

「新耐震基準」から40年を振り返る

国立研究開発法人建築研究所
構造研究グループ
小山信

- I. はじめに
- II. 被害地震と耐震基準法等の変遷
- III. 新耐震基準「改正」の概要
- IV. 新耐震基準の効果と地震被害軽減への施策
- V. 新たな設計法
- VI. 新たな設計用入力地震動(長周期地震動)
- VII. おわりに

- 建築基準法
 - * 第一条「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。」
- 新耐震基準
 - * 「建築基準法施行令の一部を改正する政令」昭和56年(1981年)6月1日施行 から40年
- 長周期建築物等の設計用入力地震動
 - * 2016年「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について」

II 被害地震と耐震基準法等の変遷

安政大地震絵 鯨退治



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>

II 被害地震と耐震基準法等の変遷

被害地震			耐震規定等
安政東海地震(M8.4)/安政南海地震(M8.4)		1854年	
安政江戸地震(M6.9)		1855年	
濃尾地震(M8.0)		1891年	
← 明治維新 →			
	1952年	地域係数(水平震度の数値を減	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)」
十勝沖地震(M7.9)	1968年		
	1971年	建築基準法施工令改正	
宮城県沖地震(M7.4)	1978年		
	1979年	地震地域係数改正	
	1981年	<u>建築基準法施行令改正(新耐震基準)</u>	中地震/大地震に対する2段階設計(C ₀ =0.2/1.0)
兵庫県南部地震(M7.3)	1995年	建築基準法改正/建築物の耐震改修の促進に関する法律制定	
	2000年	建築基準法改正 住宅の品質確保の促進等に関する法律施行	
東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)		2011年	
	2016年	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対策について(技術的助言)	

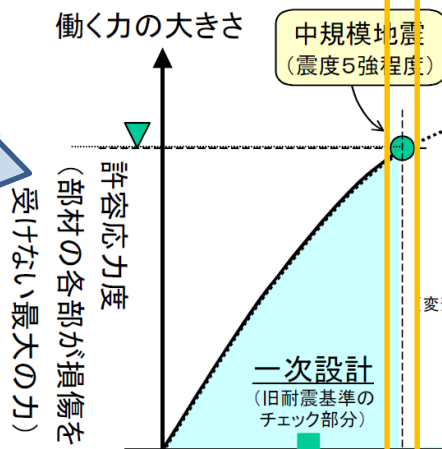
Ⅲ 「新耐震基準」改正の概要

1) 地震に対する構造計算方法

建築基準法の耐震基準の概要

一次設計
「中規模の地震動でほとんど損傷しない」
ことの検証を行う

自重・地震などにより建築物各部に生ずる応力度が許容応力度以内であることを確認

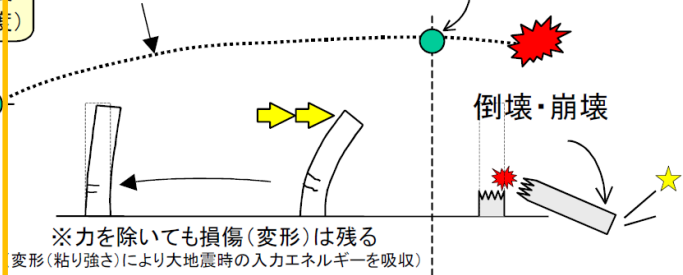


部材に働く力と変形の関係

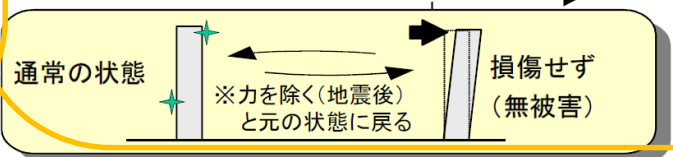
- ・層間変形角
 - ・剛性率・偏心率等
 - ・保有水平耐力
- の計算

二次設計
「大規模の地震動で倒壊・崩壊しない」
ことの検証を行う

大規模地震
(阪神・淡路大震災クラス、
震度6強～7に達する程度)



二次設計
(新耐震基準で直接検証することとした部分)



国土交通省
<https://www.mlit.go.jp/common/000188539.pdf>

Ⅲ「新耐震基準」改正の概要

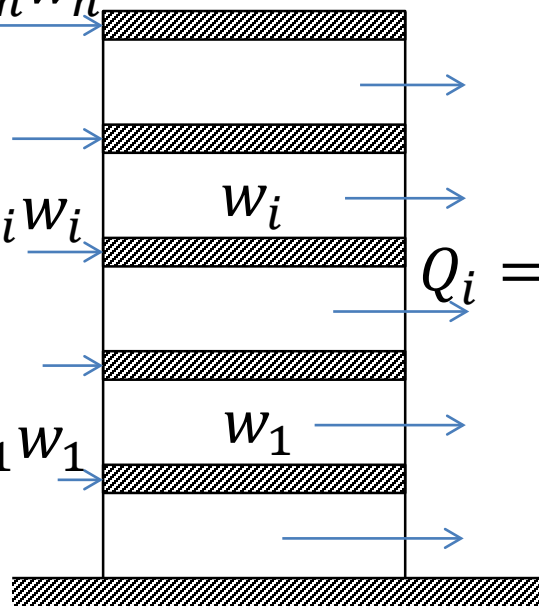
2) 地震力

地震層せん断力／地震層せん断力係数

$$P_n = k_n w_n$$

$$P_i = k_i w_i$$

$$P_1 = k_1 w_1$$



$$Q_i = C_i \sum_{i=1}^n w_i$$

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

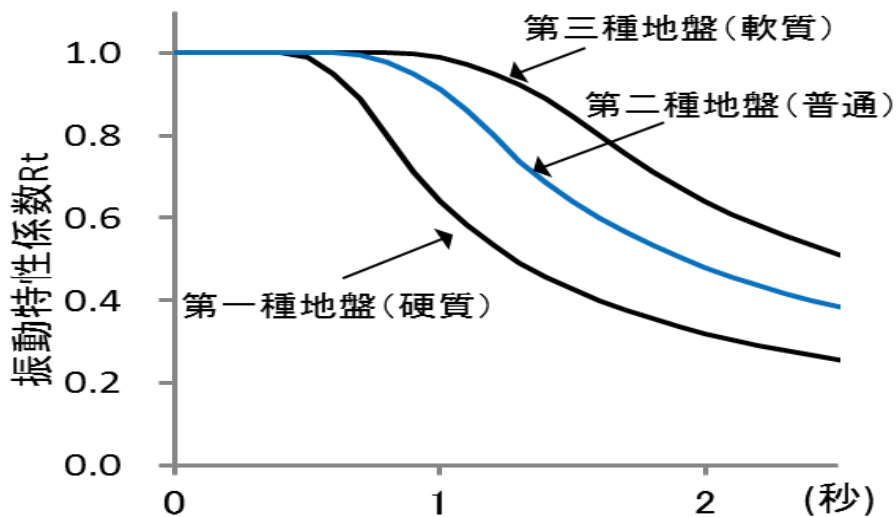
C_0 : 標準せん断力係数

(中地震0.2、大地震1.0)

Ⅲ「新耐震基準」改正の概要

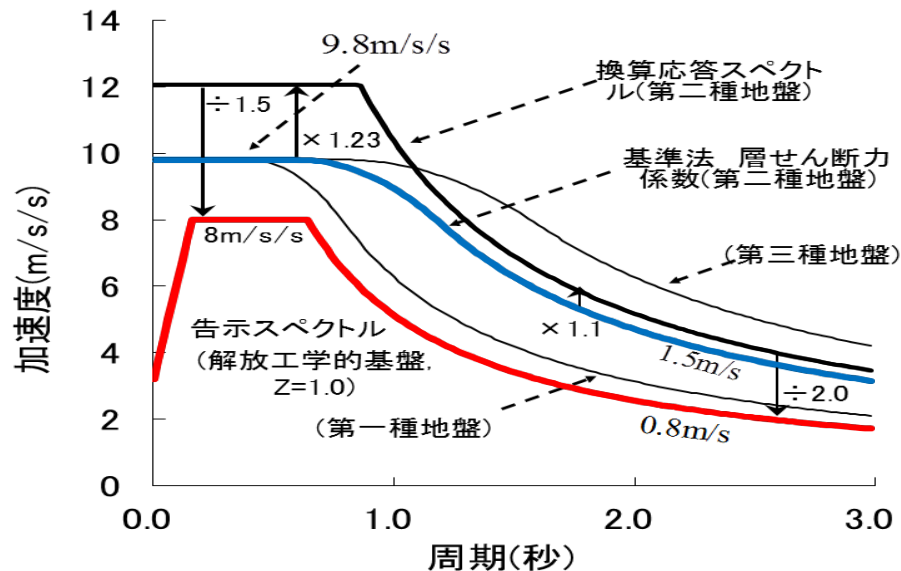
2) 地震力

振動特性係数 R_t と 告示スペクトル



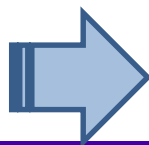
振動特性係数 R_t (1981年)

地震力



告示スペクトル (2000年、建告1461号)

地震動



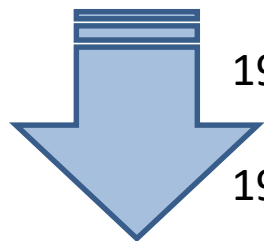
Ⅲ 「新耐震基準」改正の概要

2) 地震力

地震地域係数 Z

1952年 建設省告示第1074号第4項

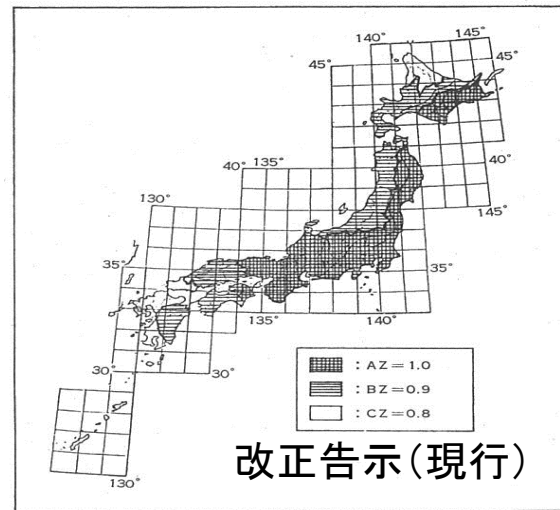
地域ごとにその地域における過去の地震に基づく震害の程度や、地震活動状況に基づいた低減係数



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)



IV 新耐震基準の効果と地震被害軽減への施策

1) 新耐震基準前後の建築物被害率

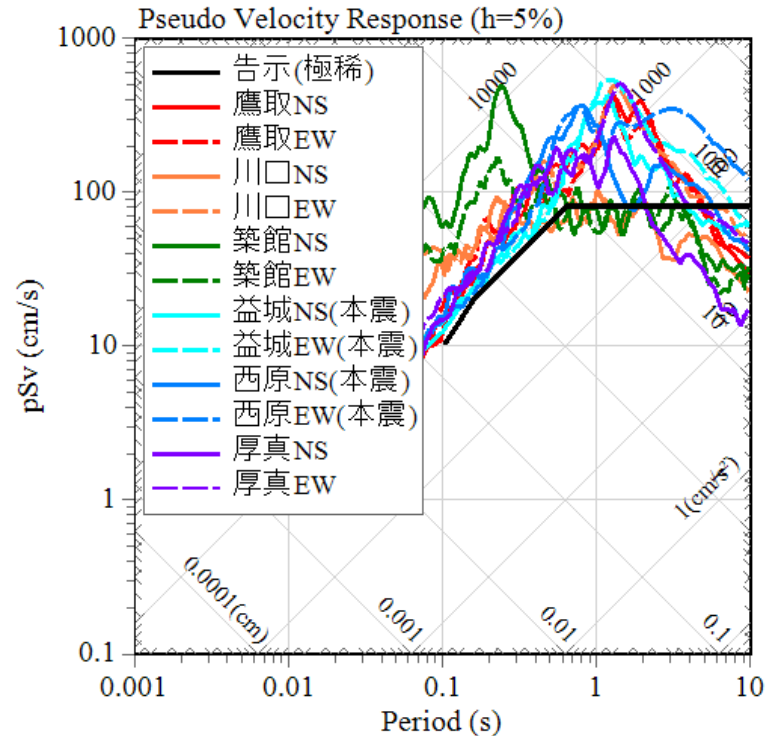
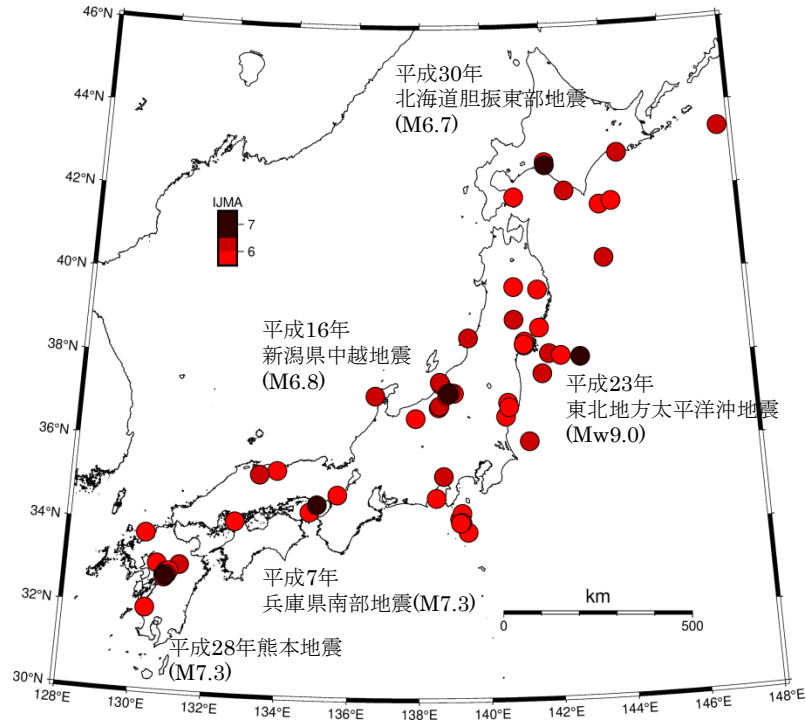
気象庁が名称を定めた1981年以降の地震

震央地名・地震名	M	最大震度	死者	不明者	負傷者	住家		
						全壊	半壊	一部破損
昭和57年(1982年)浦河沖地震	7	6	0		167	13	28	875
昭和58年(1983年)日本海中部地震	8	5	104		163	140	490	
昭和59年(1984年)長野県西部地震	7	4	11	18	10	13	86	
平成5年(1993年)釧路沖地震	8	6	2		967	53	255	
平成5年(1993年)北海道南西沖地震	8	5	202	28		601	408	
平成7年(1994年)北海道東方沖地震	8	6	0		437	61	348	
平成7年(1994年)三陸はるか沖地震	8	6	3		788	72	429	9,021
平成7年(1995年)兵庫県南部地震	7	7	6,434	3	43,792	104,906	144,274	
平成12年(2000年)鳥取県西部地震	7	6強			182	435	3,101	
平成13年(2001年)芸予地震	7	6弱	2		288	70	774	
平成15年(2003年)十勝沖地震	8	6弱	1	1	849	116	368	
平成16年(2004年)新潟県中越地震	7	7	68		4,805	3,175	13,810	
平成19年(2007年)能登半島地震	7	6強	1		356	683	1,740	
平成19年(2007年)新潟県中越沖地震	7	6強	15		2,346	1,331	5,710	37,633
平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震	7	6強	17	6	426	30	146	
平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震	9	7	19,729	2,559	6,233	121,996	282,941	748,461
平成28年(2016年)熊本地震	7	7	273		2,809	8,667	34,719	162,500
平成30年(2018年)北海道胆振東部地震	7	7	43		782	469	1,660	13,849

IV 新耐震基準の効果と地震被害軽減への施策

1) 新耐震基準前後の建築物被害率

1981年以降で震度7を記録した地震と地震動



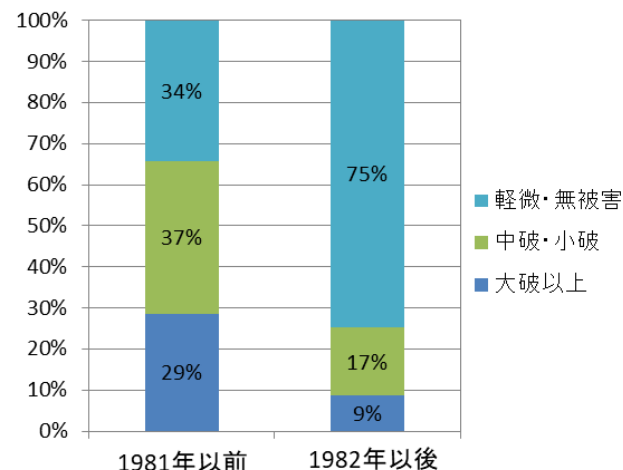
IV 新耐震基準の効果と地震被害軽減への施策

1) 新耐震基準前後の建築物被害率

① 1995年(平成7年)兵庫県南部地震

- 1981年以前に建設された建築物の被害は大きく、中でも1971年以前で大きい
- 1981年以降の基準は抜本的に改正する必要はないが、新耐震設計法導入前の古い建築物の耐震性の向上が喫緊の課題である（建設省建築震災調査委員会の報告）

	1971年以前	1972～1981年	1982年以降
倒壊又は崩壊	95 (17%)	10 (5%)	5 (3%)
大破	102 (18%)	14 (7%)	8 (5%)
中破	129 (23%)	22 (11%)	8 (5%)
小破	95 (17%)	42 (20%)	17 (11%)
軽微	102 (18%)	66 (32%)	58 (39%)
無被害	45 (8%)	51 (25%)	54 (36%)
	568 (100%)	205 (100%)	150 (100%)



平成7年兵庫県南部地震中央区の特定地域を対処とした悉皆調査建築年と被害状況のクロス集計(建築物全体)

1) 新耐震基準前後の建築物被害率

③ 平成28年(2016年)熊本地震

RC造:

倒壊・崩壊が確認された10棟は、
すべて旧耐震基準の建築物

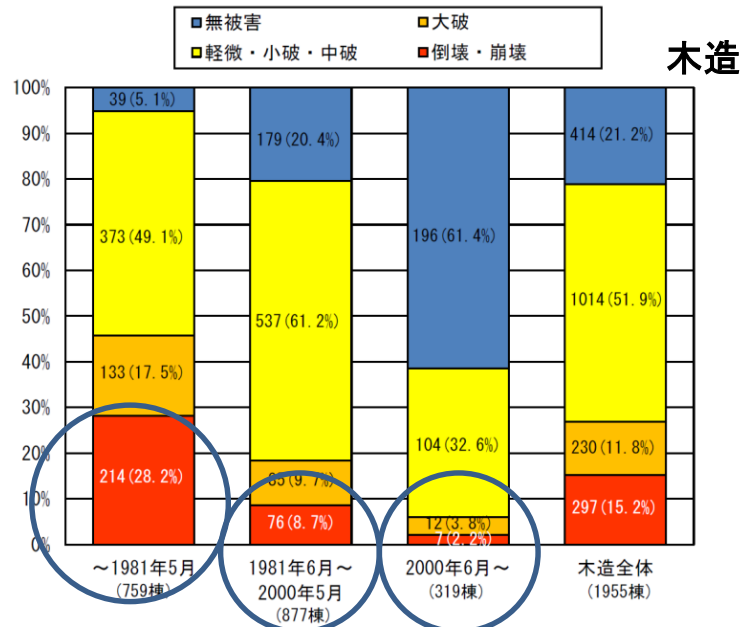
鉄骨造(益城町悉皆調査):

倒壊・崩壊率は、旧耐震7%
新耐震3%

木造(益城町中心部):

倒壊・崩壊率は、旧耐震28%
新耐震7%

	旧耐震	新耐震		計
	~1981.5	1981.6~2000.5	2000.6~	
総棟数	57	153	66	276
大破の棟数	5 (8.8%)	10 (6.5%)	2 (3.0%)	17 (6.2%)
倒壊・崩壊の棟数	4 (7.0%)	5 (3.3%)	1 (1.5%)	10 (3.6%)
大破と倒壊・崩壊の合計棟数	9 (15.8%)	15 (9.8%)	3 (4.5%)	27 (9.8%)
中破以下	48 (84.2%)	138 (90.2%)	63 (95.5%)	249 (90.2%)



IV 新耐震基準の効果と地震被害軽減への施策

2) 地震被害軽減の施策

① 建築物の耐震改修の促進

「建築物の耐震改修の促進に関する法律(平成7年)」

現行耐震基準を満たさない建築物の耐震診断や改修を推進

② 住宅性能表示

「住宅の品質確保の促進等に関する法律(平成11年)」

構造躯体の倒壊等防止の性能を示す“ものさし”として“耐震等級1、2、3”

③ 防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン(平成30年)

防災拠点建築物の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

目標設定例: 建築基準法の1.25倍、1.5倍等の地震力を用いて余力を確保

V 新たな設計法

1) 限界耐力計算法

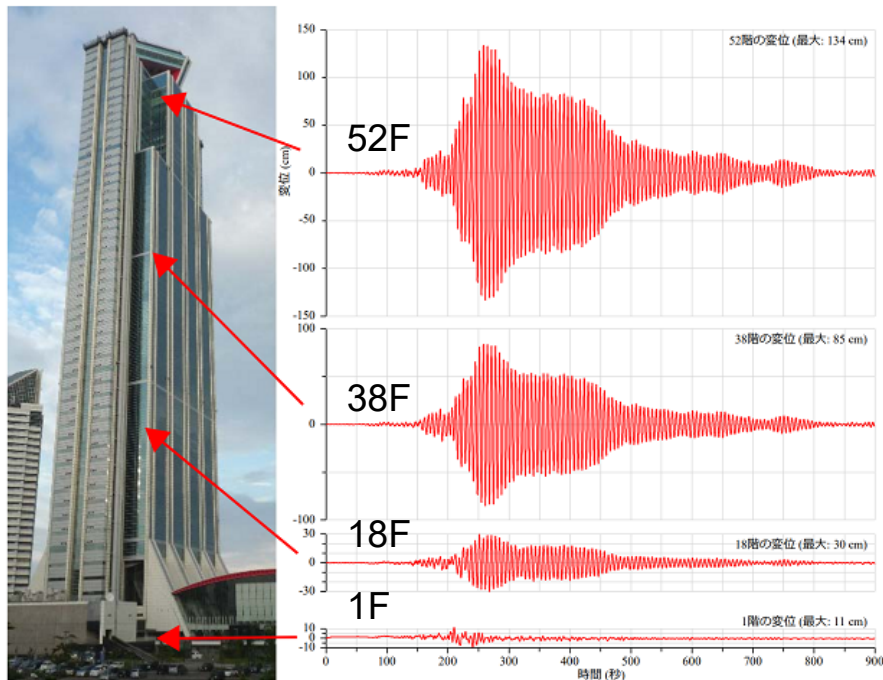
- 極めて稀に発生する地震動において生ずる建築物の変形量を計算し、その変形に対して安全であるように部材を設定することで安全性を確認する手法
- 上部構造は、建築物の応答が定常応答する場合を想定して一質点系モデルに縮約する
- 地震に対する検証における加速度応答スペクトルは、告示スペクトル S_0 と対象地域の地震活動度 Z 、表層地盤の増幅特性 G_s に基づいて定める

< 限界耐力計算と保有水平耐力計算との主な相違点 >

限界耐力計算	保有水平耐力計算
(塑性)変形を陽な形で評価できる	(塑性)変形を陽な形で評価できない
構造種別に関わらず適用範囲が広い	仕様規定が前提で成り立つ
実情に即した限界変形に基づいて限界値を評価できる	限界変形が明確でない

VI 新たな設計用入力地震動(長周期地震動)

東北地方太平洋沖地震における 大阪府咲洲庁舎の強震記録

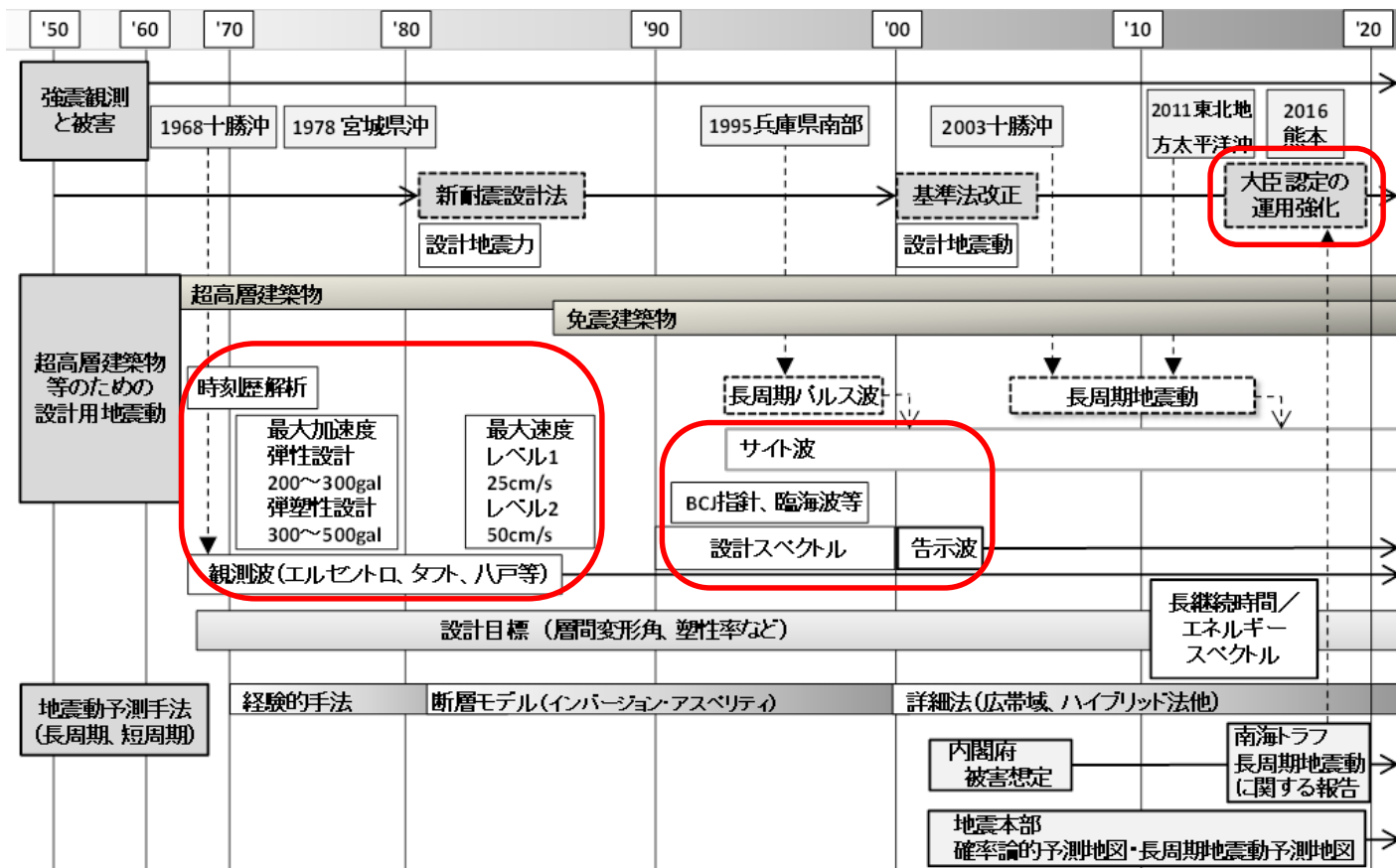


/地下3階/地上55階/高さ256m
/竣工 1995年 /鉄骨構造

- ・ 周期6秒、最大加速度130cm/s/s、
最大変位135cmに達する揺れ
- ・ 建物の52階では両振幅で2.7mに及ぶ揺れが継続し、内装材・防火戸等の損傷 [360か所]、EVのロープ絡まりによる閉じ込め事象[4基]が発生

VI 新たな設計用入力地震動(長周期地震動)

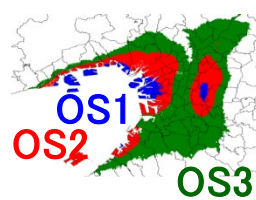
超高層建築物等のための設計用地震動の変遷



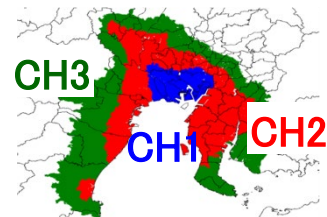
VI 新たな設計用入力地震動(長周期地震動)

長周期通知:「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について(2016年)」

4区域の簡略化スペクトルと区域分け



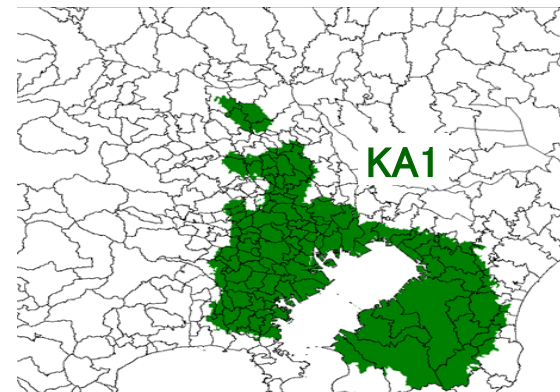
大阪圏
(宝永地震)



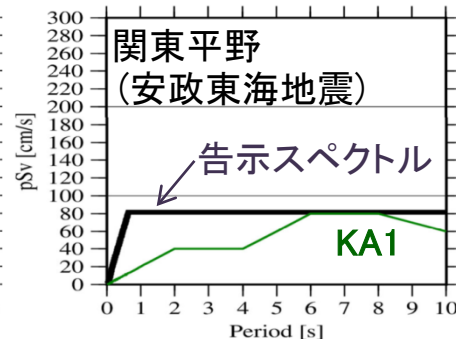
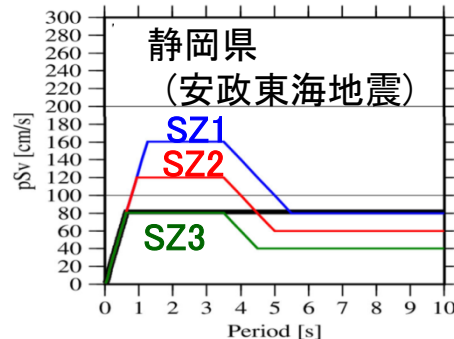
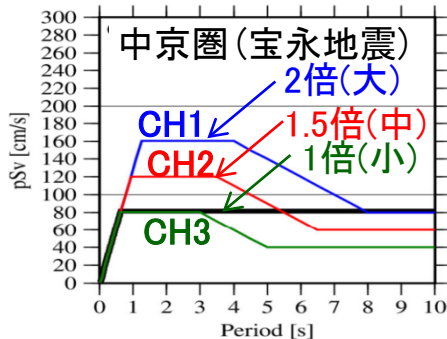
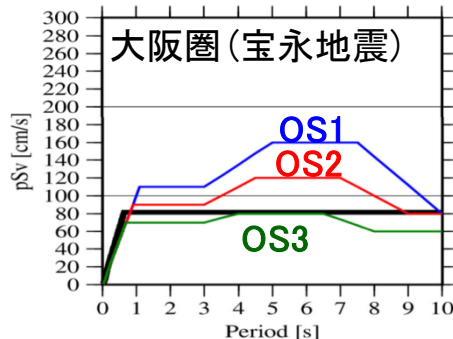
中京圏
(宝永地震)



静岡県(安政東海地震)



関東平野
(安政東海地震)



VI 新たな設計用入力地震動(長周期地震動)

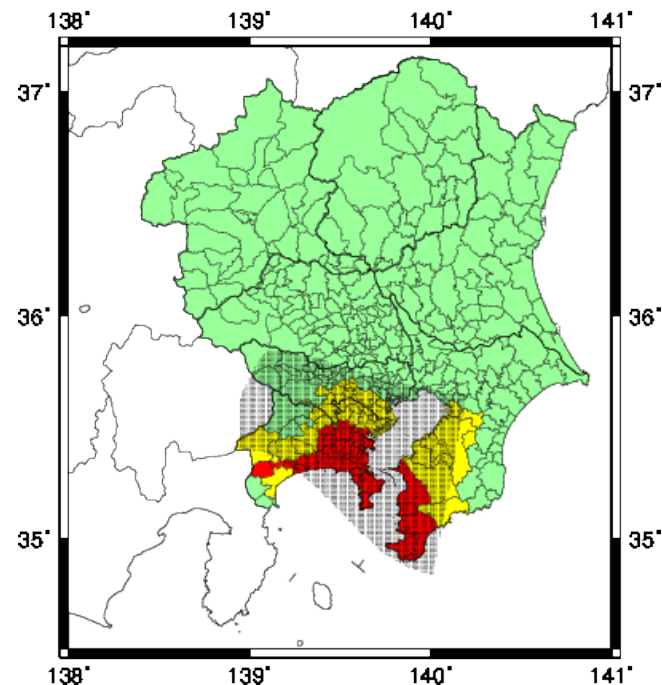
内閣府

「相模トラフ沿いの巨大地震等による
長周期地震動検討会」(2016年～)

国土交通省

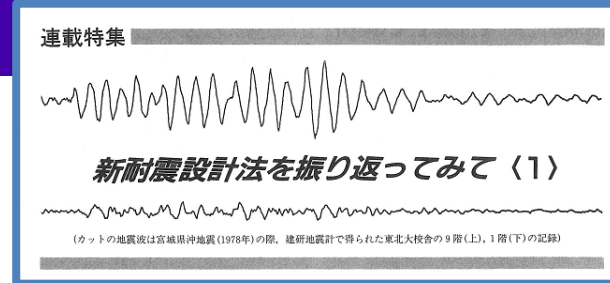
基整促S23 「相模トラフ沿いの巨大地震
等による設計用長周期地震動の作成手
法に関する検討」(2016、17年)

Sagami trough earthquake/
Areas classified by pSv value



大正関東地震を想定したpSv
スペクトルに基づいた区域分け

- ✓ 「建築の研究」の連載特集「新耐震設計法を振り返ってみて」
(1987年2月～1988年12月、12回)
 - 5年が経過した時点で新耐震の功罪や不備な点を振り返える
 - 新耐震基準の作成／施行に関わった研究者、行政官、新耐震基準で構造設計・構造審査を行う技術者など、産学官の23名より寄稿



雑誌「建築の研究」、No.59(1982.7)

✓ 好意的意見:

- ねじれや層剛性の急変に対する評価が定量化された、
- 建築物の強度のみではなく粘りも考慮して設計されるようになった、等

✓ 批判的意見の例

- 構造特性係数 D_s や形状係数 F_{es} は建築物の挙動を十分には示していない、
- 基礎及び敷地の耐震性保障の必要性、中小地震時の非構造部材に対する規定の充実、
- 計算に要する時間の増加、コンピュータ活用の進捗と過度な依存、
- 建築行政における業務量と審査時間の増加、
- 「新・新耐震設計法」へ向けた検討着手、等

- ✓ 指摘の中には、今なお残されている、重要性が増しているものもある

ご清聴ありがとうございました。