

天井の耐震性に関する研究

その1 耐震天井の提案

正会員 ○小林 俊夫*1
正会員 由利 隆行*2
正会員 荒井 智一*3

キーワード：天井、耐震天井、一般天井、落下、耐震設計、耐震性能

1. はじめに

2005年8月16日に発生した宮城沖県地震では仙台市スポパーク松森屋内プールの天井が落下し、31人が重軽傷を負った。従来も大きな地震が発生した場合に天井落下事故は発生していたものと思われるが、建物本体の地震被害が大きかったため天井の落下は注目されなかった。しかし最近柱・梁・壁・基礎といった建物本体の耐震性能が向上したため建物本体が大きな被害を受けにくくなった。これに比較して、一般建物の天井の耐震性能に関しては、許認可申請の際に構造力学的見地に立った地震力の伝達機構を合理的に検討するといったことが要求されることも少なく、従来の慣習に従って設置されている。文献⁸⁾によれば天井に対する「水平の補強及び斜めの補強は、必ずしも耐震性を考慮することを意図したものではない」とした上で、特に耐震性を考慮する必要がある天井の場合は文献⁴⁾などを参考に「適切に補強材を設置するなどの対策を考える必要がある。」と記されている。このように一般建物の天井の多くは耐震性を考慮していないので、地震時の天井の落下事故がクローズアップされる結果となったものと思われる。

2. 耐震天井の提案

地震時における天井落下被害が発生するたびに各種の助言等(文献^{1)~文献⁷⁾)が出され、そこではブレースの有無が話題になっているが、ブレースの設置は天井の耐震性確保のための十分条件ではない。}

一般に、地震時に天井面に生じた水平慣性力は、

グリッドシステム天井の場合：天井面⇒Tバー⇒ハンガー⇒吊りボルト⇒ブレース下部取付金具(または溶接)⇒ブレース⇒ブレース上部取付金具(または溶接)⇒吊りボルト⇒インサート⇒上階床

在来鋼製下地天井の場合：天井面⇒野縁⇒クリップ⇒野縁受け⇒ハンガー⇒吊りボルト⇒ブレース下部取付金具(または溶接)⇒ブレース⇒ブレース上部取付金具(または溶接)⇒吊りボルト⇒インサート⇒上階床

といったルートをとって上階床に伝達され、そのすべての部材の内の最小の耐力が天井全体の水平耐力となる。

これら全部材の耐震性能を、実験等から得られた「事実」(例えば文献⁹⁾)と構造工学や地震工学等の「理論」に基づき定量的に評価して天井の耐震設計を行うことを提案する。

仮称：本報では、定量的に耐震設計された天井を「耐震天井」と呼ぶ。定量的に耐震設計されていない天井を「一般天井」と呼ぶ。

耐震天井実現のために各部材のメーカーは耐震天井に使用する部材については実験など根拠のある部材耐力をカタログに添付する必要がある。メーカーが耐力を明示していない部材を耐震天井に使用するためには新たに実験を実施して客観的データを得る必要がある。

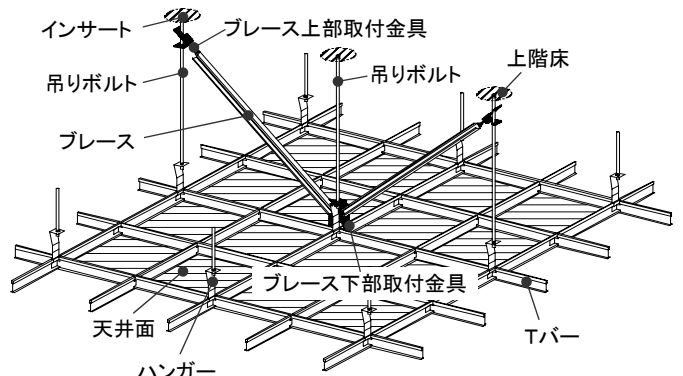


図1 グリッドシステム天井の鳥瞰図

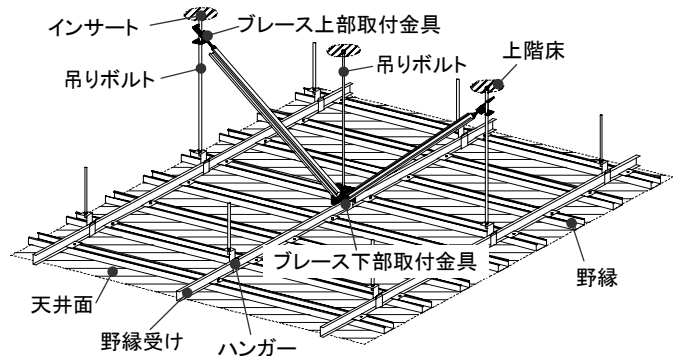


図2 在来鋼製下地天井の鳥瞰図

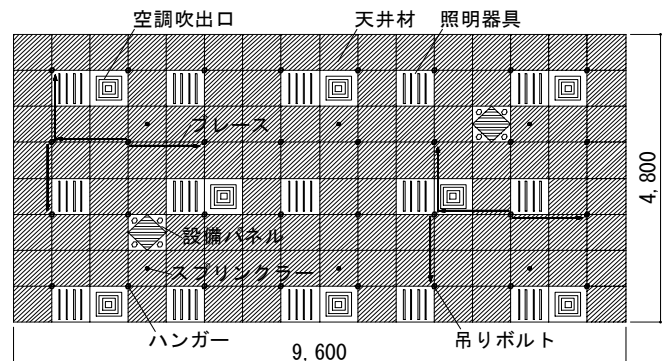


図3 モジュールレイアウト例(単位:mm)

3. 耐震天井の特徴

例えば賃貸事務所ビルを例にとると、耐震天井を望むオーナーは設計・施工者に耐震天井関連図書（耐震設計図書、部品の実験データ集、施工図及び施工記録等）を要求し、竣工時にはこれに基づいて検収する。テナントにもこの資料を閲覧させる（情報公開）。テナントは必要に応じて専門家のアドバイスを受れたり、現地調査も行い天井の耐震性能に納得して契約することができる。一方、天井に定量的な耐震性能を要求しないテナントは相対的に安い一般天井の物件を納得の上で選ぶこともできる（自己責任）。

オーナーの立場から見ると、耐震天井には一般天井に備わっていない耐震性能を具備させるための初期投資が必要であるが、市場価値が高く、地震保険料率にも有利に反映されることになるとと思われる（市場原理）。

現行の許認可システムでは一般建物の天井は非構造部材として扱われ、主要構造躯体のような定量的な耐震設計は要求されていないが、上記のように情報公開と自己責任及び市場原理に基づいたシステムを構築すれば耐震天井の社会的要求は大きいものと思われる。

4. ブレース配置算定例

水平加力実験結果^{本報(その2)}によれば補強金具を用い、V字配置したブレース一組の水平耐力は2160Nである。文献¹⁰⁾を参考に天井面の設計用水平震度 $k_H=1.0$ とすると、図3、表1の天井では、V字ブレース一組の負担面積Aは

$$A = 2160N / (88.8N/m^2) = 24.3 m^2$$

となる。従って、24.3 m²以内に水平2方向にそれぞれV字ブレース一組を設置する。

天井内機器配置上、V字ブレースの設置が不可能な場合は吊りボルトを座屈補強して「(逆)ハの字型ブレース」一組で、V字型ブレース一組と等価^{本報(その2)}に扱う。

5. まとめ

天井の耐震性能を「事実」と「理論」に基づき定量的に評価する耐震天井を提案した。またこれに必要なドキュメンテーションの一部として単位面積重量算定例（表1）とブレース配置算定例（4節）を紹介した。

既存天井の耐震補強の引き合いが多いが、現場を見ると
 ○地震力が考慮されていないので全部材が貧弱である。
 ○既存設備に妨げられて十分な補強材が配置できない。
 ○既存設備に妨げられて十分な施工ができない。
 等の事情で所定の耐震性能を付与できず、次善の策としてできうる範囲で努力することとどまる例が大部分である。

天井の全面的な撤去・再設置を提案しても、費用面や施工中は使用できない等の理由で採用されない例も多い。

これに対し建設当初より耐震天井を採用しておけば後補強に比べて廉価で、且つ十分な耐震性能を付与した天井を実現することができる。

表1 単位面積重量算定例

○モジュール当りの重量

部材	モジュール(9.6m×4.8m)当りの重量	
Tバー	4.41N/m×168m	740.9N
仕上げ材	17.65N×103枚	1818.0N
ハンガー	0.549N×32個	17.9N
吊りボルト	4.02N/m×1.2m×32本/2	77.2N
ブレース	5.49N/m×1.7m×8本/2	37.3N
空調吹出口	41.19N×8台	329.5N
照明器具	62.76N×15台	941.4N
設備パネル	49N×2台	98.0N
スプリンクラー	4.9N×6個	29.4N
	合計	4089.6N

○単位面積当りの重量

4089.6N/46.08m ² (9.6m×4.8m)	88.8N/m ²
---	----------------------

<参考文献>

- 1) 「芸予地震被害調査報告の送付について(技術的助言)」、国土交通省住宅局建築指導課長 国住指第357号、2001年6月1日
- 2) 「非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領」、日本建築学会、2003年1月
- 3) 「学校施設の非構造部材等の耐震点検に関する調査研究」、日本建築学会、2003年5月
- 4) 「大規模空間を持つ建築物の天井の崩落対策について(技術的助言)」、国土交通省住宅局建築指導課長 国住指第2402号、2003年10月15日
- 5) 「既存鉄鋼造体育館等の耐震改修の手引きと事例」、国土交通省住宅局建築指導課、2004年8月
- 6) 「体育館等の天井の耐震設計ガイドライン」、日本建築センター、2005年5月
- 7) 「地震時における天井の崩落対策の徹底について(技術的助言)」、国土交通省住宅局建築指導課長 国住指第1427号、2005年8月26日
- 8) 「建築用鋼製下地材(壁・天井) JIS A 6517 標準施工要領書 平成17年版」、日本鋼製下地材工業会
- 9) 「グリッドシステム天井の耐震実験」、小林俊夫、五十嵐克哉、黒川泰嗣、日本建築学会技術報告集 第15号 pp83-88、2002年6月
- 10) 「非構造部材の耐震設計指針・同解説および耐震設計・施工要領」、日本建築学会、1985年
- 11) 「宮城県沖地震によるスポーツ施設の天井落下事故の現地調査結果について」、国土交通省住宅局建築指導課、2005年8月26日

*1 桐井製作所 工博
 *2 桐井製作所
 *3 桐井製作所 工修

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