

第 I 編

平成 28 年基準（隙間なし天井の新基準）の逐条解説

1 本逐条解説について

本稿は隙間なし天井の新基準の趣旨の理解のために必要となる事項をまとめたものである。

今回の新基準は、特定天井に関する設計ルートのうち、仕様ルートとして、周囲の壁等との間に隙間を設けない仕様を追加するものである（図 1）。

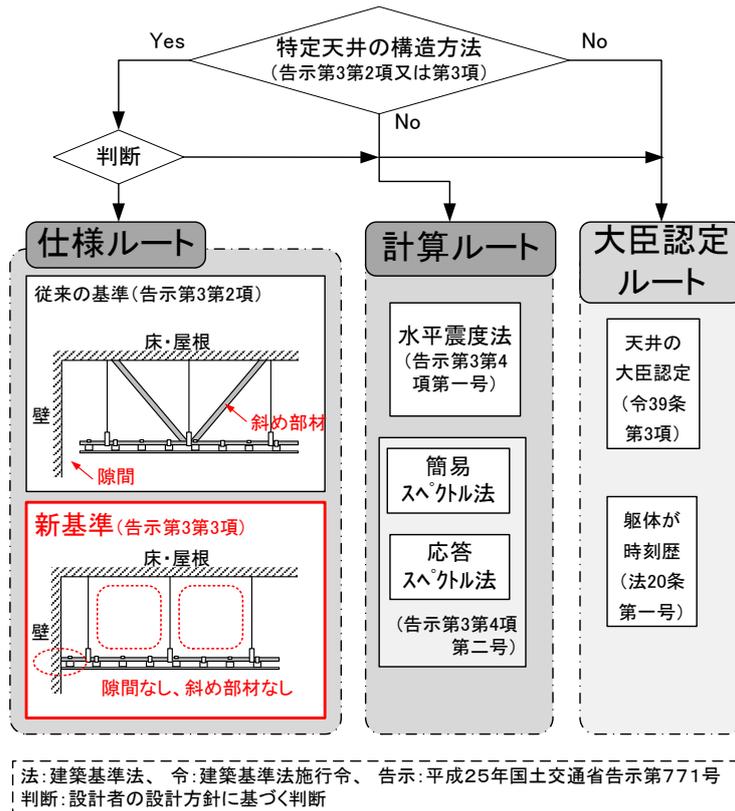


図 1 新基準の位置付け

本改正に伴い、告示の構成が変更され、第3第1項だった従来の基準の仕様ルートが第3第2項とされ、新基準は第3第3項として追加された。また、従来第3第2項に定められていた計算ルートの規定が、第3第4項とされた。これに伴い、本告示を引用している他の技術基準告示について、引用規定の変更のための改正が行なわれている（付録8参照）。また、免震建築物の技術基準（平成12年建設省告示第2009号）については、新基準に対応して、設計用水平震度に関する規定の改正（追加）もなされている（3.2.2(4)参照）。

2 新基準の考え方

- ① 従来の基準と同様、中地震（稀地震）に対して天井の損傷を防止 することにより、中地震を超える一定の地震時においても天井の脱落の低減を図ることを目標とする。
- ② 従来の基準は、地震時に天井面に加わる外力を斜め部材で受けるとともに、一定の隙間（クリアランス）を設けることで天井と周囲の壁等が衝突しないことを基本的な考え方としているが、新基準は、地震時に天井面に加わる外力を、天井面構成部材及び周囲の壁等を介して構造躯体に伝達 することにより、構造耐力上の安全性を確保しようとするものである。

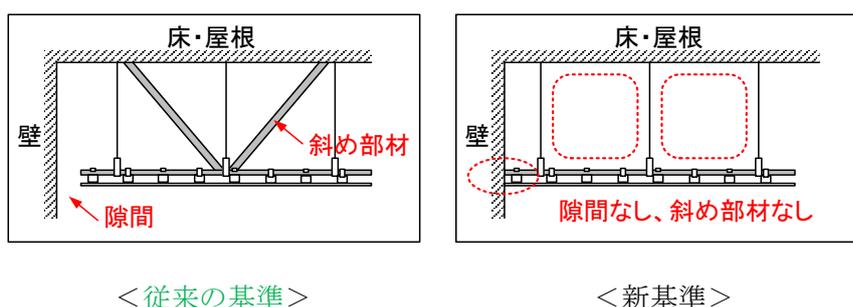


図 1 従来の基準と新基準（壁際の断面図）

- ③ このため、新基準においては、以下の事項が重要なポイントとなる。
- i) 天井面は水平とし、天井面と周囲の壁等との間には、隙間を設けない こと
 - ii) 天井面構成部材及び周囲の壁等は、施工上やむを得ず生じる隙間に起因した衝撃力を含む外力に対して損傷しないよう十分な剛性及び強度を有している こと（いわゆる“システム天井”は対象外）
 - iii) 層間変形による強制変形に対して追従できるものである こと
- ④ 新基準は、天井面構成部材や周囲の壁等に生じる衝撃力を考慮して定めるものであるが、各部材等に生じる衝撃力を精緻に解析できる十分な知見は得られていないため、天井面の単位質量、吊り長さ等の仕様については、原則として、平成 25 年度基整促事業の実験結果等を踏まえた仕様を要件 とする。
- ⑤ 地震時に天井面に加わる外力については、衝突時速度と衝撃力の関係に、等価線形化法における等価周期・等価減衰の考え方を組み合わせることにより、従来の基準の水平震度（床応答スペクトル）のレベルに整合させるように設定 する。また、天井の許容耐力については、試験データに基づき、天井面の規模、動的・繰返し、吊り長さ及び開口による耐力低減の効果を考慮して設定し、例示仕様以外の仕様であっても、試験により評価した許容耐力を用いて設計 できる こととする。
- ⑥ X方向は従来の基準、Y方向は新基準など、検討する方向ごとに異なる基準を適用することはできない。

①は、従来の基準と同等の耐震性能であること。

③ i) で「天井面は水平」としているのは、段差等の部分には面内剛性・耐力の低下が生じて当該部分の損傷が懸念されるためである。

③ ii) では一定の剛性と耐力を期待できると考えらえる天井の仕様として、JIS A 6517 に規定される下地材とせっこうボード等の面材を組み合わせた天井を想定している。いわゆるシステム天井は十分な面内圧縮剛性と耐力が確保できないものとして対象にしていない。

③ iii) で、新基準では壁等との間の隙間を設けないことと合わせて、構造躯体の地震時層間変形への追随性を持たせるために、天井裏には斜め部材を設けないこととする。

新基準では地震力を負担させるための壁等を天井の四周に配置することを想定しており、方向別に従来の基準（斜め部材＋周囲の隙間）と新基準の仕様とした天井の耐震性に関しては必ずしも明らかになっていないため、⑥のとおり、方向別に組合せることは許容していない。

3 仕様ルートの新基準

3.1 従来の基準との比較

表 1 に従来の基準と対比して新基準を示す。

表 1 従来の基準と隙間なし天井の新基準の比較

従来の基準	新基準
平成 25 年国土交通省告示第 771 号 特定天井及び特定天井の構造耐力上安全な構造方法を定める件	
第三 特定天井の構造方法（仕様ルート） 特定天井の構造方法は、次の各項のいずれかに定めるものとする。 2 次の各号に掲げる基準に適合する構造とする。	3 次の各号に掲げる基準に適合する構造とすること。
一 天井面構成部材等の単位面積質量は、20 キログラム以下とすること。	一 前項第一号から第四号まで及び第七号に掲げる基準に適合すること。
二 天井材（グラスウール、ロックウールその他の軟質な繊維状の材料から成る単位面積質量が 4 キログラム以下の天井板で、他の天井面構成部材に適切に取り付けられているものを除く。）は、ボルト接合、ねじ接合その他これらに類する接合方法により相互に緊結すること。	（同左）
三 支持構造部は十分な剛性及び強度を有するものとし、建築物の構造耐力上主要な部分に緊結すること。	（同左）
四 吊り材には日本工業規格（以下「JIS」という。）A6517（建築用鋼製下地（壁・天井））—2010 に定めるつりボルトの規定に適合するもの又はこれと同等以上の引張強度を有するものを用いること。	（同左）
七 天井面構成部材に天井面の段差その他の地震時に有害な応力集中が生ずるおそれのある部分を設けないこと。	（同左）
	二 天井板にはせっこうボード（JIS A6901（せっこうボード製品）—2014 に規定するせっこうボードをいう。）のうち厚さ 9.5 ミリメートル以上のもの又はこれと同等以上の剛性及び強度を有するものを用いること。
	三 天井面構成部材（天井板を除く。）には JIS A6517（建築用鋼製下地（壁・天井））—2010 に定める天井下地材の規定に適合するもの又はこれと同等以上の剛性及び強度を有するものを用いること。
五 吊り材及び斜め部材（天井材に緊結するものを除く。）は、埋込みインサートを用いた接合、ボルト接合その他これらに類する接合方法により構造耐力上主要な部分等に緊結すること。	四 吊り材は、埋込みインサートを用いた接合、ボルト接合その他これらに類する接合方法により構造耐力上主要な部分等に緊結すること。

<p>六 吊り材は、天井面構成部材を鉛直方向に支持し、かつ、天井面の面積が1平方メートル当たりの平均本数を1本(天井面構成部材等の単位面積質量が6キログラム以下のものにあつては、0.5本)以上とし、釣合い良く配置しなければならない。</p>	<p>五 吊り材は、天井面構成部材を鉛直方向に支持し、かつ、天井面の面積が一平方メートル当たりの平均本数を一本以上とし、釣合い良く配置しなければならない。</p>
<p>八 吊り長さは、3メートル以下とし、おおむね均一とすること。</p>	<p>六 天井面は水平とすること。 七 吊り長さは、1.5メートル(吊り材の共振を有効に防止する補剛材等を設けた場合にあっては、3メートル)以下とすること。</p>
<p>九 斜め部材(J I S G 3302(略) - 2010、J I S G 3321(略) - 2010又はこれと同等以上の品質を有する材料を使用したものに限り)は、二本の斜め部材の下端を近接してV字状に配置したものを一組とし、次の表に掲げる式により算定した組数以上を張り間方向及びけた行方向に釣合い良く配置しなければならない。ただし、水平方向に同等以上の耐力を有することが確かめられ、かつ、地震その他の震動及び衝撃により天井に生ずる力を伝達するために設ける部材が釣合い良く配置されている場合にあっては、この限りでない。 (略)</p>	<p>十一 斜め部材を設けないこと。 八 天井面の長さは、張り間方向及び桁行方向それぞれについて、次の式によって計算した数値(当該計算した数値が20メートル以上となる場合にあっては、20メートル)以下とすること。 (式等、略)</p>
<p>十 天井面構成部材と壁、柱その他の建築物の部分又は建築物に取り付けるもの(構造耐力上主要な部分以外の部分であつて、天井面構成部材に地震その他の震動及び衝撃により生ずる力を負担させるものを除く。以下「壁等」という。)との間に、6センチメートル以上の間(当該間の全部又は一部に相互に応力を伝えない部分を設ける場合にあっては、当該部分は間とみなす。以下同じ。)を設けること。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づいて、地震時に天井面構成部材が壁等と衝突しないよう天井面構成部材と壁等との間を算出する場合には、当該算出によることができるものとする。</p>	<p>九 天井面の周囲には、壁等を天井面の端部との間に隙間が生じないように設けること。この場合において、天井面構成部材並びに天井面構成部材に地震その他の震動及び衝撃により生ずる力を負担させるものの単位面積重量に、天井を設ける階に応じて前号の表に掲げる水平震度以上の数値を乗じて得られた水平方向の地震力を壁等に加えた場合に、構造耐力上支障のある変形及び損傷が生じないことを確かめること。</p>
	<p>十 天井面を貫通して地震時に天井面と一体的に振動しないおそれのある部分が設けられている場合にあっては、天井面と当該部分との間に、5センチメートル(当該部分が柱である場合にあっては、2.5センチメートル)以上の隙間を設けること。</p>
<p>十一 建築物の屋外に面する天井は、風圧により脱落することがないように取り付けること。</p>	<p>十二 屋外に面しないものとする。</p>

3.2 逐条解説

3.2.1 天井の仕様

本基準の概要を図 3 に示す。

なお、仕様は H25 年度基整促での実験を基に設定している。参考として、付録 7 に概要を示す。

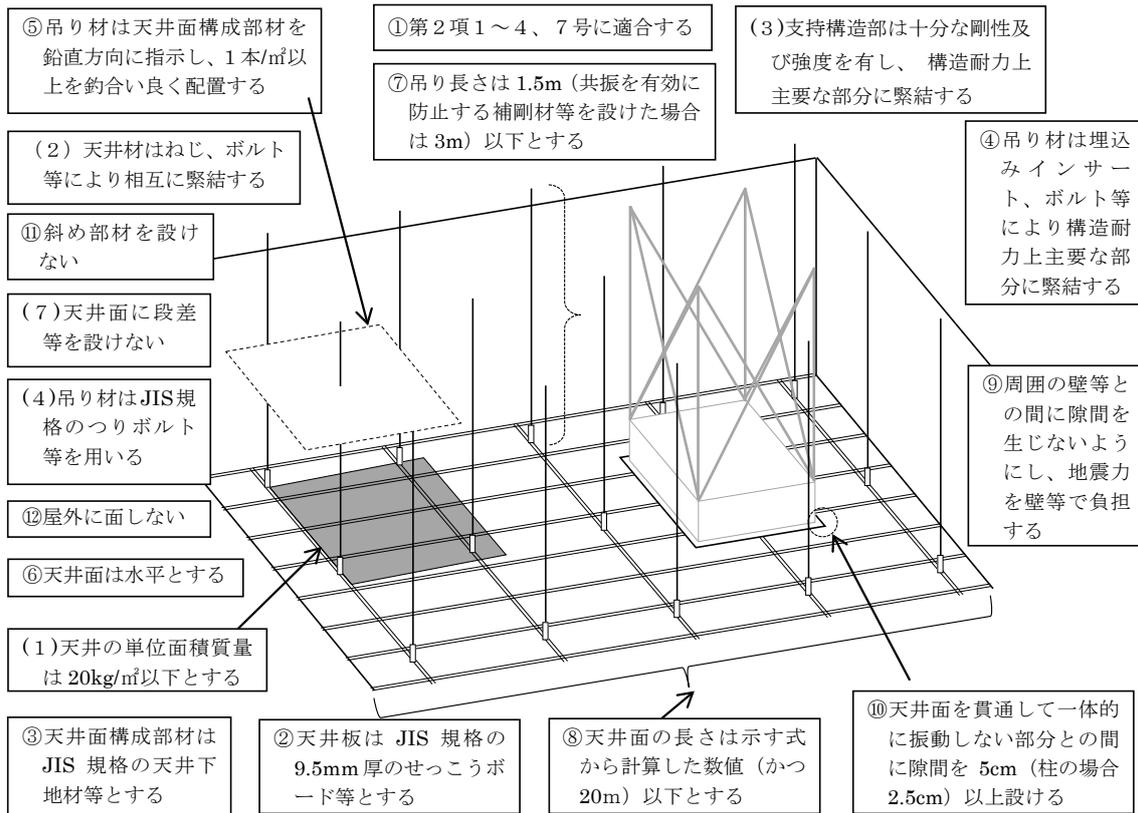


図 3 技術基準の概要 (() 数字は第 2 項、丸数字は第 3 項による)

(1) 天井面構成部材等の単位面積質量

一 前項第一号から第四号まで及び第七号に掲げる基準に適合すること。

(前項)

一 天井面構成部材等の単位面積質量は、20 キログラム以下とすること。

2④による。H25 年度基整促では2枚張り程度までを対象とした。(振動台実験では長さ方向の重量付加のために4枚張りなども実施)

いわゆる在来工法天井で、せっこうボード1枚張り又は2枚張り程度を想定している。なお、厚さ12.5mmのせっこうボードを2枚張りとする場合には20kg/m²を超える場合も多いので、斜め部材を設ける仕様などを選択する必要がある。

(2) 天井材の緊結

一 前項第一号から第四号まで及び第七号に掲げる基準に適合すること。

(前項)

二 天井材(グラスウール、ロックウールその他の軟質な繊維状の材料から成る単位面積質量が4キログラム以下の天井板で、他の天井面構成部材に適切に取り付けられているものを除く。)は、ボルト接合、ねじ接合その他これらに類する接合方法により相互に緊結すること。

現行規定と同様に天井材を相互に緊結することを定めた規定である。「ボルト接合、ねじ接合その他これらに類する接合方法」に関しては、従来の基準の解説書¹⁾において、天井板の仕上材と下地材との接着等も「相互に緊結されているものと考えて差し支えない」とされている。

なお、後述のユニット試験などの静的な実験では地震時の動的な挙動を再現することができないため、クリップに関しては耐風圧クリップ相当の緊結度合を別途定める試験方法により確認されたものを使用する(付録1参照)。

天井板と野縁は通常、ビスで留めつけられる。公共建築工事標準仕様書²⁾と同様に、H25基整促では150mm~200mm程度の間隔(910mmに対して5本以上)でビスを打っている(付録7参照)。また、文献3)ではケイ酸カルシウム板(厚さ6mm)はせっこうボード(厚さ12.5mm)と同等以上のビス接合部の強度を有することや、いずれの面材も含水率が大きくなるとビス接合部の耐力が低下することが示されている。ビス接合部は天井面としての剛性・強度や一体性を確保するために重要であるため、特にビスの間隔(ピッチ)が広い場合や種類の異なる天井板を用いる場合等では、後述のユニット試験(3.2.2参照)によってビス接合部の耐力が十分であることを確認することとする。

(3) 支持構造部の仕様

一 前項第一号から第四号まで及び第七号に掲げる基準に適合すること。

(前項)

三 支持構造部は十分な剛性及び強度を有するものとし、建築物の構造耐力上主要な部分に緊結すること。

本規定でいう支持構造部は、吊り材の上端が設置されるものを指す。天井の周囲に設ける受け梁等は第九号の壁等の仕様（3.2.3参照）による。

(4) 吊り材の規格

一 前項第一号から第四号まで及び第七号に掲げる基準に適合すること。

(前項)

四 吊り材には日本工業規格（以下「JIS」という。）A6517（建築用鋼製下地（壁・天井））-2010に定めるつりボルトの規定に適合するもの又はこれと同等以上の引張強度を有するものを用いること。

吊り材については現状基準と同様にJISに適合するものを原則としている。基準上は「同等以上の引張強度」があれば使用できるが、天井面の面内圧縮力により地震力を周囲の壁等に伝達する本仕様では、吊り材が天井面の座屈に対する補剛材の役割を果たしている⁴⁵⁾。よって、JIS以外の吊り材を用いる場合には強度だけでなく剛性にも注意し、後述のユニット試験で損傷耐力を確認しておくこととする。

(5) 天井面の段差等

一 前項第一号から第四号まで及び第七号に掲げる基準に適合すること。

(前項)

七 天井面構成部材に天井面の段差その他の地震時に有害な応力集中が生ずるおそれのある部分を設けないこと。

2②のとおり、天井に生ずる地震力を天井面の面内圧縮力により周囲の壁等に伝達させるため、天井面内の剛性・耐力の低下が懸念される段差等を設けない。

また、2②のとおり、隙間なし天井で期待している天井面の剛性・耐力に影響を与えるものとして、天井面の開口にも注意する。開口とは、天井面に照明や設備等を設けるために天井板や野縁等の下地材を切り欠いた部分を指している。

開口周りには建築工事標準詳細図⁶⁾に示されるように補強野縁等を追加で配置することが一般的である。後述の3.2.2(1)における開口による低減率はこのような補強を前提と

している。当該詳細図に示される仕様によって開口のない天井面と同等の剛性・強度を確保できるわけではないことに注意されたい。また、開口が集中することで局所的に弱い部分ができないように、1つずつの開口の大きさはなるべく小さくするようにし、複数の開口を天井面全体に釣合いよく配置するようにする（図4）。

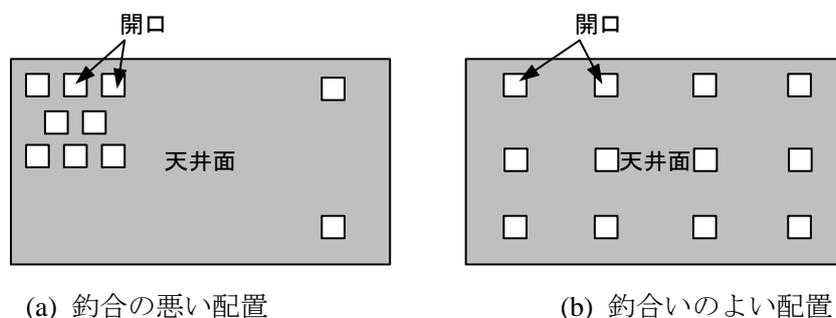


図4 開口の配置

(6) 斜め部材の設置不可

十一 斜め部材を設けないこと。

斜め部材とは、「地震の震動により天井に生じる力を構造耐力上主要な部分等に伝達するために天井面に対して斜めに設ける部材」のことである（平成25年国土交通省告示第771号第1第六号）。

天井の周囲にクリアランスを設けない本仕様では、斜め部材を設置すると層間変形に伴う強制変形によって天井面等に損傷を生じる可能性があるため、構造躯体の層間変形に追随するように斜め部材は設けないこととする（図5）。

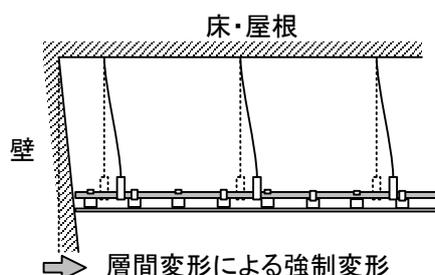


図5 吊りボルトの柔性による追随性（壁際の断面図）

(7) 天井板

二 天井板にはせっこうボード（JIS A6901（せっこうボード製品）—2014に規定するせっこうボードをいう。）のうち厚さ9.5ミリメートル以上のもの又はこれと同等以上の剛性及び強度を有するものを用いること。

天井面の地震力は、天井の内部では下地材（野縁、野縁受け）と天井板（面材）により、天井の端部では面材のみにより、周囲の壁等に伝達されることを想定している。天井板は

地震力を負担する主要な構成部材であるため、その剛性や強度に留意しなければならない。

天井板自体の剛性や強度について、例えば文献7)によれば、ケイ酸カルシウム板はせっこうボードと同等以上の剛性・強度を有するものと考えられる。

同等以上であるか否かは材料特性等から判断するか、後述のユニット試験の結果から判断すればよい。

(8) 天井面構成部材の規格

三 天井面構成部材（天井板を除く。）には JISA6517（建築用鋼製下地（壁・天井））—2010 に定める天井下地材の規定に適合するもの又はこれと同等以上の剛性及び強度を有するものを用いること。

2の③ii)による。本仕様ではいわゆる在来工法天井を想定しており、野縁等の天井面構成部材には該当する JIS に適合するものか、同等以上のものを使用する。

同等以上であるか否かは材料や断面寸法から判断するか、クリップ衝撃試験や後述のユニット試験の結果から判断すればよい。

(9) 吊り材の緊結

四 吊り材は、埋込みインサートを用いた接合、ボルト接合その他これらに類する接合方法により構造耐力上主要な部分等に緊結すること。

従来の基準と同様に、構造耐力上主要な部分等に吊り材を緊結することが規定されている。本仕様では地震力を天井面で負担する際に吊り材には引張力だけでなく圧縮力が作用する。吊り材には天井面の座屈補剛としての役割も期待されるため、吊り材に働く圧縮力にも抵抗できるように吊り材の上端を構造耐力上主要な部分等に緊結しておく必要がある。図 6 に例を示す。

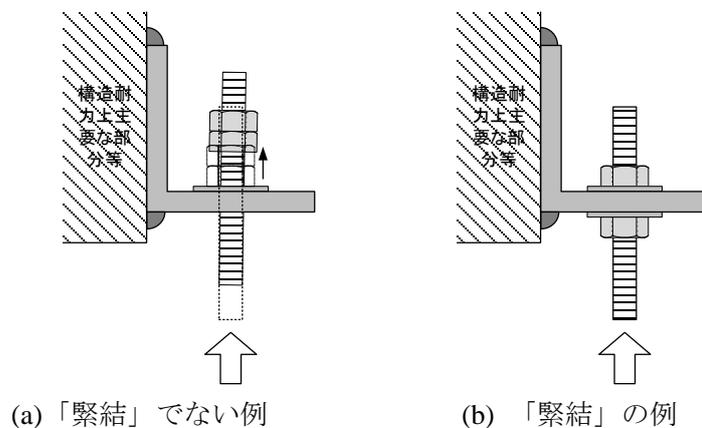


図 6 吊り材の緊結

(10) 吊り材の配置方法

五 吊り材は、天井面構成部材を鉛直方向に支持し、かつ、天井面の面積が一平方メートル当たりの平均本数を一本以上とし、釣合い良く配置しなければならない。

現行規定にあるシステム天井を想定した吊り材本数の緩和（ 6kg/m^2 以下では 0.5 本/ m^2 以上）は認められていない。

壁際の端部の吊りボルトから壁側にはね出した長さ（以下、はね出し長さと呼ぶ。図 7 参照。）については、公共建築工事標準仕様書²⁾で「野縁は、野縁受から 150mm 以上はね出してはならない。」とされており、公共建築工事監理指針⁸⁾にも壁際の端部の吊りボルトは壁面から「 150mm 以内」とする図が掲載されていることから、この程度のはね出し長さに留めることが一般的と思われる。在来工法天井を対象とした実験の報告によれば、面内圧縮耐力ははね出しが長くなっても概ね一定かやや上昇する傾向にあった（図 8）。よって、 150mm を超えるはね出し長さとしても天井の面内圧縮耐力が下がるわけではないが、はね出した部分でのたわみや地震時の上下振動等にも留意する必要があるため、はね出し長さをむやみに長くすることは避けた方がよく、 300mm 程度を限度とするのがよい。 150mm を超える場合には、はね出し部分の天井板のビス留めに関する施工性についても事前に確認しておくのがよい。

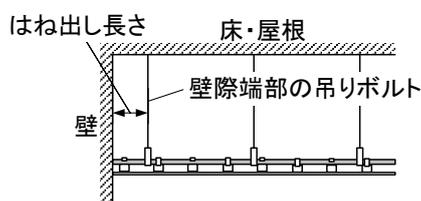


図 7 はね出し長さ（壁際の断面図）

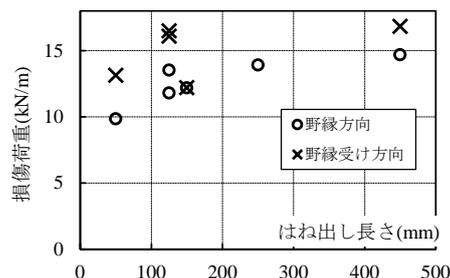


図 8 はね出し長さと損傷荷重の関係（面内圧縮試験）⁹⁾

(11) 天井面の形状

六 天井面は水平とすること。

水平方向に作用する地震力を天井面の面内圧縮力で伝達することを想定しているため、天井面の形状は勾配のない「水平」なものに限定されている。

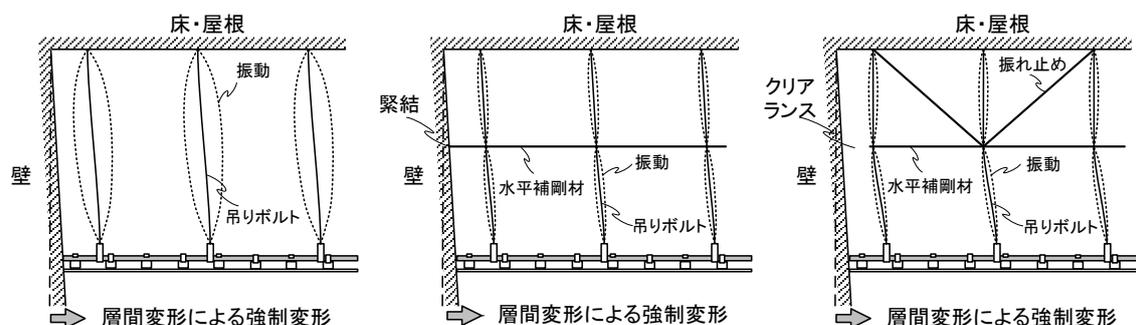
(12) 吊り長さ

七 吊り長さは、1.5メートル（吊り材の共振を有効に防止する補剛材等を設けた場合であっても、3メートル）以下とすること。

新基準では現行規定の仕様ルートよりも厳しく、吊り長さは原則として 1.5m までとしている。（4）で述べたとおり、吊り材は天井面の座屈補剛材としての役割を担っている。吊

り長さが長くなると、図 9(a)のように吊り材自体の振動が大きくなり、天井面の補剛効果が低下しうるため、現行よりも短い 1.5m を原則としている。「吊り材の共振を有効に防止する補剛材等を設けた場合」の例としては、図 9(b)に示すように適切な剛性と強度を有する水平補剛材を設置し、その端部を構造躯体や受け材に緊結した場合（仕上げに接合するものはNG）や、図 9(c)のように天井懐の上部を水平補剛材と振れ止めⁱによって固定する場合が挙げられる。単に水平補剛材を加えるだけでは吊り材の振動がかえって増幅することも考えられるので注意する。図 9(c)の場合、水平補剛材よりも下にある吊りボルトの柔性によって層間変形に追随できれば、第一号で準用する前項第七号の「有害な応力集中」は生じないとみなせる。従来の基準と追加基準を張り間と桁行とで混在させない（2⑥参照）のと同様に、一体となっている天井の範囲では図 9(b)と図 9(c)は混在させずにいずれかを選択することとする。

水平補剛材は全ての吊り材と緊結する。なお、水平補剛材や振れ止めは地震時に外れたり脱落したりしないように接合しておくことが必要である。



(a) 水平補剛材なし (b) 水平補剛材あり(緊結) (c) 水平補剛材あり(振れ止め)

図 9 水平補剛材の設置による吊り材の共振の抑制（壁際の断面図）

従来の基準では吊り長さは「おおむね均一」とされているが、隙間なし天井では図 10 に示すように吊り長さが変化する又は部分的に異なる場合も許容されている。ただし、他に比べて極端に短い吊り材は層間変形への追随性が不足して応力集中を生じうるため、原則として避けるべきであるが、層間変形による強制変位よりも当該吊り材の許容変位（弾性範囲内の変形量）の方が大きいことを確認することで、追随性があると判断してよい。

参考として吊り材（吊りボルト）の弾性限変位を付録 6 に示す。

ⁱ 図 9(c)のような振れ止めは、第十一号の斜め部材には該当しない（3.2.1(6)参照）。

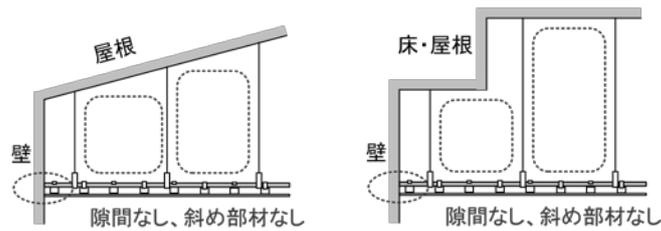


図 10 吊り長さが変化する／異なる場合

3.2.2 天井の耐力と外力

八 天井面の長さは、張り間方向及び桁行方向それぞれについて、次の式によって計算した数値（当該計算した数値が 20 メートル以上となる場合にあっては、20 メートル）以下とすること。

式	$L_{\max} = P_a / (kw)$
この式において、 L_{\max} 、 P_a 、 k 及び w は、それぞれ次の値を表すものとする。	
L_{\max} 天井面の長さ（単位 メートル）	
P_a 次に定める式によって計算した天井面の幅一メートル当たりの許容耐力	
$P_a = P_{cr} \cdot R_{HL} \cdot R_O / 1.5$	
P_{cr} 加力試験により求めた天井面の幅一メートル当たりの損傷耐力	
R_{HL} 試験体の吊り長さを設計吊り長さで除した値を二乗した値（1.0 を超える場合にあっては、1.0）	
R_O 幅開口率（天井に設ける開口部（天井下地材を切り欠いたものに限る。）を加力方向に水平投影した長さの合計のその天井の幅に対する割合をいう。以下同じ。）に応じて次の表に掲げる低減率	
幅開口率	低減率
20%未満	1.0
20%以上 50%未満	$(100 - W_O) / 80$
50%以上	0
この表において、 W_O は幅開口率（単位パーセント）を表すものとする。	

k 天井を設ける階に応じて次の表に掲げる水平震度

	天井を設ける階	水平震度
(一)	0.3(2N+1)を超えない整数に一を加えた階から最上階までの階	3.0r
(二)	(一)及び(三)以外の階	1.7r
(三)	0.11(2N+1)を超えない整数から最下階までの階	0.7

この表において、 N 及び r は、それぞれ次の数値を表すものとする。

N 地上部分の階数

r 次に定める式によって計算した数値

$r = \min \left[\frac{1 + 0.125(N - 1)}{1.5}, 1.0 \right]$
<p>w 天井面構成部材及び天井面構成部材に地震その他の振動及び衝撃により生ずる力を負担させるものの単位面積重量（単位 一平方メートルにつきキロニュートン）</p>

(1) 損傷耐力の設定

「 L_{\max} ：天井面の最大長さ (m)」は、張間及び桁行方向 (XY 方向) の最大の長さとする (斜め 45° の対角の長さは $(\sqrt{2}) \times L_{\max}$ まで可とする)。

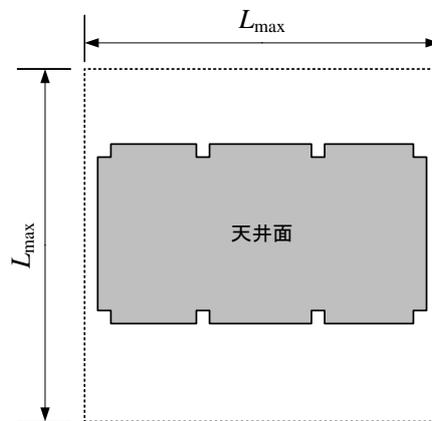


図 11 天井面の最大長さ L_{\max}

L_{\max} の上限 20m は、H25 基整促¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾での大規模試験体の長さ 16.5m を踏まえて設けられた制限である。

図 12 に示す天井の場合、幅開口率は次のように計算する。

$$\text{X 方向：(幅開口率)} = (L_{Y1} + L_{Y2}) / B_Y \times 100 (\%)$$

$$\text{Y 方向：(幅開口率)} = (L_{X1} + L_{X2} + L_{X3}) / B_X \times 100 (\%)$$

図 13 のように柱型がある場合は、柱型も開口と見なして計算する。

$$\text{Y 方向：(幅開口率)} = (L_{X1} + L_{X2} + L_{X3} + L_{X4} + L_{X5}) / B_X \times 100 (\%)$$

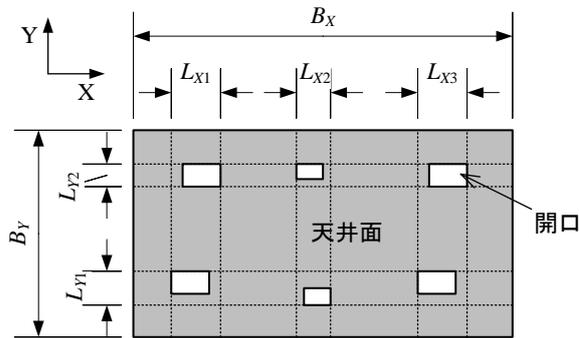


図 12 幅開口率

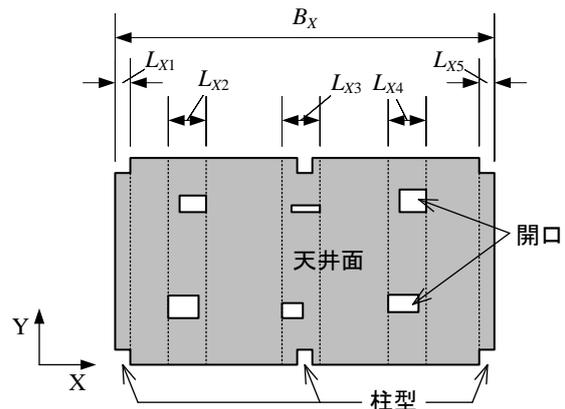


図 13 幅開口率（柱型がある場合）

幅開口率による低減率 R_o は、H25 基整促等¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾で実施された実験結果に基づいて設定されたものである。図 14 に幅開口率と損傷荷重の関係を示す。対象はいわゆる在来工法の野縁受け方向である。損傷荷重 P_{cr} ($=10\text{kN/m}$) と低減率 R_o を掛けた値 $P_{cr}R_o$ を直線で、実験値を○印で示している。幅開口率の増加とともに損傷荷重が低下することが分かる。実験では幅開口率が 50% 以上でもある程度の耐力を有することが確かめられたが、天井面の面内圧縮耐力で地震力を負担する本仕様において大きな幅開口率を許容することは望ましくないため、新基準では幅開口率が 50% 以上で低減率 R_o をゼロとしている。

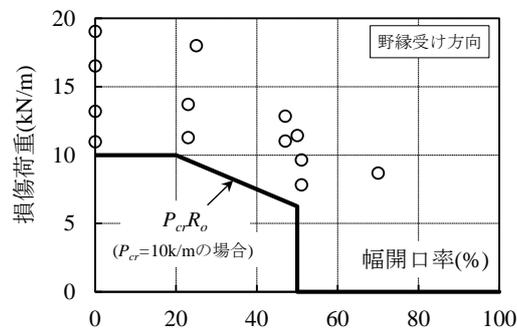


図 14 幅開口率と損傷荷重の関係^{文献 12) 13) 14)}のデータを基に作成

(2) 損傷耐力を求めるためのユニット試験

損傷耐力 P_{cr} にはユニット試験により評価した耐力を用いることができる。ユニット試験の方法を、付録 2 に示す。

以下、天井板の寸法と下地配置等について留意点を述べる。せっこうボードの長さとは幅は $1820\text{mm} \times 910\text{mm}$ が多いが、これと異なる長さとは幅をもつ天井板を用いる場合には野縁の間隔が異なる場合もあるので注意する。例えば、化粧せっこうボードで長さとは幅が $910\text{mm} \times 450\text{mm}$ の場合にはシングル野縁とダブル野縁を交互に並べて 227mm ($=455\text{mm}/2$ 本) 間隔とすることが通例である。野縁がより密に配置されるので面内圧縮強度は上昇する傾向にあると考えられる。一方で、化粧せっこうボードはせっこうボードと同等の剛性・

強度を有すると考えられるものの、JIS A6901 では「表面に型押し加工した」場合には曲げ破壊荷重は標準の 75%以上に緩和されるとともに耐衝撃性は適用除外されているため、天井面に用いた場合の面内圧縮強度は通常のせっこうボードに比べて小さい場合も考えられる。また、せっこうボードの捨て張りに岩綿吸音板等で仕上げを施す場合には野縁間隔を 364mm (=1820mm/5 本) とすることがある。仕上げの天井板を無視して捨て張りのせっこうボードのみの剛性と強度を考える場合であっても、野縁が疎になる場合には天井面としての剛性・強度は低下する可能性があることに注意すべきである。

このように、同種の材料を用いる場合であっても配置や部材特性等によって面内圧縮耐力は変化するるので、実況に応じた試験体により損傷耐力を評価することとする。

なお、H25 基整促の検討等から、厚さ 9.5mm 以上のせっこうボード 1 枚張り（型押し加工のない化粧せっこうボードを含む。）で、野縁の間隔を 303mm 以下、ビスは間隔 200mm 程度以下（周囲では 150mm 程度以下）すなわち 910mm に対して 5 本以上のビスで野縁と天井板を緊結した仕様では、 $P_{cr}=10\text{kN/m}$ としてよい。また、厚さ 9.5mm 以上のせっこうボードの捨て張りに岩綿吸音板等による仕上げを施したのも、同様に $P_{cr}=10\text{kN/m}$ としてよい。

(3) 外力の根拠

水平震度 k は、不可避的な隙間（ギャップ）に起因する衝撃力を考慮して設定された値である。2①のとおり、稀に発生する地震動（中地震動）での構造躯体の揺れを想定し、従来の基準の仕様ルートや水平震度法と同様に、構造躯体と共振する場合の天井の応答加速度（床応答スペクトルの最大値）を基にしている。さらにギャップにより天井が壁等に衝突して発生する衝撃力を見込むため、等価線形化法による衝撃力の評価方法を用いた検討（付録 3 参照）を踏まえ、当該応答加速度を 1.3 倍程度にした値が規定されている。

(4) 免震建築物の水平震度

平成 12 年建設省告示第 2009 号第 6 第 3 項第八号の特定天井の基準（計算ルート）のただし書にある平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 3 項（新基準の仕様ルート）の準用規定において、水平震度 k は「天井を設ける階にかかわらず、0.7 以上とすることができる。」と追記された。これにより、従来の基準と同様に仕様ルートにおける設計用水平震度 k は、特定天井が設けられる階によらず、 $k \geq 0.7$ とすることができる。免震建築物の場合には応答加速度が小さいことも考えられるが、従来の基準に倣い、耐震構造の最低値を階によらず採用できることとしたものである。

3.2.4 固定された設備等との間のクリアランス

十 天井面を貫通して地震時に天井面と一体的に振動しないおそれのある部分が設けられている場合にあつては、天井面と当該部分との間に、5センチメートル（当該部分が柱である場合にあつては、2.5センチメートル）以上の隙間を設けること。

天井面を貫通して天井面と一体的に振動ないように設備機器等が設けられる場合には、天井面との間に5cm以上の隙間（クリアランス）を設ける（図17）。軽量の照明機器等で天井面に設置されて天井面と一体的に振動するものは本規定は適用されない。「5cm」は層間変形や天井面の縮み等を考慮して定められた値である（付録5参照）が、設備機器等自体の振動による変位は考慮されていない。よって、十分な剛性のない支持方法により設備機器等が設けられる場合には、当該設備機器等の地震時の変位を適切に考慮して隙間（クリアランス）を大きめにとることが必要である。

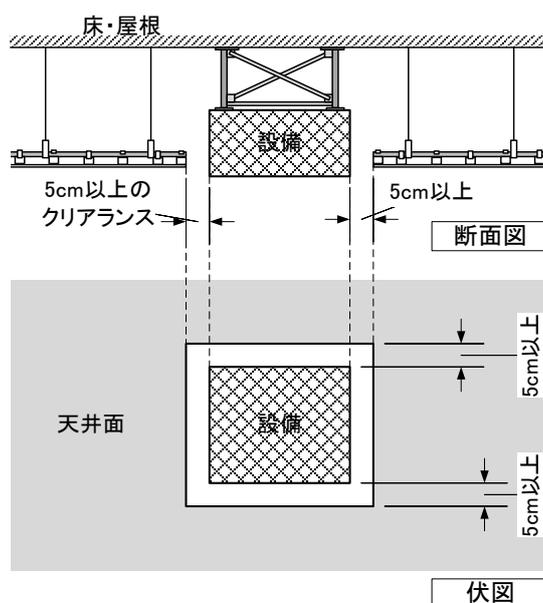


図17 設備等とのクリアランス

貫通するものが柱である場合には、隙間（クリアランス）は2.5cmとされている。天井面の内部にある柱は、層間変形による強制変位が天井と同じであるが、天井面の伸縮を考えるとある程度の隙間を設けて柱との間での応力集中を避けることとする。隙間の大きさは天井面の縮みに相当するものとして規定されている（付録5参照）。

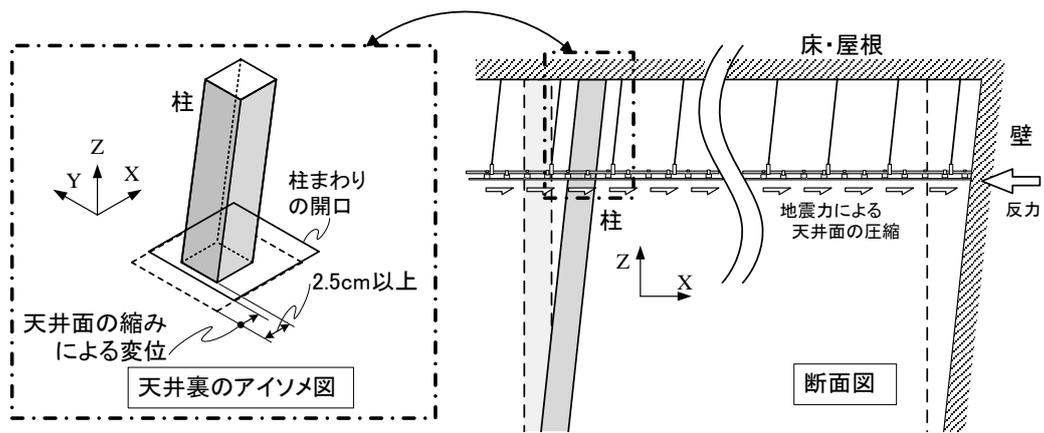


図 18 柱まわりの強制変位と天井面の縮みによる変位

3.2.5 天井の設置場所

十二 屋外に面しないものとする。

屋外の天井として軒の天井やエントランスの車寄せの天井を考えると、天井面の四周に十分な剛性・耐力をもつ壁やはりがないことから、対象としていない。

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所、ほか：建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説、2013年10月 <https://www.seinokyo.jp/tenjou/top/>
- 2) 国土交通省大臣官房官庁営繕部：公共建築工事標準仕様書（建築工事編）平成25年版、2014年3月、p.163、p.258 http://www.mlit.go.jp/gobuild/gobuild_seibi_h25hyoujyun.html
- 3) 鎮西宏、元結正次郎、天野聡志、佐々木康人、佐藤幸博、田原健一：非構造部材におけるビス接合部の力学的性状に関する研究、その1、その2、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.891-894、2015.9
- 4) 國崎洋、元結正次郎、中西敦士：野縁方向における天井面の圧縮性能に吊りボルトが与える影響（鋼製下地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2）、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.883-884、2012.9
- 5) 日本建築学会：天井等の非構造材の落下に対する安全対策指針・同解説、pp.60-62、2015
- 6) 国土交通省官庁営繕部整備課：建築工事標準詳細図 平成22年版、
http://www.mlit.go.jp/gobuild/gobuild_tk2_000017.html にある「建築工事標準詳細図(3)」
- 7) 天野聡志、元結正次郎、金子健作、湊川諒、佐藤恭章、佐藤幸博、佐々木康人、田原健一：仕上げボードの材料特性 非構造部材に用いられる要素の力学的性状 その1、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.935-936、2014.9
- 8) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修：公共建築工事監理指針 平成25年版（下巻）、pp.297-301、2013年10月
- 9) 石原直、稲井慎介、森田泰弘、渡壁守正、脇山善夫：鋼製下地吊り天井の面内圧縮耐力に対するはね出し長さの影響、日本地震工学会第11回年次大会梗概集、P3-25、2015年11月
- 10) 戸田建設株式会社：吊り天井の耐震設計に係る基準の高度化に資する検討、2014年3月（平成25年度建築基準整備促進事業 番号 S4 報告書） 成果の概要は、
<http://www.mlit.go.jp/common/001037147.pdf>
- 11) 石原直、稲井慎介、森田泰弘、渡壁守正、脇山善夫、喜々津仁密：周囲の壁等に慣性力を負担させる水平な在来工法天井の耐震性に関する実験的研究 その1～その5、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造I、pp.977-986、2014年9月
- 12) 稲井慎介、石原直、渡壁守正、森田泰弘、脇山善夫、喜々津仁密：静的面内圧縮力を受ける鋼製下地吊り天井の力学特性、日本建築学会技術報告集、第21巻、第48号、pp.455-460、2015年6月
- 13) 脇山善夫、渡壁守正、稲井慎介、森田泰弘、石原直、喜々津仁密：開口を有する鋼製下地吊り天井の耐力に関する実験 その1～その2、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造I、pp.855-858、2015年9月
- 14) 森田泰弘、脇山善夫、稲井慎介、渡壁守正、石原直：開口を有した鋼製下地吊り天井の静的面内圧縮に関する力学特性、構造工学論文集、Vol.62B、pp.35-43、2016年3月

付録1 クリップの接合部の衝撃試験

(1) 背景と目的

本仕様では、施工上の理由などから不可避免的に生じる隙間（ギャップ）に起因して、地震時に天井が周囲の壁等と衝突することによる衝撃力が発生しうる。H25 基整促の動的な実験では、JIS A 6517 にある慣用のクリップを用いた場合、大きな地震動に対してはクリップが外れて天井面構成部材が広い面積に渡って脱落する状況が確認された（写真 1(a)）。一方、いわゆる耐風圧クリップを用いた場合には、大きな地震動に対しては端部の天井板（ボード）が破壊したものの、脱落する部分の面積は限定的であった（写真 1(b)）。



(a) JIS クリップの外れによる大規模な落下



(b) 耐風圧クリップを用いた場合の
端部の天井板（ボード）の落下

写真 1 大規模天井の動的加振実験における破壊状況

（特定天井基準の技術的背景と設計上の要点、平成 26 年度（独）建築研究所講演会資料、2015 年 3 月 <http://www.kenken.go.jp/japanese/research/lecture/h26/index.html>）

また、動的な実験で確認された JIS のクリップの外れは、後述のユニット試験のような静的な実験では再現されなかった。

基準では「中地震を超える一定の地震時においても天井の脱落の低減を図ることを目標とする」ことから（2①参照）、大きな地震動に対しても大規模な脱落を防ぐために、特に本仕様に用いるクリップの接合部に関しては動的な衝撃試験によって、新基準第一号（準用される前項第二号）の接合部としての緊結状況を確認することとした。

(2) 試験・評価法

第一号のクリップの接合部の試験・評価法

(1) 試験・評価の目的

クリップの接合部の試験体を用いて、野縁方向、野縁受け方向、天井面法線方向について、クリップの接合部の緊結状態を確認することを目的とする。

(2) 試験・評価

1) 試験体

試験体は、野縁、クリップ及び野縁受けを、実際の構造方法を踏まえて組み上げたものとする。

野縁方向試験体 : クリップ 2 個、野縁受け 2 本、野縁 1 本を含む

野縁受け方向試験体 : クリップ 2 個、野縁受け 1 本、野縁 2 本を含む

天井面法線方向試験体 : クリップ 6 個、野縁受け 2 本、野縁 3 本を含む

試験体は、検討する方向ごと、組み方ごとに 3 体ずつ以上とする。試験体は堅固な架台に取り付ける。

2) 試験方法

試験は原則として、検討する方向ごとに、以下に示す方法によって行うものとする。

- ① 検討する方向について、加撃体による衝撃力を試験体に加える。
- ② 検討する方向についてクリップの接合部に生じた残留変位 D_{cs} を計測するとともに、試験体の損傷の有無および程度を確認、記録する。

3) 評価方法

すべての試験体で、クリップの接合部に生じた残留変位 D_{cs} が設定した閾値を超えず、かつ、試験体に顕著な損傷を生じていない場合に、対象とするクリップの接合部は緊結であると評価する。

図 19～図 21 に試験体の例を、図 22～図 24 に試験方法の例を、写真 2～写真 4 に試験実施例を示す。

野縁方向の試験体は図 19 に示す通り、2 本の野縁受けは同じ向きに平行に配置し、野縁と直交する接合部 2 箇所のクリップの掛け方は同じとする。試験体の組み方を検討する際は、クリップの掛け方、野縁受けの方向を考慮する必要がある。JIS A6517 に規定されるクリップと野縁受けであれば、クリップは腹掛けか背掛けかで 2 通りの掛け方があり、断面

形状がコの字型をしている野縁受けは加力方向に対してコの字が開くか閉じるかにより 2 通りあり、これらを掛け合わせると 4 通りの試験体が考えられる。

野縁受け方向の試験体は図 20 に示す通り、2 本の野縁を同じ向きに平行に配置し、野縁受けと直交する接合部 2 箇所のクリップは、クリップに掛け方の違いがある場合は異なる掛け方とする。試験体の組み方を検討する際は、クリップの掛け方を考慮する必要がある。

天井面法線方向の試験体は図 21 に示す通り、2 本の野縁受けの断面が向き合う方向に配置し、それに直交して野縁 3 本を均等の間隔で配置する。野縁受けと野縁が交差する箇所の接合部 6 箇所のクリップは、同じ野縁に取り付くものは同じ掛け方とし、クリップに掛け方の違いがある場合は隣り合う野縁のクリップとは異なる掛け方とする。試験体の組み方を検討する際は、クリップの掛け方を考慮する必要がある。

試験体に例示する野縁や野縁受けの間隔は実際の天井よりも狭いため、試験体を製作する際（特に接合部にネジ等を用いる場合）は、通常天井の施工条件と異なることを考慮する必要がある。

試験方法の例を、図 22 に野縁方向、図 23 に野縁受け方向、図 24 に天井面法線方向について示す。同試験方法では、落下する加撃体の衝突で生じる衝撃力を治具を介して試験体に加える。試験装置は以下のようなになる。

[試験装置]

- 試験装置は加撃体、治具等から構成され、全質量は以下に示す通り。

野縁方向試験	4.9kg
野縁受け方向試験	4.9kg
天井面法線方向試験	24.7kg

[加撃体]

- 衝撃力が一定程度になるように衝突面を球面とし、質量は以下とする。

野縁方向試験	0.9kg
野縁受け試験方向	0.9kg
天井面法線方向試験	12.1kg

- 治具と縁を切り、所定の高さから落下させた時に初速を生じないように電磁石等を用いて固定する。
- 落下高さは以下とする

野縁方向試験	600mm
野縁受け方向試験	600mm
天井面法線方向試験	400mm

[治具]

- 加撃体が衝突して衝撃力を生じる受け板を設ける。素材は以下とする。試験体への加力に偏りを生じないように加撃時に受け板は水平に保つ。

野縁方向試験	アルミ製板
野縁受け試験方向	アルミ製板
天井面法線方向試験	鋼板

- ・生じた衝撃力を伝達する吊りボルトを設ける。吊りボルトは JIS A6517 に規定する吊りボルトとし、試験体への加力に偏りを生じないように吊りボルトの長さは均等にす
- る。
- ・加撃体が鉛直下方向にスムーズに落下するようなガイドを設ける。
- ・治具は緩みや引っ掛かりがないように剛に組立てる。

1 種類の試験体について試験を複数回実施するため、衝撃力が一定程度で加わることを確認するには、受け板箇所や試験体近傍箇所に荷重計を配置して各試験時の衝撃力を計測し、試験装置は、試験時の衝撃によって変形等の損傷を生じないように確認する。

上記で例示した試験装置及び試験方法については、残留最大変位 D_{cs} を評価するための閾値を 5mm とする。また、例示する試験装置により実施した試験で、クリップの接合部に顕著な損傷を生じた例を写真 2～写真 4 に示す。写真 2 は野縁方向試験後の写真であり、クリップの折り曲げ部が開き、野縁が滑っている。写真 3 は野縁受け方向試験後の試験体の写真であり、野縁受けが滑っている。写真 4 は天井面法線方向試験後の試験体の写真であり、クリップの折り曲げ部分が開き、クリップの根元が変形している。

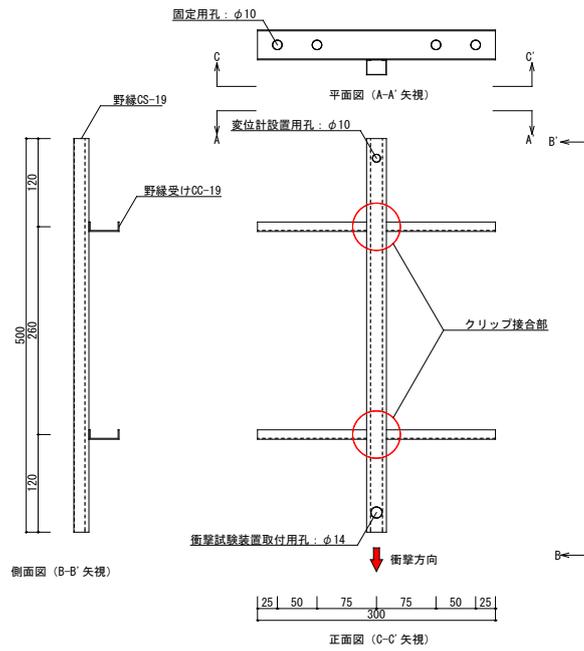


図 19 試験体 (例) 野縁方向試験体

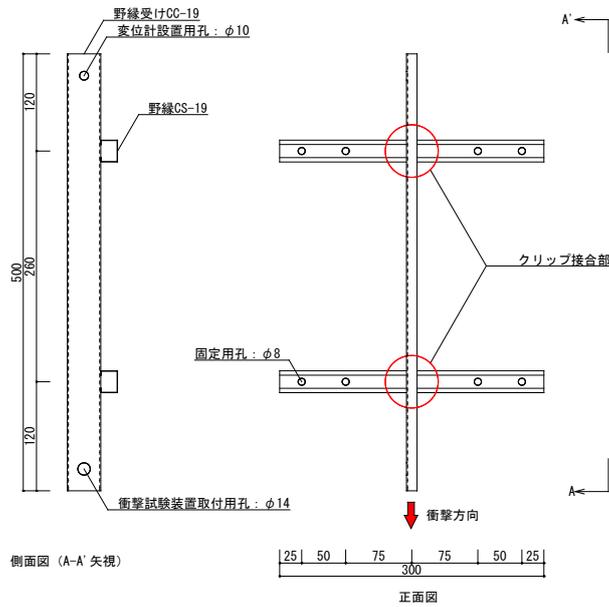


図 20 試験体 (例) 野縁受け方向試験体

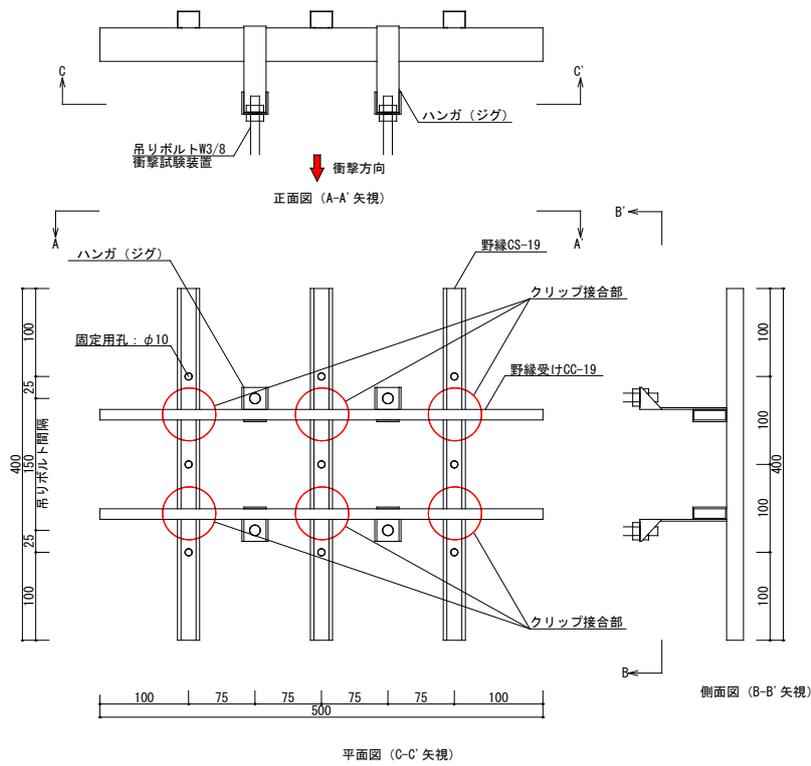
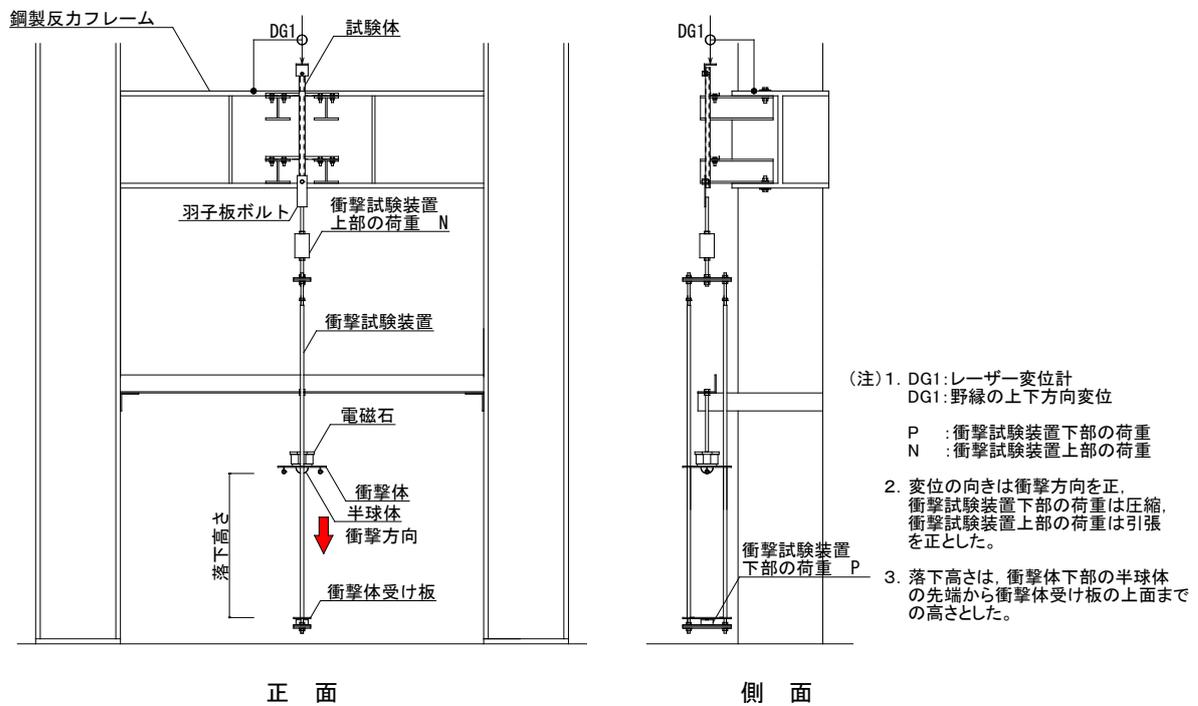


図 21 試験体 (例) 天井面法線方向試験体



- (注) 1. DG1:レーザー変位計
DG1:野縁の上下方向変位
P : 衝撃試験装置下部の荷重
N : 衝撃試験装置上部の荷重
2. 変位の向きは衝撃方向を正, 衝撃試験装置下部の荷重は圧縮, 衝撃試験装置上部の荷重は引張を正とした。
3. 落下高さは, 衝撃体下部の半球体の先端から衝撃体受け板の上面までの高さとした。

正面 側面

図 22 試験方法 (例) 野縁方向

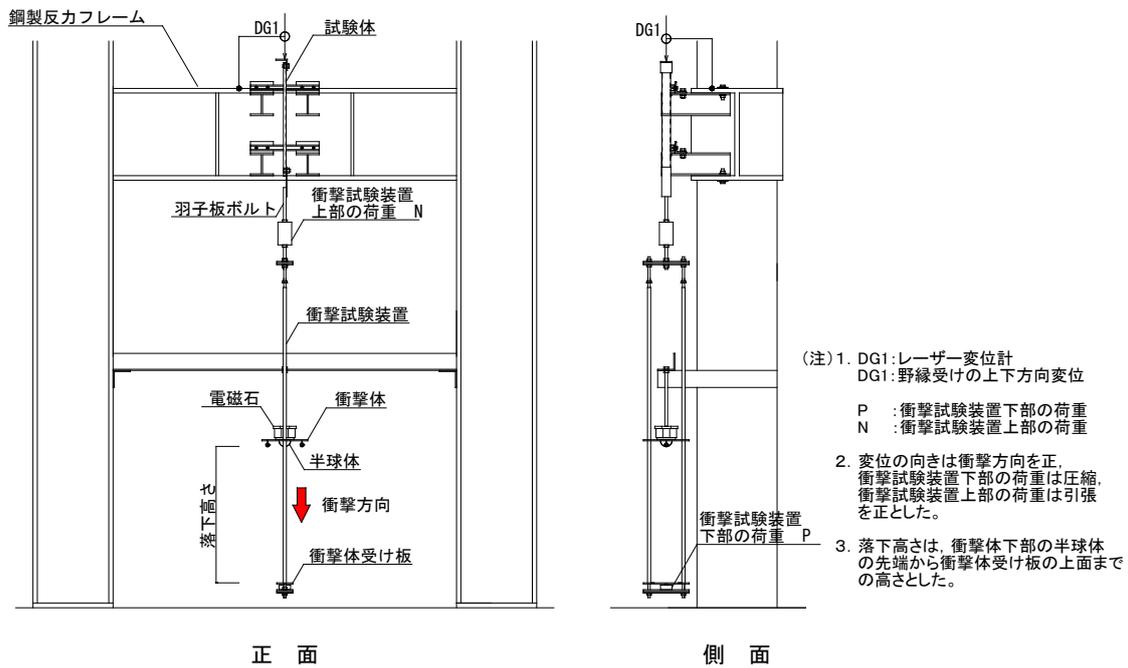


図 23 試験方法 (例) 野縁受け方向

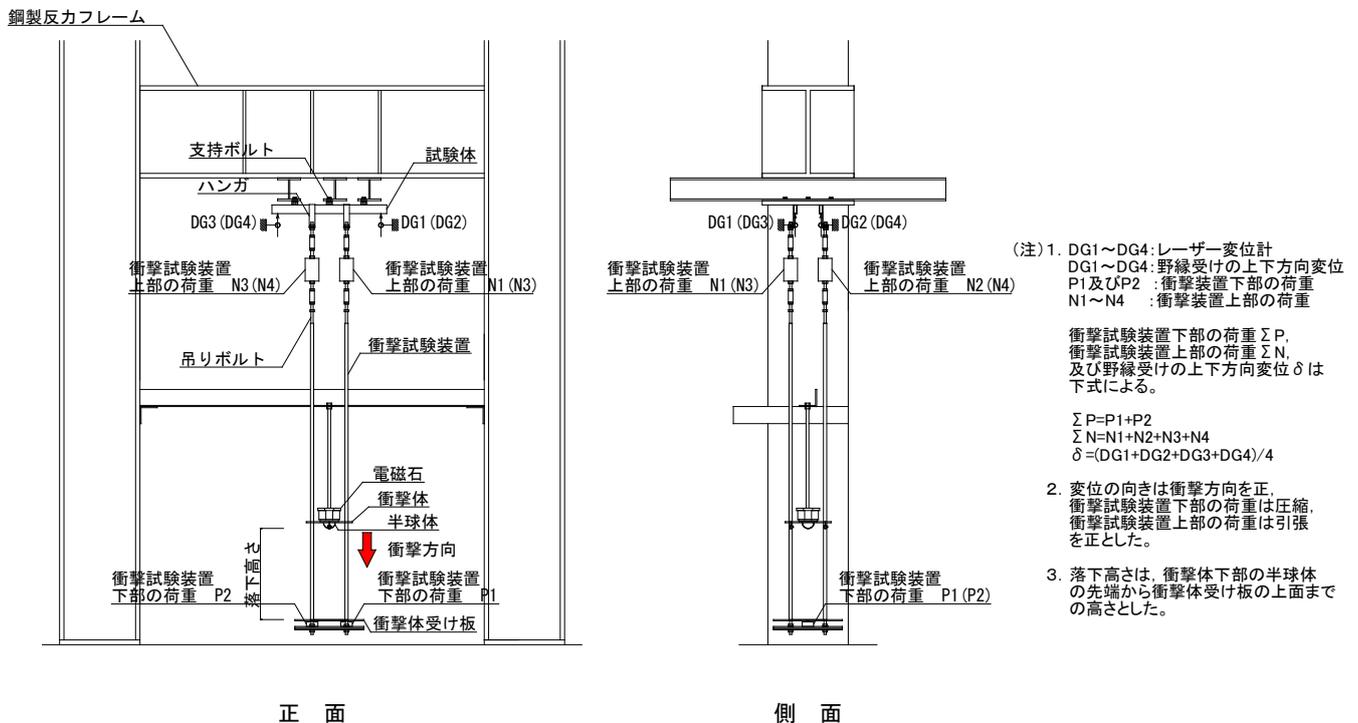


図 24 試験方法 (例) 天井面法線方向

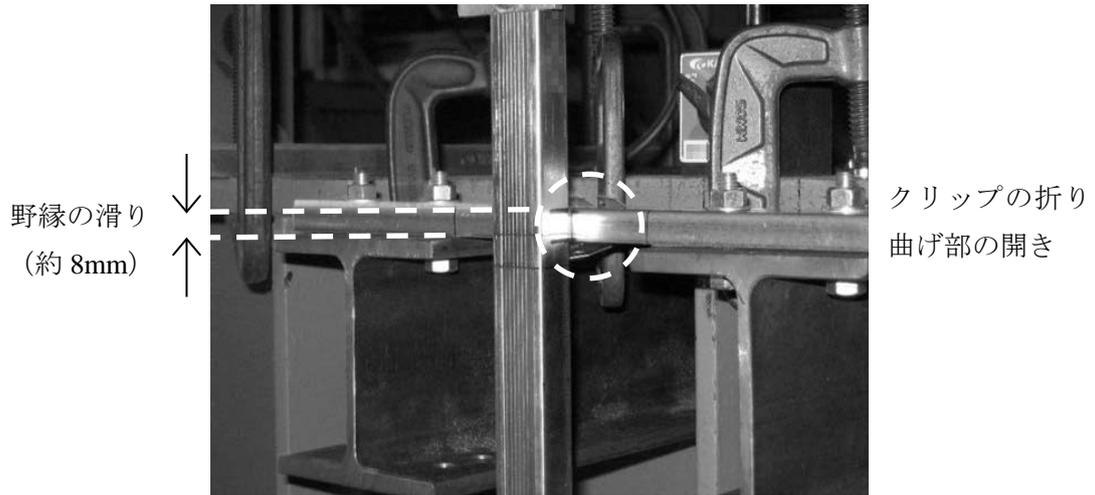


写真 2 野縁方向の試験実施例

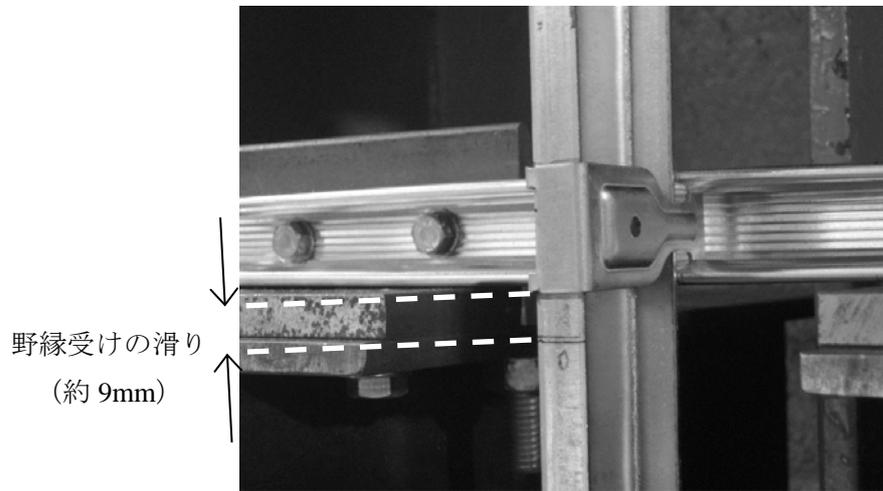


写真 3 野縁受け方向の試験実施例

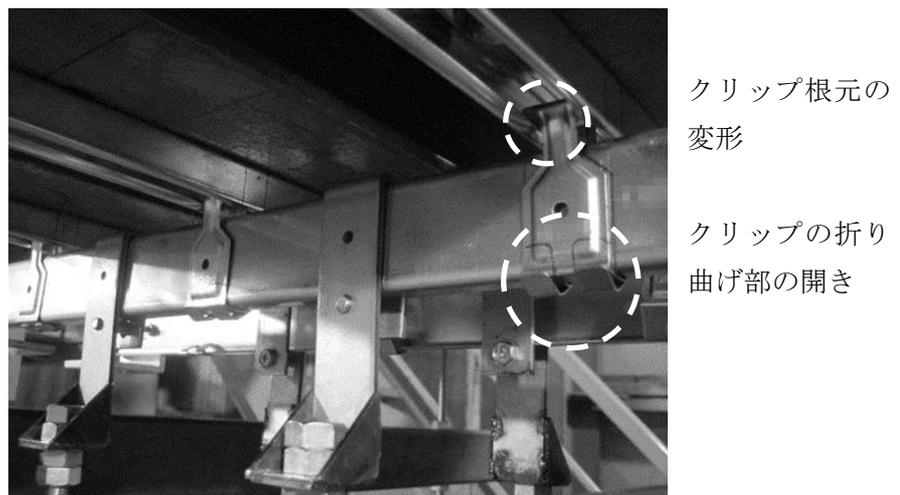


写真 4 天井面法線方向の試験実施例

付録2 ユニット試験

(1) 目的

新基準第八号では天井面の長さ L_{\max} を求めるために「加力試験により求めた天井面の幅一メートル当たりの損傷耐力」 P_{cr} が必要となる。ここでは P_{cr} を求めるための試験・評価法を示す。

(2) 試験・評価法

第八号の損傷耐力 P_{cr} に関する試験・評価法

(1) 試験・評価の目的

天井ユニットの試験体を用いて、検討する方向での天井面の長さの検討に必要な損傷耐力 P_{cr} を算出する。

(2) 試験・評価

1) 試験体

試験体は、天井面構成部材と吊り材によって実際の構造方法の通りに組み上げられたものとする。

吊りボルト本数を加力方向に5本以上、加力方向に直交する方向に3~4本とし、吊りボルトの上端は構造耐力上主要な部分又は天井の支持構造部に相当する試験フレームに固定する。天井面の端部の直近に壁に相当する反力部材を設置する。

試験体数は、加力方向（野縁方向又は野縁受け方向）ごとに3体以上とする。

2) 試験方法

試験は原則として、加力方向ごとに以下に示す方法によって行うものとする。

- ① 天井面構成部材に均等な力が作用するように取り付けた治具に、対象とする方向に一方向の水平力を加える。天井面の端部が相対する反力部材に接触し、最大荷重が得られるまで荷重を段階的に加え、損傷時の荷重を参考に、(1)式により制御荷重の基準値 P_{cut} （幅1m当たり）を算出する。なお、制御荷重の見当がつく場合には一方向加力を行わなくともよい。

$$P_{cut} = P_d / a \quad (1)$$

ここで、 P_d : 損傷時の荷重（幅1m当たり）、 a : 1.0以上の数値。

- ② 天井面構成部材に均等な力が作用するように取り付けた治具に図A1に掲げる履歴の繰り返し力を加える。同図において、 $(1/3)P_{cut}$ 、 $(2/3)P_{cut}$ 及び P_{cut} の各荷重段階でそれぞれ3回以上繰り返すものとする。

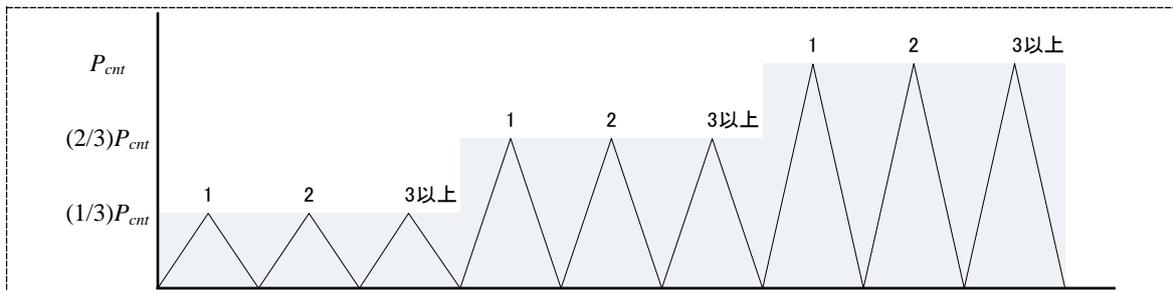


図 A1 繰り返し载荷履歴

3) 評価方法

損傷耐力 P_{cr} は加力方向ごとに評価する。

P_{cnt} の荷重段階において3体以上の試験体で損傷や破壊が生じないことが確かめられた場合に、損傷耐力は $P_{cr} = P_{cnt}$ (幅 1m 当たり) とする。

図 25 に試験体の寸法の例を、図 26 に繰り返し载荷での荷重変位関係の例を、写真 5 に試験での破壊状況の例を示す。

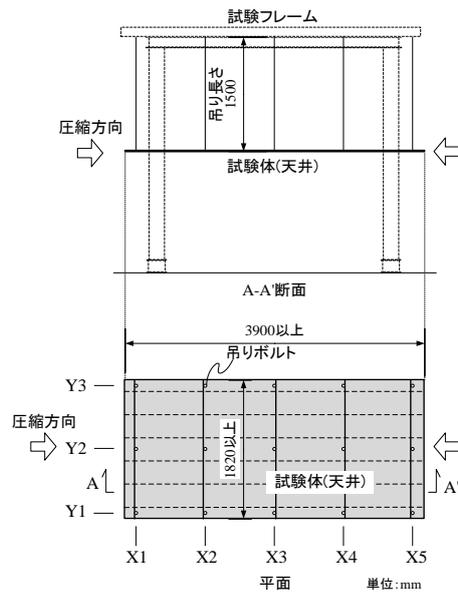
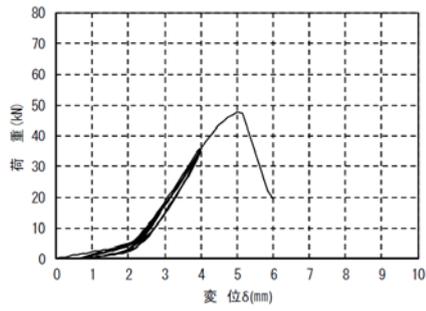
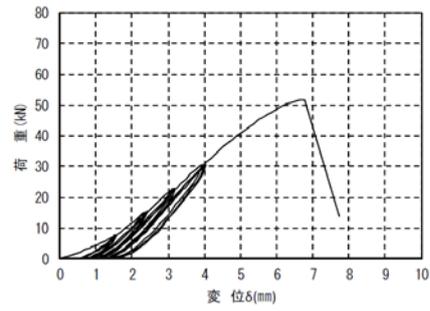


図 25 試験体の寸法 (例)



試験体記号：K-NU-K



試験体記号 S-NU-K

図 26 繰り返し載荷での荷重変位関係の例

試験体記号：K-N



写真 1.1.3 破壊状況
全 景

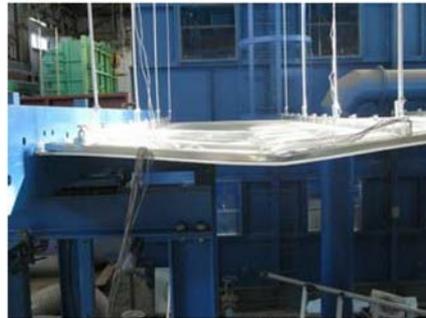


写真 1.1.4 破壊状況
天井面材及び野縁の座屈

写真 5 破壊状況の例

付録3 隙間なし天井の設計用外力

(1) 外力設定の方針

外力は従来の基準（稀地震動）相当のものとして設定する必要がある。従来の基準では躯体及び天井が弾性（線形）範囲と仮定し、床応答スペクトルに基づいて決定されている¹⁾²⁾。よって、隙間なし天井の外力も床応答スペクトルと関連付けることが望ましい。

平成25年度基準整備促進事業で妥当性を検証した等価線形化法³⁾（図27、図28、図29、表2）は、衝突を含む等価減衰定数によりスペクトル（擬似速度 $pSvf$ 。記号の最後の f は床応答を意味する。）を低減して評価する。文献3)の評価式では壁（受け梁）側の剛性や減衰の設定が必要となる上に式が複雑であるため、設計にそのまま用いることは難しいと考えられるが、床応答スペクトルとの関連付けを行う上で等価周期や等価減衰の評価等は有用である。

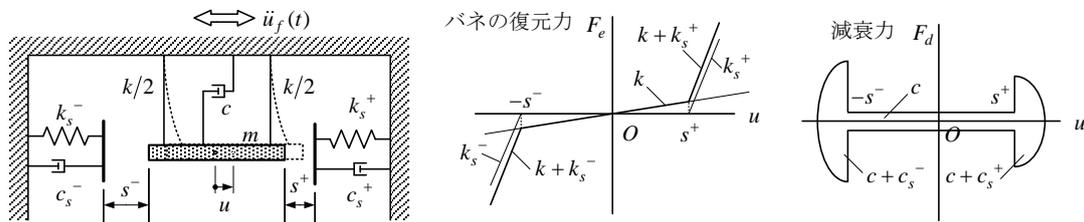


図27 1自由度衝突系

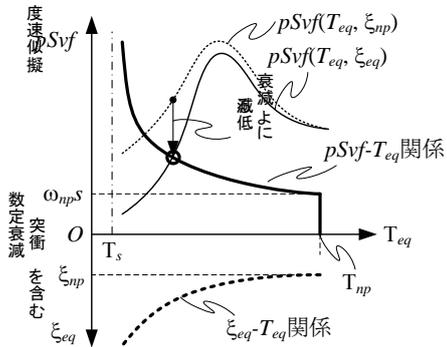


図28 等価線形化法³⁾の概要 $pSvf \sim T_{eq}$ 関係（イメージ）

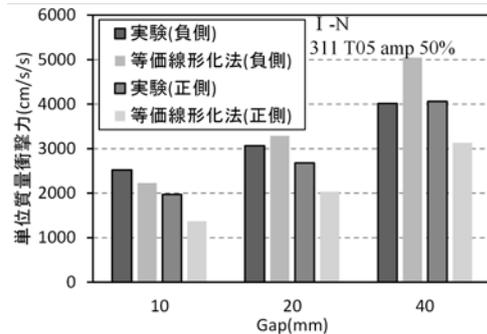


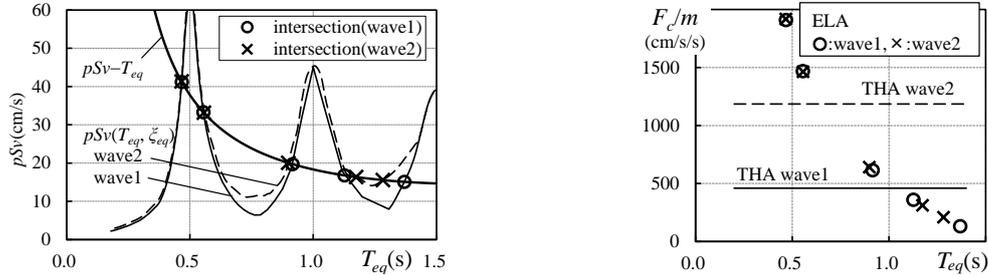
図29 衝撃力の推定（等価線形化法）

表2 主な記号

s	隙間	m	天井の質量
k	天井のバネ剛性	k_s	衝突部（壁等）の剛性
κ	剛性比 $\kappa \equiv 1+k_s/k$	c_s	衝突部（壁等）の減衰係数
T_{np}	非接触時固有周期	ω_{np}	非接触時固有円振動数
T_s	接触時周期 ($T_s=2\pi/\omega_s$)	ω_s	接触時円振動数 ($\omega_s=\sqrt{(k_s/m)}$)
T_{eq}	衝突を含む等価周期 ($T_{eq}=2\pi/\omega_{eq}$)	ω_{eq}	衝突を含む等価円振動数
ζ_{np}	非接触時減衰定数	ζ_{eq}	衝突を含む等価減衰定数
F_c	衝撃力	v	最大速度
$pSvf(T,\zeta)$	床応答擬似速度スペクトル (周期 T 、減衰 ζ)	$Saf(T,\zeta)$	床応答加速度スペクトル (周期 T 、減衰 ζ)

注) 上付き±は正側又は負側を表す。 $pSvf, Saf$ の記号の最後の f は床応答を意味する。

しかし、多層建築物を想定した多峰形の床応答スペクトルに対して、図 28 の図解から分かるように等価線形化法では解が 1 つに決定せず、安全側としては大きめの外力を設定する等の配慮が必要になると考えられる (図 30)。



(a) 多峰形の床応答スペクトルになる 2 つ入力波に (b) 衝撃力の評価 (図(a)の交点に対応する等価線形化法に対する等価線形化法の複数の解 化法の解。THA は時刻歴応答解析)

図 30 多峰形の床応答スペクトルに対する等価線形化法の適用⁴⁾

一方で、外力を決める上で重要となる衝撃力については、等価線形化法³⁾によらずに、単純なエネルギーのつり合いから導かれる式(1)による評価^{例えば⁵⁾}でも、最大速度 v さえ評価できれば概ね妥当な衝撃力を評価できることを確認している⁶⁾。図 31 は式(1)を図示したもので、衝突部剛性 k_s に比べ天井のバネ剛性 k (吊りボルトによる復元力) は相対的に小さいとして無視している。

$$F_c = v\sqrt{mk_s} \quad (1)$$

質量で除して単位質量当たりの衝撃力 (加速度単位) とすると、

$$F_c/m = v\sqrt{k_s/m} = v \cdot \omega_s \quad (2)$$

式(2)を重力加速度 g で除したものが、水平震度に相当する。

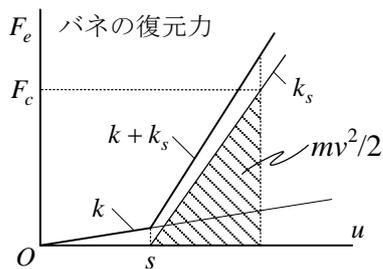


図 31 最大速度 v による衝撃力 F_c

以下、式(2)を用いた外力評価を検討する。仕様ルートでの外力設定の際には細かな力学的特性を考慮することは難しいので、概ね安全側 (外力大きめ) となるように代表的な特性を設定する。また、床応答スペクトルとの関連付けを行うため、等価線形化法³⁾の考え方や評価式を利用する。外力が大きめとして、床応答スペクトルの共振点を中心に考える。

(2) 最大速度による外力の評価

従来の基準で用いられた床応答加速度スペクトル (減衰定数 5%)¹²⁾ と関連付けるため、式(2)を次のように変形する。

$$F_c/m = v \cdot \omega_s = \underbrace{\frac{pSvf(T_{eq}, \xi_{eq})}{pSvf(T_{eq}, 0.05)}}_{(a)} \cdot \underbrace{v}_{(b)} \cdot \underbrace{\frac{\omega_s}{\omega_{eq}}}_{(c)} \cdot \underbrace{\omega_{eq} pSvf(T_{eq}, 0.05)}_{(d)} \quad (3)$$

式(3)のうち(d)部分は従来の基準で基にした減衰 5%の床応答 (擬似) 加速度スペクトル $Saf(T_{eq}, 0.05)$ を表す。(a)と(b)部分は後述するようになずれも ξ_{eq} の関数で表され、 $\xi_{eq}=0.05 \sim 0.10$ とすれば(a)× (b)の部分は 1.3~0.9 である。また、(c)部分は後述のように考えて $\omega_s/\omega_{eq}=1.1 \sim 1.2$ とおくと、

$$F_c/m = \underbrace{(1.3 \sim 0.9)}_{(a) \times (b)} \times \underbrace{(1.1 \sim 1.2)}_{(c)} \times Saf(T_{eq}, 0.05) \approx \underbrace{1.3}_{(a) \times (b) \times (c)} \times Saf(T_{eq}, 0.05) \quad (4)$$

震度で表せば、

$$F_c/mg = 1.3 \times Saf(T_{eq}, 0.05)/g \quad (5)$$

すなわち、従来の基準の震度 $Saf(T_{eq}, 0.05)/g$ に対して 1.3 倍した値にすればよいと考えられる。

(3) 設計用外力の提案

(2)でいくつかの仮定のもとで検討した結果から、

従来の基準の震度 $Saf(T_{eq}, 0.05)/g$ に対して、約 1.3 倍した値を隙間なし天井の外力として提案する。

従来の基準の仕様ルートに用いる水平震度(平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 2 項第九号) では天井の固有周期によらず天井と構造躯体の共振状態を想定した大きめの外力が設定されている。この規定に倣って天井の固有周期によらない大きめの外力としてまとめると表 3 のようになり、水平震度は 3~0.7 となる。

表 3 隙間なし天井の設計用水平震度(案)

	天井を設ける階	水平震度
(1)	上層階 (0.3(2N+1)を超えない整数に 1 を加えた階から最上階まで)	$1.3 \times 2.2r$ $= 2.86r \div 3r$
(2)	中間階 ((1)及び(3)以外の階)	$1.3 \times 1.3r$ $= 1.69r \div 1.7r$
(3)	下層階 (0.11(2N+1)を超えない整数の階から最下階までの階)	1.3×0.5 $= 0.65 \div 0.7$
この表において、N 及び r は、それぞれ次の数値を表すものとする。 N 地上部分の階数 r 次に定める式によって計算した数値 $r = \min \left[\frac{1 + 0.125(N - 1)}{1.5}, 1.0 \right]$		

(4) 衝撃力を構成する各因子の設定

式(3)の(a)部分

減衰を考慮した床応答スペクトルの評価式として次の安井らの提案式⁸⁾⁹⁾がある。

$$Saf = \sqrt{\sum_j (\beta_j U_j \cdot Saf_j)^2} \quad (6)$$

$$Saf_j = \sqrt{\frac{\{(\omega_{eq}/\omega_j)^2 Sa(T_j, h_j)\}^2 + \{Sa(T_{eq}, \xi_{eq})\}^2}{\{1 - (\omega_{eq}/\omega_j)^2\}^2 + 4(\xi_{eq} + h_j)^2 (\omega_{eq}/\omega_j)^2}} \quad (7)$$

ここで、 $\beta_j U_j$ ：構造躯体の j 次刺激関数、 ω_{eq} ：天井の等価円振動数、 T_{eq} ：天井の等価周期 ($=2\pi/\omega_{eq}$)、 ω_j ：構造躯体の j 次円振動数、 ξ_{eq} ：天井の減衰定数、 h_j ：構造躯体の j 次の減衰定数、 Sa ：入力地震動のスペクトル、である。

Sa の減衰による増減は、 $h_j=0.05$ として、次式で評価できるとする。

$$Sa(T_{eq}, \xi_{eq}) \approx Fh(\xi_{eq}) \cdot Sa(T_{eq}, 0.05) \quad (8)$$

$$Fh(\xi_{eq}) = \frac{1.5}{1 + 10\xi_{eq}} \quad (9)$$

共振点、すなわち、 $\omega_{eq}=\omega_j$ とすると、式(7)(8)より、

$$Saf_j|_{\omega_{eq}=\omega_j} = \sqrt{\frac{1 + \{Fh(\xi_{eq})\}^2}{4(\xi_{eq} + 0.05)^2}} \cdot Sa(T_{eq}, 0.05) \quad (10)$$

このとき、天井の等価減衰 ξ_{eq} による共振点での 5% に対する床応答スペクトルの比は、

$$\frac{pSvf(T_{eq}, \xi_{eq})}{pSvf(T_{eq}, 0.05)} = \frac{Saf_j|_{\omega_{eq}=\omega_j, \xi_{eq}}}{Saf_j|_{\omega_{eq}=\omega_j, 0.05}} = \sqrt{\frac{1 + \{Fh(\xi_{eq})\}^2}{4(\xi_{eq} + 0.05)^2}} \cdot \frac{4(0.1)^2}{1 + 1^2} = \frac{0.1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{1 + \{Fh(\xi_{eq})\}^2}}{(\xi_{eq} + 0.05)} \quad (11)$$

図 32 に示すように床応答スペクトルの比 (Saf 比、式(11)) は地震動のスペクトルの比 (Fh 比、式(9)) よりも減衰による増減が大きい。「Appendix 1 床応答スペクトル Saf の減衰による増減」に示すように、減衰による床応答の変動は概ね式(11)で評価できる。

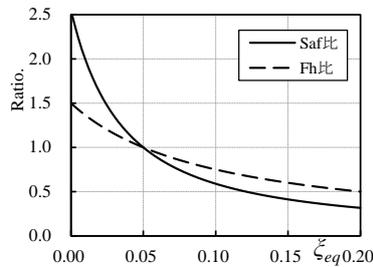


図 32 Fh 比 (式(9)) と Saf 比 (式(11)) の比較

式(3)の(b)部分

最大速度 v の評価（報告書 73.3.3(2)）では、最大速度を次の等式を仮定して求めた。

$$\frac{1}{2}mv^2 = E_s + E_D^+ + E_D^- \quad (12)$$

ここで、 E_s ：最大ひずみエネルギー、 E_D^\pm ：正側又は負側の衝突を含む（減衰）消費エネルギー、である。 $E_s=(1/2)m\{pSvf(T_{eq}, \xi_{eq})\}^2$ であり、 $\xi_{eq}=\Delta\xi^+ + \Delta\xi^-(E_D^+ + E_D^-)/4\pi E_s$ （報告書 73.3.3(1)式(4)）であるから、式(12)を変形すると、

$$\frac{v}{\underbrace{pSvf(T_{eq}, \xi_{eq})}_{(b)}} = \sqrt{1 + 4\pi\xi_{eq}} \quad (13)$$

(a) × (b)部分と ξ_{eq} の設定

式(11)と式(13)より、最大速度 v を 5% の床応答擬似速度応答スペクトル $pSvf(T_{eq}, 0.05)$ で表せば、

$$\frac{v}{pSvf(T_{eq}, 0.05)} = \underbrace{\frac{0.1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{1 + \{Fh(\xi_{eq})\}^2}}{(\xi_{eq} + 0.05)}}_{(a)} \cdot \underbrace{\sqrt{1 + 4\pi\xi_{eq}}}_{(b)} \quad (14)$$

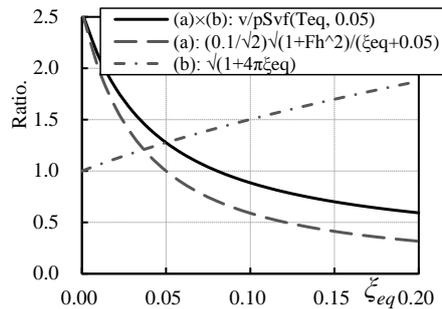


図 33 $v/pSvf(T_{eq}, 0.05)$ （共振点）

ここで、衝突を含む等価減衰定数 ξ_{eq} の大きさを確認しておく。図 34 に例示するように ξ_{eq} は揺れの大きさ $pSvf$ にも依存し、 $pSvf$ が大きくなると衝突部単独の減衰定数 $\xi_s^\pm \equiv c_s^\pm/2\sqrt{mk_s^\pm}$ （図中の縦の破線）に漸近する。

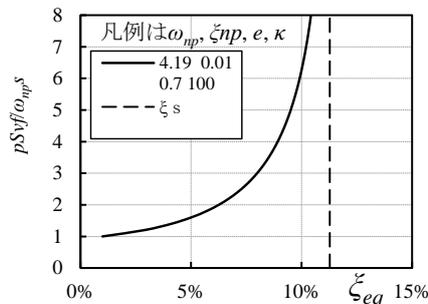


図 34 ξ_{eq} の変化の例（ $2\pi/\omega_{np}=1.5$ (s)、 $\xi_{np}=0.01$ 、 $e=0.7$ 、 $\kappa=100$ ）

これを単純化して次のように仮定する。

$$\xi_{eq} \approx 0.8\xi_s^{\pm} \quad (15)$$

ξ_s^{\pm} と反発係数 e^{\pm} との関係は次式³⁾である（複合同順）。

$$\xi_s^{\pm} = -\frac{\ln e^{\pm}}{\sqrt{\pi^2 + (\ln e^{\pm})^2}} \quad (16)$$

式(15)及び式(16)から、反発係数 e^{\pm} と ξ_s 及び ξ_{eq} との関係を示すと図 35 のようになる。LGS 壁を除く基整促の実験では反発係数は 0.3~0.8 程度の範囲にあったことを参考にして、 ξ_{eq} は 0.05 以上とする。

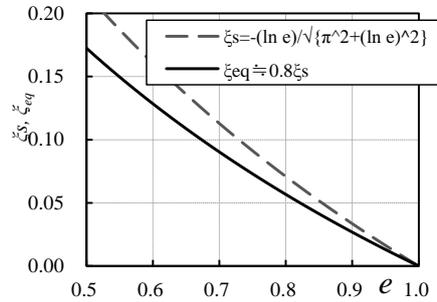


図 35 e と ξ_s 及び ξ_{eq} との関係

図 33 に戻り、実線（式(14)）を確認すると、 $0.05 \leq \xi_{eq} \leq 0.10$ では、

$$0.885 \leq \frac{v}{pSvf(T_{eq}, 0.05)} = \underbrace{\frac{pSvf(T_{eq}, \xi_{eq})}{pSvf(T_{eq}, 0.05)}}_{(a)} \cdot \underbrace{\frac{v}{pSv(T_{eq}, \xi_{eq})}}_{(b)} \leq 1.3 \quad (17)$$

(c)部分（ ω_s/ω_{eq} の設定）

文献 3)の等価線形化法では、等価周期 T_{eq} を次式で評価する（報告書⁷p.200。図 28(a)上側の太実線。）。

$$T_{eq} = \Delta t^+ + \Delta t^- \quad (18)$$

$$\Delta t^{\pm} = \frac{T_{np}}{\pi} \left[\sin^{-1} \frac{\omega_{np} s^{\pm}}{pSvf} + \frac{1}{\sqrt{\kappa^{\pm}}} \tan^{-1} \sqrt{\kappa^{\pm} \left\{ \left(\frac{pSvf}{\omega_{np} s^{\pm}} \right)^2 - 1 \right\}} \right] \quad (19)$$

ここで、 T_{eq} ：衝突を含んだ等価周期、 κ ：剛性比（ $\kappa = (k + k_s)/k$ 、図 27 参照）、 pSv ：擬似速度応答、 ω_{np} ：非接触時の固有円振動数、 s ：隙間、であり、上付きの「 \pm 」は正側と負側を表す（式(19)では複合同順）。

簡単のため、正側と負側の特性を等しいとして、 $s^+ = s^- = s$ 、 $\kappa^+ = \kappa^- = \kappa$ 、 $\Delta t^+ = \Delta t^- = \Delta t$ とおき、 $T_s = T_{np} / \sqrt{\kappa - 1}$ であるから、式(18)(19)より、

$$\frac{T_{eq}}{T_s} = \sqrt{\kappa-1} \cdot \frac{2\Delta t}{T_{np}} = \sqrt{\kappa-1} \cdot \frac{2}{\pi} \left[\sin^{-1} \frac{\omega_{np}s^\pm}{pSvf} + \frac{1}{\sqrt{\kappa^\pm}} \tan^{-1} \sqrt{\kappa^\pm \left\{ \left(\frac{pSvf}{\omega_{np}s^\pm} \right)^2 - 1 \right\}} \right] \quad (20)$$

式(20)をグラフ化したものが図 36 である。等価線形化法³⁾では減衰無しの場合で T_{eq} を評価しており、パラメータは縦軸の擬似速度 $pSvf$ ($\omega_{np}s$ で基準化) と凡例の κ のみで決定される。

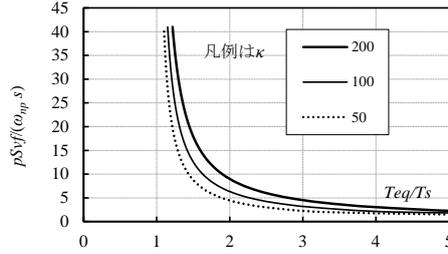


図 36 T_{eq}/T_s

式(19)を単純化することを考える。 $\omega_{np}s/pSvf \ll 1$ とすれば、 $\sin^{-1} \omega_{np}s/pSvf \approx \omega_{np}s/pSvf$ である。また、 $1 \ll x$ のとき、 $\tan^{-1} x \approx \pi/2 - 4/(\pi x)$ と近似できる (図 37)。

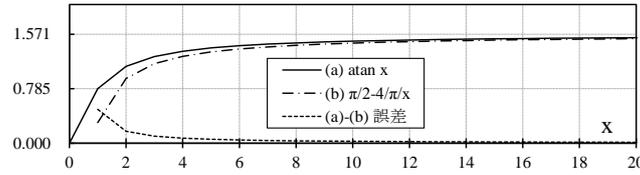


図 37 $\tan^{-1}x \doteq \pi/2 - 4/(\pi x)$

これらの近似式を用いて、 $1 \ll \kappa$ とすれば、式(19)は、

$$\begin{aligned} \Delta t^\pm &\approx \frac{T_{np}}{\pi} \left[\frac{\omega_{np}s^\pm}{pSvf} + \frac{1}{\sqrt{\kappa^\pm}} \left\{ \frac{\pi}{2} - \frac{4}{\pi\sqrt{\kappa^\pm}} \cdot \frac{\omega_{np}s^\pm}{pSvf} \right\} \right] = \frac{T_{np}}{\pi} \left[\left(1 - \frac{4}{\pi\kappa^\pm} \right) \frac{\omega_{np}s^\pm}{pSvf} + \frac{\pi}{2\sqrt{\kappa^\pm}} \right] \\ &\approx \frac{2s^\pm}{pSvf} + \frac{T_s^\pm}{2} \end{aligned} \quad (21)$$

ここで、 $T_s^\pm = 2\pi/\omega_s^\pm = 2\pi\sqrt{m/k_s^\pm}$ である。式(21)の第 1 項は非衝突範囲を速度 $pSvf$ で行き来する時間であり、第 2 項は接触中の時間を示している (図 38)。

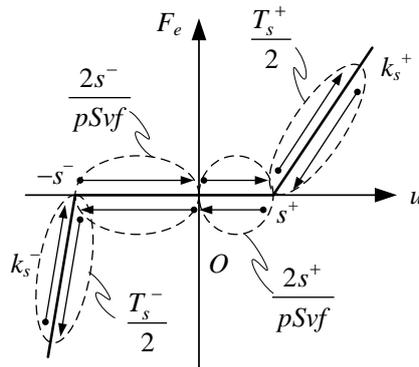


図 38 Δt^{\pm} の近似式の構成

正側と負側の特性を等しいとして、 $s^+=s^-=s$ 、 $\kappa^+=\kappa^-=\kappa$ 、 $\Delta t^+=\Delta t^-=\Delta t$ とおき、式(21)を式(18)に代入すれば、

$$\frac{T_{eq}}{T_s} \approx 1 + \frac{4s}{T_s \cdot pSvf} \quad (22)$$

図 36 や式(22)から、 $\omega_s/\omega_{eq}=T_{eq}/T_s$ を次のようにおくこととする。

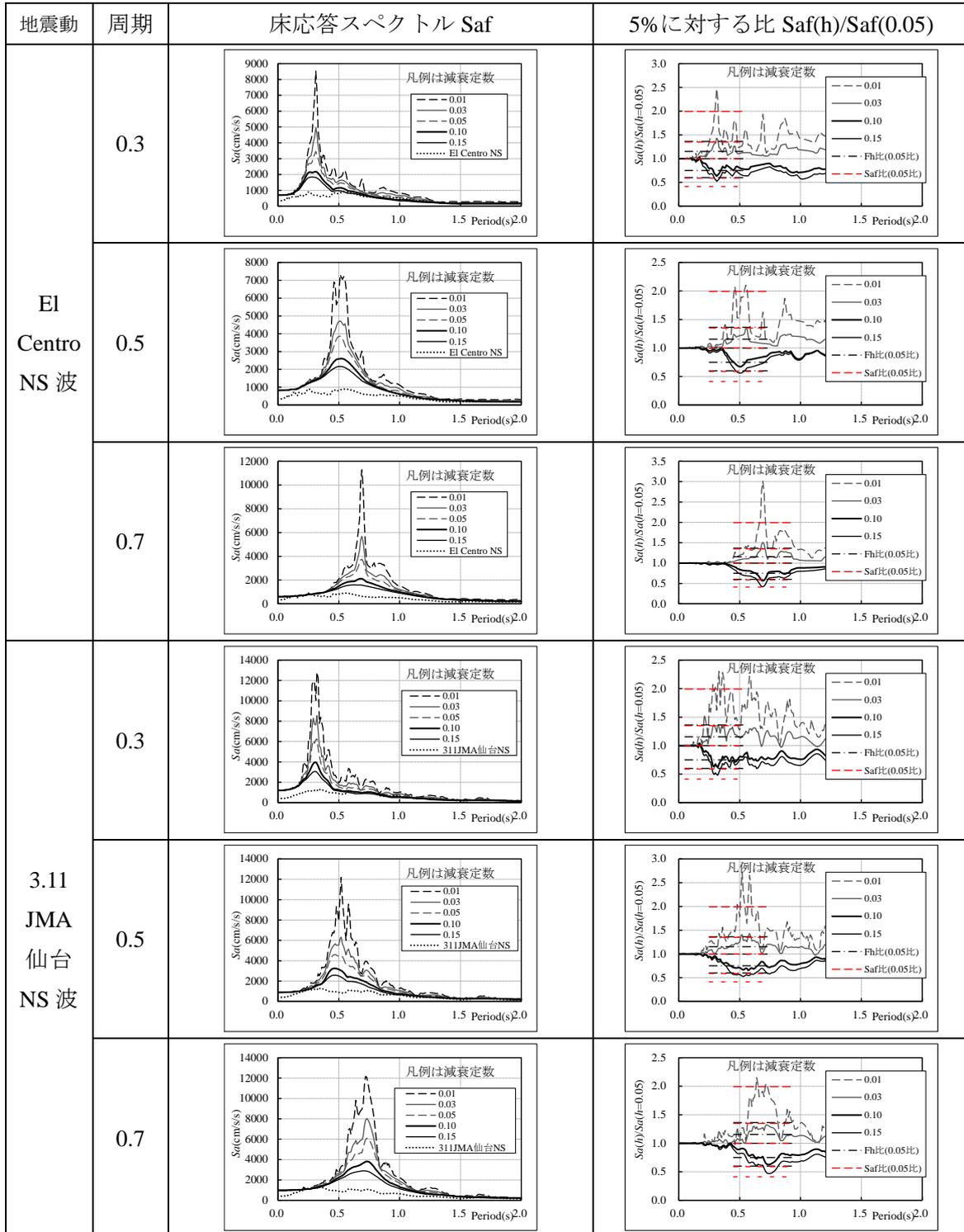
$$\frac{\omega_s}{\omega_{eq}} = \frac{T_{eq}}{T_s} \approx 1.1 \sim 1.2 \quad (23)$$

付録 3 の参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所、ほか：建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説、2013
- 2) 石原直、元結正次郎、脇山善夫：床応答スペクトルの略算法に基づく非構造部材等の設計用地震力、日本建築学会技術報告集、第 21 巻、第 48 号、pp.511-515、2015.6
- 3) 笠井和彦、チャン タン ビン：Spectrum-based prediction rule for peak structural responses due to seismic pounding (Part 1 sdof systems pounding against rigid structures)、日本建築学会構造系論文集、第 610 号、pp.65-74、2006.12
- 4) 石原直、稲井慎介、森田泰弘、渡壁守正、脇山善夫：壁等と衝突する天井の地震時挙動に関する非線形時刻歴解析及び等価線形解析の適用性、第 63 回理論応用力学講演会講演論文集、OS02-02、2014.9
- 5) 日本建築学会非構造材の安全性評価及び落下事故防止に関する特別調査委員会：天井等の非構造部材の落下事故防止ガイドライン、2013 年 3 月 4 日版
- 6) 稲井慎介、石原直、渡壁守正、森田泰弘：周囲にクリアランスのない吊り天井の耐震性に関する実験、日本建築学会関東支部研究報告集 I、pp.449-452、2014.2
- 7) 戸田建設株式会社：吊り天井の耐震設計に係る基準の高度化に資する検討、2014 年 3 月 (H25 年度建築基準整備促進事業 番号 S4 報告書)
- 8) 安井譲、吉原醇一、宮本明倫：床応答スペクトルの直接計算法について、その 1、その 2、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.757-760、1985.10
- 9) 安井譲、宮本明倫、清水明、沢田貞章：床応答スペクトルの直接計算法について、その 3、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.961-962、1986.8

Appendix 1 床応答スペクトル Saf の減衰による増減

入力地震動は El Centro NS 波（先頭の 30 秒間）及び JMS 仙台 NS 波（東北地方太平洋沖地震）（80 秒間）。構造躯体は 1 自由度系で周期は 0.3, 0.5, 0.7 秒、減衰 5%。図中の「Fh 比」は式(9)、「Saf 比」は式(11)。



Appendix 2 許容耐力と天井面の長さの関係

許容耐力と設計用水平震度の関係は次のとおり。

$$P_a = kwL_{\max}$$

ここで、 P_a ：幅 1m 当たりの許容耐力(kN/m)、 k ：設計用水平震度、 w ：単位面積重量(kN/m²)、 L_{\max} ：天井面の長さ(m)、である。

図 A 1 に $w=15\text{kgf/m}^2=147\text{N/m}^2$ において計算した結果を示す。横軸は許容耐力 P_a 、縦軸は天井面の長さ L_{\max} 、凡例の数値は設計用水平震度を表す。図中には平面形状が正方形の場合に特定天井となる長さ $L=\sqrt{200}=14.1(\text{m})$ も示している。

開口が少なく吊り長さ 1.5m 以下のせっこうボード 1 枚張りの許容耐力として、3.2.2 (2)から $P_a = P_{cr}/1.5 = 10(\text{kN/m})/1.5 = 2/3 = 6.67(\text{kN/m})$ とすれば、震度 $k=3$ で $L_{\max} = 15.1(\text{m})$ 、 $k=1.7$ で $L_{\max} = 26.7(\text{m})$ 、 $k=0.7$ で $L_{\max} = 64.8(\text{m})$ となる。ただし、第八号のとおり、 L_{\max} は最大で 20m までに制限されている。

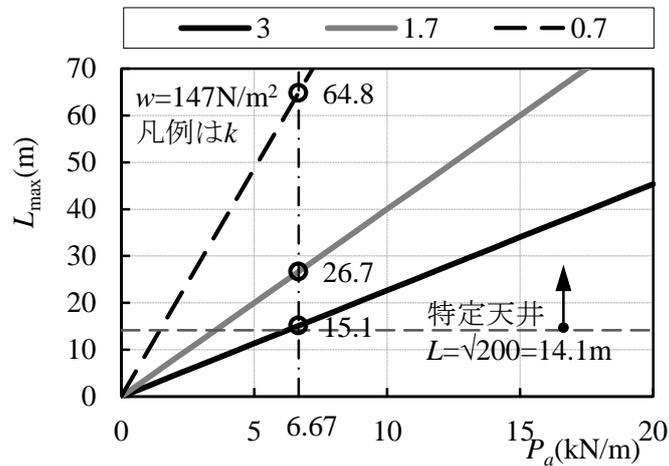


図 A 1 許容耐力と天井長さの関係

付録4 隙間なし天井を受ける梁・壁の設計用震度と変形制限

(1) 受け梁・壁の設計用震度

新基準第八号に示される設計用水平震度は、施工上避け難い隙間（ギャップ）による天井の衝突時の荷重を表現したものであり、天井を受ける梁又は壁（以下、単に壁等という。）自体に生じる地震力は考慮されていない。

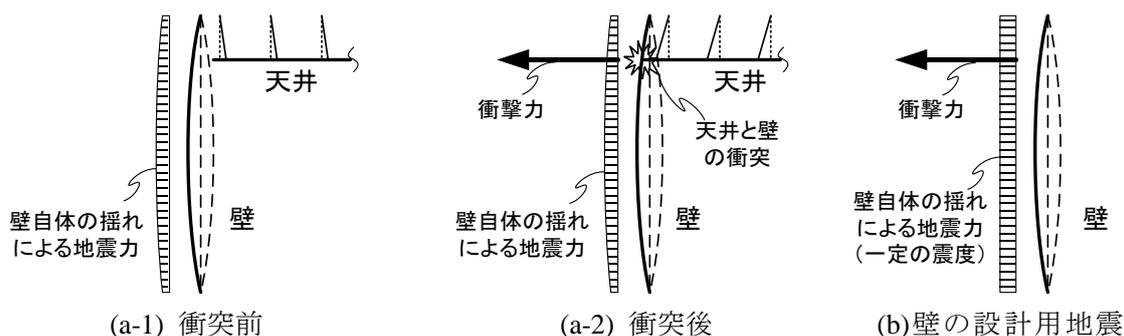
図 39(a-1)に示すように、天井が壁等に衝突する前でも地震時には壁等に地震力が発生する。壁等の変形と天井の衝突が同じ向きとなった場合が壁等にとって不利な条件となる（図 39(a-2)）。そこで、壁等の設計用地震力は天井の衝突による衝撃力と壁等自体の地震力を同じ向きとして重ね合わせて（足し合わせて）用いるものとする。

図 39(b)のように考えて、衝撃力と壁等の地震力はそれぞれ次のように求める。

- [1] 天井から加えられる地震力（衝撃力）は新基準のとおり水平震度（ $k=3, 1.7, 0.7$ ）に天井の重量を掛けたものとする。
- [2] 壁等の地震力は簡略化のため壁面全体で一定の水平震度とし、その大きさは0.5（特定天井の従来の基準の「剛」な場合）以上とする。ただし、各階の床応答加速度を適切な計算により求めた場合は当該計算によることができる^{注1)}。

注1) 上記[2]のただし書は、法第20条の認定における平成12年建告第1461号の特定天井の規定のただし書きによって隙間なし天井の仕様ルートを適用して時刻歴応答解析の結果を参照する場合や、構造躯体の固有値解析結果を用いてモーダルアナリシスによって算定する場合などを想定している。

ここで、壁等の水平震度を0.5としているのは、後述のように振動数が一定以上となるように変形を制限することから、壁等自体の揺れによる応答の増幅は小さいと考えているためである。



力

図 39 壁の設計用震度（壁際の断面図と壁の地震力）

また、実際には起こりうるが設計上の慣行や簡便さを考慮して、壁や間柱の変形や許容応力度を確認する際、層間変形による強制変形は無視してよいものとする。

（なお、H25 基整促の実験において層間変形の有無による衝撃力の変化を実験的に確かめたところ、層間変形がない方が衝撃力は大きかったため、層間変形の影響は無視している。）

(2) 変形制限

新基準では壁等について「地震力を壁等に加えた場合に、構造耐力上支障のある変形及び損傷が生じないこと」とされている。ここでいう「変形」を求める際には、(1)で示したように壁等に生じる地震力も考慮する。

壁等として図 40 のような場合を考える。 Δ を壁等の面外変位の最大値、 δ を受け梁（水平材）の変形による面外変位とすると、図 40(a)のような受け梁の場合には $\Delta=\delta$ であるが、図 40(b)のように受け梁を間柱が支えるような場合には $\Delta>\delta$ となる。受け梁が大きく曲がってしまうと天井面が受け梁の変形に十分追随せずに柱周辺等の天井の部分に局所的な破壊が発生するおそれがあるため、受け梁の変位 δ はスパンに応じた制限を設けるのが適当である。また、図 40(b)のような場合もあるため、壁等の変位の最大値 Δ にも別途制限を加えるのがよいと考えられる。

上記の主旨に従って、変形制限を次のようにする。

$$\delta \leq \min(B/500, \Delta_{lim}, 2(\text{cm})) \quad (24)$$

かつ

$$\Delta \leq \Delta_{lim} \quad (25)$$

ここで、 B は受け梁（水平材）の長さ、 Δ_{lim} は次の(3)で示す一定以上の振動数を確保するための面外変位の制限値（後出の式(27)及び表 4 参照）である。水平材の変形 δ は Δ_{lim} 、 $B/500$ 、 $2(\text{cm})$ のうちいずれか小さい値で制限する。

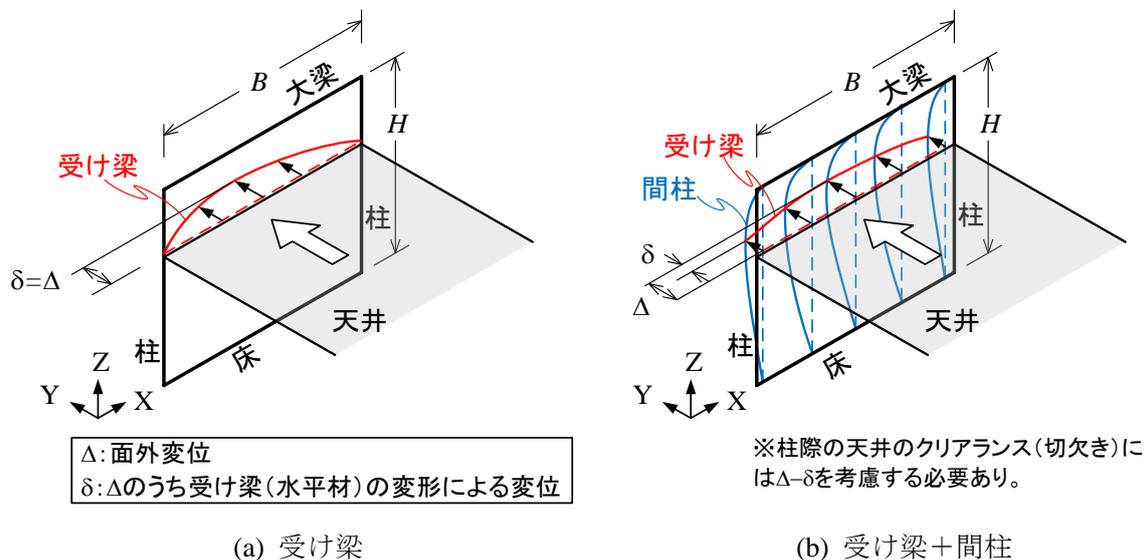


図 40 変形制限

(3) 一定の振動数を確保するための変形制限

天井と壁等とが接触して一体となっているときの振動数を確認してみる。簡単のため、図 40(b)の受け梁+間柱を考え、受け梁が相対的に剛であるとして、図 41 のような 1 質点 1 自由度系に置き換えられるとする^{注2)}。図中の記号は、 M が質量、 K が剛性、 ω が円振動数 ($\omega=\sqrt{K/M}$)、 k が水平震度、 g が重力加速度である。衝撃力が相対的に大きいとして、 k には新基準の値を採用する。

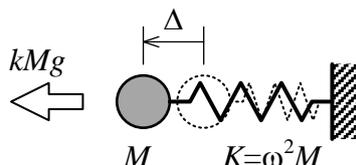


図 41 1 質点 1 自由度系

地震力 kMg が作用した場合の静的な変位を Δ とすれば、振動数を $f (= \omega/2\pi)$ として、

$$\Delta = \frac{kMg}{K} = \frac{kg}{\omega^2} = \frac{kg}{(2\pi f)^2} \quad (26)$$

となる。この式で、振動数を $f=5(\text{Hz})$ とおいた変位を特に Δ_{lim} と表すと、

$$\Delta_{\text{lim}} = \frac{g}{(2\pi \times 5)^2} k = \frac{980}{(31.415)^2} k \approx k(\text{cm}) \quad (27)$$

つまり、 $\Delta_{\text{lim}}(\text{cm})$ は水平震度 k の値と同じである。具体的な数値を表 4 に示す。

表 4 振動数 f を 5Hz 以上とするための限界変位 $\Delta_{\text{lim}}(\text{cm})$

階	上層階 ^{注3)}	中間階 ^{注3)}	下層階 ^{注3)}
水平震度 k	3.0	1.7	0.7
振動数 f を 5Hz 以上とするための限界変位 $\Delta_{\text{lim}}(\text{cm})$	3.0	1.7	0.7

注 2) 図 40(a)の受け梁の場合、たわみ形状をサイン半波とすると、梁中央の変位 δ と 1 自由度系 (図 41) の変位 Δ との関係は、 $\Delta = (\pi/4)\delta = 0.79\delta$ となる (限界耐力計算の用語で言えば代表変位の考え方による)。式(24)第2式により梁の変位 δ を制限すれば、 $\Delta < \delta < \Delta_{\text{lim}}$ であり、必要となる振動数は確保される。

注 3) 略称として用いたもので、具体的には新基準第八号の水平震度 k に関する表を参照のこと。

付録5 固定された設備等とのクリアランスの根拠

面内圧縮力は、例示された1枚張りの許容耐力で

$$10/1.5 \text{ kN/m} \dots\dots (a)$$

H25 基整促の実験から、面内圧縮の単位幅当たりの剛性 (=圧縮力/ひずみ) を、

$$(2\text{kN/m/mm}) \times (\text{試験体長さ約 } 4000\text{mm}) = 8,000 \text{ kN/m} \dots\dots (b)$$

とすれば (※脚注1)、(a)/(b)より、

$$\text{圧縮ひずみ } \varepsilon = 10/1.5 \text{ kN/m} \div 8,000\text{kN/m} = 8.34 \times 10^{-4}$$

動的な衝突により天井面が一様に圧縮されるとすれば (※脚注2)、天井面の圧縮による縮み変位は、

$$(L=20\text{m}) \times (\varepsilon = 8.34 \times 10^{-4}) = 16.7\text{mm} \dots\dots (1)$$

従来の基準の計算ルートにおける隙間 (クリアランス) の算定方法^りと同様に安全率を1.5とすれば、天井面を貫通する柱に必要なとされるクリアランスは、

$$16.7\text{mm} \times 1.5 \text{ 倍} = 25\text{mm} (=2.5\text{cm})$$

固定された設備等との間のクリアランスを考える場合には、層間変形による強制変形も関係する。層間変形角を1/200として、吊り長さを1.5mとすれば、

$$1.5\text{m} \times 1/200 = 7.5\text{mm} \dots\dots (2)$$

(吊り長さ3mとしても15mm)

多くの場合、(1)と(2)は逆向きだと思われるが、安全側に(1)+(2)とすれば、

$$16.7 + 7.5 = 24.2\text{mm} \rightarrow 1.5 \text{ 倍すると、} 36.3\text{mm}$$

(吊り長さ3mなら、31.7mm → 1.5倍すると47.55mm → 丸めて5cm)

以上から、固定された設備等とのクリアランスは5cmとされた。

※脚注1：吊り長さ1.5mで考えているが、吊り長さ(天井懐)が大きくなると式(b)の剛性は下がる。結果として変位はもっと大きくなる。

※脚注2：静的な考え方で、接触する端部で最大圧縮力 (=設計用外力)、反対側の端でゼロ、とするよりも、算定変位は大きくなる。

付録6 吊りボルトの弾性限界変位

図 42 に示すように、吊りボルトの上端（吊り元）は固定、下端は自由とする。吊りボルトを有効直径 d の円形中実断面と考え、その長さを l とする。自重等による吊りボルトの軸力は無視できるとする。

下端に作用する水平力 P と下端の水平変位 δ の関係は、

$$\delta = Pl^3 / (3EI)$$

ここで、 E はヤング率、 I は断面 2 次モーメントである。

吊元の固定端での曲げモーメント $M=Pl$ が縁降伏に相当する大きさ M_y となる時の諸量に添え字 y を付けて表すと、弾性限の水平変位 δ_y は、

$$\delta_y = \frac{P_y l^3}{3EI} = \frac{M_y l^2}{3EI} = \frac{ZFl^2}{3EI} = \frac{Fl^2}{3E(d/2)} = \frac{2\varepsilon_y}{3d} l^2$$

ここで、 F は降伏応力度、 Z は断面係数（円形中実断面では $Z=I/(d/2)$ ）、 ε_y は降伏ひずみ（ $\varepsilon_y = F/E$ ）である。弾性限界変位 δ_y は長さ l の 2 乗に比例し、径 d に反比例する。

特定天井の解説書にある設計例¹⁾を参考として、吊りボルトの降伏応力度を $F=205\text{N/mm}^2$ とすれば、 $\varepsilon_y=10^{-3}$ である。同解説書から吊りボルトの径を $d=0.78\text{cm}$ (W3/8 の場合) 又は $d=1.08\text{cm}$ (W1/2 の場合) とすると、

$$\delta_y (\text{cm}) = \begin{cases} 0.855 \times 10^{-3} \times \{l(\text{cm})\}^2 & (\text{W3/8}) \\ 0.617 \times 10^{-3} \times \{l(\text{cm})\}^2 & (\text{W1/2}) \end{cases}$$

図示すると図 43 のようになる。横軸は吊りボルトの長さ $l(\text{cm})$ 、縦軸は弾性限水平変位 $\delta_y(\text{cm})$ である。通常の W3/8 の場合、 $l=50(\text{cm})$ では $\delta_y=2.1(\text{cm})$ 、 $l=30(\text{cm})$ では $\delta_y=0.8(\text{cm})$ となる。極端に短い吊りボルトでは弾性限の水平変位は非常に小さいことに注意すべきである。例えば大部分の吊り材で吊り長さが 3m の天井の場合、層間変形角を 1/200 とすれば天井面では 1.5cm の強制変位を生じるので、安全率を 1.5 として $1.5\text{cm} \times 1.5 = 2.25\text{cm}$ まで弾性に留まるためには、壁際等における一部の吊りボルトでも 52cm 以上の長さを確保しなければならない。

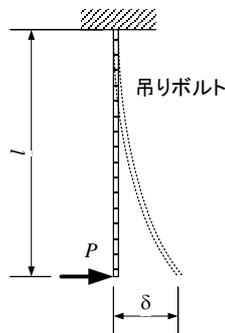


図 42 吊りボルト

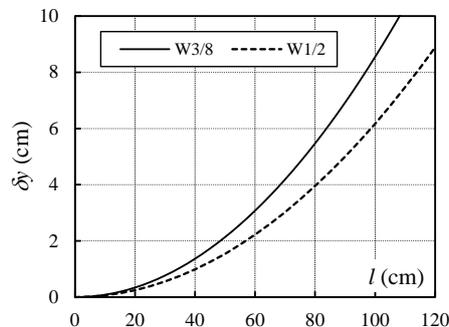


図 43 弾性限の水平変位 δ_y

なお、天井下地への固定度の増加等により吊りボルトの両端（上下端）がともに固定とみなせる場合には、計算上の弾性限界変位は上記の 1/2 となる。

付録7 平成25年度建築基準整備促進事業で対象とされた天井の概要

基本的には、下地材には JIS A 6517 に規定される野縁、野縁受け、吊りボルトを用いており、クリップにはいわゆる耐風圧クリップ（一部は比較のため JIS のクリップ）を使用している。野縁間隔は 303mm (=910mm/3 本)、天井板（面材）にはせっこうボードを用いている（図 44、図 45）。野縁と天井板をつなぐビスは 150mm～200mm 程度の間隔（910mm に対して 5 本以上）で配置されている。天井の端部は、面材のせっこうボードが周囲の壁等（実験では鉄骨の梁）に接触するように、野縁・野縁受けは天井の端部から内側へ 20mm 程度離れた位置までとしている（写真 6）。天井の地震力は面材のせっこうボードにより周囲の壁等に伝達される。

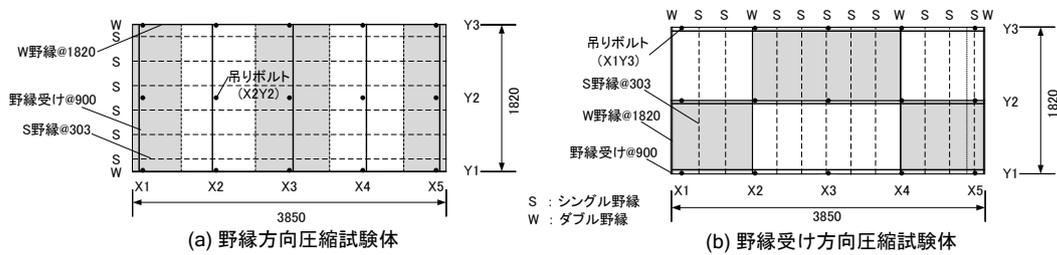


図 44 小規模試験体¹²⁾

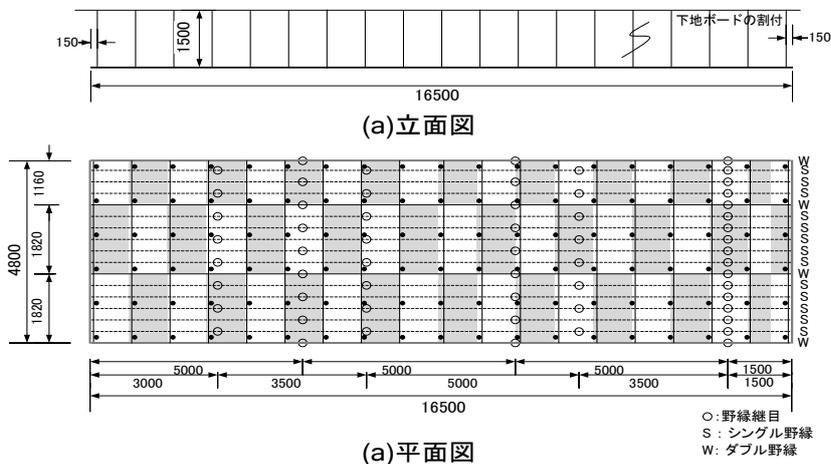


図 45 大規模試験体¹²⁾

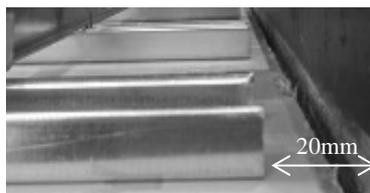


写真 6 天井端部

付録8 改正告示の新旧対照表

○ プレストレストコンクリート造の建築物又は建築物の構造部分の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を定める等の件（昭和 58 年建設省告示第 1320 号）（抄）

（傍線部分は改正部分）

改正後	改正前
<p>建築基準法施行令(昭和 25 年政令第 338 号)第 80 条の 2 第 2 号の規定に基づき、プレストレストコンクリート造の建築物又は建築物の構造部分(以下「プレストレストコンクリート造の建築物等」という。)の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を第 1 から第 12 までに定め、同令第 36 条第 1 項の規定に基づき、プレストレストコンクリート造の建築物等の構造方法に関する安全上必要な技術的基準のうち耐久性等関係規定を第 19 に、同条第 2 項第 1 号の規定に基づき、同令第 81 条第 2 項第 1 号イに規定する保有水平耐力計算によつて安全性を確かめる場合に適用を除外することができる技術的基準を第 20 にそれぞれ指定し、並びに同条第 3 項の規定に基づき、プレストレストコンクリート造の建築物等の構造計算が、第 13 及び第 17 に適合する場合においては、当該構造計算は、同令第 82 条各号及び同令第 82 条の 4 に定めるところによる構造計算と同等以上に安全性を確かめることができるものと認め、同令第 81 条第 2 項第 2 号イの規定に基づき、プレストレストコンクリート造の建築物等の構造計算が、第 13、第 14、第 15 第 1 号及び第 17 に適合する場合においては、当該構造計算は、同項第 2 号イに規定する許容応力度等計算と同等以上に安全性を確かめることができるものと認め、同項第 1 号イの規定に基づき、プレストレストコンクリート造の建築物等</p>	<p>建築基準法施行令(昭和 25 年政令第 338 号)第 80 条の 2 第 2 号の規定に基づき、プレストレストコンクリート造の建築物又は建築物の構造部分(以下「プレストレストコンクリート造の建築物等」という。)の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を第 1 から第 12 までに定め、同令第 36 条第 1 項の規定に基づき、プレストレストコンクリート造の建築物等の構造方法に関する安全上必要な技術的基準のうち耐久性等関係規定を第 19 に、同条第 2 項第 1 号の規定に基づき、同令第 81 条第 2 項第 1 号イに規定する保有水平耐力計算によつて安全性を確かめる場合に適用を除外することができる技術的基準を第 20 にそれぞれ指定し、並びに同条第 3 項の規定に基づき、プレストレストコンクリート造の建築物等の構造計算が、第 13 及び第 17 に適合する場合においては、当該構造計算は、同令第 82 条各号及び同令第 82 条の 4 に定めるところによる構造計算と同等以上に安全性を確かめることができるものと認め、同令第 81 条第 2 項第 2 号イの規定に基づき、プレストレストコンクリート造の建築物等の構造計算が、第 13、第 14、第 15 第 1 号及び第 17 に適合する場合においては、当該構造計算は、同項第 2 号イに規定する許容応力度等計算と同等以上に安全性を確かめることができるものと認め、同項第 1 号イの規定に基づき、プレストレストコンクリート造の建築物等</p>

<p>の構造計算が、第 13、第 14、第 15 第 2 号及び第 17 に適合する場合、又は第 13、第 14、第 16 及び第 17 に適合する場合においては、当該構造計算は、同項第 1 号イに規定する保有水平耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができるものと認め、同号ロの規定に基づき、プレストレストコンクリート造の建築物等の構造計算が、第 18 に適合する場合においては、当該構造計算は、同号ロに規定する限界耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができるものと認める。</p> <p>第 1～17 (略)</p> <p>第 18 限界耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算</p> <p>一～五 (略)</p> <p>六 屋根ふき材、特定天井、外装材及び屋外に面する帳壁については、次のイ及びロに定めるところによる。</p> <p>イ (略)</p> <p>ロ 特定天井が、平成 12 年建設省告示第 1457 号第 11 第 2 号の規定に基づく構造計算によつて荷重及び外力に対し構造耐力上安全であることを確かめること。ただし、平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 2 項若しくは第 3 項に定める基準に適合するもの、令第 39 条第 3 項の規定に基づく国土交通大臣の認定を受けたもの又は同告示第 3 第 4 項第 1 号に定める構造計算によつて構造耐力上安全であることが確かめられた場合においては、この限りでない。</p> <p>2 (略)</p> <p>第 19、20 (略)</p>	<p>の構造計算が、第 13、第 14、第 15 第 2 号及び第 17 に適合する場合、又は第 13、第 14、第 16 及び第 17 に適合する場合においては、当該構造計算は、同項第 1 号イに規定する保有水平耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができるものと認め、同号ロの規定に基づき、プレストレストコンクリート造の建築物等の構造計算が、第 18 に適合する場合においては、当該構造計算は、同号ロに規定する限界耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができるものと認める。</p> <p>第 1～17 (略)</p> <p>第 18 限界耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算</p> <p>一～五 (略)</p> <p>六 屋根ふき材、特定天井、外装材及び屋外に面する帳壁については、次のイ及びロに定めるところによる。</p> <p>イ (略)</p> <p>ロ 特定天井が、平成 12 年建設省告示第 1457 号第 11 第 2 号の規定に基づく構造計算によつて荷重及び外力に対し構造耐力上安全であることを確かめること。ただし、平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 1 項に定める基準に適合するもの、令第 39 条第 3 項の規定に基づく国土交通大臣の認定を受けたもの又は同告示第 3 第 2 項第 1 号に定める構造計算によつて構造耐力上安全であることが確かめられた場合においては、この限りでない。</p> <p>2 (略)</p> <p>第 19、20 (略)</p>
--	---

○ 損傷限界変位、Td、Bdi、層間変位、安全限界変位、Ts、Bsi、Fh 及び Gs を計算する方法並びに屋根ふき材等及び外壁等の構造耐力上の安全を確かめるための構造計算の基準を定める件（平成 12 年建設省告示第 1457 号）（抄）

（傍線部分は改正部分）

改正後	改正前
<p>建築基準法施行令(昭和 25 年政令第 338 号)第 82 条の 5 第 3 号イからニまで、第 5 号、第 7 号並びに第 8 号の規定に基づき、損傷限界変位、Td、Bdi、層間変位、安全限界変位、Ts、Bsi、Fh 及び Gs を計算する方法並びに屋根ふき材等の構造耐力上の安全を確かめるための構造計算の基準を次のように定める。</p> <p>第 1～10 (略)</p> <p>第 11 令第 82 条の 5 第 7 号に規定する屋根ふき材、特定天井、外装材及び屋外に面する帳壁の構造計算の基準は、次のとおりとする。</p> <p>一 (略)</p> <p>二 特定天井の構造計算の基準は、次のとおりとする。ただし、平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 2 項若しくは第 3 項に定める基準に適合するもの、令第 39 条第 3 項の規定に基づく国土交通大臣の認定を受けたもの又は同告示第 3 第 4 項第 1 号に定める構造計算によって構造耐力上安全であることが確かめられた場合においては、この限りでない。</p> <p>イ～ニ (略)</p> <p>第 12 (略)</p>	<p>建築基準法施行令(昭和 25 年政令第 338 号)第 82 条の 5 第 3 号イからニまで、第 5 号、第 7 号並びに第 8 号の規定に基づき、損傷限界変位、Td、Bdi、層間変位、安全限界変位、Ts、Bsi、Fh 及び Gs を計算する方法並びに屋根ふき材等の構造耐力上の安全を確かめるための構造計算の基準を次のように定める。</p> <p>第 1～10 (略)</p> <p>第 11 令第 82 条の 5 第 7 号に規定する屋根ふき材、特定天井、外装材及び屋外に面する帳壁の構造計算の基準は、次のとおりとする。</p> <p>一 (略)</p> <p>二 特定天井の構造計算の基準は、次のとおりとする。ただし、平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 1 項に定める基準に適合するもの、令第 39 条第 3 項の規定に基づく国土交通大臣の認定を受けたもの又は同告示第 3 第 2 項第 1 号に定める構造計算によって構造耐力上安全であることが確かめられた場合においては、この限りでない。</p> <p>イ～ニ (略)</p> <p>第 12 (略)</p>

○ 免震建築物の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を定める等の件(平成 12 年建設省告示第 2009 号) (抄)

(傍線部分は改正部分)

改正後	改正前
<p>建築基準法施行令(昭和 25 年政令第 338 号)第 38 条第 3 項の規定に基づき、免震建築物の基礎の構造方法を第 3 に、及び同令第 80 条の 2 第 2 号の規定に基づき、免震建築物の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を第 4 に定め、同令第 36 条第 1 項の規定に基づき、免震建築物の耐久性等関係規定を第 5 に指定し、並びに同令第 81 条第 2 項第 1 号ロの規定に基づき、限界耐力計算と同等以上に免震建築物の安全性を確かめることができる構造計算を第 6 のように定める。</p> <p>第 1～第 5 (略)</p> <p>第 6 第 81 条第 2 項第 1 号ロに規定する限界耐力計算と同等以上に免震建築物の安全性を確かめることができる構造計算は、次項から第 5 項までに定める基準に従った構造計算とする。</p> <p>2 (略)</p> <p>3 上部構造について、次に定めるところにより構造計算を行うこと。ただし、法第 20 条第 4 号第 20 条第 1 項第 4 号に掲げる建築物である免震建築物において、上部構造が第 4 第 2 号イ及びロの規定に適合し、かつ、第 1 号の規定の式によって計算した上部構造の最下階における地震層せん断力係数が 0.2 以下の数値となる場合にあっては、第 1 号から第 3 号まで、第 6 号及び第 7 号の規定については、適用しない。</p>	<p>建築基準法施行令(昭和 25 年政令第 338 号)第 38 条第 3 項の規定に基づき、免震建築物の基礎の構造方法を第 3 に、及び同令第 80 条の 2 第 2 号の規定に基づき、免震建築物の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を第 4 に定め、同令第 36 条第 1 項の規定に基づき、免震建築物の耐久性等関係規定を第 5 に指定し、並びに同令第 81 条第 2 項第 1 号ロの規定に基づき、限界耐力計算と同等以上に免震建築物の安全性を確かめることができる構造計算を第 6 のように定める。</p> <p>第 1～第 5 (略)</p> <p>第 6 第 81 条第 2 項第 1 号ロに規定する限界耐力計算と同等以上に免震建築物の安全性を確かめることができる構造計算は、次項から第 5 項までに定める基準に従った構造計算とする。</p> <p>2 (略)</p> <p>3 上部構造について、次に定めるところにより構造計算を行うこと。ただし、法第 20 条第 4 号第 20 条第 1 項第 4 号に掲げる建築物である免震建築物において、上部構造が第 4 第 2 号イ及びロの規定に適合し、かつ、第 1 号の規定の式によって計算した上部構造の最下階における地震層せん断力係数が 0.2 以下の数値となる場合にあっては、第 1 号から第 3 号まで、第 6 号及び第 7 号の規定については、適用しない。</p>

<p>一～七 (略)</p> <p>八 特定天井について、次に定めるところによること。ただし、平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 1 項に定める基準(この場合において、<u>同項第 9 号の表中の k は、天井を設ける階にかかわらず、0.5 以上とすることができる。</u>)に適合するもの、<u>同告示第 3 第 3 項に定める基準(この場合において、同項第 8 号の表中の k は、天井を設ける階にかかわらず、0.7 以上とすることができる。)</u>に適合するもの又は令第 39 条第 3 項の規定に基づく国土交通大臣の認定を受けたものにあつては、この限りでない。</p> <p>イ～ニ (略)</p> <p>4～9 (略)</p>	<p>一～七 (略)</p> <p>八 特定天井について、次に定めるところによること。ただし、平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 1 項に定める基準(この場合において、<u>同告示第 3 第 1 項第 9 号の表中の k は、天井を設ける階にかかわらず、0.5 以上とすることができる。</u>)に適合するもの又は令第 39 条第 3 項の規定に基づく国土交通大臣の認定を受けたものにあつては、この限りでない。</p> <p>イ～ニ (略)</p> <p>4～9 (略)</p>
--	--

○ エネルギーの釣合いに基づく耐震計算等の構造計算を定める件(平成 17 年国土交通省告示第 631 号) (抄)

(傍線部分は改正部分)

改正後	改正前
<p>建築基準法施行令(昭和 25 年政令第 338 号)第 81 条第 2 項第 1 号ロの規定に基づき、限界耐力計算と同等以上に建築物の安全性を確かめることのできる構造計算を次のように定める。</p> <p>第 1～7 (略)</p> <p>第 8 屋根ふき材、特定天井、外装材及び屋外に面する帳壁については、次の各号に定めるところによる。</p> <p>一 (略)</p> <p>二 特定天井が、平成 12 年建設省告示第 1457 号第 11 第 2 号の規定に基づく構造計算によって荷重及び外力に対し構造耐力上安全であることを確かめること。この場合において、同号ロ中「令第 82 条の 5 第 3 号の地震力を考慮して」とあるのは「第 4 第 2 号に規定する地震によるエネルギーが建築物に作用する時に」と読み替えるものとする。ただし、平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 2 項若しくは第 3 項に定める基準に適合するもの、令第 39 条第 3 項の規定に基づく国土交通大臣の認定を受けたもの又は同告示第 3 第 4 項第 1 号に定める構造計算によって構造耐力上安全であることが確かめられた場合においては、この限りでない。</p> <p>第 9 (略)</p>	<p>建築基準法施行令(昭和 25 年政令第 338 号)第 81 条第 2 項第 1 号ロの規定に基づき、限界耐力計算と同等以上に建築物の安全性を確かめることのできる構造計算を次のように定める。</p> <p>第 1～7 (略)</p> <p>第 8 屋根ふき材、特定天井、外装材及び屋外に面する帳壁については、次の各号に定めるところによる。</p> <p>一 (略)</p> <p>二 特定天井が、平成 12 年建設省告示第 1457 号第 11 第 2 号の規定に基づく構造計算によって荷重及び外力に対し構造耐力上安全であることを確かめること。この場合において、同号ロ中「令第 82 条の 5 第 3 号の地震力を考慮して」とあるのは「第 4 第 2 号に規定する地震によるエネルギーが建築物に作用する時に」と読み替えるものとする。ただし、平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 1 項に定める基準に適合するもの、令第 39 条第 3 項の規定に基づく国土交通大臣の認定を受けたもの又は同告示第 3 第 2 項第 1 号に定める構造計算によって構造耐力上安全であることが確かめられた場合においては、この限りでない。</p> <p>第 9 (略)</p>

○ 建築基準法施行令第 36 条の 2 第 5 号の国土交通大臣が指定する建築物を定める件(平成 19 年国土交通省告示第 593 号) (抄)

(傍線部分は改正部分)

改正後	改正前
<p>建築基準法施行令(昭和 25 年政令第 338 号。以下「令」という。)第 36 条の 2 第 5 号の規定に基づき、その安全性を確かめるために地震力によって地上部分の各階に生ずる水平方向の変形を把握することが必要であるものとして、構造又は規模を限って国土交通大臣が指定する建築物は、次に掲げる建築物(平成 14 年国土交通省告示第 474 号に規定する特定畜舎等建築物を除く。)とする</p> <p>一 地階を除く階数が 3 以下、高さが 13 メートル以下及び軒の高さが 9 メートル以下である鉄骨造の建築物であつて、次のイからハまでのいずれか(薄板軽量形鋼造の建築物及び屋上を自動車の駐車その他これに類する積載荷重の大きな用途に供する建築物にあつては、イ又はハ)に該当するもの以外のもの</p> <p>イ 次の(1)から(5)までに該当するもの(1)～(4) (略)</p> <p>(5) 特定天井が平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 2 項若しくは第 3 項に定める基準に適合するもの、令第 39 条第 3 項の規定に基づく国土交通大臣の認定を受けたもの又は同告示第 3 第 4 項第 1 号に定める構造計算によって構造耐力上安全であることが確かめられたもの</p> <p>ロ・ハ (略)</p> <p>二～八 (略)</p>	<p>建築基準法施行令(昭和 25 年政令第 338 号。以下「令」という。)第 36 条の 2 第 5 号の規定に基づき、その安全性を確かめるために地震力によって地上部分の各階に生ずる水平方向の変形を把握することが必要であるものとして、構造又は規模を限って国土交通大臣が指定する建築物は、次に掲げる建築物(平成 14 年国土交通省告示第 474 号に規定する特定畜舎等建築物を除く。)とする</p> <p>一 地階を除く階数が 3 以下、高さが 13 メートル以下及び軒の高さが 9 メートル以下である鉄骨造の建築物であつて、次のイからハまでのいずれか(薄板軽量形鋼造の建築物及び屋上を自動車の駐車その他これに類する積載荷重の大きな用途に供する建築物にあつては、イ又はハ)に該当するもの以外のもの</p> <p>イ 次の(1)から(5)までに該当するもの(1)～(4) (略)</p> <p>(5) 特定天井が平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 1 項に定める基準に適合するもの、令第 39 条第 3 項の規定に基づく国土交通大臣の認定を受けたもの又は同告示第 3 第 2 項第 1 号に定める基準に適合するもの</p> <p>ロ・ハ (略)</p> <p>二～八 (略)</p>

○ 確認審査等に関する指針（平成19年国土交通省告示第835号）（抄）
 （傍線部分は改正部分）

改正後					改正前						
建築基準法（昭和25年法律第201号）第18条の3第1項の規定に基づき、同項に規定する確認審査等に関する指針を次のように定める。 第1～4（略）					建築基準法（昭和25年法律第201号）第18条の3第1項の規定に基づき、同項に規定する確認審査等に関する指針を次のように定める。 第1～4（略）						
別表					別表						
	(い)		(ろ)	(は)	(に)		(い)		(ろ)	(は)	(に)
	区分		図書の種類	審査すべき事項	判定すべき事項		区分		図書の種類	審査すべき事項	判定すべき事項
(1)	令第81条第2項第1号イに規定する保有水平耐力計算により安全性を確かめた建築物	共通事項	(略)	(略)	(略)	(1)	令第81条第2項第1号イに規定する保有水平耐力計算により安全性を確かめた建築物	共通事項	(略)	(略)	(略)
			特別な調査又は研究の結果等説明書	(略)	(略)				特別な調査又は研究の結果等説明書	(略)	(略)
			平成25年国土交通省告示第71号第3第4項第2号に定める構造方法が使用されている場合には、その検討内容が明記されており、それらが適切であること。	平成25年国土交通省告示第71号第3第4項第2号に定める構造方法が使用されている場合には、その検討内容が明記されており、それらが適切であること。					平成25年国土交通省告示第71号第3第2項第2号に定める構造方法が使用されている場合には、その検討内容が明記されており、それらが適切であること。	平成25年国土交通省告示第71号第3第2項第2号に定める構造方法が使用されている場合には、その検討内容が明記されており、それらが適切であること。	
			(略)	(略)	(略)				(略)	(略)	(略)
(2)	(略)	(略)	(略)	(略)	(略)	(2)	(略)	(略)	(略)	(略)	(略)
(3)	令第81	共	(略)	(略)	(略)	(3)	令第81	共	(略)	(略)	(略)

	条第2項第2号イに規定する許容応力度等計算により安全性を確かめた建築物	通事項	特別な調査又は研究の結果等説明書	(略)	(略)		条第2項第2号イに規定する許容応力度等計算により安全性を確かめた建築物	通事項	特別な調査又は研究の結果等説明書	(略)	(略)	
				平成25年 国土交通 省告示第7 71号第3第 4項第2号 に定める 構造方法 が使用さ れている 場合に あつては、そ の検討内 容が明記 されてお り、それら が適切で あること。	平成25年 国土交通 省告示第7 71号第3第 4項第2号 に定める 構造方法 が使用さ れている 場合に あつては、そ の検討内 容が明記 されてお り、それら が適切で あること。					平成25年 国土交通 省告示第7 71号第3第 2項第2号 に定める 構造方法 が使用さ れている 場合に あつては、そ の検討内 容が明記 されてお り、それら が適切で あること。	平成25年 国土交通 省告示第7 71号第3第 2項第2号 に定める 構造方法 が使用さ れている 場合に あつては、そ の検討内 容が明記 されてお り、それら が適切で あること。	
	(略)	(略)	(略)	(略)	(略)		(略)	(略)	(略)	(略)	(略)	
(4)	(略)	(略)	(略)	(略)	(略)	(4)	(略)	(略)	(略)	(略)	(略)	(略)
(略)						(略)						