

集成材を充填した鋼管梁の曲げ耐荷力について

Ultimate Strength of Beams Made of Glued Laminated Timber Inside Steel

○越智内士* 阿久井康平**

OCHI Nobuhito, AKUI Kouhei

*博(工)明石工業高等専門学校都市システム工学科(〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3)

**大阪市立大学大学院工学研究科 阿久井康平(〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138)

ABSTRACT In recent years, the increasing growth of forests has been the focus of our attention. The aim of this study is to find an effective use of timber. Therefore, a hybrid member made of steel and glued laminated timber is proposed. Moreover, bending tests were carried out for hybrid members made of steel and glued laminated timber. In addition to, bending tests were carried out for the CFT (Concrete Filled steel Tube) members which were often used for many structural members. Then the ultimate strength and deformation capacity of the hybrid members were compared with the CFT members.

Keywords : 集成材, 梁, 鋼, ハイブリッド部材, 終局強度, 変形性能

glued laminated timber, beam, steel, hybrid member, ultimate strength, deformation capacity

1. はじめに

木質構造の分野において、昭和30年頃から60年頃にかけての約30年間は「木質構造の暗黒時代」とも言われていた¹⁾。しかし、近年においては木質構造の橋梁をはじめとする多くの木質構造物が普及しつつある。その背景としてわが国では、近年、森林の蓄積が増加しており、天然林蓄積量の増加傾向は緩やかなものの、人工林蓄積量はここ30年の間に急激な増加を果たしている。かつて、橋梁の分野においても木材は盛んに用いられていたが、産業と技術の発達を経て、用いられる材料は主に鋼材やコンクリートとなり木材を用いる機会は希薄になっていることが現状である。

そこで本研究では、木材の有効利用に着目し、木材を橋梁の梁部材に適用することを考えた。その際に、異種材料である鋼材(鋼管)と木材とのハイブリッド部材への適用を提案した。本研究の内容は、鋼材と木材(集成材)によるハイブリッド断面部材の曲げ耐荷力特性や変形性能を実験的に明らかにし、それらを評価するための基礎資料を得るとともに、現在構造物の梁や柱部材などに用いられている鋼とコンクリートとのハイブリッド断面部材(コンクリート充填鋼管)についても同様な実験を行い、それらの曲げ強度特性の比較についても行った。

2. 本実験に用いた材料の材料試験

本研究で用いた各種材料の特性値を調べるため、以下のような材料試験を行った。

2.1 集成材の弾性係数および曲げ強度の測定

本研究では、ハイブリッド断面部材の充填材料としてアカマツからなる集成材を用いた。アカマツの引張強度、圧縮強度および曲げ強度は数ある木種の中でも比較して高い強度を持つ。本研

究においては、1層19mmからなるアカマツラミナ3層により構成する強度が工学的に保証された構造用集成材（強度等級E85-F270）を用い、それらの構造用集成材の寸法は、図-1のように設定した。

まず、万能試験機（容量2,000 kN）を用いて、弾性域内におけるスパン中央1点荷重により曲げ試験を行い、スパン中央部におけるたわみを変位計により測定し、式(1)より構造用集成材の弾性係数を算出した。なお、スパン中央部のたわみを測定する際、たわみにおよぼすせん断力の影響は無視できるものとする（部材長が部材高さの18倍以上なので²⁾。ここで式(1)を以下に示す。

$$E = \frac{Pl^3}{48I} \delta \quad (1)$$

ここに、 δ ：弾性域内における梁のスパン中央のたわみ（mm）、 P ：弾性域内における任意の荷重（mm）、 l ：梁のスパン（mm）、 E ：構造用集成材の弾性係数（N/mm²）、 I ：断面二次モーメント（mm⁴）

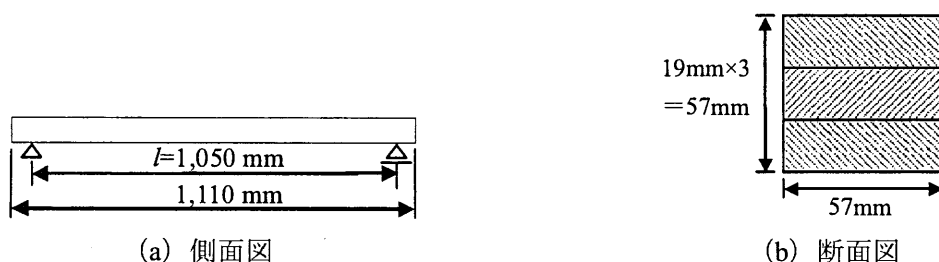


図-1 構造用集成材の寸法（弾性係数の測定）

つぎに、曲げ強度についても、弾性係数の測定で用いた供試体と同様な集成材（図-1）を用いて、3等分2点曲げ荷重試験を行い、以下の式(2)より求めた。

$$f_b = \frac{P_u l}{bd^2} \quad (2)$$

ここに、 P_u ：曲げ荷重試験による最大荷重（kN）、 l ：梁のスパン（mm）、 b ：部材幅（mm）、 d ：部材高（mm）

表-1 木材の曲げ試験結果

ヤング係数 E (N/mm ²)	9.56×10^3
曲げ強度 f_b (N/mm ²)	56.1

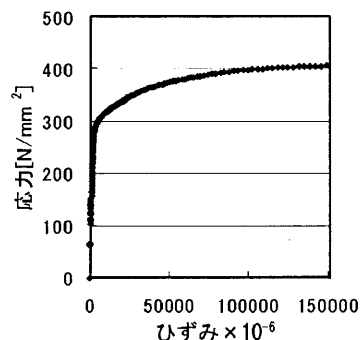


図-2 鋼材の応力-ひずみ図

2.2 鋼材の引張試験

本研究において、ハイブリッド断面に用いる鋼材はSTK-400の鋼管を用いた。それらの鋼材の機械的性質を調べるために、対象となる鋼管から引張試験片を製作し、万能試験機により引張試

験を行った。引張試験片の形状はJIS Z2201 に基づく 5号試験片とし、計 3本の引張試験片を用いた。また、それらの引張試験結果による応力-ひずみ曲線を(3本の平均値)を図-2に示す。この図より、本実験で用いた鋼材には明確な降伏点が見られないことがわかり、それゆえ、本研究では0.2%耐力を降伏応力 σ_Y とした。

2.3 普通コンクリート

普通コンクリートの目標設計基準強度を、養生 28日強度において $f'_c=25.0\text{ N/mm}^2$ と定め配合設計を行い、28日養生後、普通コンクリートの圧縮試験、引張割裂試験および曲げ試験を行い、材料定数を算出した。各材料実験で得られた結果を表-2に示す。

2.4 軽量骨材コンクリート

軽量骨材コンクリートに用いる人工軽量骨材として日本メサライト工業株式会社製のメサライト軽量骨材³⁾を用いた。軽量骨材コンクリートの配合設計は配合設計示方書⁶⁾にしたがい、軽量骨材コンクリートの目標設計基準強度は、養生 28日強度において $f'_c=25.0\text{ N/mm}^2$ と定め配合設計を行い、28日養生後、軽量骨材コンクリートの圧縮試験、引張割裂試験および曲げ試験を行い、材料定数を算出した。各材料実験で得られた結果を表-2に示す。

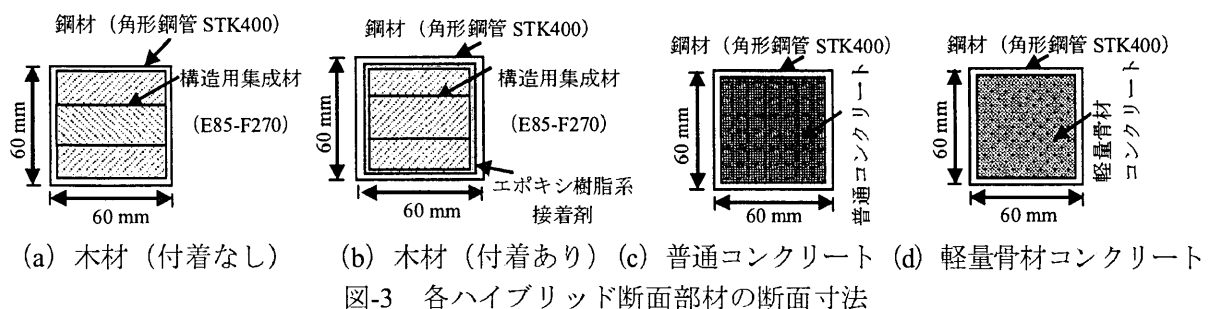
表-2 各材料の材料定数

鋼材	引張応力 σ_B [N/mm ²]	406.7
	ヤング係数 E [N/mm ²]	2.01×10^5
	降伏応力(0.2%耐力) [N/mm ²]	322.9
木材	ヤング係数 E [N/mm ²]	9.56×10^3
	曲げ強度 f_b [N/mm ²]	56.1
普通コンクリート	圧縮強度 f'_c [N/mm ²]	43.6
	引張強度 f_t [N/mm ²]	3.5
	曲げ強度 f_b [N/mm ²]	4.3
軽量骨材コンクリート	圧縮強度 f'_c [N/mm ²]	29.6
	引張強度 f_t [N/mm ²]	1.8
	曲げ強度 f_b [N/mm ²]	4.1

3. ハイブリッド断面部材の曲げ載荷試験

3.1 各材料を鋼管に充填したハイブリッド断面部材の断面寸法

本研究では、鋼管に構造用集成材(強度等級 E85-F270)を充填し、両者間にエポキシ樹脂系接着剤により付着を与えるもの、および付着を与えないもの、そして普通コンクリートおよび軽量骨材コンクリートを充填した計 4種類について、それぞれ 4本、4本、2本および 3本製作した。これら 4種類のハイブリッド断面部材の寸法は、全て同一とし(スパン 1050 mm)、部材断面はそれぞれ以下の図-3の通りである。



3.2 曲げ载荷試験

各種鋼管部材の曲げ载荷試験は、図-4のように3等分2点载荷により行った。なお、载荷点における局部座屈を防ぐため、溶接により上面、下面、および両側面に補剛板（板厚10mm）を設置した。ただし、普通コンクリートを充填材として用いた場合においては、補剛板を設置しなかった。また、各供試体のスパン中央部において図-5のように計8つのひずみゲージを貼り、それぞれのひずみを測定した。

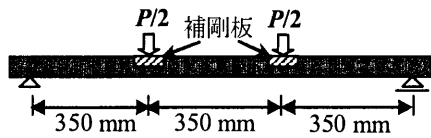


図-4 曲げ载荷点状況

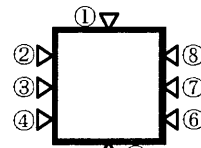


図-5 ひずみ測定位置

3.3 ハイブリッド断面部材の曲げ载荷試験結果および考察

図-6に各ハイブリッド断面部材の荷重と载荷点における変位の関係について示している。まず、木材を鋼管に充填したハイブリッド断面部材が各種コンクリートを充填した鋼管ハイブリッド断面部材よりも、最大曲げ荷重が大きくなった。これは、表-2でも示したように、各材料の曲げ強度により依存するからであると考えられる。つぎに、この図から木材のみの供試体は弾性域で破壊しているが、鋼管のみ、および各ハイブリッド断面部材の供試体の場合では塑性破壊を起こしていることがわかる。また、充填材に各種コンクリートを用いた時は、木材を充填材として用いた時と比較して最大曲げ荷重発生後の強度低下が小さいことがわかる。よって、木材を充填材として用いた場合の方が靱性に劣ることがわかる。さらに、充填材に木材を用いたハイブリッド断面部材において、両者間に付着を与えた時および付着を与えない時の最大曲げ荷重を比較すると両者に違いは見られなかった。このことから今回の付着条件では効果がなかったことが分かる。

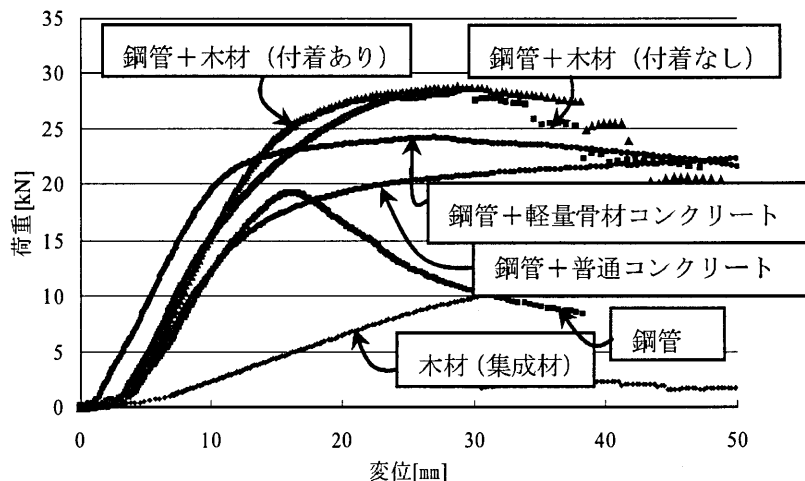


図-6 荷重-载荷点における変位の関係

最後に、各ハイブリッド断面部材の質量、および最大荷重を以下の表-3に示す。この表より、鋼材と木材からなるハイブリッド断面部材、鋼材と普通コンクリートからなるハイブリッド断面部材、および鋼材と軽量骨材コンクリートからなるハイブリッド断面部材のそれぞれの質量を比較すると、鋼材と木材からなるハイブリッド断面部材が他の2部材に比べ軽量であることは歴然である。これは鋼管の充填材として用いる木材が、普通コンクリートおよび軽量骨材コンクリートと比較して極めて軽量であるからである。さらに、各ハイブリッド断面部材の曲げ試験により得られた最大荷重 (kN) と質量 (kg) から、最大荷重と質量の比 (kN/kg) を算出した。これら

より、木材と鋼材からなるハイブリッド断面部材の最大荷重と質量との比は、各種コンクリートの場合と比較して約2倍の結果となった。これらの結果より、鋼管の充填材としての木材を最大荷重と質量の比に着目すると建設材料として有効であるといえる。

表-3 各ハイブリッド断面部材の質量、最大荷重および最大荷重と質量との比

部材の種類	質量[kg]	最大平均荷重[kN]	荷重／質量[kN/kg]
鋼材と木材(接着なし)	6.16	28.74	4.67
鋼材と木材(接着あり)	6.26	28.22	4.51
鋼材と普通コンクリート	13.00	23.28	1.79
鋼材と軽量骨材コンクリート	10.90	24.01	2.20

4. まとめ

今回行った諸実験の結果から得られたことを以下にまとめる。

- (1) 木材（集成材）を鋼管に充填材に用いたハイブリッド断面部材の最大曲げ荷重は、各種コンクリートを鋼管に充填した場合よりも大きな値を示した。
- (2) 曲げ載荷試験において、鋼管の充填材に木材（集成材）を用いた場合は鋼管の充填材に各コンクリートを用いた場合に比較して、靱性に劣ることがわかった。
- (3) 木材（集成材）を用いたハイブリッド断面部材の質量あたりの曲げ耐荷力は各コンクリートを充填した鋼管のハイブリッド断面部材の約2倍となり、耐荷力の面で建設材料としての可能性を見出した。

謝辞

本研究を行うに際して、試料（軽量人工骨材）を提供して頂いた日本メサライト工業株式会社に心から御礼を申し上げます。

参考文献

- 1)林知行著：ここまで変わった木材・木造建築，丸善株式会社，2003.
- 2)長谷部薫，薄木征三，佐藤亜希子共著：プレストレスを作用させた継手を有する集成材の曲げ試験と解析，構造力学論文集 vol.51A，pp.1179～1186，2005.
- 3)<http://www.mitsui-kinzoku.co.jp/group/mesalite/>：日本メサライト工業株式会社，2006年9月6日取得.
- 4)村田二郎，菅原操，宮崎昭二共著：高強度軽量骨材コンクリート，山海堂，pp.25～33，1967.