

蒸気養生をしたコンクリートの凍結融解抵抗性

福岡大学 正員○江本幸雄

福岡大学 正員 大和竹史

福岡大学 正員 添田政司

1. まえがき

プレキャスト製品の大半を占める蒸気養生コンクリートの品質は前置時間、最高温度、温度勾配などの蒸気養生条件および蒸気養生後の二次養生条件により影響を受ける。これまで強度に関する研究は数多く行われているが、蒸気養生を実施したコンクリートの凍結融解抵抗性に関する研究は少ない。一般に、蒸気養生を実施した場合、初期強度の増進率は高いが、長期強度は標準養生に比べて若干劣るといわれている。また凍結融解作用に対する耐久性も養生条件によって異なると考えられる。そこで、本研究では蒸気養生条件と二次養生条件を変化させたコンクリートの凍結融解試験を実施し、主に、連行空気量および細孔径分布の点から凍結融解抵抗性を検討した。

2. 実験概要

使用したセメントは普通ポルトランドセメント(比重3.16)、細骨材は海砂(比重2.59、吸水率1.4%、粗粒率2.56)、粗骨材には角閃岩砕石(最大寸法20mm、比重2.87、吸水率0.6%、粗粒率6.74)を使用した。コンクリートの配合を表-1に示す。AEコンクリートについては空気量5%を目標としてAE剤を適量用いた。

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)により前養生時間、温度上昇速度、養生最高温度および蒸気養生後の二次養生を表-2のように変化させて実施した。各シリーズとも最高温度保持時間および冷却速度はそれぞれ3時間、および5℃/hとした。凍結融解試験は各蒸気養生条件で養生後、ASTM C-666 A法の急速水中凍結融解試験法に準じて実施した。硬化コンクリートの空気泡はASTM C-666に準じ、150倍の工具顕微鏡を用いてリニャトラバース法により測定した。細孔径分布(37.5~75000 Å)

の測定は水銀圧入式ポロシメータ(最大圧力2000気圧)で行った。空気泡、細孔径測定用試料はいずれも凍結融解試験用供試体と同時に製作した10×10×40 cmの角柱供試体から採取した。二次養生として気中養生した場合は凍結融解試験前に一週間吸水させてから試験を開始した。

表-1 コンクリートの配合

項目 種類	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				AE 剤 (ℓ/m ³)
			C	W	S	G	
NON AE	55	42	350	193	755	1172	0
AE	55	42	320	176	729	1132	2.24

表-2 蒸気養生条件

シ ー ズ	上昇速度 (℃/h)	前養生時間 (hr)	最高温度 (℃)	二次養生の 方法
I	10, 20, 30	2	65	気中
II	20	0.5, 1, 2, 3, 4	65	気中
III	20	3	55, 65, 75, 85	気中、水中
IV	20	2	65	水中 ^{1, 3, 7,} 14, 28d 気中 ^{28d}

3. 実験結果および考察

硬化コンクリートの空気泡試験結果、細孔容積および耐久性試験結果を表-3に示す。シリーズIの前養生時間、最高温度を一定とし、上昇速度を10, 20 および30℃/hrとした場合、AEコンクリートでは20℃/hrで耐久性は最も優れ、以下10, 30℃/hrの順に低下が

みられるが、30℃/hrでも耐久性指数は78程度が得られている。これに対し、NON AEコンクリートでは最高でも30サイクルで動弾性係数百分率は60%以下となった。

シリーズIIでは最高温度、上昇速度を一定とし、前養生時間を変化させた後、凍結融解試験を実施したものであるが、シリーズIと同様にAEコンクリートの場合は耐久性に優れており、前養生時間が長くなるほど若干、耐久性指数が大きくなっている。このような前養生時間の短縮やシリーズIの急激な温度上昇による

耐久性の低下はコンクリート内部の微細なひびわれや粗骨材とモルタルの亀裂により生じるものと考えられる。

シリーズⅢは養生最高温度を変化させたもので、二次養生は気中および水中養生の二種類とした。AEコンクリートでは水中養生を行うと温度差による影響はほとんどなくなり、すべて耐久性指数は70%台であった。これに対し気中養生を行った場合、65℃、85℃で水中養生よりも耐久性指数が高くなったものがあつた。これは硬化コンクリートの空気量が多く、気泡間隔係数が小さくなったためではないかと考えられる。NON AEコンクリートの場合、耐久性指数は低いながらも、二次養生として水中養生することによって若干の改善がみられた。また、NON AEコンクリートで最高温度85℃の場合、気泡間隔係数が290μmと比較的小さいにもかかわらず耐久性は全く得られなかった。

シリーズⅣでは二次養生条件の影響を調べるため蒸気養生後、所定の日数水中養生を実施し、凍結融解試験を行ったものである。比較のため蒸気養生をしない供試体で気中および水中養生も実施した。NON AEコンクリートの場合、二次養生を実施してもほとんど効果は認められず、蒸気養生後28日間水中養生を行っても160 サイクル程度で動弾性係数百分率は60%以下となつた

これに対し、AEコンクリートの場合はいずれも耐久性は優れており、二次養生を水中養生で7~14日実施した方が他のものよりわずかに耐久性指数は大きくなつた。

凍結融解抵抗性に影響を及ぼすと考えられている430~7500Åの範囲の細孔径の割合は二次養生の方法によって差が表れているが耐久性にどの程度関与しているかは明らかとはならなかつた。

4. あとがき

本実験はNON AEとAE 5%の極端な場合しか実施しなかつたが、標準養生のコンクリートと同様に、空気を連行すれば蒸気養生条件にほとんど関係なく凍結融解抵抗性が確保されることが示された。しかしながら、蒸気養生したコンクリートで最小限の耐久性を確保するための空気量がどの程度なのかは今後の検討が必要である。なお、本研究の一部は昭和60年度文部省科学研究費（奨励研究(A)）の補助を受けて行なわれたものである。

表-3 硬化コンクリートの空気泡と耐久性指数

シリーズ	種類	空気量(%)		気泡間隔係数(μm)	耐久性指数	T.P.V. (cc/g)	430~7500Å (%)	
		フレッシュ	硬化後					
I	0-J-10	0.8	1.6	1031	3	0.0794	59.2	
	0-J-20	0.5	2.1	725	12	0.0823	54.8	
	0-J-30	1.4	1.2	810	4	0.0850	58.8	
	5-J-10	5.5	3.9	317	88	0.1635	56.4	
	5-J-20	5.1	5.0	258	93	0.0851	57.7	
	5-J-30	5.2	3.3	312	78	0.1664	56.9	
II	0-J-0.5H	2.2	1.2	787	3	0.0898	60.6	
	0-J-1H	2.1	1.2	822	4	0.1112	60.9	
	0-J-2H	2.4	1.9	904	10	0.0799	60.5	
	0-J-3H	2.7	2.0	508	13	0.0740	57.5	
	0-J-4H	2.1	1.2	891	6	0.0793	58.3	
	5-J-0.5H	4.5	4.1	359	80	0.1088	61.6	
	5-J-1H	5.0	3.8	287	81	0.1397	59.8	
	5-J-2H	5.5	4.8	334	81	0.1005	59.9	
	5-J-3H	5.5	3.9	323	84	0.1616	53.5	
	5-J-4H	5.4	4.2	326	85	0.1062	57.4	
	III	0-J-55-A	2.2	2.1	488	9	0.0703	68.3
		0-J-65-A	2.4	2.8	418	14	0.0653	68.7
0-J-75-A		1.5	1.3	545	9	0.0742	66.8	
0-J-85-A		2.1	3.1	290	7	0.0773	66.6	
0-J-55-W		1.3	1.4	462	20	0.0880	30.4	
0-J-65-W		1.3	1.5	727	17	0.0933	35.1	
0-J-75-W		1.5	1.4	449	31	0.0971	40.0	
0-J-85-W		1.5	1.6	525	8	0.0990	43.3	
5-J-55-A		5.1	5.9	235	77	0.0874	62.4	
5-J-65-A		5.1	4.7	344	84	0.1076	60.9	
5-J-75-A		4.7	3.8	289	73	0.0707	53.4	
5-J-85-A		6.5	6.7	198	92	0.0836	59.9	
5-J-55-W	5.2	4.4	350	74	0.0919	35.9		
5-J-65-W	5.3	6.0	280	73	0.0820	59.3		
5-J-75-W	5.3	6.0	280	73	0.1197	44.3		
5-J-85-W	6.2	6.7	256	77	0.0990	45.3		
IV	0-J-S1	2.5	2.0	321	17	0.0804	42.5	
	0-J-S3	2.5	1.3	247	21	0.0809	52.4	
	0-J-S7	2.5	1.3	251	14	0.0807	48.8	
	0-J-S14	2.5	1.4	335	14	0.0816	41.4	
	0-J-S28	2.5	1.7	389	17	0.0746	41.4	
	0-J-K28	2.5	1.4	255	31	0.0807	41.4	
	0-J-S28	2.5	2.1	258	12	0.0838	54.8	
	0-S28	2.5	1.4	615	22	0.0757	31.3	
	0-K28	2.5	1.3	367	12	0.0906	52.5	
	5-J-S1	5.1	5.9	321	88	0.0723	52.9	
	5-J-S3	5.1	4.3	247	86	0.1067	50.0	
	5-J-S7	5.1	4.0	251	92	0.0780	52.3	
	5-J-S14	5.1	4.3	335	93	0.0770	47.3	
	5-J-S28	5.1	4.0	389	78	0.0773	35.6	
	5-J-K28	5.1	5.0	255	93	0.0851	31.7	
	5-S28	5.1	4.2	236	82	0.0823	31.7	
	5-K28	5.1	7.3	226	86	0.0870	51.7	