

大きな外力を想定した天井の耐震性に関する研究

その1 研究概要および静的加力試験

正会員 ○高石 幸寿*¹ 同 小林 俊夫*²
同 荒井 智一*³

キーワード：天井，吊り天井，ブレース，静的水平载荷

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、建築物において天井が脱落し人命に関わるという天井として過去にない甚大な被害が生じた。これらの被害を踏まえ、国土交通省において天井脱落対策の試案の取りまとめが進められるなど、法規制も含めた天井の技術基準の確立に関心が集まるところとなった。

そこで、本研究では鋼製下地吊り天井、石膏ボード等を下地材（野縁）にビス等で縫い付ける「在来工法」と大型のオフィス等で近年採用の多い岩綿吸音板等をフレーム（Tバー）に落としこむ「グリッドシステム天井（以下グリッド天井）」を対象とし、従来よりも大きな外力を想定（天井の設計用水平震度が2倍等）した場合の接続金具や納まり等の検証を行い、実大部分モデル天井を用い静的加力試験および動的振動台実験により性能の確認を行った。

2. 天井の耐震性能向上の手法

本研究が対象とする吊り天井は、一般的には直径9mm程度の吊りボルトまたは同程度の丸鋼等で吊り下げられている。鉛直下向きの荷重のみが作用している状態では、その影響について関心が寄せられて来なかった。しかし、地震による水平方向の慣性力が生じ、天井が躯体壁等に押し付けられた結果、吊りボルト材軸方向の力が作用するケースが報告されている（文献¹）。また、慣性力による天井の水平変位を抑制するために設置されるブレース（斜め材）の上下分力により吊りボルト材軸方向に圧縮力が生じ、吊りボルトの座屈耐力に達してブレースの耐力に影響する（文献²）。そこで、ブレースの耐力を向上させる為、吊りボルトの座屈抑制（圧縮補強）を施す事とした。（図1参照）

また、吊りボルトに圧縮力を生じさせない手法として、ブレースのV字配置が有効であるが、本研究では吊りボルトの圧縮補強を積極的に採用する為、天井裏スペースの有効利用（設備機器等の制約によるブレース設置数量の不足をより低減）できるように「鼓型」のブレース配置を提案する。（図2参照）



図1 吊りボルトの座屈抑制



図2 天井裏スペースの有効利用

3. 静的加力試験

3.1 試験概要

写真1に静的加力試験全景（グリッド天井・在来工法）を示す。試験ケース一覧を表1に示す。

目標性能については、天井材重量及び天井材下に設けられる間仕切り壁重量を想定し、踏まえた地震力に対して実用的なブレース（斜め材）の負担面積から設定した。

グリッド天井は、640mm グリッドの X 方向 3,840mm (6 スパン)、Y 方向 2,560mm (4 スパン) を標準試験体のサイズとし、鼓型のブレースを配置した。また、仕上げ材は、岩綿吸音板 (t=15mm)、Tバーに取り付けた加力治具に油圧ジャッキにより水平力を加えた。

在来工法は、吊りボルトピッチ900mmのX方向3スパン、Y方向2スパンに対し、X方向3000mm、Y方向2100mmの天井に鼓型のブレースを設置した。下地材の構成は、JIS規格同等以上の高強度型とし、クリップ・ハンガーもビス付き等、緊結型のパーツを使用した。石膏ボード (t=9.5mm) とし、仕上げ材に加力治具を設置して水平力を加えた。

両試験共、加力方向をパラメータとし、正負交番繰り返し加力を行い荷重と天井面変位を計測した。



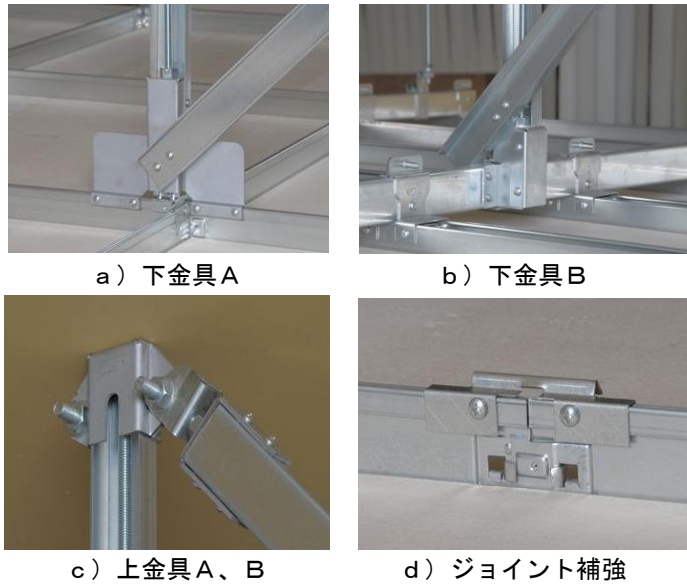
写真1 試験全景

表1 試験ケース一覧および最大荷重

NO.	試験体名称	加力方向	Tバー 又は 野縁受け	野縁	懐 (mm)	ブレース材 圧縮補強材	圧縮補強 上金具	圧縮補強 下金具	目標性能 (N) ※水平震度2.2	想定重量 (N/m ²) ※天井材 +間仕切り	想定ブレース 負担面積 (m ² /対)	最大荷重 (N)	最大荷重時 変位(mm)
1	SS-M009	メイン	eY4815	-	1,200	C-40×20	上金具A	下金具A	5,465	100+176	9	(+7,210 (-)5,680)	(+24.56 (-)20.92)
2	SS-S012	メインクロス	eY4815	-	1,200	C-40×20	上金具A	下金具A	5,465	100+176	9	(+5,515 (-)6,240)	(+5.66 (-)78.18)
3	SC-N003	野縁	C-40×20	25型W	1,000	C-40×20	上金具B	下金具B	7,445	200+176	9	(+9,537 (-)9,515)	(+49.72 (-)36.96)
4	SC-U004	野縁受け	C-40×20	25型W	1,000	C-40×20	上金具B	下金具B	7,445	200+176	9	(+8,092 (-)7,723)	(+13.70 (-)58.82)

※1) eY4815：Tバー見付け15mm、高さ48mmスリット型 ※2) C-40×20：C-40×20×1.6 ※3) 25型W：50（幅）×25（高さ）t=0.8mm

接合金具の詳細を写真2に示す。圧縮補強材と上金具はグリッド天井、在来工法共通の部材とし、吊りボルト回りの回転をできる限り生じさせないように改良を進めた。下金具について、グリッドシステム天井はTバーに、在来工法は野縁受けおよびハンガーに取付ける形状とした。また、Tバージョイントの補強も行った。圧縮補強材は一般的に採用される閉鎖型断面形状では無く、吊り材施工後に取付け可能な開口型（コの次型）断面形状とした。これは既存天井に対する後補強も考慮している。



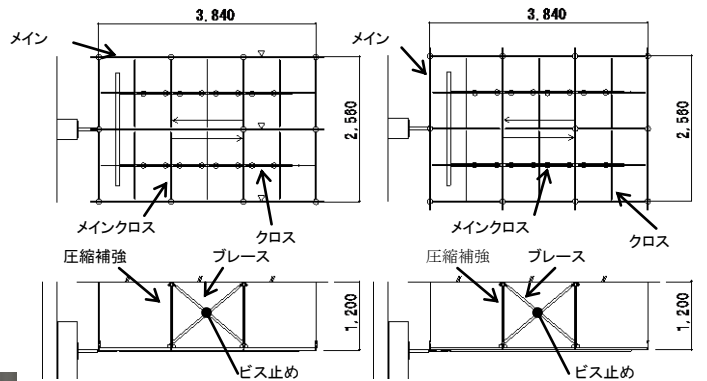
a) 下金具A

b) 下金具B

c) 上金具A, B

d) ジョイント補強

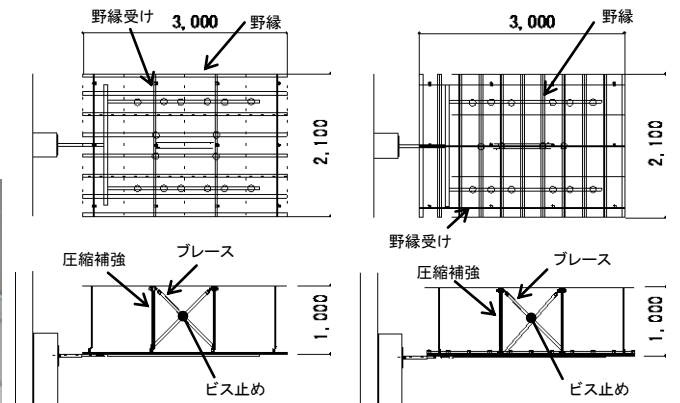
写真2 接合金具詳細



a) メインTバー方向

b) メインクロスTバー方向

図3 グリッドシステム天井 標準試験体図



a) 野縁方向

b) 野縁受け方向

図4 在来工法 標準試験体図

3. 2 試験結果

図5に荷重-変位関係を示す。

- SS-M009：最大荷重(+)7210N、(-)5680N、ブレース周辺のジョイント（補強済み）およびTバーが大きく変形し仕上げ材が脱落して終局した。
- SS-S012：最大荷重(+)5515N、(-)6240N、4th サイクル(-)5000N程度でメインクロスジョイントが外れた。
- SC-N003：最大荷重(+)9537N、(-)9515N、7th サイクル(+)8,500N程度で圧縮補強上金具が、圧縮補強と共に回転し終局。
- SC-U004：最大荷重(+)8092N、(-)7723N、7th サイクル(+)8,000N程度で圧縮側ブレース下部のビスがせん断破壊、耐力低下後圧縮補強が座屈し終局。

4. まとめ

所定の目標性能を満足する結果となった。要因は主に天井材各部材耐力と耐力上弱点となる各接合部に用いた部材（ビス・ジョイント補強等）の強度がそれぞれ試験荷重に対し満足した為と考える。

本報（その2）で報告する動的振動台実験は、本稿の結果を基に試験体仕様を選定した。

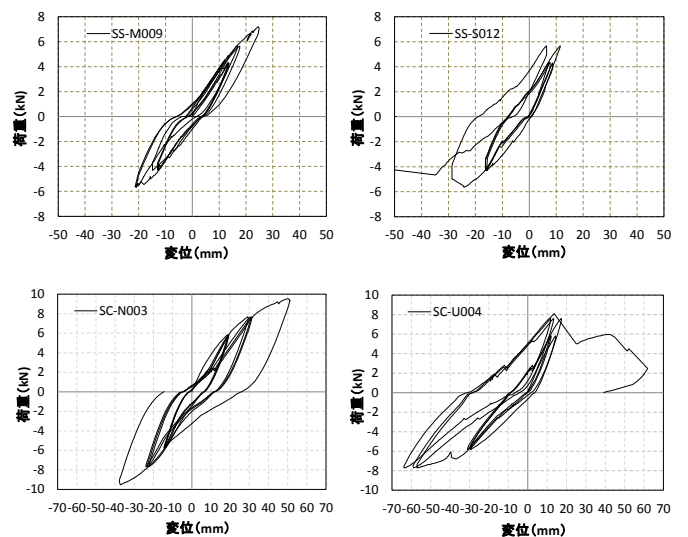


図5 荷重-変位関係

<参考文献>

- 1) 元結正次郎、佐藤恭章、国崎洋一、ほか：鋼製下地を在来工法天井における天井面の安定性に関する研究 その1～3、日本建築学会大会梗概集 B-1, 2012
- 2) 小林俊夫、由利隆行、荒井智一：鋼製天井下地を用いた吊り天井の耐震性に関する研究、日本建築学会構造系論文集、1Vol.73、No.630、2008年

*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）

Kiri Construction Materials Co., Ltd.,

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

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