

2015.3.6(金)
建築研究所講演会

特定天井基準の技術的背景と 設計上の要点



(独)建築研究所
建築生産研究グループ
主任研究員
石原 直

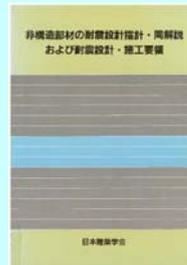
空港ターミナルビルの天井の被害(2011年十勝沖地震)

1

非構造部材の耐震

AII「非構造部材の耐震設計指針」との関わり

- 1978年1月 伊豆大島近海地震
- 同年6月 宮城県沖地震
- 同年6月 大崎順彦(元第3研究部長)と白山和久(元所長、元第2研究部長)の連名で建築学会へ要望書
- 1985年10月 初版 刊行
- 1995年1月 兵庫県南部地震
- 2003年1月 第2版 刊行
- 2011年3月 東日本大震災
- 2013年～ 次期改定に向けた作業



2

内 容

I はじめに

II 特定天井基準の技術的背景

- 1) 水平震度設定の背景:共振、
- 2) 耐えうる地震動レベル、
- 3) 目標と手段

III 設計上の要点

- 1) 斜め部材の配置、
- 2) 2次部材の設置、
- 3) 外力算定、
- 4) 部材構成、
- 5) 線形応答の前提、
- 6) 層間変形角、
- 7) 軒天風圧

IV 関連動向

- 1) クリアランスのない天井、
- 2) 基準を超えるレベルの地震動に対応した地震力の検討

V おわりに

※グレーの項目は発表省略。

3

I はじめに

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
H13(2000)	芸予地震	体育館、武道場
H15(2003)	十勝沖地震	空港ターミナルビル
H16(2004)	新潟県中越地震	体育館
H17(2005)	宮城県沖を震源とする地震	温水プール
H19(2007)	能登半島地震	体育館
H23(2011)	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

4

I はじめに 東日本大震災での天井脱落等の被害

「建築物における天井脱落対策試案」について 参考資料

東日本大震災での天井脱落の被害

- 東日本大震災では、体育館、劇場、商業施設、工場などの大規模空間建築物の天井について、比較的新しい建築物も含め、脱落する被害が多く見られた。
- 報道等によれば、天井の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、(社)日本建築業連合会からの報告によれば、約2000件と推定されている。

●死者5名、負傷者72名以上
●被害件数約2000件判明



音楽ホールにおける天井の脱落



体育館における天井の脱落

※国土交通省HPより



水平な天井

H23基整促

東日本大震災での
天井脱落等の被害



山形架構の屋根面に平行な天井 6

被害の後... 茨城空港



7

被害の後... せんだいメディアテーク



せんだいメディアテーク・仙台市民図書館：
東日本大震災の記録 — 3.11をわすれないために —、平成24年2月
<http://www.smt.jp/toplus/wp-content/uploads/2012/03/45cfbf6b525bb3ffe80082b6db21c07d.pdf>

8

建研・国総研による調査

(独)建築研究所では、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震被害調査報告」をHPで公開しております。

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/20110311/0311report.html>

天井の被害



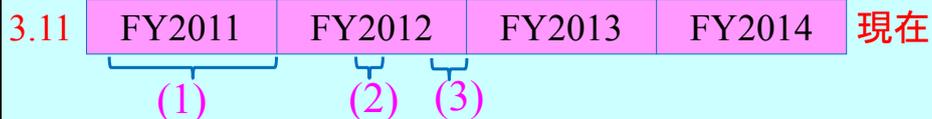
写真5.3-13 天井(システム)の落下



写真5.3-15 天井の落下

9

I はじめに 特定天井基準の経緯(1/2)



(1) 平成23年度建築基準整備促進事業(2011春～2012/3)

H23基整促

一般社団法人 建築性能基準推進協会 報告会資料(建研との共同研究(一部は技術指導))<http://www.mlit.go.jp/common/000208403.pdf>

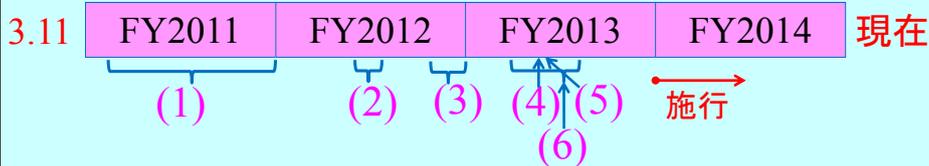
(2) 「建築物における天井脱落対策試案」(意見募集2012/7/31～9/15) http://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000332.html

(3) 建築基準法施行令及び関連省令並びに関連告示の制定・一部改正案に関するご意見募集(2013/2/28～3/29)

http://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000387.html

10

I はじめに 特定天井基準の経緯(2/2)



(4) 建築基準法施行令の一部を改正する政令について

閣議決定 **2013/7/9**、公布 **2013/7/12**、施行 **2014/4/1**

http://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000414.html

(5) 関連告示の制定・改正 公布 **2013/8/5** (官報 号外第170号)、施行 **2014/4/1**

「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」(平25国交告第771号)、等

(6) 解説書、設計例の作成 **2013/6~2013/9**

天井脱落対策に係る
技術基準の解説

11

II 特定天井基準の技術的背景

1) 水平震度設定の背景: 建築物と天井の共振

目的: **与条件**を考慮すべき項目に結び付ける方法の提案

H23基整促

< 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**

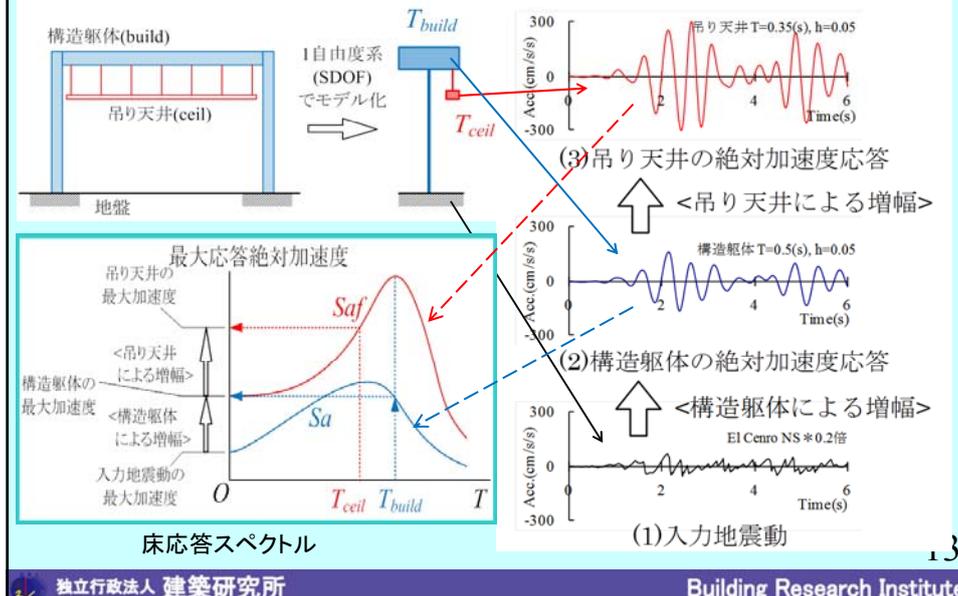
< 与条件 >

- 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】

12

Ⅱ 特定天井基準の技術的背景

1) 水平震度設定の背景: 建築物と天井の共振



Ⅱ 特定天井基準の技術的背景

1) 水平震度設定の背景: 建築物と天井の共振

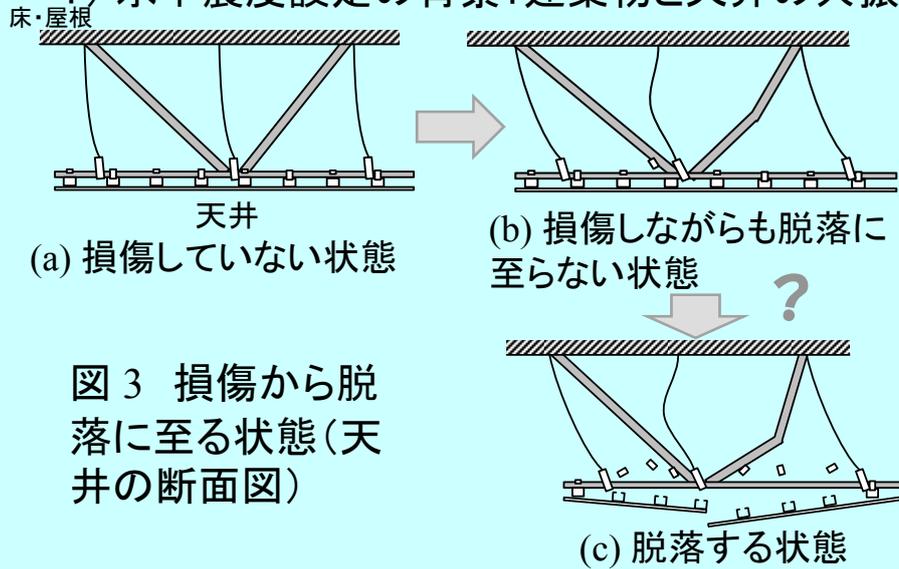
床応答スペクトルの簡易評価法検討の前提

[1] 損傷しながらも脱落には至らないという状態を設計で判断するのは困難であるため、天井が損傷しないことを判断する。

[2] 建築基準法における他の非構造部材との並びも考慮して外力レベルとしては稀に発生する地震動(中地震動)を対象とする。

Ⅱ 特定天井基準の技術的背景

1) 水平震度設定の背景: 建築物と天井の共振



15

Ⅱ 特定天井基準の技術的背景

1) 水平震度設定の背景: 建築物と天井の共振

従来の非構造部材は1G
程度の地震力で設計

表 設計用標準水平震度

場所	高耐震	一般
上層階	1.0	1.0
中間階	1.0	0.6
1階	0.6	0.4

注) 「官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説 平成8年版」表4.3を簡略化して表示

特定天井基準

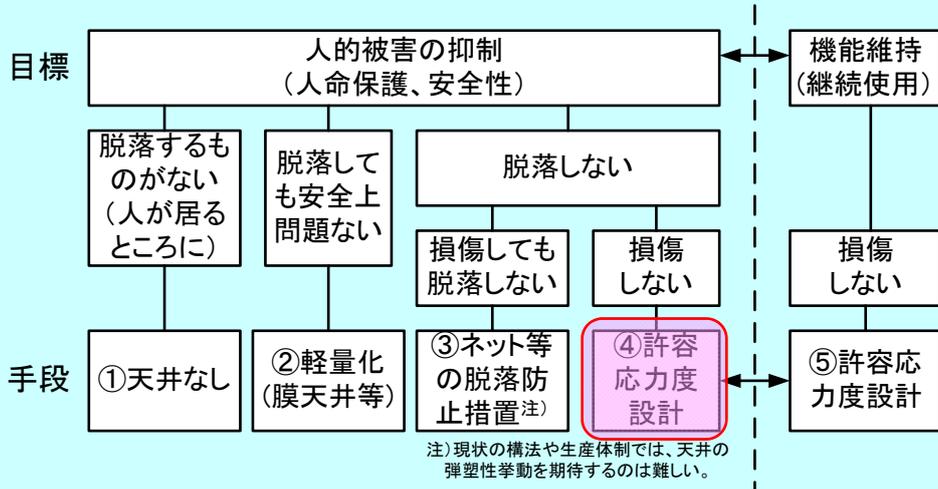
- 共振を重視
- 応答倍率は時刻歴応答解析結果に基づく経験則としてやや大胆に設定

中地震動を対象としながらも最大で**2.2G**

16

Ⅱ 特定天井基準の技術的背景

3) 目標と手段



17

Ⅲ 設計上の要点

1) 斜め部材の配置

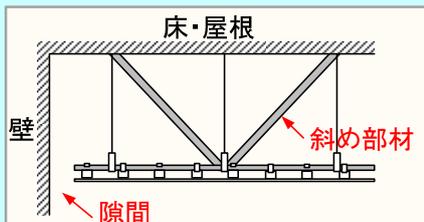


図 特定天井基準の概要
(壁際の断面図)

- 接合部に見合った斜め部材の組合せ
- 分散配置が基本
- 天井裏のダクト等の設備類との干渉を確認

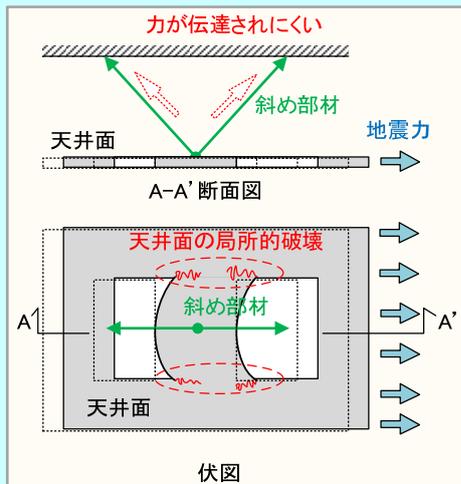


図 開口の間に設置された斜め部材

18

Ⅲ 設計上の要点

4) 部材構成

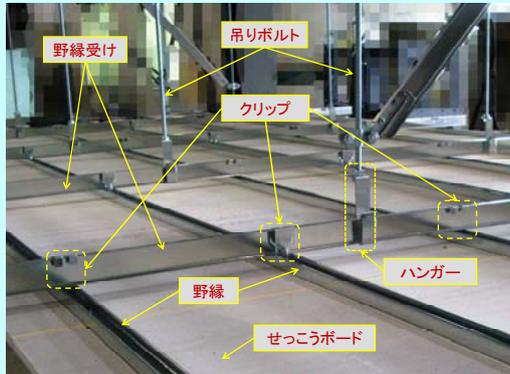


写真 一般的な天井溝形(コの字形)の断面形状を持つ部材、接合部での偏心接合
 ⇒部材や接合部のねじれ等を適宜考慮。実験結果を踏まえた適切な剛性・耐力の設定。



写真 クリップの外れ

Ⅲ 設計上の要点

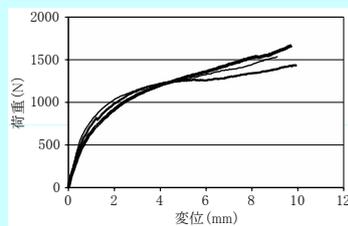
5) 線形応答の前提

概ね線形範囲であることを前提とした検証方法

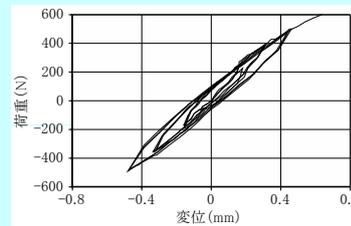


設計者判断の面があるが、公平な判断のため、評価法のさらなる検討や運用の合意形成も必要。

試験における非線形性、履歴ループ、残留変形



(a) 一方向加力



(b) 正負繰り返し加力

図 クリップ接合部の試験の結果例

Ⅲ 設計上の要点

6) 層間変形角

ぶどう棚(支持構造部)でも注意。

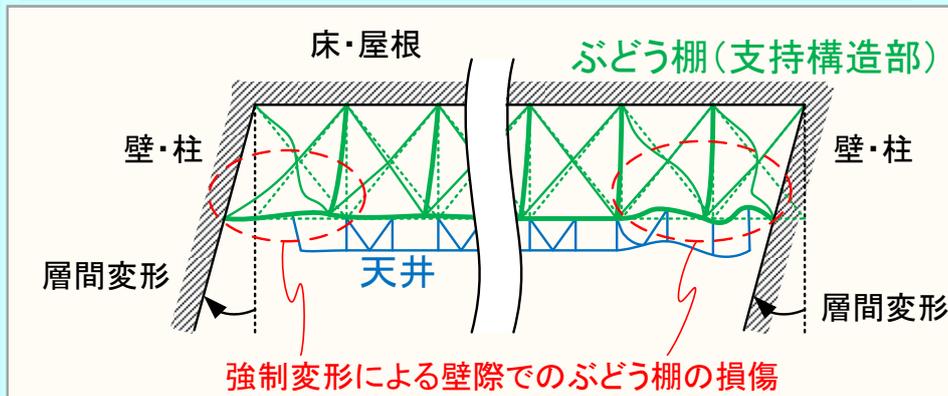


図 強制変形によるぶどう棚の損傷

損傷のおそれ⇒クリアランス or 変形追随可能な構成

21

Ⅲ 設計上の要点

7) 軒天風圧

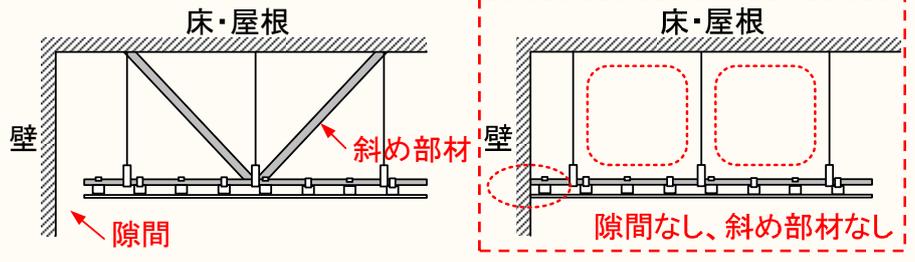
- 軒の天井等のために耐風圧仕様がある。
- 必要に応じて座屈しないように吊りボルトに角パイプ等の補剛材を添える場合がある。
- しかし、近年の研究によれば、吊りボルトを補剛してもその下部に取り付けるハンガーやその周辺の変形によって補剛効果は頭打ちとなることが報告されている。
- 屋外で大きな風圧を受ける場合にはハンガー等の金物類にも配慮する必要がある。

22

IV 関連動向

1) クリアランスのない天井(1/4)

平成25年度(FY2013)基整促「周囲の壁等との間に隙間のない吊り天井の耐震性に関する技術資料の整備」
(事業主体:戸田建設株式会社、共同研究:(独)建研)



特定天井
(壁際の断面図)

クリアランス(隙間)のない
天井の概要(壁際の断面図)

23

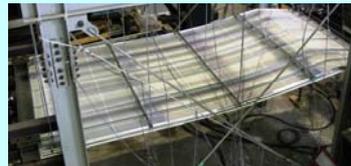
IV 関連動向

1) クリアランスのない天井(2/4)

耐力の評価



曲げ実験



面内圧縮実験

外力の評価

※クリアランスなしだが、施工等の理由から不可避免的に生じる隙間により壁等と衝突を生じる際の外力を評価する。



写真3 振動台実験



写真4 大規模加振実験

24

IV 関連動向

1) クリアランスのない天井(3/4)

加振実験での破壊形態



せっこうボード
の落下(耐風圧
クリップを使用)

クリップの外れによる天井面の落下

25

IV 関連動向

1) クリアランスのない天井(4/4)

解析法の適用性検討

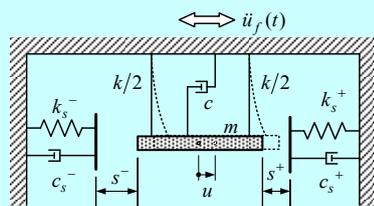


図 1 自由度系モデル

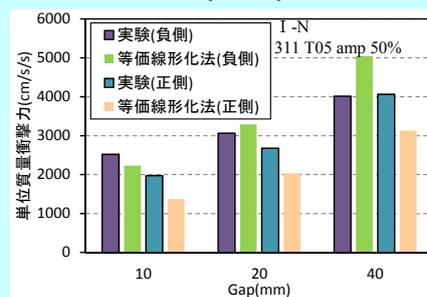


図 衝撃力推定(等価線形化法)

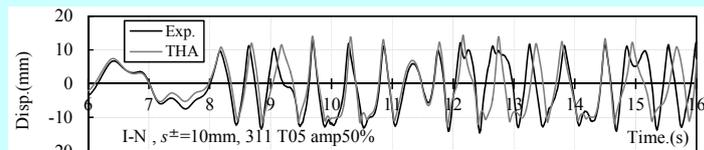


図 相対変位の比較 (Exp.: 実験、THA: 時刻歴応答解析)

26

IV 関連動向

2) 基準を超えるレベルの地震力の検討

特定天井基準は中地震動レベル

⇒より大きなレベルの地震動に対する地震力を検討

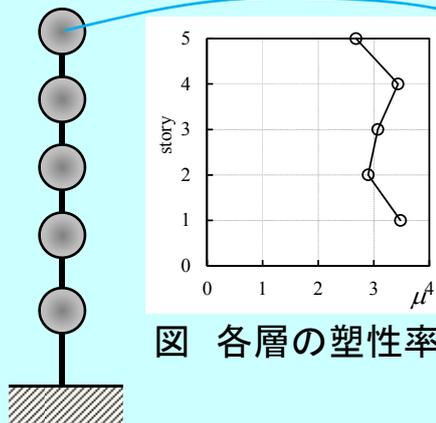


図 各層の塑性率

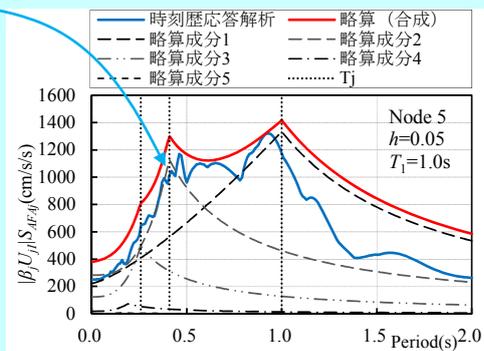


図 床応答スペクトル

27

V おわりに

本発表では、特定天井基準の技術的背景、設計上の要点、関連動向、を紹介した。

今後の課題

- 既存改修
- 音響に配慮するホール等の重量のある天井など

当面は実務上の混乱もあるかと思うが、技術開発や研究が進められることにより、様々な選択肢が出てくることを期待したい。

28

ご清聴、ありがとうございました。