

天井の耐震性に関する研究

その2 グリッドシステム天井用ハンガー補強金具

キーワード：グリッド天井、補強金具、ブレース、吊りボルト

正会員 ○由利 隆行*¹

正会員 荒井 智一*²

正会員 小林 俊夫*³

1. はじめに

グリッドシステム天井は

- 在来天井に比べて施工期間が短い。
 - 設置後のレイアウト変更が簡単である。
 - 軽量で組み立て式のため現場搬入、施工が容易である。
 - Tバー部材やボードの転用交換が可能である。
- などの利点を持ち、日本でも最近急速に普及してきた。

しかし地震荷重の低い欧米で開発されたグリッドシステム天井を地震国日本で採用する場合には日本の実情に合わせた耐震設計が必要であり、筆者等は振動台実験に基づく改良を加えて実プロジェクトに適用した経緯(前報参考文献⁹⁾)がある。この度、さらに耐震性能が高く施工性に優れた直吊りハンガー補強金具を開発し、実験によりその性能を確認したので紹介する。

2. 補強金具

今回新たに開発した直吊りハンガー補強金具は前報で述べた水平力伝達経路の内、特に剛性・耐力共に低い

Tバー ⇒ ハンガー ⇒ 吊りボルト ⇒ ブレース下部

の部分を強固に一体化するもので、図1のような形態をしている。この補強金具は以下のような特徴を持つ。

- (1) 既存のTバー用直吊りハンガーを施工した後にとりつけることができる。
- (2) メインバー方向あるいはメインクロスバー方向のどちら側にも取り付けることが可能である。
- (3) 補強金具を正面から見たときブレースを補強金具の右側方向にも左側方向にも(片方でも両方同時にも)接続することができる。
- (4) 照明等の器具やボードの落とし込み施工の妨げにならない。

3. 静的水平加力実験

実物部分天井を設置し、中央のTバー端部に4本のL型鋼をクランプで締め付けその小口を油圧ジャッキで加力した。加力レベルはロードセルで計測し、変位はダイヤルゲージで計測した。試験体概要を図2に、実験状況を写真1に示す。実験ケースを表1に示す。

4. 実験結果(メイン方向)

4.1 V字配置ブレース

- (1) AS-25*¹を用いた場合：最大耐力2206Nのときの変位は13mmであった。終局状態は、補強金具の圧縮ブレース取り付け側が面外に傾き、振れる様に変形した。



写真1 静的加力実験

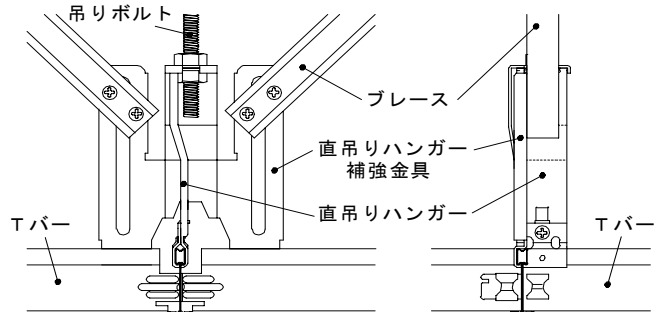


図1 直吊りハンガー補強金具

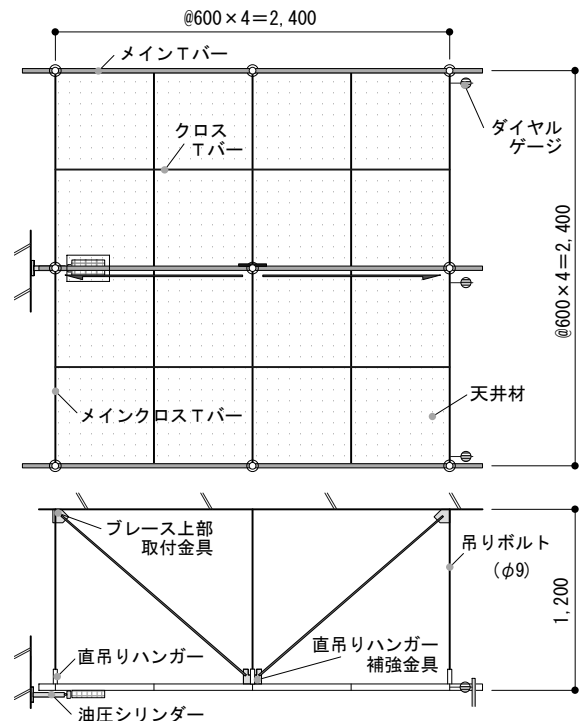


図2 試験体概要

- これにつられて吊りボルトもピン・固定モードで曲がったが、ブレース本体、ブレース上部取付金具に異常は見られなかった。
- (2) CC-19*²を用いた場合：最大耐力1382Nのときの変位は12mmであった。終局状態は圧縮側ブレースが両端ピンモードで座屈し、これにつられて吊りボルトも座屈した。
 - (3) (参考:CC-19のブレースをハンガーに直にビス留めして補強金具を用いない場合)：最大耐力941Nのときの変位は20mmであった。終局状態はハンガーが中間部分で面外に曲がり、下半分がTバーの接続部分を潰しながら回転した。ブレース本体、吊りボルトに異常は見られなかった。

※1 AS-25 : C-25×19×5×1.0 (リップ付チャンネル)

※2 CC-19 : C-38×12×1.2 (チャンネル)

4.2 単独ブレース

- (1) AS-25 を圧縮ブレースに用いた場合: 最大耐力 1185N のときの変位は 20mm であった。終局状態は補強金具の圧縮ブレース取り付け側が面外に傾き、振れる様に変形した。
- (2) AS-25 を引張ブレースに用いた場合: 最大耐力 882N のときの変位は 40mm であった。終局状態は吊りボルトがピン・固定モードで座屈した。他の部分に異常は見られなかった。
- (3) AS-25 を引張ブレースに用い、吊りボルトに AS-25 を被せて上下からナットで締め付けて補強した場合: 最大耐力 1314N のときの変位は 17mm であった。終局状態は補強金具が上からの軸力で押されて面外に傾斜した。
- (4) CC-19 を圧縮ブレースに用いた場合: 最大耐力 509N のときの変位は 12mm であった。終局状態はブレースが両端ピンモードで座屈した。他の部分に異常は見られなかった。
- (5) CC-19 を引張ブレースに用いた場合: 最大耐力 592N のときの変位は 36mm であった。終局状態は吊りボルトがピン・固定モードで座屈した。他の部分に異常は見られなかった。

5. まとめ

地震時には天井が振動するのに対し今回の実験は施設の制約上静的な方向単純載荷なので、ハンガーの回転などのローカルな大変形は繰り返しに対しては破壊とみなした。また天井周辺の廻り縁幅はデザイン上 20mm~30mm の細目の要請が多い。これらを勘案して変位 10mm までを許容変位の目安とした。

本報で紹介したケースの他、紙面の都合上割愛した約 50 ケースの実験結果も総括して下記の結論が得られた。

- (1) ブレースや吊りボルトの座屈後は水平耐力を保持したまま変形が進んだ。従って同一ライン上のバーに取り付けられた複数のブレースの水平耐力が座屈で制限される場合はこれらを足し算することができる。
- (2) ハンガー補強金具は剛性・耐力向上に効果がある。
- (3) AS-25 をV字配置したブレースは変位 10mm で耐力 2160N となった。
- (4) 天井懐内の器具配置上ブレースのV字配置ができない場合は、AS-25 で吊りボルトを座屈補強すれば AS-25 を用いて分離配置した「(逆)ハの字」配置ブレースでも変位 10mm で耐力 2250N (=単独引張 1175N + 単独圧縮 1075N) となる。
- (5) ハンガー補強金具を用いないと耐力は約 1/2~1/3 に低下する。

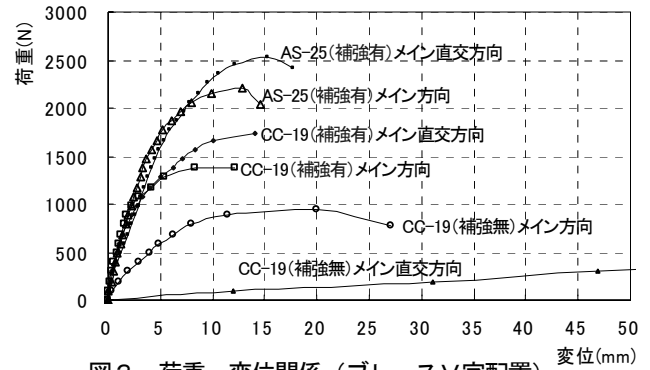


図3 荷重—変位関係 (ブレースV字配置)

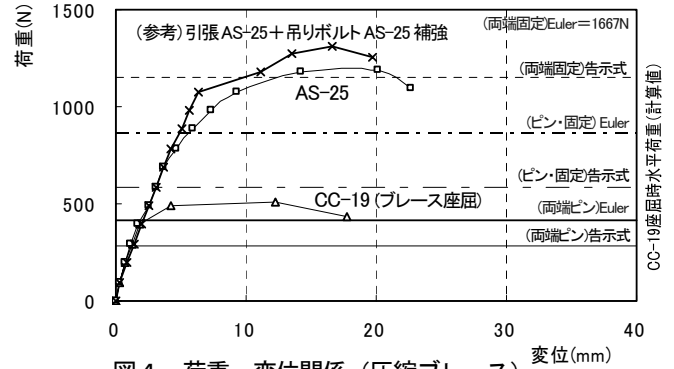


図4 荷重—変位関係 (圧縮ブレース)

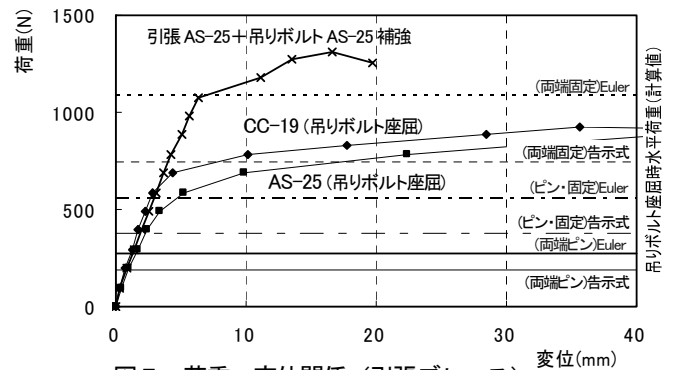


図5 荷重—変位関係 (引張ブレース)

- (6) CC-19 のブレースの座屈耐力は AS-25 の 1/3 程度であった。
- (7) 単独引張ブレースの水平耐力は吊りボルトの座屈で決定されるので、ブレース材は CC-19 でも AS-25 でも水平耐力は同程度であった。
- (8) ブレース (両端ピン) と吊りボルト (ピン・固定) の座屈荷重はそれぞれの境界条件の Euler の公式で安全側に評価できる。

表1 メイン方向実験結果

	ブレース配置	ブレース材	ハンガー補強金具	吊りボルト座屈補強	最大耐力 (N)	変位10mm時耐力 (N)	終局状態
1	V字	AS-25	○	×	2,206	2,160	補強金具が振れた。
2		CC-19	○	×	1,383	1,380	圧縮ブレースと吊りボルトが座屈した。
3		CC-19	×	×	941	840	ハンガー中央で曲がり下部が回転した。
4	単独	AS-25(圧縮)	○	×	1,187	1,080	補強金具が振れ、吊りボルトが座屈した。
5		AS-25(引張)	○	×	883	690	吊りボルトが座屈した。
6		AS-25(引張)	○	○	1,314	1,180	補強金具が傾いた。
7		CC-19(圧縮)	○	×	510	500	ブレースが座屈した。
8		CC-19(引張)	○	×	922	790	吊りボルトが座屈した。

*1 桐井製作所

*2 桐井製作所 工修

*3 桐井製作所 工博

Kirii Construction Materials Co., Ltd.

Kirii Construction Materials Co., Ltd., M.Eng.

Kirii Construction Materials Co., Ltd., Dr.Eng.