

# 耐震診断の構造的検証

川崎市木造住宅耐震診断判定委員会

判定委員長 白石 梢

第1章 : 適用範囲と概要

第2章 : 調査方法

第3章 : 耐震補強計画

第4章 : 補強方法

1

2

## 参考資料



## 第1章 適用範囲と概要

適用範囲

診断法の種類

診断方法

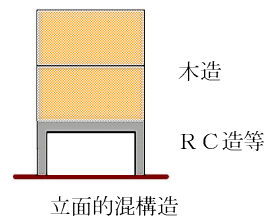
診断の流れ

3

4

## 適用範囲

- 木造住宅
  - － 在来軸組構法、伝統的構法、枠組壁工法
- 木造非住宅建築物
  - － 学校校舎、体育館、幼稚園舎等
- 立面混構造の木造部分
- 階数は3階まで



5

## 診断法の種類

1. 誰でもできるわが家の耐震診断
  - ➡ 一般の人向け(住宅)
    - －ただし、伝統的構法、3階建ては除く
2. 一般診断法
  - ➡ 建築士および建築関係者向け(住宅)
3. 精密診断法
  - ➡ 建築士向け(住宅、非住宅)

7

## 適用範囲

- 適用範囲外は
  - －丸太組構法、旧38条認定、型式認定によるプレハブ工法
  - －平面混構造
  - －スキップフロア
- ※昭和56年以降に適法に建設されたもの
- 耐震性の確認が望ましい  
平成12年以前の建物 **新耐震木造住宅検証法**

6

## 精密診断方法

1. 保有耐力診断法(住宅)
  - －一般診断法を精密化
2. 保有水平耐力計算による方法
- 限界耐力計算による方法
- 時刻歴応答解析による方法

住宅・非住宅も可

8

## 診断の流れ

### ● 2段階の診断

一般診断：引き剥がしを行わない外観調査  
(川崎市無料診断時に行う診断方法)

精密診断：引き剥がしを含む詳細な調査

### ● 補強計画の立案時

川崎市の耐震補強は、原則精密診断法とする

## 概要

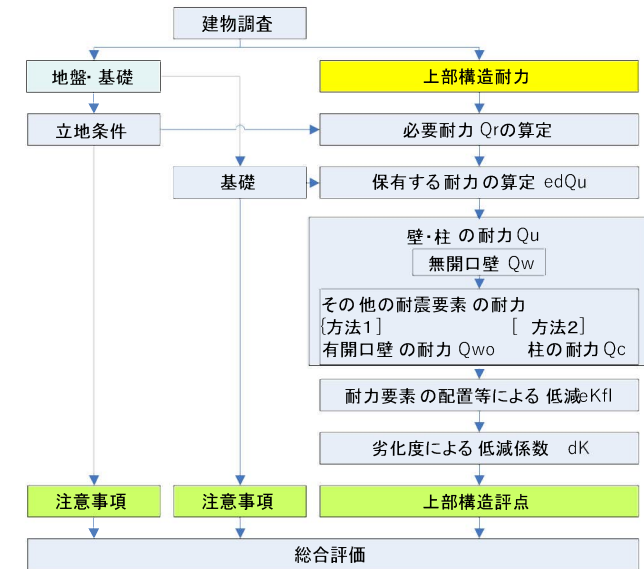
一般診断法は、既存木造住宅の耐震補強の必要性を判断する目標とした診断法です。

基本的には、破壊的な調査は行われなため、不確定要素を含んだ診断・評価となります。

また、計算についても簡易な方法によるため、精密さに欠けます。従って、概略的に建物の耐震性を把握することに留まります。

9

## 診断の流れ



10

## 総合評点

### ・ 地盤・基礎

立地条件は、地震時に起き得る被害に関する注意事項を記述する。

基礎は、地震時に起きる被害と、上部構造に悪い影響を及ぼす可能性のある要因を注意事項として記述する。

### ・ 上部構造評点の判定

上部構造評点	判定
1.5以上	倒壊しない
1.0以上～1.5未満	一応倒壊しない
0.7以上～1.0未満	倒壊する可能性がある
0.7未満	倒壊する可能性が高い

11

12

注) 一般診断法・精密診断法は、大地震での倒壊の可能性についての診断を行うものと位置づけているため、評点1.0未満の場合には、大地震時に建物の安全限界変形角を超え倒壊の可能性を表す。

評点1.0以上1.5未満は「一応倒壊しない」と考えられる。  
しかし、さまざまな不確定要素が含まれるため評点1.0以上1.5未満でも精密診断法を用いて診断するのが望ましい。

ここで、判定に「一応」とあるのは、各診断法では、すべての構造要素を把握できていない点、建築基準法で考慮していない耐力要素も評価に含んでおり、余力が少ない点などのほか不確定要素も含まれるため、新築で建築基準法を満足している建物と全く同じ性能とはいえないためである。

13

## 調査の心得

### ● 現況調査の大切さ

耐震診断計算には現況調査結果を反映させる

- 詳細な調査に基づいた診断結果が望ましい
- 図面通りに施工されているか
- 構造要素の仕様の確認
- 劣化や腐朽はないか(木材の含水率測定など)

15

## 第2章 調査方法

### 調査の心得

### 調査項目と調査内容

### 調査道具

14

## 調査の心得

### ● 現況調査の実際

小屋裏、天井裏、床下、外周部での目視調査

居住者から、増改築等の聞き取り調査

建物周辺、平地・崖地・擁壁の有無の確認

16

## 調査項目と調査内容

### 1. 耐震診断の計算に必要な項目

診断計算上、採用する数値に  
直接関連する調査項目

### 2. その他の耐震性や安全性に関する項目

診断計算には関連しないが、  
耐震性能上重要である調査項目、  
およびその他の安全性上重要である項目

17

### 1. 耐震診断の計算に必要な項目

調査項目と調査内容

#### (c) 基礎仕様

「基礎Ⅰ」「基礎Ⅱ」「基礎Ⅲ」の確認を行う

- 図面確認
- 現況確認(基礎形状、鉄筋の有無、ひび割れ)



基礎形状

図面が無い場合、一部掘削して基礎形状を確認する



鉄筋探査機

鉄筋の有無

図面が無い場合、鉄筋探査機などにより鉄筋の有無を確認する



ひび割れ

目視によりひび割れを確認する

19

### 1. 耐震診断の計算に必要な項目

調査項目と調査内容

#### (a) 地盤、地形

「良い・普通」「やや悪い」「非常に悪い」の評価

- 現況を目視
- 地盤調査資料を収集

#### (b) 地盤種別

「非常に悪い地盤」(第3種地盤、第2種地盤の一部)の確認

- 必要耐力を1.5倍とする
- 液状化地盤→1.0~1.5倍とする

例題・資料編 P119 参照

18

### 1. 耐震診断の計算に必要な項目

調査項目と調査内容

#### (d) 対象建物の分類

軽い建物、重い建物、非常に重い建物、の確認を行う

- 図面確認
- 現況確認



軽い建物(鉄板葺き)



重い建物(棧瓦葺)



非常に重い建物(土葺き瓦)

リフォームなどにより、屋根・壁などの荷重が変更されている場合は  
実況に応じて「軽い」「重い」「非常に重い」を選択することが望ましい

20

## (e) 建物の短辺長さ

## (f) 積雪量

雪下ろしの状況などを考慮して危険側と  
ならないように積雪量を決める

## (g) 混構造

下階RC造、S造との接合部(アンカーボルト等)の状  
況を調査する

21

## (h) 耐震要素(壁)の種類

- 〈イ〉 土塗壁
- 〈ロ〉 木製筋かい
- 〈ハ〉 石こうボード
- 〈ニ〉 モルタル
- 〈ホ〉 合板 (3.0mm以上下地合板等)
- 〈ヘ〉 構造用合板
- 〈ト〉 その他の耐力要素
- 〈チ〉 耐力壁周囲の軸組材(柱・横架材)

23

## (h) 耐震要素(壁)

耐震要素の位置・仕様・劣化を調査する

- 事前に図面などから、耐震要素の位置や仕様を  
推測しておき、現場で確認作業を行う。
- 仕様が確定出来ない壁の耐力  
(可能な限りの調査を行った結果)  
→ 危険とならない範囲で耐力を決める。
- 「不明な壁2.0kN/m」の乱用を慎む。

## ● 目視調査箇所



外観調査



床下調査



天井裏調査



小屋裏調査

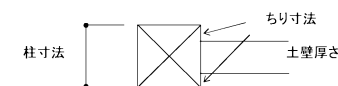
22

## (h) 耐震要素(壁)の種類

## 〈イ〉土塗壁

壁厚さ・劣化・塗込み状況など、調査

※ 壁上下端が施工未了の場合、壁耐力の低減を考慮する



## 壁厚の測定



壁上端が施工未了

壁上端が施工未了(左)室内  
壁上端まで施工(右)壁上端まで施工  
外側

24

〈ロ〉木製筋かい

位置・断面寸法・接合仕様・劣化状況など、調査

- あらかじめ図面などから筋かいの位置を推測しておく
- 劣化の恐れのある箇所は、仕上げ材などを撤去して直接確認する
- 断面欠損の場合、壁耐力の低減を考慮する

筋かい調査



筋かい端部金物なし  
(釘打ち)



断熱材をめくって  
確認する。確認後、  
断熱材を元に戻す。



仕上げ材撤去後、  
蟻害を確認

〈二〉モルタル塗り壁

位置・厚さ・劣化状況など、調査

- あらかじめ図面などからモルタル塗り壁の位置を推測しておく。
- 外観、床下、天井裏、小屋裏などから確認する。
- クラックや欠損がある場合、きずりなど下地が腐朽している場合など耐力低減を考慮する。(打診検査等できずり劣化を確認する。)

モルタル塗り壁調査



打診検査により異常音をキャッチし、  
壁上端から内部を目視したところ、きずりが極度  
に腐朽しており、モルタル壁の強度が期待できない  
ことが判明した。

モルタル塗り壁

〈ハ〉石こうボード

位置・厚さ・接合仕様・劣化状況など、調査

- あらかじめ図面などから石こうボードの位置を推測しておく。
- 天井裏、小屋裏などから確認する。
- 釘仕様の確認を行う。  
(耐力壁仕様に満たないものは非耐力壁となる。)
- ただし、一般診断法では事前に低減された値となっている。

石こうボード調査



天井上部でカットされ、梁まで施工されていない  
ことが多い。その場合は、非耐力壁となる。

〈ホ〉合板(3.0mm以上)

材種・位置・厚さ・劣化状況など、調査

- あらかじめ図面などから合板壁の位置を推測しておく。
- 天井裏、小屋裏などから確認する。
- 合板に使用される釘などは強度が期待できない。(釘仕様を確認する。)

〈へ〉構造用合板壁

位置・厚さ・接合仕様・劣化状況など、調査

- あらかじめ図面などから構造用合板壁の位置を推測しておく。
- 床下、天井裏、小屋裏などから確認する。
- コンクリート型枠用合板(コンパネ)は、補強用として使用してはいけない。  
(ホルムアルデヒド制限、耐久性、などに適していない)
- 劣化・欠損などがある場合、接合仕様(釘など)が耐力壁仕様を満たしていない場合は、耐力低減を考慮する。  
(必要に応じて釘の抜き取り調査を行う。)
- 正しい仕様は「木造住宅の耐震補強の実務」参照

構造用合板壁調査



コンパネを使用した不適切な壁(補強時)



耐震壁仕様で施工された構造用合板壁(補強時)

(i) 柱頭柱脚部接合部の仕様

柱頭柱脚部の仕様・劣化を調査する

※柱頭柱脚接合金物と筋かい端部金物は別々にそれぞれ必要



柱頭柱脚接合金物なし(診断時)



柱頭柱脚接合金物あり筋かい端部金物あり(補強時)

柱頭柱脚接合金物

筋かい端部金物

〈ト〉その他の耐力要素(壁)

面材の種類・位置・厚さ・接合仕様

・劣化状況など、調査

- あらかじめ図面などからその他の耐力要素(壁)の位置を推測しておく。
- 床下、天井裏、小屋裏などから確認する。
- 面材の種類、厚さ、釘種類、釘間隔、下地種類、全面、劣化などの確認を行う。

〈チ〉耐力壁の周囲の軸組材(柱・横架材)

- 劣化・腐朽・蟻害などがある場合には、耐力が期待出来ない可能性がある。
- 一般診断法においても、基準耐力を低減して評価する必要がある
- (3)老朽度・劣化に関する項目 参照

(j) 床構面

床構面の仕様・劣化を調査する

- あらかじめ図面などから床仕様を推測しておく。
- 床下、天井裏、小屋裏などから確認する。
- 面材の種類、厚さ、釘種類、釘間隔、下地種類、全面、劣化などの確認を行う。
- 床仕様の確認を行う。
- 吹き抜けに隣接する階段や昇降路なども吹き抜けに加える。
- 1階床構面の劣化や蟻害を詳細に調査する。



合板(床仕様 I)



荒板+火打ち(床仕様 II)



火打ちなし(床仕様 III)



### 第3章 補強計画

#### 補強計画

#### 耐震補強方法の留意点

#### 一般診断による補強計画

- 精密診断結果に基づいて補強計画を立てる。
- 目標性能:耐震診断の総合評点1.0以上
- 新築工事と異なる条件や制約に的確な判断をおこなう。
- 設計図書を施主に提示し、施主の理解を得た上で工事を実施する。
- 地盤・基礎の耐震補強では、上部構造の耐震要素が設計上の性能を発揮できるようにする。
- 上部構造の耐震補強では、耐震要素を十分に確保するとともに、偏心・劣化などの低減をできるだけ少なくする。
- 評点と同じであっても、補強の方法によって地震後の被災状況が異なることがある。補強構法の特長について十分な知識を。

33

34

上部構造評点を下表の基準により判定します。

上部構造評点	判定
1.5 以上	倒壊しない
1.0 以上 1.5 未満	一応倒壊しない
0.7 以上 1.0 未満	倒壊する可能性がある
0.7 未満	倒壊する可能性が高い

耐震補強は、上部構造評点が1.0未満の建物を評点1.0以上に耐震性能を回復するために行います。耐震補強の目的は、あくまで倒壊を防ぐ為であり、評点1.5以上とした建物であっても、損傷が全く無いとはならない事を十分説明して進めることが大切です。

35

### 各部の補強方法の留意点

#### ● 地盤の影響

- 上部構造の振動が大きくなる
- 十分な壁量の確保
- 不同沈下対策

36

## 各部の補強方法の留意点

### ● 基礎の補強

- ・ひび割れ補修
- ・鉄筋コンクリート基礎を  
抱き合わせて補強する
- ・無筋では局所的な強い壁は避ける
- ・不同沈下対策は強い基礎
- ・玉石基礎等では、柱脚部を足固め

37

## 各部の補強方法の留意点

### ● 耐震要素の配置

- ・釣り合い良い配置
- ・建物平面的、立面的に整形でない場合  
耐震要素を増やす、床面剛性・耐力の確保
- ・耐力要素直下に柱がない場合、  
支える梁の剛性を高める

39

## 各部の補強方法の留意点

### ● 上部構造の耐震要素

- ・必要壁量の確保  
(壁、垂れ壁、垂れ壁・腰壁付き独立柱)
- ・耐震要素が性能を発揮できるようにする
- ・壁周辺部材、接合部補強、劣化対策

38

## 各部の補強方法の留意点

### ● 劣化対策

- ・劣化部材の交換
- ・交換部材と既存部材の接合部の補強
- ・劣化原因の除去

### ● その他

- ・瓦の落下、ブロック塀の倒壊を防ぐ
- ・屋根の軽量化(耐風性の確保に配慮)

40

## 補強計画の進め方

### ● 施主の希望を確認

#### ① 希望性能の確認

→ 評点1.0 (一応倒壊しない)

→ 1.5 (倒壊しない)

#### ② 予算の確認

→ 新築のような坪単価の目安がないため

#### ③ 改修範囲の確認

→ リフォームを伴う場合

すでに行っている場所はやらないなど

#### ④ 工事中の体制

→ 住みながらの工事

→ 一時的に引っ越して行う

## 補強建物の構造特徴の確認

### ● 平面形状

(1) 正方形に近い

(2) 凸凹が多い

(3) 大きな部屋がある

(4) 規則性のない柱配置

(5) 一部増築

(6) 底の出が大きい

(7) 吹き抜けが大きい

(8) 2階が1階より持ち出している

(9) 敷地内傾斜により一部地下になる

41

42

## 補強建物の構造特徴の確認

### ● 立面形状

(1) 総2階 部分2階

(2) 幅に対して高さが高い(塔状比)

(3) スキップフロアー

(4) 上下階の柱が連続していない

(5) 1階に大きな部屋がある

(6) 平屋に2階を増築している

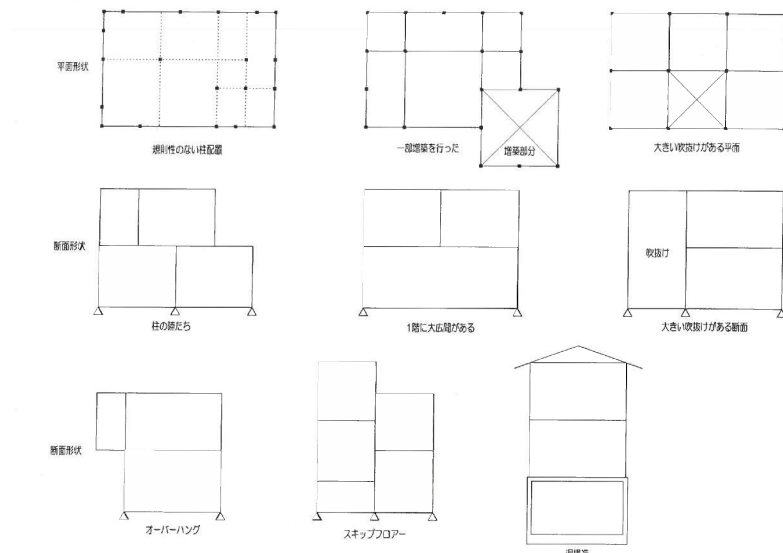
(7) 上下で構造が違う(混構造)

(8) 大屋根

(9) オーバーハング

### 平面・立面形状

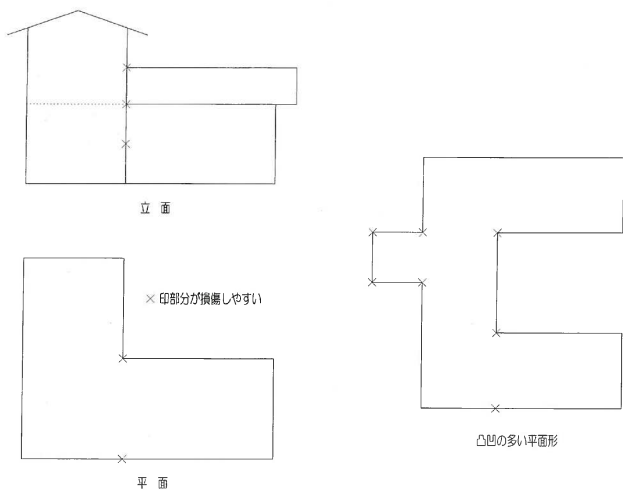
### 補強建物の構造特徴の確認



43

44

損傷しやすい部分



## 耐震診断結果による対策

- ①基本的に耐力壁が不足している  
保有する耐力(Pd)/必要耐力(Qr)<1.0  
→耐力不足
- ②耐力壁の配置バランスが悪い  
→評点を下げている  
配置低減係数Eが1.0以下の場合 P.49
- ③建物の劣化により評点が下がる  
劣化度低減最大D=0.7まで(一般診断) P.51

45

46

## 一般診断と精密診断の違い

	一般診断	精密診断
重量の計算	簡易法 精算法	簡易法(一般精算) 建築基準法による方法
偏心の計算	四分割法 偏心率法	偏心率法 (開口部評価)
壁基準耐力最大値	10kN	14kN
開口部評価	窓型開口 0.6 掃き出し開口 0.3	窓型開口係数 0.4/L 掃き出し開口係数 0.2/L
劣化評価	経年変化に対する 全体評価	構造部位に対する 部分評価

47

## 第4章 補強方法

- 耐震補強方法の種類
- 地盤・基礎
- 耐震要素と周辺接合部
- 耐震要素と周辺補強
- 各部の補強方法

48

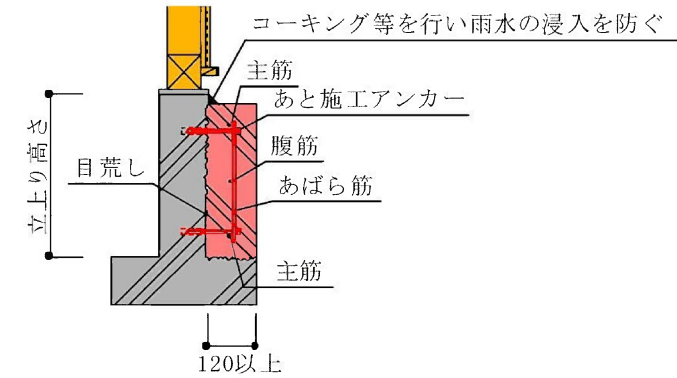
## 耐震補強方法の種類

- **強度抵抗型**  
壁を増やすことにより建物を強くする
- **靱性確保型**  
粘り強さを増して、変形に伴うエネルギー吸収によって倒壊を防ぐ
- **制震構法**  
制震装置などによって応答低減をする
- **免震構法**  
地震入力を小さくする

49

## 地盤・基礎

- 鉄筋コンクリートの基礎を打ち直すことが不可能な場合

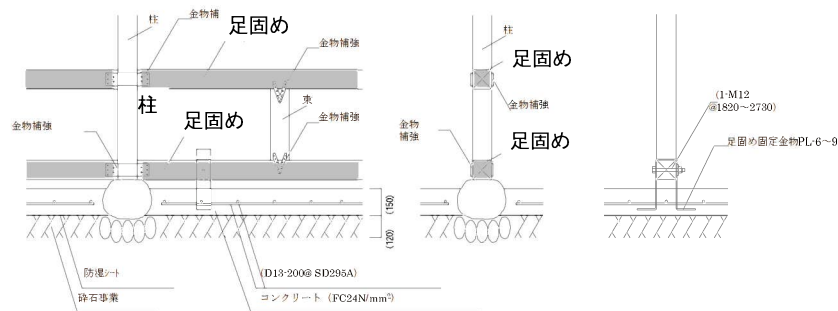


無筋コンクリート基礎の補強

50

## 地盤・基礎

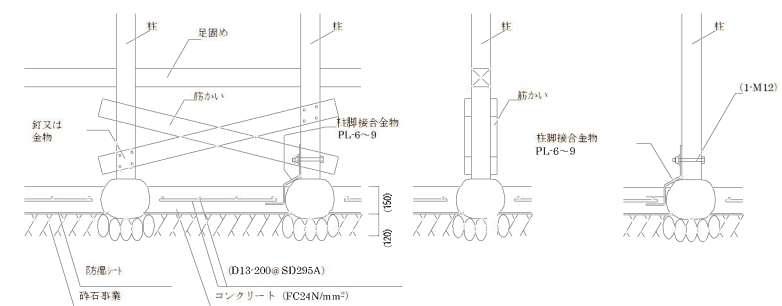
- 足固めと玉石基礎の補強例



51

## 地盤・基礎

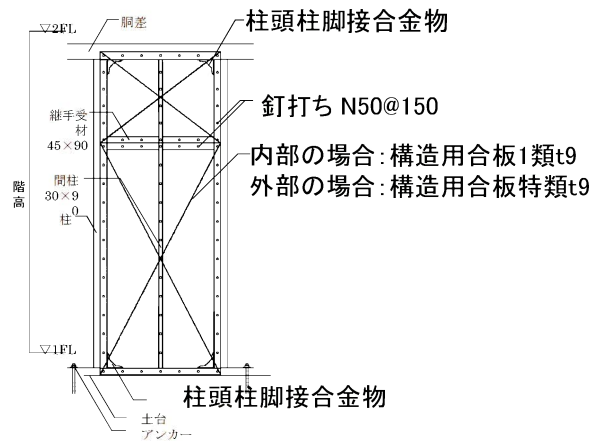
- 足固めと玉石基礎の補強例



52

## 耐震要素と周辺接合部

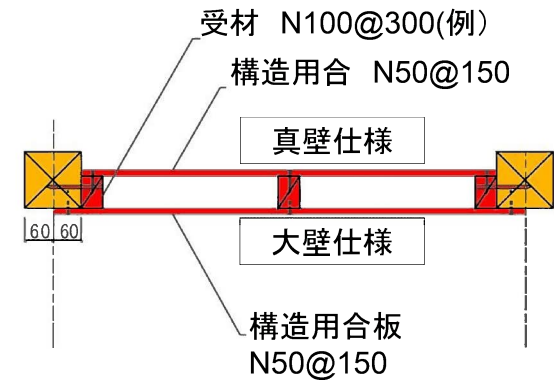
### ● 構造用合板による補強



53

## 耐震要素と周辺接合部

### ● 構造用合板による補強



柱・梁接合部、柱頭・柱脚、基礎などの接合部も同時に補強することが重要

54

## 耐震要素と周辺補強

- 耐力壁が設計通りの性能を発揮するために耐力壁周辺の接合部を補強する。
- 床組と壁の接合部との緊結

## 耐震要素と周辺補強

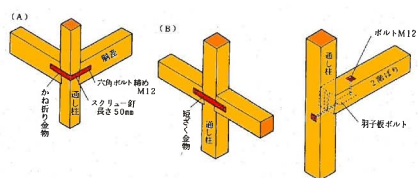


さまざまな壁増設

55

56

## その他の接合部の補強 (柱梁接合部)

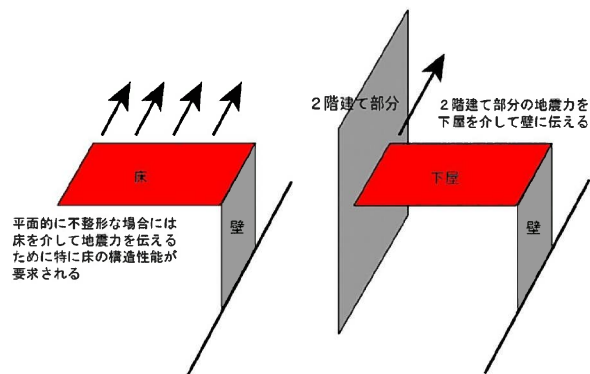


### 接合部の金物補強

57

## 各部の補強方法 (水平構面)

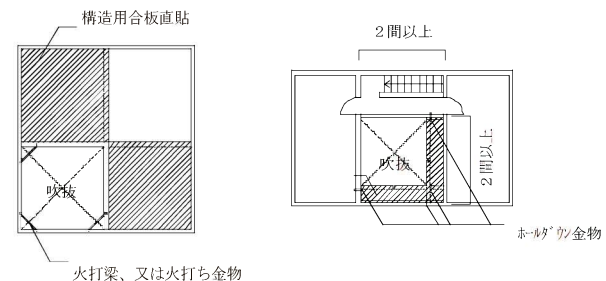
- 下屋の耐震壁を効率的に活用するためには、**下屋の水平構面剛性・耐力の確保が必要。**



59

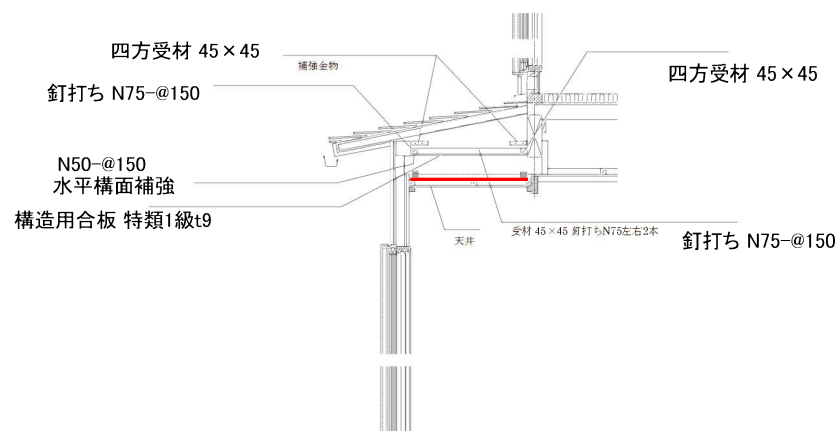
## 水平構面

- **床の剛性・耐力の確保は、建物全体の性能を左右する。**
- **吹き抜けは、配慮が必要。**



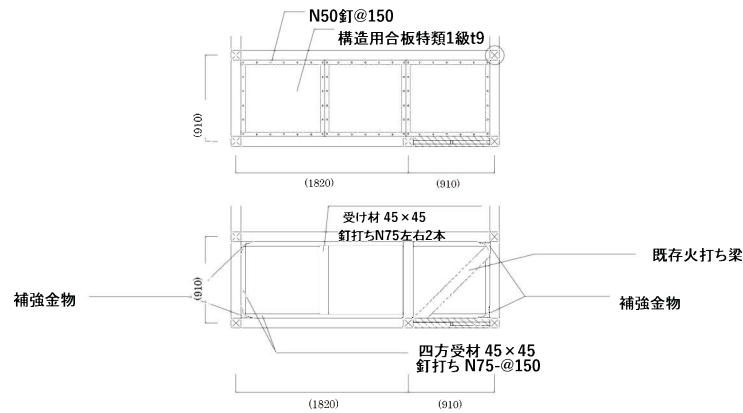
58

## 各部の補強方法 (水平構面)



60

## 下屋の水平構面の補強例



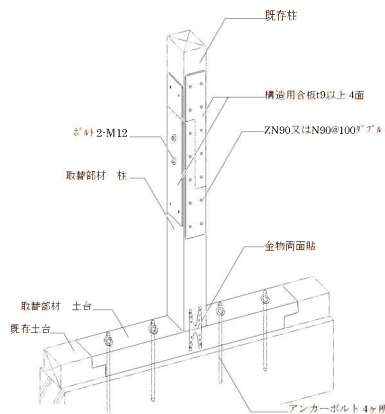
61

## 各部の補強方法(劣化)

- 劣化部分の交換
- 力学的欠陥とならないよう、**交換部材と既存部材の接合部**を補強する。
- 劣化の原因を取り除く。

62

## 各部の補強方法(劣化)



劣化した柱と土台の交換

63

## 各部の補強方法(劣化)

- 屋根や外壁の軽量化など、建物の重量を減らすことによって耐震性を向上。

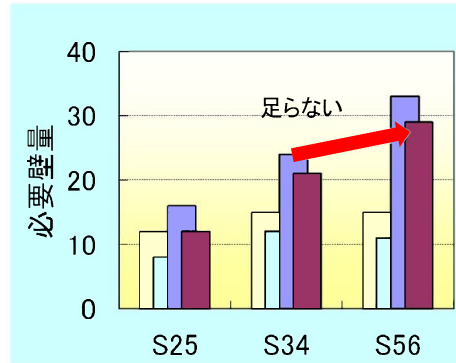


64



## 屋根の軽量化は、耐風性にも配慮

- 屋根を軽くしただけでは、耐風性を満足しない可能性あり
- S56以前の重い屋根を、軽くしただけでは現行の基準を満足しない場合が多い



65

## 各部の補強方法(その他)

- 瓦や外壁の脱落・飛散
- ブロック塀の倒壊
- ベランダの落下
- 家具の転倒防止

非構造部材の点検も重要



66