

論文

[1129] コンクリート表面塗布材のひびわれ追従性評価に関する実験的研究

正会員 伊藤 洋 (熊谷組 原子力開発室)
 西岡 吉弘 (熊谷組 原子力開発室)
 清水 昭男 (熊谷組 原子力開発室)
 正会員 ○石田 良平 (熊谷組 技術研究所)

1. はじめに

近年、コンクリート表面に発生するひびわれに十分追従できる伸び率の大きい塗布仕上げ材が各種開発されている。この種の塗布仕上げ材に要求される性能としては、材料自体の水密性や伸び率とともに、その性能を発揮させる基本的性能として、下地の挙動に対する追従性、下地への接着性、耐久性などの性能がある。筆者らは、既報¹⁾²⁾にて各種塗布材の下地挙動に対する追従性や下地への接着性について、10種類の塗布材を一層塗りしたコンクリート供試体を用いて実験的に検討し、追従性および接着性の基本性能の評価を行った。

本論では、塗布材のひびわれ追従性に大きな影響を及ぼす要因である塗布材の膜厚に着目し、代表的な4種類の塗布材を選定し、曲げ試験法による実験を行ない検討を加えた。その結果、各塗布材の追従特性および膜厚と追従性との関係について有用な知見が得られたのでここに報告する。

2. 実験概要

本研究で用いた実験装置および供試体を図-1に示す。供試体は図-1(a)に示すように、高さ50mm、幅100mm、長さ400mmのコンクリート内部にD6鉄筋を2本配置したものである。供試体の作製は、下地コンクリート(配合は表-1参照)打設後、1カ月間標準水中養生し、その表面を自然乾燥させ、図-1(b)に示すように、底面のみにメーカーの仕様に従って塗布仕上げを行った。塗布材の選定に当たっては、前回の実験結果¹⁾を考慮し、ひびわれ追従性に優れている軟質エポキシ、ポリマーセメントモルタル、ポリブタジエン、および接着性に優れている硬質エポキシの合計4種類とした。塗布膜厚は、それぞれの塗布材につき1層、2層、3層の3種類とし、供試体は各2体ずつとした。

塗布材の種類、膜厚および特性は表-2に示す通りである。塗布後は、温

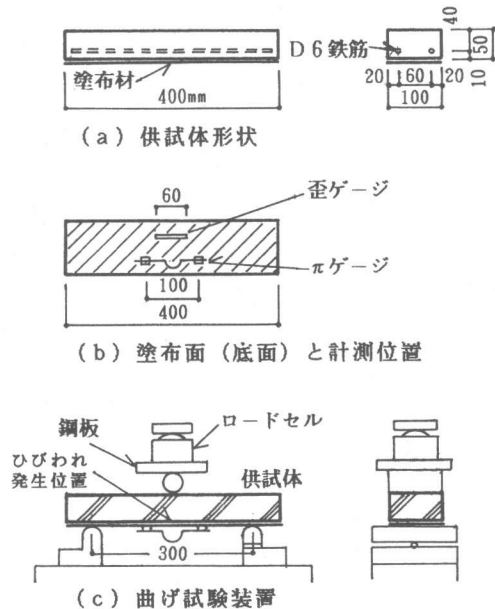


図-1 供試体および試験装置

表-1 コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤
20	12	5	55	45	177	322	784	976	0.81

表-2 塗布材の種類、膜厚及び特性

塗布材の種類	塗膜厚さ (mm)			伸び率 (%)	引張強度 (kgf/cm ²)	施工仕様
	1層	2層	3層			
硬質エポキシ	0.55, 0.73	0.86, 0.88	1.18, 1.20	4	409	下地処理+プライマー+主材塗(1~3層)
軟質エポキシ	0.68, 0.92	1.38, 1.55	1.95, 2.60	110	77	プライマー+下地しごき+主材塗(1~3層)
ポリマーセメントモルタル	0.77, 0.83	1.37, 1.47	2.75, 2.85	104	28	下地処理+プライマー+主材塗(1~3層) (ポリマーセメント比:約100%)
ポリブタジエン	1.23, 1.35	2.45, 2.65	3.27, 3.30	220	54	下地処理+プライマー+主材塗(1~3層)

(伸び率は JISK6911 に基づいた試験結果、硬質エポキシ・ポリブタジエンについては最後にトップコートを塗布した)

度20℃、湿度90%の雰囲気で行った後、実験に供した。実験は図-1(c)に示すように、2点支持、1点载荷の曲げ試験方法で行うことにより、供試体下面中央部に曲げひびわれを発生させ、発生するひびわれおよび拡大に対して塗布材がどの程度追従するかを測定した。測定項目は、曲げ荷重、供試体底面に貼りつけた塑性歪ゲージ(ゲージ長さ60mm)による塗布材の歪、 π ゲージによるコンクリートのひびわれ幅である。今回、塑性歪ゲージを用いることにより、極めて追従性に優れた塗布材でも追従限界ひびわれ幅を測定することが可能となった。歪ゲージ、 π ゲージの取付け位置を図-1(b)に示す。なお、試験時におけるコンクリートの圧縮強度は342kgf/cm²、引張強度(割裂試験)は30kgf/cm²であった。

3. 実験結果と考察

(1) 同一膜厚での各塗布材の比較

図-2は、4種類の塗布材の供試体内、塗膜厚さ t が約1.2~1.4mmとほぼ同一の4体の供試体について、塗布材歪 ϵ_r と発生したひびわれ幅 W (π ゲージの値) の関係について示したものである。図中の $W = \epsilon_r \cdot l$ (l :歪ゲージの長さ) の直線は、コンクリートのひびわれ幅 W と塗布材の歪量 ϵ_r より換算した変位量 $\epsilon_r \cdot l$ とが等しい場合を示している。つまり測定されたデータがこの線かあるいはその上部にあれば、塗布材がひびわれに対して追従していることになる。一方塗布材にひびわれが発生し、ゲージが切れることにより塗布材表面の歪量 ϵ_r が急増する場合は、その時点でひびわれ追従性が損なわれていることを示している。図より、全ての供試体において、塗布材表面にひびわれが発生し、歪が急増するまでは、ほぼ $W = \epsilon_r \cdot l$ 線上にあることがわかる。ゲージが切断した時のひびわれ幅、すなわち塗布材の追従限界ひびわれ幅は、硬質エポキシ:0.15mm、軟質エポキシ:1.81mm、ポリマーセメントモルタル:2.41mm、ポリブタジエン:2.63mmであり、ポリマーセメントモルタル、ポリブタジエンは、共に高い追従性を有しているといえる。また、軟質エポキシは同じエポキシ系の硬質エポキシの約10倍の追従能力を有しており、硬質エポキシの短所である低い伸び能力がかなり改善されているといえる。

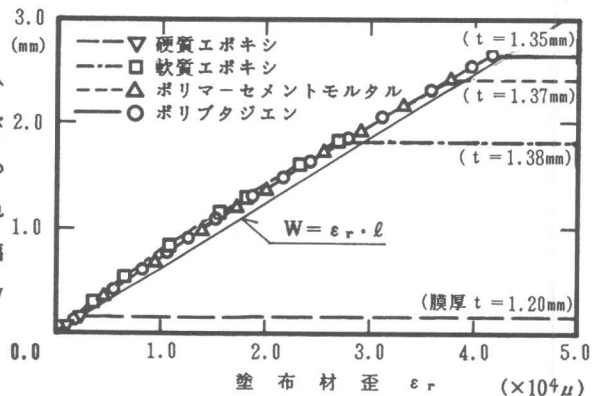


図-2 同一膜厚における各塗布材の歪とひびわれ幅の関係

(2) 膜厚が追従性に及ぼす影響

図-3は、硬質エポキシとポリブタジエンについて塗布材歪とひ

びわれ幅との関係を示したものである。まず硬質エポキシでは、塗布材が破断する際のひびわれ幅（追従限界ひびわれ幅）が全体的に小さく、しかも膜厚の増加によって必ずしも追従性が有利になるとはいえない結果となった。一方ポリブタジエンの追従限界ひびわれ幅は、塗膜が厚くなるに従い大きくなることが認められた。軟質エポキシ、ポリマーセメントモルタルについてもポリブタジエンと同様の傾向にあることが確認された。

これらの結果をもとに各塗布材の膜厚 t と追従限界ひびわれ幅 W_L との関係についてまとめたものを図-4に示す。図中、膜厚と追従限界ひびわれ幅との間に相関関係がみられた軟質エポキシ、ポリマーセメントモルタル、ポリブタジエンについては、最小2乗法を用いて近似式を算定した。硬質エポキシの追従限界ひびわれ幅は0.15~0.5mmであり、膜厚との相関は認められない。つまり、ひびわれ追従性はほとんど期待できない材質であり、塗膜厚さを厚くしてもそれほど効果がないことが確認された。これとは対照的に、ポリブタジエンは膜厚の増加にほぼ比例して追従限界ひびわれ幅が増加しており、膜厚に伴う追従性の向上がかなり明確に表れているといえる。軟質エポキシ及びポリマーセメントモルタルに関しては、膜厚0.8~1.2mm程度ではポリブタジエンとはほぼ変わらない追従性を示しているが、膜厚の増加に伴う追従性の向上はポリブタジエンより明らかに小さいものとなっている。このように、膜厚と追従限界ひびわれ

幅の間には塗布材それぞれ固有の傾向があることがわかった。こういった膜厚によるひびわれ追従性の向上効果を明らかにするため、膜厚 t に対する追従限界ひびわれ幅 W_L の比 W_L/t と膜厚 t との関係について整理したものを図-5に示す。3種類の塗布材の内、ポリマーセメントモル

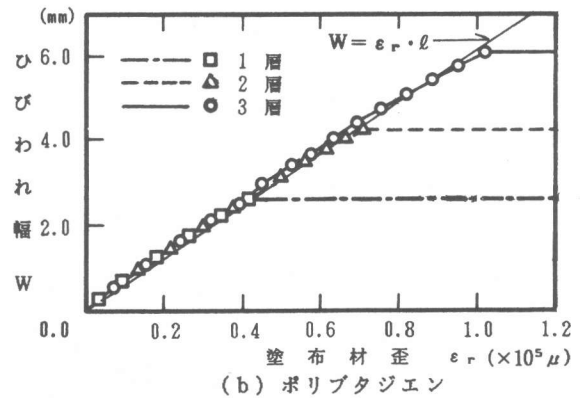
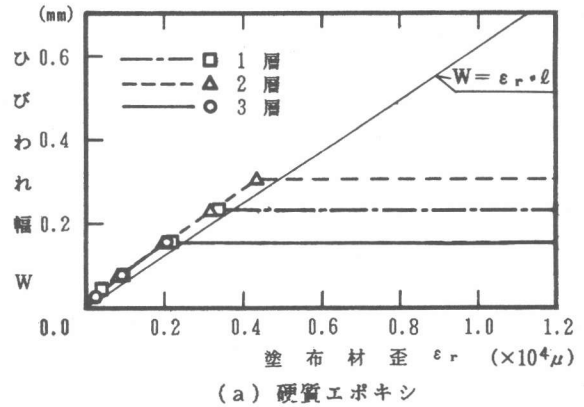
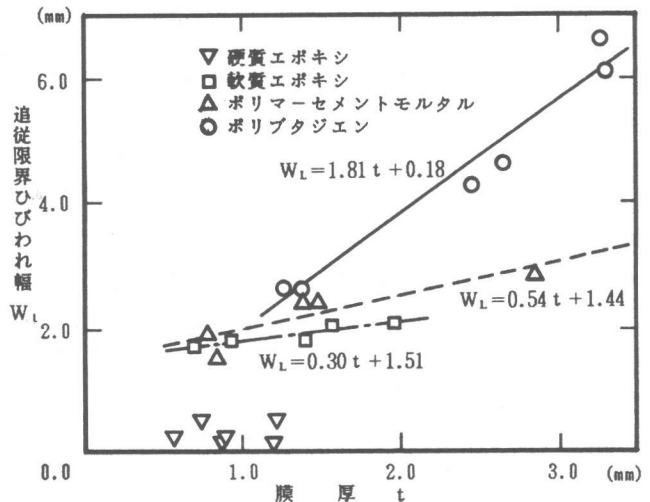


図-3 1~3 Plyにおける塗布材歪とひびわれ幅の関係



タルと軟質エポキシは、膜厚の増加に伴い W_i/t が減少する傾向にあることが認められる。ポリマーセメントモルタルは、膜厚が1mmから3mm、また軟質エポキシは1mmから2mmに増加することにより W_i/t が約1/2 に減少している。一方、ポリブタジエンでは膜厚によらずほぼ一定の W_i/t を示していることから、膜厚が厚くなった場合でも高い追従性を維持していることがわかる。この理由を写真-1に示すような塗布材のひびわれ追従状況から判断すると、軟質エポキシにおいては、コンクリートのひびわれ幅が約1mm以上になると急激に塗布材の亀裂が進行するため、1mm以上では膜厚による効果が少なくなるが、ポリブタジエンについては亀裂発生後も塗布材が十分伸びることによって亀裂の顕著な進行はなく、追従効果が維持されるためと考えられる。

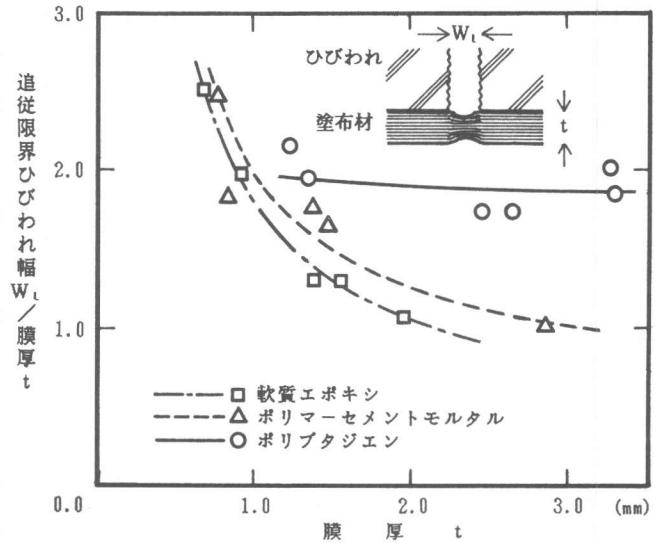
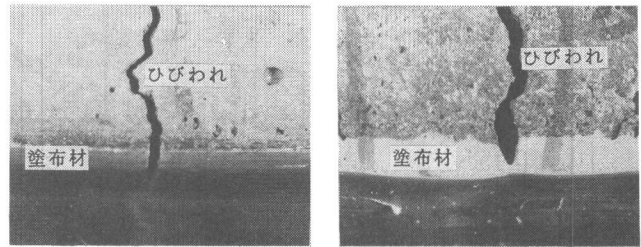


図-5 膜厚と W_i/t の関係



(a) 軟質エポキシ (b) ポリブタジエン

写真-1 塗布材のひびわれ追従状況 [1cm]

4. まとめ

本実験で得られた各種塗布材のひびわれ追従性に関する結論は以下の通りである。

- ①膜厚とひびわれ追従性との間に相関関係がみられたのは、軟質エポキシ、ポリマーセメントモルタル、ポリブタジエンの3種類である。
- ②硬質エポキシはひびわれ追従性がもともと小さく、塗膜厚さを厚くしてもほとんど効果が表れない。
- ③膜厚の効果が追従性に及ばず影響を膜厚に対する追従限界ひびわれ幅 W_i/t 値を用いて整理した結果、ポリブタジエンは膜厚の増加に伴いそれに対応した追従性を有しているが、軟質エポキシ、ポリマーセメントモルタルは、膜厚の増加に伴い W_i/t が減少する傾向にある。

なお本実験は、科学技術庁より「昭和63年度 放射性廃棄物処理処分技術開発促進費補助金」を受け実施した研究の一部である。

最後に、本実験を行うに当たり協力していただいた(株)熊谷組技術研究所 松村哲夫氏ならびに原子力開発室 坂口雄彦氏に感謝の意を表します。

- 参考文献 1)伊藤 洋他、コンクリート表面各種塗布材のひびわれ追従挙動に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集10-2、pp.281~286、1988。
 2)伊藤 洋、西山勝栄他、コンクリート表面塗布材の曲げひびわれ追従挙動に関する基礎研究、土木学会第43回年次学術講演会梗概集V、pp.294~295、1988。