

天井吊りボルトの圧縮補強に関する研究 (その2)補強なし試験体の静的ユニット実験

正会員 ○濱崎 源記*1
正会員 下氏 亮介*1
正会員 相原 正史*1

正会員 荒井 智一*1
正会員 小林 俊夫*2

キーワード：鋼製天井下地 耐風圧 座屈 ユニット試験

1. はじめに

本報^{文献1)}では、吊りボルト接合部周辺モデルでの試験により吊りボルト圧縮補強の性能を確認したが実際の在来天井は複数の吊りボルトで支持され、野縁・野縁受けなどの部材が組み合わされているため、本研究では公共建築工事標準仕様書に示されている屋外天井をベースの試験仕様とし、吊りボルト圧縮補強や耐震補強の有無による天井全体の耐風圧性能の差を確認することを目的とした。本稿では吊りボルトの圧縮補強が無いケースの試験結果について報告する。

2. 試験概要

試験体仕様を表1に示す。全試験体の共通事項としてJIS25形を用いて天井ユニットを組み、Case1-3の斜め部材の角度が60度となるように天井懐を1430mmとした。Case1-1は水平補強も斜め補強も施さない在来工法の仕様(図1,2)とし、Case1-2は天井懐の中間部に水平補強材(C-38×12×1.2)を吊りボルトにチャンネルホルダーにて野縁受け方向およびその直交方向に十字に設置した(図3,4)。Case1-3は斜め部材(C-40×20×1.6)をV字に設置し、斜め部材下部近傍の計4ヶ所のJISクリップを緊結型の補強クリップに変更しさらにビスによる固定を行った(図5,6)。

表1 試験体ケース一覧

Case	仕様	フトコロ	補強①	補強②	斜め部材	斜め部材長さ
1-1	JIS25形	1430mm	-	-	-	-
1-2			振れ止め	-	-	-
1-3			ブレース	クリップ補強	C-40×20×1.6	1536mm

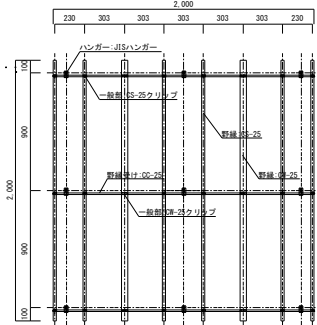


図1 Case1-1 平面図

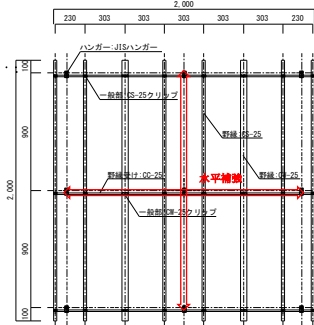


図3 Case1-2 平面図

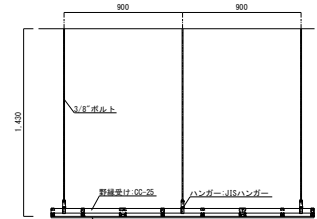


図2 Case1-1 立面図

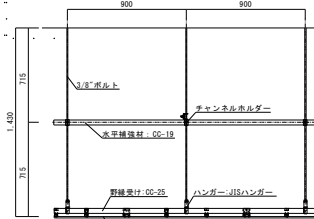


図4 Case1-2 立面図

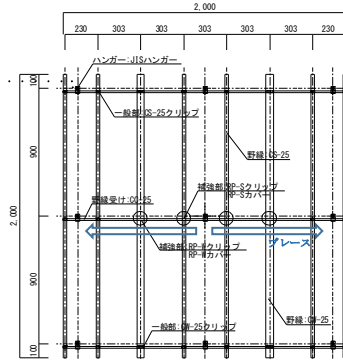


図5 Case1-3 平面図

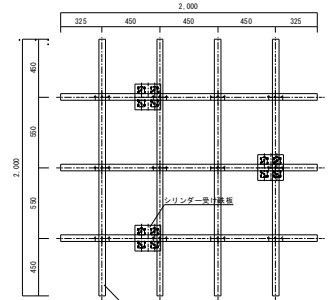


図7 加力治具 平面図

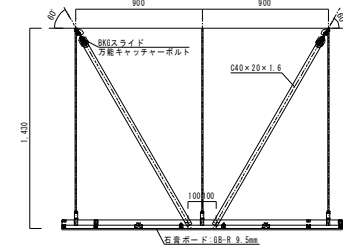


図6 Case1-3 立面図



写真1 加力治具設置

加力治具は、図7に示すように角パイプ(□-50×50×3.2)を井桁状に組み、シリンダーを受けるための鉄板を角パイプにボルトで緊結した。シリンダー受け鉄板は、井桁状の治具の中心から同心円状に3点配置した。加力方法は、各点の先端に荷重計を取り付けた油圧シリンダー3基によって同時に鉛直上向き加力を行い、各シリンダーを変位により制御し、治具の水平を保ちながら天井面へ加力を行った(写真1)。レーザー変位計を用い天井面中央部の鉛直方向変位を計測した。

3. 試験結果

表2に各試験の最大荷重、変位を示す。Case1-1とCase1-2においては、吊りボルト9本分の座屈荷重をオイラーの弾性座屈式(以下、オイラー式)と告示²⁾に記載されている式(以下、告示式)で算定した値を記載している。Case1-3は吊りボルト9本分の座屈荷重に斜め部材軸方向の座屈荷重を鉛直方向へ変換した荷重を加えた数値を算定した。

表2 試験結果一覧

Case	最大荷重	最大荷重時変位	オイラー式	告示式
1-1	3034N	14.85mm	3483N	2403N
1-2	3067N	16.99mm	3483N	2403N
1-3	8873N	14.29mm	10387N	7199N

Case1-1 は、300N 付近で吊りボルト座屈が始まり、3000N 付近で吊りボルトの座屈に加えてハンガーの開きや野縁受けの倒れにより荷重上限となり終局とした(写真 2, 3)。野縁や野縁受けの曲げ変形は確認できなかった。最大荷重はオイラー式に比べ低く、告示式より 600N 程高い結果となった。



Case1-2 は、300N 付近で吊りボルトの座屈が始まり、吊りボルトの座屈に加えてハンガーの開きと野縁受けの倒れにより荷重上限となり終局とした(写真 4, 5)。最大荷重はオイラー式に比べ低く、告示式より 600N 程高い結果となった。



Case1-3 は、吊りボルトの座屈が生じた後、野縁受けの斜め部材をビス固定している部分を支点に野縁受けの曲げ変形が生じ、加えて斜め部材直下の野縁が野縁受けによって潰れるように変形した(写真 6, 7)。8000N を超えたところで斜め部材が座屈し荷重上限となり終局とした。最大荷重はオイラー式に比べ 1500N 程低く、告示式に比べ 1500N 程高くなった。



全試験の荷重-変位曲線の比較を図 7 に示す。Case1-1 と Case1-2 はほぼ同様の挙動であり、これは吊りボルト間に取り付けた水平補強材が吊りボルトの座屈変形に追従し、水平変位に拘束力を持たなかったためである。よって水平補強材は吊りボルトの座屈拘束に影響しないことがわかった。

Case1-3 は Case1-1, Case1-2 と比較し、最大荷重が 3 倍

程度向上したことから鉛直方向への補強効果が見込めると言える。

しかし、斜め部材の頂点部分の吊りボルト以外の吊りボルトは Case1-1 と同様の座屈状態が確認でき(写真 6)、また、野縁受けの変形状況が、斜め部材直下と試験体端部では異なり、斜め部材による鉛直補強の効果は試験体全体に対して一様ではないことがわかった(写真 8)。また天井面から斜め部材に伝わる荷重が斜め部材直下の野縁に集中することにより局部座屈を生じさせることから野縁に対して追加補強が必要となる可能性がある。斜め部材を耐風圧補強として設計する場合には、斜め部材を支点とした野縁受けおよび野縁の曲げ耐力を斜め部材 1 対当たりの鉛直上向き許容耐力として設定し、設計用風圧力に対して斜め部材の組数を算定するなどの方法が考えられる。しかし、均一に斜め部材の配置できない場合などは天井面内での強度の偏りが発生することが考えられるため現実的な設計ではないと考える。



写真 8 野縁受けの曲げ変形

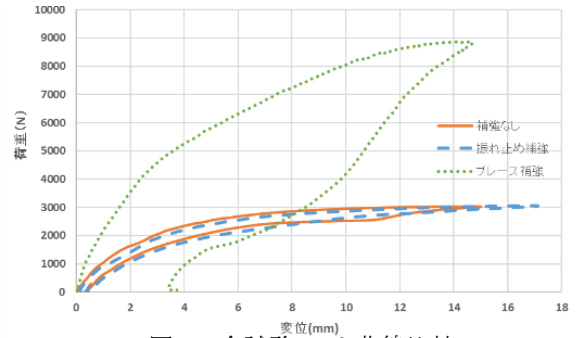


図 8 全試験 P-δ 曲線比較

4. まとめ

本試験より JIS25 形を用いた吊りボルトの座屈補強を施さない天井において耐風圧性能は吊りボルトの座屈荷重を告示式で評価することは、安全側であると言える。水平補強については吊りボルトの座屈に追従するため支持点としての効果が見込めないことがわかり、吊りボルトの座屈補強を施さない場合と同様の試験結果となった。斜め部材補強については鉛直補強の効果は見込めるが、斜め部材の配置間隔や野縁の局部座屈等の考慮が必要となる。

今後の課題として、鉛直下向きおよび繰返し荷重による影響等を確認し、斜め部材の効果について詳細な検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 天井吊りボルト圧縮補強に関する研究 野曾原瑞樹他 日本建築学会梗概集 2016 年 pp879~880
- 2) 建築物の構造関係技術基準解説書 2015 年版 P532~533

*1 桐井製作所

*2 桐井製作所 工学博士