

摩擦接合型コネクタを用いたスギ集成材と鋼板によるハイブリッド部材の軸方向繰返し載荷実験

正会員 ○徐蕾*¹ 同 松岡祐一*¹ 同 鈴木光雄*²
同 曾根拓也*² 同 三宅由祐*²

実大ハイブリッド部材 部材軸方向繰返し載荷
履歴性状 軸力分担

1. はじめに

本報では、文献1)で報告したI市体育館に使用する、「摩擦接合型コネクタを用いたスギ集成材と鋼板によるハイブリッド部材²⁾」(以下、ハイブリッド部材)の、実大試験体を用いた軸方向繰返し載荷実験について報告する。

2. 実験概要

2.1 試験体

I市体育館屋根トラス架構の下弦材と束材を試験体とした。表1に試験体諸元を示し、図1に試験体の形状・寸法を示す。スギ集成材は強度等級 E65-F225 の異等級対称構成集成材で、ラミナ厚は25~35mmとした。鋼材はSN490Bを使用し、試験体端部には鋼板の局部座屈と降伏を防止するためにフランジを設けた。ハイブリッド部材はコネクタにより鋼板と一体化された両側の集成材が、鋼板の座屈補剛として作用すると共に、全体が複合部材となって軸力に抵抗する。

各試験体の短期許容軸力を表2に示す。ここで、短期許容引張軸力は、集成材の耐力を無視して、中心鋼板の断面欠損部の有効断面積に鋼材の基準強度を乗じることで求めた。短期許容圧縮軸力は、部材の座屈で決まる圧縮耐力(座屈耐力)と、中心鋼板と集成材の等価断面積比に応じて端部コネクタが負担するせん断力がコネクタ耐力と一致する軸力(コネクタ耐力)の小さい方とした³⁾。

2.2 載荷方法および計測計画

油圧ジャッキを用いて圧縮・引張の繰返し載荷を行った。鋼板の端部をL型アングルで挟み込み、一端をフレームに固定し、他端をジャッキに固定した。短期許容軸力以下の載荷では軸力制御とし、それを超えた後は変形制御とした。載荷プログラムを図2に示す。

部材の軸変形および中央部の面外変位を計測した。また、ひずみゲージを図3に示す位置に貼付し、鋼材の軸力分布を確認した。

3. 実験結果

3.1 荷重 - 軸変形関係および終局性状

図4に各試験体の荷重 - 軸変形関係を示す。WG1-1は、±7mmの軸変形を2回繰返した後、圧縮方向に載荷したところ-7.8mmの軸変形で全体座屈が生じ、軸力が急激に低下した。WG1-2は同じく±7mmの軸変形を2回繰返した後、引張方向に載荷したところ、鋼板に引張降伏が生じ、2,000kN

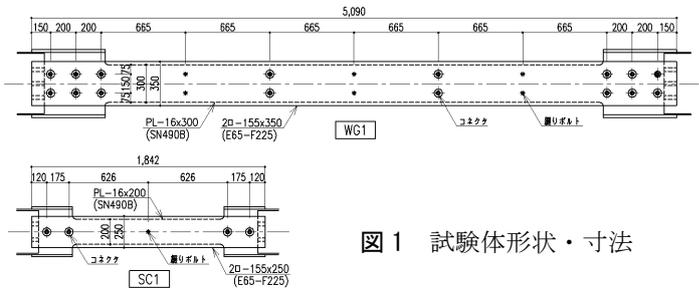


図1 試験体形状・寸法

表1 試験体諸元

試験体名	鋼板 (SN490B)		杉集成材 (E65-F225)		コネクタ接合部*		座屈長さ (mm)
	厚 t (mm)	幅 bs (mm)	厚 hw (mm)	幅 bw (mm)	コネクタ配置	厚肉パイプ (mm)	
WG1 (2体)	16	300	155	350	2×3	φ50 h 50	5090
SC1 (1体)	16	200	155	250	1×2	φ50 h 50	1842

* 接合部に使用するボルト: HTB M20 (F8T)

表2 試験体の短期許容軸力 (kN)

試験体名	引張	圧縮		破壊モード
		座屈耐力	コネクタ耐力	
WG1 (2体)	1,331	1,183	1,092	コネクタ
SC1 (1体)	926	2,249	348	コネクタ

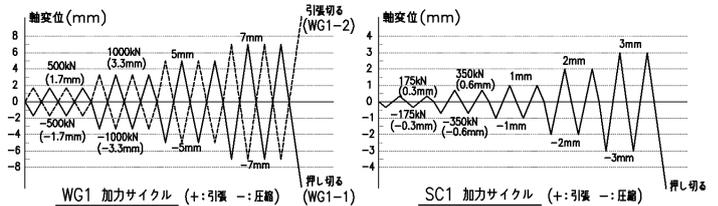


図2 加力サイクル

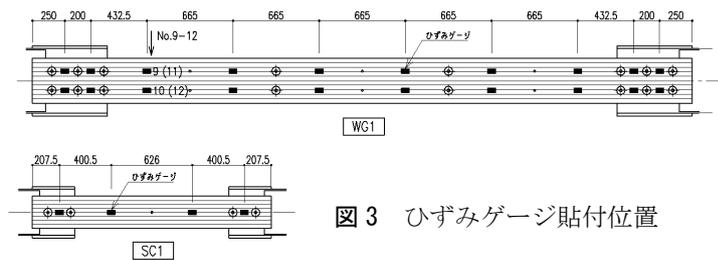


図3 ひずみゲージ貼付位置

程度で耐力の上昇が見られなくなった。軸変形16mmまで引張載荷した後に除荷し、更に圧縮方向に載荷し全体座屈が生じたところで実験を終了した。SC1は、±3mmの軸変形を2回繰返した後、圧縮方向に載荷したところ、コネクタ間での鋼板の局部座屈が進展し、-3.6mmの軸変形でコネクタ部が鋼板面外方向に破壊することで耐力低下が生じ、実験を終了した。

圧縮側の最大耐力は WG1-1 では-1,931kN、WG1-2 では-1,824kN、SC1 では-1,202kN になっていた。これらの最大

耐力は短期許容圧縮軸力と比べWG1では1.7倍程度、SC1では3.4倍程度あり、設計軸力に対して十分な余力を有していることを確認した。引張側の最大耐力はWG1-1では1,958kN、WG1-2では1,995kN、SC1では1,151kNになっていた。これらの最大耐力は短期許容引張軸力と比べWG1では1.5倍程度、SC1では1.2倍程度である。引張耐力は圧縮耐力ほどの余力はないが、引張側の破壊形式は鋼板の引張降伏となり、圧縮側に比べ十分な靱性が期待できることから、設計的には十分な安全性を有していると考えられる。

図5にWG1-1の荷重 - 鋼板中央部面外変位関係を示す。面外変位は、1,500kN以下の荷重ではほとんど生じないが、それを超えると徐々に増え、1,800kNを超えると急激に増加した。写真1(a)~(c)に座屈が生じた時の状況を示す。

3.2 鋼板/集成材の軸力分担

図6にWG1の鋼板軸力 - 軸変形関係を示し、図7にWG1の集成材軸力 - 軸変形関係を示す。鋼板の負担軸力は図3に示すひずみゲージの値に鋼板の断面積とヤング係数を乗じることで求めた。集成材の負担軸力は載荷荷重から鋼板の負担軸力分を減じた値とした。

図6の破線は鋼板の有効断面積に鋼板のミルシートの降伏耐力を乗じることで求めた鋼板の降伏軸力を示している。±7mmまでの繰返し載荷では、鋼板の負担軸力はこの降伏軸力以下であり、グラフ上でも弾性挙動を示していることを確認した。一方の集成材軸力は、短期許容圧縮軸力を超える載荷で弾塑性挙動が見られた。これは、鋼板から集成材への応力伝達が生じる摩擦接合型コネクタでの、集成材へのめり込みによるものと推定される。図7(b)の10mmを超える変形での集成材軸力低下は、端部コネクタの集成材にはしめ合せ断破壊が生じたためである。その状況を写真1(d)に示す。

SC1の荷重 - 軸変形関係では、WG1に比べ大きな履歴ループが見られたが、これは載荷軸力に対して、コネクタの数が少なく、その負担せん断力が相対的に大きいため、めり込みの影響がより顕著に表れたことによると考えられる。なお、WG1、SC1共にコネクタ部のすべりは確認されなかった。

4. まとめ

実大ハイブリッド部材の軸方向繰返し載荷実験を行い、その履歴性状と最大耐力について得られた知見を述べた。

参考文献

- 1) 三宅由祐他: 鉄骨トラス屋根体育館における地震時の屋根面応答に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), 2014.9
- 2) 坂田弘安他: 摩擦接合型コネクタを用いたスギ-鋼板ハイブリッド部材の軸方向特性, 日本建築学会構造系論文集 第627号, 811-817, 2008.5
- 3) 鋼・木質ハイブリッド構造の設計施工技術資料, 日本鋼構造協会, pp54-59, 2012.3

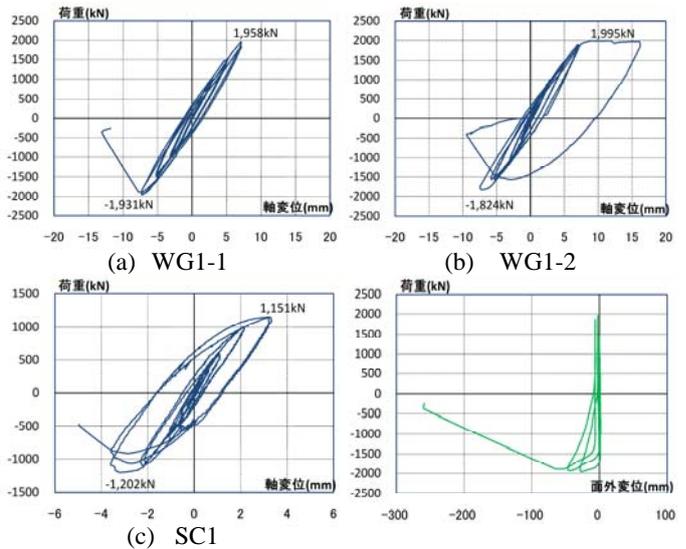


図4 荷重 - 軸変形関係

図5 WG1-1 中央部面外変位



(a)WG1-1

(b) WG1-2(1)



(c)SC1

(d) WG1-2(2)

写真1 座屈状況

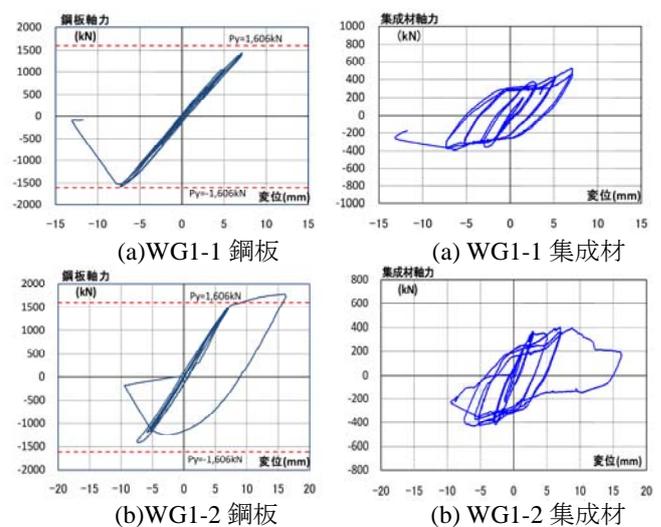


図6 鋼板軸力-軸変形

図7 集成材軸力-軸変形

*1 新日鉄住金エンジニアリング

*2 山下設計 構造設計部

*1 NIPPON STEEL & SUMIKIN ENGINEERING

*2 Structural Design Division, YAMASHITA SEKKEI