

[37] アルカリ骨材反応抑制効果に関する実験的検討

正会員 ○片 脇 清 士 (建設省土木研究所)

正会員 守 屋 進 (建設省土木研究所)

1. まえがき

アルカリ骨材反応を損傷原因とするコンクリート構造物の劣化が報告されているが、構造物の長期にわたる耐久性を確保するにはアルカリ骨材反応を、できるだけ効果的に抑制することが重要となる。たとえばコンクリート構造物に塗装を行い、アルカリ骨材反応を進行させる水そのもののコンクリート内部への浸透や移動を停止することも有力な抑制手段となると期待されている。

これまで塗装材料選定に関する試験やコンクリートに塗装した場合のアルカリ骨材反応の抑制効果を知るための試験を行っており、本報告ではこれらの試験内容と結果について概要を紹介する。

2. 実験概要

2.1 実験項目

(1) 塗装材料の遮水性能に関する実験

塗膜の透湿度および透水量を測定した。コンクリート構造物の設置条件によっては雨水や結露だけでなく高湿度雰囲気をも考慮しなければならないことがある。コンクリート中への水の供給は、水（液相）としてだけでなく水蒸気（気相）の形ででも行われることから、遮水性能を判断するに、透湿度および透水性の両者を測定する必要があると考えたためである。

(2) コンクリート供試体の劣化促進試験

コンクリート供試体を用いた劣化促進試験によって、塗装材料によるアルカリ骨材反応抑制効果を測定した。

2.2 塗装系の種類

今回の実験に用いた塗装（3種類）、ポリマーセメントモルタル（1種類）、浸透性塗装（1種類）の塗装仕様を表-1に示す。

表-1 塗装仕様と試験項目

塗 装 系	工 程	使 用 材 料	使用量 (kg/m ²)	目標膜厚 (μ)	備 考	試 験 項 目			塗膜物性 (*)
						透 湿	透 水	促 進	
1 エポキシ系塗装	0	エポキシプライマー	0.10	(90)	コンクリート 塗 装 A 種	○	○	○	○
	1	エポキシ中塗	0.22						
	2	ウレタン上塗	0.15						
2 ビニルエステル系塗装	0	エポキシプライマー	0.10	(380)	コンクリート 塗 装 C 種	○	○	○	○
	1	ビニルエステル中塗	0.45						
	2	ウレタン上塗	0.15						
3 アクリル系塗装	0	アクリルプライマー	0.10			○	○	○	○
	1	アクリル上塗	0.12						
	2	アクリル上塗	0.13						
4 エマルジョン系塗装 (ポリマーセメントモルタル)	0	エポキシプライマー	0.10		エポキシ樹脂 エマルジョン 添加セメント モルタル	○			○
	1	エポキシエマルジョン上塗	0.80						
	2	エポキシエマルジョン上塗	0.80						
5 浸透性塗装 (シリコン系)		シリコン系浸透性塗料	0.09				○	○	

* 塗膜物性試験項目については結果を省略

塗装系1（エポキシ系塗装）および塗装系2（ビニルエステル系塗装）は「コンクリート塗装の設計・施工・品質基準（案）」（日本道路協会）で、規定しているコンクリート塗装A種およびコンクリート塗装C種である。アクリル塗料とエポキシエマルジョンを添加したポリマーセメントモルタル、浸透性塗料は、経済性等を考慮して加えたものである。

塗装系1.2.3では透湿・透水、促進の各試験を、塗装系4には透湿試験のみを、塗装系5では塗膜を形成しないので透湿試験を省略し、透水および促進試験のみを行った。塗膜の強度や粘弾性状等の塗膜性能試験も行ったが通常の使用条件での塗膜性能に不都合はなかったこともあって、ここでは記載を省略した。

3. 実験方法

(1) 試験片および供試体

塗膜の透湿度試験には、遊離塗膜（フリーフィルム）試験片を用いた。ウェットフィルムゲージで塗布量を管理しながら、ブリキ板等に、目標膜厚まで塗装を行う。室温で十分硬化するまで養生した後、塗装したブリキ板からアマルガム法により剥離させ遊離塗膜を作成した。⁽¹⁾

透水性および促進試験には塗装材料を塗布したコンクリート供試体を用いた。反応性のあることを、化学法で確かめた⁽²⁾骨材を用いてコンクリート供試体を製作し、2週間養生後に塗装仕様に従って塗装した。

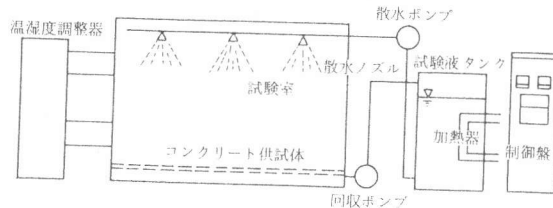
コンクリート供試体に用いる材料、骨材、セメント、ねり水、混和剤、およびコンクリートの配合は、原則として、実際構造物に用いるものと同じものを用いることにした〔示方配合 W 280 kg/cm³, C 510 kg/cm³, S 1020 kg/cm³, G 6836 kg/cm³〕。なお、促進試験用供試体はコンクリートの圧縮強度試験用供試体（直径100 mm×高さ200 mm）と同一形状であり、また製作方法はコンクリート強度試験用供試体の作り方（J I S A 1132）に準拠する。

(2) 塗膜の透湿度測定方法

透湿度とは一定時間に単位面積の膜状物質を通過する水蒸気量の大小をいう。測定方法はJ I S A 02081に規定されている透湿度試験方法（カップ法）に準拠している。

表一2 劣化促進試験条件

	順序	時間	設定条件
1, 2を交互にくりかえし、合計6時間で1サイクルとする	1	4時間	乾燥 試験温度 50℃、湿度 60%RH
	2	2時間	散水 試験温度 50℃、散水量 約2ℓ/㎡・時



図一1 劣化促進試験装置

表一3 外観観察による劣化度の判定

評点	0	1	2	3
外観	変化なし	コンクリート表面に少量の白色状物質が生成する	白色状物質が多くなりひびわれが発生する	ひびわれがコンクリート表面全体にひろがる
外観写真				

(3) 透水性測定方法

コンクリート中の水の透過量を測定するために図-1の試験装置を試作した。コンクリート供試体両端の溶液内に白金電極を配し、両電極間に定電圧を印加し一定時間にコンクリートを通過する電流量を測定する。コンクリートの遮水性能が優れている場合にはコンクリートの電気抵抗が大きくなり、電極間に流れる電流は小さいことを利用したものである。

事前に適正な印加電圧や測定時間を実験的に求め、電極間の印加電圧5V、測定時間48時間までの累積電流値で遮水効果を評価できることを確かめている。

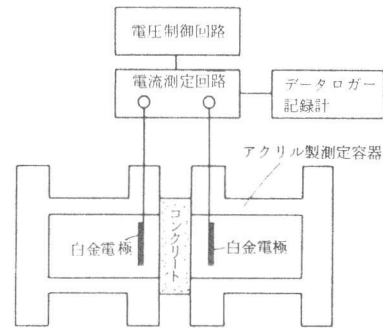


図-2 透水性測定装置

(4) 促進試験方法

塗装したコンクリートおよび非処理コンクリートについて促進試験を行った。

1) 試験方法

コンクリートの化学的安定性促進試験方法を用いている。(表-2)

2) 試験手順

コンクリート供試体を図-2の劣化促進試験装置に設置して、6時間を1サイクルとする組合せ試験(複合環境試験)を行う。

3) 評価方法

反応の有無および損傷程度の測定は外観観察を主にして行い、必要な場合にはコンクリート断面の性状の観察やコンクリートの圧縮強度試験を行う。表-3の劣化度の判定(外観)にしたがって、評点を記録する。

4. 実験結果と考察

4.1 塗膜の透湿度測定結果

塗膜の透湿度試験結果を図-3に示す。

最も水蒸気を通しにくいのはビニルエステル系塗装である。これに次いでエポキシ系塗装である。この2種類に較べて、アクリル系塗装およびエマルジョン系塗装(ポリマーセメントモルタル)の透湿度ははるかに大きいといえる。

4.2 透水性測定結果

透水性測定結果をまとめて図-4に示す。

塗装したコンクリートは無処理コンクリートに較べて遮水効果があるといえるが、累積電流値すなわち遮水効果の大小は次の順序であった。

ビニルエステル系塗料 > エポキシ系塗料 > アクリル系塗料 ≫ 浸透性塗料

透水性測定結果は、塗膜の透湿度測定結果と同じ傾向を示しているが、シリコン系の浸透性塗料を用いた場合の透水量は大きい。

4.3 劣化促進試験結果

コンクリート供試体のアルカリ骨材反応促進試

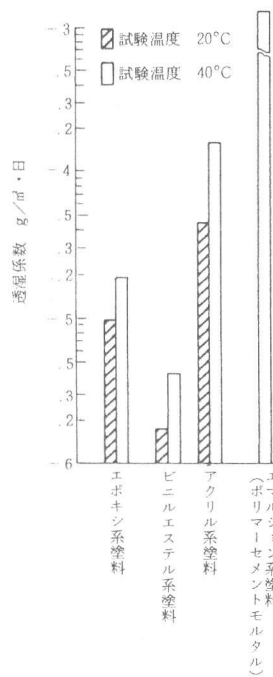


図-3 透湿度測定結果

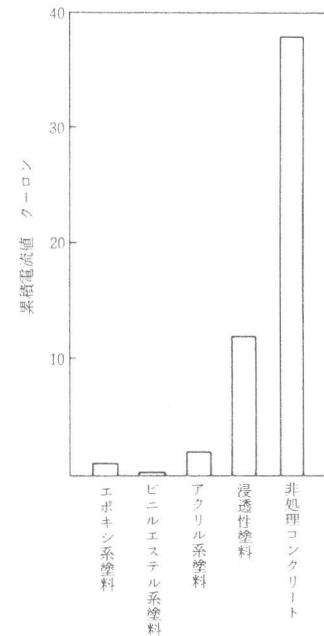


図-4 透水性測定結果

験結果を図-5に示している。

外観観察をもとにして評点を定期的に記録し、評点2（ひびわれ発生）となった時点で耐久性が損なわれたと判断して、それまでに経過した日数を耐久日数として表示した。

非処理供試体では白色ゲル状物質が、試験開始後早い時期に折出し、次第に量が多くなるなどして、10週間程度でひびわれも発生した。

塗装した供試体では塗膜自体のふくれやはがれ、退色などの著しい老化は見られなかったが、一部の供試体では、外観変状が見られたものもあった。たとえば浸透性塗料を用いた塗装の場合には、140～200日経過後よりコンクリート表面に白色析出物が見られる。この場合には、ひびわれ発生には至っていないが完全には反応を抑制しえないようである。エポキシ系塗装およびビニルエステル系塗装を用いた場合には、外観の変化もなく初期と変らぬ色調を保っている。既に述べたように、不透水性にすぐれた塗装系であり骨材が反応しやすい環境条件下でも、外部よりの水の供給を妨げることにより反応抑制作用を保つものである。

供試体断面の観察結果でも、塗装した供試体では全体的に骨材周囲の白色物質の生成が少なく、骨材そのもののわれや破損もほとんど見あたらない。塗装したコンクリートと非処理コンクリートの顕微鏡観察による骨材周囲の形態の差異を模式的に図-6に示す。

5. あとがき

塗装によって、アルカリ骨材反応を抑制することを目的として遮水性能や抑制効果を実験的に検討したのであるが、塗料の種類を適切に選べば良好な結果が得られることが判明した。とはいえ、まだアルカリ骨材反応に関する体系的な研究は始まったばかりであり、本実験結果も中間的な報告にとどまらざるを得ない。今後ともコンクリート構造物の耐久性を更に向上させるための実験を継続する予定である。

参 考 文 献

- (1) 道路橋の塩害対策指針（案），同解説 付属資料，コンクリート塗装の設計・施工・品質基準（案），社団法人 日本道路協会 昭和59年
- (2) 各種骨材のアルカリ反応性（化学法）に関する実験的検討，第7回コンクリート工学年次講演会 昭和60年

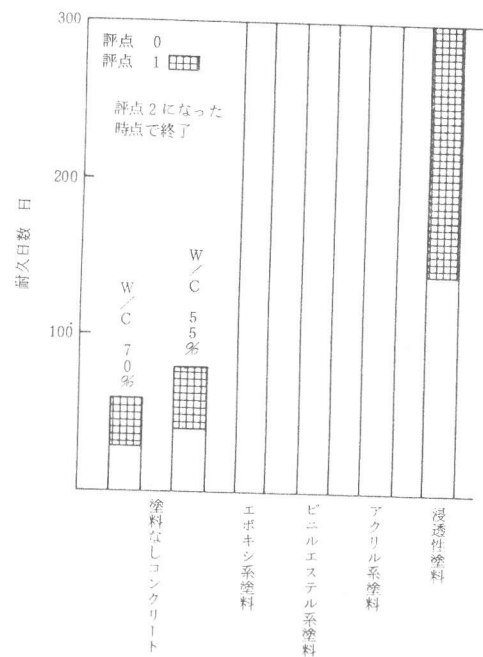


図-5 促進試験中間結果

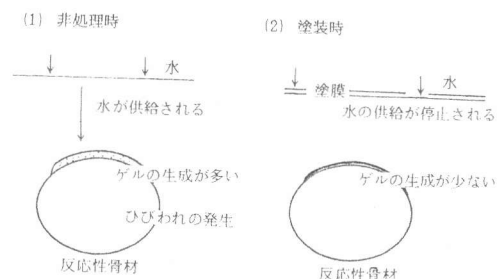


図-6 塗装による反応抑制効果