

北海道開発局土木試験所 正員 前川 静男

同 上 正員 ○今井 益隆

1. まえがき 寒冷地におけるコンクリート構造物に要求される重要な性質の一つとして、凍結融解に対する抵抗性が挙げられる。これらは他の諸性質とともに用いる材料の品質、配合の程度、施工の方法などのほか、初期の養生によって多大の影響を受けることは衆知のとおりであり、とくに混合セメントを用いた場合に、養生程度に起因すると推定される問題点を残すことが過去に行なった構造物調査でも明らかである。本文は、この原因を究明し、耐久性確保の点から必要な配合条件、および養生程度を求める目的で行なった実験結果について述べたものである。

2. 試験の概要 試験は湿潤養生期間を打設後0, 1, 3, 5, 7日とし、その後空中に放置した場合の耐久性を標準養生の場合と比較したものであり、恒温室（温度20℃、湿度55%）を利用して養生を行なった実験ⅠⅡは、おもに使用材料、配合の点から検討を加え、実験Ⅲは、初期養生方法、施工季節の変化にともなう養生温度の相違などによる影響について検討する目的で屋外で養生を行なって、それぞれ材令28日より凍結融解試験、はく離試験を実施し、併せて自然条件下における曝露試験をも行なった。なお実験Ⅲにおける打設後4週間の日平均気温の推移は図-1のとおりである。

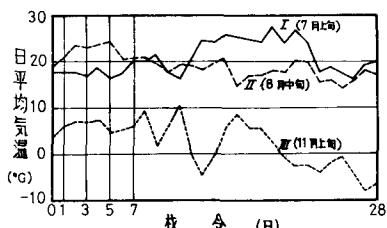


図-1 各施工時期における平均気温の推移

3. 試験方法 (1)コンクリートの配合 セメントは普通、B種フライアッシュ、B種高炉、混和剤はAE剤、減水剤、粗骨材は砂利、碎石を使用し、 $\%0.5, 0.6$, スランプ5cm, 空気量4%となるよう配合を決定した。なお練り温度は20℃とした。(2)供試体の養生 実験ⅠⅡでは湿潤養生終了時に脱型してその後は気乾状態としたが、実験Ⅲでは採取後直ちに屋外に搬出して3種の初期養生、すなわちa)日光直射(日照と風を与え、雨を遮る)、b)日陰(日照と雨を遮り、風を与える)、c)被膜(供試体表面に被膜養生剤を散布)を行ない、いずれも2日後に脱型し、所定の湿潤養生終了後材令27日まで気乾状態とした。(3)凍結融解試験 供試体寸法は $10 \times 10 \times 42$ cmのはり型であり1日間浸水の後ASTM: C290に準じて試験を行なった。(4)はく離試験 $-10 \sim +10^\circ\text{C}$ の範囲で凍結9時間、融解3時間を要して1日2回の凍結融解をくり返し、凍害による供試体表面のはく離状況を検討した。供試体は $24 \times 30 \times 10$ cmの平板であり、その表面に湛水できるように鉄板製の枠を埋設した。

4. 試験結果と考察 (1)湿潤養生期間と凍結融解抵抗性の関係 a)セメントの種類による影響(実験Ⅰ) コンクリートの養生程度と耐久性指数の関係を図-2に示す。図によると標準養生ではセメントによる差異は殆んど認められないが、湿潤養生期間の影響は高炉セメントの場合とくに顕著であり、

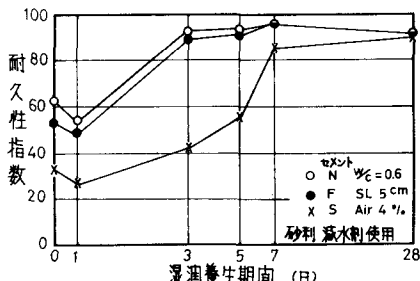


図-2 湿潤養生期間と耐久性指数

5日間の養生で普通およびフライアッシュの場合の24時間養生と同程度であり、耐久性指数60以上を得るために%0.6では普通、フライアッシュでは3日の養生で充分であるのに対し、高炉では7日以上

の湿潤養生が必要であることを示している。(b)水セメント比による影響(実験Ⅱ) %を異にした同一養生程度の耐久性を図-3に示したが、%0.6の5日間養生の場合と同程度の耐久性が%0.5では養生程度に関らず得られたことから、%による耐久性改善の効果が明

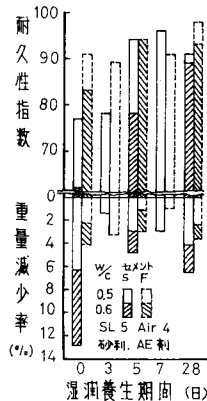


図-3 %と耐久性の関係

らかといえる。しかし、セメントの種類によって耐久性が異なることは前述のとおりである。(c)初期養生方法、施工季節による影響(実験Ⅲ) 表-1によると施工季節ⅠⅡⅢを通じ、普通、フライアッシュの3~5日養生に比較して、標準養生の場合の重量減少が大であり、耐久性指数も低下したが、気乾養生中の自由水の放出が凍結可能水の減少となった影響と考えられる。高炉では養生期間が5日以下で他に比較してやや低い値を示したが、標準養生では差が認められなかつたことから養生の重要性を示唆しているといえる。施工季節との関係では重量減少がⅠⅡⅢの順で増大したが、耐久性指数からは明らかとならず、被膜効果について日光直射に比較して耐久性は向上したが、その程度は日陰養生の場合と殆んど差がないといえる。

(2)湿潤養生期間とはく離抵抗性の関係 供試体表面のはく離状況を重量百分率で示すと図-4のとおりであり、淡水に比較して海水が、また普通、フライアッシュに比較して高炉で、とくに養生期間の短期の場合に著しい。

(3)自然曝露に対するはく離抵抗性 増毛港田防波堤頂に(2)で述べた供試体を設置し、自然条件下における抵抗性を観測した。気象条件、および観測結果の一部を表-2、3に示す。表-3によると施工季節との関係は明らかではないが、養生程度およびセメントの種類による影響は大きく、湿潤養生期間が3日以下では普通、フライアッシュに比べて高炉の場合の減少が著しい。

5 あとがき 以上の試験結果より、耐久性確保の点からAEコンクリートでも、セメントの種類によっては%0.5で5日間、%0.6では7日間の湿潤養生が必要といえ、とくに高炉の場合、普通、フライアッシュに比較して養生程度による影響が顕著であることが明らかとなった。なお今後、凍害、表面はく離現象の発生機構の究明とともに関連要因を把握し、対策を講ずることが重要であると考えら

表-1 凍結融解試験結果(%0.6)

セメントの種類	養生期間(日)	養生方法	凍結融解300回終了時の			
			重量百分率W300/W0 X100(%)		耐久性指数 PN/M	
			Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ
普通	0	日光直射	94.9	91.0	87.6	87.2
	3		96.9	93.0	97.3	93.2
	5		97.4	-	95.5	-
	28		95.9	92.0	90.5	90.1
フライアッシュB	0	日光直射	94.5	-	87.0	-
	3		92.3	89.7	75.5	86.2
	5		93.8	92.3	88.9	88.0
	28		94.3	-	94.5	-
高炉B	0	日光直射	92.4	90.3	85.3	92.4
	3		90.5	-	75.1	-
	5		86.9	87.4	72.2	83.7
	28		90.7	89.0	91.0	73.6
高炉B	0	日光直射	91.2	-	72.8	-
	3		94.2	92.2	87.8	91.8
	5		89.7	-	76.7	-
	28		91.1	-	81.9	-
高炉B	0	日陰	96.2	-	75.0	-
	3		93.2	-	95.3	-
	5		-	-	-	-
	28		-	-	-	-

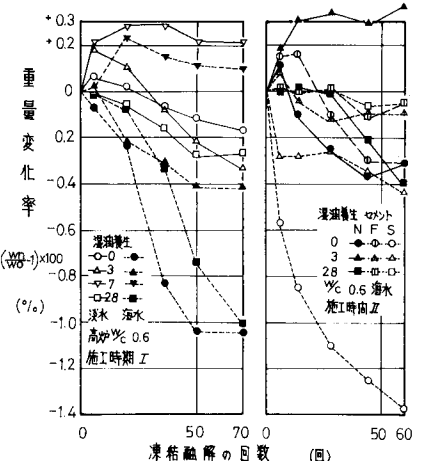


図-4 湿潤養生期間と表面剥離の関係

表-2 気象の出現度数(46.1~46.12)

風速(m/s)	0	0.1~0.5	0.6~1.0	1.1~1.5
0	7	43	194	0
0.1~0.5	7	36	17	0
0.6~1.0	30	14	0	0
1.1~1.5	13	4	0	0

表-3 供試体重量減少率(2冬経過後)

養生期間(日)	Ⅰ			Ⅱ			Ⅲ		
	N	F	S	N	F	S	N	F	S
0	120	094	272	178	175	271	066	048	713
3	084	086	182	115	116	142	074	045	232
7	073	070	100	-	-	-	062	038	061
28	076	073	069	184	061	153	081	055	054