

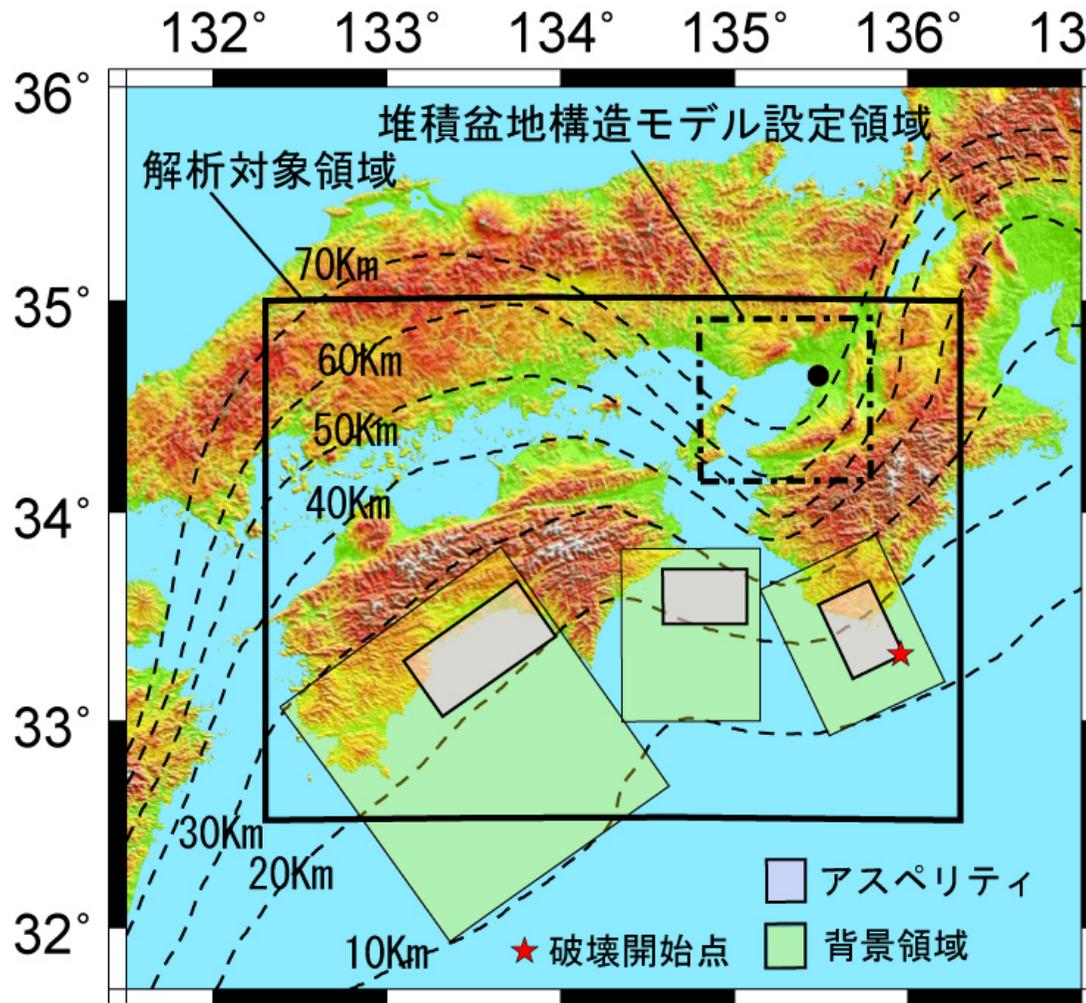
巨大地震時における長周期構造物の被害 予測と被害軽減化対策

入倉孝次郎(愛知工大)、釜江克宏・川辺秀憲(京大原子炉)、
佐藤俊明・壇一男(清水建設)、中川佳久(安井建築設計)、
齊藤賢二・土肥博(NTTファシリティーズ)

目的

- 長周期構造物の被害予測や被害軽減化対策に必要な基礎資料を得るため、想定南海地震を対象とした長周期地震動予測を行い、長周期構造物（高層・超高層ビルや免震構造物）の耐震性能を簡易モデルによって評価し、長周期構造物の危険度マップを作成する。

想定南海地震の強震動予測



南海地震の解析対象領域、設定震源位置、及び波形予測地点。点線はフィリピン海プレート上面深さを表す。

震源モデル:

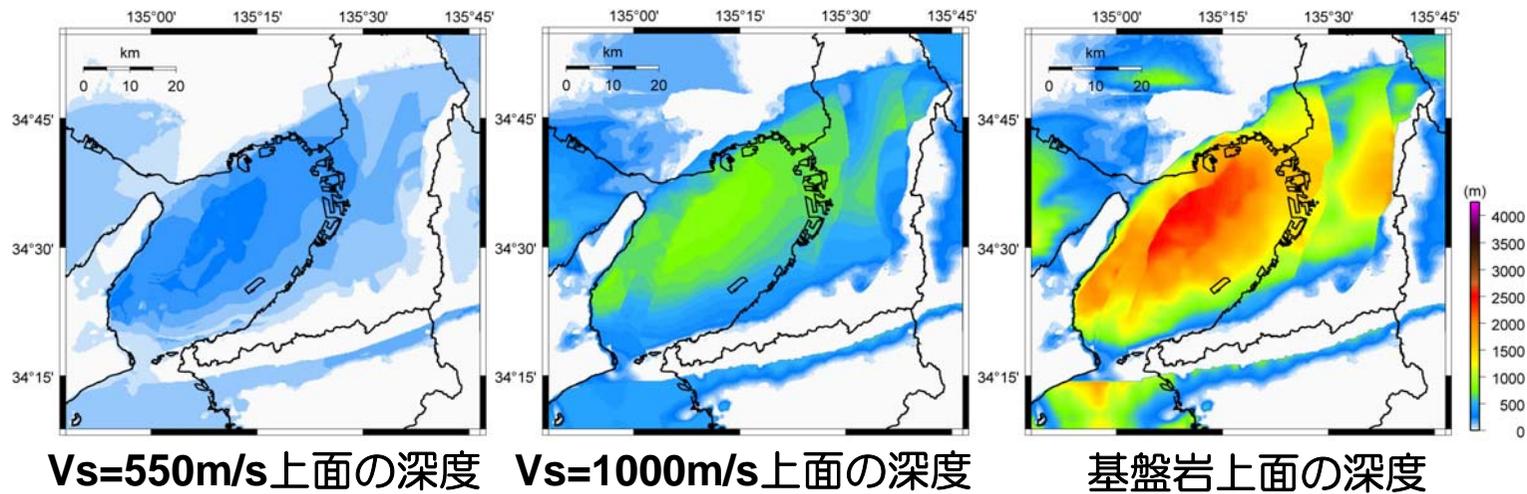
地震調査研究推進本部のモデルをもとに作成

地下構造モデル:

大阪平野の地下構造モデルはHorikawa et. al. (2004)もとに、4層構造モデルを作成

Layer	Vs (km/s)	Vp (km/s)	ρ (t/m ³)	Qs
1	0.40	1.6	1.7	200
2	0.55	1.8	1.8	275
3	1.00	2.5	2.1	500
4	3.20	5.4	2.7	1000

大阪平野の地下構造モデル (堀川・他, 2003に基づく)



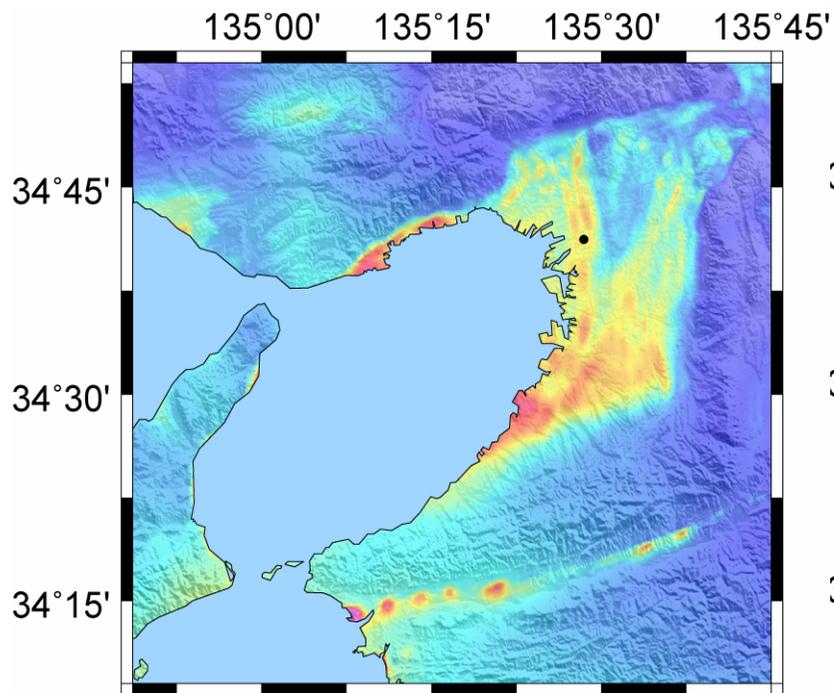
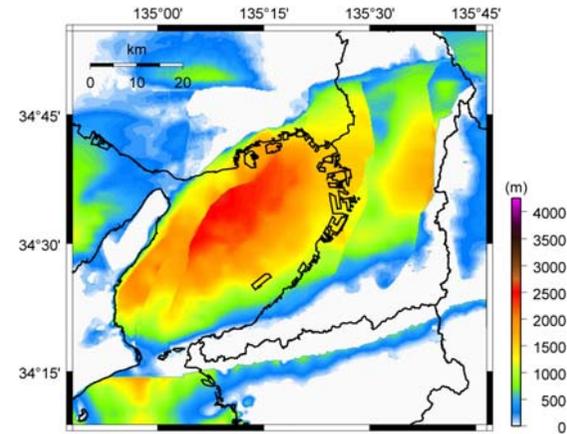
想定南海地震の震源パラメータ

	M_0 (Nm)	S(km ²)	$\Delta \sigma$ (MPa)	strike	dip	rake
Asp1	1.46E+21	2688	20.1	235.	7.5	105.
Asp2	5.16E+20	1336	20.1	270.	12.5	130.
Asp3	5.16E+20	1336	20.1	245.	13.5	115.
Back	5.85E+21	30477	2.7	--	--	--
Total	8.34E+21	35837	3.0	--	--	--

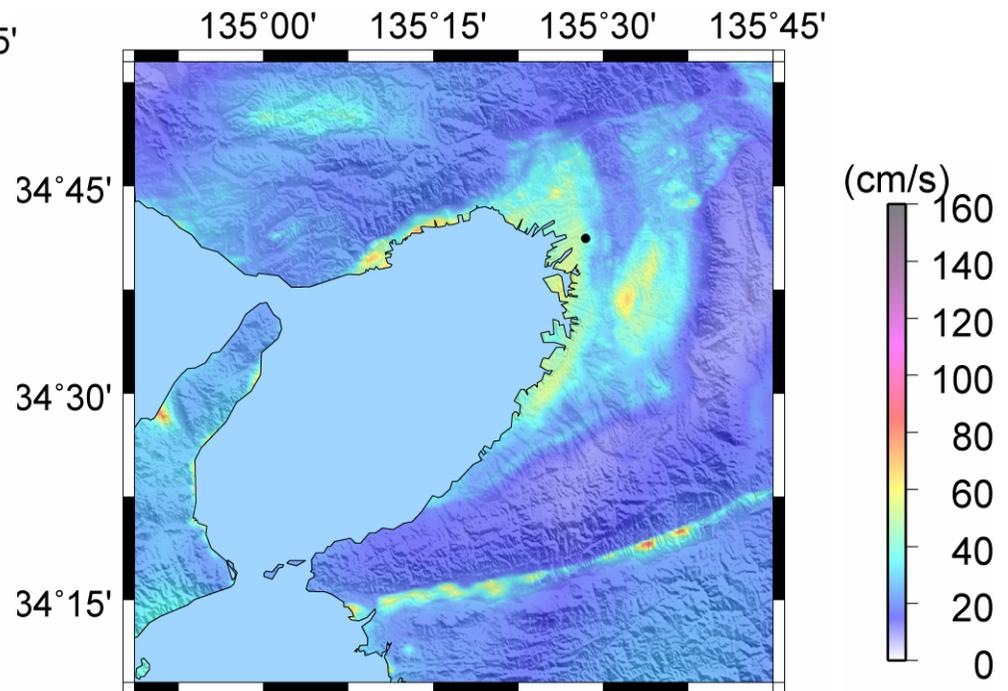
破壊伝播速度: 3.1km/s

想定南海地震の地震動予測結果

大阪平野の 最大速度分布

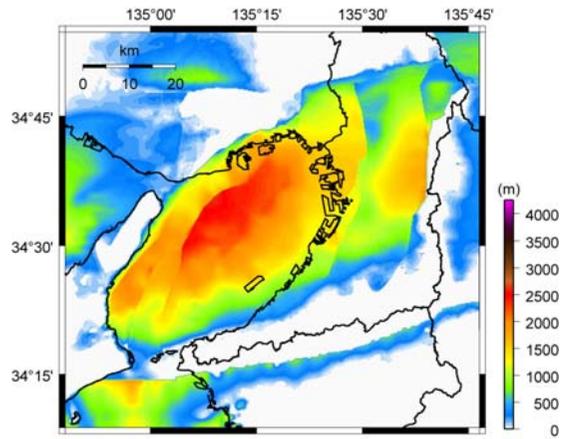


NS成分

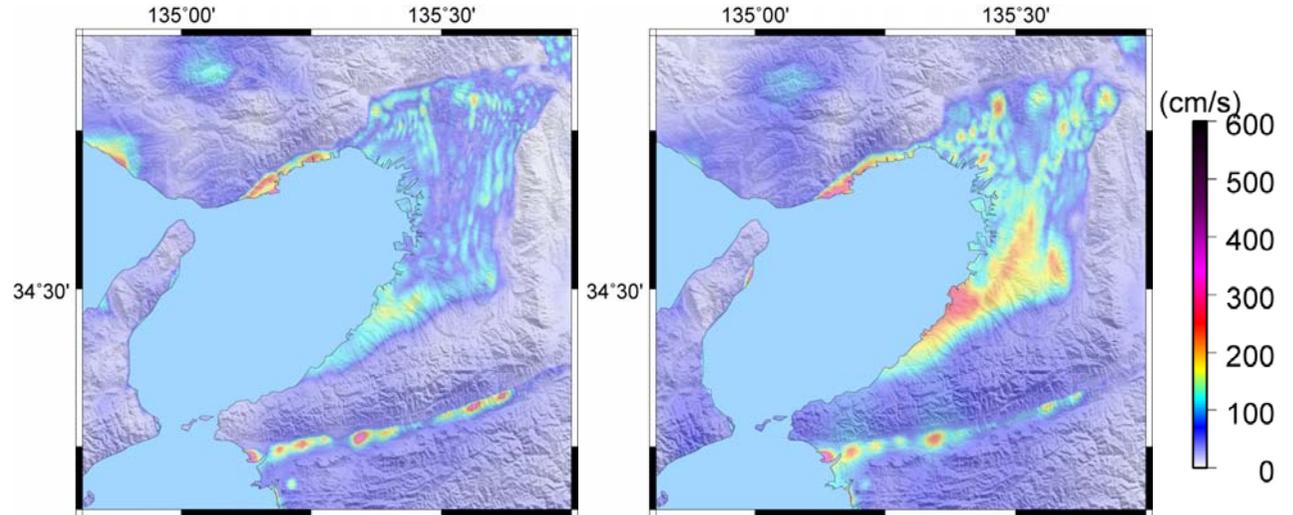


EW成分

想定南海地震時における長周期地震動の周期ごとの揺れの大きさ分布 (南北成分)

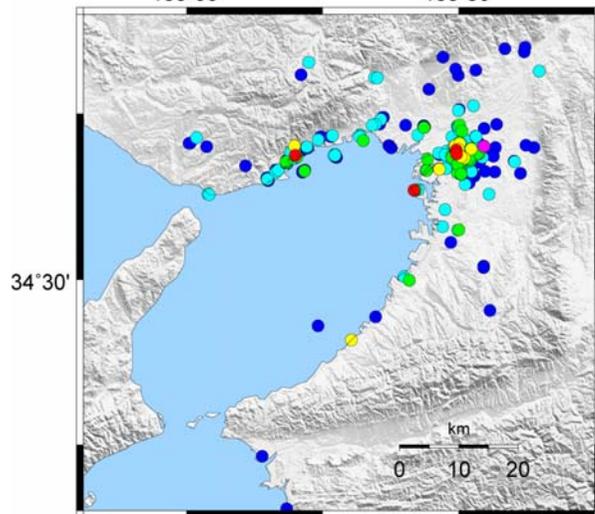


大阪平野及び周辺の地震基盤深さ



周期3秒

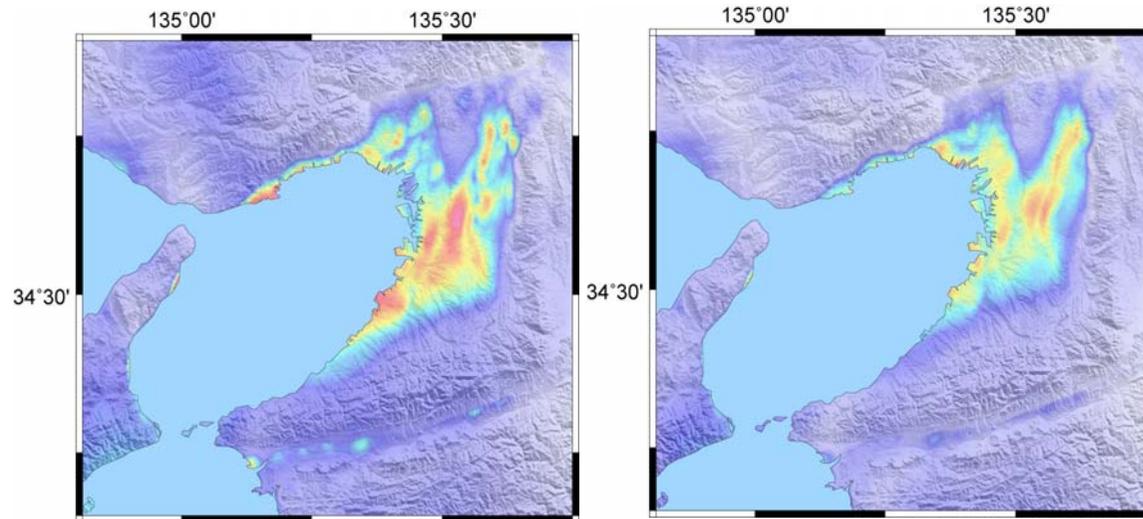
周期4秒



- 6~7秒 ● 5~6秒 ● 4~5秒
- 3~4秒 ● 2~3秒 ● 1~2秒

既存高層ビルの立地点と1次固有周期 (~2003)

(日本建築センタービルディングレターより)

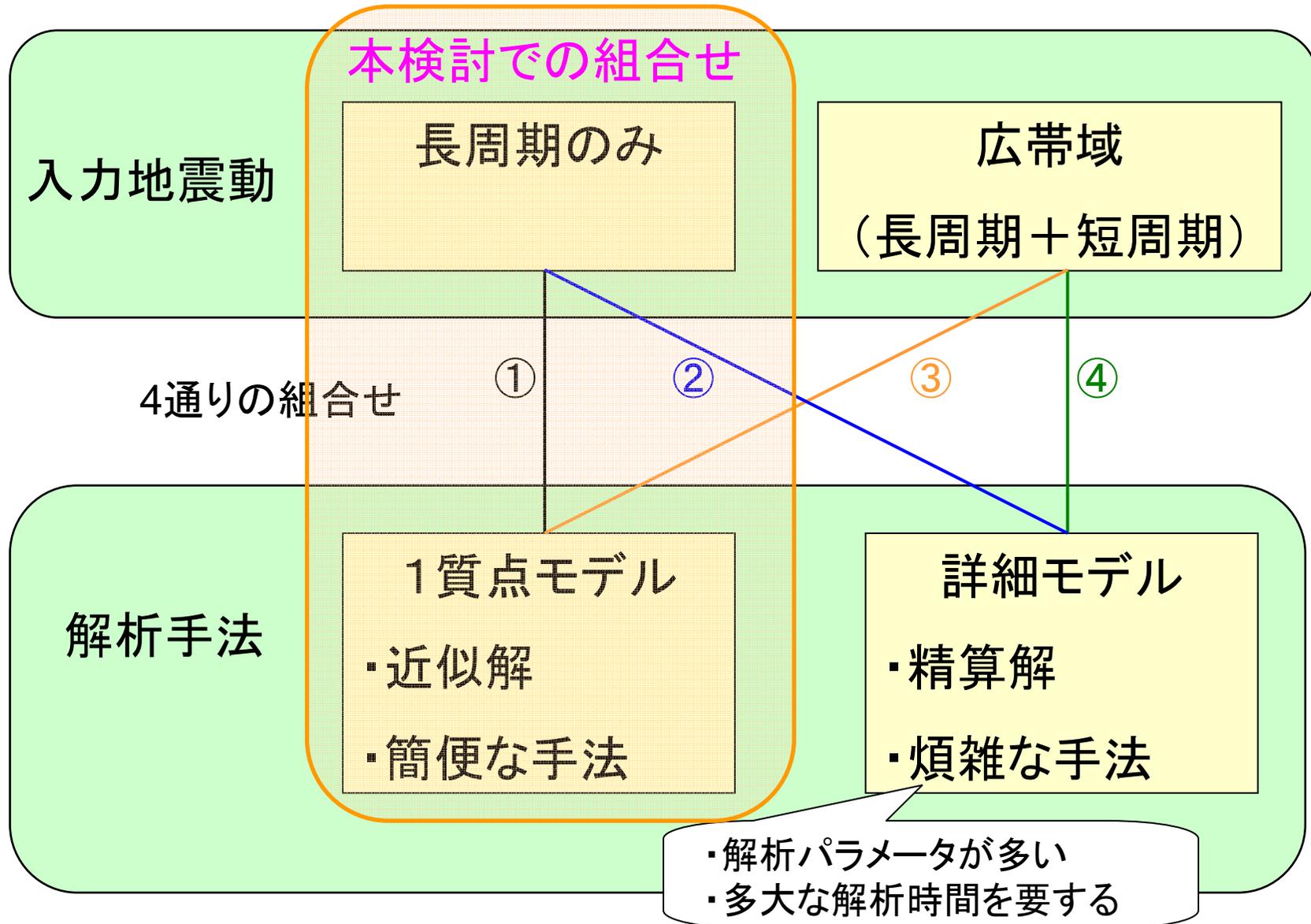


周期5秒

周期6秒

擬似速度応答スペクトル (減衰5%)

予測地震動と構造物解析手法の組合せ



解析手法・解析モデルの説明

詳細モデル(フレームモデル)

鉄骨造

階数:20階建、高さ82m

1次固有周期:短辺方向2.75秒

1質点モデル

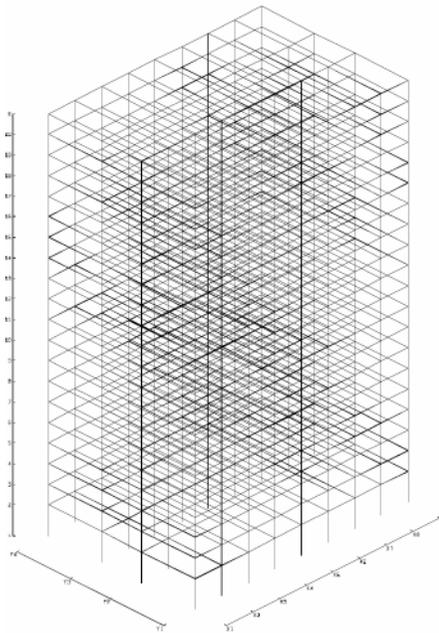
[3つの解析パラメータ]

1次固有周期 T_1

$$= 2\pi \sqrt{M_1 / K_1}$$

M_1 :有効質量(1次)

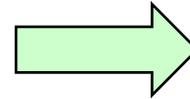
減衰:2%



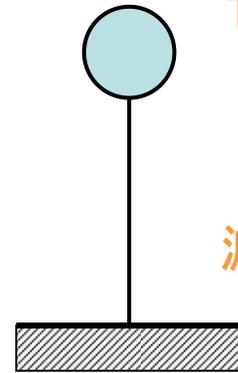
フレームモデル



軸組図(短辺方向)

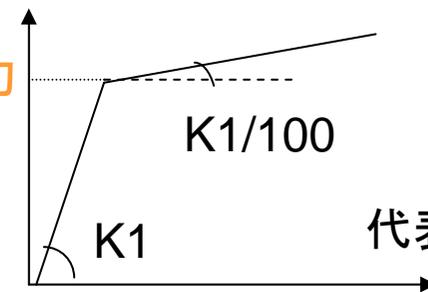


簡易モデル



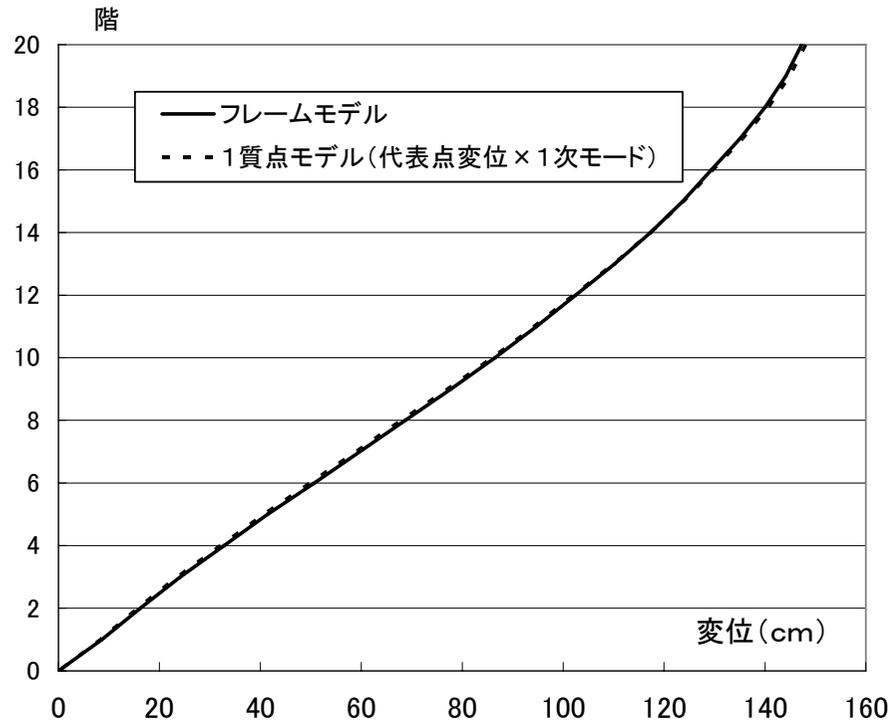
せん断力(1階)

建物耐力

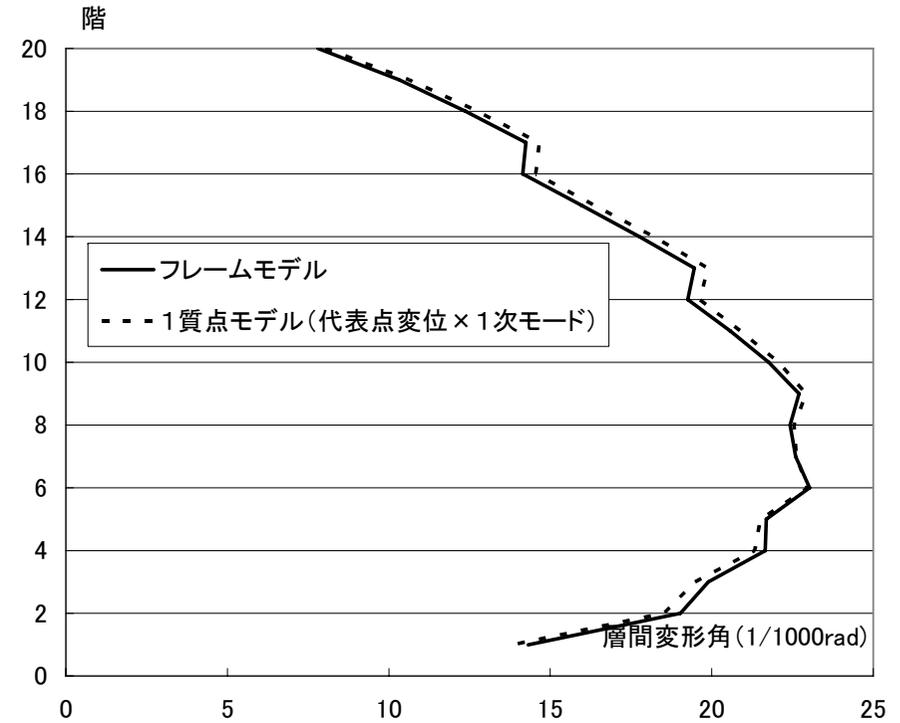


バイリニア型

1質点モデルの解析精度(弾性)



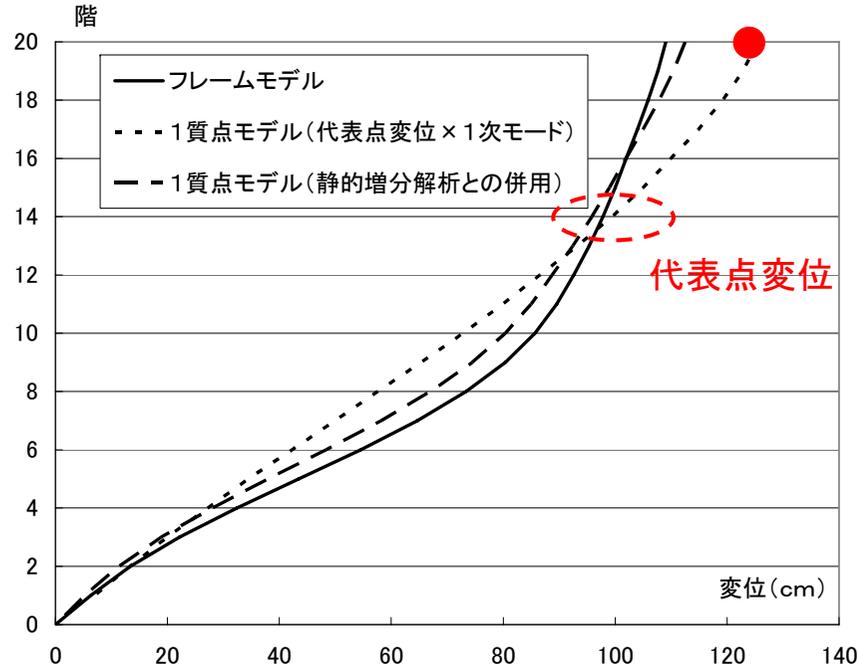
最大変位



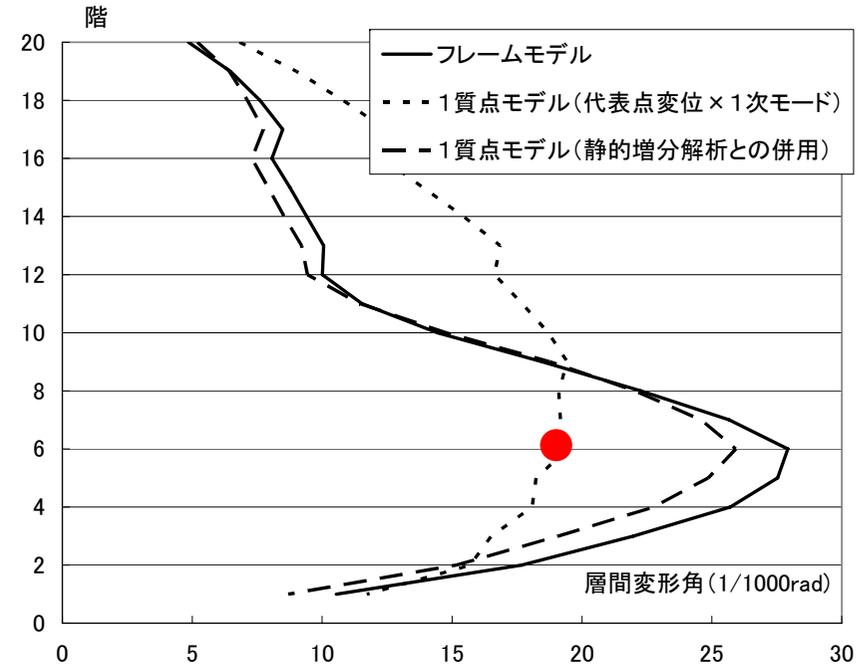
最大層間変形角

- ・予測地震動の有効周期: 2.5秒以上
 - ・対象建物の固有周期 : $T_1=2.75$ 秒 $T_2=0.96$ 秒
- 1次モードが卓越し、1質点モデルで良好な近似が得られる。

1質点モデルの解析精度(弾塑性)



最大変位



最大層間変形角

建物が塑性化すると、層間変形角の分布は建物各階の耐力分布と地震動の外力分布の相対的關係に依存する。
 →1質点モデルによる層間変形角は各階の平均値
 (巨大地震動: 最大値/平均値はおよそ1.5倍)

1 質点モデルによる建物の地震危険度指標

(最大値)

- 最大変位
- 最大層間変形角

層間変形を階高で除して表す角度。(層間変形2cm階高が400cmのとき、層間変形角は $2/400=1/200\text{rad}$ となる)

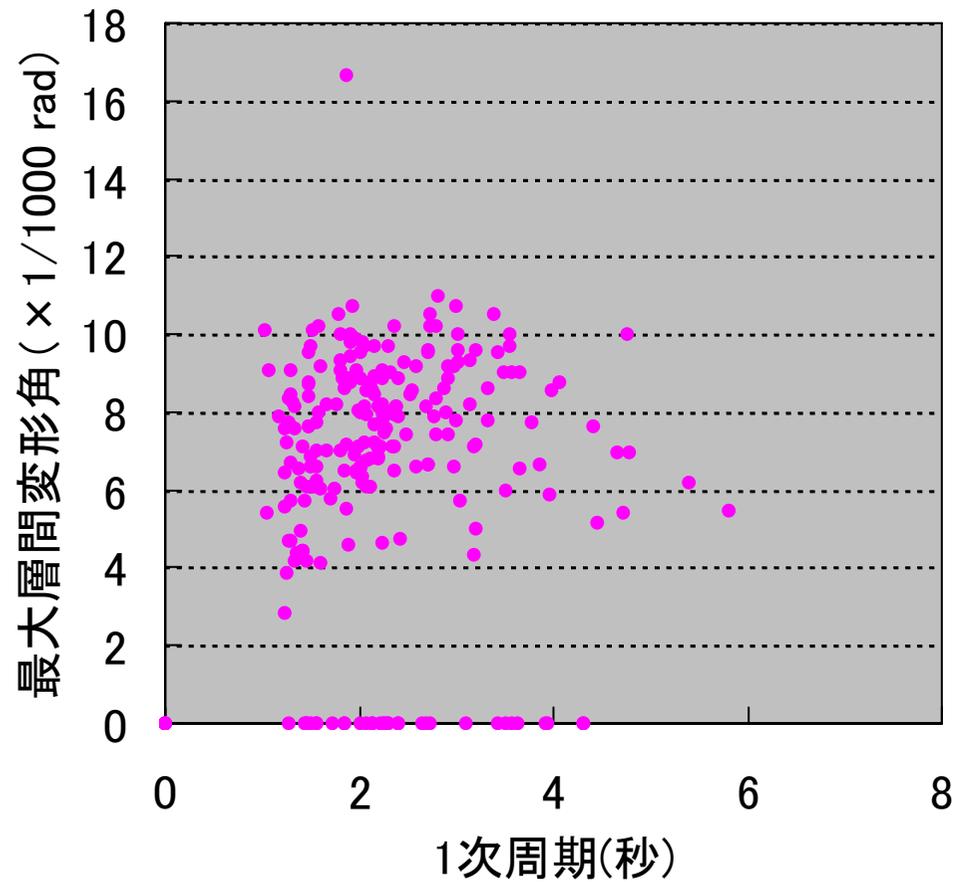
大地震に対する設計許容値は通常 $1/100\text{rad}$

(累積値)

- 柱や梁の損傷に寄与するエネルギー入力 E_D の速度換算値 V_D

$$\frac{1}{2} \cdot M \cdot V_D^2 = E_D \quad (M: \text{建物全質量})$$

大地震に対する設計値は通常 $110 \sim 220 \text{ cm/sec}$



最大層間変形角-1次周期の関係(関西)
1998年までのデータ(243件)
(日本建築センター ビルディングレターより)

超高層建築物の最大層間変形角

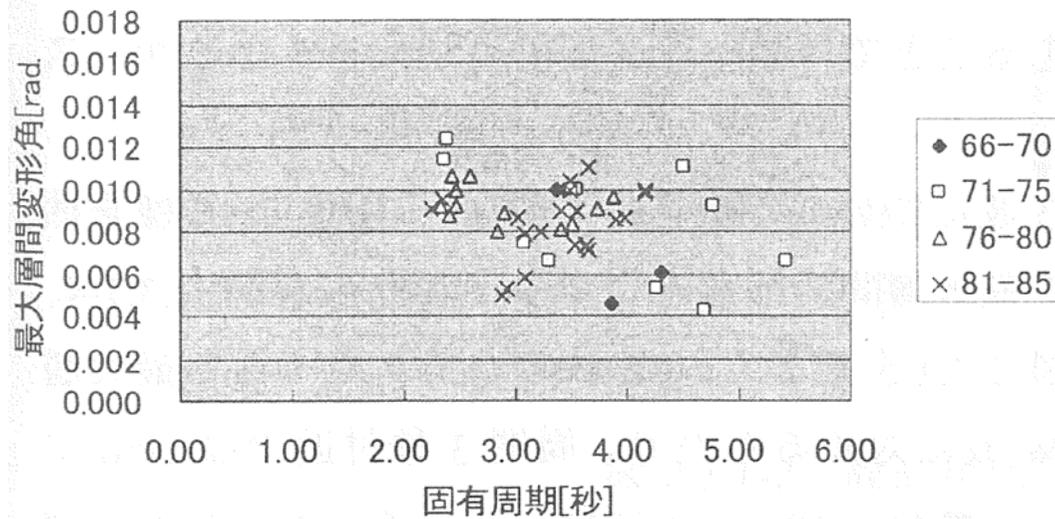


図 2.2.1-6 最大層間変形角 (85 年以前)

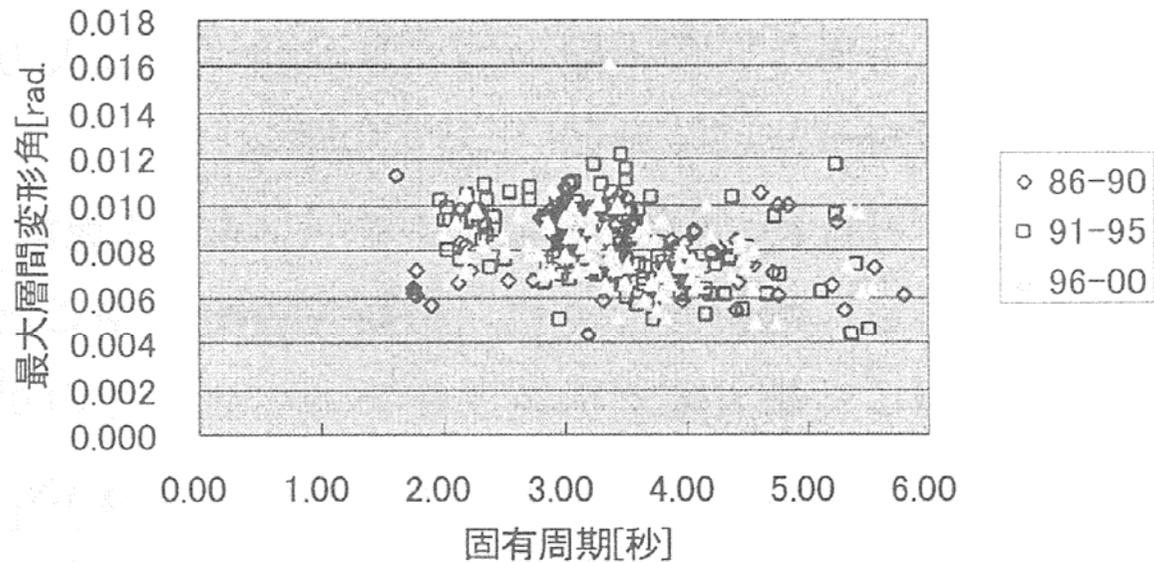
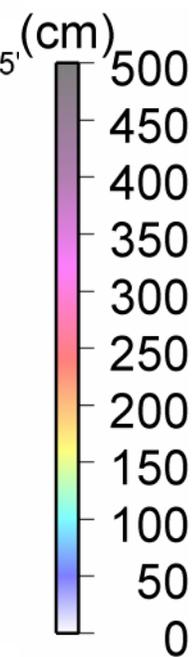
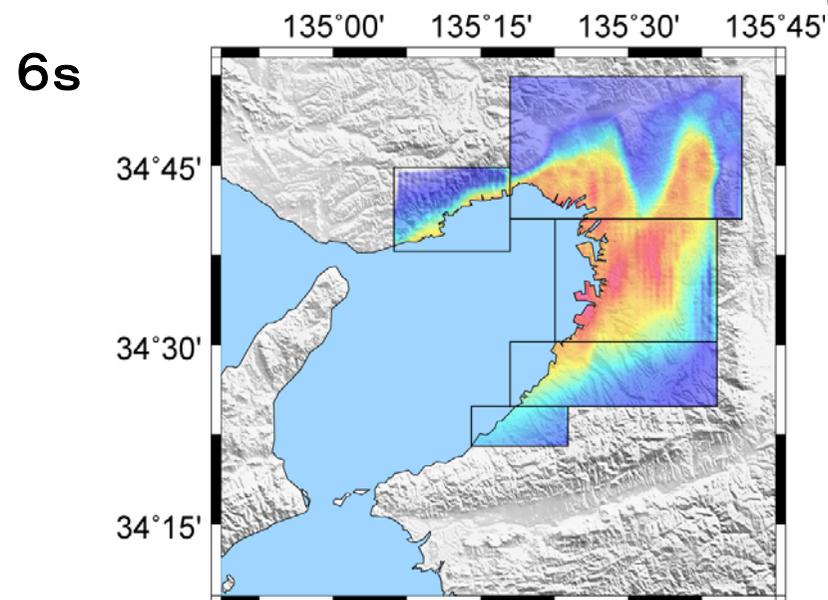
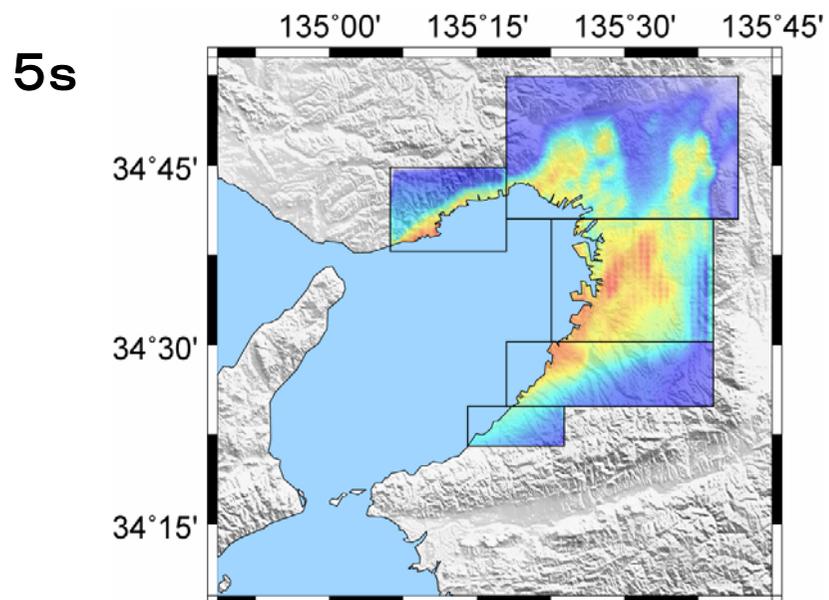
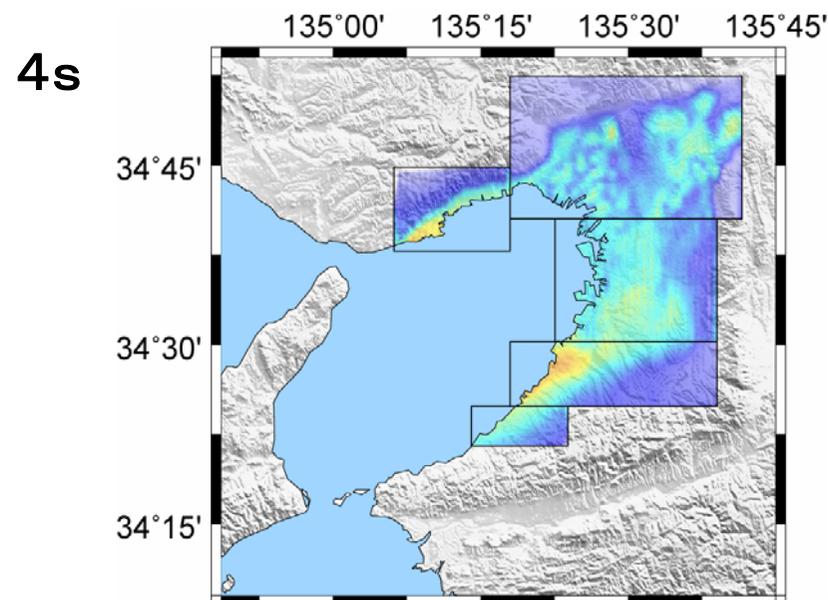
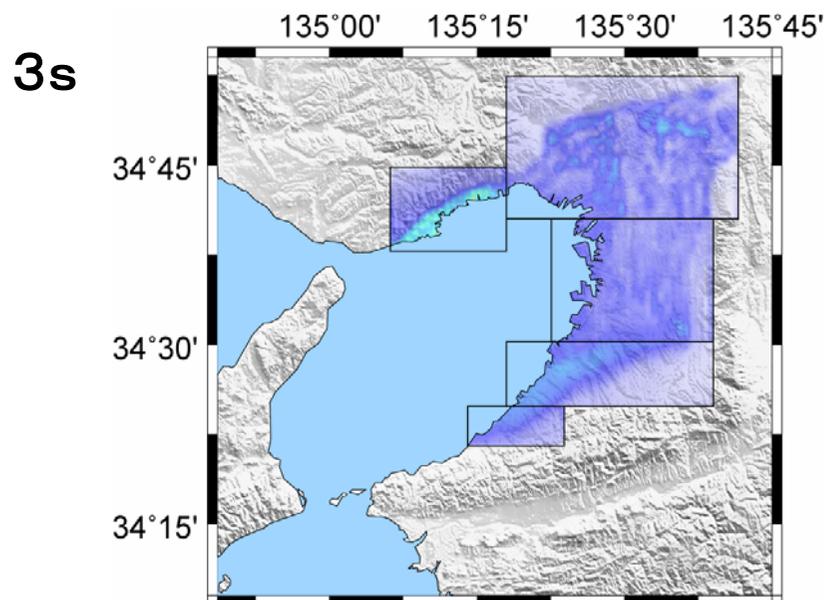


図 2.2.1-7 最大層間変形角 (86 年以降)

(日本建築学会:東海地震等
巨大地震への対応特別調査
委員会, 2006)

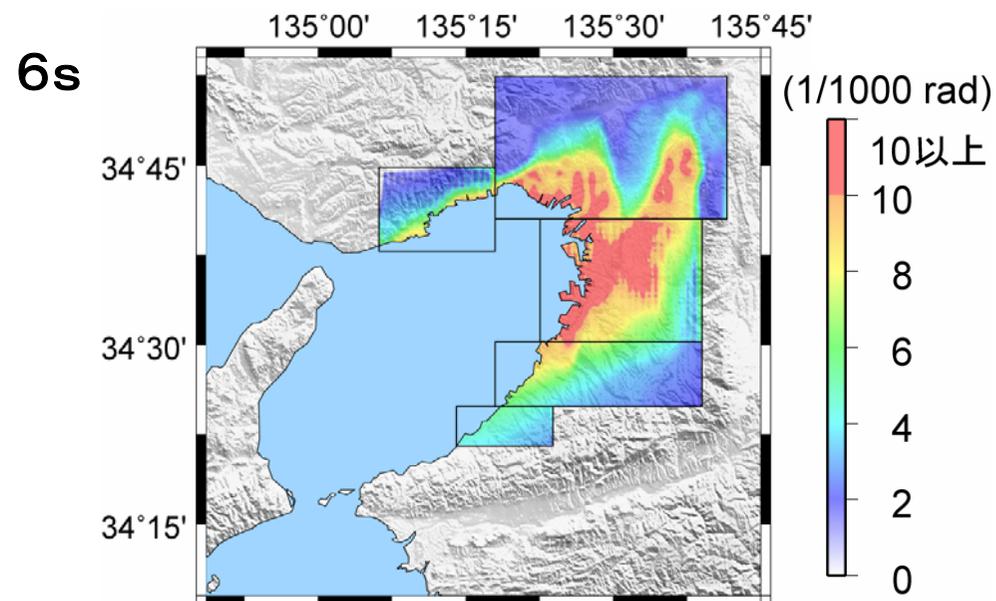
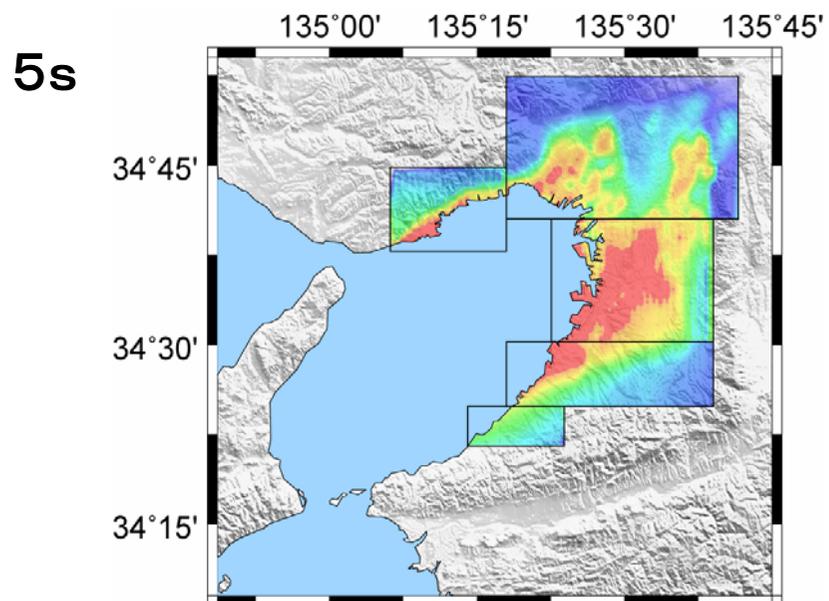
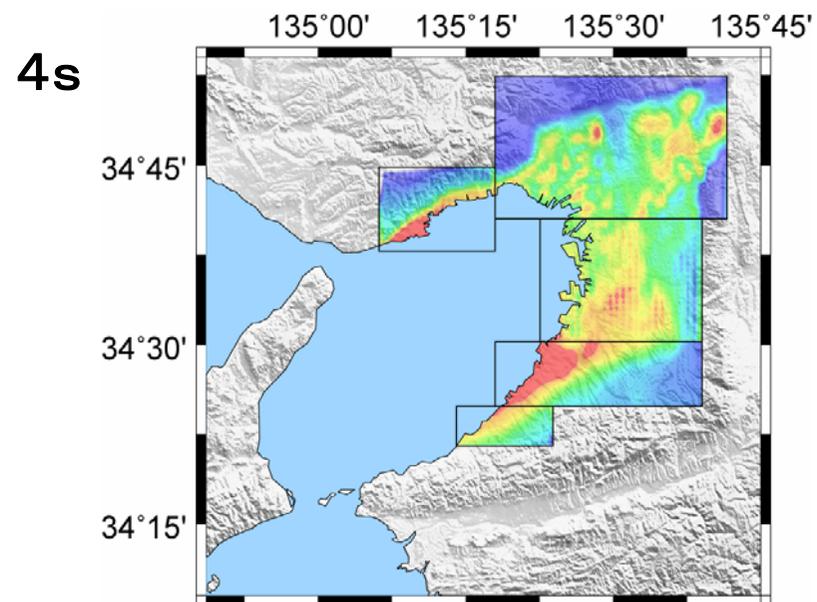
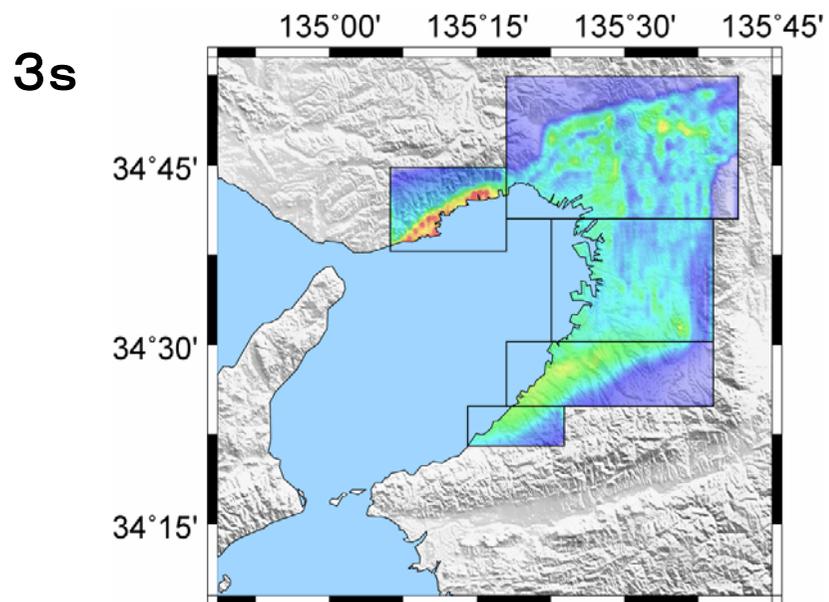
1 質点モデルによる解析の概要

- 建物種別：鉄骨造（S造）
- 固有周期：3秒、4秒、5秒、6秒
- 減衰：減衰定数2%
- 解析対象地域：大阪平野
- 入力地震動：想定南海地震



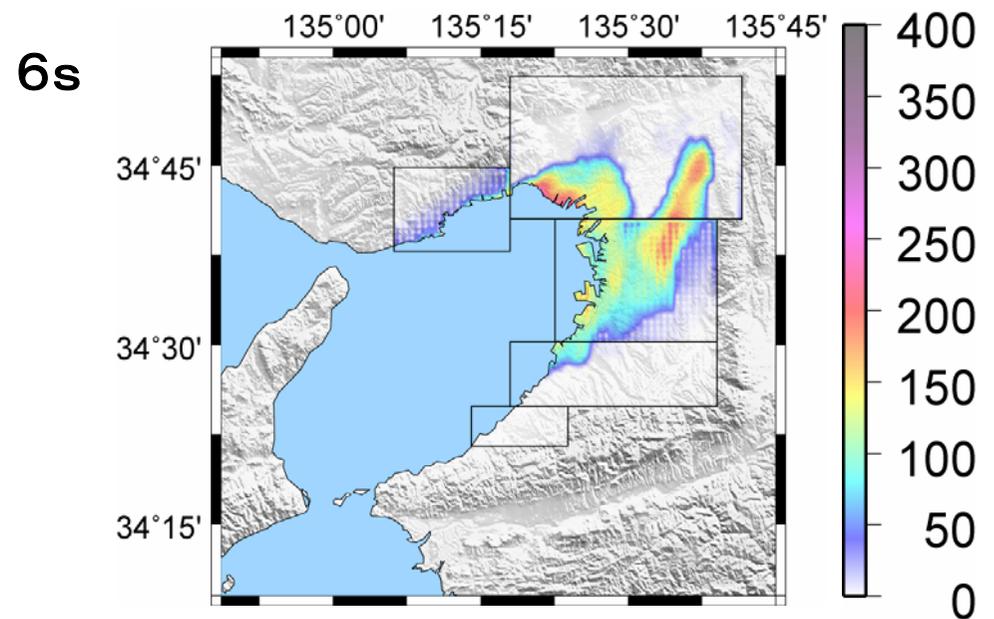
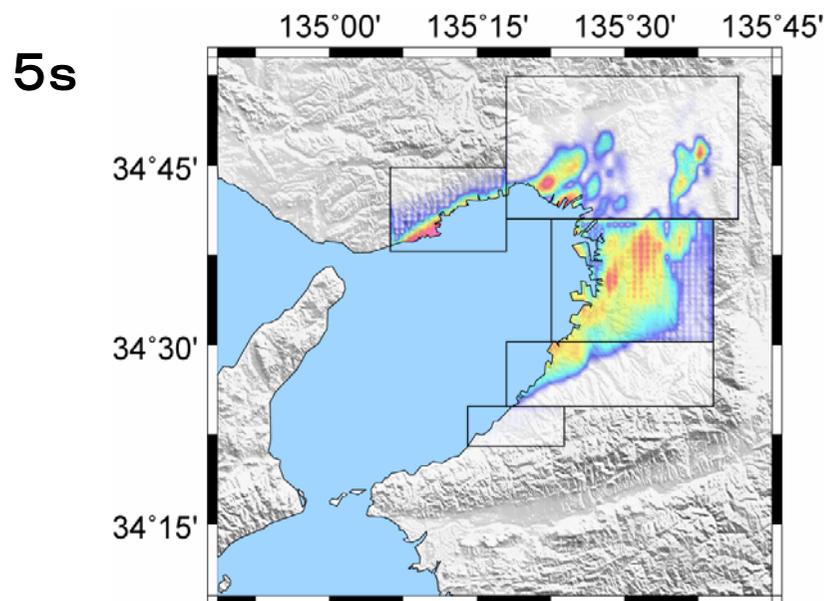
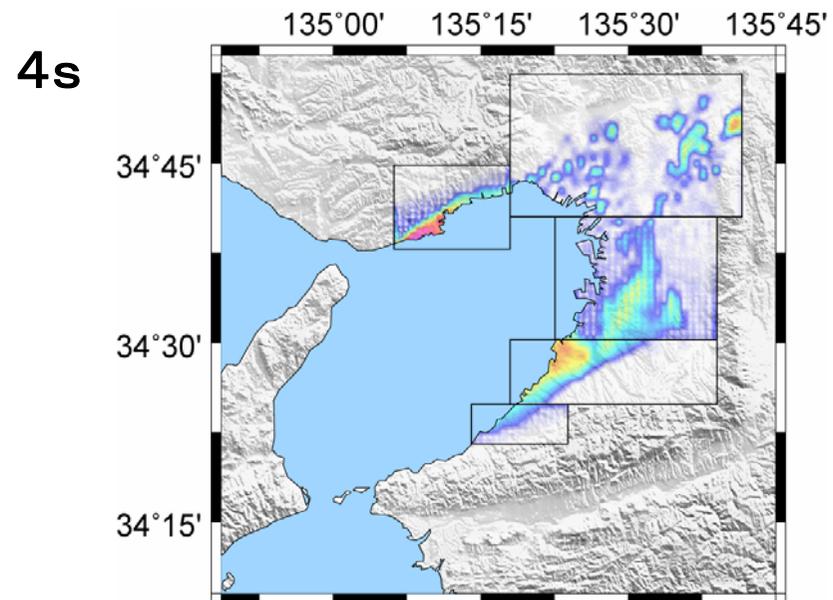
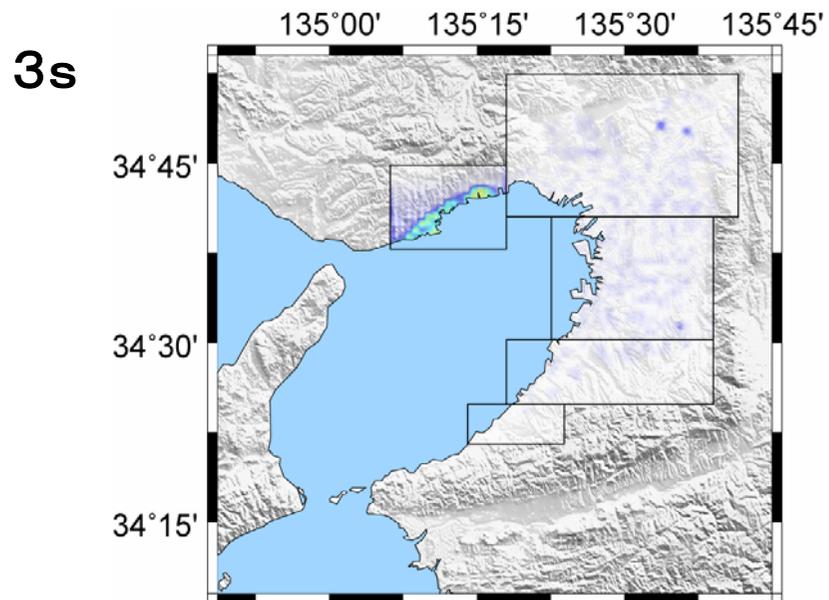
最大変位 NS

鉄骨造、減衰2%



最大層間変形角 NS

鉄骨造、減衰2%



損傷に寄与するエネルギー入力の変換値 NS

鉄骨造、減衰2%

まとめ

- ここでは長周期建造物の被害予測や被害軽減化対策に必要な基礎資料を得るため、長周期建造物の危険度マップを作成した。
- 長周期地震動に対して長周期建造物の被害予測を広域に行う場合、1質点モデルによる手法は簡便に概略を把握できる有用な手法である。
- 1質点モデルによる予測結果において、層間変形角やエネルギー入力が現在の設計基準を上回る地域が多く存在した。
- 今後、大阪や名古屋における地震動予測結果に基づき、長周期建造物の1次固有周期、減衰、構造種別(RC、鉄骨、免震)ごとに耐震性能(最大変位、塑性率、累積塑性変形倍率など)を評価し、長周期建造物の被害予測や被害軽減化対策に供する資料としたい。