

# 天井吊りボルトの圧縮補強に関する研究 (その3)補強あり試験体の静的ユニット実験

キーワード：鋼製天井下地 耐風圧 座屈 ユニット試験

正会員 ○下氏 亮介\*1 正会員 荒井 智一\*1  
 正会員 濱崎 源記\*1 正会員 小林 俊夫\*2  
 正会員 相原 正史\*1

## 1. はじめに

前稿に引き続き本稿では、在来天井工法で構成された天井面に対し、鉛直上向きの外力が作用した場合における鋼製下地材の力学的特性を把握するために実施した静的ユニット実験のうち吊りボルトに圧縮補強を施したケース(表1、Case2-1および3-1、3-1'、3-2)の実験結果について述べる。

## 2. 試験体

Case2-1では、吊りボルトに対する圧縮補強方法として広く用いられている、角パイプ(□-19×19×1.6)の中に吊りボルトを通すものとし(図1a)、既往の研究より力学的に弱点になるハンガーとの接続部は吊りボルトの露出長さを30mmとした。このケースは既報における要素実験の試験体No.5-1に対応する試験体である。

Case3-1では、圧縮補強部材である開断面形状の薄板鋼材(C-25×19×5×1.0)を専用金具用いて吊りボルトに沿わせて配置し、野縁受けに直接ビスにて接合することで吊りボルトに圧縮力が伝達させない機構とした(図1b)。これは既報の試験体No.5-2に対応する試験体である。

なお、Case3-1'はCase3-1と同一試験体を再度加力したものである。

Case3-2は、Case3-1の試験体中央部に斜め部材を配し、耐震性能を付与した耐風圧天井を想定した。斜め部材の配置に伴い、斜め部材の頂点部分の吊りボルトについては圧縮補強材を取り外し、斜め部材の上端金具が取り付け吊りボルトについては新形状金具(図1c、d)にて、斜め部材上端金具が吊りボルトに取り付けられるようにし、かつ圧縮補強材が吊り元に突付くことができるようにした。試験体全景写真を写真1a~c、試験体立面図を図2a、bに示す。各試験体の荷重-変位曲線を図3に示す。

## 3. 実験結果

実験では、2m×2mの試験体に対し、ほぼ同サイズの加力治具を3本の油圧シリンダーにてシリンダーのストローク変位が一定になるように制御しながら加力した。試験体の変位は、試験体中央部に配置したレーザー変位計の測定値を用いる。

また、荷重は各シリンダーに取り付けた荷重計にて計測し、加力は予備計算にて設定した野縁(CS-25)の短期許容応力度限界である1600N/m<sup>2</sup>以上(3本のシリンダーの合計が6400N)となるまでとした。なおCase3-1'および3-2については3800N/m<sup>2</sup>相当まで加力した。

表1 試験ケース一覧

Case	吊りボルト 圧縮補強材	斜め部材	最大荷重 (N)	圧力換算 (N/m <sup>2</sup> )	最大荷重時 変位(mm)	加力終了判断
2-1	□-19×19×1.6	-	7200	1800	3.60	目標荷重到達のため
3-1	C-25×19×5×1.0		8300	2075	2.76	目標荷重到達のため
3-1'			15200	3800	7.37	試験架台保護のため
3-2		C-40×20×1.6	15100	3775	7.25	試験架台保護のため

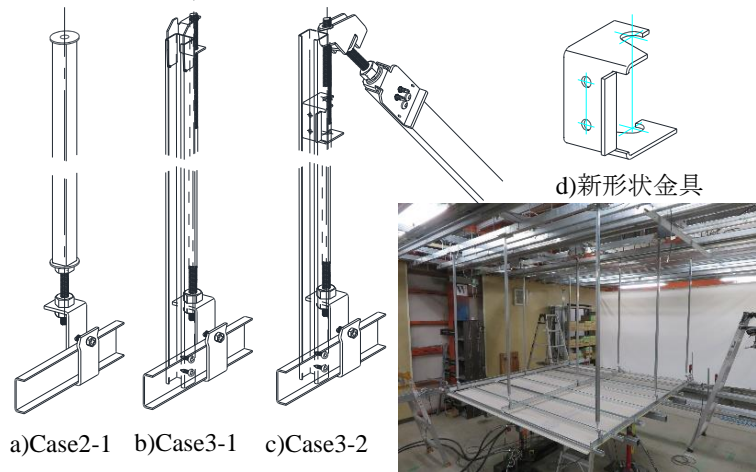


図1 圧縮補強部概要



b)Case3-1

c)Case3-2

写真1 試験体全景

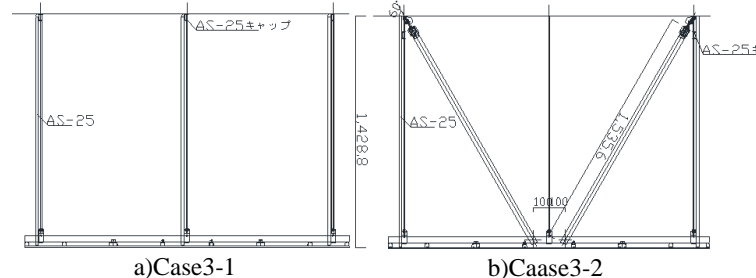


図2 試験体立面図

### (1) Case2-1

7200N加力までほぼ弾性的な挙動を示しており、最大荷重時と原点を結んだ剛性値は2004.2N/mmとなった。

試験時の挙動としては、吊りボルトとの接合部で野縁受けのねじれ変形、吊りボルト露出部の吊りボルトの曲げ変形、野縁の弱軸曲げ変形が確認できた(写真2a、b)。除荷

後の状況では吊りボルト露出部の変形が一部確認できたが、他の部分には残留変形は見られなかった。

**(2) Case3-1**

8300N 加力までほぼ弾性的な挙動を示しており、剛性値は 3007.8N/mm となった。

試験時の挙動としては、野縁の弱軸曲げ変形および野縁受け強軸曲げ変形が確認できた(写真 2c)。除荷後の状況ではいずれの残留変形も見られなかった。

**(3) Case3-1'**

10000N 付近までほぼ弾性的な挙動を示しており、10000N 付近での剛性値は 3036.4N/mm となった。

試験時の挙動としては、試験体中央部の圧縮補強材の座屈、野縁の弱軸曲げ変形および野縁受け強軸曲げ変形が確認できた(写真 2d, e)。除荷後の状況ではいずれの残留変形も見られなかった。

**(4) Case3-2**

15100N 加力までほぼ弾性的な挙動を示しており、剛性値は 2088.0N/mm となった。

試験時の挙動としては、斜め部材頂点部の吊りボルトの座屈、野縁の弱軸曲げ変形および野縁受けの強軸曲げ変形が確認できた(写真 2f, g)。

**4. 考察**

Case2-1 と 3-1 を比較すると要素試験<sup>1)</sup>(図 4)と同様にユニット試験においても従来型の角パイプを用いた補強方法のほうが剛性が小さくなっているため、圧縮補強部の耐力においても要素試験<sup>1)</sup>と同様の特性があるとする、単純な材の座屈荷重より小さくなるのが考えられる。

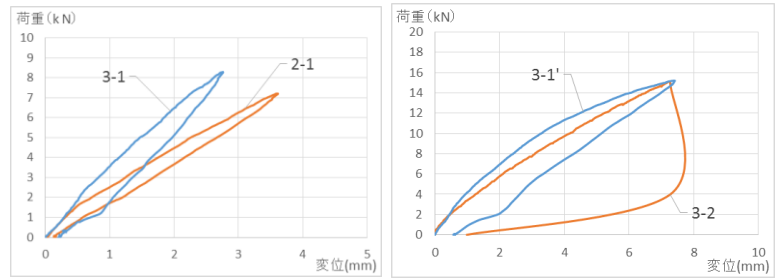
Case3-1 では、圧縮補強材の座屈荷重が、野縁および野縁受けの許容荷重に対し十分に大きいことから天井全体の耐風圧性能については、野縁と野縁受けの応力計算により評価することが出来る。また、試験において野縁および野縁受けに許容荷重の以上の応力を作用させても弾性的な挙動を示したことより、複雑で不規則な風圧に対しても安全な設計になっていると考える。

Case3-1' と 3-2 を比較すると 3-2 の剛性値が低くなっていることが確認できた。耐震性付与のため斜め部材を取付る場合も、斜め部材頂点部の吊りボルト圧縮補強材を省略することで、天井全体の耐風圧性能の低下に繋がるため、圧縮補強材は設置しなければならないことがわかった。

**5. まとめ**

天井面に鉛直上向きの力が作用した場合の天井のうち、吊りボルトに圧縮補強材を施した天井において鋼製下地材の力学的特性を確認した。

今後の課題として、今回得られなかった各部材の終局状況の確認および負圧による影響の確認、各部材の応力状態の把握を行いたい。



a)Case2-1,3-1 比較      b)Case3-1',3-2 比較

図 3 荷重-変位曲線

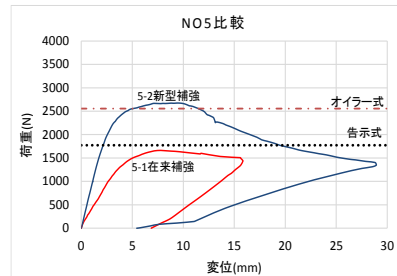
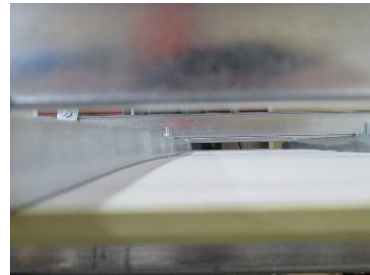


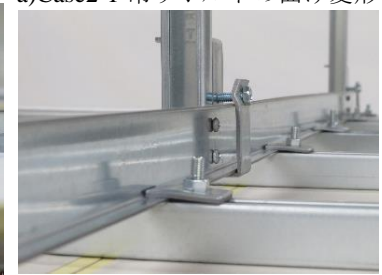
図 4 要素試験結果



a)Case2-1 吊りボルトの曲げ変形



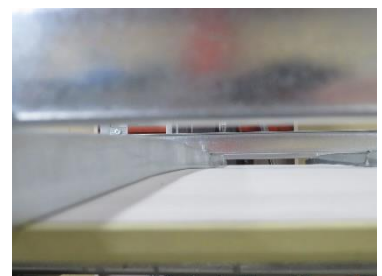
b)Case2-1 野縁弱軸曲げ変形



c)Case3-1 野縁受け強軸曲げ変形



d)Case3-1' 圧縮補強材の座屈



e)Case3-1' 野縁弱軸曲げ変形



f)Case3-2 吊りボルトの座屈



g)Case3-2 野縁受け強軸曲げ変形

写真 2 各試験損傷状況

**【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 pp879～880

\*1 桐井製作所

\*2 桐井製作所 工学博士