

4. 天井の耐震的な仕様の検討

4. 1 分類と用語

4.1.1 天井面を支持形態による分類

天井の表面に張られている天井板材料が同じであっても、その天井板を支持する構成の違いによって、天井の耐震性等にも大きな差が出てくると考えられる。天井板を支持する構成の違いによる天井としては、以下のようなものが挙げられる。ここでは天井全般の分類を示すが、以降の「天井」は分類のうちの「吊り天井」を想定している。

例：直天井

吊り天井（在来工法による天井、システム天井）

格天井

4.1.2 天井の仕上方法による分類

屋内空間について様々な室を実現するために、天井の仕上げには様々な方法が用いられる。これらの仕上方法の違いによる天井としては、以下のようなものが挙げられる。

例：塗り仕上げ天井

張り仕上げ天井（在来工法による天井、膜天井）

はめ込み式天井（クロスタイプ天井、グリッドタイプ天井）

差し込み式天井（ラインタイプ天井）

4.1.3 “在来工法による天井”の代替用語

JIS A6517:建築用鋼製下地材（壁・天井）:2010に規定される建築用鋼製下地材を用いて下地を組んで、せっこうボード等で天井面を仕上げる天井を“在来工法（による）天井”と呼ぶことが多くある。しかしながら“在来工法”は、“長い年月の間に用いられてきて一般化した工法”というような意味であり、必ずしも“在来工法（による）天井”を適切に記述できる用語ではない。用いられている材料や、同一部位に用いられる工法の中での位置付け、天井の構成方法、などを踏まえると、以下のような呼び方が考えられる。

例：軽量鉄骨（による）天井

建築用鋼製下地材（による）天井

一般工法（による）天井

普通工法（による）天井

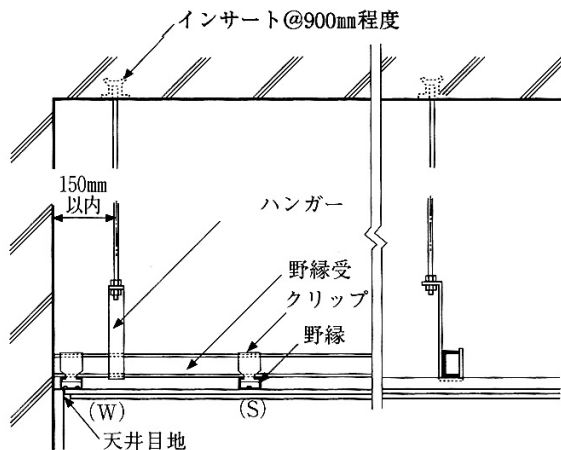
吊り張り工法（による）天井

4.1.4 システム天井

JIS A1445:2007「システム天井構成部材の試験方法」では、システム天井を以下のように定義している。「単位天井を組み合わせたつり天井で、天井パネルとして主に吸音材料を載せ掛け、照明器具、空調吹出し口などの設備の取付けが容易にできる機能をもつ天井」。体育館等に設けられるシステム天井を合わせて考えると、「単位天井を組み合わせたつり天井で、天井パネルとして主に吸音材料を載せ掛け、天井単位に合わせて照明器具等を設置する天井」などとなる。

4.1.5 天井に関する用語、部材名称等の定義

本項では、天井に関する用語や部材名称等について確認しておく。図 4.1 は在来工法による天井を RC 造建築物のスラブから吊る際の標準的な構成である。鉄骨造建築物の場合には、吊り金物を用いるなどして吊りボルトを懸垂して、天井を設置する。



(注) S：シングル野縁 W：ダブル野縁

図 4.1 在来工法による天井の構成

上記のような在来工法の天井について、「天井」の構成の概要を表 4.1 のように整理する。ここでは「天井」の範囲を、施工時の仕事の切れ目に従って決めている。例えば、同じ鉄骨造を想定した場合でも、折板から天井を吊る場合は吊りボルトを含んで下が「天井」であり、鉄骨梁から吊り金物を介して天井を吊る場合は吊り金物を含んで下が「天井」となる。

次ページに、表 4.1 等に表示される具体の部位を想定しながら、各種の用語について整理する。

表 4.1 天井構成の概要（在来工法による天井）

		在来工法による天井		
構造躯体	RCスラブ	コンクリート	鉄骨梁	
		インサート	折板	—
		—	吊り子	—
天井	斜め部材	—	—	吊り金物
		吊りボルト		
		ハンガー		
		野縁受け		
		クリップ		
	天井面	野縁		
ねじ				
天井板				

天井：吊りボルトから天井板までの部材が組み上がって構成される部位の総称。吊り金物を用いる場合は吊り金物を含む。

吊り元：RC スラブ（インサート含む）、鉄骨梁、折板用吊り子等、天井が懸垂する部位。

吊り金物：吊り材を吊り元に緊結する際に用いる部材。

接合金物：主に天井の部材同士を緊結するために用いる部材。ボルト、ハンガー、クリップ、ねじ等。

吊り材：天井を吊り元に接続する部材。吊りボルト等。

天井板：天井の面を構成する際に用いる板状の部材。せっこうボード、グラスウール板等。

天井面：天井板およびそれを支持する部材並びにそれらを緊結する部材で構成される部位の総称。在来工法による天井では、天井板+野縁+ねじ。

天井材：天井を構成する部材の総称。

下地材：天井を構成する部材の内、主に面を懸垂・支持するための線状の部材。野縁、野縁受け、吊りボルト、斜め部材、水平補剛材

天井周囲：天井面の端部に接する箇所。折り曲げ部や段差部は該当しない。

斜め部材：天井に生じる慣性力を伝達するために吊りボルト間に設けられる斜めの部材。

水平補剛材：天井に生じる慣性力を伝達するために吊りボルト間に設けられる水平の部材。

※JIS A6517 では、野縁や野縁受けは「天井下地材の構成部材」であり、吊りボルト、ナット、ハンガー、野縁ジョイント、野縁受けジョイント、クリップは「天井下地材の附属金物」として位置付けられている。

4. 2 対象とする範囲

[考え方]

- ・在来工法による天井で標準的な質量のものを主な対象と想定している。より重い天井や軽量な天井（システム天井、膜天井等）については別途検討が必要である。形状としては水平な天井を主な対象に想定している。

[仕様案]

①天井の単位面積質量は 20kg/m²以下とする。

※在来工法による天井の直張りもしくは捨て張り（2枚張り）程度を想定している。実際の適用にあたって対象と想定する天井を適切に含むよう、更に部材質量等から天井質量を精査し、対象とする範囲を規定する必要がある。なお、耐久性や仕様2（フェールセーフ）については、①に限定する必要はないとも考えられる。

4. 3 耐久性

[考え方]

- ・各構成部材は、耐久性を確保する上で必要な措置を施されている（腐食等しない）こと。また、湿気等により各部位の耐力（特に天井板のとめつけ耐力）の低下が生じないようにすること。

[仕様案]

②天井を構成する天井材はさび止め及び防腐のための措置を講ずる等、環境に応じて適切な対応がとられていること。

4. 4 仕様1：長期荷重、地震荷重に対する仕様

本節は天井の耐震的な仕様について検討を行っている。仕様1にあてはまるには、③から⑯の総てを満たす必要がある。

（ここでは在来工法を中心に検討しているが★はシステム天井に関する記載）

4.4.1 吊り天井の鉛直方向の荷重の負担（長期荷重に対して）

[考え方]

- ・常時に破壊しない強度を有する（荷重に耐える強度を有する）こと。

[仕様案]

③部材は JIS A6517 に規定する材を用いること。

※部材の品質を確保する観点から採用している。地震による天井脱落では JIS に規定するクリップを用いた場合でもクリップが外れており、地震力に対しては別途規定する必要がある。（★システム天井には製品 JIS はない。試験方法が JIS A1445「システム天井構成部材の試験方法」に規定されている。部材も各製造者で様々。）

④吊りボルトは 1 m²に 1 本以上、軸を鉛直方向に向けて配置すること。

※ダクト等による吊りボルト間隔の開き等については別途検討が必要。

（★システム天井の吊りボルト間隔は、クロスタイプの天井で 1,000mm×1,500mm、グリッドタイプの天井で 1,200mm×1,200mm、など。）

⑤天井を構成する天井材は、常時の荷重に対して外れを生じないように相互に緊結し、常時の荷重を構造耐力上主要な部分に適確に伝達できるように、天井を支持すること。

※折板屋根、ALC パネルによる屋根の吊り子は、仕事の切れ目からすると RC 造スラブのインサートと同じ位置づけと考えられるので、天井に関する規定の対象としない。

4.4.2 吊り天井の鉛直方向の荷重の負担（地震荷重に対して）

[考え方]

- ・地震荷重に対して破壊しない強度を有すること。

[仕様案]

⑥天井を構成する天井材は、中地震動時の衝撃、変形等に対して、滑りを生じないように相互に緊結すること。

⑦天井を構成する天井材は、大地震動時の衝撃、変形等に対して、外れを生じないように相互に緊結すること。

※中地震動（建築基準法における稀に発生する地震動）には弾性範囲の変形を想定、大地震動（建築基準法における極めて稀に発生する地震動）には変形しても可だが脱落に至るような挙動（外れ、破断）は回避できるよう各部材及び部材間の接合強度を求める。

※クリップの外れの防止対策としては、両掛けや野縁受けへのねじ留めよりも、外れにくい耐風クリップの使用や番線による留め付けの方が効果的と考えられる。

※ハンガーについては、口が開かないようにねじで留めるのがよい。

※野縁受け同士の接合部は野縁受けジョイントを用い、溶接ではなく、ねじどめを基本とする。材が薄いために、溶接が有効に施工されない可能性がある。

⑧天井に大地震動時に生じる力を構造耐力上主要な部分に適確に伝達できるように、天井を支持すること。吊り金具等は吊り元の部材に緊結等すること。

※H 形鋼の下フランジに留め付けた金具（金物）の脱落が確認されている（2 章、建築物 E 参照）ため、梁等の部材を吊元とする場合には脱落防止に配慮するのがよい（たとえば、機械的な引っ掛かりのある金具を用いる、など）。

※吊り元を溶接とする場合、破断しないように考慮する。

4.4.3 地震時の水平方向の慣性力の負担

[考え方]

- ・水平抵抗部材の配置により地震時の変位を抑制するよう、斜め部材の必要量等について規定する。中地震動に対して滑らないようにすることを想定した仕様。

（★システム天井の天井面の剛性は在来工法よりかなり小さい。クロスタイプの天井やグリッドタイプの天井は、T バーで枠を組んで、その中にグラスウール板、ロックウール吸音板、メッシュ、照明器具、等を上からはめ込む。）

[仕様案]

⑨斜め部材は X 方向、Y 方向に釣り合いよく、V 字型で配置すること。

※例えば、C-40×20×1.6 以上の部材を使用した場合は 7.8 m²に 1 対以上設ける（算定の前提は、天井質量が 17kg/m²、吊り長さ 900mm、水平震度 2.2 で、斜め部材が座屈するまで接合部が先

に損傷・破壊しない)。斜め部材を V 字配置とすることで、吊りボルトの座屈を生じないようにする。上記の条件以外での斜め部材の必要量は、「5.2.4 座屈する場合の許容耐力」を参照。

※斜め部材の量について、天井耐震計画 WG の検討をベースに、以下の三つの階層について代表の値を設定することも考えられる。

- イ) 上層階
- ロ) 中間階 (イ) 及びハ) 以外の階
- ハ) 下層階

⑩斜め部材の接合部は、天井面に生じる慣性力を斜め部材を通して構造耐力上主要な部分に適確に伝達できるようにすること。

※溶接は不可とする。接合は“緊結”とし、引っ掛けるだけのものは不可。

※斜め部材の下端が吊りボルトに接合されるだけでは中地震動時にハンガーや周囲のクリップが滑ってしまう場合がある。[考え方]のとおり、滑りを生じないようにする。

⑪斜め部材は水平面に対して 60 度以下の角度で設置すること。

※在来工法で吊りボルトピッチ 900mm の場合は、吊り長さ 1,500mm 以下なら 60 度以下になる。

(★システム天井で吊りボルトピッチが、1,000mm×1,500mm、1,200mm×1,200mm の場合は、吊り長さ 1,500mm 以下なら 60 度以下になる。)

⑫天井の吊り長さが 1,500mm 以上の場合は、水平の振れ止めを X 方向、Y 方向に釣り合いよく配置し、水平補剛材で区切られる各段について、天井に生じる慣性力を構造耐力上主要な部分に適確に伝達できるように斜め部材を配置すること。

※力を充分伝達するために、水平振れ止めと吊りボルトとの接合部を緊結する必要がある。

⑬斜め部材と斜め部材の力を伝達する部材相互を緊結すること。

※斜め部材下部が留め付けられる吊りボルト近傍のクリップが外れないことが必要。同様に、衝撃、変位を受ける天井周辺部、段差部、設備機器周辺の接合部についても十分な耐力を持たせる必要がある。

4.4.4 天井の縁切り

[考え方]

- ・地震動を受けた天井が周辺部位と衝突することで大きく破損して人身に危害を生じるような脱落を生じないことを考える。
- ・振動特性に違いが出る部位については、天井を一体として充分剛にするか、縁を切って別々として衝突しないようにするか、明確な方針の下で設計する必要がある。

[仕様案]

⑭天井と周辺部位 (躯体、壁など)、設備は縁を切り、相互の間に隙間を設けること。中地震動では衝突を許容せず、大地震動には大きな天井被害を防ぐため、隙間は 100mm 以上とすること。

※天井と周辺部位の隙間は、「体育館の天井等の耐震設計ガイドライン」((財)日本建築センター、2005年5月)の数字を踏襲しており、ここで新たに実験等で検討を加えたものではない。天井と設備との間の必要クリアランスの算定も難しく、設備機器周辺のクリップを耐震クリップにして脱落を防止する等の方法も考えられる。

⑮エキスパンションジョイント部分等で一体的に振動しない構造躯体に天井を設ける場合、天井は縁を切って一体としないこと。

※必要な隙間寸法は、エキスパンションジョイントのクリアランス+100mm×2と算定される。

⑯天井面に段差を生じる部分、折れ曲がる部分などで地震時に天井が一体的に動かないことが想定される場合には、天井相互の間で縁を切り、一体的な構造としないこと。

※天井について、地震動で折れ曲がり部が損傷しない規模がどの程度であるか技術資料はない。このため、数字を挙げて決めることができない。

(★システム天井は、在来工法による天井ほど細かく凹凸面をつくることはない)

4. 5 仕様2：フェイルセーフの仕様

[考え方]

- ・天井を構成する部材が破壊または脱落しても人的な被害を防ぐようにする。落下する天井材を保持する時に大きな衝撃荷重が生じないようにする。

[仕様案] 以下のいずれか1つ以上の措置を講ずること。

⑰落下する天井材を保持する時に生じる力を構造耐力上主要な部分に適確に伝達できるように、天井をロープ等で吊り、天井面が外れても下まで落ちないようにすること。

⑱落下する天井材を保持するように天井面より下の位置にネットを張ること。ネットは天井面に沿って設けること。

⑲人がいる場所が守られていること。人が危険物に近接しないこと。

※人が居る場所の上に庇を設けるなどが想定されるが、体育館等では天井面全体に対するフェイルセーフにはならない。

4. 天井の耐震的な仕様の検討