

## 全国8地点に5年間暴露したFRP ロッドの引張強度

金沢工業大学 学生会員 伊藤 大翔  
 金沢工業大学 学生会員 木下 透  
 金沢工業大学 正会員 宮里 心一  
 金沢工業大学 山岡 英孝

### 1. はじめに

FRP ロッドは、吊橋用ケーブルなどの緊張材としても適用されている。この場合、外部環境の気温、紫外線、水分および塩分などがFRP ロッドの強度に影響を及ぼすことが考えられる。既往の研究によると、内陸部および海洋環境における屋外で3年間に亘り暴露を行い、CFRP と GFRP の強度は概ね保持されることが報告されている<sup>1)</sup>。しかしながら、国内の多地点においては、4年間以上に亘り屋外暴露された後の性能は評価されていない。そこで本研究では、全国8地点に5年間に亘り表1に示すCFRP と GFRP を暴露し、引張強度を評価する。

### 2. 実験手順

#### 2.1 暴露方法

表2に示す全国8地点に各5本のFRP ロッドを暴露した。

#### 2.2 引張試験

引張試験は JSCE-E531-2010 に準拠し、長さ1000mm のCFRP および700mm のGFRP を用いた。

### 3. 実験結果

表2に初期値(暴露前)と5年目の引張強度を示す。

### 4. 正規性の判定

はじめに、スタージェスの公式により、階級数kを定め、階級数は3~5として図1, 2に示すようなヒストグラムを作成した。

次に、正規性の判断のため、全国8地点の各FRP ロッドのQQプロットを図3に示す。QQプロットの縦軸を実測値、横軸を理論値で、算出方法を下記する。

- ①8地点の初期値と5年目の引張強度差の小さいものから順位をつける。(表2)
- ②順位に対応する確率を算出する。

$$a = \frac{i-0.5}{n} \quad (1)$$

ここに、a: 順位の確率、i: 順位、n: 総数(8)

表1 FRP ロッドの種類

種類	繊維	樹脂	形状	径(mm)
CFRP	炭素	エポキシ	異形	8.0
GFRP	ガラス	ポリエステル		9.0

表2 8地点の気象条件<sup>2)</sup>と引張強度, 検定統計量t値

立地	地名	平均気温(°C)	相対湿度(%)	降水量(mm)	引張強度(N/mm <sup>2</sup> )							
					CFRP				GFRP			
					順位	初期値	5年目	強度差	順位	初期値	5年目	強度差
沿岸	北海道	9.54	68.4	1103.8	8	1974.3	1885.91	88.39	1	1126.74	1162.08	-35.34
	神奈川	16.62	68.6	1567.3	2		2069.76	-95.46	5		1098.38	28.36
	石川1	15.58	68.6	2480.8	4		2006.39	-32.09	3		1133.81	-7.07
内陸	富山	15.02	76.8	2403.9	6		1977.62	-3.31	6		1082.61	44.13
	石川2	15.58	68.6	2480.8	7		1967.06	7.24	4		1112.2	14.54
	京都	16.78	66.2	1626.3	5		1985.9	-11.60	2		1137.76	-11.06
	高知	17.64	70.6	2742.9	3	2031.29	-57.00	8	1054.65	72.09		
茨城	14.84	72.4	1329.6	1	2097.78	-123.48	7	1074.46	52.28			
検定統計量t値					-1.22				1.54			

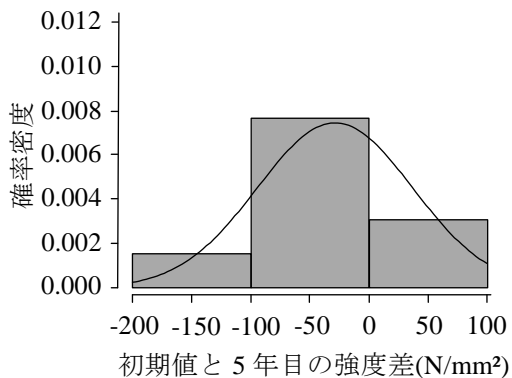


図1 CFRPの正規分布

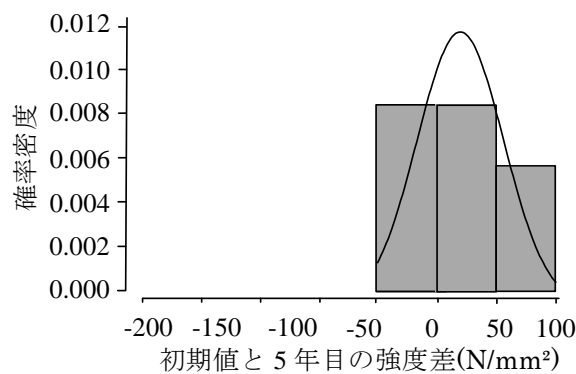


図2 GFRPの正規分布

③強度差と標準偏差から確率密度関数を算出する.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

ここに、 $f(x)$  : 確率密度関数  $x$  : 確率変数

$\mu$  : 強度差の平均値  $\sigma$  : 標準偏差

④確率密度関数を積分し、順位の累積分布関数を算出する.

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt \quad (3)$$

ここに、 $F(x)$  : 順位の累積分布関数

$f(t)$  : 確率密度関数

⑤順位の累積分布関数の逆関数を用いて確率に対応する理論値を算出する.

$$x = F^{-1}\left(\int_{-\infty}^x f(t) dt\right) \quad (4)$$

理論値と実測値が一对一对応するようなグラフが作れることにより、正規性があると判断できる。図3より概ね直線上にプロットされていることが分かる。このことから正規性があると判断できる。

## 5. 検定

初期値と5年目の引張強度に有意差があるかを調べるために、両側検定を行った。検定統計量  $t$  値は自由度 14 の  $t$  分布に従い、両側に棄却域  $R : t < -1.89$ ,  $t > 1.89$  を設けた。その結果、表2に示す検定統計量  $t$  値が棄却域に含まれておらず、さらに有意水準 0.05 を上回ったことから、CFRP と GFRP の初期値と5年目の引張強度は、暴露前の初期値と同等であると判断できる。すなわち、3年間に亘り内陸部と沿岸部の2地点に暴露した既往の研究<sup>1)</sup>と、同様の傾向であることが分かった。

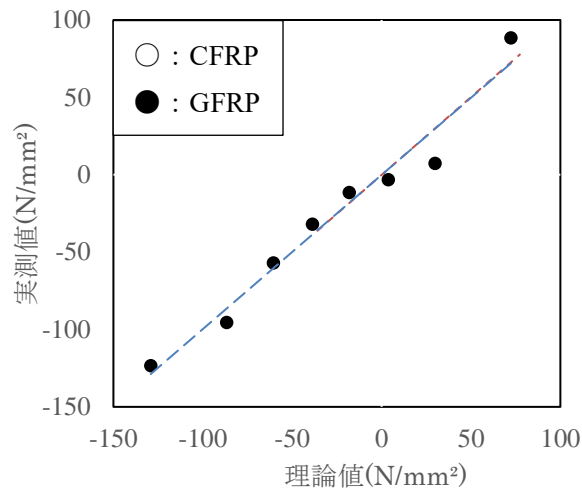


図3 CFRP および GFRP の qq プロット

## 6. まとめ

全国8地点に5年間に亘り暴露したCFRP ロッドとGFRP ロッドの引張強度は、初期値と同様である。

## 謝辞

FRP ロッドは、本学の革新複合材料開発研究センターから提供して頂いた。また、全国6地点に暴露した場所は、好意で提供して頂いた。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 西村次男, 魚本健人, 加藤佳孝, 勝木太: 異なった環境条件で暴露した各種FRP ロッドの引張強度特性, コンクリート工学年次論文集, Vol. 18, No. 1, pp.1179-1184, 1996
- 2) 気象庁 | 過去の気象データ検索, (<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>) 2022/11/9 アクセス
- 3) 石村園子: 優しく学べる統計学, 共立出版, pp.151-153, 2006