

(V-21) FRPロッドの耐アルカリ性に関する基礎研究

東海大学海洋学部 学生会員 ○秋山 智
 東海大学海洋学部 正会員 迫田 恵三
 東急建設(株) 正会員 宮崎 太
 東京大学生産技術研究所 正会員 魚本 健人

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の補強材として、従来の鋼材の代わりに高強度で耐食性に優れ、軽量であり、非磁性体であるなどの性質を有する繊維強化プラスチック (FRP ロッド) の研究がさかに行われている。FRP ロッドをコンクリートの補強材として用いる場合、FRP ロッドは高アルカリ環境におかれることになる。しかし、FRP ロッドの強アルカリ環境下における耐久性について十分な研究報告が得られておらず、その評価についての定量的な指標が要求されている。そこで本研究では、FRP ロッドの耐アルカリ性を明らかにすることを最終的な目的とし、最も厳しい条件として、まずその構成材料である繊維 (ガラス、アラミド、カーボン) をアルカリ溶液に浸漬し、所要日数経過後、静的引張試験を行い、アルカリ環境下での強度変化について検討したものである。

2. 実験概要

実験に用いた繊維は、ガラス繊維、アラミド繊維、カーボン繊維の3種類とした。表1には、浸漬前の各種繊維の材料特性¹⁾を示す。劣化を促進させる目的で40℃の環境下でガラス繊維を1mol/l、アラミド、カーボン繊維を2mol/lの水酸化ナトリウム溶液に浸漬し、その浸漬期間を1, 4, 7, 14, 21, 28, 56日とした。図2に示すように、浸漬後の試験体は各種繊維1本ずつのモノフィラメントとし、長さ25mmとなる試験用紙にセットし引張試験機 (5kg 荷重制御型オートグラフ) で静的引張試験を行った。なお、1条件で50~60本試験した。引張試験機の載荷速度は0.5mm/minとした。

3. 実験結果及び考察

図2にガラス繊維における浸漬材令ごとの破壊確率と繊維引張強度との関係を示す。ガラスはアルカリに対して耐食性が弱いことが知られているが、実験でも浸漬材令が増えるに従い、繊維引張強度が低下することが確認できた。これは、ガラス繊維がまわりからアルカリ溶液に侵されることにより、繊維の健全な部分の面積が減少し、見掛け上引張強度が低下したためと考えられる。又、浸漬材令が増えるに従い、グラフの傾きが大きくなっているが、変動係数にはさほど差が生じていないことより劣化によるデータのばらつきの変化はないものと言える。図3, 4にアラミド繊維及びカーボン繊維における浸漬材令ごとの破壊確率と繊維引張強度との関係を示す。両者とも浸漬材令の増加による繊維引張強度の低下

表1 各種繊維の材料特性

	ガラス繊維	アラミド繊維	カーボン繊維
直径(μm)	12.77	12.55	6.68
引張強度(kgf/mm ²)	251	389	335
弾性係数(kgf/mm ²)	7579	1297	2719
標準偏差(kgf/mm ²)	87	36	52
変動係数(%)	34.7	9.2	15.5

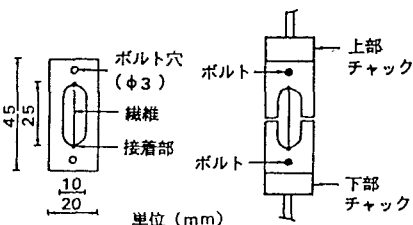


図1 供試体詳細図

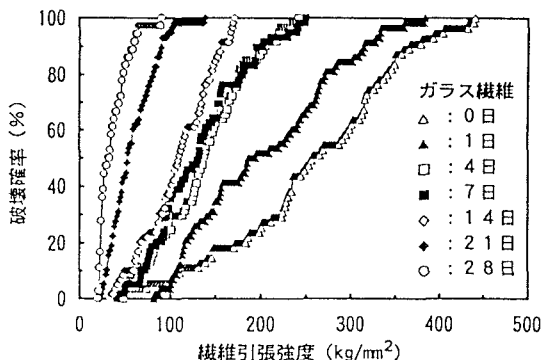


図2 破壊確率と繊維引張強度の関係

はガラス繊維と比べさほど認められず、グラフの傾きにも浸漬材令の違いによる差はほとんど確認されなかった。図5に各種繊維の引張強度の実験値と浸漬材令との関係を示す。図中にはあわせて計算値を示すがその計算値は(1)式に示す反応速度論に基づいて、アルカリの浸透距離を一次元的に算出し、アルカリに侵されていない健全な部分の引張強度は浸漬前の繊維の強度と同等であると仮定することで、見掛け上の引張強度の低下を算定したものである。(2)式に最終的に得られる算定式を示す。

$$dx/dt = k \cdot c/x \tag{1}$$

$$\sigma_t = P_t/S_0 = (1 - \sqrt{2kct/R})^2 \sigma_0 \tag{2}$$

ただし

- σ_0 ; 材令0日での引張強度 (kgf/mm²)
- P_0 ; 材令0日での引張荷重 (kgf)
- S_0 ; 材令0日での繊維断面積 (mm²)
- P_t ; 材令t日での引張荷重 (kgf)
- R ; 材令0日での繊維半径 (μm)
- c ; アルカリ濃度 (mol/l)
- k ; 反応速度定数 (mm²/日)
- x ; 浸透距離 (μm)

ただし、反応速度定数kは実験定数であるため、本報告では、各材令ごとの引張強度試験より得られたデータから最小2乗法によって算定した値を用いた。ガラス繊維の計算値は実験値とよく一致していることから、ガラス繊維については、アルカリに対する耐久性を十分計算式によって定量的に評価することが可能であると考えられる。なお、アラミド繊維とカーボン繊維についてはガラス繊維と同等の考え方で計算値を算出したが、アルカリ溶液がアラミド繊維とカーボン繊維に対し、どのような作用を及ぼしているのかまだ明らかではなく、これはあくまでもガラス繊維における反応形式と同様な反応が生じているものと仮定して算定した参考値である。

4. まとめ

本研究では、40℃の強アルカリ溶液にガラス繊維、アラミド繊維、カーボン繊維を浸漬し、耐アルカリ性について検討した。ガラス繊維については、反応速度論に基づいた計算式によって耐アルカリ性を定量的に評価することが確認できた。この結果をもとにFRPロッドの耐アルカリ性を評価することが可能になると考えられる。しかし、アラミド繊維、カーボン繊維については、ガラス繊維ほどの強度低下は認められず、今後、さらに他の溶液中等における劣化の可能性について検討することが必要となる。

参考文献

- 1) 魚本, ホッサム; プレストレストコンクリート用FRP緊張材の特性(2), 生産研究, 第43, 第3号, 1991.3

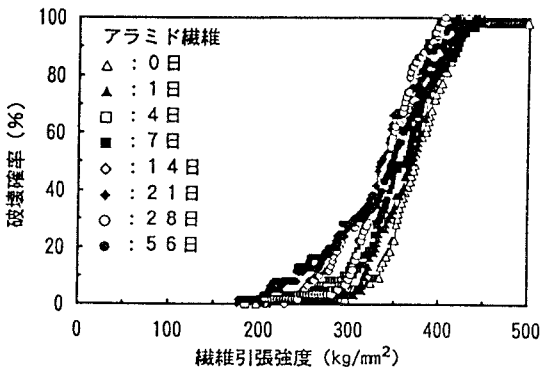


図3 破壊確率と繊維引張強度の関係

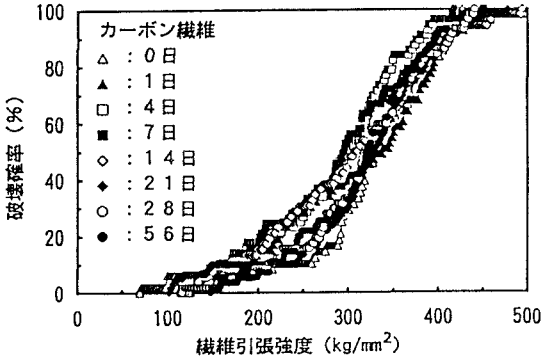


図4 破壊確率と繊維引張強度の関係

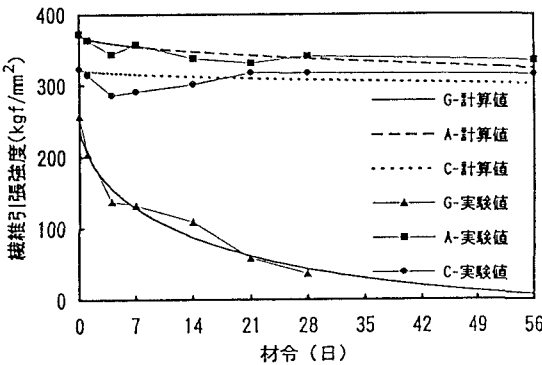


図5 繊維引張強度と材令の関係