

I-37 異等級集成材梁の弾塑性挙動に及ぼす材料特性及び層構成の影響について

岩手大学工学部 学生員 ○山本 亮

岩手大学工学部 正員 出戸 秀明, 岩崎 正二, 宮本 裕

日本大学工学部 正員 五郎丸 英博

1. まえがき

近年、木材加工技術の進歩に伴い、長期耐久性に優れた集成材の製作が可能となり、集成材を主材料とする橋梁などの構造物が増加している。それに伴い集成材の研究も多数報告されているが、そのほとんどが弾性範囲内の研究であり、弾塑性挙動についての報告例は少ない。また、材料や層構成をある程度任意に構成できるという集成材の特徴にもかかわらず、その構成方法による集成材の弾塑性挙動に及ぼす影響については十分解明されていないのが現状である。

そこで本研究では、集成材梁の材料特性及び層構成を変化させ、弾塑性有限要素法解析を行うことにより、集成材の材料特性や層構成が集成材梁の弾塑性挙動、特に破壊荷重及びその時の変位に与える影響を明らかにした。

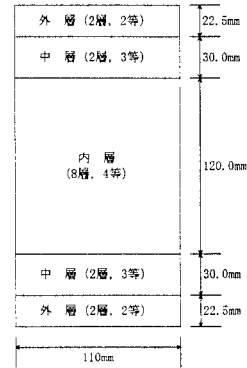


図-1 曲げ試験体の断面図

2. 集成材梁の解析理論と降伏条件式

本研究では集成材梁を解析するにあたり、解析モデルを平面応力モデルに仮定し、アイソパラメトリック矩形要素を用いた弾塑性有限要素法を適用した。集成材は一般に直交異方性の性質を有する複合材料と考えられているが、集成材を有限要素法により弾塑性解析を行う場合には、集成材に適用できる降伏条件式が必要である。そこで、本研究では降伏条件式として FRP 等に使用される Tsai-Wu の降伏条件を採用した。この破壊則は多項式形式で表現されており、平面応力状態下では以下の式で表される。

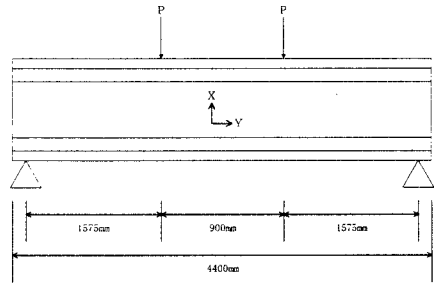


図2 曲げ試験体のスパンと載荷方法

$$\left( \frac{1}{\sigma_{xt}} - \frac{1}{\sigma_{xc}} \right) \sigma_x + \left( \frac{1}{\sigma_{yt}} - \frac{1}{\sigma_{yc}} \right) \sigma_y + \frac{1}{\sigma_{xt}\sigma_{xc}} \sigma_x^2 + \frac{1}{\sigma_{yt}\sigma_{yc}} \sigma_y^2 + \left( \frac{\tau_{xy}}{S} \right)^2 + 2F_{xy} \sigma_x \sigma_y = 1$$

この破壊則には  $F_{xy}$  という連成の強さを表現する項を任意に定義することが出来る。ただし、 $F_{xy}$  は以下の関係式を満たさなければならない。

$$(F_{xy})^2 \leq \frac{1}{\sigma_{xt}\sigma_{xc}} \cdot \frac{1}{\sigma_{yt}\sigma_{yc}}$$

ここで、 $\sigma_{xc}$ ,  $\sigma_{xt}$  は軸方向の圧縮強度と引張強度を表し、 $\sigma_{yc}$ ,  $\sigma_{yt}$  は横方向の圧縮強度と引張強度を表す。 $S$  は最大せん断強度である。

### 3. 解析モデル

本研究では基準となる解析モデルを、以前 JAS の規格で行った唐松材を用いた異等級集成材梁の破壊実験の曲げ破壊試験体<sup>(1)</sup>とした。試験体の層構成とスパン及び荷重方法を図-1、図-2 に示す。この試験体を 2 次元平面応力状態にモデル化し、直交異方性を考慮したアイソパラメトリック矩形要素を用いて FEM 要素分割を行った。解析モデルの総要素数は 720、総節点数は 819 である。また解析に用いた材料特性は、異等級集成材の材料破壊実験結果より得られた値を基準値として用いた (表-1)。表中の基準値の 1 つを 0.1 倍~2.0 倍と変化させ弾塑性有限要素解析を行い材料特性の影響を検討した。層構成の影響については基準となる解析モデルの高さを変えずに、各層の厚さをそれぞれ 0.1 倍~2.0 倍と変化させ解析を行った。

表-1 材料特性 (基準値)

外層の材料特性 (kgf/cm <sup>2</sup> )			
$E_s=1.09 \times 10^4$	$E_c=8.32 \times 10^4$	$\phi=1.24 \times 10^3$	$\tau_{sc}=85.6$
$\sigma_{sc}=95$	$\sigma_{cc}=606$	$\sigma_{cc}=38.8$	$\sigma_{cc}=43.0$
内層の材料特性 (kgf/cm <sup>2</sup> )			
$E_s=1.02 \times 10^4$	$E_c=7.79 \times 10^4$	$\phi=1.24 \times 10^3$	$\tau_{sc}=85.6$
$\sigma_{sc}=166$	$\sigma_{cc}=545$	$\sigma_{cc}=9.27$	$\sigma_{cc}=38.7$
内層の材料特性 (kgf/cm <sup>2</sup> )			
$E_s=9.24 \times 10^4$	$E_c=7.07 \times 10^4$	$\phi=1.24 \times 10^3$	$\tau_{sc}=85.6$
$\sigma_{sc}=358$	$\sigma_{cc}=491$	$\sigma_{cc}=20.0$	$\sigma_{cc}=34.8$

### 4. 影響評価法

本研究では、集成材梁の材料特性及び層構成の変化による弾塑性挙動への影響を表すパラメータとして、影響率による評価法を用いた。影響率は、次式によって算出する。

$$Inf(\%) = \left( \frac{After}{Before} - 1 \right) \times 100$$

ここで、*Inf* は影響率を、*Before* は基準となる材料特性及び層構成時の破壊時荷重 (破壊時変位) を、*After* は材料特性や層構成を変化させた後の破壊時荷重 (破壊時変位) を表している。この影響率を用いることにより弾塑性挙動の変化を相対的に比較することができる。

### 5. 解析結果例

解析結果の一例として、外層の  $E_x$  を変化させた時の破壊時荷重とその影響率を図-3 に示す。図中の横軸は倍率を、左縦軸は影響率 (棒グラフ) を、右縦軸は破壊荷重 (折れ線グラフ) を示している。他の解析結果については当日発表する。

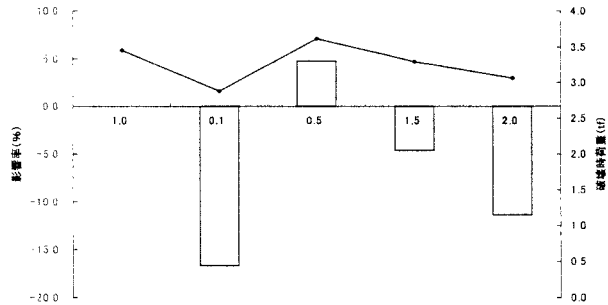


図-3 解析結果例 (外層の  $E_x$  を変化させた時の破壊時荷重と影響率)

### 6. 考察

材料特性を大きくした場合、基本的には、破壊荷重、変位の影響率共に大きくなる傾向が強いが、解析結果例にも見られるように、材料特性が大きくなっているにも関わらず、破壊荷重、変位の影響率が共に小さくなる場合も見られた。この原因として塑性化が急激に進展したことが考えられる。層構成に関しては、外層を厚くした場合、破壊荷重、変位の影響率が共に大きくなる傾向が見られる。また、内層を薄くしても破壊荷重、変位の影響率が共に大きくなることから内層では曲げに対してほとんど抵抗していないものと考えられる。

#### 【参考文献】

(1) 山本亮・宮本裕・岩崎正二・出戸秀明・五郎丸英博: 構造用集成材の強度特性について, 平成9年度土木学会東北支部 技術研究発表会講演概要 (1998)