

FRP ロッド用マトリックス樹脂の紫外線促進試験

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 フェロー会員 魚本健人

1. はじめに

著者らはこれまでに、各種繊維を用いた一方向繊維強化プラスチックロッド（以下 FRP ロッドと略す）の力学的特性、耐アルカリ性、耐候性について実験的に検討し、その結果を報告している [1~3]。

FRP ロッドを自然環境で暴露した場合、特にアラミド繊維を用いた FRP ロッドの強度低下が大きく、その原因が紫外線劣化である可能性が高いことを報告した [4]。高分子材料であるアラミド繊維は、分子結合内に結晶部分と非結晶部分が存在するため、紫外線により結合能力の低い非結晶部分が何らかの影響を受け、繊維内に欠陥部分を生じている可能性が高いと考えられる。そこで本研究では、FRP ロッドを構成するマトリックスの紫外線による劣化性状を促進試験により実験的に検討した結果を報告する。

2. 実験概要

実験に使用したマトリックス樹脂の材料特性および配合表を表-1~表-2 に示す。FRP ロッドのマトリックスにはビニルエステル樹脂を使用しており、表中の試験データはメーカーの保証値である。マトリックスの選定には、複合される繊維の伸び量を考慮し、AFRP および GFRP ロッドのマトリックスにはビス系ビニルエステル（Ripoxyl-R802）を、CFRP ロッドのマトリックスにはノボラック系ビニルエステル（Ripoxyl-H600）を使用している。マトリックスの紫外線照射時間は 1000、2000 時間（試験片両面の照射を同一とするために、それぞれ照射時間の半分の時間で試験片試料を反転させている。）で放射照度 $56\text{W}/\text{m}^2$ で行い、1 時間当たりの紫外線照射量は約 $0.2\text{MJ}/\text{m}^2$ （銚子における 6 月の平均放射照度）となる。マトリックスの試料は JIS-K-7113 に従った 1 号型試験片を作成し紫外線照射を行い、各照射時間終了後、変位制御型オートグラフ（49N）を用いて最大荷重と縦横ひずみを測定した。載荷試験の試験本数はいずれの条件も 13 本とし、クロスヘッドスピードを $2\text{mm}/\text{min}$ とした。ひずみの測定はいずれの条件もそれぞれ 3 本行い、普通ワイヤーストレインゲージ（長さ 3mm ：以下普通ゲージと略す）で測定した。また、微少硬度計を用いてマトリックス樹脂表面のビッカース硬さ試験も行った。なお、試験は室温（ $21\pm 2^\circ\text{C}$ ）の範囲で行った。

3. 実験結果および考察

各種 FRP ロッド用マトリックス樹脂の紫外線照射時間と引張強度の平均値、標準偏差、変動係数、ならびに弾性係数、ポアソン比、破断時の伸び、ビッカース硬さ試験による硬度（HV）を表-3 にまとめ

キーワード：マトリックス、紫外線促進試験、引張強度

表-1 マトリックスの材料特性

マトリックス樹脂	引張強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	破断時伸 び率 (%)
R-802(ビス系)	86	3.3	5.1
H-600(ノボラック系)	76	4	2.3

表-2 マトリックスの樹脂配合表

	品名	配合比		
		AFRP	GFRP	CFRP
樹脂	R-802(ビス系)	100	100	0
	H-600(ノボラック系)	0	0	100
硬化剤	ハーフヘキサ3M	1.5	1.5	1.5
	ハーフロイヤルMSP	1	1	1
	トリコノックス22B-75	0.5	0.5	0.5
滑材	ステアリン酸	1.5	3	1.5
	ステアリン酸亜鉛	0.4	0.4	0.4
充填材	炭酸カルシウム	-	10	-

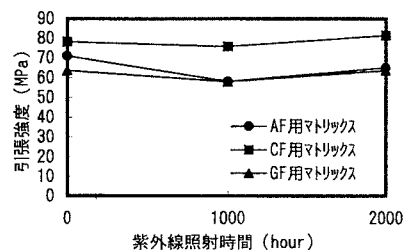


図-1 紫外線照射時間とマトリックスの引張強度の関係

て示す。図-1は、各種マトリックスの引張強度と紫外線照射時間の関係を、図-2に各種マトリックスの紫外線照射前と紫外線照射 2000 時間後の応力-ひずみ曲線の一例を示す。図-1より紫外線照射時間 1000 時間で、AFRP および GFRP ロッドのマトリックスであるビス系ビニルエステル樹脂は、約 9%~18%(5.8~13Mpa)の強度低下、CFRP ロッドのマトリックスであるノボラック系ビニルエステル樹脂は、約 3% (2.62Mpa) 強度低下することが明らかとなった。また、図-2より紫外線照射前と紫外線照射 2000 時間とを比較すると、特に AFRP 用マトリックス樹脂および GFRP 用マトリックス樹脂で破断時の伸びが急激に減少することが明らかとなった。しかし、強度ではいずれのマトリックス樹脂も、紫外線照射前の強度と比較すると同等もしくは若干上まわることが明らかとなった。この原因としては、表-3の結果からも明らかかなように、破断時の伸び量の減少、マトリックス樹脂表面の硬度 (HV) 増加および弾性係数の増大により、マトリックス樹脂が長時間の紫外線照射によって強度は低下しないが脆性的な材料になったためであると考えられる。特にビス系ビニルエステル樹脂が紫外線による影響を受けて、マトリックス樹脂が脆性的な材料に変化していくことが明らかとなった。

[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] 勝木、魚本：アラミド繊維の耐アルカリ性および耐酸性の評価方法に関する一試案、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.17、No.1、1995.6.

[3] 魚本、西村：プレストレストコンクリート用 FRP 緊張材の特性(11)紫外線によるアラミド繊維劣化のモデル化、生産研究、第 48 巻、第 5 号、1996.5

[4] 山口、西村、魚本：プレストレストコンクリート用 FRP 緊張材の特性(10)内陸および海洋環境下に暴露した各種 FRP ロッドの引張特性、生産研究、第 48 巻、第 3 号、1996.3

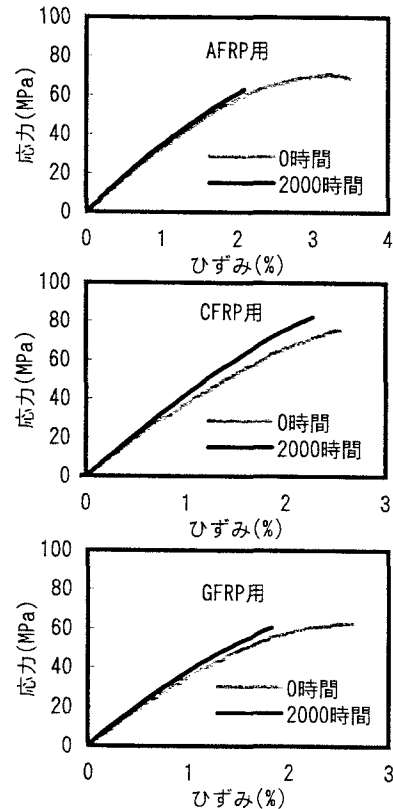


図-2 紫外線照射前後の
応力-ひずみ曲線の一例

表-3 各種マトリックスの紫外線照射後の特性

AFRPロッド*用				
	種類	0hour	1000hour	2000hour
引張強度 (MPa)	平均値	71	58	65
	標準偏差	3.0	11.0	4.4
	変動係数	0.04	0.19	0.07
弾性係数 (GPa)	平均値	2.88	3.70	3.27
ポアソン比 (ν)	平均値	0.323	0.343	0.341
破断時伸び (%)	平均値	3.25	1.47	1.95
硬 度 (HV)	平均値	18	21.4	21.1
CFRPロッド*用				
	種類	0hour	1000hour	2000hour
引張強度 (MPa)	平均値	78.26	75.64	81.33
	標準偏差	8.378	17.811	10.195
	変動係数	0.11	0.24	0.13
弾性係数 (GPa)	平均値	3.65	4.26	3.90
ポアソン比 (ν)	平均値	0.328	0.334	0.355
破断時伸び (%)	平均値	2.47	1.50	2.20
硬 度 (HV)	平均値	26.5	26.0	25.6
GFRPロッド*用				
	種類	0hour	1000hour	2000hour
引張強度 (MPa)	平均値	63.6	57.8	63.5
	標準偏差	1.492	8.550	3.643
	変動係数	0.023	0.148	0.057
弾性係数 (GPa)	平均値	3.35	3.78	3.73
ポアソン比 (ν)	平均値	0.332	0.320	0.332
破断時伸び (%)	平均値	2.53	1.70	1.80
硬 度 (HV)	平均値	18.3	23.3	23