

**MIDAS
CONSTRUCTION
TECHNICAL
DOCUMENT
COLLECTION**

動解析・液状化分野 4



MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION

動解析・液状化分野

4.

耐震設計のための入力地震動

- 建築物の設計用地震動を例にとって

東京工業大学 翠川 三郎 教授



耐震設計のための入力地震動 —建築物の設計用地震動を例にとって—



東京工業大学 翠川 三郎



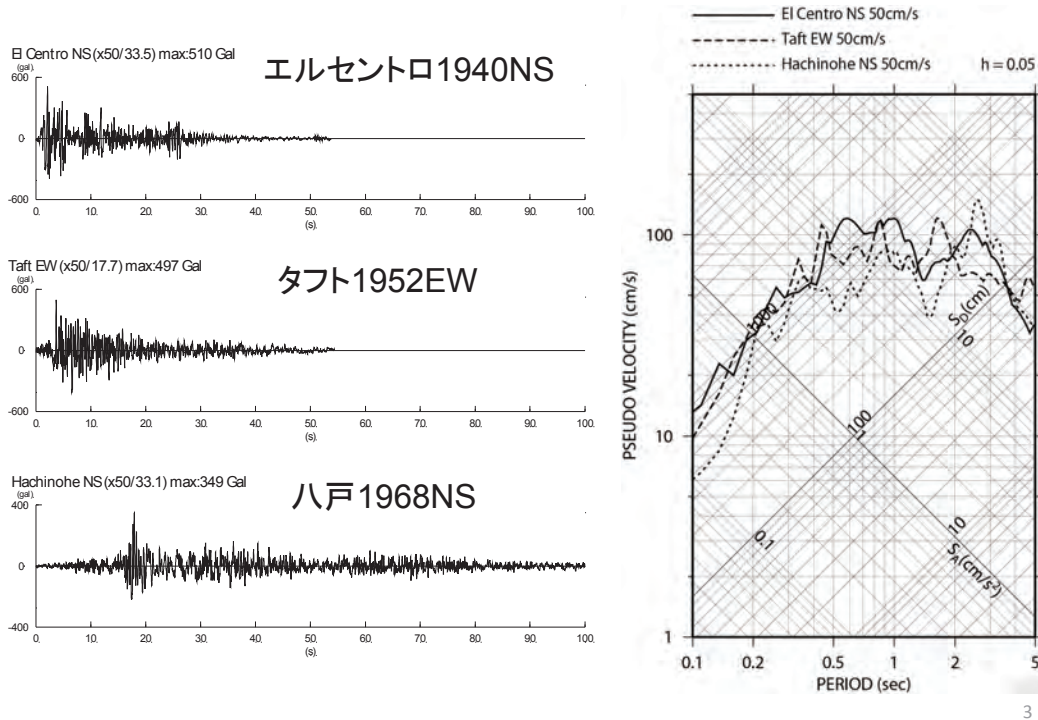
高さ60m以上の超高層建物などについては、時刻歴応答解析により耐震安全性が検証されている。その際に用いられる耐震設計用入力地震動は、建築基準法告示第1461号により規定されている。近年では、建設地点に大きな影響を及ぼす恐れのある地震を適切に評価し、それによる地震動の予測結果に基づく入力地震動(サイト波)を設定することもしばしば行われている。ここでは、超高層建築物などの耐震設計用入力地震動として用いられる観測波、告示波、サイト波について解説する。

1. 入力地震動として用いられる観測波の例
2. 告示波の作成法
3. 上下地震動の作成法
4. サイト波の作成法
5. 公開されているサイト波
6. 長周期地震動



参考文献 性能評価を踏まえた免震・制震構造の設計、技報堂

入力地震動として用いられる観測波の例



3

エルセントロ1940波がよく用いられる理由

- 1) 破壊的な地震の震央近くで得られたもの
- 2) 30秒程度大きな振幅が継続する
- 3) スペクトルが比較的平坦で、広い周期帯で大きな応答を与える
- 4) 既往のこの記録による解析例との比較が容易である

(井上[1987]、矢野・寺本[1982]による)

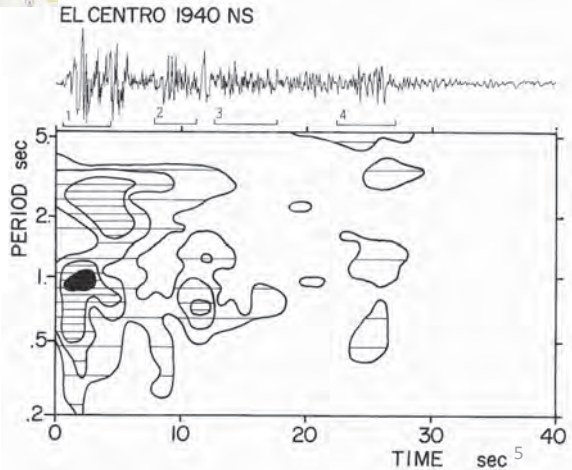
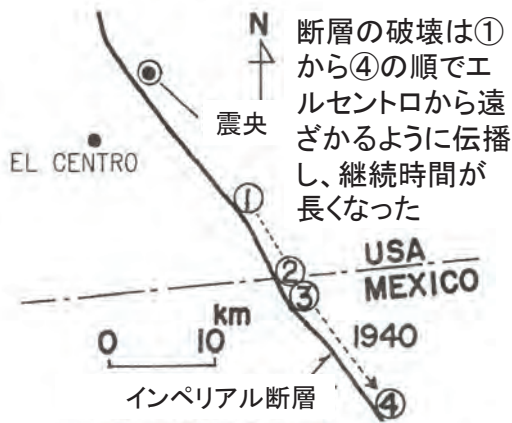
4



エルセントロ1940 の記録

エルセントロってどこ？
サンディエゴから約150km東

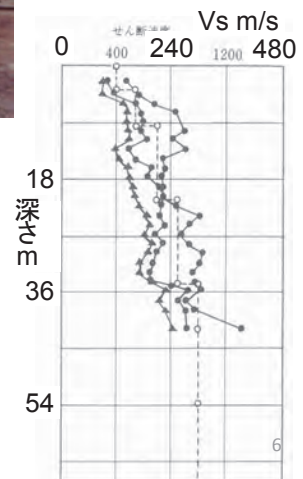
1940年インペリアルバレー地震 M_w 6.9



強震計はRC2階建変電所の半地下に設置されていた。



地盤はせん断波速度で200m/s程度のシルト質地盤。せん断波速度は深さ方向に徐々に増大し、明瞭な層境界を示さないため、顕著な地盤特性を示さない。





タフト1952の記録

タフトってどこ？

ロサンゼルス約150km北西

1952年
カーンカウンティ地震
 $M_L 7.7, M_W 7.3$

タフト
40km

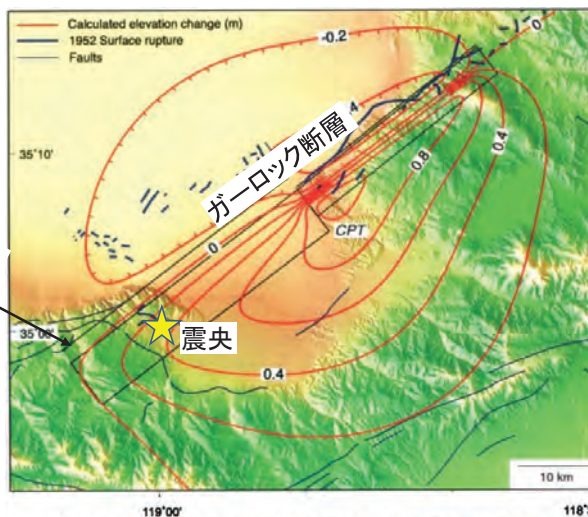
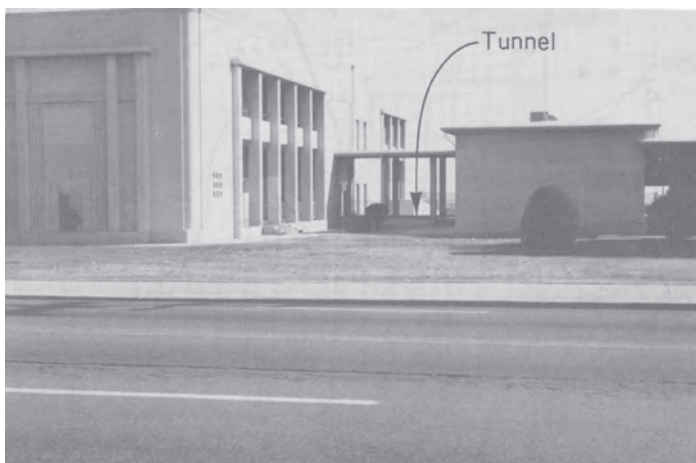
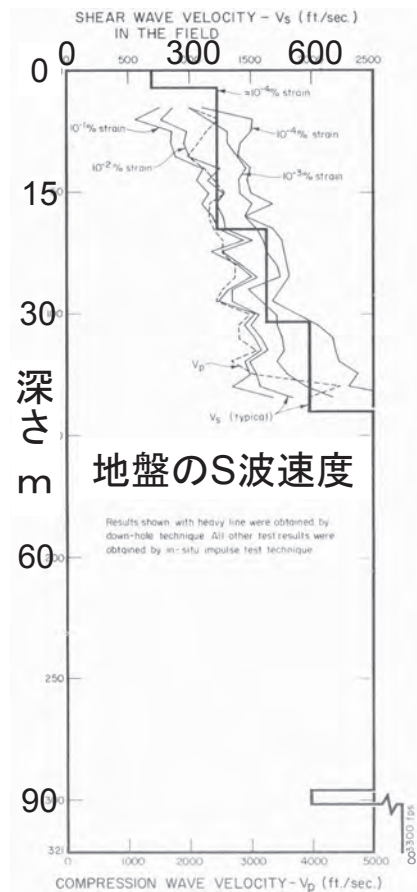


Plate 1. Comparison of modeled elevation changes and regional topography. Contours along the northeastern portion of the fault have been truncated to avoid covering all of the topography. CPT, Comanche Point thrust.



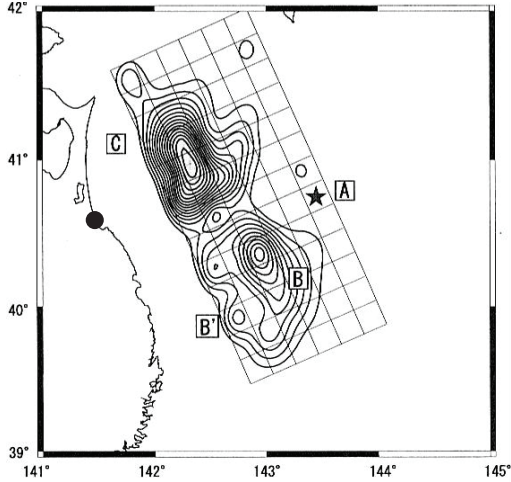
地震計は学校の半地下通路に設置されていた

地盤はシルトないし砂層からなる沖積地盤で、地表近くでS波速度は350m/s程度、深さ20mで500m/s、深さ45mで750m/s程度で、おおむね工学的基盤に相当する。

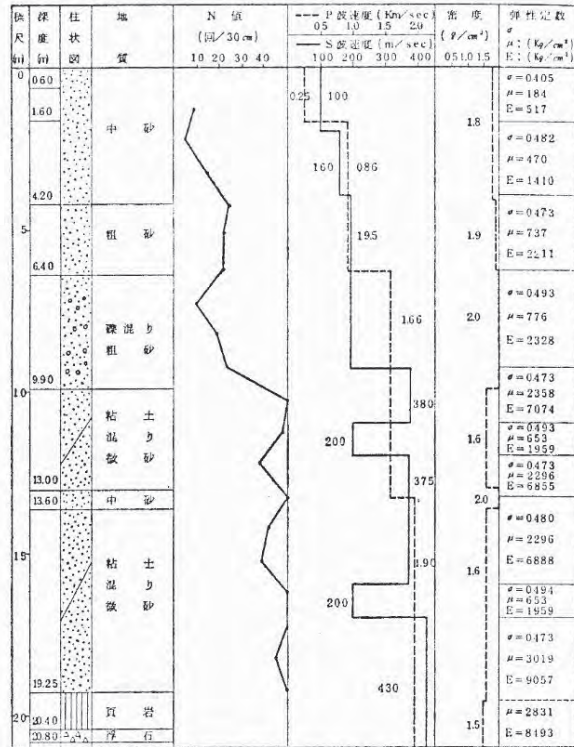


地盤のS波速度

八戸1968の記録 (長周期が卓越) 1968年十勝沖地震(Mw8.2)

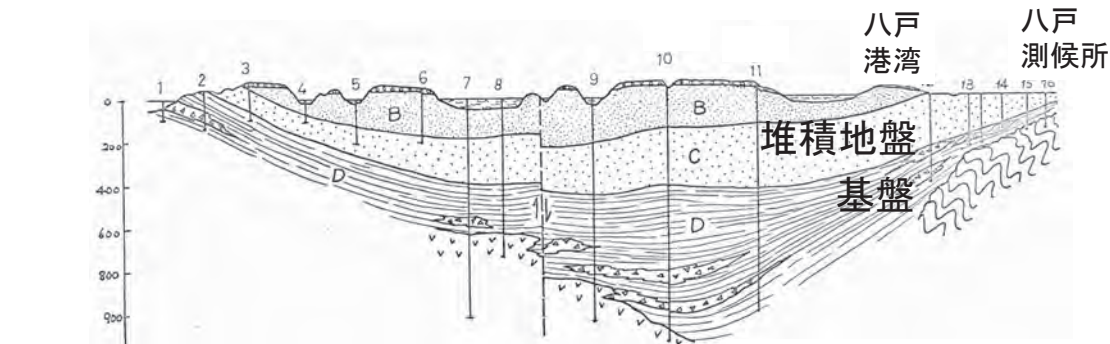


震央(★)および断層のすべり量の分布
(コンター) 八戸(●)



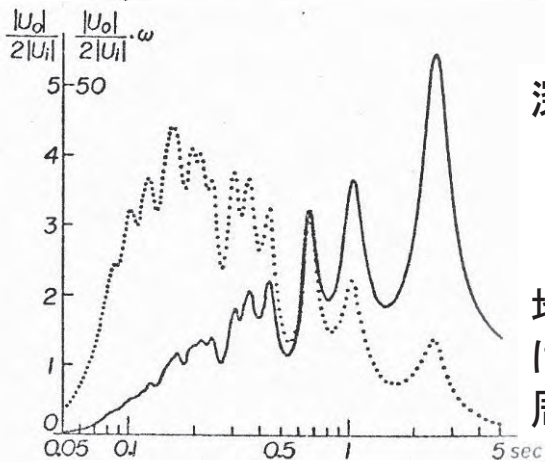
八戸港湾の地盤

砂地盤で地表近くのせん断波速度は200m/s弱



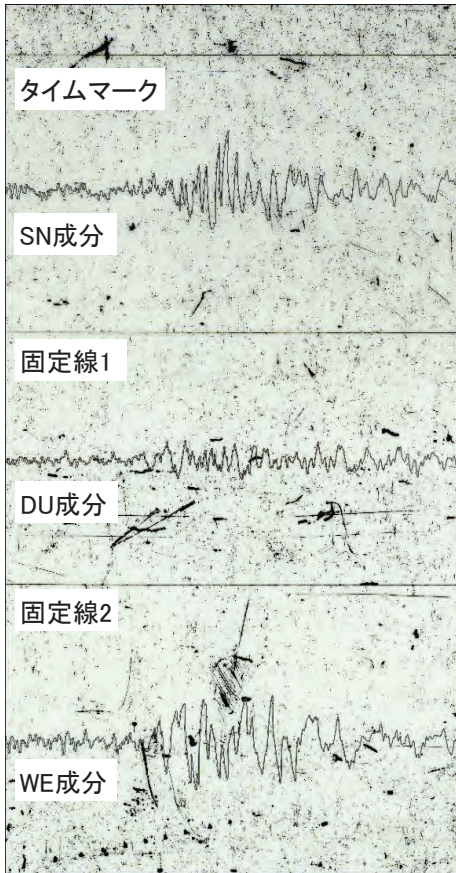
八戸地区の地質断面

深さ約400mで地震基盤に達する。

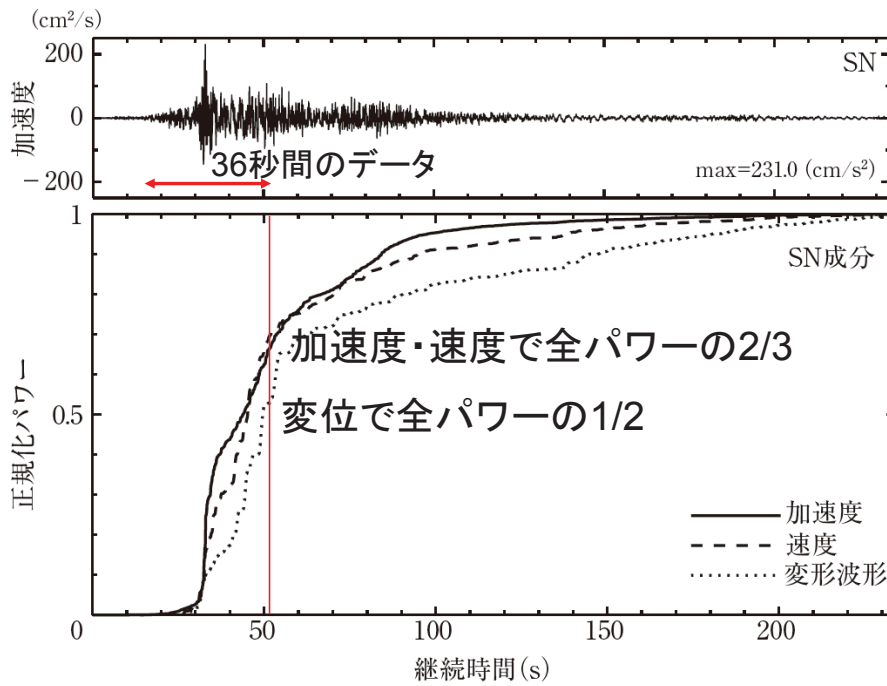
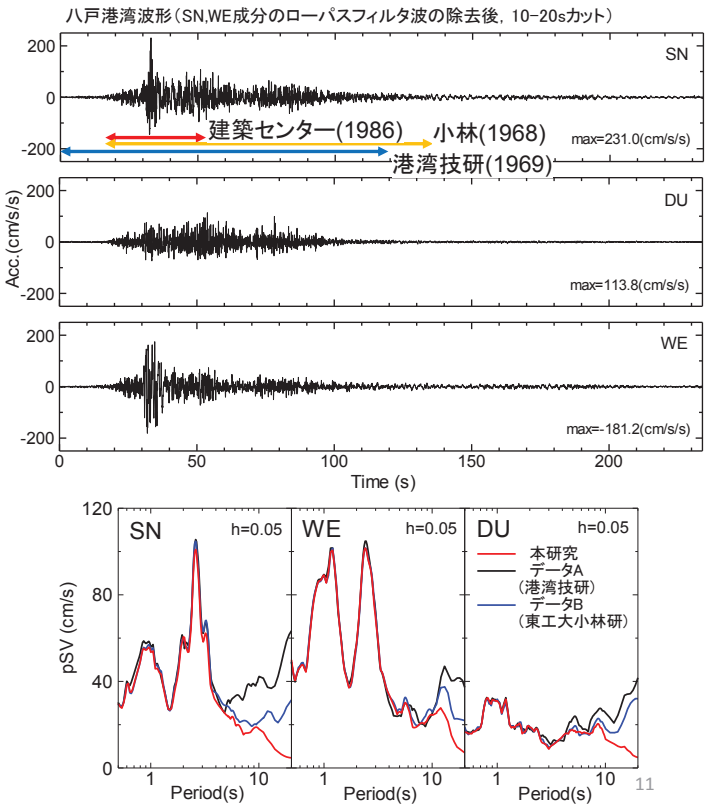


地震基盤より上の地盤の卓越周期は2.6秒で、記録にみられるピーク周期と一致する。

SH波による地盤増幅率

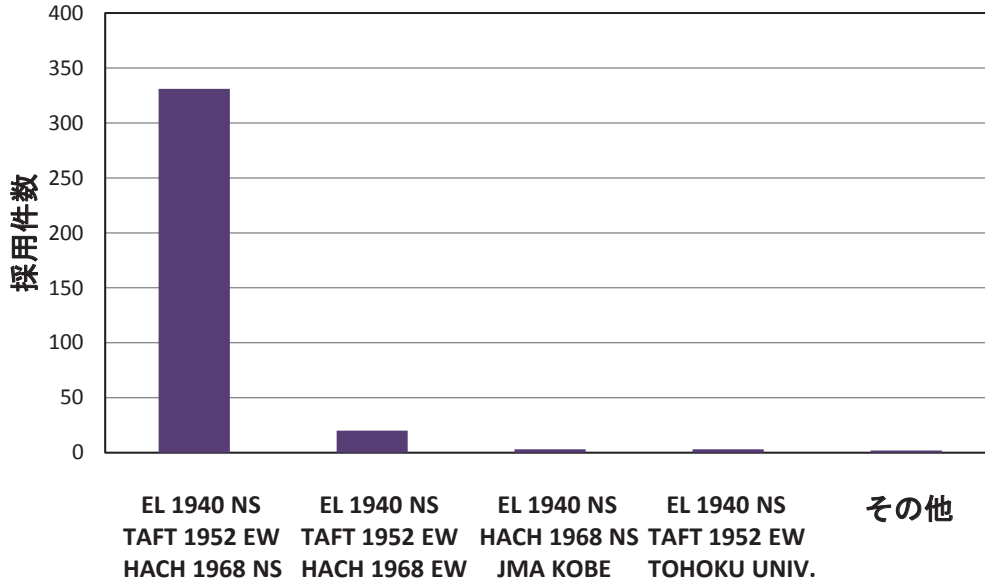


記録の再数値化(翠川・三浦,2010)



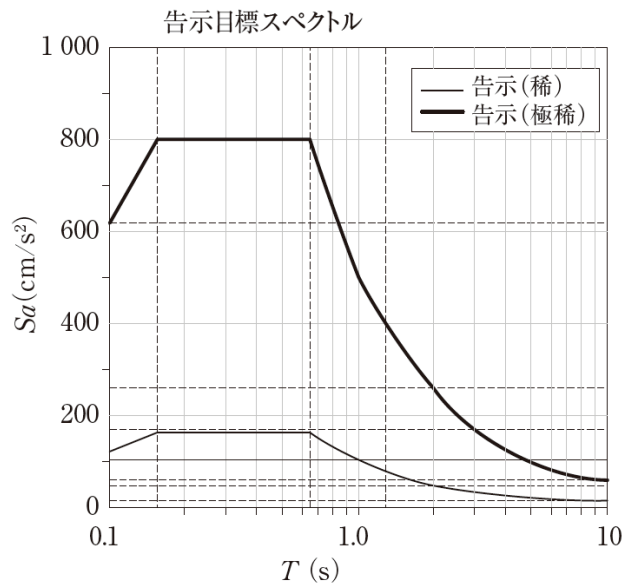
八戸1968 NS の加速度波形と加速度, 速度, 変位波形のパワーの積値の時刻

観測波の組み合わせと採用件数 (2009年～2012年)



13

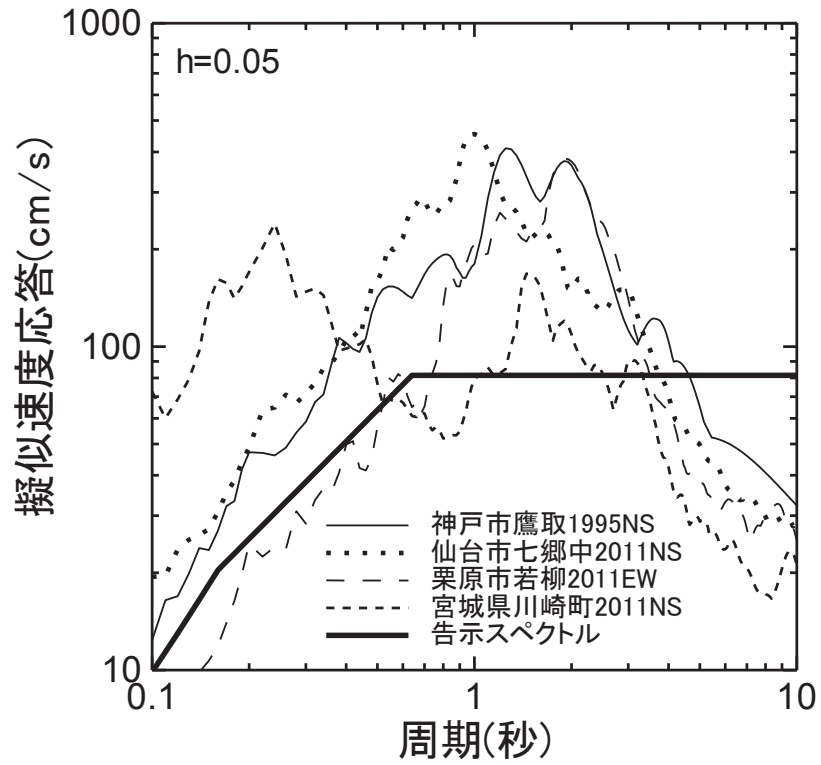
告示スペクトル (減衰定数 $h=0.05$)



周期	加速度応答スペクトル (m/s^2)	
	レベル 1	レベル 2
$T < 0.16$	$(0.64 + 6T)Z$	$(3.2 + 30T)Z$
$0.16 \leq T < 0.64$	$1.6Z$	$8.0Z$
$0.64 \leq T$	$(1.024/T)Z$	$(5.12/T)Z$

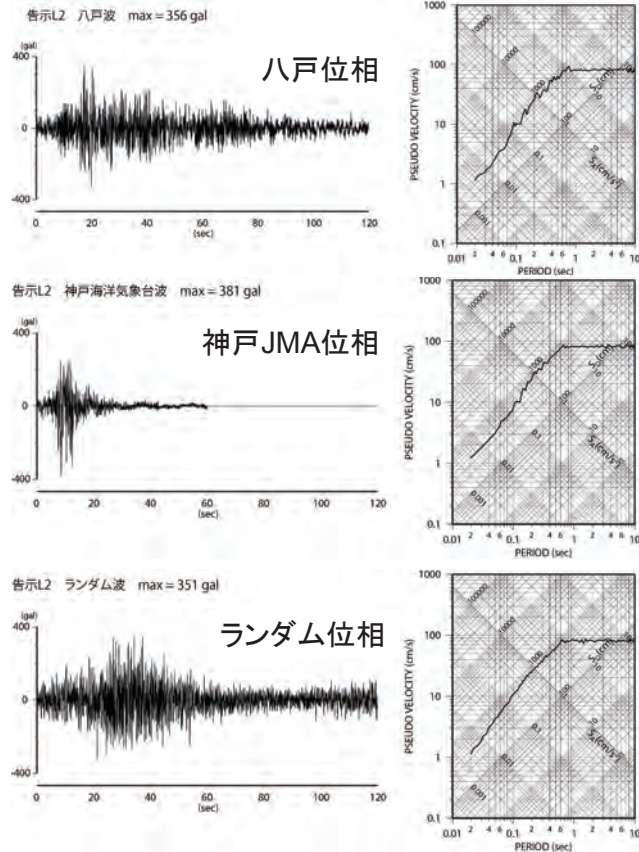
T : 建築物の1次固有周期, Z : 地震地域係数

14



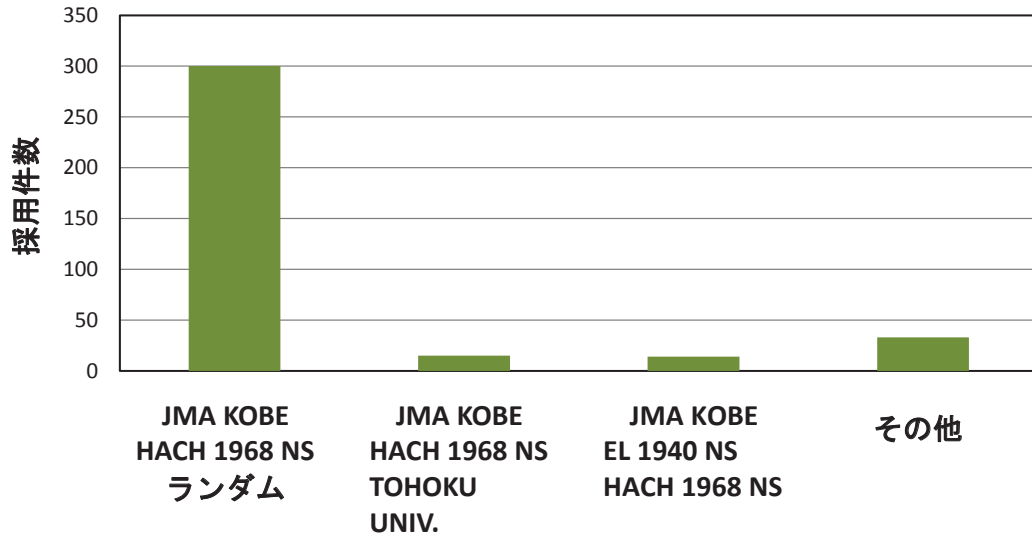
15

異なる位相を
用いた
スペクトル適合
地震動



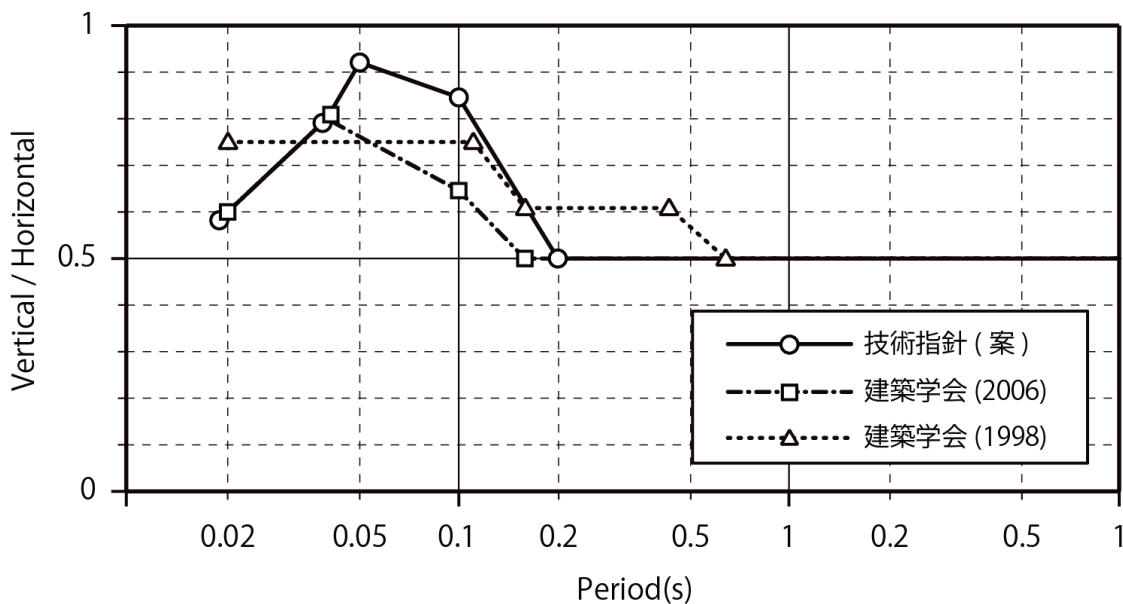
16

告示波の組み合わせと採用件数 (2009年～2012年)



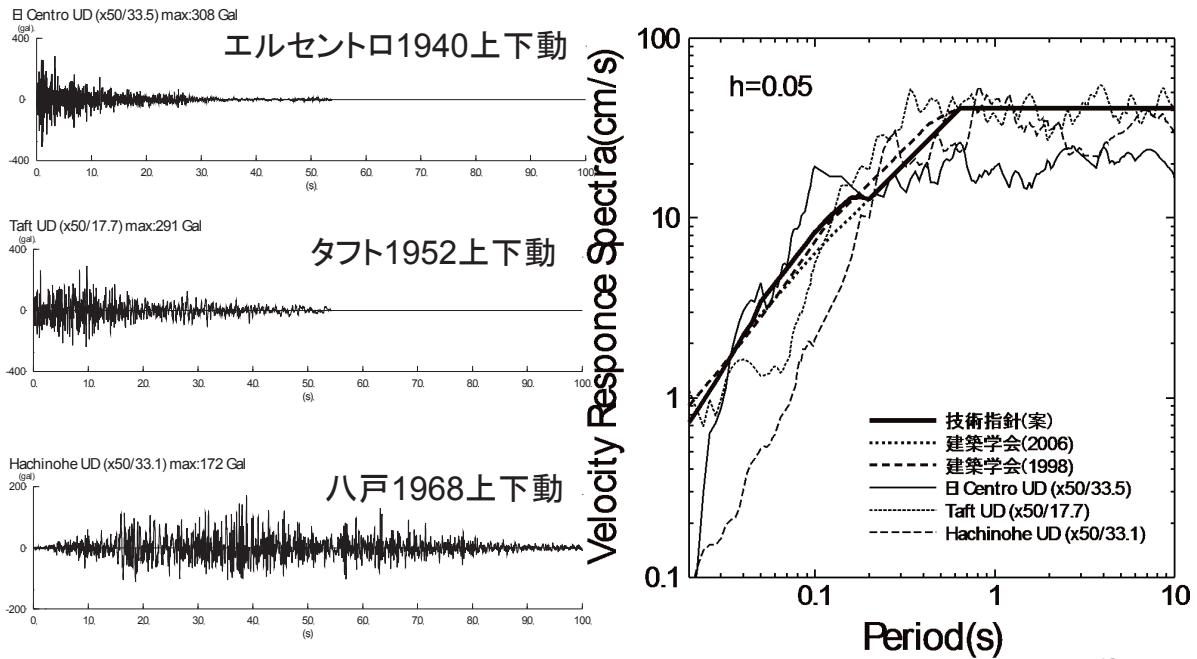
17

設計用上下動スペクトル 告示スペクトル(水平動) × 上下/水平動比 スペクトルの上下 / 水平比



18

上下動スペクトル



19

サイト波採用への動き

1980年代

強震動の特性についての理解が深まった
強震動予測手法の進歩

1990年頃より建築物の耐震設計にサイト波が用いられるようになった

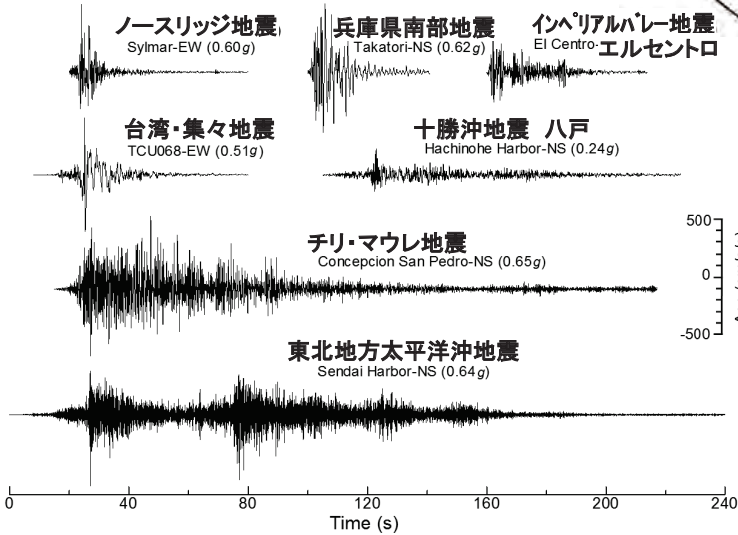
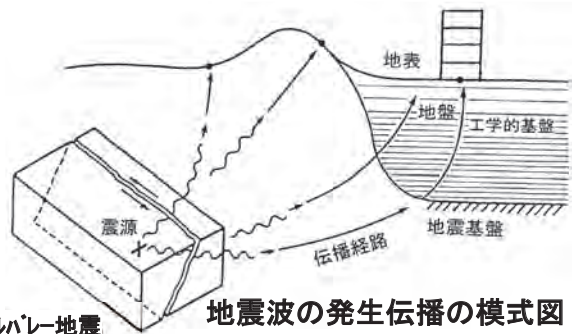
1995年兵庫県南部地震で直下地震の洗礼

地震調査研究推進本部からの大地震発生の長期評価、
K-NETなどの強震データなど地震ハザード情報の発信
強震動予測手法のさらなる進歩

2000年頃よりサイト波が積極的に採用される傾向

20

なぜサイト波が必要か？

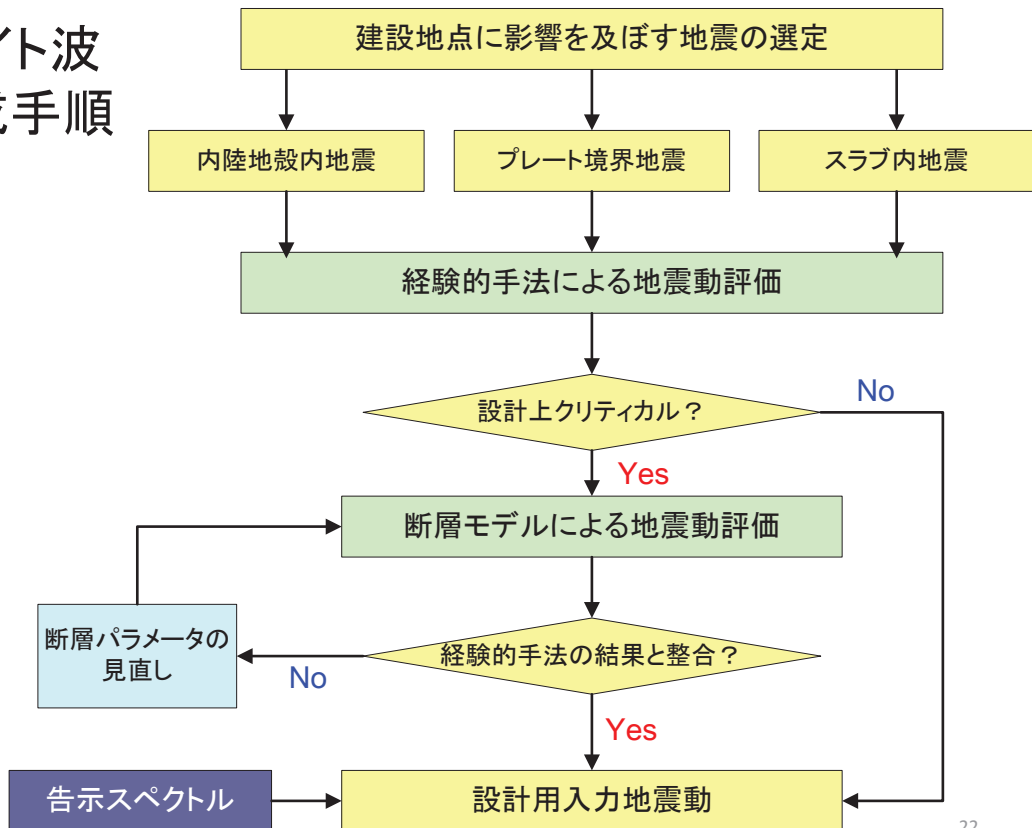


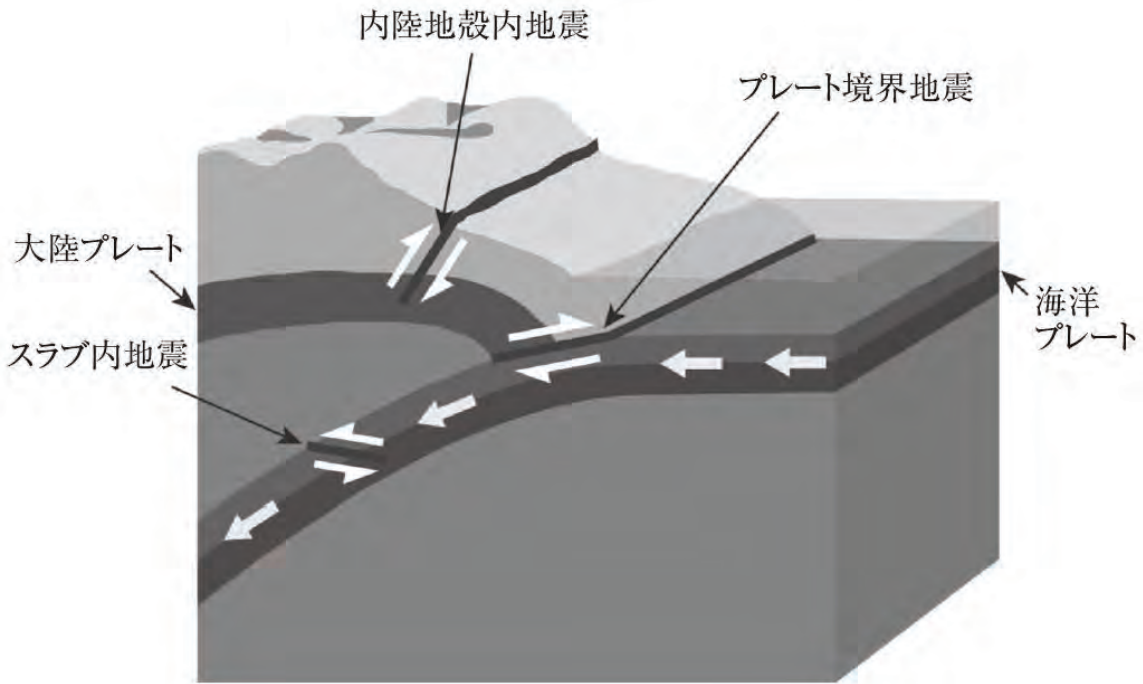
地震動の特性は多様



敷地周辺の地震活動や深い地盤構造を考慮して入力地震動の特性を設定することが合理的

サイト波作成手順





日本で発生する地震のタイプ

23

日本の地震活動

地震調査研究推進本部

地震による被害の軽減を目指して

地震本部の紹介 | 地震に関する評価 | 広報活動 | 報告書・会議資料など | 調査研究の成果 | リンク集

トップページ > 広報活動 > 日本の地震活動

日本の地震活動

—被害地震から見た地域別の特徴—

※ファイルサイズが大きいものが多数ありますので、ダウンロードされる場合はご注意ください。10MBを超えるものについては、ファイルサイズの記載を赤字にしています。

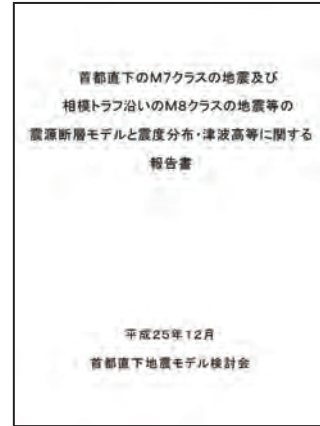
※PDFファイルの問題には、アドビ・システムズ社が無償配布する「Acrobat Reader (バージョン5.0およびそれ以降)」または「Adobe Reader」等のソフトウェアが必要です。各ソフトウェアの操作方法については、それぞれのヘルプメニューを参照してください。なお、「Acrobat Reader」および「Adobe Reader」は米国のアドビ・システムズ社の登録商標です。

※2015年1月17日で阪神淡路大震災から20年となりました。現在2014年末までを反映させた改訂作業中ですが、「第7章近畿地方」から順次改訂版v2.01のドラフトを公開いたします。

- 表紙 (PDF 1,436 KB)
- 目次 (PDF 284 KB)
- 1. はじめに (p.1~p.3) (PDF 297 KB)
- 2. 全国の地震活動の特徴 (p.7~p.37) (PDF 5,843 KB)
- 3. 北海道地方の地震活動の特徴 (p.41~p.79) (PDF 8,303 KB)
- 4. 東北地方の地震活動の特徴 (p.83~p.142) (PDF 12,004 KB)
- 5. 関東地方の地震活動の特徴 (p.145~p.199) (PDF 8,444 KB)
- 6. 中部地方の地震活動の特徴 (p.203~p.281) (PDF 15,277 KB)
- 7. 近畿地方の地震活動の特徴 (p.285~p.343) (PDF 12,260 KB)
- 8. 中国・四国地方の地震活動の特徴 (p.347~p.399) (PDF 9,756 KB)
- 9. 九州・沖縄地方の地震活動の特徴 (p.403~p.458) (PDF 8,918 KB)
- 付録 (p.461~p.496) (PDF 4,020 KB)
- 奥付・裏表紙 (PDF 1,520 KB)

24

内閣府の防災情報のページ 中央防災会議の報告書



各都道府県の防災情報のページ 地震被害想定調査報告書



25

国土交通省 気象庁

ホーム 防災情報 各種データ資料 知識情報 気象庁について 案内申請

ホーム > 各種データ資料 > 日本付近で発生した主な被害地震(平成8年以降)

日本付近で発生した主な被害地震(平成8年以降)

平成8年以降の期間に日本付近で発生した、人的被害を伴った地震を掲載しています。

- 平成18年(2006年)～平成27年(2015年)5月
- 平成8年(1996年)～平成17年(2005年)

日本付近で発生した主な被害地震(平成18年～平成27年5月)

発生年月日	M (*1)	震央地名 地震名	人的被害	被害状況
平成18年(2006年)4月21日	5.8	伊豆半島東方沖	負3	水道管漏水
平成18年(2006年)4月22日	4.6	宮城県沖	負1	なし
平成18年(2006年)5月15日	4.5	和歌山県北部	負1	ブロック崩れ
平成18年(2006年)6月12日	6.2	大分県西部	負6	住家一部破
平成19年(2007年)3月25日	6.9	能登半島沖 平成19年(2007年)能登半島地震	死1 負356	住家全壊68 住家半壊17
平成19年(2007年)4月15日	5.4	三重県中部	負13	住家一部破
平成19年(2007年)6月6日	4.9	大分県中部	負1	水道管漏水
平成19年(2007年)7月16日	6.8	新潟県上越沖 平成19年(2007年)新潟県中越沖地震	死15 負2,346	住家全壊17 住家半壊51 住家一部破
平成19年(2007年)8月16日	5.3	千葉県東方沖	負1	なし

気象庁や地震調査研究推進本部のHP

地震調査研究推進本部

地震による被害の軽減を目指す

地震本部の紹介 | 地震に関する評価 | 広報活動 | 報告書・会議資料など | 調査研究の成果 | リンク集

トップページ > 地震に関する評価 > 長期評価

長期評価

主要な活断層で発生する地震や海溝型地震を対象に、地震の規模や一定期間内に地震が発生する確率を予測したものを「地震発生可能性の長期評価(長期評価)」と呼んでいます。

● 活断層の長期評価
 ・主要活断層等の長期評価
 ・活断層の地域評価
 これまでに公表した活断層の長期評価の結果です。

● 海溝型地震の長期評価
 これまでに公表した海溝型地震の長期評価の結果です。

画像をクリックすると大きな画像が表示されます。

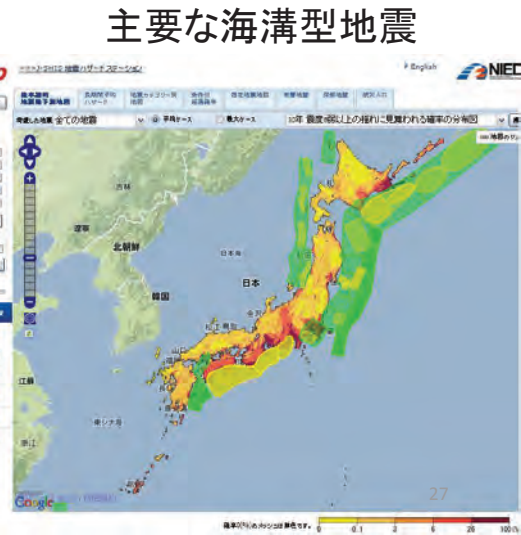
26

防災科研 地震ハザードステーション

<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>

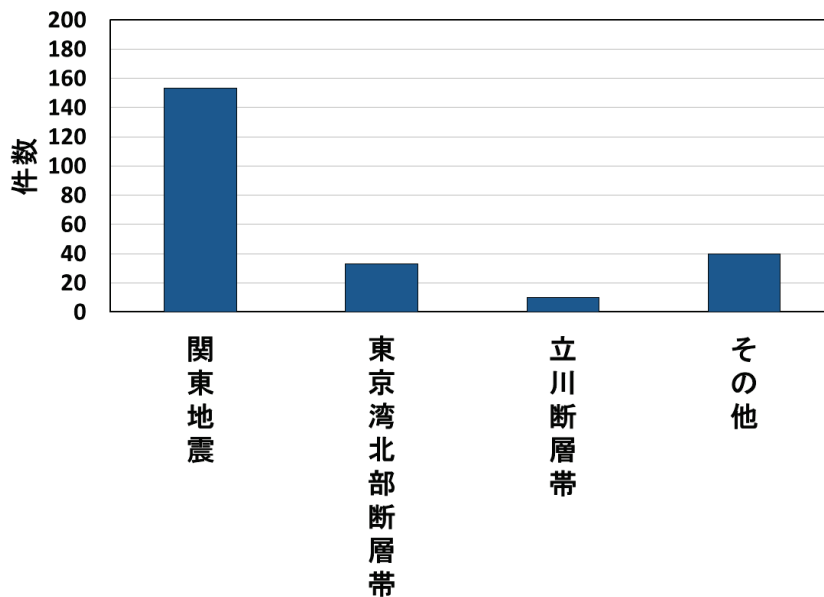


主要な活断層



主要な海溝型地震

サイト波の種類と件数(関東の例)

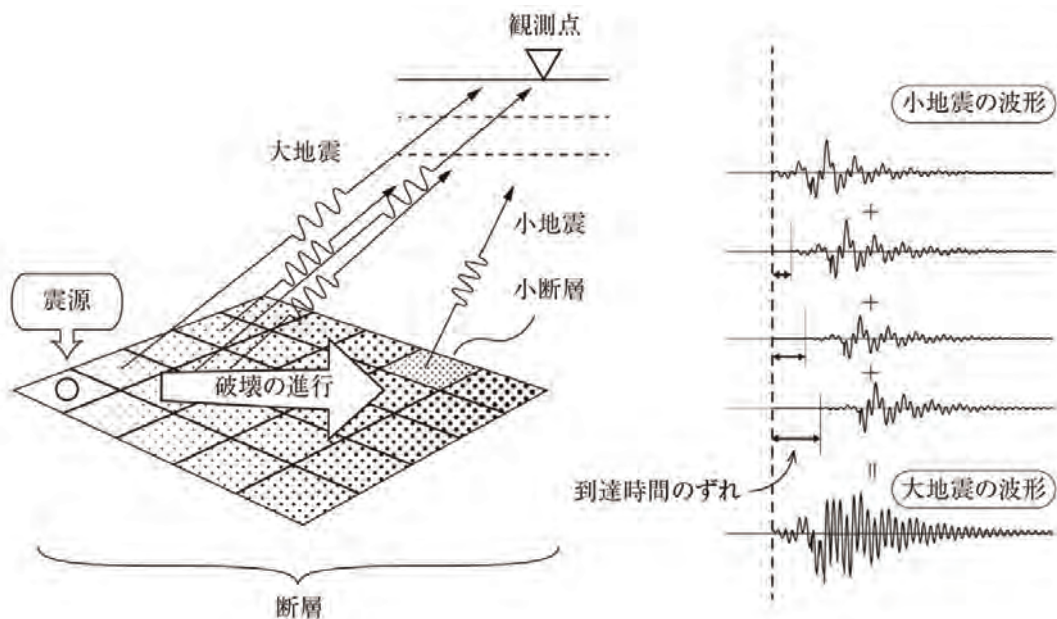


地震動の計算手法

- 距離減衰式
概略的に地震動の強さを推定する場合に有効
- 経験的グリーン関数法
敷地ないし敷地近傍での小地震記録が必要
- 統計的グリーン関数法
表面波の影響が考慮できない
- ハイブリッド法(統計的グリーン関数法+理論的手法)
表面波の影響も考慮できるが、計算の際には十分な専門的知識が必要

29

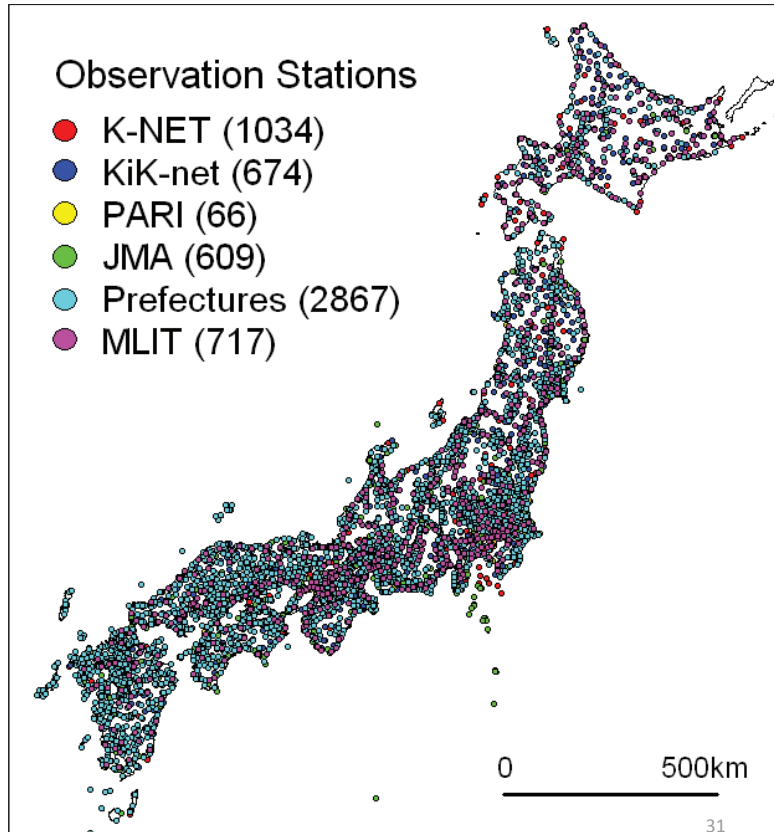
経験的グリーン関数法の概念図



30

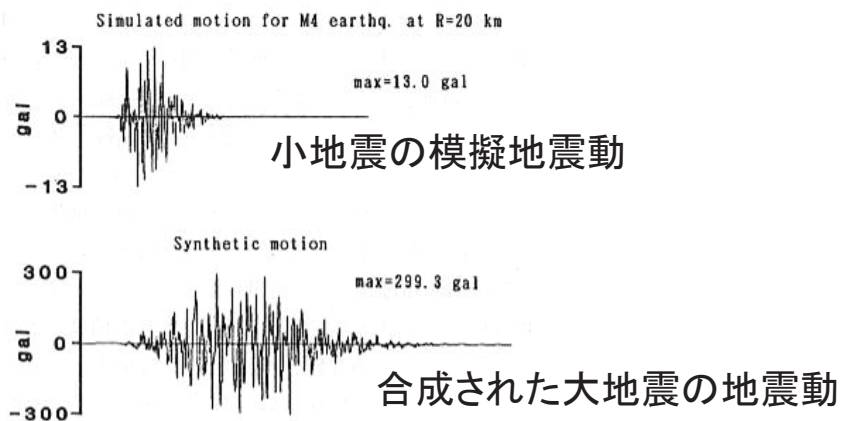
小地震の記録

K-NET, KiK-netの
記録は
防災科研HPから
気象庁、自治体
の記録は
気象業務支援セ
ンターから
入手できる



統計的グリーン関数法

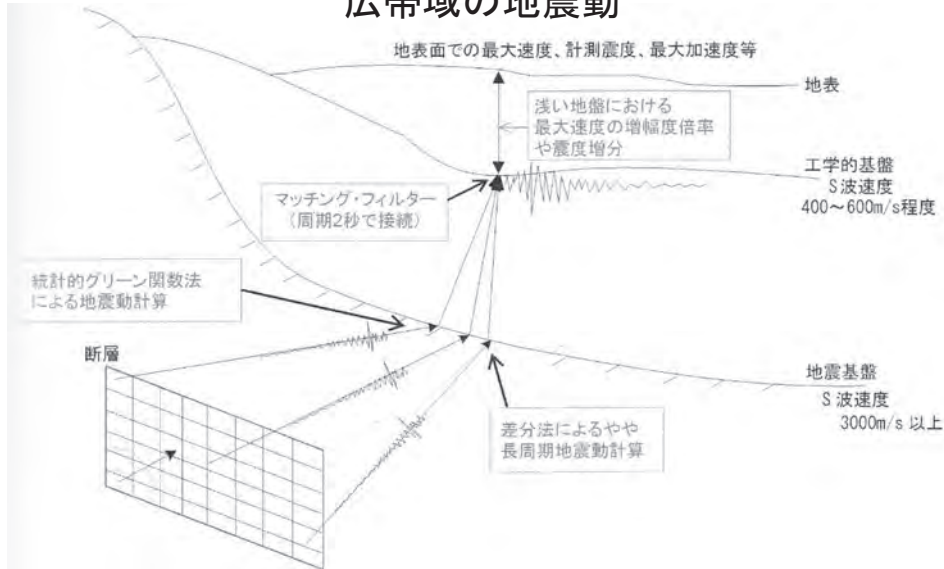
敷地付近に強震観測点がなく、小地震の記録が利用できない場合には、小地震の記録のかわりに小地震の模擬地震動を用いる。模擬地震動は、実体S波による地震動を考慮して半経験的に決められたスペクトルを満足するように作成される。



32

ハイブリッド法

地震動の短周期成分 統計的グリーン関数法
 +
 地震動の長周期成分 理論的方法
 ↓
 広帯域の地震動

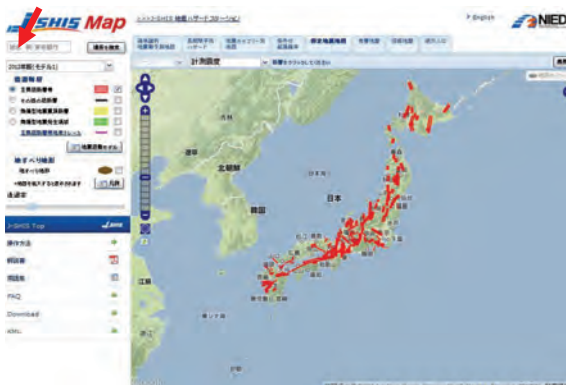


33

公開されているサイト波

地震調査研究推進本部では、156の想定地震による各地点での工学的基盤上での波形をハイブリッド法により評価して地震ハザードステーションJSHISで公開している。

- 1) J-SHISを立ち上げる。
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>
- 2) 画面上の想定地震地図のタブをクリックし、左側にある震源断層の欄の主要断層帯の右側のボックスをクリックする。

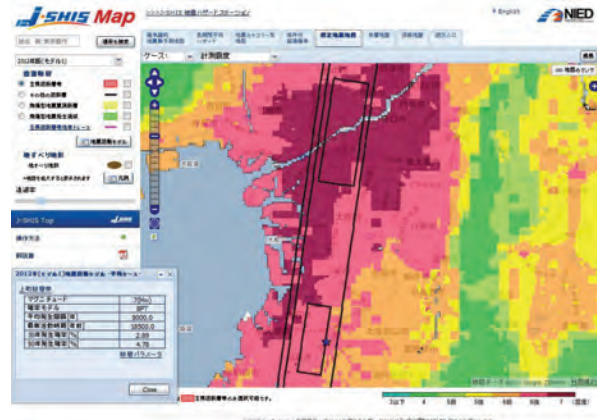
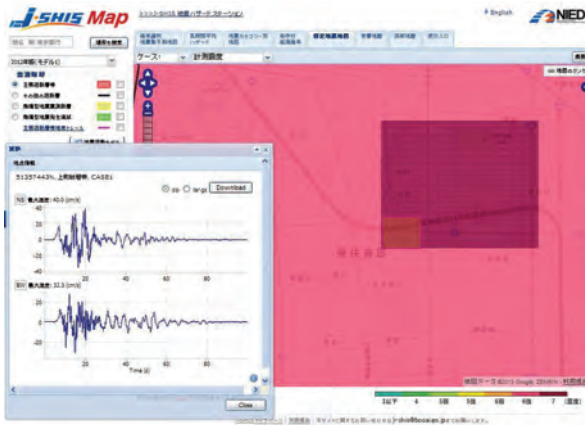


- 3) 主要断層帯が表示される。

34

公開されているサイト波

4) 上町断層のところをクリックすると、上町断層による震度分布が表示される。

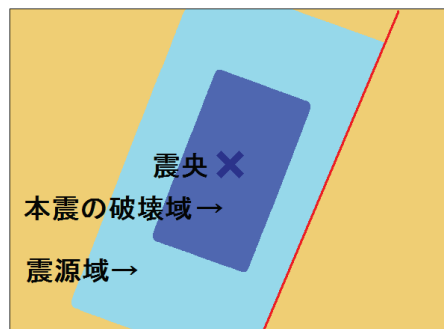


5) 地図を一番大きく拡大する。対象地点をダブルクリックすると計算結果のボックスが表示される。ボックスの上の波形のタブをクリックすると、波形とdownloadのボタンがボックスに表示される。

35

・ 計算結果の不確定性

地震動の計算で必要とされる、断層パラメータの設定や地下構造のモデル化には確定に決められない部分もあり、その結果、計算結果に不確定性が残される。例えば、断層面上でより強い地震波を発生しやすい部分はアスペリティないし強震動生成域と呼ばれ、この配置によって計算される地震動の強さは大きく変化する。また、破壊開始点の位置も同様に大きな影響を与える。しかし、これらを事前に確定的に与えることは容易ではない。

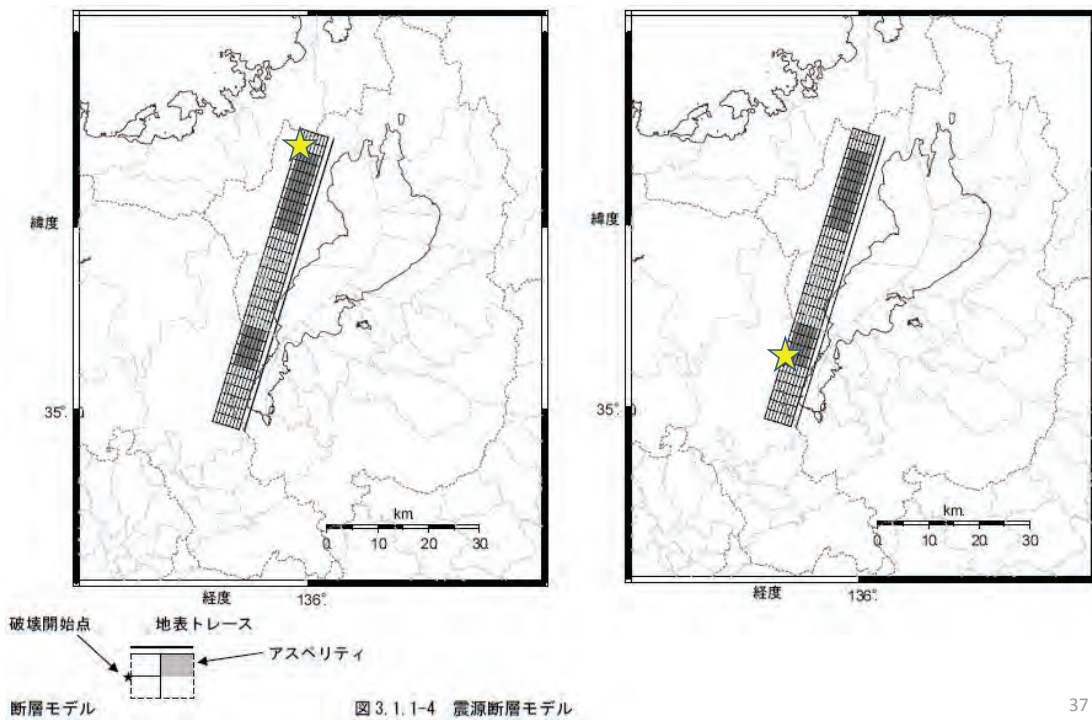


36

琵琶湖西岸断層帯地震の例

ケース1

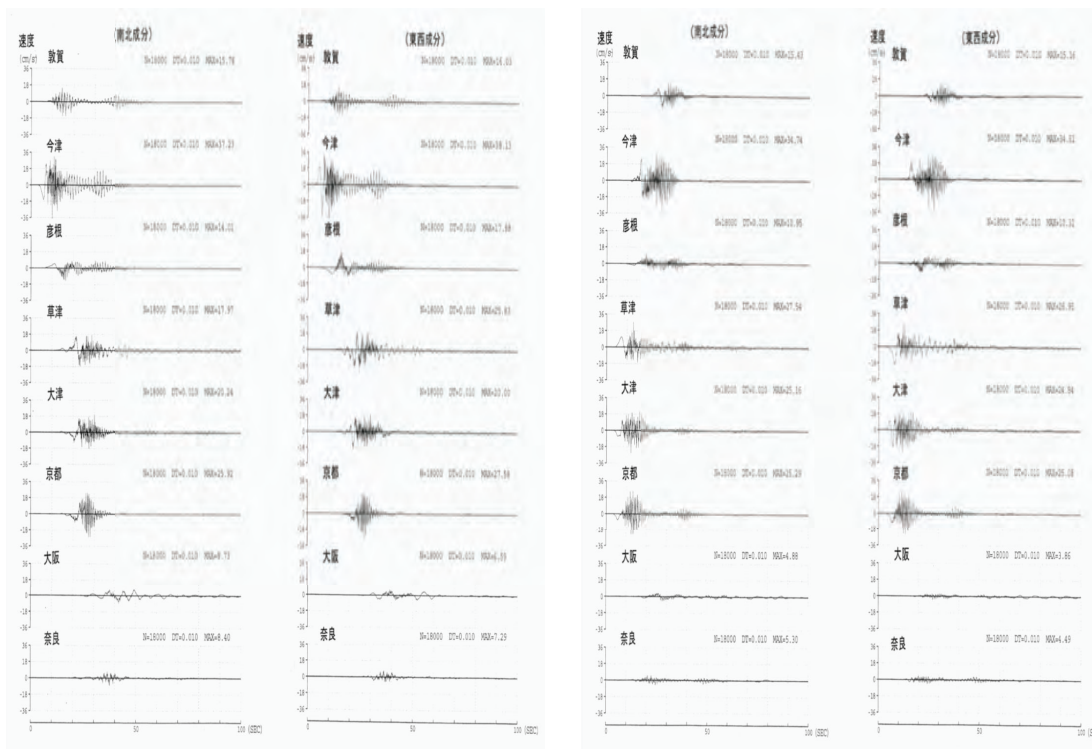
ケース2



37

ケース1

ケース2



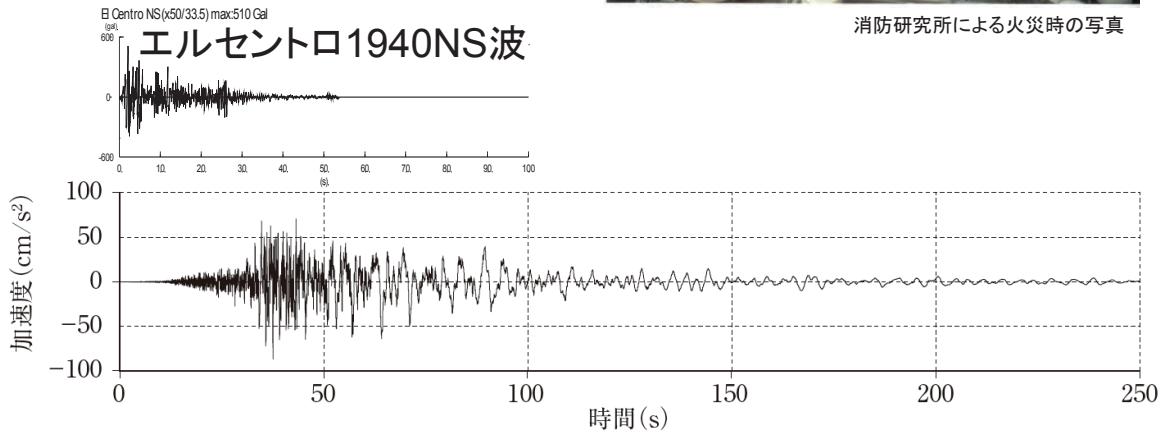
38

長周期地震動

2003年十勝沖地震での
苫小牧での大型石油タンク火災

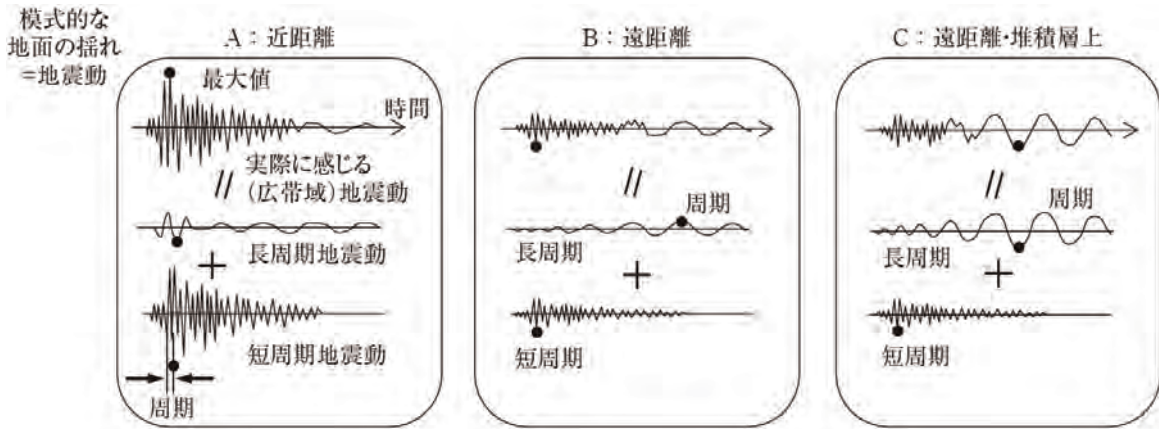


消防研究所による火災時の写真



2003年十勝沖地震の際に苫小牧で観測された加速度波形

39



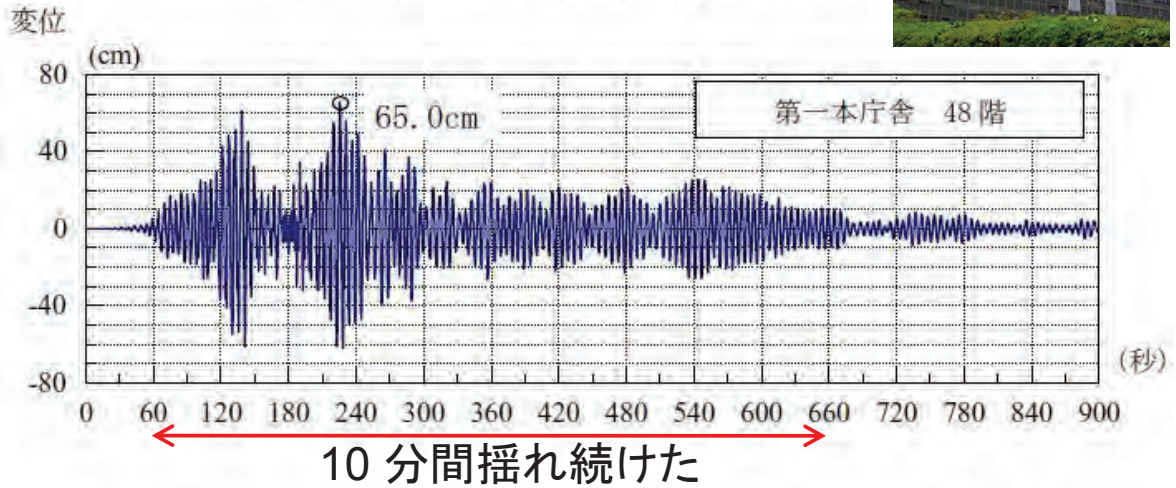
**実際に感じる地震動と短周期および
長周期地震動との関係
(地震調査研究推進本部(2009)による)**

40

東北地方太平洋沖地震での 東京都庁の応答

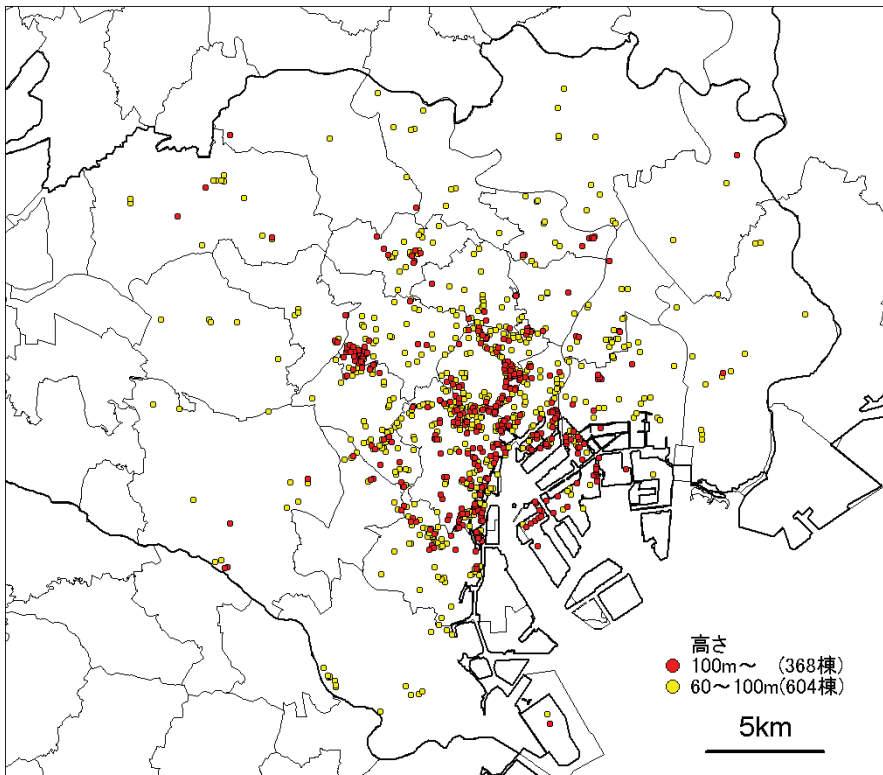


第一本庁舎48階 変位時刻歴

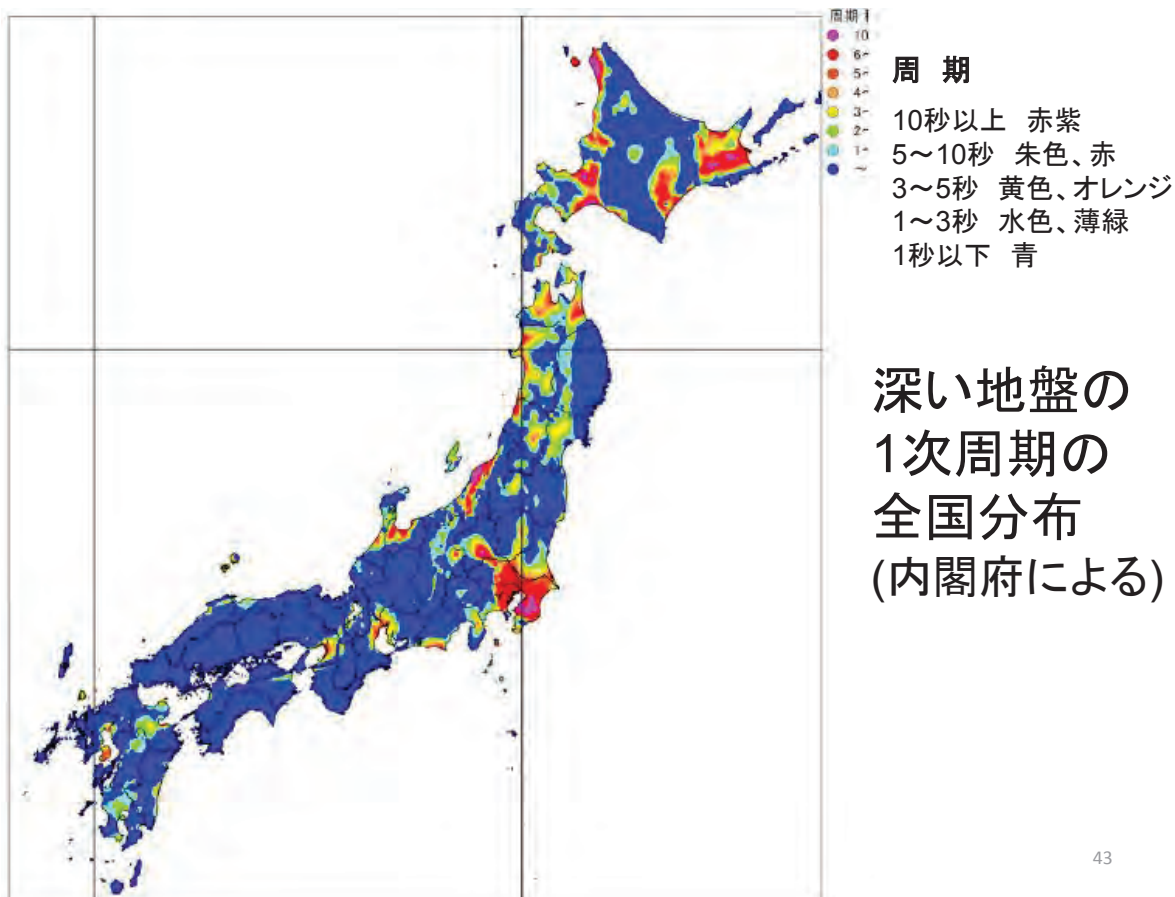


41

東京都23区内の高層建物(高さ60m以上)
計972棟(H23.3.31現在) 消防庁資料より



42



43

国土交通省住宅局建築指導課
「超高層建築物等における長周期
地震動への対策試案」(2010)による

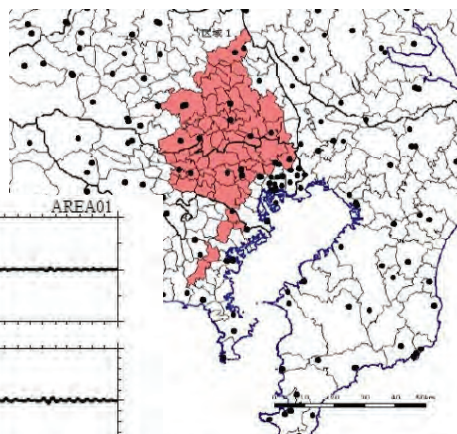
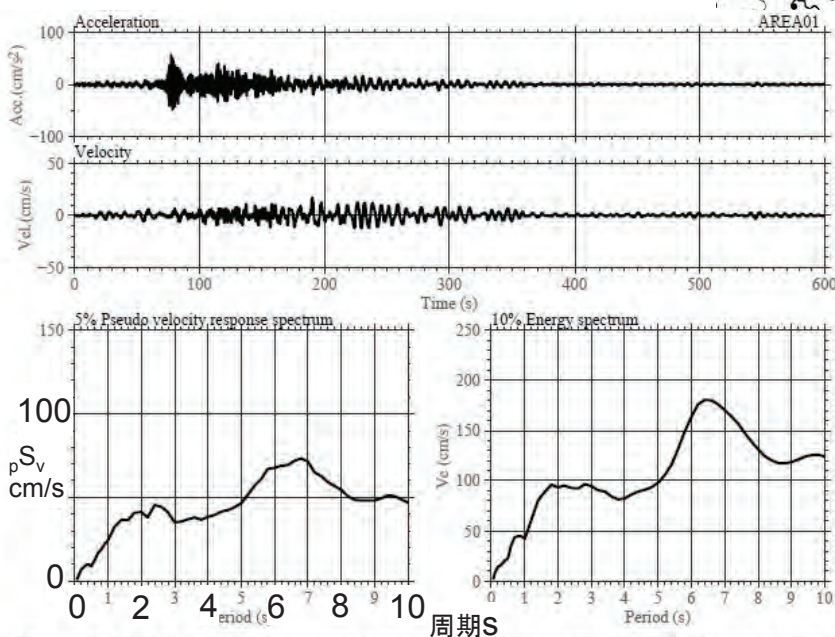


図 1(a) 区域1の地域

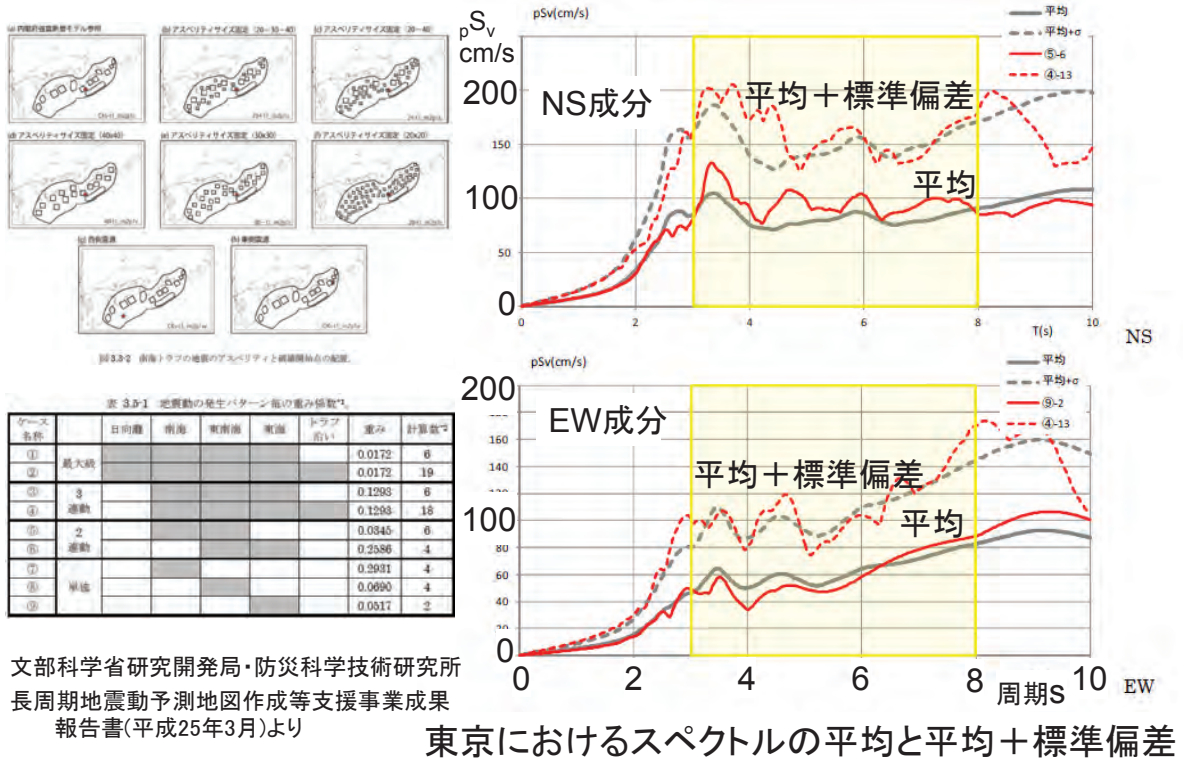


地域1での
東海地震の
長周期地震動

図 1(b) 区域1の設計用長周期地震動の加速度波形(上段)、速度波形(中段)、減衰定数 5%の擬似速度応答スペクトル(下段左)、及び減衰定数 10%のエネルギースペクトル(下段右)

44

南海トラフ巨大地震による長周期地震動の計算例



おわりに

活断層による地震や海溝型地震の発生の恐れなど、様々な地震ハザード情報が公表されるようになってきた。

これらの情報をどのように反映して建築物の耐震設計がなされているのか、大地震時には建築物がどのような状態になるのか、社会的な関心は高まっている。

これに答えていくためにも耐震基準で与えられた地震動だけでなくサイト波の重要性はより強いものとなっている。

しかしながら、サイト波の計算に必要な情報のすべてを確定的に与えられるとは限らず、計算されたサイト波には不確実性が含まれていることにも留意する必要がある。

計算結果やその精度について正しく理解するため、設計者自身が地震動予測に対する見識を備えておくことも必要であろう。

動解析・液状化分野

MIDAS CONSTRUCTION TECHNICAL DOCUMENT COLLECTION



株式会社マイダスイテュジャパン

〒101-0021 東京都千代田区外神田5-3-1 秋葉原OSビル7F

TEL 03-5817-0787 | FAX 03-5817-0784 | e-mail g.support@midasit.com | URL <http://jp.midasuser.com/geotech>

Copyright © Since 1989 MIDAS Information Technology Co., Ltd. All rights reserved.