

H22年度

1 超高層建築物等の安全対策に関する検討

(1) 長周期地震動に関する検討

株式会社 大崎総合研究所
学校法人 東京電機大学

検討体制

- 長周期地震動に関する検討委員会(22名)
委員長:西川孝夫(首都大学東京名誉教授)
- 地震動・応答WG(23名)
主査:大川出(建築研究所)
- JSCA長周期地震動WG(18名)
主査:北村春幸(東京理科大学)
- 昇降機SWG (8名)
主査:藤田聡(東京電機大学)
- ★ 建築研究所と共同研究

平成22年度検討項目

(イ) 長周期地震動の検討

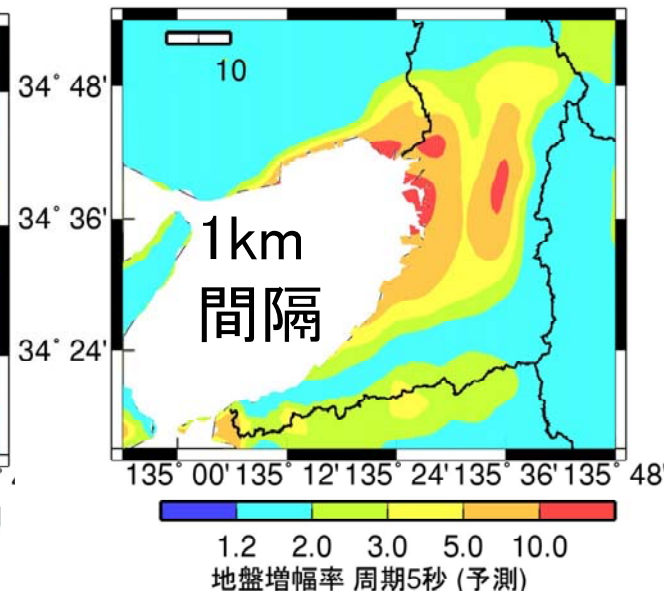
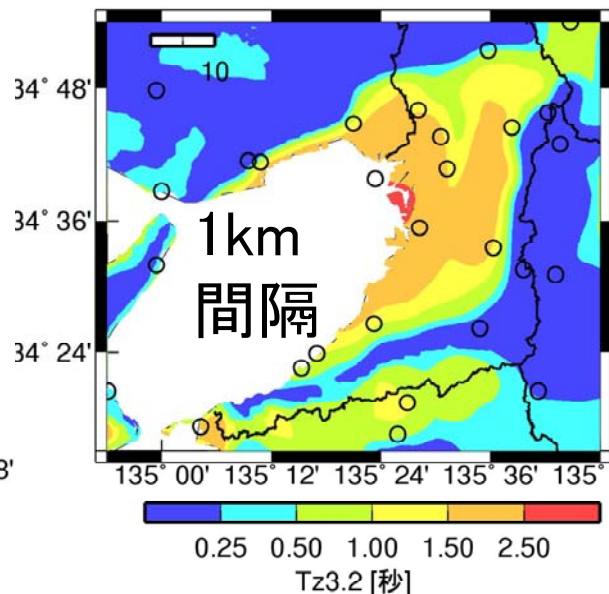
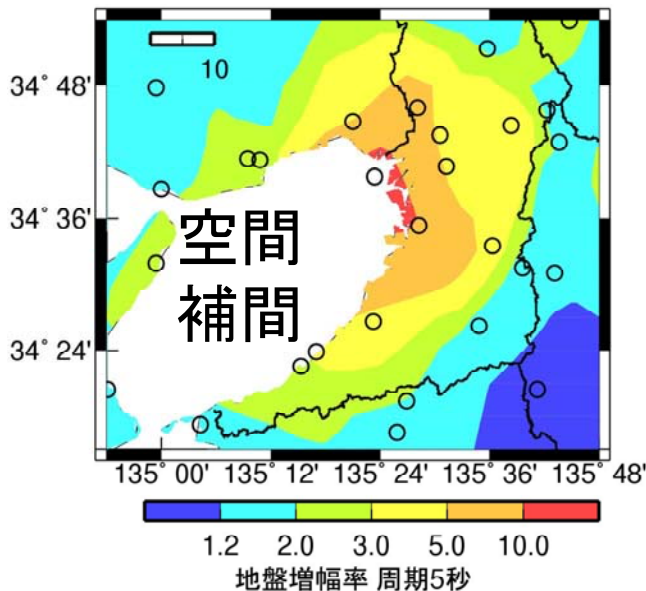
- 1) 任意地点におけるサイト係数の算定方法
・大阪平野、濃尾平野、関東平野が対象
- 2) 作成地震動のばらつきの検討

(ロ) 建築設備・什器等に与える影響に関する検討

- 1) 什器関係の検討
- 2) 昇降機関係の検討

任意地点におけるサイト係数の検討

(減衰定数5%の加速度応答スペクトルの地盤増幅率)



本経験式で地盤増幅率
が得られている観
測点(10~20km間隔)

経験式の地盤増幅率

推本の三次元地下構造
データ(約1km間隔)

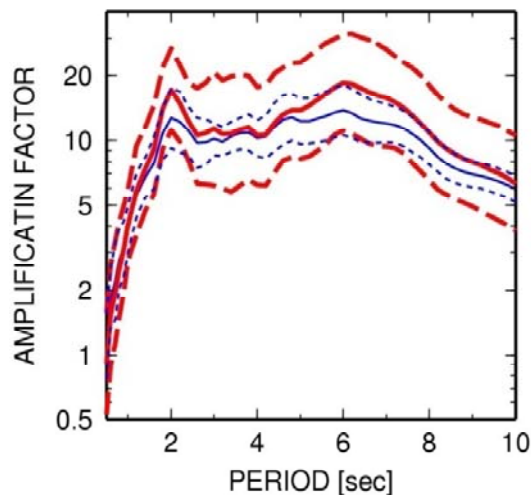
地震基盤から工学的基
盤までの伝播時間Tz3.2

任意地点での
地盤増幅率

回帰式作成

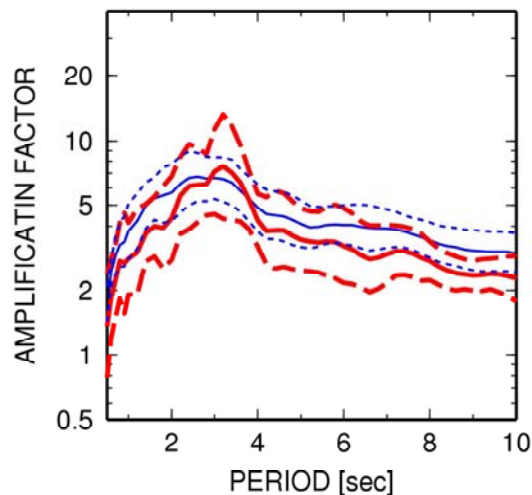
面的補間を行った場合と 元の地盤増幅率の比較の例

- - - 経験式の平均値±標準偏差(此花)
 - - - Tz3.2を用いた平均値±標準偏差(此花)
 — 経験式の平均値(此花)
 — Tz3.2を用いた平均値(此花)



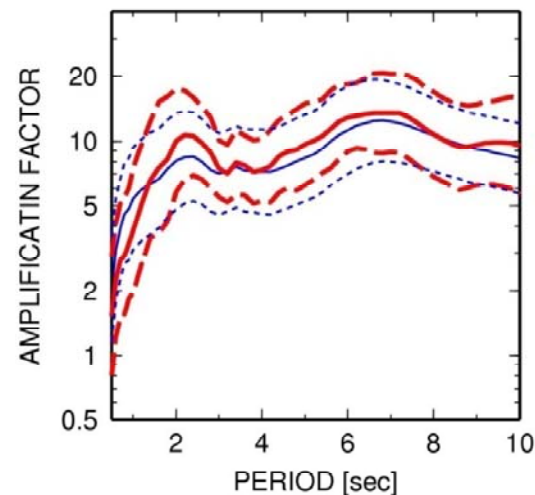
大阪平野
此花

- - - 経験式の平均値±標準偏差(名古屋)
 - - - Tz3.2を用いた平均値±標準偏差(名古屋)
 — 経験式の平均値(名古屋)
 — Tz3.2を用いた平均値(名古屋)



濃尾平野
名古屋

- - - 経験式の平均値±標準偏差(新宿)
 - - - Tz3.2を用いた平均値±標準偏差(新宿)
 — 経験式の平均値(新宿)
 — Tz3.2を用いた平均値(新宿)



関東平野
新宿

作成地震動のばらつきの検討

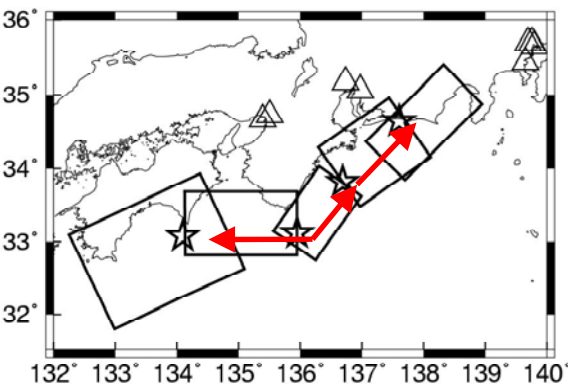
東海・東南海・南海地震(Mw8.6)

- ・波形作成の際の乱数の違いによるばらつき(21の乱数)
- ・破壊伝播の違いによるばらつき(Case1~Case3)
- ・3連動、2連動、単独による違い

検討サイト: 関東平野4点、濃尾平野2点、大阪平野2点

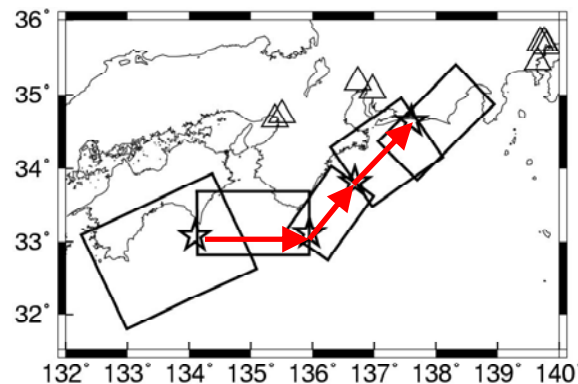
Case1

(中央防災会議に準拠)



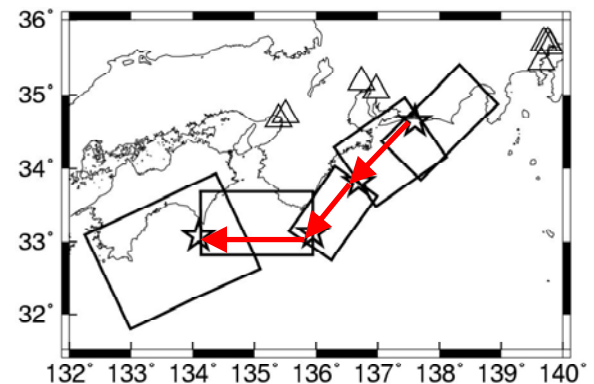
Case2

(西から東に破壊)



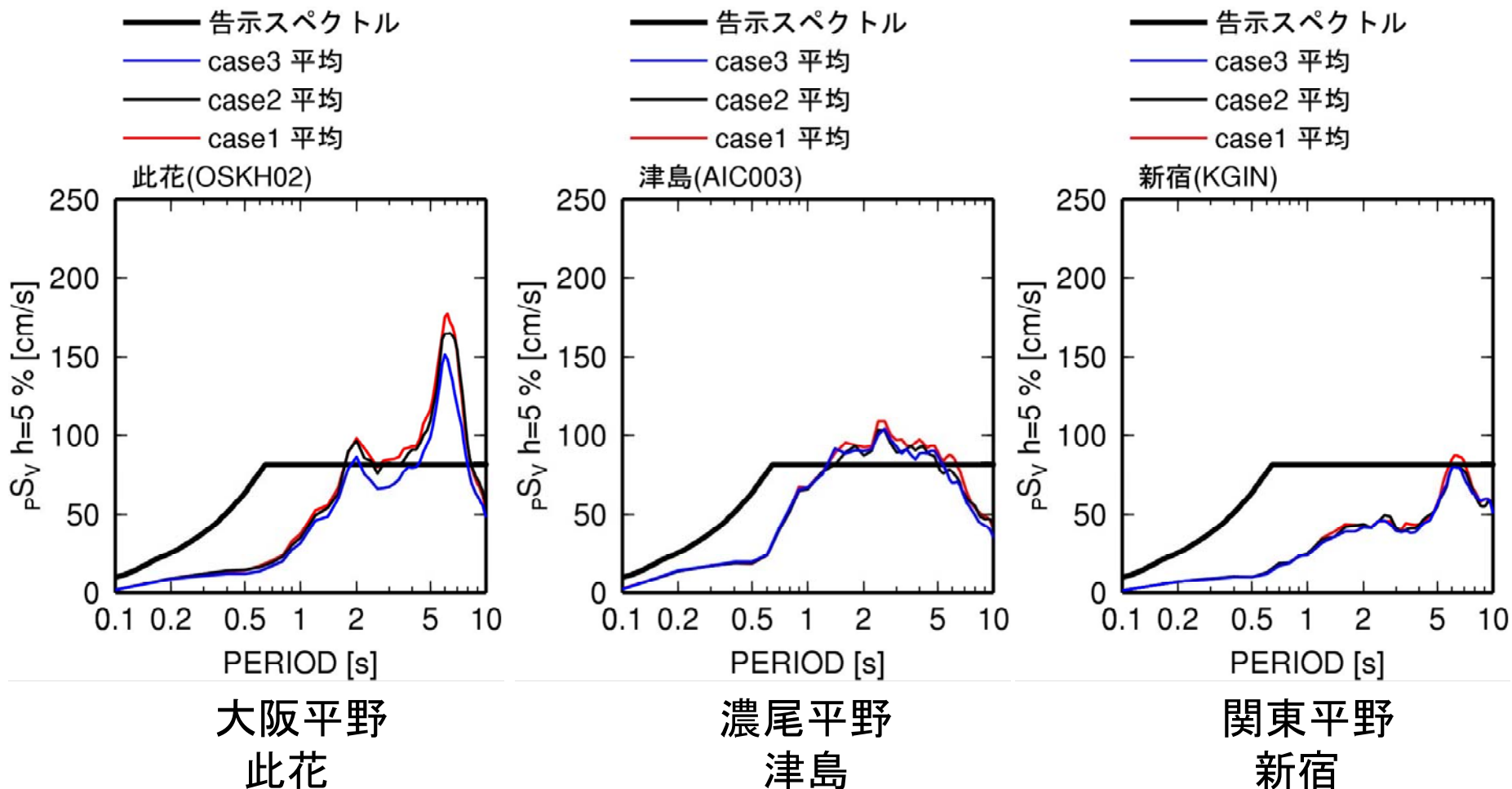
Case3

(東から西に破壊)



断層モデルは、東南海地震と南海地震は、中央防災会議に準拠した鶴来・他(2005)、東海地震は地震調査研究推進本部(2009)

破壊伝播の違い



3連動、2連動、単独の違い

— 告示スペクトル

— 東海・東南海・南海

- - 東南海・南海

- - 東海・東南海

— 南海

- - 東南海

- - 東海

— 告示スペクトル

— 東海・東南海・南海

- - 東南海・南海

- - 東海・東南海

— 南海

- - 東南海

- - 東海

— 告示スペクトル

— 東海・東南海・南海

- - 東南海・南海

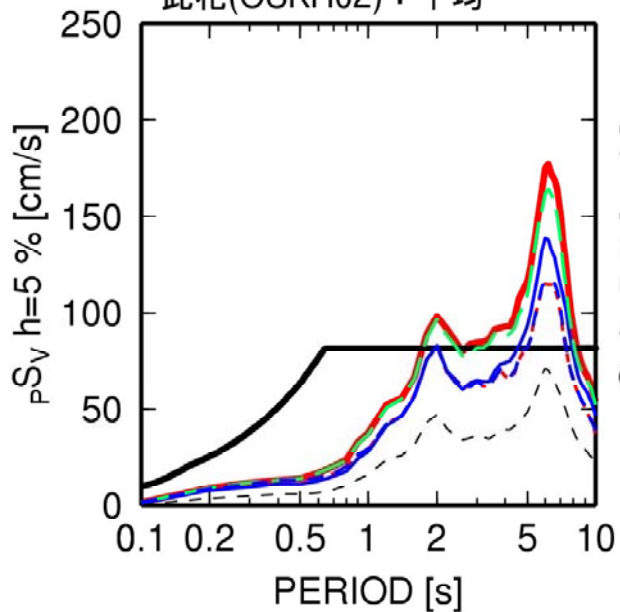
- - 東海・東南海

— 南海

- - 東南海

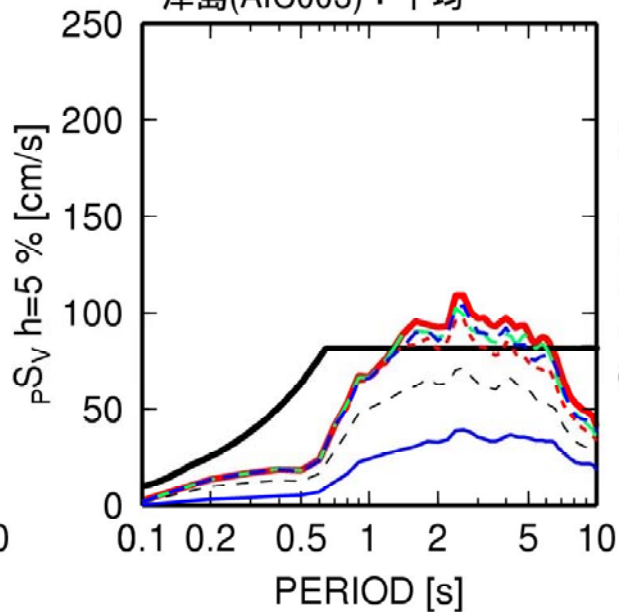
- - 東海

此花(OSKH02)：平均



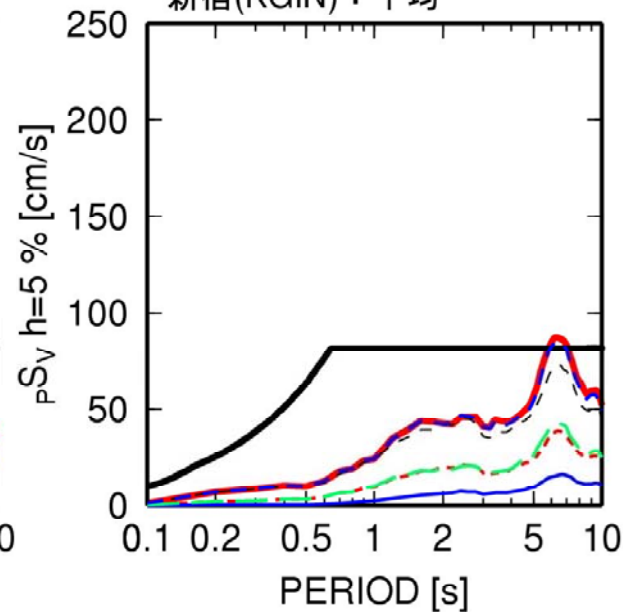
大阪平野
此花

津島(AIC003)：平均



濃尾平野
津島

新宿(KGIN)：平均



関東平野
新宿

長周期地震動に関するまとめ

- 1) 任意地点での補間方法の検討
 - 加速度応答スペクトルの地盤増幅率の面的補間のための回帰式を作成した。
 - 群遅延時間の平均値と標準偏差については、回帰式のばらつきが大きかった。
- 2) 作成地震動のばらつきの検討
 - 東海・東南海・南海地震の破壊伝播の違いによるばらつきは、此花でややみられたものの、津島や新宿では小さかった。
 - 3連動、2連動、単独の比較では、3連動と対象地点に近い2連動との差は小さいことがわかった。
 - 乱数の違いは、連動の場合は大きく、卓越周期では最大で20%程度になる。

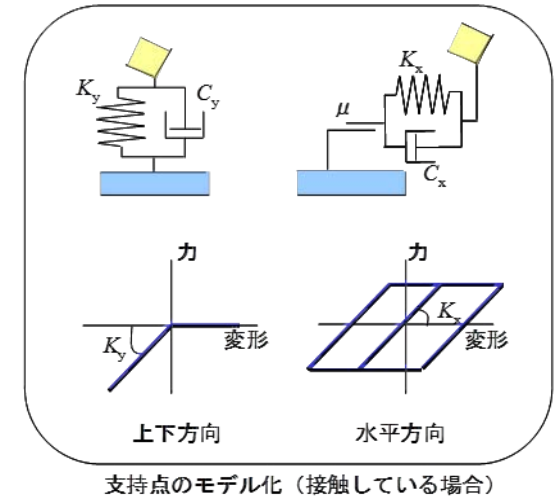
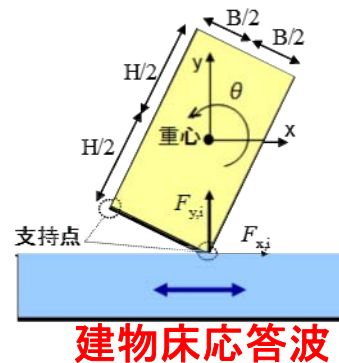
平成22年度建築基準整備促進事業報告会
超高層建築物等の安全対策に関する検討

什器関係の検討

平成23年4月14日

大崎総合研究所 金子美香

什器類の応答解析



■地震波(4波)平均波

- ・想定東海・東南海地震 津島, 名古屋, 新宿
- ・想定南海地震 此花

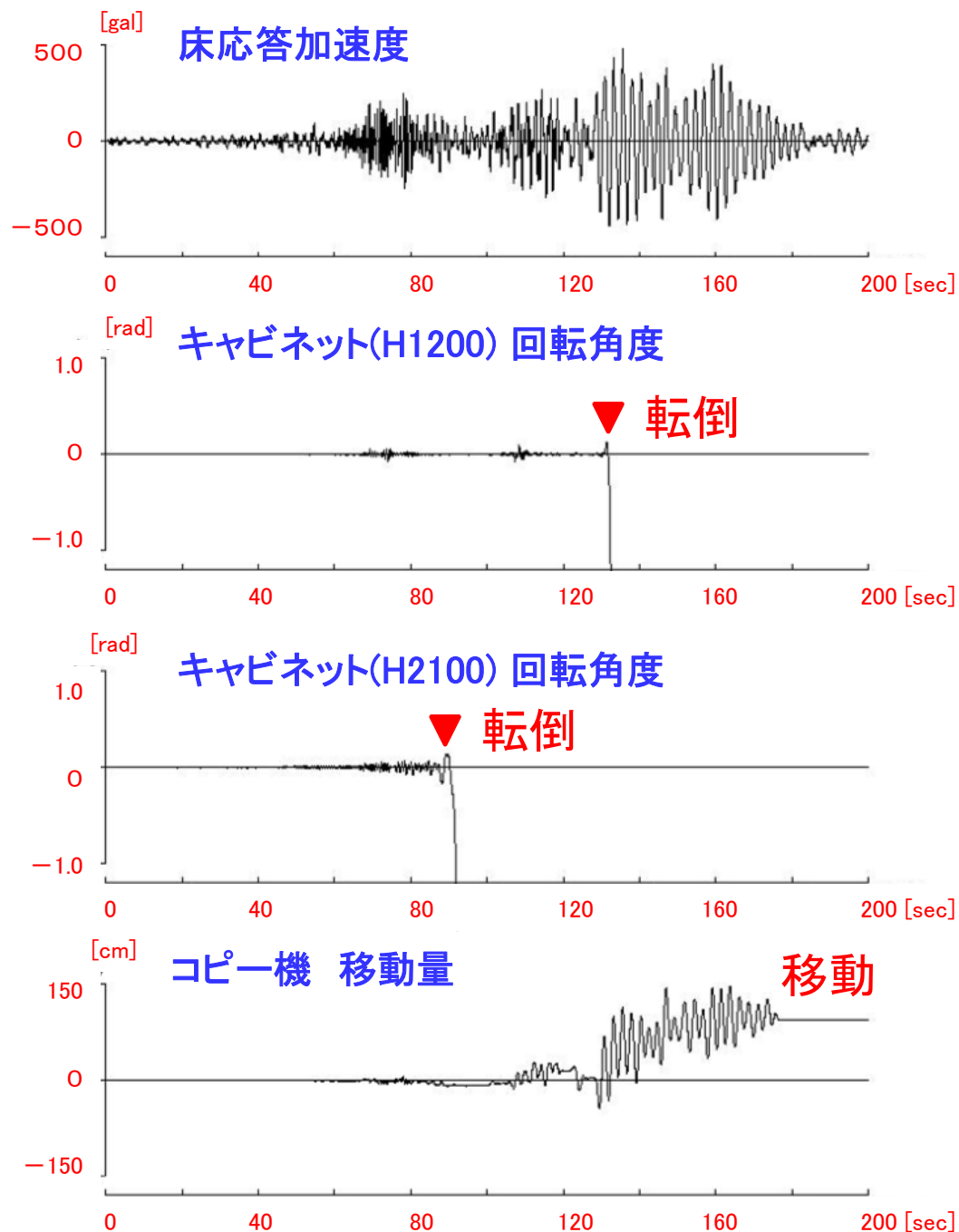
■建物(6棟)

- ・S造 100m級, 230m級, 250m級
- ・RC造 130m級, 180m, 240m級

■什器類(6種類)

- ・オフィス キャビネット(H2100), キャビネット(H1200), コピー機
- ・住宅 本棚, 洋タンス, テレビ台

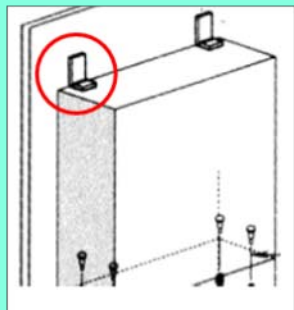
解析結果の波形例
(S造100m級
津島平均波
最上階)



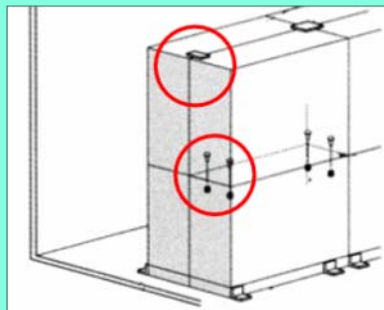


家具の転倒・移動・散乱状況
 (S造100m級オフィス, 津島平均波入力)

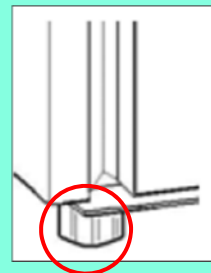
壁への固定



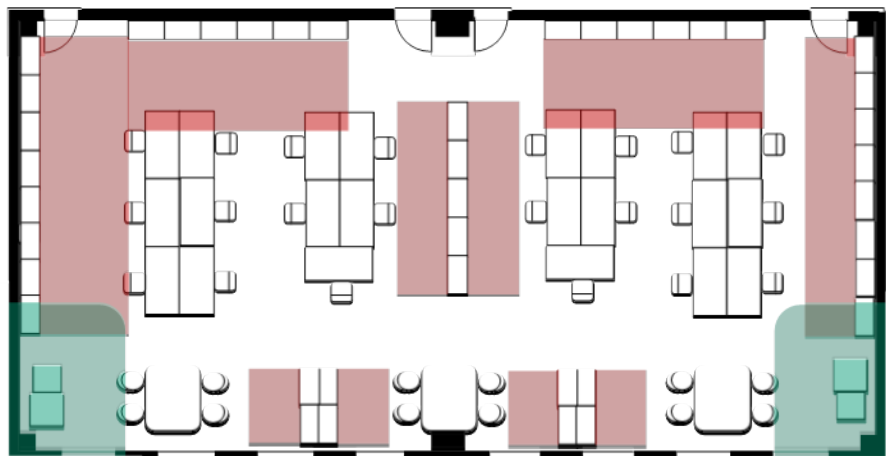
家具どうしの固定



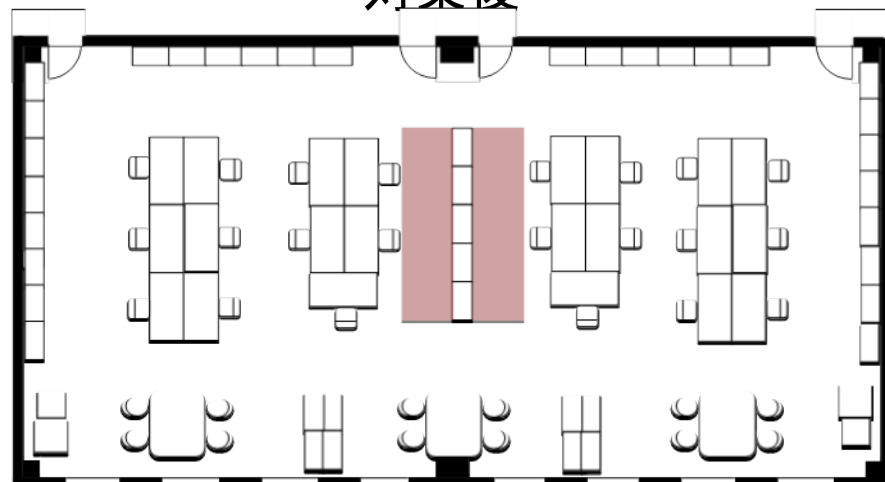
キャスターを固定



対策前

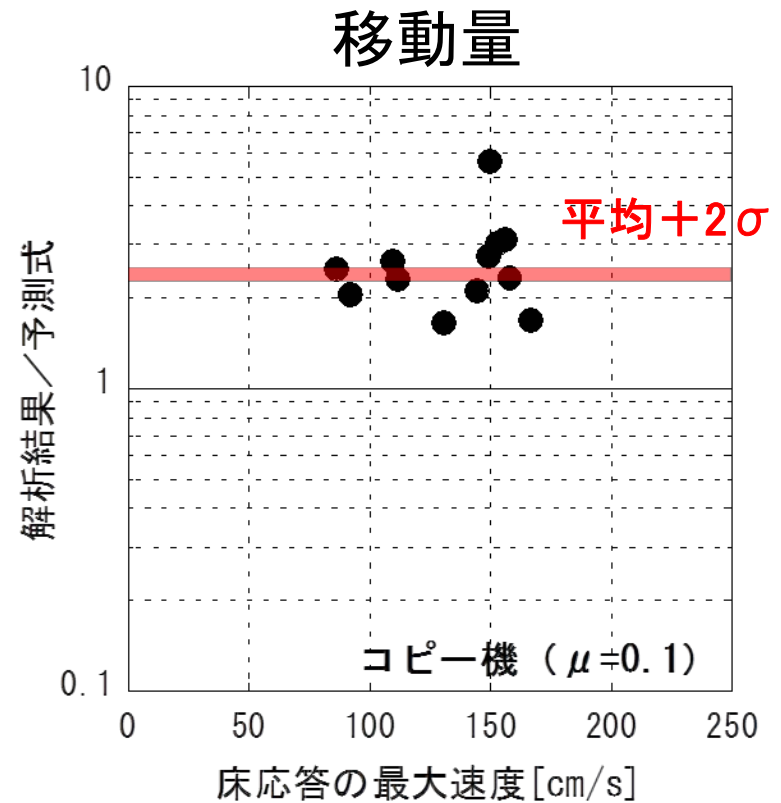
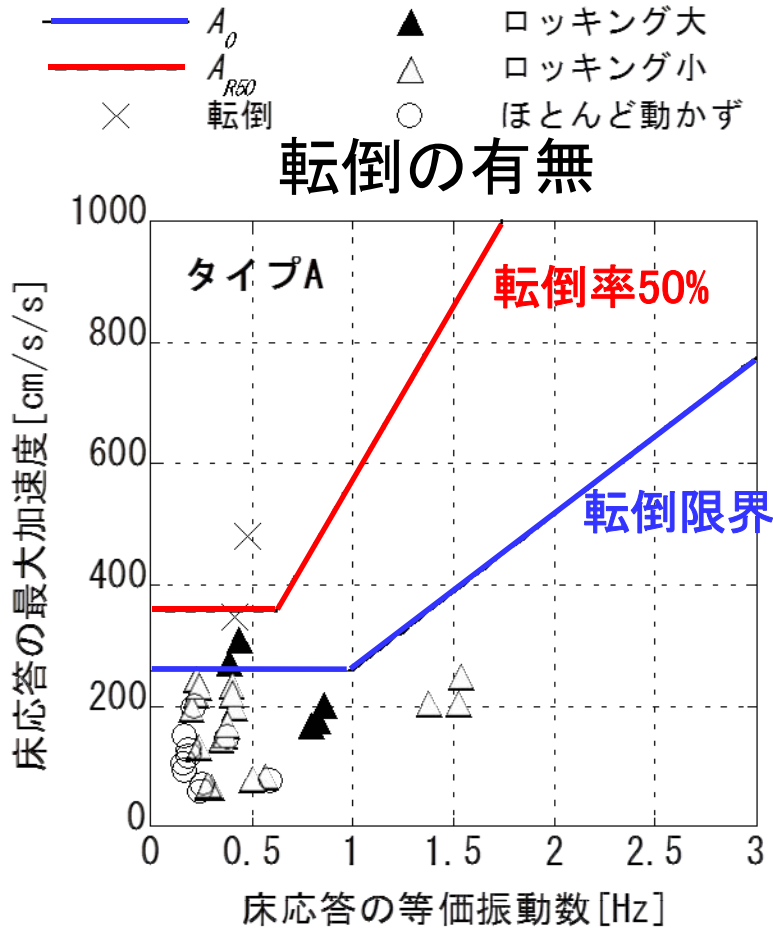


対策後



家具の転倒・移動・散乱状況
(S造100m級オフィス, 津島平均波入力, 最上階)

転倒・移動評価式との比較



まとめ

- 特に上層で、家具の転倒・移動被害が大きく、それに伴う人的被害が危惧される。
- ELVの停止により、重傷者の搬送が困難になる。
- 転倒家具や散乱物が、地震後の避難の妨げになる。
- 地震後の機能復旧に時間がかかる。
- 以上の危険性は、家具に固定対策を施すことで大幅に軽減できる。

今後の課題

■建物側

- ・建物の内壁等に、十分な強度を有する下地を設ける
- ・内層仕上げ工事後にも、建物使用者にその位置がわかるようにする
- ・非構造部材(天井・壁・扉など)の耐震性確保

■使用者向け

- ・キャスター付き機器の移動に対する工夫
- ・ガラスの破損に対する注意喚起
- ・超高層建物の室内被害に対する適切な啓蒙活動

国土交通省 建築基準整備促進事業
超高層建築物等の安全対策に関する検討
長周期地震動に関する検討

昇降機関係の検討

昇降機SWG 委員長
東京電機大学 教授 藤田聡

1. 検討の概要

- 背景

- エレベーター、エスカレーターなどの昇降機は、縦方向の動線を担う重要な設備である
- 超高層構造物は長周期地震動の影響を受けやすく、内部の昇降機の被害が懸念される
- 超高層構造物のエレベーターは、長尺ロープなど、固有周期の長い要素を含む



- エレベーターの長周期地震動による挙動や耐震性の評価、今後の検討課題の抽出が急務である

1. 検討の概要

- 目的

- 平成21年度に実施された長周期地震動に対する超高層建物の応答解析結果に基づき、超高層建物内に設置された昇降機が長周期地震動を受けた際の影響を、以下の点から検討する

- 挙動の推定と耐震安全性の確認
- 被害状況の推定
- 今後の検討課題の抽出・整理
- 現行耐震設計計算モデルの問題点、改良点の抽出・整理

2. 昇降機耐震の現状

- 耐震クラスと性能目標

- クラスA:

- 稀に発生する地震動→支障なく運行
- 極めて稀に発生する地震動→機器に損傷は生じても、かごが懸垂支持される

- クラスS:

- 建築物の規模ならびに公共性に応じて、耐震クラスAのエレベーターよりも地震後の運行機能の重要性から、地震時の構造部分の損傷を少なくし、地震後の復旧時間を短縮することを目的とする耐震クラス

2. 昇降機耐震の現状

- 耐震性能の強化（2009年版指針）
 - － ガイドレールの強度評価方法の見直し
 - － 釣合おもり側レールブラケットの耐力増し
 - － おもりブロック脱落防止構造の強化
 - － 長尺物保護措置強化
 - － P波管制運転+S波管制運転
 - － 長尺物振れ管制運転（120m超えに標準適用）
 - － 停電時自動着床装置などの予備電源
 - － 主索外れ防止措置の強化

3. 昇降機の地震応答

- 検討事項

1. ロープの振れ量

- 被害状況および現行検討方法の問題点等を分析

2. ロープ振れによる塔内機器への衝突荷重

- 周辺機器への影響を検討

3. 層間変形によるレール強度評価(応力値)

- 通常設計時の応力値と比較し、現行設計方法における問題点等を検討

4. 層間変形時のエレベーターかご位置のずれ

- 塔内機器との干渉に影響する「かごの壁に対するずれ」を検討

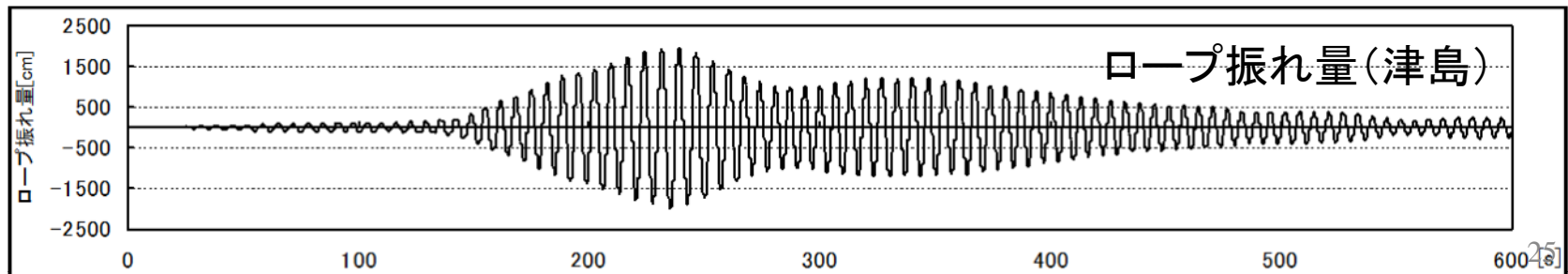
3. 昇降機の地震応答

- 対象建物(括弧内はX、Y方向の固有周期)
 - S造100m級(2.3s、2.8s)、230m級(6.0s、7.0s)、250m(5.8s、5.3s)級
 - RC造130m級(3.12s、3.04s)、180m級(4.23s、4.31s)、240m(5.44s、5.44s)級
- 地震波
 - 東海地震:此花
 - 東南海・東海:名古屋、津島、工学院

3. 昇降機地震応答

- 検討結果の一例 (S造230m級、Y方向、7.0s)

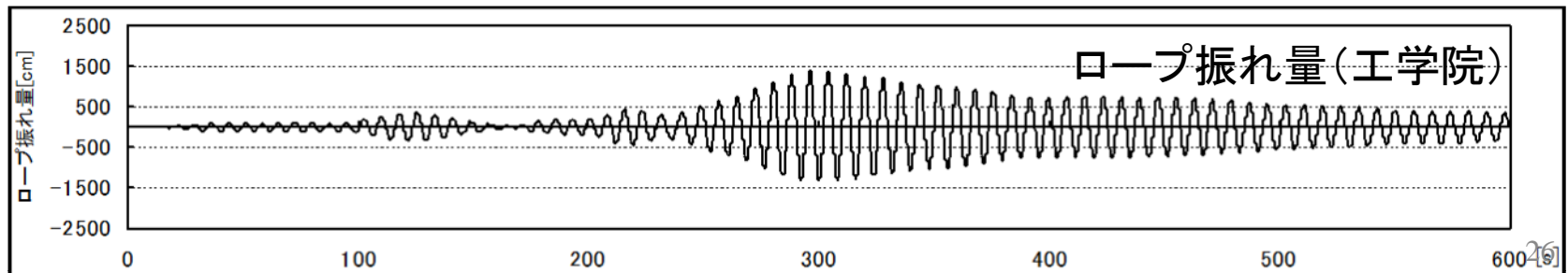
		此花	津島	名古屋	工学院	
1. ロープ振れ	建物頂部最大加速度 [Gal]	194	218	151	152	
	建物頂部最大変位 [cm]	206	169	63	171	
	振れ量 [cm] (ロープ周期 [s])	1620 (6.70)	1989 (6.25)	455 (7.30)	1684 (6.75)	
2.	ロープ振れによる荷重 [N]	1137	1245	937	939	
3. レール強度	かご側 おもり側	長周期地震時 [N/mm ²] /通常設計 [N/mm ²]	75/145=0.52	82/145=0.57	90/145= 0.62	63/145=0.43
		長周期地震時 [N/mm ²] /通常設計 [N/mm ²]	90/183=0.49	99/183=0.54	117/183= 0.64	76/183=0.42
4.	建物に対するかご移動量 [mm]	7.35	6.97	4.11	6.69	



3. 昇降機地震応答

- 検討結果の一例 (RC造240m級、X方向、5.44s)

		此花	津島	名古屋	工学院	
1. ロープ振れ	建物頂部最大加速度 [Gal]	120	113	72	82	
	建物頂部最大変位 [cm]	166	102	40	122	
	振れ量 [cm] (ロープ周期[s])	1185 (8.03)	749 (6.94)	340 (7.13)	1377 (8.03)	
2. ロープ振れによる荷重 [N]		338	393	239	224	
3. レール強度	かご側	長周期地震時 [N/mm ²]	62/145=0.43	80/145=0.56	102/145= 0.71	47/145=0.33
		/通常設計 [N/mm ²]				
	おもり側	長周期地震時 [N/mm ²]	72/183=0.40	98/183=0.54	131/183= 0.72	54/183=0.30
		/通常設計 [N/mm ²]				
4. 建物に対するかご移動量 [mm]		7.02	4.43	2.09	7.64	



3. 昇降機の地震応答

- 地震応答結果のまとめ(1)

1. ロープの振れ量

- いずれの条件でも大きく振れ、塔内機器に接触する
- 固有周期が長いほど、大きく振れる傾向がある
- 振れ量が最大となるのロープの周期は、S造では建物の固有周期と同程度、RC造では建物の固有周期よりも長くなった(塑性変形の影響)

2. ロープ振れによる塔内機器への衝突荷重

- RC造よりS造のほうが衝突荷重が大きい(建物の応答加速度の大きさに起因)
- 塔内機器の部分的損傷は避けられないが、ロープの完全破断には至らないレベル

3. 昇降機の地震応答

- 地震応答結果のまとめ(2)
 3. 層間変形によるレール強度評価(応力値)
 - 長周期地震動によりレールに働く応力は、通常設計で考慮するもの以下であった(建物の応答加速度が通常設計で考慮するものより小さかったため)
 4. 層間変形時のエレベーターかご位置のずれ
 - かご位置のずれ量は最大でも8mm以下であり、塔内機器とのかごの部分的な接触は避けられないものの、大きく干渉することはない

4. おわりに

- まとめ

- ロープの応答は大きくなり、昇降路壁等への衝突が予想されるものの、適切な対策をすることで人命に影響を与える被害は生じないと考えられる
- 層間変形が過大となる場合(概ね1/100以上)、乗場戸扉の破損等、層間変形に基づく被害が生じると考えられる
- RC造では強震により固有周期が伸長するため、現在、建物の固有周期をベースにしているロープの最大振幅等の算出には注意が必要である
- 精密級地震感知器(0.1~5Hz)の設置が望まれる

4. おわりに

- 今後の課題と提言(1)
 - 建物と昇降機の境界を成す昇降路は「非構造部材で構成された構造体」であるため、それら非構造部材の地震被害や耐震性能に関する評価を実施することが急務である
 - 昇降路-昇降機モデルを用いた静的・準静的加力実験、振動実験を実施し、長周期地震下での昇降機システムにどのような被害が生じるのかを検討することが望まれる

4. おわりに

- 今後の課題と提言(2)
 - 昇降機システム(長周期)地震応答標準解析モデルを確立することが強く望まれる
 - エスカレータに対する検討も望まれる
 - 高い耐震性を有するSSクラスエレベーターが広く採用されることになれば、超高層建物を基盤とする都市の地震時・地震後機能維持性能は著しく向上すると考えられる。またこれを推進するためには制度上のインセンティブが重要とも思われる。