

E-ディフェンス実験に基づく大規模空間吊り天井の脱落被害低減技術開発

その3 1.1G 耐震天井の設計

正会員 ○金井貴浩\*1 同 白崎了悟\*1 同 佐々木智大\*2 同 青井淳\*2 同 田川浩之\*2  
同 梶原浩一\*2 同 荒井智一\*3 同 高岡昌史\*4 同 岩下裕樹\*5

吊り天井 耐震天井 特定天井  
加振試験 斜め部材 E-ディフェンス

1. はじめに

E-ディフェンスを用いた大規模空間吊り天井の加振実験における 1.1G 耐震天井の設計について報告する。耐震天井の設計は、平成 26 年 4 月に施行される「特定天井」に係る技術基準のうち、仕様ルートに従って行なう。

2. 1.1G 耐震天井の設計について

2-1. 耐震天井の設計条件

設計する耐震天井は、小中学校体育館を模した鉄骨構造躯体(平面寸法：18.6m×30m 屋根形状：鉄骨山形架構 3寸勾配)の半面に設置する。天井は吊り長さを一定とする為、屋根の勾配と同じ傾きを有する勾配天井とする。天井仕上げ材は、一般的な 9.5mm 厚の石こうボードと 9mm 厚の岩綿吸音板との組み合わせとする。天井材の単位重量は、天井下地材等の重量も含め、13.8kg/m<sup>2</sup>である。ただし、設計では技術基準に従い単位重量を 14kg/m<sup>2</sup>とした。天井材の単位重量は仕様ルートに適合するよう、20kg/m<sup>2</sup>以下となるよう配慮している。尚、天井周囲のクリアランスは 60mm とした。

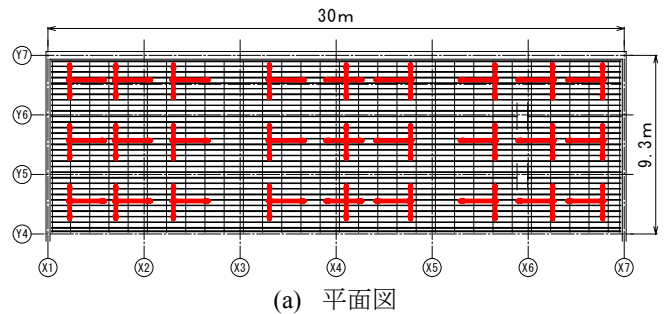
設計水平震度は 1.1 とした。1 前後の設計水平震度は従来より設計検討されてきた地震力であり、今後の設計においても検討対象となる可能性は高い。また、技術基準では、設計水平震度は最大値 2.2 と定められており、これの 1/2 となるものである。尚、技術基準によれば 2 階建物 1 階部分の設計水平震度は 0.98 である。

加振実験では、耐震天井の設計余裕度も確認する為、1.1G 加振後も徐々に加振レベルを高め、加振時および加振後の天井の性状を観察することとした。

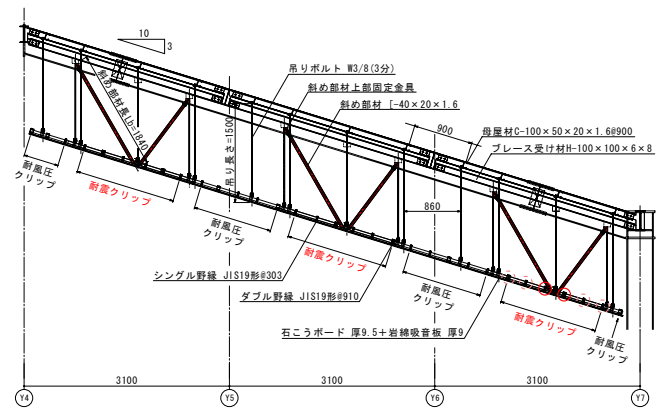
2-2. 試験体の設計

耐震天井の天井材単位重量が 6kg/m<sup>2</sup>を超える為、吊り材の設置間隔が 1 本/m<sup>2</sup>以上となるよう、梁間方向 860mm ×桁行方向 1000mm とした(1.16 本/m<sup>2</sup>)。吊り材上部(吊り元)は、母屋材に溶接固定された L アンゲル材に接合し吊り下げる。従来工法では、斜め部材上部も母屋材から吊り下げた吊り材上部に接合するが、本試験では斜め部材上部は別途用意する準構造部材(ブレース受け材：H-100×100×6×8)に接合する。母屋材では、加振時に斜め部材に作用する荷重が大きく、加振時の荷重に耐え切れない

ことが予測された為、このような工法を選択した。野縁、野縁受けは JIS 19 形を使用し、斜め部材についても技術基準に示される材料(L-40×20×t1.6)を使用することで、汎用性の高い部材構成に配慮している。ハンガーにはビ



(a) 平面図



(b)断面詳細図

図1 耐震天井 試験体



写真1 斜め部材の設置箇所

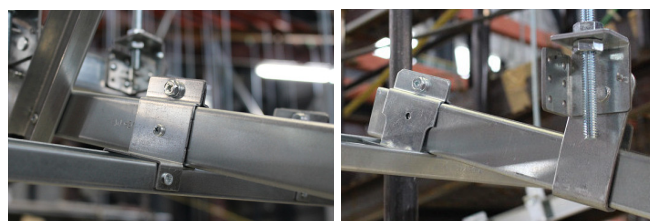
表1 1.1G耐震天井の仕様

項目	仕様
設計水平震度	1.1
天井面積	251.1㎡(9m×29.7m)※見付面積:279.2㎡
天井質量	14kg/㎡(13.8kg/㎡)
天井の総重量	38.4kN
天井周囲のクリアランス	60mm
吊り長さ	1500mm
吊り間隔	860mm×1000mm
吊りボルト	3/8"吊りボルト(3分)
ハンガー	ビス付耐震フリーハンガー
シングル野縁	JIS19形@303mm
ダブル野縁	JIS19形@910mm
野縁受け	JIS19形@1000mm
クリップ	耐風圧クリップS,W 耐震クリップS,W(斜め部材設置箇所周囲のみ)
斜め部材	[-40×20×1.6 梁間方向、桁行方向ともに27組
天井仕上げ材	石膏ボード9.5mm(ビスピッチ 周辺@150 中間@200) +岩綿吸音板9mm



(a)斜め部材上部

(b)斜め部材下部



(c)耐震クリップ

(d)耐風圧クリップ

写真2 各部の取り合い

表2 金具の種類と設計余裕度の関係

金具名称	金具単体にかかる荷重(N)	方向	最大荷重(N)	安全率
斜め部材(ブレース) [-40×20×t1.6 L=1840	1427	材軸方向	2813	1.9
耐震Sクリップ	783	水平方向 (野縁受け方向)	2780	3.5
斜め部材上部 固定金具	1427	斜め部材 材軸方向	8511	5.9
斜め部材下部 固定金具	313	水平方向	3047	9.7

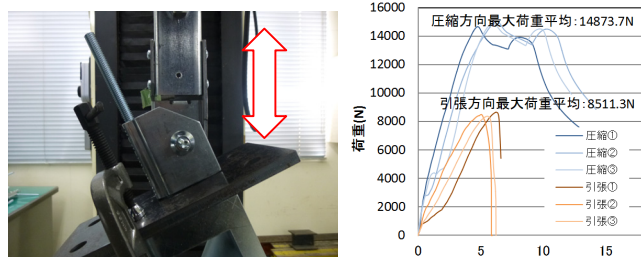


図2 斜め部材上部固定金具の試験状況と試験結果

ス付耐震フリーハンガーを使用し、勾配天井に対応でき、脱落防止対策にも配慮できるものとした。クリップについても、脱落防止対策に配慮し耐風圧クリップと耐震クリップを使用した。耐震対策のない天井では、地震時にハンガーやクリップの「開き」に起因する天井の脱落が発生しやすく、脱落防止対策はこれらの強度が重要となる。クリップの使用用途の使い分けは、斜め部材設置箇所周囲には耐震クリップを、それ以外の箇所には耐風圧クリップを使用することとした。斜め部材設置箇所周囲に、野縁と野縁受けにビス固定が可能な耐震クリップを設置することで、加振時にかかる水平力を斜め部材に確実に伝達できる構造となる。

### 2-3. 斜め部材の設置量と各部材同士の緊結強度

斜め部材の設置量は技術基準に従って算出の上、設置位置のバランスを考慮し、梁間方向、桁行方向ともに27組(負担面積=10.34㎡/組)の斜め部材を図1(a)のように設置することとした。斜め部材1組の負担する水平方向の荷重は応答加速度1.1Gとすると1564Nである。梁間方向の斜め部材1本にかかる材軸方向の荷重は1427Nとなる。

耐震天井の終局状態までの安全率を比較検討すべく、加振時にかかる荷重に対する各接合金具の要素試験結果および設計余裕度を表2にまとめる。斜め部材についてはオイラー座屈荷重を最大荷重とし、他の金具については金具の破損・変形時の荷重を最大荷重とした。尚、梁間方向(棟側)の斜め部材が最も長くなるため、当該の座屈荷重を検証した。同表より、斜め部材の座屈・変形により耐震天井の損傷が始まると予測される。耐震クリップについては、技術基準の設計例に従い、耐震クリップ2個で荷重負担するものとして算出しているが、実際には図1(b)に示したようにより多くの耐震クリップを配置しており、さらに余裕度があると考えられる。

### 3. まとめ

天井の主部材を、汎用性の高い部材で構成し、耐震天井の設計を行った。これにより、今後施工される耐震天井の一般仕様に近いモデルでの加振実験が実現でき、耐震天井の設計水準内での挙動と、設計余力さらには損傷過程まで確認・検証できるものとなるので、今後の耐震天井の合理化や高耐力化の検討に役立つものと思われる。

### 参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所, 独立行政法人建築研究所, 一般社団法人新・建築士制度普及協会: 建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説, 2013.10

\*1 三洋工業  
\*2(独)防災科学技術研究所  
\*3 桐井製作所  
\*4 オクジュー  
\*5 八潮建材工業

\*1 Sanyo Industries, Ltd.  
\*2 National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention  
\*3 Kirii Construction Materials Co., Ltd  
\*4 Okuju Corporation  
\*5 Yashio Kenzaikogyo Co., Ltd