

長期屋外暴露試験における連続繊維補強材のリラクセーション

独立行政法人土木研究所	正会員	○佐々木	厳
〃	正会員	西崎	到

1. はじめに

PC緊張材や外ケーブル補強用として様々な連続繊維補強材料が開発されている。これらのFRPケーブル材料は、塩害環境をはじめとした強腐食条件下で長期間供用することを想定する場合が多い。そのためには、実環境での長期耐久性やリラクセーション率の情報が不可欠であるが、各種繊維素材ごとの知見は十分ではない。筆者らは、様々な連続繊維補強材について緊張状態を含めた各種環境条件下で長期暴露し耐久性を詳細調査¹⁾してきている。本報告では、6種のFRPケーブルを海洋環境において長期間暴露試験し得られた成果から、材料の種類、緊張荷重レベル、直射日光の有無等による、リラクセーション率を比較評価した結果を述べる。

2. 試験材料および試験方法

2-1 試験材料

試験材料は、カーボン、アラミド、ガラス、ビニロンの各繊維を用いたのべ6種のFRPケーブル材料である。表-1にその諸元と主要性状を示す。表中の引張破断荷重

表-1 FRPケーブル材料の主要諸元

材料名	CFRP1	CFRP2	AFRP1	AFRP2	GFRP	VFRP
形状	ストランド	ロッド	ロッド	組み紐	ロッド	ロッド
繊維種類	カーボン	カーボン	アラミド	アラミド	E ガラス	ビニロン
マトリクス樹脂	エポキシ	エポキシ	ビニルエステル	エポキシ	ビニルエステル	エポキシ
繊維含有量(%)	64	65	66	65	65	72
直径(mm)	12.5	8.0	6.0	8.0	6.0	6.0
破断荷重(kN)	141	70.6	52.4	65.7	36.3	19.6
弾性係数(GPa)	145	168	55.6	62.1	52.9	28.6
定着方式	付着	くさび	付着	付着	付着	付着

および弾性率は、暴露試験開始時に同一ロットの試験材を用いて実測したものである。

2-2 試験方法

暴露試験は、静岡県駿河湾沿岸に設置されている海洋技術総合研究施設(図-1)で行った。FRPケーブルの緊張下暴露供試体は、ステンレス製のフレームに所定の緊張力を導入して図-2のように設置した。

劣化因子として、緊張荷重レベルと直射日光の有無に注目した。供試体の設置場所は、図-1に示すように、海面からの高

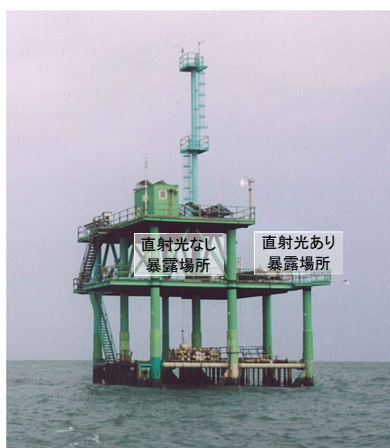


図-1 海洋技術総合研究施設



圖-2 暴露試驗狀況

さが約 9m のデッキで、上部に屋根のある箇所と無い箇所を選定し直射日光の影響を調べた。

初期荷重の導入レベルは、材料の規格荷重の7割程度と提案²⁾されている。本試験では、実測破断荷重 P_u に対して、 $0.8P_u$ と $0.6P_u$ (AFRP2 は 0.75 と 0.6、AFRP2 は 0.75 と 0.55、GFRP は 0.4 と 0.25) とした。供試体数は、試験 1 水準あたり 3 本以上とされているが、本試験では緊張荷重や直射光等の比較条件を増やす観点から 1 水準あたり 2 本としとした。

キーワード 連続繊維補強材, FRPケーブル, 暴露試験, 劣化, リラクセーション

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 独立行政法人土木研究所 新材料チーム TEL029-879-6763

海上施設における暴露期間は16年間(平成5年5月～21年7月)であるが、供試体製作から暴露開始および回収後の移送保管期間を含めると、緊張荷重導入期間は17年間となる。回収した試験材料は、外観調査を行った後、センターホールジャッキを用いて緊張解放し残存緊張力を測定した。なお、本試験における暴露後の残存緊張力は定着部の変化も含むものであり、リラクセーション率も見かけのリラクセーション率となる。

3. 試験結果

暴露後のリラクセーション性状として、緊張荷重の残存率(リラクセーション率)を図-3に示す。FRPケーブル材6種ごとに、緊張荷重レベルと直射光の

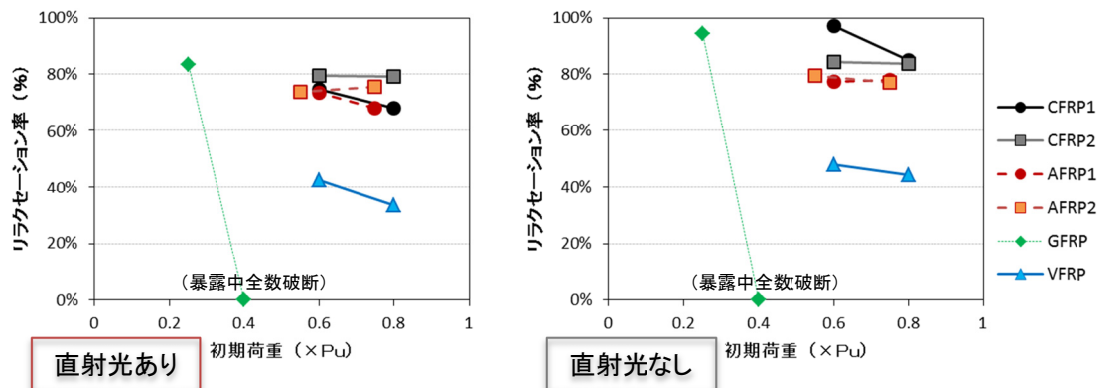


図-3 暴露後のリラクセーション率測定結果

有無が異なる4水準の結果があり、図中では同一水準供試体の平均値を示す。

3-1 初期荷重と耐久性

CFRP および AFRP ケーブルは、0.6Pu の CFRP1 直射光なしをのぞいて、初期荷重にかかわらず 17 年間(約 15 万時間)後のリラクセーション率が 20%前後であることがわかる。

導入緊張レベルの影響がもっとも顕著に現れたのは GFRP であり、0.4Pu 供試体では暴露中に全て破断したのに対して、0.25Pu はいずれも健全でリラクセーション率も非常に小さい。本研究では暴露 3.5 年後に中間調査¹⁾を行っているが、GFRP には強度低下(直射光ありで約 2 割、直射光なしで約 1 割)が認められている。ガラス繊維は、荷重保持率は良いものの、大荷重が常時作用する用途には不向きであることがわかる。

VFRP のリラクセーション率は 60%程度であり、導入緊張レベルとの関連もみられる。しかしながら、3.5 年後の結果¹⁾から大きく進行しておらず、リラクセーションの進行はわずか(経過時間について対数的)であることがわかった。

3-2 直射光の影響

CFRP1 では、直射光の有無によりリラクセーション率に 20%程度の差が生じた。同様に、GFRP および VFRP では 10%程度の差がみられた。その他の供試体は、直射光ありのリラクセーション率がわずかに大きい傾向を示す材料もあるものの、その相違は小さく、直射日光の影響は顕著ではないといえる。

4. まとめ

- (1) カーボンおよびアラミド繊維によるFRPケーブルの 17 年間後のリラクセーション率は 20%程度であった。導入緊張レベルの影響はあまりないものの、直射光の影響がいくらかみられる材料があった。
- (2) ガラス繊維によるFRPケーブルは、初期荷重が0.4Pu(暴露3.5年後に強度低下が認められた)の全供試体が暴露中に破断したが、0.25Pu の供試体は破断せずリラクセーション率も小さかった。
- (3) ビニロン繊維によるFRPケーブルは、リラクセーション率が60%程度であるが、暴露3.5年後の結果からのリラクセーションの進行はわずかであった。

*) 本研究は、科研費(21360209)の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 佐々木 巖, 西崎 到:FRPケーブル材料の暴露試験, プレストレストコンクリート Vol.40, No.5, pp.22-30, 1998 年 9 月
- 2) (社)土木学会:連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針(案), コンクリートライブラリー88, 1996 年 9 月