

V-481

載荷速度がAFRP ロッドの強度特性に及ぼす影響

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 フェロー会員 魚本健人
 東京大学生産技術研究所 正会員 西村次男

1. はじめに

繊維補強プラスチック（FRP）ロッドは、高強度、高耐久、軽量、非磁性という優れた利点を持ち、鋼材に代わるプレストレスト用緊張材、あるいはコンクリート構造物の補強材としての活用が期待されているが、そのためには、FRP ロッドの耐久性を明らかにすることが重要である。既に著者らは、FRP ロッドのクリープ特性、疲労特性等について報告している[1][2]。しかし、これまでのところ FRP のクリープ破壊や疲労破壊のメカニズムの解明には至っておらず、破壊機構の定量的な把握が求められている。

そこで本研究では、特にクリープによる破壊機構を解明するために必要な基礎資料になると考えられる、載荷速度がAFRP ロッドの強度および変形特性に与える影響について実験的な検討を行った。

2. 実験概要

実験に使用した AFRP ロッドは、一方向強化された直径 6mm の丸棒状のロッドであり、繊維混入率が 55%、マトリックスにはビニルエステル樹脂が使用されている。引張試験には、小林らが開発した 2 つ割りチャックを使用し、試験機は 10ton サーボパルサを用いた。載荷速度は、1.7N/sec、200N/sec、1000N/sec の 3 種類とした。また、ロッドの変形特性を調べるために、ロッドの中央部表面 2 カ所に歪みゲージ（3mm）を張り付け、さらにレーザー変位計を用いてロッド中央から上下に 50mm づつ離れた 2 点の移動量を測定し、その移動量の差から 100mm 間の歪み量を算出した（図 1 参照）。

3. 実験結果および考察

載荷速度を変化させた場合の各 AFRP ロッドの引張強度を図 2 に示す。図のように、載荷速度が 200 および 1000N/sec の場合は両者とも約 1600N/mm² 程度であり差が見られないのに対し、荷重速度を 1.7N/sec とした場合には、他の載荷速度の場合と比べて 150N/mm² 程度の強度低下が見られた。しかし、このときの歪みゲージによる測定結果は、強度低下が生じている載荷速度 1.7N/sec の場合も含め、すべてのロッドともほぼ同様な歪み特性を示した。したがって、歪みゲージによる変形特性のみから考えると、載荷速度 1.7N/sec の場合の強度低下は、載荷速度が極端に遅いことによる、静的疲労等による急激な破壊のためということになる。

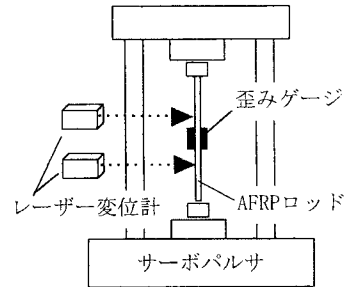


図1 実験概要図

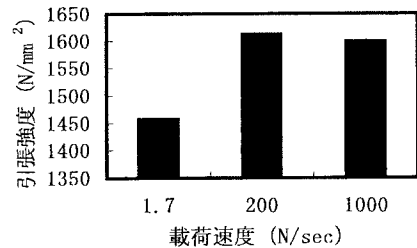


図2 AFRPロッドの引張強度

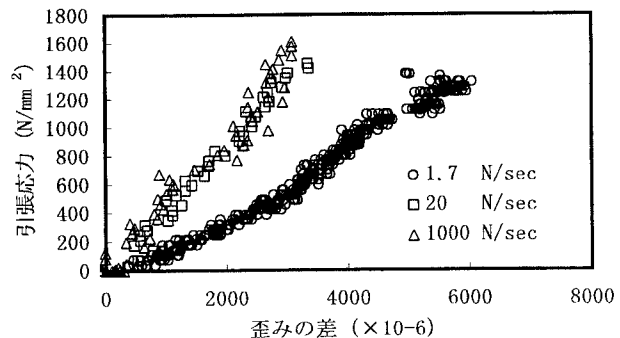


図3 レーザー変位計と歪みゲージの差

ところが、レーザー変位計による測定結果から算出した歪み量は、その増加傾向が歪みゲージの結果と一致していなかった。この現象は、特に載荷速度の遅い 1.7N/sec 場合に顕著である。図 5 に、載荷速度別の、歪みゲージとレーザー変位計による歪み量の差と引張応力の関係を示す。図のように、すべての載荷速度において、引張

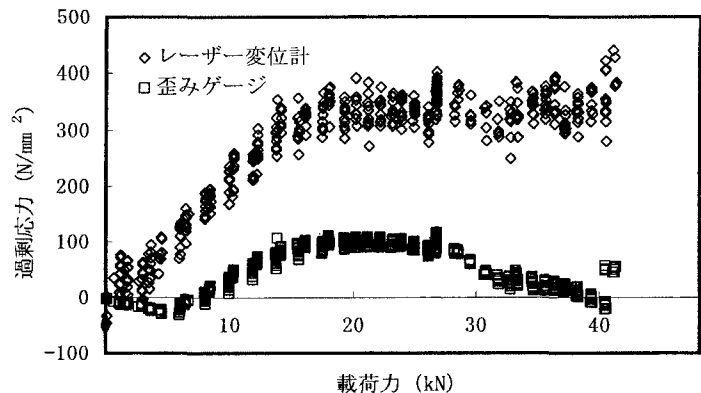


図4 レーザー変位計と歪みゲージの過剰応力

量の差は増加しているが、歪み量の差がほぼ一致している載荷速度 200N/sec と 1000N/sec の場合と比較して、載荷速度 1.7N/sec の場合は歪み量の差が大きく、その増加率も特に載荷初期で大きいことが分かる。歪みゲージとレーザー変位計の測定範囲がそれぞれ 3mm と 100mm と大きく違うことから、FRP ロッドは、載荷速度が極端に遅い場合、歪みゲージのような局所的な測定では見かけ上弾性であっても、ロッド全体では、載荷初期の段階から繊維とマトリックスの付着状態の変化や剥離等による疑似塑性変形が生じているために生じる現象であると考えられる。また、載荷速度が、繊維とマトリックスの付着状態の変化率よりも速い場合には、これらの疑似塑性変形は生じにくくなっている。このような繊維とマトリックスの付着特性を、繊維にかかる理論応力と見かけの応力の差、すなわち過剰応力 σ として表したものが図 4 である。

$$\sigma = \varepsilon \cdot E_f - F/A_f \quad (1) \quad \begin{array}{ll} E_f: \text{アラミド繊維の弾性係数 (N/mm}^2\text{)} & A_f: \text{繊維の総断面積 (mm}^2\text{)} \\ \varepsilon: \text{レーザー変位計・歪みゲージによる歪み} & F: \text{載荷力 (N)} \end{array}$$

レーザー変位計の過剰応力は、載荷力 18kN 程度までほぼ直線的に増加し、その後ほぼ一定となっているのに対して、歪みゲージの過剰応力は、同等の載荷力で最大値を示し、その後低下している。これは繊維とマトリックスの付着応力がその限界に達し、剥離を起こしたためであり、歪みゲージの過剰応力は剥離後の表面マトリックスの局所的な収縮を示しているものと考えられる。

4. まとめ

本実験の結果から、以下のことが明らかとなった。

- (1) AFRP ロッドの引張強度は、載荷速度がある程度以上小さくなると低下する。
- (2) AFRP ロッドは局所的には弾性性状を示すものの、ロッド全体としては、載荷初期から繊維とマトリックスとの付着状態の変化等により、疑似的な塑性変形が生じる。
- (3) レーザー変位計と歪みゲージにより、繊維とマトリックスの付着性状を把握できる可能性がある。

謝辞：本研究費の一部は平成7年度科学研究費一般研究 A（課題番号 07405022、代表研究者：魚本健人）によるものであることを付記する。また、本研究を行うにあたり、実験に協力していただいた芝浦工業大学金井建二君に感謝の意を表します。

【参考文献】

- [1]「破壊エネルギーに基づく FRP 緊張材の疲労破壊に関する研究」、平成5年度科学研究費補助金（一般研究 B）研究成果報告書、代表研究者：魚本健人、平成6年3月
- [2]西村・魚本：FRP ロッドのクリープ破壊に関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.17、No1、1995.6