

# 鋼板挿入集成材梁の曲げ解析

環境工学講座 7502422 荒木 祐  
指導教官 薄木 征三 後藤 文彦

## 1. はじめに

近年、環境や景観への配慮、ランドマーク性など、様々な面から木橋が見直されてきている中で、集成材に鋼板を挿入して接着補強したハイブリッド型の構造も試みられている。こうした鋼板挿入された梁では、鋼板が隣接する集成材部材と剥離しないことが強度を発揮する上で重要である。そこで、本研究では、過去に曲げ破壊試験に用いられた小型の鋼板挿入集成材梁のモデルに対して、複数のツールで直方体要素を用いた有限要素解析を行い、鋼板隣接部にどのような応力が生じるかについて考察する。

## 2. モデル化

解析モデルは、図のような文献<sup>1)</sup>で破壊試験に用いられた小型の鋼板挿入集成材梁で、幅  $b = 6\text{cm}$ 、桁高  $h = 12\text{cm}$ 、梁の軸長  $\ell = 108\text{cm}$ 、中央上下に  $b \times h = 0.9\text{cm} \times 4\text{cm}$  の鋼板が挿入されている片持ち梁で、8 節点 24 自由度の直方体要素で有限要素解析する。なお図のように  $yz$  面で二分された対称面について右半分を半解析する。境界条件は、対称面では  $x$  方向の変位を拘束、固定端では中立軸の  $y$  方向の変位を拘束。载荷条件は、荷重を自由端面の各節点に等分布に分散させて载荷する。具体的には载荷荷重を  $P$  とすると、隣接要素のない節点には  $p = \frac{P}{4n_x n_y}$  を、隣接要素が二つある節点には  $2p$  を、四つある節点には  $4p$  を、それぞれ  $y$  方向に载荷する。このモデルに対し、Melosh 要素<sup>2)</sup>を用いた独自のプログラムによる解析と、GPL ライセンスのフリーの有限要素解析ツール CalculiX(<http://www.calculix.de/>) のアイソパラメトリック要素を用いた解析とを行う。要素分割は、図のように鋼板部分を  $1 \times 4$  とし、梁全体では、 $n_x \times n_y \times n_z$  は  $4 \times 16 \times 100$  の要素分割を用いる。

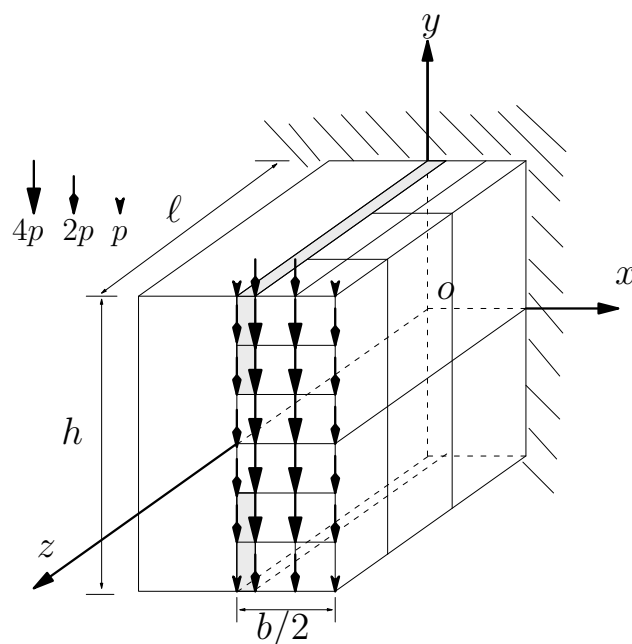


図-1 解析モデル

## 3. 鋼板を挿入した集成材梁の弾性解析

実際の実験<sup>1)</sup>で梁が破壊した最大荷重 14kN を载荷し、Melosh 要素と Calculix のアイソパラメトリック要素を用いて解析する。さて、Melosh で計算した縦断面方向の各要素ごとの応力分布を図-2～図-5 に示す。同様に、Calculix で計算した縦断面方向の節点応力の分布を図-6～図-7 に示す。固定端上(下)縁部のこのときの  $\sigma_{zz}$  は、Melosh で 76.693MPa、Calculix では 76.695MPa であり、有効数字は 4 桁一致する。なお、自由端図心のたわみは Melosh では 0.03843cm で CalculiX のアイソパラメトリック要素では 0.03843cm で有効数字 5 桁一致する。これは集成材の曲げ強度 32.4MPa に達しているため、この梁は曲げで破壊する。但し、このとき鋼板に隣接していない集成材のせん断応力は図-2 のように場所によっては集成材のせん断強度 2.9～3.6MPa に達しており、ここで集成材の破壊に伴う剥離を生じる可能性を示している。次に、この集成材が先にせん断で破壊しているのか、曲げで破壊しているのか確認するために、最大荷重の約半分の 7000N を载荷した。この時鋼材の  $\sigma_{zz}$  は 42.5MPa になり先に曲げ破壊起こしているが、せん断応力は 0.65MPa でありせん断破壊はおこしていない。さらに 10780N を载荷した場合、縦断面の上縁部から半分の要素が曲げ破壊し、鋼板の斜め横の集成材要素のせん断応力は 3.46MPa でせん断破壊を起こし始める。このことから、先に

曲げ破壊が生じ、曲げ破壊が半分くらいまで進んだところで、せん断破壊が生じることがわかる。

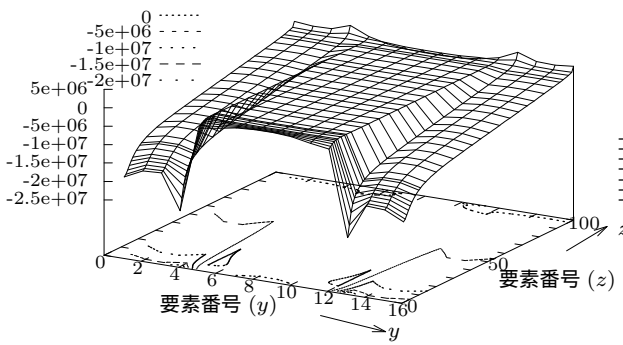


図-2 対称面から2要素目の  $\tau_{xy}$

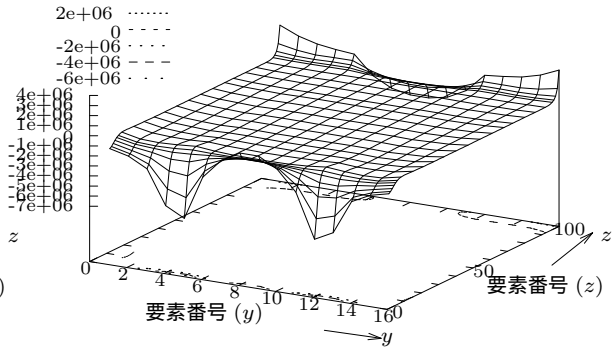


図-3 対称面から3要素目の  $\tau_{xy}$

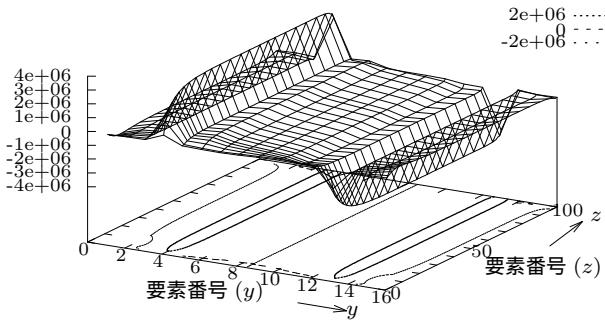


図-4 対称面から2要素目の  $\tau_{xz}$

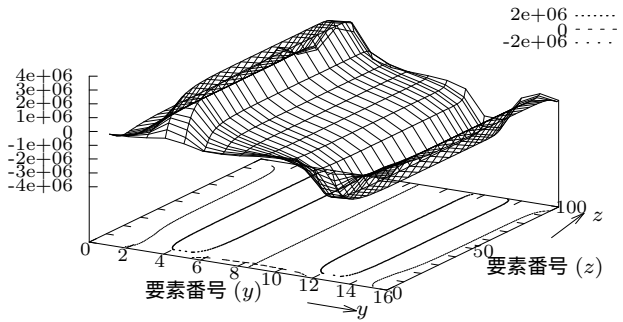


図-5 対称面から3要素目の  $\tau_{xz}$

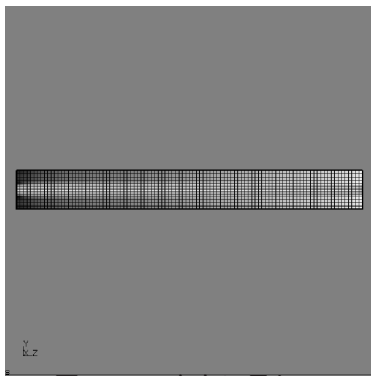


図-6 +x 方向に見た  $\tau_{xy}$

Max=4.50MPa(白),min=-0.114MPa(黒)

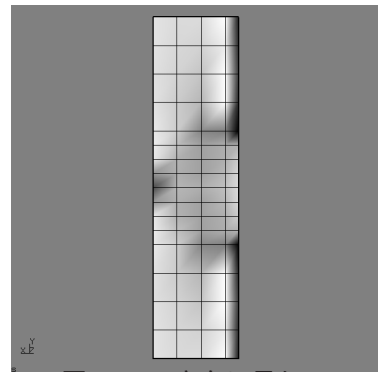


図-7 +z 方向に見た  $\tau_{xy}$

Max=4.50MPa(白),min=-0.114MPa(黒)

#### 4. まとめ

鋼板を挿入した集成材の片持ち梁に対し、Melosh 要素を用いた独自のプログラムとアイソパラメトリック要素の二つで解析を行ったが、この二つの手法による解析値の差はたわみ、応力ともに差がないことが分かった。つまり、この精度であれば Melosh 要素を用いた簡易なプログラムでも十分に解析可能である。集成材が破壊する際は、まず引張側の鋼材と隣接する縦断面の要素から順に曲げで破壊して行き、鋼材の桁高の半分の要素まで来たところで、集成材の一部がせん断破壊を起こし始める。さらに荷重を掛け続けると鋼材と鋼材の間の集成材がせん断破壊を起こすことがわかった。

#### 参考文献

- 1) 坪野 貴志、虻川 友喜、松沢 強、薄木 征三：平成 9 年度東北支部講演概要集
- 2) R.J.:Structural analysis of solids, J.Structural Div., Proc. ASCE, Vol.89,NO.ST4, pp.205-223,1963