

バットジョイントを有する集成材はりの弾塑性挙動

秋田大学 学生会員 ○太田 篤
 秋田大学 正会員 長谷部 薫
 秋田大学 正会員 薄木 征三

1. まえがき

構造用集成材ラミナの長さ方向（木材の繊維方向）への縦継ぎにはフィンガージョイント、スカーフジョイント、バットジョイント（BJ）接合がある。その中でも BJ は、直角に切断した材面を突きつける最も簡単な接合で、特殊な加工機械を必要としないので経済的である。しかし他の接合に比べて十分な強度性能が得られないため、構造用集成材ラミナの縦継ぎには用いられていない。本論文では、BJ 接合部を有するラミナを用いて試作したスギ集成材を対象として曲げ載荷試験を行い、集成材はりの強度性能および曲げ特性に及ぼす BJ の影響を明らかにし、構造用集成材ラミナへの BJ 接合の適用性を考察する。また、2次元の FEM 解析を行い、破壊に至るまでの曲げ試験体の弾塑性挙動を明らかにする。

2. 曲げ試験体および試験方法

試験体の集成材を製作する前に、372×18.1×3.7cm の杉ラミナ 80 枚のヤング係数を小荷重の曲げ試験および縦振動法により求め、得られた各ラミナのヤング係数を基に、8 枚のラミナからなる 350×24×8cm の対称異等級構成集成材を 18 本製作した。ケース 1-0 は BJ の無い試験体であり、またケース 1-1 からケース 1-4 は支間中央の引張側に BJ 部を 1 つ有する試験体で、本文ではケース 1-1 およびケース 1-2 について触れることにする。

試験体は、図-1 に示すように単純支持とし、3 等分点 2 点荷重法とした。また支間中央の変位を測定し、支間中央の各層および継手部付近に貼り付けたひずみゲージによりひずみを測定した。破壊試験では、予想破壊荷重 P_{max} の 1/3 まで載荷および除荷した後 2/3 P_{max} まで載荷および除荷し、最終的に破壊するまで載荷した。

3. 解析方法

解析に用いたプログラムは非線形構造解析プログラム MSC/Marc で、2次元の弾塑性解析を行った。解析に用いた要素は、4 節点からなる平面長方形要素を用

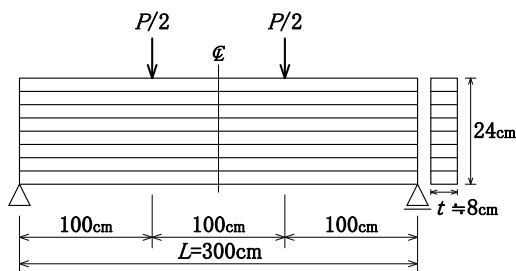


図-1 曲げ試験

い高さ方向に 64 分割、支点間を 240 分割して全要素数は 15360 である。図-2 に BJ 部の節点を示す。ケース 1-1 の下縁部およびケース 1-2 等の BJ 部は節点を共有させず独立として解析した。図-3 は応力-ひずみ関係を示しているが、直応力とひずみは引張側で線形、圧縮側で完全弾塑性モデルを採用し、せん断応力とせん断ひずみは圧縮側および引張側で完全弾塑性モデルを仮定して解析を行った。

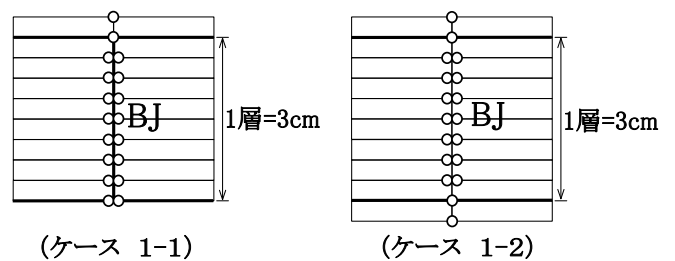
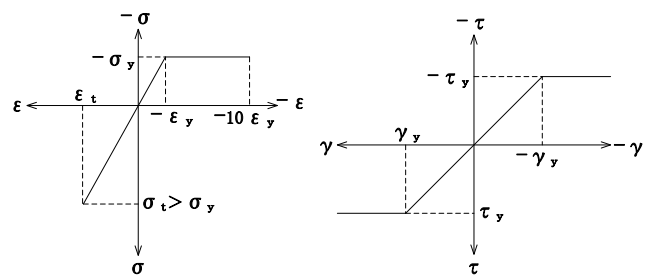


図-2 バットジョイント(BJ)部における節点



直応力-ひずみ せん断応力-せん断ひずみ

図-3 応力-ひずみ関係

4. 実験結果および解析結果

支間中央部の引張下縁側 1 層目に BJ を設けたケース 1-1 の荷重-たわみ曲線を図-4 に示しているが、最大荷重 $P=25.0\text{kN}$ 時の圧縮縁の弾性解の曲げ応力は

17.1MN/m²で、ケース 1-0 における降伏応力の 59% の値であり、降伏応力に達する前に破壊したと考えられる。破壊の状況は、BJ 部と隣接した下縁から 1 層目と 2 層目の接着層から水平クラックを生じて破壊に至っており、最大荷重はケース 1-0 の 44% と小さい。図中の実線は BJ 部を考慮した解析値で、破線はケース 1-0 と同様に BJ が無い場合の解析値である。黒丸の実験値は P=15kN 付近から非線形性が見られるが、これは下縁から 1 層目と 2 層目の接着層の水平クラックの影響によるものと思われる。実線と破線の計算値より、たわみに及ぼす BJ の影響は 8% となっている。なお、このモデルの BJ を有する下縁層のラミナは、集成材を構成する外層用ラミナに相当する¹⁾。

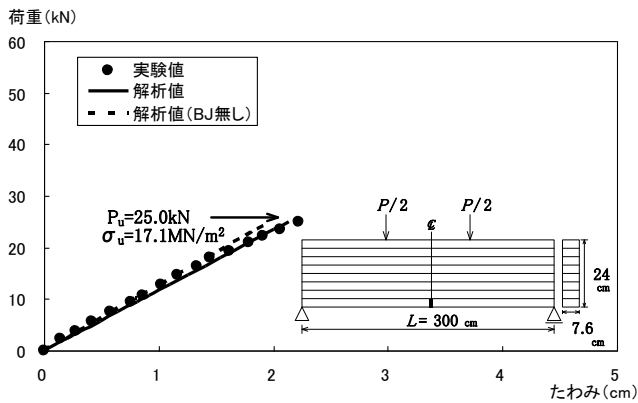


図-4 荷重-たわみ曲線 (ケース 1-1)

図-5 はケース 1-1 の支間中央における断面内ひずみ分布を示しているが、支間中央の BJ 部でラミナが切断されていることより下縁層のひずみは零で、ひずみの最大値は水平クラックが生じた下縁から 1 層目と 2 層目の接着層に生じている。また、圧縮側では BJ を考慮した実線の計算値と、BJ が無い場合の破線の計算値および実験値はほぼ同程度となっており BJ の影響は小さい。

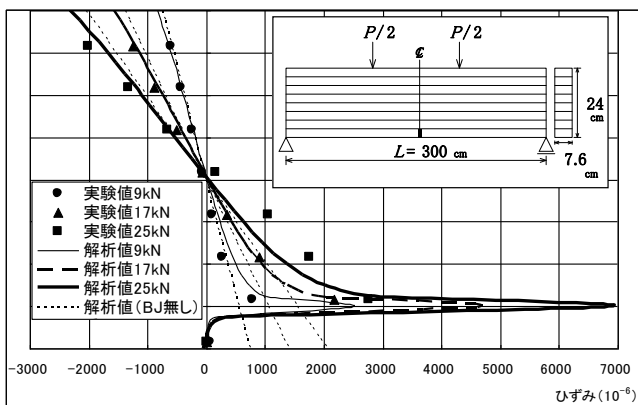


図-5 断面内ひずみ分布 (ケース 1-1)

図-6 は、支間中央部の引張下縁側 2 層目に BJ を設

けたケース 1-2 の荷重-たわみ曲線を示しているが、P = 42.1kN 付近から黒丸の実験値は非線形挙動を示し、終局時は支間中央付近の下縁部で曲げ破壊した。図中の実線で示した計算値は、圧縮側の降伏応力を 28.9MN/m²とした場合の弾塑性解析値で、実験値よりやや大きな値を示している。また、継手の無い集成材に対する弾塑性解析値を破線で示しているが、実線と破線の計算値はほぼ一致しており、たわみに及ぼす BJ の影響はほとんど見られない。最大荷重はケース 1-0 の 82% であり終局強度はやや低下している。なお、ケース 1-2 の BJ を有するラミナは、集成材の中間層用ラミナに相当する。

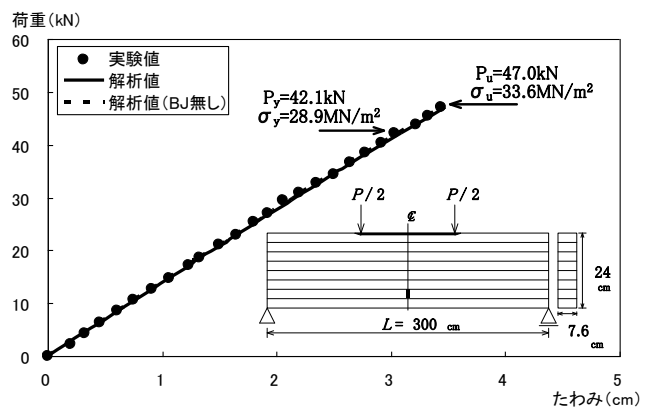


図-6 荷重-たわみ曲線 (ケース 1-2)

ケース 1-2 の支間中央における断面内ひずみ分布を図-7 に示す。図-5 に示したケース 1-1 と同様に BJ 部のひずみは零で、ひずみの解析値の最大値は BJ 部の下縁に生じており、実線の値は破線で示した BJ 無しの場合の値の 2 倍程度となっている。また、圧縮側では実線と破線で示した計算値は、P=47kN 時の弾塑性状態でもほぼ等しい値となっている。

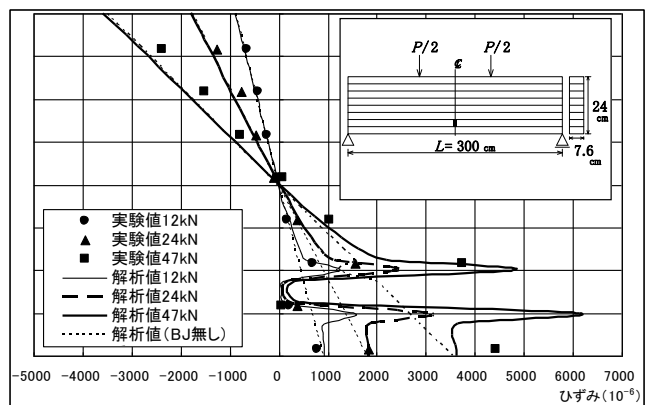


図-7 荷重-たわみ曲線 (ケース 1-2)

参考文献

- (社)日本農林規格協会：構造用集成材の日本農林規格，2003。