

東北学院大学大学院 学生員 阿波 稔
 東北学院大学工学部 正会員 大塚浩司
 (株) ビー・エス 正会員 諸橋克敏

1. まえがき

コンクリート製品を促進養生において製造する場合、一般に常圧蒸気養生が用いられている。しかし、このような蒸気養生において製造したコンクリート製品の表面に微細なひび割れが発生していることがあり問題となっている。筆者らは、これまで、このような問題に取り組み蒸気養生過程で発生する微細ひび割れをX線造影撮影法を用いて検出し、その発生状況や発生原因について検討し報告してきた。^{1)・2)} 本報は、蒸気養生過程で発生する微細ひび割れの面から、学会の示方書類における蒸気養生条件の規定および記述の検討を行い、その結果をまとめたものである。

2. 実験材料および方法

セメントは、早強ポルトランドセメントを用いた。骨材は、細骨材として川砂、粗骨材として最大寸法20mmの砕石を使用した。

供試体の寸法は、図-1に示すように150×150×400mmの矩形であり、長軸方向にD16鉄筋を4本配置した。蒸気養生条件は、表-1に示す通りである。条件は、現在の示方書類を参考にして、その規定の範囲を外れる条件も含め決定した。前養生は、20℃の恒温室中に放置した。また、最高温度の継続時間は、各養生条件において蒸気停止までの積算温度が同一となるように変化させた。

ひび割れの検出は、蒸気養生終了後、供試体表層部を厚さ2cmにダイヤモンドソーで切断し、造影剤を微細ひび割れに浸透させ、X線撮影を行い、撮影したフィルムを読影機にかけてひび割れの観察を行う、X線造影撮影法を用いた。そして、検出されたひび割れを10×10cmの範囲でトレースした。

3. 実験結果および考察

表-2は、前置時間が微細ひび割れの発生に及ぼす影響を調べるために、前置時間を0時間、2時間、4時間および6時間と変化させた場合の微細ひび割れ総長および個数を示したものである。この表に見られるように前置時間を

短縮すると非常に多数の微細ひび割れが発生した。これらのひび割れ部を拡大写真で見ると、写真-1に見られるようなモルタルひび割れが比較的多く見られ、また、写真-2に見られるような少量の空隙ひび割れも見られた。

表-2 微細ひび割れ総長・個数（前置時間）

前置時間	供試体速度(℃/h)		ひび割れ総長(mm)	ひび割れ個数
	昇温	降温		
0h	11.7	3	957	468
2h			616	300
4h			141	42
6h			70	26

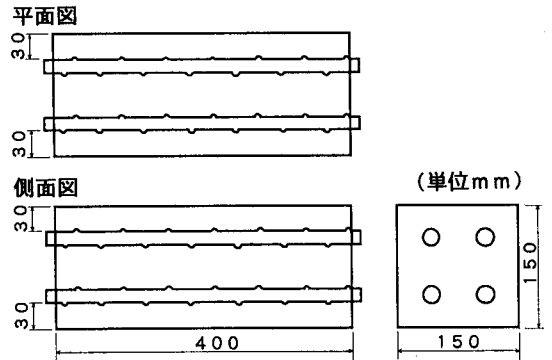


図-1 供試体形状

表-1 蒸気養生条件

供試体 No.	前置時間 (h)	昇温速度 (℃/h)	最高温度	降温速度 (℃/h)			
6-3	A B	6	55℃	3			
				85			
4-3	A B			11.7	3		
					85		
4-2	A B	4			20.0	3	
					35.0	85	
2-3	A B	2		11.7	3		
					85		
0-3	A B	0			35.0	3	
						85	
0-1	A B						3
							85

表-3 学会示方書類の規定、記述（前置時間）

学会	前置時間
土木学会 コンクリート標準示方書	2～3時間
建築学会 工事標準仕様書	昇温速度20℃/h 3～7時間
ACI	前養生温度16～38℃ 最低2時間

表-3

に、学

会の示

方書類

におけ

る蒸気

表-4 微細ひび割れ総長・個数（昇温速度）

前置 時間	供試体 速度(°C/h)		ひび割れ 総長 (mm)	ひび割れ 個数
	昇温	降温		
4h	11.7	3	141	42
	20.0		303	172
	35.0		377	192

養生の前置時間の規定および記述を示す。

この表に見られるように、土木学会並びに

ACIで規定されている前置2時間をとっても

このひび割れは発生し、これらの規定の前

置2時間ではこのひび割れを防止するには

不十分であると思われる。

表-4は、昇温速度が微細ひび割れの発生に及ぼす影響を調べるために、昇温速度を11.7°C/h、20°C/hおよび35°C/hと変化させた場合の微細ひび割れ総長および個数を示したものである。この表より、昇温速度が大きくなると微細ひび割れが増加するが、20°C/hと35°C/hではそれほど大きな差は

見られなかった。昇温速度が大きい場合のひび割れには、気泡ひび割れが比較的多く見られた。

表-5、に学会の示方書類における蒸気養生の昇温速度の規定、記述を示す。前述の結果から言って、前置時間と降温速度の影響を十分に小さく一定とした場合、土木学会、建築学会およびACIに規定、記述されている昇温速度の範囲の20°C/hより大きい35°C/hとしても昇温速度が微細ひび割れの発生に及ぼす影響は、それほど大きくないと思われる。

表-6は、降温速度が微細ひび割れの発生に及ぼす影響を調べるために、降温速度を3°C/hと8.5°C/hと変化させた場合の微細ひび割れ総長および個数を示したものである。この表に見られるように、降温速度が大きいものは、ひび割れの著しい増加が見られた。降温速度が大きな場合は、写真-3に見られるような骨材とペーストの剥離が比較的多く見られた。

表-7に、学会の示方書類における蒸気養生の降温速度の規定および記述を示す。このように、ACIの規定には、最大2.8°C/hという規定があるが、土木学会と建築学会では具体的な降温速度の記述はされていない。しかし、実験の結果から前置時間と昇温速度の影響をできるだけ小さく一定としても降温速度が大きいとひび割れが発生している。従って、ひび割れの発生防止には、具体的な範囲を定める必要があると思われる。

【参考文献】
1) 阿波、大塚、諸橋：蒸気養生過程で発生する鉄筋コンクリート部材の微細ひび割れ；コンクリート工学年次論文集、Vol 15 p. 567 1993
2) 阿波、大塚、諸橋：蒸気養生過程で発生する鉄筋コンクリート部材の微細ひび割れ性状；第48回 土木学会年次学術講演概要集V、p. 692 1993



写真-1 モルタルひび割れ(4倍) 写真-2 気泡ひび割れ(4倍)

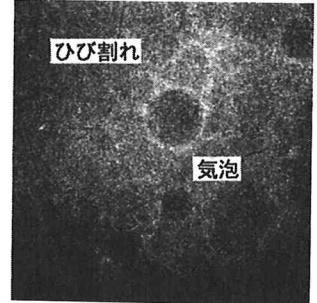


表-5 学会示方書類の規定、記述（昇温速度）

学会	昇温速度
土木学会 コンクリート標準示方書	20°C/h以下
建築学会 工事標準仕様書	10～20°C/h
ACI	22～23°C/h

表-6 微細ひび割れ総長・個数（降温速度）

前置 時間	供試体 速度(°C/h)		ひび割れ 総長 (mm)	ひび割れ 個数
	昇温	降温		
4h	11.7	3	141	42
		85	436	273

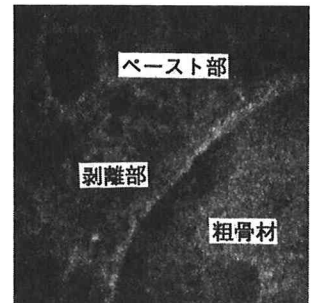


写真-3 骨材の剥離(4倍)

表-7 学会示方書類の規定、記述（降温速度）

学会	降温速度
土木学会 コンクリート標準示方書	養生室の温度は、徐々に下げ、外気と大差がないようになってから製品をだす。
建築学会 工事標準仕様書	槽内温度と外気温の差が大きい場合には、部材の急激な冷却を防止する処置を講ずる。
ACI	最大2.8°C/h