

[10] 防錆剤を使用したコンクリートの耐凍害性に関する実験

正会員 ○ 田畑雅幸 同 洪 悦郎 同 鎌田英治 (北海道大学)

1. はじめに

河川産骨材の枯渇に伴って、海砂の使用量が急増している。特に北海道は海砂の使用実績が早く、海砂を使用せざるを得ない現況となっており、コンクリート中の鉄筋の腐食およびその防止は重要な問題である。また、寒冷地域の構造物は、凍結融解に対する抵抗性も備えている必要があり、これらを兼ね備えた性能が要求される。

本報告は、防錆剤を添加した場合の耐凍害性を検討する目的で行なった室内における凍結融解試験と、札幌市における2年間の暴露試験の結果である。

2. 実験方法

1) 実験の概要

実験は、表1に示すように混練水を水道水としたnon AE およびAEコンクリートと、海水としたAEコンクリートについて行なった。防錆剤には、試験当時市販され始めたもの2種を用い、無添加のものと比較した。混練水を海水としたコンクリートは凍結融解試験も海水中で行ない、水道水中の凍結融解の場合と劣化を比較した。

2) 使用材料

セメントは、アサヒ普通ポルトランドセメント(比重3.15, 4週圧縮強度405 kg/cm²)を使用した。

骨材は、細骨材および粗骨材共に塩分を含まない広島産の山砂、山砂利を水洗いして使用した。骨材の物理性状を表2に示す。

水は、飲料に可能な水道水と、札幌市近郊の大浜海水浴場より12月に採取した海水を使用した。

AE剤は、山崎化学のヴァインソルをセメント重量の0.017%の割合で使用した。

防錆剤は、オキシカルボン酸塩を主成分としたA(混和量3 kg/m³)と、亜硝酸塩を主成分としたB(混和量3.4 kg/m³)をメーカーのカタログ値に基づき添加した。

3) 調合およびコンクリート

調合は、単位セメント重量を300 kg/m³, スランプを18

表1 実験の概要

コンクリートの条件			試験体記号	耐凍害性試験
混練水	AE剤	防錆剤		
水道水	non	non	PO	1.凍結融解試験 (水道水中での凍融)
		A	PF	2.屋外暴露試験 (U:足場パイプ上) (G:床スラブ上)
		B	PR	
	AE	non	AO	
		A	AF	
		B	AR	
海水	AE	non	DO	1.凍結融解試験 (海水中での凍融)
		A	BF	2.屋外暴露試験
		B	BR	

表2 骨材の物理性状

骨材(産地)	表乾比重	吸水率(%)	単位容積重量(t/m ³)	実積率(%)	粗粒率
細骨材(広島山砂)	2.65	1.69	1.74	66.9	2.55
粗骨材(広島山砂利)	2.57	2.71	1.63	65.2	6.59

表3 調合およびコンクリートの性状

条 件			調 合 表							練り上がり性状				4週時性状*	
混練水・凍結融解水	A E 剤	防錆剤	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位水重量 (kg/m³)	単位セメント重量 (kg/m³)	絶対容積 ℓ/m³			スランプ (cm)	空気量 (%)	練温 (°C)	単位容積重量 (t/m³)	圧縮強度 (kg/cm²)	比重
							セメント	細骨材	粗骨材						
水道水	non	non	60.3	46.6	182	302	96	332	380	19.0	2.0	13.0	2.35	265	2.37
		A	57.2	46.7	175	306	97	335	383	18.5	2.9	12.5	2.33	309	2.36
		B	58.2	46.7	178	306	97	334	381	19.5	2.6	12.5	2.33	276	2.36
	A E	non	57.6	45.1	174	302	96	311	379	19.5	3.4	13.0	2.30	243	2.31
		A	54.2	45.1	166	306	97	314	383	19.5	4.5	12.5	2.28	262	2.30
		B	55.6	45.0	170	306	97	312	381	19.5	4.4	12.5	2.28	245	2.30
海水	A E	non	58.6	44.8	177	302	96	308	379	18.0	4.4	12.5	2.29	246	2.31
		A	55.6	44.7	170	306	97	310	383	18.0	4.5	12.5	2.29	262	2.31
		B	56.5	44.8	173	306	97	309	381	18.5	3.4	13.0	2.29	255	2.30

* 10φ×20cm シリンダーの形状が保たれているものと見做した

CMを目標とした建築用軟練りコンクリートで、試し練りによって決定した。調査表およびコンクリートの性状を表3に示す。練り混ぜは、強制攪拌ミキサーで行ない、練り時間を4分間とした。

試験体には、凍結融解試験用として $7.5 \times 7.5 \times 40$ cm, 屋外暴露試験用として $10 \times 10 \times 40$ cm の梁型を使用し、試験体の両端部に長さ変化測定用のボルトを埋め込んでいる。また、力学性状を測定した試験体は、 $10 \phi \times 20$ cm のシリンダー型とした。

試験体の脱型は、材令2日で行ない、以後材令28日まで水中標準養生とし、海水で練ったコンクリートも同様に扱った。養生後の試験体は、それぞれ凍結融解試験および屋外暴露試験に供した。

4) 凍結融解試験

凍結融解試験は、ASTM C666に基づく水中凍結水中融解試験で $+5^{\circ}\text{C}$ から -18°C までの繰返しを1日6サイクル行なう促進試験である。なお、凍結融解水のうち、海水で練ったコンクリートでは海水を使用し、測定サイクルごとに海水を取り換えた。測定は、重量変化、長さ変化(凍伸度)および動弾性係数について行ない、300サイクルまで実験を行なった。

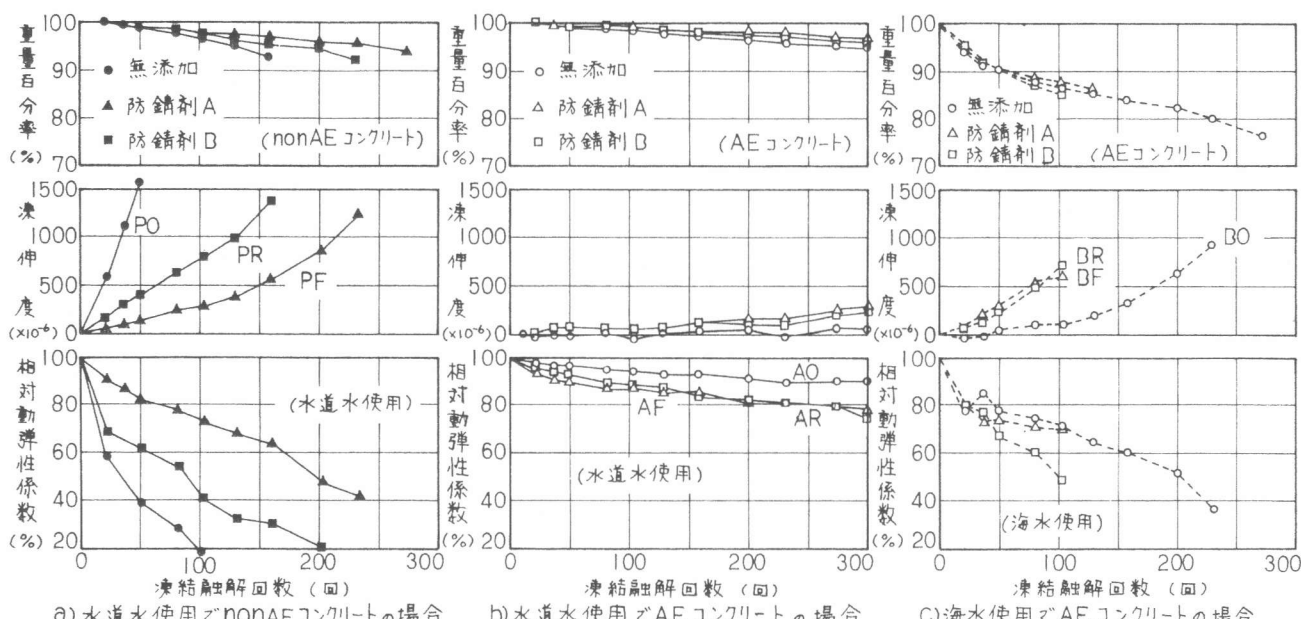


図1 凍結融解試験結果(防錆剤混入の影響)

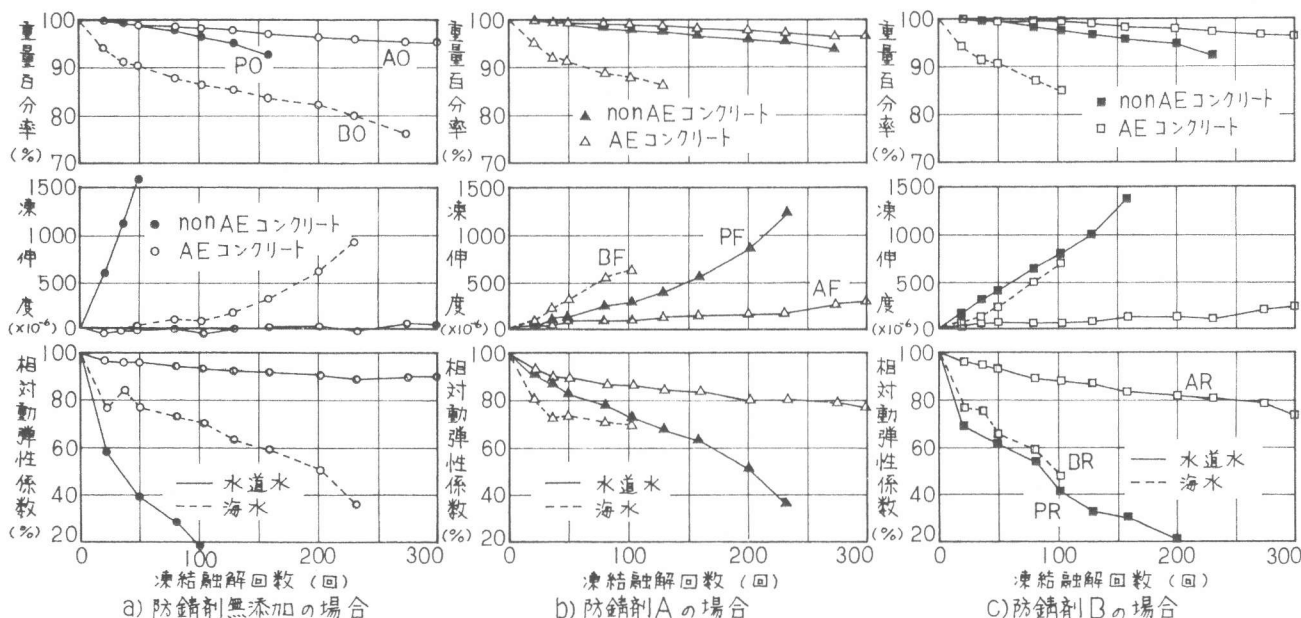


図2 凍結融解試験結果(混練水および凍結融解水の影響)

5) 屋外暴露試験

屋外暴露試験は、札幌市（北大工学部建築工学科棟屋上）における暴露試験とし、試験体は屋上の屋根スラブル上（G）とスラブル上 60 cm の足場パイプ上（U）に配置した。暴露の開始は、1976 年 1 月 17 日で、屋根スラブル上は積雪していたため、除雪後再び冠雪させて暴露した。測定は、重量変化、長さ変化（凍伸度）および動弾性係数について行ない、4 月と 11 月の年 2 回の測定を目標に実施している。また、室内に搬入したのち 1 日間放置して測定するものを乾燥時の測定（乾測定）とし、暴露時の乾湿条件に左右されないように乾測定後さらに 1 日間吸水を行なって測定するものを湿潤時の測定（湿測定）とした。

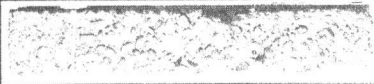
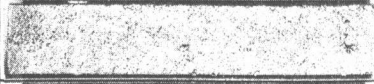
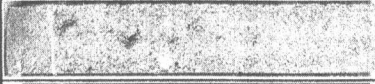
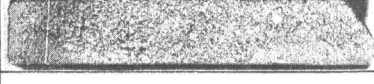
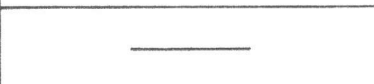
3. 結果 および 考 察

1) 防錆剤の混入と促進凍結融解試験の結果

防錆剤添加の影響は、AE 剤を使用したコンクリートと無使用のコンクリートで検討した。結果を図 1 に示すが、non AE コンクリートでは、防錆剤の添加は無添加のコンクリートに比べ、いずれの指標においても耐凍害性を向上させる結果となった。AE コンクリートの場合、海水中の凍結融解、水道水による凍結融解の結果とも、防錆剤を使用したコンクリートは、試験体内部の崩壊の指標である凍伸度と動弾性係数において、無添加のコンクリートよりいくぶん耐凍害性の劣る傾向を示した。しかし、水道水による凍結融解において、重量損失の結果が逆になっているなど、その傾向は顕著なものではなく、防錆剤の添加は耐凍害性に対して悪影響は少ないものと考えられる。

図 2 は、水道水と海水を使用したコンクリートの耐凍害性を、防錆剤が無添加の場合、防錆剤 A および防錆剤 B を使用したコンクリートについて比較検討した結果である。防錆剤無添加の場合、海水中で凍結融解を受けた AE コンクリートの凍伸度、動弾性係数は、水道水による凍結融解を受けた AE コンクリートと non AE コンクリートの中間に位置し、海水中の凍結融解が凍害破壊を促進させることを示している。特に重量損失のデータにおいてはこの傾向は著しく、海水中の凍結融解では AE コンクリートにおいても、水道水を使用した non AE コンクリートを上まわる重量損失を示した。一方、防錆剤を使用した場合、海水を使用した AE コンクリートは、水道水による non AE コンクリートと同様な動弾性係数の低下、凍伸度の増加を示し、重量の損失は non AE コンクリートを上まわっている。これらの結果より、海水の作用は凍害破壊を促進させ、特に表面の剝離に対して悪影響を与えるものと判断できる。写真 1 は、凍結融解 103 サイクルと 300 サイクル終了後の代表的な試験体の

写真 1 凍結融解試験における試験体の表面状態

103 サイクル		水 道 水		海 水
防錆剤	水 AE 剤	non	A E	A E
	non			
	A			
	B			
300 サイクル				
	non			
	A			
	B			

表面状態をあらわしたもので、前述のごとく、海水を使用したコンクリートの表面剥離の著しいことが伺える。

2) 防錆剤の混入と屋外暴露試験の結果

図3は、屋外暴露試験の結果を、足場パイプ上と床スラブ上に配置した試験体の動弾性係数の変化によってあらわしたものである。足場パイプ上の試験体の場合、防錆剤を添加したコンクリートの動弾性係数は、無添加のコンクリートにくらべ動弾性係数の低下がやや大きい。また、乾燥時の測定では、暴露初期の測定において低下していた動弾性係数も徐々に回復傾向を示しているが、湿潤時の測定では逆に暴露初期の段階より低下している。これらの傾向は、足場パイプ上に配置したいずれの試験体においても認められ、促進凍結融解試験で得られた海水等の使用による悪影響は、現在のところあらわれていない。床スラブ上に暴露した試験体においても、防錆剤の有無による動弾性係数の差は、足場パイプ上の試験体と同様で、防錆剤の添加による悪影響はないものと考えられる。

足場パイプ上の試験体と床スラブ上の試験体の動弾性係数を比較した場合、水分の補給が少ない足場パイプ上の試験体の方が、動弾性係数の低下がやや大きい傾向となった。

5. ま と め

- 1) 防錆剤の添加による耐凍害性への悪影響は少なく、無添加のコンクリートと同等に取り扱える。
- 2) 海水を練り混ぜ水および凍結融解水としたコンクリートでは、試験体の表面剥離が著しく促進される。
- 3) 暴露後2年を経過中の試験体では、促進凍結融解試験で得られた劣化状況はみられていない。

〔参考文献〕 1) 洪長谷川 第32回セメント技術大会講演要旨 P174 (1978) 2) 小林 コンクリート工学 Vol.16 P38 (1978) 3) 岸谷 セメントコンクリート No.382 P8 (1978)

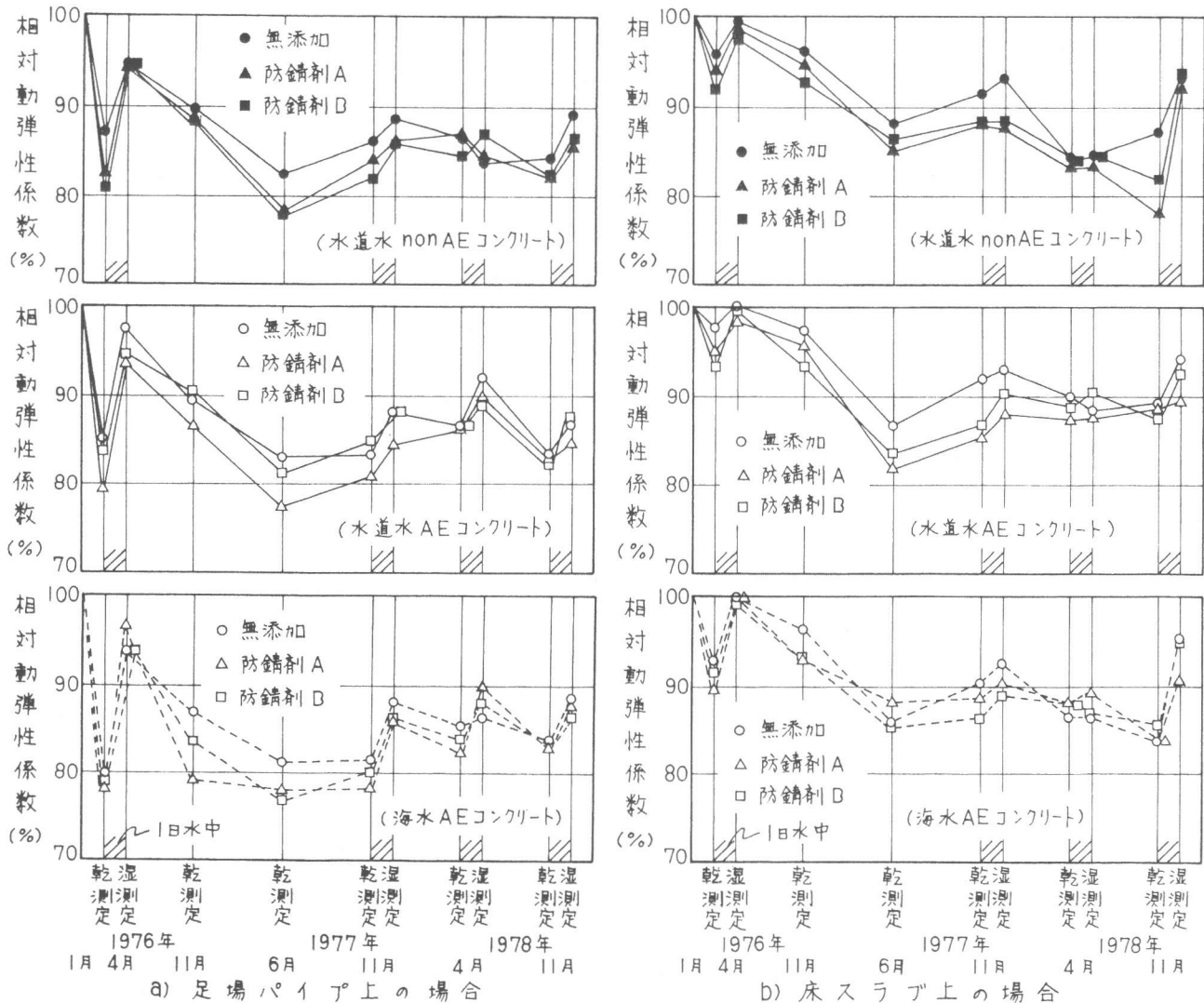


図3 屋外暴露試験の結果 (防錆剤混入の影響)