

天井吊りボルトの圧縮補強に関する研究

正会員 ○野曾原瑞樹^{*1} 正会員 小林 俊夫^{*2}
正会員 荒井 智一^{*3} 正会員 相原 正史^{*1}

キーワード：鋼製天井下地 耐風圧 座屈 加力試験

1. はじめに

軒、ピロティ天井の風による被害の原因は吊りボルトの座屈が大きな割合を占めると考えられる。現在行われている補強は吊りボルトを角パイプにより補強するものであるが、既往の研究から野縁受けと吊りボルトの偏心により、ハンガー及び野縁受けに曲げ変形や捩り変形が生じ強度が頭打ちになることがわかっている。また角パイプの補強は施工手間がかかるだけでなく、改修工事には適さない問題がある。本研究の目的はそれらの問題を解決すべく考案した工法が工学的に妥当かを検証し設計方法を提案するものである。

2. 現行の補強方法と耐力

現行の補強は角パイプに吊りボルトを通してナットで固定する。その際、高さ調整のためボルトが露出している部分を強度上の問題から30mmとしている。また、野縁受けの図芯と吊りボルトの芯に20mmの偏心が存在する納まりとなる。

そのため既往の試験では吊りボルト露出部のA点で曲げ変形による破壊が生じた。既往の試験は吊元を金具としていたが今回はスラブを想定し、試験を行った。

3. 新工法の概要

在来工法の吊りボルト補強では偏心および野縁受けの捩れを解消することは難しいと考え、野縁受けからの荷重を直接、圧縮補強材が受けるように考えた。金具で吊りボルトに圧縮補強材を添えつけ上端を軸体に接地させ下部を野縁受けにビス固定した。

これにより圧縮補強のあと付けが可能となり、既存の下地の補強にもあと施工で適用できる。また吊元まで手が届かなくても設置可能なため施工性も改善される。吊元側につく金具は吊りボルトに添えつけのみで固定はされていないので、図2 新工法の概要補強の基本的な考え方たとして、上向荷重は圧縮補強材で支え、下向荷重は吊りボルトが支えることになる。

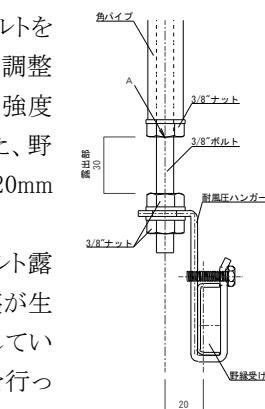


図1 現行の補強方法

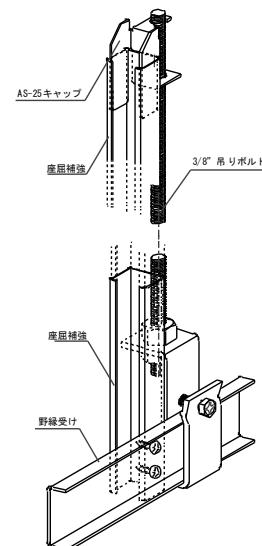


図2 新工法の概要

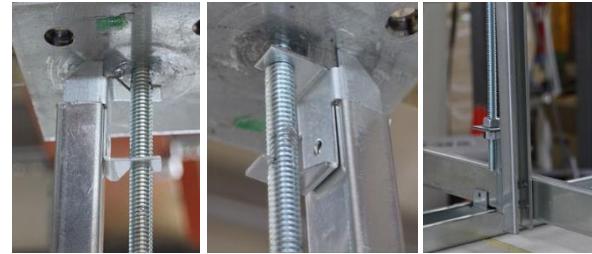


写真2 新工法端部状況

4. 試験概要

図3のように吊りボルトを水平な状態にして天井の野縁を固定し平行移動する吊り元側の治具に加力した。試験体仕様を表1に、試験体部材の断面性能を表2に示す。

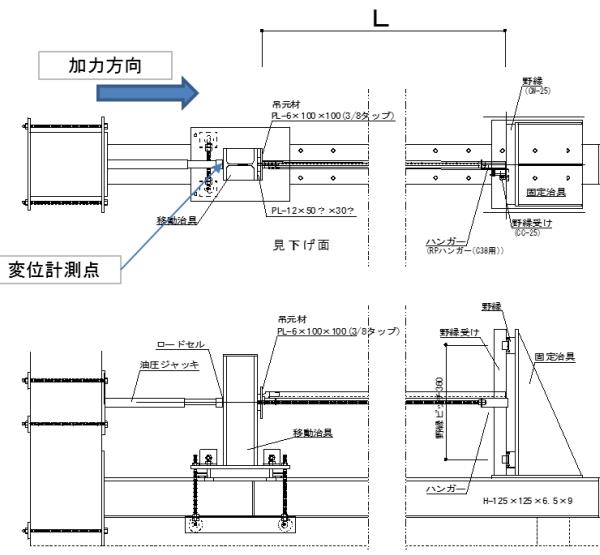


図3 試験の概要

表1 試験体の仕様一覧

試験体No	ボルト長さL	天井仕様	吊りボルト	座屈補強
1-1	300mm	19形耐風圧仕様	3/8"ボルト	無し
1-2				新補強法AS-25
2-1				角パイプ1.2×19
2-2				新補強法AS-25
3-1				角パイプ1.2×19
3-2				新補強法AS-25
4-1				角パイプ1.2×19
4-2				新補強法AS-25
5-1				角パイプ1.2×19
5-2				新補強法AS-25

表2 試験体部材の断面性能

使用箇所	使用部材	使用試験体No	断面積	断面2次M	断面2次半径
			mm ²	mm ⁴	mm
圧縮補強材	3/8"ボルト	1-1	49.10	191.8	1.97
	角P1.2×19×19	2~5-1	84.20	4417.0	7.24
	C-1.0×25×19×10	1~5-2	66.42	3154.0	6.89
野縁受け	C-38×12×1.2	1-1, 2	69.04	13370.0	3.48
	C-38×12×1.6	2~5-1, 2	92.70	17790.0	3.41

5. 試験結果

試験結果と計算上の座屈荷重、想定耐力を表3に示す。

表3 試験結果と想定耐力一覧

試験体No	最大荷重		座屈荷重(N)		想定耐力(N)
	荷重(N)	変位(mm)	告示式	オイラー式	
1-1	1853	7.44	1850	2687	1850
1-2	3370	11.80	11653	44192	2431
2-1	1893	6.46	9440	14689	3235
2-2	3931	14.68	6966	10489	3235
3-1	1767	7.84	5308	7662	3235
3-2	3728	13.50	3790	5471	3235
4-1	1707	7.28	3779	5455	3235
4-2	3468	13.19	2698	3895	2698
5-1	1660	7.46	2480	3580	2480
5-2	2675	9.39	1771	2556	1771

本試験は実際の天井下地を模して製作しているため圧縮補強材の座屈を含め次の要件で破壊に至ることが考えられた。尚、本試験では野縁を治具に固定しているため野縁の曲げ強度は無視している。

1. 圧縮補強材の座屈

2. 金具の強度 4500N(圧縮補強材上端)

3. 野縁受けの曲げ強度 CC-19:2431N CC-25:3235N

ここで圧縮補強材の座屈荷重は告示に記載されている式(以降告示式と表記)とオイラーの理論式で比較検討を行う。金具の強度は金具単体の圧縮試験結果より4500Nとした。野縁受けの曲げ強度は野縁を支持点とした単純梁として考えた。各試験体の想定耐力は要件1~3の最小値と考えた。

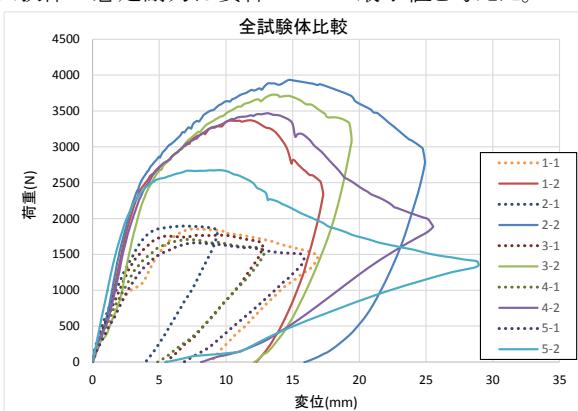


図4 全試験体比較

試験体1は短い吊りボルトと圧縮補強の組合せとしたが1-1は吊元から野縁上端を座屈長さとした吊りボルトの座屈で終了した。1-2は座屈補強の効果があり野縁受けの曲げ破壊で終了した。(写真3)

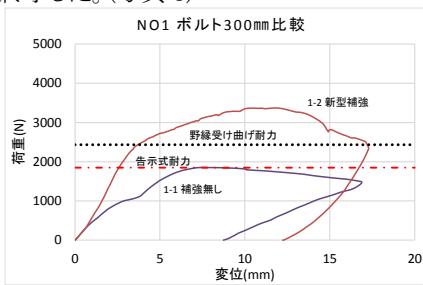


図5 試験体1比較



写真3 野縁受け曲げ

*1 桐井製作所

*2 桐井製作所 工学博士

*3 桐井製作所 修士（工学）

試験体2~4は座屈耐力が野縁受けの曲げ耐力を上回っているが在来の補強だと既往の実験通りに1600N~1800N程度でボルトの曲げ破壊で終了し野縁受けの曲げ耐力以下であった。(写真4)新工法の補強を施した試験体はいずれも野縁受けの想定耐力以上の荷重で曲げ破壊が生じた。ただしグラフをみると各試験体とも2500Nを過ぎたところでの剛性低下が見られる。これは角パイプ補強に対して偏心の影響は小さくなつたが、2500Nを過ぎると野縁受けの捩れ変形が大きくなり剛性に影響を与えたと考えられる。

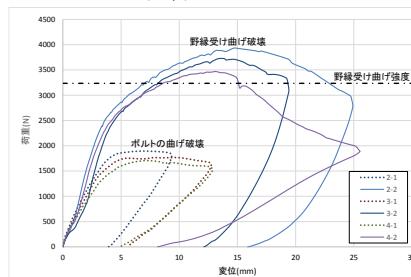


図6 試験体2~4比較



写真4 吊りボルト曲げ

試験体5-2は野縁受けの捩れが大きくなる前に圧縮補強材が座屈をしている。(写真5)この値を見ると圧縮補強材の座屈荷重はオイラー式による評価が可能と考える。

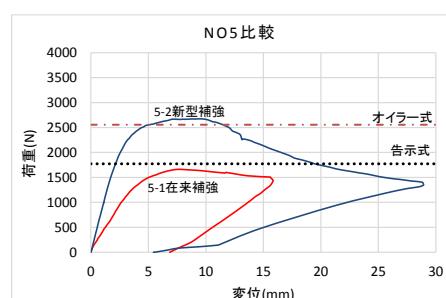


図7 試験体5比較



6. まとめ

本補強方法で圧縮補強が有効に作用することが確認できた。野縁受けの曲げ強度、捩れ等の影響を考慮する必要があるがふところ寸法により圧縮補強材の座屈荷重で設計が可能と考える。

今後の課題として以下のことを考える。

1. 鉄骨母屋等の吊元で同様の効果がある納まりの考案。

2. 野縁受けの捻りを含めた剛性、強度の評価方法の考案。

また耐風圧天井下地以外で在来工法天井の耐震ブレースに転用することが可能と考えられるため、その工法を考案することも今後の課題である。

【参考文献】

1) 鋼製天井下地材の強度、剛性に関する研究(その2) 吊りボルトの圧縮強度試験、藤井孝晏他、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1289~1290、2012.8

2) グリッドシステム天井の耐震性に関する実験的研究、その1 野曾原瑞樹他、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.873~874、2015.9