

[1105] 被覆材によるアルカリ骨材反応の抑制

正会員 ○野田和明（関西ペイント開発センター）
 武吉理夫（日本ペイント開発プロジェクト）
 多記 徹（大日本塗料中央研究所）
 正会員 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、その原因の一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セメント中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脹し、コンクリートにひび割れ等の欠陥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率的に抑制することが必要である。本研究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ものである。昨年の報告では、短期間の劣化試験（3か月後まで）において無塗装のアル骨反応性コンクリート試料では大多数にひび割れを発生したのに対し、各種被覆材を塗装したものではありませんもアル骨反応を抑制する効果があることを報告した。本報告では各種被覆材を塗装したもののについて試験を更に継続した結果と、ひび割れを生じたコンクリートに補修被覆を行ったもののについて耐久性を評価した結果、ならびにそれらの結果と被覆材の基本的性能との関連について報告する。

2. 実験概要

2.1 実験の目的

本試験は被覆材自身の性能試験、無塗装供試体の劣化試験、ひび割れ発生前に初期塗装した供試体の劣化試験およびひび割れ発生後に補修塗装した供試体の劣化試験から成り、以下の4点を実験の目的とした。

(1) 被覆材の性能把握

被覆材自身の基本的な性能試験を行う。

(2) ひび割れ発生抑制効果

供試体に初期塗装（ひび割れ発生前に塗装）することによって、ひび割れの発生を抑制する効果を調べる。

(3) ひび割れ生長抑制効果

供試体に補修塗装（ひび割れ発生後に塗装）することによって、その後のひび割れ生長を抑制する効果を調べる。

(4) 適切な被覆材の選定

(1)の結果と(2)および(3)の結果の相関性

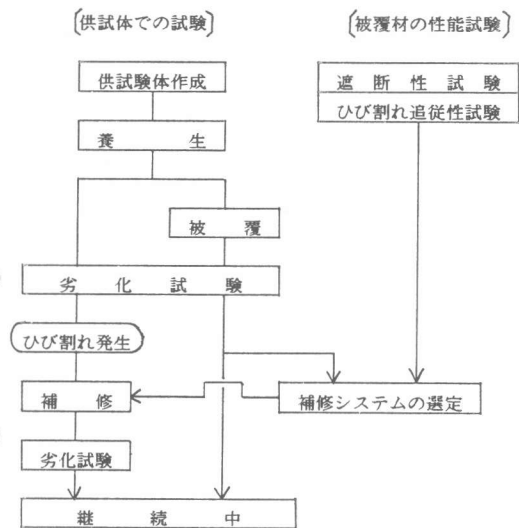


図-1 実験の概要

を調べ、アル骨反応の抑制に適した被覆材を見出す。

2.2 実験方法

2.2.1 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般用被覆材および特殊な無機材料やふっ素樹脂のような新材料も含め合計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とコンクリートにひび割れが発生してもそれに被覆材が追従して伸びるかどうかを見るひび割れ追従性の2点に着目して以下の項目について試験した。

(a) 遮断性試験

- ・水蒸気透過試験 ① JIS-Z-0208の透湿カップ法に準じて透湿度として求めた。
② Lyssy 法により同じく透湿度として求めた。
- ・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.で求めて透水速度とした。

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200mmφ×400mmのものを用いた。

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

(b) ひび割れ追従性試験

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

2.2.2 コンクリート供試体の作製と劣化試験方法

(a) コンクリートの配合

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No.3は無塗装で試験し、No.2は無塗装と塗装の両方の試験に充てた。劣化試験用の供試体の形状は100mm角の立方体とした。

表-1 コンクリート配合

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

- a) 化学法により潜在有害と判定された骨材。 R_c=183 , S_c=639
 b) 化学法により無害と判定された骨材。 R_c=34.3 , S_c=39.6
 c) セメント中のアルカリも含め R₂O(Na₂O+0.658K₂O)が8kg/m³となるように加えた。

(b) 供試体の塗装方法

① ひび割れ発生前の初期塗装

28日間水中養生した供試体の各6面をCC-50ペーパーを用いてディスクサンダーで研磨し、被覆材を塗装した。膜厚は原則として100 μ （特殊なものはその被覆材の本来の膜厚）になるように塗分量を秤りながらハケで塗装した。初期塗装試験では被覆材の性能を明確にする目的で、プライマーやパテを含まない被覆材のみの塗装を行った。塗装後20℃7日以上乾燥してから試験に供した。

② ひび割れ発生後の補修塗装

補修塗装試験では、それぞれの被覆材の本来の膜厚にするとともにシステム膜（プライマー、上塗り等を含む）の塗装を行い試験した。その他の研磨、塗装、乾燥等は初期塗装と同様の方法によった。

(c) 劣化試験方法

散水暴露試験により供試体の劣化試験を行った。この方法はタイマーにより一定時間ごと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の促進効果により浸漬あるいは湿潤のみの試験よりも、早くひび割れを発生させることが確認されている。

場 所：建設省土木研究所

材料構造実験棟屋上

散水時間：下記の時間に1日4回

07:00～07:30

10:00～10:30

13:00～13:30

16:00～16:30

期 間：無塗装供試体 60年6月～61年11月 17ヵ月間

初期塗装供試体 60年7月～61年11月 16ヵ月間

補修塗装供試体 60年6月～60年10月まで4ヵ月間無塗装で試験し、
ひび割れが発生した供試体について補修塗装した後
60年11月～61年11月 12ヵ月間

観察方法：クラックスケールを用い表面のひび割れ幅を目視測定した。

本供試体の散水暴露試験はその後も継続実施中である（62年3月現在）。

3. 結果と考察

3.1 被覆材の性能試験

初期塗装に用いた被覆材の性能試験結果を表-2に示す。これについての考察は前報で報告したので省略する。

この結果から様々な遮断性とひび割れ追従性を有する被覆材を補修試験用の塗装システムとして選定した。その位置付けを図-2に示す。

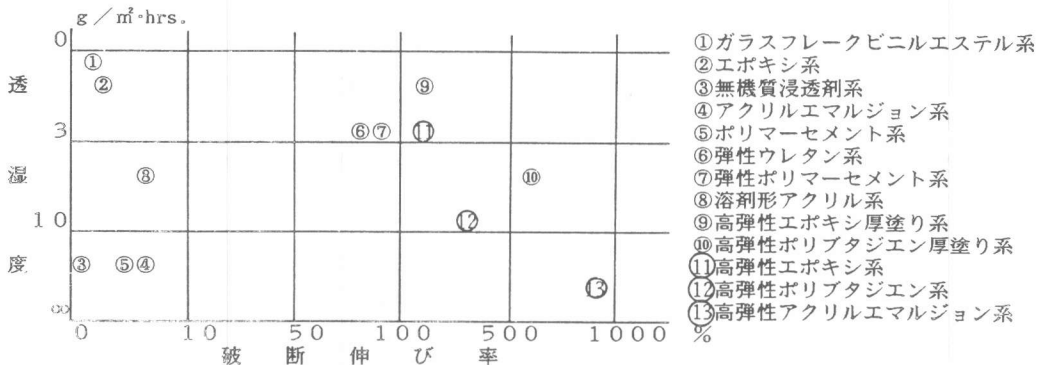
表一 2 被覆材の性能試験結果

被覆材の種類	メーカー	膜厚 (μ)	透湿度		透湿度	透水速度	Na透過速度	Cl透過速度	破断伸び率
			a	b					
エポキシ系	エポキシプライマー	A				0.017			
		B			23.0	0.079			
		C			78.0	0.042			
	エポキシ中塗り	100A	3.4		7.0	0.009	*	6.96	0.93
		100B		1.7		0.007			1.2
		100C	1.4		2.1	0.003	*	0.00	4.1
	エポキシ上塗り	100A	2.7		6.9		*	0.10	2.2
		100A	5.8		10.0	0.015	*	1.38	130.0
	弾性エポキシ	100C	2.8				*	0.00	25.0
350A		1.4		1.7	0.025	*	0.00	1.8	
350B			2.5			*		1.5	
ウレタン系	ウレタンプライマー	B			12.0	0.064			
		100B		35.0			*		41.0
	ウレタン上塗り	100A	2.6		21.0		*		77.7
		100B		52.0			*	1.38	68.0
無機系	無機系浸透剤 無機系塗料	A	81		60	0.10	900	400	
		B			20	0.14			
		C			4900	1.40	31000	53700	55
	柔軟形 ポリマーセメント	100B	240		69	0.16			944
		350B		35	7		6.88		55 94
ビニルエステル系	ガラスフレーク ビニルエステル	350B		0.6	*	*		1.5	
その他	溶剤形アクリル	100A	13.0		10.0	0.048	0.17	2.43	171.0
		100B		160.0			2490.0		28.0
		100C	13.0				20.5	12.6	
	アクリルエマルジョン 高弾性	100B		1960.0	1560.0		21000		8.3
		100C	200.0					4330	940.0
	アクリルエマルジョン 高弾性	100C	29.0				*	0.00	260.0
		100B		34.0			*		3.0
	ビニル系塗料 高弾性塩化ゴム塗料	100C	2.9				19.3	14.6	250.0
		100B		26.0			*		44.0

各数値の単位 透湿度 (g/m²·24hrs.) 透湿度 (mg/m²·24hrs.)
 吸水速度 (%/24hrs.) イオン透過速度 (mg/m²·24hrs.)
 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 Lyssy法40℃で実施。

表中の*は痕跡量を示す。



図一 2 選定された補修システムの位置付け

3.2 無塗装および初期塗装供試体での劣化試験

表-1の配合No.1の供試体60体とNo.3の供試体30体はすべて無塗装で劣化試験に供した。No.2の供試体は86体中30体は種々の被覆材を塗装し、56体は無塗装で劣化試験に供した。

(1) ひび割れ発生状況

ひび割れ発生状況を図-3に示す。

(a) 配合No.1およびNo.3の供試体
すべての供試体でひび割れの発生は認められなかった。

(b) 配合No.2の供試体

無塗装の供試体はわずか3ヵ月で56体中34体、17ヵ月後では55体にひび割れが発生(発生率98%)した。一方、塗装した供試体では16ヵ月後でも30体中10体(発生率33%)にしかひび割れは発生しなかった。

ひび割れのほとんどは上面から発生し、著しいものではひび割れは側面から下面にまで達していた。一部のひび割れからは、白いゲル状物質のしみ出しが見られた。潜在有害なT骨材を用い、NaClを混入した供試体のみひび割れが発生したことから、ひび割れはアル骨反応によるものと判断できる。すなわち、アル骨反応を起こすに十分な量の水分が供試体中に侵入し、多量に混入されているNaイオンに促進されてひび割れ発生に至ったと考えられる。

(2) 初期塗装の効果

① ひび割れ発生率から明らかに塗膜によるひび割れ抑制効果が認められる。

② 被覆材(主に100 μ の単一塗膜)の種類によっては、ひび割れを完全に防止することは出来ない。しかし、この場合でもある程度の延命効果は示している。

(3) 被覆材の特性とひび割れ抑制効果

図-4は被覆材の特性を図中の位置付けで示し、ひび割れの試験結果を記号○、△、×で表したものである。

ひび割れを発生した供試体の中には浸透剤だけを塗布したもの(遮断性小)も、エポキシ系被覆材を塗装したもの(遮断性大)も含まれ、遮断性とひび割れ防止効果との直接の相関性は見られなかった。アル骨反応の抑制対策として適切な被覆材を選定するための特性の検討は今後の課題である。

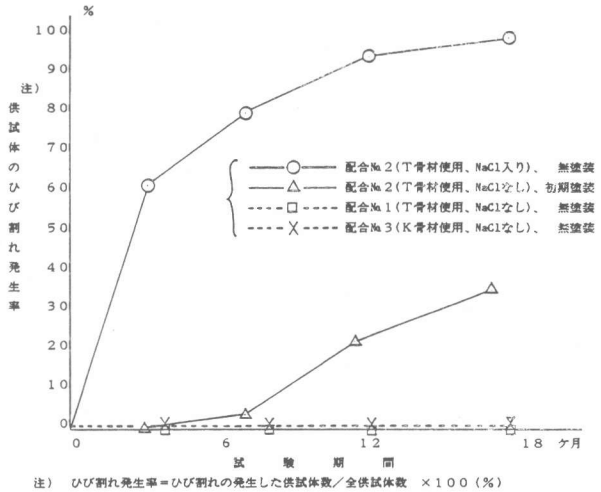


図-3 供試体のひび割れ発生状況

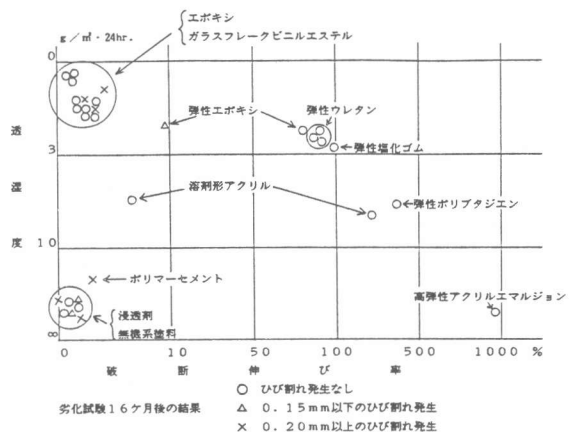


図-4 塗膜特性とひび割れ抑制効果

3.3 補修塗装供試体での劣化試験

初期に無塗装で劣化試験に供した配合No.2の供試体では、4ヵ月後に34体にひび割れが発生した。そのうち2体は無塗装のまま劣化試験を継続したが、残りの32体については図-2に示す被覆材で補修を行い、その後に再度劣化試験に供した。劣化状況は以下に述べるとおりである。

- ① 被覆材の上からもわかるようなひび割れの生長や、それに伴う被覆材の割れは32体とも全く見られていない。
- ② 図-5の実線は透明な被覆材で補修した供試体2体についてひび割れの生長を観察した結果である。無塗装のままの供試体ではひび割れが生長しているのに対し、補修したものでは補修による効果が認められる。

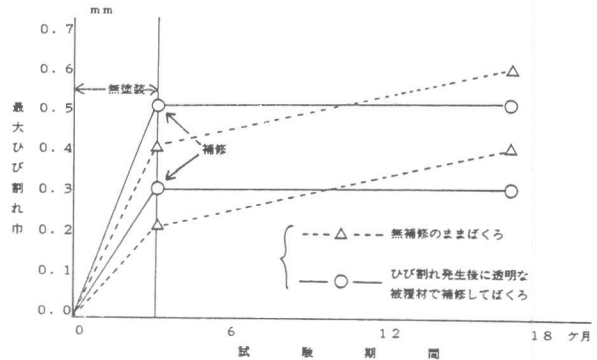


図-5 補修後のひび割れ成長状況

既にアル骨反応が起り、ひび割れの発生した供試体に補修した場合でも、その後のひび割れ生長を抑制する効果の一部が確認された。一般の不透明な被覆材で補修した供試体でも補修後のひび割れ発生率は0%であり、劣化試験終了後に被覆材を剥離し、コンクリートのひび割れ状況を調査することによって補修の効果をより明確にする予定である。

4. まとめ

- ① コンクリート供試体を初期塗装することは、アル骨反応による表面ひび割れ発生抑制に効果がある。
- ② コンクリート供試体にアル骨反応による表面ひび割れが発生した後でも、補修塗装することによってその後の表面ひび割れの生長を抑制する効果が大きい。
- ③ 被覆材の性能試験により、各種の被覆材の性能が把握できた。
- ④ 被覆材の遮断性とアル骨反応による表面ひび割れ抑制効果の相関性は必ずしも認められなかった。

5. あとがき

本研究は、野田和明、武吉理夫、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試験の一部を、61年度に追跡調査した結果を含めてまとめたものである。

本研究を行うにあたり、コンクリート供試体製作に関して御指導を頂いた建設省土木研究所コンクリート研究室の小野研究員に感謝の意を表します。