

V-106 プレストレストコンクリート用FRP緊張材の応力-ひずみ曲線と弾性係数

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 正会員 魚本健人

1. まえがき

本研究は、FRPロッドとして、アラミド繊維、ガラス繊維、カーボン繊維を用いた一方向強化プラスチックロッド(それぞれAFRPロッド、GFRPロッド、CFRPロッドと略記する)を取り上げ、これをプレストレストコンクリート用緊張材としてまた鉄筋コンクリート用補強材として十分使用に耐えるものとするための方法を明らかにすることを究極的な目的としている。すでにFRPロッドの引張強度特性ならびに繊維とFRPロッドとの関係については報告した¹⁾²⁾。しかし、設計及び解析において必要とされる応力-ひずみ曲線、弾性係数及び伸びなどの変形特性については、データ数が少なく、一般的には弾性体であると考えられている。そこで本報告はFRPロッドの変形特性を明らかにすることを目的として、実験した結果を取りまとめたものである。なお、FRPロッドのひずみ測定方法についても検討した。

2. 実験概要

実験に用いたFRPロッドの補強繊維の種類、品質及びロッドの引張試験方法については既報³⁾と同様な条件で行った。測定した項目は各種FRPロッドの①単調載荷時、②荷重漸増繰返し載荷(一回毎500kg増)、および③荷重漸増20回繰返し載荷(下限応力比を25%一定とし、上限応力比50, 75, 85%)を行った場合の応力-ひずみ曲線を求めた。FRPロッドのひずみを測定する方法として、クリップゲージ(標点距離50mmひずみゲージ式伸び計)を基準とし、従来使用されている普通ワイヤストレインゲージ(2mm)および塑性ワイヤストレインゲージ(5mm)との相違についても実験した。なお、普通ゲージおよび塑性ゲージはロッド中央にいずれも対称に2枚ずつ表面に貼付した。試験片の長さはいずれのFRPロッドも80cmとした。また、実験に使用した試験機は10ton サーボパルサ(荷重制御型)で、荷重速度は20~22kg/secとした。

3. 実験結果と考察

図-1は各種FRPロッドの単調載荷による応力-ひずみ曲線を示したものである。この図よりFRPロッドによる応力-ひずみ曲線の違いはあるものの、いずれのひずみ測定方法を用いても破断時まではほぼ同様な曲線となることが明らかとなった。しかし、CFRPではいずれの測定方法でもほぼ同じ曲線となるが、AFRPロッドおよびGFRPロッドのように大き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と考えられているが、詳細に検討して見るとAFRPロッドおよびCFRPロッドは共に曲線となり、GFRPロッドでは直線となることがわかる。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。AFRPロッドは低応力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なる。このことは高応力になるに従って弾性係数が増大することになり設計および解析上問題点が生じて来る。

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。静的単調載荷の場合で

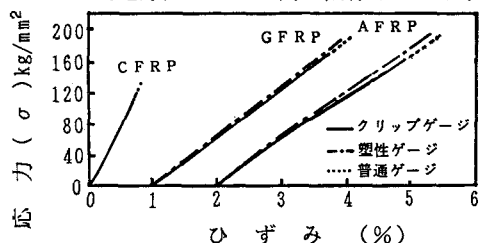


図-1 単調載荷時の応力-ひずみ曲線
表-1 単調載荷時のひずみの比率(応力比85%)

	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

(応力比85%時のクリップゲージのひずみを1とした)

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。

図-2は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返し载荷における応力-ひずみ曲線を示したものである。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ロッドで残留ひずみが徐々に加算され最終的には約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。GFRPロッドおよびCFRPロッドでは、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近辺に戻るが、普通ゲージおよび塑性ゲージ法では、AFRPロッド同様に残留ひずみは大きな値として計測されることが明らかとなった。これらの結果より単調载荷の場合では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く荷重漸増繰返し载荷ではクリップゲージを用いるのがよい。なお、単調载荷で最大ひずみまでを求めようとする場合には、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。

図-3は、図-1のクリップゲージ法で得られた応力-ひずみ曲線より求めた各応力比と割線弾性係数との関係を示したものである。この図よりGFRPロッドでは荷重が増加しても割線弾性係数はほぼ一定であるのに対して、CFRPロッドは直線的に増加し、またAFRPロッドは曲線関係となり違った挙動を示していることがわかる。この関係を利用すると応力ひずみ曲線は図-4に示すように、GFRPロッドは1次曲線、CFRPロッドは二次曲線およびAFRPロッドは三次曲線で近似されることが分かる。なおCFRPロッドは直線近似すると弾性係数の相違は7%程度、AFRPロッドでは13%程度となる。

4. まとめ

本報告では、FRPロッドのひずみ測定方法と各FRPロッドの応力-ひずみ曲線と弾性係数について実験的に検討した。これらの結果より単調载荷の場合では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測定すること、また繰返し载荷においてはクリップゲージを用いて測定することが最適である。FRPロッドの種類によっては微少応力区間における変形量が荷重によって異なる場合があることが明らかとなった。

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) 西村、魚本:第45回土木学会年次講演会概要集第5部 1990.9.

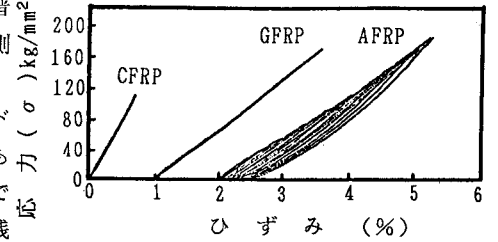


図-2 荷重漸増繰返し载荷時の応力-ひずみ曲線(クリップゲージ法)

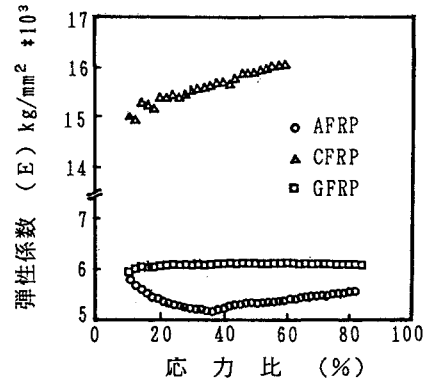


図-3 単調载荷時の応力比と弾性係数との関係

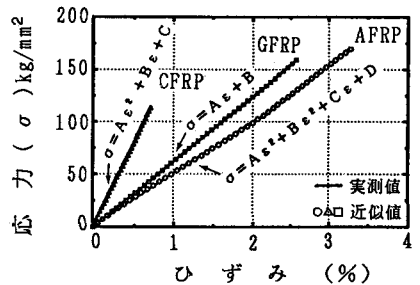


図-4 単調载荷時の実測値と近似値の応力-ひずみ曲線(クリップゲージ法)