
静定力学講義(1)

なぜ構造力学が必要か？

建築の素晴らしさ



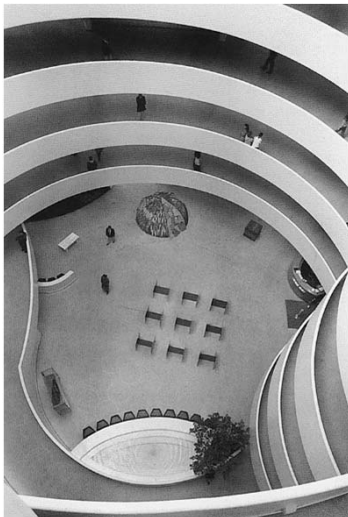
パルテノン



ロンシャンの教会(ル・コルビジエ)



サグラダ・ファミリア
(アントニオ・ガウディー)



グッゲンハイム美術館(フランク・ロイド・ライト)



ファンズワース邸
(ミース・ファン・デル・ローエ)



東京カテドラル
(丹下健三+坪井善勝)

しかし・・・

ハイチ地震

死者23万人



M7.0 2010年1月12日16時53分

校舎の倒壊6900棟

四川大地震 違法建築も確認



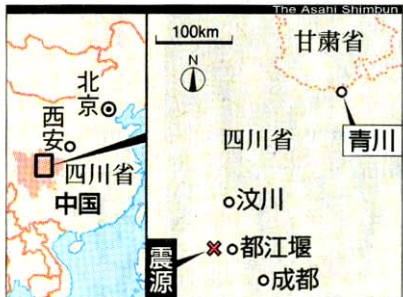
崩壊した病院の職員宿舎で生存者の捜索活動をする日本の国際緊急援助隊。16日午後5時22分、四川省青川県喬荘、樺山晃生撮影

【北京＝峯村健司】中国住宅都市農村建設省は16日、四川大地震で損壊した建物が、四川など3省で約515万戸に上ると発表した。学校の被害も拡大しており、教育省によると四川省だけで6898棟の校舎が倒壊した。多くの建物が倒壊した原因には手抜き工事や違法建築の可能性があるとして、中国政府の関係部門では近く調査に乗り出す方針という。

係記事

「厳しい状況

【青川(中国四川省)＝小林哲】日本の国際緊急援助隊の第1陣となる31人が16日、被災地



日本チーム救助開始

で救助段階は6日残りを含めて、隊の空援は後4日地震は見え、いる。

「途巽、新危首で」2府県



スマトラ沖大地震(M9.1)の大津波



M9.1 2004年12月26日9時58分

近年の巨大地震

(平成22年)2月28日 日曜日 享月 日 癸斤 辰

The Asahi Shimbun			
1900年以降の巨大地震	発生年	場所と規模	被害
1	1960年 5月22日	チリ M9.5 マグニチュード	死者1655人。日本にも津波が押し寄せ、142人が死亡・行方不明
2	1964年 3月28日	米アラスカ M9.2	死者128人。このうち、津波の死者が113人
3	2004年 12月26日	インドネシア M9.1	スマトラ沖地震。死者・行方不明者は約18万人
4	1952年 11月4日	ロシア M9.0	カムチャツカ地震。死者はなかったが、ハワイでも3.5mの津波を観測
5	1906年 1月31日	エクアドル M8.8	死者500~1500人。太平洋の広い範囲で津波を観測
最近の巨大地震	2008年 5月12日	中国・四川省 M7.9	死者・行方不明者約9万人、約37万人がけが
	2010年 1月12日	ハイチ M7.0	死者約22万人、30万人がけが

(日付は世界標準時。米地質調査所、気象庁調べ)

82人死亡
大統領「被害甚大」

チリ大地震
M8.8

2011年東北地方太平洋沖地震



M9.0 2011年3月11日 14:46



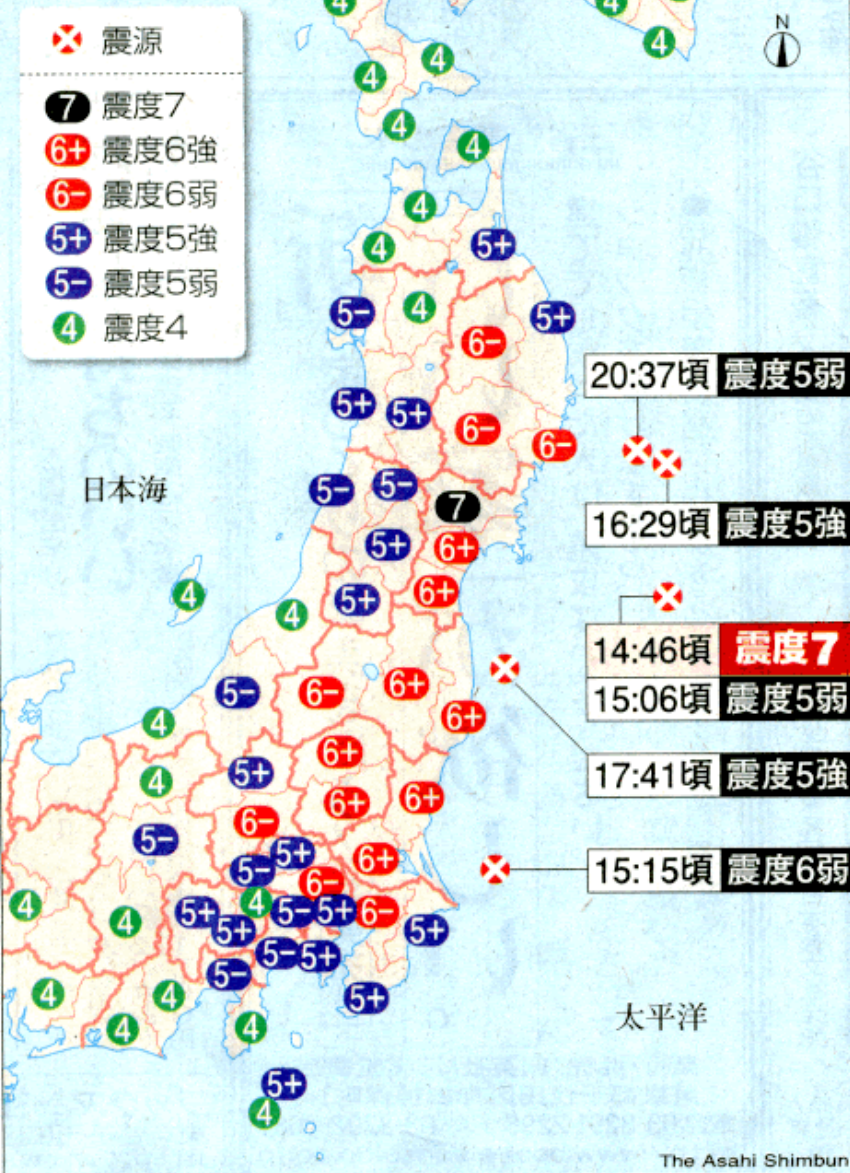
M9.0

世界最大級 震度7

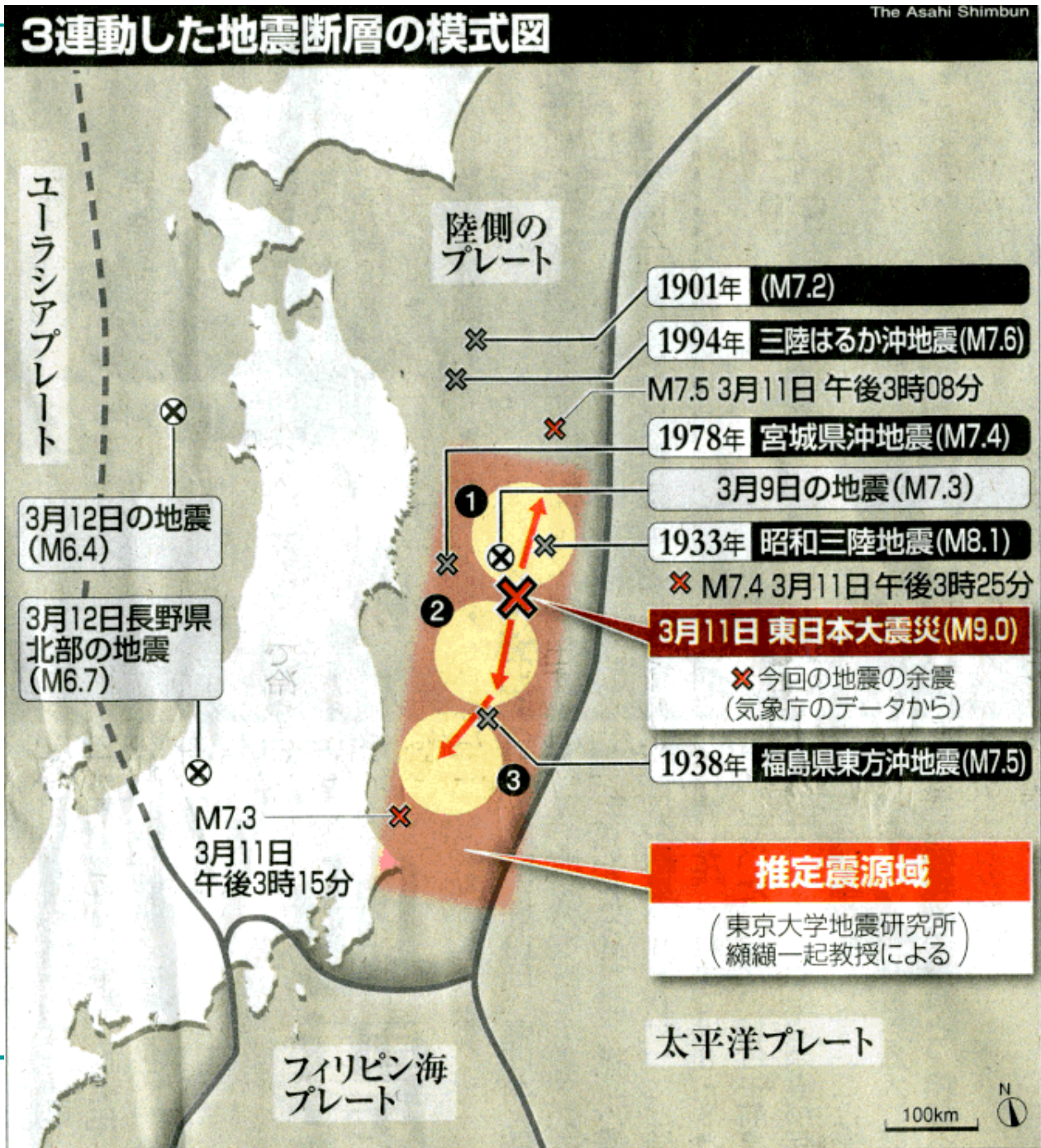
1900年以降の主な巨大地震	発生年	場所と規模	被害
	1960年 5月22日	チリ M9.5 マグニチュード	死者1655人。日本にも津波が押し寄せ、142人が死亡・行方不明
	1964年 3月28日	米アラスカ M9.2	死者128人。このうち、津波の死者が113人
	2004年 12月26日	インドネシア M9.1	スマトラ沖地震。死者・行方不明者は約22万人
	2011年 3月11日	日本 M9.0	東日本大震災
	1952年 11月4日	ロシア M9.0	カムチャツカ地震。死者はなかったが、ハワイでも3.5メートルの津波を観測
	1906年 1月31日	エクアドル M8.8	死者500～1500人。太平洋の広い範囲で津波を観測
	2008年 5月12日	中国・四川省 M7.9	死者・行方不明者約9万人、約37万人がけが
	2010年 1月12日	ハイチ M7.0	死者約22万人、30万人がけが

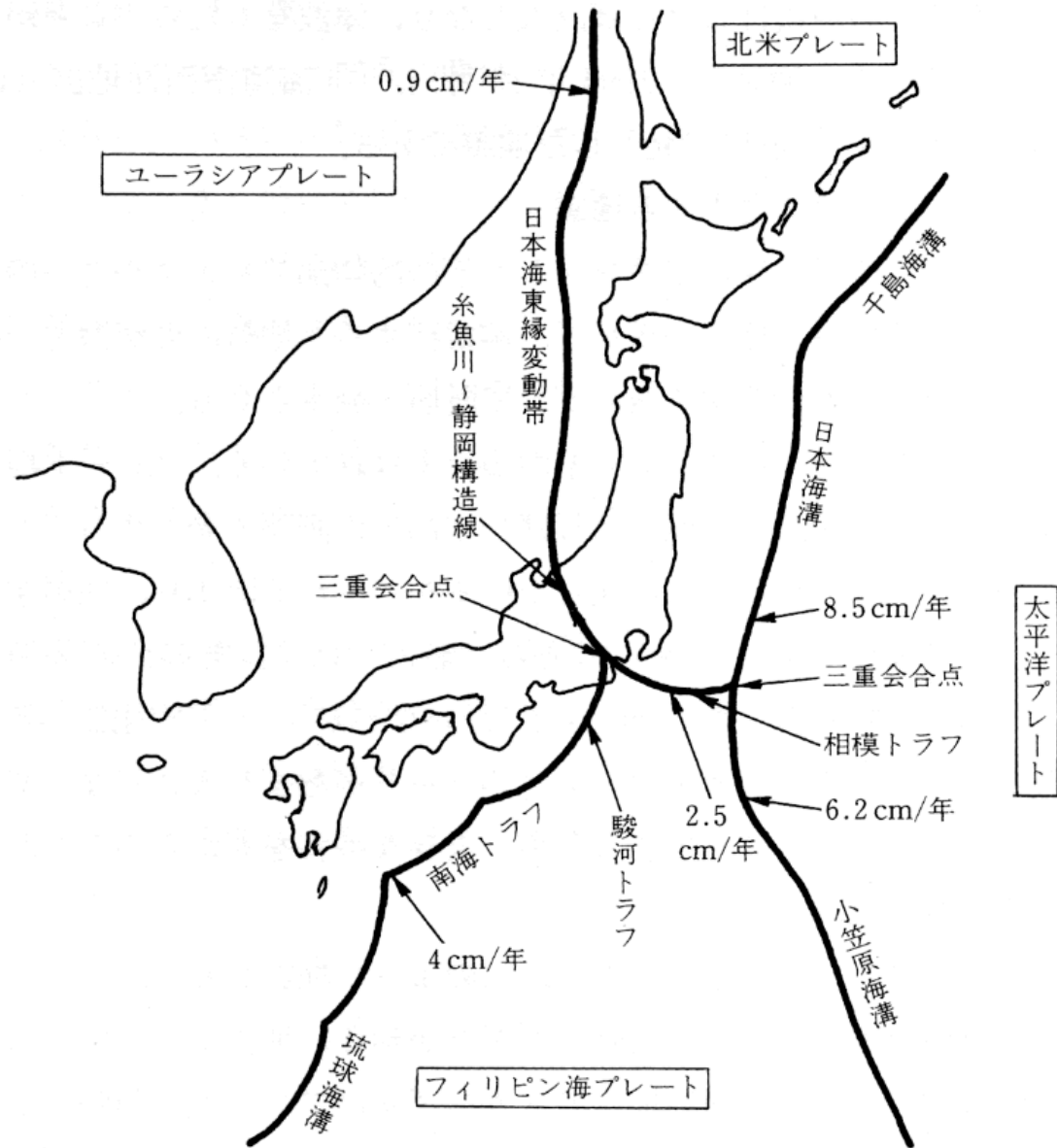
各地の主な震度

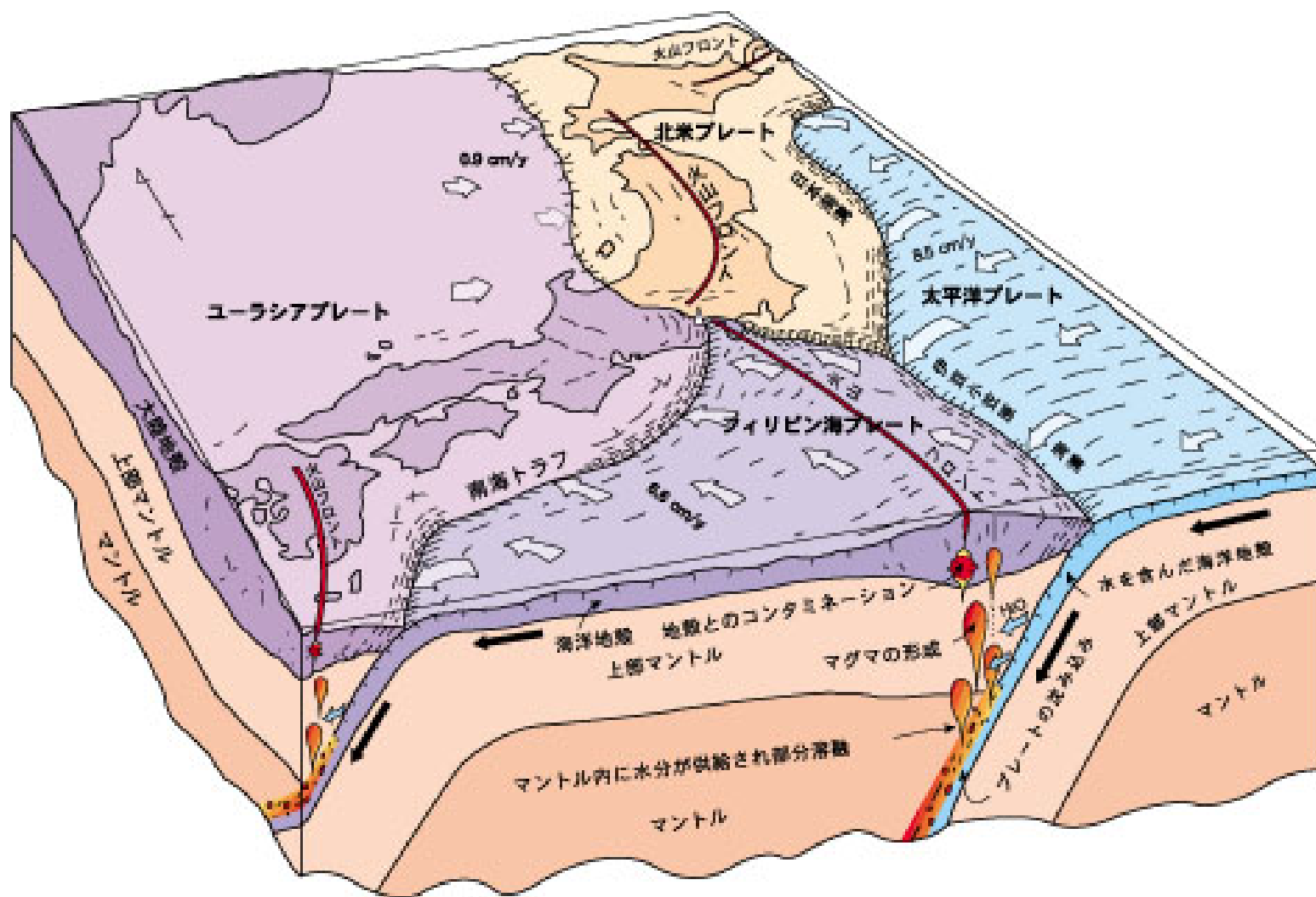
(午後3時01分現在)
(気象庁発表)



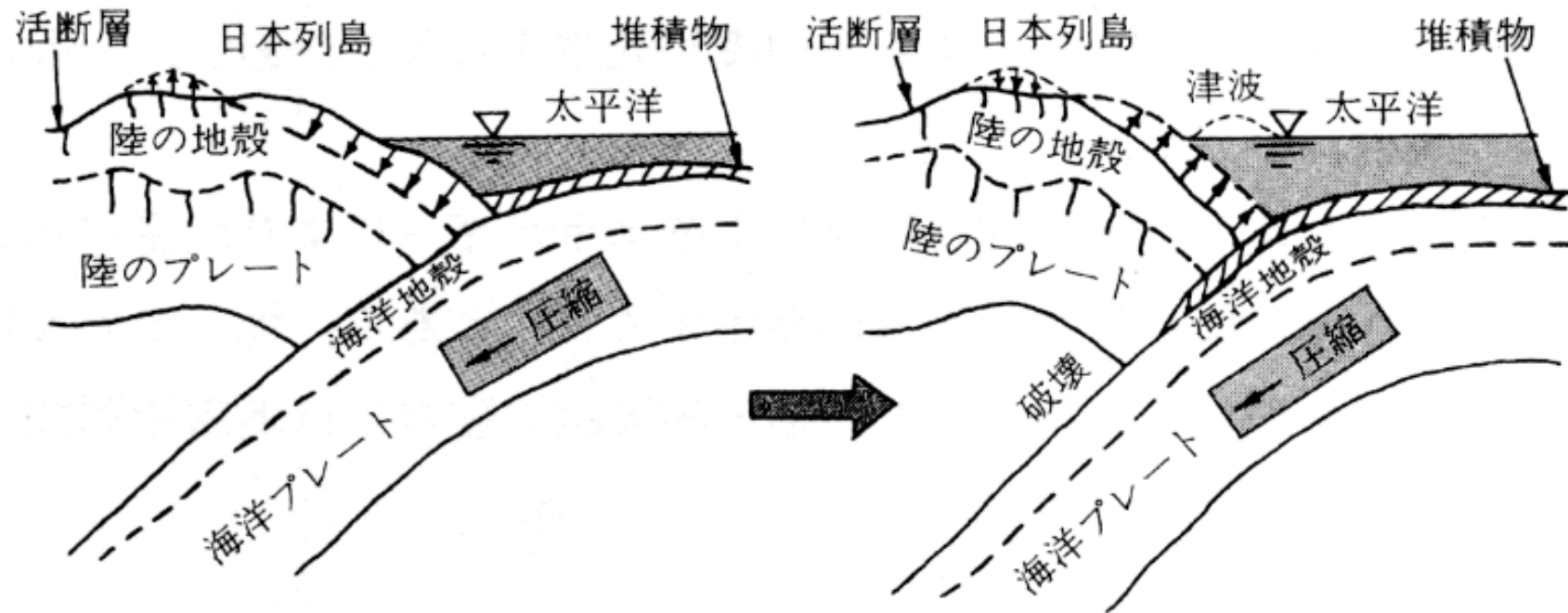
地殻破壊3連動
計6分間
地震巨大化

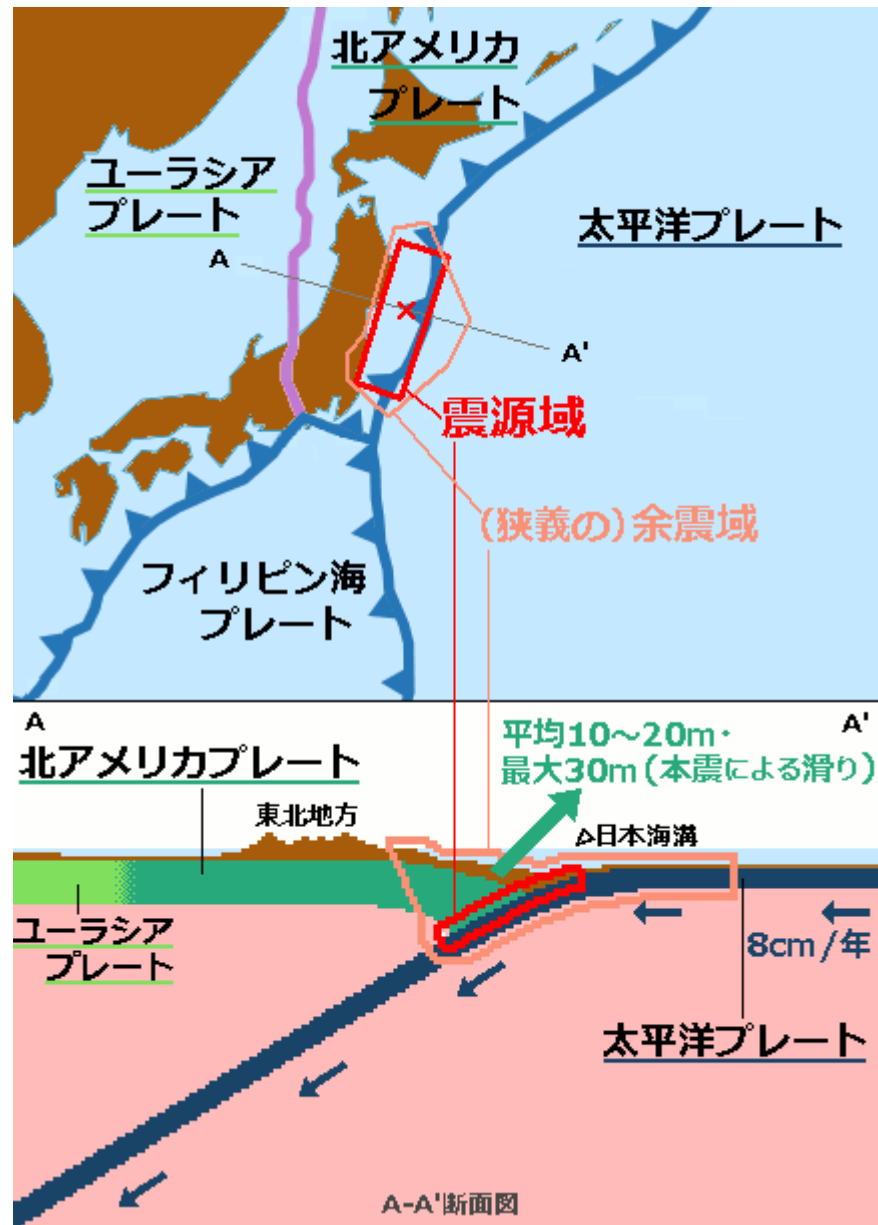






プレート境界での地震発生メカニズム





マグニチュードと地震エネルギー

地震エネルギー

マグニチュード

$$\log E = 1.5M + 4.8$$

$$10^{1.5} = 31.6$$

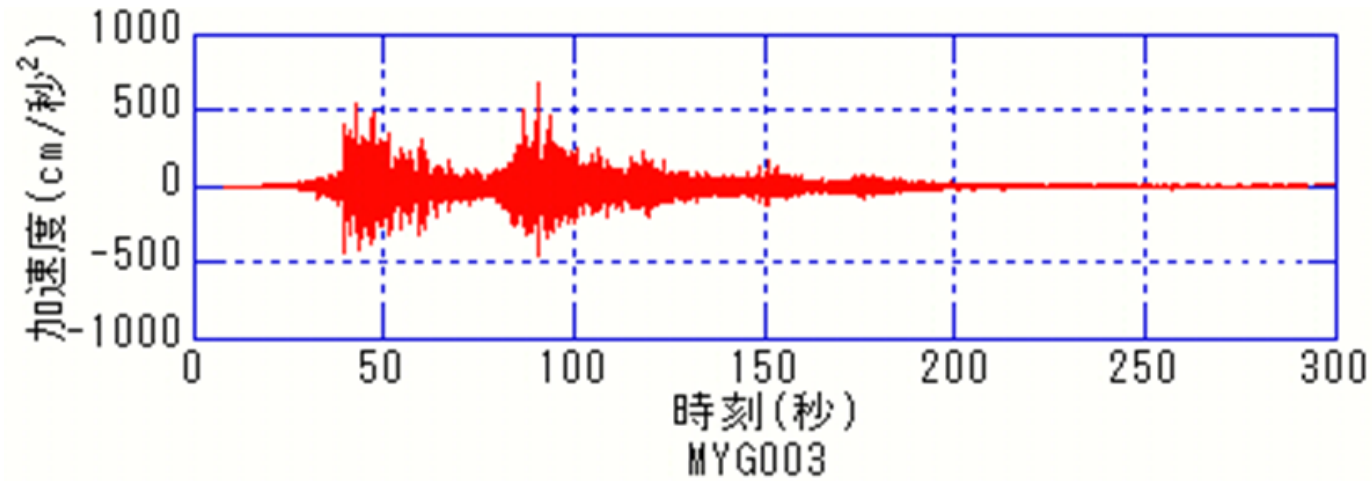
$$E = 10^{(1.5M + 4.8)} = 10^{4.8} \times 10^{1.5M}$$

阪神・淡路大震災と東日本大震災の地震エネルギー

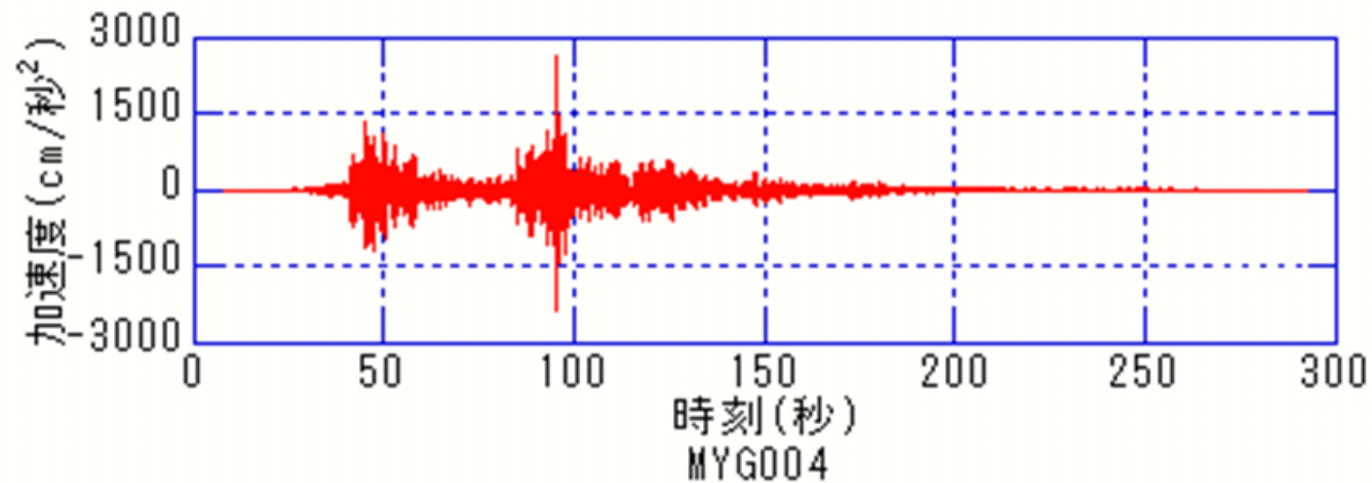
$$\frac{10^{4.8} \times 10^{1.5 \times 9.0}}{10^{4.8} \times 10^{1.5 \times 7.3}} = \frac{10^{1.5 \times 9.0}}{10^{1.5 \times 7.3}} = \frac{10^{13.5}}{10^{10.95}}$$

$$= 10^{(13.5 - 10.95)} = 10^{2.55} = 355 \text{倍}$$

地震加速度記錄

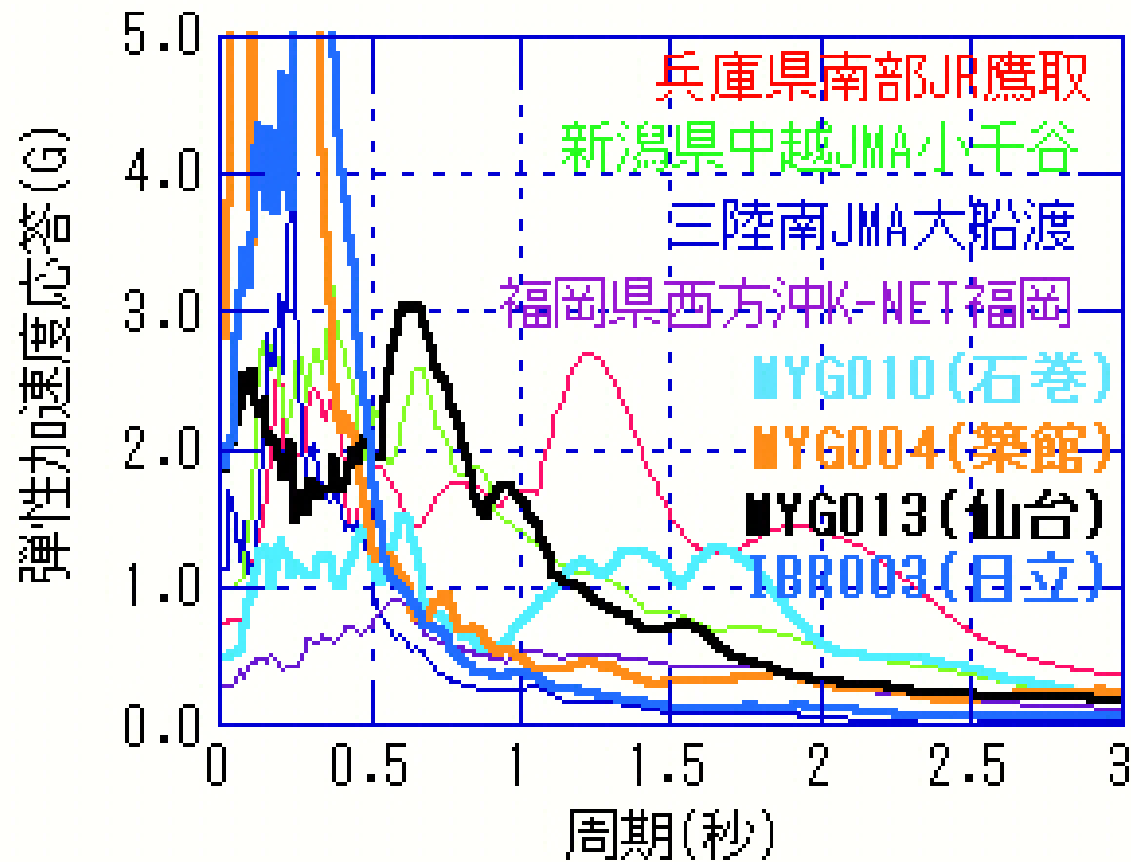


MYG003(東和)



MYG004(築館)

応答スペクトル





1 11日午後3時4分56秒 津波が到達する直前の町並み



2 午後3時15分20秒 道路に水が入ってきた



3 午後3時15分31秒 家屋1階のほぼ半分近くが水没した

福島第一原発制御不能



石油化学コンビナートの破壊



茨城と千葉両県の石油化学コンビナート2ヶ所が被災

液状化被害



予兆はあった



ニュージーランド地震 M6.3 2011年2月22日 8:51

駿河湾沖地震(2009年)



震度6弱、死者1名、負傷者189名
建物の1部損壊1,780件

M6.5 2009年8月11日 5:07

2008年岩手・宮城内陸地震



強い地震の割には木造家屋の被害は少なかった。

M7.2 2008年6月14日 8:43

新潟県中越沖地震(2007年)



東京電力柏崎刈羽原発



M6.8 2007年7月16日 10:13

能登半島地震(2006年)



M7.1 2007年3月25日 9:42

福岡県西方沖地震(2005年)



玄海島一 震度6弱

M7.0 2005年3月20日 10:53

新潟県中越地震(2004年)



M6.8 2004年10月23日 17:56

芸予地震(2001年)



石積み擁壁の倒壊(呉市)



建物外壁の剥落(熊野町)



瓦屋根の被害(熊野町)

兵庫県南部地震(1995年)



M7.3 1995年1月17日 5:46

兵庫県南部地震(ビルの被害)



神戸市役所(旧館)



明治生命ビル

阪神・淡路大震災の被害

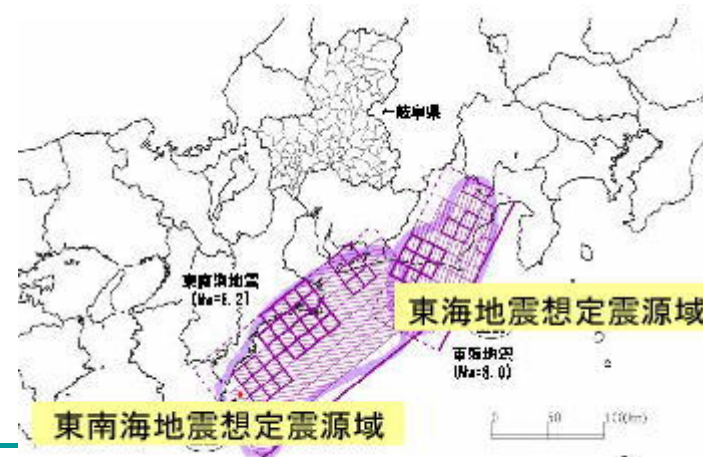
M7.3 1995年1月17日 5:46

地震との闘いの歴史

- 1891年 濃尾地震 (M8.0)
- 1892年 震災予防調査会の設立
- 1923年 関東地震 (M7.9)
- 1924年 設計用地震力に関する制定
- 1948年 福井地震 (M7.1)
- 1950年 建築基準法の制定
- 1968年 十勝沖地震 (M7.9)
- 1971年 建築基準法施行令の改正 (RC柱の帯筋の規定の見直し)
- 1978年 宮城県沖地震 (M7.4)
- 1981年 建築基準法施行令の大改正 (新耐震設計法)
- 1995年 兵庫県南部地震 (M7.2)
- 1998年 建築基準法の大改正 (性能規定化への移行)
- 2001年 芸予地震 (M6.7)
- 2004年 新潟県中越地震 (M6.8)
- 2005年 福岡県西方沖地震 (M7.0)

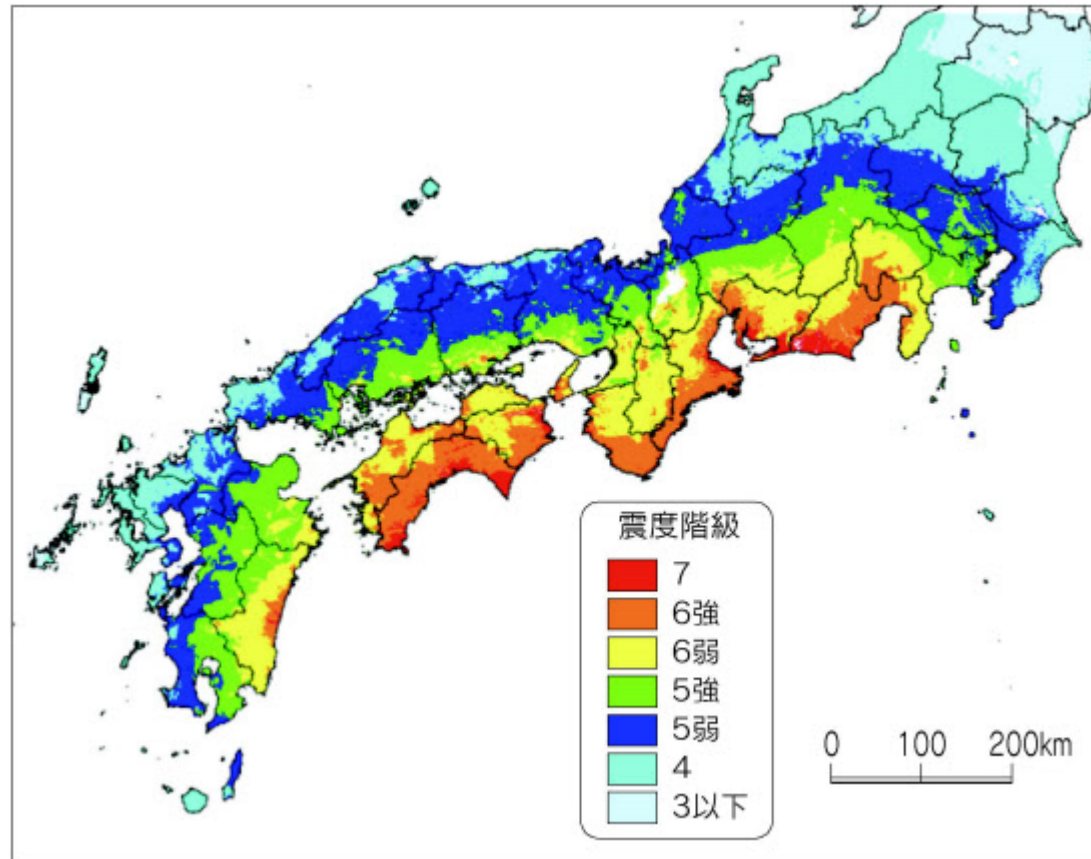
東南海地震

- **東南海地震**とは、紀伊半島沖から遠州灘にかけての海域で周期的に発生する海溝型地震。規模は毎回M8.0前後に達する巨大地震で、約100年～150年周期で発生している。
- 最新のもののは、1944年(昭和19年)12月7日に発生した。
- 政府の地震調査研究推進本部の予測によると、2010年1月1日からの発生確率は30年以内で60-70%、50年以内で90%程度以上とされている。



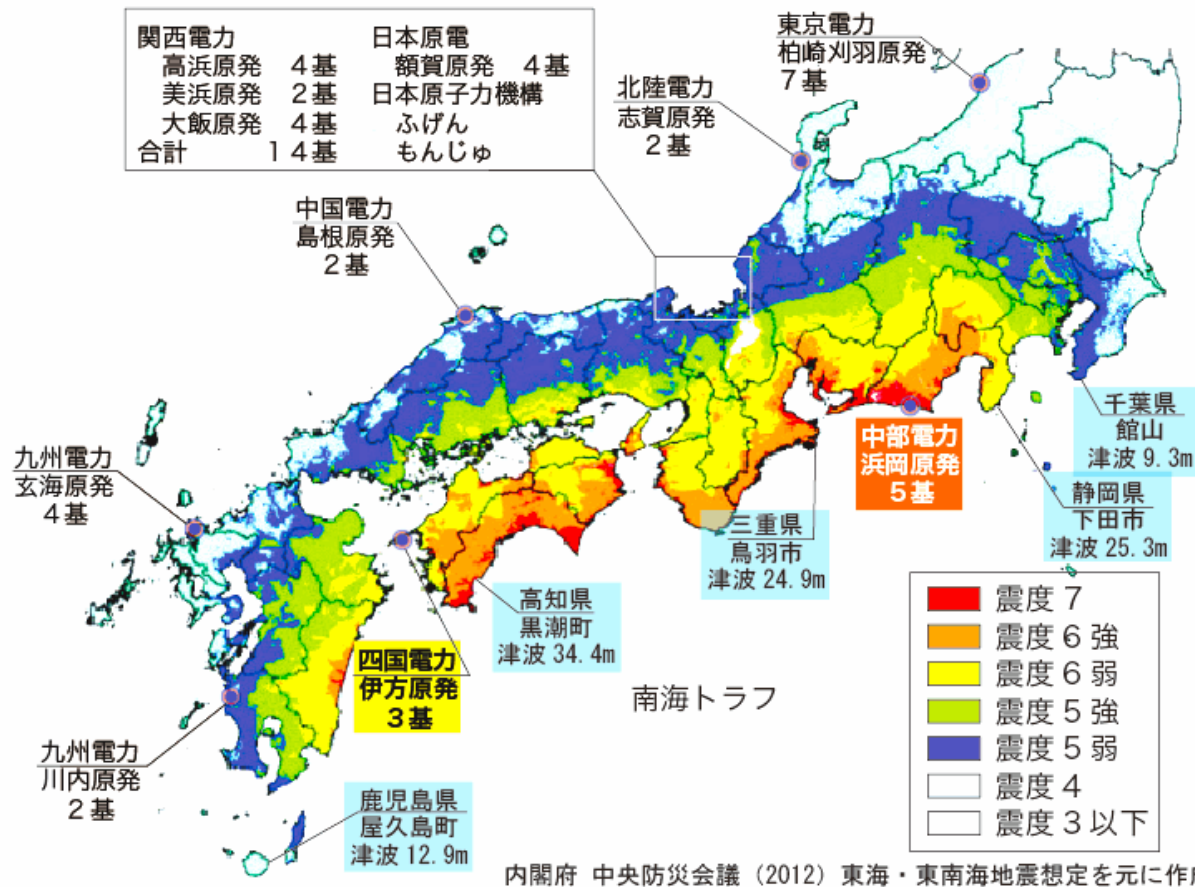
東海地震、東南海地震の震源断層位置

南海地震で予測される震度階

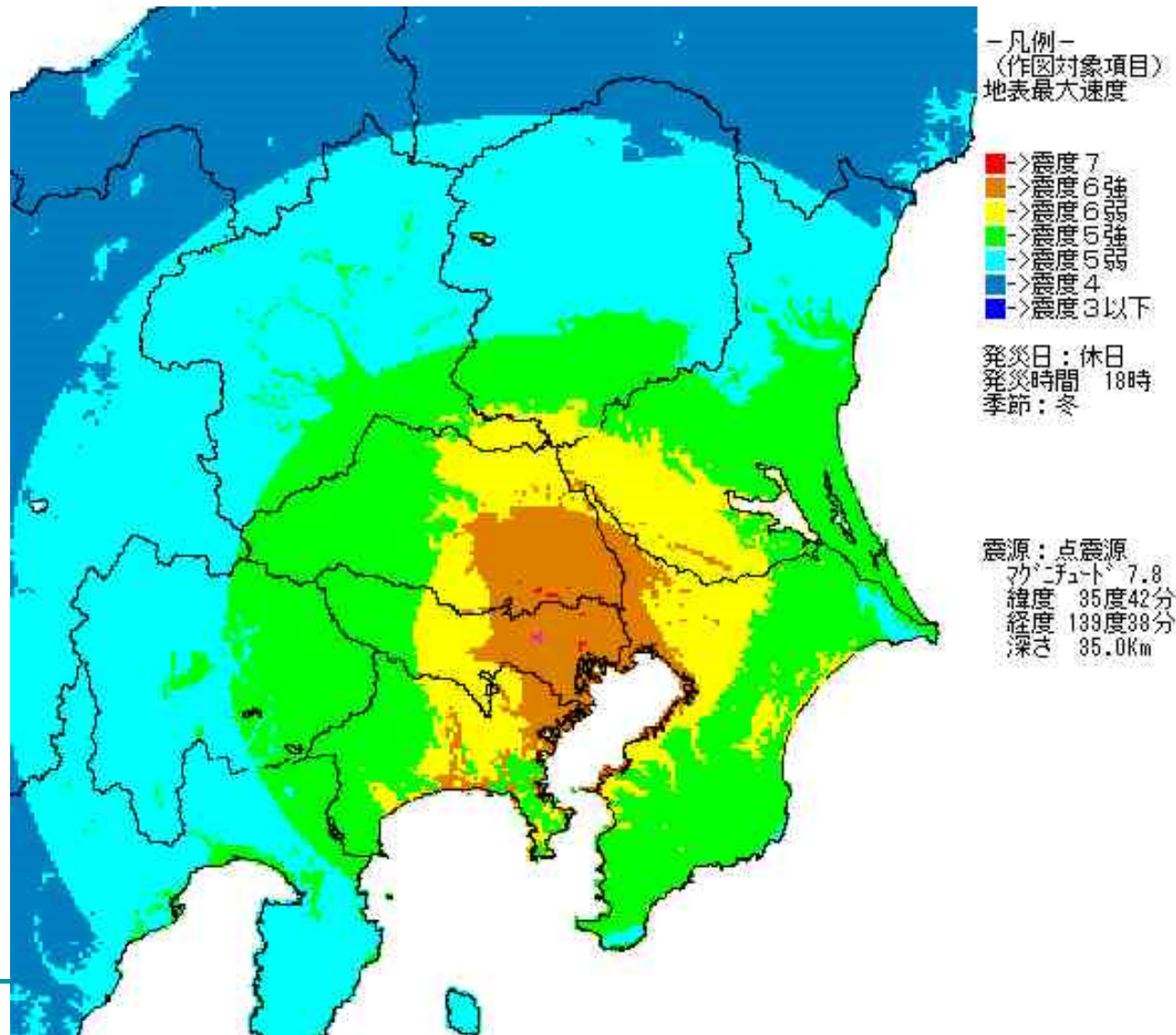


南海地震で予測される津波高さ

南海トラフ地震 想定地震域と原発の位置関係

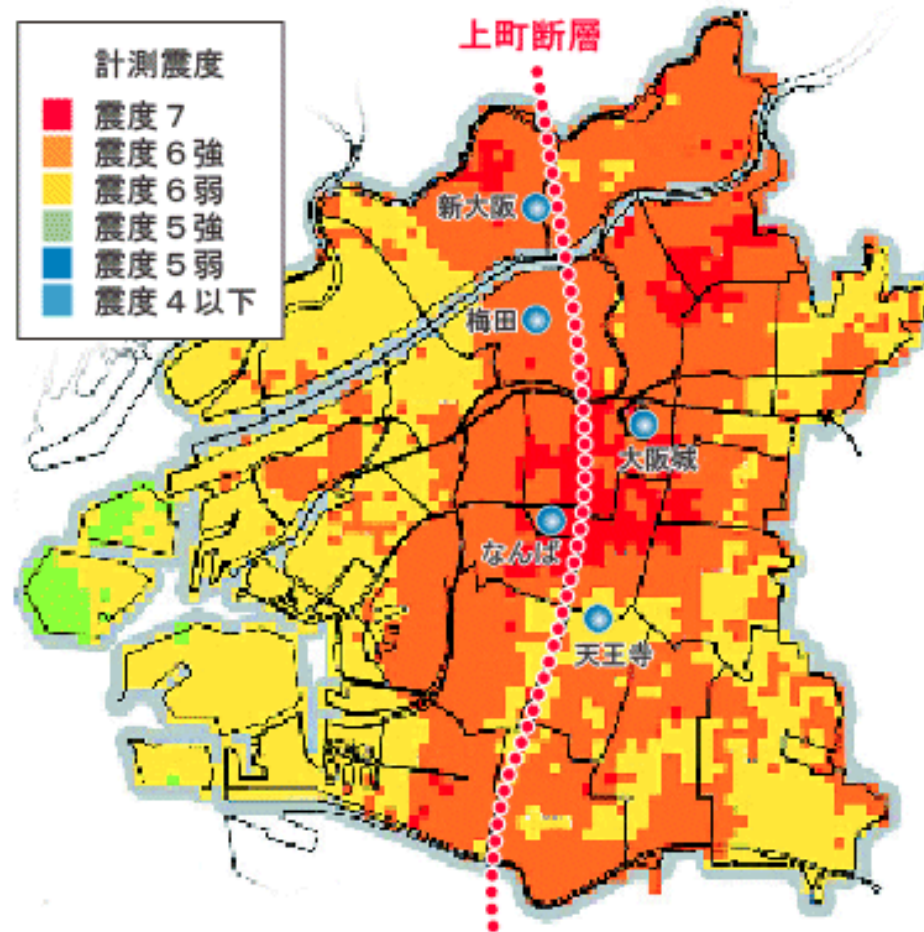


首都東京直下型地震(予測)



大阪も安全とは言えない！

■上町断層帯地震の想定震度分布（大阪市内）



「上町断層」という表現から、断層位置が上町筋と
思いがちだが、実際の断層は松屋町筋付近を通っている

大阪府の上町断層帯地震

- 近畿・中部圏で起こる直下型地震の対策を検討する政府・中央防災会議の専門調査会によると、大阪都心部を南北に走る「上町断層帯」(長さ約42キロ)で直下型地震が発生すると、約97万棟が全壊、死者は最大4万2000人に上り、経済的な被害は74兆円と想定されている。

こんなことも！



航空機が激突し、火を吹く世界貿易センター＝ロイター

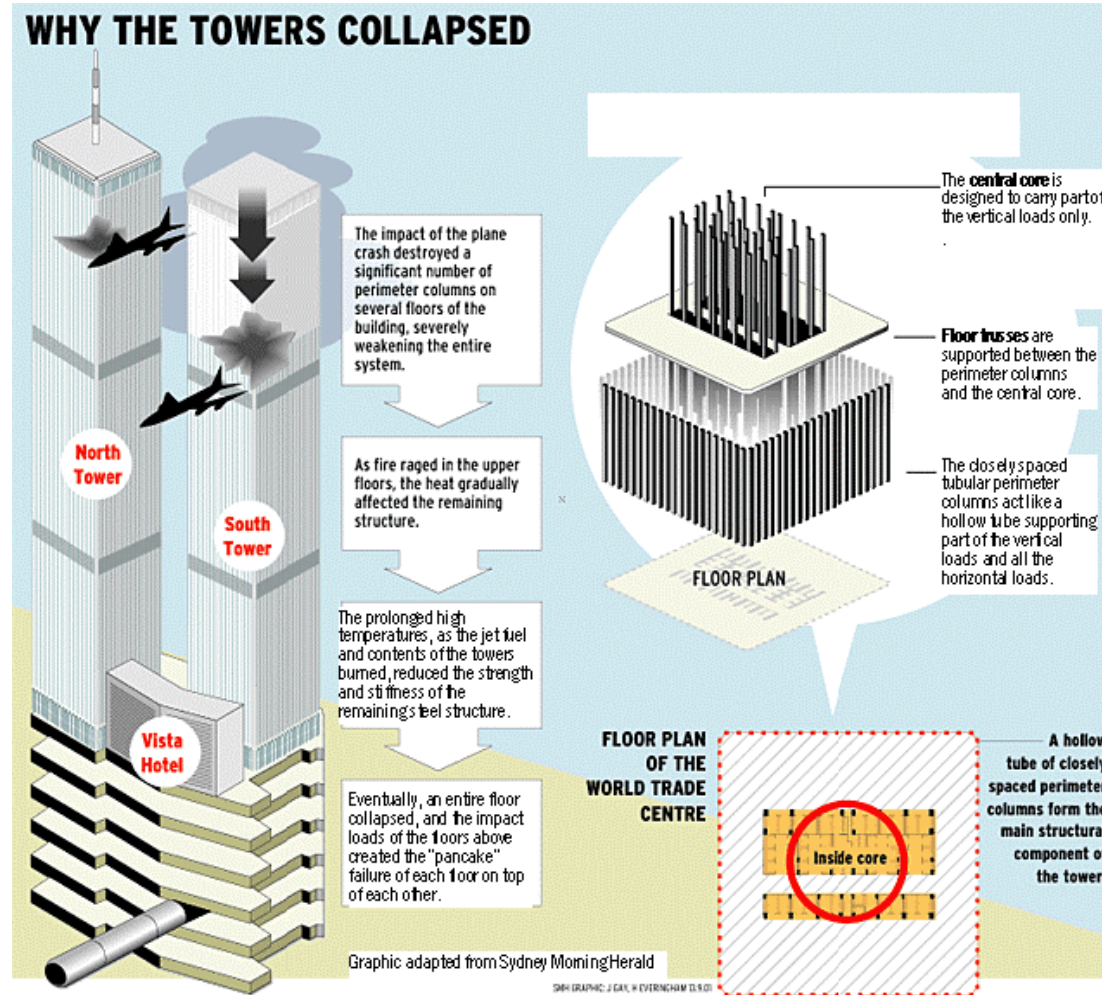


余談

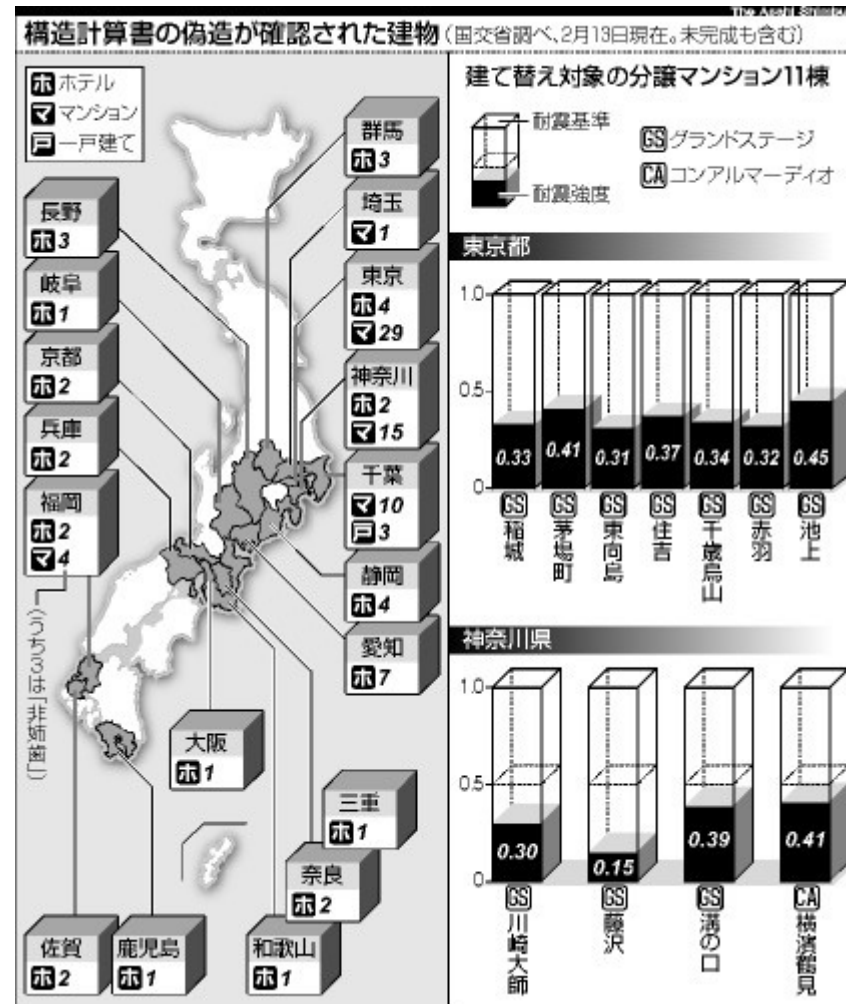
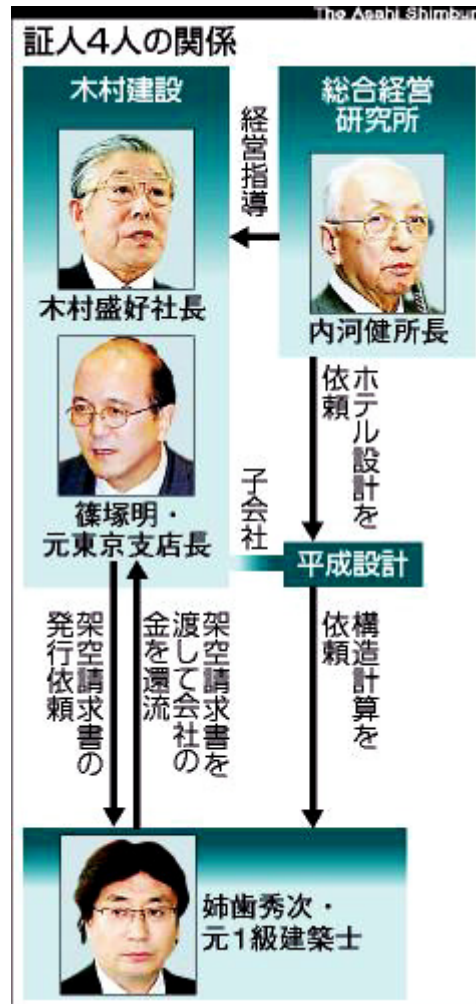


壁面

設計者：
ミノル・ヤマサキ (Minoru Yamasaki)



耐震強度偽装問題





9回、兄の森田将健選手が放った左翼線二塁打に喜ぶ弟の洸貴君(中央) 2日、阪神甲子園球場、加藤写す

神経に障害があり、生まれつき手首よを続けるつもりだ。「この左手を障害り先を自由に動かすことができない。だと思ったことはあまりない。僕も打席で左手は添えるだけ、守備は右手で捕球すると、すぐにクラブを左の手で捕球する」と、すぐにクラブを左の手で捕球する

障害の弟「僕も同じ舞台に」

(逸見那由子、加藤勇介)

耐震強度を偽装

大阪の建築士 着工前に発覚

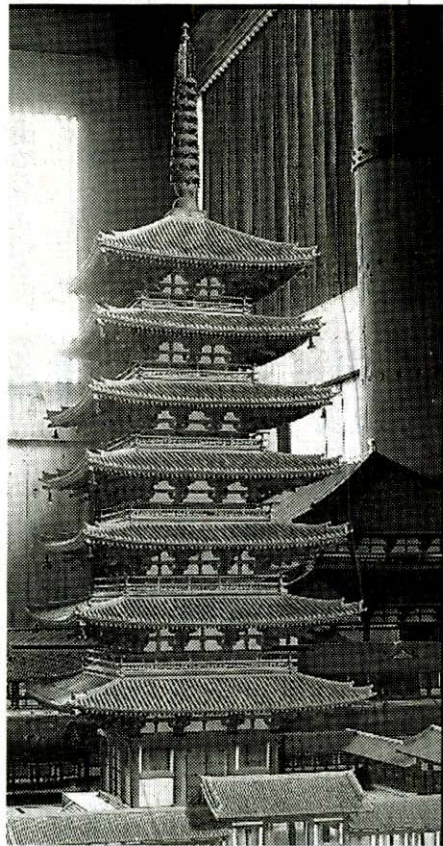
国土交通省は2日、京都府八幡市に建築予定だった鉄骨アパートの構造設計を担当したミレ建築設計事務所(大阪市鶴見区)の張武雄1級建築士(65)が、耐震強度を算出する構造計算書を偽装していたと発表した。着工前の審査で偽装が発見されたため、このアパートは別の建築士が計算をやり直して完成している。

張建築士は2002年以降、関西を中心に119棟の構造設計を担当。2、3階建ての木造や鉄骨の賃貸アパートが中心で、張建築士は「ほかに偽装はやっていない」と話しているという。ただ、同省は今後、自治体と連携して、張建築士が構造設計した119棟すべてを対象に、耐震偽装の有無を調べる。119棟の内訳は大阪府104棟、京都府7

棟、滋賀3棟、兵庫2棟、奈良、和歌山、岡山県各1棟。国土交通省の調べでは、張建築士は昨年8月、八幡市の3階建てアパートの建築に際し、民間の検査機関から、構造計算を裏付ける追加資料の提出を求められた。張建築士が翌月、提出した構造計算書のうち2カ所で、コンピュータが強度不足の可能性を警告し

た文言を、紙の上から修正して消した跡が残っていた。改ざんはいずれも1階床下の基礎部分にかかわる構造計算。警告文は鉄筋とコンクリートをつなぐ付着部分の長さが必要量に足りない可能性を設計者に知らせ、本来は鉄筋を延ばすなど強度を高める検討を加えて計算をやり直す必要があった。だが、張建築士は強度を高める検討をせず、そのまま印字して、警告文を消したという。

「ソフトに問題」 張建築士は2日、事務所では報道陣の取材に応じ、構造計算書の修正を認めたらうえて、「書類の審査を早く通したかった。数字そのものは改ざんしていないし、構造上、安全上の問題はない」と反論。強度不足の警告が出たことについては「構造計算ソフトに問題がある」と話した。



東塔復元 発掘調査へ

東大寺新別当、表明

建築技術者の使命

- 安全な建物をつくる
 - 構造力学は、壊れない建物を設計するための基礎

ただし、経済性、機能性、デザインなども無視できない。

これらを踏まえた上でより安全な建物を設計し、建築するのがプロの技術者

壊れない建物を設計するには？

- どんな力が加わるか予測する。
 - 固定荷重
 - 積載荷重
 - 積雪荷重
 - 風圧力
 - 地震力
- 予測した力に対して壊れないように設計する。
 - さて、どうすれば？

建物は、色々な物から成る

- 柱, 梁, 壁, 基礎, 床, 屋根, 天井, 窓, 瓦, 窓ガラス, テラス, ……



すべてを考えると設計なんてとてもや
られない。

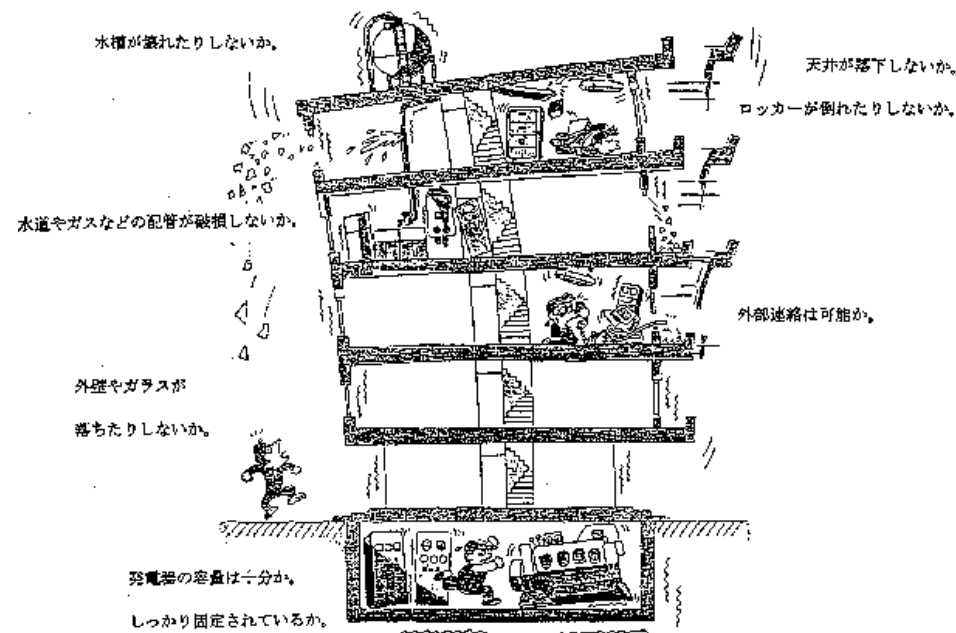


モデル化

関係ないものを除く

■ 非構造材

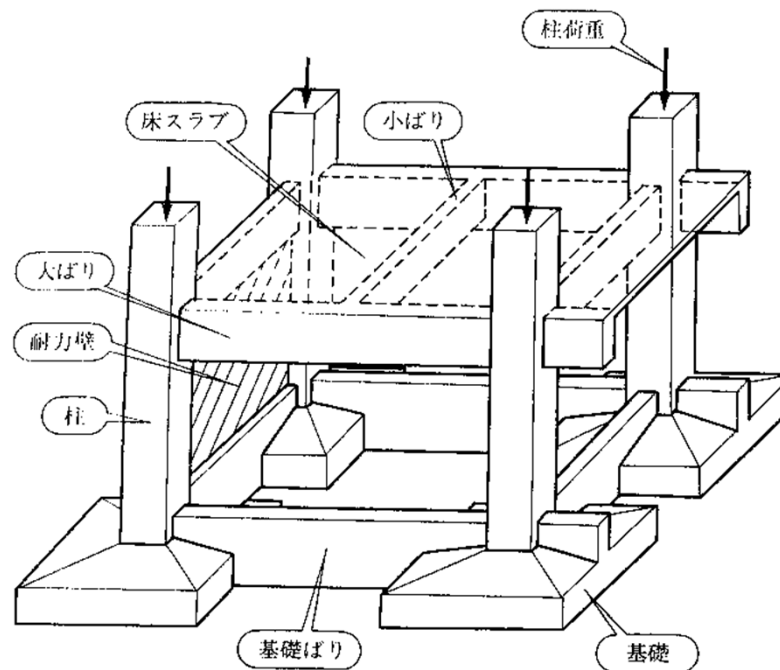
- 間仕切り壁, 外壁, テラス, 窓ガラス, 天井, 瓦, 家具, 設備, ……



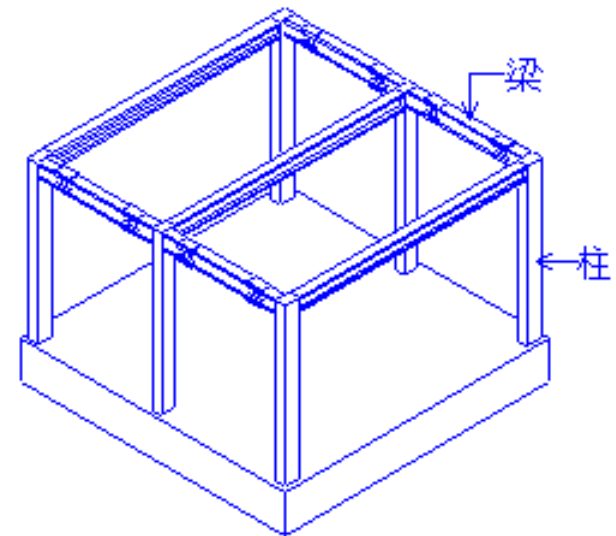
力を支えるものを抽出する

■ 構造部材

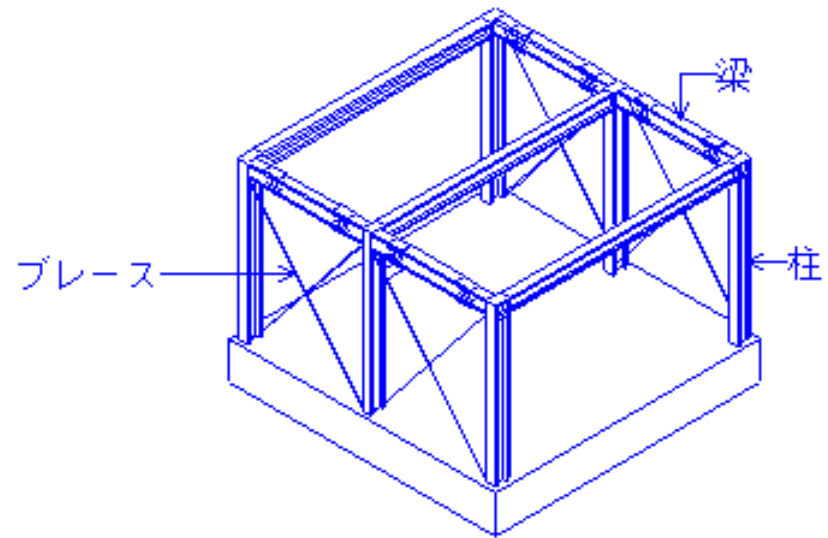
- 柱, 梁, ブレース, 耐力壁, 床, 基礎



鉄骨造の主な構造部材は骨組



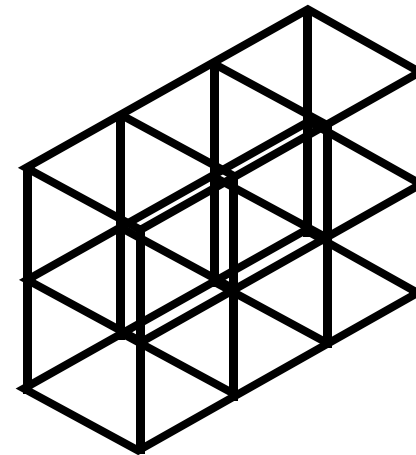
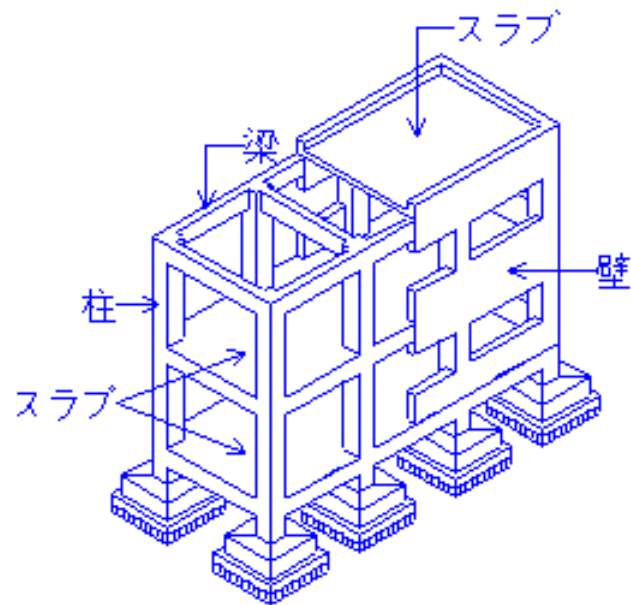
ラーメン構造



ブレース構造

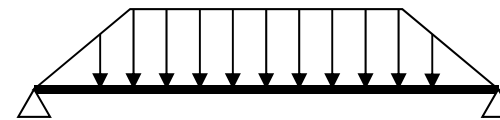
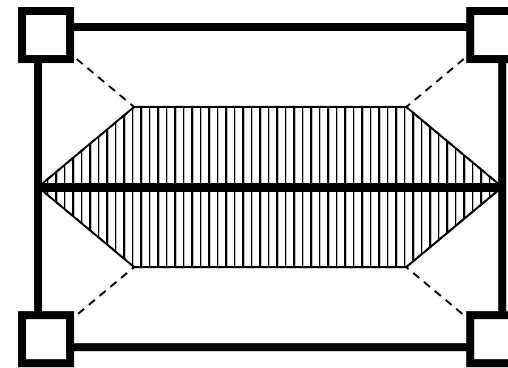
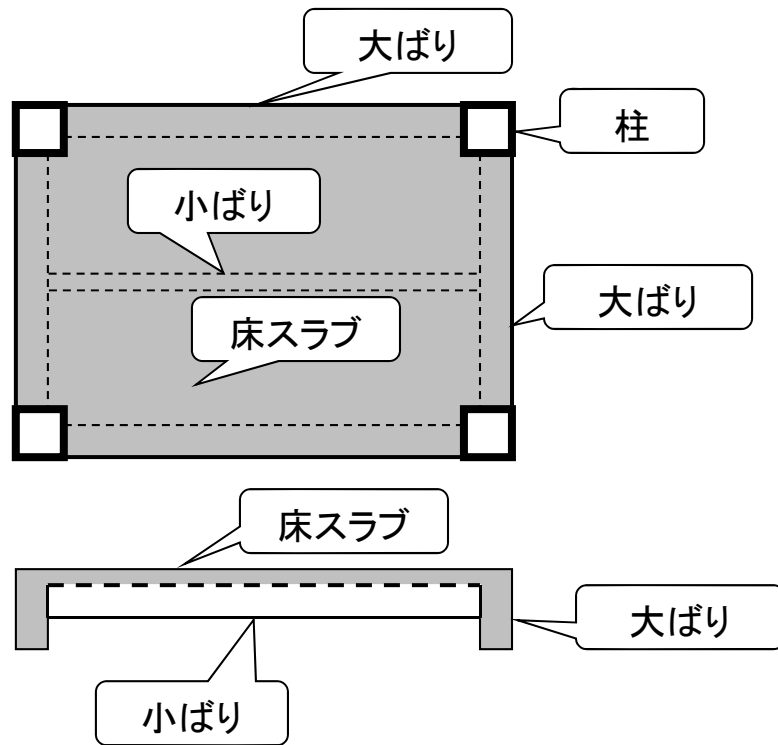
RC造も骨組で考える

- 耐力壁はブレースに置き換える。



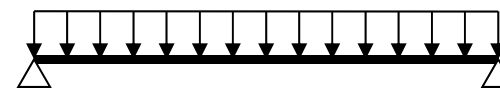
ラーメン構造骨組

床スラブは柱・はりに荷重を伝える



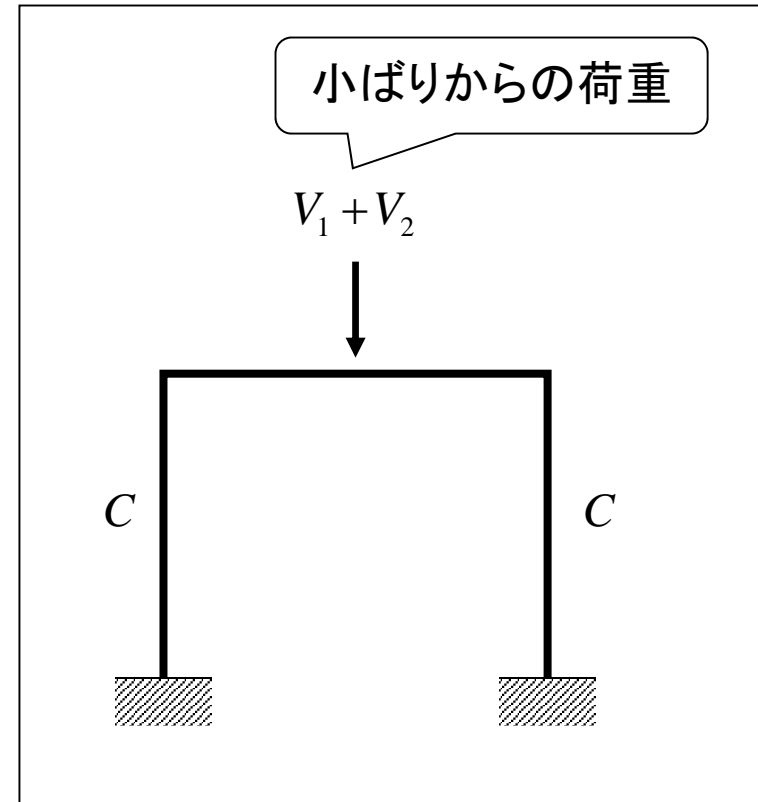
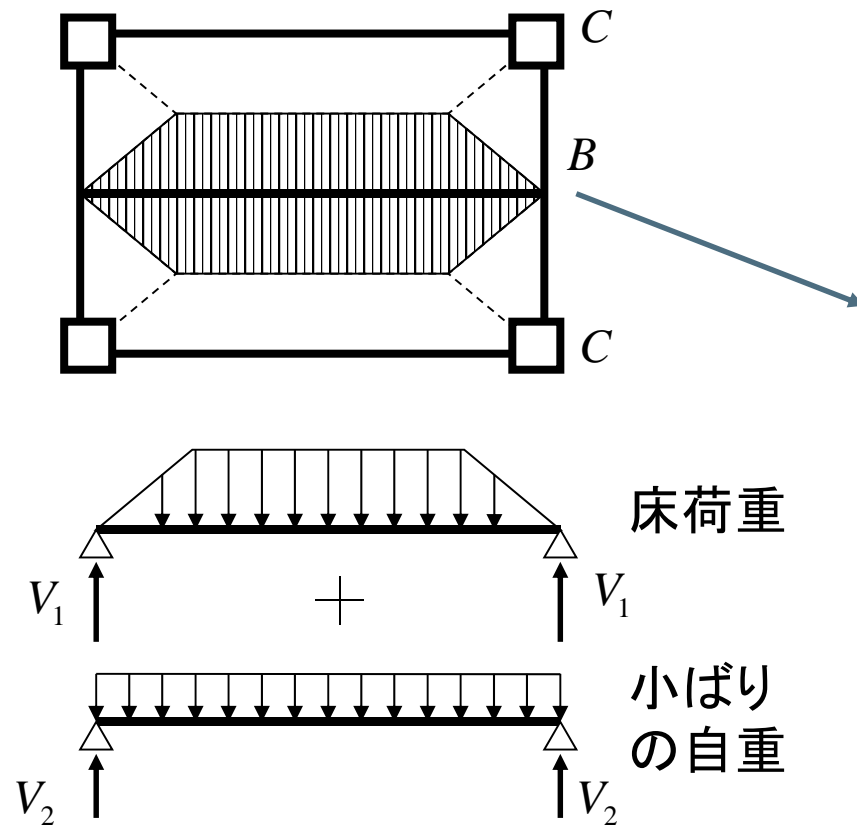
床荷重

+



小はりの自重

構造力学の問題



構造力学の問題

建築における構造力学とは？

ほとんどの建物は、骨組で荷重を支えている



骨組の力学を学ぶことが構造設計の基本



構造力学は骨組の力学

ラーメンやブレース構造以外の骨組



屋根形トラス構造



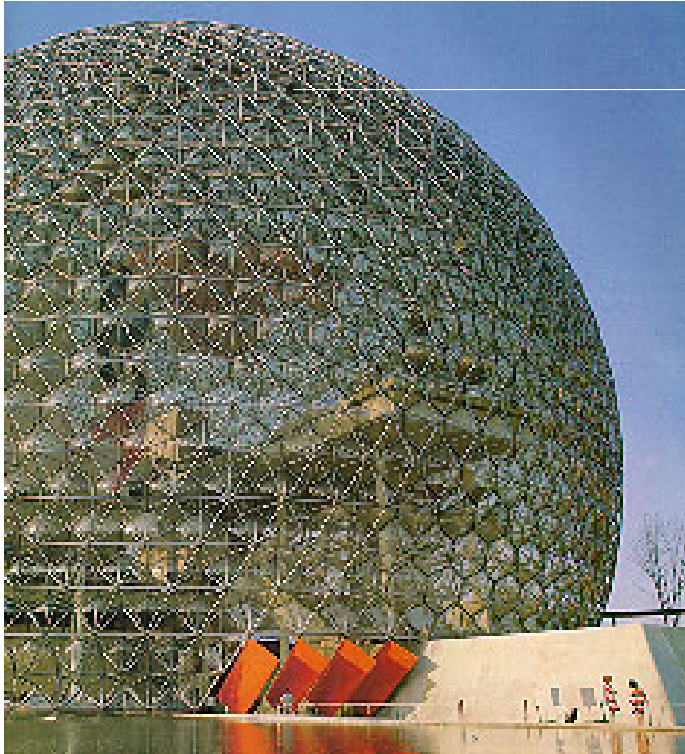
平行トラス構造

立体トラス構造



幕張メッセ

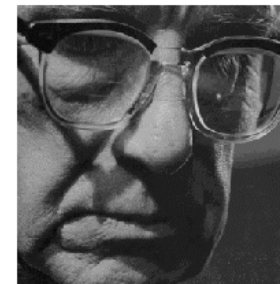
ラチスドーム



ジオデシック・ドーム

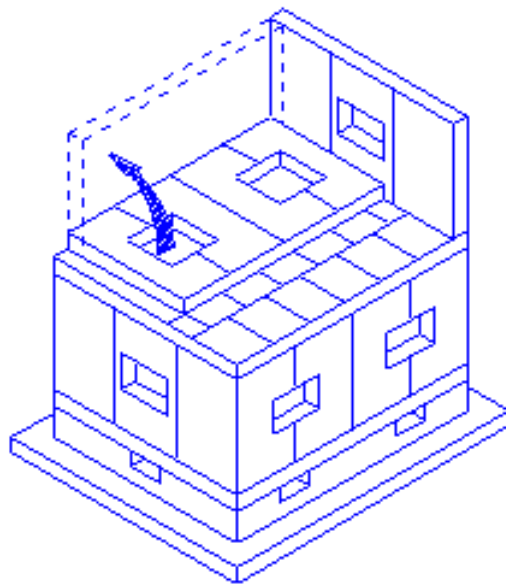


フラ式ドーム

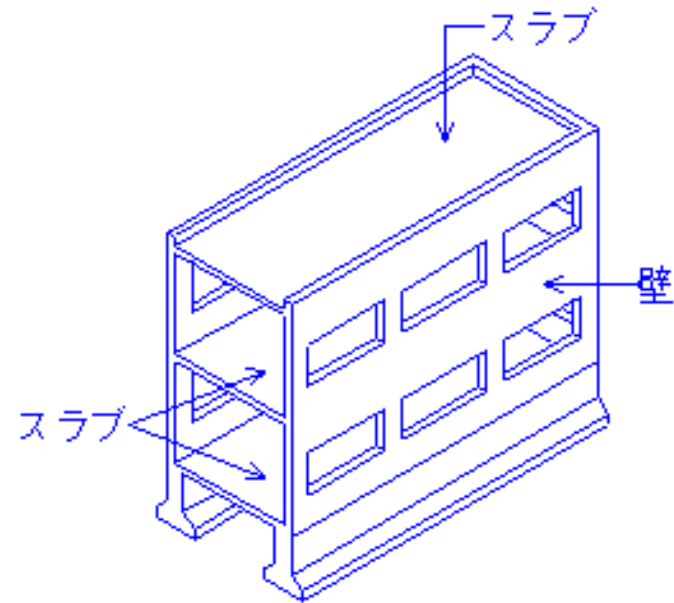


バックミンスター・フラ

例外もある



木造ツーバイフォー工法



鉄筋コンクリート壁式工法

壁量のみでの計算でだいたい足りる

こうなると骨組では無理 (連続体力学を学ぶ必要あり)



東京カテドラル
(丹下健三+坪井善勝)



スイスのシクリ社オフィス
(イスラー)

まとめ

- 建物は美しいだけでなく安全である必要がある。
- 安全な建物を設計するためには、荷重を予測し、それに耐えうる構造を考える。
- 荷重を支える構造は、一般に骨組としてモデル化できる。
- 荷重を支える骨組を設計するために構造力学は必要となる。