

V-189

ライニングを用いたコンクリート構造物の
耐久性設計について

京都大学 正 小林和夫 正 宮川豊章 学 佐藤弘文
村本建設(株) 正〇久米生泰 鋼リカール・コスモ 正 喜多章行

はじめに 土木学会「コンクリート標準示方書」が限界状態設計法を取り入れて改正されたことはすでによく知られている。しかし、近年問題となっている耐久性についてはまだ必ずしも十分に配慮されているとはいえない点があることもまた認められている。すなわち、限界状態設計法においても、従来の許容応力度設計法におけると同様に、用いられる材料の性能の経時的変化が十分に定量化された形で見込まれてはならず、材料の初期強度、例えば材令28日における試験コンクリート強度を中心とした設計手順となっている部分が多いと言わざるを得ないようである。近年大きく取り上げられている耐久性問題としては塩害とアルカリ骨材反応をあげることができる。これらを検討するにあたっては、劣化のメカニズムを把握したうえで材料性能の経時的な変化を考慮した設計法、耐久性設計法を確立する必要がある。しかも、劣化に対する防止あるいは補修方法として種々の合成樹脂材料を用いたコンクリート表面ライニングが施工される例が多い。本研究はライニングを用いてコンクリート構造物の耐久性設計を行うにあたって必要な資料である各種の透過性およびひびわれ追従性について基本的な検討を行ったものである。

実験概要 (1)要因：現在ライニングとして用いられている表、1ライニングの伸度、膜厚（供試体数）

仕様には様々の種類がある。本実験においては実績の多いエポキシ、ひびわれ追従性が期待されるウレタン、およびアルカリ骨材反応の抑制が期待されるシランを下塗としたポリマー・セメント・モルタル（PCM）の3種類を用いることとした。それぞれ伸度および膜厚については数種類を選定した（表1参照）。コンクリートについては単位セメント量360kg/m³水セメント比0.50のものを用いた。(2)試験方法：試験は水（液体）透過性¹⁾、水蒸気（気体）透過性¹⁾、酸素透過性²⁾およびひびわれ追従性³⁾試験からなる。酸素透過性については電気化学的に鋼材に達する酸素量の測定を行った。この方法は①圧力を加えないためコンクリートの微細構造を破壊することがない、②気体の酸素ではなく腐食に関与する溶存酸素を測定する事ができる、という特徴を持っている。

結果および考察 水、水蒸気および酸素の見かけの拡散定数を表2～4に、また、エポキシおよびウレタンにおける透湿度、透湿度および酸素の見掛けの拡散定数をライニング膜厚との関係で図1～3に示す。一般に、ライニングを施した場合ライニングをしないものより透過性は小さく、また、ばらつきはあるものの膜厚が大きくなるに

伸度（％）	膜厚（μm）					
	120	240	300	850	1200	
エポキシ	10	2	2	2		
	50	2	2	2		
	100	2	2	2		
	200	2	2	2		
ウレタン	200	2	2	2		
	300	2	2	2		
	400	2	2	2		
PCM	50		2	2	2	
	100		2	2	2	
	200		2			

結果および考察 水、水蒸気および酸素の見かけの拡散定数を表2～4に、また、エポキシおよびウレタンにおける透湿度、透湿度および酸素の見掛けの拡散定数をライニング膜厚との関係で図1～3に示す。

一般に、ライニングを施した場合ライニングをしないものより透過性は小さく、また、ばらつきはあるものの膜厚が大きくなるに

表、3 見掛けの水蒸気の拡散定数
($\times 10^{-9} \text{cm}^2/\text{sec}$)

表、2 見掛けの水の拡散定数
($\times 10^{-9} \text{cm}^2/\text{sec}$)

ライニング系	膜厚、塗布量	見掛けの水の 拡散定数 $\times 10^{-11}$ (cm^2/sec)
エポキシ	120 μm	1.35
	240 μm	1.08
	500 μm	0.90
	1000 μm	0.67
ウレタン	120 μm	3.43
	240 μm	2.35
	500 μm	1.80
	1000 μm	1.26
シラン+PCM	130 g/m ² + 0.5mm	5.41
なし		32.46

表、4 見掛けの酸素の拡散
定数
($\times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{sec}$)

ライニング系	膜厚、塗布量	見掛けの酸素の 拡散定数 $\times 10^{-11}$ (cm^2/sec)
エポキシ	120 μm	0.36
	240 μm	1.15
	500 μm	0.60
	1000 μm	0.55
ウレタン	120 μm	5.09
	240 μm	6.86
	500 μm	3.92
	1000 μm	2.96
シラン+PCM	130 g/m ² + 0.5mm	8.40
なし		10.90

ライニング系	膜厚、塗布量	環境湿度 (%)	見掛けの水蒸気の 拡散定数 $\times 10^{-11}$ (cm^2/sec)
エポキシ	120 μm	60 ± 5	1.64
	240 μm		0.65
	500 μm		0.53
	1000 μm		0.33
ウレタン	120 μm	60 ± 5	8.53
	240 μm		6.30
	500 μm		4.26
	1000 μm		2.62
シラン+PCM	130 g/m ² + 0.5mm	85 ± 5	7.87
なし			45.91
エポキシ	240 μm		0.33
ウレタン	240 μm		6.23
なし			8.53

したがって透過性は小さくなる傾向を示している。これらの透過性の減少の割合は仕様によって大きく異なっており、エポキシの透過性がもっとも小さく、PCMが最も大きく、ウレタンはそれらの中間的な挙動を示している。

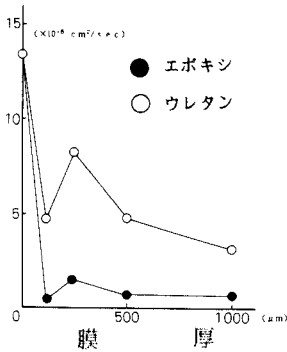


図. 3 ライニング膜厚～見かけの拡散定数

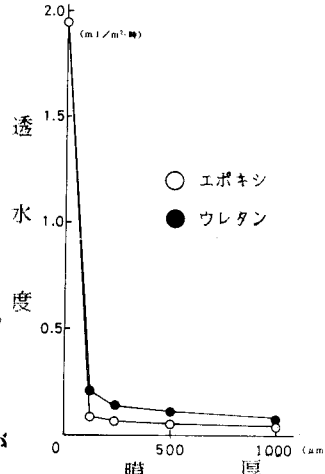


図. 1 膜厚～透湿度 (エポキシ、ウレタン)

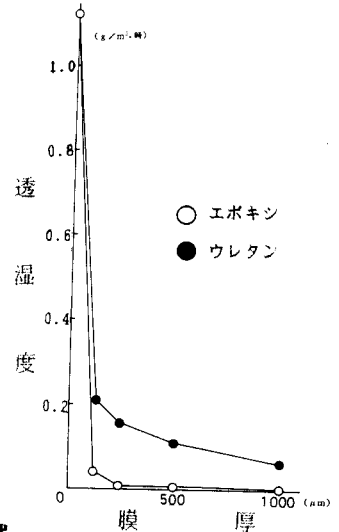


図. 2 膜厚～透湿度 (エポキシ、ウレタン)

ひびわれ追従性の結果の一部を表5に、並行して行った一軸引張接着試験(建研式)において得られた最大変位量を表6に示す。さらに、非損傷率を樹脂の伸度と最大変位との積との関係で図4に示す。一般に、非損傷率と伸度との関係は樹脂系によって異なり、必ずしも様な相関関係を示さない。しかし、接着試験における最大変位との積の形にすることにより、使用樹脂系にかかわらず非損傷率を定量的に表すことが可能となることがあきらかとなった。

土木構造物における塩害にあつては水および酸素の透過性が小さいことが望ましく、アルカリ骨材反応では水の透過性が小さく、水蒸気の透過性が大きいことが望ましいことが知られている。ひびわれ追従性についてはいずれにあつても大きいことが望ましい。したがって、ライニングを用いた場合における耐久性設計はこれらの必要とされる性能を定量化することによって可能となるものと考えられる。

最後に、実験にあたり種々御配慮いただいた大阪セメント、住友ゴム工業、サンユレジンの各位に謝意を表します。

参考文献：1) 阪神高速道路公団・日本材料学会：補修用樹脂に関する調査研究業務報告書(その5)、昭和60年、2) 宮川他：土木学会第38回年次学術講演会講演概要集第5部、pp.265～266、昭和58年、3) 小林、宮川他、：セメント技術年報、40巻、pp.447～450、昭和61年

表. 6 ライニングの最大変位(mm)

膜厚(μm)		120	240	500	850	1200
エポキシ	10	0.006	0.006	0.024		
	50	0.0058	0.0031	0.0091		
	100	0.010	0.0045	0.0067		
	200	0.012	0.013	0.0078		
	200	0.013	0.017	0.0175		
ウレタン	300	0.013	0.0075	0.027		
	400	0.44	0.46	0.13	0	
PCM	50			0.935	0.79	1.35
	100			0.905	1.09	1.61
	200			1.69		

表. 5 非半分破断率50%におけるひびわれ幅(mm)

膜厚(μm)		120	240	500	850	1200
エポキシ	10	0.08	0.12	0.08		
	50	0.08	0.15	0.17		
	100	0.10	0.32	0.42		
	200	0.22	0.52	0.94		
	200	0.66	0.78	1.23		
ウレタン	300	1.31	1.80	—		
	400	1.66	2+	—		
PCM	50			—	1.94	—
	100			—	—	—
	200			—		

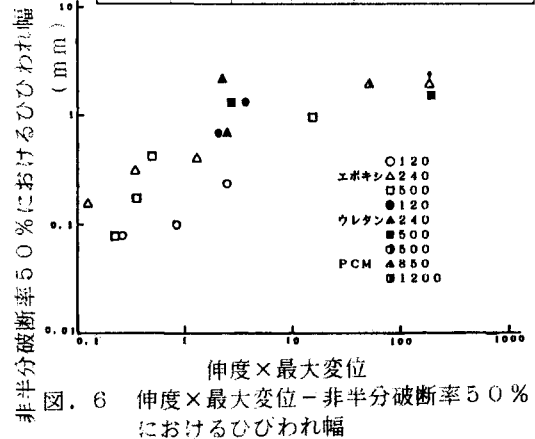


図. 6 伸度×最大変位—非半分破断率50%におけるひびわれ幅