

I-40

熱膨張と乾燥収縮を伴う鋼板挿入集成材梁の有限要素解析

秋田大学大学院 ○学生員 高橋 明洋
 秋田大学 正 員 後藤 文彦
 秋田大学 正 員 薄木 征三

1. はじめに

近年、集成材を鋼板や鉄筋で補剛することにより比較的スパンの長い道路橋にも集成材が用いられるようになってきている。こうした集成材と鋼材との合成構造や複合構造は、強度的に多くの利点を持っているが、そうした利点がじゅうぶんに発揮されるためには、応力を伝える木材と鋼材との接触面が適切に接着されていて、なめらかに応力を伝達できることが必要である。

一方、木材と鋼材とでは、熱膨張率が大きく違い、更に木材は乾燥収縮の影響を受けるため、自然環境下での温度や湿度の変化により、木材と鋼材との接着面付近に応力が発生したり、そのことで接着面にずれや剥離が生じる可能性もあるが、こうした影響については、まだじゅうぶんな研究がなされていない。とはいえ、ある程度大きな試験体を製作して実験室内の温度変化や湿度変化を制御した実験を行うことは、様々な困難を伴うので、本研究では、熱膨張する鋼材と乾燥収縮する集成材との合成構造を、直方体要素を用いてできるだけ単純に有限要素モデル化し、有限要素法による数値解析の手法を模索するとともに、無償版のある汎用ツール（FEMleeg）による熱伝導を考慮した解析結果と比較・考察する。

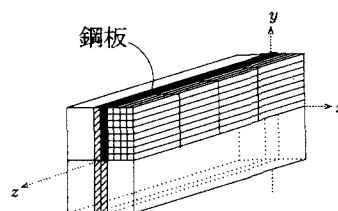


図-1 鋼補剛集成材梁

2. 解析手法

(1) 本研究のFEMモデル

本研究では、鋼板と集成材が接触した状態で熱膨張や乾燥収縮を受ける場合の基本的な力学特性を調査・比較したいので、二種類の材料の膨張率の違いにより梁に曲げなどが生じないように、図-1のように集成材梁の中央部に鋼板が差し挟まれている2軸対称な片持ち梁の右上1/4の部分を、8節点24自由度の直方体要素¹⁾でモデル化する。また、温度変化と含水率変化によって発生する歪を、垂直歪成分で、次式のように与える²⁾。

$$\epsilon_i = \alpha_i \Delta T + \beta_i \Delta H \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 α_i と β_i はそれぞれ x, y, z 方向の線膨張係数と、含水率1%当たり収縮率で、 ΔT は温度変化、 ΔH は含水率変化を表す。但し、温度変化はすべての要素で一様に、含水率変化はすべての集成材要素で一様に与える。式(1)の歪に、応力-ひずみ行列と節点力-応力行列をかけて節点荷重としたものを外力として与え、節点変位を算出する。要素の応力を求める際には、求められた節点変位にひずみ-変位行列と応力-ひずみ行列をかけて求める。

(2) FEMleeg(無償版)

FEMleegでは、等方性である鋼材の材料定数と異方性である木材の材料定数や、各々の熱伝導率・熱容量などを設定し、熱伝導解析を行うことにより節点温度を求める。また、そのデータを用いて行う連成解析から節点変位や要素の応力等を算出する。但し、このソフトでは乾燥収縮による影響を考慮した解析ができなため、木材の線膨張係数には式(1)の β_i に相当する負の線膨張率を与えることにより、含水率変化の影響を考慮する。また、FEMleegでも本研究のFEMモデルと同様に、8節点24自由度の直方体要素でモデル化する。

3. 解析例

モデルの要素分割は、鋼材要素の x 方向、 y 方向、 z 方向の分割を $1 \times 8 \times 4$ 、集成材要素の分割を $19 \times 8 \times 4$ として解析を行った。与える温度変化は、 $+10^\circ$ を、含水率変化は、 -10% を与えた。このときの自由端断面の変位を図-2、図-3に示す。FEMleegでの解析結果では、鋼板の端面が 3.5mm 程度収縮し、鋼板の近傍から離れるにしたがって、集成材がなだらかに 3.8mm 程度まで収縮している。一方本FEM解析では、鋼板の端面が 6.36mm 程度収縮し、鋼板の近傍から離れるにしたがって、集成材がなだらかに 6.48mm 程度まで収縮している。本解析とFEMleegの解析結果を比較すると、どちらも同じような端部の変形を示したが、本解析が、FEMleegでの解析よりも収縮量が大きく考慮されている結果となった。また、

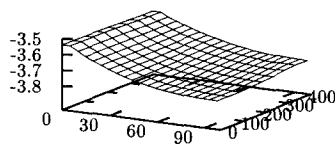


図-2 端面の変位 (FEMleeg)

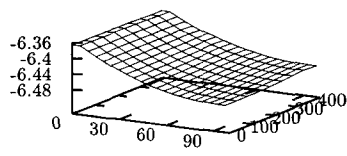


図-3 端面の変位 (本研究)

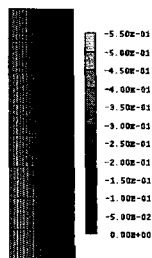


図-4 τ_{xz} (FEMleeg)

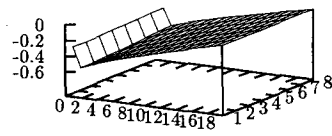


図-5 τ_{xz} (本研究)

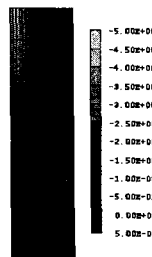


図-6 τ_{xy} (FEMleeg)

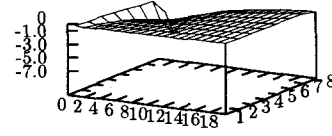


図-7 τ_{xy} (本研究)

このときの自由端断面のせん断応力を図-4～図-7に示す。 τ_{xz} においては、FEMleegでは -0.53MPa 、本解析では -0.52MPa 程度のせん断応力が、鋼板に隣接する集成材要素ではほぼ一様に発生している。 τ_{xy} においては、いずれの解析でも、自由端断面上部の鋼板に隣接する集成材要素で最大のせん断応力が生じており、その値は、FEMleegでは -5.60MPa 、本解析では -6.40MPa 程度である。集成材の強度³⁾は、長期許容応力の3倍をとったとして、せん断応力では $2.4 \sim 3.6\text{MPa}$ 程度であるので、 τ_{xy} において、どちらの解析結果とも破壊強度に近い値となっており、鋼板近傍の集成材によるせん断破壊の可能性を十分に示唆する結果となった。

4. まとめ

鋼材と木材の合成構造を、2種類の方法で数値解析し比較してみた。節点荷重を与えて解析した本解析とFEMleegによる熱伝導解析では、変位量では違いがみられたが、自由端面の変形においてはどちらも予想通りの結果が得られた。しかし、せん断応力では当初の予想に反し、 xz 平面より xy 平面のせん断応力が卓越する結果となり、さらに鋼板近傍の集成材によるせん断破壊の可能性を十分に示唆する結果となった。要素分割の方法や他の立体要素の使用などを含め、自由端部における挙動を更に検討し、考察していきたい。

参考文献

- 1) 後藤文彦・麓 貴行・薄木征三・佐々木貴信：曲げ試験による木材梁せん断弾性係数推定の精度，構造工学論文集，Vol. 49A, 2003.
- 2) 後藤文彦・高橋明洋・薄木征三・佐々木貴信：第2回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集，pp. 97-100, (2003)
- 3) 小松幸平・薄木征三・池内巖・園部宝積・亀井岳志・坂田典之：木造林道橋の設計と施工 (財) 林業土木コンサルタンツ