

1. 耐震診断の概要

2017/4/23

耐震診断

2

なぜ耐震診断が必要か？

- 1981年以前の建物
 - 0.2Wの地震力 → 大きな損傷が生じない
 - それより大きな地震では？
- 1981年以後の建物
 - 0.2Wの地震力 → 大きな損傷が生じない
 - 1.0Wの地震力 → 倒壊しない
 - それより大きな地震では？建物の耐震性能はばらついている
- 各建物の耐震性能を調べる → 耐震診断

2017/4/23

耐震診断

3

耐震改修促進法

- 1981年以前の既存不適格建物の耐震診断・改修の促進
- ただし法的な強制力はない
- ある一定規模以上の学校、病院、劇場、百貨店、ホテル、市場などを対象
- 目標は現行基準以上の耐震性能の確保

建設省告示

耐震診断基準の手法による

2017/4/23

耐震診断

4

構造耐震指標 I_s 値

- $I_s = E_0 \times S_D \times T$
 - E_0 : 保有性能基本指標
= C (強度) \times F (変形)
 - S_D : 形状指標
← 平面、立面の不整形性
 - T : 経年指標
← 経年劣化

2017/4/23

耐震診断

5

保有性能基本指標 E_0

- $E_0 = \varphi \times C \times F$
= 水平力 \times 変形
- φ : 振動モードの補正係数
- C : 強度指標
= 保有水平耐力 / 建物重量 W
(せん断力係数)
- F : 靱性指標

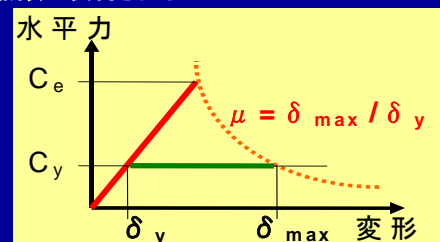
2017/4/23

耐震診断

6

耐震診断の特徴

- 建物の耐震性能を
 - 強度と変形能の指標で表現
 - 点数で表現される



2017/4/23

耐震診断

7

耐震診断の特徴 (2)

■ 診断の精度により

第1次～第3次診断

● 第1次診断(最も簡単)

- ✓ 柱, 壁の強度を略算
= 断面積 × 平均せん断応力度
- ✓ 塑性変形能力は無視する
せん断破壊を仮定

2017/4/23

耐震診断

8

耐震診断の特徴 (3)

● 第2次診断

- ✓ 柱, 壁の強度 → 鉄筋を考慮して精算
- ✓ 柱, 壁の変形能 → 曲げ, せん断強度から精算
- ✓ 梁は剛強と仮定(梁は壊れない)

● 第3次診断(最も精密)

- ✓ 梁の強度も考慮して骨組全体の破壊形式, 耐震性能を評価
- 柱, 壁が破壊する建物は第2次診断で十分な場合が多い

2017/4/23

耐震診断

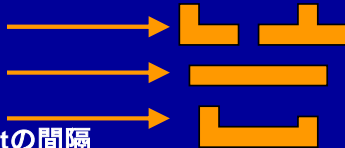
9

形状指標 S_D (1)

平面, 立面の不整形性により I_s を低減

■ 平面形状

- 整形性
- 辺長比
- くびれ
- Exp. Jointの間隔
- 吹抜の有無, 偏在



2017/4/23

耐震診断

10

形状指標 S_D (2)

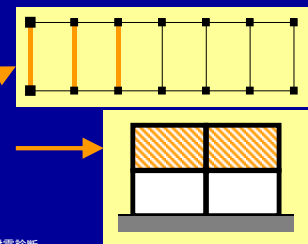
平面, 立面の不整形性により I_s を低減

■ 断面形状

- 地下室の有無
- 層高の均等性
- ピロティの有無

■ 平面剛性の偏心

■ 断面剛性の不均衡



2017/4/23

耐震診断

11

経年指標 T

亀裂, 変形, 老朽化等の経年劣化により I_s を低減

■ 構造亀裂・変形

- 不同沈下, 柱・壁・梁の亀裂, 撓み

■ 変質, 老朽化

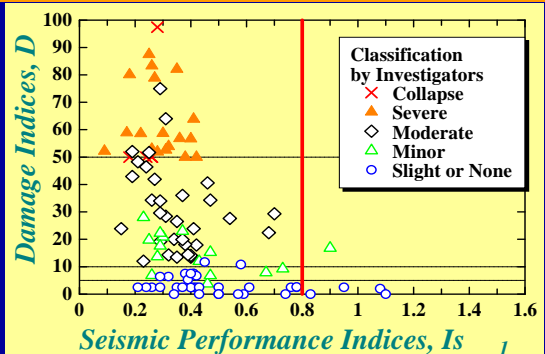
- 鉄筋の錆び, 腐食
- concreteの中性化, 変質
- 仕上材の剥落, 老朽化

2017/4/23

耐震診断

12

1次診断による I_s と被害

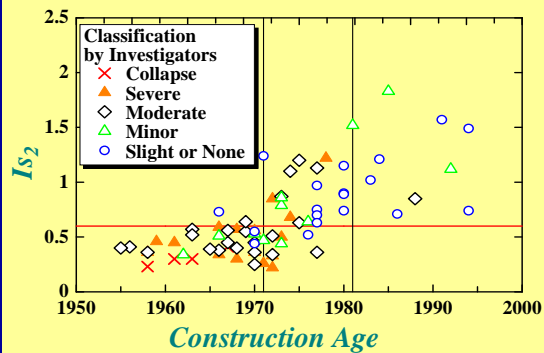


2017/4/23

耐震診断

13

2次診断によるIsと建設年代



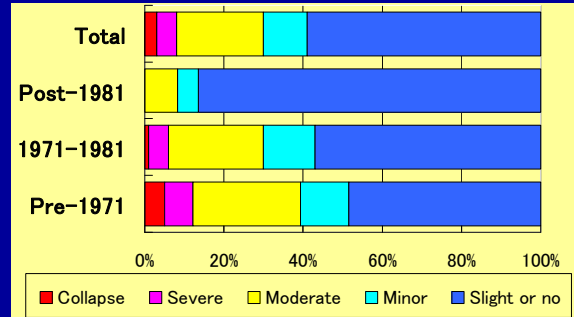
2017/4/23

耐震診断

14

被害統計(兵庫県南部地震)

RC造学校建築 631棟

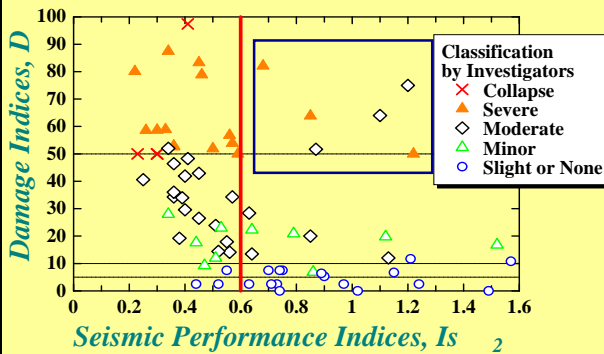


2017/4/23

耐震診断

15

2次診断によるIsと被害



2017/4/23

耐震診断

16

耐震性の判定

$$I_s \geq I_{s0}$$

$$C_T \cdot S_D \geq 0.3$$

判定指標値 $I_{s0} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U$

$E_s = 0.8$ (第1次), 0.6 (第2次)

Z: 地域指標 (0.7 - 1.0)

G: 地盤指標 (1.0, 1.25)

U: 用途指標 (重要度指標 1.0, 1.1, 1.2)

累積強度指標

$$C_T = (n+1)/(n+i) \cdot (C_1 + \alpha_2 C_2 + \alpha_3 C_3)$$

2017/4/23

耐震診断

17

Is値と新築建物の耐震規準の比較

必要保有水平耐力(新築建物)

$$Q_{un} = D_s F_{es} A_i Z R_t C_0 \Sigma W$$

変形すると

$$C_0 = \frac{1}{A_i} \times \frac{Q_{un}}{\Sigma W} \times \frac{1}{D_s} \times \frac{1}{F_{es}} \times \frac{1}{Z R_t}$$

振動モード

せん断力係数

形状の補正

$$I_s = \phi \times C \times F \times S_D \times T$$

2017/4/23

耐震診断

18

2. Is値の計算法

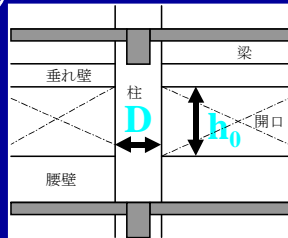
2017/4/23

耐震診断

20

第1次診断 鉛直部材の分類

- 柱: $h_0/D > 2$ の柱 ($F=1.0$)
- 極短柱: $h_0/D \leq 2$ の柱 ($F=0.8$)
- 壁: ($F=1.0$)



2017/4/23

耐震診断

21

極脆性柱のせん断破壊(921集集地震)

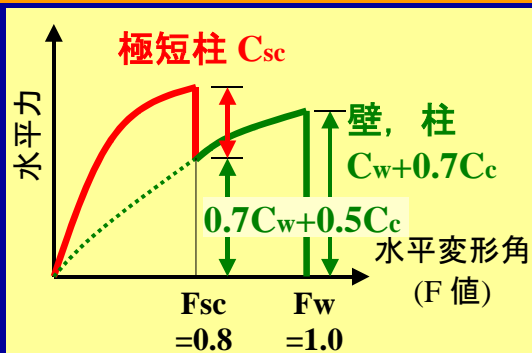


2017/4/23

耐震診断

22

第1次診断 E_0 指標 (1)



2017/4/23

耐震診断

23

第1次診断 E_0 指標 (2)

- 極短柱を無視した場合

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_w + \alpha_1 C_c) \times F_w$$

- 極短柱を考慮した場合

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_{sc} + \alpha_2 C_w + \alpha_3 C_c) \times F_{sc}$$

2017/4/23

耐震診断

24

第1次診断 強度指標 C (1)

- 強度指標 C
= 終局耐力 Q_u / 建物重量 ΣW

- 終局耐力 Q_u = 断面積 $\times \tau$

- 柱の平均せん断応力度 τ

- 極短柱 ($h_0/D \leq 2$) $\tau = 1.5 \text{ N/mm}^2$
- 柱 ($2 < h_0/D \leq 6$) $\tau = 1.0 \text{ N/mm}^2$
- 柱 ($6 < h_0/D$) $\tau = 0.7 \text{ N/mm}^2$

2017/4/23

耐震診断

25

第1次診断 強度指標 C (2)

- 壁の柱の平均せん断応力度 τ

- 両側柱付壁

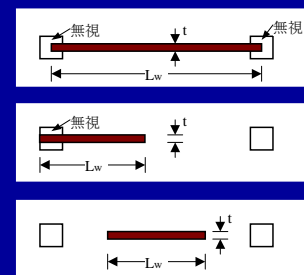
$$\tau = 3.0 \text{ N/mm}^2$$

- 片側柱付壁

$$\tau = 2.0 \text{ N/mm}^2$$

- 柱無し壁

$$\tau = 1.0 \text{ N/mm}^2$$



2017/4/23

耐震診断

26

第2次診断 鉛直部材の分類

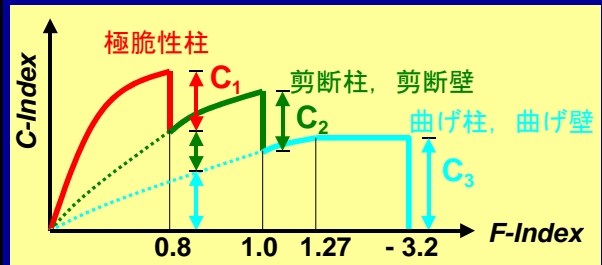
- 極脆性柱: せん断破壊, $h_0/D \leq 2$ ($F=0.8$)
- せん断柱: せん断破壊, $h_0/D > 2$ ($F=1.0$)
- 曲げ柱: 曲げ破壊 ($F=1.27-3.2$)
- せん断壁: せん断破壊 ($F=1.0$)
- 曲げ壁: 曲げ破壊 ($F=1.0-2.0$)

2017/4/23

耐震診断

27

第2次診断 E_0 指標 (1)



2017/4/23

耐震診断

28

第2次診断 E_0 指標 (2)

- 極脆性柱が無い場合

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2} \quad \text{式(4)}$$

$$E_1 = C_1 \times F_1$$

$$E_2 = C_2 \times F_2$$

$$E_3 = C_3 \times F_3$$

大きい値

式(5)

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_1 + \alpha_2 C_2 + \alpha_3 C_3) \times F_1$$

2017/4/23

耐震診断

29

第2次診断 E_0 指標 (3)

- 極脆性柱がある場合

- 極脆性柱が第2種構造要素の時
 - ✓ 極脆性柱を第1グループ, 式(5)
- 極脆性柱が第2種構造要素ではない時
 - ✓ 極脆性柱を第1グループ, 式(5)
 - ✓ 極脆性柱を無視, 式(4)
 - ✓ 極脆性柱を無視, 式(5)

最も大きい値

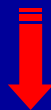
2017/4/23

耐震診断

30

第2次診断 第2種構造要素

- その部材が破壊すると
 - 建物全体で水平力には抵抗可能だが
 - 鉛直力を代わりに支持する部材が無い



建物全体 or 一部が倒壊する

2017/4/23

耐震診断

31

第2次診断 強度指標 C (1)

- 柱の終局耐力

- 曲げ耐力 cQ_{mu}

$$cQ_{mu} = \frac{cM_{u\uparrow} + cM_{u\downarrow}}{h_0}$$

$$M_u = 0.8 \cdot a_t \cdot \sigma_y \cdot D + 0.5N \cdot D \left(1 - \frac{N}{bDF_c} \right)$$

- せん断耐力 cQ_{su}

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 p_t^{0.23} (18 + F_c)}{M/(Q \cdot d) + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_w \cdot \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_o \right\} b \cdot (0.8D)$$

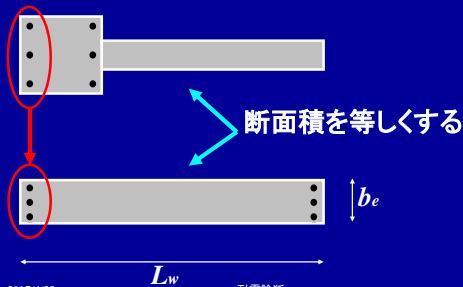
2017/4/23

耐震診断

32

第2次診断 強度指標 C (2)

- 所で壁付き柱の終局耐力
 - 便宜的に等価な長方形断面に置換して計算



2017/4/23

耐震診断

33

第2次診断 強度指標 C (3)

- 壁の終局耐力
 - 曲げ耐力 ${}_w Q_{mu}$

$${}_w Q_{mu} = \frac{2 \cdot M_u}{h_w}$$

$${}_w M_u = a_f \cdot \sigma_y \cdot L_w + 0.5 \Sigma (a_w \cdot \sigma_w) L_w + 0.5 N \cdot L_w$$

- せん断耐力 ${}_w Q_{su}$
- 等価な長方形断面に置換



2017/4/23

耐震診断

34

第2次診断 柱の靱性指標 F

- $Q_{su} \leq Q_{mu}$
 - $h_0/D \leq 2$: 極脆性柱 $F=0.8$
 - $h_0/D > 2$: せん断 $F=1.0$
- $Q_{su} > Q_{mu}$ 曲げ柱
 - $h_0/D \leq 2$: $F=1.0$
 - $h_0/D > 2$:

$$F = \frac{\sqrt{2\mu-1}}{0.75(1+0.05\mu)}$$

終局靱性率

$$\mu = 10 \left(\frac{c Q_{su}}{Q_{mu}} - 1 \right)$$

せん断余裕度

ただし、 $1 \leq \mu \leq 5$

2017/4/23

35

第2次診断 壁の靱性指標 F

- $Q_{su} \leq Q_{mu}$
 - せん断壁 $F=1.0$
- $Q_{su} > Q_{mu}$
 - 曲げ壁

$$\frac{c Q_{su}}{c Q_{mu}} < 1.2 \text{ のとき } F = 1.0$$

$$\frac{c Q_{su}}{c Q_{mu}} > 1.3 \text{ のとき } F = 2.0$$

中間は直線補間

2017/4/23

耐震診断

36

第3次診断 部材の分類

梁の耐力, 破壊形式も考慮

- 曲げ梁支配型柱: ($F=3.0$)
- せん断梁支配型柱: ($F=1.5$)
- 回転壁: ($F=3.0$)
- 極脆性柱: せん断破壊, $h_0/D \leq 2$ ($F=0.8$)
- せん断柱: せん断破壊, $h_0/D > 2$ ($F=1.0$)
- 曲げ柱: 曲げ破壊 ($F=1.27-3.2$)
- せん断壁: せん断破壊 ($F=1.0$)
- 曲げ壁: 曲げ破壊 ($F=1.0-2.0$)

第2次診断

2017/4/23

耐震診断

37

第3次診断 E_0 指標, C 指標

- E_0 指標, 強度指標 C, 靱性指標 F



基本的に第2次診断と同様に計算

梁が柱, 壁に先行して破壊する建物
(梁降伏型の崩壊形)
の耐震診断に適している

2017/4/23

耐震診断

38