

地震被害を踏まえた 非構造部材の基準の整備に 資する検討

平成24年 4月11日

一般社団法人 建築性能基準推進協会

調査の内容

募集要領より

大規模空間を持つ建築物の地震による天井脱落について、以下の検討を行う。

(イ) 東日本大震災による被害状況の整理・分類

天井脱落の情報を収集し、過去の地震被害とも比較しながら、被害状況の整理・分類を行う。

(建築研究所の技術指導)

(ロ) 東日本大震災の被害状況を踏まえた基準のあり方の検討

(イ)の成果等を踏まえて、基準において示すべき内容について検討する。例えば、対象とすべき規模・用途及び天井の種類、具体的な落下防止方法等である。

(建築研究所との共同研究)

検討体制

- 調査実施にあたり建築性能基準推進協会において以下の委員会・WGを組織した。

地震による天井脱落対策に関する検討委員会

(委員長:坂本功 東京大学名誉教授)

天井地震被害調査WG・天井構法検討WG

(主査:清家剛 東京大学大学院准教授)

天井耐震計画WG

(主査:元結正次郎 東京工業大学教授)

検討内容

- ① 地震による天井の脱落被害
- ② 天井の耐震対策の検討
- ③ 天井の耐震的な仕様の検討
- ④ 吊り天井の耐震性に関する計算方法の
検討
- ⑤ まとめと今後の課題

① 地震による天井の脱落被害

1.1 東日本大震災における天井脱落被害のアンケート調査

1.2 東日本大震災における天井脱落被害の現地調査

1.3 地震による天井脱落被害に関するまとめ

1.1.1 16都県の特定行政庁へのアンケート

- 1) **調査目的:** 東日本大震災による天井被害建築物の概要を緊急に把握し、現地調査を行うための基礎資料とする
※天井被害があった建築物の全容を把握するものではないことに留意
- 2) **調査対象:** 平成23年5月17日現在、新聞、テレビ、インターネット、日本建築学会ホームページ等より天井脱落の情報が得られた建築物
 - ・平成23年3月11日東北地方太平洋沖地震
 - ・平成23年3月12日新潟県中越地方を震源とする地震
 - ・平成23年3月15日静岡県東部を震源とする地震
- 3) **調査方法:** 16都県の特定行政庁にアンケート票を送付し、67の特定行政庁から回答を得た
- 4) **調査年月日:** 平成23年5月20日～5月27日
- 5) **有効回答件数:** 151件

1.1.1 16都県の特定行政庁へのアンケート

<アンケート項目>

1) 建物の諸元

①建築時期、②地上階数

2) 被災場所の諸元

①被災場所の用途、②被災場所のおおよその広さ、③被災場所のおおよその天井高さ

3) 被災天井の諸元

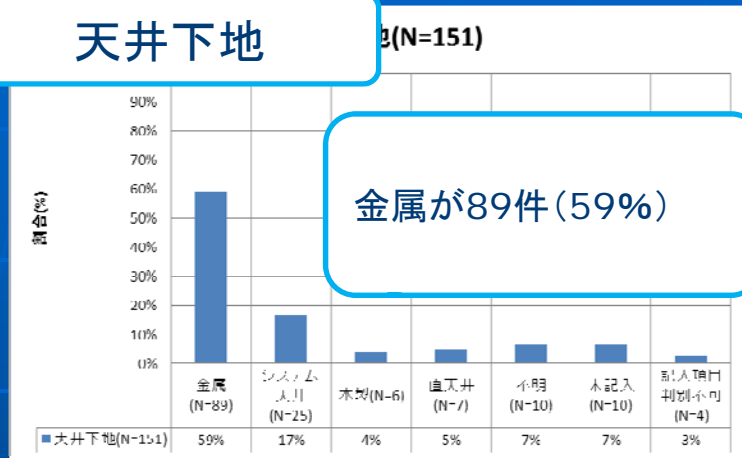
①天井下地、②天井仕上げ材料、③クリアランス措置、④振れ止めの設置

4) 被害状況の諸元

①被害の発生した時期、②天井落下の状況、③人的被害の有無

1.1.1 16都県の特定期行政庁へのアンケート

天井下地

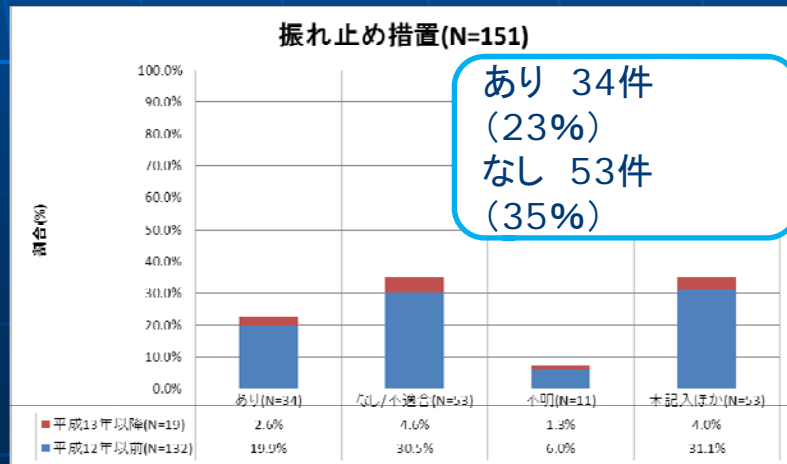


用途(被災場所)

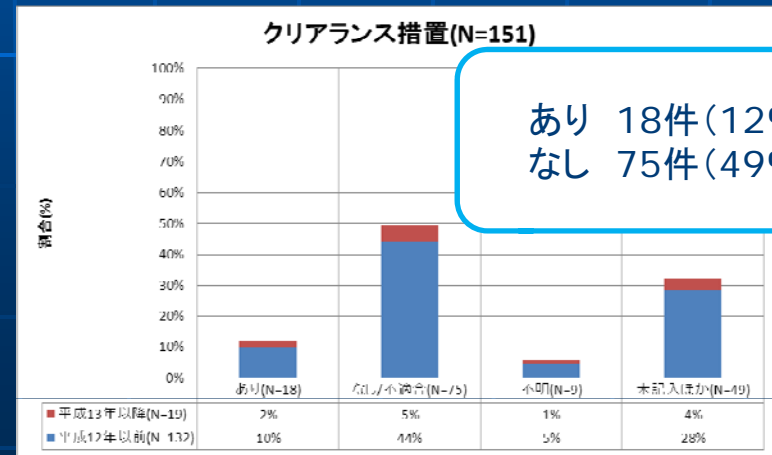
用途	件数	割合 (%)
体育館 (アリーナ、弓道場などを含む)、体育室	72	47.7%
エントランスホール、コンコース、展示場、食堂、礼拝堂	39	25.8%
事務所、会議室、教室	10	6.6%
会議場、裁判所	6	4.0%
プール	5	3.3%
劇場、映画館	4	2.6%
工場、給食センター	3	2.0%
通路、トイレ	3	2.0%
店舗	2	1.3%
倉庫	2	1.3%
ボウリング場	2	1.3%
未記入	3	2.0%
計	151	100.0%

体育館・体育室72件(48%) / エントランスホール・コンコース・展示場・食堂・礼拝堂39件(26%)

振れ止め設置



クリアランス措置



1.1.2 (社)日本建設業連合会へのアンケート調査

調査概要

平成23年8月、(社)日本建設業連合会へ依頼を行い、18社より215件の回答を得た。(うち4件は無被害のため、集計対象は211件)

調査対象

以下の①と②に該当する建築物がおおよそ半数程度ずつとなるよう依頼

- ① 不特定多数の人が利用する大空間を有する建築物
(体育館、ホール、映画館等)
- ② ①以外の建築物で、天井について顕著な被害が見られた建築物(多様な用途が含まれるよう依頼)

1.1.2 (社)日本建設業連合会へのアンケート調査

【調査票No.】 別紙1

2. 東日本大震災における天井被害に関する調査票(個別票)

下記事項につきましてご回答のほど、ご協力をお願いします。

■本調査票の記載者情報

1 会社名

■天井被害のあった建築物の情報をご記入下さい。

2 建築物の名称(可能であれば、ご記入をお願いします。)

3 所在地 都道府県

4 所在地の震度 1. 4以下 2. 5弱 3. 5強 4. 6弱 5. 6強以上

5 所在地 区、市、町、村(可能であれば、ご記入をお願いします。)

-----以下の質問に対し、右端の欄に番号でご回答下さい(一部、数値、文字記載もあります)----- 回答欄 ↓

6 構造 (壁がRC造、壁柱がS造の場合は 4. S+RC造 RC+SRC造 7. S+RC+SRC造) 1. S造 2. RC造 3. SRC造 4. S+RC造 5. S+SRC造 6. RC+SRC造

7 天井の吊り元

8 吊り元との接合

9 階数

10 高さ

11 延べ面積

12 建築物の用途(建群)

13 建築時期

14 耐震改修の有無

15 天井の改修の有無

16 改修ありの場合は改修内容

■被災状況について

17 1棟内の被災箇所

18 被災場所の主要な被害内容

19 被災場所の存続日時

20 被害の発生した日時

21 被災時の利用状況

22 天井落下の状況

23 天井落下の発生した原因(該当するものを選択(複数選択可)) 1. 脱落 2. 破断 3. 変形 4. 剥離 5. その他()

24 人的被害の有無 1. 有 2. 無
1. 有 とお答えの場合の死者数を記入下さい
1. 有 とお答えの場合の負傷者数を記入下さい

25 被災場所のおおよその天井高さ m単位でお答え下さい

26 被災場所の天井ふところのおおよその高さ m単位でお答え下さい

27 被災場所の壁のおおよその高さ m単位でお答え下さい

28 被災場所の天井下地(わかる範囲で) 1. 木製下地 2. 金属製下地 3. システム天井(ライン) 4. システム天井(クロス) 5. 直天井 6. 不明 7. その他(回答欄に具体的に記入ください)

29 被災場所の天井仕上げ材料(わかる範囲で) 1. 石膏板(含紙等) 2. ロックウール吸音板 3. セッコウボード 4. けい酸カルシウム版 5. 金属 6. 不明 7. その他(回答欄に具体的に記入ください)

30 被災場所の天井仕上げ材の重ね枚数 1. 1枚(直張り) 2. 2枚 3. 3枚以上 4. その他

31 天井落下に影響した(可能性のある)設備(該当するものを選択(複数選択可)) 1. 空調 2. 照明 3. スピーカー 4. スプリンクラー 5. 給排水管設備 6. 不明 7. 無 8. その他(回答欄に具体的に記入ください)

32 上記設備の振れ止め等の耐震対策の有無 1. 有 2. 無

33 天井面のおおよその形状(該当するものを選択(複数選択可)) 床面に対し 1. 水平・フラット 2. 傾斜 3. 曲面 4. 段差あり 5. その他(回答欄に具体的に記入ください)

34 被害の概要(該当するものを選択(複数選択可))

【在来工法】(複数選択可)

1. 天井仕上材のみの落下(野縁から仕上材のみが脱落)

2. 野縁と野縁受けを接合するクリップの外れ

3. 野縁受け同士をつなぐ接合部の(金物、溶接)の外れ

4. 野縁受けとつりボルトを接合するハンガの剛さ、破断、外れ

5. プレースの接合部(溶接、金物)の外れ

6. つりボルト自体の破断

7. つりボルト上部の接合金物の外れ

8. つりボルトの溶接接合部の破断

9. その他の被害(回答欄に具体的に記入ください)

【システム天井】(複数選択可)

1. 天井パネルのみの落下

2. パネル同士の継手接合部、クロス接合部の破断、外れ

3. パネルとつりボルトを接合するハンガの剛さ、破断、外れ

4. つりボルトの破断

5. その他の被害(回答欄に具体的に記入ください)

【調査票No.】 別紙1

■クリアランスの措置状況、振れ止めの設置状況

41 クリアランスの措置について(天井面と周囲の壁等の間に、十分な隙間があるかどうか) 1. 措置なし 2. 措置あり(クリアランスの間隔など具体的な措置内容を回答欄にご記入下さい)

42 クリアランスの措置について(凹凸、段差など天井面の剛性が異なる部分相互に、隙間があるかどうか) 1. 措置なし 2. 措置あり(クリアランスの間隔など具体的な措置内容を回答欄にご記入下さい)

43 クリアランスの措置について(天井面と設備の間、隙間があるかどうか) 1. 措置なし 2. 措置あり(クリアランスの間隔など具体的な措置内容を回答欄にご記入下さい)

振れ止めの設置について(つりボルトにプレースを設置する等)※水平部材は振れ止めに含まない。 1. 設置していない 2. 設置あり(つりボルトの大半にプレースを設置) 3. 設置あり(つりボルトの半数程度にプレースを設置) 4. 設置あり(つりボルトの2~3割程度にプレースを設置) 5. 設置あり(つりボルトのごく一部にプレースを設置) 6. 設置あり(プレースの設置状況不明)

当該建築物は、天井脱落対策に係る技術的助言(平成13年6月1日国土指発第357号、平成15年10月15日国土指発第2402号)を参考としていましたか 1. 参考としていた 2. 参考としていない 3. 不明

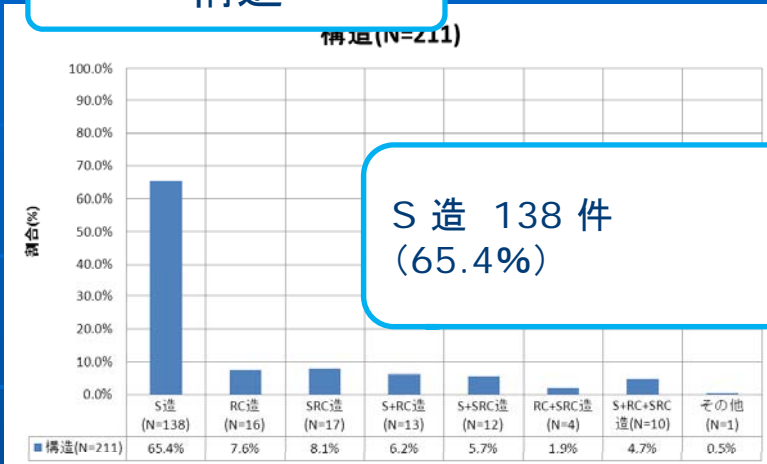
調査項目 45項目

- 所在地と震度
- 建築物概要
- 被災場所・天井の概要
- 振れ止め、クリアランスの措置について

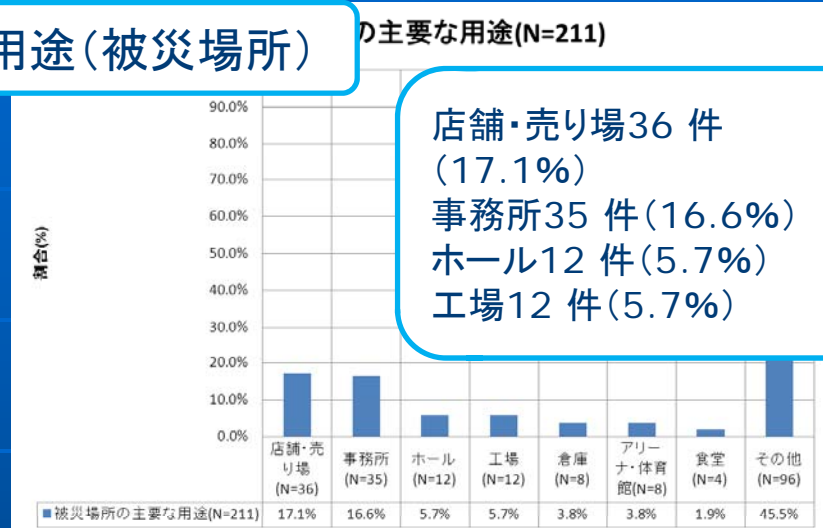
等

1.1.2 (社)日本建設業連合会へのアンケート調査

構造



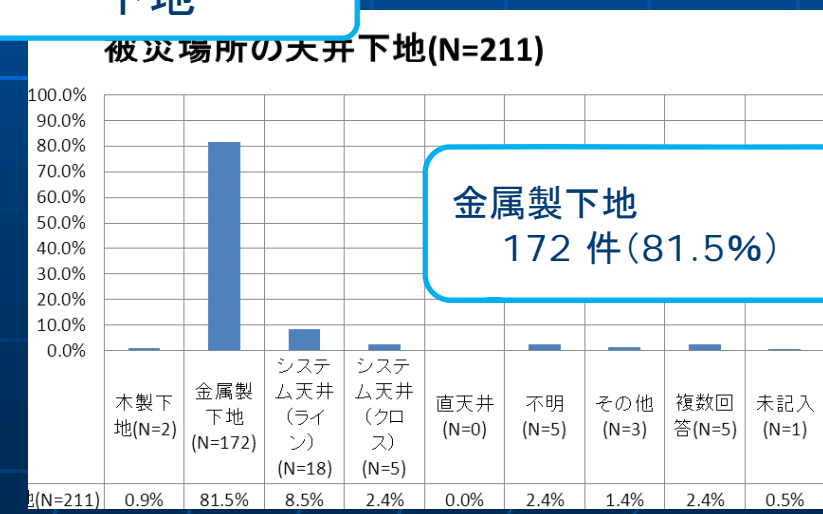
用途(被災場所)



階数



下地

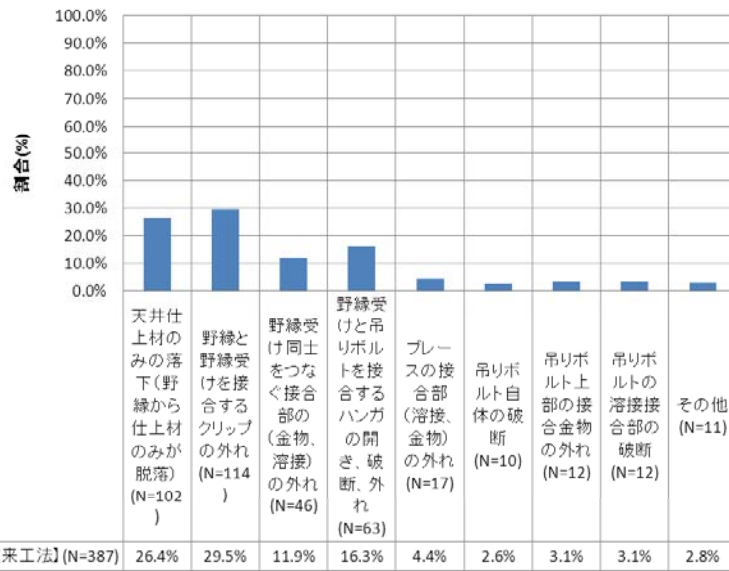


1.1.2 (社)日本建設業連合会へのアンケート調査

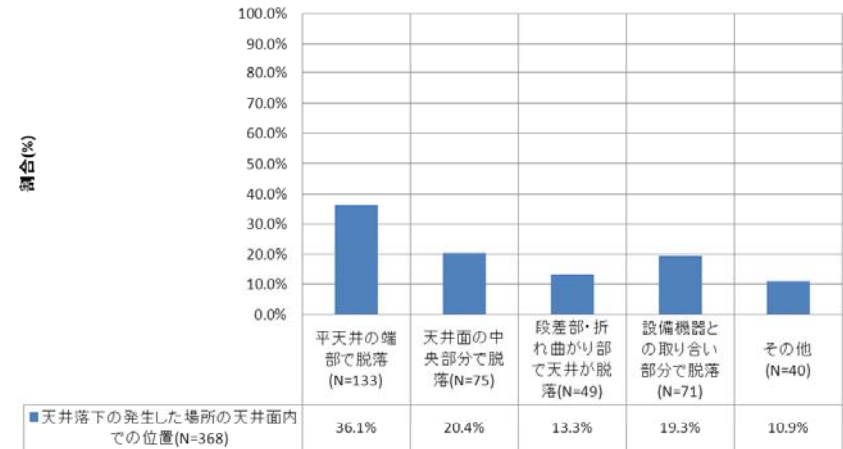
被害概要(在来工法)

天井落下の発生した天井面内での位置

被害の概要【在来工法】(N=387)



天井落下の発生した場所の天井面内での位置(N=368)



仕上材のみ落下 102 件(26.4%)
 クリップ外れ 114 件(29.5%)
 ハンガー開き 63件(16.3%)

平天井の端部での脱落 133 件(36.1%)
 天井面の中央部分 75 件(20.4%)
 段差部・折れ曲がり部 49 件(13.3%)
 設備機器との取り合い 71 件(19.3%)

1.2 現地被害調査

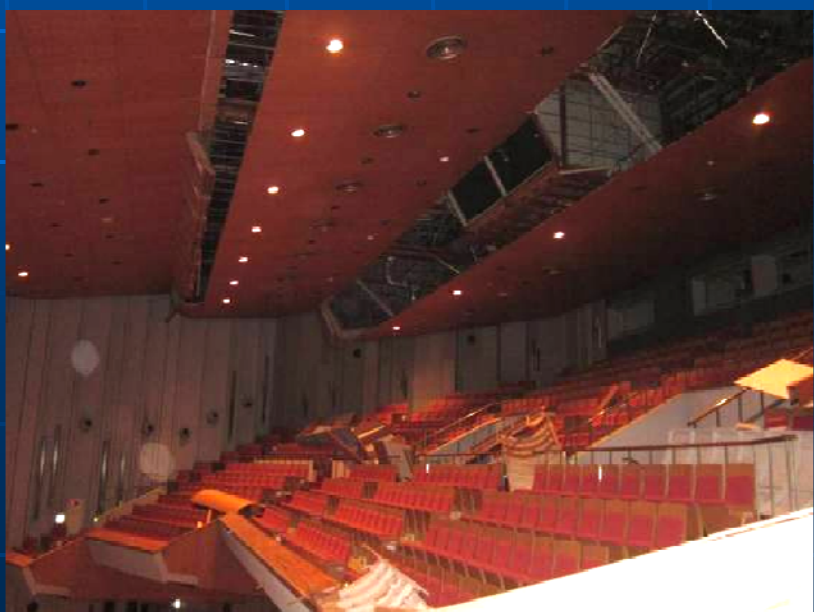
- 2011年5月下旬から7月中旬に実施した現地調査より11件、現地調査に基づく中間報告より1件の被害についてとりまとめた。
- その内、昨今の工法と異なった1件、特殊なもの1件を除いた10件11事例について、建築物の諸元、被害発生時の諸元、天井被害発生場所の諸元、脱落した箇所天井の詳細な仕様、被害状況を表として整理した。



水平な天井



段差部・折り曲がり部



段差部・折り曲がり部



山形架構の屋根面に平行な天井



斜め部材の溶接の外れ



H形鋼梁への吊り金具の外れ



床面に落下した天井(クリップの外れ)



ハンガーの開き

1.3 地震による天井脱落被害に関するまとめ

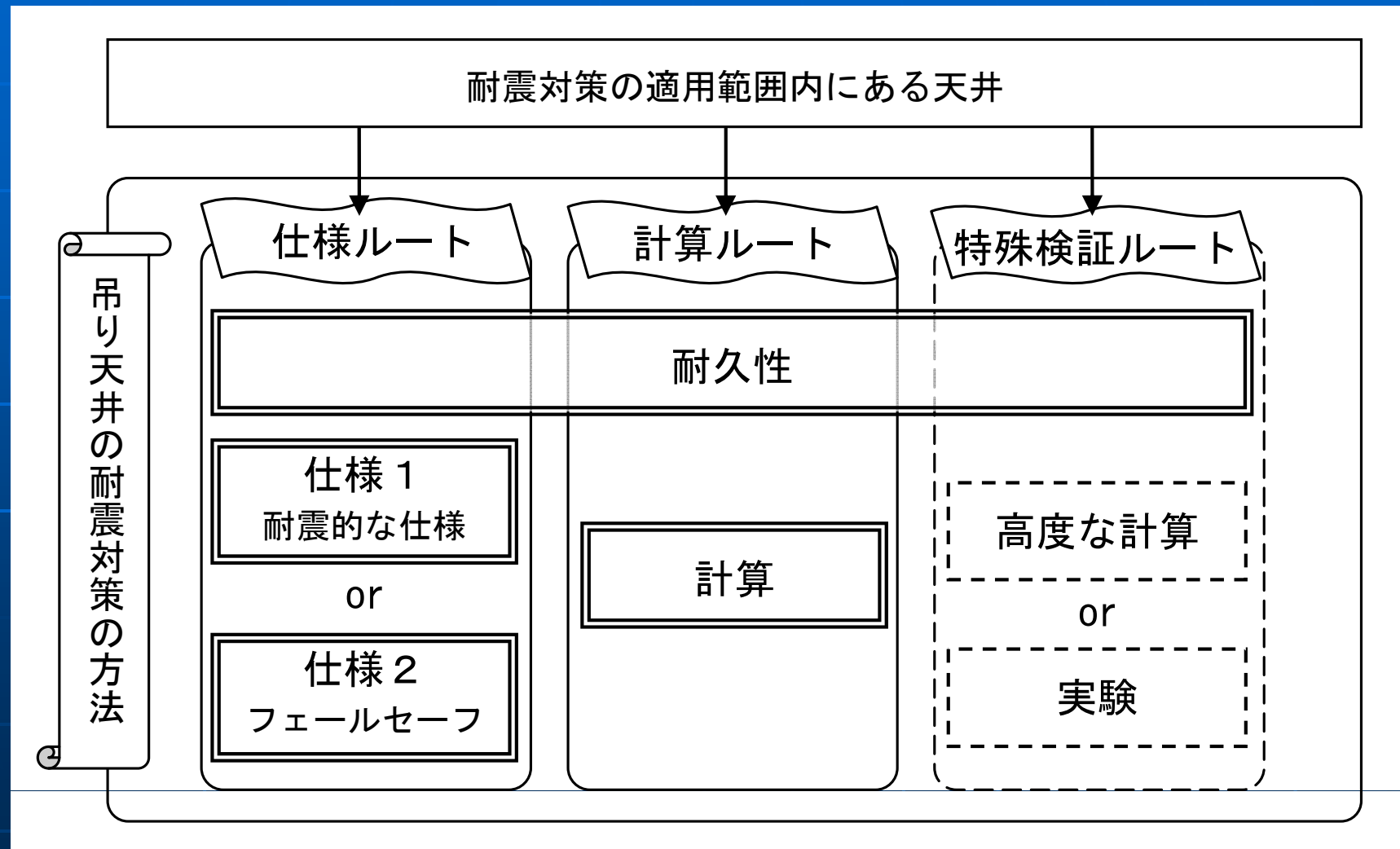
- 現地調査より対策等を考える上で着目すべき項目を、天井の形状、天井の箇所、下地の構成・配置、部材単体について、挙げた。
- 例えば、ハンガーの開き、山形架構の屋根面に平行な天井、などを着目すべき点として挙げている。
- 被害を受けた天井の技術的助言への対応状況は、調査を行った範囲では明確な対応関係は確認されなかった。

② 天井の耐震対策の検討

2.1 天井の耐震対策を考える際の基本的な
枠組

2.2 天井の耐震対策の適用範囲

2.1 天井の耐震対策を考える際の基本的な枠組



2.2 天井の耐震対策の適用範囲

- 天井単位面積質量について検討するにあたり、 $6\text{kg}/\text{m}^2$ 、 $10\text{kg}/\text{m}^2$ 、 $20\text{kg}/\text{m}^2$ のあたりに区分の線を引くと以下のように想定される。

$6\text{kg}/\text{m}^2$ 未満	グラスウール板やロックウール吸音板を天井板とする軽い天井
$6\sim 10\text{kg}/\text{m}^2$	せっこうボード直張り程度の比較的軽い天井
$10\sim 20\text{kg}/\text{m}^2$	せっこうボード捨て張り(天井板2枚張り)程度の一般的な天井
$20\text{kg}/\text{m}^2$ 以上	せっこうボード3枚張り以上で、音響に特に配慮する天井

2.2 天井の耐震対策の適用範囲

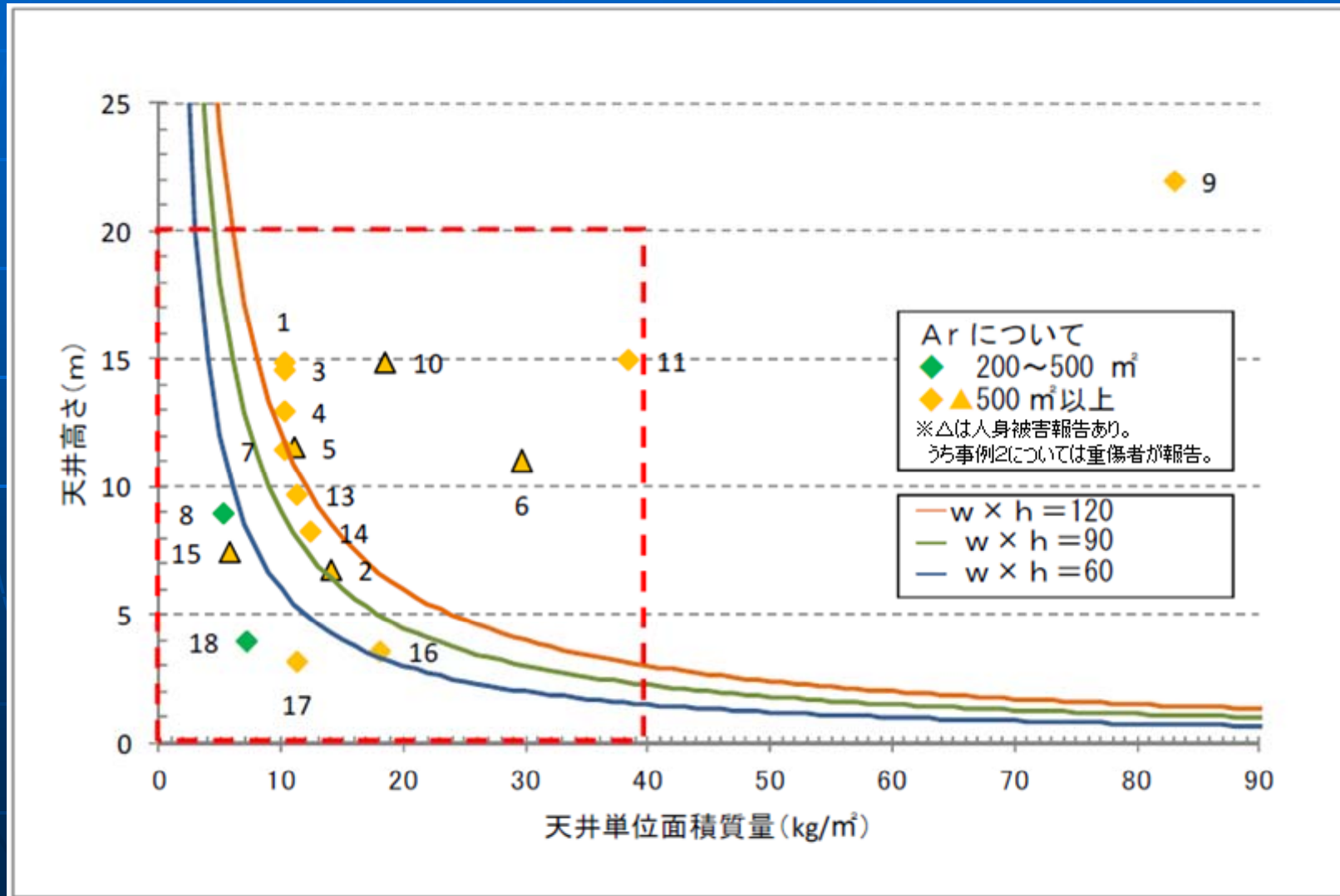
室面積(Ar)-天井高さ(h)、と、空間のイメージ(室用途)

	$0 < Ar < 50\text{m}^2$	$50 \leq Ar < 100\text{m}^2$	$100 \leq Ar < 200\text{m}^2$	$200 \leq Ar < 500\text{m}^2$	$500 \leq Ar < 1000\text{m}^2$	$1000\text{m}^2 \leq Ar$
$10\text{m} \leq h$	吹き抜け空間				<ul style="list-style-type: none"> ●映画館(中) ●宴会場(中) ●★体育館(中) 	<ul style="list-style-type: none"> ■音楽ホール ■●劇場 ●映画館(大) ●宴会場(大) ●★体育館(大) ●★プール(大)
$6 \leq h < 10\text{m}$	吹き抜け空間				<ul style="list-style-type: none"> ●宴会場(中) ●★プール(中) ▲博物館展示室 	▲倉庫建物
$4 \leq h < 6\text{m}$			▲博物館展示室	<ul style="list-style-type: none"> ■ライブハウス ●▲★体育館(小) ●★プール(小) ▲博物館展示室 	<ul style="list-style-type: none"> ●図書館 ▲博物館展示室 	<ul style="list-style-type: none"> ▲デパート(1階) ▲ホームセンター ▲郊外型電器店 ▲工場ライン
$h < 4\text{m}$	<ul style="list-style-type: none"> ●教室 ●オフィス個室 ●ホテル個室 ●会議室(小) ▲病室 	<ul style="list-style-type: none"> ■音楽スタジオ ●宴会場(極小) ●会議室(中) ▲コンビニ ▲保育室 	<ul style="list-style-type: none"> ●宴会場(小) ●会議室(大) 	<ul style="list-style-type: none"> ●宴会場(小) ●図書館 ▲ファミレス(中) 	<ul style="list-style-type: none"> ●図書館 ▲スーパー(小) ▲ファミレス(大) 	<ul style="list-style-type: none"> ●ボウリング場 ▲デパート(一般階) ▲スーパー(中・大) ▲超高層ビルオフィス

■ : $20\text{kg}/\text{m}^2 \leq w$ ● : $10\text{kg}/\text{m}^2 \leq w < 20\text{kg}/\text{m}^2$ ▲ : $6\text{kg}/\text{m}^2 \leq w < 10\text{kg}/\text{m}^2$ ★ : $0\text{kg}/\text{m}^2 < w < 6\text{kg}/\text{m}^2$

2.2 天井の耐震対策の適用範囲

地震被害事例の天井の分布

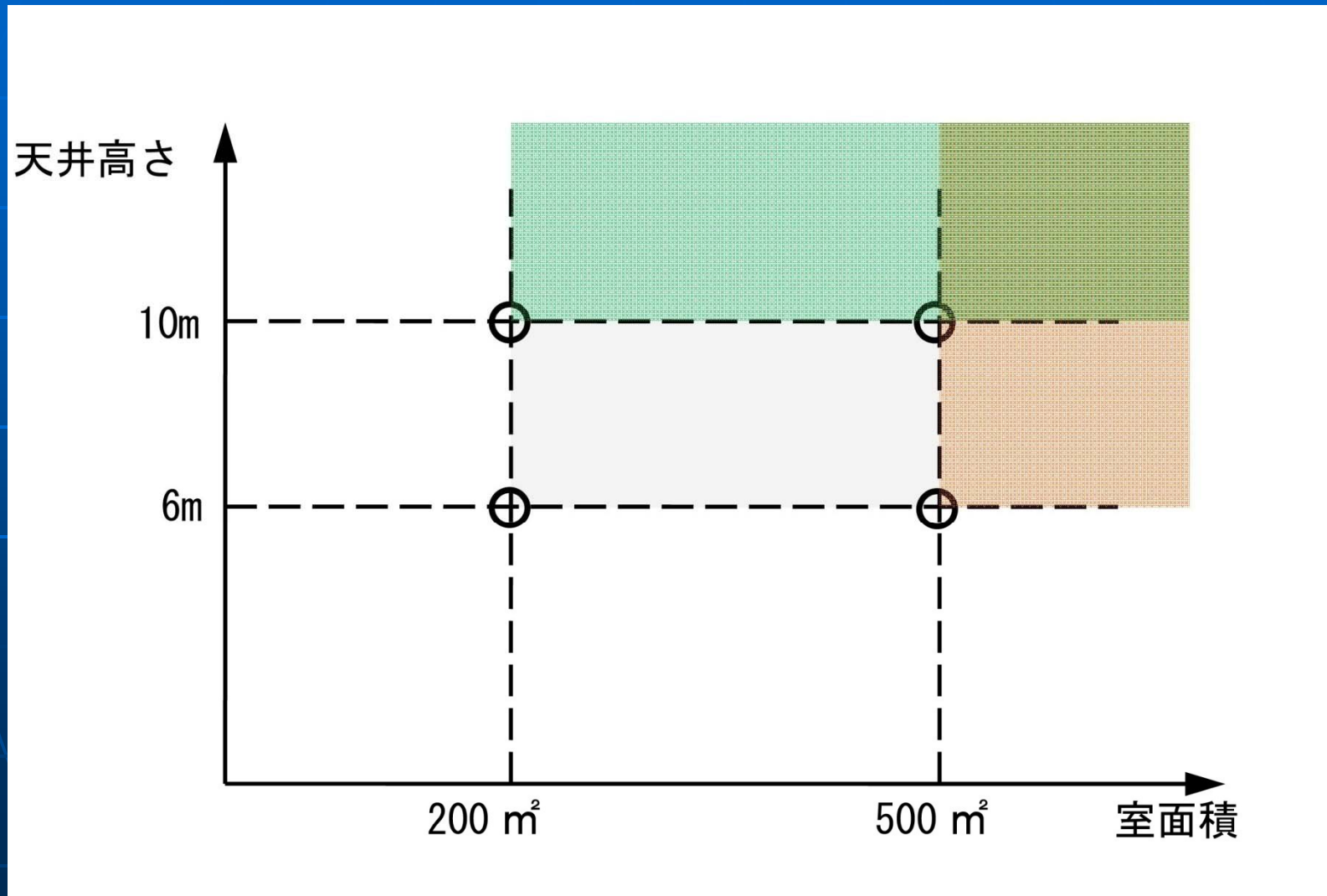


2.2 天井の耐震対策の適用範囲

- (1) 単位面積の位置エネルギーによる設定方法
- (2) 一室の総位置エネルギーによる設定方法
- (3) 室面積に応じた天井高さ と天井単位質量による設定方法
- (4) 天井高さ と室面積による設定方法

→(4)が、設計の初期段階でも適用範囲内かどうか判断でき、適用範囲として分かりやすい方法である。

(4) 天井高さと室面積による設定方法



③ 天井の耐震的な仕様の検討

3.1 仕様の対象とする範囲(案)

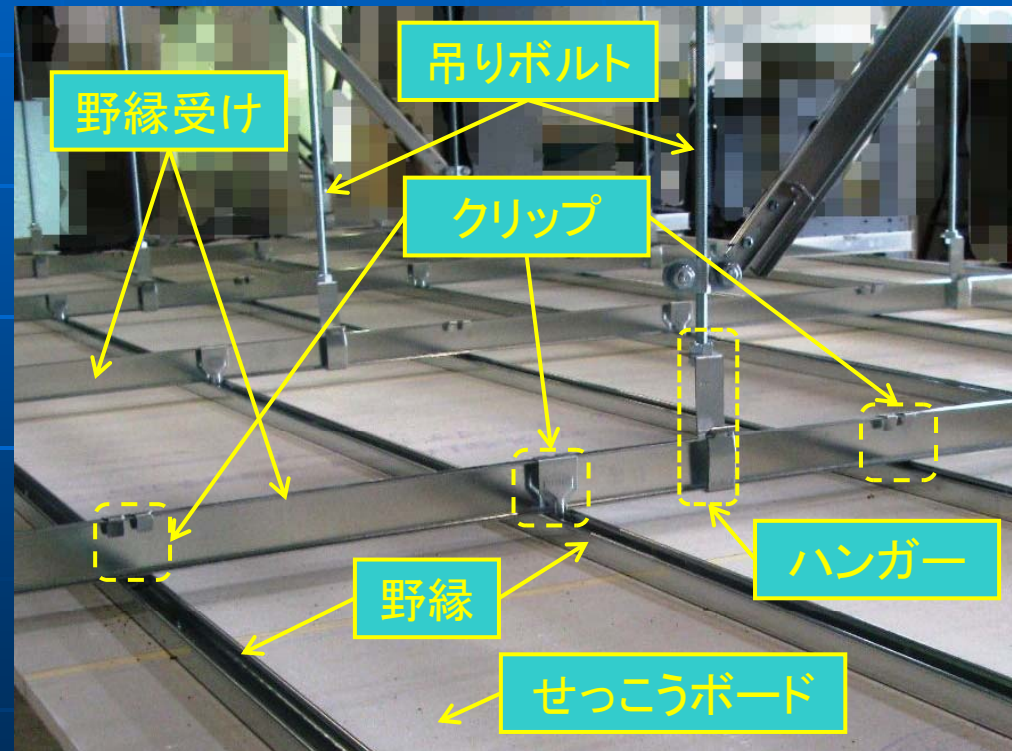
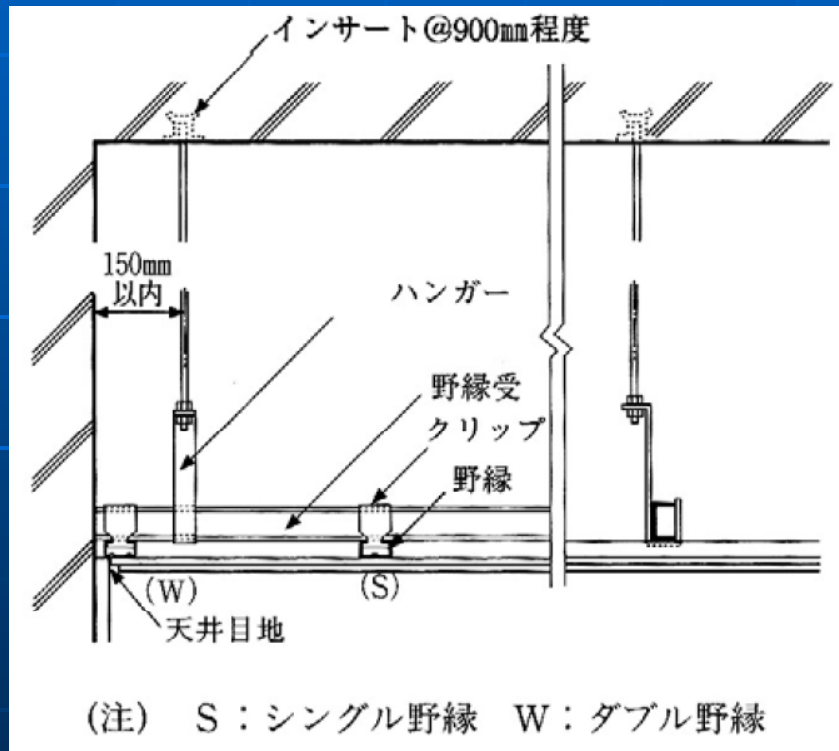
3.2 耐久性について(案)

3.3 仕様1:長期荷重、地震荷重に対する仕様

3.4 仕様2:フェイルセーフの仕様

③ 天井の耐震的な仕様の検討

在来工法による天井の構成



3.1 仕様の対象とする範囲(案)

①天井の単位面積質量: 20kg/m²以下

※仕様を検討する上で、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)程度までを想定。より重い天井や軽量な天井については別途検討が必要。

3.2 耐久性について(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、環境に応じて適切に対応。

3.3 仕様1：長期荷重に対する仕様(案)

※仕様1は、在来工法を中心に検討

- ③部材はJIS A6517に規定する材。
- ④吊りボルトは1㎡に1本以上、軸を鉛直方向に向けて配置。
- 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よう措置。

3.3 仕様1:地震荷重(鉛直方向)に対する仕様(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。
- 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。
- ⑧天井に大地震動時に生ずる力を構造耐力上主要な部分に適確に伝達できるよう、天井を支持するよう措置。吊り金具等は、吊り元の部材に緊結等の措置。

3.3 仕様1:地震荷重(水平方向)に対する仕様(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。
- 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接合。
- ⑪斜め部材は水平面に対して60度以下の角度で設置。

3.3 仕様1:地震荷重(水平方向)に対する仕様(案) (続き)

- 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。
- ⑬斜め部材と斜め部材の力を伝達する部材相互を緊結。

3.3 仕様1:天井の縁切りに関する仕様(案)

- ⑭天井と周辺部位(躯体、壁など)、設備は縁を切り、相互の間に隙間を確保。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以上確保。
- 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よう措置。
- 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よう措置。

3.4 仕様2:フェイルセーフの仕様(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措置。
- 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設置。(ネットは天井面に沿って設ける。)
- ⑲人がいる場所が守られるよう措置。人が危険物に近接しないよう措置。

④ 吊り天井の耐震性に関する 計算方法の検討

- 許容応力度設計を前提とした吊り元の揺れの評価方法
- 吊り天井の固有周期及び許容耐力

計算 はじめに

目的: **与条件**を考慮すべき項目に結び付ける方法の提案

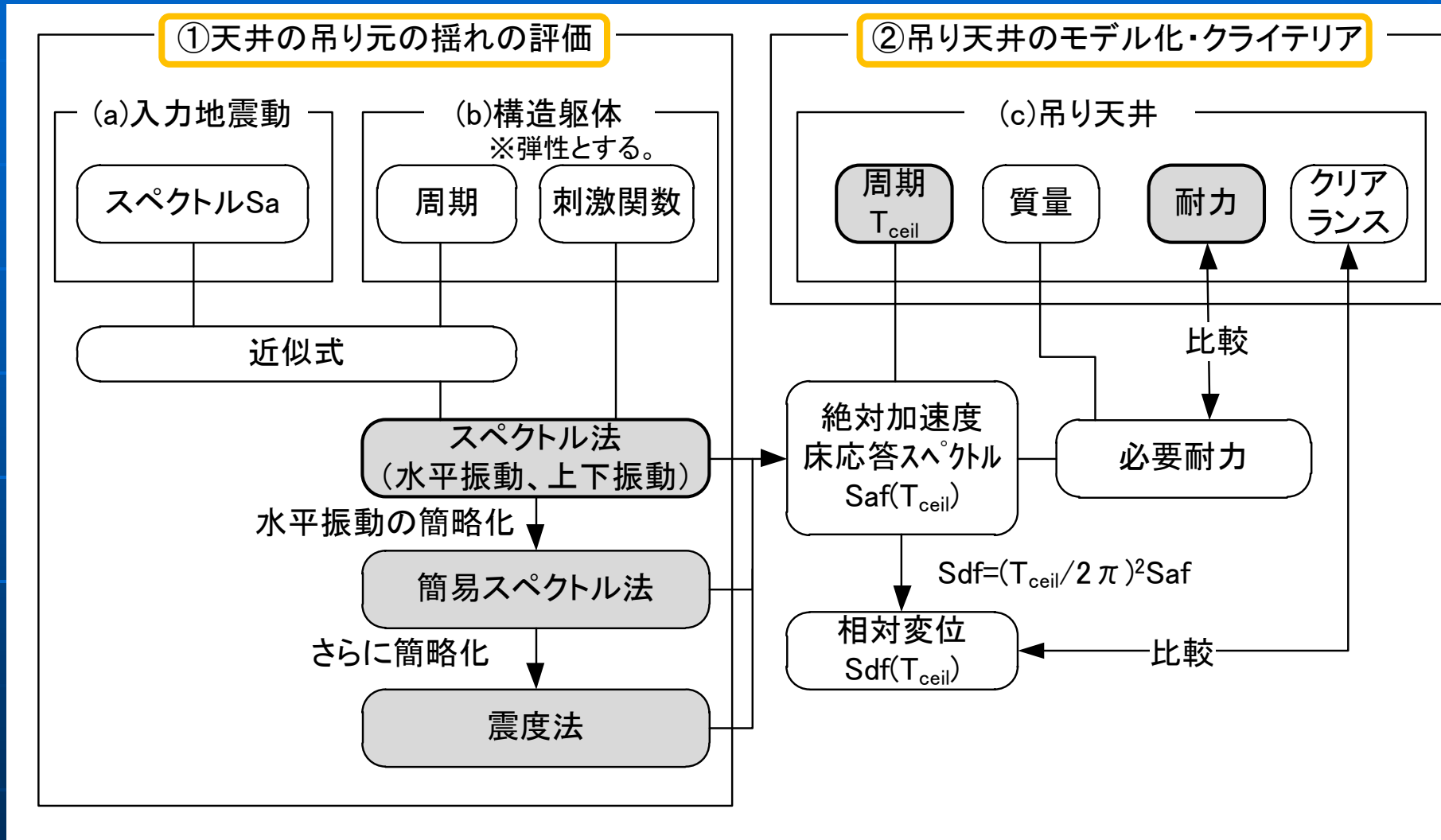
<吊り天井の耐震性評価で**考慮すべき項目**>

- 吊り天井の応答絶対**加速度**
- 吊り元(床、屋根)に対する吊り天井の相対**変位**
- 吊り天井と構造躯体との**共振**

<**与条件**>

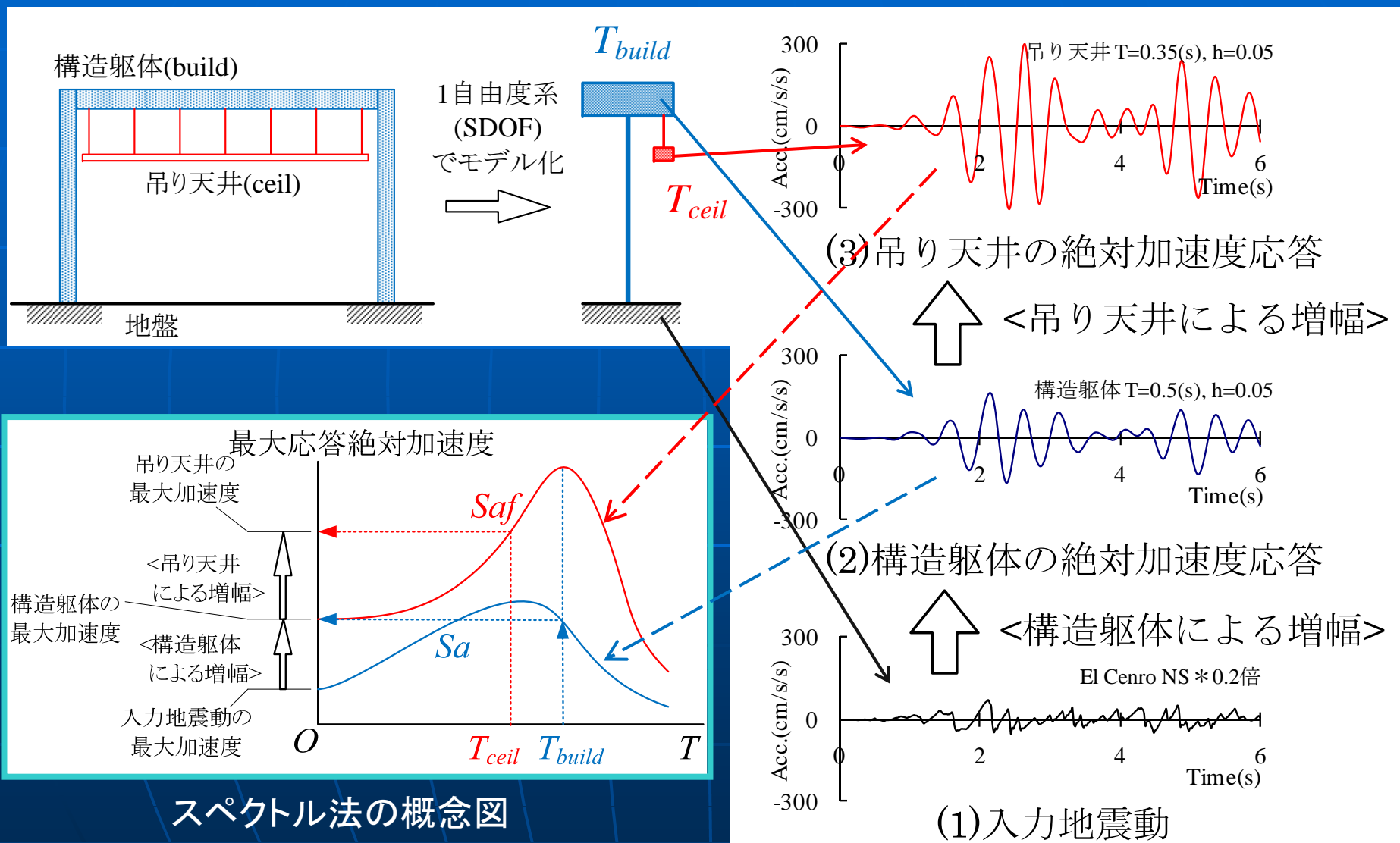
- 入力地震動(大きさ、周波数特性、継続時間、等)【応答スペクトル】
- 構造躯体(周期、耐力、等)【周期、刺激関数】
- 吊り天井の仕様(重さ、吊り長さ、ブレース量、等)【周期、耐力】

全体のフロー



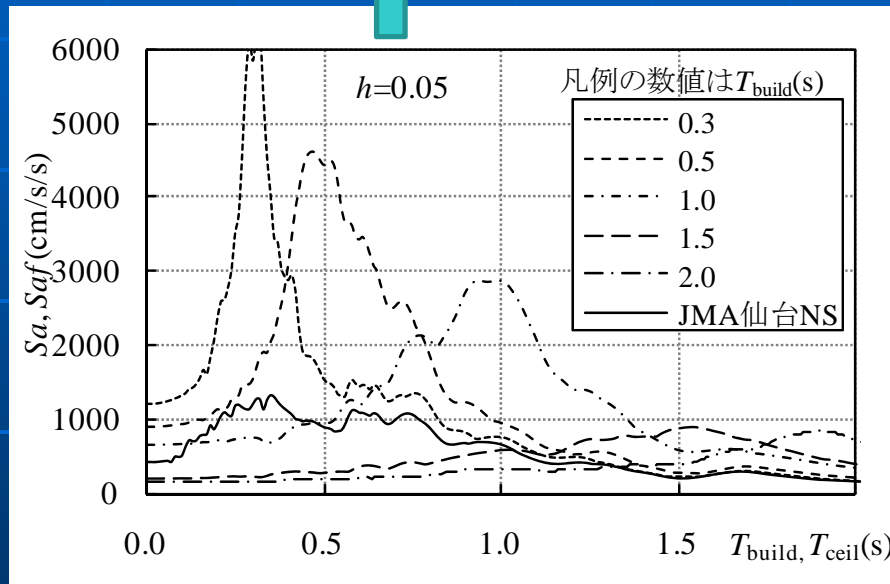
※構造躯体は弾性とする。天井は許容応力度設計として、滑り等を含めた損傷をクライテリアとする。

応答の増幅の概念

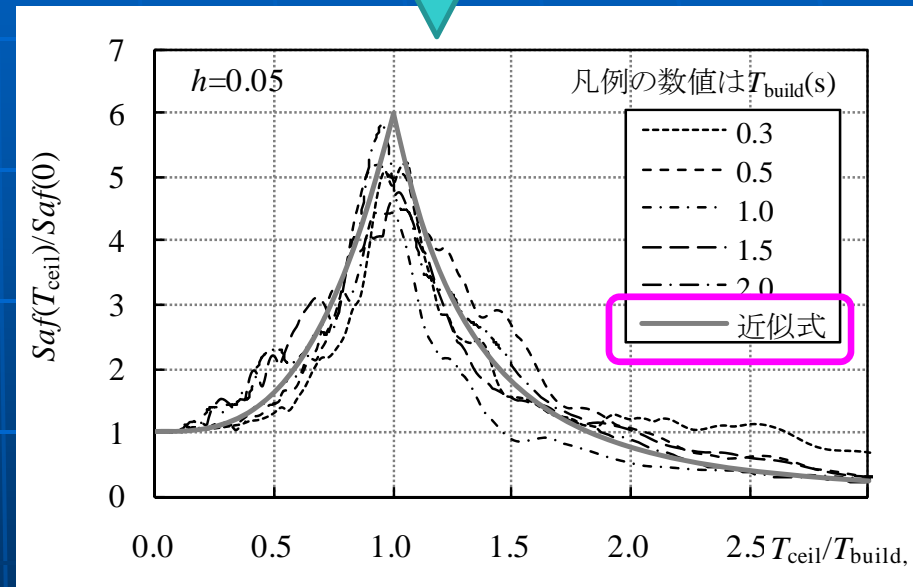


構造躯体が1自由度系の場合

図(a)を図(b)のように基準化することで、構造躯体の周期によらず、1つの近似式でほぼ表せる。



(a) S_a - T_{build} 関係 (実線) 及び S_{af} - T_{ceil} 関係 (点線等)



(b) $S_{af}(T_{ceil})/S_{af}(0)$ - T_{ceil}/T_{build} 関係

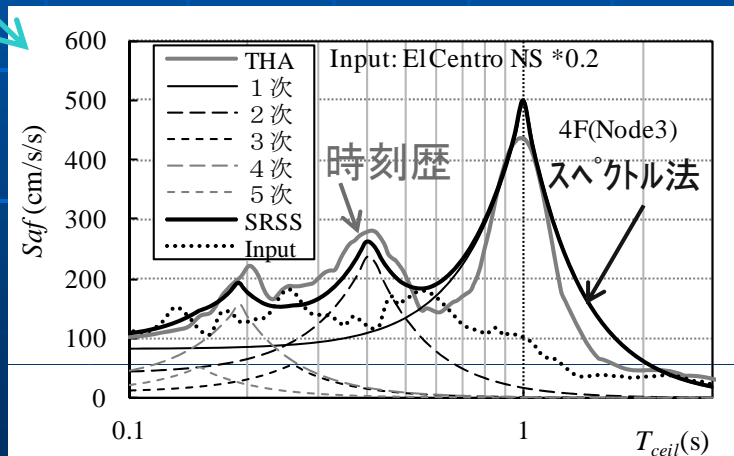
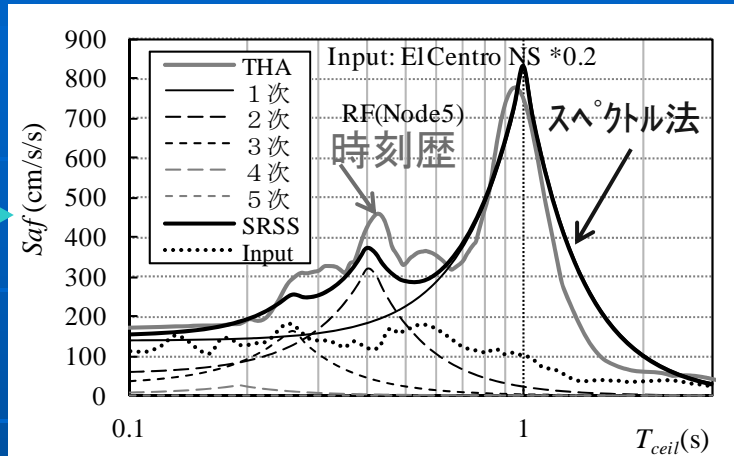
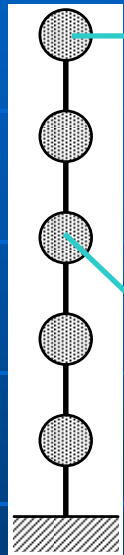
図 JMA仙台 (水平NS成分。東北地方太平洋沖地震)

※他の地震動や上下成分でも同じ近似が適用できることを確認した。

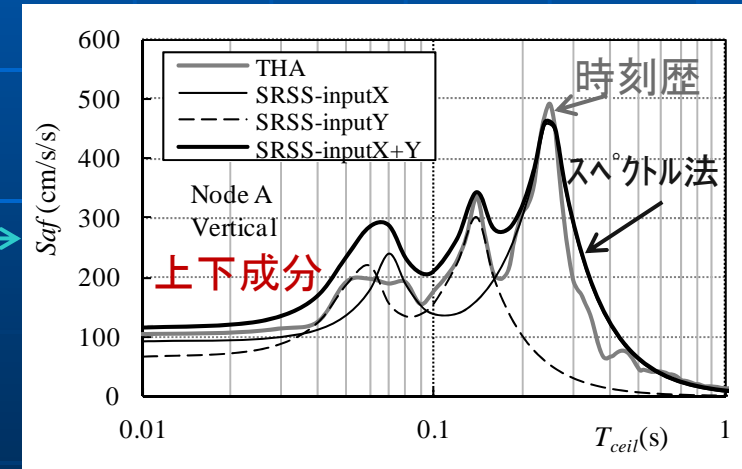
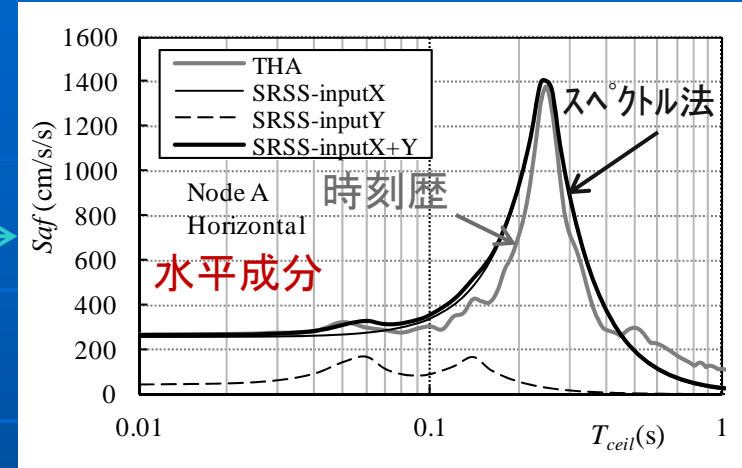
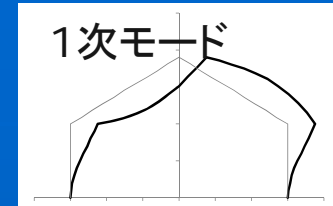
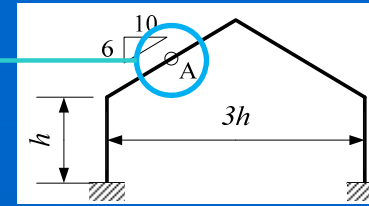
多自由度系への拡張（スペクトル法）

- **近似式**は構造躯体が1自由度系の場合であるが、モード解析の考え方に従って多自由度系に拡張する方法を「スペクトル法」として提案
- 刺激関数を利用していわゆるSRSSにより各次のモード応答を合成する方法で、上下振動を含む多次元的な揺れを評価できる。

スペクトル法の検証



せん断型5階建て(5自由度系)の例



山形架構の例

⇒スペクトル法による評価は概ね妥当と判断できる。

評価法の簡略化 (1)簡易スペクトル法

- 「スペクトル法」をもとにして、水平振動を簡略化。
- 刺激関数には代表的と思われる数値を当てはめ、構造躯体の1次及び2次との共振を評価する。
- 1次共振や2次共振には周期に幅を持たせるとともに、スペクトル法をほぼ包絡する形とする。その他の周期帯は直線で補間する。

水平震度

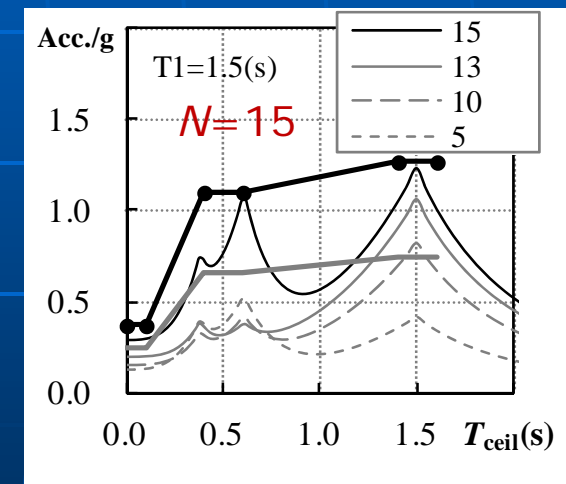
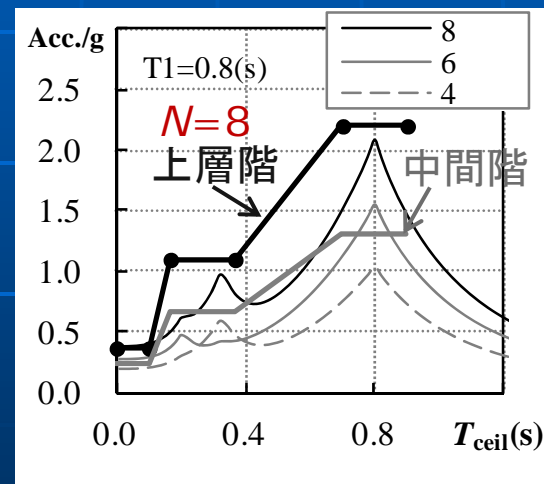
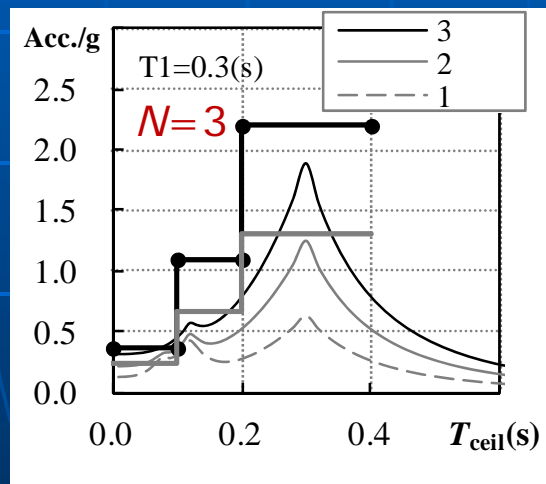


図 簡易スペクトル法(太線)とスペクトル法(細線)の比較

(黒太線と灰太線が簡易スペクトル法の上層階と中間階。建築基準法の稀に発生する地震動(中地震動)を入力地震動とした場合。 N を層数として、1次固有周期を $T_1=0.1N$ とおいた。簡易スペクトル法では2次固有周期 $T_2=T_1/3$ と設定。スペクトル法では3次まで考慮。凡例の数値は下からの層番号。)

評価法の簡略化 (2)震度法

- 簡易スペクトル法の結果をさらに単純化
- 中地震動を入力地震動としたときの水平震度を明示。

表 震度法の案

設置階	共振の程度により分類		
	$T_1/3 < T_{ceil}$ 又は T_{ceil} が不明	$0.1(s) < T_{ceil} \leq T_1/3$	$T_{ceil} \leq 0.1(s)$
上層階	2.2	1.1	0.37
中間階	1.3	0.66	0.24
下層階	0.24		0.10

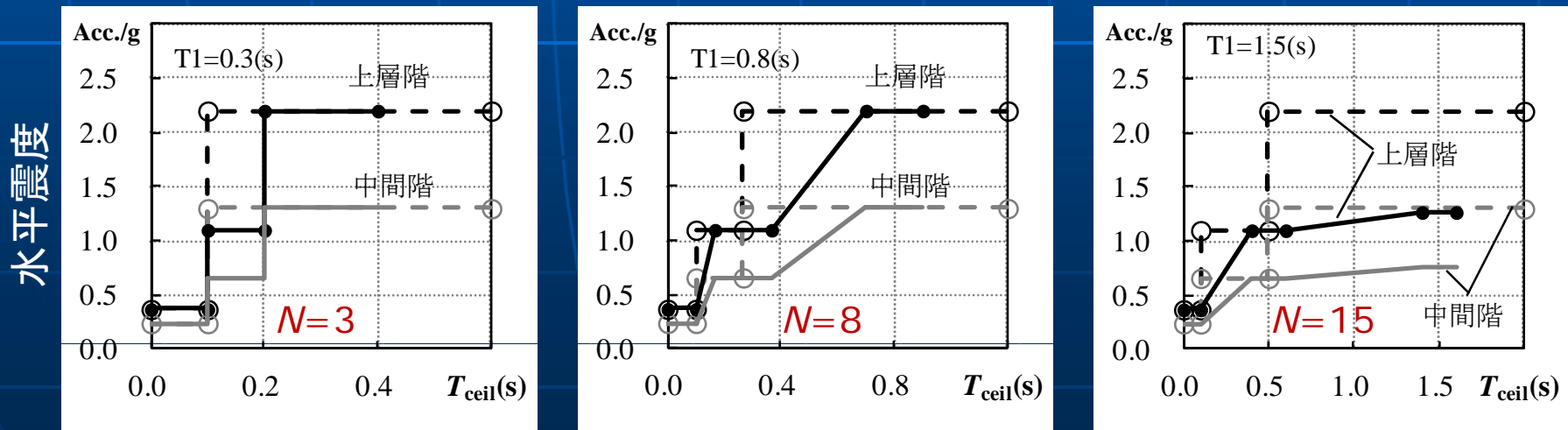


図 震度法(破線)と簡易スペクトル法(実線)との比較

吊り天井の固有周期と許容耐力

在来工法天井の野縁方向の例

- 文献をもとに、剛性とクリップの滑り耐力を設定して計算。
- 単位質量は $M=17\text{kg/m}^2$ 又は 8.5kg/m^2 とする。
- $pb = (\text{ブレースの下側が取り付く吊りボルトの本数}) / (\text{吊りボルトの総本数})$ をパラメータとする。

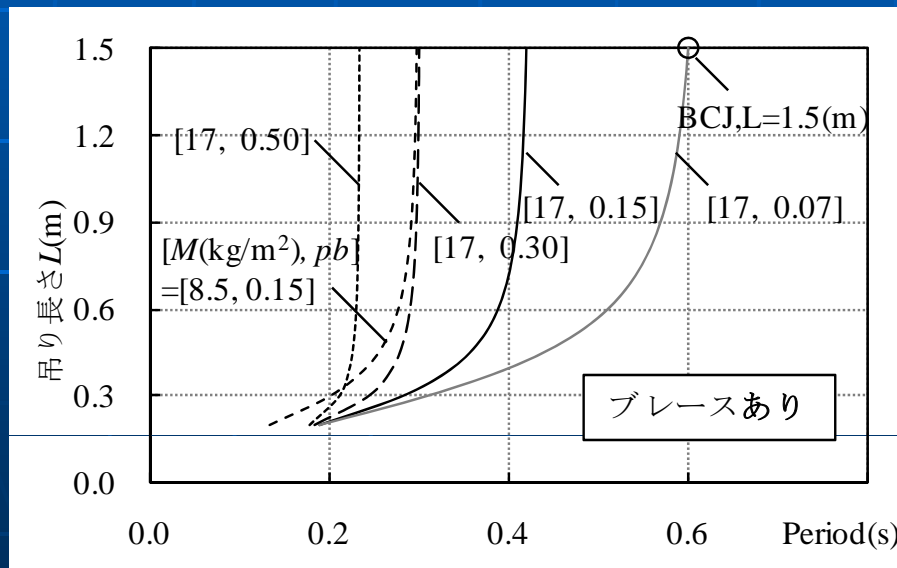


図 固有周期

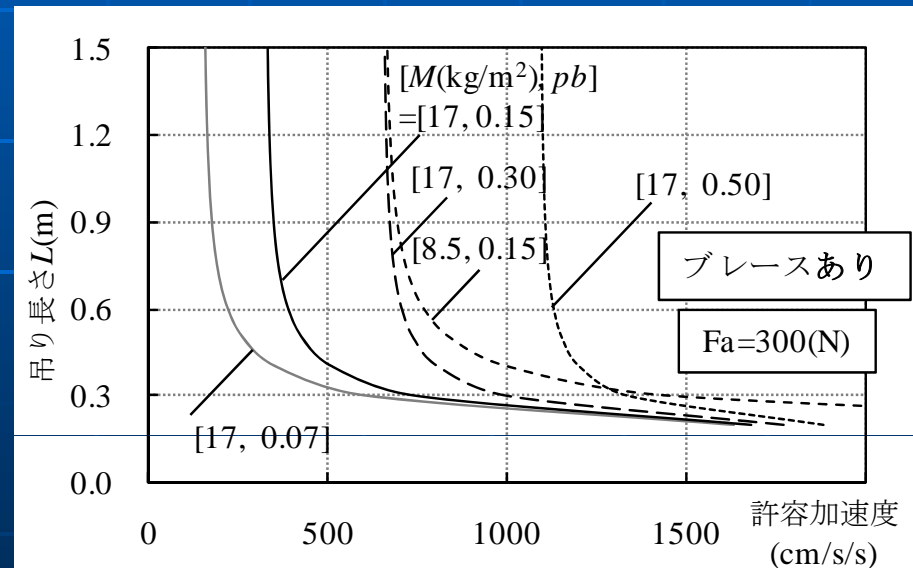


図 許容加速度

⇒ 周期は0.2~0.6秒程度、許容加速度は1G程度が上限

計算のまとめ

- 構造躯体が弾性に留まることを条件として、特に躯体と吊り天井との共振に配慮した吊り元の揺れ(床応答スペクトル)の評価方法として「スペクトル法」、「簡易スペクトル法」、「震度法」を提案した。
- 在来工法天井を対象として、計算に用いる周期と耐力について検討した。吊りボルト間にブレースを設ける場合には、周期は0.2~0.6秒程度となり、クリップの滑りで決定される許容耐力は水平震度で1前後が上限になることを示した。

⑤ まとめと今後の課題

仕様に関する 今後の課題	基準化に向けて必要なこと (行政判断を含む、さらなる整理や微 修正を必要とするもの)	基準の運用に向けて必要なこと (技術的検討を要するもの)	今後の研究課題として取り組 むべきもの (相当の技術的検討を要するもの)
①対象とする範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・システム天井の扱い ・対象とする範囲より重い天井の扱い 		
②耐久性			
③吊り天井の仕様(仕様1)	<ul style="list-style-type: none"> ・JIS A6517に規定する材料以外の材料の扱い ・在来工法による天井以外の吊りボルト設置間隔 	<ul style="list-style-type: none"> ・水平な天井以外の仕様の検討 ・ダクト等で吊りボルトを設置できない場合の補剛 	
			<ul style="list-style-type: none"> ・実験による耐力確認方法の検討 ・上下振動が無視できない場合の仕様の考え方
	<ul style="list-style-type: none"> ・建物の高さ方向の中での位置(何階か)により異なる仕様の設定の有無と程度 	<ul style="list-style-type: none"> ・水平な天井以外の仕様の検討 ・斜め部材について例示する仕様の追加 ・斜め部材接合部の耐力の確認 ・耐力要素としての水平振れ止めの仕様の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験による耐力確認方法の検討
	<ul style="list-style-type: none"> ・設備機器と取り合う箇所の耐震に関する考え方の整理(例:許容される損傷の整理) 	<ul style="list-style-type: none"> ・水平な天井以外の仕様の検討 ・天井周辺部、段差部、設備機器周辺等の衝撃、変位を受ける箇所の剛性の確認方法の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・大きな天井等を切り分ける面積(質量)の閾値の検討
④フェイルセーフ (仕様2)		<ul style="list-style-type: none"> ・仕様の例示 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験による耐力確認方法の検討
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・周囲との衝突・損傷 	<ul style="list-style-type: none"> ・壁に慣性力を負担させる場合の検討 	

⑤ まとめと今後の課題

計算に関する 今後の課題1	基準化に向けて必要なこと (行政的判断を含む、さらなる整理や微修正を必要とするもの)	基準の運用に向けて必要なこと (技術的検討を要するもの)	今後の研究課題として取り 組むべきもの (相当の技術的検討を要する もの)	
①吊り元 の揺れ の評価	(a) スペ クトル 法	・関数Rのピーク付近に周期幅(±0.1秒)を設定	・経験式として得た関数Rの理論的補足説明(共振曲線との比較等)	
	(b) 簡易 スペク トル法	・長周期側の設定 ・「上層階」等の区分の明確化(吹き抜けの場合を含む。) ・低層(短周期)の場合の周期帯及び低減係数設定		・上下応答
	(c) 震度 法			・上下応答
	(d) その 他全般	・外力の小さい短周期側や下層階の判断(下限値の設定など) ・躯体(構造種別等)や天井の周期の計算精度を考えた調整 ・上下振動が無視できない場合の計算方法等の指定 ・他の基規準との外力の比較(BCJガイドライン、AIJ非構造、設備耐震、懸垂物指針、海外の関連基規準、など) ・躯体の構造計算とのバランス検討(構造計算と(a)~(c)の組合せ)	・上下振動が無視できない場合の判断規準 ・クリアランス・衝突関係の考え方の整理 ・告示免震(AIJ指針を参照)	・仕様規定で求めるクリアランスとの対応(計算方法の検討) ・クリアランス・衝突関係の計算方法 ・地震動の継続時間と多数繰返し応答

⑤ まとめと今後の課題

計算に関する 今後の課題2	基準化に向けて必要なこと (行政的判断を含む、さらなる整理や微修正を必要とするもの)	基準の運用に向けて必要なこと (技術的検討を要するもの)	今後の研究課題として取り組むべきもの (相当の技術的検討を要するもの)
②天井の周期・耐力	<ul style="list-style-type: none"> ・許容耐力の位置付けの整理 (実験的検討の余地) 	<ul style="list-style-type: none"> ・斜め勾配屋根に平行な吊り天井でブレースや吊りボルトの座屈で決まる耐力の評価 ・不静定となる組み方や施工手順に対応した初期軸力の影響 ・吊り長さが長い場合の周期や耐力 ・クリアランス、衝突関係の考え方の整理 	<ul style="list-style-type: none"> ・許容耐力を決定するための試験法の整備 ・吊り元の上下応答に対する周期や耐力 ・地震動の継続時間と多数回繰返し応答に対する耐力 ・システム天井(面内剛性のない吊り天井)のモデル化及びクライテリアの設定 ・クリアランス・衝突関係の許容耐力の設定
③全体のまとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・常時(長期)荷重の位置付け ・計算の前提条件を満足するために必要な規定の整理 ・例題(事例)の作成 (設計手順が分かるように。Sd=一定としての設計を含む。) ・システム天井の考え方の整理 ・時刻歴の大臣認定、告示免震、エネルギー法での要求内容 	<ul style="list-style-type: none"> ・被害例との対応 ・既往の実験結果等による妥当性の検証 	<ul style="list-style-type: none"> ・剛性率・偏心率等による構造躯体(及び天井)の不整形の考慮 ・多点入力

⑤ まとめと今後の課題

- 現在使われている仕様、設計・施工・製造等の関係主体の役割分担や実務の実態、関係団体等の意見等を把握し、それらを踏まえて今回検討した内容をレビューし、必要に応じて内容を追記する必要がある。
- 吊り天井の耐震性の検討において、特殊検証ルート的位置付け等を明確にする必要がある。

⑤ まとめと今後の課題

- 今後新たに開発・提案される仕様に対しては、必要に応じて技術的検討を行い、適宜内容を追加する必要がある。また、それらを基準の中でどのように扱うか（基準改正で取り込む、ただし書きで運用する、計算・特別検証ルートで扱う等）について考え方を整理する必要もある。