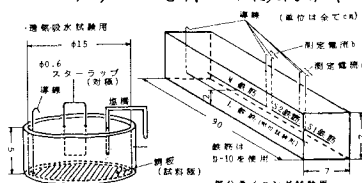


京都大学工学部 学生員 久米 生泰
 京都大学工学部 正会員 岩川 豊章
 京都大学工学部 正会員 岡田 清

1. はじめに: コンクリート構造物は、本来きわめて耐久性に優れ、コンクリート中の鋼材もアルカリ性雰囲気によって表面に不動態被膜を形成し、腐食しない。しかし、コンクリート中に少量の塩が含まれると、不動態被膜が破られて鋼材が腐食する。現在これらの予防、補修対策として、ひび割れ部への樹脂などの注入、かぶりの増厚、樹脂ライニングなどが行なわれている。この中でも、従来補修用として用いられ、新設コンクリート構造物の防食方法として最近注目されているコンクリート表面への樹脂ライニングについては、現在その要求が高まっているにもかかわらず、体系立った研究が行なわれていない。そこで本研究では、樹脂ライニングをコンクリート構造物に適用するための基礎的資料を得るために、①ライニング層とコンクリート母材との接着強度、②ライニング層の気密、遮水効果、③部分ライニングの効果を検討した。

2. 実験概要: 実験としては次の3種を行なった。

①建研式接着強度試験を用いて、ライニング層とコンクリート母材との接着性を表す指標としての接着強度を測定する接着強度試験。供試体は $30 \times 30 \times 6$ cmのコンクリート平板にライニングしたものを用いた。



図・1 供試体

②供試体内部の鋼板の限界電流を測定することにより、酸素拡散定数を求める透気試験。透気試験用供試体(図1)の試験前後の重量変化より吸水量を求める吸水試験。

表・1 供試体一覧表

コンクリート ライニング	水道水練り W/C=0.50		人工海水練り W/C=0.50		人工海水練り W/C=0.55	
	気中	水中	気中	水中	気中	水中
ブレン	AI-1	AI-2	BI-1	BI-2	CI-1	CI-2
クロス	AI-1	AI-2	BI-1	BI-2	CI-1	CI-2
フレーク	AI-1	AI-2	BI-1	BI-2	CI-1	CI-2

③供試体中の鉄筋の自然電位、分極抵抗、鉄筋間のマクロセル腐食電流を測定することにより、部分ライニングによる防食効果を検討する部分ライニング試験。(図1参照)

要因としては次の4種を取りあげた。

①コンクリート i) W/C = 0.50 の水道水練りコンクリート、ii) W/C = 0.50 の人工海水練りコンクリート、iii) W/C = 0.55 の人工海水練りコンクリート、iv) W/C = 0.50 でコンクリート中の塩分量に換算して0.5 kg/m³の塩を含む食塩水練りコンクリートの4種を用いた。接着強度試験にはi), ii), iii)、透気・吸水試験にはi)とii)、部分ライニング試験にはi), ii), iv)のコンクリートをそれぞれ用いた。

図・2 部分ライニング試験用

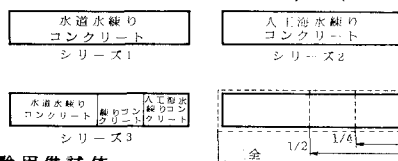
コンクリート ライニング	水道水練り コンクリート		人工海水練り コンクリート	
無し	A0-1	A0-2	B0-1	B0-2
ブレン	A1-1	A1-2	B1-1	B1-2
クロス	A2-1	A2-2	B2-1	B2-2
フレーク	A3-1	A3-2	B3-1	B3-2

部分ライニング試験用

コンクリート ライニング	1 水道水練り コンクリート	2 人工海水練り コンクリート	3 塩分打ち 分けコン クリート
	無し	無し	無し
無し	S1.0-1 S1.0-2	S2.0-1 S2.0-2	S3.0-1 S3.0-2
1/4	—	—	S11/4-1 S11/4-2
1/2	S11/2-1 S11/2-2	S21/2-1 S21/2-2	S31/2-1 S31/2-2
全	S1全-1 S1全-2	S2全-1 S2全-2	S3全-1 S3全-2

②ライニングの種類 i)エポキシ樹脂のみ(ブレンライニング)、ii)エポキシ樹脂+ガラスクロス(クロスライニング)、iii)エポキシ樹脂+ガラスフレーク(フレークライニング)の3種を用いた。接着強度試験、透気吸水試験にはi), ii), iii)を用い、部分ライニング試験にはi)のみを用いた。なお、各ライニングとも上塗りとしてアクリルウレタンを用いた。ライニング厚、樹脂使用量は「コンクリート塗装の設計施工品質基準(案)同解説」のC種にほぼ準じている。

③ライニング範囲 部分ライニング試験におけるライニング範囲を図2に示す。



図・2 部分ライニング試験用供試体
コンクリート種類とライニング範囲

全供試体を一覧表にして表1に示す。

接着強度試験は供試体を気中、水中（練り混ぜ水と同質のもの）に置き、温度を一定にした。透気・吸水試験は供試体を水道水に浸漬させ、水中の酸素濃度が一定となるようにエアポンプで空気を送りこんだ。部分ライニング試験は供試体を鉄筋位置まで人工海水に浸漬させた。

3. 結果と考察

①接着強度試験 各供試体について2箇所ずつ接着強度を測定した平均値を表2に示す。本試験における測定部の破壊形式は全て母材コンクリートの破壊であった。得られた接着強度はコンクリート強度そのものを意味しているものと考えられる。しかし、コンクリート母材の非ライニング面から水および Cl^- が毛細管現象により上昇して、プライマー含浸層あるいはライニング層とコンクリート母材との界面付近に到達して界面付近の水分や Cl^- 濃度が高くなると考えると、ここで得られた接着強度は、ライニング層とコンクリート母材との接着性の指標と見なせる。表2より、コンクリートとライニング樹脂の接着特性は水の侵入により変化し、練り混ぜ水中の Cl^- による影響は少ないことがわかる。また、ⅢのコンクリートがⅡのコンクリートに比べて水中での接着強度低下が著しいことは、 W/C の違いからくる吸水量の差が原因になっているものと思われる。

②透気・吸水試験 飽和塩化銀電極基準-860mVで拡散律

速反応が起きていると考え算定した酸素拡散定数および吸水率を供試体2個の平均で表3に示す。本実験で用いた程度の厚みを持つ3種のライニングは、酸素および水の侵入を抑制する効果はあるものの、特に酸素についてはばらつきが大きく、平均値的には必ずしも効果が明確ではない。確実な効果を得るにはさらに厚みを増すことが好ましいようである。表3よりコンクリート中の Cl^- による気密性、遮水性への影響は少ないことがわかる。また、今回用いた程度の厚みを持つフレックライニングは、遮水性において他のライニングより劣った結果を得ている。

③部分ライニング試験 浸漬前と浸漬28日後

の分極抵抗値を表4に、マクロセル腐食電流についてはそのピーク値と定常値を表5に示す。さらに浸漬28日後の自然電位分布を図3に示す。表面全体にライニングした場合には、分極抵抗は大きく、マクロセル腐食電流は小さくなっており、防食効果が認められる。これに対して、表面の $\frac{1}{4}$ あるいは $\frac{1}{2}$ にライニングした場合、 Cl^- を含む部分全てをライニングした供試体（S3・Ⅳ-1,2）は、分極抵抗が大きく、マクロセル腐食電流は小さくなり防食効果が認められるが、それ以外の供試体はライニングしなかった供試体と比べて、ライニング部分で Cl^- を含む箇所の腐食が抑制されないばかりか、非ライニング部の腐食を促進させる現象が見られた。また、自然電位についても同様の現象が見られた。したがって、防食効果を得るには、少なくとも Cl^- を含むコンクリート全

表・2 接着強度

供試体	ライニング	接着強度 (kg/cm ²)		
		20℃気中	40℃水中	20℃水中
水道水練り W/C=0.50	ブレン	30.6	24.1	—
	クロス	24.1	27.8	—
	フレック	27.5	—	32.2
人工海水練り W/C=0.55	ブレン	33.4	35.9	—
	クロス	36.9	39.7	—
	フレック	42.2	—	38.4
人工海水練り W/C=0.55	ブレン	32.2	—	28.4
	クロス	38.4	—	36.6
	フレック	34.1	—	25.0

表・3 酸素拡散定数と吸水率
—除分極開始後1週—

ライニング	無し	ブレン	クロス	フレック
練り混ぜ水	水道水	人工海水	水道水	人工海水
定常電流 (μA)	17.75	15.75	16.50	41.00
酸素定数 (×10 ⁻⁸ cm ² /s)	5.21	4.62	4.83	12.02
吸水率 (単位面積当り、g/cm ²)	7.08	5.66	1.13	2.26
の吸水率 (g/cm ²)	6.37	1.51	0.99	3.40

表・4 分極抵抗の変化

供試体	浸漬前 (kΩ)		28日後 (kΩ)	
	S1	S2	S1	S2
S1.0-1,2	2.13	—	1.04	0.87
S1.Ⅲ/2-1,2	1.66	—	0.90	1.68
S1.全-1,2	1.36	—	0.91	1.78
S2.0-1,2	0.88	—	0.47	0.45
S2.Ⅲ/2-1,2	0.75	—	0.43	0.88
S2.全-1,2	0.83	—	0.43	0.94
S3.0-1,2	1.37	—	1.52	0.36
S3.Ⅲ/4-1,2	1.50	—	1.58	1.44
S3.Ⅲ/2-1,2	2.06	—	1.39	2.07
S3.全-1,2	1.47	—	1.27	1.49

表・5 マクロセル腐食電流

供試体	ピーク値		定常値	
	a	b	a	b
S1.0-1,2	1.00	0.74	0.09	0.09
S1.Ⅲ/2-1,2	14.0	4.80	4.90	1.10
S1.全-1,2	0.07	0.05	0.03	0.03
S2.0-1,2	10.7	9.30	3.20	6.80
S2.Ⅲ/2-1,2	7.00	3.40	3.80	2.20
S2.全-1,2	0.90	0.90	0.80	0.35
S3.0-1,2	20.0	26.0	15.5	17.5
S3.Ⅲ/4-1,2	27.2	3.65	22.8	2.20
S3.Ⅲ/2-1,2	0.85	0.77	0.20	0.50
S3.全-1,2	0.86	0.60	0.53	0.34

図・3 自然電位

