

マンション耐震セミナー  
2016.9.10

# 安全・安心に繋がる マンションの耐震診断と補強

ものつくり大学特別客員教授  
岡本 直

## 耐震安全・安心に繋がるマンションの耐震診断と補強 講演要旨

2016.9.10(マンション耐震セミナー)

地震に対し、安全・安心なマンションにするために必要となる耐震診断の基礎知識とその後の改修にどう取り組んだら良いかについてのお話をさせていただきます。今回は下記の4編にわけて、できるだけ専門用語の使用を避けて、熊本地震の状況も踏まえ、ご説明させていただきます。「安全・安心に繋がるマンションの耐震診断と補強」を通して、皆様の愛着のあるマンションを災害に勁(つよ)いものにするためのご参考にして頂ければ幸いです。

その1では「どんな建物が地震被害を受け易いか」と題し、マンションの構造骨組みの仕組みと耐震性の関係、躯体骨組み以外でも損傷が生じやすい非構造部材について、熊本地震の被害状況や地震後の影響を交え、お話し致します。

その2では「耐震設計法の変遷と耐震診断が必要な建物」と題し、昭和56年以前に建てられた建物が耐震診断の対象になっている理由をお話しします。

その3では「耐震診断とは」と題し、 $I_s$ 値ってなにを意味しているかといった耐震診断法の基本的な考え方と実際の診断手順をお話しします。マンションの現地調査ではどのようなことが行われるのか、構造図面が無いと調査に時間と費用が多くかかってしまうことなども合わせてお話し致します。

その4では「補強とは」と題し、診断結果から補強が必要と判断された場合の改修への対応について、どのような工法が選択できるのか、合意形成までの手順などについて、マンション居住者の様々な意見や実際の補強事例を交えながら、補強を進めるにあたって必要となることをお話し致します。

はじめに

①建築ストックの時代  
安心して長く暮らすために  
は

②そのための耐震診断と補強

③耐震補強を進めるにあたって  
考えておきたいこと

東京都耐震マーク



# 本日の構成

- (1) どんな建物が地震被害を受け易いか  
(熊本地震の報告を含め)**
- (2) 耐震設計法の変遷と耐震診断が  
必要な建物**
- (3) 耐震診断とは**
- (4) 耐震補強とは**

# **(1)どんな建物が地震 被害を受け易いか**

# 1000年前の地震・大津波の再来

869年 貞観陸奥地震・大津波  
2011年 東日本大震災

## 100年周期の地震

1605年 慶長東海・南海地震  
1707年 宝永東海・南海地震  
1854年 安政東海・南海地震  
1944,6年 東南海・南海地震



# 災害復興の歴史事例

## ①869年 貞観陸奥地震・大津波

- ・人々の精神力を回復させる動きの一つに、祭りや芸能があった

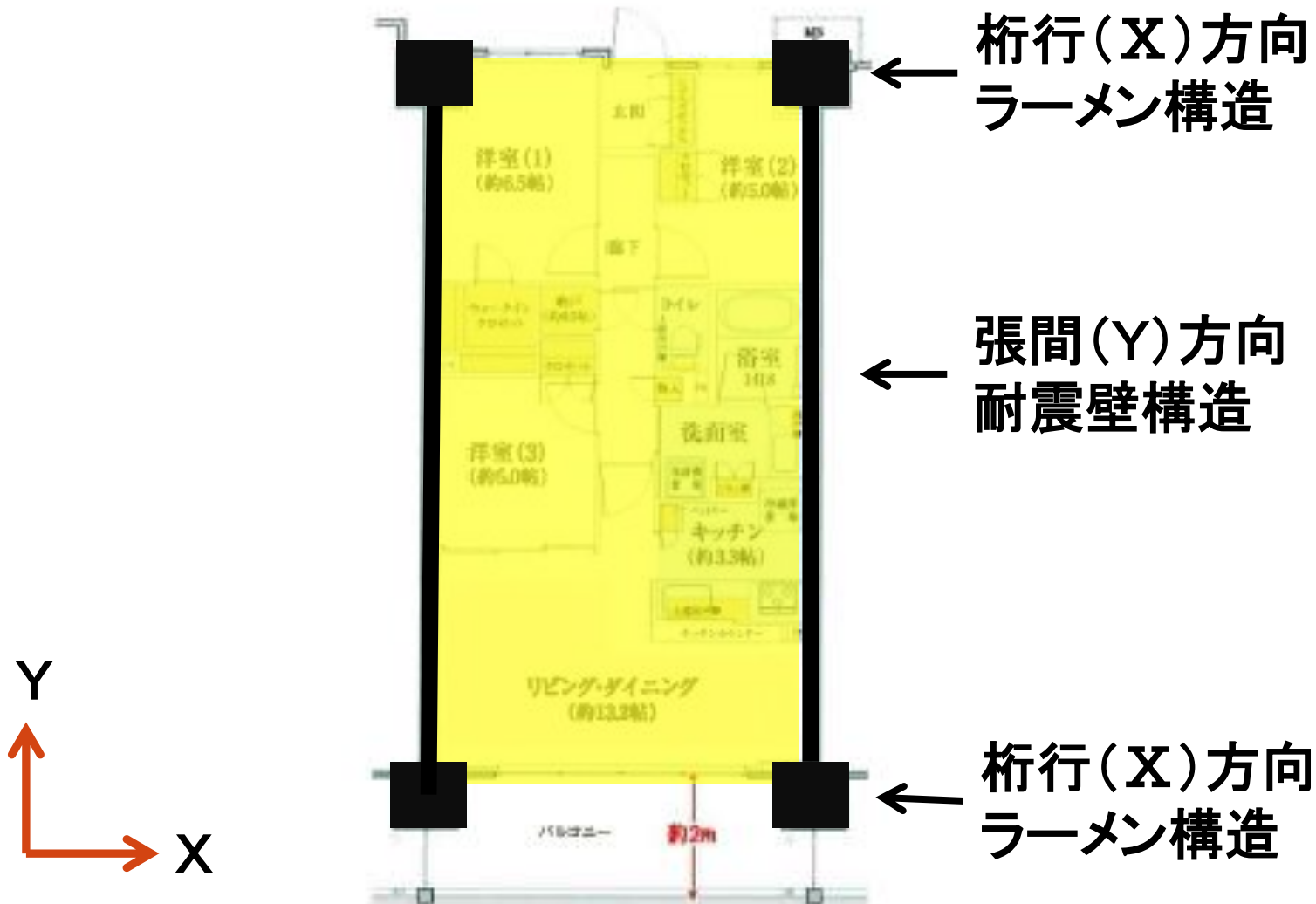
(災厄の除去を祈願した祇園祭もこの頃に発足)

- ・蝦夷の人たちが復興に尽力。平泉の繁栄につながったとの見方も

## ②1611年 慶長地震・津波

- ・伊達藩による津波の浸水地域の新田開発(製塩)

# マンションはどんな骨組みで構成されているか (板状建物の例)

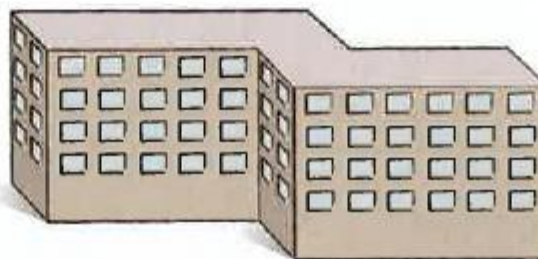
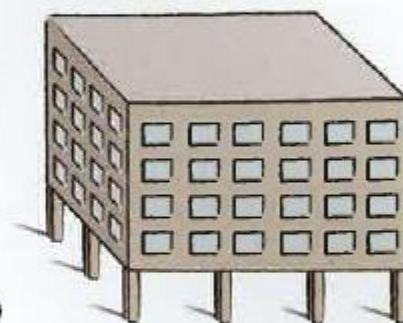




# 耐震性が心配されるマンション

## 建築構造上の耐震性が心配されるマンション

- 旧耐震基準のマンション（昭和 56 年 5 月 31 日以前の建築確認）
  - ・ 建築基準法が昭和 56 年に改正され、耐震基準が変更されています。
  - 阪神・淡路大震災の被害状況からも、旧基準のマンションは、耐震性が十分でない可能性があります。
  
- 構造上のバランスが悪いマンション
  - 平面または断面の形状が不整形なマンション
  - 構造形式が混在するマンション  
（上層階が鉄筋コンクリートで下層階が鉄骨鉄筋コンクリートなど）
  - 細長い形状のマンション
  - ピロティ形式のマンション  
（1 階部分に駐車場などがあり、壁が少なく主に柱で空間が構成されている）





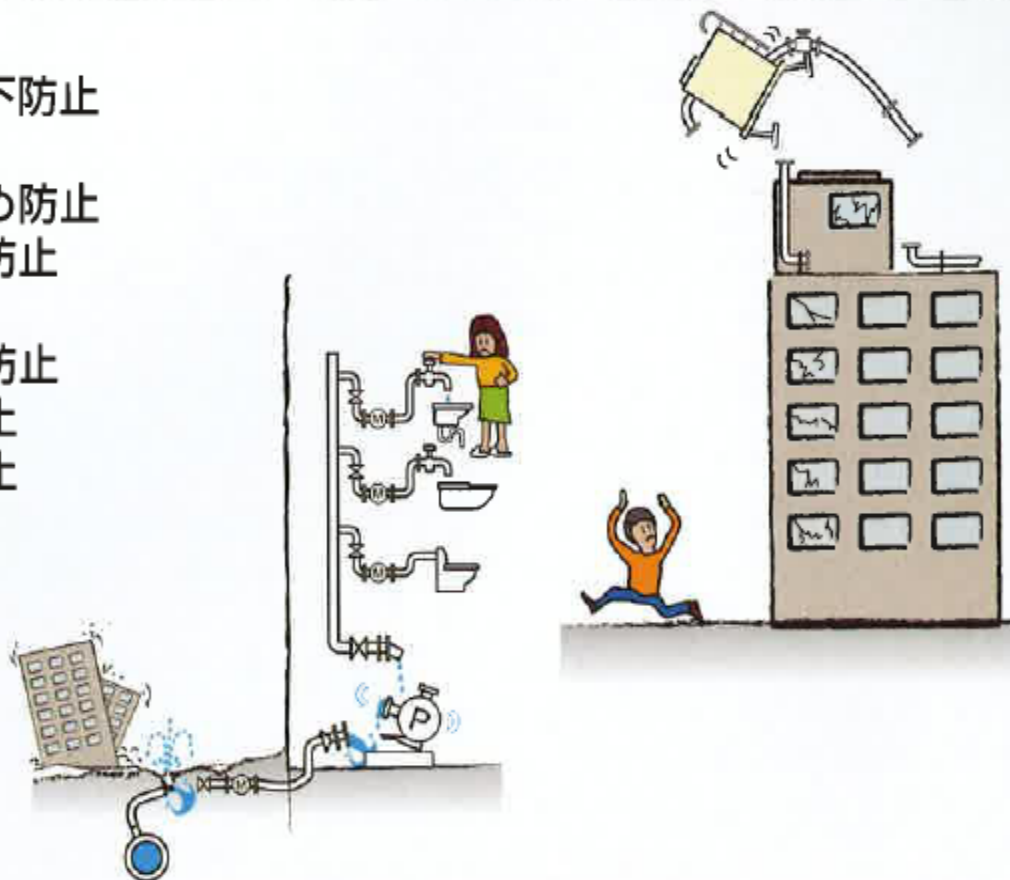
# 熊本地震の概要とマンションの被害事例 (現地の状況を写真で紹介)

- ・ピロティ柱の崩壊
- ・柱と耐震壁のせん断破壊
- ・玄関廻りの非耐力壁の破壊
- ・地盤の変状  
など



## 建築構造以外でも耐震化は必要

- 玄関ドアの開閉不能防止
- 外廊下・バルコニー等の落下防止
- 屋外鉄骨階段の倒壊防止
- エレベーター内への閉じ込め防止
- 外壁・内壁のタイル等落下防止
- 窓ガラスの破損・落下防止
- 給水設備の破断、転倒等の防止
- 電気設備の露出・損傷の防止
- 空調室外機の脱落・落下防止
- 給湯設備の破断・転倒防止
- 家具の転倒防止



# **(2) 耐震設計法の変遷と 耐震診断が必要な建物**

## 建築基準法の変遷

1971年

1981年

2000年

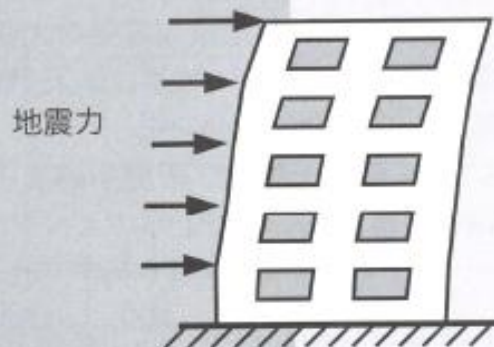
## 旧建築基準法

## 旧建築基準法(改正)

## 新耐震設計法

## 新建築基準法

震度5弱程度までは構造部材は無被害  
ただし、想定した地震力が実際の地震より小さい



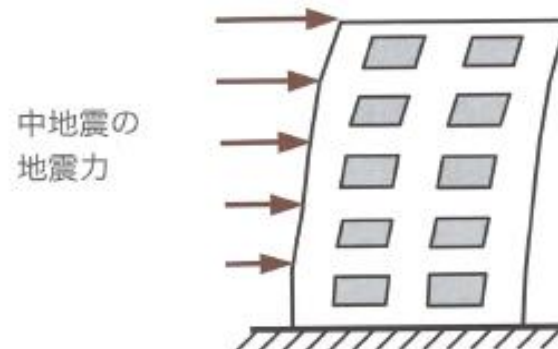
大地震に対する規定なし

RC柱の変形能力に  
対する配慮なし  
=コンクリートが  
はじける脆い壊れ方  
(被害写真参照)



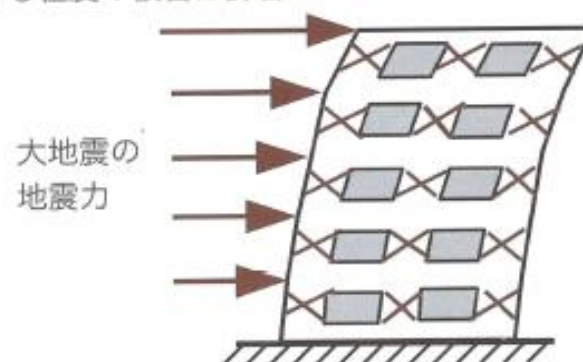
RC柱のコンクリート  
がはじけないように、  
しっかり鉄筋で拘束  
=変形しても壊れに  
くい柱

震度5弱程度までは構造部材は無被害  
設計用の地震力分布は実際の地震に近くかつ大きい



中地震の  
地震力

震度6弱～6強の大地震では構造部材は崩壊しないで  
人命を保護。極端に弱い階を造らず層崩壊を防ぐが、  
ある程度の被害は許容



大地震の  
地震力

震度5でOKも震度6強、7に対する安心には  
繋がらないことに注意

1981年以降  
(新耐震)

軽微・無被害

中破・  
小破

大破  
以上

1981年以前  
(旧耐震)

軽微・無被害

中破・  
小破

大破以上

阪神大震災の被害分類



# 旧耐震建物、まずは耐震診断から

— 昭和56年6月建築基準法改正




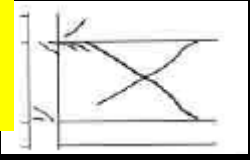

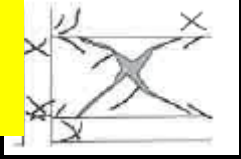

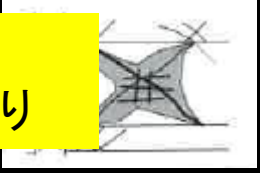

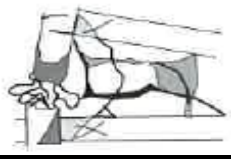
旧耐震設計法 ⇒ 新耐震設計法

- ・ 旧耐震建物の耐震性安全性を確認する必要

— 既存不適格建築物 —

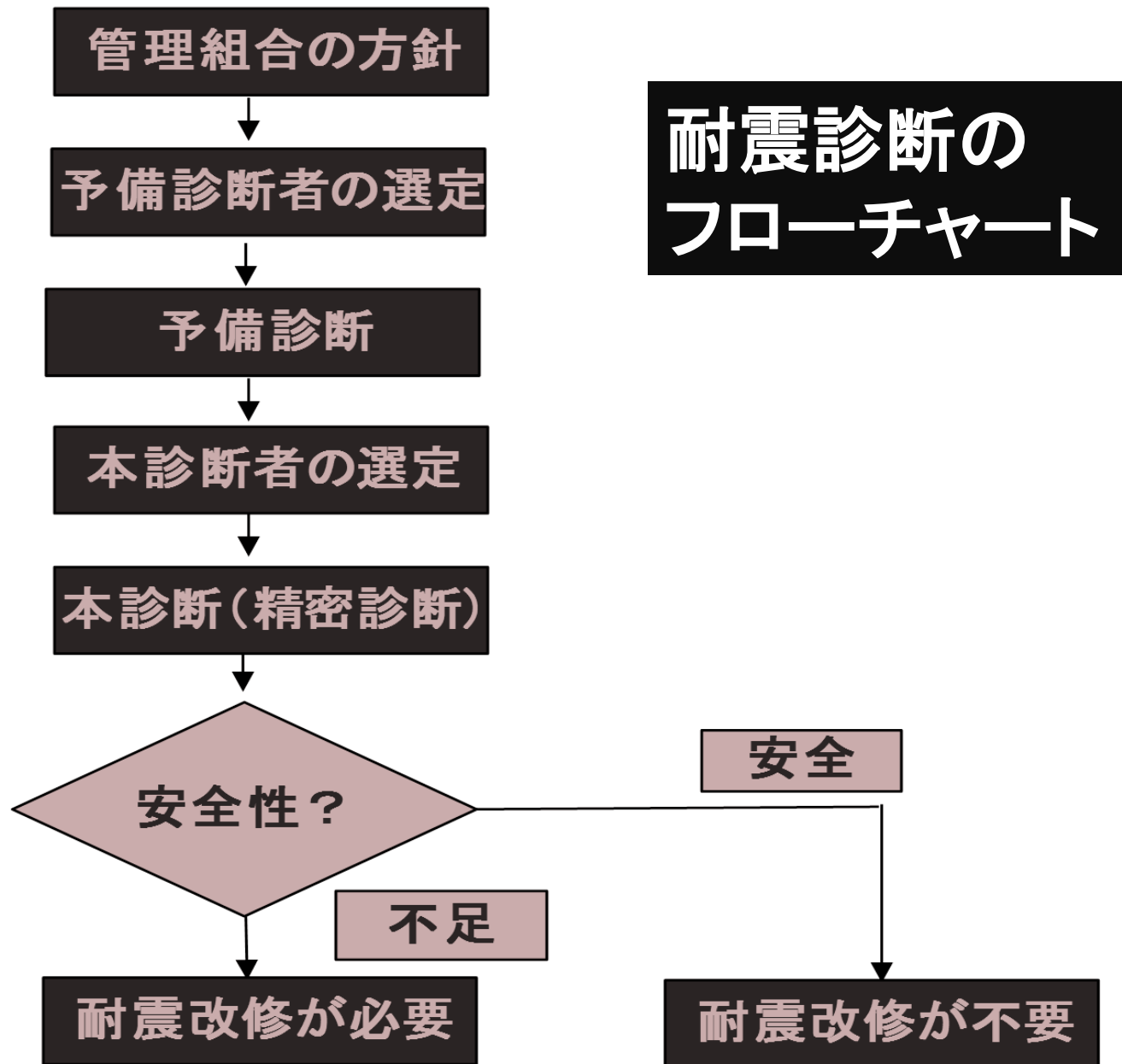


耐震診断

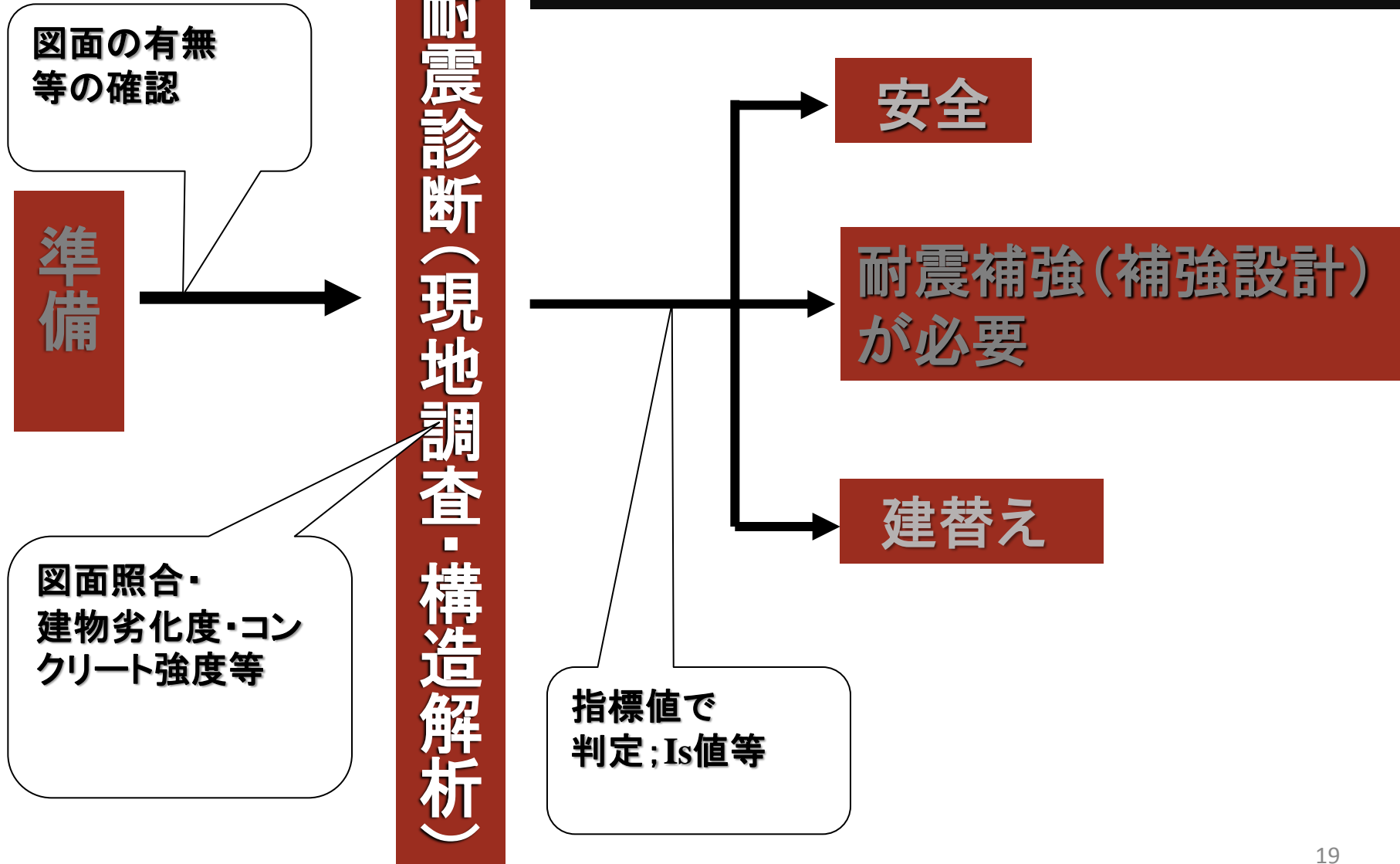
震度	人に与える影響	Is値<0.6(*)	Is値≥0.6
5弱	やや行動に支障 	軽微、もしくは損傷なし 	
5強	非常な恐怖 	小破: 亀裂が残るものあり 	軽微、もしくは損傷なし
6弱	立っているのが困難 	中破: 破壊するものあり 	小破の可能性あり
6強	這う 	大破: 倒壊するものもあり 	中破の可能性あり
7	揺れに翻弄 	崩壊: 倒壊するもの多い 	倒壊危険性低い

(\*) Is<0.3の場合、地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性が高い<sup>16</sup>

# **(3) 耐震診断とは**



# 耐震診断と安全性の判断



# 耐震診断法の種類

## ①第1次診断法(柱、壁の量で性能評価)

壁の多い建物の耐震性能を簡略的に評価する場合に用いる。

## ②第2次診断法(柱、壁の量及び強度で性能評価)

柱や壁などの鉛直部材の破壊が先行する建物に適用。1981年以前の既存鉄筋コンクリート造建築物に対する適用性が最も高い。

## ③第3次診断法(柱、壁、梁の量及び強度で性能評価)

梁の破壊が柱や壁に先行する建物に適用。計算量は最も多く、高度な知識と慎重な判断を要する。





2011年改訂版  
耐震改修促進法のための  
既存鉄骨造建築物の耐震診断  
および耐震改修指針・同解説  
耐震改修促進法に基づく国土交通大臣認定  
耐震診断及び耐震改修に関する指針と解説

2009年 改訂版  
既存鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の  
耐震診断基準  
同解説  
監修 国土交通省住宅局建築指導課

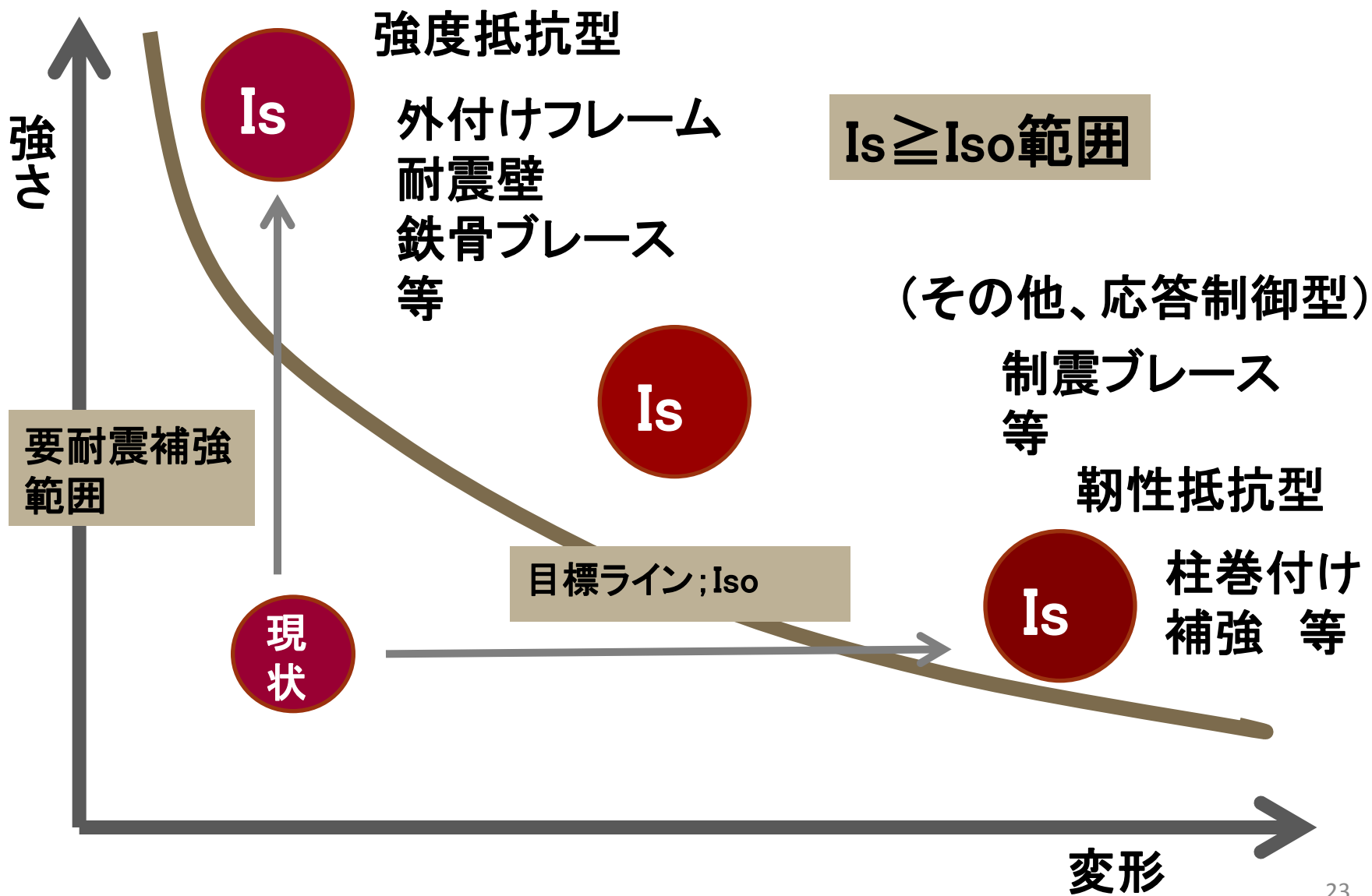
2001年改訂版  
既存鉄筋コンクリート造建築物の  
耐震診断基準  
同解説

監修 国土交通省住宅局建築指導課  
発行 財団法人 日本建築防災協会

RC・SRC S W  
再使用の可能性を判定し、復旧するための  
震災建築物の被災度区分判定基準  
および復旧技術指針 2015年改訂版  
I編 被災度区分判定と震災復旧の概要  
II編 鉄筋および鉄骨鉄筋コンクリート造建築物  
I編の概要 II編の概要  
監修 国土交通省国土技術政策総合研究所  
国立研究開発法人建築研究所  
編集協力 国土交通省住宅局建築指導課  
発行 一般財団法人 日本建築防災協会

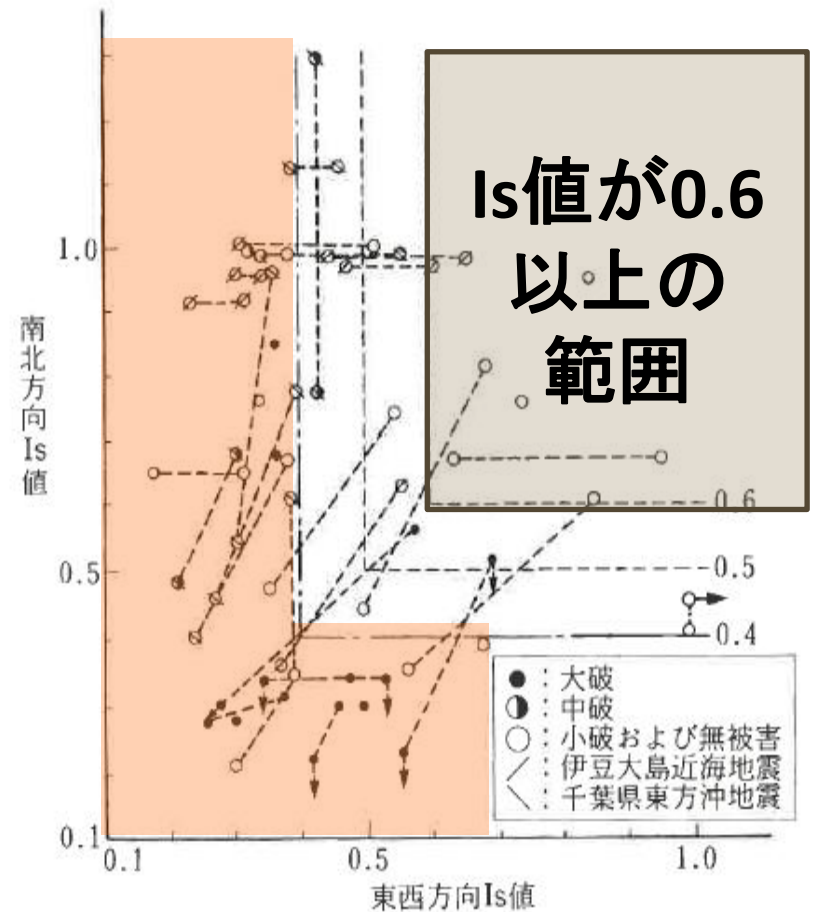
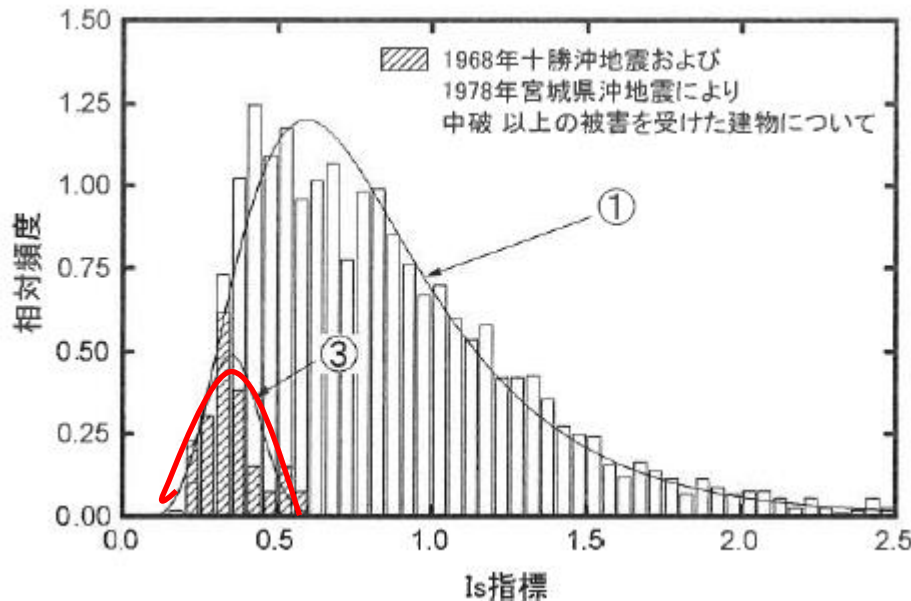
# 構造耐震指標: $I_s$

建物の強さと粘りを総合的に  
評価する指標値



# Is値と震害の関係

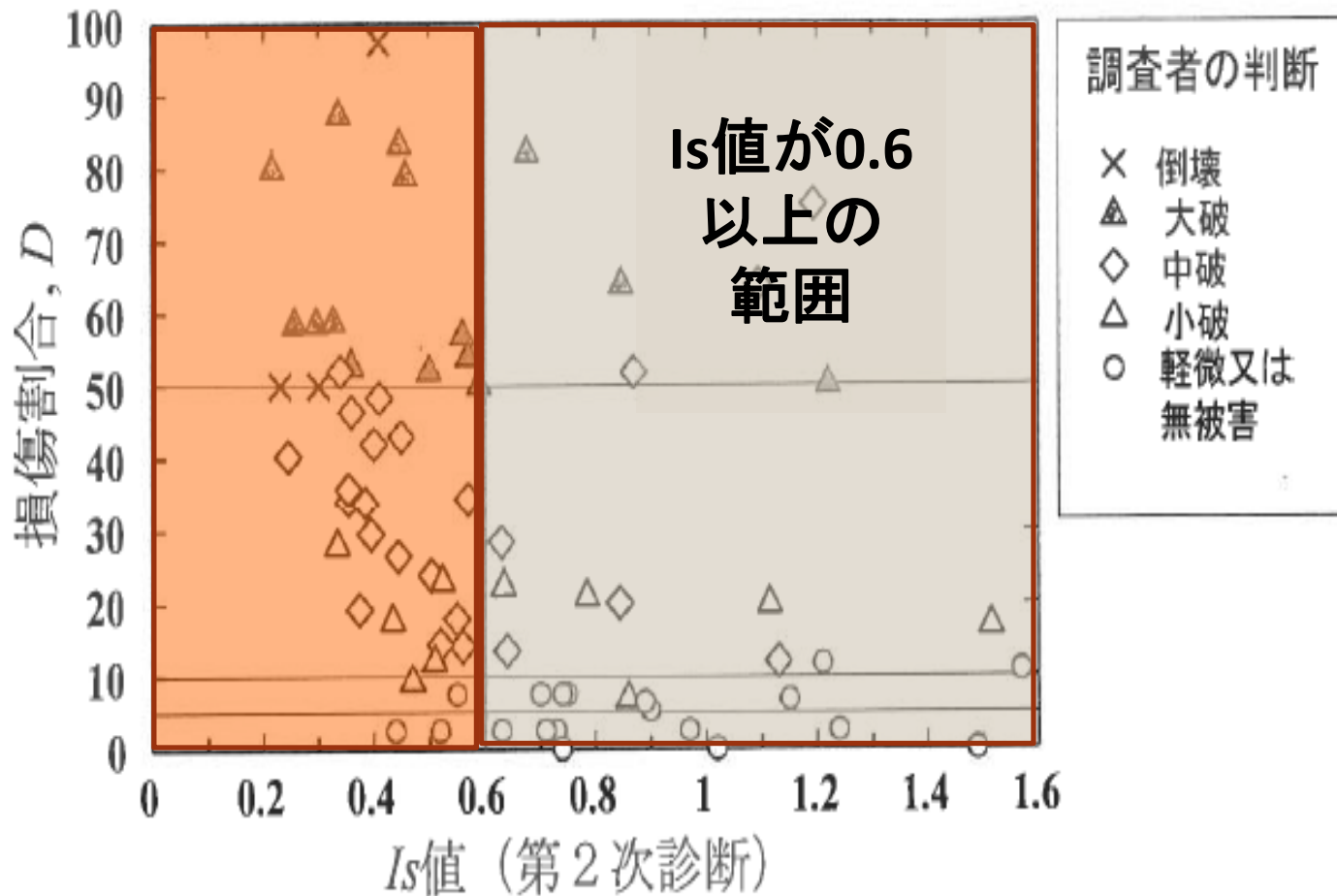
- ・Is値が0.4以下の建物の多くが倒壊または大破の恐れ
- ・Is値が0.4～0.6では中破以上の被害
- ・Is値が0.6では、概ね小破以下にとどまる



解図 5.2-2 第2次診断用 Is 値と震害<sup>5)</sup>

既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準より

# Is値と損傷割合の関係



既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準より

# 耐震診断の方法



# 建物の現況調査/T指標

(建築図との照合を行う)



# 建物の現況調査/T指標

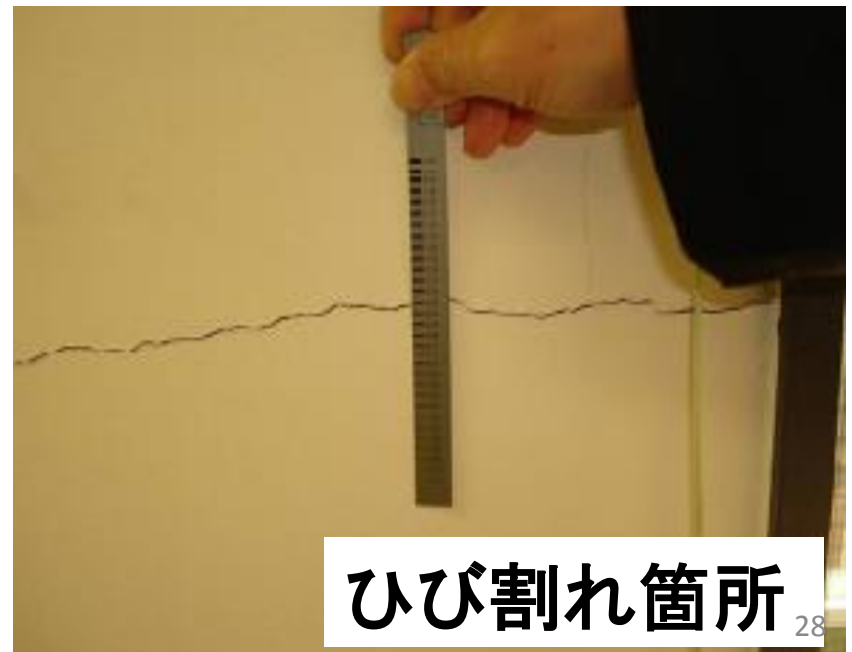
(劣化箇所を確認する)



漏水箇所



タイルの剥がれ

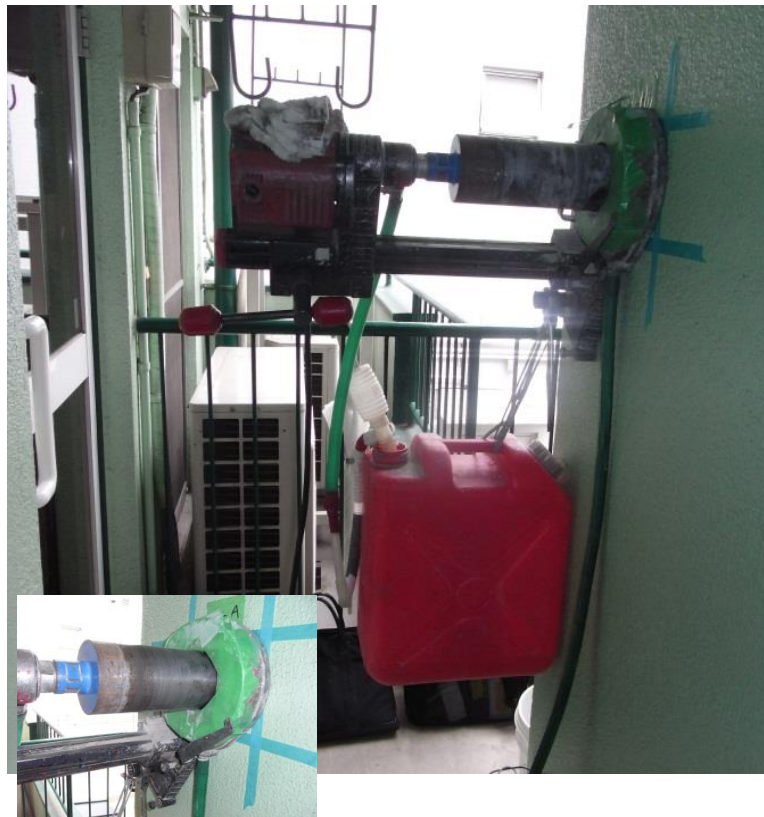


ひび割れ箇所

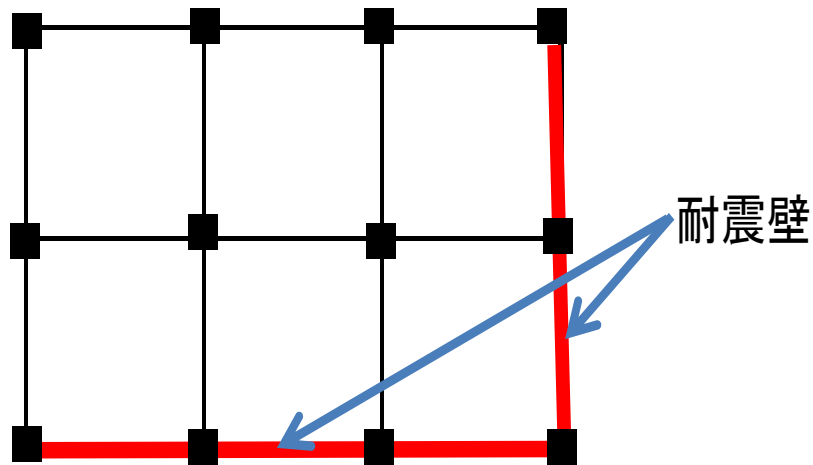


# 建物の現況調査/T指標

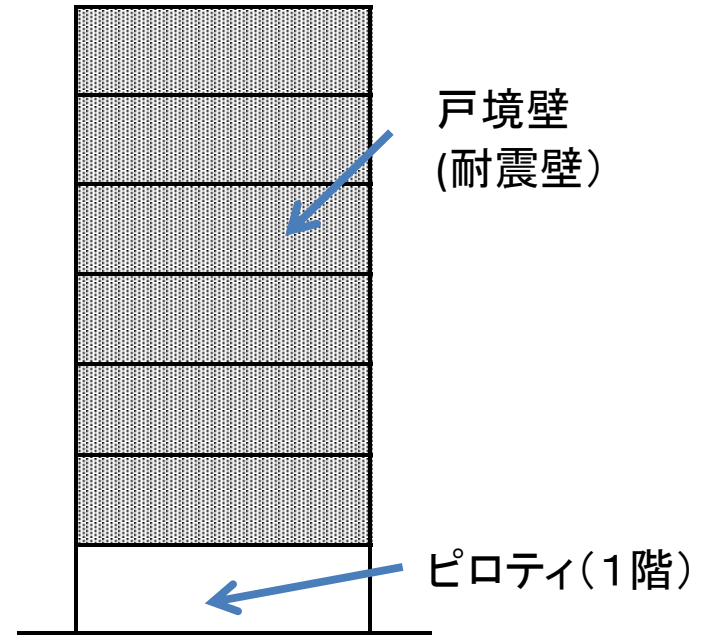
(コンクリートの強度と中性化を確認する)



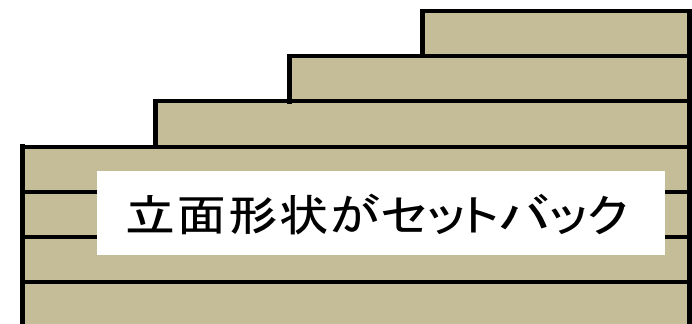
# 建物の重量や剛性の バランス/ $S_D$ 指標



平面形状におけるねじれの  
検討(偏心率)



立面形状における剛性変化  
の検討(剛重比)



# 設計図書が無い場合の図面復元調査フロー

## 1 各階平面形状調査

- ・主要スパン、
- ・柱、梁、壁等の位置と外形寸法、
- ・各階梁伏図

## 2 各階立面形状調査

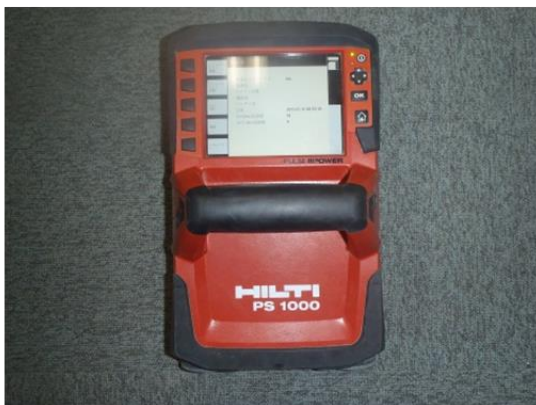
- ・階高、窓寸法、立面図

## 3 主要構造部材断面調査 \*

## 4 図面がある場合との費用比較

- ・費用;2倍程度、
- ・工期;2~3倍程度

# 既存図面が無い場合の主要構造部材調査



**X-Scan PS1000**



**湿式ダイヤモンドコアユニット**



**乾式ダイヤモンドコアユニット**

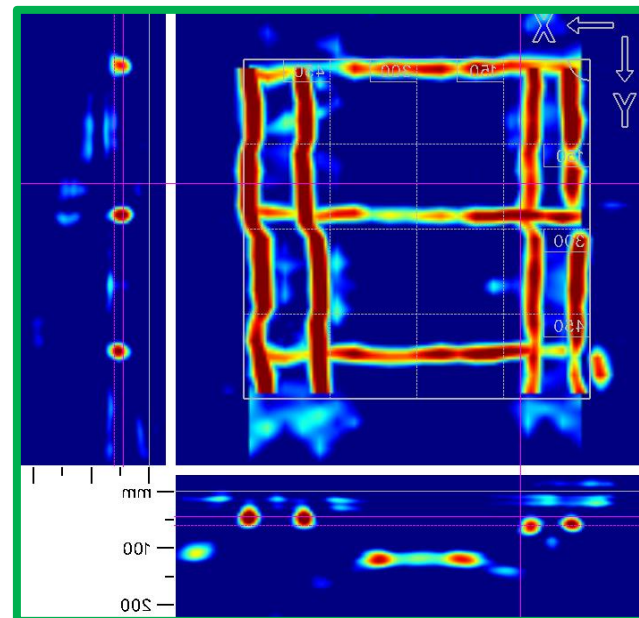
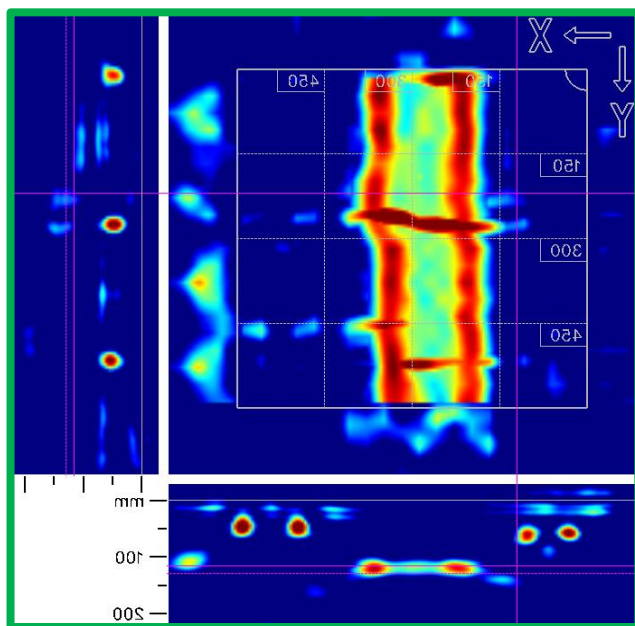


**超音波探傷試験ユニット**



## 調査項目

- ①鉄骨フランジの幅・かぶり
- ②鉄骨フランジ厚
- ③鉄筋径
- ④鉄筋のピッチ・本数(写真)



# **(4) 耐震補強とは**

# 診断結果表



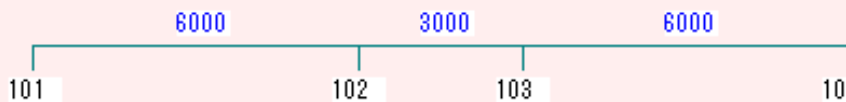
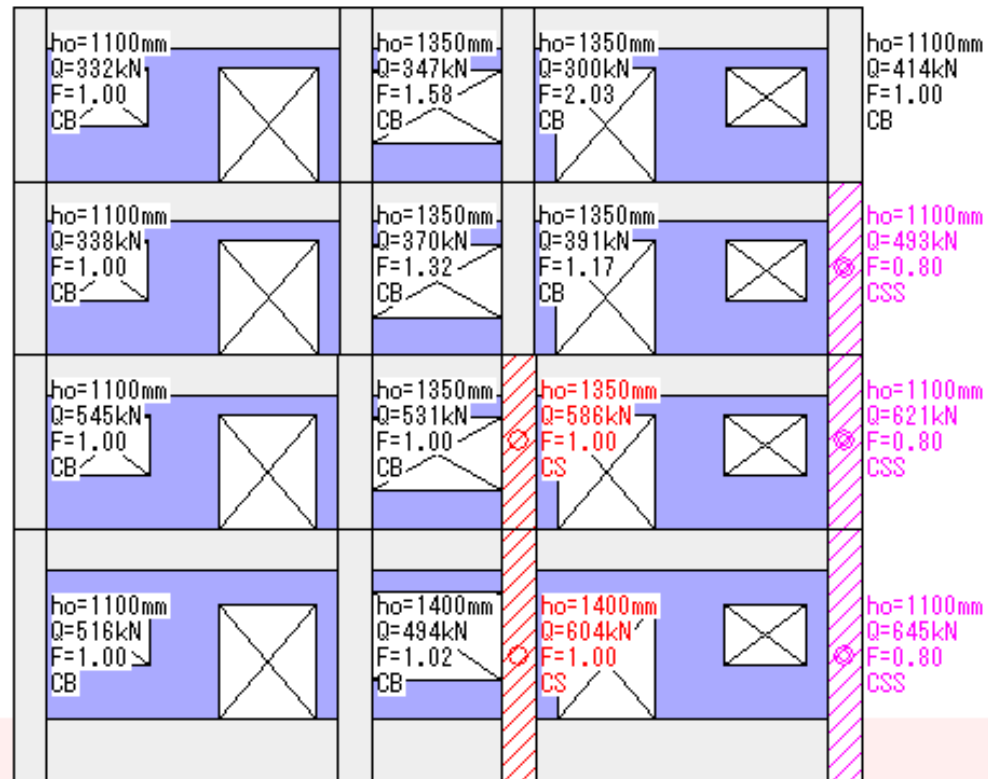
建物名: TEST				建設年月日:						
方向: X方向 正加力		診断者:		診断年月日: 2012/08/03						
診断回数: 2次		経年指標 $T = 1.000$		構造耐震判定指標 $I_{so} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U = 0.60 * 1.00 * 1.00 * 1.00 = 0.600$						
階	Fu	C	F	破壊形式	Eo	SD	I <sub>s</sub>	C <sub>TU</sub> ·SD (Nr<N)	判定	
3	(5)式	1.00	( 1.03)	1.00	CB, CS, CWB, CWS, WCB	0.744	1.17	0.871	0.87	( 0)
2	(5)式	1.00	( 0.63)	1.00	CB, CS, CWB, CWS, WCB	0.546	1.17	0.639	0.63	( 0)
1	(5)式	1.00	( 0.50)	1.00	CB, CS, CWB, WCB, WCS	0.506	1.17	0.592	0.59	( 0)

階

判定

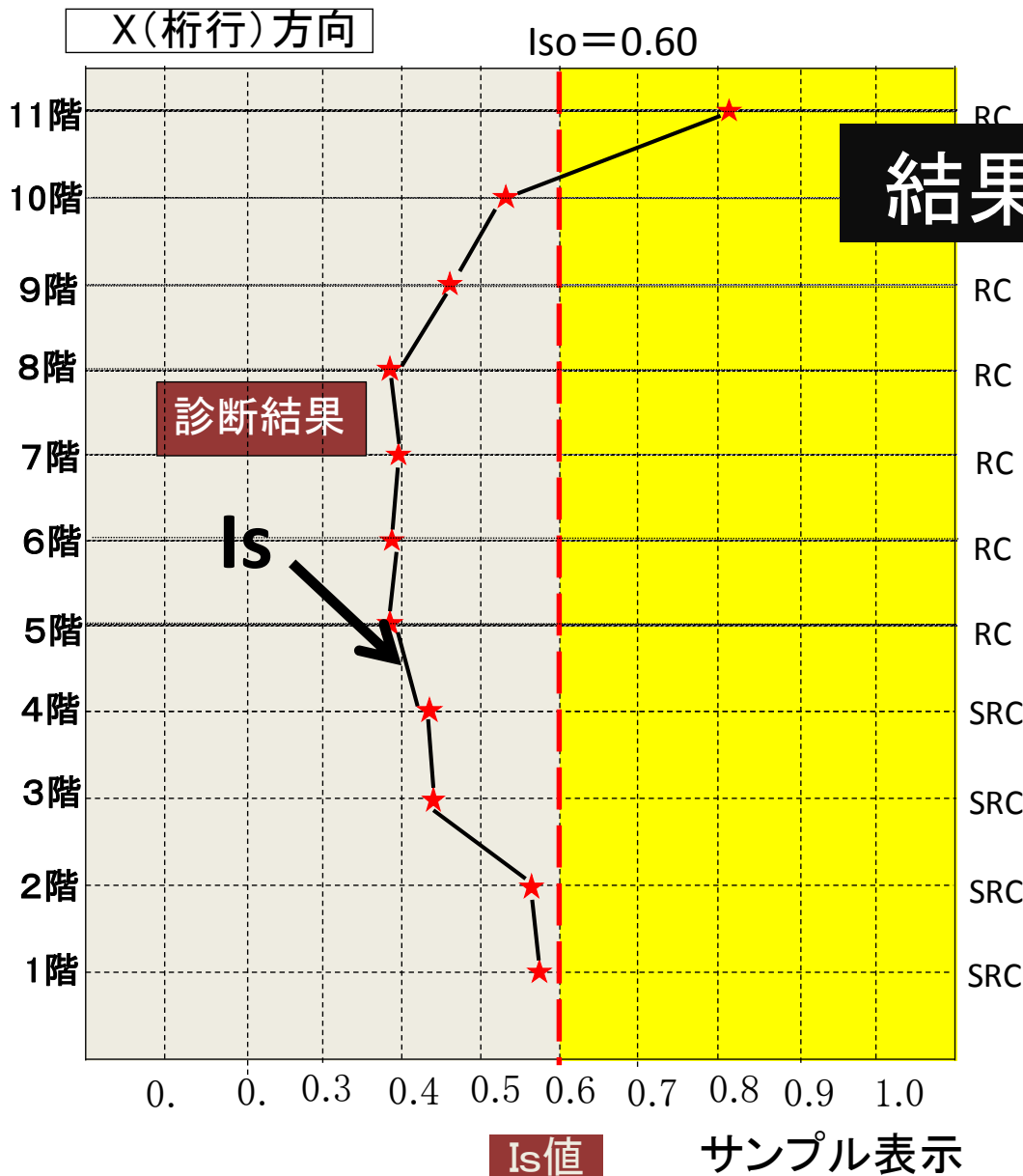
OK  
NG

# 柱や壁の耐力・破壊モード



サンプル表示

# 耐震診断の結果のまとめ



結果の表示例 / 重要

耐震性能は主に  
Is値で判断する。  
目標指標値は  
ISO=0.6とする。  
 **$Is \geq ISO$**

耐震診断結果の所見  
「大きな地震に対して、  
十分な **強さと粘り**を  
発揮できる結果となっ  
ているか」

⇒ 目標指標値を下回る場合  
は、その要因を分析する



液状化のメカニズム  
地下水位の高い砂地盤が  
地震の揺れにより泥水化し、  
砂粒が沈降、地盤が沈下し  
泥水が地上に噴出する現象

地盤の影響も

- 崖地、傾斜地
- 軟弱地盤
- 造成地
- 液状化

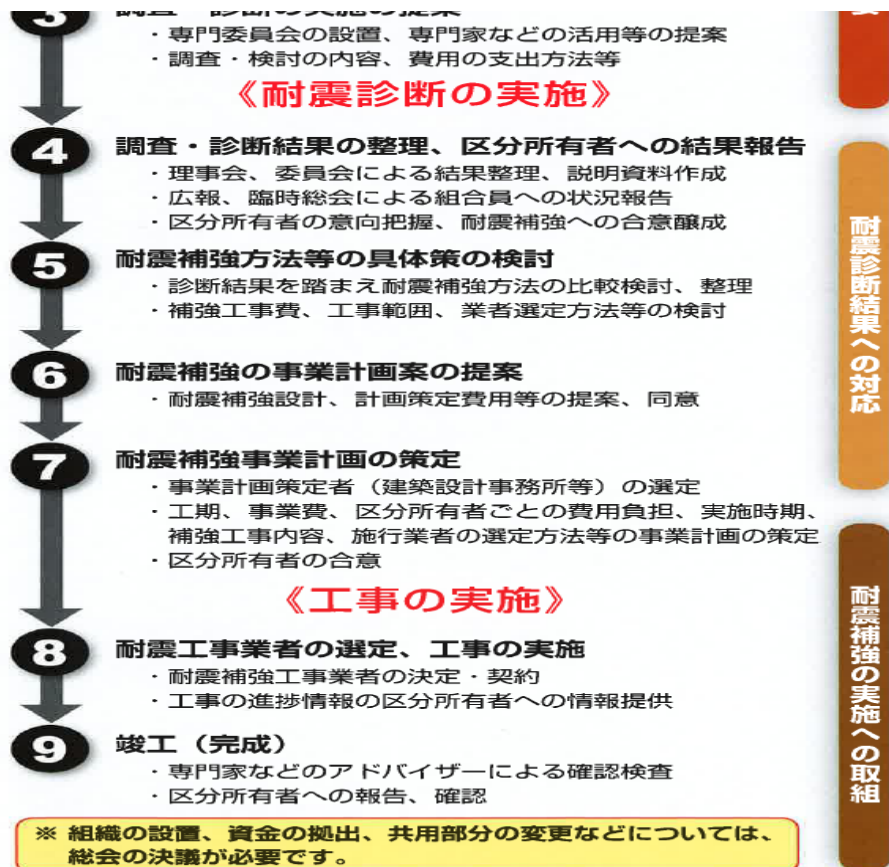


# 補強への進め方

# 耐震診断から改修への進め方

診断に入る前の準備検討が大切

- ・設計者と相談して、補強の際の様々なシミュレーションを予めしておく



東京都都市整備局「マンション耐震化のすすめ」より

# 私の考える補強改修の意義

- ①人の命を安全に護る
- ②地震時の避難路の確保
- ③レジリエントな防災・減災機能の強化  
\* **Resilience** : 回復力
- ④防災に対するコミュニティの意識の高まり

# 合意形成の話し合いに良くでる意見

## (1) 耐震性と耐久性

- 耐震補強の費用のために、建物の長期的な維持管理費用が圧迫されないか。築年数を考慮すると、設備配管等の劣化の方がより現実的な問題である。
- 大地震で構造体に大きな損傷を生じることが避けられても、設備配管等が損傷し、結果的に住めない状況になってしまわないか。
- 住民全員の合意形成に十分時間をかける必要がある。助成制度にとらわれて、安易に結論を急ぐべきではない。
- 建替えまで含めて検討したい。
- 住民の高齢化が進んでおり、いつまで住めるか将来の見通しが立てにくい。
- 高齢化に対し安心して住める対策がないと片手落ちになる。

# 合意形成の話し合いに良くでる意見

## (2)補強工法上の問題

- 補強工事に関する負担(美観、景観を含め)を、全住戸で均等化したい。
- 大切にしている建物外観を変えたくない。
- 敷地内の空地に余裕がない(外付け工法の適用が難しい)。

### (専有部に入る工法の場合)

- ワンルームがある場合、居ながら施工が難しい。
- 仕事の関係で、在宅しての工事の立会いが困難。
- 最近リフォームしたばかりで、再度の対応はいや。
- 補強工事に付随する工事が各戸様々であり、共通費とするか自己負担とするか仕分けが煩雑になる。



# 補強に進むためのポイントの整理

- 専有部に入る補強は難しい
- 南側バルコニー面にブレースの設置は受け入れ難い
- 今の外観イメージを壊したくない
- 工事中の日常生活に支障が生じない
- 補強によるマイナス影響が住戸間で偏らない
- 長期修繕計画に影響しないよう、無理、無駄のない資金計画 など、など

いろいろな計画案について十分な意見交換を重ねて

⇒防災の大切さと最適な補強方法を住民全員で共有し、

前向きに取り組む意識の醸成を図る

⇒信頼できる専門家に協力を求めることも有効

# 耐震補強の事例紹介

- ①外観イメージの変化を極力避けるための  
外付フレーム補強
- ②耐力が大きくとれるブレース補強
- ③地震時の揺れを抑制する制震補強
- ④危険な倒壊に直結するピロティ柱の補強
- ⑤URにおける補強事例

# 専有部に入らない外付け補強(1)





# 専有部に入らない外付け補強(2)



# 専有部に入らない外付け補強(3)





# 専有部に入らない補強



東京都都市整備局「ビル・マンションの耐震化読本」より  
バットレス型制震機構による補強  
(前田建設)



全景写真



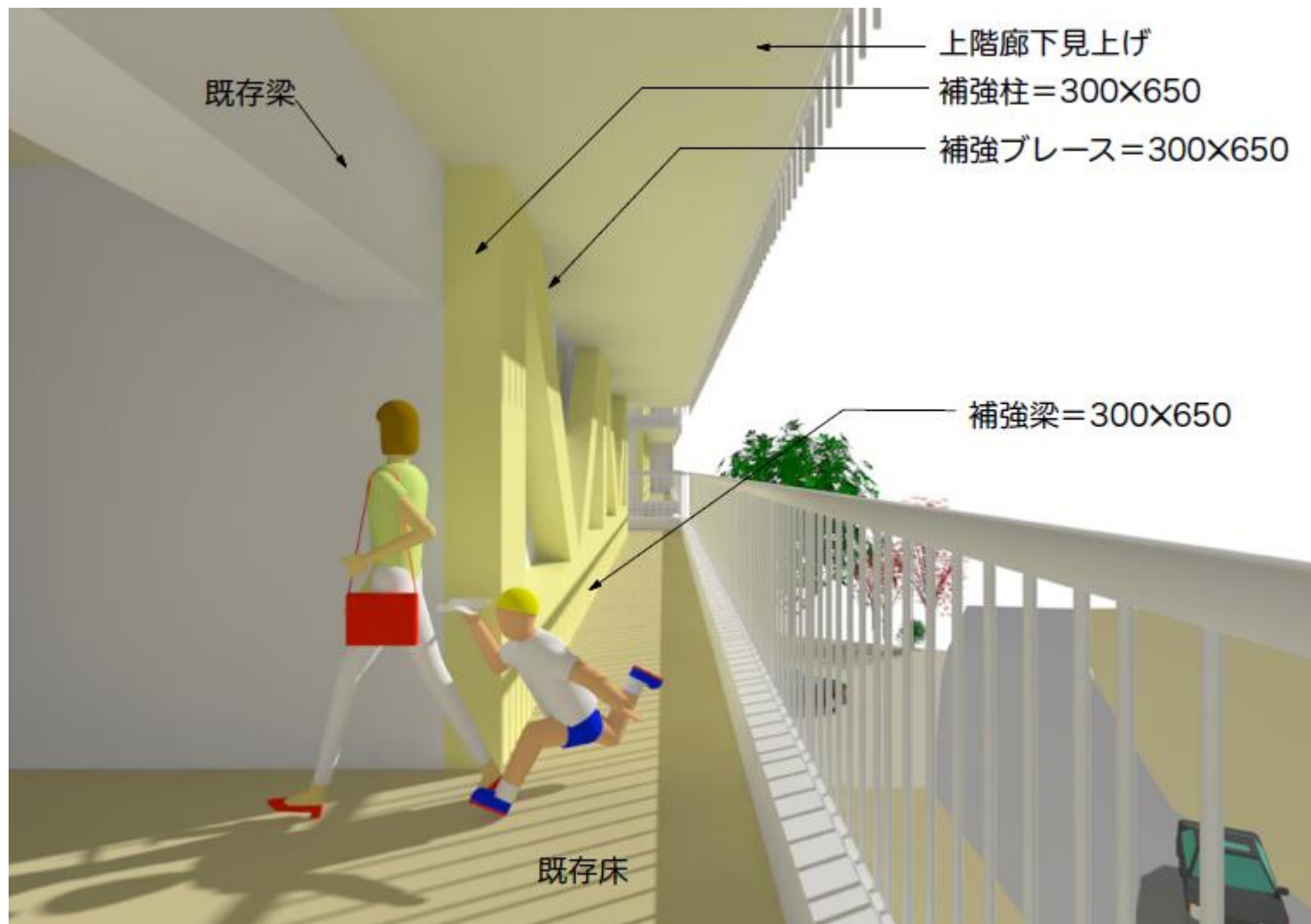
工事前



# 耐力の大きいブレース補強(1)



# 北側廊下の内側に補強イメージ





# 耐力の大きいブレース補強(2)



事務所ビルにおける  
鉄骨ブレース補強例



マンションにおける  
鉄骨ブレース補強例

# 全住戸に均等なブレース補強



詳細

工事後

東京都都市整備局「ビル・マンションの耐震化読本」より  
全住戸に外付けブレースを設置した補強(大林組)  
～居住者にとって平等な耐震改修工事

# 制振補強で揺れを抑える



制震ダンパーによる補強例

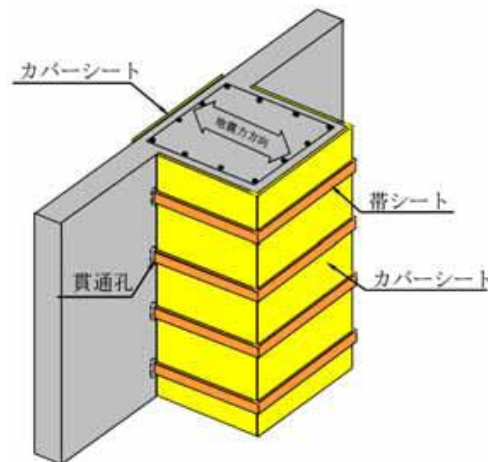


# 柱に粘りを付与する補強



外付け柱補強例

## 繊維シートによる補強例



壁付き柱補強例





# BIMの活用により補強イメージを シュミレーションして合意形成を図る



**BIM ; Building Information Modeling**

事例作成 ; 建築技術支援協会 (サーツ)

# ブレースによる補強をしたら



# ルーバー(縦格子)を掛けたら



# 門型フレームで補強したら



**BIM**によりの工法毎の工事費も同時に比較できる

# Imagine 想像して下さい

あなたのマンションが地震に  
遭遇したら・・・

住民の77%がもとの家に暮らしたいと望んでい  
る

(NHKTV 7/13による益城町調査報告)  
ぜひ、皆様のマンションの状況に  
応じた適切な備えをお考え下さい

ご静聴ありがとうございました