

GFRPロッドの耐アルカリ性の改善

日本電気硝子(株) 正会員 ○杉山 基美
 東京大学生産技術研究所 正会員 西村 次男
 東京大学生産技術研究所 FID-会員 魚本 健人

1. はじめに

一般にアラミド繊維やカーボン繊維を用いたロッド（AFRP, CFRPロッド）は耐アルカリ性に優れるが、ガラス繊維を用いたロッド（GFRPロッド）はアルカリによって耐久性が著しく低下することが知られている¹⁾。これまでGFRPロッドの耐アルカリ性の改善として、ロッド中央部にガラス繊維、ロッド外周部にアラミド繊維を配置した二層構造のAGFRPロッドが提案されている²⁾。

本研究では、ガラス組成中のSi分が少なく、耐薬品性に優れるTi, Zrを含有した従来と異なる新しいガラス繊維を用いたGFRPロッドを開発し、アルカリ溶液に浸漬したロッドの引張試験を行った。また、走査電子顕微鏡（SEM）や電子線マイクロ分析装置（EPMA）によってアルカリ浸漬後のロッド中の繊維の観察やアルカリの浸透状況の観察を行った。

2. 実験概要

実験に用いたGFRPロッドの補強ガラス繊維は、Eガラス（従来ガラス）と開発ガラスの二種類である。各ガラス繊維の組成を表—1に示す。また、マトリックスはビス系ビニルエステル樹脂を用いた。いずれのGFRPロッドも直径6mm、長さ40cmの丸棒状で一方向強化されており、繊維混入率(Vf)は66%である。ロッドのアルカリ浸漬本体は勝木らによって行われたものと同じのアクリル板からなる10×10×20cmの寸法のもの

表—1 各ガラス繊維の組成

	E ガラス	開発ガラス
SiO ₂	54	44
Al ₂ O ₃	14	5
RO*	24	37
TiO ₂ + ZrO ₂	—	13
その他	8	1

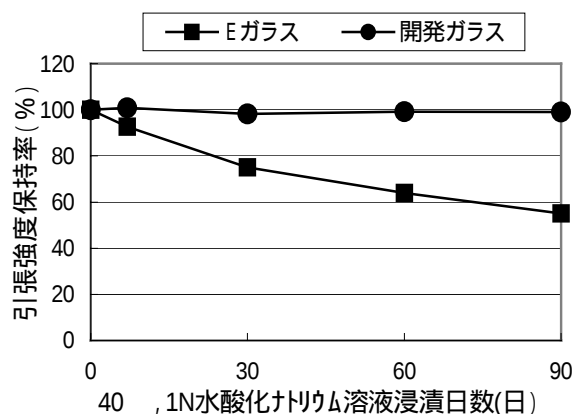
RO*：アルカリ土類金属酸化物

を用いた。また、ロッドの浸漬は静的引張試験において引張区間(20cm)となる部分のみとし、定着部分(両端10cm)はアルカリの影響を受けないようにした。アルカリはロッドの劣化を促進させるために、1N水酸化ナトリウム溶液を用い、また浸漬温度を40℃にした。ロッドは所要日数経過後(7, 30, 60, 90日)アルカリ溶液から取り出し、蒸留水で洗浄後1日間デシケータの中で乾燥させた。その後、ロッドの定着部分に保護被覆を施し、変位制御型オートグラフ(98KN)を用いて載荷速度5mm/分で1条件10本の試験体について引張試験を行った。またSEMを用いてアルカリ浸漬後のロッド中の繊維の観察を行い、EPMAを用いてアルカリの浸透状況の観察を行った。

3. 実験結果および考察

図—1にアルカリ浸漬後のロッドの引張強度保持率の結果を示す。Eガラスを用いたロッドは明らかに強度低下を起こし、浸漬日数が増加するにしたがいその強度低下率が増加していることが確認される。それに対して、開発ガラスを用いたロッドは水酸化ナトリウム溶液浸漬後もほとんど強度が低下していないことがわかる。

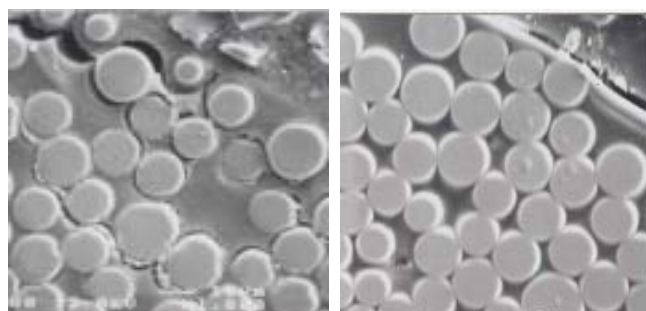
40℃, 1N水酸化ナトリウム溶液60日浸漬後のロッド外周部の断面をSEMによって観察した。その結果を図—2に示す。



図—1 ロッドの引張強度変化

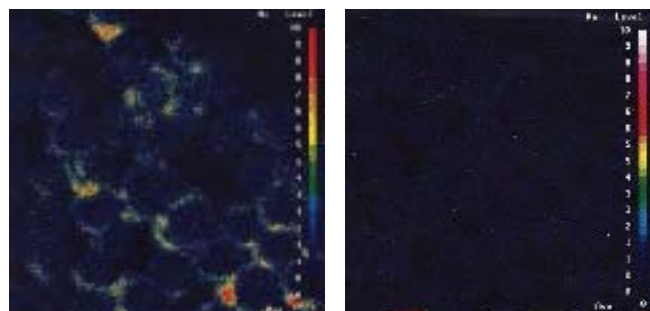
キーワード GFRPロッド, 耐アルカリ性, 引張試験, 繊維/マトリックス界面層

連絡先 〒521-1295 滋賀県神崎郡能登川町今906 日本電気硝子(株) ガラス繊維事業部 (TEL) 0748-42-7530



(a) E ガラス (b) 開発ガラス

図—2 ロッド断面の SEM 観察結果



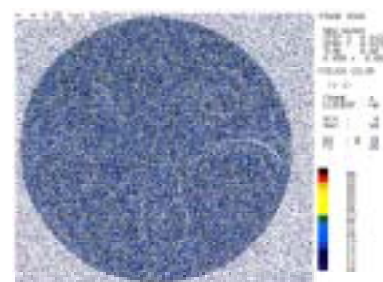
(a) E ガラス (b) 開発ガラス

図—3 EPMA による Na 分布測定結果

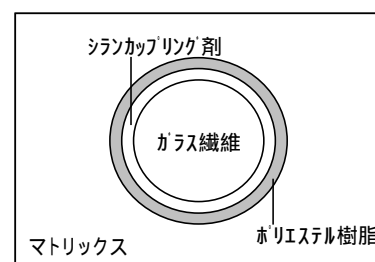
健全なガラス繊維断面は、きれいな円形を成しているが、アルカリ浸漬後の E ガラスを用いたロッド中の繊維は径が細く、明らかに侵食されていることがわかる。また、繊維とマトリックスとの付着切れも観察された。それに対して、開発ガラスを用いたロッドは繊維の侵食やマトリックスとの付着切れが観察されなかった。

SEM と同じ箇所について Na 分布状態を EPMA により観察した。その結果を図—3 に示す。また、図—4 には開発ガラスを用いたロッド断面内の Na 分布を測定した結果を示す。E ガラスを用いたロッドでは、繊維とマトリックスの界面領域に Na が多く分布し、繊維内部には Na が存在しないことがわかる。したがって Na は繊維と樹脂の界面に生じた拡散能力の高い劣化層を通してロッド外周部から内部に浸透したと考えられる。開発ガラスを用いたロッドでは、図—3 (b)、図—4 からわかるように Na の分布がほとんど観察されなかった。

開発ガラスを用いたロッドの耐アルカリ性が、E ガラスを用いたロッドの耐アルカリ性よりも良かった理由として、ガラス組成の違いやガラス/マトリックス界面の違いが挙げられる。開発ガラスは、組成中に Ti, Zr を含有し SEM 観察の結果からもわかるように繊維そのものの耐アルカリ性が向上している。また、開発ガラスの表面は、シランカップリング剤とマトリックスとの相溶性に優れるポリエステル樹脂で処理されており図—5 の模式図に示す界面相を形成していると考えられる。シランカップリング剤がガラス繊維表面に化学的、物理的に吸着し、その上をマトリックスとなじみの良いポリエステル樹脂が覆い界面層を形成している。このガラス/マトリックスの良好な界面形成により界面領域が改善されアルカリのロッド内部への浸透が抑えられたことが耐アルカリ性の向上につながったのではないかと推定される。



図—4 Na 分布測定結果(開発ガラス)



図—5 ガラス/マトリックス界面相模式図

4. まとめ

開発ガラスを用いたロッドはアルカリ溶液浸漬後もほとんど強度低下がみられなかった。これは、ガラス繊維そのものの耐アルカリ性が向上したことでガラス/マトリックスの良好な界面形成によりアルカリのロッド内部への浸透が抑えられたためではないかと推定される。

参考文献

- 1) 勝木太, 魚本健人: アルカリ環境下におけるガラス繊維強化プラスチックロッドの耐久性評価, 土木学会論文集, Vol.32, No.544, pp.101 - 107, 1996.8
- 2) 西村次男, 魚本健人, 勝木太, 神吉正弥: 耐アルカリ性を改善した AGFRP ロッドの開発, 土木学会第 51 回年次学術講演会概要集, V - 483, pp964 - 965, 1996.9