第Ⅴ部門　　コンクリート構造物における表面被覆材の水の影響による付着劣化に関する検討

神戸大学工学部　学生会員　○井場　健太　　神戸大学大学院　学生会員　川島　洋平
神戸大学大学院　正会員　森川　英典　　神戸大学大学院　正会員　中西　智美
本州四国連絡高速道路株式会社 長大橋技術センター 防食・耐風グループ リーダー　正会員　楠原　栄樹

1. はじめに：表面被覆工法は，既存工法として多くの実績を有しており，補修に用いられる表面被覆材も日々改良が行われ耐久性のある材料が開発されている．しかし，実構造物においては背面からの水の供給に起因すると推定されるはく離や膨れが報告されている[1)]．既往の研究では，水が有機系材料内に侵入すると，はく離や膨れなどの物理的変化を起こすという知見が存在する[2)]．しかし，このような場合の表面被覆材の劣化についてのメカニズムは，あまり知見が存在していない．そこで，本研究では，有機系表面被覆材を対象として，構造物からの水の供給に起因した表面被覆材の劣化が付着性能に及ぼす影響を明らかにすることを目的として実験を行った．

2. 実験概要：本実験では，有機系表面被覆材を塗布したモルタル基板供試体の背面から水の供給を行い，表面被覆材の劣化を促進したうえで JSCE-K531-2013 に規定される付着試験を実施した．実験における供試体の一覧を表-1 に示す．実験要因は模擬ひび割れの有無，表面被覆材の種類（エポキシ樹脂系，ポリブタジエンゴム系），水供給期間（0，30），供給する水の種類（アルカリ水，水道水）の 4 要因とし，各供試体は 1 ケースにつき 3 体または 4 体作製した．また，モルタル基板供試体の強度特性の確認のため，円柱供試体（φ50mm×100mm）もあわせて作製した．供試体概要を図-1 に示す．寸法は 150×150×20mm とし，配合は水セメント比 50%，砂セメント比 3 とした．セメントには普通ポルトランドセメントを使用し，細骨材には標準砂を用いた．また，模擬ひび割れを導入する供試体にはテフロン製のスリット板（厚さ 0.2mm，幅 75mm）を供試体打設時に挿入し，モルタルが硬化する前に引き抜くことで幅 0.2mm の模擬ひび割れを導入した．供試体の打設後，約 28 日間養生した．使用する表面被覆材は，表-2 に示すエポキシ樹脂系およびポリブタジエンゴム系の 2 種類とした．表面被覆材は，約 28 日間の養生終了後にモルタル基板の片面全面に施工した．施工の際は模擬ひび割れに表面被覆材が流れ込まないように防護するとともに，注意してハケまたはヘラを用いて塗布した．不陸がある場合は，150 番研磨紙を用いて平滑にした．なお，本実験では治具と塗膜間の界面破壊を防止する目的から，上塗り材の施工を省略する．図-2 にモルタル基板供試体への水の供給方法を示す．表面被覆材の施工面と反対側の面に φ75mm のプラスチック製漏斗を取り付け，水頭差を 250mm として水を供給する．水の供給は表面被覆材施工後から 28 日後に開始した．塗膜の塗布面および漏斗設置箇所以外はシール材によりシール

表-1　実験要因

模擬ひび割れ	被覆材	供給水	水供給期間（日）	供試体名
有	EP	アルカリ水	0	EP-0C
			30	EP-30C
		水道水	30	EP-30CW
	PB	アルカリ水	0	PB-0C
			30	PB-30C
無	EP		0	EP-0
	PB		0	PB-0

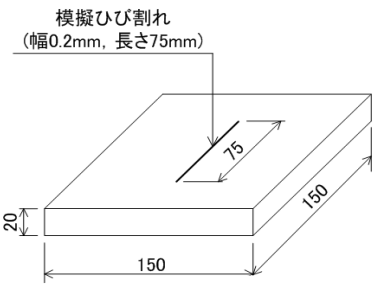

図-1　供試体概要

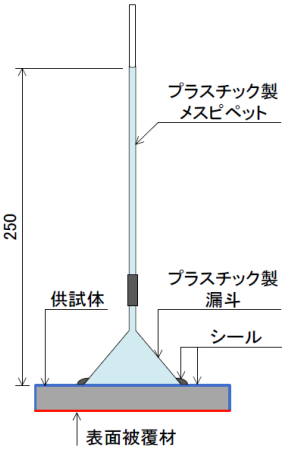

図-2　水供給方法

表-2　表面被覆材一覧

被覆材名	分類	材料	目標膜厚（μm）	標準使用量（kg/㎡）
EP	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂プライマー	—	0.1
		エポキシ樹脂パテ	500	0.3～0.5
		柔軟型エポキシ中塗り	160	0.35
PB	ポリブタジエンゴム	エポキシ樹脂プライマー	—	0.1
		エポキシ樹脂パテ	500	0.3～0.5
		ポリブタジエン中塗り	500	0.83

Kenta IBA, Yohei KAWASHIMA, Hidenori MORIKAWA, Satomi NAKANISHI, and Shigeki KUSUHARA
1104202t@stu.kobe-u.ac.jp

処理し，水分の逸散を防止した．なお，水供給期間中は所定の水頭差を保つため，漏斗に水を定期的に補充した．また，実構造物における表面被覆材背面からの水の供給を考慮し，アルカリ水を供給するケースについては水酸化カルシウムにより pH を 12.5 に調整した強アルカリ性の水を供給した．水供給期間の終了後，各供試体に対して JSCE-K571-2013 に準じて付着性能試験を実施した．水供給期間終了後の当日に 40×40mm の引張用鋼製アタッチメントをエポキシ樹脂系接着剤により接着し，その翌日に付着性能試験を行った．

3. 実験結果および考察： 各供試体の試験結果を表-3，4に示す。EP-0C4およびEP-30CW4については治具と塗膜の界面破壊が認められたので、平均化するデータからは除外した。

表-3　EP 試験結果

供試体名	供試体No.	付着強度 (N/mm²)	破壊性状
EP-0	1	2.93	A
	2	3.38	A
	3	3.10	A
	平均	3.14	-
EP-0C	1	3.59	A
	2	4.25	A
	3	3.04	A
	4	3.28	BC
	平均	3.63	-
EP-30C	1	2.26	AB
	2	2.74	AB
	3	2.07	A
	4	3.53	A
	平均	2.65	-
EP-30CW	1	2.64	A
	2	2.00	A
	3	1.31	AB
	4	2.73	AB
	平均	1.98	-

表-4　PB 試験結果

供試体名	供試体No.	付着強度 (N/mm2)	破壊性状
PB-0	1	2.33	AB
	2	2.42	AB
	3	2.49	B(G)
	平均	2.42	-
PB-0C	1	2.12	AB
	2	2.62	AB
	3	2.61	AB
	4	2.54	AB
	平均	2.47	-
PB-30C	1	2.02	AB
	2	0.95	AB
	3	1.59	AB
	4	0.89	AB
	平均	1.36	-

A	基板破壊
AB	基板と塗膜の界面破断
B(G)	塗膜内の凝集破断
BC	治具と塗膜の界面破断

EP-0とEP-0Cを比較すると、EP-0C2の付着強度が顕著に大きな値を示しているが、それを除けばどれも同程度の付着強度を示しており、模擬ひび割れの有無による付着強度の差はほとんどなかった。水供給期間0日と30日で比較すると、平均付着強度が低下していることや破壊性状に基板と塗膜の界面破壊が生じたことから、水の影響によって塗膜の付着性能が低下したと思われる。また供給水の違いによる付着劣化の差は大きなものとなっている。既往の知見では，高分子材料への水の侵入は，薬液濃度が薄いほど侵入が激しいとの指摘がある[3]．またエポキシ樹脂は硬化剤によって耐性が異なる性質があり，アミン型の硬化剤を用いた場合，耐アルカリ性に優れているという特徴がある[4]．そのため，アルカリ水を供給した場合と比較して，水道水を供給した場合の方が，平均付着強度が低い結果となった可能性が考えられる．

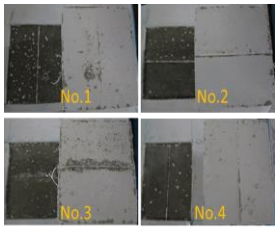

図-3　PB-30C

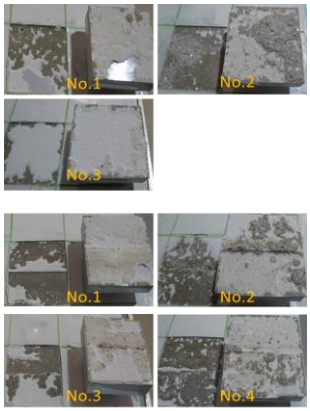

図-4　上:PB-0　下 PB-0C

PB-0とPB-0Cを比較すると、EP同様に模擬ひび割れの有無による付着強度の差はなかった。水供給0日と30日を比較すると、平均付着強度は大きく低下した。また破断面（図-3，4）を比較すると、供試体に付着している塗膜がほぼなくなっている。これらのことから、PBについても水の影響によって塗膜の付着性能が低下したと思われる。

参考文献：1)　熊谷慎祐，櫻庭浩樹，宮田敦士，佐々木厳，西崎到：表面被覆工および断面修復工による補修を施したコンクリート構造物の再劣化，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，pp.271-276，2014.10.

2)　久保内昌敏：有機材料の腐食挙動とその劣化機構，熱硬化性樹脂を中心とする有機材料の劣化の考え方，材料の環境，51，p542-548，2002.

3)　樹脂ライニング工業会報第37号，樹脂ライニング工業会，pp.2,3，2005.1.

4)　枡田吉弘，矢代顕慎，久保内昌敏，酒井哲也，宇野祐一：コンクリートライニング用樹脂の硫酸環境下における腐食挙動，ネットワークポリマー，Vol.29，No.3，2008.