



大地震によるマンション災害と日頃の備え — 東日本大震災、熊本地震などから振り返る —

2018年9月15日

(株)小堀鐸二研究所 副所長

小鹿紀英



本日の内容

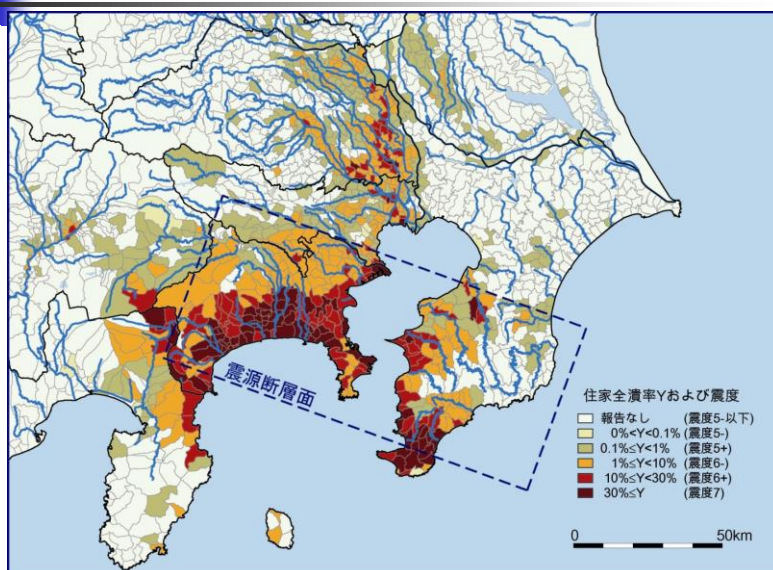
1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
4. 東京における大地震の切迫性
5. 今後に備えて

本日の内容

1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
4. 東京における大地震の切迫性
5. 今後に備えて

2

1923年関東地震(M7.9)による震度分布



3

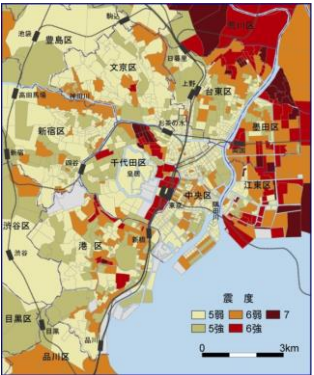
4

関東大震災の最大の教訓

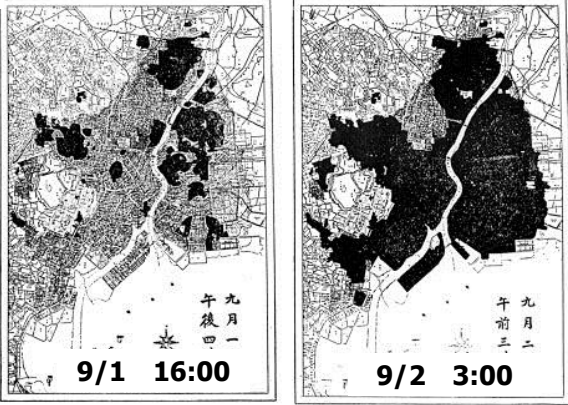
地震発生:1923.9.1 11:58

住家全壊で死者 11,000人
火災で死者 92,000人

住家全壊と火災は無関係ではない
悪の根元は住家全壊
→耐震性の確保が最重要

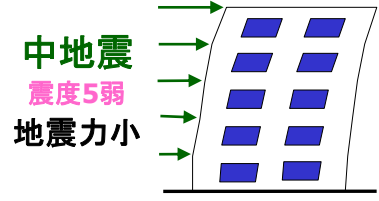
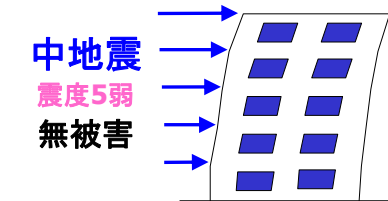
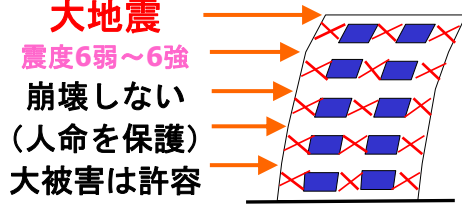


震度分布



火災分布

耐震設計法の変遷

旧耐震設計法(1981年以前) 略称: 旧耐震	新耐震設計法(1981年以降) 略称: 新耐震
<p>中地震 震度5弱 地震力小</p> 	<p>中地震 震度5弱 無被害</p> 
<p>大地震 設計で考慮せず</p>	<p>大地震 震度6弱～6強 崩壊しない (人命を保護) 大被害は許容</p> 

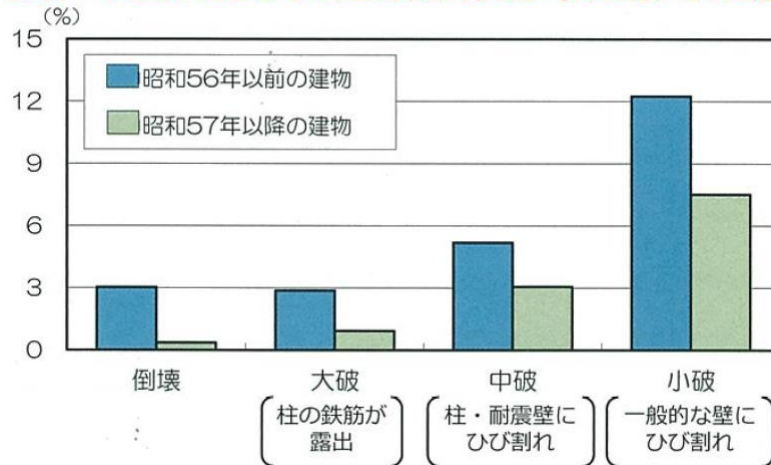
5

1995年兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災、M7.3)

TOTALMEDIA
TOHO E-B

旧耐震・新耐震建物の被災状況


阪神・淡路大震災での建物被災状況 (RC造、SRC造)



出典：東京都都市整備局「マンションの耐震化のすすめ」 7



阪神淡路大震災の教訓

- 耐震性能は新しい建物ほど向上している
 - 1981年(新耐震)以降に建設された建物の被害は、それ以前(旧耐震)のものに比べて少なかった
 - **耐震診断&耐震補強**が事前に行われていたら被害はかなり軽減されていたはず
- 
- **1995年12月**
「建築物の耐震改修促進法」 施行
(目的: **新耐震並み**の耐震性を確保)

8



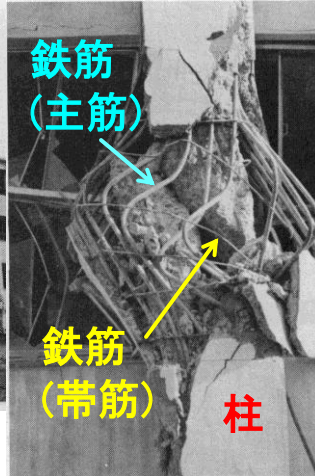
本日の内容

1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
4. 東京における大地震の切迫性
5. 今後に備えて

9

旧耐震の柱の被害: 小さな変形で崩壊

1968年十勝沖地震(M7.9)

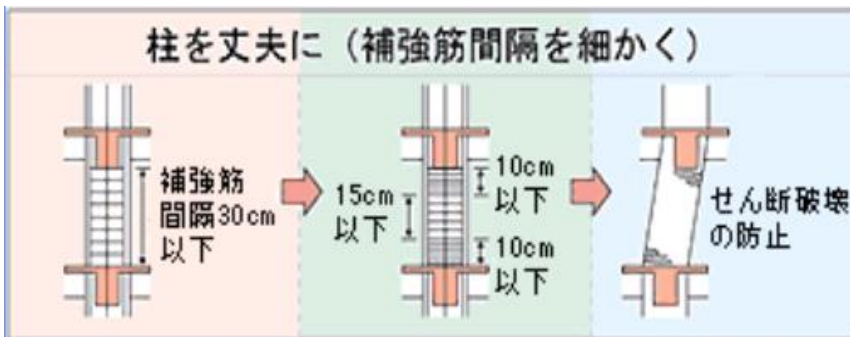


柱の脆性破壊(函館大学)

= 小さな水平変形でバラバラに壊れた柱

10

1971年の建築基準法の改正



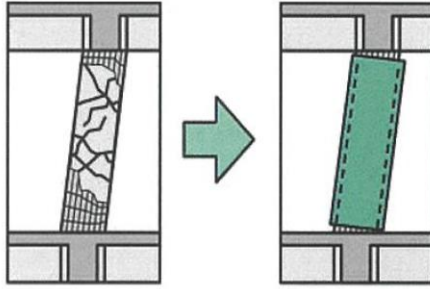
鉄筋コンクリート柱の変形能力に対する配慮無し
= 脆く壊れる柱

鉄筋コンクリート柱のコンクリートがバラバラにならないように鉄筋で拘束
= 粘り強く壊れにくい柱

11

旧耐震建物の柱の被害に対する備え

- 柱を鋼板巻補強、繊維シート巻補強して、粘り強い柱にする

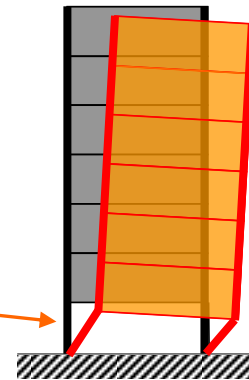
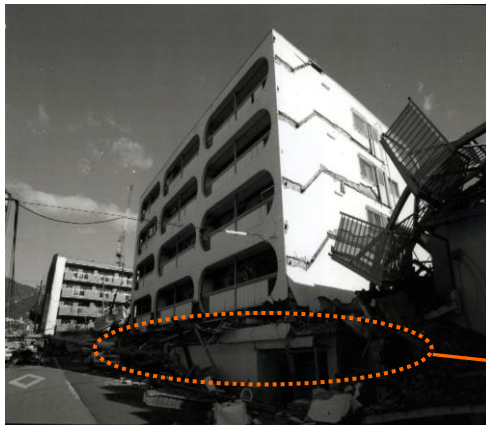


東京都世田谷区
昭和45年築

出典：東京都都市整備局「マンションの耐震化のすすめ」

1階ピロティ・柱の崩壊

1995年阪神淡路大震災(M7.3)



1階ピロティの崩壊

(旧耐震、新耐震でも同様の被害あり) 13

1階ピロティ・柱の崩壊

2016年熊本地震(前震M6.5、本震M7.3)

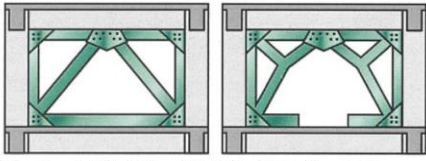


前震で損傷・本震後に崩壊
消防の適切な避難誘導により死者なし


14

1階ピロティの崩壊への備え

開口部の補強

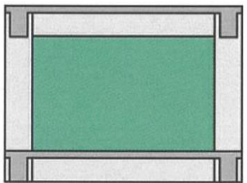


ピロティなども含め、開口部に鉄骨ブレースを設置することで、耐力とねばり強さを向上させます。




東京都板橋区
昭和47年築


壁の増設



施工前



施工後



東京都武蔵野市
昭和51年築

鉄筋コンクリート造等の壁を設置することで、構造上のバランスを改善し、耐力を向上させます。

15

建物全体の強度不足による崩壊

2016年熊本地震(前震M6.5、本震M7.3)

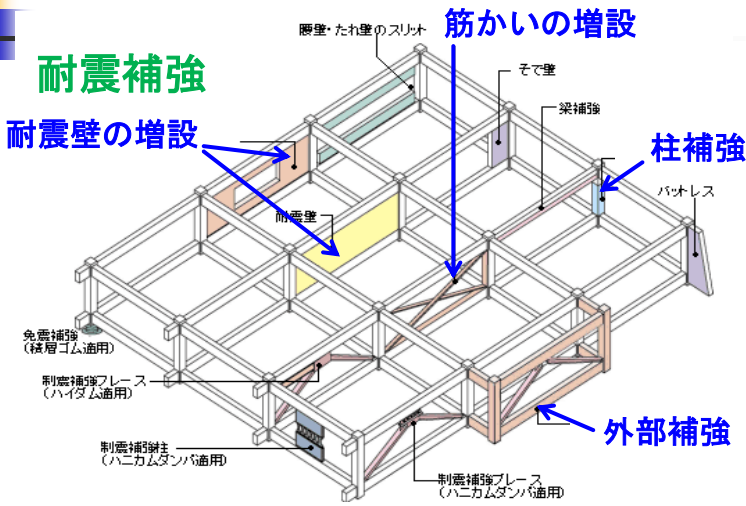


宇土市役所：4階が崩壊(宇土市:震度6強)

16

強度不足による崩壊への備え

耐震補強



震度6強~7でも、1981年の新耐震並みに耐震補強しておけば、少なくとも倒壊は免れる可能性大

17

耐震補強の例



外付け補強フレームを既存バルコニーの撤去無しに設置、開口部を遮蔽しない

軽量のアルミブレースを外付け重機不要で低騒音施工


フレームを完全外付け、開口を遮蔽しない

工場製作の部材を用いて工期短縮、ブレースが細く採光を妨げない

出典：東京都都市整備局「ビル・マンションの耐震化読本」
http://www.taishin.metro.tokyo.jp/pdf/dl_006.pdf

18

制震の原理



耐震構造

制震構造

19

制震の種類



鋼材ダンパ
弾塑性ダンパ（特殊な鋼材等で揺れを吸収：車のバンパやヘルメットと同じ）



摩擦ダンパ



設置例



オイルダンパ
（封入した油で揺れを吸収：自動車のサスペンションと同じ）



設置例1



設置例2
（トルゲル制震）

制震補強の例



オイルダンパ
（トルゲル制震：廊下側のみに設置して、長辺方向の耐震性向上）

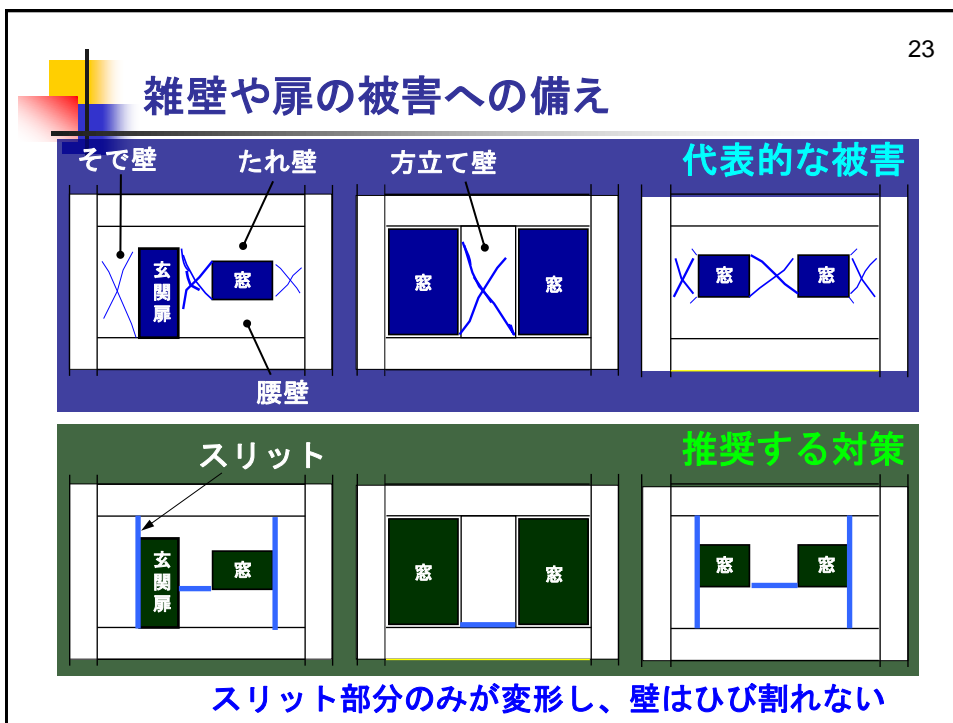


オイルダンパ
（パットレス型制震：妻面に設置して、長辺方向の耐震性を向上）



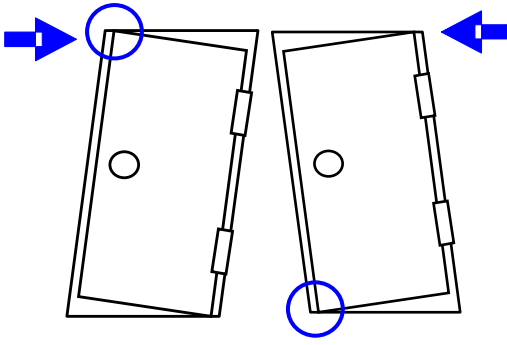
弾塑性ダンパ
（スリムな摩擦ダンパを居ながら工事で、ベランダに外付け）

出典：東京都都市整備局「ビル・マンションの耐震化読本」
http://www.taishin.metro.tokyo.jp/pdf/dl_006.pdf



玄関ドアの被害と対策

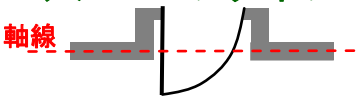
代表的な被害



○部で接触して開閉不能

対策

- ・クリアランス大きく
- ・耐震ドアの採用
(ドア枠が長方形を保つ)
- ・アルコーブタイプ



(ドアが軸線からずれているため、ドアに直接変形が伝わらない)

24



まず身の回りから地震対策

食器棚の扉開放防止 (開き戸ストッパー)

ガラス飛散防止フィルム

家電機器接着マット

26

まず身の回りから地震対策

ベッドサイドに家具を置かない

転倒して通路を塞ぐ配置にしない

家具は固定が一番

転倒しやすい方向は決まっている

最低限壁側に傾ける

27

本日の内容

1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
- 3. 熊本地震の教訓とそれへの備え**
4. 東京における大地震の切迫性
5. 今後に備えて

28

熊本地震の大震度が2回

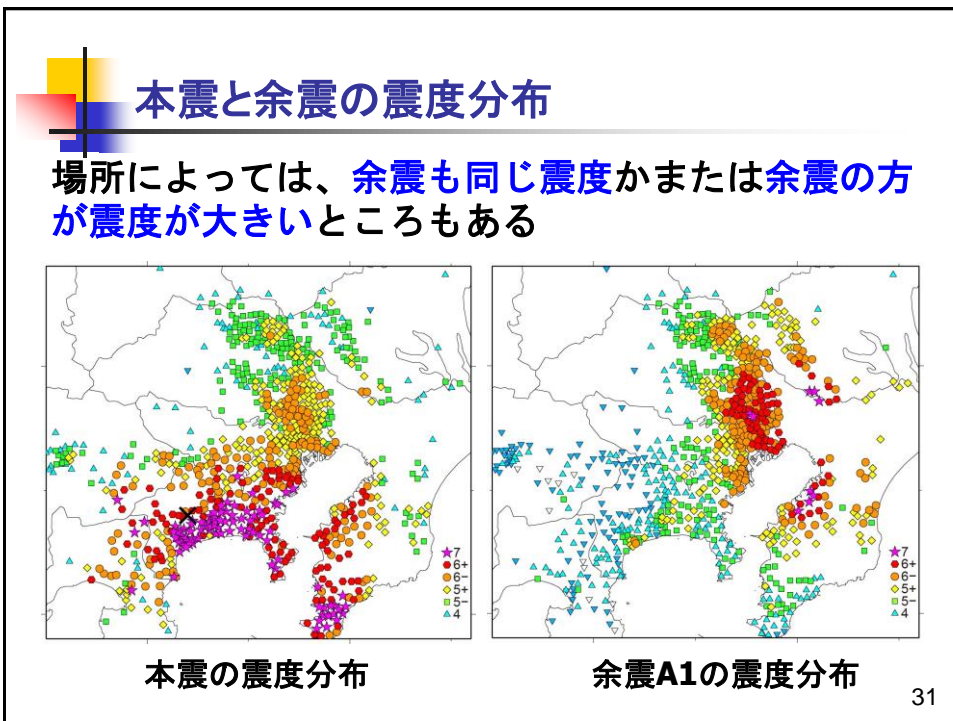
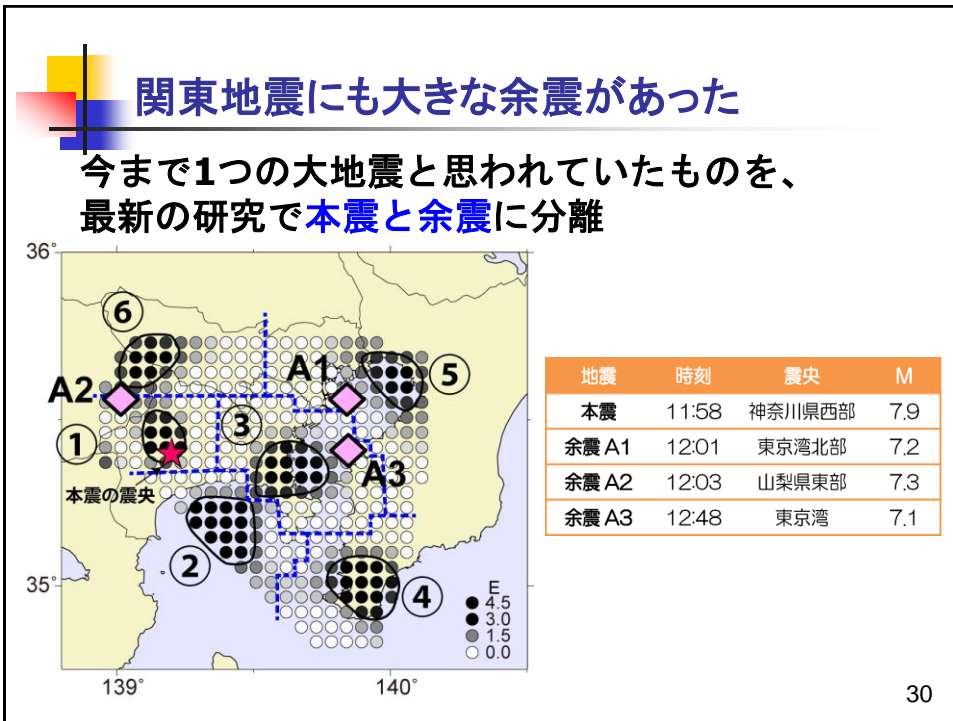
4月14日21時26分 M6.5

4月16日01時25分 M7.3

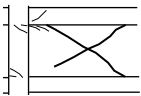

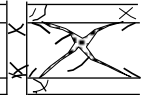
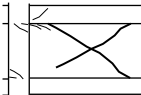
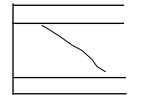
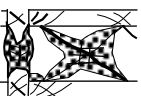
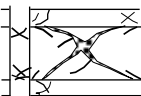
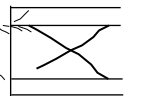

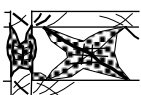
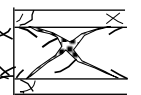
益城町宮園で震度7が2回発生

気象庁、防災科研

29




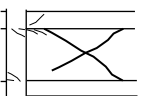
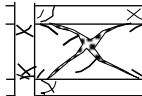
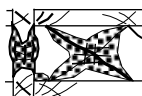
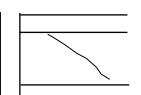
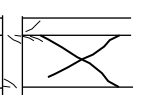


柱や壁の被害想定

震度	主な地震例	旧耐震	新耐震	超高層
5強	東北太平洋 (東京) 2011.3.11			
6弱	福岡西方 2005.3.20			
6強	宮城北部 2003.7.26			
7	兵庫南部 1995.1.17			

サーツ「あなたが知りたいマンションの耐震性」より抜粋

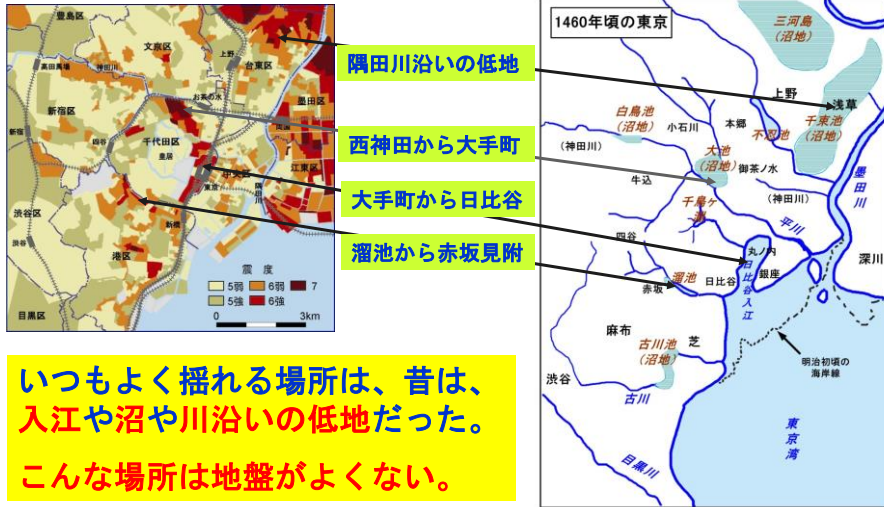
大地震の連発への備え

- ◆熊本地震で注目、関東地震でも大きな余震あり
- ◆2回連発の場合も、耐震補強することで倒壊を免れる可能性が高まる

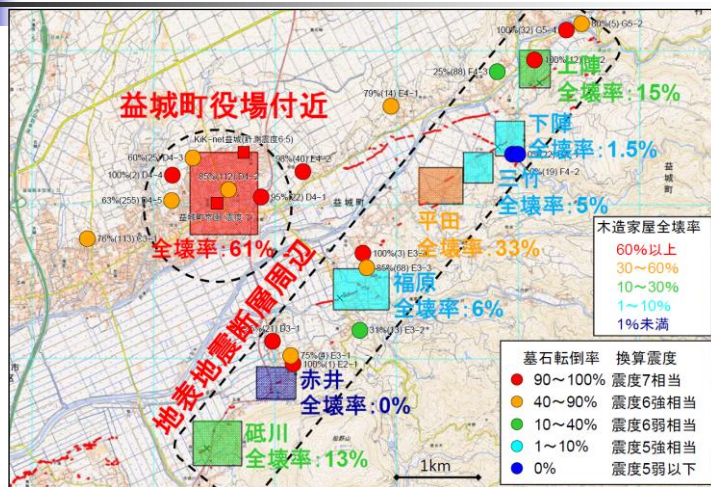
	軽微	小破	中破	大破
前震				
本震			大破 	倒壊 

悪い地盤は揺れが大きい

1923年関東地震(M7.9)



熊本地震の震度分布の特徴



断層近傍より、断層から離れた益城町役場の方が震度が大きい → それはなぜか？

役場付近が大きく揺れた理由

調査の結果、地盤の良し悪しが揺れの大きさに影響と判明
悪い地盤が深い → 揺れが大きくなる

36

あなたの街の揺れやすさは？

- 朝日新聞デジタルのサイトで、国が評価した揺れやすさが簡単にわかる 揺れやすい地盤 検索

住所や地域名を選択すると、その地域の揺れやすさの目安(表層地盤増幅率 α_s)、地形の種類などが表示されます(防災科学技術研究所「地震ハザードステーション」をもとに作製)。
※お住まいのブラウザや回線によっては正しく表示されない場合や、うまくデータが取得できない場合があります。

1.住所入力(丁目まで)

東京都新宿区西新宿2丁目

2.クリック

住所検索

3.住所をクリック

住所検索は「Yahoo!」のAPIを使用し住所候補

東京都新宿区西新宿2丁目

揺れやすさの目安(表層地盤増幅率)

1.44

場所によって揺れやすい

0.5 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 2.0 2.5 3.0

0.5 0.6

← 揺れにくい(小さい) → 揺れやすい(大きい) →

4.揺れやすさを数字で表示

1.44 : 良い地盤で、揺れが大きくなる

ならない

5.地形の種類を表示

地形の種類

ローム台地

山地 山麓地 丘陵 谷底低地 自然畑谷底低地 砂州・砂礫川 砂丘 干拓地 埋立地

地形の種類

扇状地 旧河道 後背湿地 三角州・海岸低地

出典: 鈴木俊介著「建設技術者のための地形図読本入門」(古今書院刊)に石井一徳氏が加筆

37

あなたの街の揺れやすさは？

住所検索

住所検索は「Yahoo!ジオコードAPI」を使用しています Web Services by Yahoo! JAPAN

住所候補

揺れやすさの目安(表層地盤増幅率)

2.38
特に揺れやすい

0.5 0.5 1.0 1.2 1.4 1.6 2.0 2.5 3.0

0.5 0.5
—揺れにくい(かたい) 揺れやすい(やわらかい)—

地形の種類

2.38 : 悪い地盤で、揺れが大きくなる

三角州・海岸低地

地形の種類

山地 山麓地 丘陵 台地 砂州 砂礫州
谷底低地 谷底低地 自然堤防谷底低地 砂丘 干拓地
埋立地

地形の種類

扇状地 旧河道 後背湿地 三角州・海岸低地

出典: 鈴木隆介著「建築技術者のための地形図読入門」(古今書院刊)に石井一徳氏が加筆

38

揺れやすい地盤への備え

- 良い地盤でも大地震に備えて耐震性を確保することが大事。さらに悪い地盤では、同じ地震でも良い地盤より震度が大きくなるため、旧耐震の建物ではしっかりと耐震補強して、新耐震並みの耐震性を確保しておくことがなおのこと大事。
- 大きく揺れるので、家具の転倒対策をしっかりと講じておくことも重要。

39



本日の内容

1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
- 4. 東京における大地震の切迫性**
5. 今後に向けて

40

41



東京における大地震の切迫性

日本では、2000年以降M7以上の地震が多発、地震活動期に入った（日本でのM7以上の地震発生回数を以下の表に示す）

年代	M7以上	内M8以上	主な大地震
1900-1909	8	0	
1910-1919	6	1	
1920-1929	6	0	1923大正関東
1930-1939	7	1	
1940-1949	11	1	1944昭和東南海、46昭和南海
1950-1959	4	2	
1960-1969	9	0	
1970-1979	4	0	
1980-1989	5	0	
1990-1999	6	1	1995兵庫県南部
2000-2009	12	1	
2010-2017	16	2	2011東北地方太平洋沖

最近の地震発生状況

6/11 千葉県東方沖でスロースリップを観測と報告
今後の地震活動に注意を!
スロースリップは東日本大震災の前にも観測

6/17 群馬南部の地震 **M4.7** 最大震度5弱

6/18 大阪府北部の地震 **M6.1** 最大震度6弱
震度6弱：大阪市北区、高槻市、茨木市、箕面市、枚方市

実は、大阪北部で震度6弱の地震が起きることは予
め国が予測していた。
(6月26日に2018年版が公表された)

42

国が公表している地震動予測地図

J-SHIS MAP **検索** (1) J-SHIS MAPで検索

(2)検索結果から「J-SHIS MAP」を選択してクリック

(3)下の地図が表示される(30年以内に震度6弱以上が起きる確率)

(4) +を押して地図を最大まで拡大

次ページの(6)が表示されない時は、
(2)で「J-SHIS Map - J-SHIS 地震ハザードステーション」
を選択し直して、(3)以下の動作をお試しください。



43

国が公表している地震動予測地図

国の予測では、大阪市北区で30年内震度6弱以上の確率は54%

ISHS Map 大阪市北区付近を拡大したのが下の図

(5) 確率を見たい場所(ここでは大阪市北区)に矢印(カーソル)を合わせてダブルクリック

経過年	30
メッシュコード	5235054823
経度	34.7031
緯度	135.4853
地震動振幅(Vs=400~地表)	2.1
震度6以上となる確率	92.9%
震度5以上となる確率	81.1%
震度4以上となる確率	54.0%
震度3以上となる確率	19.5%
地表の揺れ(%)	6倍
地表の揺れ(%)	6倍
地表の最大速度(%)	136.2(cm/s)
地表の最大速度(%)	107.4(cm/s)
工学的層上の最大速度(%)	64.9(cm/s)
工学的層上の最大速度(%)	51.2(cm/s)
震度6以上となる確率レベル	-
震度5以上となる確率レベル	-
震度4以上となる確率レベル	-
震度3以上となる確率レベル	-

(6) 左の表が表示される
震度6弱以上となる確率54%

同じ地図で、東京都庁位置は47.6%
震が関は81.4%
ちなみに北海道厚真町鹿沼は、32.8%

発生が懸念される巨大地震

■ 南海トラフの巨大地震

内閣府 各地震度、人的被害32万人、経済被害220兆円などを公表 (M9地震を想定)

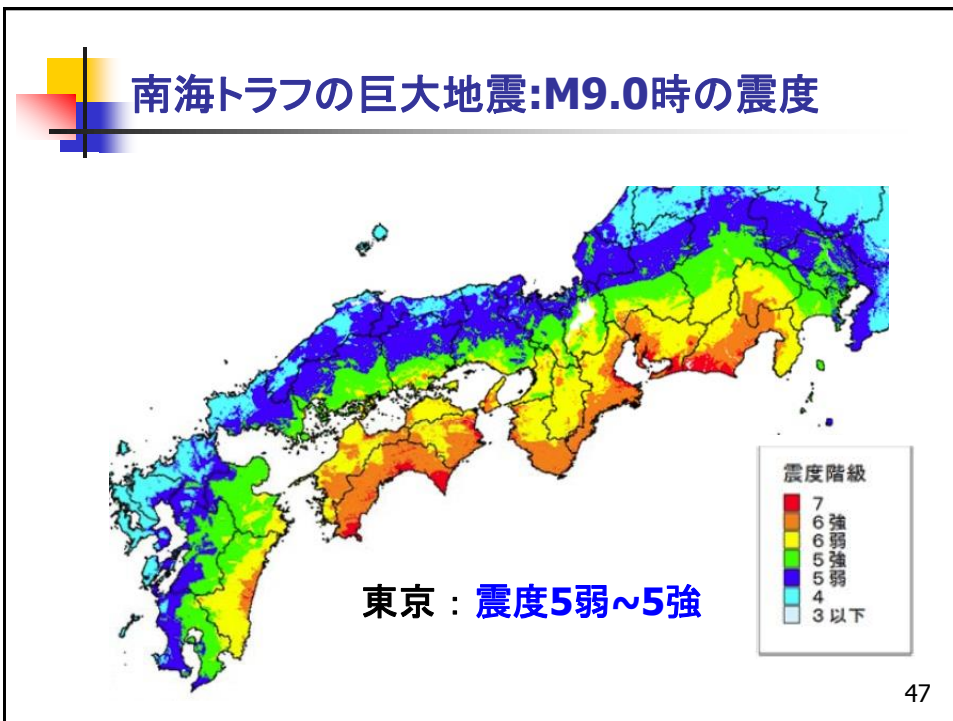
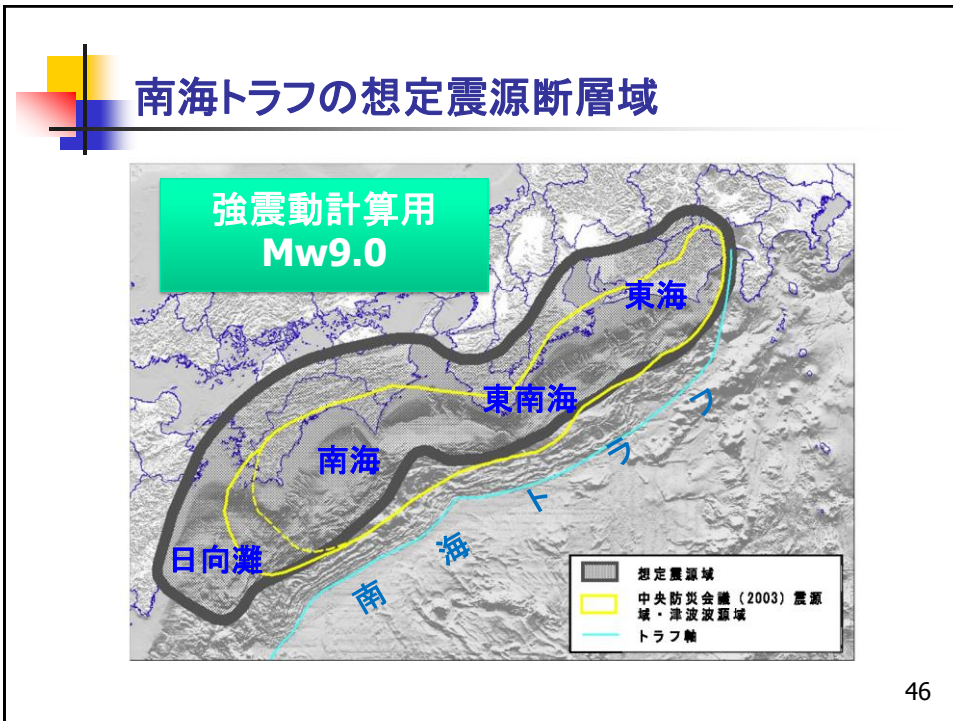
2015.12.17地震動評価報告書公表

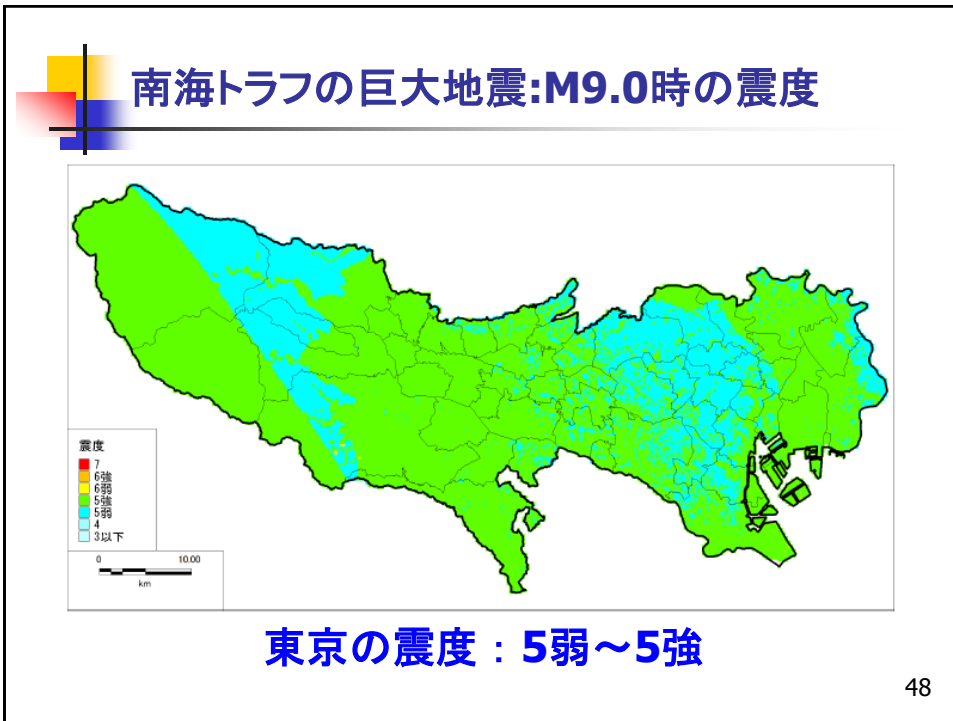
国交省 2016.6.24長周期地震動公表 (M8クラス)

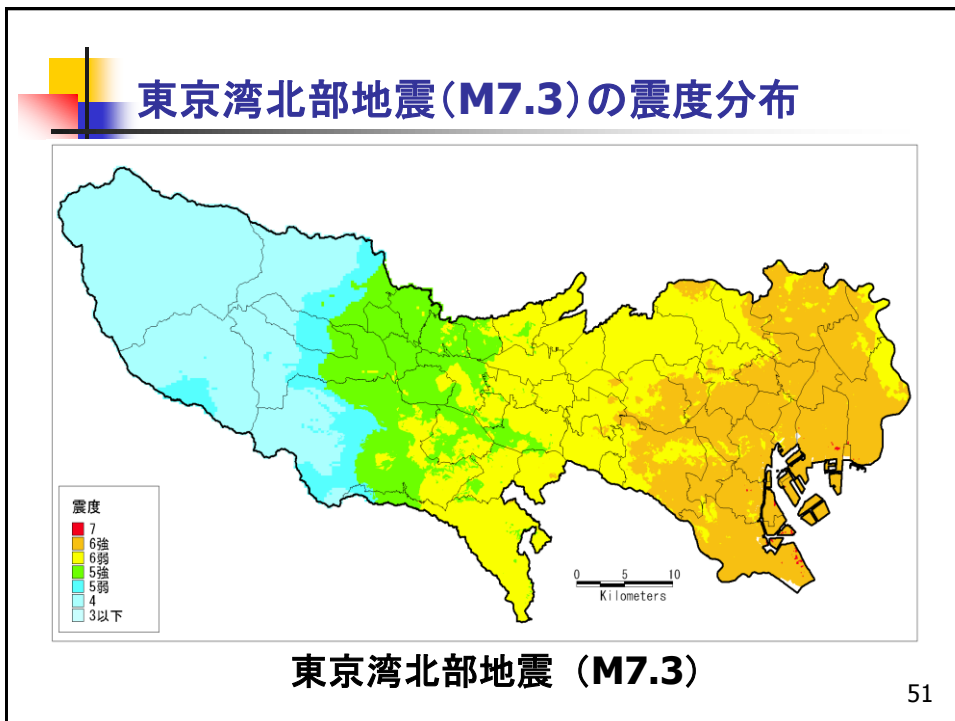
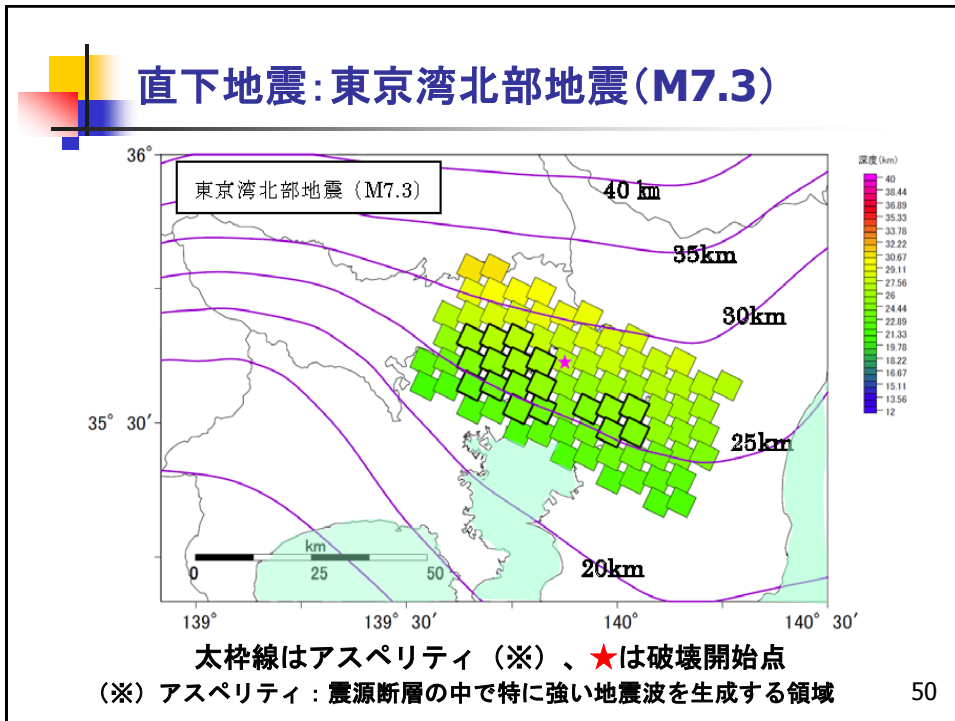
東京都 液状化、震度などを公表

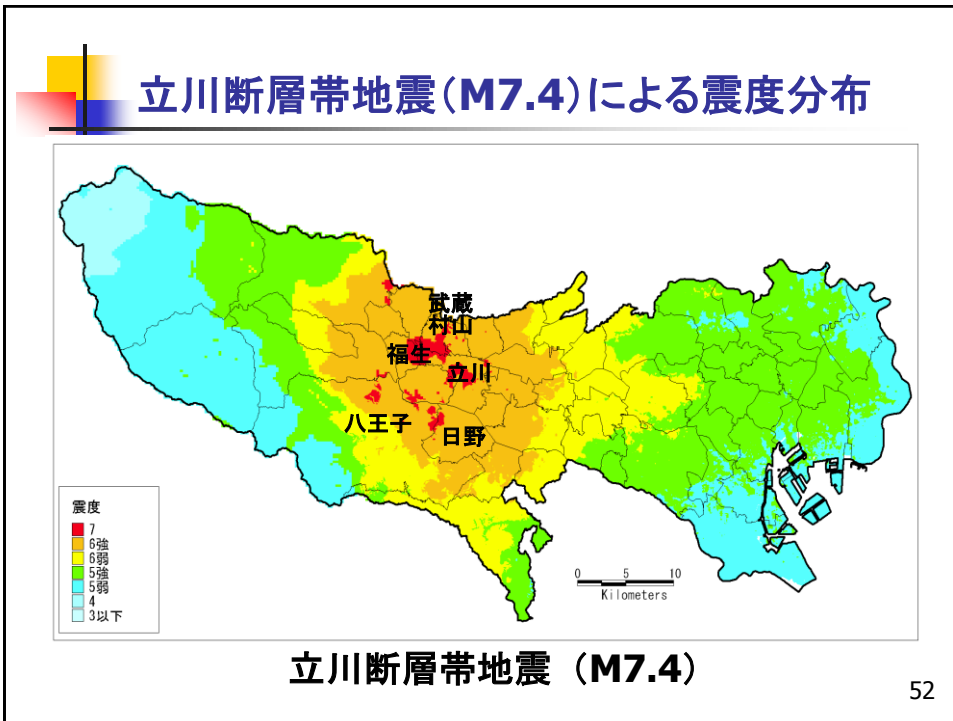
■ 首都直下地震

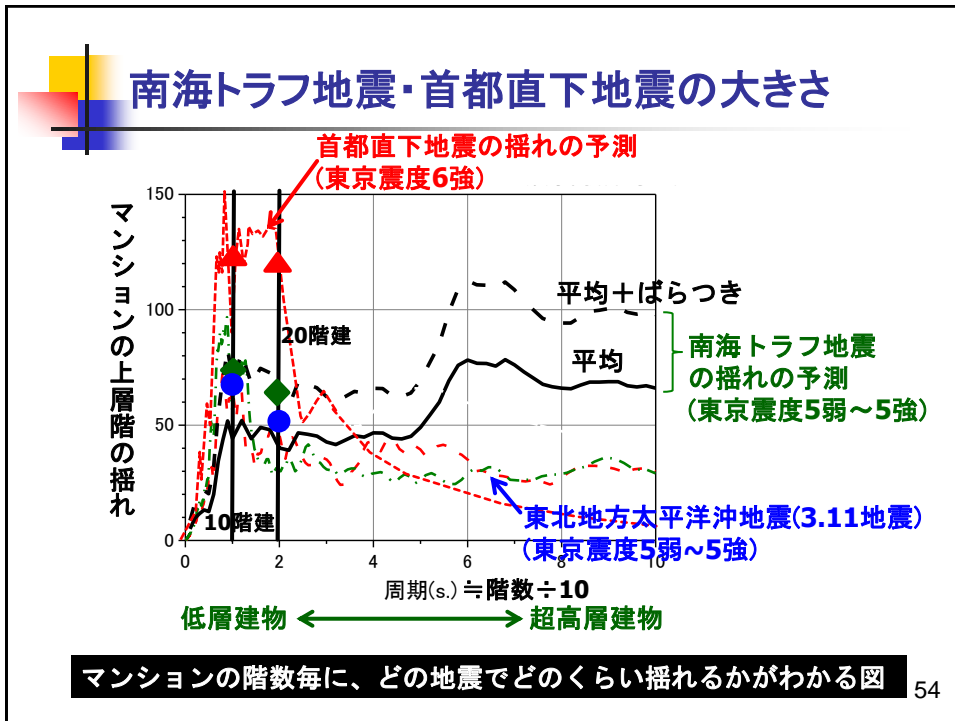
東京都 震度、地震動の大きさ、津波高さなどを公表 (東京湾北部、元禄関東、立川断層)











54

- ### 本日の内容
1. 耐震設計法の変遷
 2. 各種地震被害とそれへの備え
 3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
 4. 東京における大地震の切迫性
 5. 今後に向けて

55



今後に備えて

■ 南海トラフ地震、首都直下地震に対する備え

- 東日本大震災では構造被害が少なかったものの、**今後来る巨大地震**では、それより大きな揺れの可能性が高く、**柱や壁の被害の可能性有**。まずは**耐震診断が重要**。
- **首都直下地震**では、震度6強以上が想定されるため、**旧耐震**の45m以下(15階建以下)の既存中低層マンションでは、**耐震診断の結果がNGなら耐震補強すべき**
= **耐震補強すれば倒壊の可能性は低くなる**。**制震**により更に**被害が軽減**できる。**制震は耐震補強と施工手間はさほど変わらない**。
- 特に地盤が悪く揺れやすい場所では、周辺より震度が大きくなるため、旧耐震のマンションは耐震補強による耐震性確保が極めて重要。

56



今後に備えて

■ 最低限の備え

- **家具・電化製品の固定、開扉防止**
- **キャスター付き機器の固定の工夫**

■ 既存建物の非構造部材の対策

- 玄関や窓周りの**非構造壁に構造目地**を入れる
- 扉を**耐震仕様の扉**にする
- **外壁の変形追従性を確認**する

57

今後に備えて

■マンション住民同士のコミュニケーション

挨拶やイベントを通して、住民同士の顔の見える関係づくりが災害時の**共助**に繋がる



特に、マンション被災後の復旧、解体や建替えなどの際には、住民の同意が必要となる



住民同士が容易に連絡を取り合えるようにしておくことが重要

58

ご清聴ありがとうございました

59