

繊維束把持機構の開発

Part I. 繊維束の圧縮挙動

鮑力民*, 高寺政行**, 中沢賢*, 岩出卓***

信州大学繊維学部 機能機械学科(*) 感性工学科(**) 東レエンジニアリング(***)

1. 緒論

繊維束を把持する装置において、その把持効果、把持能力などは生産の過程に大きな影響を与えている。把持装置の能力と質を高めるためには、把持装置の把持力とその均一さを解析する必要があると考えられる。把持力は繊維と繊維の接触による法線力と考えると、繊維束の圧縮挙動が解析出来ればよい。

本研究では、繊維束の見掛けの圧縮弾性率と見掛けのポアソン比を測定する装置を開発し、その力学特性の測定を試みた。次に、繊維束と単繊維の力学特性の関係について、土木分野での不連続体の構造解析に応用されている個別要素法を参考にし、繊維束に適するシミュレーション方法を提案した。この方法を利用して、実験で測定した繊維束の物性値をもとに、単繊維の物性値を求めることを試みた。

2. 圧縮実験

2-1. 定義式

Fig. 1 に示すようにひずみ(ϵ)と応力(σ)を定義する。

$$\epsilon = \ln \frac{L}{L_0} \quad \sigma_y = \frac{P}{M \times N} \quad \dots (1)$$

ただし、 P は荷重である。

$$L_0 = \frac{2.7 \times A_0}{M} \quad A_0 = \frac{\pi}{4} n d^2 \quad \dots (2)$$

ここで、 n : 糸の本数、 d : 糸の直径である。

繊維束の見掛けのポアソン比

$$\nu = \frac{\Delta \sigma_x}{\Delta \sigma_y} \quad \dots (3)$$

繊維束の見掛けの弾性率

$$E = \frac{\Delta \sigma_y - \nu \Delta \sigma_x}{\Delta \epsilon_y} \quad \dots (4)$$

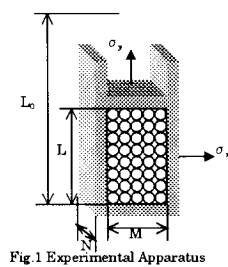


Fig. 1 Experimental Apparatus

2-2. Point センサテスト結果

従来は Fig. 2 のように受圧面に穴を開け円柱のセンサを通すことにより測定を行う Point センサを用いていた。そこで、このセンサの有効性、及び、側面と繊維束による摩擦の影響を調べてみた。Fig. 3 で示したように、加圧部とセンサで測定した応力とが一致しない事が分かった。

2-3. Plate センサテスト結果

受圧面に $M \times N$ の板を挟み、その板にかかる応力を片持ち梁に取り付けた歪みゲージで計測する方法を Fig. 4 のように提案した。テストの結果は Fig. 5 に示している。

本実験では Fig. 4 の Plate センサを側面に応用し、圧縮実験を行った (Fig. 6)。

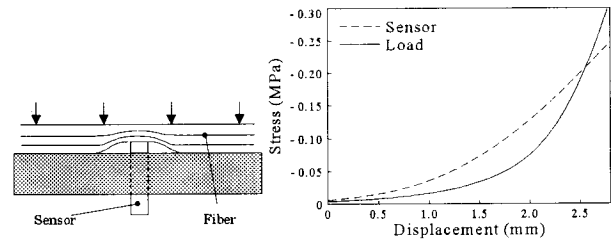


Fig. 2 Point センサ

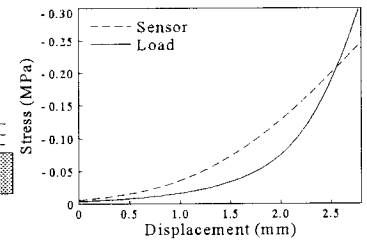


Fig. 3 Point センサのテスト結果

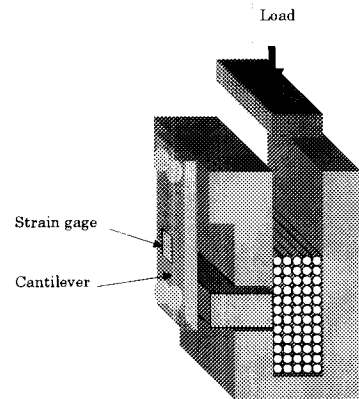


Fig. 6 繊維束の圧縮特性測定装置

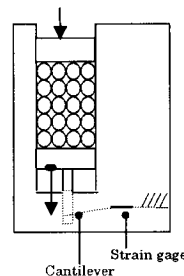


Fig. 4 Plate センサ

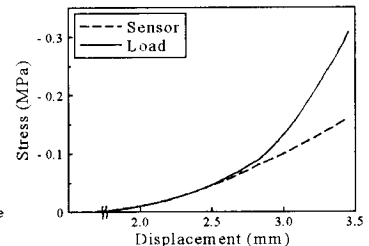


Fig. 5 Plate センサのテスト結果

2-4. 圧縮実験結果

前述の装置と式により、試料の見掛けのポアソン比、見掛けの弾性率を求める事ができた。Fig. 7, Fig. 8 はナイロン 333d の見掛けのポアソン比と見掛けの弾性率の実験結果である。

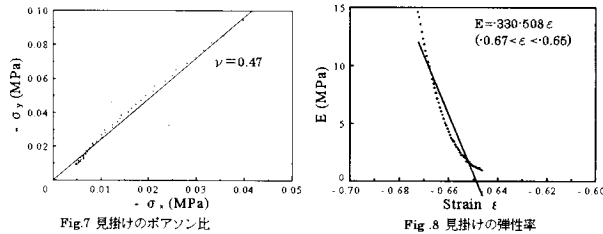


Fig.7 見掛けのポアソン比

Fig.8 見掛けの弾性率

3. 個別要素法を応用した解析

媒質を小要素あるいは粒体の集合体として扱う考え方においてシミュレーション手法としては Cundall (1971) による個別要素法 (DEM) が先駆的な手法であり、主に土(地盤、石、岩盤を含む)を対象に研究が進められてきた。これは不連続面で区切られた要素の集合体において個々の要素ごとに独立した2階常微分方程式をたて、時間領域においてステップ・バイ・ステップで前進的に解くことにより要素の挙動を追跡し、その集合体としての挙動を解析しようとするものである。本研究ではこれを繊維束に応用し、繊維束の圧縮挙動を計算により解析した。

繊維束を Fig. 9 のようにモデル化し、個別要素法により、解析する。モデル化が容易な為、最密状態で考える。単繊維のポアソン比、弾性率は始め適当な値を入力する。

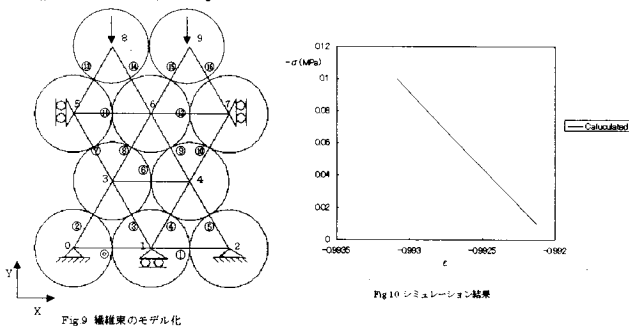


Fig.9 繊維束のモデル化

Fig.10 シミュレーション結果

実験で用いたナイロン 333d を例にシミュレーションを行った結果が Fig. 10 である。

ポアソン比が計算値において、どの程度影響が出てくるか比較を行ったのが Fig. 11 である。ここから、ポアソン比の違いによる影響は少ないことが分かる。

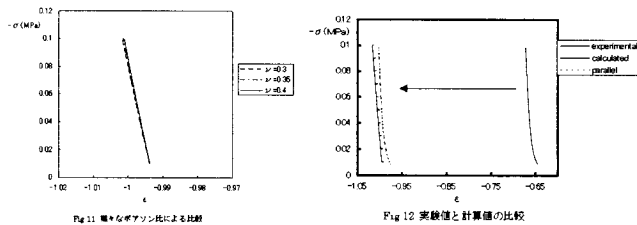


Fig.11 異なるポアソン比による比較

Fig.12 実験値と計算値の比較

実験値と計算値を比較したのが Fig. 12 である。見掛けの弾性率は傾きであるため、平行移動させ、比較を容易にさせる。

次に単繊維の弾性率を求める。

上記の結果より、ポアソン比は応力ひずみ曲線に及ぼす影響が少ない事が分かった。したがって、す

べてのポアソン比を 0.3 とし、単繊維の弾性率を幾つか用意し、実験データと組み合わせてみた。Fig. 13 がその結果である。実験データと各データの傾きを比較すると、2MPa から 3MPa の間であることが分かる。

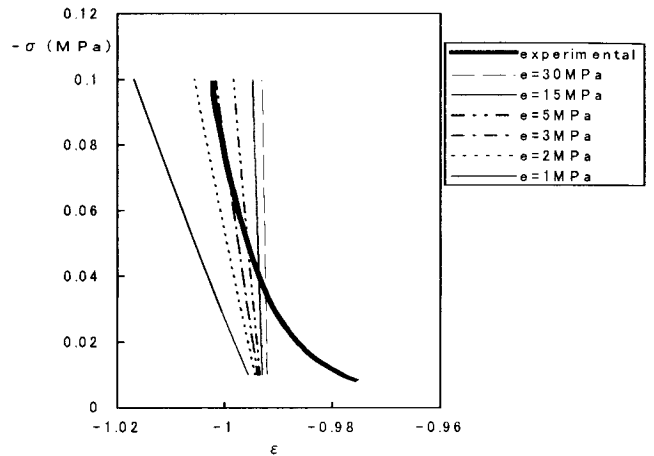


Fig.13 計算値と実験値による見掛けの弾性率の比較

4. まとめ

1. 繊維束の圧縮特性を測定する装置について、現在使われている Point センサの問題点を確認し、Plate センサを用いた圧縮測定装置を提案し、その有効性を確認した。
2. 繊維束の重複実験で、繊維束の圧縮曲線について、立ち上がる点がずれる事を確認した。圧縮曲線の直線部の傾きは、ずれと関係なく一致していることが示された。
3. その装置を利用して、いくつかの繊維束の圧縮実験を行い、繊維束の見掛けの弾性率とポアソン比を求めた。圧縮実験により繊維束の見掛けの弾性率を1次の近似式で、繊維束のポアソン比を定数で近似できることが分かった。
4. 非連続体に応用されている個別要素法を参考にして、繊維束内の繊維同士の接触に円柱接触理論を用いた繊維束圧縮のシミュレーションの方法を提案した。
5. シミュレーションの結果、繊維束の見掛けの弾性率において単繊維のポアソン比の影響が少ないことが示された。
6. 実験で求めた繊維束の見掛けの弾性率と、計算で求めた繊維束の見掛けの弾性率を比較することにより、単繊維の弾性率を予測することができた。

参考文献

- (1) P. A. Cundall, O. D. L. Strack, *Geotechnique*, 29, No. 1, pp. 47-65 (1979).
- (2) 木山英郎、藤村尚、土木学会論文報告集 第 333 号・1983 年 5 月