

作用機構に着目した打継プライマーの検討

太平洋マテリアル(株) 正会員 工修 ○丸田 浩  
 太平洋マテリアル(株) 浜中 昭徳  
 太平洋マテリアル(株) 長井 義徳  
 太平洋マテリアル(株) 正会員 博士(工学) 郭 度連

1. はじめに

コンクリート構造物を効率的に維持していくためには、補修技術の向上を図ることが重要である。コンクリート補修においては劣化部を除去し、必要な措置後に打継セメント材料にて埋め戻すのが一般的である。その打継セメント材料には、長さ変化の低減、弾性係数の低減による追従性向上、ポリマーセメントモルタルの適用などといった設計上の工夫がなされている。しかしながら、低収縮・高性能を有する打継セメント材料を使用しているにもかかわらず、比較的短期間で補修部の浮きや剥落などが発生するケースも少なくない。構造物全体の耐久性を向上するためには、打継セメント材料単体の性能のみならず、躯体と打継セメント材料の界面の付着安定性向上を図ることが重要である。

付着安定性に大きく寄与していると考えられるプライマーには、エポキシ樹脂などで直接接着させる接着プライマーや、躯体と打継セメント材料の界面に造膜して打継セメント材料が躯体に吸水されることによるドライアウトを防ぐとされている吸水調整プライマーなどが知られている。しかし、吸水を防ぐほどの緻密な膜はかえって剥離助長にもなると考えられ、この種のプライマーの作用機構を吸水調整のみで説明することには無理があるように思える。そこで、本報では吸水調整プライマーに含まれる界面活性剤の作用に着目して付着安定性に関する検討を行った。

2. 使用材料および試験概要

表-1 プライマー水準

2.1 使用材料

表-1 にプライマー水準を、表-2 に打継セメント材料の配合を示す。なお、打継セメント材料はベーシックな断面修復材（ノンポリマーセメントモルタル：CM，ポリマーセメントモルタル：PCM）の配合を用いて検討を行った。

種別	略号	プライマー	濃度	塗布量
なし	P	なし	-	-
水	W	水湿し	-	適量(表乾)
吸水調整 プライマー	AS	アクリルステレン	9%	150g/m <sup>2</sup>
	AS-2.5	界面活性剤をASの2.5倍量添加	9%	
	AS-5.0	界面活性剤をASの5.0倍量添加	9%	
	AA	オールアクリル	11%	
	EVA	エチレン酢酸ビニル	11%	
界面活性剤系 プライマー	PVA-0.5		0.5%	
	PVA-1.0	ポリビニルアルコール	1%	
	PVA-3.0		3%	
	DAS	ジアルキルスルホコハク酸Na	1%	
	PVA+DAS	ポリビニルアルコール ジアルキルスルホコハク酸Na	1% 1%	

2.2 試験概要

(1) 水洗試験

JIS A 5372付属書3に規定されるU形側溝ふた呼び150のコンクリート基材にプライマーASを塗布し、乾燥後水洗処理(2回)の有無の2水準について打継セメント材料CMを打設後、20℃RH40%で養生し、材齢14日で付着強度を測定した。

(2) 樹脂量と界面活性剤の添加量による付着試験

(1)と同様のコンクリート基材にプライマーを塗布し、乾燥後打継セメント材料CMを打設した試験体を20℃RH40%で養生し、材齢28日で付着強度を測定した。なお、プライマーを

表-2 打継セメント材料の配合

	CM	PCM
普通セメント	23.67%	21.17%
フライアッシュ	10.00%	10.00%
膨張材	1.33%	1.33%
珪砂	65.00%	65.00%
増粘剤	0.05%	0.05%
有機繊維		0.10%
消泡剤		0.10%
アクリル系粉末樹脂		2.50%
固体部 小計	100.05%	100.25%
水	14.00%	14.00%

水で希釈し、樹脂量を変化させた。

(3) 乾湿繰返し後付着試験

(1)と同様のコンクリート基材にプライマーを塗布し、乾燥後打継セメント材料PCMを打設し、20℃RH40%で材齢28日まで養生した後に乾湿繰返し(1サイクル:20℃水中4日間,40℃乾燥3日)を行った。付着試験は、乾湿繰返し前,10,37サイクル後に行った。

(4) 打継透水試験

W/C 50%,スランプ8.0cmで打設されたφ150×h40mmの普通コンクリートを半円状に2等分にカットした基材のカット面にプライマーを塗布し、乾燥後打継セメント材料PCMを打設し、φ150×h40mmとした。20℃RH40%で養生し、材齢14日後にJIS A 1171に規定される条件にて透水試験を実施した。

(5) 打継曲げ試験

JIS R 5201に規定されるセメント強さ試験用のモルタルを蒸気養生(20℃前置き2時間,60℃へ昇温3時間,保持3時間,20℃まで降温7時間)後、材齢7日まで水中養生し、40×40×80mmにカットした基材のカット面にプライマーを塗布し、乾燥後打継セメント材料PCMを打設し、40×40×160mmとした。20℃RH40%で養生し、材齢14日後にJIS R 5201に規定される条件にて曲げ試験を実施した。

(6) 長さ変化挙動の違いによる付着試験

(4)と同様のコンクリートを打設し、100×300×60mmとした基材にプライマーを塗布し、乾燥後打継セメント材料(PCM)を打設し、23℃気中で14日間養生後、40℃乾燥環境下でコンクリート基材部のみを水中に浸漬させ、打継セメント材料部が気中で乾燥を受けるよう10日間静置し、付着強度を測定した。

(7) 吸上げ試験

界面活性剤系プライマーの作用機構として微細空隙への充填性向上効果の評価のため、吸上げ試験を実施した。吸上げ試験は、プライマーを35g/m<sup>2</sup>塗布した150×80mmのガラス板2枚を合わせ、下端にスペーサーを挟み隙間を0.17mmとし、上端を閉じ、着色した飽和水酸化カルシウム溶液に下端を漬けて3分間吸上げ、吸上がった高さを測定した。

(8) 各種断面修復材に用いた場合の付着試験

JIS A 5371に規定される普通平板呼びN300に、プライマーを150g/m<sup>2</sup>塗布した後、表-3に示す断面修復材を打継ぎ、20℃RH40%で14日間養生し、付着強度を測定した。

表-3 各種断面修復材への適応性の検討水準

略号	断面修復材	プライマー	打継厚
PCM-汎用	市販ポリマーセメントモルタル (粉末樹脂)	水湿し	10mm
		EVA	
		PVA-1.0	
PCM-速硬	市販速硬型 ポリマーセメントモルタル (粉末樹脂)	水湿し	
		EVA	
		PVA-1.0	
PCM-薄塗	市販薄塗 ポリマーセメントモルタル (エマルジョン)	水湿し	2mm
		EVA	
		PVA-1.0	

3. 試験結果

表-4にプライマー膜水洗による付着試験結果を示す。水洗を実施した水準では、付着強度が著しく低下し、界面破断率が高くなった。吸水調整プライマーは造膜する過程でポリマー粒子が融合し界面活性剤が膜表面に押し出されて配向するが、水洗処理をすることで膜表面の界面活性剤が除去されたと推察される。水洗処理後も膜は残っていることから、付着安定性の向上を吸水調整効果の直接効果のみに帰することはできず、界面活性剤が寄与している可能性が考えられる。

図-1に吸水調整プライマーの樹脂量と界面活性剤量を変化させた付着試験結果を示す。界面活性剤量を増加した吸水調整プライマーでは、希釈率を高めることにより樹脂量が減少するに

表-4 プライマー膜水洗による付着試験結果

水準名	水洗	付着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	界面破断率 (基材-モルタル間)
AS	なし	1.93	80%
	あり	0.38	100%

もかかわらず高い付着強度が得られ、界面破断率も低くなった。

図-2に乾湿繰返し負荷後の付着試験結果を示す。水湿しの場合、乾湿繰返し負荷進行に伴い付着強度が向上し、界面破断率も低下する傾向にあった。これは、水分の供給により打継セメント材料の水和が進行し、界面付近で結晶生成し、一体性が高まったものと推察される。また従来の吸水調整プライマーでは乾湿繰返し負荷進行に伴い、界面破断率が高まる傾向にあり、さらにアクリル系のプライマーは付着強度も低下する傾向にあった。これは吸水調整プライマーの場合、躯体と打継セメント材料の界面の膜が水分の供給により、軟化することによるものと推察される。一方で界面活性剤系プライマーPVAを用いたものは、界面破断率が高まることなく、付着強度も高いレベルで保持した。

図-3に打継透水試験結果を示す。吸水調整プライマーASを用いたものは透水圧により打継ぎ目から割れる結果となった。水湿しや吸水調整プライマーEVAと比べ、PVAを塗布したものは透水量が少なくなり、界面活性剤単独のプライマーDASを用いたもの、あるいはPVAとDASを組合せたものは透水量が増加した。

図-4に打継曲げ試験結果を示す。いずれのプライマーの水準においても水湿しの場合の打継曲げ強度を上回った。その中で吸水調整プライマーEVAの曲げ強度が最も高く、界面破断率も最も低くなった。

図-5に基材と打継セメント材料の長さ変化に大きな差が生じる条件における付着試験結果を示す。いずれのプライマーの水準においても水湿しの場合に比べ付着強度が高くなり、界面破断率も低くなった。またPVAを用いた場合は、吸水調整プライマーと比べ同等以上の付着強度が得られた。吸水調整プライマーを用いた場合、長さ変化の違いに対してプライマー層が緩衝材となり、剥離を防止していることが推定されているが<sup>1)</sup>、PVAを用いた場合においても同等な付着強度が得られることが示された。PVAを用いた場合の界面破断率は吸

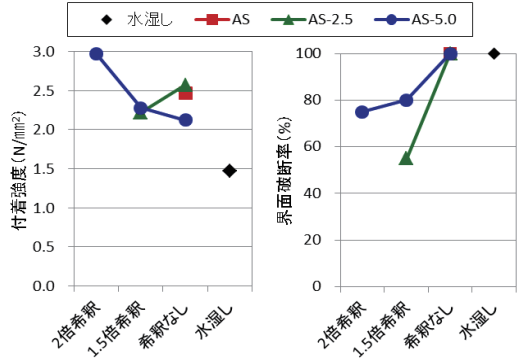


図-1 樹脂量と界面活性剤の影響

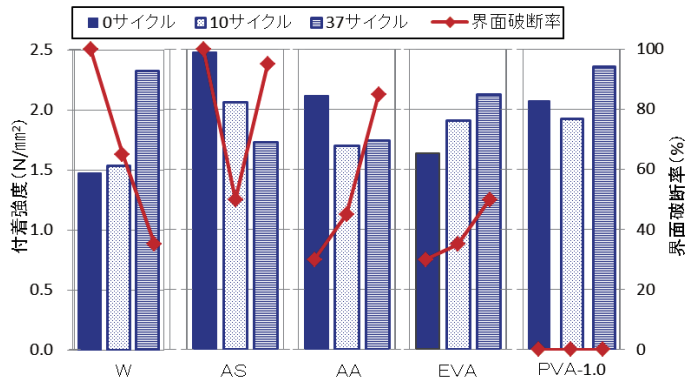


図-2 乾湿繰返し負荷後の付着試験結果

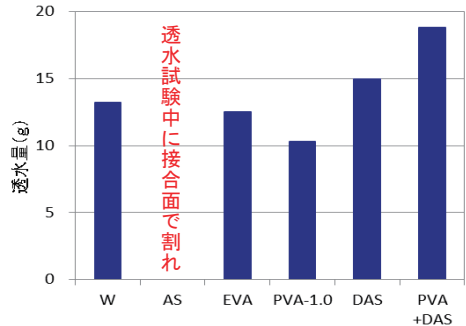


図-3 打継透水試験結果

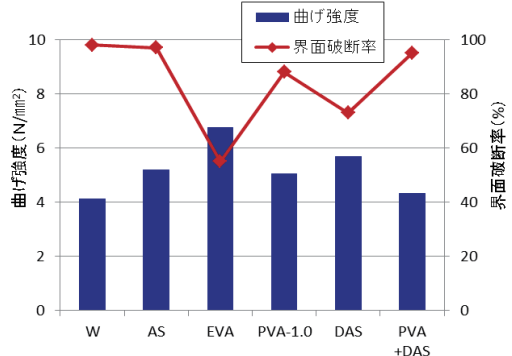


図-4 打継曲げ強度試験結果

水調整プライマーを用いた場合よりは大きくなった。

図-6に吸上げ試験結果を示す。プライマー無塗布や吸水調整プライマーと比較し、PVAでは吸上げ高さが高くなり、PVA量が多過ぎると吸上げ高さはかえって低くなるということが確認された。またDASにおいてもプライマー無塗布に比べ、吸上げ高さが高くなったことが確認された。これは界面活性剤系プライマーを使用することで表面張力が弱まることによりも表面の濡れ性が高まる影響の方が大きいことを示していると考えられる。このことから、濡れ性の向上により躯体の細孔に打継セメント材料がより投錨することが付着安定性向上に関わっている可能性が考えられる。

図-7に各種断面修復材に各種プライマーを用いた場合の付着試験結果を示す。一般的な断面修復材にPVAを用いた場合、吸水調整プライマーと同等の付着強度が得られ、界面破断率においても概ね同等となった。また、低湿度環境下で養生した薄塗材においても吸水調整プライマーと同等であり、ドライアウトによって付着性能が低下していないことが確認された。

#### 4. まとめ

本報では、プライマーにおいて界面活性剤の作用に着目して付着安定性に関する検討した結果、以下の知見が得られた。

- (1) 吸水調整プライマーの作用機構は、吸水調整効果のみに帰することはできず、界面活性剤が寄与している可能性が考えられる。
- (2) 界面活性剤系プライマーPVAを用いた場合は、供用中に水分の供給があっても付着安定性を確保できることが確認された。
- (3) 界面活性剤系プライマーPVAを用いることにより濡れ性の向上により投錨効果が促進されることで、付着安定性が向上することが考えられる。
- (4) 低湿度環境下で養生した薄塗材においても界面活性剤系プライマーPVAを用いた場合は吸水調整プライマーEVAと同等の付着安定性であり、ドライアウトによる付着安定性の低下が確認されなかった。

#### 参考文献

- 1) 片平ら：付着面の条件や養生条件が断面修復材の付着強度に与える影響，コンクリート工学年次論文集，Vol. 35，No. 1，2013

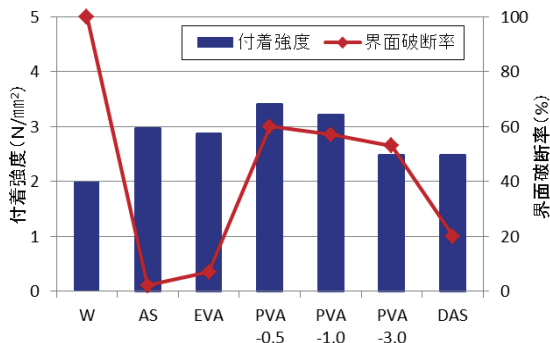


図-5 長さ変化挙動の違いによる付着試験結果

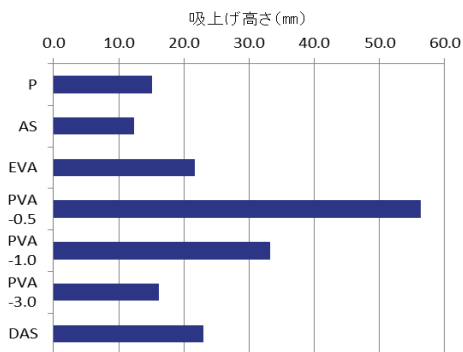


図-6 吸上げ試験結果

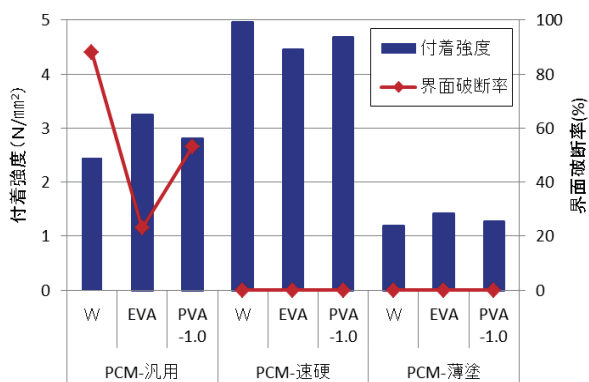


図-7 各種断面修復材に用いた場合の付着試験結果