい、強度の伸びは低下している。30%/hrでは前養生時間1, 2, 3時間で材令3日から材令28日までの強度の伸びは14~20%程度と小さくなっている。細孔径分布は標準養生の場合に比べて上昇速度10%/hrでは75~750Åの径のものが多く、7500~75000Åのものは少なくなっているが、20%/hr, 30%/hrでは大きな差は認められなかった。また、T.P.Vは図中に示したように強度と相関性があることを示している。

Ⅲ) 養生最高温度の影響 最高温度と圧縮強度との関係を図-6に示す。材令1日では養生温度が高いほど強度発現が良いが、長期材令になるにしたがい、強度増進は小さくなり、材令28日では養生温度55℃のものが最も強度が大きく、以下65°, 75°, 85°℃の順となった。細孔径分布は75°, 85°℃の場合は55°, 65°℃に比べ240~430Åの細孔径範囲に増大が見られた。また、T.P.Vも図-6に示すように強度低下の順に大きくなっており、コンクリート内部に微細なひびわれが生じているものと考えられる。さらに、石炭化コンクリートの空気量は85°℃の場合、8.1%で、実測空気量5.6%に比べ、著しい増大が見られた。これは空気泡の熱膨張によるものと考えられ、強度低下の大きな原因となっている。

4. あとがき

蒸気養生コンクリートは早期脱型、初期強度の発現にはきわめて有効であるが、長期材令においても強度を安定させるためには、適切な二次養生と養生温度の管理が必要である。

表-4 細孔径分布 (%)

細 孔 径 (Å)	NON AE モルタル				AE モルタル			
	水中	気中	蒸 水	蒸 気	水中	気中	蒸 水	蒸 気
75 以下	6.1	2.1	6.4	4.2	6.2	2.3	3.4	2.2
75~750	59.0	23.9	53.1	32.6	54.0	25.3	49.9	28.8
750~7500	21.7	46.6	28.4	46.9	26.5	38.7	30.7	45.8
7500~75000	13.1	27.4	12.1	16.2	13.3	33.7	16.0	23.2
T.P.V(CC/g)	0.0881	0.0990	0.0793	0.0944	0.1006	0.1136	0.1073	0.1053

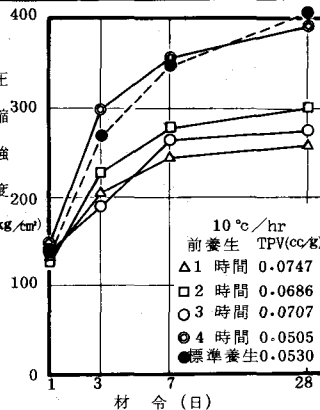


図-3 前養生と圧縮強度との関係 (10°C/hr)

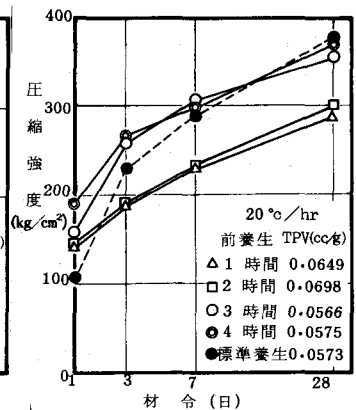


図-4 前養生と圧縮強度との関係 (20°C/hr)

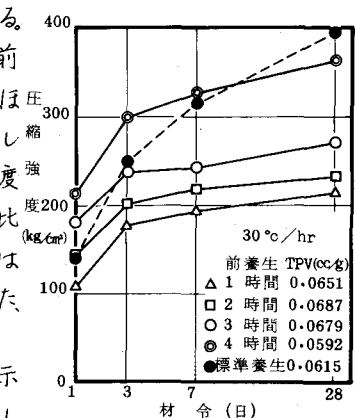


図-5 前養生と圧縮強度との関係 (30°C/hr)

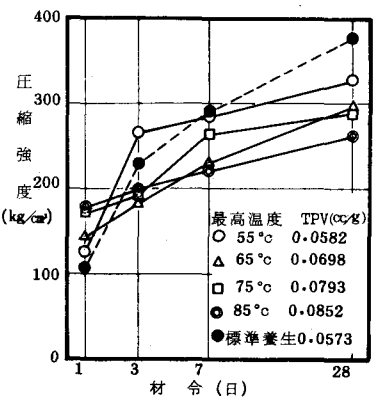


図-6 養生最高温度と圧縮強度との関係