

# 論文 紫外線による各種繊維の劣化現象の評価方法に関する基礎研究

山口明伸\*1・西村次男\*2・魚本健人\*3

**要旨：**一方向繊維強化プラスチック(FRP)ロッドを構成する各種繊維の紫外線による劣化性状を検討した結果、アラミド繊維には強度低下が認められたが、ガラス繊維およびカーボン繊維に強度低下が認められなかった。これは、アラミド繊維では非結晶部分が何らかの影響を受け欠陥を生じている可能性が高いと考えられる。そこで、材料の破壊を鎖の破壊と考えるワイブルの weakest link 理論を用いることにより紫外線劣化したアラミド繊維の強度推定を試み、その適用性を明らかにした。

**キーワード：**連続繊維補強材、紫外線劣化、ワイブル分布

## 1. はじめに

コンクリート用補強材として用いられる繊維補強プラスチック (FRP) ロッドは高強度、高耐食性、軽量、非磁性体等の特徴を有することから、建設分野における利用の可能性があり種々の検討が成されている[1]。既に、各種繊維とそれを用いた各種ロッドの力学的特性、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[2]。特に耐候性に関しては、アラミド繊維、ガラス繊維、およびカーボン繊維で一方向強化された FRP ロッドを自然環境で暴露した場合の力学特性の変化を検討した結果、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ている[3]。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、アラミド、ガラス、カーボンを含んだ各種繊維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と共に紫外線により劣化した繊維の強度を推定することを試みた。

## 2. 実験概要

実験に使用した各種繊維の促進試験前の材料特性および試験条件は、試験結果と併せて表-1 に示した。紫外線照射時間は 10,50,100,500,1000 時間とし、1 時間当たりの紫外線照射量は約 0.2MJ/m<sup>2</sup> (銚子における 6 月の平均放射照度) とした。試料は図-1 のように繊維 1 本ずつのモノフェラメントとして紫外線照射を行い、各照射時間終了後、変位制御型オートグラフ (5kgf) を用いて室温 (20±3°C) において引張試験を行った。測定項目は破断荷重 (gf)

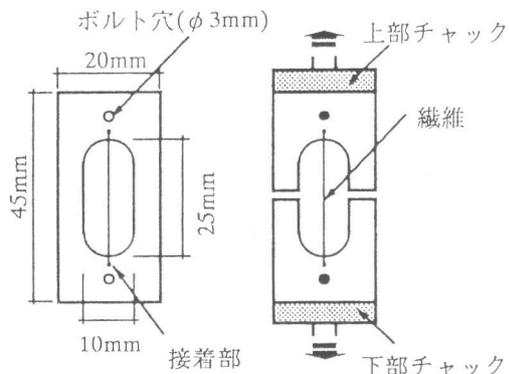


図-1 供試体概略図

\*1 東京大学大学院 (正会員)

\*2 東京大学生産技術研究所、技術官 (正会員)

\*3 東京大学生産技術研究所、教授、工学博士 (正会員)

表-1 各種繊維の引張強度試験結果

	照射時間(hours)	0	10	50	100	500	1000
アラミド	AVG (kgf/mm <sup>2</sup> )	341	289	239	227	174	152
	標準偏差 (kgf/mm <sup>2</sup> )	51	36	40	44	43	36
	変動係数 (%)	15.0	12.3	16.7	19.5	24.5	23.8
カーボン	AVG (kgf/mm <sup>2</sup> )	182	181	184	182	162	121
	標準偏差 (kgf/mm <sup>2</sup> )	39	71	43	39	35	21
	変動係数 (%)	21.5	39.4	23.1	21.4	21.6	17.7
ガラス	AVG (kgf/mm <sup>2</sup> )	251	268	343	254	260	302
	標準偏差 (kgf/mm <sup>2</sup> )	87	66	55	75	74	90
	変動係数 (%)	34.7	24.6	16.0	29.3	28.5	29.9

と伸び量 (mm) である。試験本数はいずれの条件も 20~30 本とし、クロスヘッドスピードを 0.5mm/min とした。

### 3. 実験結果

図-2 および表-1 に静的引張試験によって得られた各種繊維の紫外線照射後の平均繊維強度、標準偏差および変動係数を示す。また、図-3 に各繊維の破壊確率の密度分布と累積分布を示す。紫外線照射後のカーボン繊維の強度はほとんど変化がみられなかった。また、ガラス繊維の強度には促進試験後の強度変化はほぼ標準偏差内であるため紫外線照射による明確な強度低下とは認められなかったが、屋外暴露約 15 後 (東京における紫外線の平均年間日射量は 264.3 (MJ/m<sup>2</sup>) であり、屋外暴露試験は本実験の約 1500 時間に相当する) にはある程度の強度低下がみられた。さらに、アラミド繊維の場合は照射時間が増加するに従い確実に強度が低下しており、紫外線による繊維の劣化を生じているものと考えられる。図あるいは表から分かるように、アラミド繊維の場合、暴露初期に強度が大きく低下し、照射 500 時間後には全体の約 50% 程度の強度低下が生じていることが分かる。

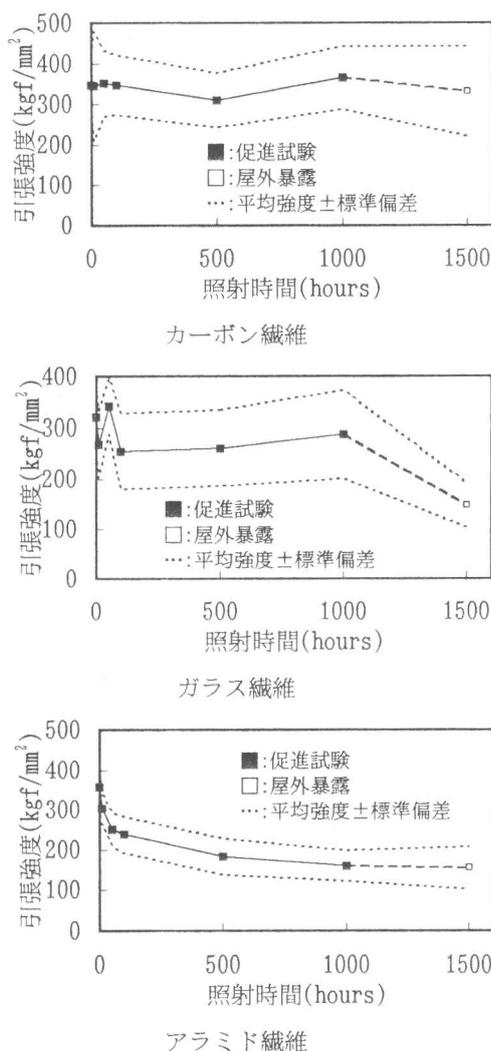


図-2 紫外線照射後の引張強度

### 4. 紫外線劣化した繊維の強度推定

高分子材料であるアラミド繊維は結晶部分と非結晶部分から構成されるため、その破壊は主に結合力の弱い非結晶部分に存在する欠陥を起点として発生すると考えられる。したがって、繊維