

東京大学大学院 学生会員 山口明伸
 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 F会員 魚本健人

1. はじめに

著者らはこれまでに、各種 FRP ロッド・繊維・マトリックス樹脂の耐紫外線性についての実験的検討を行い、その結果を報告している[1]。また特に劣化の著しいアラミド繊維については、繊維単独の場合における劣化現象の定量化を試み、その妥当性を示している[2]。しかし、FRP のような複数の構成材料から成る複合材料の劣化を考える場合、構成材料ごとの単独劣化とそれに伴う相互劣化を考慮する必要があると考えられる。

そこで本研究では、FRP ロッドの紫外線による強度低下を、マトリックス樹脂および繊維のそれぞれの劣化特性を考慮した複合劣化モデルとして表現することを試みた。

2. 構成材料の劣化特性

2. 1 繊維

これまでの促進試験の結果から、炭素繊維・ガラス繊維の場合には紫外線が引張強度に与える影響は殆どみられないが、高分子材料であるアラミド繊維の場合には強度低下が著しいことが分かっている。そこで、アラミド繊維の紫外線劣化特性を、ワイブル理論に基づいた欠陥数の増加として定量的に表現した（図 1 参照）[2]。

2. 2 マトリックス樹脂

紫外線劣化を生じる繊維を FRP に使用する場合、マトリックス樹脂の紫外線透過率が FRP の耐紫外線性を左右する重要な要因となると考えられる。そこで、促進試験により紫外線照射を行ったマトリックス樹脂を赤外顕微分光法により観察し、その結果から樹脂の紫外線透過率を算出した（図 2 参照）。

さらに、マトリックス樹脂に関しては、屋外曝露のように紫外線や風雨等の影響により樹脂表面に剥離を生じることが報告されている。FRP の場合、結合材であるマトリックス樹脂が剥離すると、その部分の繊維も剥離してしまうため FRP 全体の強度に与える影響は大きい。そこで本研究では、CFRP ロッドの屋外曝露試験における強度低下率から炭素繊維の剥離厚さを推定し、それを基にマトリックス樹脂の剥離進行の予測式を近似的に求めた。（図 3 参照）。

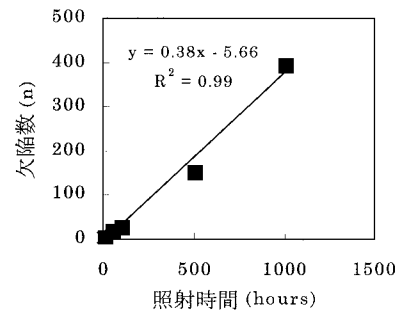


図 1 アラミド繊維の欠陥数の変化

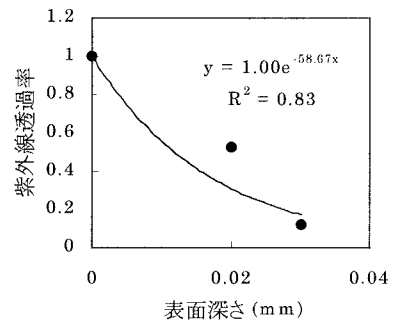


図 2 マトリックス樹脂の紫外線透過率

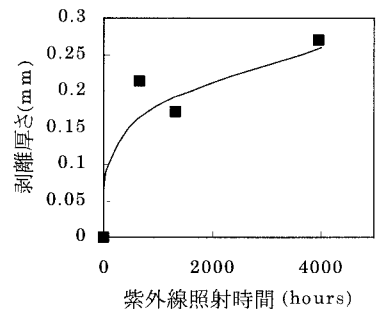


図 3 マトリックス樹脂の換算剥離厚さ

キーワード：FRP ロッド、紫外線劣化、繊維、マトリックス樹脂

連絡先：〒106 東京都港区六本木 7-22-1 TEL 03-3402-6231 (ex.2543) FAX 03-3470-0759

3. FRPの強度低下の推定

FRP ロッドのような複合材料の劣化を考える場合、構成材料の単独劣化とそれに伴う相互劣化を考慮しなければならないことが多い。本研究で対象とした紫外線劣化の場合、CFRP、GFRP に関しては、使用繊維である炭素繊維・ガラス繊維が紫外線による影響をほとんど受けないため、マトリックス樹脂の剥離とそれに伴う繊維の損失分のみの影響を考えればよいが、AFRP に使用されるアラミド繊維のように、繊維自体も紫外線劣化を生じる場合、剥離だけでなく、マトリックス樹脂を透過した紫外線の影響による内部繊維の強度低下も同時に進行することになる。この場合は時間とともに紫外線透過深さが進むことになり図 1 で示した繊維の欠陥数の増加率も変化するため紫外線による強度低下が早まることになる（図 4 参照）。

そこで FRP ロッドの紫外線による強度低下を以下のように算出した。まず、繊維が紫外線劣化を生じる場合は、マトリックス樹脂の紫外線透過率からロッド断面内に分布する各繊維の強度を決定し、それを基に FRP ロッド全体としての強度低下を推定した。ここで、マトリックスの剥離とそれにともなう繊維の損失の影響を考え、マトリックスの消失によって生じる断面の減少とロッド内部への紫外線到達距離の経時変化を考慮した。以上の紫外線劣化モデルによる解析結果が図 5 であり、実際の曝露試験結果とを比較した結果、いずれの FRP についても本モデルの推定精度が高いことが確認出来た。

4. まとめ

以上の結果から以下のことが明かとなった。

- (1) 耐紫外線性に優れた繊維を使用した FRP の場合、マトリックス樹脂の剥離が主な紫外線劣化要因となる。
- (2) 繊維および樹脂の紫外線劣化が顕著な場合、マトリックス樹脂の剥離劣化および紫外線透過率と、繊維の強度低下等の経時変化を含んだ複合劣化を考慮する必要がある。
- (3) これらを考慮した紫外線劣化モデルによる解析結果と、実際の曝露試験結果とを比較した結果、いずれの FRP についても本モデルの推定精度が高いことが確認出来た。

謝辞：本実験を遂行するに当たり加藤佳孝氏（東京大学生産技術研究所 助手）の多大なる御協力を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- [1]西村，魚本，加藤，勝木：「異なった環境条件で曝露した各種 FRP ロッドの引張強度特性」、コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18，No.1，1996.6
- [2]山口，西村，魚本：「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 FRP ロッドのクリープ破壊に関する基礎研究」、コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18，No1，1996.6

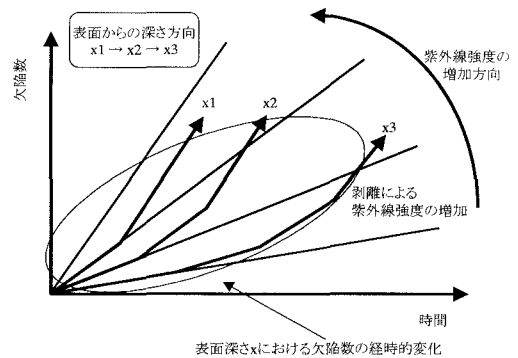


図 4 剥離による欠陥数の増加の影響

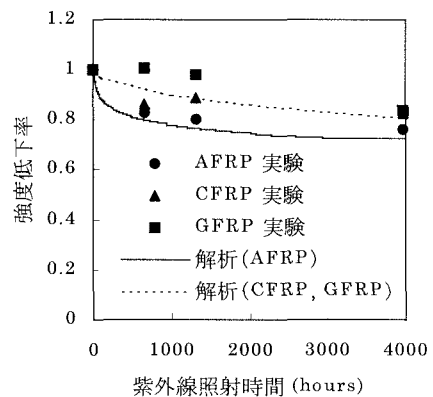


図 5 FRP ロッドの強度低下率