



研究速報

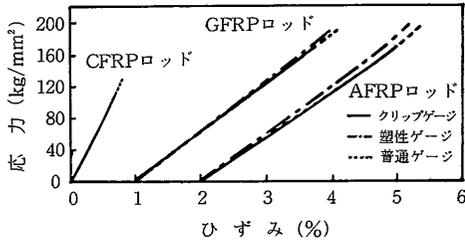


図-2 各種FRPロッドの単調載荷時応力-ひずみ曲線

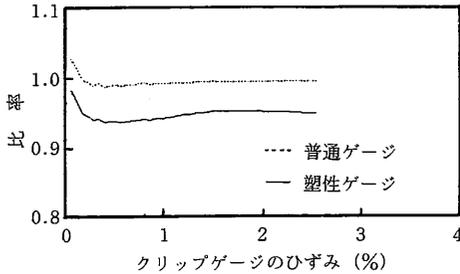


図-3 GFRPロッドにおけるクリップゲージを基準とした普通ゲージおよび塑性ゲージの測定値比率

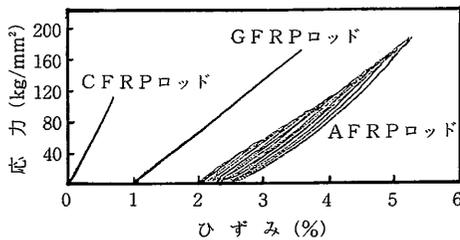


図-4 各種FRPロッドの漸増繰り返し載荷時応力-ひずみ曲線

な変形を受けるものは塑性ゲージの値が他の測定値より小さな値として測定されている。

一般的には各種FRPロッドの応力-ひずみ曲線は直線関係で表されるが、詳細に検討してみるとAFRPロッドおよびCFRPロッドは共に曲線的傾向となり、GFRPロッドでは応力-ひずみ曲線の関係は直線関係となることからわかる。特にAFRPロッドは低応力の範囲でひずみの増分が大きくなり高応力になるに従ってひずみの増分は少なく下に凸状の3次曲線で示すことができる。このことは高応力になるに従って弾性係数も増大傾向となり設計および解析上問題点が生じて来る。CFRPロッドではAFRPロッドとは異なりわずかではあるが初期の段階から下に凸状の曲線であることがわかる。

図-3は一例としてGFRPロッドの応力-ひずみ曲線の関係からクリップゲージで得られたひずみの値を基準とし、普通ゲージおよび塑性ゲージの値を比率で表した

表-1 単調載荷時のひずみの比率(最大応力の85%時)

	AFRPロッド	GFRPロッド	CFRPロッド
塑性ゲージ	0.908	0.960	0.993
普通ゲージ	0.958	1.023	1.009

(クリップゲージのひずみを1とした)

表-2 漸増繰り返し載荷時の残留ひずみの比率

	AFRPロッド	GFRPロッド	CFRPロッド
塑性ゲージ	1.207	4.263	0.408
普通ゲージ	1.182	3.245	0.310

(クリップゲージを用いた際の残留ひずみを1とした)

ものである。また表-1はクリップゲージを基準にして各種FRPロッドのひずみ測定値の比率を求めたものである。これらより静的単調載荷の場合であってもクリップゲージと5%以内の誤差で測定できるのは普通ゲージであって、塑性ゲージの場合にはロッドによっては測定値が小さな値となる場合があることがわかる。

これらの結果より単調載荷の場合ではFRPロッドの応力-ひずみ曲線はクリップゲージまたは普通ゲージで求めるのがよい。なお、最大ひずみまでを求めようとする場合は、クリップゲージの損傷などを考慮すると普通ゲージで測定することが最適である。

3.2 FRPロッド荷漸増繰り返し載荷の応力-ひずみ曲線

荷漸増繰り返し載荷試験ではAFRPロッドおよびGFRPロッドは共に応力比で85%までとし、CFRPロッドでは65%までの漸増載荷を行ったときの応力-ひずみ曲線を求めた。

図-4はクリップゲージを用いて測定した各種FRPロッドの荷漸増繰り返し載荷(一回ごと500kg増)における応力-ひずみ曲線を示したものである。また普通ゲージおよび塑性ゲージでも同様な測定を行い、その結果を表-2(クリップゲージの値を基準としてそれぞれ比率で表したものである)に示す。この図よりCFRPロッドおよびGFRPロッドでは、荷重除下後のひずみは、最大ひずみに対して2~3%の残留ひずみであるのに対してAFRPロッドでは約18%近くの非常に大きな残留ひずみが生じることがわかる。

表-2より荷漸増繰り返し載荷を行った場合、普通ゲージおよび塑性ゲージを用いて測定すると、クリップゲージに対して非常に大きな残留ひずみが生じることがわかる。特にGFRPロッドではクリップゲージに対して3倍~4倍強の大きな値になることが明らかになった。またCFRPロッドではクリップゲージの値のほうが大き

研究速報

くなっているように見えるが双方共に非常に小さな残留ひずみ値であり実用上の問題はないと考えられる。

これらの結果より、AFRPロッドでは荷重漸増繰り返しを行うことによっていずれのひずみ測定方法においても残留ひずみが徐々に加算され、他のFRPロッドに比べ残留ひずみが非常に大きくなることわかる。また、GFRPロッドはクリップゲージ法によって得られた残留ひずみはほぼ0近辺に戻り直線関係が得られるが、普通ゲージおよび塑性ゲージ法ではAFRPロッドと同様に残留ひずみは大きな値となる。

これらより荷重漸増繰り返し載荷における、ひずみ測定法としてクリップゲージを用いて応力-ひずみ曲線を求める方法が最適である。

3.3 FRPロッド荷重漸増繰り返し20回載荷の  
応力-ひずみ曲線

荷重漸増繰り返し20回載荷試験では下限値を(応力比25%)一定とした。AFRPロッドおよびGFRPロッドでは上限応力比を50%、75%とし、それぞれ20回の荷重漸増繰り返しを行ったときの応力-ひずみ曲線を求めた。またCFRPロッドは上限応力比75%載荷途中で破断したものを示したものである。

図-5は前述と同様にクリップゲージを用いて測定した各種FRPロッドの荷重漸増繰り返し20回載荷における応力-ひずみ曲線を示したものである。また普通ゲージおよび塑性ゲージでも同様な測定を行いその結果を表-3に(クリップゲージの値を基準としてそれぞれ比率で表したものである)を示す。

この図より荷重漸増繰り返しと同様に、CFRPロッド

およびGFRPロッドで荷重除下後のひずみは最大ひずみに対して1.5~2.5%の残留ひずみであるのに対して、AFRPロッドでは約18%近くの非常に大きな残留ひずみが生じることがわかる。AFRPロッドの特徴的なこととしては各応力比ともに処女載荷時と繰り返し載荷時では応力-ひずみ曲線が他のFRPロッドと異なる傾向を示す。この原因として、高分子系複合材料からなるアラミド繊維は繊維構造中に結晶部分と非晶部分を有し完全な結晶でないためにこのような結果が得られたのではないかと考えられる。

表-3より荷重漸増繰り返し20回載荷を行った場合普通ゲージおよび塑性ゲージを用いて測定するとクリップゲージに対して非常に大きな残留ひずみが生じることになる。AFRPロッドではクリップゲージに対し1.2倍~1.5倍となり、また特にGFRPロッドではクリップゲージに対して9倍~15.5倍強の測定値となり、荷重漸増繰り返しよりもさらに大きな値になることが明らかになった。またCFRPロッドでは荷重漸増繰り返しと同様に、いずれの測定でもほぼ同じ測定値が得られることになる。

以上の結果から、3.2の場合と同様に荷重漸増繰り返し20回載荷においても応力-ひずみ曲線は、クリップゲージ方式を用いて測定する方法がより最適であることが明確になった。なおAFRPロッドにおいては、いずれのゲージ法を用いて測定しても大きな残留ひずみが生じるが、これは繊維そのものの有する特徴であると考えられる。

4. あ と が き

本報告では、FRPロッドの応力-変形特性および各種ゲージによる測定方法の違いによる応力-ひずみ曲線について検討したが、AFRPロッドの場合には処女載荷時と繰り返し時の応力-ひずみ曲線に違いが認められ、また大きな残留ひずみが残る。なぜこのような現象になるのかについても今後検討する必要がある。

今後は、設計段階で要求される弾性係数をどの方法で決定するのか等について検討すると共に繊維量の違いによる影響等も今後検討し報告する予定である。

(1991年2月25日受理)

参 考 文 献

- 1) 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(1), 生産研究, 第42巻, 第5号, 1990.5
- 2) 魚本, ホッサム:プレストレストコンクリート用FRP緊張材の特性(2), 生産研究, 第43巻, 第3号, 1991.3
- 3) 小林一輔:FRP製プレストレストコンクリート緊張材用定着装置, 生研リーフレット, No. 158, 1987

表-3 漸増繰り返し20回載荷時の残留ひずみの比率

	AFRPロッド	GFRPロッド	CFRPロッド
塑性ゲージ	1.528	15.563	0.548
普通ゲージ	1.223	9.372	0.303

(クリップゲージを用いた際の残留ひずみを1とした)

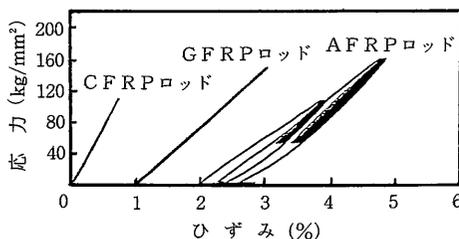


図-5 各種FRPロッドの漸増繰り返し20回載荷時応力-ひずみ曲線