

国土技術政策総合研究所 講演会(2019年12月3日)

建築物の設計用入力地震動の 考え方

建築研究部

建築新技術統括研究官 小山 信



本日の内容

- 設計用入力地震動／地震荷重

被災→教訓(調査)→耐震基準への反映 の繰り返し

- 今後求められる建築物

最低基準で十分？

- 超高層建築物のための設計用地震動

(長周期地震動対策)

被災はしていないけれど・・・

安政大地震絵 鯰退治



国立国会図書館デジタルコレクション <http://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/1303363>

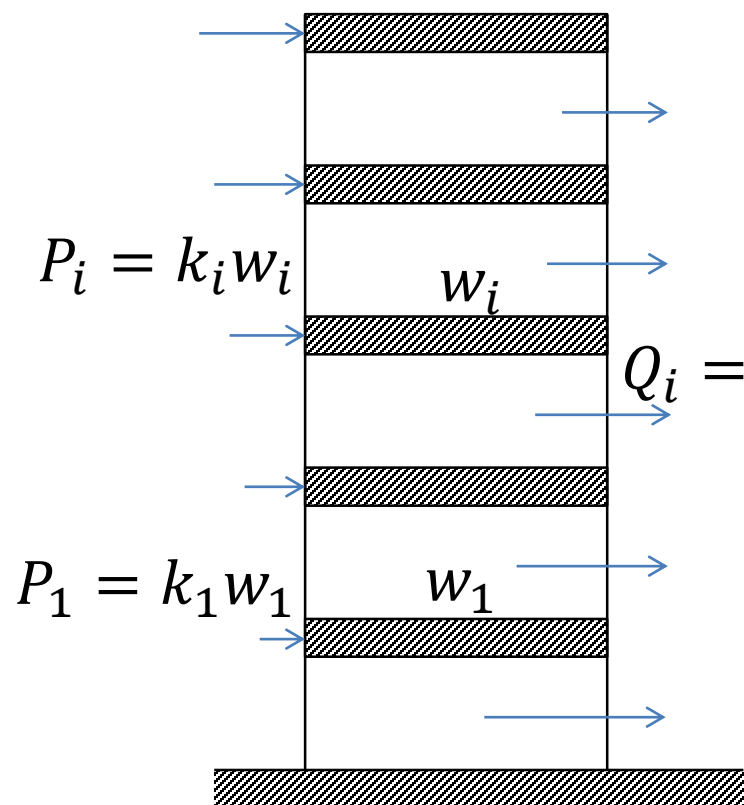
被害地震と耐震基準法等の変遷

	被害地震	耐震規定等
1891年	濃尾地震(M8.0)	
1919年		市街地建築物法制定
1923年	関東大震災(M7.9)	施行規則第三章第二節「構造強度」
1924年		市街地建築物法改正
1948年	福井地震(M7.1)	設計震度0.1 (東京下町の震度0.3/材料安全率3)
1950年		建築基準法制定
1968年	十勝沖地震(M7.9)	設計震度0.2 (短期許容応力度の倍増と対)
1971年		建築基準法施工令改正
1978年	宮城県沖地震(M7.4)	鉄筋コンクリート造柱のせん断補強筋規定強化
1981年		建築基準法改正(新耐震設計法) 中地震/大地震に対する2段階設計($C_0=0.2/1.0$)
1995年	兵庫県南部地震(M7.3)	建築基準法改正 建物の耐震改修に関する法律制定
2000年		建築基準法改正 限界耐力計算法(令第82条の5) 告示スペクトル(建告1461号)
2011年	東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)	

新耐震設計法

地震層せん断力／地震層せん断力係数

$$P_n = k_n w_n$$



P_i : 地震力

Q_i : 地震層せん断力

k_i : 震度

C_i : 地震層せん断力係数

w_i : 各層の重量

$$C_i = Z R_t A_i C_0$$

Z : 地震地域係数

R_t : 振動特性係数

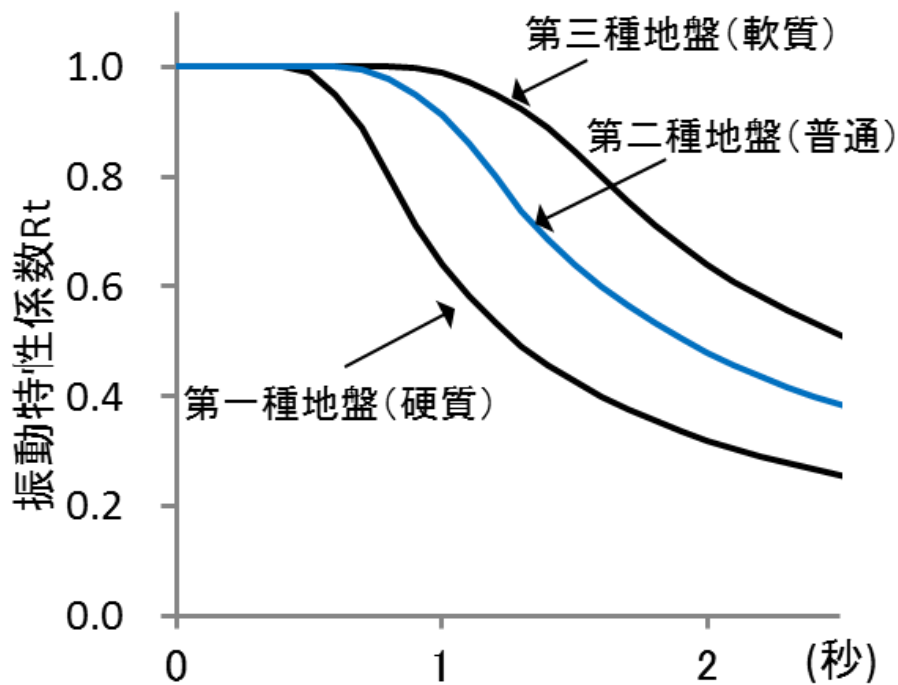
A_i : 地震層せん断力係数の高さ
方向の分布を示す係数

C_0 : 標準せん断力係数

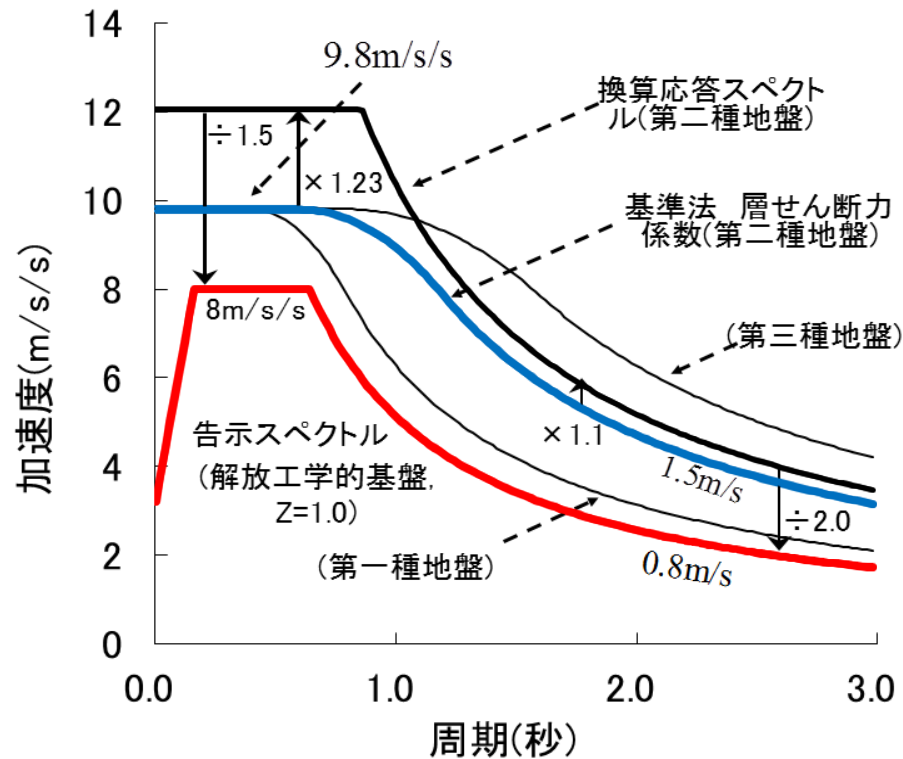
(中地震0.2、大地震1.0)

新耐震設計法

振動特性係数 R_t と告示スペクトル



振動特性係数 R_t
(1981年、新耐震設計法)



告示スペクトル
(2000年、建告1461号)

新耐震設計法

地震地域係数 Z

1952年 建設省告示第1074号第4項

地域ごとにその地域における過去の地震に基づく震害の程度や、地震活動状況に基づいた低減係数

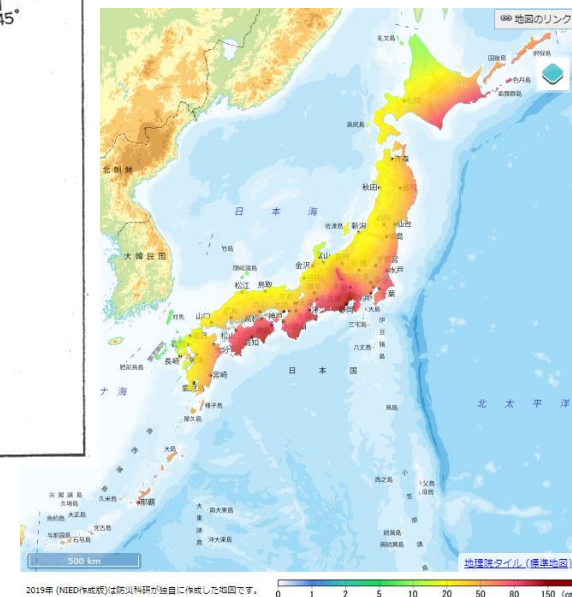
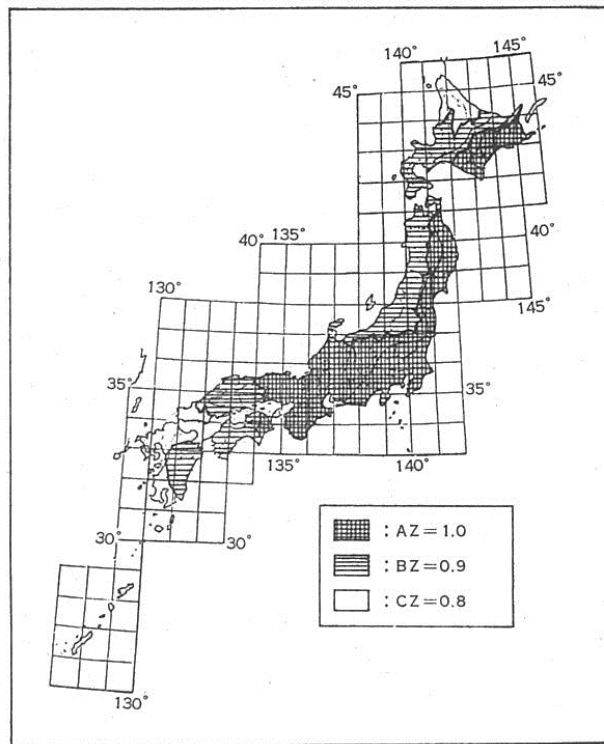
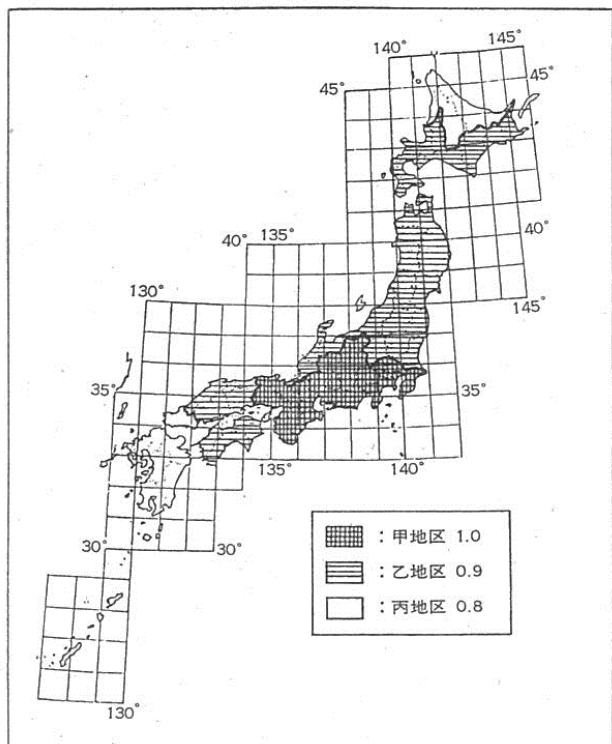
1972～76年 建設省総合技術開発プロジェクト「新耐震設計法の開発」

1976年度末 「新耐震設計法(案)」

1979年 建設省告示第1074号第4項 改正

1981年 建築基準法改正(新耐震設計法施行)

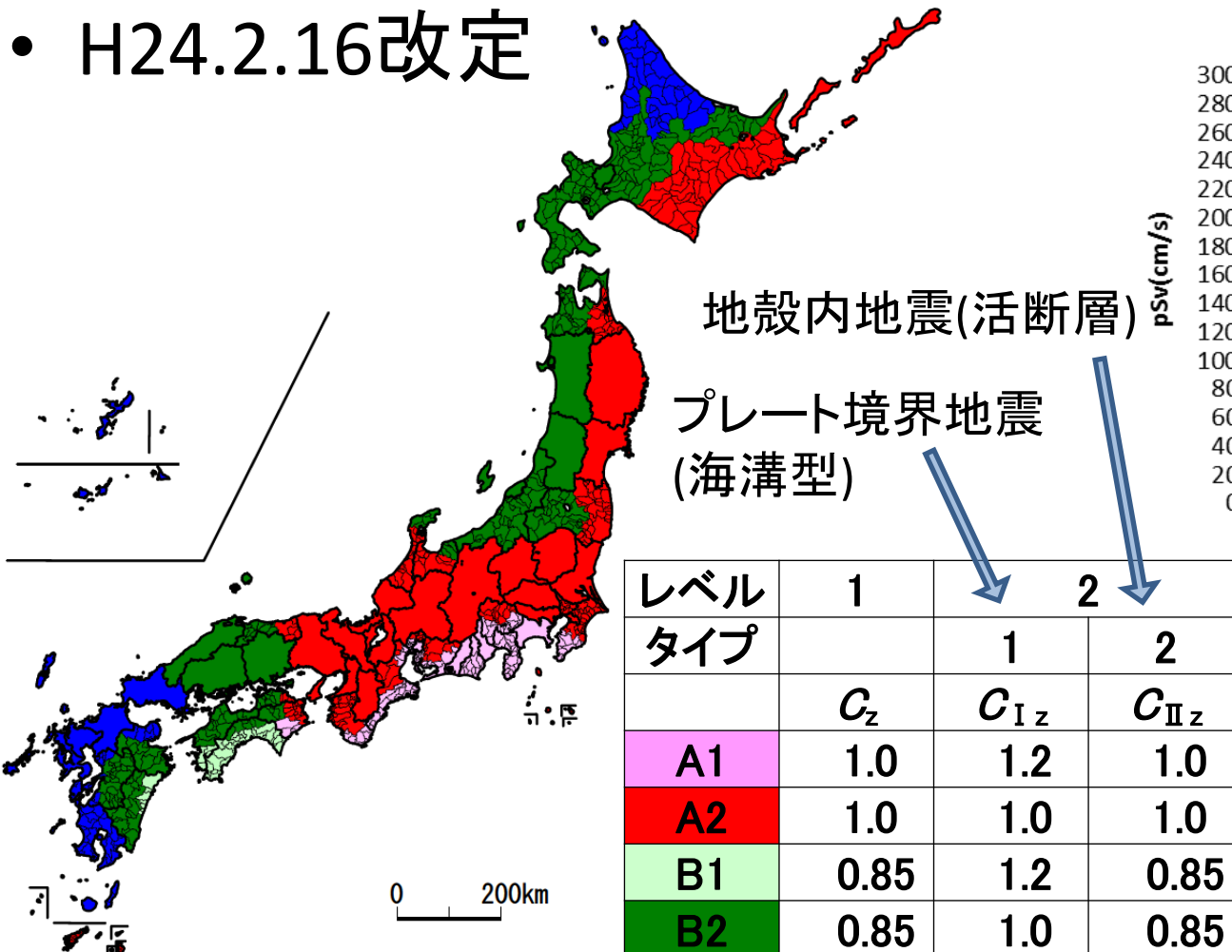
新耐震設計法 地震地域係数 Z



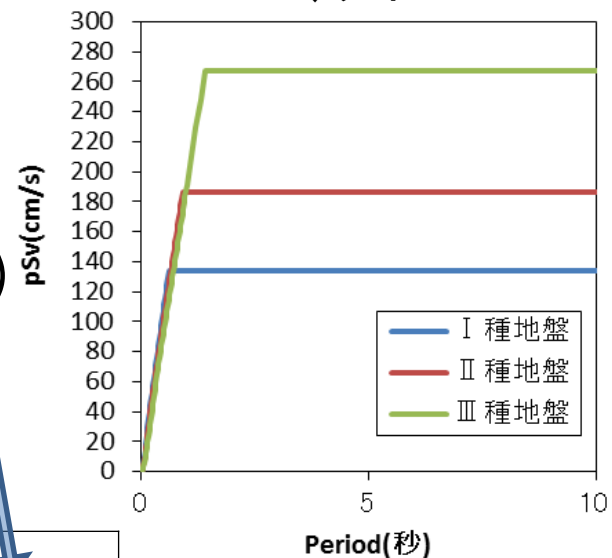
確率論的地震動予測地図
(J-SHIS Map)

参考 道路橋示方書の 地域別補正係数と地域区分

- H24.2.16改定



道路橋示方書
レベル2、タイプ1



レベル	1	2	2
タイプ		1	2
	C_z	C_{Iz}	C_{IIz}
A1	1.0	1.2	1.0
A2	1.0	1.0	1.0
B1	0.85	1.2	0.85
B2	0.85	1.0	0.85
C	0.7	0.8	0.7

目標とする耐震
性能が建築とは
異なる点に留意

建築基準法 第1条(目的)

第一条 この法律は、建築物の敷地、構造、設備及び用途に関する最低の基準を定めて、国民の生命、健康及び財産の保護を図り、もつて公共の福祉の増進に資することを目的とする。

憲法 第29条(財産権)

第二十九条 財産権は、これを侵してはならない。

2 財産権の内容は、公共の福祉に適合するやうに、法律でこれを定める。

3 私有財産は、正当な補償の下に、これを公共のために用ひることができる。

現行耐震基準の要求性能

最低基準である建築基準法が要求するもの

- 稀に発生する地震^{*)}に対して損傷しない
→ 建物の修復が不要で、ほぼ継続使用が可能
*) 建物使用期間中に数回遭遇する程度の地震
- 極稀に発生する地震^{**)}に対して倒壊・崩壊しない
→ 人命を守る
**) 建物共用期間中に一度遭遇するかもしれない程度の地震

1995年兵庫県南部地震 RC造新耐震建築物の損傷



倒壊は免れ人命を守ったが、柱・はり・柱はり接合部の損傷が極めて大きく、その修復費用が莫大であったため取り壊され建て直された

2011年東北地方太平洋沖地震

庁舎や共同住宅に損傷や変形等が発生

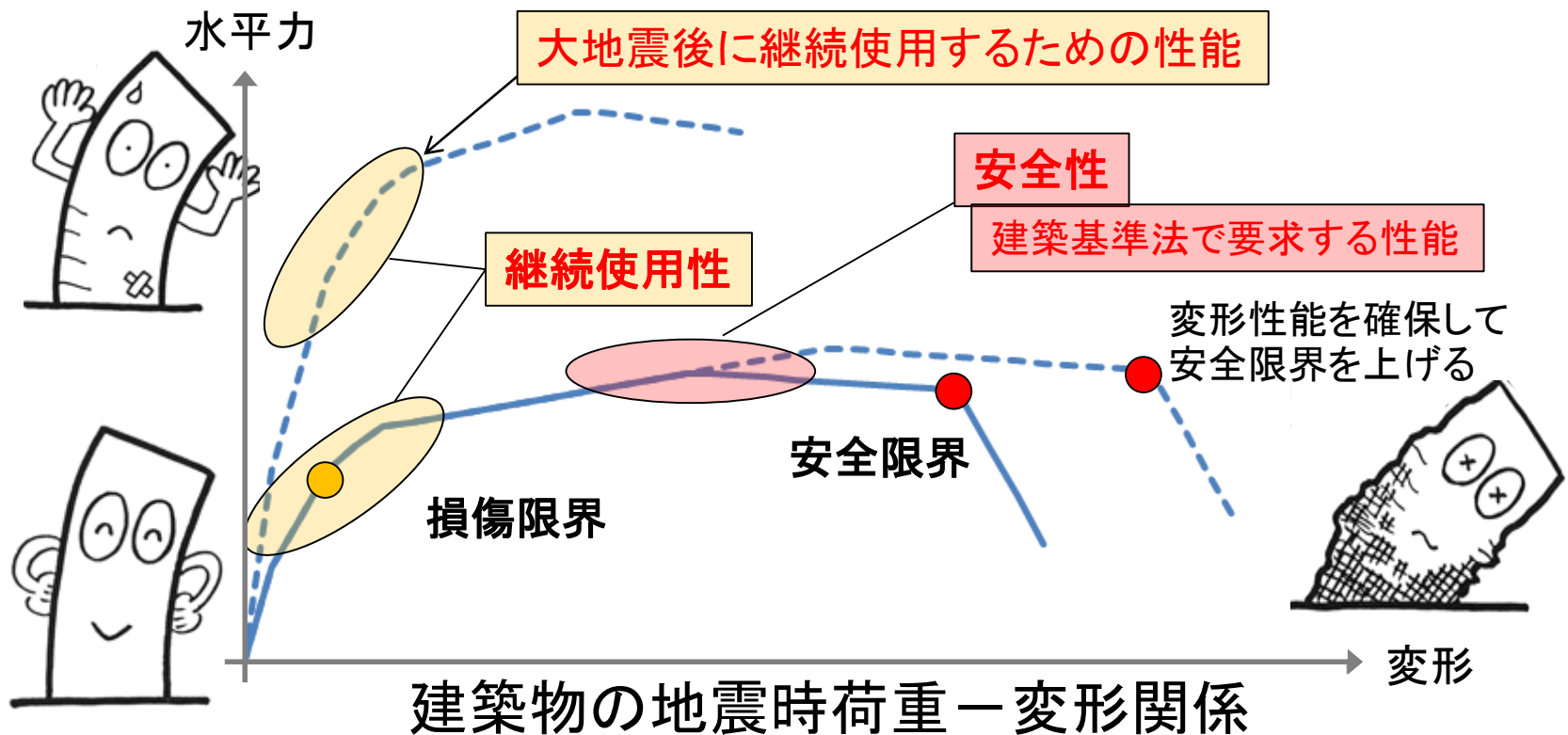


これらにより、

- ① 災害活動の拠点や生活の場である建築物の継続使用が困難に
- ② 損傷の修復に時間と費用を要し、円滑な復旧・復興の妨げに

今後求められる建築物

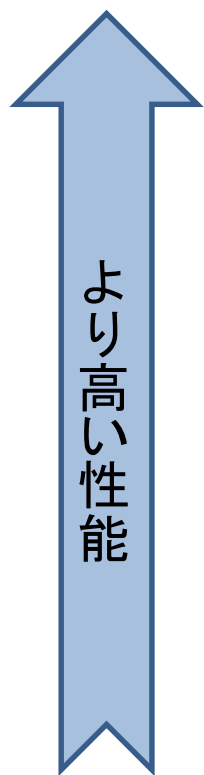
- 建築物の地震後の継続使用性を確保する
- 地震により低下した機能を如何に迅速に回復させる
- 不確定要因に対する適度な余裕の設定



H8 官庁施設の総合耐震計画基準

H25 官庁施設の総合耐震・対津波計画基準

耐震要求性能



I 類:「大地震後、構造体の補修をすることなく建築物を**使用できること**」

→ 建築基準法に定める大地震の力×1.5で倒壊しない

II 類:「大地震後、構造体の**大きな補修をすることなく**建築物を**使用できること**」

→ 建築基準法に定める大地震の力×1.25で倒壊しない

III 類:「大地震動により構造体の**部分的な損傷は生じるが**、建築物全体の**耐力の低下は著しくないこと**」

→ 建築基準法に定める大地震の力で倒壊しない

H30, R1 防災拠点等となる建築物に係る 機能継続ガイドライン

ガイドラインの背景

大地震時に防災拠点等となる建築物は、大地震時の安全性確保に加え、地震後も機能を継続できるよう、より高い性能が求められる

ガイドラインの目的

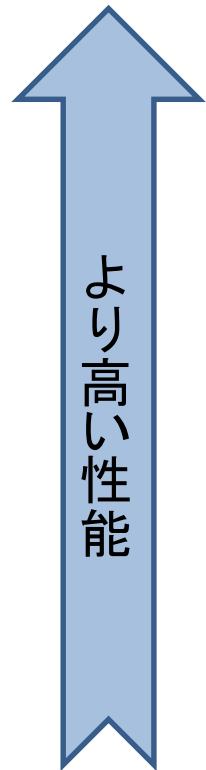
防災拠点建築物について、大地震時における機能継続を図るにあたり、建築主による目標水準の設定及び設計者・管理者が行う設計・管理に際して、参考となる基本的な事項や既往の指針、事例等を示す

機能継続に係る目標の例：

建築基準法の**1.25倍**、**1.5倍**の地震力を用いて余力を確保

H11 住宅の品質確保の促進等に関する法律(品確法) 「住宅性能表示制度」

「耐震等級(構造躯体の倒壊等防止)」が求める耐震性能



等級3:「極めて稀に発生する地震による力の**1.5倍**の力に対して倒壊・崩壊等しない程度」

等級2:「極めて稀に発生する地震による力の**1.25倍**の力に対して倒壊・崩壊等しない程度」

等級1:「**極めて稀に発生する地震**(数百年に一度程度)による**力**に(建築基準法施行令第88条第3項に定めるもの) **対して**倒壊・崩壊等しない程度」

H20 長期優良住宅の普及の促進に関する法律

「長期優良住宅」 スtock活用型の社会への転換

「長期使用構造等とするための措置及び維持保全の方法の基準」が求める耐震性能

→ 極めて稀に発生する地震に対し、継続利用のための改修の容易化を図るため、損傷のレベルの低減を図ること

耐震等級2 以上

または

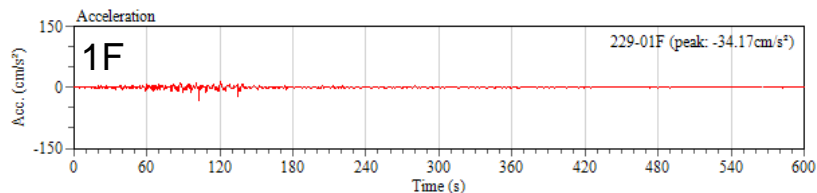
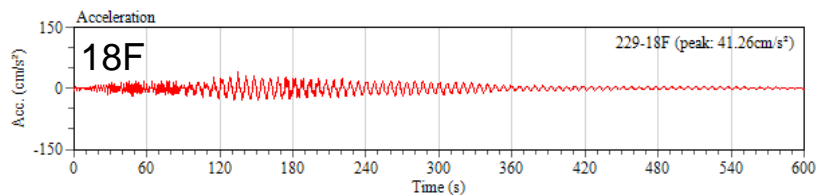
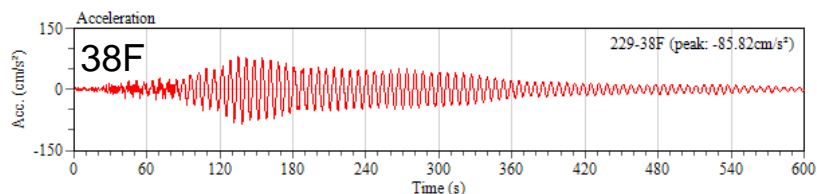
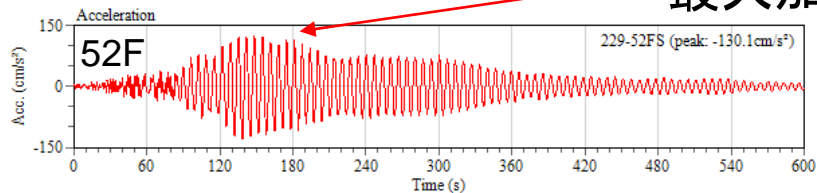
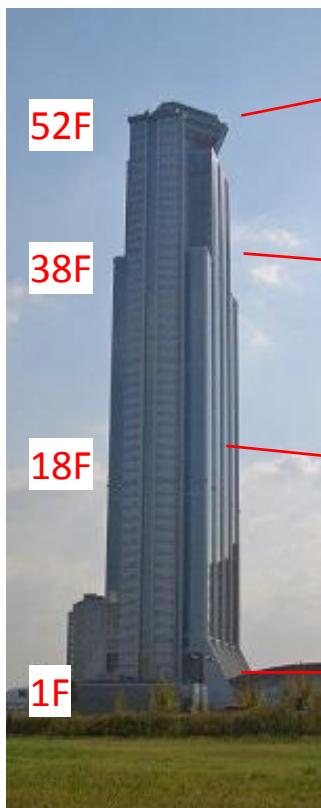
耐震等級1 かつ 安全限界時の層間変形を
1/100以下(木造の場合 1/40以下)

または

免震建築物

「3.11」における大阪府咲洲庁舎の強震記録

周期6秒、
最大加速度130cm/s/s、
に達する揺れ

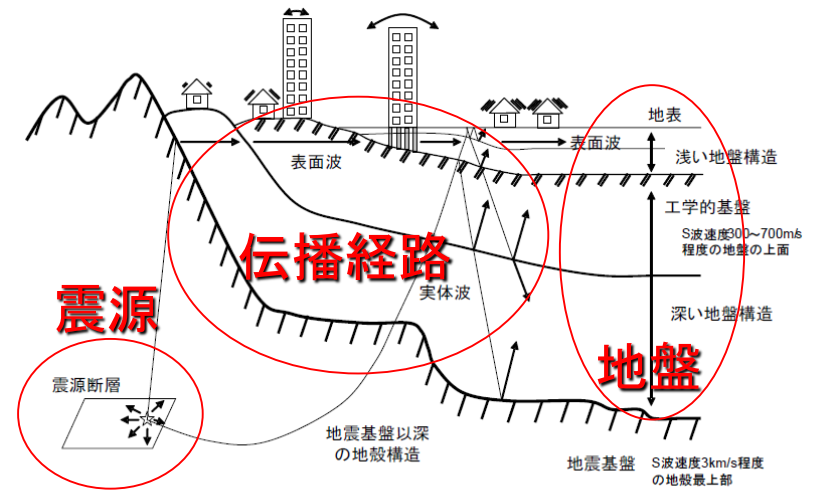


/地下3階
/地上55階
/高さ256m
/竣工 1995年 /鉄骨構造

- ・ 建物の52階では両振幅で2.7mに及ぶ揺れが継続した (累積の変位は400m超)
- ・ エレベータなどの設備や内装・仕上げ材の破損が生じた

長周期地震動とは？

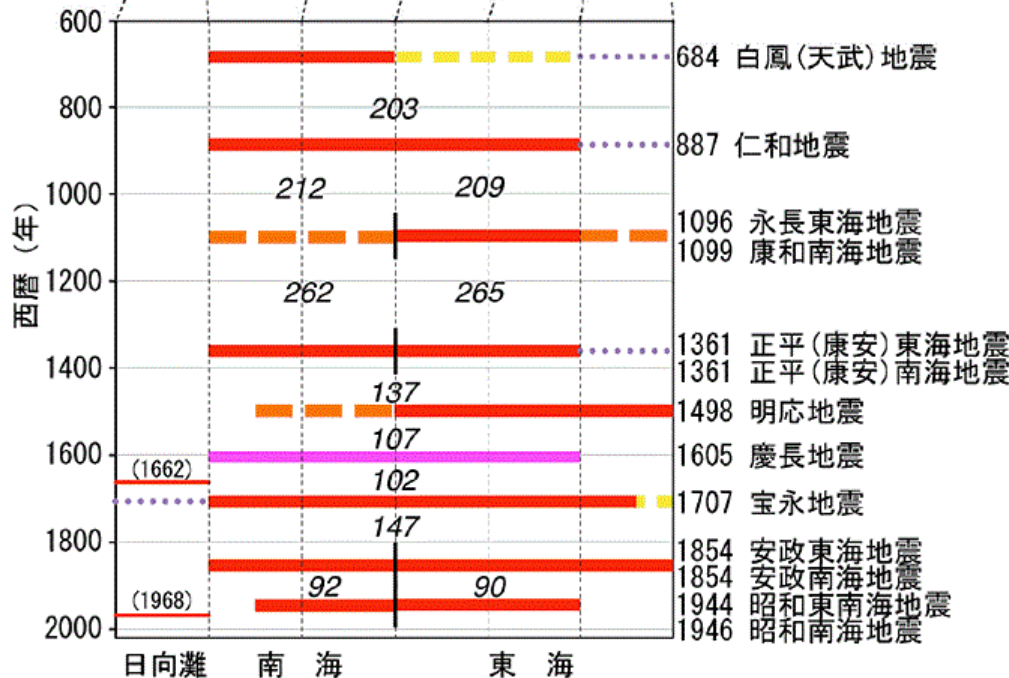
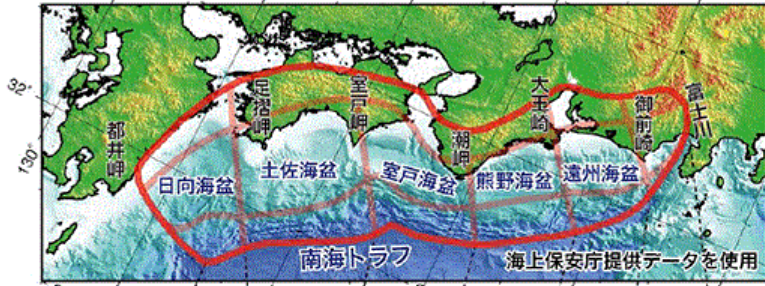
- 長周期成分が卓越する
(建築で対象となる周期は、およそ周期2~10秒程度)
- 規模の大きな地震で発生しやすい
- 震源から遠方まで、あまり弱くならず伝播する
- 大都市がある深い地下構造(堆積盆地)により揺れが増幅され、継続時間が長くなる
- 2003年十勝沖地震でのタンク火災、2011年東北地方太平洋沖地震で超高層建築物が長時間継続した長周期地震動に共振して大きく応答、で注目される



地震動特性 = 震源 × 伝播経路 × 地盤

(長周期地震動予測地図2009年試作版に加筆)

南海トラフの過去の地震の発生状況



- 昭和東南海地震及び昭和南海地震が起きてから70年が経過しており、30年以内の発生確率は70~80%と推計されている

- 確実な震源域
- 確実視されている震源域
- 可能性のある震源域
- 説がある震源域
- 津波地震の可能性が高い地震
- 日向灘のプレート間地震(M7クラス)

(http://www.jishin.go.jp/main/yosokuchizu/kaiko/k_nankai.htm)

長周期地震動対策の必要性(2003年十勝沖地震等)

＜応答に関する研究開発＞
限界値の検討など

＜入力に関する研究開発＞
長周期地震動予測方法の提案など

「超高層建築物等の長周期地震動の対策試案」の発表
(国土交通省によるパブリックコメントの募集 2010.12)

2011年東北地方太平洋沖地震(Mw=9.0)の発生

地震による超高層・免震建築物の
安全性・機能性等への影響調査

観測データによる長周期地震動
予測方法の検証

設計クライテリアの整理・提案

長周期地震動作成手法の改良

超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動
への対策案について

2015/12/18 公表、パブリックコメント

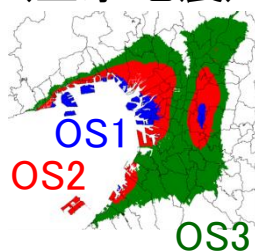
2016/06/24 技術的助言の発出、報道発表

2017/04/01 大臣認定の運用強化

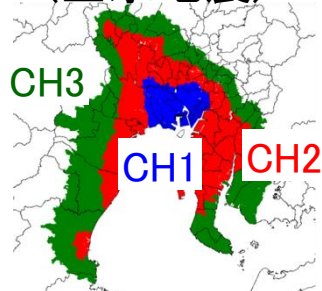
超高層建築物のための設計用地震動(長周期地震動対策)

三大都市圏と静岡県の区域分けと 振幅レベル

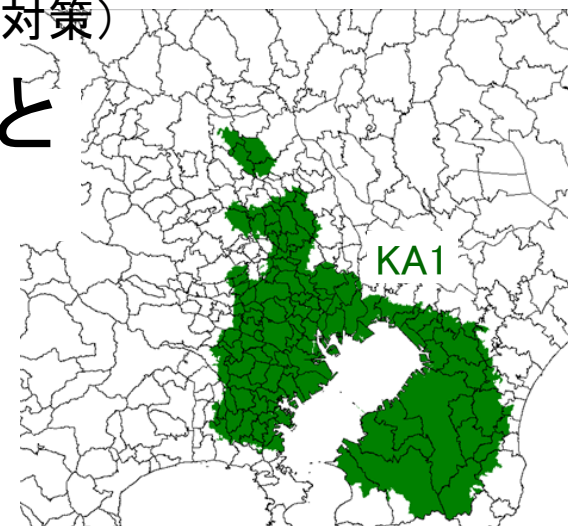
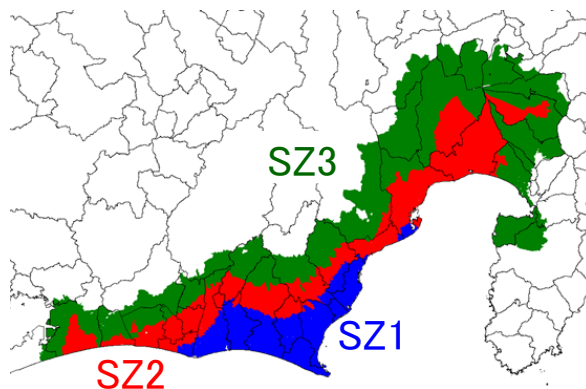
大阪圏
(宝永地震)



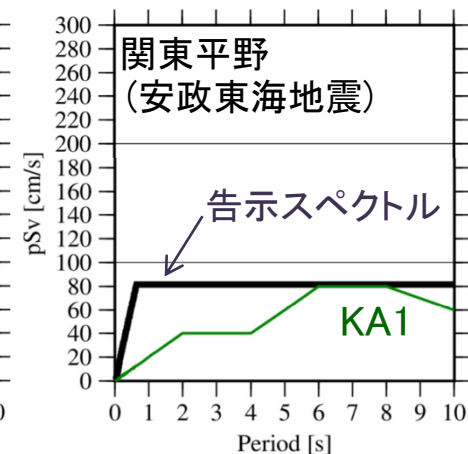
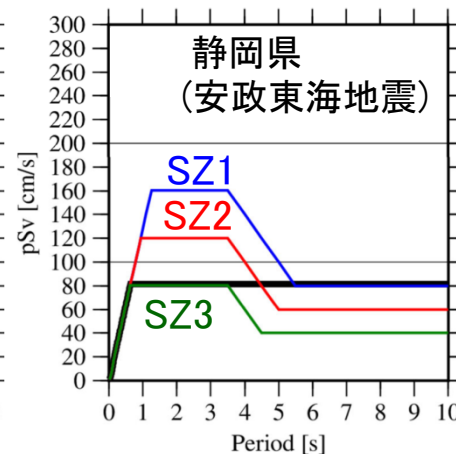
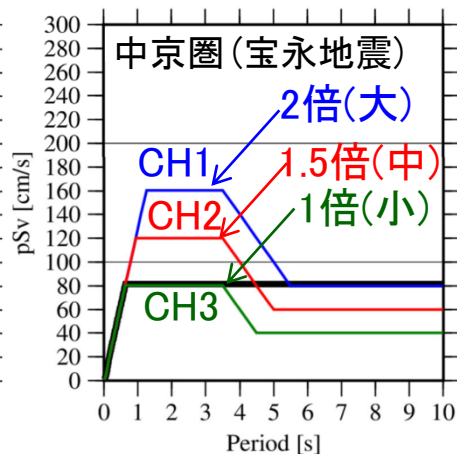
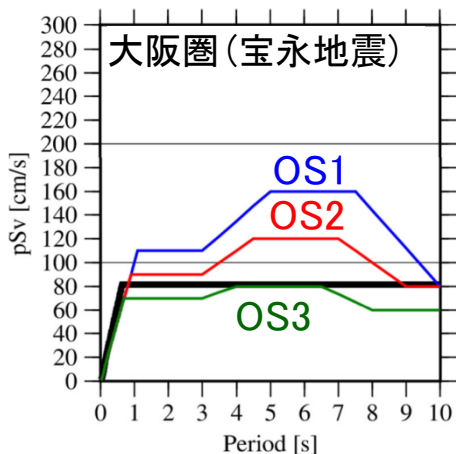
中京圏
(宝永地震)



静岡県
(安政東海地震)



関東平野
(安政東海地震)



おわりに／残された課題

設計用入力地震動／地震荷重

- 確率論的地震動予測地図と地震地域係数

今後求められる建築物

- 目的の統一
- 合理的な検討方法の導入

超高層建築物のための設計用地震動

- 相模トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動の検討

ご清聴ありがとうございました。