

京都大学大学院 学生員 ○森 寛晃 正員 服部 篤史
フェロー 宮川 豊章 フェロー 藤井 学

1.はじめに
アルカリ環境が連続繊維棒材の付着に与える影響は、棒材のみを劣化させる場合、コンクリート中に埋込んだ上でアルカリ溶液に浸漬する場合などの促進試験方法により検討されている。本研究では、連続繊維棒材の付着機構に与える影響が大きいと考えられるマトリクス樹脂に着目し、その耐アルカリ性を調査するとともに、アルカリ溶液に直接浸漬した棒材を用いた片引試験、棒材をコンクリート中に埋設した上でアルカリ溶液に浸漬した供試体による片引試験を実施して、種々のアルカリ環境に暴露した連続繊維棒材の付着挙動を検討した。

2.実験概要

2.1 マトリクス樹脂の耐アルカリ性試験：4 種類の連続繊維棒材(長さ、約 50mm)とこれらに使用されている樹脂で作製した 2 種類の樹脂板(寸法、約 5×50×50mm)をアルカリ溶液および水道水に 5 ヶ月まで浸漬し、浸漬中の質量変化および樹脂表面および断面部の微小硬度(荷重 10gf)を測定した。試験要因を表 1 に示す。

2.2 片引試験：上記のうち 3 種類の連続繊維棒材を対象とし、アルカリ環境への暴露に際しては、以下の項目を要因とした。

- (a)暴露方法：①棒材を直接アルカリ溶液に浸漬(環境Ⅰ)
- ②棒材をコンクリート中に埋め込んで屋外に放置(環境Ⅱ)
- ③棒材をコンクリート中に埋め込んでアルカリ溶液に浸漬(環境Ⅲ)
- (b)浸漬温度：促進のための温度 60℃と基準温度 20℃の 2 レベル
- (c)暴露期間：1, 3, 6 ヶ月の 3 レベル

供試体寸法は 10×10×10cm とし、付着長さは 6.4cm とした。測定項目は、引抜き荷重および自由端変位である。同一要因につき 5 体作製した。片引試験の供試体一覧を表 2～5 に示す。

3.実験結果および考察

3.1 マトリクス樹脂の耐アルカリ性：AD および AB の 60℃アルカリ溶液中での質量変化を図 1 に示す。樹脂板の浸漬直後の質量変化曲線は直線となり、環境液の樹脂への浸入は Fick の拡散則に従っている。一方、棒材では浸漬直後から樹脂板よりも質量変化率は大きく、浸漬 3600

時間で AD は 4% 程度、AB は 2～4% 程度に達する。連続繊維棒材の場合、比較的薄い表面樹脂部分への環境液の浸入に引き続き、繊維と樹脂の界面あるいは内部に存在する空隙への浸入も生じていることが

表 1 耐アルカリ性試験要因

棒材種類		暴露環境	
		環境溶液	浸漬温度(℃)
アラミド異形棒(φ 6) 炭素より線(φ 7.5) アラミド組紐(φ 8) 炭素組紐(φ 8)	AD	(健全)	
	CS	アルカリ 溶液	20
	AB		60
	CB		20
		水道水	60

*AD と AB では、マトリクス樹脂単体で作製した樹脂板(ビニルエステル樹脂とエポキシ樹脂)も使用した。
なお AB と CB の樹脂は同じである。

表 2 健全供試体

供試体名	棒材種類	片引試験時 コンクリート強度 (N/mm ²)
(健全)	AD	26.6
		28.5
		30.0
		47.7
	AB	38.2
		37.8
		44.4

表 4 環境Ⅱの供試体

供試体名	屋外暴露条件	片引試験時
	暴露期間 (月)	コンクリート強度 (N/mm ²)
ADEX-3	3	36.7
CSEX-3	3	36.9
ABEX-3	3	40.0

表 5 環境Ⅲの供試体

供試体名	アルカリ浸漬条件		片引試験時 コンクリート強度 (N/mm ²)
	浸漬温度 (℃)	浸漬期間 (月)	
ADA2-3	20	3	38.7
ADA6-3	60		32.1
CSA2-3	20	3	39.5
CSA6-3	60		33.4
ABA6-3	60	3	32.4

表 3 環境Ⅰの供試体

供試体名	アルカリ直接浸漬条件		片引試験時 コンクリート強度 (N/mm ²)
	浸漬温度 (℃)	暴露期間 (月)	
ADI2-1	20	1	29.2
ADI6-1	60		
ADI2-3	20	3	32.1
ADI6-3	60		
ADI6-6	60	6	31.8
CSI2-1	20	1	38.7
CSI6-1	60		
CSI2-3	20	3	34.3
CSI6-3	60		
CSI6-6	60	6	31.8
ABI6-1		1	35.5
ABI6-3	60	3	35.1
ABI6-5		5	37.9

推察される。CS および CB の 60℃アルカリ溶液と水道水中での質量変化を図 2 に示す。両棒材ともアルカリ溶液中では、水道水中では見られない質量減少あるいは増加を示した。構成材料の加水分解の進行による環境液への溶出、きれつ発生による内部への環境液の浸入の加速や表面へのアルカリ成分の収着といった各棒材特有の劣化メカニズムが推察できる。しかし、これらの質量変化を示した樹脂板あるいは棒材でも表面や断面の樹脂部分の微小硬度の変化はほとんど見られなかった。

3.2 片引試験による検討

種々のアルカリ環境が付着に与える影響を検討するための指標は、荷重-自由端変位曲線の形状、最大荷重時および自由端変位 0.05mm 時の平均付着応力 $\bar{\tau}_{max}$ 、 $\bar{\tau}_{0.05}$ とした。なおコンクリート強度を要因とする健全棒材の試験結果によると、 $\bar{\tau}_{max}$ はコンクリート強度の影響を受けたため、各棒材ごとに補正した値 $\bar{\tau}_{max}^*$ を用いた。CS の環境Ⅰ～Ⅲにおける $\bar{\tau}_{0.05}$ の経時変化を図 3 に示す。環境Ⅰでは 3.1 で推察された棒材表面のアルカリ劣化の影響が $\bar{\tau}_{0.05}$ の低下として現れ、それに伴い $\bar{\tau}_{max}^*$ も低下したが、環境Ⅱと環境Ⅲでは、 $\bar{\tau}_{0.05}$ はかえって健全なものから上昇した。また AD や AB でも、 $\bar{\tau}_{max}$ や $\bar{\tau}_{0.05}$ は健全供試体のばらつきの範囲内におさまリ、付着力の低下は見られなかった。CS における環境Ⅱと環境Ⅲでの $\bar{\tau}_{0.05}$ の上昇からは、引抜き初期の膠着作用が大きくなったことが推察でき、その理由としては棒材とコンクリートの界面状態が変化することが考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた主要な結論を以下に示す。①棒材を直接アルカリ溶液に浸漬すると、棒材表面のアルカリ劣化が原因と思われる質量増加あるいは減少を示す棒材がみられた。②棒材を直接アルカリ溶液に暴露した場合、付着指標の低下する棒材がみられた。③あらかじめ棒材をコンクリート中に埋め込んだ場合、屋外あるいはアルカリ溶液への暴露 3 ヶ月では、付着指標の低下はみられなかった。

参考文献[1]森寛晃, 服部篤史, 宮川豊章, 藤井学: 片引試験による連続繊維棒材のアルカリに対する耐久性の検討, コンクリート工学年次論文報告集, 第 17 巻, 第 1 号, pp.513~518, 1995

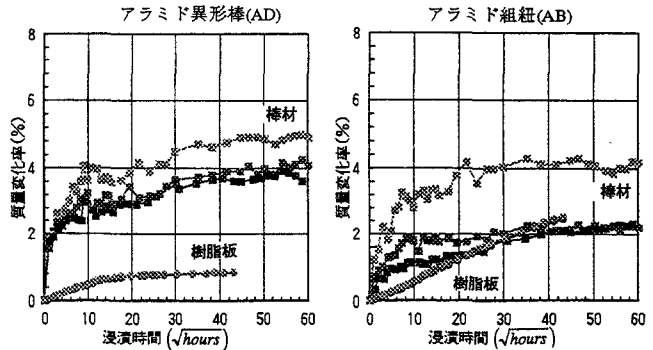


図 1 樹脂板と連続繊維棒材の質量変化率

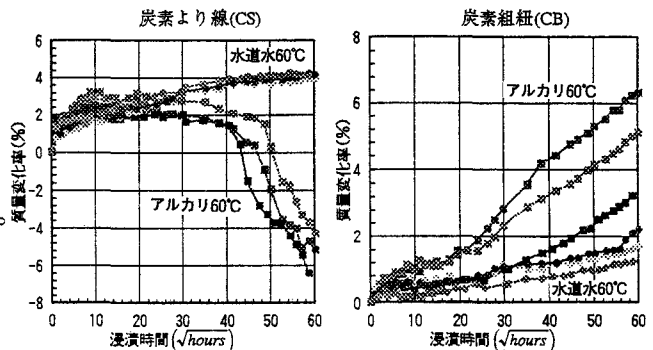


図 2 連続繊維棒材の質量変化率

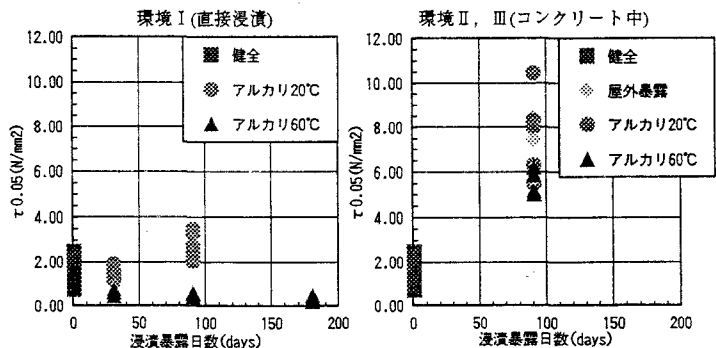


図 3 自由端変位 0.05mm 時の平均付着応力の変化(炭素より線)