

日本において

地震に強い建物(たてもの)をつくってきた歴史(れきし)

10月21日

鹿島建設(株)小堀研究室 武村雅之

Kobori Res. Comp., Kajima Corp.
M. Takemura

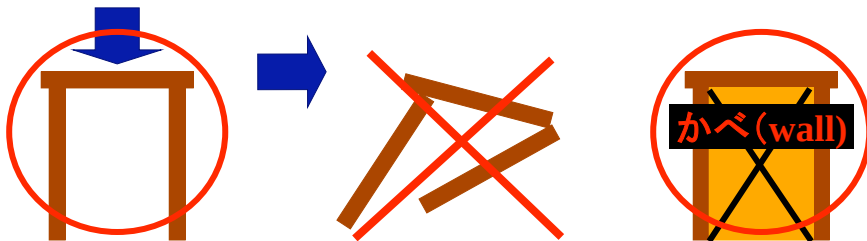


地震に強い建物(構造こうぞう)

地球上の建物はすべて重力(じゅうりょく)にたえるようにつくられている→上下(じょうげ)の力には強い



地震は水平(すいへい)の揺(ゆ)れが強い



地震に強い建物(材料ざいりょう)

三匹のこぶた(イギリスの昔話→NHKこども番組)

長男は、ワラの家を建てました。

次男は、木の家を建てました。

三男は、レンガの家を建てました。

三男「兄さんたち、ワラや木の家は危険だよ。オオカミに潰されちゃうから」
と言ったのですが、兄連はいう事を聞いてくれませんでした。

ある日のこと、三兄弟が、それぞれの家でくつろいで居ると...

おおかみが来て...フーッと吹き飛ばした

地震のことだけ考えると:

わらや木の方がレンガを積むよりじょうぶかもしれない。

木(き)はいいね! ?

耐震(たいしん)建物をつくる材料の条件(じょうけん)は?

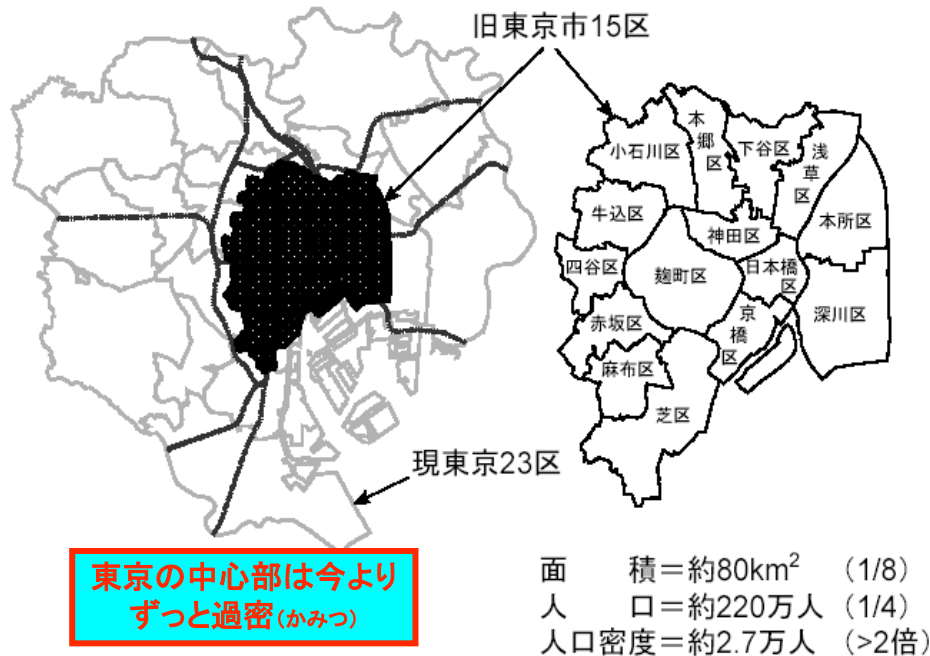
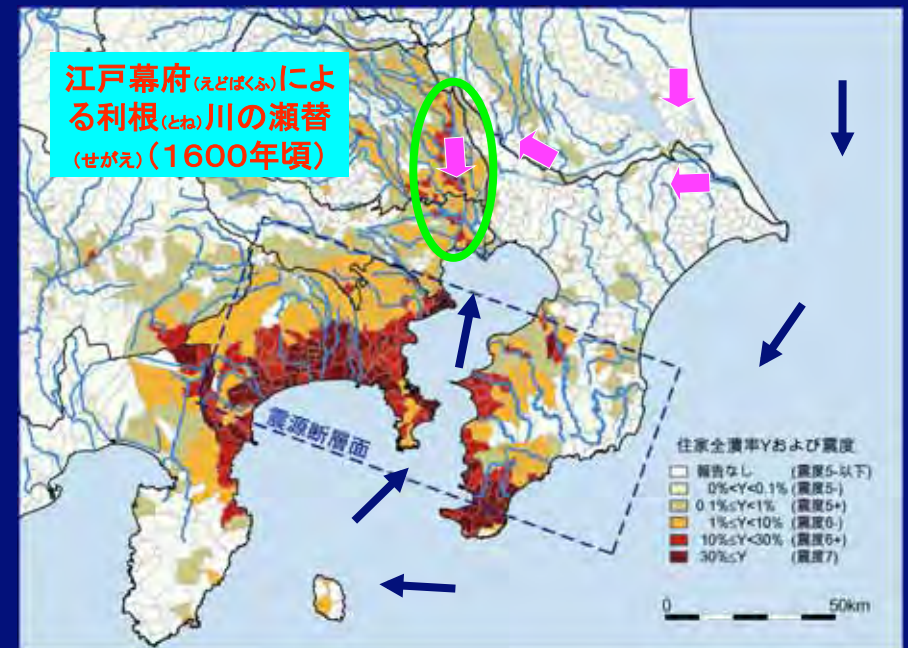
①安い ②軽い ③ねばり強い

土や石やコンクリートは②や③に問題
(プラス鉄で③をカバー:鉄筋コンクリート)

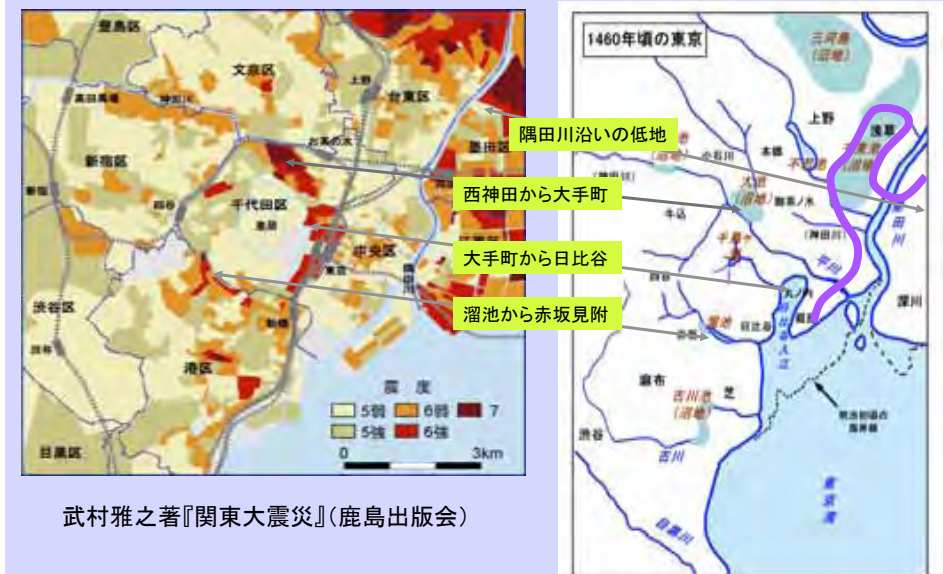
1868年以後の被害地震ワースト20

No.	西暦	月	日	地震名	M	死者	全潰全焼流失家屋数	主な被害原因
1	1923	9	1	関東地震	7.9	105,385	293,387	火災
2	1896	6	15	三陸地震	8.5	21,959	8,891	津波
3	1891	10	28	濃尾地震	8.0	7,273	39,342	震動
4	1995	1	17	兵庫県南部地震	7.2	5,502	100,282	震動
5	1948	6	28	福井地震	7.1	3,728	39,342	震動
6	1933	3	3	三陸地震	8.1	3,008	4,035	津波
7	1927	3	7	北丹後地震	7.3	2,925	11,608	震動
8	1945	1	13	三河地震	6.8	2,306	7,221	震動
9	1946	12	21	南海地震	8.0	1,432	15,640	津波
10	1944	12	7	東南海地震	7.9	1,223	20,476	津波
11	1943	9	10	鳥取地震	7.2	1,083	7,736	震動
12	1894	10	22	庄内地震	7.0	726	6,006	震動
13	1872	3	14	浜田地震	7.1	552	4,762	震動
14	1925	5	23	北但馬地震	6.8	428	3,475	震動
15	1930	11	26	北伊豆地震	7.3	272	2,165	震動
16	1994	7	12	北海道南西沖地	7.8	230	601	津波
17	1896	8	31	陸羽地震	7.2	209	5,792	震動
18	1960	5	23	チリ津波	—	139	2,830	津波
19	1983	5	26	日本海中部地震	7.7	104	1,584	津波
20	1914	3	15	秋田仙北地震	7.1	94	640	震動

1923年大正関東地震による関東全域震度(しんど)分布



関東地震で揺れた場所は？



兵庫県南部地震の教訓

明暗を分けた神戸の被害



石屋墓園：神戸市東灘区御影町

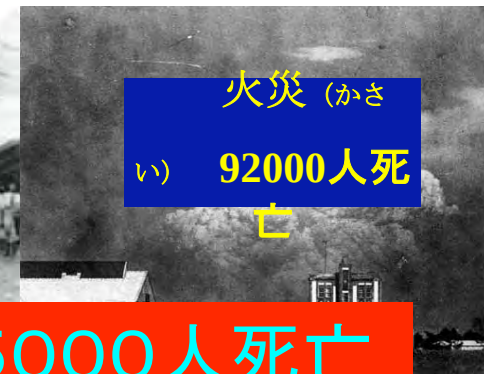


御影墓園：神戸市東灘区御影山手

歩いて数分の距離と思えますか？



住家全潰 (ぜんかい)
い) 11000人死亡



火災 (かさい)
い) 92000人死亡

合計 105000人死亡



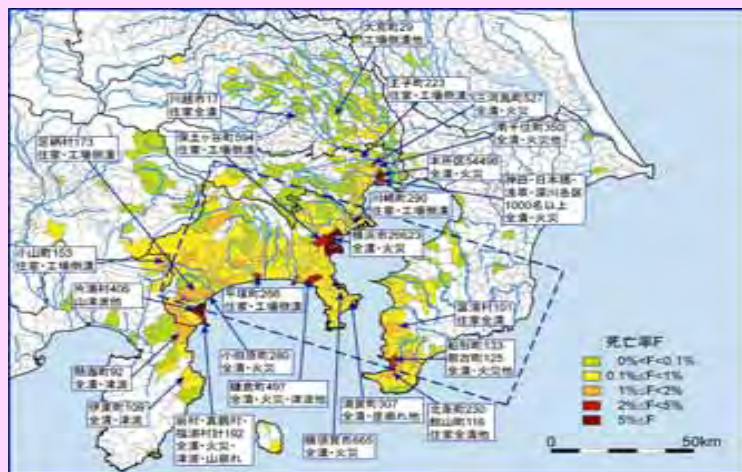
土砂崩れ (どしゃくず
れ) 700-800 人死亡



津波 (つなみ)
200-300人死亡

国立科学博物館1F

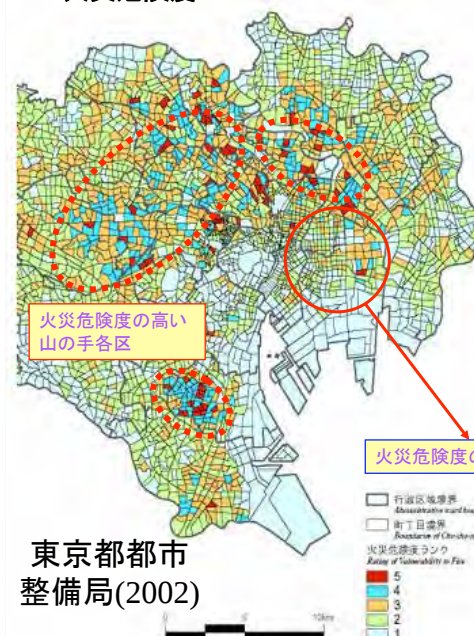
木の建物の問題



諸井・武村(2004)

火災の惨状(さんじょう)

火災危険度



建物危険度 (地盤の揺れ)

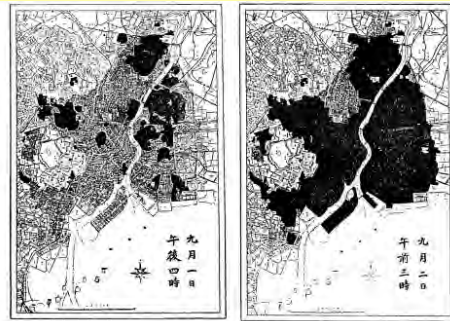


関東大震災の教訓(きょうくん)



住家全潰で死者11000人
火災で死者92000人

住家全潰と火災は無関係ではない 悪の根元は住家全潰



震災予防調査会報告100戊

日本の耐震構造の歴史

1891年 濃尾地震

1916年 家屋耐震構造論(震度法:佐野利器)

1922年 架構建築耐震構造論(耐震壁の効用-旧日本興業銀行:内藤多仲)

1923年 関東大地震(欧米直輸入ビルの被害)

1924年 市街地建築物法(設計震度0.1、高さ100尺以下)

1926年~1936年 柔剛論争

剛構造論者(佐野、武藤):建築物はあくまで剛性・強度を高く変形しにくい構造にすべき、長周期化すると周期の長い地震に共振して過大な変形を生じる

柔構造論者(真嶋):振動論的には建築物は剛性を下げ、柔らかくしたほうが地震との共振を避けられる、地震動は1秒以下の短周期成分が卓越

ポテンシャルエネルギー論者(棚橋):剛柔の問題ではない、建築物は破壊までに蓄えられるポテンシャルエネルギー(荷重-変形関係の囲む面積)を大きくすることが大切

第2次大戦後 強震計の開発 → 実地震動の分析

コンピュータの発達 → 構造物の大地震時の応答

1950年 建築基準法制定(強さ、設計震度0.2)

1963年 高さ制限の撤廃

建築基準法の改正(38条大臣特認)

1968年 霞ヶ関ビル

地震応答解析による動的設計法の確立

1981年 新耐震設計法(強さと粘り)

2001年 建築基準法改正(強さと粘りと減衰)

38条廃止して各種告示(限界耐力計算、超高層、免震、材料等)でカバー

制震構造(せいしん)

制震;5つの原則(1960年)

1. 地震動を建物に伝達させない
2. 地震動の周期から建物周期を避ける
3. 非共振系を図る
4. エネルギー吸収装置を組込む
5. 制御力を加える

壊(こわ)れないから揺(ゆ)れないへ

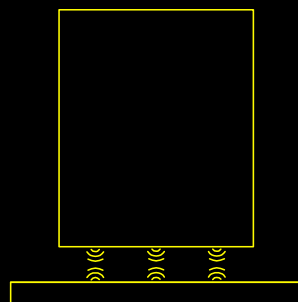
制震構造(せいしん)

制震;5つの原則(1960年)

1. 地震動を建物に伝達させない
2. 地震動の周期から建物周期を避ける
3. 非共振系を図る
4. エネルギー吸収装置を組込む
5. 制御力を加える

実用化された建物無し

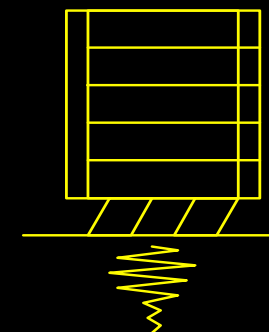
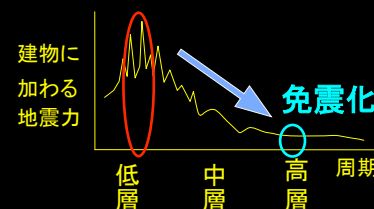
磁気浮上等



制震5原則

1. 地震動を建物に伝達させない
2. 地震動の周期帯から建物の固有周期を避ける
3. 非共振系を図る
4. エネルギー吸収装置を組込む
5. 制御力を加える

免震(めんしん)構造



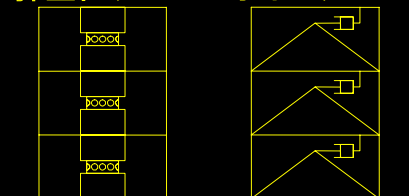
制震5原則

1. 地震動を伝達させない
2. 地震動の主勢力を避ける
3. 非共振系を図る
4. エネルギー吸収(きゅうしゅう)装置を組込む
= 減衰(げんすい)を与える
5. 制御力を加える

世の中の制震構造は
ほとんどがこのタイプ

鋼製ダンパ、オイルダンパが主
他に摩擦、粘性、粘弾性など

弾塑性ダンパ オイルダンパ



HiDAX



- 設置方法はHiDAMとまったく同様にブレースと梁の間に設置、ブレース軸上に設置も可能

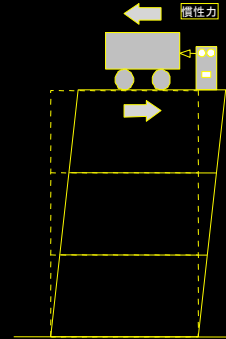
制震5原則

1. 地震動を伝達させない
2. 地震動の主勢力を避ける
3. 非共振系を図る
4. エネルギー吸収装置を組込む

5. 周期同調した重りで
制御力を加える

重りにより揺れを低減

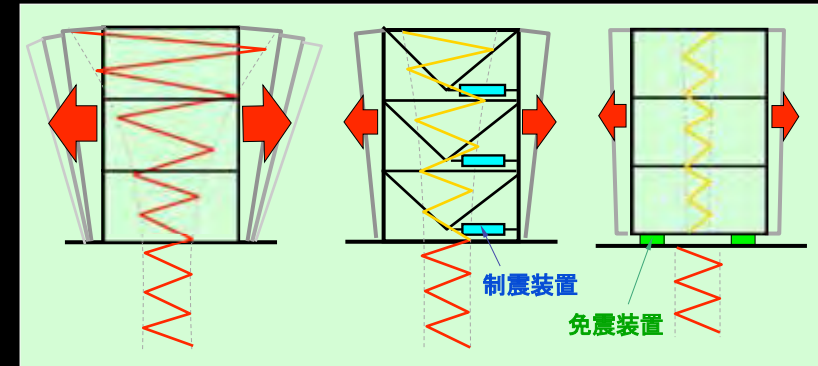
DUOX、TRIGON



耐震(たいしん)

制震(せいしん)

免震(めんしん)



地震時に建物に生じる力に耐えるように構造体を設計

制震装置で建物に生じる力が減少、その力に耐えるように構造体を設計

免震装置で建物に入る地震動が小さい、生じた力に耐えるように構造体を設計

地震に強い社会をつくるために

- ・経済的に豊かになること
- ・地震対策技術の発展
- ・人々の防災意識の向上

一人の百人力より百人の一人力