

コンクリートへの樹脂ライニングによるひびわれ追従性に関する研究

鳥取大学 正 員 西林 新蔵
鳥取大学 正 員 井上 正一
鳥取大学 学生員 ○ 熊野 知司
ショーボント建設(株) 土門 勝司

1. まえがき 近年、コンクリート構造物の耐久性向上策の一つとして、コンクリート表面への樹脂ライニングが採用される機会が増えている。ここでは、樹脂ライニングそのものの耐久性ならびにライニング厚とひびわれ追従性の関係を明らかにし、所定のひびわれ幅に追従し得るライニング厚を決定する手法を検討した結果についても述べる。

表-1 実験計画

試験の種類	供試体の種類	膜厚(μm)	本数	f _c * (kgf/cm ²)
遮水性	角柱	300, 500, 1000, 無	各3本	495
ひびわれ追従性	はり	300, 500, 1000	各4本	398

* 試験時のコンクリート圧縮強度を示す。

2. 実験概要 実験計画を一括して表-1に示す。試験に用いた供試体の組合せは図-1に示す通りで、材齢28日まで水中養生を施した後実験室内で2カ月間保存・乾燥させて樹脂ライニングを行った。使用した樹脂は厚膜型ポリブタジエンゴム系樹脂で、3水準の塗膜厚に対するライニングは素地調整、中塗り、上塗りからなる。遮水性とひびわれ追従性の各試験は、無塗装供試体も含め、上塗り後2週間が経過した時点で行った。なお、遮水性試験においては角柱供試体を海水中に浸漬し、重量および動弾性係数の経時変化を測定し、ひびわれ追従性試験ではたわみ制御による静的試験を通して、はり供試体底部のライニングの変化とひびわれ幅との関係を観察・測定した。

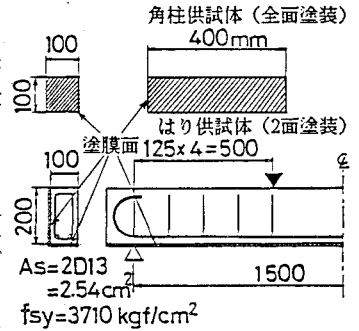


図-1 供試体の詳細

3. 結果と考察

3.1 遮水性試験 図-2に浸漬日数と重量ないしは相対動弾性係数との関係を示す。図より、ライニングを施した場合の重量および相対動弾性係数は膜厚の大小によらずほぼ一定の値を示し、浸漬開始後90日の現時点までにおいてはライニングによる遮水効果が発揮されているといえる。

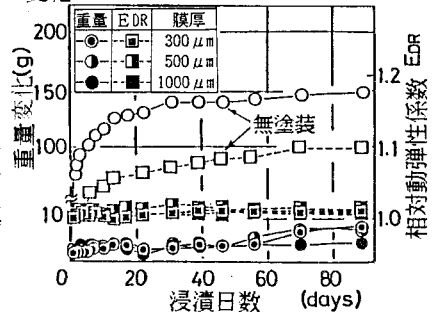


図-2 重量と相対動弾性係数の変化
* 相対動弾性係数 EDR は N 日目と浸漬開始直前の動弾性係数の比

3.2 ひびわれ追従性の評価 ここでは曲げひびわれのみを対象とし、ライニングの破断レベルを a) 発生、b) 半分破断、c) 完全破断の3レベルで定義する。このとき、あるひびわれ幅 W で各破断レベルに達しない確率(非破断確率)は式(1)より算定され、特にひびわれ幅が 2.0mm (マイクロスコープの測定限界値)を越えた後に各破断レベルに達する途中打ち切りデータが i 本含まれる場合は式(2)より算定してひびわれ追従性を評価することにした。

$$P_{a\sim}(W) = 1 - r / (L + 1) \quad (1)$$

$$P_{a\sim}(W) = 1 - r / (L + 2) \quad (2)$$

$$P_{a\sim}(2.0) = 1 - (L - i + 1) / (L + 2)$$

ここに、r は各破断レベルに達した総数 L 本のひびわれ幅を小さい順に並べたときの序数である。

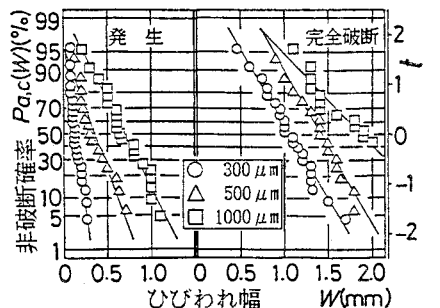


図-3 非発生および非完全破断確率とひびわれ幅の関係

図-3は発生および完全破断レベルにおける非破断確率 $P_r(W)$ 、 $P_c(W)$ とひびわれ幅 W との関係を正規確率紙上に示したものである。いずれのプロット点もほぼ直線上にあり、半分破断を含む各破断レベルにおけるひびわれ幅の分布は正規分布で近似できる。

このとき、正規分布を表す直線式、 W の標準偏差 $V(W)$ と平均ひびわれ幅 $\bar{W}$ はそれぞれ式(3)、(4)で算定される。

$$t = A\bar{W} + B, \quad t = \Phi^{-1}(P(W)) \quad (3)$$

$$V(W) = 1/|A|, \quad \bar{W} = -B/A \quad (4)$$

ここに、 t は標準正規変量で、 A 、 B は実験定数である。

表-2に最小二乗法によって決定した直線式および $V(W)$ 、 $\bar{W}$ の値を示す。

図-4(A)に各破断レベルにおける $V(W)$ と膜厚との関係を示す。図より、 W のばらつきの程度を表す $V(W)$ は膜厚の増加に伴って、さらには破断レベルの進行に伴って大きくなる特性を有することがわかる。この原因は、前者においては膜厚内での応力の再分配や塗膜厚のむらに関係する施工精度に、後者においては塗膜開口部の応力集中の度合に関係する塗膜部のひびわれ伝播速度の相違等によってもたらされたものと考えられる。

図-4(B)に平均ひびわれ幅 $\bar{W}$ と膜厚との関係を示す。各破断レベルにおける W は膜厚の増加に伴って大きくなるが、追従性の改善効率は膜厚の増加に伴ってやや低下する。

つぎに $\bar{W}$ 、 $V(W)$ の設計面への適用を考える。いま、ひびわれ幅0.2mmで非破断確率(信頼度)95%を満足するような塗膜厚はいくらにすればよいかというような問題を考えたとき、 $P(W)=95\%$ ($t=1.645$)に対応するひびわれ幅 W_p は $W_p = \bar{W} - V(W) \cdot t$ で算出され、この結果、所要膜厚は例えば発生レベルに対して800 μm にすべきであるとの情報が得られる(図-5参照)。

3.3 従来の評価法との比較 従来のひびわれ追従性評価法によれば、非破断率 $P'_{\text{non}}(W)$ を式(5)で定義している。

$$P'_{\text{non}} = 1 - r/L \quad (5)$$

図-6に本提案法(式(1)または式(2))と従来法(式(5))によって算定した膜厚と $V(W)$ および $\bar{W}$ との関係を示す。本研究においては L が比較的大きいため、両評価法による $\bar{W}$ には差異は見られないが、 $V(W)$ の値は本提案法が大きめの値を示す。このような傾向は L が小さい場合や膜厚が厚くなって途中打ち切りデータが多数含まれてくる場合にはより顕著になる。耐久性設計においては必要膜厚は上記の解析(図-5)を通して得られることを考えれば、本提案法の方が従来法よりもやや厚い目の膜厚を与えるといえる。なお、式(5)で評価する場合には L を大とし、途中打ち切りデータを含めない試験をすることが望ましい。

表-2 回帰分析結果

膜厚 (μm)	レベル	回帰式	標準偏差 $V(W)$	平均ひび われ幅 $\bar{W}$ (mm)
300	発生	$t = -14.121W + 1.959$	0.071	0.14
	半分破断	$t = -4.143W + 3.337$	0.241	0.81
	完全破断	$t = -3.061W + 3.250$	0.327	1.06
500	発生	$t = -4.658W + 1.661$	0.215	0.36
	半分破断	$t = -3.348W + 3.603$	0.299	1.08
	完全破断	$t = -3.170W + 4.468$	0.315	1.41
1000	発生	$t = -3.515W + 2.427$	0.284	0.69
	半分破断	$t = -2.554W + 3.478$	0.392	1.36
	完全破断	$t = -1.833W + 3.444$	0.546	1.88

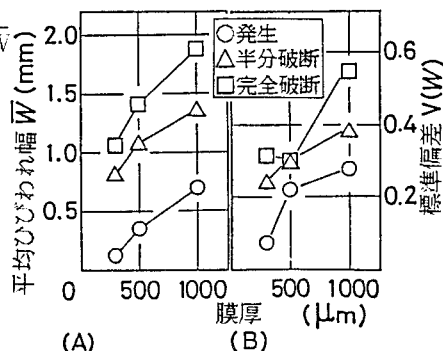


図-4 $V(W)$ および W と膜厚の関係

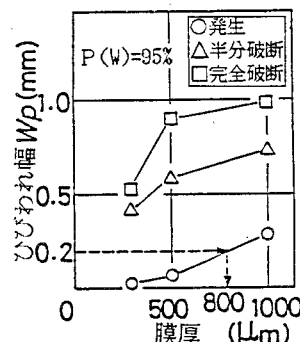


図-5 塗膜厚の決定法

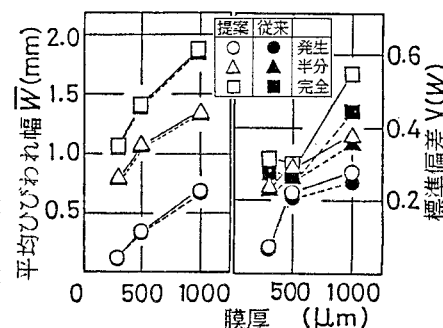


図-6 $V(W)$ および W と膜厚の関係

1) 浜田：土木学会論文集，1971年5月，2) 小林，宮川他：土木学会第41回年講，PP.561～562，1986年11月