

シラン系表面含浸材を活用したウレタン被覆材端部の剥がれ抑制技術に関する実験的研究

(独)土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○遠藤 裕丈
 (独)土木研究所 寒地土木研究所 正会員 田口 史雄
 (独)土木研究所 寒地土木研究所 正会員 田畑浩太郎

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の長寿命化を図るため、各種の表面保護工法が施工されている。水圧や摩耗による損傷が懸念される環境下では、厚手の被覆材が選択される場合がある。しかし、寒冷環境下では被覆材に浮きや裂き等の損傷(写真-1)が生じ、構造物を保護する機能が部分的に低下している事例が確認されている。筆者らは現地調査でウレタン被覆材(以下、ウレタン)の付着強度に及ぼす水分等の影響が大きいことを確認している¹⁾。そこで吸水抑制機能を有するシラン系表面含浸材(以下、シラン)をウレタン端部に適用した場合の剥がれ抑制効果について検討した。

2. 実験概要

表-1 に配合を示す。水セメント比は 50%とし、セメントは高炉 B 種、細骨材は除塩処理済の海砂(表乾密度 2.69g/cm^3 、吸水率 1.16%)、粗骨材は碎石(表乾密度 2.67g/cm^3 、吸水率 1.92%、最大寸法 25mm)を使用した。図-1 に供試体を示す。10×10×40cm 寸法の角柱コンクリートを作製して材齢 7 日まで湿潤養生を施し、材齢 14 日にウレタンを図示位置に吹き付けた。次に、事前に選定した北海道開発局道路設計要領²⁾の規格を満たす無溶剤系のシランを材齢 21 日に図示位置に塗布した。ここでは無塗布の供試体には I、シランの塗布範囲をウレタンの端部近傍に限定したものには II、シランを全面に塗布したものには III の記号を付した。

材齢 28 日から表-2 に示す 3 種類の環境に供試体を曝した。条件 2、3 における凍結融解の温度と時間は、水中方式、気中方式とも ASTM C 672 を準用して -18°C で 16 時間、 23°C で 8 時間(1 日 1 サイクル)とした。条件 2 では JIS A 1148 で規定されているゴム製の容器を使用し、3%濃度の塩水を容器に注ぎ、その中に供試体を挿入して容器ごと凍結融解環境下に曝した。所定の環境に曝してから概ね 50, 100, 200, 300 日経過時に、図-2 に示す要領で高周波容量式水分計を用いた表面水分率の測定、プルーフ試験装置を用いた付着強度の測定および供試体質量の測定を行った。なお測定は条件 3 の気中凍結融解の終了にあわせて、49, 98, 196, 294 日経過時に実施した。

3. 実験結果・考察

写真-2 は材齢 28 日すなわち所定の環境(表-2)に曝す前の III の供試体を長手方向に切断し、切断面に水をか

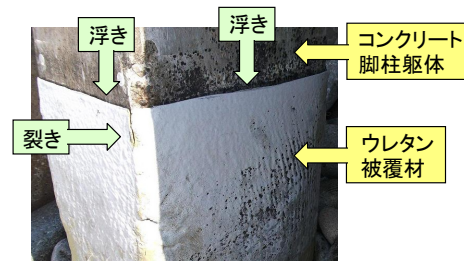


写真-1 ウレタン被覆材の損傷の一事例

表-1 コンクリート配合

W/C (%)	セメント	単位量(kg/m^3)			
		W	C	S	G
50	高炉 B	140	280	856	1081

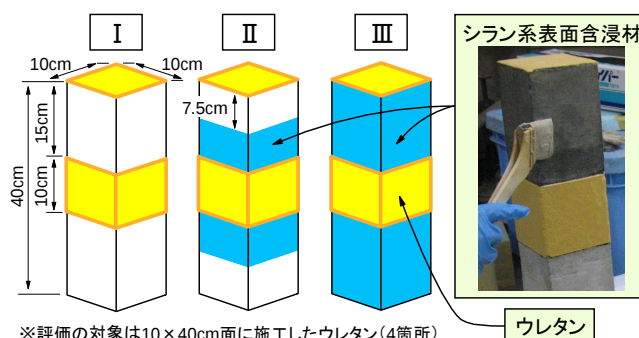


図-1 供試体

表-2 供試体を曝す環境条件

条件	環境
1	3%濃度の塩水に浸漬させて常温下に静置
2	水中凍結融解を与える(試験水は 3%濃度の塩水)
3	3%濃度の塩水に浸漬させて常温下に 3 日間静置→塩水から取り出して気中凍結融解作用を 4 日間与える→…(以降、塩水浸漬と気中凍結融解を繰り返す)

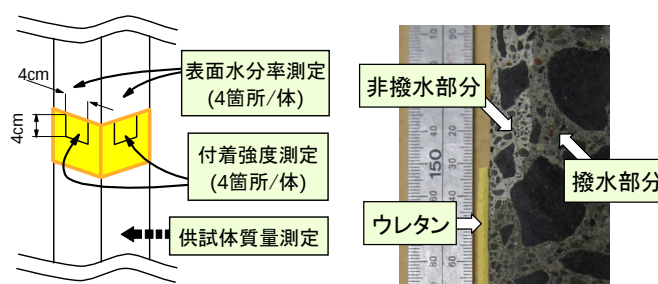


図-2 測定項目

写真-2 切断面の撥水状況

キーワード コンクリート, ウレタン, 付着強度, シラン系表面含浸材

〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号 TEL 011-841-1719 FAX 011-837-8165

けた状況を示している。シランの含浸深さは平均 7.4mm で、端部から平均約 7mm 範囲のウレタンの下層のコンクリートにもシランが含浸していることを確認した。表-3 に材齢 28 日における I, II, III の付着強度と表面水分率を示す。表に示した値は平均値である。付着強度は無塗布の I が比較的大きく、表面水分率は僅かではあるが I が大きい傾向にあった。写真-3 は付着強度測定後の供試体の状況を示している。試験装置で引き剥がしたウレタン片の裏面にはコンクリートが付着している。これは付着切れが I, II, III のいずれもウレタンとコンクリートの界面ではなく、コンクリート層で発生したことを示し、ウレタンとコンクリートの界面の付着強度はコンクリートの引張強度以上で、表-3 に示す値よりも高いことを示唆している。表面水分率が比較的大きかった I は、コンクリートの水和反応が II, III よりもやや促進されたことで付着強度の測定値が増進した可能性が推察される。

図-3 に所定の環境に曝した供試体の質量減少率および付着強度の経時変化を示す。質量変化率は、条件 1 と条件 3 では殆ど変化が見受けられず、条件 2 ではスケーリングによる質量の減少が確認された。条件 2 のシランを塗布した II, III の質量減少率は、98 日まで極めて小さかったものの、98 日以降で急速に大きくなり、既往の研究³⁾と類似の挙動を示した。次に、付着強度について述べる。付着切れはいずれも写真-3 に同じくコンクリート層で生じた。条件 1 と条件 3 の付着強度の相対値はシラン塗布有無に関わらず、概ね 1 前後で推移した。中には 1 よりも高い値を示した供試体もあったが、これは付着切れの状態から材齢進行に伴うコンクリートの水和促進が要因と思われる。一方、条件 2 は 2.17MPa から最小約 1.1MPa まで低下し、付着強度は約 40% 減少した。これに対して II と III は、I に比べると相対値の低下の割合は小さく、シランによって付着強度の低下が抑制されていることが明確に示された。

図-4 は所定の環境に曝す前と曝した後の表面水分率の比較である。図には全ての条件、経過日数、供試体の測定値を一括プロットした。全体的に無塗布の I の表面水分率の上昇傾向は II, III に比べると大きいことが確認されたものの、図-3 で付着強度の低下が認められたのは条件 2 のみであった。このことから、適切な管理の下で施工されたウレタンの付着強度は、単純な塩水供給のみでは低下しにくい、塩水の供給と凍結融解の複合作用によって発生するコンクリートの損傷の影響を受けやすいことがわかった。図-3 の条件 2 では、質量減少率が大きかった II, III の付着強度の相対値の低下の割合が I よりも小さい傾向が得られたが、これはウレタンで覆われていない範囲のコンクリートについては損傷を受けているものの、端部に塗布したシランによってウレタン下層への塩水の浸透が抑えられ、その結果、ウレタン下層のコンクリートの品質が概ね保持され、これがウレタンの付着強度の低下抑制に繋がったと言える。

よって、凍結融解によるコンクリートの損傷が懸念される部位に施工されるウレタンの端部の剥がれを未然に抑制する一手法として、端部近傍へのシランの塗布は有効と言える。

参考文献

- 1) 遠藤裕丈, 田口史雄, 田畑浩太郎: ウレタンで被覆補修した沿岸コンクリート部材の耐久性調査, 寒地土木研究所月報, No.703, pp.2-12, 2011.12
- 2) 北海道開発局道路設計要領, 第 3 集橋梁, 第 2 編コンクリート, 参考資料 B
- 3) 遠藤裕丈, 田口史雄, 宮本修司, 村中智幸, 後藤浩之, 林大介, 坂田昇, 名和豊春: シラン系表面含浸材による寒冷地のコンクリート構造物の耐久性向上効果, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol. 67, No. 1, pp.69-88, 2011.2

表-3 材齢 28 日の付着強度および表面水分率

記号	付着強度 (MPa)	表面水分率 (%)
I	2.17	4.8
II	1.71	4.6
III	1.56	4.6

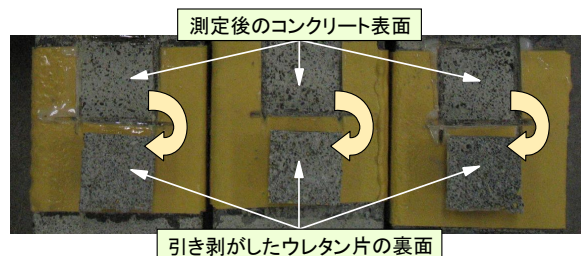


写真-3 付着強度測定後の供試体の状況 (左から材齢 28 日の I, II, III)

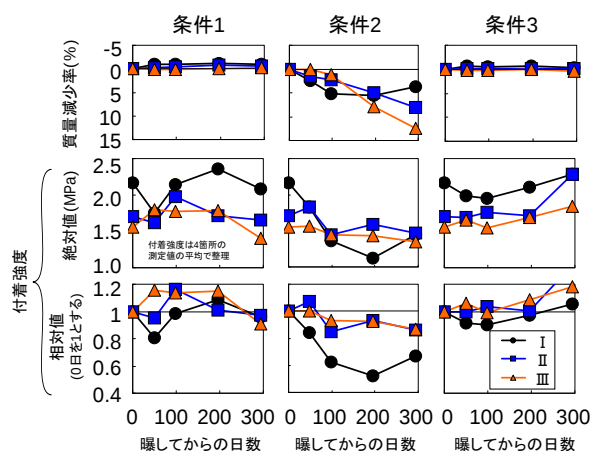


図-3 質量減少率および付着強度の経時変化

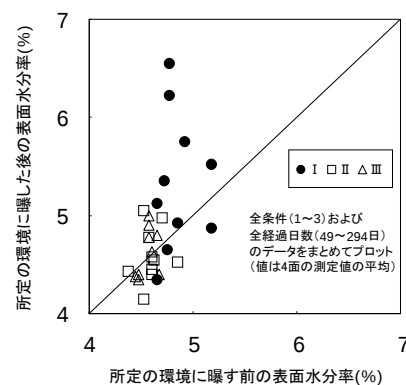


図-4 表面水分率の変化