

## [27] 被覆材によるアルカリ骨材反応の抑制

武吉 理夫 (日本ペイント)  
 正会員 ○野田 和明 (関西ペイント)  
 多記 徹 (大日本塗料)  
 片脇 清士 (建設省土木研究所)

### 1. まえがき

近年コンクリートの劣化が大きな社会問題となっているが、その原因の1つにアルカリ骨材反応(以下アル骨反応と略す)がある。アル骨反応は、骨材中の反応性シリカとコンクリートに含まれるアルカリが反応することにより、生じた生成物が吸水して膨張し、コンクリートにひびわれ等を生じさせる現象と言われている。

反応性骨材が使用されている既設コンクリート構造物の長期にわたる耐久性を確保するためには、アル骨反応をできるだけ効果的に抑制することが必要である。本報告はコンクリートの表面被覆によりアル骨反応を抑制できることの確認や、適切な被覆材とその塗装システムの選定に関する研究を行ったものの一部である。

### 2. 実験概要

#### 2.1 実験計画

本試験は無塗装および各種被覆材を塗装したコンクリート供試体の劣化試験、ならびにそれらの被覆材自身の性能試験からなる。

- (1) 無塗装および塗装供試体の劣化試験を行い、ひびわれの発生状況を調べる。
- (2) 各種被覆材の性能試験を行い、(1)の試験結果との対応を調べる。
- (3) (1)でひびわれを発生した無塗装供試体を(1)および(2)の試験結果から選定した塗装システムで補修する。
- (4) (3)で作成した供試体の劣化試験を行い、ひびわれの停止あるいは成長の抑制効果を調べる。

なお、本報告は中間報告であり、これらの計画のうち(1)の劣化試験の3ヶ月後の結果、(2)および(3)の結果に関するものである。

#### 2.2 実験方法

##### (1) コンクリート供試体の劣化試験

コンクリート供試体の配合を表-1に示す。供試体は水中養生28日後に劣化試験に供した。これらのうち配合No.1と3については無塗装で、No.2については無塗装と塗装の両方で試験した。劣化試験用の供試体の大きさは100mm角の立方体とし、試験方法は以下に示す散水暴露試験とした。

表-1 コンクリート配合

配合No.	骨材種	W kg/m <sup>3</sup>	C kg/m <sup>3</sup>	S <sup>o</sup> kg/m <sup>3</sup>	G kg/m <sup>3</sup>	A E 剤 (%)	NaCl kg/m <sup>3</sup>	W/C (%)	S/A (%)	空気量 (%)	スランプ (cm)	細骨材水分 (%)	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	弾性係数 ×10 <sup>4</sup>
標準		181	362	686	993	0.025		50	40	5.0	8.0			
1	T <sup>a)</sup>	180	362	687	993	0.025		50	40	5.2	11.3	0.1	502	32.7
2	T <sup>a)</sup>	176	362	691	993	0.025	8.8 <sup>c)</sup>	50	40	5.4	13.8	0.7	481	30.9
3	K <sup>b)</sup>	180	362	687	993	0.025		50	40	5.2	11.3	0.1	459	33.0

a) 化学法により潜在的有害と判定された粗骨材

b) " 無害 "

c) セメント中のアルカリも含めR<sub>2</sub>Oが8kg/m<sup>3</sup>となるようにNaClを加えた。

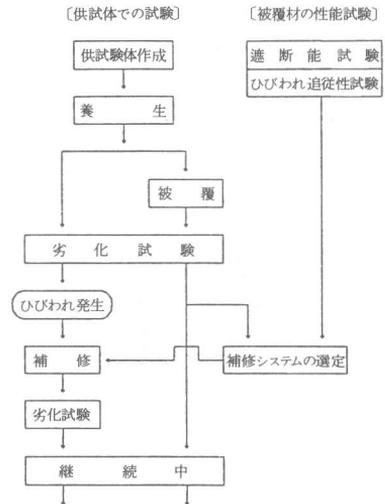


図-1 実験の概要

この方法は、タイマーにより一定時間毎に供試体に水を噴霧するもので、乾湿サイクルによる劣化促進効果により、浸漬あるいは湿潤試験よりも早くひびわれが入ることが経験的に確認されている。

場 所：建設省土木研究所

材料構造実験棟屋上

散水時間：下記の毎日4回

7:00～7:30

10:00～10:30

13:00～13:30

16:00～16:30

期 間：無塗装供試体 60年6月～60年10月でひびわれの入ったものは補修塗装し、入っていないものはそのまま劣化試験を継続中。

塗装供試体 60年7月～60年10月

被覆材の塗装は以下の方法で行った。

28日間水中養生した供試体の各六面をCC-50ペーパーを使ったディスクサンダーで研磨し、被覆材を100 $\mu$ （特殊なものはその本来の膜厚）になるように塗布量を量りながらハケで塗装した。塗装後20℃で7日以上乾燥した後試験に供した。

## (2) 被覆材の性能試験

エポキシやガラスフレークビニルエステルのような重防食被覆材、アクリルラッカーや水性アクリルエマルジョンのような汎用被覆材、および特殊な無機材料やフッ素樹脂のような新材料なども含め合計32品種の被覆材について試験した。試験項目は水や塩分のような有害物質の遮断性、およびコンクリートにひびわれが発生してもそれに追従して伸びるひびわれ追従性の2点に着目し、以下の項目について試験した。

### 1) 遮断能試験

- ・水蒸気透過試験 ① JIS-Z-0208の透過湿カップ法に準じて透湿度として求めた。  
② Lysy法により同じく透湿度で求めた。

- ・水透過試験 ① JIS-A-6900-5-10に準じて透湿度として求めた。  
② 塗装供試体を水中浸漬し重量増加速度を測定した。数値は重量増加分を元の供試体重量で割って%/24hrs.で求め透水速度とした。

なお、水透過試験で用いた供試体は表-1のNo.3の配合で、形状は20cm $\phi$ ×40cmのものを塗装して用いた。

- ・イオン透過試験 「道路橋の塩害対策指針（案）」の遮断性試験に準じてNa<sup>+</sup>イオン、およびCl<sup>-</sup>イオンの透過速度を求めた。

### 2) ひびわれ追従性試験

- ・破断伸び率 「道路橋の塩害対策指針（案）」のひびわれ追従性試験に準じて求めた。

## 3. 結果と考察

### 3.1 供試体の劣化試験

#### (1) 無塗装供試体

- ① 表-1の配合No.1およびNo.3の供試体  
すべての供試体にひびわれの発生は認められなかった。
- ② 表-1の配合No.2の供試体

56供試体のうち36体にひびわれが発生した。ひびわれのほとんどは上面から発生し、ひびわれの著しいものではそれが側面や下面にまで成長していた。最大ひびわれ巾は0.4mm以下であった。

T骨材を使用しNaClを混入した供試体にひびわれが発生した。T供試体が潜在有害性を有することはすでに知られており、他の供試体ではひびわれを生じていないことから、このひびわれはアル骨反応によるものと判断できる。すなわち、3ヶ月間という短期間でひびわれを発生させるに十分な量の水分が供試体中に侵入し、多量に配合されているNa<sup>+</sup>イオンによって促進されて反応が進んだと考えられる。

#### (2) 塗装供試体

被覆材を塗装した供試体はすべてひびわれの発生は認められなかった。同一配合の無塗装供試体でひびわれ

が発生したことから、被覆によって外部からの水分を遮断しアル骨反応を抑制してひびわれを防止する効果が認められた。3-2で述べるように被覆材の種類による性能の差は大きい、今のところ塗装供試体はすべて良好であり差は見られない。なお、被覆材の差を明確にするためにこれらの供試体の劣化試験を継続中である。

### 3. 2 被覆材の性能試験

被覆材の遮断能試験、およびひびわれ追従性試験結果を表-2に示す。また、これらを遮断能とひびわれ追従性の両方の観点から図-2に示すように区分けし、その図中での位置付けも番号で表-2中に記した。実際に被覆材の使用される環境として没水部はほとんどなく大部分が大気暴露部であることを考慮して、区分けに当たっては水蒸気透過速度(透湿度)によって遮断能を代表した。

#### (1) 遮断能試験結果

##### (a) 水蒸気、および水の透過速度

- ① 一般に重防食用途に使用されている被覆材は透過速度が小さく、汎用的に使用されている被覆材は比較的大きい。
- ② 透湿度は透水度および透水速度と相関性があり、水蒸気を通し易い被覆材は水も通し易い。

表-2 被覆材の性能試験結果

被覆材の種類		メーカー 膜厚 ( $\mu$ )	図-2 中の位 置	透湿度		透湿度	透湿度	Na <sup>+</sup> 透 過速度	Cl <sup>-</sup> 透 過速度	破断伸 び率
				a	b					
				透湿度	透水速度					
エポキシ系	エポキシプライマー		A B C			23.0 78.0 7.0	0.017 0.079 0.042			
	エポキシ中塗り	100	A a-1	3.4	1.7	0.009	*	6.96	0.93	
		100	B a-1			0.007			1.2	
	エポキシ上塗り	100	C a-1	1.4		2.1	0.003	*	0.00	4.1
		100	A a-1	2.7		6.9	*	0.10	2.2	
	弾性エポキシ	100	A a-3	5.8		10.0	0.015	*	1.38	130.0
		100	C a-2	2.8			*	0.00	25.0	
	厚膜形エポキシ	350	A a-1	1.4		1.7	0.025	*	0.00	1.8
		350	B a-1		2.5		*		1.5	
		350	C a-1	0.2			*	0.00	5.8	
ウレタン形	ウレタンプライマー		B			12.0	0.064			
	ウレタン上塗り	100	B a-2		35.0			*	41.0	
		100	A a-3	2.6		21.0		*	77.0	
	弾性ウレタン	100	B a-3		52.0		*	1.38	68.0	
無機系	無機系浸透剤		A B C	81		60 20 69	0.10 0.14 0.16	900	400	
		無機系塗料	350	A c-1	240	4900	1.40	31000	53700	55
			100	B c-1				944	55	
	柔軟型リマセメント	350	C a-3		35	7	6.88		94	
ビニルエステル系	ガラスフレークビニルエステル	350	A a-1	0.6		*	*		1.5	
その他	溶剤系アクリル	100	A b-4	13.0	160.0	10.0	0.048	0.17 2490.0 20.5	2.43	171.0
		100	B b-2							28.0
		100	C	13.0						
	アクリルエマルジョン	100	B c-1		1960.0	1560.0		21000		8.3
		100	C c-4	200.0					4330	940.0
	高弾性アクリルエマルジョン	100	C c-4	200.0					0.00	260.0
	高弾性ポリブタジエン	100	C b-4	29.0				*		3.0
	ビニル系塗料	100	B a-1			34.0		*		3.0
	高弾性塩化ゴム塗料	100	C a-4	2.9				19.3	14.6	250.0
フッ素樹脂塗料	100	B a-2			26.0		*		44.0	

各数値の単位 透湿度 ( $g/m^2 \cdot 24hrs.$ ) 透湿度 ( $ml/m^2 \cdot 24hrs.$ )  
 吸水速度 ( $\%/24hrs.$ ) イオン透過速度 ( $mg/m^2 \cdot 24hrs.$ )  
 破断伸び率 (%)

透湿度の試験条件 a メーカーAとCの被覆材はJIS-Z-0208の透湿カップ法で20℃で実施。  
 b メーカーBについてはLysy法で40℃で実施。

表中の\*は痕跡量を表す。

(b) 水蒸気、および水の透過速度の試験方法

それぞれ二通りの方法を試みた。

① 水蒸気透過性については透湿カップ法とLysy法で測定した。前者は測定に時間がかかり比較的誤差も大きい

が、多数の試料を同時に測定できる。後者は短時間で微量の透過水分を精度良く検出できるが、1度に1試料づつしか測定できない。それぞれに一長一短ありどちらが有利とも言えない。

② 水透過性についてはロート法と重量法で測定した。初期の吸水の立上りがロート法の方が直線に近く、解析が容易であった。

(c) イオン透過速度

通常の被覆材はイオンをほとんど通さない。もともと供試体中に配合されている塩分量と比べて、被覆材中を透過し得る塩分量は非常に小さい。また、多量に塩分を配合された供試体でも被覆により水を遮断することでアル骨反応を防止できることは3-1 (2)で述べたとおりであり、遮塩性に関しては十分な性能を持っていると判断できる。ただし、一部の特殊な被覆材は通し易いものがある。

(2) ひびわれ追従性

柔軟性は被覆材の原料の種類や配合量で比較的自由に变化させられる性能であり、それぞれの被覆材によって大きく異なった伸び率を示している。

透	小	a-1	a-2	a-3	a-4
湿	中	b-1	b-2	b-3	b-4
度	大	c-1	c-2	c-3	c-4
		0~5%	20~50%	100%前後	200%以上

破断伸び率  
表-2の条件a  
表-2の条件b

図-2 各被覆材の位置付け

4. まとめ

① 遮水性、遮塩性、および柔軟性の各性能を被覆材ごとに把握できた。

② これらの被覆材を塗装し水分を遮断することでアル骨反応を予防できることがわかった。

③ 塗装供試体はすべてひびわれ発生はなく、被覆材の種類による差が出るには至っていない。

以上の結果をもとに、各塗料の破断のび率と透湿度との関係を図-3に示した。ひびわれの発生したコンクリート供試体を補修するための10種の塗装系を選定した。その塗装システムと位置付けを図-3に示す。(ただし、図-3はこれまでの単膜での試験結果からシステム膜の性能を推定したものであって厳密ではない。)

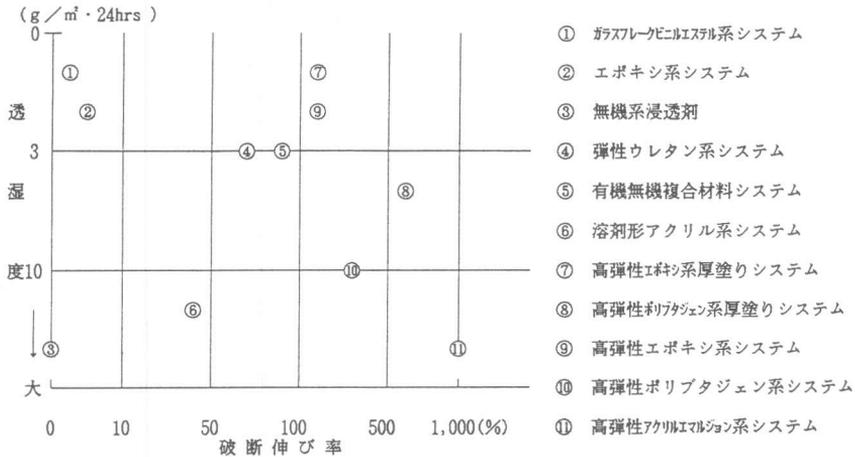


図-3 選定された補修システムの位置付け

5. あとがき

本研究は、武吉理夫、野田和明、多記徹が建設省土木研究所部外研究員として昭和60年度に勤務した際の研究成果の一部をとりまとめたものである。

コンクリート製作を御指導を頂いた建設省土木研究所コンクリート研究室小野研究員に感謝の意を表します。