

# Epistula

えびすとら



## 特集 地震に耐える天井

### はじめに

建築物の内部にいる皆さんの頭上には天井が張られていることが多いと思います。日常的には、音・照明・空調等の室内環境を保つために役立ち、美観にも貢献しています。

近年の地震の際には柱や梁といった構造躯体の被害があまり見られない場合でも、度々、天井の脱落被害が生じていました(表1)。建築研究所では被害原因や今後の対策を考える上で現地調査等を行い、国土交通省では建築基準法に基づく技術的な助言を出していました。しかし、必ずしも十分な対策が取られないまま、3年前の東日本大震災では、東北地方から関東地方に渡る広範囲で天井の脱落被害が生じてしまいました(写真1、写真2)。国土交通省の発表によると、東日本大震災での天井脱落等による人的被害は死者5名、負傷者72名以上、被害件数は2000件以上とされています。

東日本大震災における地震動は継続時間の長いものでしたが、強さとしては一部を除けばそれほど大きくはありませんでした。このため、天井脱落の危険性が改めて注目されると

もに、次の地震への備えとして天井の脱落対策の必要性が広く認識されることとなりました。建築研究所では、被害情報の収集から新たな天井の基準作成に至るまで、主に技術的な側面から支援を行ってきました。

今回は本年4月に施行された新たな天井の耐震基準とその技術的な背景を紹介するとともに、天井脱落防止に向けた建築研究所の継続的な取り組みを紹介します。

■ 表1 地震時の天井脱落等の被害の例

年	地震	主な被災建築物
平成13年(2001年)	芸予地震	体育館、武道場
平成15年(2003年)	十勝沖地震	空港ターミナルビル
平成16年(2004年)	新潟県中越地震	体育館
平成17年(2005年)	宮城県沖を震源とする地震	温水プール
平成19年(2007年)	能登半島地震	体育館
平成23年(2011年)	東北地方太平洋沖地震	ホール、体育館、空港ターミナルビル



■ 写真1 空港での天井脱落被害



■ 写真2 体育館での天井脱落被害

# 天井の新しい耐震基準と脱落防止に向けた取組み

3.11 の悲劇を繰り返さないために、大規模な空間に設けられる天井は新基準に基づいて設計・施工されることとなりました。建築研究所では新基準の作成等に関する技術的な支援に引き続き、天井の耐震性に関する研究を進めています。

## 新しい耐震基準の概要

建築研究所では新基準の作成に当たり主に技術的な協力を行うとともに、建築研究資料 No.146 (国総研資料 No.751 号)「建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説」も作成しました。

今回の新基準では、「吊り天井」<sup>注)</sup>を対象としています。これは、一般的には吊りボルトと呼ばれる部材によって上階の床や屋根から天井を吊り下げる形式のもので(写真3)。ぶら下がっている状態ですので、耐震性に配慮しないと地震時の建築物の揺れによって、天井自体が振り子のように大きく揺れてしまいます。過去の地震被害でも吊り天井が大きく揺れることで脱落に至ったと考えられる例が多くあります。

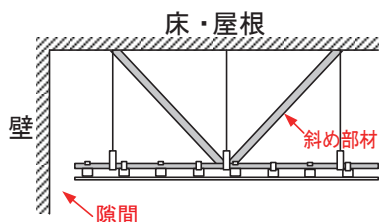
吊り天井のうち、「脱落によって重大な危害を生ずるおそれがあるもの」として、次の3つの条件に該当する天井は、基準に従った耐震性等を確保する必要があります。

- [1] 人が日常立ち入る場所に設けられるもの
- [2] 高さが6mを超え、かつ、水平投影面積が200㎡を超えるもの
- [3] 1㎡当たりの質量が2kgを超えるもの

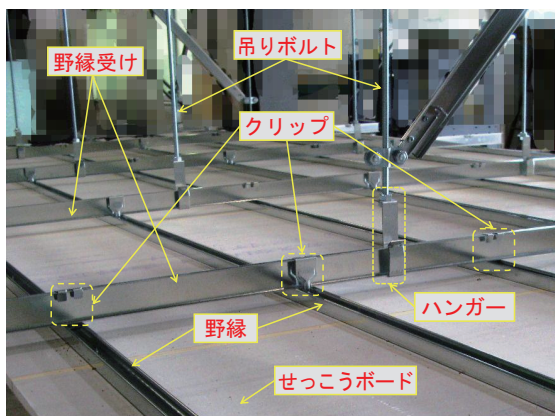
[1] は物的な被害はさておき、少なくとも負傷等の人的な被害を防ぐという観点に基づいています。[2] は、高いところから落下するほど危険性が高く、また面積が広くなるほど避難行動等の対応が難しくなることを考慮したものです。[3] は、高さに関連しますが、質量(重量)の大きいものほど落下した場合の危険性が高いことに配慮したものです。

吊り天井で上記[1]～[3]に該当するものを、基準上は「特定天井」と呼び、規制の対象となります。基準では天井裏に「斜め部材」(ブレース)を設けて地震時に容易に揺れないようにすることや、壁等に天井がぶつかって破損しないように、壁際などには「隙間」(クリアランス)を設けること等が基本的に要求されます(図1)。また、天井の地震被害では折れ曲がりのある部分で脱落した例(写真4)

や、接合部で用いられる溶接部や金具が外れた例(写真5,6)がありました。これらの被害要因をなくすため、新基準では折れ曲がり部分等の壊れやすい箇所には力がかからな



■ 図1 新基準の天井

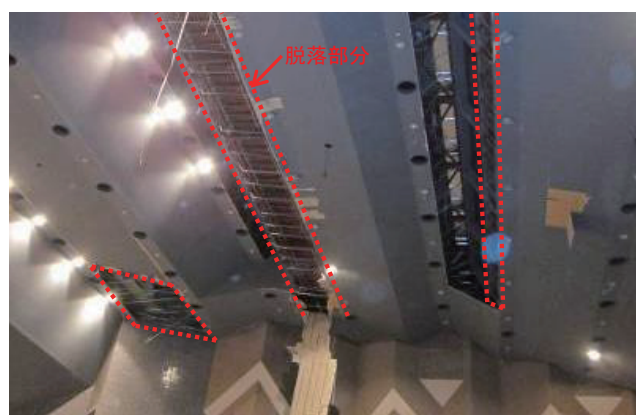


■ 写真3 一般的な天井 (JIS A 6517 の鋼製下地を用いた天井)

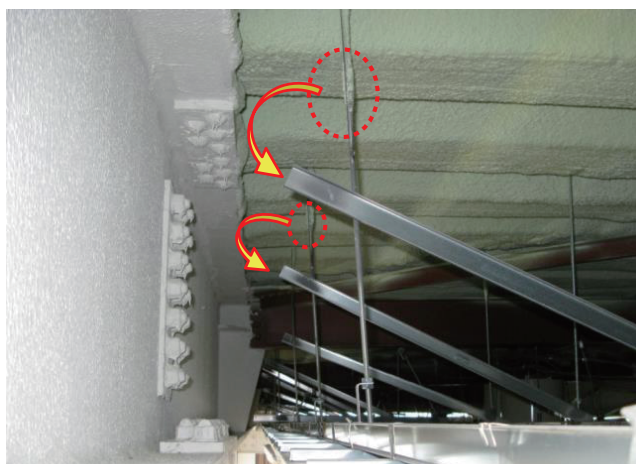
注) 天井は「吊り天井」と「直天井」とに大別されます。天井仕上げ材が梁や床等の構造躯体に直接取り付けられているものを直天井と呼びます。

ように配慮することや、外れにくい接合方法とすることを求めています。新基準の施行以前は、実験実施は業者(天井メーカー)による判断に任されていたが、今後は統一されたルールで実験を行って、強度等が確かめられた接合部等を使用することになっています。

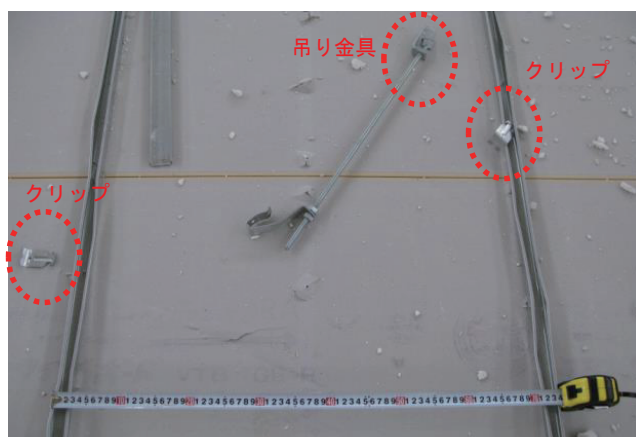
図2に地震時の構造躯体の揺れと天井の揺れの概要を示します。地震の際、構造躯体の揺れは地面の揺れよりも大きくなります。地震動や建築物の性質にもよりますが、一般に上階ほど揺れは大きくなります。その様子を図の中央にある3つの波形が示しています。天井は構造躯体に設置されていますので、地面よりも大きな揺れを受けることになります。構造躯体と同様に、天井も上階のものの方が下階より大きな揺れを生じることになります。



■ 写真4 折れ曲がりのある天井脱落の被害

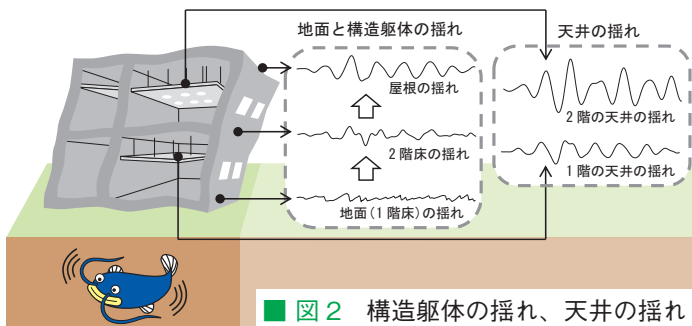


■ 写真5 溶接の外れ



■ 写真6 落下した天井(クリップ、吊り金具の外れ)

新基準では設置すべき斜め部材の本数や設計で使用する地震力が示されています。これらの条件は、地震時の構造躯体の揺れ、天井の揺れを考慮して定められています。これは建築研究所が実施した図2のようなシミュレーション等に基づく技術的な提案を元にしたものです。

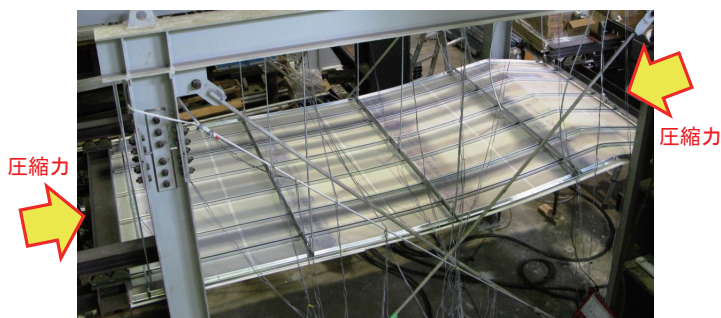
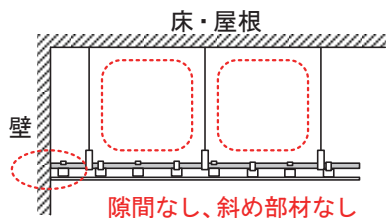


## 天井脱落防止に向けた建築研究所の継続的な取組み

新基準では従来は必ずしも設けられていない「斜め部材」や「隙間」を要求されます。一方で、室の用途等によっては「隙間」や「斜め部材」のない天井を設置したいという要望もあります。建築研究所では「斜め部材」や「隙間」のない天井(図3)の耐震性を明らかにすべく、実験やシミュレーション等による研究を進めています。斜め部材を設けないことで、天井裏のスペースを設備等のために有効利用できるなどのメリットがあります。

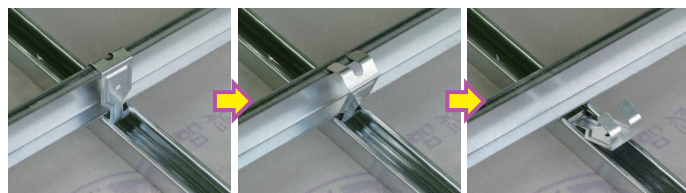
新基準では斜め部材によって天井の地震力を上部の床・屋根に負担させる構造になっていますが、斜め部材・隙間のない天井では天井面によって地震力を周囲の壁等に負担させる構造になります。従って、新基準よりも天井面の強さ等について詳しく調べる必要があります。そこで圧縮力を与える実験を行い、天井面の強さ等を把握しています(写真7)。

隙間のない天井であっても、規模が大きくなると地震力によって天井面に若干の伸び縮みを生じることが考えられます。地震の揺れの最中、くっつけていた壁等と天井が離れ、また近づいてぶつかることが繰り返されます。ぶつかった際の衝撃力によって天井が壊れてしまうかもしれません。そこで振動台等の実験施設を利用して地震時の揺れを再現し、天井が周囲の壁等と衝突することで生じる衝撃力を把握しています。また、大きな地震動レベルまで加振を行って、地震時の破壊状況についても確認しています。従来から用いられているクリップと呼ばれる接合金具を使用した場合、天井が壁等と衝突する際の衝撃ではじけるように外れてしまうことがあり、天井面が下



地材(野縁)とともに脱落してしまいました(写真8, 9)。軒裏などの屋外で用いられる外れにくいクリップ(耐風圧クリップ)に替えて同様の実験を行ったところ、今度は面材(せっこうボード)と下地(野縁)とを留め付けているビスの部分から外れて、面材だけが脱落しました(写真10)。耐震性を高めるためには、下地材どうしがバラバラにならないように耐風圧クリップなどを用いるとともに、面材を脱落しにくくするために多くのビスで留め付けること等が考えられます。

実験結果から、平面規模がさほど大きくない水平な天井(JIS A 6517の鋼製下地を用いた天井)の場合には、接合部等に配慮すれば一定の耐震性を期待できると考えられます。



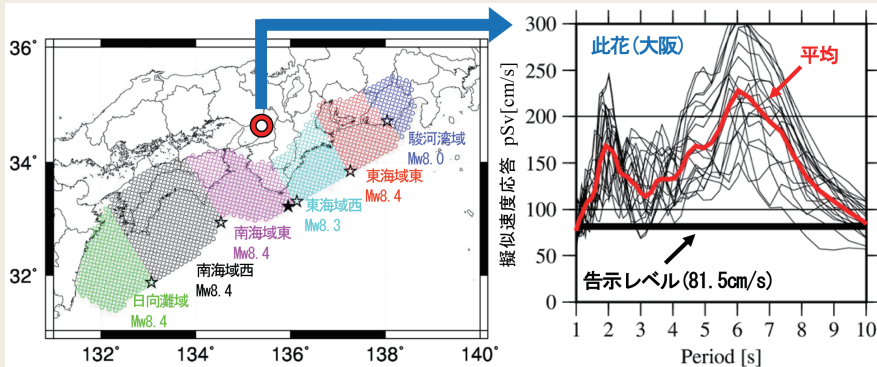
## おわりに

建築研究所では引き続き検討を行って、隙間等のない天井の耐震性を明らかにしていくとともに、様々な天井に対する必要性能の提示や、安全・安心な室内空間の普及のための啓発活動等に努めて参りたいと思います。

[建築生産研究グループ 主任研究員 石原直]

## 構造研究グループの研究成果

東京、名古屋、大阪などの大都市が位置する堆積平野（川が運んだ土砂などの比較的柔らかい地盤が厚く堆積した平野）では、地震の際に長周期のゆっくりとした揺れが増幅されます。一方、大都市には超高層建築物や免震建築物が数多く存在しますが、これらが長周期地震動に共振し、大きな揺れが長く続く可能性が指摘されています。このような懸念に対し建築研究所では、超高層建築物や免震建築物の構造安全性を確保するために、「建物応答に関する研究開発」と「入力地震動に関する研究開発」に取り組んでいます。建物応答については、これまでに、鉄筋コンクリート造や鉄骨造超高層建築物の大型実験や、免震部材の実大実験を実施し、それぞれの地震応答性状を確認してきました。また入力地震動については、長周期地震動の予測手法を開発し（建築研究資料No.127）、2010年に国土交通省から意見募集が行われた“長周期地震動の対策試案”に反映されました。その後、2011年東北地方太平洋沖地震で得られた観測記録の特性等を踏まえて予測手法を改良するとともに、任意地点における長周期地震動の評価を可能としました。さらに、本手法を用いて内閣府が提示している南海トラフ3連動地震や最大級地震（4連動）の震源モデルに基づいた地震動を作成し、超高層・免震建築物の代表的モデルを用いた地震応答解析を行い、応答レベルについて考察、整理を行いました。これらの成果も、建築研究資料（No.144, 147）として取りまとめ、公表しています。



南海トラフ4連動震源モデル [M9.0] を対象とした長周期地震動予測手法の適用例  
（震源は内閣府のパラメータに基づき設定。右図の黒細線は設定条件によるばらつき。）

## Q&Aコーナー

**Q**：建築研究所ではどのような目標を掲げて研究開発を行っていますか？

**A**：建築研究所では、国の行政施策や技術基準に関連する技術的知見の習得、民間の技術開発の誘導・促進や優れた技術の市場化に資する新技術の評価法・試験法など、民間等ではできない公正・中立な立場を活かせる研究開発を行っています。具体的には、社会的要請の高い4つの目標を掲げ、国が実施する関連行政施策の立案や技術基準の策定等に反映しうる成果を早期に得ることを目指す研究開発を重点的研究開発課題と位置付け、重点的かつ集中的に実施しています。

- 目標1 グリーンイノベーションによる持続可能な住宅・建築・都市の実現
- 目標2 安全・安心な住宅・建築・都市の実現
- 目標3 人口減少・高齢化に対応した住宅・建築・都市ストックの維持・再生
- 目標4 建築・都市計画技術による国際貢献と情報化への対応

<建築研究所の重点的研究開発のページ>  
<http://www.kenken.go.jp/japanese/research/jyuuten-kadai.html>

- Q&A コーナーは、読者の方から頂いたご質問にお答えするコーナーです。ご質問は、[epistula@kenken.go.jp](mailto:epistula@kenken.go.jp) までお知らせ下さい。

## 編集後記

東日本大震災から約3年半になります。東日本大震災による被害というと、津波による被害がすぐに頭に浮かびますが、本号の特集にありますように、地震による天井の被害も多くあったことがわかります。都内では天井の落下によって、貴重な人命も失われています。地震による天井の被害は、東日本大震災の前にも、幾つかの大きな地震のときに発生していることもわかります。ほとんど全ての建物には天井があります。耐震性というと、これまでは建物の構造躯体の耐震性が主に議論されてきましたが、実は天井材のような非構造部材の耐震性も、人命を守るという点においては同じように重要です。天井の設計と施工に関する新しい基準の作成には、建築研究所の研究成果が活用されています。これまでの一連の研究と今後の研究が、より一層安全な建物を実現する上で役立てたいと思います。

(S.N.)

## 「平成26年度つくばちびっ子博士」に伴う施設公開のご案内

建築研究所では、つくば市教育委員会が主催する「つくばちびっ子博士」事業に賛同し、研究所の実験施設と展示館を公開します。本事業は、全国の小中学生を対象として実施されているもので、子供達が、つくば市内の研究・教育機関において科学技術に触れることにより、科学に対する関心を高めることを目的としています。子供達は、各研究機関等を見学しながらスタンプラリーを楽しみます。

実験施設の公開は、7月26日(土)(10:00～16:40)と7月30日(水)(13:00～16:00)の2日間実施します。見学は、1コース2施設程度を回るツアー形式で行い、防耐火実験棟や建築環境実験棟などの実験棟で、担当の研究者が実験を見せながら、その施設で行っている研究を分かりやすく説明いたします。また、今回はつくば市のゆるキャラである「ツクツク」と「フクン船長」が参加します。

見学ツアーは、電話による事前予約制です。予約方法・ツアー内容等の詳細については、建築研究所ホームページ(<http://www.kenken.go.jp/>)に掲載いたしますのでそちらをご覧ください。定員になり次第受付を終了させていただきます。また、7月22日(火)～8月29日(金)までの平日(10:00～16:00)は、展示館のみ自由見学を随時受け付けております。

## 出版のご案内

- 建築研究資料153号  
アスベスト含有成形板の塗装改修工事指針(案)
- 建築研究資料154号  
住宅の高断熱化目標水準に関する基礎調査
- 建築研究資料155号  
集合住宅の住まい方・設備保有状況に関する基礎調査
- 建築研究資料156号  
賃貸集合住宅の防犯に対する女性の意識調査報告書
- 建築研究資料157号  
平成25年度建築研究所講演会資料
- 建築研究資料158号  
高齢者の安定した地域居住に関する生活行動実態調査報告
- 建築研究報告148号  
費用便益分析から導く建物緑化の特性



変化アサガオ  
Photo by M.Kato

# Epistula



第66号 平成26年7月発行  
編集：えびすたら編集委員会  
発行：独立行政法人 建築研究所

〒305-0802 茨城県つくば市立原1  
Tel.029-864-2151 Fax.029-879-0627

- えびすたらに関するご意見、ご感想は [epistula@kenken.go.jp](mailto:epistula@kenken.go.jp) までお願いいたします。また、バックナンバーは、ホームページでご覧になれます。  
(<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/epistula.html>)