

マンションの耐震診断及び耐震補強に関する研究報告書

平成21年9月

マンションの耐震診断及び耐震補強に関する研究報告

(趣旨)

過去の日本における地震被害の経験から、建築基準法制定以来、耐震基準は、1971年の改正と1981年の2度の改正を経て、現在の新耐震設計基準に変遷してきた。1995年に発生した阪神・淡路大震災が、奇しくも新耐震設計基準の実験現場となったことは残念なことである。建物の全壊約10万5千棟、半壊14万4千棟、死者6,434名、負傷者43,792名と戦後最大の被害規模となった。この震災の特徴は、神戸市という都市に震度6～7の大地震が襲ったところにある。もしこの規模の地震が、大都市の東京、大阪、名古屋、横浜、福岡、札幌などの建物の密集した大都市を襲ってきた場合を想定すると被害が甚大であることが予想される。

この研究では、マンションが連立する大都市部のマンションの居住者や管理組合の役員の皆さんが、自身のマンションの耐震性能を把握するための知識として、知っていなければならない事柄を記載した。この冊子を精読いただき、特に1981年以前に建設されたマンションについては、耐震診断を実施され、危険と判定が出たならば、補強工事を施されることが望まれる。

平成21年9月18日

目次

第1章 地震の基礎知識

- | | |
|----------------|---------|
| 1、地震の大きさを表わす単位 | 2、液状化現象 |
| 3、主な液状化対策工法 | |

第2章 耐震規定の変遷

- | | |
|------------------|----------------|
| 1、地震の発生と建築基準法の変遷 | 2、被害の大きさとそのランク |
| 3、被害例 | |

第3章 耐震診断

- | | |
|-----------|------------------|
| 1、耐震性能 | 2、耐震性能及び補強の要否の判断 |
| 3、耐震診断の流れ | 4、建物現地調査項目 |
| 5、現地調査の実際 | 6、耐震性の判定 |
| 7、診断手法 | |

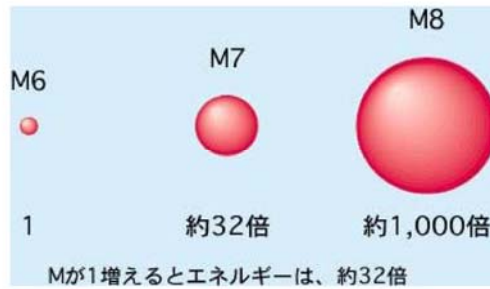
第4章 耐震補強

- | | |
|------------------|----------------|
| 1、耐震補強にあたっての留意点 | 2、補強法の種類と比較 |
| 3、耐震補強分類と方法 | 4、鉄筋コンクリート壁の補強 |
| 5、鉄骨ブレース（筋かい）の補強 | 6、柱の補強 |
| 7、制震補強 | 8、免震補強 |

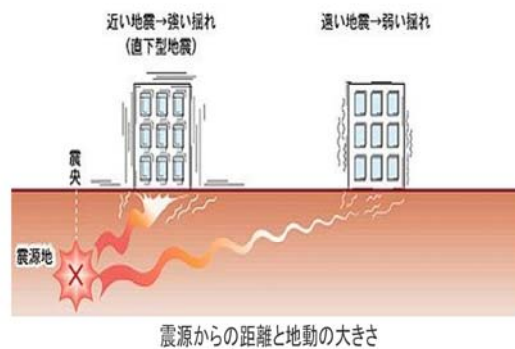
第1章 地震の基礎知識

1、地震の大きさを表す単位・・・地震は、マグニチュードと震度で表す。

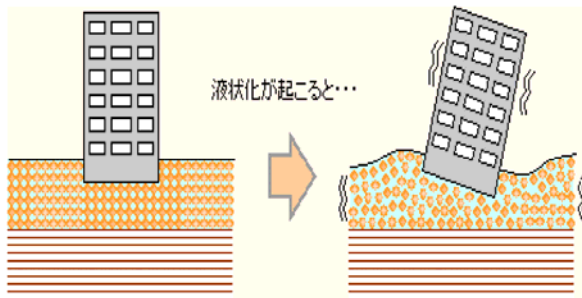
(1) マグニチュード・・・地震の規模（エネルギー量）を表わす単位。



(2) 震度・・・各地点の揺れの強さを表わす。



2、液状化現象・・・地震の揺れにより地盤がゆるくなり、あたかも液体のような状態になることを言い、建物の転倒・浮き・沈下等を起こす。



地盤支持力の消失によるアパートの転倒



岸壁の裏込め土の流出による地盤沈下



基礎の水平移動に伴う柱の倒れ



浮力による地下オイルタンクの浮上り

3、主な液状化対策工法

液状化の対策には、主に次の3つの方法がある。

(1) 地盤を締め固め、水の逃げ道を作る。

(3) 固い地盤まで、剛強な杭などを打ち込む。

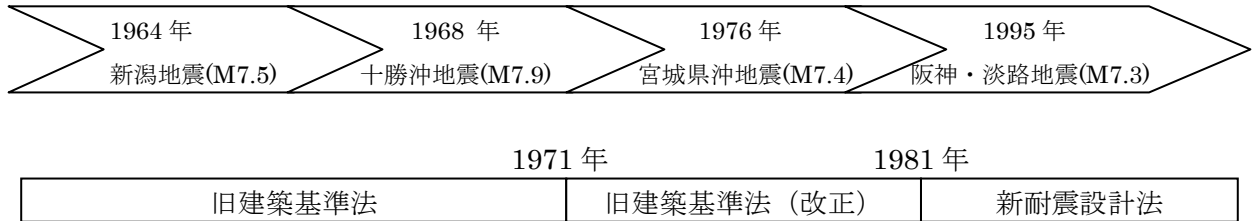
(2) 軟弱地盤を改良する。

4、その他の被害例



第2章 耐震規定の変遷

1、地震の発生と建築基準法の変遷



2、被害の大きさとそのランク

ランク	被害状況
軽微 I	柱・耐力壁・二次壁の損傷が、軽微か若しくは、ほとんど損傷がないもの。
小破 II	柱・耐力壁の損傷は軽微であるが、RC二次壁・階段室のまわりに、せん断ひびわれが見られるもの。
中破 III	柱に典型的なせん断ひびわれ・曲げひび割れ、耐力壁にひび割れ、RC二次経期・比構造体に大きな損傷が見られるもの。
大破 IV	柱のせん断ひび割れ・曲げひび割れによって鉄筋が座屈し、耐力壁に大きなせん断ひび割れが生じて耐力に著しい低下が認められるもの。
崩壊 V	柱・耐力壁が大破壊し、建物全体または建物の一部が崩壊に至ったもの。

日本建築学会「1978年宮城県沖地震被害調査報告」

3、被害例

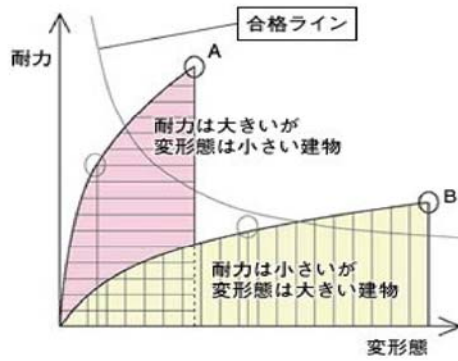


第3章 耐震診断

1、耐力性能

建物の耐力を評価する要素としては、耐力の物差しと変形能力という物差しの2つの基準がある。耐震性能は、次の式で表わす。

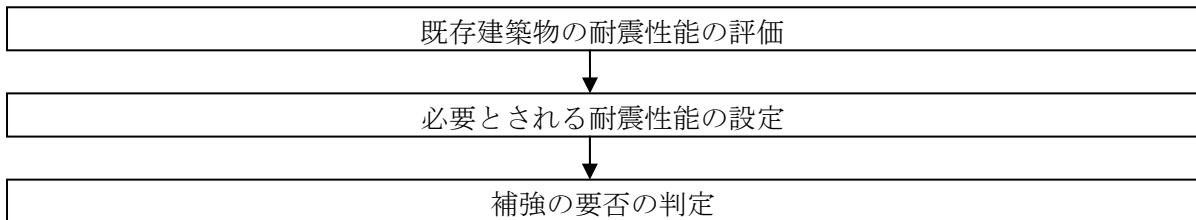
$$\text{耐震性能} = \text{強度 (耐力)} \times \text{靱性 (変形能力)}$$



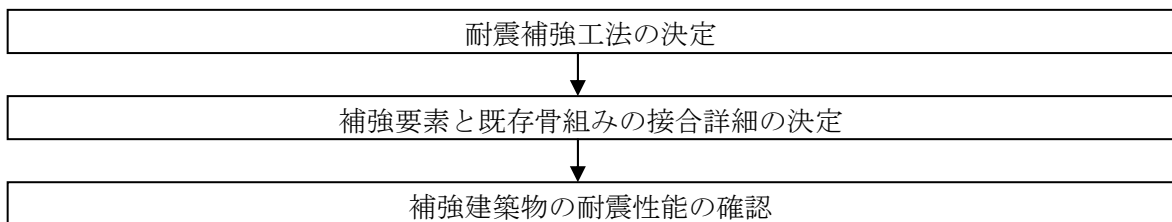
- 同じ耐震性能を持つ建物でも、Aの様に耐力の大きい建物とBの様に変形能に優れた建物とがあります
- 合格ラインを下回る建物は耐震補強が必要です。

2、耐震性能及び補強の要否の判定

(1) 耐震診断



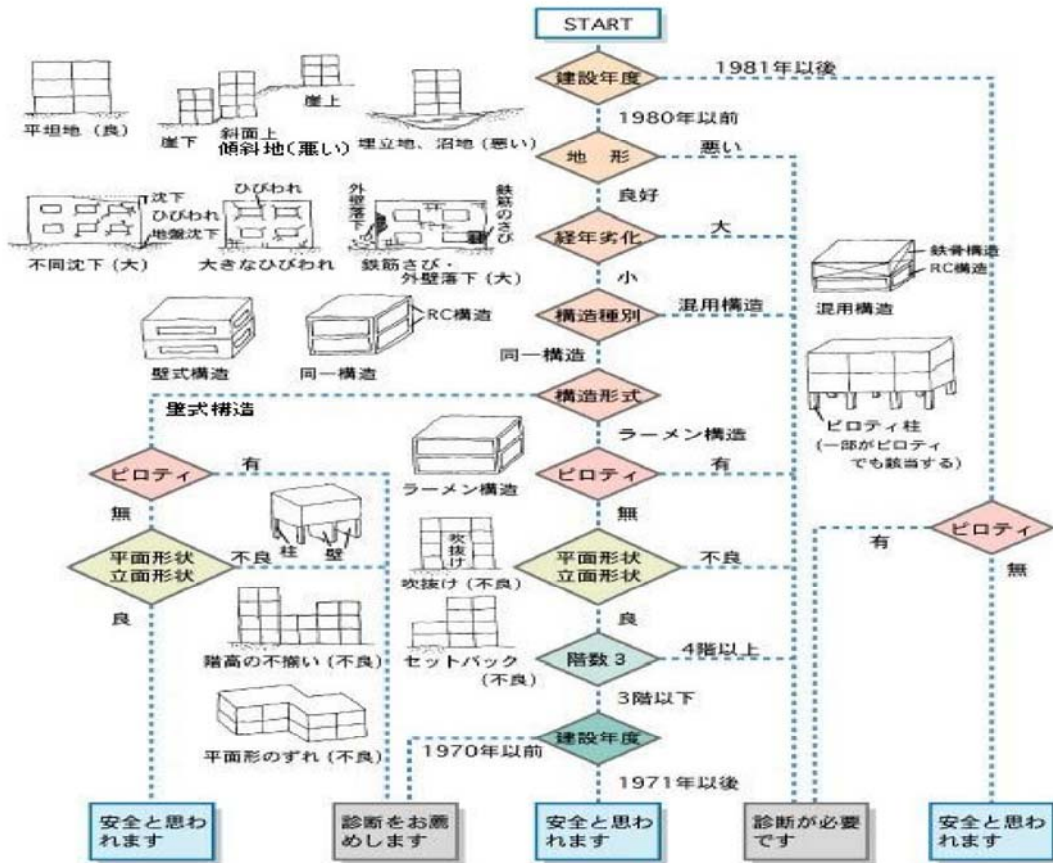
(2) 耐震補強（補強が必要とされた場合）



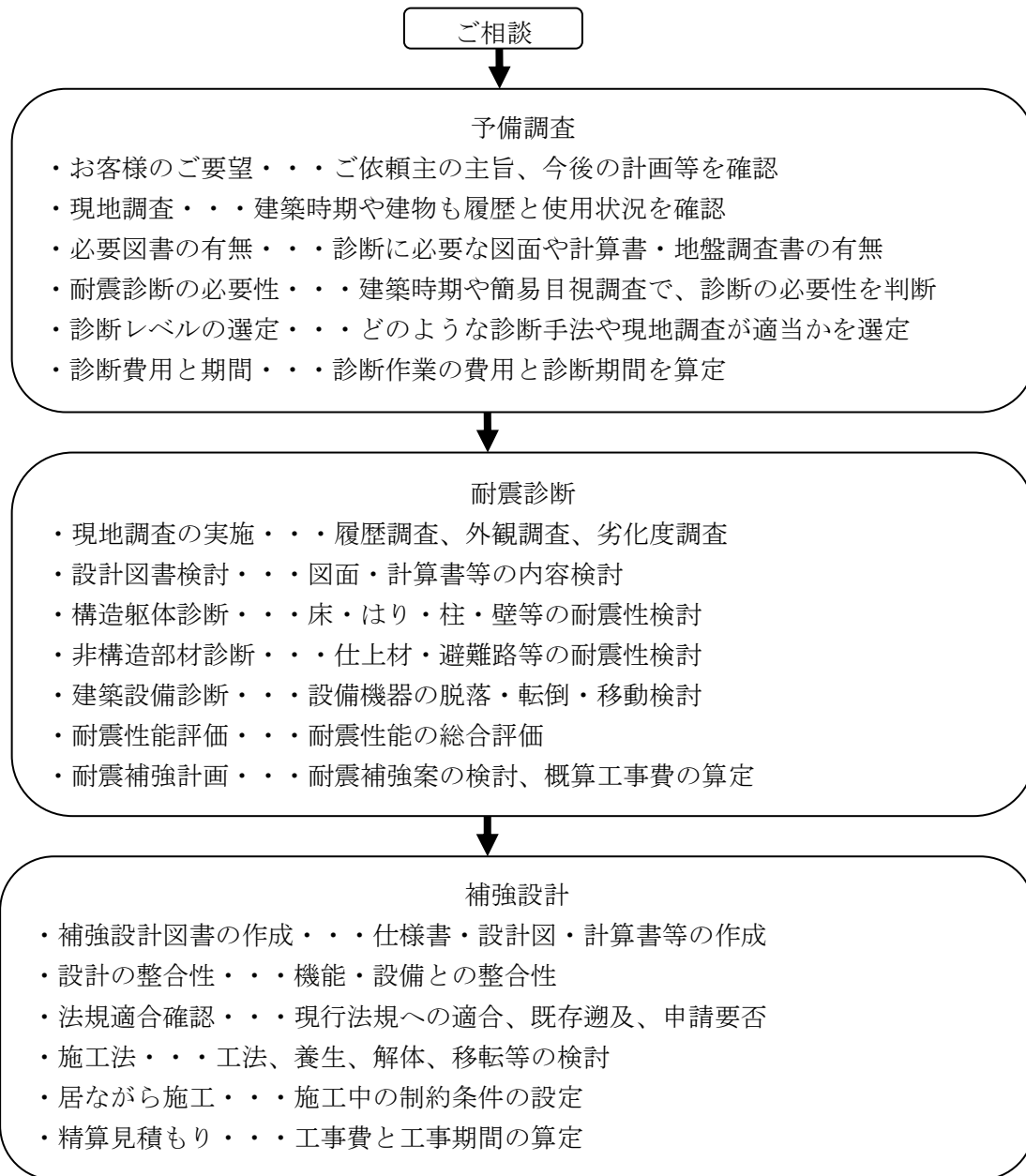
(3) 耐震診断を薦めたい建物は次のような建物

- ①比較的古い建物 ②バランスの悪い建物 ③耐震性能のグレードアップを図りたい建物
③大勢の人々が利用する建物や災害時に機能維持したい建物 ④その他

(4) 耐震診断の要否の目安



3、耐震診断の流れ



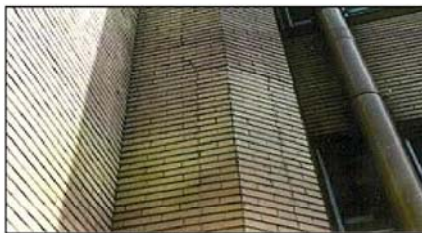
4、建物現地調査項目

調査項目	調査目的	調査方法
建物の概要 (予備調査)	<ul style="list-style-type: none"> ・耐震診断実施の要否の判定 ・耐震診断の可否の判定 	耐震診断予備調査表による。
躯体寸法	<ul style="list-style-type: none"> ・建物強度計算のための躯体寸法の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・主要構造部材や壁化以降寸法の目視及び実測 ・設計図書との照合、修正 ・
建物の変形	<ul style="list-style-type: none"> ・建物の老朽化状況の把握 (経年指標 T の算定) 	<ul style="list-style-type: none"> ・建物全体の不動沈下の調査 ・はりやスラブのたわみの調査
ひびわれ	<ul style="list-style-type: none"> ・建物の老朽化状況の把握 (経年指標 T の算定) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れの分布状況、幅等の目視及び実測
	<ul style="list-style-type: none"> ・建物強度計算のための強度確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・コア抜きによる強度試験

コンクリート強度	<ul style="list-style-type: none"> 建物の老朽化状況に把握 	<ul style="list-style-type: none"> シュミットハンマーによる現位置測定
コンクリートの中性化	<ul style="list-style-type: none"> 建物の老朽化状況の把握 (経年指標 T の算定) 	<ul style="list-style-type: none"> フェノールフタイン溶液による中性化の判定 コア抜きサンプルによる判定 現位置はつり出しによる判定
鉄筋・鉄骨の腐食	<ul style="list-style-type: none"> 建物強度計算のための断面確認 建物老朽化状況の把握 	<ul style="list-style-type: none"> 錆びの染み出しや浮き錆びの目視 現位置はつり出しによる確認 鉄筋腐食診断システムによる非破壊検査
配筋	<ul style="list-style-type: none"> 建物強度計算のための断面確認 構造図面の確認 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋探査機による非破壊検査 現位置はつり出しによる鉄筋径、本数、間隔、かぶり厚さの調査
鉄筋・鉄骨の強度	<ul style="list-style-type: none"> 建物強度計算のための強度確認 	<ul style="list-style-type: none"> 現位置はつり出し (切り出し) による試験片の作成 アムスラー等万能強度試験機による引張強度試験
地盤	<ul style="list-style-type: none"> 地盤状況の確認 地耐力、杭耐力の確認 	<ul style="list-style-type: none"> 既往の地盤調査結果の確認 新規地盤調査の実施 ジオエクスプローラー (地盤調査車) による調査
基礎	<ul style="list-style-type: none"> 現状の基礎、杭の状況確認 建物の老朽化状況の把握 	<ul style="list-style-type: none"> 現位置掘削による目視検査 設計図書との照合、修正 設計図書の新規作成

5、現地調査の実際

■ひび割れの調査



仕上げのひびわれ



躯体コンクリートのひびわれ

■コンクリート強度の調査(コア抜き法)



コンクリートコア採取

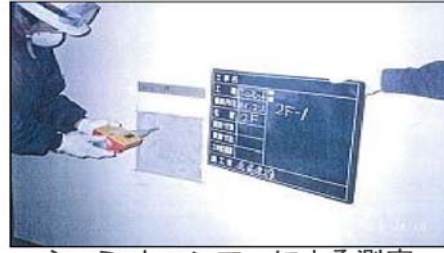


コンクリートコア圧縮強度試験

■コンクリート強度の調査(シュミットハンマー法)



仕上の撤去

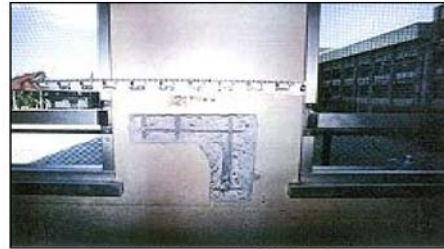


シュミットハンマーによる測定

■配筋の調査



配筋非破壊検査法



はつり出し配筋検査法

6、耐震性の判定

次の数式で耐震の安全性を判定する。

$$I_s \text{ (構造耐震指標)} \geq I_{SO} \text{ (構造耐震判定指標)}$$

判定指標 I_{SO} 値は、下表のとおりである。耐震補強が必要とされるのは、 I_s 値が 0.6 以下の場合である。

建設省告示 2089 号による既存建物の判定基準

構造耐震指標および保有水平耐力に係る指標	構造耐力上主要な部分の地震に対する安全性
(1) $I_s < 0.6$ または $q < 0.5$ の場合	地震の震動および衝撃に対して倒壊、または崩壊する危険性が高い。
(2) (1)および(3)以外の場合	地震の震動および衝撃に対して倒壊、または崩壊する危険性がある。
(3) $I_s \geq 0.6$ かつ $q \geq 1.0$ の場合	地震の震動および衝撃に対して倒壊、または崩壊する危険性が低い。
この表において、 I_s および q はそれぞれ以下の数値を表す。 I_s : 各階の構造耐震指標 Q : 各階の保有水平耐力に係る指標	

また、 I_s 指標の算定には、次の要素の乗数が用いられる。

$$I_s = E_0 \times S_D \times T$$

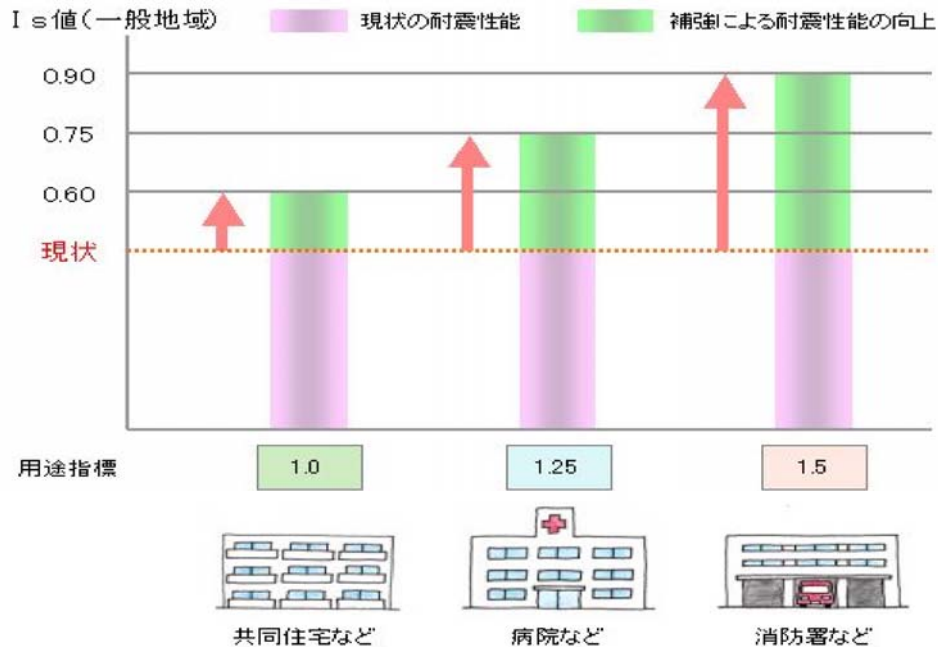
E_0 : 保有性能基本指標 (建物の強さ係数×粘り強さ係数)
建物の基本的耐力を示す係数ある。

S_D : 形状指標 (平面、立面形状の不整形性を考慮する係数)

建物の平面、立面の不整形が、建物の基本的な耐震性能 (E_0) に不利に作用する影響を考慮するためのペナルティー係数である。

T： 経年指標（経年劣化を考慮する係数）

ひび割れ、変形、老朽化など建築物の経年劣化がその基本的な耐震性能（ E_0 指標）に不利に作用する影響を考慮するためのペナルティ係数で、1.0 を基準として劣化の度合いにより低減されることとしている。



7、診断手法

- ① 第1次診断・・・主として強度抵抗型となるRC壁式構造あるいは比較的耐震壁が多く配されたフレーム構造の耐震性能を簡略的に評価することを目的として開発された診断手法である。
- ②第2次診断・・・梁よりも、柱、壁など垂直部材の破壊が先行し、これより構造物の耐震性能が支配される建築物、柱崩壊型建築物の耐震性能を簡略的に評価することを目的として開発された診断手法である。
- ③第3次診断・・・第2次診断で対象としている柱崩壊型建物に対し、梁の破壊が柱、壁に穿孔することにより耐震性能が支配される建築物、すなわち、梁崩壊型建物の耐震性能を簡略的に評価することを目的として開発された診断手法である。

以上が現在行われている耐震診断方法であるが、これらは建物の強さ（耐力）と建物の粘り（変形に耐える能力）を診断する手法で、被害の可能性の大小を知ることができる。また、大地震時に建物躯体だけではなく、設備機器も被害を受け、震災後の機能に支障をきたす。躯体の被害と同様に設備の被害の可能性の大小を知ることが必要である。

第4章 耐震補強

1、耐震補強にあたっての留意点

- (1) 平面上及び立面上の強度・剛性のバランスのよい耐震要素の配置。
- (2) 最も補強効果の期待できる位置の選定
- (3) 施工可能な補強位置の選定
- (4) 既存骨組と補強要素の寸法のバランス

2、補強法の種類と比較

種別	耐震補強	制震補強	免震補強
目的	地震力に抵抗	地震エネルギーの吸収により地震力の低減	地震入力をおろし地震力の大幅低減
手段	強度抵抗部材の配置靱性改善。	エネルギーの吸収装置(ダンパ)の配置	免震装置の配置
部材	強度抵抗：壁、ブレース、フレーム増設等 靱性改善：繊維補強、スリット等	弾塑性ダンパ ハニカムダンパ オイルダンパ ハイダム	積層ゴム、滑り支承
特徴	耐力不足や高い安全性の確保の程度に応じて補強構面が増大	耐震補強に比較して、補強構面が少ない。	高い耐震安全性や機能維持確保が可能

3、耐震補強法の分類

- (1) 耐力向上型 (壁補強) —— 鉄筋コンクリート・鉄板壁・プレキャスト板壁 (鉄骨ブレース) (壁開口閉塞)
- (2) 靱性改善型 (柱補強) —— 柱鋼板巻・柱繊維巻
- (3) 応答制御・入力低減型 (制震補強) (免震補強)

■耐力向上型では

補強構法	コスト	工期	建築・設備との整合性	居ながら施工性	鉄板壁	壁開口閉塞	プレキャスト板壁
鉄筋コンクリート壁	◎	△	○	○	○	○	○
鉄骨ブレース	○	○	◎	◎	○	△	◎

鉄筋コンクリート壁: 開口寸法に制限有、現場納まりが容易
 鉄骨ブレース: 採光通風確保が容易、外部施工に適用容易、搬入サイズに制限有
 鉄板壁: 開口寸法に制限有、搬入サイズに制限有、納まりに手間
 壁開口閉塞: 居室空間への影響小、少ない補強量
 プレキャスト板壁: 開口寸法に制限有、取付が簡単

■靱性改善型では

補強構法	コスト	工期	建築・設備との整合性	居ながら施工性
柱鋼板巻	○	○	◎	○
柱繊維巻	◎	◎	○	◎

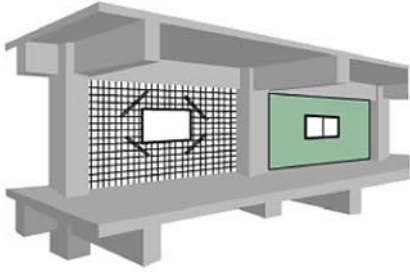
柱鋼板巻: 不燃仕上不要、居住空間への影響小、溶接作業有、搬入サイズに制限有
 柱繊維巻: 不燃仕上必要、居住空間への影響小、無騒音工法、火気を使用せず

■応答制御・入力低減型では

補強構法	コスト	工期	建築・設備との整合性	居ながら施工性
制震補強	○	○	○	◎
免震補強	△	○	○	◎

制震補強: 開口への対応容易、少ない補強箇所数、外部施工に適用容易
 免震補強: 建物周囲にスペース要、動線計画・配管に留意、免震層以外は無補強

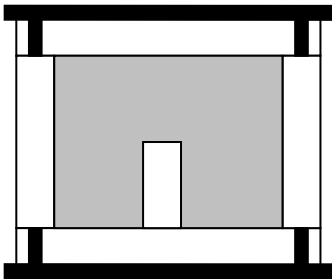
4、鉄筋コンクリート壁の補強



特徴

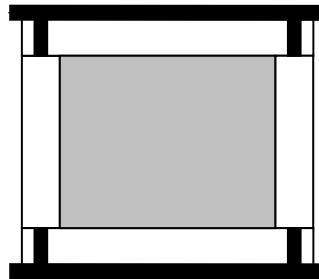
- ・補強費が安い工法
- ・合成バランス改善が容易
- ・採用実績が多い補強方法
- ・重量が増すために採用できないこともある
- ・開口に対して制約がある

吹付けモルタル工法



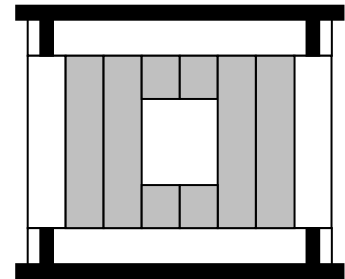
狭い施工スペースで工事ができます。

無アンカー耐震補強壁工法



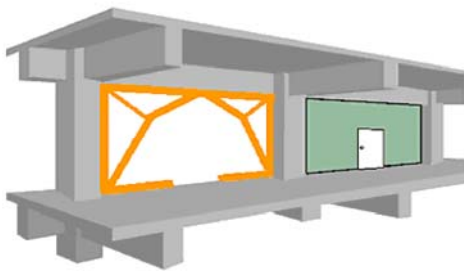
あと施工アンカーを用いないので、振動・騒音がありません。

軽量P C板耐震補強壁工法



現場でコンクリートを打設しないので、クリーンな工法です。

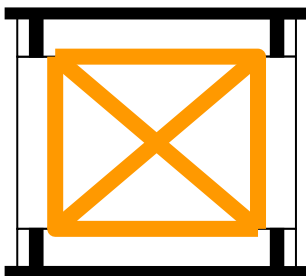
5、鉄骨ブレース（筋かい）の補強



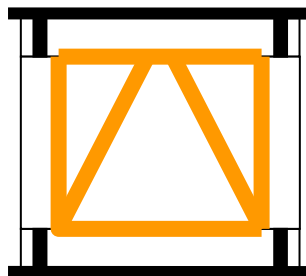
特徴

- ・軽量で施工性がよい工法
- ・採光・換気・眺望確保が容易
- ・コストは鉄筋コンクリート壁よりかなりかかる
- ・剛性は鉄筋コンクリート壁に比べ低くなる

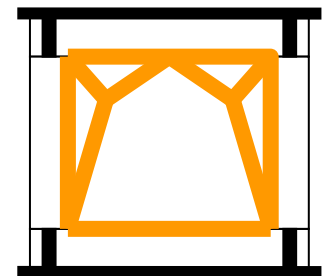
耐力に優れたタイプ



窓開口に対応するタイプ



ドア開口に対応するタイプ

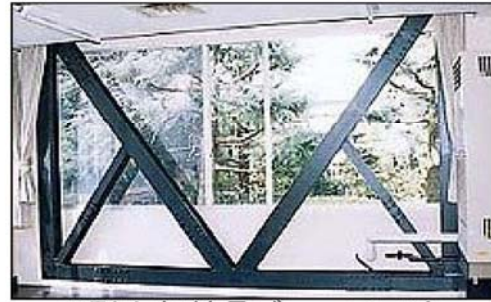


■ 実施例

採光・眺望に配慮した鉄骨ブレース補強



X型外部鉄骨ブレース工法



V型内部鉄骨ブレース工法

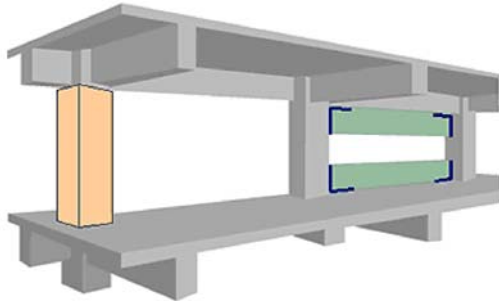


K型内部鉄骨ブレース工法



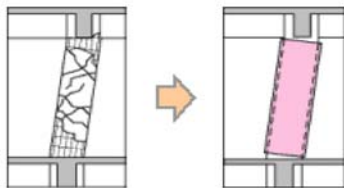
K型外部鉄骨ブレース工法

6、柱の補強



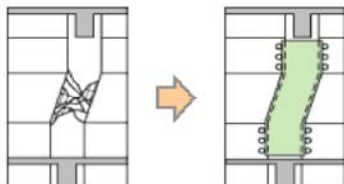
特徴

- ・ 平面計画に影響は少ない工法
- ・ 比較的短工期ですむ
- ・ 狭い場所でも工事が可能



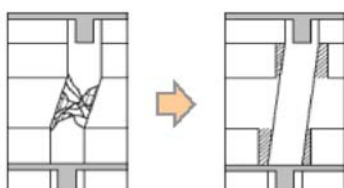
【柱増打ち補強、鋼板巻補強】

柱外周を補強することで、ねばり強さと圧縮強さを向上します。
ピロティ柱に有効な補強方法です。



【繊維巻き補強】

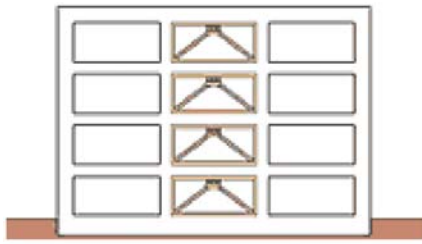
柱外周を補強することで、ねばり強さが向上します。
更なる短工期化に有効な補強方法です。



【耐震スリットの設置】

腰壁、たれ壁等に耐震スリットを設けて、変形性能を改善します。

7、制震補強



特徴

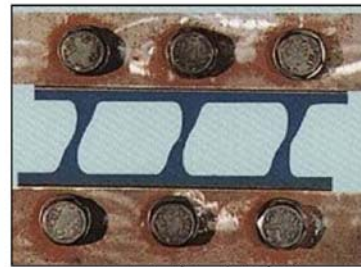
- ・補強箇所が少なくて済み、経済的
- ・補強箇所が少ないので、外部だけの補強も可能
- ・既存建物の構造形式に左右されない
- ・地盤、階数による制約を受けない

【地震の揺れを制する制震補強】

梁と筋かいとの間に下の写真のようなダンパを施し、ダンパの変形で地震力を制御する。

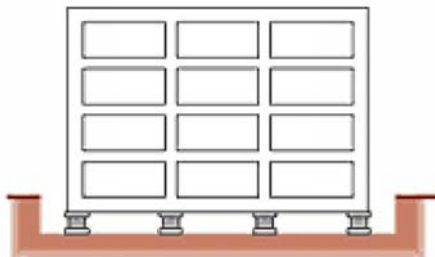


制震補強構面



ハニカムダンパの変形

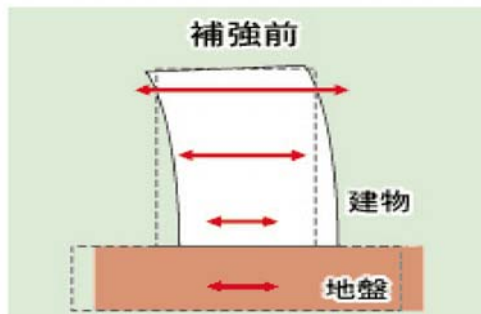
8、免震補強



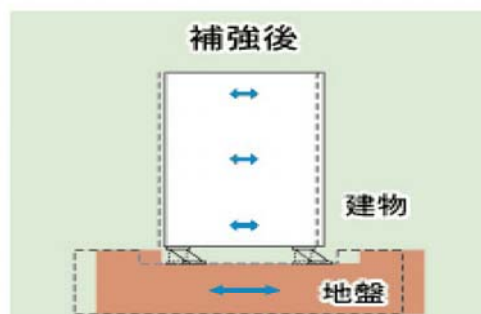
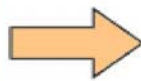
特徴

- ・地震による揺れを大幅に低減(1/3~1/5)
- ・一般に免震層以外は補強せずに済み
- ・軟弱地盤上の建物には適さない
- ・建物周辺にスペースが必要

■補強前と補強後

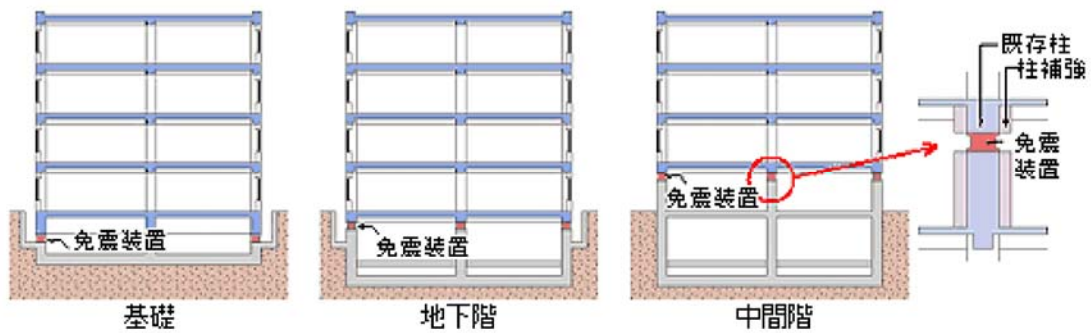


地盤の揺れが直接伝わるため、建物が変形し、激しく揺れます。



地震の激しい衝撃がやわらげられ、揺れが小さくなり、建物に加わる地震力は大幅に低減します。

■免震装置の設置



切断模型



設置状況



大変形に耐える積層ゴム

最期に、この調査研究は、有限会社市倉一級建築士事務所の市倉祐一氏が作成された公演資料を基に作成したものである。ご尽力いただいた市倉氏には、改めて感謝申し上げます。

以上

《作成に使用した主な参考文献及び関連パンフレット》

鹿島都市防災研究会：「都市・建築防災シリーズ1 大地震と都市災害」「都市・建築防災シリーズ2 建築物の地震被害」「都市・建築防災シリーズ3 耐震診断と補強・補修」

(社) 日本建築学会：「1978年宮城沖地震被害調査報告」「わが家の耐震 RC造編」

(財) 日本建築防災協会：「建築防災 "98. 12 特集 被害程度のものさし」「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準同解説」

A/Eブローシャ：「建築設備の耐震診断と設備機能の更新」「建築物の耐震診断と補強工法（構造編）」

東京都都市計画局：「建物の耐震診断システムマニュアル」

(財) 日本建築センター：「建築設備耐震設計・施工指針1997」

(財) 日本建築設備・昇降機センター「建築設備・昇降機耐震診断基準及び改修指針1999年版」

(社) 空気調和・衛生工学会：「建築設備の耐震設計 施工法」

鹿島HP：「建物・不動産相談 簡易建物診断」「鹿島がおこなう七つの診断」