

防振耐震天井の耐震性に関する研究

正会員 ○稲毛 康二郎*1 正会員 小林 俊夫*2
同上 下氏 亮介*3

鋼製天井下地 防振天井 耐震天井
静的加力試験 剛性 固有周期

1.はじめに

防振性と耐震性を有する特定天井の設計に対応することを目的とし、防振性と耐震性を有する天井の水平方向の静的加力試験を行った。また、水平震度法および簡易スペクトル法での計算を行うことができるように、静的加力試験の結果から天井の許容耐力および剛性、固有周期の評価を行ったので、その内容について報告する。

2.静的加力試験概要

図1~2に試験体図および部材図、写真1に加力前の写真を示す。天井は2m×3mのユニットとし、吊りボルトには鉛直方向の振動を減衰させるための防振ハンガーを取り付け、ブレース下部には水平方向の振動を減衰させるための防振ブレース金具を取り付けた。

加力方法は、天井ユニットの試験体に加力治具を取り付け一方向加力試験を行い、その結果から制御変位を設定し、±0.5Da, ±1.0Da, ±1.5Daの各変位段階でそれぞれ3回繰返し加力試験を行う。評価方法は、建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説(平成25年10月)第II編 天井及びその部材・接合部の耐力・剛性の設定方法(以下、「技術基準の解説」という。)に準ずる。

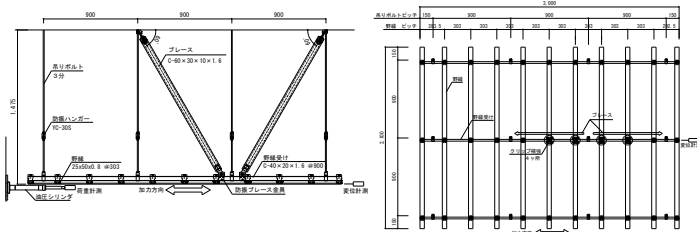


図1 試験体図



写真1 加力前状況

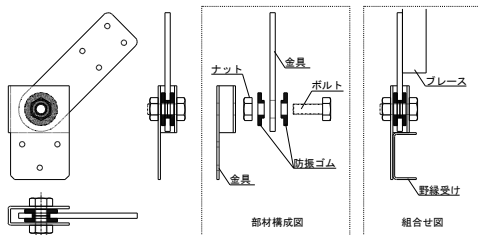


図2 防振ブレース金具

3.静的加力試験結果(一方向加力)

図3に試験結果グラフ、写真2に加力後の写真を示す。図3より、1000N以下の領域において剛性が低い傾向があることがわかる。これは、図4に示すように、加力により防振ブレース金具の防振ゴムが変形し、潰れて金具同士が接触するまでブレース材に100%の力が伝達されないことが要因である。

技術基準の解説では初期剛性が低く、その後に安定した剛性がみられる場合の評価方法についての記載が無いため、ここでは、直線I(初期剛性)は原点を通る傾きではなく、点(荷重0N, 変位4mm)を通る傾きとして評価する。また、直線I(初期剛性)と直線II(初期剛性/3)の交点での荷重を損傷荷重とし、許容耐力は損傷荷重/1.5とする。

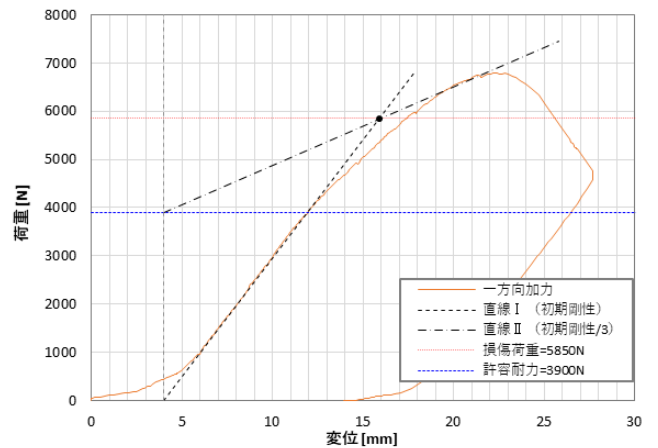


図3 試験結果(一方向加力)



写真2 加力後状況

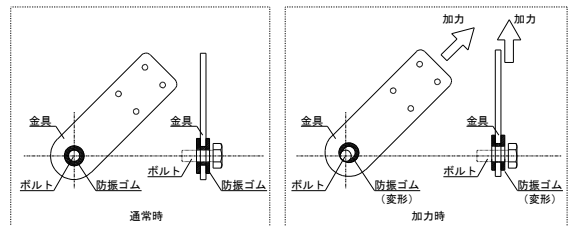


図4 防振ブレース金具の変形状況

4. 静的加力試験結果（繰返し加力）

図5に試験結果グラフを示す。技術基準の解説に記載されている判定基準式(1)を用いて、一方向加力試験結果から設定した許容耐力で問題ないことを確認した。これにより、技術基準の解説に記載されている水平震度法による設計が可能となる。

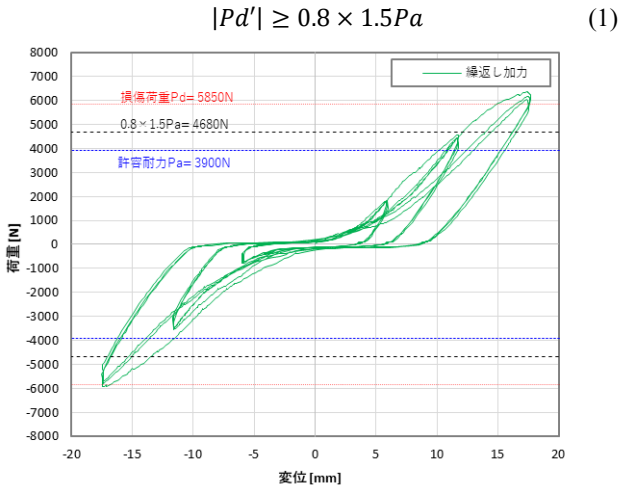


図5 試験結果（繰返し加力）

5. 剛性、固有周期の評価

ここで、簡易スペクトル法による設計も可能となるように剛性、固有周期の評価を行う。

剛性は、図6のように変位±4mmの領域を防振ゴムの変形による影響を考慮したスリップ要素として、モデル化する。等価剛性は荷重または変位量に応じて増減する。

図6の①～⑤の点における変位、速度、加速度の時刻歴波形のイメージを図7に示す。正弦波の部分をもT₁、直線（スリップ要素）の部分をもT₂とすると、固有周期Tは、

$$T = 2(T_1 + T_2) = \frac{2\pi}{\omega} \left(1 + \frac{2b}{\pi a}\right) \quad (2)$$

となる。

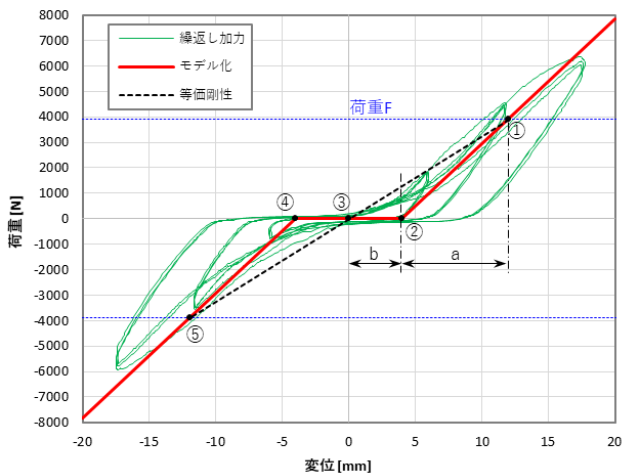


図6 剛性評価

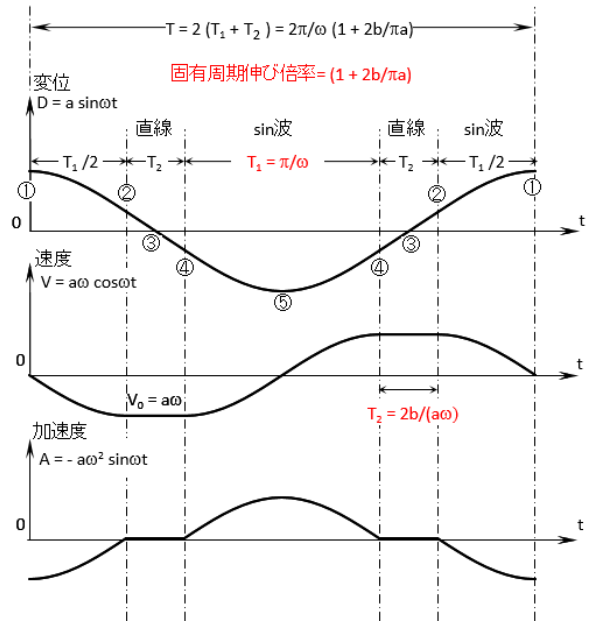


図7 固有周期評価

6. 簡易スペクトル法による設計

簡易スペクトル法による設計では、はじめに斜め部材の組数を仮定して、天井の剛性、質量から固有周期を算出する。固有周期を算出するための天井の剛性は、斜め部材1組あたりの剛性に斜め部材の仮定組数を乗じて算出するが、本報のようなスリップ要素のある防振天井の場合は、斜め部材1組あたりの剛性の値が増減するので、まずは静的加力試験により求めた許容耐力などの荷重を定め、その荷重時の等価剛性を用いることとする。

固有周期の算出以降は、水平震度の算定、水平方向の地震力の算定と続いていく。ただし、斜め部材1組あたりに作用する地震力の値がはじめに設定した許容耐力の値よりも差が大きい場合は、等価剛性の値も大きく変わるため、その差が収束するまで計算を行う。このような設計方法により、防振天井においても最適な斜め部材の組数を求めることができる。

7. まとめ

防振性と耐震性を有する天井の水平方向の静的加力試験を行い、防振ゴムを有する天井の挙動を反映させた許容耐力および剛性、固有周期の評価を行った。また、斜め部材に作用する荷重時の等価剛性を用いて天井の固有周期を算出することで、簡易スペクトル法による防振天井の設計方法を提案した。

【参考文献】

- 1) 星川努ほか、金属パネル天井の耐震性に関する研究 その4～6、本建築学会大会学術講演梗概集、pp.85-90、2008.8
- 2) 和田泰典ほか、在来鋼製下地天井に用いる高耐力耐震プレースの開発 その3、本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1015-1016、2013.8

*1 桐井製作所 修士（工学）
 *2 桐井製作所 工学博士
 *3 桐井製作所

*1 Kirii Construction Materials Co., Ltd, M Eng.
 *2 Kirii Construction Materials Co., Ltd, Dr.Eng.
 *3 Kirii Construction Materials Co., Ltd.