

V-483

耐アルカリ性を改善したAGFRPロッドの開発

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 F会員 魚本健人
 東急建設（株）技術本部 正会員 勝木 太
 帝人（株）商品事業開発部 正会員 神吉正弥

1. はじめに

一般に、アラミド繊維や炭素繊維の場合は耐化学薬品性に優れており特に問題になることは少ないが、ガラス繊維について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⁾。

そこで本研究では、コンクリート用補強材として使用されるロッドが高アルカリ環境下に侵されることから、高アルカリ環境下でも耐久性に優れるFRPロッドを開発（ロッド芯部にガラス繊維、鞘部にアラミド繊維を配置した二層構造ロッドでAGFRPロッドと略記する）し、アルカリ溶液に浸漬したロッドの引張試験を実施し、また、電子線マイクロ分析装置（EPMA）によってロッド内部にNaが浸透しているか否かについても検討した。

2. 実験概要

実験に用いたAGFRPロッドは新たに開発したものであり、ロッド鞘部にアラミド繊維と芯部にガラス繊維を配置し、繊維混入率（Vf）が約66%となるように作製したロッドで、6mmの丸棒状で一方向に強化されたものである。なおロッド表面にはアラミド繊維を螺旋状に巻き付けてある。今回使用したAGFRPロッドは、アラミド繊維とガラス繊維混入比率を表-1に示すように30.5:36.3%、23.4:42.4%、19.1:48.4%と変化させた3種類である。写真-1にAGFRPロッド浸漬試験体を示す。本体の寸法は10×10×20cmで、耐化学薬品性に優れて

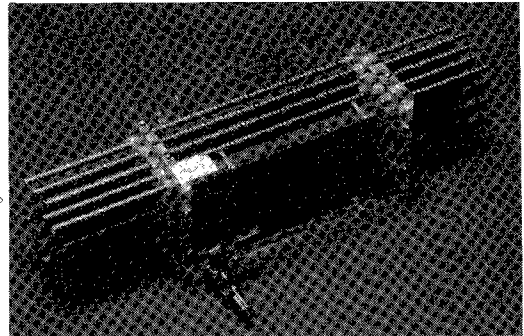


写真-1 AGFRPロッドの耐アルカリ性試験装置

いるアクリル板を使用し、ロッドおよびアルカリ溶液挿入口にはシリコン栓を利用して密閉した。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（10cm×2）はアルカリの影響

を受けないようにした。表-1に浸漬前の二層構造の繊維混入率および繊維特性を示す。またロッドのマトリックスはすべてビニルエステル樹脂である。各材料の浸漬条件は、アルカリによる劣化を促進させる目的で、40℃の環境下で1.0 mol/lの水酸化ナトリウム溶液に浸漬し、その浸漬期間を60日間とした。ロッドの引張試験は、小林らが²⁾開発した2つ割りチャックを用いて行った。試験機は変位制御型オートグラフ（10ton）を用い静的引張試験を行った。なお、引張試験は1条件で10本～19本の試験体について実施し、載荷試験長を40cm、載荷速度は5mm/minとした。

3. 実験結果と考察

図-1は、浸漬前および温度40℃の1.0 mol/lの水酸化ナトリウム溶液に60日間浸漬したAFRPおよびGFRPロッドならびに耐アルカリ性を改善したAGFRPロッドの静的引張強度を示したものである。なお、AFRPロッドは2.0 mol/lの水酸化ナトリウム溶液に60日間浸漬したものである。AFRPおよびGFRPロッドは、いず

表-1 各種ロッドの特性

	AFRP	GFRP	AGFRP-6	AGFRP-7	AGFRP-8
アラミド繊維直径 (μm)	12.15	-	12.15	12.15	12.15
ガラス繊維直径 (μm)	-	12.77	23	23	23
アラミド繊維Vf (%)	55	-	30.5	23.4	19.1
E-ガラス繊維Vf (%)	-	55	36.3	42.4	48.4
繊維含有率 Vf (%)	55	55	66.9	65.8	67.5
外層アラミド部厚さ (mm)	-	-	0.79	0.59	0.46
引張強度 (kN/mm ²)	1.66	1.66	1.48	1.33	1.53

れも繊維混入率約55%である³⁾（表－1参照）。この図より、GFRPロッドは、浸漬前の強度と比較するとNaOH溶液浸漬後の引張強度は約50%以上の強度低下を示している。このことから明らかのようにGFRPロッドは、アルカリによって劣化することが認められる。一方、AFRPロッドは、GFRPロッドの浸漬に使用したNaOH溶液の2倍のアルカリ濃度で劣化促進したにも関わらず強度低下は認められず耐アルカリ性に優れている。一方、新たに試作した浸漬前のAGFRPロッドの静的引張強度は、鞘部に使用しているアラミド繊維の混入量を減少させると若干ではあるが（約3%（0.034kN/mm²）～5%（0.069kN/mm²））強度低下が見られる。また、浸漬前の強度と40℃および60℃の環境下で1.0 mol/lの水酸化ナトリウム溶液に60日間浸漬後の強度を比較してみると、40℃および60℃いずれの条件でも浸漬前の強度に比してロッドの引張強度は約10%～20%程度強度低下することが明らかとなった。しかし、GFRPロッドの場合には浸漬後の強度低下が50%程度となったことを比較すると、AGFRPロッドは耐アルカリ性に対してGFRPロッドよりも高い耐久性を有していることが明らかとなった。

写真－2は、浸漬前および40℃のNaOH溶液に60日間浸漬したAGFRPロッド断面をEPMAを用いてNaを測定した結果を示す。写真の白い部分がNaのカウント領域である。浸漬前および浸漬後の測定結果より、アラミド繊維鞘部の断面にはほとんどNaがカウントされておらず、40℃の環境下で1.0 mol/lの水酸化ナトリウム溶液に浸漬しても外部からのNaの浸透はほとんど認められなかった。

4. まとめ

本研究で得られたことをまとめると次のとおりとなる。

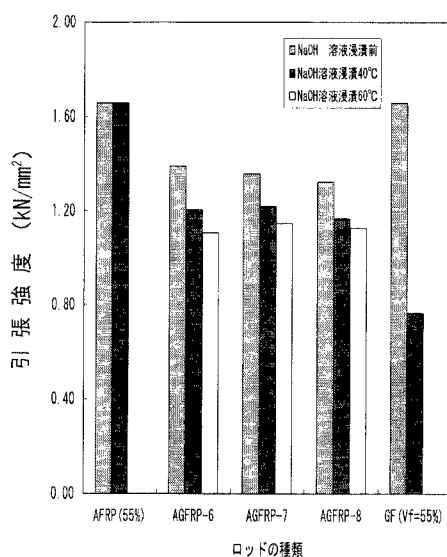
- 1) 新たに開発した二層構造のAGFRPロッドは、高アルカリ環境下でもGFRPロッドに比べ強度低下が少なくい。
- 2) EPMAによるNa分布測定結果より、ロッド鞘部にアラミド繊維を配置することでNaの浸透がほとんど認められない。
- 3) 本実験で新たに開発したAGFRPロッドは、高アルカリ環境下でも耐久性に優れるロッドであることが分かった。今後は、繊維直径や繊維混入比率を変えることによって、耐アルカリ性に対してより最適なFRPロッドの開発が可能であるとえられる。

謝辞

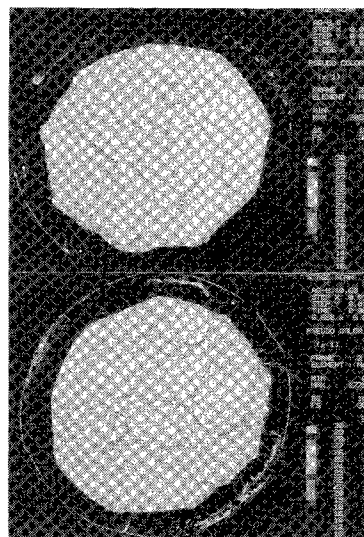
本研究をまとめるに際し、ご援助いただいた（株）島津テクノロジー柴田恒雄氏に深く感謝する。なお、本研究費の一部は、平成7年度文部省科学研究費補助金（一般研究(A)課題番号074505022 代表：魚本健人）によるものであることを付記する。

参考文献

- 1) 連続繊維研究小委員会：連続繊維補強材の耐久性に関する考え方、連続繊維補強材のコンクリート構造物への適用、コンクリートライブラリー72、土木学会、1992.4
- 2) 小林一輔：FRP製プレストレストコンクリート緊張材用定着装置、生研リーフレット、No. 158、1987
- 3) 勝木、魚本：アルカリ環境下におけるGFRPロッドの耐久性評価、土木学会論文集投稿中



図－1 AGFRP、AFRPおよびGFRPロッドの引張強度



写真－2 GFRPロッド断面のNa分布測定結果