

V-451 連続繊維棒材の付着性状とそのアルカリ耐久性

京都大学工学部 学生員 森 寛晃 正員 服部 篤史
正員 井上 晋 正員 宮川 豊章 正員 藤井 学

1. はじめに コンクリート中のアルカリ環境は引張強度をはじめとする連続繊維棒材の諸特性に影響を与える可能性がある。これら諸性質の経時変化には、補強繊維を集束するためのマトリクス樹脂のアルカリ劣化が関与していると考えられているが、中でもマトリクス樹脂の劣化の影響が大きいのはコンクリートとの付着性状と考えられる。本研究では、コンクリート強度を要因とした片引試験により連続繊維棒材のコンクリートとの基礎的な付着性状を把握するとともに、温度と緊張荷重を要因としたアルカリ溶液への緊張・浸漬後の棒材による片引試験を実施し、付着特性の変化を実験的に検討した。

2. 実験概要 ◎アルカリ浸漬による促進劣化：使用した連続繊維棒材は表1に示す2種類であり、1ヶ月のアルカリ溶液[1]浸漬を行った。試験要因は浸漬温度を3レベル、緊張荷重を2レベルとした。◎片引試験：供試体はいずれも $10 \times 10 \times 10$ cmのコンクリート立方体に対して付着長を8.4cmとしたもの（水平筋）であり、測定項目は引抜荷重と自由端変位の2つとした。まず連続繊維棒材の付着破壊のメカニズムを検討するため、健全棒材および比較用としての異形鉄筋を対象としてコンクリート強度を要因とした片引試験を行った。次に緊張・浸漬した連続繊維棒材を用いて同様の片引試験を行った。供試体は同じ要因の棒材に対して5ないし8本作成した。

3. 実験結果および考察

3.1 コンクリート強度の影響と付着メカニズム 健全な連続繊維棒材および異形鉄筋の平均付着応力-自由端変位曲線をコンクリート強度ごとに図1に示す。また図2に最大平均付着応力とコンクリート強度の関係を示す。

a) アラミド異形棒 繊維巻き付けによる異形化の効果が顕著にうかがえるが、コンクリート強度の増加に伴う応力上昇域の傾きや最大平均付着応力の増加は異形鉄筋ほど大きくなく、一方最大時付近で荷重を若干維持する傾向が見られ、付着の破壊には比較的大きな相対変位が必要となることがわかる。試験後の供試体を割裂して付着界面を目視観察したところ、巻き付け繊維および樹脂も削られており、応力上昇域からモルタル部の破壊と併せて棒材表面の変形または破壊が起こるものと考えられるが、応力上昇域では後者が卓越し、最大付近では前者の割合も大きくなるものと推察される。

表1 供試体一覧

棒材種類	マトリクス	アルカリ浸漬	緊張荷重	コンクリート強度 (MPa)
A C S	V E	—	健全	26.6
A C S	V E	—		28.5
A C S	V E	—		30.0
A C S	V E	—		47.7

A	V	20°C 60°C 80°C	0.00	29.2
C	E	20°C 60°C 80°C	Pu	38.7
A C	V E	20°C	0.65 Pu	38.0

棒材種類 A：アラミド異形棒 $\phi 8$ (18.8)
C：炭素より線 $\phi 7.5$ (19.5)
S：異形鉄筋 D10 (30.0)

() 内は周長 (mm)
マトリクス V：ビニルエステル樹脂
E：エポキシ樹脂

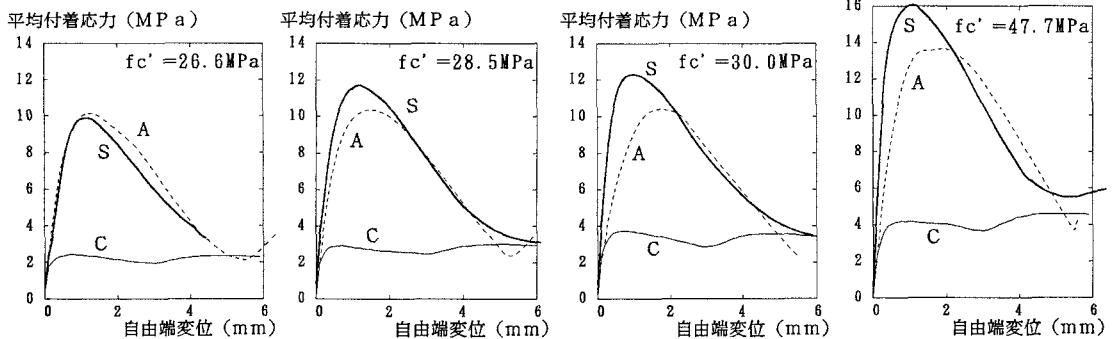


図1 平均付着応力-自由端変位曲線（健全棒材、コンクリート強度別）

b) 炭素より線 最大時の平均付着応力は異形鉄筋の1/6程度となっており、それ以降ほぼ同じ荷重を保っている。またコンクリート強度の増加に伴う最大平均付着応力の増加率は他の棒材と比べて小さい。試験後の目視観察によれば、コンクリート側により線の溝が残っており、引抜け初期には単線周囲の繊維巻きによる機械的付着の割合が大きいが、その後は摩擦作用によるものが大きいと推測される。

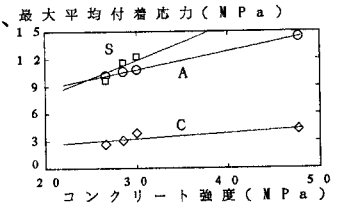


図2 最大平均付着応力とコンクリート強度の関係

3.2 連続繊維棒材の付着強度のアルカリ耐久性 連続繊維棒材の平均付着応力-自由端変位曲線を特徴づける指標として①最大平均付着応力、②最大荷重時の自由端変位、③自由端変位が0.05、0.10および0.25mmとなる時の平均付着応力を採り挙げた。図3に非緊張で浸漬した棒材の平均付着応力-自由端変位曲線を、また各指標の値を健全棒材の値に対する比で表し、浸漬温度に対してプロットしたものを図4～6に示す。なお棒材の引抜けには棒材表面の変形や破壊を伴うが、図3、4および6の平均付着応力はコンクリート強度のみによる補正を図2に示したそれぞれの直線回帰式によって行ったものである。

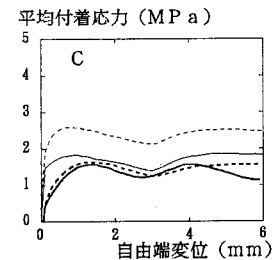
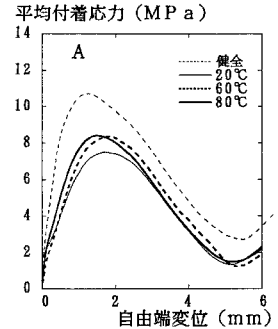


図3 平均付着応力-自由端変位曲線

◎アルカリ浸漬と温度の影響: 図3に示すように、両棒材とも浸漬によって応力上昇域から大きな変化が現れ最大付近の曲線形状がなだらかになっており、付着破壊が緩やかとなる傾向が認められる。図4～6では、浸漬温度を高くすることにより、最大平均付着応力よりもそのときの自由端変位と最大時以前の平均付着応力の変化が大きくなっている。これらの指標がアルカリ浸漬により受ける影響は、引張強度と弾性係数が受ける影響[2]よりも大きいようである。また3.1で述べたように、最大以前の領域において棒材表面の変形や破壊が卓越することは、この領域で浸漬温度の影響が顕著に現れたことと対応しているものと思われる。浸漬したアラミド異形棒を目視観察したところ、60、80℃浸漬のものでマトリクス樹脂が白く変色している箇所が見られるものもあった。一方炭素より線では60、80℃浸漬のもので表面樹脂が光沢を失い、一部で単線巻き付け繊維がむき出しになりはだけているのが見られた。これらはいずれもアルカリ浸漬によって棒材表面のマトリクス樹脂に何らかの変化があったことを示しており、その結果として表面樹脂や異形部の変形・破壊が容易になり、付着力の低下をもたらしたものと考えられる。◎緊張荷重の影響: 図4～6に黒塗りで示すように、アラミド異形棒について指標③での低下がみられるほかは、緊張浸漬(20℃、0.65Pu)は高温での浸漬ほど付着への影響はみとめられなかった。

4. まとめ 本研究で得られた主要な結果を以下に示す。

①両棒材の付着破壊は、付着界面におけるコンクリート側の破壊のみでなく、棒材表面の樹脂や異形部の変形・破壊が影響し、特に応力上昇域において後者の割合が大きい。②アルカリ溶液への浸漬は、引張強度や弾性係数よりも付着性状に与える影響が大きく、その影響は最大平均付着応力よりも応力上昇域に顕著に現れる。

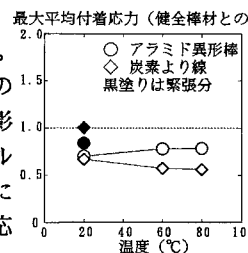


図4 指標①

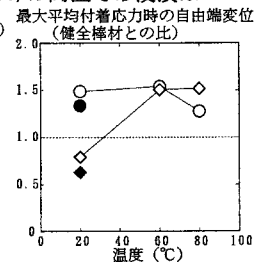


図5 指標②

[1] 丸山: 東京大学学位論文、自由端変位0.05mm時の平均付着応力 自由端変位0.10mm時の平均付着応力 自由端変位0.25mm時の平均付着応力

平成3年3月 [2] 吉田、岩本、川東、服部、宮川: 土木学会第48回年講概要集、平成5年9月

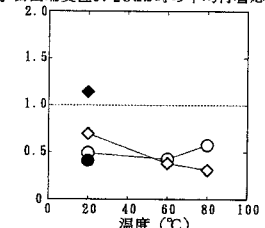
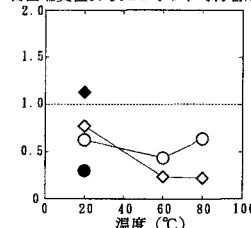
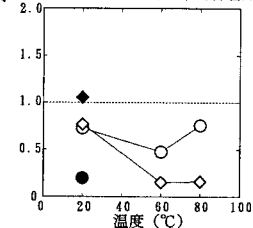


図6 指標③: 各自由端変位時の平均付着応力(健全棒材との比)