

鋼板挿入集成材梁のせん断挙動

環境構造工学講座 7505646 廣内 高倫
指導教員 後藤文彦

1. はじめに

集成材に鋼板を挿入し、曲げ剛性を高めた鋼板挿入集成材のようなハイブリッド梁では、曲げ剛性は大きく改善されるが、せん断剛性については、あまり改善されない。このことから、鋼板挿入集成材梁では集成材のみの梁よりもたわみに占めるせん断たわみの比率が大きくなってしまう。つまり、曲げについて補強されたハイブリッド梁では、曲げ剛性や曲げ強度が高くなるため、せん断破壊が生じやすくなる場合がある。そのため、このようなハイブリッド梁では破壊モードとせん断剛性について調べておくことが重要である。今回は、樹種の違いがせん断性能にどのような影響を与えるかを調べるため、スギ、カラマツの2種類の集成材を用いた鋼板挿入集成材の試験体を製作し、鋼板挿入深さと破壊モード、じん性などの関係を調べた。³⁾

2. 材料試験

集成材の上下に溝を彫り鋼板を鉛直に挿入し接着した供試体を製作する。スギ集成材については、図-1 のものを各2本ずつ製作し、カラマツ集成材については、0%、25%を2本ずつ、15%、35%を1本ずつ製作し、以下の実験を行う。

まず、図-1 のような鋼板挿入集成材梁に対し、スパンを1.4m から 2.2m まで 0.2m ずつ変えながら単純指示中央1点载荷の3点曲げ試験を行い、たわみと荷重の関係から、曲げ剛性 EI とせん断剛性 kG を推定する。

スギ材では、表-1 のように、鋼板を挿入し補強した場合、すべての鋼板挿入深さにおいて、曲げ剛性が鋼板挿入前と比べて2倍~3倍の値になっており、曲げに対してしっかり補強されていることがわかる。せん断剛性は若干改善されたものの、鋼板挿入前とほとんど変わらなかった。

カラマツ材でも、表-2 のように、鋼板を挿入して補強した場合、曲げ剛性は鋼板挿入前と比べて2~3倍改善されているが、せん断剛性はほとんど改善されておらず、挿入深さ35%では、鋼板挿入前よりもせん断剛性が小さくなった。

表-1 剛性と深さ (スギ材)

深さ [%]	$E_w I_w$ [kNm ²]	合成 EI [kNm ²]	kG_w [GPa]	合成 kG [GPa]
0	418	418	0.38	0.38
15	356	868	0.33	0.43
25	322	976	0.45	0.53
35	402	1154	0.33	0.59

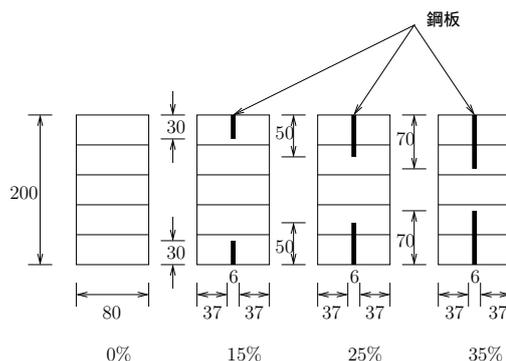


図-1 実験モデル

表-2 剛性と深さ (カラマツ材)

深さ [%]	$E_w I_w$ [kNm ²]	合成 EI [kNm ²]	kG_w [GPa]	合成 kG [GPa]
0	906	906	0.42	0.42
15	938	1228	0.44	0.55
25	942	1362	0.47	0.63
35	819	1766	0.56	0.50

$E_w I_w$ と kG_w は加工前の集成材のみの状態での測定値で、合成 EI と合成 kG は鋼板を挿入した状態での推定結果を表-1、表-2 に示す。

3. 破壊試験

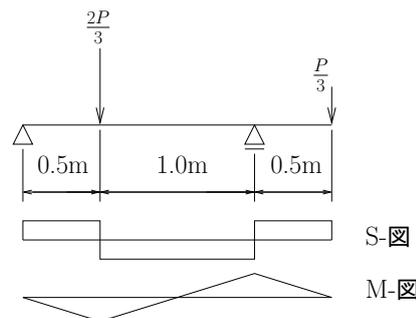


図-2 逆対称4点曲げ試験のモデル



図-3 曲げ破壊



図-4 せん断破壊

次に図-2のような逆対称4点曲げ試験により破壊試験を行う。この試験方法は、支間中央部で曲げモーメントが0となり、せん断が卓越するので特に、せん断の影響を調べるのに適している。

逆対称4点曲げ試験¹⁾によって破壊試験を行った結果、スギ材では、鋼板挿入深さ0%と鋼板挿入深さ15%のとき、支点部や載荷点部の引っ張り側で図-3のような曲げ破壊が発生し、鋼板挿入深さ25%と鋼板挿入深さ35%のとき、中央部や端部で図-4のようなせん断破壊が発生した。

カラマツ材では、すべての鋼板挿入深さにおいて、端部や中央部でせん断破壊が発生した。

破壊試験の荷重-たわみ曲線をスギ材について図-5、カラマツ材について図-6に示す。

次に図-5をみると、スギ材では、供試体の一部に破壊を生じると、一気に強度を失っており、極めてじん性が低いことが分かる。

図-6をみると、カラマツ材では、供試体の一部に破壊を生じても、強度を保ち、じん性を発揮していることが分かる。カラマツ材では、鋼板を挿入していない供試体でも、スギ材に比べて、じん性が優れていることが分かるが、鋼板を挿入することでさらにじん性が向上している。

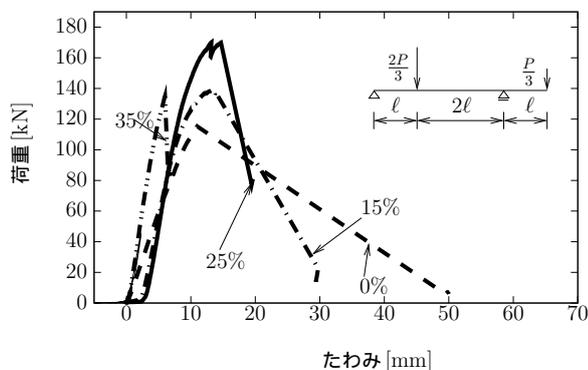


図-5 スギ材の荷重たわみ曲線

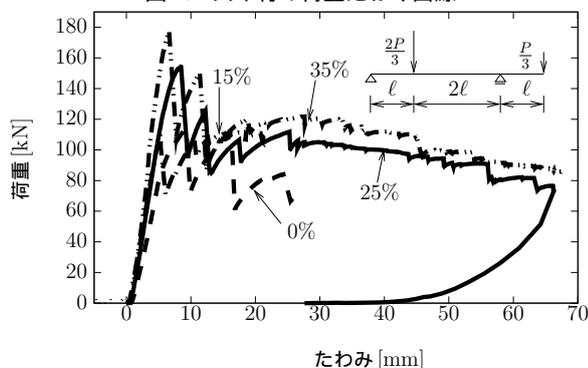


図-6 カラマツ材の荷重たわみ曲線

次に破壊時の最大縁応力、中立軸のせん断応力を試算してみる。最大縁応力は、 $\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{I_n} y$ で表される。ここに、

M_{max} は破壊時の $\frac{2P}{3}$ 載荷点部の曲げモーメント $\frac{P_{max} \ell}{3}$ 、 y は中立軸から縁までの高さ 0.1m 、 I_n は集成材に換算した断面二次モーメントで $I_n = \frac{E_w I_w + E_s I_s}{E_w}$ で与える。中立軸のせん断応力は、 $\tau = -\frac{S_{(z)} Q_{(y)}}{b_{(y)} I_n}$ で表される。ここに、 $S_{(z)}$ は断面のせん断力、 $Q_{(z)}$ は断面一次関数である。 $b_{(y)} = b = 0.08\text{m}$ である。以上の式にピーク荷重時の最大曲げモーメントとせん断力を代入して求めた最大縁応力 σ_{max} と最大せん断応力 τ_{max} を、最大縁応力 σ_{max} については曲げ破壊したケースの破壊時最大縁応力の平均値で無次元化し、最大せん断応力 τ_{max} についてはせん断破壊したケースの破壊時最大せん断応力の平均値で無次元化したものを図-7に示す。このように無次元化してみると、鋼板が深くなるにつれて最大縁応力よりも最大せん断応力が大きくなり、破壊がせん断破壊に支配されやすくなるのがわかる。

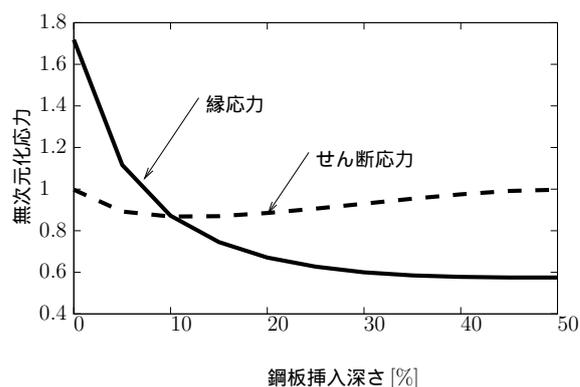


図-7 スギ材の無次元化応力

4. まとめ

- 曲げ強度の低いスギ材を用いた鋼板挿入集成材梁では、逆対称4点曲げに対して、鋼板挿入深さが浅いほど曲げ破壊が発生し、鋼板挿入深さが深いほどせん断破壊が発生する傾向があるが、曲げ強度の高いカラマツ材を用いた鋼板挿入集成材梁では、鋼板挿入深さにかかわらずせん断で破壊する。
- スギ材を用いた鋼板挿入集成材梁では、最初の曲げ破壊またはせん断破壊が生じた後に一気に強度を失い、鋼板挿入によるじん性の改善はあまり認められないが、カラマツ材では、集成材のみの梁でも梁の一部にせん断破壊が発生した後にある程度の強度を保ち、鋼板を挿入することにより、さらにじん性が改善する。

参考文献

- 1) 井道裕史:実大材を用いたせん断試験方法, 木材工業, Vol.63, No.5, 2008.
- 2) 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の推定精度について, 構造工学論文集, Vol.49A, 2003.
- 3) 大黒屋信英・後藤文彦・佐々木貴信・長谷部薫:鋼板挿入集成材梁のせん断性能, 構造工学論文集, Vol.55A, 2009(予定)