

報 告

[2140] 新補強材の付着特性に関する実験的研究

正会員○町田 恭一（関東学院大学工学部）

正会員 槇谷 栄次（関東学院大学工学部）

正会員 入澤 郁雄（関東学院大学大学院）

1. はじめに

近年、無機または有機の連続繊維とプラスチック・マトリックスでロット状、メッシュ状あるいは三次元状に形成した新補強材が開発され、コンクリート構造物の補強材への適用性に関して、数多くの研究成果が報告されている。新補強材は、プラスチックをマトリックスとしているために、そのまま用いると、コンクリート中においては付着性が良くないために、表面に色々な処理を施し、付着性能を向上させる工夫がなされている。新補強材に関する付着試験は、引抜き法を用いて行われたものがほとんどである。新補強材の場合、鉄筋と違い、グリップによる支圧強度が小さいために、引抜ける前にグリップ近辺で破断する。したがって、グリップ部の補強が必要で、高い実験テクニックが要求される。はり型の試験体を用いると、グリップ部の補強などの工夫も必要なく、部材実験に近い形で付着試験を行うことが出来る。

本実験では、このはり型の試験法を用いて、無機および有機の連続繊維によるロット状新補強材の付着特性を調べた。以下に、実験結果を報告する。

2. 実験概要

2. 1 試験体

試験体は、図1に示すように、幅×成×長さ＝300×350×600の2個のはりを上部に取り付けた鋼製のピン治具（図2）と下端の中間部に配した一本のロッド状新補強材によって形成されているこの複合はりの中央部に緊結されている新補強材は、各はりの中央部に付着長さとして、10d、20d、40d（dは直径）をとり、コンクリートと一体にした。それ以外はビニール管でおおい、コンクリートとの付着を切った。なお、2個のはりの中央部には、ステンボードを配し、両者を分離させた。はりには、主筋として下端2-D25、上端2-D13、せん断補強筋としてD10-50@が配筋されている。使用した新補強材は、炭素、ガラス、アラミド、ビニロンの連続繊維とプラスチックマトリックスより形成されたロッド状補強材で、直径は約10mmである。

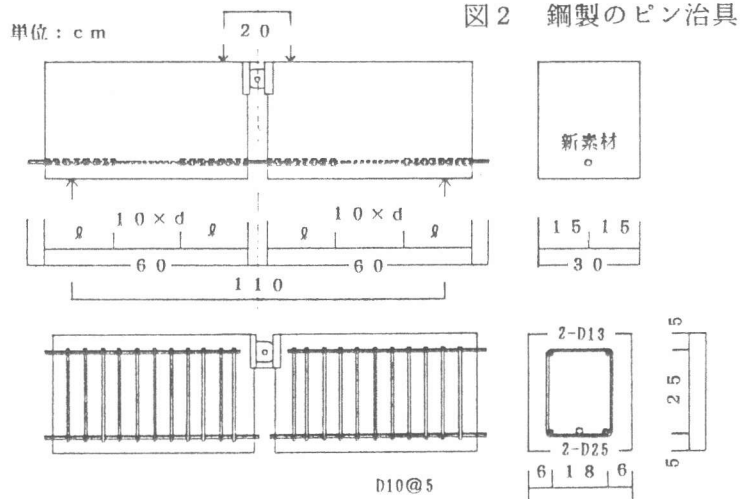


図1 試験体の概要

表面はそれぞれコンクリートに対して付着性能を向上させるための加工がなされている。新補強材の概要を表1に示す。試験体は、繊維の種類、表面加工、付着長さを変えたものをそれぞれ1体ずつ作成し、計29体となった。

表1 新補強材の概要

種類	記号		補強材形状	繊維体積率 V _f (%)	定着部長さ			新素材表面形状および断面
					10	20	40	
炭素 繊維	C-1	○	引抜き材の表面に炭素繊維をらせん状に巻きつけたもの	60	○	○	○	
	C-2	△	引抜き材の表面に砂状粒子を付着させたもの		○	○	○	
	C-3	□	素線7本をより合わせたもの		○	○	○	
	C-4	▽	粗紐状に成形したものの表面に砂状粒子を付着させたもの		○	○	○	
アラミ ド繊維	A-1	○	引抜き材の表面にアラミド繊維をらせん状に巻きつけたもの		○	○	○	
	A-2	○	粗紐状に成形したものの表面に砂状粒子を付着させたもの		○	○	○	
	A-3	○	粗紐状に成形したもの		○	○	○	
ガラス 繊維	G-1	◇	引抜き材の表面にガラス繊維をらせん状に巻きつけたもの		○	○	○	
ビニロン 繊維	V-1	○	引抜き材の表面にビニロン繊維を交差状に巻きつけたもの		○	○	○	
異形 鉄筋	D10	☆	-		○	○	-	-

注) 異形鉄筋の付着40cmは、付着20cmの時点で破断してしまったので、試験は行わなかった。

使用したセメ

ントは、普通ポルトランド・セメントで、骨材は、最大粒径25mmの砂利と川砂を用いた。水セメント比は、60%として調合を行った。各試験体のコンクリート圧縮強度を表2に示した。

2. 2 加力方法および測定方法

加力方法は、図3に示すように、単純ばりの中央部に2点集中荷重を万能試験機(100tonf)によって与え、単調載荷を行った。荷重は、ロードセル(50tonf)によって検出した。新補強材の引き抜け量は、はり材端部より50mm新補強材を突出させ、高感度変位計により測定した。また、複合ばりの中央部下端の新補強材にワイヤーストレンゲージを貼り、新補強材に生ずる引張ひずみを測定した。

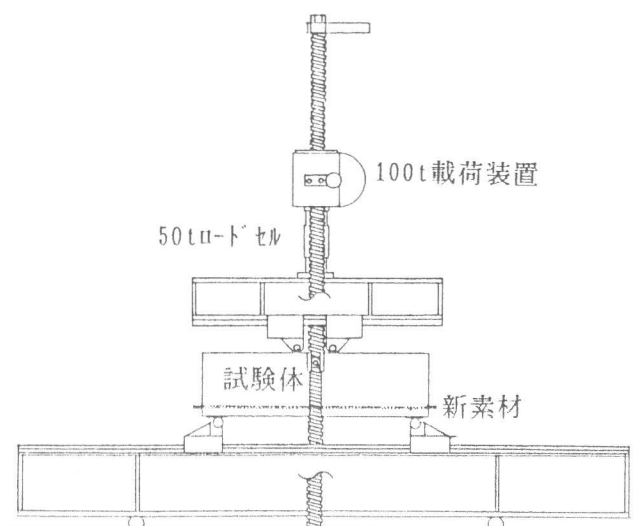


図3 加力装置図

3. 実験結果および考察

本実験から得られた付着特性および引張特性に関して、最大荷重時引張力、付着強度、引張強度、ヤング係数、破壊モードを表2にまとめた。

3. 1 付着応力-すべり曲線

新補強材に生ずる引張力を周長で除した付着応力と引き抜け量(ここでは、すべりと呼ぶ)の関係を各種繊維別に図4にまとめてプロットした。ここでは、付着長さが10dの場合について、すべりが10mmまでの付着応力-すべり曲線を描いた。これより、付着応力が最大になるまでは、すべりがほとんど発生せず、最大付着応力に達した後、急激にすべりを生ずるタイプと、付着応力が低いレベルの段階から、すべりが発生し、すべりの増加と共に、付着応力が増加し、最大付着応力に達するタイプに大別される。前者は、炭素繊維、アラミド繊維新補強材の表面に砂状

表2 試験結果一覧

付着長さ (cm)	繊維の種類	記号	コンクリート 圧縮強度 F_c (kg/cm ²)	最大荷重時 引張力 T_{max} (kg)	破壊形式	引張強度 σ (kg/cm ²)	付着強度 τ (kg/cm ²)	ヤング係数 $E \times 10^6$ (kg/cm ²)
40	炭素繊維	C 1	265.47	13675	破断	15194.4	—	2.312
		C 2	343.60	12950	破断	11772.7	—	1.119
		C 3	300.38	6800	引き抜け	—	52.03	—
		C 4	353.69	13860	破断	11088.0	—	0.944
	アラミド繊維	A 1	294.72	11389	破断	14236.3	—	1.015
		A 2	306.95	12447	破断	10372.5	—	0.575
		A 3	278.48	9605	引き抜け	—	71.41	—
	ガラス繊維	G 1	315.78	9886	破断	8987.3	—	0.514
	ビニロン繊維	V 1	276.73	4891	破断	5148.4	—	0.372
20	炭素繊維	C 1	271.47	7807	引き抜け	—	116.00	—
		C 2	294.74	8081	引き抜け	—	108.62	—
		C 3	284.32	3737	引き抜け	—	57.14	—
		C 4	339.08	8547	引き抜け	—	107.78	—
	アラミド繊維	A 1	319.48	6112	引き抜け	—	96.40	—
		A 2	324.97	9775	引き抜け	—	125.80	—
		A 3	307.32	6172	引き抜け	—	91.71	—
	ガラス繊維	G 1	265.43	8643	破断	7857.3	—	0.466
	ビニロン繊維	V 1	288.84	4943	引き抜け	—	71.53	—
	異形鉄筋	D 10	293.73	4070	破断	5732.4	—	2.013
10	炭素繊維	C 1	293.86	4610	引き抜け	—	137.20	—
		C 2	271.47	5165	引き抜け	—	138.84	—
		C 3	274.13	1362	引き抜け	—	41.65	—
		C 4	306.61	6408	引き抜け	—	161.82	—
	アラミド繊維	A 1	255.79	5165	引き抜け	—	162.93	—
		A 2	298.90	7393	引き抜け	—	190.54	—
		A 3	296.72	4070	引き抜け	—	121.13	—
	ガラス繊維	G 1	301.00	5705	引き抜け	—	153.36	—
	ビニロン繊維	V 1	301.04	3123	引き抜け	—	90.26	—
	異形鉄筋	D 10	276.99	3907	破断	5502.8	—	1.985

粒子を付着させたもので、後者は、炭素、ガラス、ビニロン繊維の引抜き材の表面に加工を施した新補強材と組紐状のアラミド繊維新補強材が対応する。

付着応力—すべり曲線において、最大付着応力以降、付着抵抗が急激に低下するタイプと付着抵抗が余り低下しないタイプがある。前者は、砂状粒子を付着させた新補強材および炭素繊維の引抜き材の表面をらせん状加工した新補強材、組紐状のアラミド繊維新補強材がこれに属する。また、後者は、炭素繊維の引抜き材の表面に砂状粒子を付着させた新補強材、アラミドおよびガラス繊維の引抜き材にらせん状加工した新補強材がこれに対応する。これより、繊維の引抜き材に表面加工することによって付着特性が著しく改善されることが認められる。

3. 2 最大荷重時引張力と付着長さの関係

新補強材に生ずる最大荷重時引張力と付着長さの関係を図5にプロットした。この図において、黒塗りの記号は、新補強材が破断したもの、黒塗り

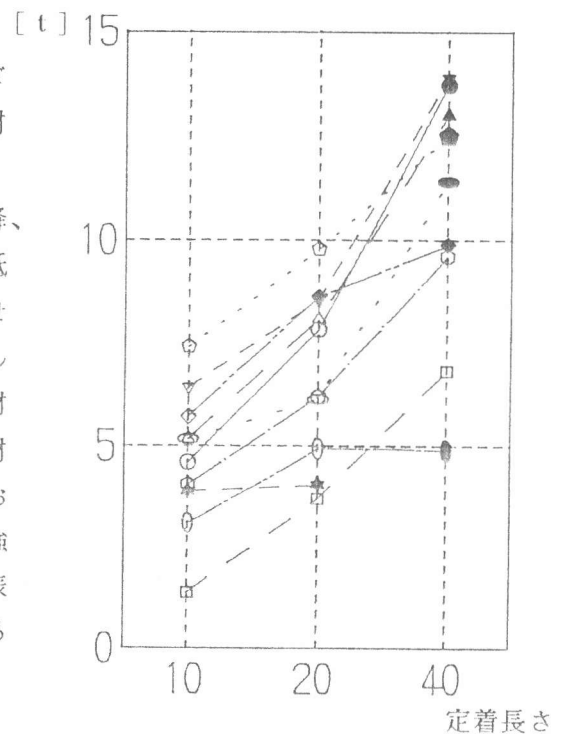


図5 最大荷重時引張力と付着長さの関係

でない記号は引き抜けたものを示す。これより、付着長さが増えると、最大荷重時引張力も増加する傾向をほとんどの繊維が示している。また、同一種類の新補強材において、最大荷重時引張力が黒塗りの記号の最大荷重時引張力より低いものに対して

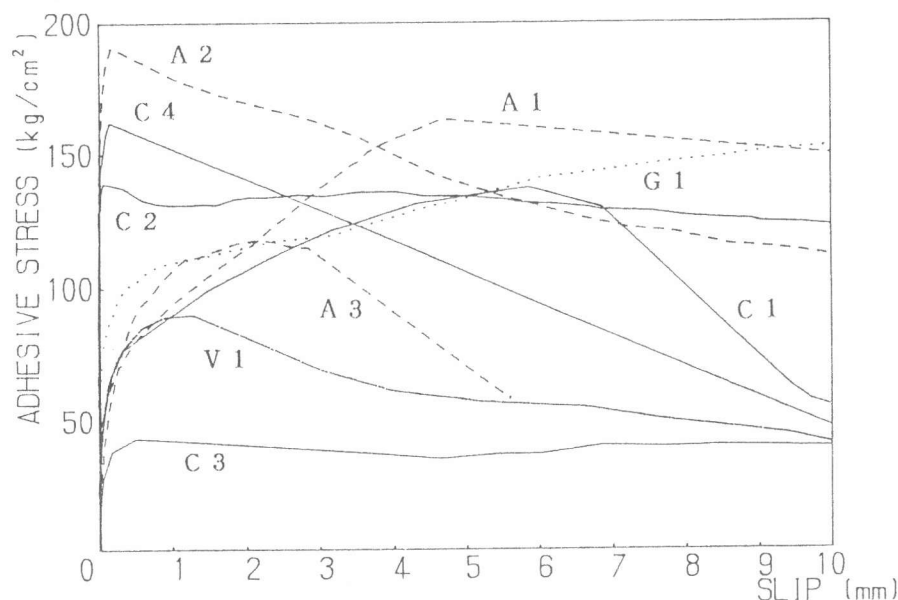


図4 付着応力－すべり曲線

は、引き抜けを生じていることを意味する。すべりが増加しない場合、破壊モードが引き抜けから破断に変わる、破断する付着長さ以上であれば、引き抜きが生じないことがわかる。付着長さが20dでは、ガラス繊維新補強材のみが破壊しているが、付着長さが40dでは、ほとんどの繊維が破壊していることが認められる。

新補強材の表面加工と最大荷重時引張力の関係をみると、組紐状に成形されたアラミド、炭素繊維新補強材において、表面に砂状粒子を付着させた新補強材が、砂状粒子の加工が無いものに比して、高い引張力を示している。これより、砂状粒子を表面に付着させると、付着性能が著しく向上することが認められる。より線により、成形された新補強材は他に比して、表面に最大荷重時引張力が小さく発現している。

3. 3 引張特性

破断を生じた新補強材から、引張強度が得られ、その結果が表2にまとめられている。また、破断した新補強材に生じた引張力とひずみの関係から、ヤング係数が得られ、これを同表に示した。これにより、はり型の試験体を用いると、引張試験も行えることがわかる。

4. まとめ

はり型の試験体を用い、新補強材の付着特性を調べる実験から、次の事柄が示唆された。

4. 1 新補強材が表面に砂状粒子を塗付すると付着強度を著しく向上することができる。
4. 2 繊維の引抜き材の表面に繊維の加工を施すことによって、すべり変形は大きくなるが、付着特性は著しく改善される。
4. 3 はり型の試験体を用いた付着試験法は、大きなすべり変形までの付着特性を調べることが出来る。また、引張試験法としても適用することが出来る。

本実験において、得られた付着強度が、付着長さによって差を生じているが、今後、この付着強度の評価と付着長さの関係を解明することが必要であると考えられる。

【謝辞】本実験に際し、新補強材を提供して頂いた、(株)奥村組、(株)熊谷組、(株)クラレ、清水建設(株)、東京製鋼(株)、三井建設(株)に謝意を表する次第である。