

曲げ試験体の応力分布

琉球大学農学部 林 弘也・久徳 信二

1. はじめに

曲げ荷重を掛けた木材梁は荷重点には集中的な応力を生じ、木材梁の荷重点は比較的小さな荷重で大きな変形をすることになり、曲げ弾性率や曲げ破壊荷重を求めるときには誤差を生じる。また木構造の仕口のように曲げ荷重を受ける部材では、同様な集中的な応力を生じ、構造上の弱点となることがある。曲げ荷重により集中的な応力が発生する材部は荷重点や支持点の形態や状態により異なるが、材の応力発生の状態や応力分布を把握することが集中的な応力の影響をできるだけ除く適切な条件を設定するために必要であり、また材の弾性率を求めるときにも破壊強度を求めるときにも重要である。

本報告は、動的な曲げ弾性率を求める片持ち梁の応力分布を有限要素法で求め、主に梁の固定部分の応力分布を検討した。

2. 実験方法

片持ち梁のたわみや応力は、材を三角形要素に分割した二次元弾性の有限要素計算によって求めた。計算プログラムは下関正義のプログラム³⁾を使用した。スギ材をモデルにし、材の繊維軸方向200mm、接線方向20mm、厚さ2mmの片持ち梁を仮定した。梁の固定部分の長さは40、50mmとした。入力データは木材工業ハンドブック²⁾から引用した次表のスギ材データである。

表-1 スギ材の強度データ

含水率	15%	容積密度	0.33g/cm ³
ヤング率 E _L	75×10 ³ kgf/cm ²	ポアソン比 μ _L	0.60
圧縮強さ σ _L	280kgf/cm ²	引張強さ σ _T	560kgf/cm ²

要素の大きさは集中応力が生じると考えられた固定した材部は梁を細かく分割した。最少要素の寸法は繊維軸方向5mm、接線方向2.5mmの三角形要素である。計算上の軸を設定したが、梁の長手方向をx軸、高さ方向をy軸とした。要素分割の一例を図-1に示した。計算はPC-9801Eパーソナル計算機を使用した。

3. 実験結果及び考察

(1) 計算の検討 有限要素法の計算は、計算機のメモリー容量上の制限から分割要素数が限定される。本計算機では、要素数は640要素が計算限度であったので、最大要素数を640要素とした。プログラムの検討は次式で求めた曲げたわみ¹⁾と有限要素計算によって求めた曲げたわみを比較して行った。

$$\delta M = 4PL^2 / Ebh^3$$

理論式による曲げたわみと異なった要素数の計算結果とを図-2に示した。640要素の時に計算値が7.42mmとなり、理論値の8.2mmに最も近似し、この時の差は7.25%であった。材の繊維軸方向の圧縮では両者の差は1%

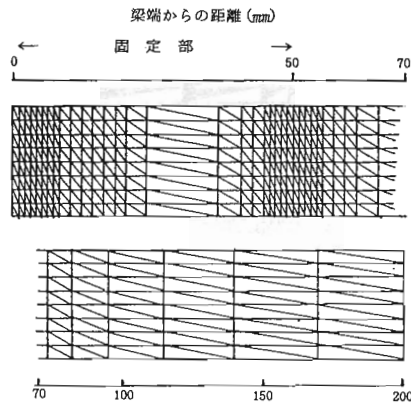


図-1 要素分割図

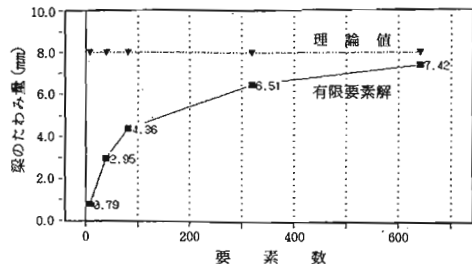
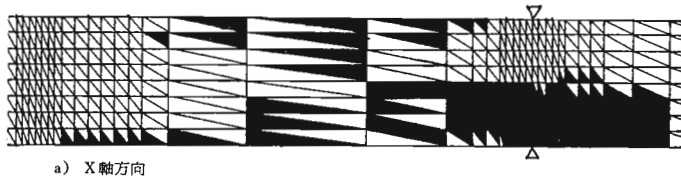


図-2 理論値と有限要素解

以内に収まり、曲げたわみの誤差は多少大きい、片持ち梁の応力分布の検討には問題は無いものと考えた。

(2) 片持ち梁の応力分布 梁の固定部分長 40, 50mmのそれぞれについて、負荷荷重を曲げ強さの 29.5, 43.6, 79.5, 100%とし応力分布を求めたが、応力分布状態は同じであった。x軸方向の応力は梁の上部側では引張り応力、下部側では圧縮応力を生じていた。y軸方向の応力は梁固定部は、梁の上部側では圧縮応力、下部側では引張り応力である。固定されていない部分では、梁の上部側では引張り応力、下部側では圧縮応力を生じている。固定部の応力は固定されていない部材の応力よりも小さく、y軸方向はx軸方向と同じ変化をしたが、応力値はいずれもx軸方向よりも小さい値である。材軸方向の応力が梁の応力状態の支配的要因であった。梁の固定部付近のx軸、y軸方向の圧縮応力を生じた要素を図-3に示した。



a) X軸方向



b) Y軸方向

図-3 梁固定部分(50mm)の圧縮応力分布(圧縮応力: 黒色要素)

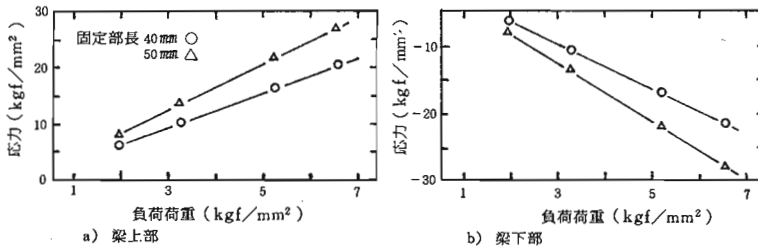


図-4 梁に生じたx軸の最大応力 (引張応力: +, 圧縮応力: -)

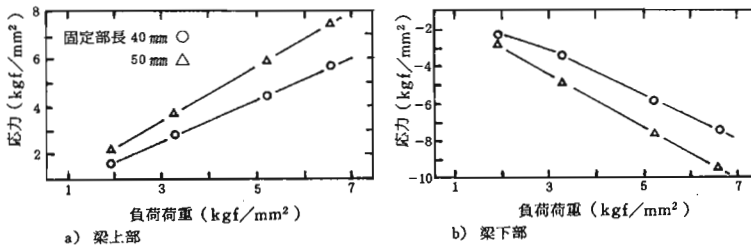


図-5 梁に生じたy軸の最大応力 (引張応力: +, 圧縮応力: -)

梁の最大の応力を生じる要素は梁の上下面にある固定部の端に接した要素である。この要素のx軸方向応力値が材軸方向の圧縮強度 3.5kg/mm²、引張強度 9.0kg/mm²を越えてしまい、梁が部分的に破壊を生じていることを示した。図-4、図-5は要素の最大応力値と負荷荷重の関係を示したが、負荷荷重が曲げ強度の 29.5%以外の荷重では梁の下側、上側ともに既に強度を越えた応力を生じていた。y軸方向の応力についても同様の現象が生じている。

梁の固定部分と未固定部分では応力状態が急激に変化するので、両者の境界線に接する要素の応力を求めた。x軸方向では、両者の要素とも梁の上部側が圧縮であり、下部側が引張であった。梁のほぼ中央部で応力がゼロとなっている。y軸方向では、一定した傾向はなく、圧縮応力と引張応力が交互にあるが、梁の最下部は圧縮応力、最上部は引張応力であった。梁の上下部分だけでなく、内部でも部分的に破壊強度を越える応力が発生しており、梁は破壊しているものと考えられた。

4. 結論

片持ち梁の曲げ応力による応力分布を有限要素法で解析し、次のような結論を得た。

- 1) 片持ち梁の固定端部分では、梁の上側及び下側に圧縮応力を生じる。
- 2) 固定部分と未固定部分では、圧縮応力と引張応力の発生位置が入れ替わる。
- 3) 片持ち梁の固定端部分では、曲げ強度の 43.6%の負荷加重でも圧縮破壊を生じる。

引用文献

- (1) 小西一郎: 構造力学, pp.16~116, オーム社, 東京, 1961
- (2) 農林省林業試験場編: 木材工業ハンドブック, pp.174~175, 丸善, 東京, 1973
- (3) 下関正義: 有限・境界要素プログラミング, pp.35~45, 日刊工業新聞社, 東京, 1986