

弾性係数の異なる材料で挟まれたスギサンドイッチ梁の挙動

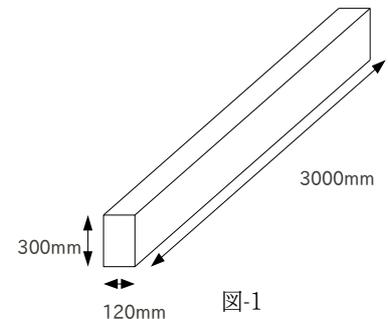
環境構造工学講座 7509725 齋藤卓馬
指導教員 長谷部薫 後藤文彦

1.はじめに

日本では木材がたくさん利用されているが、その多くが海外の輸入木材が使用されており、国産スギが余るとい実状になっている。その背景には、森にある木を育てるために間伐材が大量に発生し、それを有効利用出来ずに余らせているというのが主な原因である。また、国産スギに比べるとベイマツを始めとした輸入木材は部材としての硬さも扱いやすく、また加工後の表面も美しいといったメリットがある。そうした理由により、日本では輸入木材が多く利用されている。そこで、余っている国産スギをどうにかして有効活用出来ないか考え、スギをベイマツを始めとした異樹種の木材で挟み込む、スギサンドイッチ梁を考案した。スギを弾性係数の大きい材料で挟むと集成材全体の強度が増加し、より多くの荷重をかけられるようになる。しかし、曲げ剛性が大きくなるが、せん断剛性はあまり大きくならないため、せん断破壊が先に起きてしまう可能性がある。構造用集成材としてせん断破壊が先に起きてしまうのは非常に危険なため、その挙動について安全性などを含め研究した。

2.解析モデル

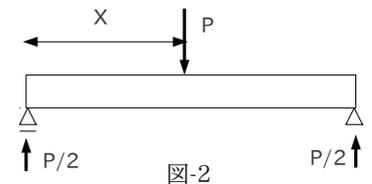
ここでは一本の集成材について解析する。解析モデルは、JAS 認可の実際に構造用集成材として販売されている規格とする(図-1)。また、解析する集成材の構成要素については、まずスギとベイマツを最もコストパフォーマンスが高くなる時(剛性をコストで割った関数を微分しその最大値より算出)の設計にし、スギとベイマツ、それぞれの異等級の組み合わせにより、そのせん断応力の挙動について解析する。次にスギとベイマツそれぞれの弾性係数を固定し、集成材の構成比を変化させることにより、そのせん断応力の挙動を解析する。



3.解析方法

解析モデルはいずれも長方形断面なので、解析は基本的に全て手計算で行った。載荷する荷重の場所は、単純梁において最もせん断応力が大きくなる中心に集中荷重をかける。載荷する荷重の値、及びその計算方法について以下に示す。

まず、載荷する荷重についてだが、スギのせん断強度から逆算して求めていく。スギのせん断強度の値については、国土交通省告示の強度値(17.4 N/mm²)を用いる。図-2のように単純梁なので、(1)より曲げモーメント(M)を求める。なお、スギの引張強度値を用いているため、ここでの y とは、断面中心からスギとベイマツの境界までの距離とする。次に(2)の式からせん断強度値での載荷可能な荷重(P)の値を求めていく。なお、スギのせん断強度値については、同じく国土交通省告示の強度値(1.80N/mm²)を用いる。



$$\sigma = \frac{M}{I} y \quad (1) \quad M = \frac{P}{2} x \quad (2)$$

求めた荷重から(3)の式を用いてせん断応力(τ)を算出していく。このせん断応力が、スギのせん断強度値より大きくなったときに、曲

げ破壊よりも先行してせん断破壊が起きてしまうということになる。

$$\tau = \frac{3S}{2A} \quad (3)$$

断面二次モーメント I については、解析モデルが長方形断面なので(4)の式を用いる。また、弾性係数の異なる材料の計算では、(5)の式よりベイマツ(I_2, E_2)をスギ(I_1, E_1)に換算することにより集成材全体の断面二次モーメントを算出している。

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (4) \quad I = I_1 + I_2 \frac{E_2}{E_1} \quad (5)$$

4.解析結果

解析1(図-3,図-4)

まず、スギとバイマツそれぞれの異等級の組み合わせ、つまりヤング率比の変化におけるせん断応力の変化について解析した。この計算では(5)の式における弾性係数が変化することにより断面二次モーメントが大きくなり、結果的に載荷出来る荷重が上昇する。中のスギの弾性係数を最も柔らかい E 50、外のバイマツの弾性係数を最も硬い E 150としたとき、せん断応力が最大になる。その結果、1.68N/mm²という値が得られこれはスギのせん断強度値(1.8 N/mm²)内に収まっていたため、どの異等級同士の組み合わせでも安全性が確認された。

表-1 解析1で使用したスギとバイマツの異等級

ヤング率	異等級1	異等級2	異等級3
スギ(E1)	E50	E70	E90
バイマツ(E2)	E110	E130	E150

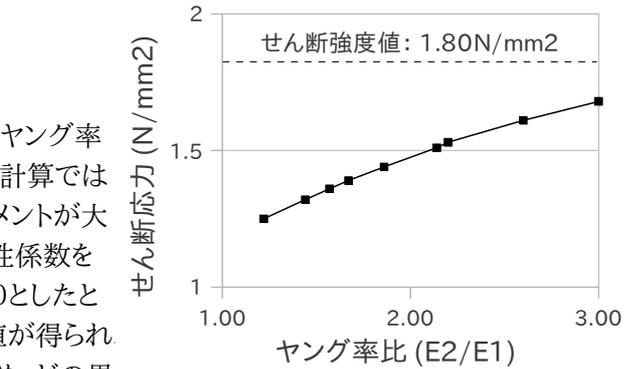


図-3 ヤング率比とせん断応力の変化

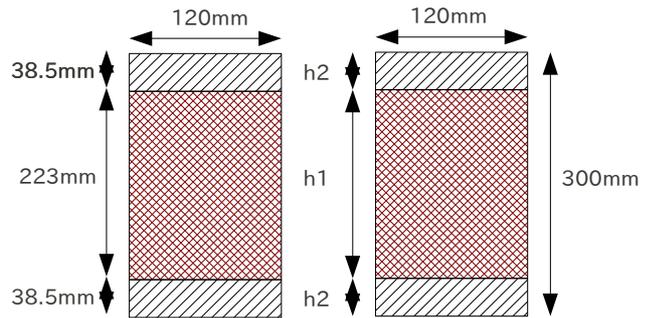


図-4

図-5

解析2(図-5,図-6)

次に、スギとバイマツの面積比を変化させることにより、せん断破壊が先に起きてしまわないか解析した。構成比の変化のさせ方についてだが、バイマツを上下面20mmずつ、合計40mmずつ増やしていった。その結果、h1=180,h2=120mmのときにせん断応力が1.81N/mm²となり、スギのせん断強度値(1.80N/mm²)を超えてしまうことがわかった。それ以降の値はグラフを見てもわかるとおり、バイマツの割合を増やせば増やすほど、せん断強度値を大きく超えてしまうことがわかる。以上より、h1=220,h2=80mmという面積比までは安全性が確認されたが、それ以降は曲げ破壊よりも先行してせん断破壊が起きてしまう結果となった。

表-2 解析2で使用したスギとバイマツの等級

ヤング率	等級
スギ(h1)	E70
バイマツ(h2)	E130

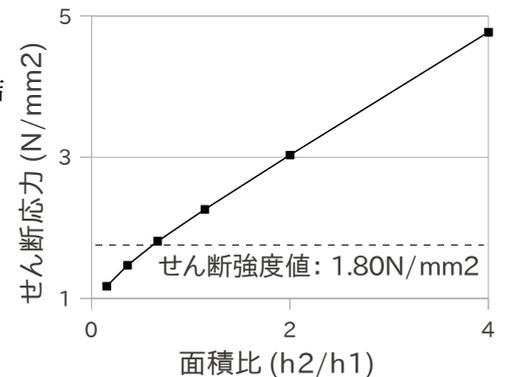


図-6 面積比とせん断応力の変化

5.考察

今回の解析の結果として、スギをバイマツで挟むサンドイッチ梁において、安全性の面でいくつかわかったことがある。曲げ剛性が大きくなるものの、せん断剛性があまり増えないため、曲げ破壊よりもせん断破壊が先行して起こるのではないかという問題についてだが、スギとバイマツそれぞれの異等級同士の組み合わせでは安全性が確認されたものの、それぞれの面積比の割合を変化させて組み合わせると、ある一定の比率に達したところで、スギのせん断強度値を超えてしまうことがわかった。つまり、面積比の組み合わせ次第では、多くバイマツを使用し過ぎると、せん断破壊が先に起きてしまうという結果が得られた。ただ、最初に挙げた余っている国産スギを有効利用したいという目的に関して言えば、面積比について考慮しなければならないものの、十分実現可能であると考えられる。今回はスギとバイマツという組み合わせで解析を行ったが、他にもまだまだ有効利用出来る異樹種同士の組み合わせがあると考えられる。

<参考文献>

<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuryu/kakaku/index.html> (農林水産省、木材価格統計)

http://www.ilira.jp/data/jas_filell.pdf (建設省「現・国土交通省」告示 第1452号)