

寒冷地におけるコンクリート供試体の戸外暴露試験

福岡大学○正員 大和竹史

〃 正員 江本幸雄

〃 正員 添田政司

1. はじめに

寒冷地におけるコンクリートには特に凍結融解作用に対する抵抗性(耐凍害性)が要求される。コンクリートの耐凍害性はASTM-C666の急速水中凍結融解試験によって判断されることが多い。しかしながら、この試験はコンクリート用材料の比較試験としては有効であるが実際のコンクリート構造物の耐凍害性を判断するためには不十分と考えられる。これはコンクリート構造物の位置、形状、寸法によって凍結融解条件が著しく異なるからである。

本研究は使用材料の種類、コンクリートの配合および暴露条件の相違がコンクリート供試体の品質の経年変化に及ぼす影響を検討したものである。

2. 試験概要

使用材料は普通ポルトランドセメント、海砂、角閃岩碎石、造粒型人工軽量骨材、非造粒型人工軽量骨材である。混和剤には2種類の高性能減水剤と2種類の減水剤を用いた。コンクリートの種類はシリーズⅠ～Ⅴよりなり、その総数は46である。シリーズⅠは高性能減水剤を用いた水セメント比30、40、50%のNON-AEおよびAEコンクリートの配合からなる。以下、シリーズⅡはNON-AEおよび空気量8%までのAEコンクリート、シリーズⅢは人工軽量コンクリート、シリーズⅣは鉄筋コンクリート及び無筋コンクリート、シリーズⅤは蒸気養生を行ったNON-AEおよびAEコンクリートからなる。表-1にコンクリートの配合を、表-2にコンクリートの強度試験結果を示す。暴露用供試体には、シリーズⅡとⅣで $7.5 \times 10 \times 40$ cmの角柱を、その他のシリーズでは $\phi 15 \times 30$ cmの円柱を用いた。シリーズⅤの供試体以外は全て福岡大学コンクリート実験室で1980年7月～8月に作製した。シリーズⅤの供試体は苫小牧のコンクリート製品工場で打設したもので蒸気養生と現場養生を行ったものである。

供試体の暴露場所は苫小牧市沼の端のコンクリート製品工場の敷地内である。暴露開始時(1980.10)における供試体の材令はシリーズⅠ～Ⅳで2～3ヶ月、シリーズⅤでは2週である。円柱供試体はコンクリート製床版の上にすべて鉛直に立てたがシリーズⅡでは角柱を南向き、北向き(いずれも水平と45°方向)、鉛直方向および湿砂中水平方向の4通りに設置した。これは供試体の向きにより供試体の温度履歴が異なるものと考えられるからである。

3. 試験結果および考察

3.1 暴露供試体の凍結融解サイクル数

暴露したコンクリート供試体を受ける温度履歴を調べるために供試体の中心温度を連続的に3ヵ年、自記温度記録計により測定した。この結果より円柱供試体が1年間に受ける凍結融解サイクル数は132回であり凍結温度の平均値は -6.6°C 、融解温度の平均値は 7.7°C であること、凍結温度はほぼ同程度であるが融解温度は南向きが一番高く北向きが一番低いこと、湿砂中の供試体は緩慢な凍結融解作用($-2.2^{\circ}\text{C} \sim 3.4^{\circ}\text{C}$ 、157サイクル/年)しか受けないことが分かった。

3.2 コンクリート供試体品質の経年変化

供試体の暴露開始時の動弾性係数を100として求めた相対動弾性係数の経年変化(9年間で約1200サイクルの凍結融解作用を受けている)について検討した結果、以下のことが分かった。

1) 高性能減水剤を使用したW/C 30～50%のコンクリート供試体は1例(人工軽量、W/C 50%)を除いて全てに劣化は認められない。約5%の相対動弾性係数の低下が認められたのは吸水率の大きい人工軽量骨材を用

いたW/C 50% のコンクリート供試体である。

2) 南向きに暴露した供試体で相対動弾性係数の低下が認められたのは、普通骨材および軽量骨材を用いたNON-AEコンクリートの供試体であり、いずれも9年間で2.5%程度の低下であった。

3) コンクリート混練時における軽量粗骨材の吸水量の差、鉄筋拘束の有無、蒸気養生の有無等とコンクリート供試体の相対動弾性係数との関係については現段階では明らかでない。

4) 暴露供試体と同時に打設したコンクリート供試体の急速凍結融解試験 (ASTM C666 A) も実施したが、その結果から暴露供試体の経年変化を推定することは困難である。

4. あとがき

この暴露試験は今後も続行の予定である。なお、現場におけるコンクリート供試体が実際に受ける凍結融解条件を可能な限り再現して促進試験を実施し、暴露供試体の経年変化との相関性が認められないか検討して行く所存である。供試体の暴露に際しては松井コンクリート㈱および大野コンクリート㈱に多大な御協力を得ました。ここに付記して謝意を表します。

表-1 コンクリートの配合

シリーズ	配合の記号	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	水 水/セメント比 (%)	単位量 (kg/m ³)	備 考
I	MOA	20	19.0	0.7	30	560	{ 角閃岩砕石 マイティ150 NON-AEコンクリート
	MOB	"	13.5	1.5	35	490	
	MOC	"	15.5	1.3	40	440	
	MOD	"	9.5	1.9	50	350	
	UMOA	15	16.5	1.6	30	540	{ 人工軽量骨材 マイティ150 NON-AEコンクリート
	UMOB	"	11.0	2.1	35	470	
	UMOC	"	11.0	2.1	40	410	
	UMOD	"	7.5	3.3	50	390	
	MAA	20	12.5	3.7	30	580	{ 角閃岩砕石 マイティ150 AEコンクリート
	MAB	"	16.0	5.0	35	490	
	MAC	"	17.0	6.5	40	430	
	MAD	"	17.0	4.7	50	350	
II	UMAA	15	18.5	3.3	30	530	{ 人工軽量骨材 マイティ150 AEコンクリート
	UMAB	"	7.0	3.4	35	460	
	UMAC	"	17.0	5.1	40	400	
	UMAD	"	18.5	4.7	50	310	
	NOC	20	6.5	1.1	40	440	砕石NON-AEコンクリート, NL4000 砕石AEコンクリート, NL4000 人工軽骨NON-AEコンクリート, NL4000 人工軽骨AEコンクリート, NL4000
	NAC	"	19.0	8.5	40	430	
	UNOC	15	10.5	1.5	40	410	
	UNAC	"	18.0	3.0	40	400	
	KAO	20	12.5	0.8	53	350	角閃岩砕石NON-AEコンクリート 目標空気量 3%のAEコンクリート " 4%のAEコンクリート " 6%のAEコンクリート " 8%のAEコンクリート
	KATH	"	13.5	4.0	53	350	
	KAFO	"	2.0	4.5	53	300	
	KASI	"	3.0	5.6	53	300	
	KAEI	"	13.0	9.0	53	300	
III	UAO	15	7.5	1.8	53	350	人工軽骨NON-AEコンクリート 目標空気量 3%のAEコンクリート " 4%のAEコンクリート " 6%のAEコンクリート " 8%のAEコンクリート
	UATH	"	22.5	1.6	53	350	
	UAFO	"	4.0	3.3	53	300	
	UASI	"	11.0	6.0	53	300	
	UAEI	"	17.0	7.5	53	300	
	UND	15	15.0	3.1	57	350	人工軽骨NON-AEコンクリート (乾燥) " (湿潤) 人工軽骨AEコンクリート (乾燥) " (湿潤)
	UNW	"	18.0	2.0	50	350	
	UAD	"	16.0	5.7	57	350	
	UAW	"	18.0	3.0	50	350	
IV	KAP, KAR	20	3.0	5.6	53	300	砕石AEコンクリート (Rは鉄筋) 砕石NON-AEコンクリート (") 人工軽骨AEコンクリート (") 人工軽骨NON-AEコンクリート (")
	KNP, KNR	"	5.5	1.4	53	350	
	UAP, UAR	15	11.0	6.0	53	300	
	UNP, UNR	"	19.5	2.0	53	350	
V	NAES	20	8 ± 1.5	3.5	44.6	320	普通AEコンクリート, 蒸気養生有り 普通AEコンクリート, 蒸気養生無し 普通NON-AEコンクリート, 蒸気養生有り 普通NON-AEコンクリート, 蒸気養生無し 人工軽骨AEコンクリート, 蒸気養生有り 人工軽骨AEコンクリート, 蒸気養生無し 人工軽骨NON-AEコンクリート, 蒸気養生有り 人工軽骨NON-AEコンクリート, 蒸気養生無し
	NAEU	"	"	"	"	"	
	NPLS	"	"	2.0	"	"	
	NPLU	"	"	"	"	"	
	LAES	15	7 ± 1.5	3.5	44	350	
	LAEU	"	"	"	"	"	
	LPLS	"	"	2.0	"	"	
	LPLU	"	"	"	"	"	

表-2 コンクリートの強度

シリーズ	配合の記号	圧縮強度 (kgf/cm ²)	
		材令7日	材令28日
I	MOA	375	434
	MOB	421	554
	MOC	278	399
	MOD	231	360
	UMOA	248	358
	UMOB	279	360
	UMOC	246	289
	UMOD	178	237
	MAA	433	568
	MAB	336	448
II	MAC	292	405
	MAD	167	287
	UMAA	263	335
	UMAB	302	326
	UMAC	229	282
	UMAD	144	191
	NOC	287	443
	NAC	198	258
	UNOC	198	239
	UNAC	155	195
III	KAO	199	307
	KATH	179	318
	KAFO	211	329
	KASI	180	290
	KAEI	134	258
	UAO	176	245
	UATH	162	213
	UAFO	186	242
	UASI	132	188
	UAEI	103	160
IV	UND	220	233
	UNW	184	234
	UAD	198	258
	UAW	169	216
V	KAP, KAR	180	290
	KNP, KNR	215	333
	UAP, UAR	132	188
	UNP, UNR	158	242
V	NAES	323	484
	NAEU	303	452
	NPLS	320	448
	NPLU	285	418
	LAES	295	471
	LAEU	265	430
	LPLS	282	475
	LPLU	250	454