

I - 27 プレストレス集成材の曲げ試験について

秋田大学 学生員 ○佐藤 亜希子

秋田大学 正 員 長谷部 薫

秋田大学 正 員 薄木 征三

1. まえがき

構造用集成材は、厚さ 5cm 以下の同樹種で等厚のラミナを互いに繊維の方向が長さ方向へほぼ平行になるように積層接着した材で、主に構造物の耐力部材として用いられている。集成材はりにおける連結用の継手にプレストレスを使用しうる可能性に関して、継手無しの集成材とプレストレスで接合した継手を有する集成材はりの曲げ載荷試験を行った。実験では、プレストレスの導入により集成材に作用させる初期の圧縮応力は許容応力の約 2 倍で、図心から偏心して鋼棒を配置し、軸圧縮応力と曲げ応力を作用させた集成材を用いている。また、実験データを元に解析モデルを作成し、継手部が曲げ挙動に及ぼす影響、プレストレス鋼棒と木部の試験時の挙動、合成效果、および木部に作用するプレストレスの影響について有限要素法(FEM)解析を行い考察した。

2. 試験体及びプレストレスの導入

図-1 に 2 種類の集成材試験体を、図-2 に集成材試験体の断面及び締着部を示す。図-1 で、モデル A は長さが 3.9m の試験体であり、モデル B はモデル A 試験体の中間部を切断した試験体である。モデル A と B は、図に示したように図心から 33mm(高さ/6)下方にプレストレス鋼棒を 1 本挿入している。集成材のラミナは約 33mm 厚のスギラミナ 6 枚で、JAS に従い対称異等級構成集成材(強度等級 E75-F240、曲げヤング係数 75tf/cm²、曲げ強さ 240kgf/cm²)を製作した。プレストレス鋼棒を挿入するため、ラミナ 2 枚にスリットを設け 25mm 角孔を有する集成材に φ17mm の鋼棒(降伏点 9500kgf/cm²以上)を配置している。また、集成材のヤング係数を求めるため、鋼棒を挿入する前に集成材のみ(図-2)を用いて曲げ試験を行った。実測値による断面二次モーメント I_1 を用いて得られたヤング係数は 83tf/cm²である。表-1 に試験体の断面定数を示す。

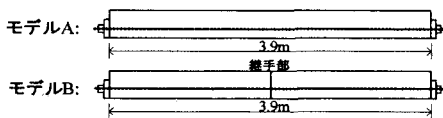


図-1 試験体

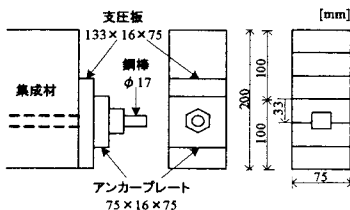


図-2 試験体の締着部及び断面図

表-1 断面定数

断面	断面積 $A(\text{cm}^2)$	断面二次モーメント $I(\text{cm}^4)$
木のみ(図-2)	$A_1=144$	$I_1=5000$
木+鋼(図-4(b))	$A_2=197$	$I_2=5400$

鋼棒を緊張することにより支圧板を介して木部に圧縮力が作用し、これにより木部に生じる断面力を図-3 に示す。この断面力により木部の上縁部に生じる応力は、

$$\sigma_u = -\frac{N}{A_1} + \frac{N \cdot e \cdot h_u}{I_1} \quad (1)$$

下縁部応力は

$$\sigma_l = -\frac{N}{A_1} - \frac{N \cdot e \cdot h_l}{I_1} \quad (2)$$

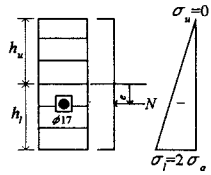


図-3 断面力と応力

軸力 N は、図-3 に示すように式(1)より得られる木部の上縁部応力が 0 で、許容圧縮応力度 σ_a を 80kgf/cm² と仮定した時、式(2)より得られる下縁部応力を σ_a の 2 倍である 160kgf/cm² にすると、この時の圧縮力は $N=12\text{tf}$ となる。

3. 実験結果および考察

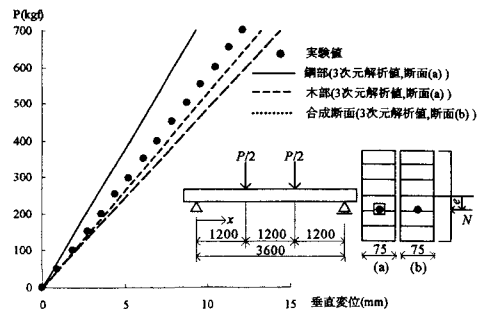

図-4 荷重-垂直変位関係図 ($N=12\text{tf}$)

図-4は $N=12tf$ を作用させたモデルA試験体の支間3.6mでの曲げ試験による荷重と支間中央における垂直変位関係を示している。図中の黒丸は支間中央部の木部下縁で測定した実験値、実線は断面(a)の鋼棒における垂直変位、破線は木部における垂直変位、点線は断面(b)の合成断面とした場合の垂直変位の解析値であり、鋼棒の変形挙動を調べるためにソリッド要素を用いて3次元FEM解析を行っている。図より、鋼棒の変位は木部の変位の60%程度で、完全合成とはいえないが、垂直変位の実験値は合成断面とした場合の点線の予想値よりやや小さく、合成効果がみられる。

図-5は $N=12tf$ を作用させた緊張時の試験体における緊張力(木部に作用する圧縮力)と支間中央における垂直変位の関係を示している。図中で黒丸はモデルAの実験値、白丸はモデルBの実験値であり、実線は鋼棒を無視し木部のみを考慮した場合の平面応力要素を用いたモデルA、Bの解析値である。図中で、実験値が解析値より大きい挙動を示すのは集成材に設けられた25mmの角孔内で、緊張時に鋼棒が角孔の中央部ではなく若干下方に移動したことにより M が大きくなったためと考えられる。モデルBの実験値はモデルAよりやや大きい、ほぼ同じ挙動を示しており、実験の N 値の範囲内では切断した継手部の影響は見られない。

図-6は $N=12tf$ を作用させた試験体の支間3.6mでの曲げ試験による荷重と支間中央における垂直変位の関係を示している。図中の黒丸はモデルAの実験値、白丸はモデルBの実験値であり、実線と点線は鋼棒を無視し木部のみを考慮した場合のモデルA、Bにおける解析値である。黒丸と白丸はよく一致しており、上縁部の応力が許容値の2倍になる $P=1300kgf$ までは切断したモデルB試験体とモデルA試験体との差異は見られない。

図-7は、 $N=9tf$ を作用させた試験体の支間3.6mでの曲げ試験による荷重と支間中央における垂直変位の関係を示している。図中の黒丸はモデルAの実験値、白丸はモデルBの実験値であり、実線と点線は鋼棒を無視し木部のみを考慮した場合のモデルA、Bにおける解析値である。 $N=9tf$ の場合、図中に示すように $P=0kgf$ 時で下縁部応力が許容圧縮応力の1.5倍の値となる。下縁部の応力が0となる $P=990kgf$ までは切断したモデルB試験体とモデルA試験体との差異は見られないが、荷重を大きくすると下縁部に引張応力が発生し、モデルBの変位が非線形性を示す。図-6と図-7において、実験値が解析値よりも小さくなるのは図-4で示したように鋼棒と木部との合成効果によるものと思われる。

図-8は図-6で示した曲げ試験において、支間中央から50mm($x=1750mm$)支点寄りの断面における鉛直荷重のみによるひずみ分布図である。図より切断したモデルB試験体とモデルA試験体との実験値の差異はほとんど見られない。

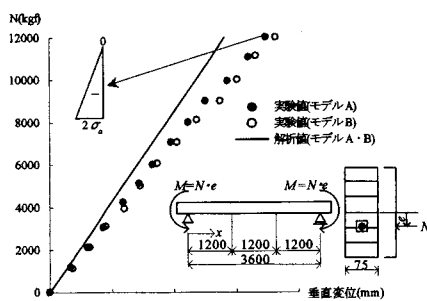


図-5 緊張力—垂直変位関係 ($N=12tf$)

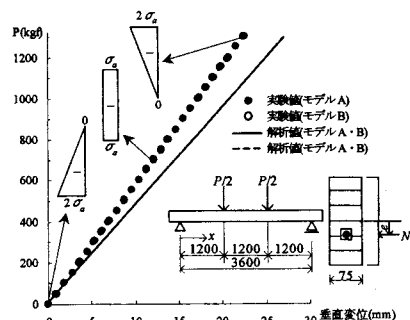


図-6 荷重—垂直変位関係 ($N=12tf$)

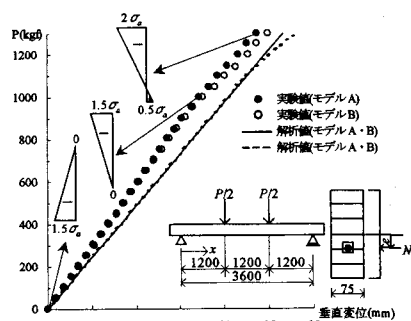


図-7 荷重—垂直変位関係 ($N=9tf$)

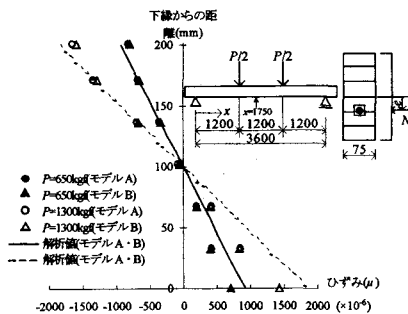


図-8 ひずみ分布図 ($N=12tf$)