

既設コンクリートと補修モルタルのせん断付着特性に及ぼすプライマー並びに断面寸法の影響

首都大学東京 学生会員 ○鈴木 華
首都大学東京 正会員 宇治 公隆
首都大学東京 正会員 大野 健太郎
首都大学東京 正会員 上野 敦

1. はじめに

現在、コンクリート構造物の補修・補強における、既設コンクリートと断面修復材の付着界面の一体性を評価する試験方法は確立されておらず、付着界面の強度を評価・推定し、効果的かつ経済的な補修・補強設計に活かせる試験方法の統一が必要とされている。そこで本研究ではせん断付着強度評価法の合理化に向けた付着特性の解明を目的に実験を行った。付着界面で伝達可能なせん断応力をせん断付着強度とし、その評価への適用が見込まれている、JSCE-G 553 の直接二面せん断試験に基づき、プライマー並びに断面寸法をパラメータとした試験を行い、せん断付着強度に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

本研究では、プライマーの違いがせん断付着強度に及ぼす影響（検討1）および断面寸法の違いがせん断付着強度に及ぼす影響（検討2）について検討を行った。母材コンクリートの使用材料、計画配合、力学的特性を表-1～3、供試体概要を図-1に示す。検討1で使用したプライマーはアクリル系（Aシリーズ）およびエポキシ系（Eシリーズ）の2種類であり、それぞれについて付着界面の目粗しを無し（nシリーズ）および有り（rシリーズ）に分け、計4水準で実験を行った。また、検討2では使用したプライマーは全てエポキシ系であり、目粗しは有りとし、打継ぎ面の断面形状を、載荷方向に対して縦長（100-50シリーズ）と横長（50-100シリーズ）の2水準に分けて実験を行った。なお、付着を期待しない領域には、厚さ3mmの矩形のプラスチックフィルムを挿入した。補修材にはプレミックスタイプのポリマーセメントモルタルを使用した。以上の試験水準を表-4に示す。

母材コンクリートは、凝結遅延シートを貼付の木製仕切板を設置した鋼製型枠に打設し、打設後24時間で脱型し流水とブラシによって付着界面の目粗しを行った。A-n、E-nは材齢28日まで20℃水中養生を行い、補修材を打ち継いだ後、母材材齢42日まで水中養生を継続した。そして、母材材齢42～43日にJSCE-G 553の直接2面せん断試験を実施し、同時にAE計測を行った。また、A-n、E-n以外のシリーズは補修材打継ぎを母材材齢24日で行い、試験時の材齢は38日、39日である。

3. プライマーの違いがせん断付着強度に及ぼす影響(検討1)

算術平均粗さとせん断付着強度の関係を図-2に示す。E-nシリーズおよびE-rシリーズのせん断付着強度はそれぞれ平均で3.15N/mm²、4.69N/mm²であった。また、A-nシリーズおよ

表-1 使用材料

セメント	rシリーズ	普通ポルトランドセメント、密度3.16g/cm ³ 、比小面積3250cm ² /g
	nシリーズ	普通ポルトランドセメント、密度3.16g/cm ³ 、比小面積3190cm ² /g
断面修材	アクリル樹脂系ポリマーセメントモルタル	
細骨材	粗目(S ₁)	砕砂、表乾密度2.57g/cm ³ 、吸水率2.16%、F.M2.59
	細目(S ₂)	砕砂、表乾密度2.65g/cm ³ 、吸水率2.59%、F.M1.58
	粗骨材(G)	砕石、表乾密度2.61g/cm ³ 、吸水率2.16%、F.M2.91
混和剤	AE減水剤	リグニンスルホン酸化合物およびポリオールの複合体
	AE助剤	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤
プライマー	Aシリーズ	アクリル樹脂使用のポリマーディスパージョン 付着強度1.95N/mm ² (7日間)
	Eシリーズ	エポキシ樹脂接着剤、付着強度3.1N/mm ² (建研式、7日間)

表-2 計画配合

Gmax (mm)	SL (cm)	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					AE減水剤	AE助剤
					W	C	S ₁	S ₂	G		
20	8	58	4.5	47.2	172	297	670	166	949	C×0.3%	C×0.15%

表-3 力学的特性

	材料	圧縮強度 [N/mm ²]	弾性係数 [kN/mm ²]	割裂引張強度 [N/mm ²]
目粗し無し	コンクリート	32.3	23.3	2.75
	モルタル	44.7	21.4	2.82
目粗し有り	コンクリート	33.7	24.5	3.30
	モルタル	57.0	23.3	3.32

表-4 試験水準

	検討1				検討2	
	アクリル系[A]	エポキシ系[E]	無し[n]	有り[r]	エポキシ系	有り
目粗し	無し[n]	有り[r]	無し[n]	有り[r]	有り	
断面形状[mm] (縦×横)	100×100				100×50	50×100
水準名	A-n	A-r	E-n	E-r	Er-100-50	Er-50-100

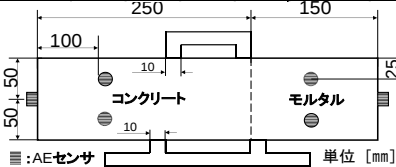


図-1 供試体概要

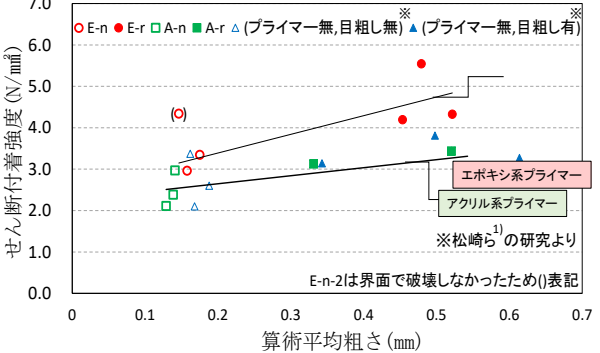


図-2 せん断付着強度と算術平均粗さの関係

キーワード せん断付着強度、プライマー、付着面形状、直接二面せん断試験、目粗し

連絡先 〒192-0364 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 都市環境学部都市基盤環境学科

び A-r シリーズはそれぞれ 2.49N/mm^2 , 3.20N/mm^2 となり阿部ら²⁾の研究と同様の傾向がみられる結果が得られた。

また、図-2 には松崎ら¹⁾による既往の検討であるアクリル系プライマー未塗布の (Δ , $\blacktriangle$) のデータを合わせて示す。これらの比較より、エポキシ系プライマーを塗布した場合 ($\circ$, $\bullet$) においてはせん断付着強度の増加がみられ、エポキシ系プライマーが付着強度の増加に寄与すると考えられる。またアクリル系ではプライマーの塗布・未塗布の違いが明確ではなかった。また、アクリル系に比べエポキシ系のプライマーを使用した場合の方が、算術平均粗さの増加に伴う、せん断付着強度の増分が大きいことが分かる。

4. 異なる断面寸法におけるせん断付着強度の違いに関する検討(検討2)

松崎ら¹⁾による既往の検討において、付着面の断面寸法が載荷方向に対し縦長の供試体(Er-100-50)と横長の供試体(Er-50-100)とでは、縦長の付着強度の方が大きいという結果が得られている。そこで本研究ではプライマーを要因として検討を行った。表-5 に示す通り、プライマーをエポキシ系としても縦長の方が付着強度が 1.2 倍増大した。したがって、縦横比の違いによるせん断付着強度の差はプライマーの種類によらないといえる。

また、付着面に対し前後 10mm 以内に位置標定された累積 AE イベント数とせん断強度の関係およびそれぞれの断面の SiGMA 解析結果を図-6 に示す。載荷を開始してからしばらくは AE イベントの発生が少なく、グラフの傾きも大きくはないが、破壊が近づくと急激にイベント数が増加し、傾きが大きくなっていることが分かる。破壊前の関係を見たとき、縦長ではおよそ 1N/mm^2 の間でグラフの傾きが大きくなり、破壊に至っている。一方、横長ではおよそ 2N/mm^2 の間で傾きが増加しており、付着形状が横長の試験体は縦長と比べると、徐々に微細ひび割れが発生していると推察され、縦横比が異なると破壊のモードおよび進展方法が異なるものと考えられた。

図-6 より縦長と横長の供試体では縦長の方が全体の AE イベント数が少なく、せん断型のイベント(記号: $\times$)が多いことが分かる。せん断付着強度は縦長のほうが高いため、縦長の供試体における 1 イベントあたりの解放エネルギーは、横長よりも大きいと考えられる。これらのことから、載荷方向に対して縦長では横長よりもエネルギーをより蓄積し、それをせん断型のクラックとして開放していると推察される。

5. まとめ

- (1) エポキシ系プライマーはせん断付着強度の増大に寄与する。また、エポキシ系プライマーを塗布した場合のせん断付着強度は、アクリル系プライマーよりも目粗しの大きさの違いに影響を受ける。
- (2) エポキシ系プライマーを使用した時でも、付着界面が縦長の場合の方が横長に比べてせん断付着強度が大きい。また、横長のものは縦長のものよりも徐々にひび割れが進展する傾向が見られ、縦長の供試体は横長の供試体の場合よりもエネルギーを蓄積し、それをせん断型のクラックとして開放すると推察された。

参考文献

- 1) 松崎晃, 宇治公隆, 大野健太郎, 上野敦: 母材コンクリートと断面補修材のせん断付着強度に及ぼす界面性状の影響, コンクリート工学年次論文集 41 巻 1 号, pp.1649-1654, 2019
- 2) 阿部忠, 小森篤也: RC 床版下面増厚補強界面にプライマーおよび接着剤を用いた PCM の付着特性, セメント・コンクリート論文集 70 巻 1 号 pp.533-540, 2016.

表-5 縦横比の異なる水準のせん断付着強度

供試体	プライマー	縦長さ [mm]	横長さ [mm]	付着面積 [mm ²]	表面粗さ	せん断付着強度	平均 [N/mm ²]
					平均値	[N/mm ²]	
既往の研究 松崎ら ¹⁾	アクリル系	100	50	4973.6	0.5073	7.07	6.6
				4989.4		5.41	
				5009.6		7.43	
		50	100	5075.0	0.4930	5.00	4.9
				4970.0		4.59	
				5065.0		5.20	
Er-100-50-1 Er-100-50-2 Er-100-50-3 Er-50-100-1 Er-50-100-2 Er-50-100-3	エポキシ系	100	50	5079.6	0.4364	6.61	6.95
				5014.8		6.98	
				5151.1		7.26	
		50	100	5075.3	0.4385	5.91	5.81
				5156.1		5.71	
				5054.9		(13.11)	(8.24)

※ () は界面で正常に破壊しなかった供試体を含めた値

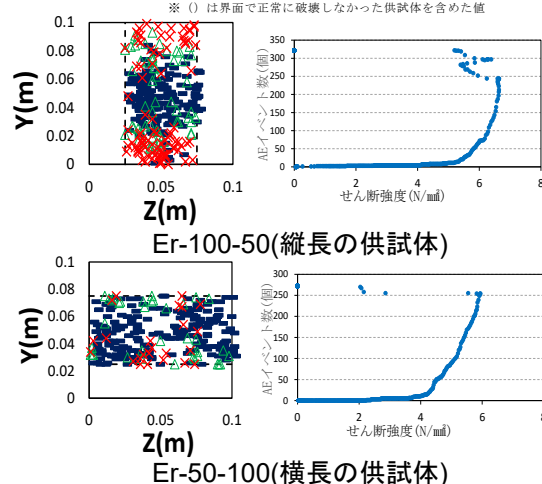


図-6 異なる縦横比の SiGMA 解析結果
および AE イベント数とせん断強度の関