

在来工法天井の構成部材および実大天井の力学的特性に関する実験研究

その1：全体計画およびハンガーの要素試験

正会員 杉山 達也*¹ 正会員 貫井 泰*¹
 正会員 柏崎 琢也*² 正会員 藪内 彰夫*³
 正会員 小林 俊夫*⁴

天井 構成要素 力学特性
 強度 剛性 ハンガー

1. 研究の背景と目的

近年、非構造部材である天井の耐震性について実験的な検討を中心として、報告^{1),2)}が増加している。しかしながら、在来工法天井を構成する吊りボルト、野縁、野縁受けの接合部（ハンガー、クリップ）の強度・剛性の力学特性に着目した体系的な実験は少なく、その力学特性も十分に蓄積されていない。

また、天井面の周辺躯体への衝突などによるボードの脱落・損傷などの地震被害が多く見られるが、これに関しては、振動台試験などに例³⁾があるものの、在来工法天井の剛性、耐力、破壊モードなどの基本的な挙動を静的加力実験により詳細に把握した例は少ない。

そこで本研究では、在来工法天井の力学的特性を評価する目的で、次の二種類の実験を行った。

構成部材（ハンガー、クリップ）の要素試験
 実大部分天井の静的加力試験

まず、本報（その1）では、のハンガー要素試験の実験計画と結果について報告する。

2. ハンガー要素試験の実験計画

ハンガーの要素試験は、表1に示すようにハンガーにそれぞれ引張り力、せん断力、曲げモーメントの7種類の荷重を載荷し、これらの荷重に対する強度・剛性を評価する実験である。試験は、各パラメータ5体で実施し、いずれもJIS規格品とした。また加力は単調載荷とし、せん断試験ではハンガー一箇所あたりの常時の負担天井重量（125N/m²）に相当する一定の荷重（100N）を、吊りボルト方向に載荷しながら、せん断力を載荷した。

試験は図1（代表例として引張り加力：H-1試験体）に示

すように、ハンガーが取り付け野縁受けの両端を固定（回転も拘束）し、固定点中央に取り付けたハンガーにそれぞれの加力種類・方向に応じた外力を加えた。加力は材料試験機を用いて行い、試験機のロードセルおよびクロスヘッドの移動量より荷重および加力点の変位を計測した。

3. ハンガー要素試験の結果

(1) 引張り試験

引張り試験のH-1試験体の荷重-変位関係を図2aに示す。各試験体とも、大きなばらつきは見られず、最大荷重直前まではほぼ線形の弾性挙動を示した後、ハンガーが開いて急激に耐力が低下した。最大耐力平均値は2.8kNで、吊りボルトの想定軸力100Nに対して、28倍の大きな値である。実験より得られた荷重-変位関係より、引張り荷重に対するハンガーの変形特性は図2aに示す「最大耐力後剛性低下型」のモデルに近似できる。

(2) せん断試験

野縁受け軸方向に加力したH-2a試験体の荷重-変位関係を図2bに示す。全試験体とも、加力とともに変位が増加し、ほぼ90Nの荷重で滑り変形が発生した。その後は一定の荷重を保持しながら滑り変形のみが進展したので、変位量10mm程度で試験を終了した。滑り発生荷重90Nは吊りボルトが負担する想定軸力（100N）と同程度である。実験より得られた荷重-変位関係より、ハンガーの野縁受け方向の荷重に対する変形特性は図2bに示す3折線の「スリップ型」モデルに近似できる。

野縁受け背・腹方向に加力したH-2b・H-2c試験体の荷重-変位関係を図2c、図2dに示す。H-2b試験体は、ハンガーが開く方向に、H-2c試験体は閉じる方向に変形し、

表1 ハンガー要素試験の加力種類と試験体一覧

試験体名称	記号	加力種類	加力方向
H-1		引張り力	鉛直方向
H-2a	せん断力		野縁受け軸方向
H-2b			野縁受け背方向
H-2c			野縁受け腹方向
H-3a	曲げモーメント		野縁受け軸方向
H-3b			野縁受け背方向
H-3c			野縁受け腹方向

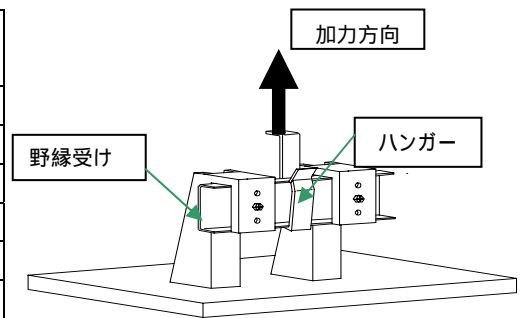


図1 試験概要（H-1試験体）

塑性化した後も変形が進展し変位量 10mm 程度で試験を終了した。H-2b (ハンガー開方向) の試験終了点耐力は 0.16 kN、H-2c (ハンガー閉方向) の試験終了点耐力は 0.67 kN と大きな差が生じた。これは、H-2b はハンガー背側板を全体に開いたのに対し、H-2c は野縁受け天端から跳ね出した部分のみ変形したことが要因である。これらの試験体の変形特性は図 2c、図 2d に示す 2 折線の「剛性維持型」のモデルに近似できる。

(4) 曲げ試験

野縁受け軸方向に曲げモーメントを加力した H-3a 試験体のモーメント - 回転角 (M) 関係を図 2e に示す。試験体によって、ハンガーと野縁受けとのなじみによる立上りの挙動に差が見られるが、その後はほぼ同じ剛性を保持し、ハンガーの回転変形が進んだ後、ハンガーのツメが野縁受けから外れ耐力が低下し終局状態に至った。変形特性は図 2e に示す「最大耐力後剛性低下型」モデルに近似できる。野縁受け背・腹方向に加力した H-3b・H-3c 試験体の荷重 - 変位関係を図 2f、図 2g に示す。せん断試験と同様に H-3b 試験体は、加力によりハンガーが開く方向に、H-3c 試験体はハンガーが閉じる方向に曲げ変形が生じた。塑性化した後も曲げ変形が進展し、回転角が H-3b 試験体は 0.3(rad)、H-3c 試験体は 0.23 (rad) 程度で試験を終了した。これらの変形特性は図 2f、図 2g に示す 2 折線の「剛性維持型」のモデルに近似できる。

4. まとめ

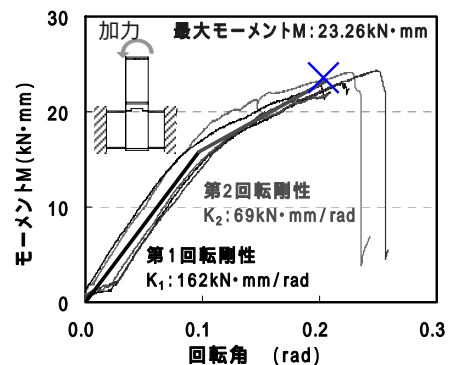
本報では、構成部材の要素試験のうち、ハンガーの要素試験の計画と結果を示した。実験により各種荷重に対するハンガーの剛性・耐力等の力学的特性が確認された。

参考文献

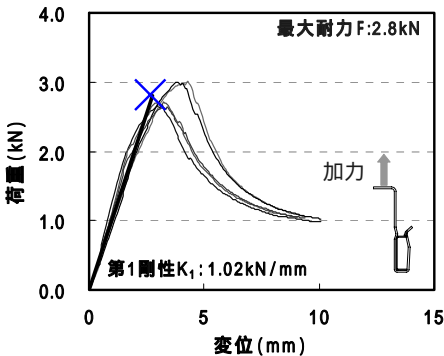
- 1) 元結ほか：在来工法による鋼製下地天井の力学的特性に関する研究 その 1～その 2、日本建築学会大会学術講演梗概集、2005 年 9 月
- 2) 小林ほか：天井の耐震性に関する研究 その 1～その 7、日本建築学会大会学術講演梗概集、2006 年 9 月、2007 年 9 月、2008 年 9 月
- 3) 宮村ほか：重要施設の機能維持評価を目的とした天井・設備機器の振動台実験と解析 その 1～その 5、日本建築学会大会学術講演梗概集、2008 年 9 月

凡例

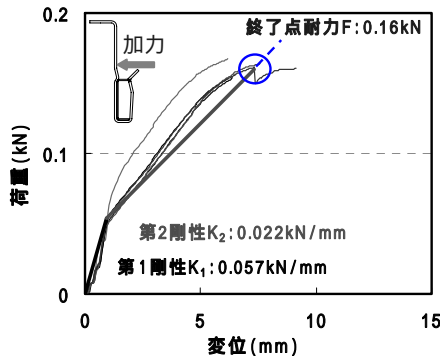
- × : 最大耐力点
- : 試験終了点



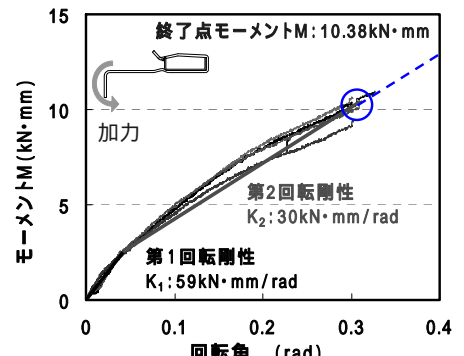
e) H-3a 試験体



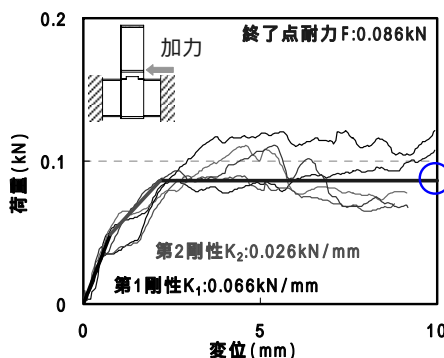
a) H-1 試験体



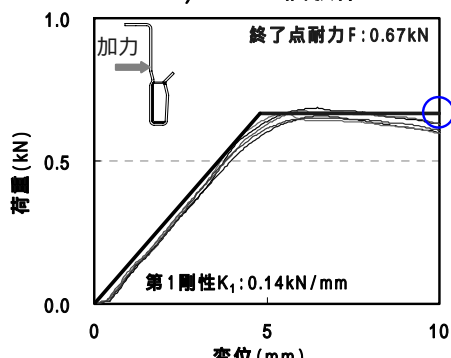
c) H-2b 試験体



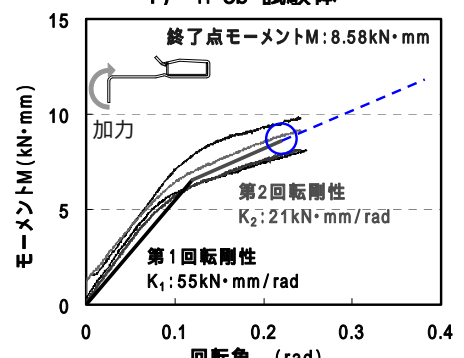
f) H-3b 試験体



b) H-2a 試験体



d) H-2c 試験体



g) H-3c 試験体

図 2 荷重 - 変位関係

*1 東京電力
*2 東電設計
*3 鹿島建設
*4 桐井製作所

Tokyo Electric Power Company
Tokyo Electric Power Services
Kajima Corporation
Kiri Construction Materials Co.,Ltd.