

内陸及び海洋下に暴露した各種FRPロッドの引張特性

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 正会員 魚本 健人

1. はじめに

筆者らは、各種FRPロッドの引張強度特性、応力-ひずみ曲線、引張強度と試験本数との関係、疲労強度に及ぼす応力振幅と平均応力の影響についてすでに報告している^{1)・2)}。一方、各種FRPロッドの耐候性（実環境暴露試験）に関する研究報告はあまり見られず、検討を要する課題である。

そこで本研究は、アラミド繊維、ガラス繊維、炭素繊維で方向強化された繊維強化プラスチックロッド（それぞれAFRPロッド、GFRPロッド、CFRPロッドと略記する）を取り上げ、環境条件が各種FRPロッドの引張強度に及ぼす影響について明らかにすることを目的として、伊豆海洋暴露試験場（JSI-SC7の区分A）「飛沫帯、あるいはこれに準ずる環境条件」と内陸部暴露試験場（JSI-SC7の区分D）「内陸部、あるいはこれに準ずる環境条件」で暴露試験を実施した。

2. 実験概要

実験に使用したFRPロッドの補強繊維は、アラミド繊維、ガラス繊維、カーボン繊維の3種類であり繊維混入率(Vf)はいずれも66%である。また、マトリックスは全てビニルエステル樹脂が用いられている。いずれのFRPロッドも一方向強化された直径6mmの丸棒状である。暴露期間はそれぞれ6ヶ月、1年、3年とし一材齢につきいずれも6本ずつ暴露した。引張試験は、土木学会の「連続繊維補強材の引張試験方法（試案）」に基づいて実施し、定着具は小林らが開発した2つ

割りチャック³⁾を用いた。試験は変位制御型試験機（オートグラフ：10ton）を用い、載荷速度は5mm/minとし室温 $22\pm1^{\circ}\text{C}$ で行った。また各条件とも3本ずつ、ロッド中央部の表面に普通ワイヤーストレインゲージ（長さ2mm）を貼付しひずみを測定した。内陸部と海洋暴露場の年間気象条件を表-1に示す。

3. 実験結果と考察

写真-1に、3年間内陸部暴露(A)および海洋暴露(B)させたFRPロッドを示す。この写真より内陸部暴露(A)の供試体は風雨等に曝されたためか表層の樹脂がとれロッド表面から繊維が飛び出していることが分かる。海洋暴露(B)では、内陸暴露と比べロッド表面に繊維はそれほど飛び出していない。この原因として、海洋暴露の場合には繊維および樹脂が波によって洗い流されたものと考えられる。また、海水飛沫を常時受けるためにロッド表面に塩分の付着が見られる。なお、海洋暴露した供試体のGFRPロッドとCFRPロッドについては、電子線マイクロ分析装置(EPMA)によってロッド内部に塩分が浸透しているか否かについて測定を行った。その結果ロッド内部への塩分浸透はほとんどみられなかった。

表-1 内陸及び海洋下の年間気象条件

	平均温度 ($^{\circ}\text{C}$)	平均湿度 (%)	年間降水量 (mm)	年間日射量 (時間)
千葉実験所 (A)	15.4	69.1	1600	1800
伊豆海洋公園 (B)	16.3	71.7	2300	1700

内陸部暴露(A)

海洋暴露(B)

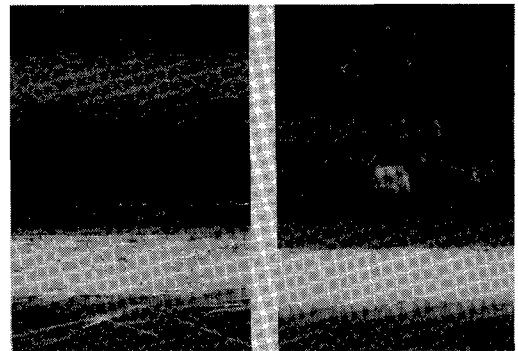


写真-1 FRPロッドを3年間暴露後の性状

図-1は、内陸部暴露場(A)で暴露した各種FRPロッドの各材齢ごとの引張強度を示したものである。また、図-2は、海洋暴露場(B)で暴露した各種FRPロッドの各材齢ごとの引張強度を示したものである。

これらの図より、AFRPロッドでは、内陸部暴露および海洋暴露のいずれも長期材令になるにしたがって強度低下が見られ、また、その幅は約20%~30%程度となることが明らかとなった。この原因としては、塩分の影響による劣化ではなく一般的に言われている紫外線劣化等によるものと考えられる。GFRPロッドでは、AFRPロッドとは異なりいずれの暴露条件でも強度低下はあまりみられない。しかし、内陸部暴露において材令3年で強度低下がみられる。一方、CFRPロッドは、内陸部暴露については材令6ヶ月までに約16%ほどの強度低下を示すが、その後の材令においてはほぼ同等の強度を保っていることが分かる。しかし、海洋暴露については内陸部暴露と比べ強度低下が少ないことが明らかとなった。

4. まとめ

各種FRPロッドの暴露環境条件のことなる引張強度の影響について検討を加えた。その結果をまとめると以下ようになる。

1) 本実験では、海洋環境下で暴露したものよりも内陸部で暴露した方が、いずれのFRPロッドも強度低下が顕著にみられた。

2) AFRPロッドは、内陸部暴露、海洋暴露のいずれも約20%~32%の強度低下が見られる。その原因は紫外線による劣化が主であると考えられる。

3) GFRPロッドは、内陸部暴露材令3年で強度低下することが明らかとなったが、海洋環境下の暴露ではほとんど強度低下を示さず、海洋環境下での劣化が認められないことが明らかとなった。

4) CFRPロッドは、定着具における定着部の応力集中等によって強度のバラツキはあるものの、内陸部暴露の方が海洋環境下で暴露したよりも強度低下することが明らかとなった。

5) 海洋環境下での暴露実験より、ロッド内部の塩分浸透を分析したが、GFRPロッド、CFRPロッドのいずれのロッドも内部への塩分浸透は見られなかった。

謝辞

本件究をまとめるにあたり、実験に協力して頂いた芝浦工業大学卒論生西井康人君に感謝の意を表す。

[参考文献]

- 1) 魚本、西村：FRPロッドの静的強度と弾性係数、土木学会論文集、No.472/V-20、pp77-86、1993.8
- 2) 西村、大賀、魚本：FRPロッドの疲労強度に及ぼす応力振幅と平均応力の影響、土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第5部、平成6年9月
- 3) 小林一輔：FRF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

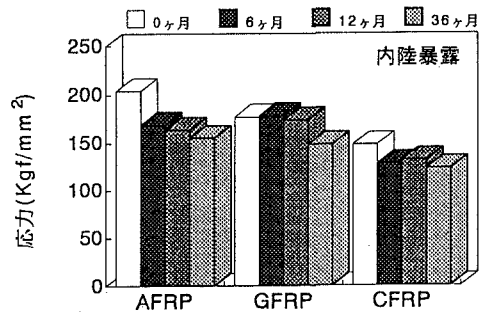


図-1 内陸部暴露各材齢ごとの引張強度

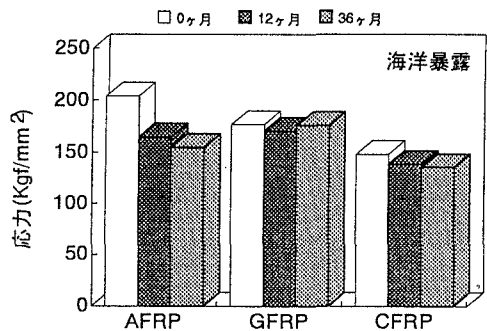


図-2 海洋暴露した各材齢ごとの引張強度