

## V-492

## アルカリ環境に暴露した連続繊維棒材の付着に関する検討

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め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、棒材表面の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と両引試験を実施し、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5cm）およびマトリクス樹脂で作製した2種類の樹脂板（寸法0.5×5×5cm）をアルカリ溶液と水道水に5ヶ月まで浸漬し、浸漬中の質量変化と樹脂表面および断面のビッカース硬度（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た。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み屋外に放置（環境EX）  
③棒材をコンクリート中に埋め込みアルカリ溶液に浸漬（環境A）  
(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,

付着長さは6.4cmとし、同一要因につき5体作製した。測定項目は引抜き荷重と自由端変位である。片引供試体一覧を表2～4に示す。

2.3 両引試験：上記の4種類の連続繊維棒材を対象とした。要因は片引試験とはほぼ同じであるが、暴露環境は環境EXと環境A、浸漬温度は60℃のみとした。

供試体寸法は5×5×50cmとし、同一要因につき3体作製した。測定項目は引張荷重、ひび割れ幅、供試体の伸び、ひび割れ間隔であり、主としてひび割れ分散性を検討した。

## 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：樹脂板の質量変化は棒材と比べて小さく、浸漬3600時間でADが1%程度、ABは2%程度であった。棒材CSおよびCBの60℃環境液中での質量変化率を図1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

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(φ6)<br>炭素より線(φ7.5)<br>アラミド組紐(φ8)<br>炭素組紐(φ8) | AD | (健全) |         |
|                                                      | CS | アルカリ | 20      |
|                                                      | AB | 溶液   | 60      |
|                                                      | CB | 水道水  | 20      |
|                                                      |    |      | 60      |

\*ADとABでは、マトリクス樹脂単体で作製した樹脂板も使用した。なおABとCBの樹脂は同じである。

表2 環境Iの供試体

| 供試体名    | アルカリ直接浸漬条件  |             | 試験時<br>コンクリート強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------|-------------|-------------|-----------------------------------------|
|         | 浸漬温度<br>(℃) | 暴露期間<br>(月) |                                         |
| AD-I2-1 | 20          | 1           | 29.2                                    |
| AD-I6-1 | 60          |             |                                         |
| AD-I2-3 | 20          | 3           | 32.1                                    |
| AD-I6-3 | 60          |             |                                         |
| AD-I6-6 | 60          | 6           | 31.8                                    |
| CS-I2-1 | 20          | 1           | 38.7                                    |
| CS-I6-1 | 60          |             |                                         |
| CS-I2-3 | 20          | 3           | 34.3                                    |
| CS-I6-3 | 60          |             |                                         |
| CS-I6-6 | 60          | 6           | 31.8                                    |
| AB-I6-1 | 60          | 1           | 35.5                                    |
| AB-I6-3 |             | 3           | 35.1                                    |
| AB-I6-5 |             | 5           | 37.9                                    |

表4 環境Aの供試体

| 供試体名    | アルカリ浸漬条件    |             | 試験時<br>コンクリート強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------|-------------|-------------|-----------------------------------------|
|         | 浸漬温度<br>(℃) | 暴露期間<br>(月) |                                         |
| AD-A2-3 | 20          | 3           | 39.5                                    |
| AD-A6-3 | 60          |             | 32.1                                    |
| AD-A2-6 | 20          | 6           | 39.6                                    |
| AD-A6-6 | 60          |             | 34.5                                    |
| CS-A2-3 | 20          | 3           | 38.7                                    |
| CS-A6-3 | 60          |             | 33.4                                    |
| CS-A2-6 | 20          | 6           | 41.5                                    |
| CS-A6-6 | 60          |             | 34.9                                    |
| AB-A6-3 | 60          | 3           | 32.4                                    |
| AB-A6-6 | 60          | 6           | 35.0                                    |

キーワード：連続繊維棒材、マトリクス樹脂、耐アルカリ性、付着

〒606-01 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科 交通土木工学専攻

TEL 075-753-5102 FAX 075-752-1745

少あるいは質量増加を示した。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の微小硬度の変化はほとんど測定されなかった。

### 3.2 片引試験による検討

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  $\bar{\tau}_{max}^*$  (コンクリート強度で補正した値)、 $\bar{\tau}_{0.05}$  とした。CS の環境 I, EX, A における  $\bar{\tau}_{0.05}$  の経時変化を図 2 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 EX では暴露日数とともに上昇する傾向が見られた。また環境 A では暴露 6 ヶ月では 3 ヶ月のものから低下したが、健全な供試体よりも大きな値であった。環境 EX と A での  $\bar{\tau}_{0.05}$  の上昇から、引抜き初期の膠着作用が大きくなったことが推察でき、その理由としてコンクリート側の遷移帯の組織あるいは棒材とコンクリートの付着界面の状態が変化していることが考えられる。なお AD や AB では、 $\bar{\tau}_{max}^*$  や  $\bar{\tau}_{0.05}$  は健全な供試体のばらつきの範囲内におさまリ、付着指標の顕著な変化は見られなかった。

### 3.3 両引試験による検討

付着指標は、所定の引張荷重時における最大および平均ひび割れ幅  $w_{max}$ ,  $w_{ave}$  およびその差  $w_{max} - w_{ave}$  とした。CS の Pu × 30% 時における各指標値を表 5 に示す。いずれの環境でも暴露 3 ヶ月ではひび割れ幅が健全なものより大きくなることはないが、環境 A に 6 ヶ月暴露した供試体は荷重中のひび割れ発生が 1 本にとどまり、ひび割れ分散性の低下が認められた。

### 4. まとめ

- ①アルカリ浸漬した棒材の質量変化は樹脂板単体と比べて大きく、棒材特有の劣化メカニズムが推察できた。
- ②アルカリ環境に暴露した棒材の付着指標の増減は、棒材や環境種類により異なるが、環境 A での付着指標の変化は環境 I と環境 EX の中間的な付着劣化と考えられる。
- ③棒材のみを劣化させる方法は棒材単体の劣化程度を検出するものと考えられる。

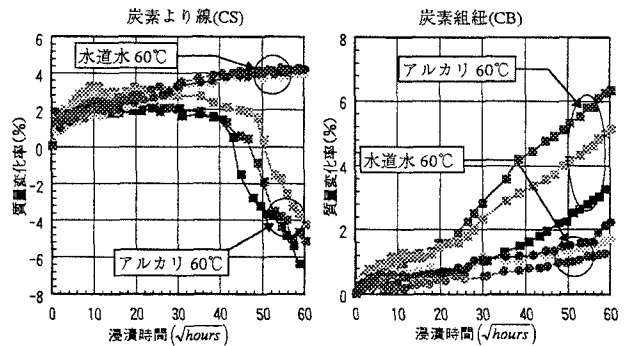


図 1 連続繊維棒材の質量変化率

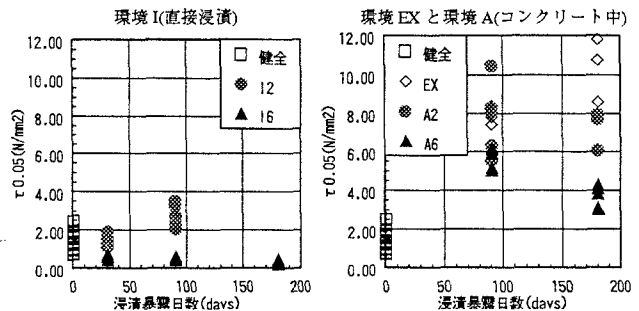


図 2 自由端変位 0.05mm 時の平均付着応力の変化(炭素より線)

表 5 Pu × 30% 時のひび割れ幅(炭素より線)

| 供試体名 | Wave (mm) | Wmax (mm) | Wmax - Wave (mm) |
|------|-----------|-----------|------------------|
| 健全   | 1         | 0.44      | 0.67             |
|      | 2         | 0.81      | 1.26             |
|      | 3         | 0.57      | 0.89             |
|      | ave       | 0.61      | 0.94             |
| EX-3 | 1         | 0.07      | 0.13             |
|      | 2         | 0.24      | 0.31             |
|      | 3         | 0.32      | 0.41             |
|      | ave       | 0.21      | 0.28             |
| EX-6 | 1         | 0.32      | 0.46             |
|      | 2         | *         | *                |
|      | 3         | 0.27      | 0.65             |
|      | ave       | 0.29      | 0.55             |
| A6-3 | 1         | 0.30      | 0.48             |
|      | 2         | 0.22      | 0.31             |
|      | 3         | 0.47      | 0.54             |
|      | ave       | 0.33      | 0.44             |
| A6-6 | 1         | 0.33      | 0.33             |
|      | 2         | 1.99      | 1.99             |
|      | 3         | 0.13      | 0.13             |
|      | ave       | 0.82      | 0.82             |

\*は測定ミス