

第4回 建築構造基準委員会

議事次第

中央合同庁舎4号館12階1208会議室

平成24年7月9日(月)16:00~18:00

1 開会

2 議事

(1) 東日本大震災における建築物の被害を踏まえた安全性確保対策について

①東日本大震災への対応状況について

②天井脱落対策に係る技術基準原案について<審議>

③エスカレーター落下防止対策に係る技術基準原案について<審議>

(2) 長周期地震動への対応について

・「長周期地震動対策検討WG」の検討状況について

(3) その他

①建築基準整備促進事業の成果を踏まえた取り組み状況について

②平成24年5月6日に発生した竜巻について

③薄板軽量形鋼造に関する技術基準の見直し案について

3 閉会

— 東日本大震災への対応状況 —

- ・ 速報 (2011/5) 以降の検討
 - ・ 津波避難ビル基準関連
-

建築研究部



国土交通省

国土技術政策総合研究所

NILIM National Institute for Land and Infrastructure Management

1. 震災調査・分析等

- ・2011/5 震災調査速報公開・発刊
---- 2011/8/18 第2回建築構造基準委員会 ----(震災調査)
- ・2011/9 震災調査速報(英語版)公開・発刊
---- 2011/10/13 第3回建築構造基準委員会 ----(津波指針案)
- ・2012/3 震災調査報告 公開(7月 発刊予定)

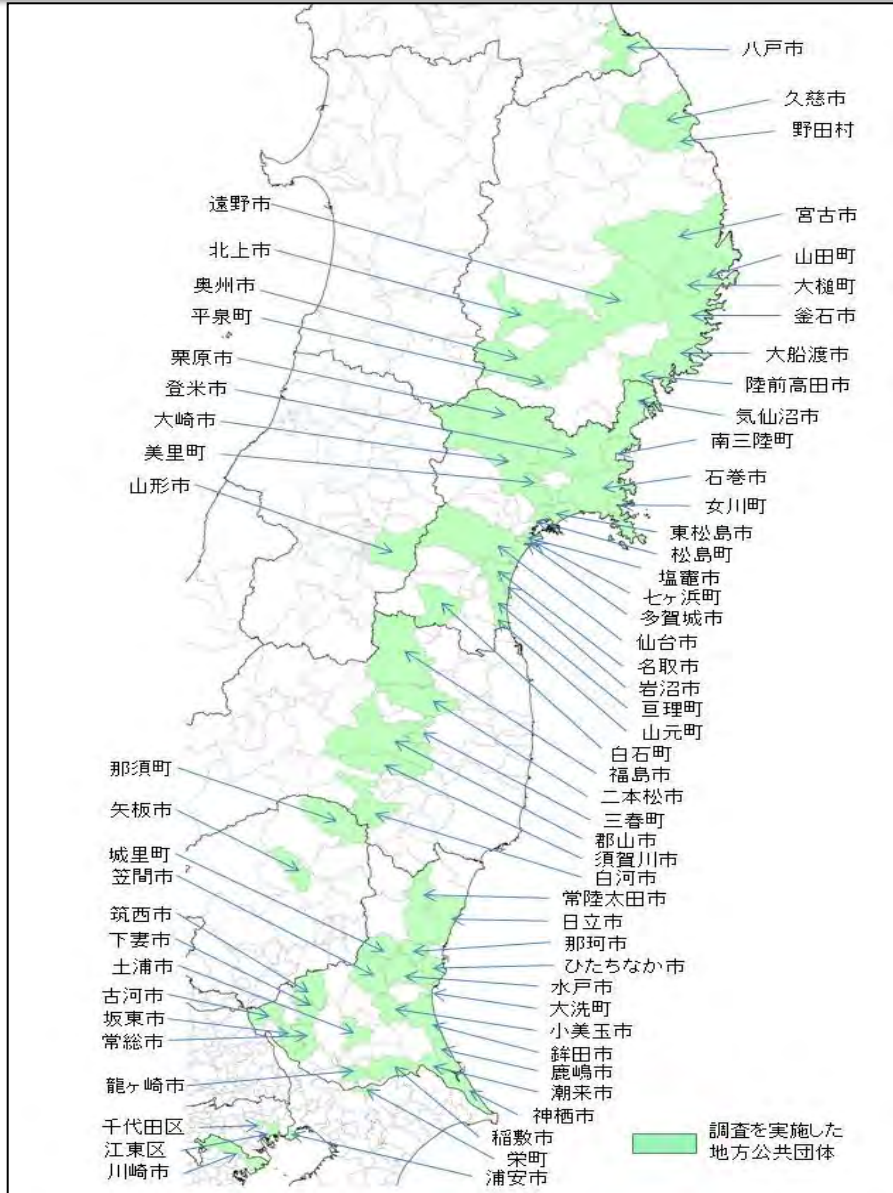
2. 津波避難ビル等の構造上の要件に関する技術基準

- ・2011/11 H23国住指2570号(追加的指針(技術的助言))
- ・2011/12 H23国交告第1318号(津波に対して安全な構造)
- ・2012/2～基準解説及び設計例に関する講習会(主催 性能協)を各地で実施

1. 震災調査・分析等(速報以降)

(1)建築物の被害調査の概要

■建築物の被害状況に関する現地調査の実施



- ・発災翌日から調査開始
- ・発災後1ヶ月間で、のべ65名
(建研・国総研計)を調査派遣、
約140名を調査派遣。

- 「平成23年東北地方太平洋沖地震調査研究」((独)建築研究所と共同)
:「速報」を公表(H23.5)
:「(最終報告)」を公表(H24.3)
* 以上はHPで公開

(2)最終報告書での検討項目 (第3章 被害の概要 抜粋)

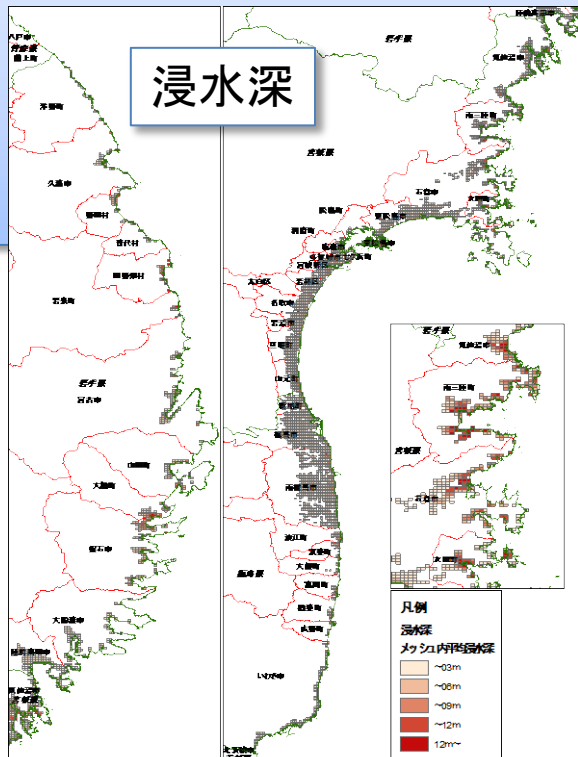


■地震概要 震源：三陸沖、深さ24km、モーメントマグニチュード：9.0

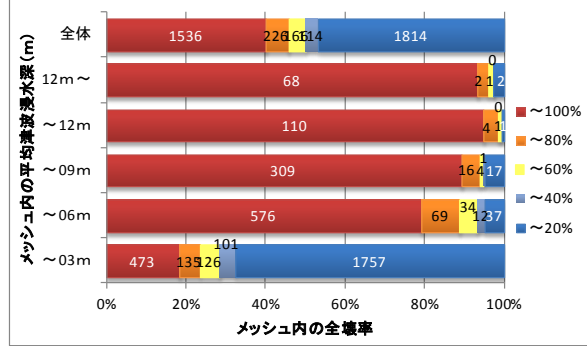
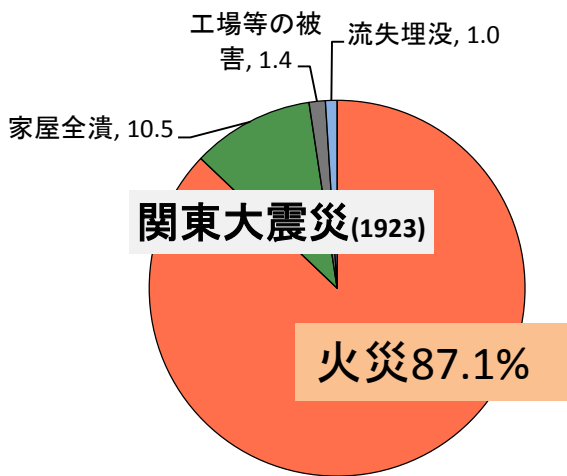
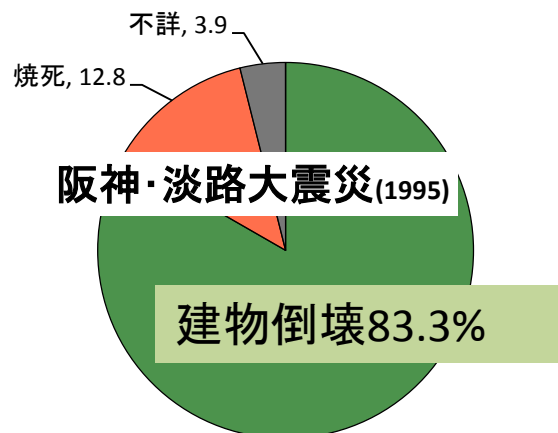
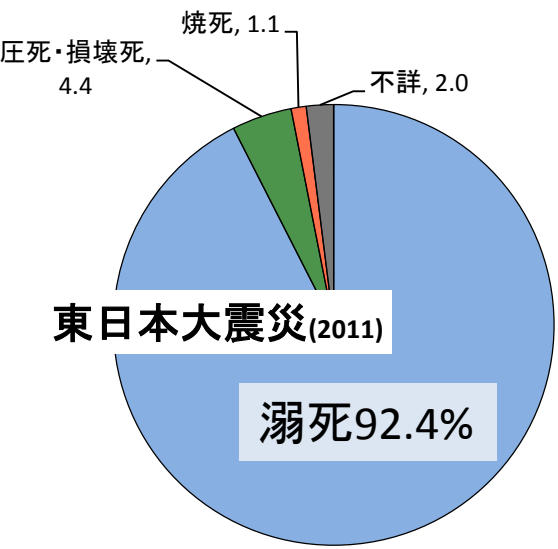
■被害概要 (警察庁：平成24年7月4日付け)

○人的被害：死者15,866人、行方不明2,946人

○建物被害：全壊130,443戸、半壊263,099戸



死因の比較



出典
『『日本地震工学学会論文集Vol.4.No.4September 2004』、
関東地震(1923年9月1日)による被害要因別死者数の推定、
諸井孝文・武村雅之』、「神戸市内における検死統計
(兵庫県監察医、平成7年)」、警察庁資料より内閣府作成
(平成23年4月11日現在の東日本大震災における死因(岩
手県・宮城県・福島県))

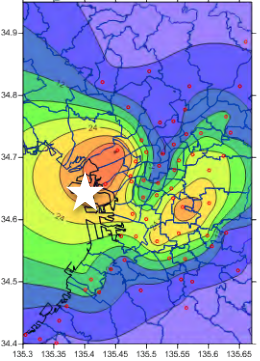
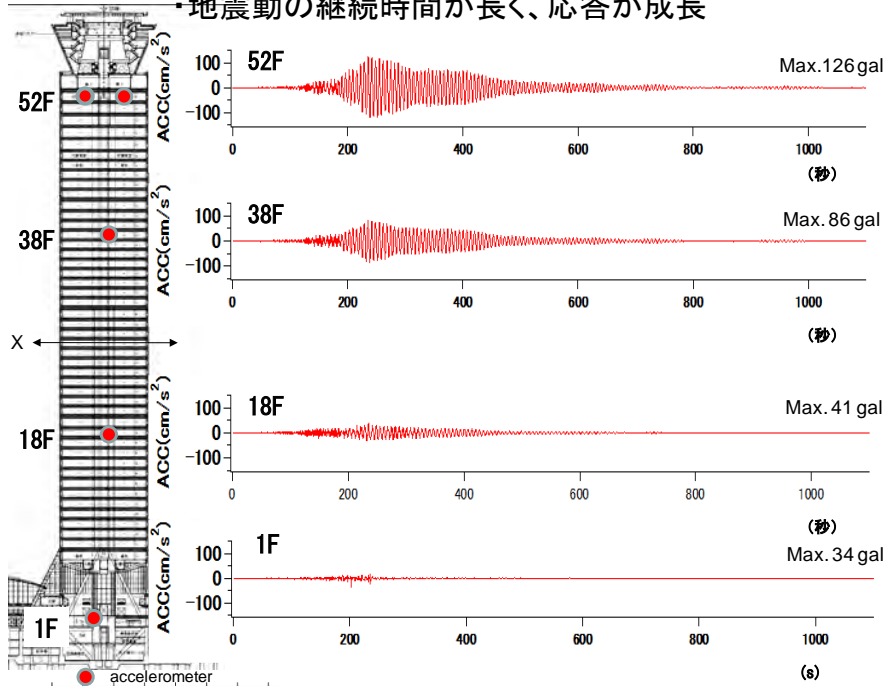
都市局調査によるメッシュデータを用いた分析 (建物被災状況、全壊率、浸水深) 5

(3)最終報告書での検討項目 (第4章 強震観測等 抜粋)

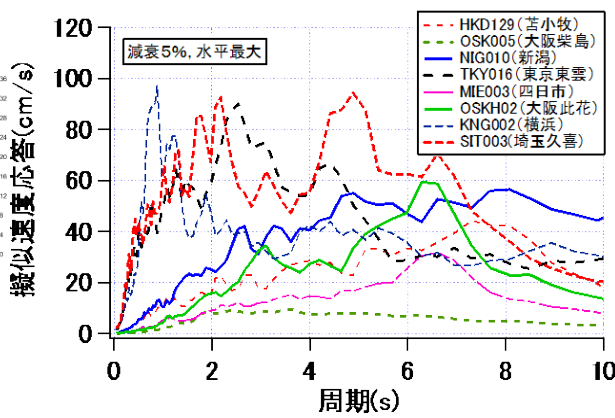
■長周期地震動に関する評価

震源から770km(大阪)に立地するh=256mの超高層庁舎

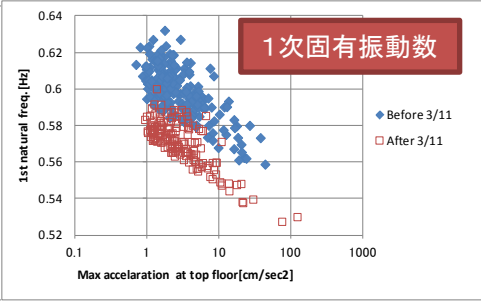
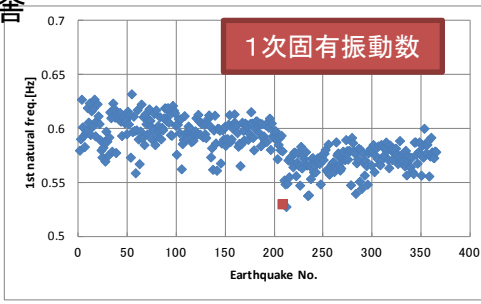
- ・地盤の周期と建物周期が近接
- ・地震動の継続時間が長く、応答が成長



周期6.4秒におけるpSv(h=5%)
☆地点で約30cm/s

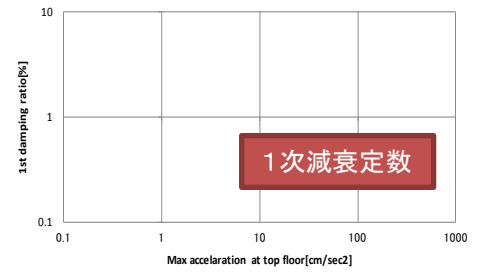


■観測記録に基づく建物応答の分析



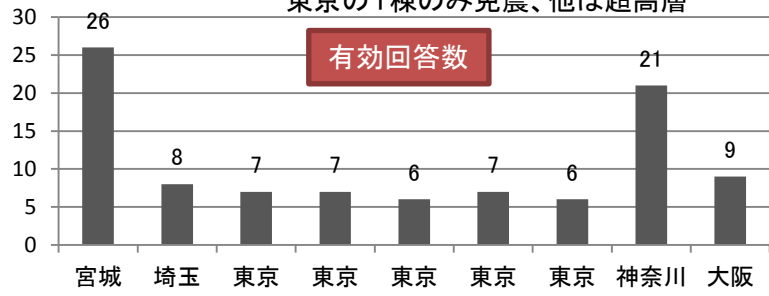
地上21F/塔屋1F(S造・東京都)
履歴型・粘性ダンパー設置

- ・本震前後で固有周期、減衰等が変動
- ・上部構造の応答に応じ、数値やばらつきが変化



■建物管理者・使用者へのアンケート調査

東京の1棟のみ免震、他は超高層

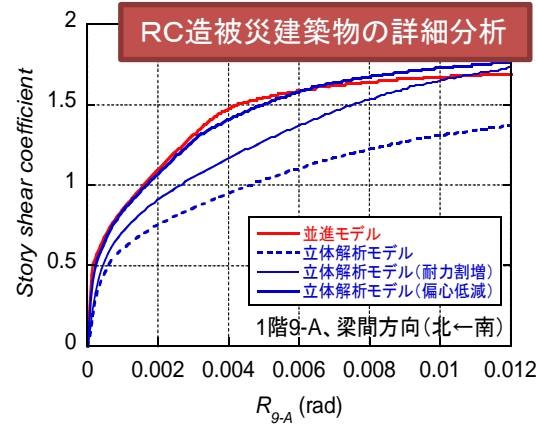


管理者向け質問: 構造体、非構造部材、ライフラインの被害
BCP対応、避難、点検等の対応

使用者向け質問: 行動、揺れの体感、恐怖感、不安感
吊り下げ物、食器、家具等の挙動 など

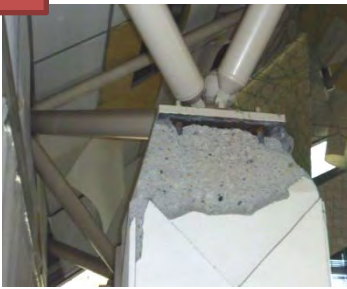
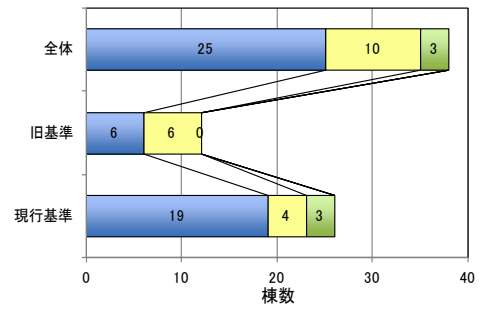
(4)最終報告書での検討項目 (第5章 各種構造の地震被害 抜粋)

- RC造: 兵庫県南部地震との被害形態の比較
被災建築物の詳細解析(補強想定)
- S造: 体育館被害と I_s 、設計基準と相関分析
- 木造: 個別18物件の詳細図面に基づく分析
- 免震: 入力動と免震層の応答性状の検討
- 地盤: 液状化判定式の適用性の検討

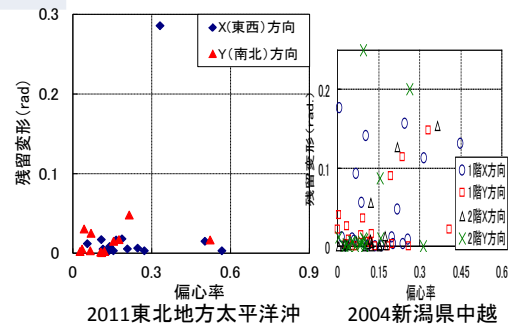


1995年兵庫県南部地震で見られたRC造建築物の被害の分類 (架構レベルの破壊)	被害の有無	
	阪神大震災	東日本大震災
ピロティ階の崩壊または大破	◎	○
壁の偏在に起因するねじれ応答による隅柱等の破壊	○	○
低層建築物での中間の特定階の崩壊または大破	○	○
中高層建築物での中間の特定階の崩壊または大破	○	—
セットバックの影響による層崩壊	○	—
建築物全体の転倒	○	—
パンケーキ状の崩壊	○	—
隣接建物との衝突	○	—
異種構造間での破壊	◎	—
ペントハウスの傾斜、転倒、落下	○	○
プレキャストコンクリート屋根の落下	○	—

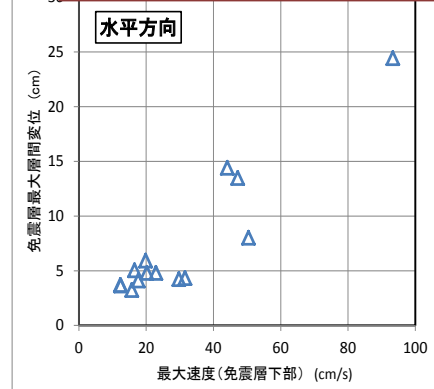
鉄骨造屋根支承部の被害分析



木造偏心率と残留変形



入力最大速度と免震層変位



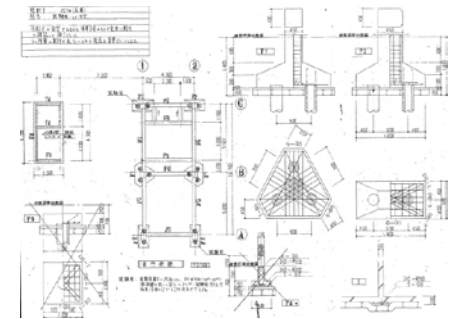
- 構造部材に関しては、過去の被害地震における傾向の範囲内(レベルは小さい) → 現行基準の妥当性確認
- 天井落下等非構造部材の被害について引き続き検討の必要



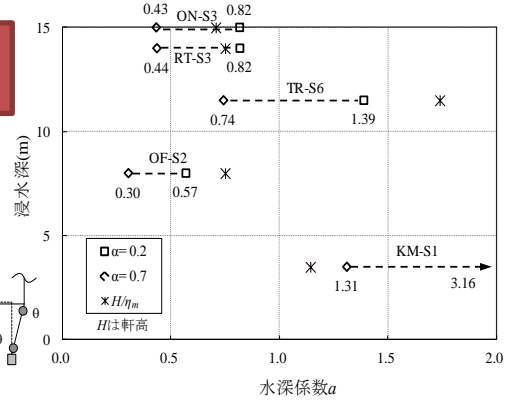
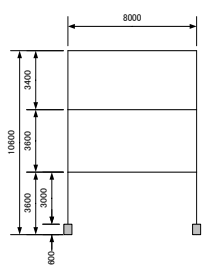
(5)最終報告書での検討項目 (第6章 各種構造の津波被害 抜粋)

- RC造: 建築物転倒の解析的検証
液状化時の杭の引抜耐力の検討
- S造: 開口による波力低減効果の検証
- 木造: 木造住宅の耐え得る浸水深の検討
及び設計法の提案

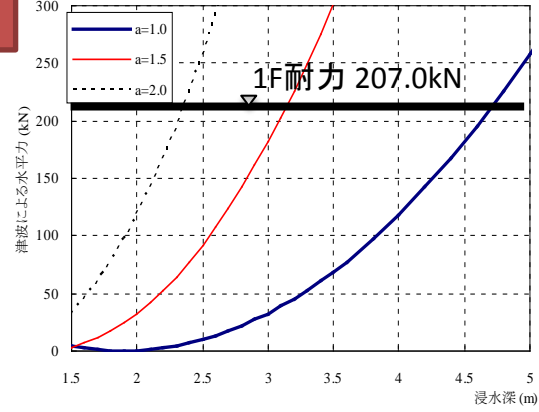
RC造転倒建築物の詳細検討



鉄骨造の骨組耐力と開口を考慮した水深係数の検討

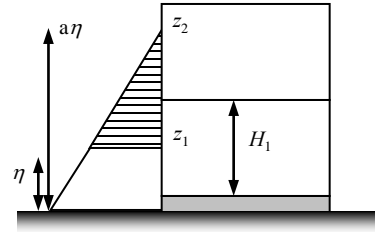


木造建築物の耐力と波力



- 転倒、滑動等の現象や、開口の影響について検証
- 構造設計法についての提案

(これらは別途作成した設計例に活用)



建物仕様 津波荷重	開口低減無し			
	壁量計算		品確法等級3	
水深係数	6P×6P	8P×8P	6P×6P	8P×8P
a= 3.0	0.9m	1.0m	1.0m	1.1m
a= 2.0	1.4m	1.5m	1.6m	1.7m
a= 1.5	1.9m	2.0m	2.1m	2.2m

今後の研究等において取り組むべき課題（建築分野）

1. 地震動、建築物の地震応答の評価のための強震観測の充実とデータの蓄積
: 引き続き観測体制の充実
2. 建築物の機能維持の観点からの更なる検討
: 天井落下防止のための更なる検討 等
3. 長周期地震動に対する更なる検討
: 対策試案で提示した観測データに基づく手法の検証・精度向上
4. 宅地の液状化対策のあり方についての検討
: 簡易な調査・判定法の確立についての研究
5. 津波避難ビル等の指針合理化のための検討
: 津波避難ビル等の構造上の要件に係る指針、技術基準告示（津波防災地域づくり法）に反映
: 開口部の影響の反映方法の合理化等の検討

等

2. 津波避難ビルの構造上の要件 に関する技術基準 等について



津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針
 : 住宅局及び国総研によりとりまとめ。(H23.11.17住宅局通知)
 津波防災地域づくり法に基づく技術基準告示 (H23.12.27)

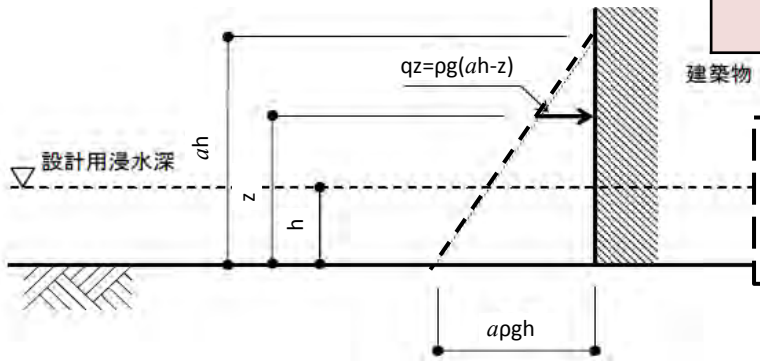
主な見直し

●津波荷重の設定の合理化

従来のガイドライン
 (実験に基づき設定)
 一律、浸水深の**3.0倍**
 の静水圧



① 堤防や前面の建築物等による軽減効果が見込まれる場合	2.0倍
② ①のうち、海岸等からの距離が離れている場合 (500m以遠)	1.5倍
③ ①、②に該当しない場合	3.0倍



併せて、荷重算定にあたって、以下のことを明示
 ①開口部 (窓等) への流入による波力低減が可能
 ②ピロティの開放部分は荷重算定の対象から除外

※上記の他、浮力による転倒に関する検討、洗掘への設計上の配慮、漂流物の衝突への設計上の配慮について 明確化

(5)技術基準の普及 (①設計例の作成・提示)

主要な構造について、実務者支援のため基準の解説の作成及び複数の設計例を関係機関の協力を得て作成、講習会^{注)}を実施 (H24.2.29～)。具体の計算プロセスを提示。

1. 鉄筋コンクリート造

6階建て共同住宅(浸水深10m、水深係数2.0)

8階建て共同住宅(浸水深15m、水深係数2.0)

10階建て事務所(浸水深10m、水深係数2.0および1.5)

2. 鉄骨造

10階建て事務所(浸水深8m、水深係数2.0)

10階建て事務所(一部柱CFT造)(浸水深10m、水深係数2.0)

3. 木造

集成材を用いた3階建て事務所(浸水深4m、水深係数1.5)

木造3階建て住宅(浸水深3m、水深係数1.5) *

木造2階建て住宅(浸水深2m、水深係数1.5) *

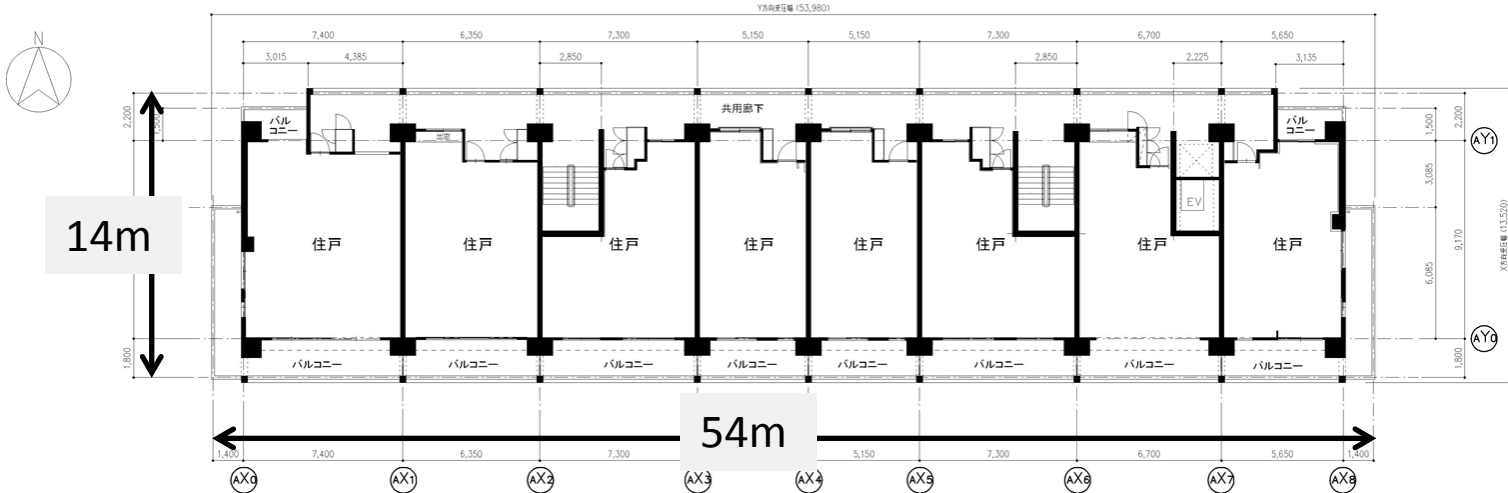
付録 混構造住宅における設計上の留意事項

注) * は避難ビルではなく、参考例として掲載。

注)本省補助を受けた一般社団法人 建築性能基準推進協会主催により実施

(5)技術基準の普及 (②設計例：RC造共同住宅6階建て)

鉄筋コンクリート造の共同住宅(6階建て)について、設計用浸水深**10m**、水深係数 $a=2.0$ 対応(静水压換算**20m**)の設計例を作成



基準階平面図

地上6階建て



立面図

(5)技術基準の普及 (②設計例：RC造共同住宅6階建て)

○水平耐力確保

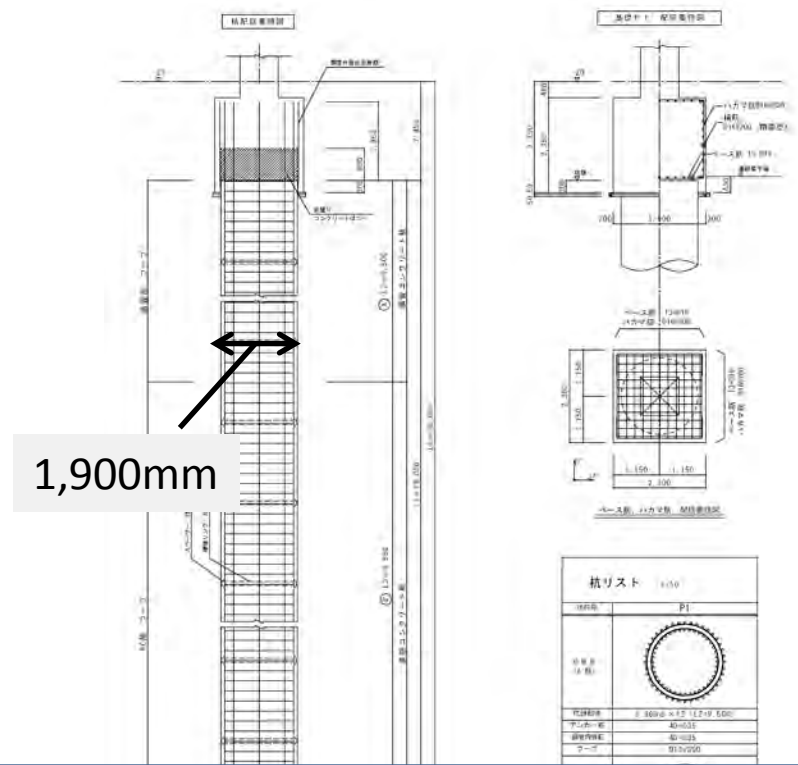
耐力壁：厚さ(1階)原設計230mm→(津波避難ビル)350mm が必要

○転倒耐力の確保

鋼管コンクリートくい：原設計φ1300mm→(津波避難ビル)φ1900mm が必要

耐力壁リスト S-I-30

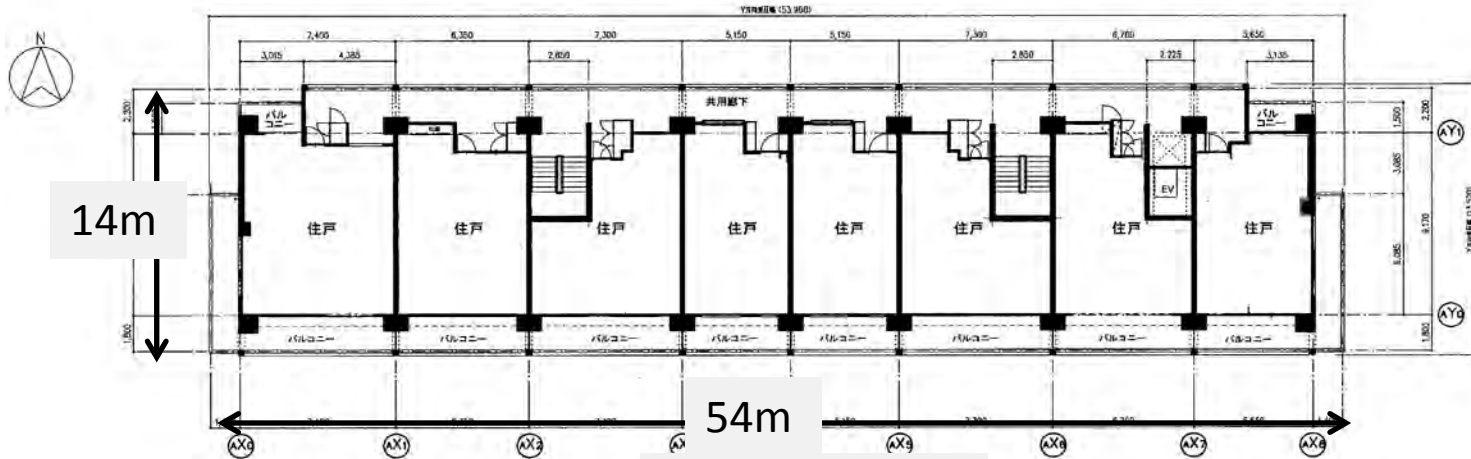
通り名	AX0, AX8	AX1~AX7
階	EW25	EW18
6	壁厚(t) 250	180
階	縦筋 D13@150(D)	D10@150(D)
	横筋 D13@200(D)	D10@150(D)
	備考	
5	EW25A	EW18
階	壁厚(t) 250	180
	縦筋 D13@150(D)	D10@150(D)
	横筋 D13@150(D)	D10@150(D)
	備考	
4	EW30	EW20
階	壁厚(t) 300	200
	縦筋 D16@150(D)	D13@200(D)
	横筋 D13@200(D)	D13@200(D)
	備考	
3	EW30A	EW20
階	壁厚(t) 300	200
	縦筋 D16@150(D)	D13@200(D)
	横筋 D13@150(D)	D13@200(D)
	備考	
2	EW35	EW23
階	壁厚(t) 350	230
	縦筋 D19@150(D)	D13@150(D)
	横筋 D16@200(D)	D13@150(D)
	備考	
1	EW25A	EW23
階	壁厚(t) 350	230
	縦筋 D19@150(D)	D13@150(D)
	横筋 D16@150(D)	D13@150(D)
	備考	



これらにより津波に対する耐力を確保、耐震設計上の必要保有水平耐力の1.6倍 (X方向：張り間) 2.4倍 (Y方向：けた行)

(5)技術基準の普及 (③設計例：RC造共同住宅8階建て)

鉄筋コンクリート造の共同住宅(8階建て)について、設計用浸水深15m、水深係数 $a=2.0$ 対応(静水圧換算30m)の設計例作成



地上8階建て

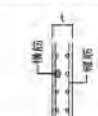



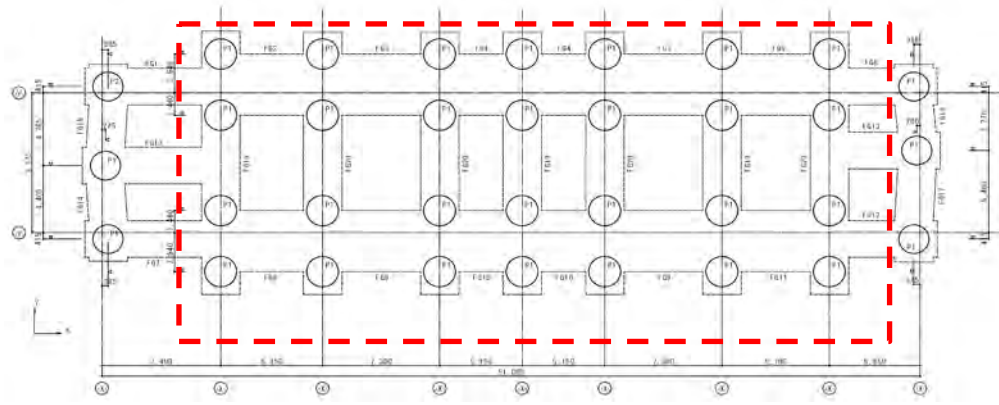
立面図

(5)技術基準の普及 (③設計例：RC造共同住宅8階建て)

- 水平耐力確保
耐力壁(1階)の壁厚:500mm
- 転倒耐力確保
鋼管コンクリートくい:2本1組にして設置(原設計(*6階建建替ビル)20本→34本)、φ2,000mm

耐力壁リスト S=1:30

通り名	AX0, AX8			AX1~AX7		
縦断面要領図						
	壁符号	壁厚(t)	配筋	壁符号	壁厚(t)	配筋
8階	EW25	250	縦筋 D13@100(D) 横筋 D13@100(D)	EW20	200	縦筋 D13@200(D) 横筋 D13@200(D)
7階	EW30	300	縦筋 D13@100(D) 横筋 D13@100(D)	EW20	200	縦筋 D13@200(D) 横筋 D13@200(D)
6階	EW30A	300	縦筋 D13D16@100(D) 横筋 D13@100(D)	EW25A	250	縦筋 D13@100(D) 横筋 D13@100(D)
5階	EW35	350	縦筋 D13D16@100(D) 横筋 D13@100(D)	EW25A	250	縦筋 D13@100(D) 横筋 D13@100(D)
4階	EW35	350	縦筋 D13D16@100(D) 横筋 D13@100(D)	EW35A	350	縦筋 D13@100(D) 横筋 D13@100(D)
3階	EW40	400	縦筋 D16@100(D) 横筋 D13@100(D)	EW35A	350	縦筋 D13@100(D) 横筋 D13@100(D)
2階	EW45	450	縦筋 D16@100(D) 横筋 D16@100(D)	EW45A	450	縦筋 D16@100(D) 横筋 D16@100(D)
1階	EW50	500	縦筋 D16D19@100(D) 横筋 D19@100(D)	EW50A	500	縦筋 D19@100(D) 横筋 D19@100(D)



くい伏図

これらにより津波に対する水平耐力を確保、
耐震設計上の必要保有水平耐力の1.3倍 (X方向：張り間)
2.6倍 (Y方向：けた行)

3. 東日本大震災を踏まえた技術基準等の検討状況（概要）



津波避難ビルの構造上の要件等の基準の整備

H23.11.17 指針公表・通知(国住指第2570号)

H24.12.26,27 津波防災地域づくり法省令・技術基準告示制定

H24.2.29～ 技術資料(「津波避難ビル等の構造上の要件の解説、約500頁)を整備し、各地で講習会を実施。

天井落下防止のための基準の整備

: 脱落被害を踏まえ、耐震対策のための仕様、計算方法等の技術基準を検討中。

エスカレーターの落下防止のための基準の整備

: 商業施設において脱落被害、脱落防止のための技術基準を検討中。

地盤の液状化への対応

: 戸建て住宅を中心に情報提供方策等を念頭に検討中。(平成24年度建築基準整備促進事業において小規模建築物に適用する簡易な液状化判定手法について調査検討。)

長周期地震動への対応

: 専門のWG(長周期地震動対策検討WG)を国総研建築構造基準委員会に設置(H23.6)、中央防災会議、地震調査研究推進本部の動き等を踏まえつつ検討中。

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

1

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) 2

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)

3

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

4

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

5

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

6

1.1.1 16都県の特定期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

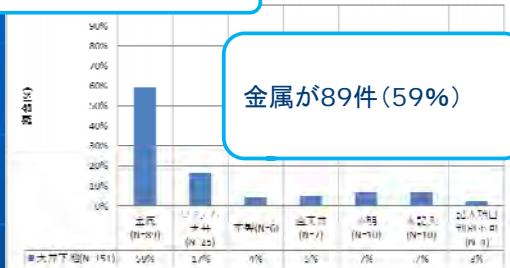
①天井下地、②天井仕上げ材料、③クリアランス措置、④振れ止めの設置

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

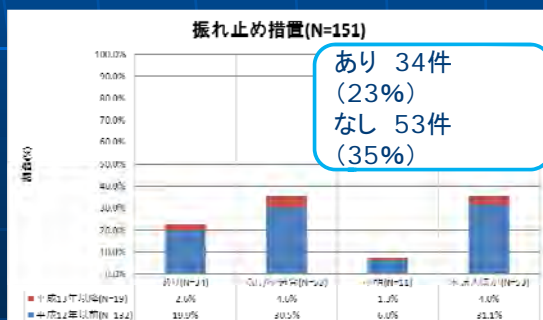


用途(被災場所)

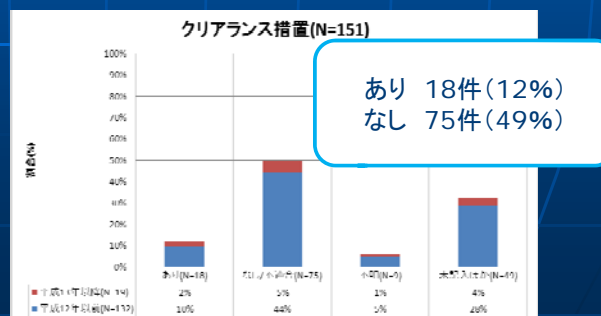
用途(被災場所)	件数	割合
体育館(アリーナ、弓道場などを含む)、体育室	72	47.7%
エントランスホール、コンコース、展示場、食堂、礼拝堂	39	25.8%
事務所、会議室、教室	10	6.6%
会議場、裁判所	6	4.0%
ホール	5	3.3%
劇場、映画館	4	2.6%
工場、給食センター	3	2.0%
通路、トイレ	3	2.0%
店舗	2	1.3%
倉庫	2	1.3%
ボウリング場	2	1.3%
未記入	3	2.0%
計	151	100.0%

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)

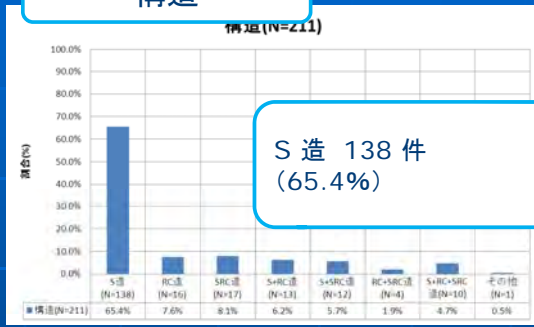
下記事項につきましてご回答のほど、ご協力をお願いします。

■調査票の記載事項 ●建物名称: _____ ●天井被害のあった建築物の名称をご記入下さい。 ●建築物の名称(可能であれば、ご記入をお願いいたします。) ●所在地、被災概要 ●所在地の震度 ●所在地 区、市、町(可能であれば、ご記入をお願いします。)	【自由記入】 (複数選択可) 1. 天棚工(天井)の施工(詳細から仕上げまで)の概要 2. 損傷した部分の位置(天井)の概要(詳細)の概要 3. 損傷を受けた部分の形状(天井)の概要 4. プレーン上の損傷(天井)の概要 5. プレーン下の損傷(天井)の概要 6. コア部分の損傷(天井)の概要 7. 天井ボルトの接続金物の損傷 8. その他の被害 (回答欄に具体的に記入ください)
以下の質問に対し、右欄の欄に番号でご回答下さい(一部、数値、文字記載も可) 回答欄: 1. 天井の形状 2. 天井の形状(詳細) 3. 天井の形状(詳細) 4. 天井の形状(詳細) 5. 天井の形状(詳細) 6. 天井の形状(詳細) 7. 天井の形状(詳細) 8. 天井の形状(詳細) 9. 天井の形状(詳細) 10. 天井の形状(詳細)	【システム天井】 (複数選択可) 1. 天井の形状(詳細) 2. コア部分の損傷(天井) 3. プレーン上の損傷(天井) 4. プレーン下の損傷(天井) 5. その他の被害 (回答欄に具体的に記入ください)
2. 天井の形状(詳細) 3. 天井の形状(詳細) 4. 天井の形状(詳細) 5. 天井の形状(詳細) 6. 天井の形状(詳細) 7. 天井の形状(詳細) 8. 天井の形状(詳細) 9. 天井の形状(詳細) 10. 天井の形状(詳細)	【システム天井】 (複数選択可) 1. 天井の形状(詳細) 2. コア部分の損傷(天井) 3. プレーン上の損傷(天井) 4. プレーン下の損傷(天井) 5. その他の被害 (回答欄に具体的に記入ください)

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

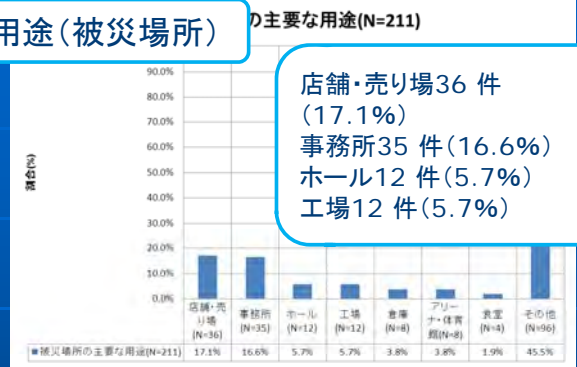
1.1.2 (社)日本建設業連合会へのアンケート調査

構造



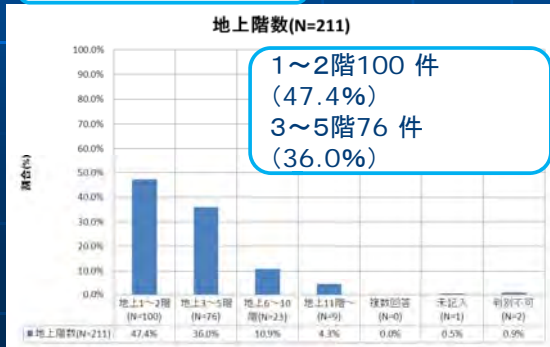
S造 138件 (65.4%)

用途 (被災場所)



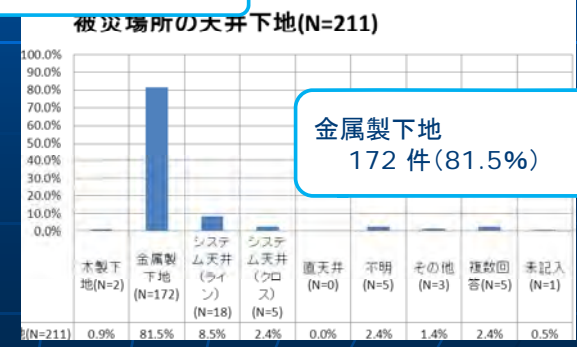
店舗・売り場 36件 (17.1%)
事務所 35件 (16.6%)
ホール 12件 (5.7%)
工場 12件 (5.7%)

階数



1~2階 100件 (47.4%)
3~5階 76件 (36.0%)

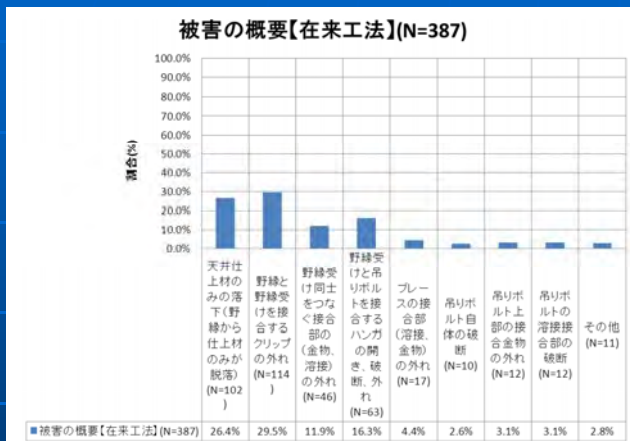
下地



金属製下地 172件 (81.5%)

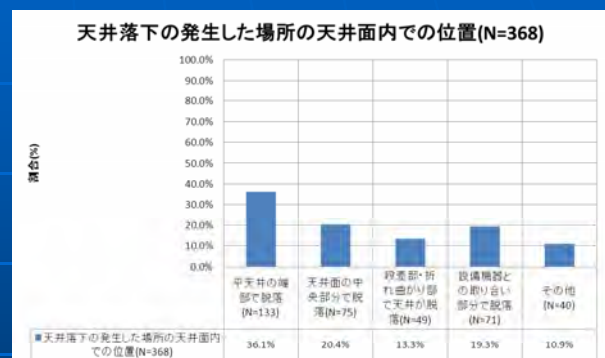
1.1.2 (社)日本建設業連合会へのアンケート調査

被害概要 (在来工法)



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%)

天井落下の発生した天井面内での位置



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、脱落した箇所の天井の詳細な仕様、被害状況を表として整理した。

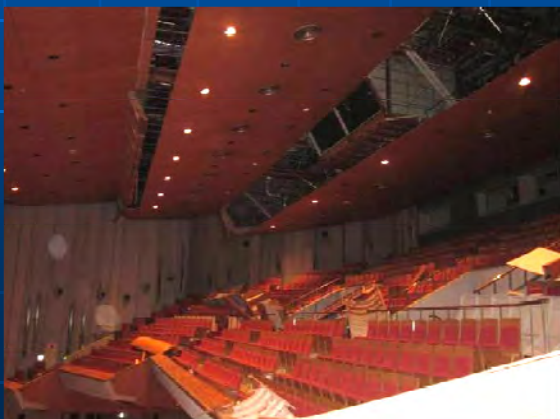
13



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

14



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

15

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。

16

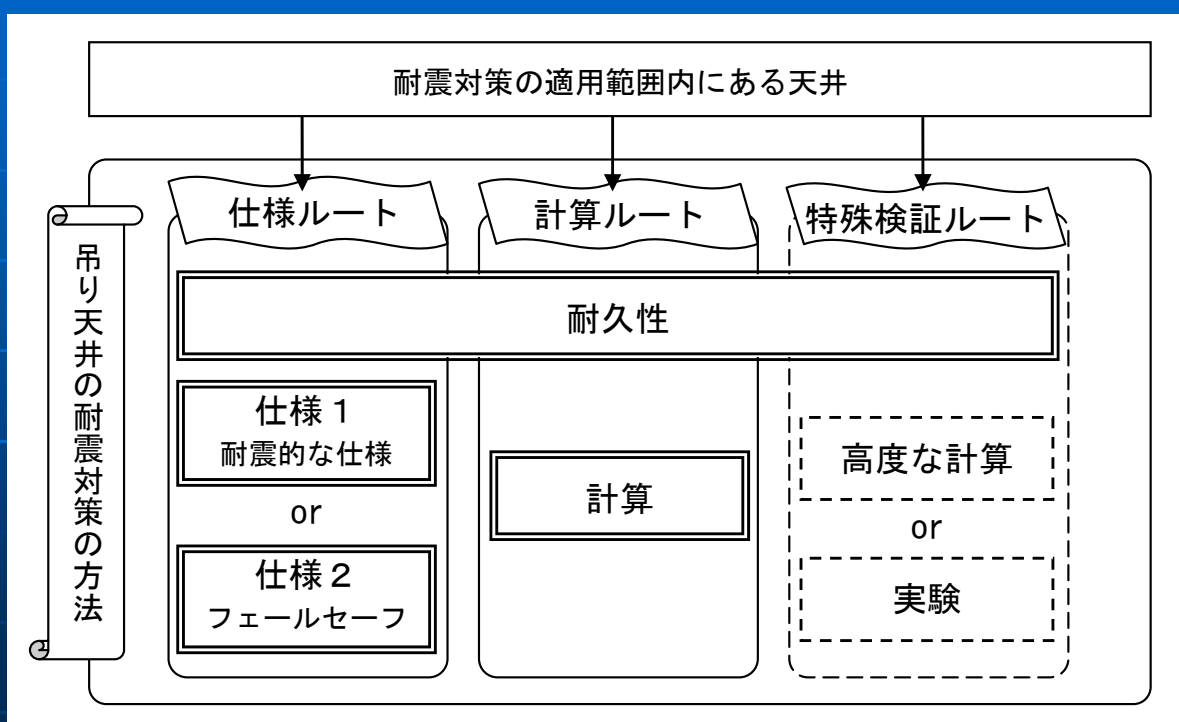
② 天井の耐震対策の検討

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

17

2.1 天井の耐震対策を考える際の基本的な枠組



18

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。

6kg/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
6~10kg/m ²	せっこうボード直張り程度の比較的軽い天井
10~20kg/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
20kg/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

19

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)

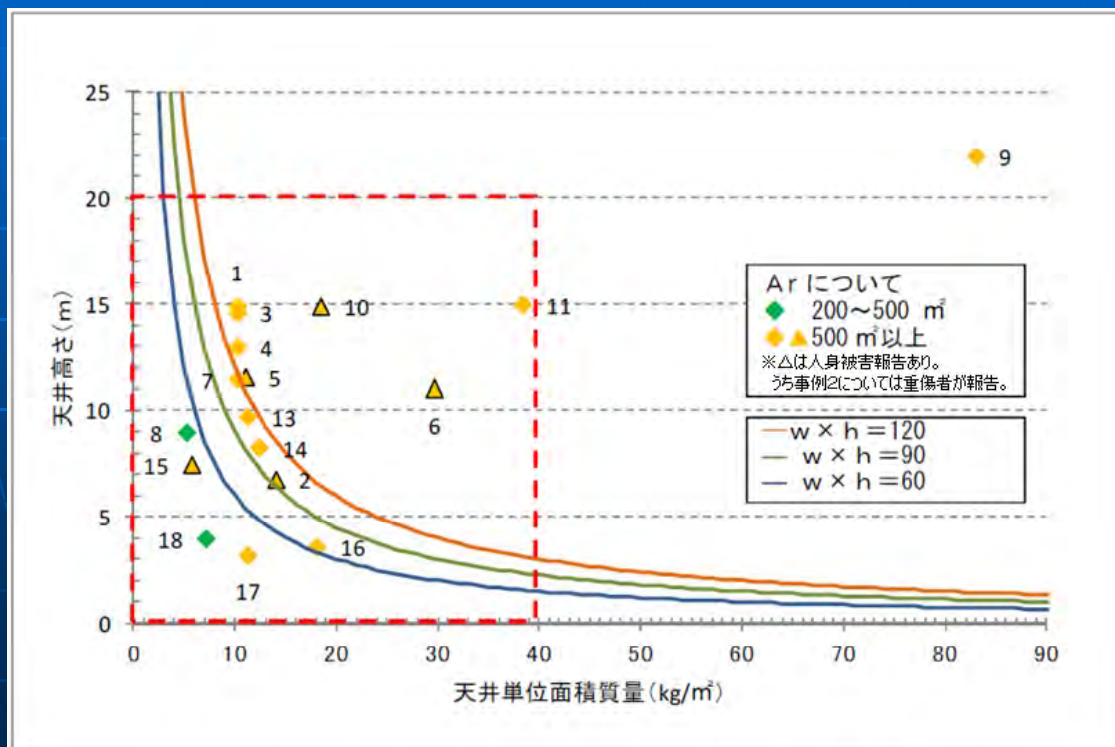
	0 < Ar < 50m ²	50 ≤ Ar < 100m ²	100 ≤ Ar < 200m ²	200 ≤ Ar < 500m ²	500 ≤ Ar < 1000m ²	1000m ² ≤ Ar
10m ≤ h					●映画館(中) ●宴会場(中) ●★体育館(中)	■音楽ホール ■●劇場 ●映画館(大) ●宴会場(大) ●★体育館(大) ●★プール(大)
6 ≤ h < 10m	吹き抜け空間				●宴会場(中) ●★プール(中) ▲博物館展示室	▲倉庫建物
4 ≤ h < 6m			▲博物館展示室	●図書館 ●★プール(小) ▲博物館展示室	●図書館 ▲博物館展示室	▲デパート(1階) ▲ホームセンター ▲郊外型電器店 ▲工場ライン
h < 4m	●教室 ●オフィス個室 ●ホテル個室 ●会議室(小) ▲病室	■音楽スタジオ ●宴会場(極小) ●会議室(中) ▲コンビニ ▲保育室	●宴会場(小) ●会議室(大)	●宴会場(小) ●図書館 ▲ファミレス(中)	●図書館 ▲スーパー(小) ▲ファミレス(大)	●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

■: 20kg/m² ≤ w ●: 10kg/m² ≤ w < 20kg/m² ▲: 6kg/m² ≤ w < 10kg/m² ★: 0kg/m² < w < 6kg/m²

20

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



21

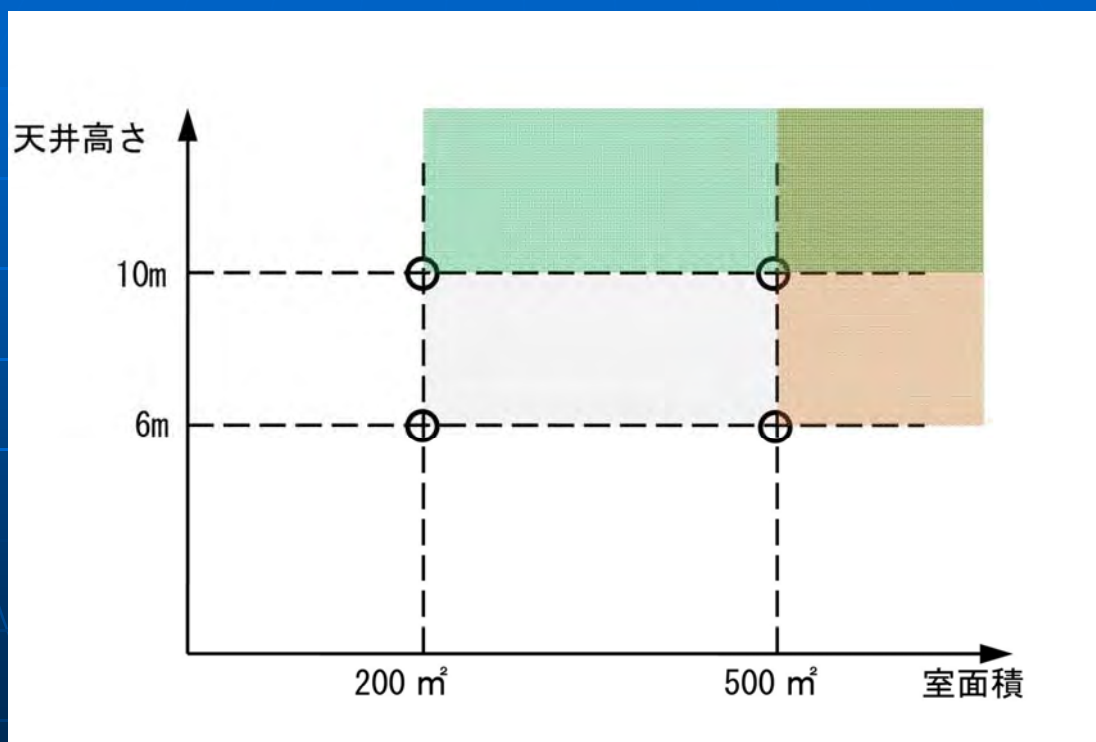
2.2 天井の耐震対策の適用範囲

- (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。

22

(4) 天井高さと室面積による設定方法



23

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)

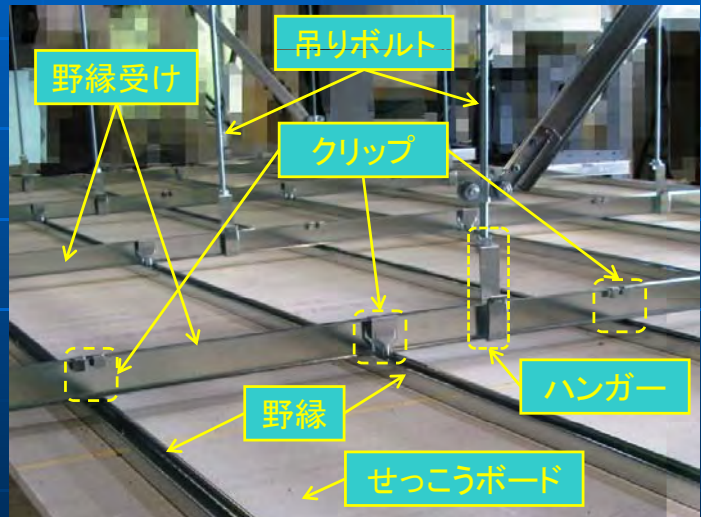
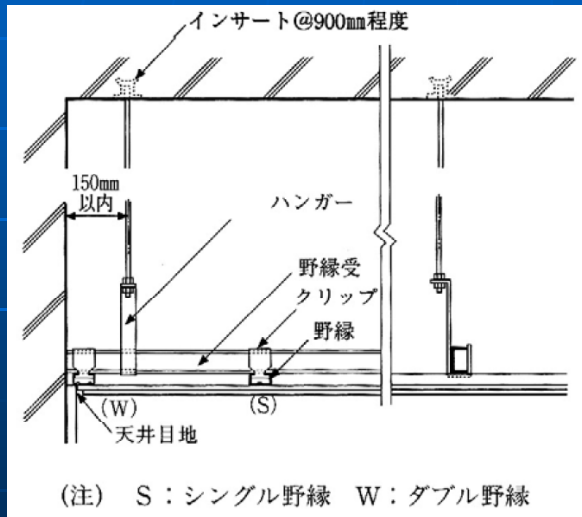
3.3 仕様1:長期荷重、地震荷重に対する仕様

3.4 仕様2:フェイルセーフの仕様

24

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



25

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。

26

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。

27

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。

28

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。

29

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。

30

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。

31

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。

32

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

33

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**>

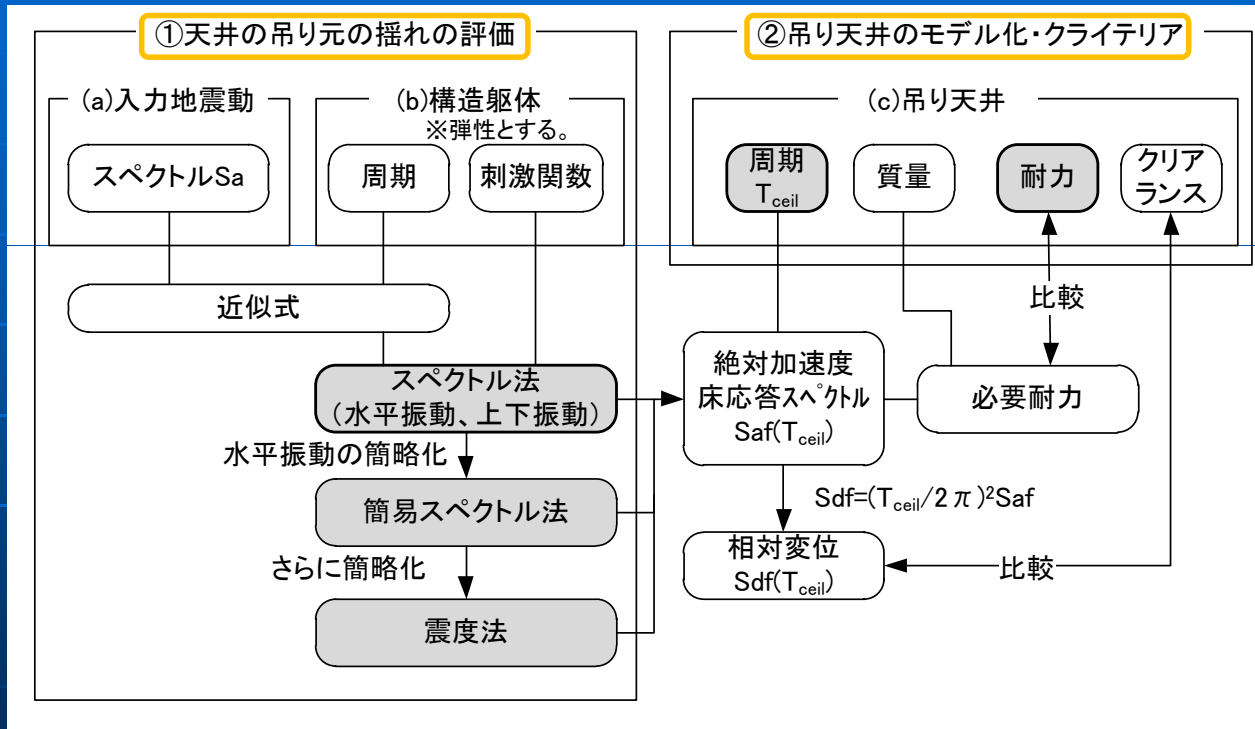
- 吊り天井の応答絶対**加速度**
- 吊り元(床、屋根)に対する吊り天井の相対**変位**
- 吊り天井と構造躯体との**共振**

<**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】

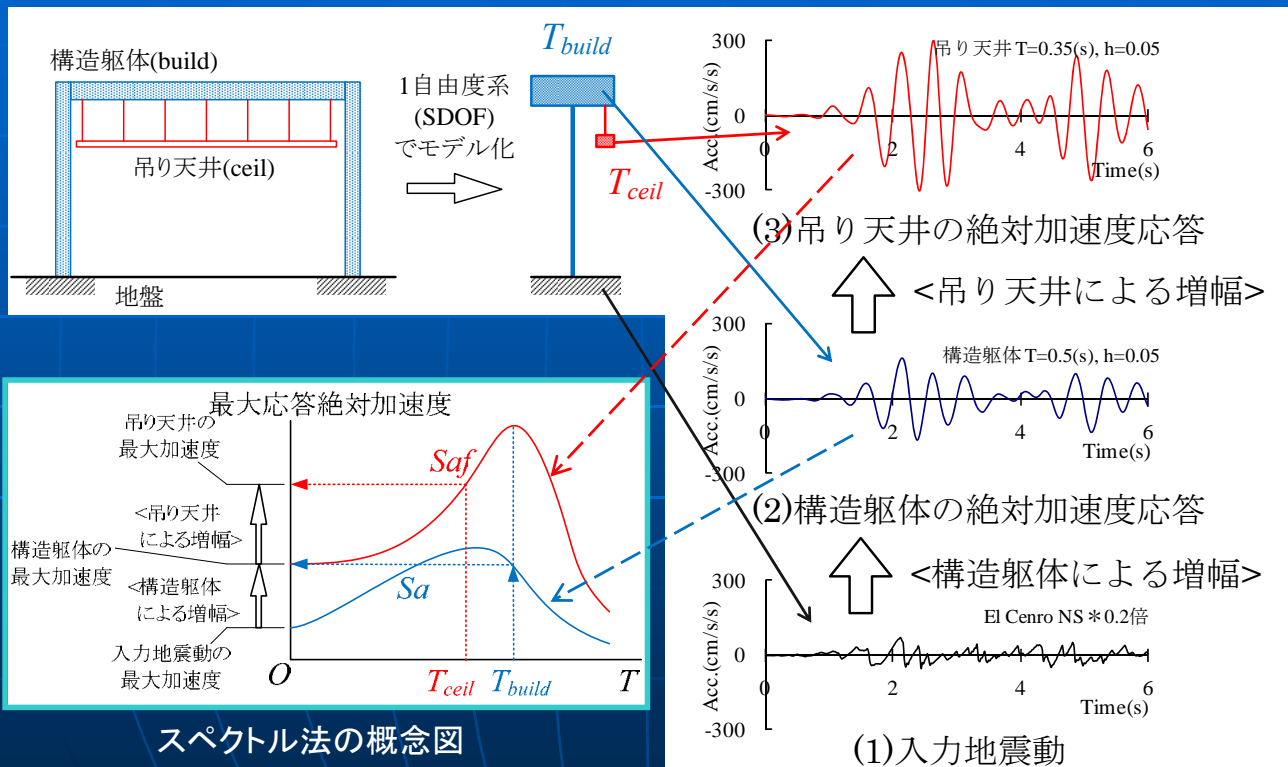
34

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



スペクトル法の概念図

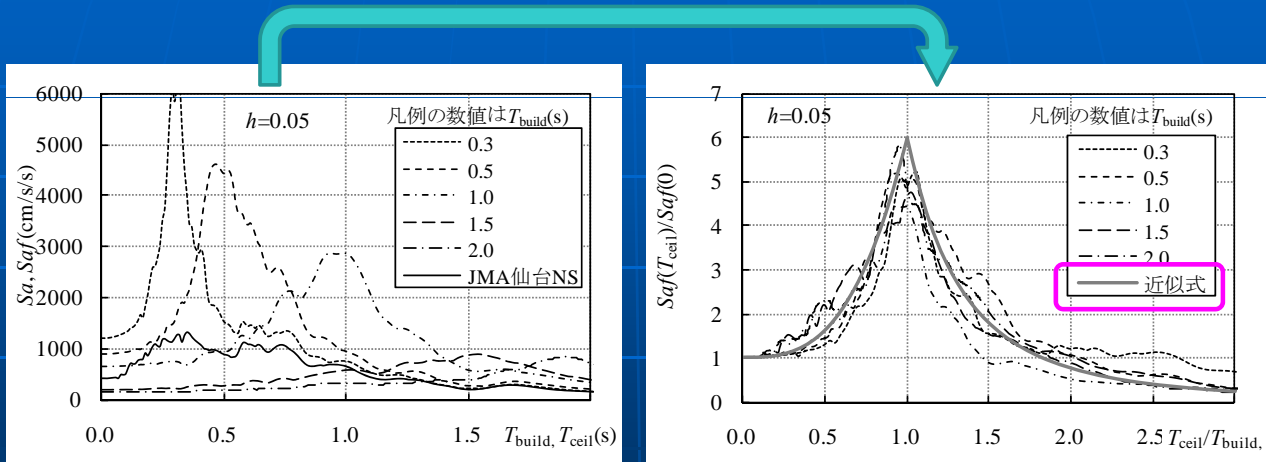
(1)入力地震動

(2)構造躯体の絶対加速度応答

(3)吊り天井の絶対加速度応答

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) $Sa-T_{build}$ 関係(実線)及び
 $Saf-T_{ceil}$ 関係(点線等)

(b) $Saf(T_{ceil})/Saf(0)-T_{ceil}/T_{build}$ 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。

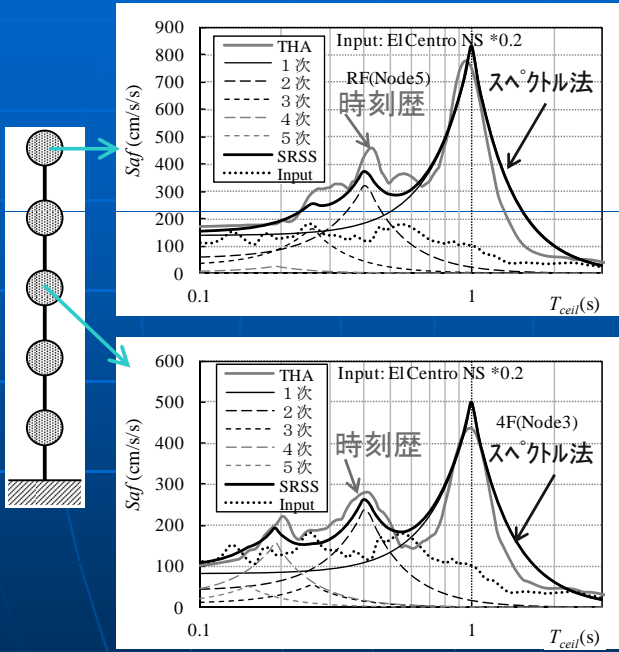
37

多自由度系への拡張(スペクトル法)

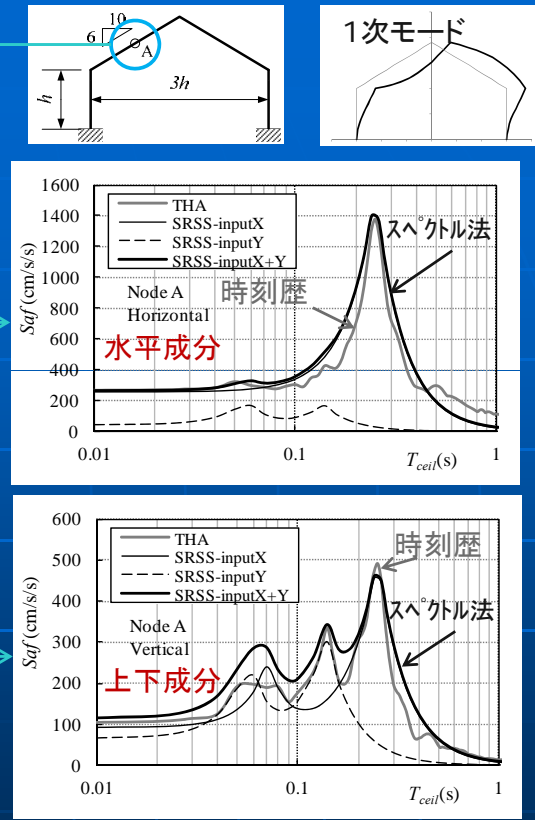
- 近似式は構造躯体が1自由度系の場合であるが、モード解析の考え方に従って多自由度系に拡張する方法を「スペクトル法」として提案
- 刺激関数を利用していわゆるSRSSにより各次のモード応答を合成する方法で、上下振動を含む多次元的な揺れを評価できる。

38

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。

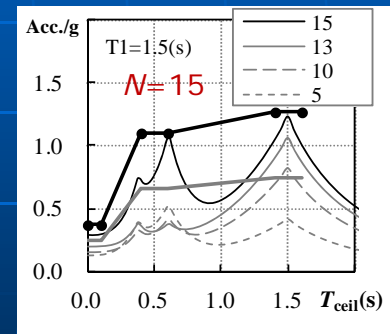
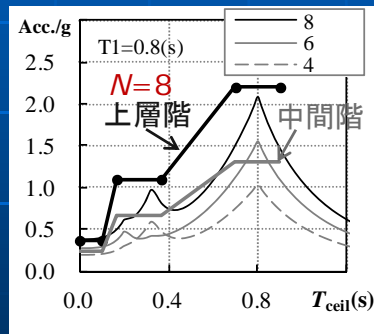
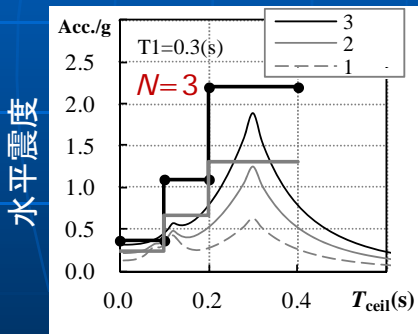


図 簡易スペクトル法(太線)とスペクトル法(細線)の比較

(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

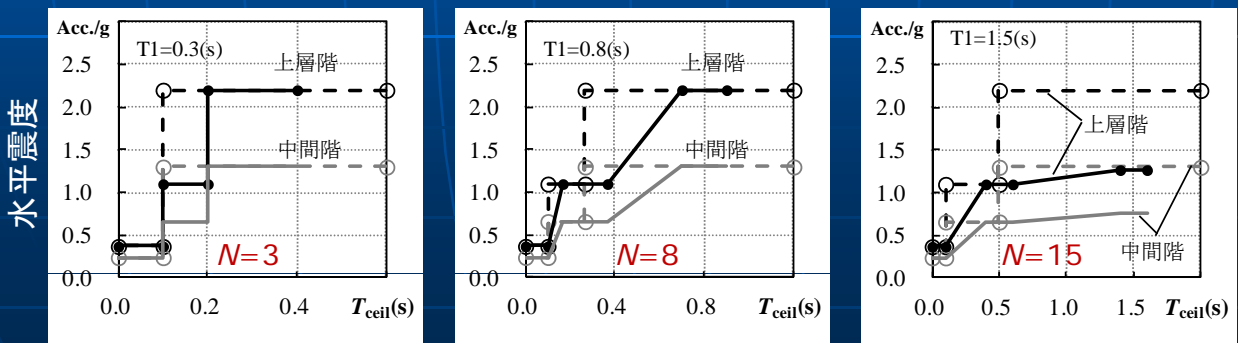


図 震度法(破線)と簡易スペクトル法(実線)との比較

41

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。

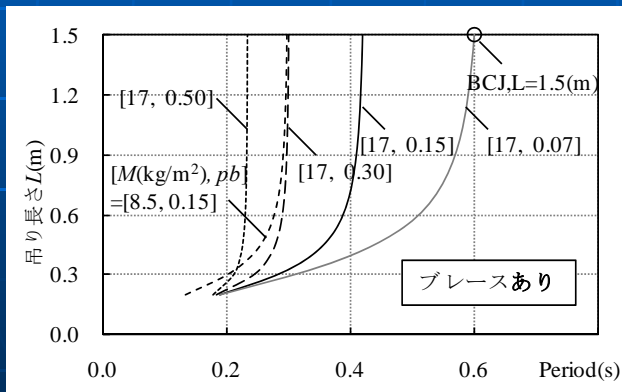


図 固有周期

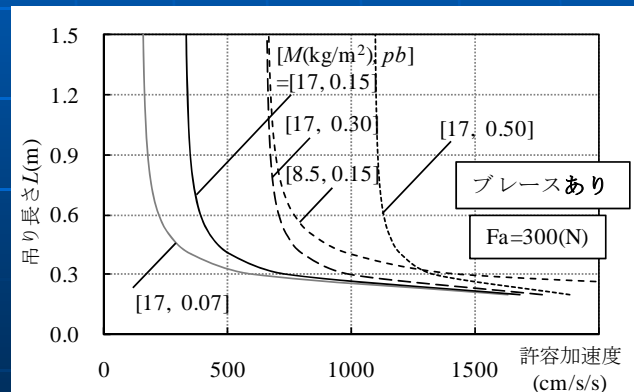


図 許容加速度

⇒ 周期は0.2~0.6秒程度、許容加速度は1G程度が上限

42

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	・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)	吊り天井の鉛直方向の荷重の負担(長期荷重に対して)	・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	・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
	吊り天井の鉛直方向の荷重の負担(地震荷重に対して)		・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
	地震時の水平方向の慣性力の負担	・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	・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
	天井と周囲の縁切り	・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)	・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 ・仕様の例示
④フェイルセーフ(仕様2)			・実験による耐力確認方法の検討
その他	・周囲との衝突・損傷	・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)
(a) スペクトル法	<ul style="list-style-type: none"> 関数Rのピーク付近に周期幅(±0.1秒)を設定 長周期側の設定 	<ul style="list-style-type: none"> 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) 	<ul style="list-style-type: none"> 上下応答
(b) 簡易スペクトル法	<ul style="list-style-type: none"> 「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 		
(c) 震度法			<ul style="list-style-type: none"> 上下応答
(d) その他全般	<ul style="list-style-type: none"> 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) 	<ul style="list-style-type: none"> 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) 	<ul style="list-style-type: none"> 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

45

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

46

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。

47

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。

48

昇降機に係る地震安全対策に関する検討

一般社団法人 建築性能基準推進協会

1

調査の目的

現行のエスカレーター地震対策

- ◎エスカレーターの耐震対策に関する法令の規定なし
- ◎業界標準に規定
 - 「昇降機耐震設計・施工指針(2009年版)」
(発行(財)日本建築設備・昇降機センター／(社)日本エレベータ協会)
- ◇「昇降機耐震設計・施工指針(2009年版)」の記述
 - ①かかり代の寸法
地震時の建築物の層間変位を1/100と想定し、当該変形時においても20mm以上のかかり代余裕の確保を規定。
 - ②固定部の強度計算
溶接強度、アンカーボルト強度について規定。



東日本大震災において、建築物に設置されている
エスカレーター本体落下の被害が発生

調査の目的

東日本大震災において建築物に設置されているエスカレーター本体が落下するという被害が複数発生したことを踏まえ、エスカレーターの落下防止対策その他昇降機に係る地震安全対策について検討し、技術的資料をとりまとめる。

3

調査の実施方針

(イ)エスカレーターの落下防止に係る技術的知見の収集整理

1. 東日本大震災におけるエスカレーター本体の落下被害
 - (社)日本エレベータ協会や報道発表資料を通じ情報収集を行い、昇降機耐震設計・施工指針(2009年版)との適合状況について調査
2. エスカレーター落下防止等検討委員会による検討
 - 学識経験者、建築構造技術者、昇降機関係団体等からなる委員会を組織
 - 地震時における建築物の層間変位の想定及び想定された層間変位に応じたエスカレーターのかかり代の余裕や、建築物のはり等とエスカレーターとの固定部の固定方法について技術的知見の収集整理
 - 海外のエスカレーターや国内の橋梁等の落下防止対策に係る技術的知見の収集整理
3. 既設エスカレーターの落下防止対策についての技術的知見の収集整理

2

4

(ロ)昇降機に係る地震安全対策について

1. 東日本大震災におけるエレベーター、エスカレーターの被害状況を踏まえ、建築基準法や昇降機耐震設計・施工指針など現行の地震安全対策について技術的課題の整理する
2. 現行の地震安全対策では措置されていないなど新たに必要と考えられる地震安全対策の有無についての整理・検討

(イ)エスカレーターの落下防止に係る技術的知見の収集整理

1. 東日本大震災におけるエスカレーターの落下被害

- ①東日本大震災における昇降機の被害状況について
（社）日本エレベーター協会による東日本大震災における昇降機の被害概要について、被害事例とその件数について取りまとめた。
- ②東日本大震災におけるエスカレーターの落下状況について
今回の震災による3件のエスカレーター落下事案の被害概要（建築物本体、エレベーター）を取りまとめ、現地調査資料及び昇降機耐震設計・施工指針との適合状況について資料収集を行った。



I社SIショッピングセンター（設計・施工：A社）



I社SS店（設計・施工：B社）



I社KF店（設計・施工：C社）

2. エスカレーター落下防止等検討委員会による検討

2-1. 地震時における建築物の層間変位の想定及び想定された層間変位に応じたエスカレーターの落下防止対策の仕様及び工法

以下の技術的知見を収集整理した。

- ①建築物の層間変位の設計実態
- ②中低層建築物の地震応答解析
- ③既存出版物における中低層建築物の層間変形角調査
- ④エスカレーターのトラスが短辺方向の外力に対してどの程度の変位に対応可能か
- ⑤エスカレーターの周囲にどのような構造床を設ければよいか 等

2. エスカレーター落下防止等検討委員会による検討

2-2. エスカレーターの落下防止対策の基準化に向けた基本方針

2-1の知見と、(社)日本エレベータ協会、(社)日本建築構造技術者協会、国土技術政策総合研究所・(独)建築研究所構造部会からの意見、及び委員会での検討事項を踏まえ、エスカレーターの落下防止対策の基準化に当たり、必要な事項(基本方針)について技術的知見を取りまとめた。

1. 基準化すべき事項
2. 適用除外規定
3. 想定される既存不適格事項
4. 既設エスカレーター対策 等

1. 基準化すべき事項

エスカレーターの落下防止対策としては、以下の(1)、(2)の構造方法が考えられる。

- (1) 脱落が考えられない程度にリダンダンシーのある「かかり代」(長辺方向の変位追従量をいう。以下同じ。)を設ける構造方法
- (2) 一定の「かかり代」を設けた上でバックアップ措置を講じる構造方法

1. 基準化すべき事項(つづき)

(1)脱落が考えられない程度にリダンダンシーのある「かかり代」を設ける構造方法

- ① 両端非固定とする場合 ⇒ 後述
- ② 一端固定とする場合

(2)一定の「かかり代」を設けた上でバックアップ措置を講じる構造方法

- ① 非固定部から脱落した場合にワイヤロープ等により落下防止する方法(現行指針には記載なし)
- ② 一端固定とした上で非固定側に中間支持部を設ける方法
- ③ 両端非固定とした上でトラス支持アングル以外でも2点以上で支持する方法

①両端非固定とする場合-1

i) エスカレーターは、構造的に一体である建築物の部分に設ける

ii) 大規模地震時において脱落が考えられない程度にリダンダンシーのある「かかり代」について、以下の内容を考慮して定める必要がある

・近年の建築物の構造特性等を考慮すると、大規模地震時における層間変形角が現行指針の $1/100$ を超える場合もあり得るという認識に基づき「かかり代」の検討を行う

・大規模地震時において脱落が考えられない程度にリダンダンシーのある「かかり代」は、構造計算等による何らの検証も行わない場合、エスカレーターの揚程の $1/40 \sim 1/75$ 程度とすることを原則とする

・強度型とみなせる構造計算(RC造建築物でルート1又はルート2-1、ブレース構造のS造建築物でルート1)による場合は $1/100$

・中規模地震時の層間変形角が $1/200$ を超える場合にあっては、上記の数値をそのまま採用することができないものとし、例えば $1/200$ を超える程度に応じて割り増すなどの補正が必要

11

①両端非固定とする場合-2

・前ページの原則は、特別の調査又は研究の結果に基づき大規模地震時における層間変形角を適切に評価して算出することができる場合においては、 $1/100$ を下限として緩和できる

※具体的には、次のような意見があった。

- 時刻歴応答解析によって確かめた層間変位の数値
- 限界耐力計算によって確かめた層間変位の数値
- 固有周期が比較的長い場合(構造設計者が判断)は、中規模地震時の層間変位の5倍の数値(変位一定則)
- 固有周期が比較的短い場合(構造設計者が判断)は、中規模地震時の層間変位の5倍に $(D_s + 1/D_s)/2$ を乗じた数値(エネルギー一定則)
- 増分解析による保有水平耐力計算(ルート3)によって確かめた保有水平耐力時の層間変位の数値(ただし、RC造・SRC造の場合は、ひび割れを適切に考慮した剛性を用いた場合に限るものとし、せん断破壊など脆性的な破壊が発生した場合にはその発生時点の層間変位の数値)

・層間変位は、エスカレーターの長辺方向だけでなく、短辺方向についても同様に想定する。具体的には、エスカレーターの非固定部が大規模地震時における層間変位に対して支障なく追従できるように措置する

12

①両端非固定とする場合-3

iii)「かかり代」の余裕度については、現行指針を踏襲して2cm以上

iv)大規模地震時における長辺方向の層間変位によってエスカレーターに圧縮力が生じないようにする。ただし、当該圧縮力によってエスカレーターの落下につながるトラス部材及び支持材(はり等)の著しい損傷が生じないことが確かめられる場合は、この限りでない

v)エスカレーターの非固定部は、大規模地震時における長辺方向及び短辺方向の層間変位に対して支障なく追従できるようにする

13

2. 適用除外規定

エスカレーターが落下するおそれがないことが明らかな場合は、上記1. の基準の適用除外規定を設け、上記の構造方法に適合しなくてもよい規定を設ける必要がある。

3. 想定される既存不適格事項

(1)エスカレーターの長辺方向について

①強度型とみなせない建築物のエスカレーターは、1/100を超える層間変形角を想定しなければならず、「かかり代」が不足する可能性がある

②エスカレーターの「隙間」が十分でない場合は、新たな基準を満たさない可能性がある

(2)エスカレーターの短辺方向について

①エスカレーターの非固定部の短辺方向の「止め金具」の強度が十分でない場合は、基準を満たさない可能性がある

4. 既設エスカレーター対策

- ・今回の基本方針によって既存不適格扱いとなる可能性のある物件が相当数出てくるものと考えられる
⇒本当に既存不適格となるかどうかは実際の「かかり代」の状況や建築物の構造計算によって層間変位を確かめてみないと明確に判定することができず、それには時間やコストを要する
- ・東日本大震災におけるエスカレーターの被害状況を勘案すると、今後想定される大規模地震への備えであっても、必ずしもすべての既設エスカレーターについて同様に緊急的な対策を講じる必要はないものと考えられる



したがって、

- ①揚程が6m以上のエスカレーター(全体の15%程度)
- ②中規模地震時における層間変形角が1/200を超える建築物のエスカレーター

など、優先的に既存不適格かどうかの判定が必要であると考えられる対象を検討し、計画的に既設対策を行う必要がある

15

(イ)エスカレーターの落下防止に係る技術的知見の収集整理

3. 既存エスカレーターの落下防止対策についての検討

既設エスカレーターの落下防止対策を中心に、屋外階段の取り付け事例や海外のエスカレーターの取り付け事例等について、以下の技術的知見の収集整理を行った。

- ・既設エスカレーターの階高分布(推定)
 - ・エスカレーター脱落落下防止(アイデア検討)
 - ・屋外階段の取り付け事例
 - ・落下防止対策が不要と考えられる既設エスカレーターの事例
 - ・米国におけるエスカレーター取り付けの事例
 - ・一定程度の層間変形角まで変位追従させそれを超えた場合の落下を防止する方法の提案
- 等

1. 昇降機その他の建築設備等に係る耐震措置

東日本大震災におけるエレベーター、エスカレーターの被害状況を踏まえ、建築基準法や昇降機耐震設計・施工指針など現行の地震安全対策について技術的課題の整理を行った。

・昇降機その他の建築設備等に係る耐震措置について検討委員会委員からの意見及びその対応方針について、昇降機、昇降機以外の建築設備、遊戯施設それぞれについて取りまとめた。

・IBC2009年版、米国カリフォルニア州法(CCR)、ASME(米国機械工学会)規格のそれぞれより、エレベーター、エスカレーターの耐震措置に係る規格について情報収集を行った。

・1998年以前の昇降機耐震設計・施工指針によるエスカレーターの設計方法と、エスカレーターの支持方法を両端非固定又は一端非固定とした経緯について調査した。

2. 昇降機の新たな地震安全対策の検討

昇降機に被害をもたらした地震と被害内容と、昇降機の耐震基準の変遷について資料の収集整理を行い、考えられる新たな地震安全対策の検討項目について提案を行った。

<内容>

- ・昇降機に被害をもたらした地震と被害内容
- ・昇降機の耐震基準の変遷
- ・新たな地震安全対策の検討

第 4 回建築構造基準委員会への報告事項

長周期地震動対策検討 WG

1. 第 4 回目以降の WG 活動概要

第 4 回 (12 月 14 日)

- 1) 基整促課題 4 2 の検討状況報告を受けた議論
 - ・ 対策試案での地震動作成手法の改良について
 - ・ 東北地方太平洋沖地震とその余震記録を用いた改良方法の検証について
- 2) 長周期地震動作成の論点確認
 - ・ 補間とスペクトルの平滑化、ばらつきの扱い
- 3) 長周期地震動の取り扱い
 - ・ サイト波と告示波の関係
 - ・ クライテリアの設定
 - ・ 打ち出し方

第 5 回 (2 月 29 日)

- 1) 基整促課題 4 2 の検討状況報告を受けた議論 (※継続議論)
- 2) 長周期地震動の取り扱い (※継続議論)

第 6 回 (4 月 18 日)

- 1) 基整促課題 4 2 の平成 23 年度成果報告を受けた議論 (※継続議論)
- 2) 長周期地震動の取り扱い (※継続議論)

第 7 回 (6 月 14 日)

- 1) 基整促課題 4 2 の平成 24 年度作業計画報告
- 2) 平成 24 年度の課題確認

2. WG での検討状況

(1) 対策試案での長周期地震動作成方法について

基整促課題 42 の平成 23 年度成果を踏まえると、対策試案で公表された長周期地震動作成手法については、下記の改良が必要と判断される。

- ・ 伝播経路に応じた係数の設定
- ・ マグニチュードとスペクトルの関係を定めた式において、 M_w^2 項の追加
- ・ マグニチュードが大きくなる場合の頭打ち

今回、基整促により提案された改良方法は、東北地方太平洋沖地震及びその余震の記録との整合程度が良く、対策試案で公表された作成手法は、今回改良された方法に代えるのが妥当と考えられる。

(2) 今後も、引き続き検討すべき課題

以下については、基整促課題4-2の検討状況も踏まえつつ、WGにて引き続き検討する。

① 連動型地震への対応について

提案方法による場合、連動型地震に対しては、いくつかの断層モデルを設定し、個々の断層に対し地震動を予測して、それらを重ね合わせることで、連動型の地震動とする。この場合の断層モデル設定等の手順の明確化について検討する。

② 補間について

建設地が、地震観測点の近傍にない場合について、提案方法による地震動を、補間ないし調整する方法(地下構造に関する公表資料や微動観測の利用など)を検討する。

③ ばらつきについて

ばらつきが、地震動作成のどの段階で生じているものなのかを明確にして、ばらつきの意味を理解できるようにし、設計時のクライテリア設定等において、ばらつきの影響を評価できるようにすることを検討する。

④ 打ち出し方について

デジタル波形により地震動が提供されると、その情報が絶対化され、個々の建築物の実況に即した検討がなされないまま、長周期地震動対策が済まされてしまう危険性も生じる。応答スペクトル(速度応答スペクトル、エネルギースペクトル等)、あるいは、応答スペクトルと地震動作成方法の組合せによる長周期地震動情報の提供方法についても検討する。

⑤ 日程について

地震動作成は、中央防災会議や地震調査研究推進本部が想定する震源モデルを基本とする。

⑥ その他

既存超高層建築物への対応等についても検討が必要と考えられる。

平成23年度建築基準整備促進事業

42. 超高層建築物等への長周期地震動の影響に関する検討

(株)大崎総合研究所

1

検討実施体制

1. 事業主体

(株)大崎総合研究所

2. 共同研究者

建築研究所

日本建築構造技術者協会

日本免震構造協会

3. WG設置

長周期地震動・応答WG(大川出主査)

JSCA長周期地震動WG－Ⅱ(北村春幸主査)

JSSI長周期地震動WG(北村佳久主査)

2

検討項目・内容

(イ) 長周期地震動の作成手法の検証

- ・ 改良経験式の作成
- ・ 東北地方太平洋沖地震の長周期地震動シミュレーションによる手法の検証

(ロ) (イ)で提案された手法に基づく主要地点の長周期地震動の作成

- ・ 地震本部の長周期地震動との比較(南海地震、東南海地震、東海地震、それぞれの単独地震)
- ・ 東海・東南海・南海地震(3連動地震)の長周期地震動の作成

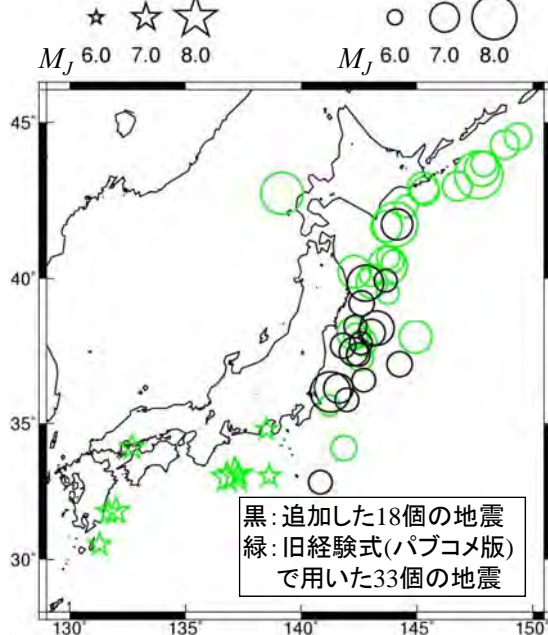
(ハ) (ロ)で作成された波形による超高層建築物等の地震応答計算

- ・ 3連動地震に対する超高層建物の応答計算
- ・ 3連動地震に対する免震建物の応答計算
- ・ 東北地方太平洋沖地震に関する超高層建物等でのアンケート調査

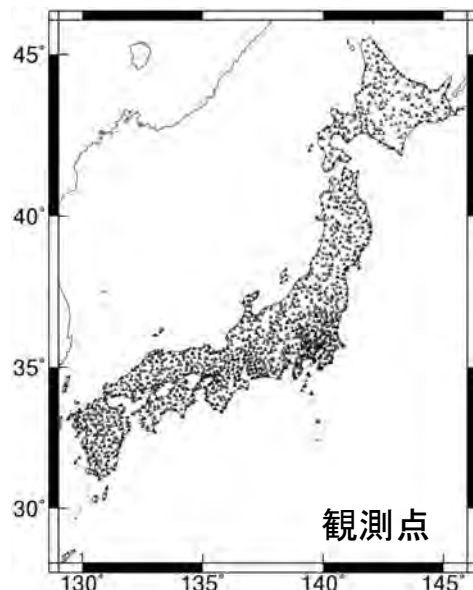
3

改良経験式作成に用いたデータ

フィリピン海プレートの地震 太平洋プレートの地震



- ・ 1988年～2011年5月(東北地方太平洋沖地震は含めない)の51個
- ・ 断層最短距離20～400km
- ・ Mw5.9～8.2、深さ60km以下



- ・ 旧経験式: K-NET、KiK-net、気象庁87型、関東平野1都6県の気象庁95型と新宿の工学院大学
- ・ 改良経験式: 濃尾平野と大阪平野の気象庁95型を追加

改良経験式

★ $S_A(T)$: 周期 T の $h=5\%$ の加速度応答スペクトル

$$\log_{10} S_A(T) = a_1(T) M_w + a_2(T) M_w^2 + be(T)R + bw(T)R - \log_{10}(R^{p(T)} + d(T)10^{0.5M_w}) + c_0(T) + c_j(T) + cw_j(T)$$

ここで、 M_w : モーメントマグニチュード、 R : 断層最短距離

★ $Z(f)$: 周波数 f の群遅延時間の平均値 μ_{tgr} と分散 σ_{tgr}^2

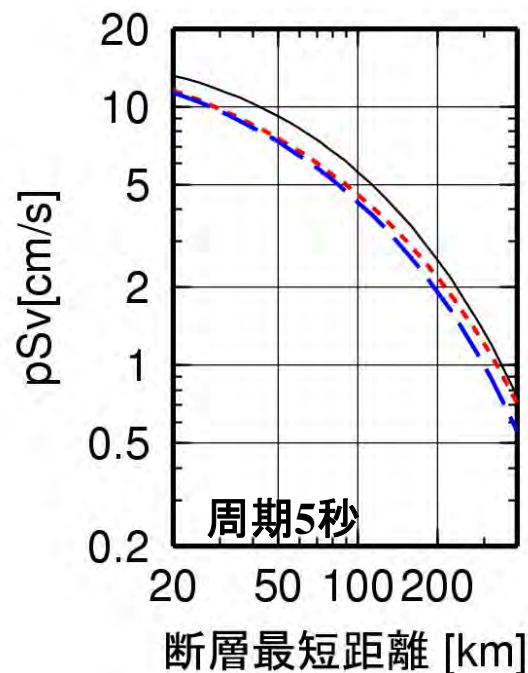
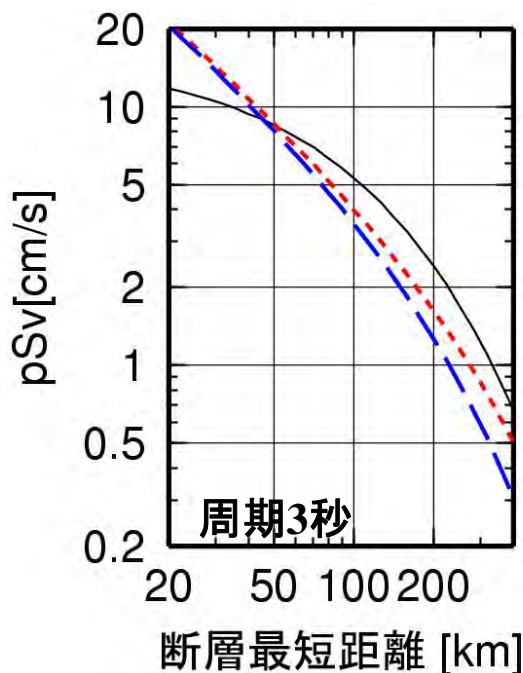
$$Z(f) = A_{tgr}(f) M_0^{1/3} + Be(f)X + Bw(f)X + C_j(f) + Cw_j(f)$$

ここで、 M_0 : 地震モーメント、 X : 震源距離

- ・ 応答スペクトルの式に M_w^2 項を導入
- ・ 太平洋プレート of 地震の距離減衰特性 **be**、**Be** とフィリピン海プレート of 地震の距離減衰特性 **bw**、**Bw** を考慮
- ・ 関東平野で地盤の固有周期の長い (>4秒) 地点では、フィリピン海プレート of 地震の地盤増幅率 **cw**、サイト係数 **Cw** を別途考慮 (なお、パブコメの旧経験式と同様に地殻内地震との平均値)
- ・ $M_w 8.4$ で頭打ち (東北地方太平洋沖地震の長周期地震動シミュレーションに基づく)

太平洋プレート of 地震とフィリピン海プレート of 地震による擬似速度応答スペクトルの距離減衰特性 ($M_w 8.0$ 、地震基盤)

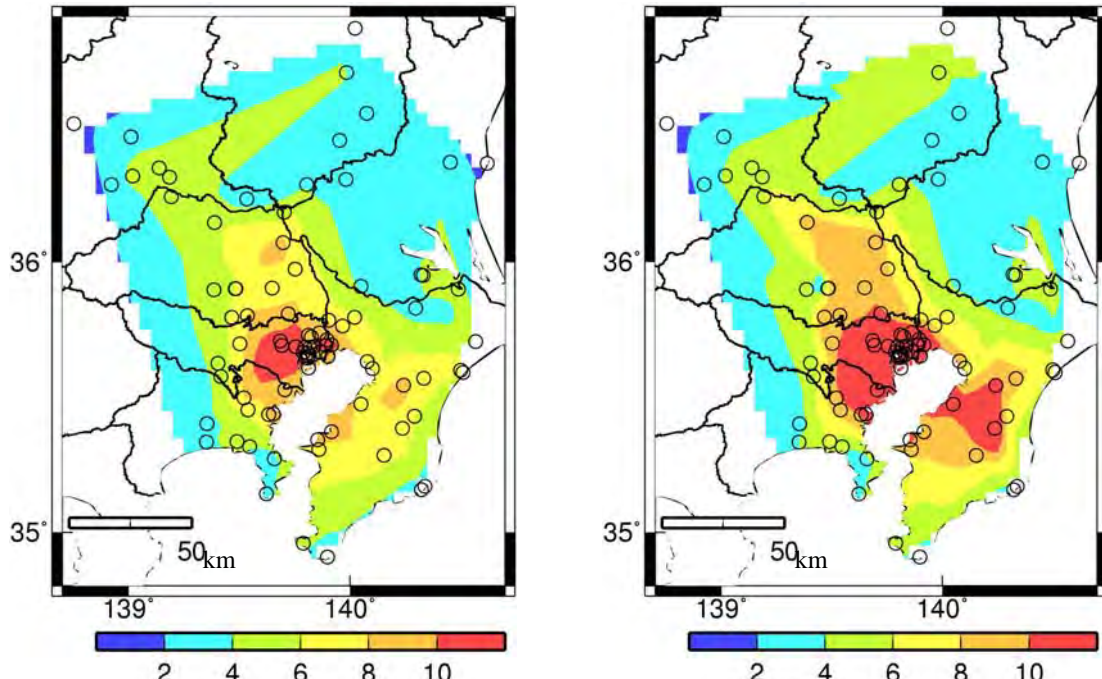
- 太平洋プレート (改良経験式)
- フィリピン海プレート (改良経験式)
- 両プレート (旧経験式)



太平洋プレートの地震とフィリピン海プレートの地震による地盤増幅率(周期8秒)

太平洋プレート

フィリピン海プレート

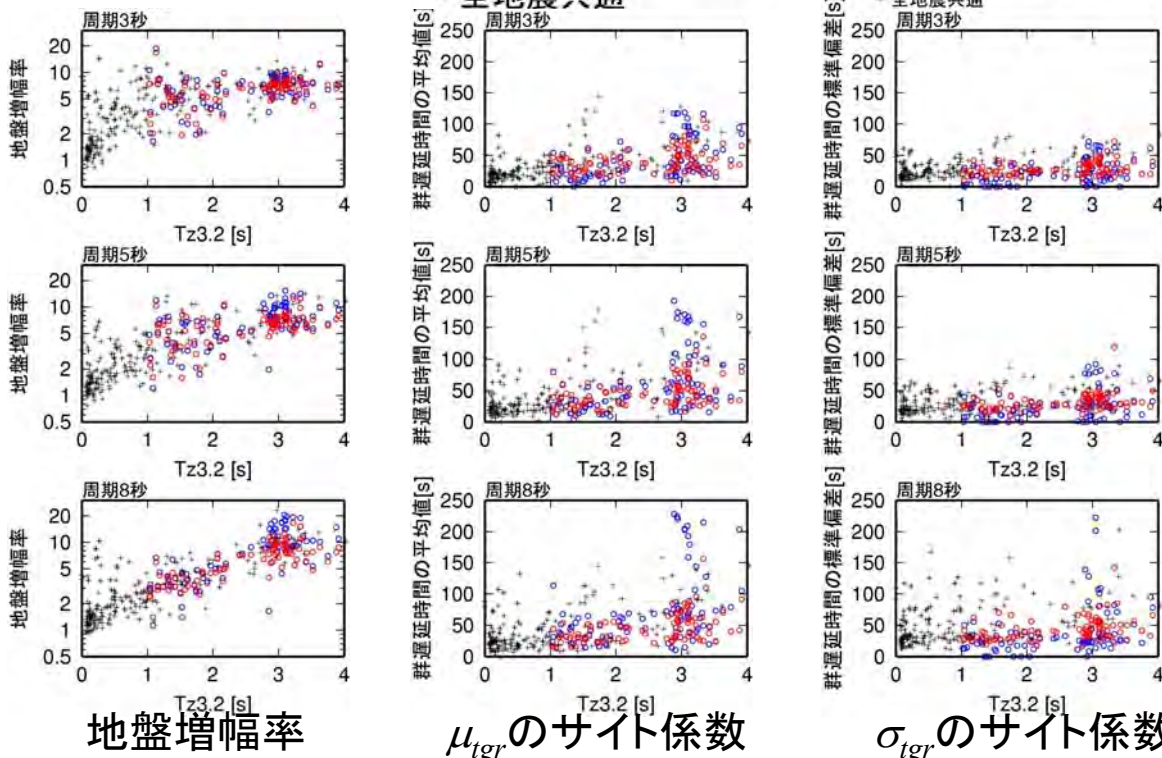


○ Tz3.2>1秒の観測点 (Tz3.2:S波速度3.2km/sの地震基盤
上面から1.0km/sの層上面までの地盤の固有周期の1/4)

7

太平洋プレートの地震とフィリピン海プレートの地震による地盤増幅率・サイト係数とTz3.2の関係

- 太平洋プレート
- フィリピン海プレート
- + 全地震共通

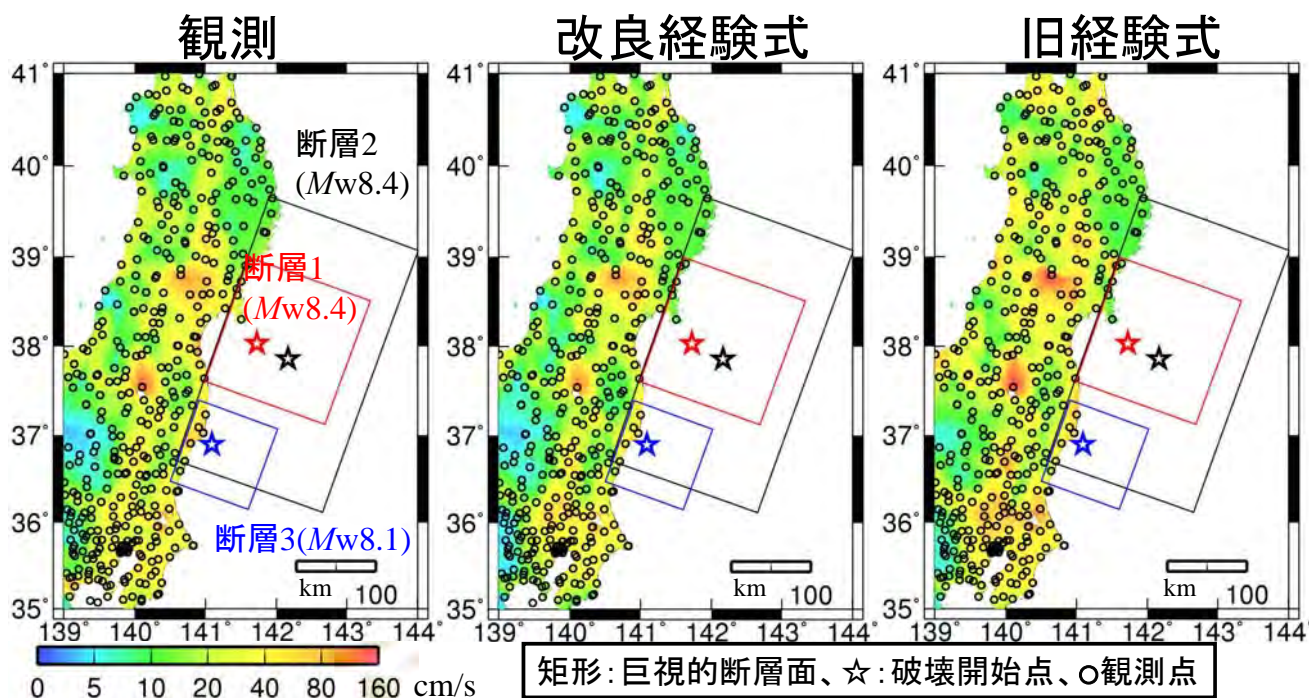


地盤増幅率

μ_{Tgr} のサイト係数

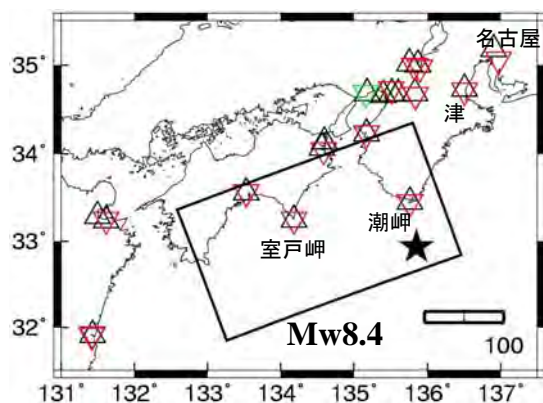
σ_{Tgr} のサイト係数

東北地方太平洋沖地震の観測とシミュレーションの 周期3秒での擬似速度応答スペクトル(h=5%)分布

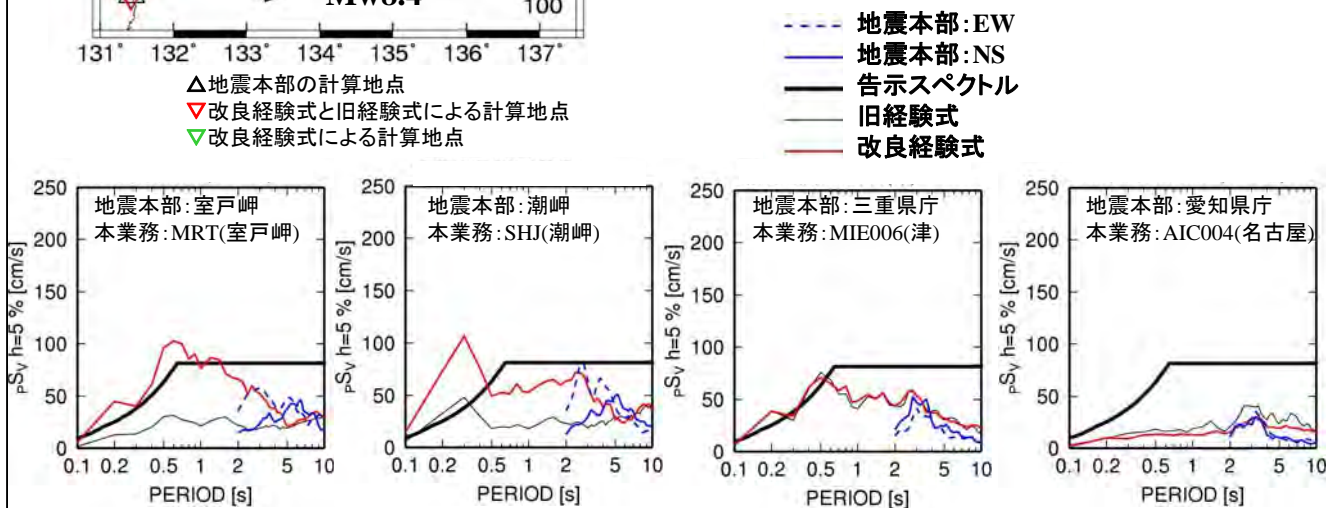


佐藤(2012)の経験的グリーン関数法に基づく強震動生成領域と地震本部(2009)の強震動予測レシピに基づき、静的応力降下量3MPaを仮定して、3連動の震源モデルを設定

改良経験式と旧経験式による地表での長周期地震動 と地震本部の長周期地震動との比較(南海地震)

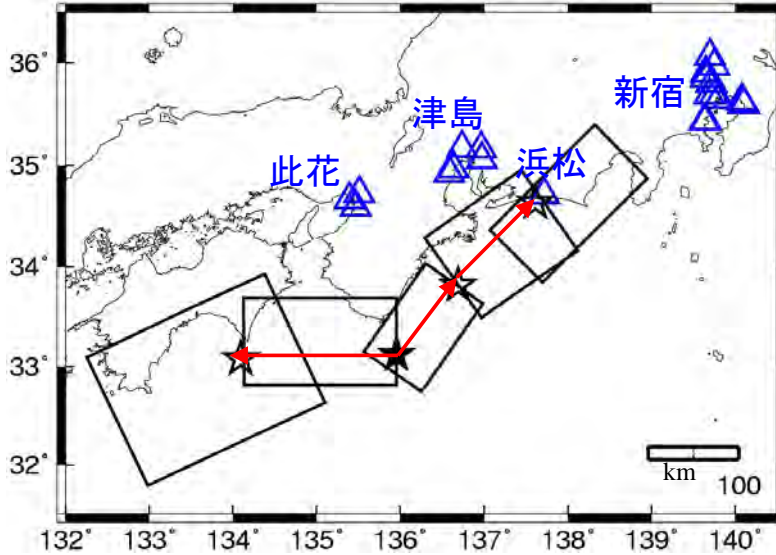


・震源近傍では周期2~5秒で改良経験式は旧経験式より大きく、地震本部の三次元有限差分法による長周期地震動と同レベル
・100km程度以上遠方では、周期2~5秒で改良経験式は旧経験式よりやや小さい。



東海・東南海・南海地震の震源モデルと計算地点

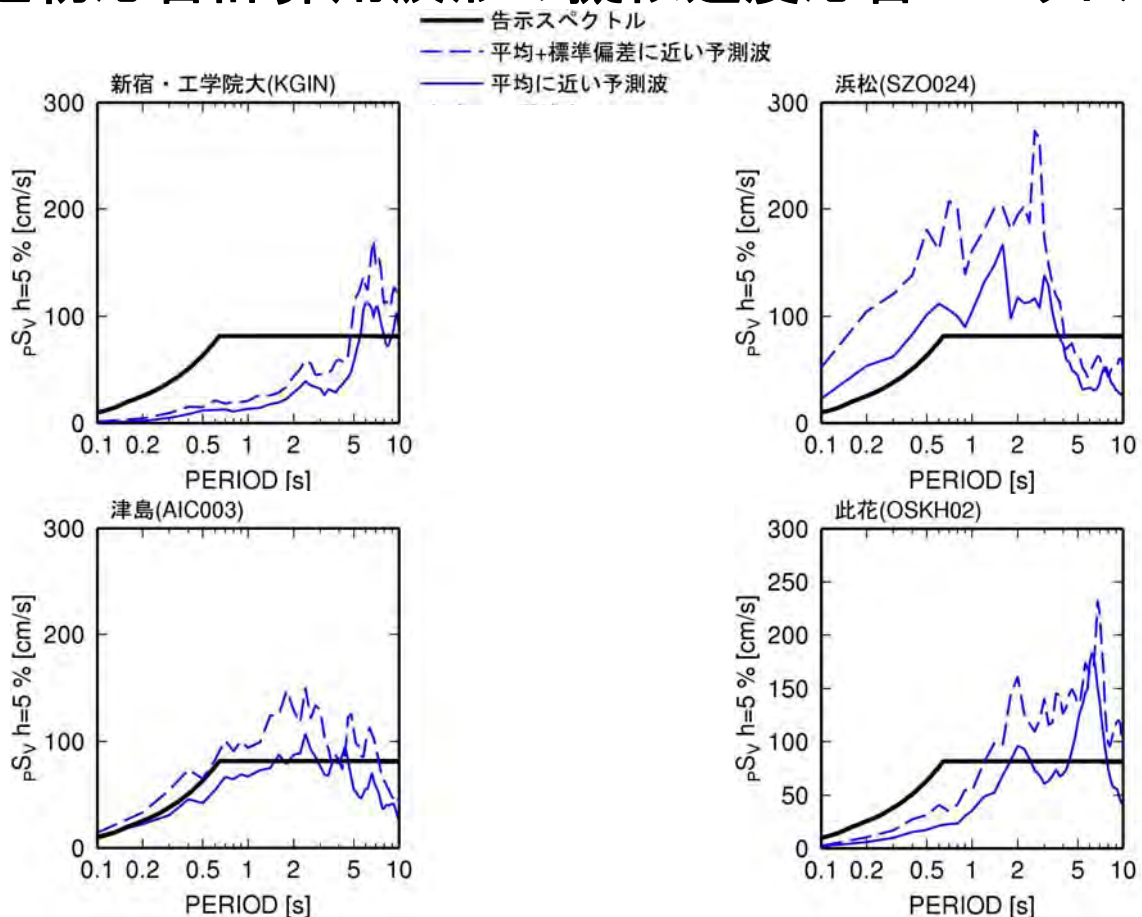
		地震モーメントdyne・cm (Mw)	参考文献
南海	東断層	2.91×10^{28} (8.2)	鶴来・他(2005)
	西断層	5.46×10^{28} (8.4)	鶴来・他(2005)
東南海	東断層	9.01×10^{27} (7.9)	鶴来・他(2005)
	西断層	1.48×10^{28} (8.0)	鶴来・他(2005)
東海		1.12×10^{28} (8.0)	地震本部(2009)
全体		1.2×10^{29} (8.7)	



矩形:断層面
 ★:第1破壊開始点
 ☆:第2~4破壊開始点
 →:破壊伝播方向
 △:計算地点

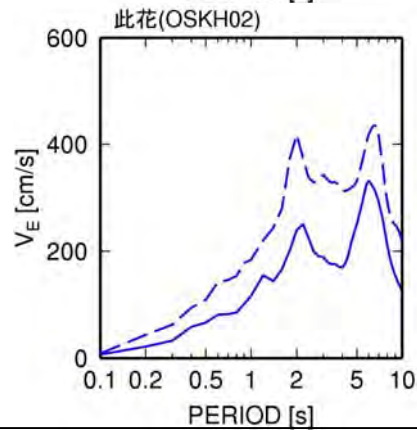
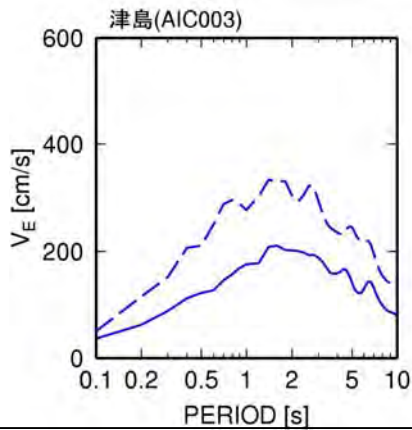
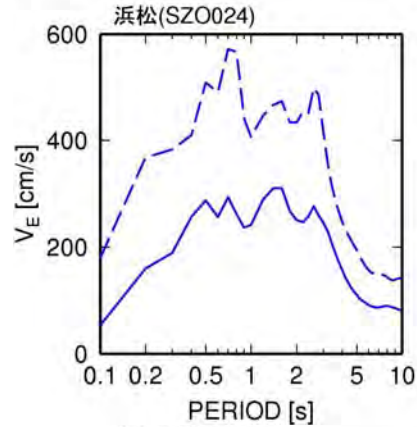
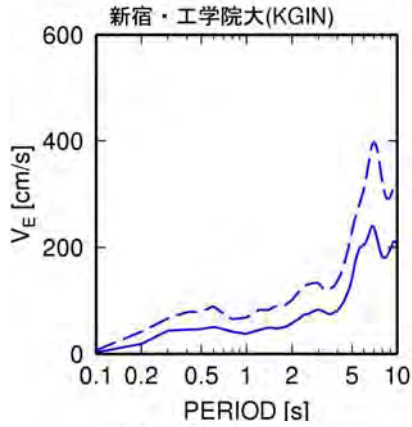
改良経験式で地表の波を計算

建物応答計算用波形の擬似速度応答スペクトル



建物応答計算用波形のエネルギースペクトル

--- 平均+標準偏差に近い予測波
 ——— 平均に近い予測波



13

検討用超高層S造モデル建物

S造	高さ	階	架構形式	平面形状 代表スパン	一次固有周期	柱代表断面(最大厚) 梁代表断面(最大厚)	鋼材種	特徴他
100m級	102m	25	純ラーメン構造	43.2m × 43.2m 3.6m, 16.8m	X方向: 2.3sec Y方向: 2.8sec	□-700×700(50) H-800×350(40)	SM490 SM520	センターコアー 外周 X@3600Y@4200 チューブ型
120m級	120m	26	制振部材付ラーメン構造	56.0m × 27.0m 6.4m, 15.8m	X方向: 2.6sec Y方向: 2.9sec	□-700×700(60) H-900×350(40)	SN490	片コアー 低床伏点鋼壁パネル・H型間柱
140m級	142m	35	ブレース付きラーメン構造	36.0m × 72.0m 7.2m, 14.4m	X方向: 3.7sec Y方向: 3.8sec	□-700×700(70) H-800×300(28)	SM490 SM490	センターコア コア・外壁面に連層K型ブレース
200m級	200m	46	制振部材付ラーメン構造	53.5m × 68.0m 7.2m, 17.5m	X方向: 5.7sec Y方向: 5.1sec	□-800×800.CFT (60) H-900×400(40)	HBL355 SN490	センターコアー (コの字型プラン) 壁屈拘束ブレース, 粘性系ダンパー
230m級	240m	53	制振部材付ラーメン構造	54.0m × 75.6m 7.2m, 19.8m	X方向: 6.5sec Y方向: 5.5sec	□-800×800.CFT (80) H-1000×400(36)	SN490 SM520 SA440	センターコアー (コの字型プラン) アンボンドブレース, 粘性系ダンパー 36階で構造切替
250m級	256m	55	X: 純ラーメン構造 Y: ブレース付きラーメン構造	35.0m × 70.0m 3.2m, 9.6m	X方向: 5.8sec Y方向: 5.3sec	□-650×800 (70) H-900×400(40)	SM490 SM520	センターコアー 一部に大組的な架構
80m級	81m	21	純ラーメン構造 制振部材付ラーメン構造	30.0m × 24.0m 6.0m, 9.0m	耐震: 2.41sec 制振: 1.75sec	□-600×600(40) H-800×200(32)	SM490	耐震, 制振架構の検討用建物 壁屈拘束ブレース

14

検討用超高層RC造モデル建物

RC造	高さ	階	架構形式	平面形状 代表スパン	一次固有周期	柱代表断面 梁代表断面	Fc	主筋強度 せん断補強筋強度	特 徴 他
90m級	93.1m	30	チューブ構造	27.6m×31.8m 6.1m, 6.4m	X方向: 1.99sec Y方向: 1.86sec	1000×1000~1100×1100 900×900~1000×650	Fc30~Fc60	SD345~SD685 SD390~SPR785	センターコア
115m級	114.5m	36	ラーメン構造	30.0m×30.0m 6.0m	X方向: 2.16sec Y方向: 2.16sec	900×900~1000×1000 550×800~550×900	Fc30~Fc60	SD490 SD295~KSS785	検討建物
130m級	132.0m	43	ラーメン構造	32.5m×32.5m 3.25m, 6.5m	X方向: 3.12sec Y方向: 3.04sec	750×850~1200×1200 440×850~680×1200	Fc30~Fc70	SD345~SD685 SD295~KSS785	中ボイド
150m級 (その1)	150.5m	47	ラーメン構造	22.6m×62.0m 5.7m, 5.1m	X方向: 2.37sec Y方向: 3.48sec	1000×1000 700×1100, 700×850	Fc30~Fc100	SD345~SD685 SD295~SD785	中廊下 タワー
150m級 (その2)	151.5m	44	ラーメン構造 一部耐震壁	31.2m×45.0m 6.5m, 6.1m, 9.5m	X方向: 2.92sec Y方向: 3.28sec	1000×1000~1200×1200 700×900~650×1200	Fc30~Fc80	SD390~SD490 SD295~KSS785	センターコア
180m級	180.8m	54	ラーメン構造	44.0m×42.4m 6.0m, 8.4m, 10.0m	X方向: 4.23sec Y方向: 4.31sec	900×900~1000×1000 650×750~650×1400	Fc30~Fc160	SD390, SD490, USD685A SBPD1275/1420	中ボイド
240m級	242.3m	70	チューブ構造	48.0m×48.0m 4.0m, 5.0m	X方向: 5.44sec Y方向: 5.44sec	900×900 600×850~600×1000	Fc48~Fc120	SD490, SD685 SD390~SPR785	中ボイド 試験計建物

15

S造建物の最大層間変形

	方向	周期 (s)	平均波				平均+σ波			
			此花	津島	浜松	新宿	此花	津島	浜松	新宿
S100m級	X	2.30	1/137	1/125	1/120	1/276	1/121	1/96	1/82	1/249
	Y	2.75	1/159	1/115	1/106	1/333	1/87	1/87	1/69	1/186
S120m級	X	2.6	1/247	1/220	1/153	1/475	1/147	1/138	1/93	1/318
	Y	2.9	1/264	1/220	1/147	1/414	1/132	1/147	1/114	1/311
S140m級	X	3.69	1/135	1/125	1/119	1/341	1/73	1/118	1/75	1/171
	Y	3.79	1/136	1/113	1/104	1/291	1/68	1/101	1/75	1/176
S200m級	X	5.74	1/81	1/155	1/156	1/115	1/78	1/111	1/100	1/97
	Y	5.08	1/92	1/155	1/148	1/170	1/56	1/88	1/104	1/122
S230m級	X	6.5	1/69	1/185	1/144	1/135	1/69	1/104	1/122	1/72
	Y	5.5	1/66	1/123	1/141	1/97	1/62	1/101	1/83	1/74
S250m級	X	5.8	1/65	1/148	1/180	1/84	1/52	1/100	1/104	1/69
	Y	5.3	1/70	1/127	1/127	1/122	1/64	1/79	1/81	1/83

※網掛け：クライテリアを満足しない応答値

16

RC造建物の最大層間変形

	方向	周期 (s)	平均波				平均+ σ 波			
			此花	津島	浜松	新宿	此花	津島	浜松	新宿
RC90m 級	X	2.0	1/231	1/215	1/151	1/649	1/121	1/115	1/79	1/347
	Y	1.9	1/247	1/221	1/159	1/745	1/142	1/136	1/89	1/386
RC115m 級	X,Y	2.16	1/191	1/193	1/138	1/450	1/64	1/127	1/68	1/323
RC130m 級	X	3.1	1/101	1/101	1/141	1/244	1/48	1/53	1/99	1/161
RC150m 級 (1)	X	2.37	1/213	1/183	1/183	1/559	1/63	1/164	1/94	1/303
	Y	3.48	1/104	1/164	1/142	1/375	1/59	1/92	1/125	1/167
RC150m 級 (2)	X	2.9	1/93	1/158	1/140	1/444	1/51	1/77	1/97	1/208
	Y	3.3	1/99	1/125	1/128	1/455	1/62	1/99	1/96	1/192
RC180m 級	X	4.23	1/67	1/199	1/179	1/101	1/48	1/101	1/91	1/51
	Y	4.31	1/68	1/195	1/172	1/95	1/53	1/104	1/84	1/51
RC240m 級	X,Y	5.44	1/133	1/199	1/163	1/123	1/91	1/142	1/106	1/77

※網掛け：クライテリアを満足しない応答値

S造建物の最大塑性率

表 S 造建物の最大塑性率一覧

	方向	周期 (s)	平均波				平均+ σ 波			
			此花	津島	浜松	新宿	此花	津島	浜松	新宿
S100m 級	X	2.30	1.09	1.30	1.38	0.60	1.38	1.72	2.09	0.66
	Y	2.75	0.96	1.32	1.43	0.46	1.76	1.77	2.29	0.82
S120m 級	X	2.6	0.92	1.03	1.45	0.49	1.55	1.64	2.58	0.70
	Y	2.9	0.71	0.84	1.27	0.44	1.36	1.49	1.79	0.58
S140m 級	X	3.69	1.62	1.74	1.82	0.62	3.04	1.83	2.98	1.24
	Y	3.79	1.38	1.72	1.90	0.63	3.06	1.97	2.76	1.03
S200m 級	X	5.74	2.16	1.13	1.13	1.65	2.42	1.58	1.77	1.95
	Y	5.08	2.47	1.14	1.20	1.22	4.07	1.99	1.62	1.82
S230m 級	X	6.5	3.1	1.1	1.5	1.5	3.0	2.1	1.8	2.8
	Y	5.5	2.7	1.3	1.3	1.7	2.9	1.7	2.4	2.4
S250m 級	X	5.8	2.54	0.85	0.68	1.94	3.17	1.63	1.16	2.38
	Y	5.3	1.61	0.87	0.95	0.83	1.84	1.47	1.40	1.28

※網掛け：クライテリアを満足しない応答値

RC造建物の最大塑性率

	方向	周期 (s)	平均波				平均+ σ 波			
			此花	津島	浜松	新宿	此花	津島	浜松	新宿
RC90m 級	X	2.0	0.78	0.82	1.19	0.24	1.65	1.74	2.93	0.48
	Y	1.9	0.89	0.95	1.69	0.31	2.24	2.36	5.07	0.55
RC115m 級	X,Y	2.16	0.57	0.58	0.79	0.24	2.00	0.94	1.90	0.33
RC130m 級	X	3.1	1.52	1.56	1.15	0.56	3.34	3.16	1.51	1.02
RC150m 級 (1)	X	2.37	0.71	0.82	0.87	0.25	2.36	0.93	1.57	0.51
	Y	3.48	0.99	0.60	0.87	0.27	2.10	1.19	1.13	0.62
RC150m 級 (2)	X	2.9	1.7	1.0	1.3	0.4	3.0	2.0	1.8	0.9
	Y	3.3	2.0	1.0	1.2	0.4	3.0	1.9	1.7	0.9
RC180m 級	X	4.23	2.00	0.69	0.88	1.34	2.80	1.21	1.83	2.82
	Y	4.31	1.92	0.70	0.89	1.42	2.52	1.23	1.98	2.71
RC240m 級	X,Y	5.44	1.10	0.75	0.93	1.22	1.90	1.04	1.86	2.29

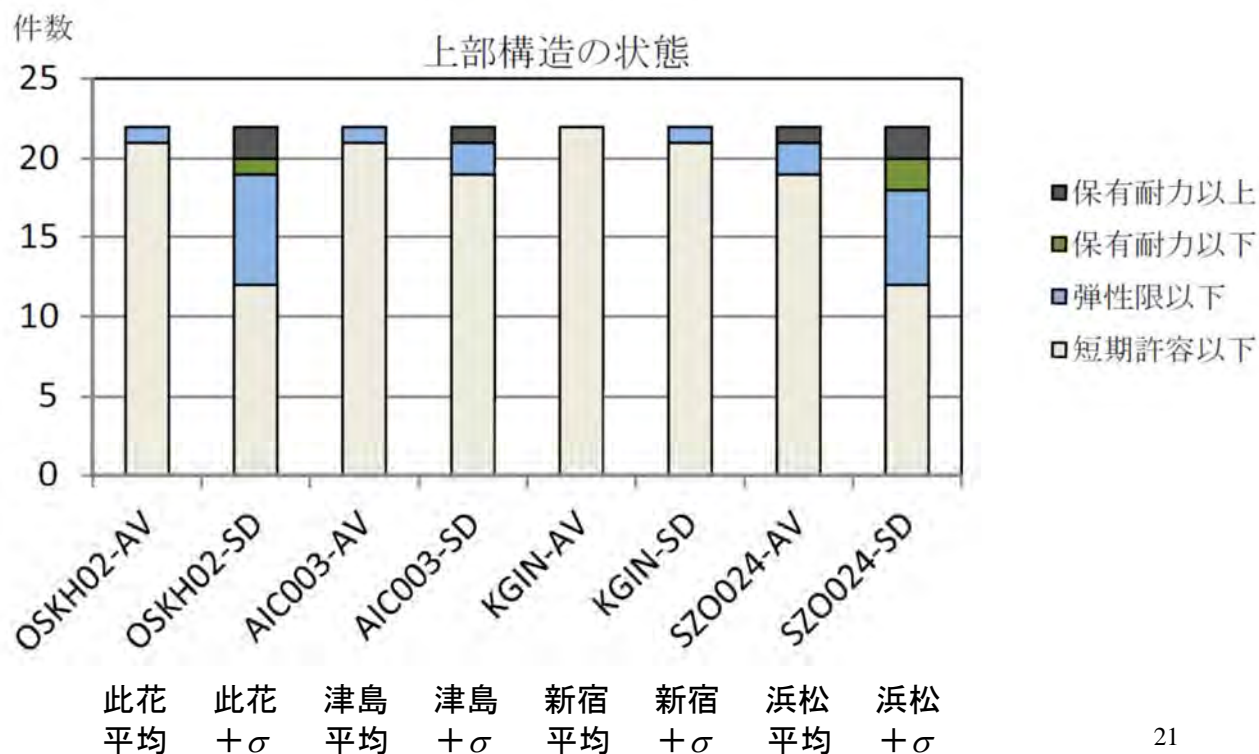
※網掛け：クライテリアを満足しない応答値

17

検討用免震モデル建物

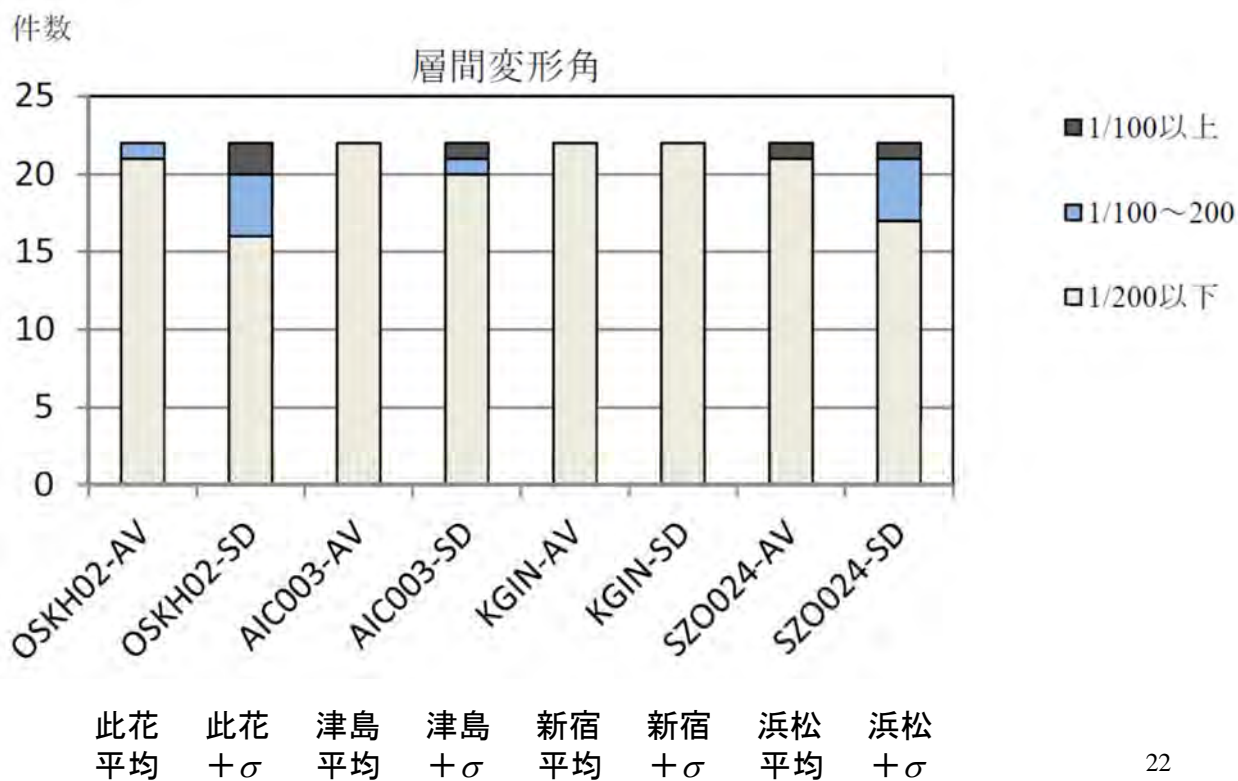
記号	分類	軒高 (m)	設計年	構造種別	免震システム	固有周期(s)	
						基礎固定	200%ひずみ時
A-1	低層第1世代	13.4	1987	RC	LRB+NR	0.41	1.77
A-3	中高層第3世代	34.6	2003	RC	HDR+NR	0.73	3.25
B-3	低層第3世代	13.1	2000	RC	NR+SL+OD	0.217	3.36
B-4	超高層第3世代	120.9	2006	RC	NR+SL+OD	3.16	6.19
C-2	中高層第1世代	36.1	1994	SRC,S	LRB	0.82	2.99
C-4	超高層第3世代	88.5	2008	R C	LRB+NR	2.27	4.93
D-2	中高層第3世代	29.9	2007	RC	LRB+NR	0.863	3.45
D-4	超高層第3世代	144.0	2006	RC	LRB+CLB+OD	3.45	6.43
E-1	中高層第2世代	30.6	1996	RC	LRB+NR	0.79	3.4
E-2	中高層第2世代	26.1	1996	RC	NR+鉛D+鋼棒D	0.68	2.56
E-3	超高層第3世代	67.4	2004	RC	LRB+CLB	1.78	5.24
E-4	中高層第3世代	34.0	2004	RC	LRB	0.87	3.87
F-3	中高層第3世代	31.0	2006	S	NR+SL	1.81	4.3
F-4	超高層第3世代	140.0	2006	RC	NR+SL	3.49	5.55
G-3	中高層第2世代	28.7	1997	CFT+S	NR+OD	1.32	4.027
G-4	中高層第3世代	24.2	2001	S	NR+OD	1.039	3.573
H-1	低層第1世代	11.9	1990	RC	NR+鉛D	0.27	2.23
H-4	超高層第3世代	60.4	2002	S	NR+鉛D+鋼D	1.82	4.02
I-1	中高層第2世代	31.3	1996	RC	HDR	1.1	4.27
I-2	中高層第3世代	41.2	2000	RC	NR+SL+鉛D+鋼D	1.57	5.09
J-1	中高層第2世代	44.3	1999	RC	NR+CLB+鋼D+OD	0.5	3.04
J-3	中高層第2世代	29.2	1998	RC	LRB+SL	0.095	2.75

免震建物の上部構造の状態



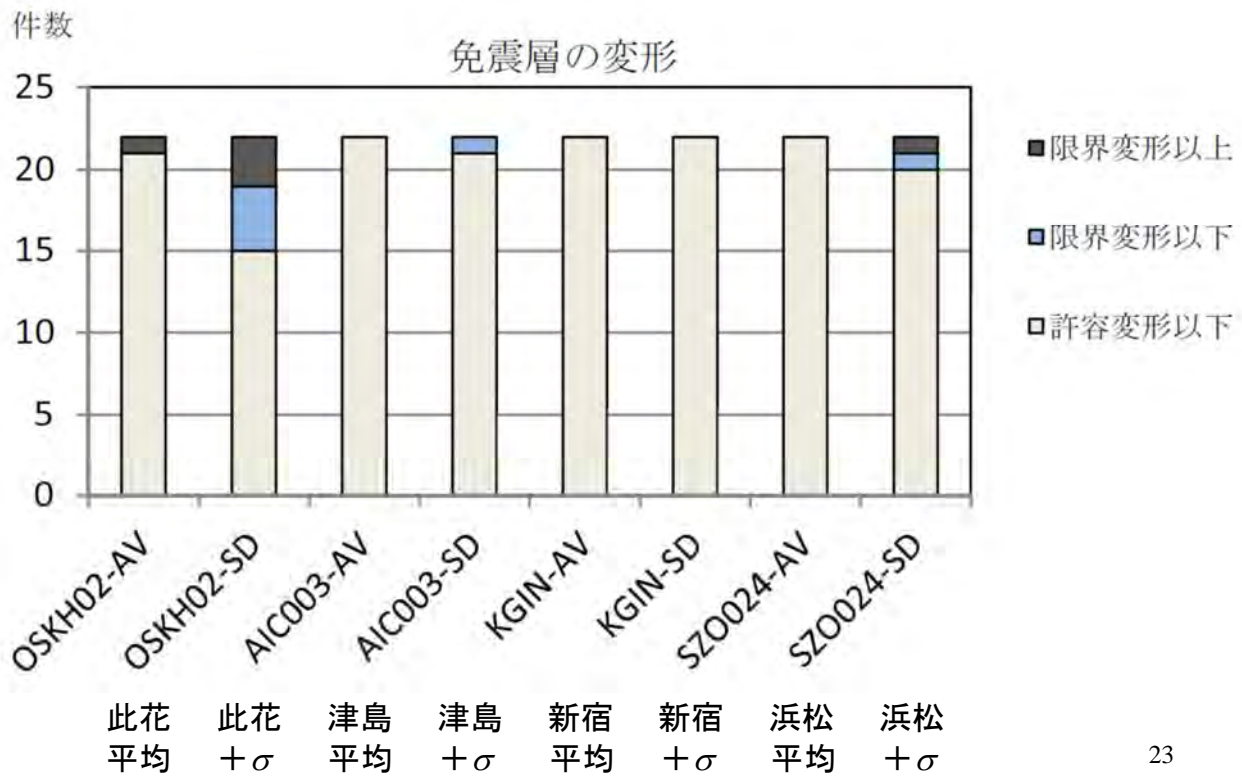
21

免震建物の層間変形角



22

免震層の変形



23

アンケートの対象とした建物

番号	建物所在地	構造	構造種別	建物規模	建物高さ	竣工年	位置	最大加速度 (cm/s ²)		
								H1	H2	V
1	宮城県	耐震	S造	地上15階 地下2階	62.7m	S48	B2F	163	259	147
							15F	361	346	543
2	埼玉県	制振	S造	地上26階 塔屋2階	139m	H12	B3F	74	63	42
							10FS	119	138	62
							10FN	118	155	66
3	東京都	免震 (改修)	SRC造	地上11階 地下2階	53.63m	S48 (H15)	B2F	104	91	58
							B1F	55	55	55
							P1F	94	82	104
4	東京都	耐震	S造	地上20階 地下4階 塔屋1階	86.52m	H6	01F	91	85	45
							20B	210	150	173
							19C	177	135	130
5	東京都	制振	S造	地上21階 地下4階	99.5m	H12	B4F	75	71	49
							13F	137	113	72
							21F	121	131	104
6	東京都	耐震	S造	地上18階	75.4m	S57	-	-	-	-
7	東京都	耐震	SRC造	地上26階 地下3階	111.2m	S57	-	-	-	-
8	神奈川県	耐震	S造	地上23階 地下3階 塔屋1階	96m	H6	B2F	60	-	30
							23F	162	-	72
9	大阪府	耐震	S造	地上15階 塔屋3階	76m	S48	B3F	11	9	5
							P3F	65	38	24

H1, H2: 建物の主要直交方向の水平加速度成分、V: 鉛直加速度成分

まとめ:(イ), (ロ)長周期地震動に関して

- ★ 以下の特徴をもつ、 $h=5\%$ の加速度応答スペクトルと群遅延時間の平均値・分散に対する改良経験式を作成した。
 - ・ M_w^2 項を考慮(応答スペクトルのみ)
 - ・太平洋プレートとフィリピン海プレートの地震の距離減衰特性の違いの考慮
 - ・関東平野の地盤の固有周期の長い観測点で、太平洋プレートとフィリピン海プレートの地震の地盤増幅率・サイト係数の違いを考慮
 - ・ $M_w 8.4$ で頭打ち
- ★ 東北地方太平洋沖地震の長周期地震動シミュレーション(3連動)により改良経験式の検証を行った。
- ★ 地震本部の長周期地震動との比較(南海地震、東南海地震、東海地震、それぞれの単独地震)や、復元記録との比較から改良経験式の南海トラフ沿いの地震に対する検証を行った。
- ★ 東海・東南海・南海地震(3連動)の長周期地震動を作成した。

25

まとめ:(ハ)超高層建物の応答に関して

従来のレベル2のクライテリアである 1/100と 2.0に対する結果

- ★ 大阪地区の此花については、平均波では 150m以上建物で、平均 $+\sigma$ 波ではほとんどの建物で、クライテリアを満足できない状況になっている。なお、平均 $+\sigma$ 波の応答結果は、制振補強をしてもクライテリアを満足できないおそれがある。
- ★ 名古屋地区の津島については、平均波ではクライテリアを満足しており、平均 $+\sigma$ 波については 100m級建物だけが、わずかにクライテリアを満足しない結果となっている。
- ★ 東京地区の新宿については、平均波では 200mを越える建物を除きほとんどの建物でクライテリアを満足する結果となった、なおかつその数値も 1/200程度の小さな値にとどまった。
- ★ 震源に近い浜松では、平均波では全ての建物がクライテリアを満足しているが、平均 $+\sigma$ 波では多くの建物でクライテリアを満足できず、特にその程度は 100m級建物で大きくなっている。 26

まとめ:(ハ)免震建物の応答に関して

- ★ 平均の波ではモデル建物の上部構造の状態はほとんどが短期許容応力度以下であり、短期許容応力度を超えるものも、弾性限耐力以下であり損傷はほとんどないと考えられる。免震層の変形も、建設年度が古い1棟を除き、すべて許容変形以下であった。
- ★ 平均+標準偏差の波では、此花や浜松で上部構造の状態が保有水平耐力を超えているものが5~8%程度あった。弾性限耐力を超えているものもやや多く、保有水平耐力を超えているものも含めて、全体の15%が弾性限耐力を超えていた。免震層の変形では、此花で固有周期の長いもので限界変形を超えているものが多くみられ、全体の15%程度であった。
- ★ 今回の検討では、免震部材の品質変動や製造時のばらつきは考慮しておらず、それを考慮するともう少し応答が大きくなると思われる、建物の状態はもう少し悪くなると思われる。
- ★ 戸建住宅に関しては、浜松の地震動で周期が短い場合に応答が非常に大きくなるが、それ以外は概ね許容値以下となっている。

建築基準整備促進事業の成果を踏まえた技術基準等への反映状況について(構造関係)

1. 技術基準等を制定済

- (1) 津波避難ビル等の構造上の要件に係る指針及び技術基準告示の制定並びに省令の改正
- ・平成 23 年 11 月 17 日付け国住指 2570 号
 - ・津波防災地域づくり法（平成 23 年法律第 123 号）に基づく平成 23 年国土交通省告示第 1318 号（指定避難施設の構造に関する技術基準等）
- [技術基準等のもととなった基整促調査課題]
- 40.津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討（H23）
- (2) 建築基準法施行規則に基づく図書省略認定
- ・鉄骨造建築物に係る図書省略認定(低層 1 方向ラーメン・他方向ブレースシステム、H23.6)
 - ・特定畜舎建築物に係る図書省略認定（低層特定畜舎建築物システム、H23.12）
- [技術基準等のもととなった基整促調査課題]
- 5.鉄骨造建築物の基準の整備に資する検討（H20～21）
- 14.特定畜舎建築物の合理的な構造計算基準の整備に資する検討（H20～21）
- (3) 長周期地震動対策試案の作成
- ・超高層建築物等における長周期地震動への対策試案について（H22.12）
- [技術基準等のもととなった基整促調査課題]
- 1.超高層建築物等の安全対策に関する検討（H20～22）

2. 平成 24 年度中に技術基準案等を作成予定

(現在作成作業中のもの)

- (1) 天井脱落対策に係る技術基準
- ・国総研技術基準原案作成 TG に天井脱落対策 STG を設置、作成作業中（令第 39 条、告示新設）
- [技術基準等のもととなった基整促調査課題]
- 3.非構造部材に関する基準の整備に資する検討（H20～22）
- 41.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（H23）
- (2) エスカレーター落下対策等に係る技術基準
- ・原案作成作業中（令第 129 条の 12、告示新設）
- [技術基準等のもととなった基整促調査課題]
- 45.昇降機に係る地震安全対策に関する検討(H23)
- (3) 構造関係の技術資料
- 構造関係基準全般についての技術資料、鉄骨造における接合部の例示仕様についての資料集、塔状工作物の構造計算に関する技術資料、冷間成形角形鋼管の補強方法に関する技

術資料 等

[技術基準等のもととなった基整促調査課題]

- 2.基礎及び敷地に関する基準の整備に資する検討
- 5.鉄骨造建築物の基準の整備に資する検討
- 6.鉄筋コンクリート造の各種柱はり接合部の耐力評価に関する実験
- 7.鉄筋コンクリート造の変断面部材の構造特性評価に関する実験
- 8.開口の数や位置を考慮した鉄筋コンクリート造の耐力壁の強度・剛性評価方法に関する実験・解析
- 9.鉄筋コンクリート造の耐力壁周辺架構の条件設定に関する実験
- 10.地震力の入力と応答に関する基準の合理化に関する検討
- 11.風圧力、耐風設計等の基準の合理化に資する検討
- 30.有開口耐力壁の変形能力の評価等に関する実験・解析 等

(今後検討予定)

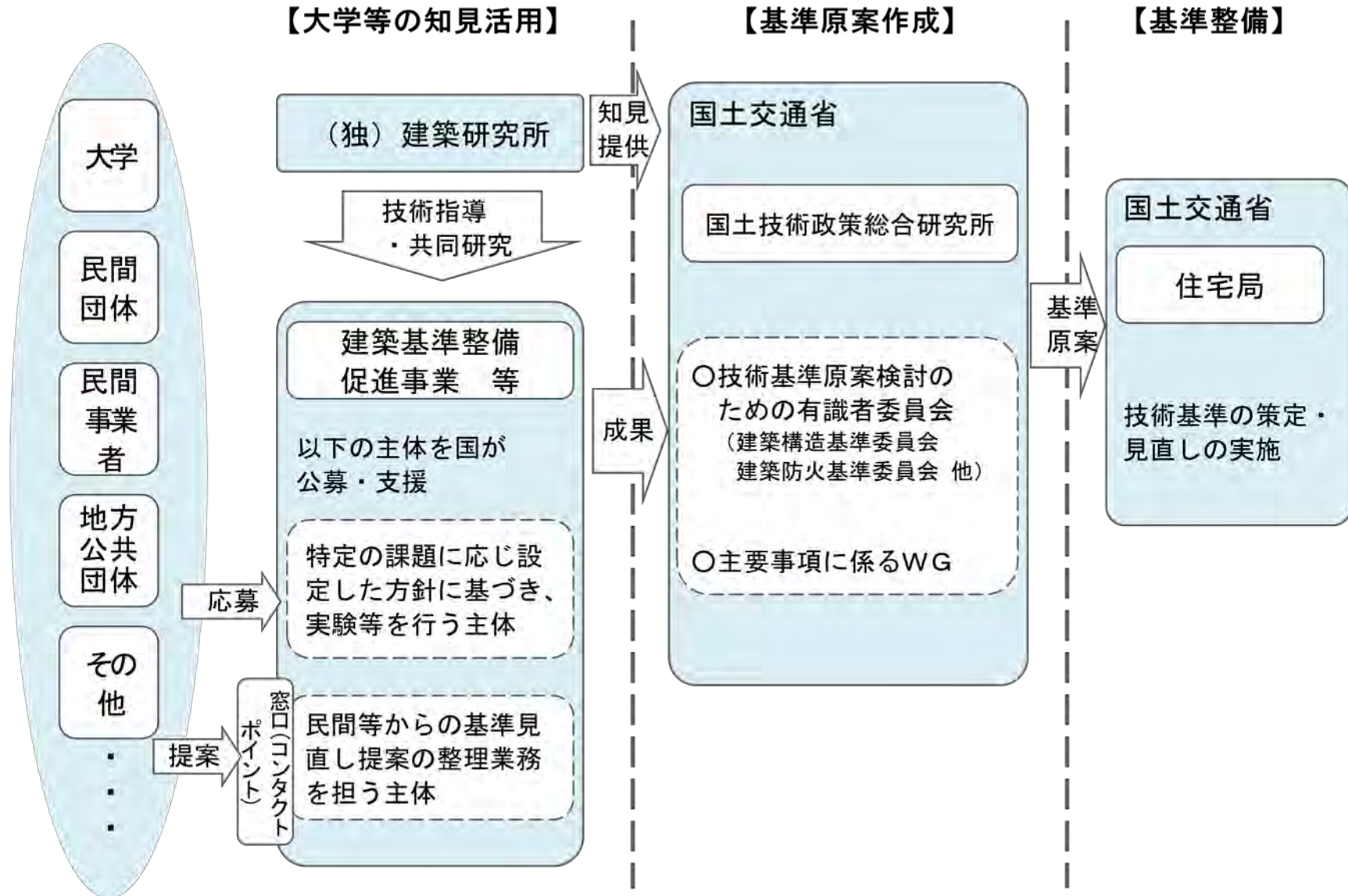
(4) その他

- ・構造関係の技術基準等について、これまでの成果を踏まえて検討予定。
- ・(3)の技術資料の改定、作成にあわせて、必要に応じ技術的助言の発出を検討。

3. 基準化についての今後の予定

構造関係の技術基準については、国総研建築構造基準委員会に設置した技術基準原案作成 TG において、順次技術基準原案を作成（別紙参照）。主要なものは委員会審議を経て、住宅局にて成案化。その他については、住宅局及び国総研で協議の上作成。

建築関連技術基準の検討体制



平成24年5月6日につくば市で発生した竜巻による建築物被害と竜巻等の突風荷重に関する研究

- 平成24年5月6日12時40分頃、茨城県つくば市では、北条地区、大砂地区及び北部工業団地を中心に竜巻による建築物被害が発生した。気象庁の発表によると、同地域での突風現象は**フジタスケールF3（平成24年6月8日に変更）**の竜巻によるものと推定されている。
- 5月6日にはつくば市内だけでなく、茨城県筑西市等(フジタスケールF1)、栃木県真岡市等(同F1～F2)、福島県大沼郡(同F0)でも竜巻が確認されている。



国土技術政策総合研究所と建築研究所では、被害発生直後より建築物の被害形態や被害分布を把握するための現地調査を実施した。

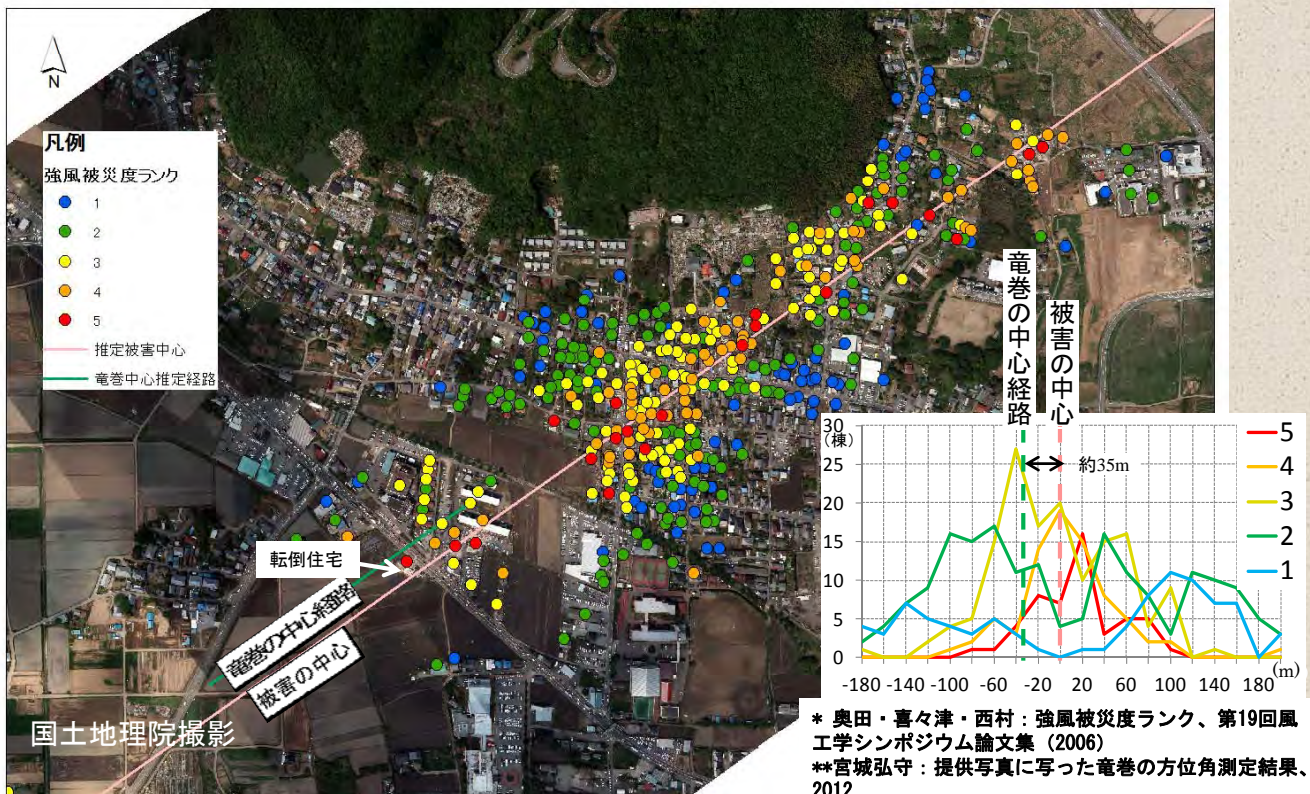
<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h24tsukuba/h24tsukuba.pdf> 速報(日本語) H24.5.8

<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h24tsukuba/h24tsukuba-e.pdf> 速報(英語) H24.5.25

<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h24tsukuba/wind.pdf> 転倒した木造建築物に作用した風速の推定 H24.6.19

人的被害(人)				住家被害(棟)		つくば市(平成24年6月25日)		
死者	負傷者			全壊	大規模半壊	半壊	一部破損	計
	重症	中等症	軽症					
1	0	5	32	89	35	143	384	651

つくば市北条地区の建築物等の被害分布



- 国土技術政策総合研究所と建築研究所の現地調査等による被害評価(強風被災度ランク* 内閣府の被害認定基準とは異なる)被害の幅は最大で約450mで、竜巻の映像から推定した竜巻中心の経路**と被害の中心は約35mずれる。

現地調査で確認した主な被害形態

1. 建築物の構造躯体の被害

- ① 木造建築物の上部構造の**転倒・倒壊・飛散・移動**
- ② 木造建築物の**小屋組の破壊・飛散**
- ③ 鉄骨造建築物の**残留変形又は転倒**



2. 建築物の外装材等の非構造部材の被害

- ① 木造建築物の屋根ふき材の**飛散**
- ② **鉄骨造建築物**のガラスの**損傷**・屋根ふき材の**飛散**
- ③ **RC造建築物**のガラスやベランダ手すりの**損壊**・内装材の**被害**
- ④ **飛来物の衝突**による被害



3. その他の被害

- ① 塀の**倒壊**
- ② 電柱・標識の**折損**・傾斜
- ③ 樹木の**折損**・**倒木**
- ④ 乗用車の**横転**・移動



竜巻が建築物に与える影響と被害発生風速の推定

A) 風圧力

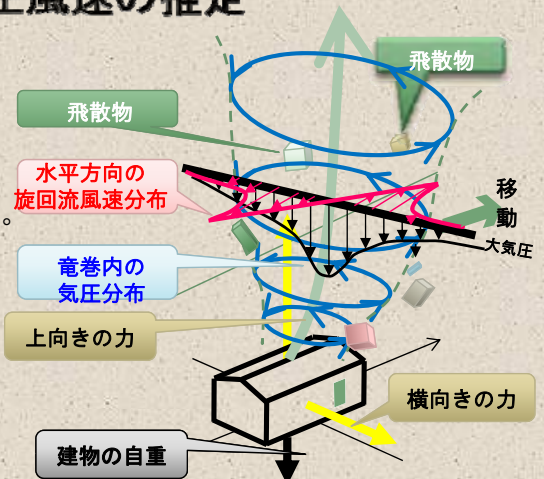
- 竜巻の旋回流の水平方向と鉛直方向の速度成分
- ・ 地表面付近では水平方向の速度成分が卓越する。
- ・ 建築物全体を水平方向に押すだけでなく、屋根面には負圧（鉛直方向上向き圧力）も発生する。
- ・ 開口部や外壁が破損し、建築物の内圧が上昇することもある。

B) 気圧差（竜巻の中心付近）

- 竜巻渦内の低い気圧と大気圧との差
- ・ 屋根や建築物全体に上方向の力として作用する。
- ・ 竜巻をランキン渦と仮定すると、竜巻の藤田スケールと気圧降下量には凡そ右下の関係がある。

C) 飛来物

- ・ 建築物等の部材・什器・樹木・車両などが建築物の外皮に衝突し、場合によっては貫通する。



○被災木造住宅の転倒が生じる風速の下限値の推定

- 1) A) 風圧力のみ : 97m/s
- 2) A) 風圧力+B) 気圧差: 61~67m/s

→気象庁は国総研・建研のほか複数の研究機関の風速推定結果を参考に**F2からF3に変更**(H24.6.8)

藤田スケール (m/s)	中心での気圧降下 (kN/m ²)	最大風速半径での気圧降下(kN/m ²)
F0 (32未満)	- 1.2	- 0.6
F1 (33-49)	1.2 - 2.8	0.6 - 1.4
F2 (50-69)	3.0 - 5.6	1.5 - 2.8
F3 (70-92)	5.8 - 10.2	2.9 - 5.1
F4 (93-116)	10.4 - 16.2	5.2 - 8.1
F5 (117-141)	16.4 - 24.0	8.2 - 12.0

	水平方向風力係数	鉛直方向風力係数
A) 風圧力のみ	1.2	-0.5~-1.0
A) 風圧力+B) 気圧差	1.2~2.0	-2.8

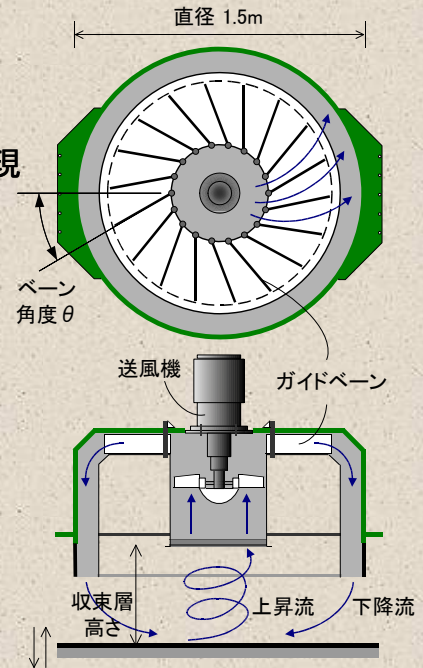
竜巻等の突風荷重に関する研究①-竜巻状気流発生装置-

研究課題

- ① 竜巻の非定常な風荷重
- ② 飛来物の衝撃荷重

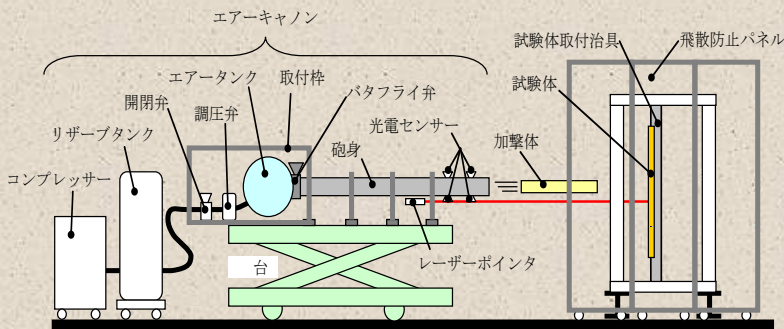
突風が物体に作用した瞬間の現象の解明

- ・ 新たな実験装置や数値シミュレーションで突風現象の再現
- ・ 竜巻状気流の非定常な圧力の評価



- ・ 竜巻状気流発生装置は文部科学省科学研究費補助金の援助を受け、国土技術政策総合研究所、建築研究所、東京大学及び京都大学防災研究所と共同で設計製作した（2009年に建築研究所に設置）。

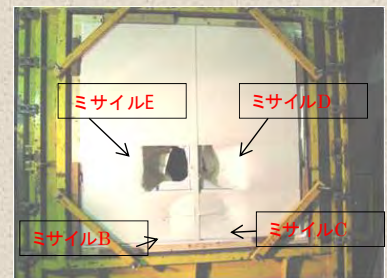
竜巻等の突風荷重に関する研究②-飛来物に対する外装材の耐衝撃試験-



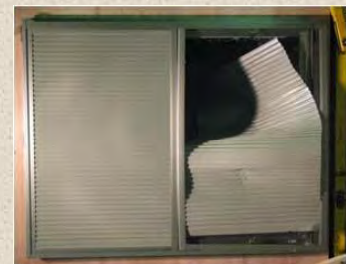
外壁材の耐衝撃試験装置(京都大学防災研究所)

- 試験用ミサイル(加撃体 ASTM E1996)

レベル	種類(質量・長さ)	衝撃速度
A	鋼球(2g)	39.6m/s
B	2×4in.製材 (910g, 0.53m)	15.3m/s
C	2×4in.製材 (2050g, 1.2m)	12.2m/s
D	2×4in.製材 (4100g, 2.4m)	15.3m/s
E	2×4in.製材 (4100g, 2.4m)	24.4m/s



外壁の試験状況(日本建築総合試験所)



雨戸の試験状況(日本建築総合試験所)

ASTM (米国試験材料協会) の試験方法に則り、日本製の外装材 (屋根ふき材・外壁・開口部) の飛来物耐衝撃性能試験を実施している

→ 竜巻等の突風による災害後も機能の維持が必要な建築物等の外装材への利用

薄板軽量形鋼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の一部を改正する告示案について（概要）

1. 背景

建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号。以下「令」という。）第 80 条の 2 において、鉄骨造の建築物又は建築物の構造部分で特殊な構造方法によるものに関し安全上必要な技術的基準を定めた場合においては、それらの建築物又は建築物の構造部分は、その技術的基準に従った構造としなければならないこととしており、薄板軽量形鋼造に関する技術的基準等については、薄板軽量形鋼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（平成 13 年国土交通省告示第 1641 号）において定められているところである。

今般、薄板軽量形鋼造に関する技術的基準の合理化を図る観点から、同告示を改正することとする。

2. 概要

（1）階数制限の合理化（第 1 及び第 11 関係）

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って安全性を確かめる場合にあっては、薄板軽量形鋼造の建築物の地階を除く階数は 4 以下とする。ただし、以下に掲げる建築物については、その階数を制限しないこととする。

- ① 最上階から数えた階数が 4 以内の階（以下「上層階」という。）を薄板軽量形鋼造とし、かつ、上層階以外の階を鉄骨造、鉄筋コンクリート造その他の構造とする建築物 → 階数制限なし
- ② 上層階に薄板軽量形鋼造と鉄骨造、鉄筋コンクリート造その他の構造とを併用し、上層階以外の階を鉄骨造、鉄筋コンクリート造その他の構造とする建築物 → 階数制限なし
- ③ 薄板軽量形鋼造と鉄骨造、鉄筋コンクリート造その他の構造とを併用する建築物（※） → 階数制限なし

※ 上層階以外の階の薄板軽量形鋼造の構造部分が、建築物の自重、積載荷重、積雪荷重その他の鉛直方向の荷重を支えないもの又は上層階以外の階における構造耐力上主要な部分である柱、横架材及び斜材並びに耐力壁を薄板軽量形鋼造としないものに限る。

（2）耐力壁の構造の合理化（第 5 関係）

一方向及び繰り返し加力実験によって確認された耐力壁の剛性及び耐力を考慮して、第 12 第 1 号ハに定める構造計算（令第 82 条第 1 号から第 3 号までに規定する構造計算に限る。）を行った場合は、第 5 第 2 号の耐力壁の構造に関する規定を適用しないこととする。

(3) 薄板軽量形鋼造と鉄筋コンクリート造その他の構造の混構造建築物の構造計算の合理化（第12関係）

薄板軽量形鋼造及び薄板軽量形鋼造と鉄骨造とを併用する建築物に加え、薄板軽量形鋼造と鉄筋コンクリート造とを併用する建築物など、薄板軽量形鋼造と鉄骨造以外の構造とを併用する建築物についても、第12第1号ハに定める構造計算（令第82条各号及び令第82条の4に定めるところによる構造計算）により安全性を確認することができることとする。

(4) その他所要の改正を行う。

3. 今後のスケジュール（予定）

公布・施行 平成24年7月上旬

建築構造基準委員会 設置要領

(目的)

第1条 建築基準法等に基づく建築物等の構造基準に関する技術基準原案について検討を行うため、建築構造基準委員会（以下「委員会」という。）を設置する。

(委員会の構成及び委員)

第2条 委員及び協力委員（以下「委員等」という。）は、建築分野の外部専門家その他の外部有識者のうちから、国土技術政策総合研究所長が委嘱する。

2 委員等の委嘱期間は2年以内とする。但し、再任を妨げない。

(委員長等)

第3条 委員会に委員長及び委員長代理を置く。

2 委員長は、委員会の会務を総理する。

3 委員長は、必要があると認めるときは、委員等以外の者を専門委員として出席して意見を述べ又は説明を行うことを求めることができる。

4 委員長に事故があるときは、委員長代理がその職務を代理する。

(運営)

第4条 委員会の招集は、建築研究部長が行う。

2 委員会の庶務は、建築研究部が行う。

(雑則)

第5条 この要領に定めるもののほか、委員会の運営に必要な事項は委員長が定める。

(附則)

この要領は、平成23年4月12日から施行する。

この要領は、平成23年10月13日から施行する。