

平成10年9月 関松太郎

耐震診断における偏心率の考え方

目次

1. 「耐震診断基準」における偏心率
 - (1) E_0 指標
 - (2) S_0 指標
2. 「現行の基準法」における偏心率
 - (1) 偏心率の求め方
 - (2) 構造計画と偏心率
 - (2) 「耐震診断基準」と「現行の建築基準法」との比較
3. 建物の診断例
 - (1) 建物—1（偏心が大きい建物）
 - (2) 建物—2（細長い平面の学校）
 - (3) 建物—3（L字型平面の学校）
4. 偏心建物の地震被害
 - (1) 建物—1（1978年宮城県沖地震）
 - (2) 建物—2（1995年兵庫県南部地震）
 - (3) 建物—3（1995年兵庫県南部地震）
5. まとめ

1. 「耐震診断基準」における偏心率

「耐震診断基準」：「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」、(財)日本建築防災協会、1990年12月

◆構造耐震指標 (I_s) は下式より求める。

(1) 構造耐震指標 (I_s) は建物の各階の梁間及び桁行方向それぞれについて式(1)により算定する。ただし、T 指標及び第1次診断における S_o 指標については、階位置及び方向による区別をしない。

$$I_s = E_o \times S_o \times T \quad (1)$$

ここで、 E_o : 保有性能基本指標 (3. 2節による)

S_o : 形状指標 (3. 3節による)

T : 経年指標 (3. 4節による)

ここで、偏心率が大きい場合は、 E_o 指標と S_o 指標にその影響を配慮することとしている。

(1) E_o 指標

「耐震診断基準」p. 48の例外事項

(ii) 例外事項

S_o 指標算出の際、壁の偏在などにより3.3.形状指標の節で定義する偏心率が0.15を超える場合には、 E_o 指標として次のいずれか小さい方を用いる。

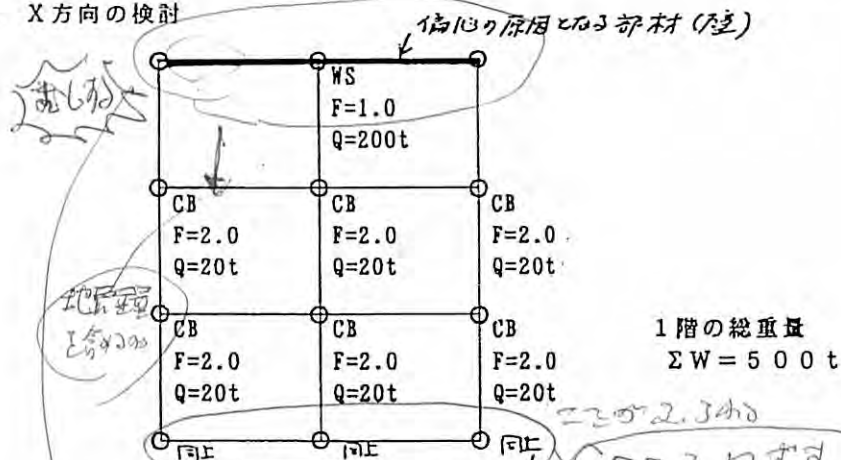
(a) 偏心の原因となっている鉛直部材を無視して、前(i), (ii)項の方法で求めた E_o の値

(b) 偏心を無視し、式(5)より求めた E_o の値。ただし、この場合には偏心の原因となっている鉛直部材を第1グループとし、それより靱性指標 F の小さい鉛直部材は無視する。

例題

偏心率が0.15を超えた場合の取り扱い
・耐震診断基準による方法

EX. X方向の検討



E_oの算出 以下の(a),(b)の小さい値とする。

(a) 偏心の原因となる鉛直部材を無視する

$$E_o = \frac{n+1}{n+i} \times \frac{180}{500} \times 2.0 = 0.72$$

(b) 偏心を無視し、式(5)よりもとめる。但し偏心の原因となっている部材を第1グループとし、それより塑性指標Fの小さい鉛直部材を無視する。

$$E_o = \frac{n+1}{n+i} \times \left[\frac{200}{500} \times 1.0 \times \frac{180}{500} \times 0.7 \right] = 0.652 \text{ --- 採用}$$

SD指標の偏心に係る項目は0.8とする。

新耐震規準のFesより補正する方法

耐震設計基準の偏心率、剛性率より得られたFesの逆数をSD指標の偏心率と剛/重比に係る項目として用いる。

$$SD = 1 / F_{es}$$

(2) S_0 指標

◆「耐震診断基準」に偏心率の扱いが下式のように記述されている。

(p. 105～112：偏心率に関連する箇所を四角枠で表示)

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

3.3 形状指標 S_0

3.3.1 一般

この指標は、形状の複雑さ及び剛性のアンバランスな分布などの耐震性能に及ぼす影響を工学的な判断により定量化し、 E_0 指標を補正しようとするものである。

形状指標は、算出する方法の簡便さ及び算出される数字によって意味づけられる影響度の精度に応じて、第1次診断用、第2次診断用の二段階のものを算出する。

【解説】

建物の形状によって、地震時の力の流れが大きく影響を受け、また終局時の耐震性能も左右される。形状が一体性に富むものであれば、力の流れは滑らかであり、設計時の仮定も適合し易いが、不規則で凹凸の多いものは、力が局部に集中したり、偏ったりする現象を生じ、耐震性に悪い影響を及ぼす。他方、形状の如何にかかわらず、強度を十分にとることで、形の悪さをある程度補うことも可能である。

本指標は前者にいうところの影響度如何を数字で示そうとするもので、これだけでは耐震性の絶対尺度とはならず、定量的な指標と組合わされて初めて意味を有する。また、この指標はおもに、建物の概略的な寸法から算出されるので、形状を加味した精算がなされる場合には適用外とする。

なお、本基準の初版発行後、1980年には耐震設計法に関連する政令が大幅に改正され、本節に規定する形状指標 S_0 に関連する事項として、偏心率 (R_e)、剛性率 (R_s) およびこれらによる形状係数 (F_e , F_s および F_{es}) という項目が新たに採り入れられた。即ち、建物形状が耐震性能に影響する可能性がある項目として、次項の表10でとりあげている項目の内、例えば整形性 (項目：a)、層高の均等性 (i)、ピロティの有無 (j) は上記 R_e または R_s と間接的に関係をもつものであり、また、重心と剛性の偏心率 (e_e) は R_e の考え方と、上下層の (剛/重) 比 (n) は R_s の考え方と直接的な関係をもつものである。

本節では、これらの新しい指標と、本基準初版の内容との整合をとることについては、難し

い面があり、かつまた、1次診断用などに対応する簡便な方法を残しておく必要があるため、今回の改訂では初版の内容を殆んどそのまま踏襲することにした。しかし、例えば第3次診断法では、本節に記す方法の代りにこれらの方法を用いても良いこととする。

3.3.2 適用項目

各次の指標算出に用いる項目は次のとおりとする。

(1) 第1次診断用項目

(i) 平面形状に関するもの（平面の一体性に関するもの）
整形性、辺長比、くびれ、エキスパンションジョイント、吹抜け（大きさ及び偏在）、その他特殊形状

(ii) 断面形状に関するもの（断面の一体性に関するもの）

地下室の有無、層高の均等性、ピロティの有無、その他特殊形状

(2) 第2次診断用項目

第1次診断用各項目に次の項目を加える。

(i) 平面剛性に関するもの

重心－剛心のずれ

(ii) 断面剛性に関するもの

上下層の剛性比

〔解説〕

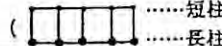
(1) 耐震性に影響の大きいと思われるもので、図面から比較的容易に算出できるものを適用項目として選んでいる。第1次診断用項目は簡便のため形状だけで判断できる項目とする。一覧表に載せている項目以外でも、耐震性に大きな影響を及ぼすと判断される特殊形状があれば、g, k 項を用いることができる。特殊形状として考えられるものには、下例のようなものがある。

g 項に該当するもの

○ 偏心が顕著な場合（外周の一边が全て壁の場合等） 

（ただし、この場合、第2次診断においては $R_{2i} = 0$ とする。）

○ 柱芯－はり芯のずれ顕著なもの。

○ 短柱がある辺に偏っている場合  (.....短柱)
.....長柱

k 項に該当するもの

○ 床高にはり丈以上の高低差がある場合

○ 連層壁が下層でなくなっている場合

なお、第2次診断用には第1次診断用項目に加えて、剛性の分布によって判断する項目を加える。この項目は各階、各方向での計算を必要とする。

(2) 偏心率について

ℓ 項は振れの影響を数値化しようとするものであって、 $E/\sqrt{B^2+L^2}$ に対応させて数値の段階を定める。「地震荷重と建築構造の耐震性」（学会・1976）において検討されている偏心率との関係は、ほぼ次のようになる。

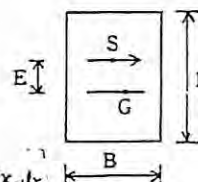
偏心率 $e' = (\text{偏心距離}/\text{回転半径})$

今ホモジニアスな矩形面を考えれば
(等質平面)

$$I_p = \frac{B \cdot L}{12} (B^2 + L^2) \quad i = \sqrt{\frac{B^2 + L^2}{12}}$$

$$\therefore e' = \frac{E \cdot \sqrt{12}}{\sqrt{B^2 + L^2}}$$

$$\text{回転半径 } i = \sqrt{\frac{I_p}{A}}$$



$$I_p = \int_x \int_y (x^2 + y^2) dx dy$$

$$A = \int_x \int_y dx dy$$

本指針で定める偏心率は $\ell = \frac{E}{\sqrt{B^2 + L^2}}$ であり、したがって、 $\ell = \frac{e'}{\sqrt{12}}$ なる関係がある。

$\ell > 0.15$ はほぼ $e' > 0.5$ に相当する。

$\ell > 0.15$ の場合には、 ℓ 項の q_i 値を 0.8 とした上で、更に E_i 指標算定時の例外事項を適用する。

なお、偏心に関しては第1次診断時にはその影響度が低く評価されがちなので、偏心が顕著な場合は、第2次診断を行うことが望ましい。

(3) 剛性算出法について

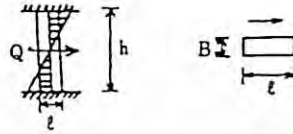
簡便のために、断面積を用いて剛性を評価する方法をとっている。この方法によって、かつ部材のプロポーシオンによる曲げ剛性、せん断剛性の影響を加味するために、次のようにして算出される補正係数 α を乗ずる。即ち、

$$\delta_b = \frac{Q \cdot h^3}{12EI}$$

$$\delta_s = \frac{k \cdot Q \cdot h}{\beta \cdot G \cdot A_w}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma \delta = \delta_b + \delta_s \end{array} \right.$$

$$A = B \cdot \ell \quad I = \frac{B \cdot \ell^3}{12}$$

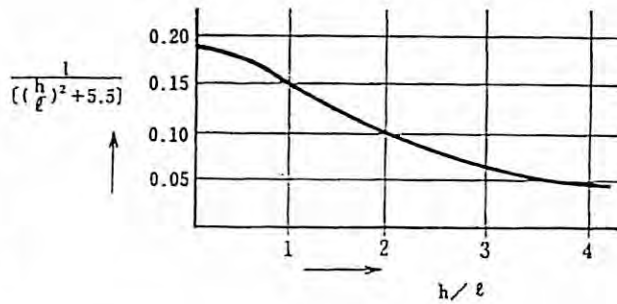


$k = 1.2$ $\beta = 0.5$ と仮定すれば

$$\frac{Q}{\delta_b + \delta_s} = E \cdot A \times \frac{1}{h \left[\left(\frac{h}{\ell} \right)^2 + 5.5 \right]} \quad \therefore \frac{1}{\left[\left(\frac{h}{\ell} \right)^2 + 5.5 \right]} \text{ が、ほぼ } \alpha \text{ に相当するものである。}$$

る。

$\frac{h}{\ell} = 4$ の場合を柱と想定すれば、右図より $\frac{h}{\ell} = 3 \sim 2, 2 \sim 1, 1 \sim 0$ に相当する値は $h/\ell = 4$ に比してほぼ 1.5, 2.5, 3.5 倍になる。



なお、ラーメン外の壁に関しては、回転剛性その他を考慮してラーメン内壁の $1/3$ の値をとる。

上下層の剛性を比較する場合には、以上の方法で求めた剛性を階高で割ることになっているが、上法は、 $h/\ell = 1$ 一定とした場合に成立する式なので、柱剛性が壁剛性に比して大きい場合には精算を行うことが望ましい。

n 項で用いる β は各階の重量、剛性が等しい場合に $n = 1$ になるように補正する係数である。

壁柱の剛性問題

また

弾性係数の変換

k_b : ねじり剛性

断面二次モーメント I の変換

変換係数

ひずみ

人2にL工が同じ

$J + E^2$ の σ_y の k_x

0.3

ねじり剛性 J の変換

角で

偏心率の考慮

J で $I - \Delta^2$ へ変換

$\times 4$

表10 項目の分類及びG, R一覧表

項 目		Gi (グレード)			R (レンジ調整係数)		適用の対象	備 考
		1.0	0.9	0.8	R _{1i}	R _{2i}		
第1次・第2次 診断 用 (1,2)	平面 形状 (P)	a 整 形 性	整形a ₁	ほぼ整形a ₂	不整形a ₃	1.0	0.5	a ₁ : ほぼ2軸対称のもので、一つの突出部の面積が床面積の10%以下のもの。 a ₂ : a ₁ より不整形なもの。また、L、T、U型等の平面で一つの突出部の面積が床面積の30%以下のもの。 a ₃ : a ₂ より " " " " の30%を超えるもの。 突出部とは長さ(ℓ)/幅(b)≧1/2の場合を対象とする。 b: b=長辺/短辺、L、T、U型等の場合は、長辺長さとして2ℓを用いる。 c: c=D ₁ /D ₂ 、n ₁ I  n ₂ d: エキスパンションジョイントのある場合に適用する。d = EXP. Jの幅体間隔/EXP. J部の高さ e: e=吹抜部面積/(吹抜部面積を含む)床面積。ただし、鉄筋コンクリート壁により囲まれている階段室は吹抜部とみなさない。 f=f ₁ = [建物中心(図心)と吹抜部中心間の距離]/建物の短辺長さ f ₂ = [" "]/建物の長辺長さ h: h=地下面積/建築面積 i: i=上層の階高/検討する層の階高。検討する層が最上層の場合は式中、上層を下層と読みかえる。 j: 床面がピロティのみにより支持されており、かつ、そのピロティの平面的配値が偏っている場合を偏在として扱う。ただし、全架構が純ラーメンの場合はピロティとして扱わない。  ℓ: ℓ = E / √(B ² + L ²) S: 重心, G: 剛心, ただし、各通りの (Σ(柱断面面積) + Σ(壁断面面積×α)) ※1をもって各通りの水平剛性となす。 n: n = (上層の(剛/重)比/該当層の(剛/重)比) × β、最上が該当の層の場合は式中、上層を下層と読みかえる。(剛/重)比 = (階の剛性) / (その階より上の建物全重量) とし、階の剛性は (Σ(柱断面面積) + Σ(壁断面面積×α)) / 階高をもってする。β = (N - 1) / N、ただし、Nは支える床の数とし、最上層の場合はβ = 2.0とする
		b 辺 長 比	b ≤ 5	5 < b ≤ 8	8 < b	0.5	0.25	
		c く び れ	0.8 ≤ c	0.5 ≤ c < 0.8	c < 0.5	0.5	0.25	
		d エキスパンション ジョイント	$\frac{1}{100} \leq d$	$\frac{1}{200} \leq d < \frac{1}{100}$	$d < \frac{1}{200}$	0.5	0.25	
		e 吹 抜	e ≤ 0.1	0.1 < e ≤ 0.3	0.3 < e	0.5	0.25	
		f 吹抜の偏在	f ₁ ≤ 0.4かつ f ₂ ≤ 0.1	f ₁ ≤ 0.4かつ 0.1 < f ₂ ≤ 0.3	0.4 < f ₁ または 0.3 < f ₂	0.25	0	
		g その他※2 特殊形状				0.5	0.25	
	断面 形状 (S)	h 地下室の有無	1.0 ≤ h	0.5 ≤ h < 1.0	h < 0.5	1.0	1.0	
		i 高さの均等性	0.8 ≤ i	0.7 ≤ i < 0.8	i < 0.7	0.5	0.25	
		j ピロティの有無	ピロティなし	全てピロティ	ピロティが偏在	0.5	0.25	
第2次 診断 用 (2)	平面 剛性 (PR)	ℓ 重心-剛心の偏心率	ℓ ≤ 0.1	0.1 < ℓ ≤ 0.15	0.15 < ℓ		1.0	各階で方向別に検討する。
		m						
	断面 剛性 (SR)	n 上下層の(剛/重)比	n ≤ 1.2	1.2 < n ≤ 1.7	1.7 < n		1.0	
		o						

※1 エキスパンションジョイントがある場合には各区画を一単位として検討を行なう。

※2 顕著な特殊形状(平面)がある場合に用いる。(解説参照)

※3 " (断面) " (")

※4 壁の長さ～高さのプロポーシオンにより下表のαを求ずる。

壁のプロポーシオン h/ℓ	α	
	ラーメン内の壁	ラーメン外の壁
3.0 ≤ h/ℓ	1.0	0.3
2.0 ≤ h/ℓ < 3.0	1.5	0.5
1.0 ≤ h/ℓ < 2.0	2.5	0.8
h/ℓ < 1.0	3.5	1.2



3.3.3 形状指標の算出方法

項目毎の G_i (グレード) と R_i (レンジ調整係数) とから、式(24)及び式(25)を用いて影響度を示す値 q_i (影響値と呼称する) を算出し、 q_i の相乗積をもって指標とする。

なお、第1次診断、第2次診断の段階毎に、表10に示す分類により、 R_{1i} 、 R_{2i} を用いて影響度を調整する。

(1) 指標の算出式

(i) 第1次診断用指標

$$S_{D1} = q_{1a} \times q_{1b} \times \cdots \times q_{1k} \quad (24)$$

$$\text{ただし } q_{1i} = [1 - (1 - G_i) \times R_{1i}] \cdots i = a, b, c, d, e, f, g, i, j, k$$

$$q_{1h} = [1.2 - (1 - G_i) \times R_{1i}] \cdots i = h$$

(ii) 第2次診断用指標

$$S_{D2} = q_{2a} \times q_{2b} \times \cdots \times q_{2k} \times q_{2l} \times \cdots \times q_{2o} \quad (25)$$

$$\text{ただし } q_{2i} = [1 - (1 - G_i) \times R_{2i}] \cdots i = a, b, c, d, e, f, g, i, j, k,$$

$$l, m, n, o$$

$$q_{2h} = [1.2 - (1 - G_i) \times R_{2i}] \cdots i = h$$

(iii) 第3次診断用指標は、第2次診断用指標をそのまま用いる。

$$S_{D3} = S_{D2}$$

(2) 項目の分類

項目の分類および G 、 R の値は表10による。

[解説]

(1) 剛性率、偏心率の準用について

前述したように、1980年に改正された新築建物を対象とする耐震規定では本項の l 項および n 項に相当する項目として偏心率 (R_e) 及び剛性率 (R_s) を精算し、その結果にもとづいて算出する所要強度の割増係数 (F_e および F_s) が新しく規定された。このことにより、本項によって算出される G_i 及び G_n の代わりに F_e 及び F_s を用いて次のように G'_i および G'_n を算出して用いてもよい。

$$G'_i = 1/F_e \text{ (ただし、この場合 } G_a = 1.0 \text{ としてよい)}$$

$$G'_n = 1/F_s \text{ (ただし、この場合 } G_1 = 1.0 \text{ および } G_j = 1.0 \text{ としてよい)}$$

2. 「現行の基準法」における偏心率

(1) 偏心率の求め方

参考文献：建築物の構造規定—建築基準法施工令第3条の解説と適用—、
(財)日本建築センター、1994年9月

8.2.4 偏 心 率

政 令 第82条の3第二号

二 各階の偏心率を次の式によつて計算し、それらの偏心率がそれぞれ100分の15を超えないことを確かめること。

$$R_e = \frac{e}{r_e}$$

この式において、 R_e 、 e 及び r_e は、それぞれ次の数値を表すものとする。

R_e 各階の偏心率

e 各階の構造耐力上主要な部分が支える固定荷重及び積載荷重（第86条第2項ただし書の規定によつて特定行政庁が指定する多雪区域にあつては、固定荷重、積載荷重及び積雪荷重）の重心と当該各階の剛心をそれぞれ同一水平面に投影させて結ぶ線を計算しようとする方向と直交する平面に投影させた線の長さ（単位 センチメートル）

r_e 各階の剛心周りのねじり剛性の数値を当該各階の計算しようとする方向の水平剛性の数値で除した数値の平方根（単位 センチメートル）

通 達 昭56住指発第96号

第2 構造計算の原則関係（第1款の2）

4. 剛性率、偏心率等（第82条の3）

(1) 剛性率及び偏心率の算出にあつては、特に各部材の剛性を適切に評価すること。

令第82条の3第二号の規定も高さが31m以下の特定建築物に適用される。本規定を満足しなくても、第82条の4各号の規定により保有水平耐力に関する確認をした場合には、本条の適用は免除される。

建築物の各階において、耐震上有効な要素である壁、柱等の平面的な配置が悪いと、地震時にねじれ振動を生じ、大きな損傷を受ける恐れがある。本号では、そのねじれ振動の生じやすさを表す指標として、各階の e （偏心距離）を r_e （弾力半径）で除した値を偏心率 R_e と定義し、その数値が0.15を超えないこととした。

〔偏心率の定義と計算方法〕

(1) 偏心率の意味

図8.2-3に示すように、地震力は階の重心に作用する。このため、重心と剛心の位置が一致しないと、建築物は水平方向に変形するほか剛心まわりに回転する。重心と剛心との距離の大きい（偏心の大きい）建築物にあつては、建築物の隅部で部分的に過大な変形を強いられる部材が生じ、それらの部材に損傷が生じることになる。

偏心率は、重心と剛心の偏りのねじり抵抗に対する割合として定義され、その数値の大きいほど偏心による影響が大きいことを表している。



図 8.2-3 偏心の大きい建築物

(2) 偏心率の計算方法

偏心率 R_e は、建築物の各階各方向別にそれぞれ考える。その計算方法を以下に説明する。まず、建築物の1つの階について、その方向及び偏心距離を図8.2-4のようにとる。座標はどのようにとってもよいが、ここでは平面の左下隅を原点にとる。

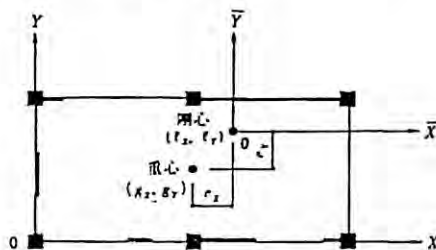


図 8.2-4 ねじれに関する記号

① 重 心

重心は、地震時においてその層に作用する層せん断力の合力点として求めるべきであるが、略算的には以下に示す方法によることができる。

各階において、鉛直力を支持する柱等の構造耐力上主要な部材に生じる長期荷重による軸力 N 、及びその部材の座標 X, Y から計算する。重心の座標を g_x, g_y とすると、

$$\left. \begin{aligned} g_x &= \frac{\sum (N \cdot X)}{W} \\ g_y &= \frac{\sum (N \cdot Y)}{W} \\ W &= \sum N \end{aligned} \right\} (8.2.2)$$

と得られる。ここで、記号 $\sum$ は鉛直荷重を支持する柱等についての和をとる。

ただし、各階とも、固定荷重、積載荷重等が平面的に偏りがなく一様に分布している場合には、重心は図心と一致するとしてもよい。

② 剛 心

柱、耐力壁等の耐震要素の計算方向 (X 方向及び Y 方向) の水平剛性を K_x, K_y 、その座標を X, Y とすれば、各階の剛心座標 l_x, l_y は下式より得られる。

$$\left. \begin{aligned} l_x &= \frac{\sum (K_y \cdot X)}{\sum K_y} \\ l_y &= \frac{\sum (K_x \cdot Y)}{\sum K_x} \end{aligned} \right\} (8.2.3)$$

ここで、記号 $\sum$ は X 方向または Y 方向に有効な耐震要素について和をとる。各耐震要素の座標 X, Y はそれらの要素の図心の座標をとってよい。

K_x, K_y の計算は変位法等により応力解析を行い、層間変位が求められる場合には、下記の方法で求める。

$$K_x = Q_x / \delta_x$$

$$K_y = Q_y / \delta_y$$

ここで Q_x, Q_y は当該部材の負担せん断力

δ_x, δ_y は当該部材の層間変位

また、 D 値法による場合は、各部材の D 値 (D_x, D_y) より、水平剛性を $K_x = D_x, K_y = D_y$ として求めることができる。

③ e

偏心距離 e は、重心及び剛心の座標から次式のように計算される。

$$\left. \begin{aligned} e_x &= |l_x - g_x| \\ e_y &= |l_y - g_y| \end{aligned} \right\} (8.2.4)$$

④ ねじり剛性

各階の剛心まわりのねじり剛性は各階ごとに1つ求められる。剛心まわりに計算を行うので、座標の平行移動により剛心を座標原点とすることにする。新しい座標系を $\bar{X}$, $\bar{Y}$ とすれば、各耐震要素の座標は、

$$\left. \begin{aligned} \bar{X} &= X - \ell_x \\ \bar{Y} &= Y - \ell_y \end{aligned} \right\} (8.2.5)$$

と表示される。剛心まわりのねじり剛性 K_R は、

$$K_R = \sum (K_x \cdot \bar{Y}^2) + \sum (K_y \cdot \bar{X}^2) \quad (8.2.6)$$

により求められる。記号 $\sum$ は、X方向及びY方向それぞれに有効な耐震要素について和をとる。

⑤ r_e

X, Y方向検討時の弾力半径 r_e (r_{ex} , r_{ey} とする)は、次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} r_{ex} &= \sqrt{\frac{K_R}{\sum K_x}} = \sqrt{\frac{\sum (K_x \cdot \bar{Y}^2) + \sum (K_y \cdot \bar{X}^2)}{\sum K_x}} \\ r_{ey} &= \sqrt{\frac{K_R}{\sum K_y}} = \sqrt{\frac{\sum (K_x \cdot \bar{Y}^2) + \sum (K_y \cdot \bar{X}^2)}{\sum K_y}} \end{aligned} \right\} (8.2.7)$$

⑥ R_e の計算

X, Y各方向に対する偏心率 (R_{ex} 及び R_{ey})は、

$$\left. \begin{aligned} R_{ex} &= e_y / r_{ex} \\ R_{ey} &= e_x / r_{ey} \end{aligned} \right\} (8.2.8)$$

によって求められる。偏心距離 e_x , e_y の添字が検討方向と逆になっていることに注意する。

ii) F_{ee} 値

告示 昭55建告第1792号第2

第2 F_{ee} を算出する方法

建築物の各階の F_{ee} は、当該階について、建築基準法施行令第82条の3第一号の規定による剛性率に応じた次の表1に掲げる F_s の数値に同条第二号の規定による偏心率に応じた次の表2に掲げる F_e の数値を乗じて算出するものとする。ただし、当該階の剛性率及び偏心率と形状特性との関係を適切に評価して算出することができる場合には、当該算出によることができる。

1

剛性率	F_s の数値
(1) 0.6以上の場合	1.0
(2) 0.3を超え、0.6未満の場合	(1)と(3)とに掲げる数値を直線的に補間した数値
(3) 0.3以下の場合	1.5

2

偏心率	F_e の数値
(1) 0.15以下の場合	1.0
(2) 0.15を超え、0.3未満の場合	(1)と(3)とに掲げる数値を直線的に補間した数値
(3) 0.3以上の場合	1.5

本規定は、 F_{ss} (形状係数)の算出方法を定めている。 F_{ss} は、建築物の立面的及び平面的な耐震要素の偏りによる必要保有水平耐力の割増し係数であり、剛性率に応じた数値 F_s と偏心率に応じた数値 F_e の2つを考慮して算出する。なお、ただし書の規定により、本規定以外の方法により算出することができることとしている。

形状係数 $F_{ss} = F_s \cdot F_e$ であり、2つの数値は $1.0 \leq F_s \leq 1.5$, $1.0 \leq F_e \leq 1.5$ であるから、 F_{ss} の値は1.0以上2.25以下となる。

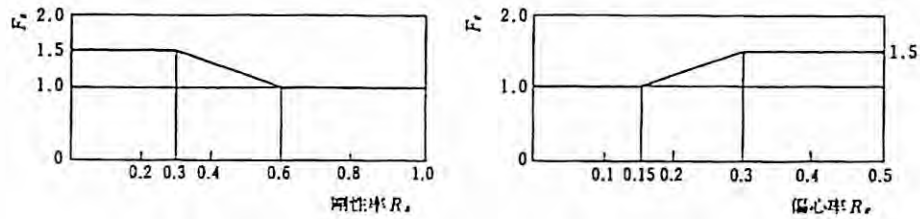


図 8.2-6 F_s 及び F_e

(2) 構造計画と偏心率

参考文献：新しい耐震基準の手引き、(社)日本建築士会連合会、1981年11月

一対策その2 壁の追加(1)

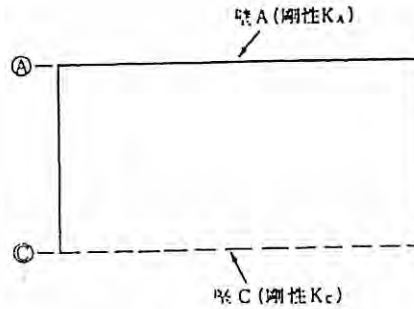
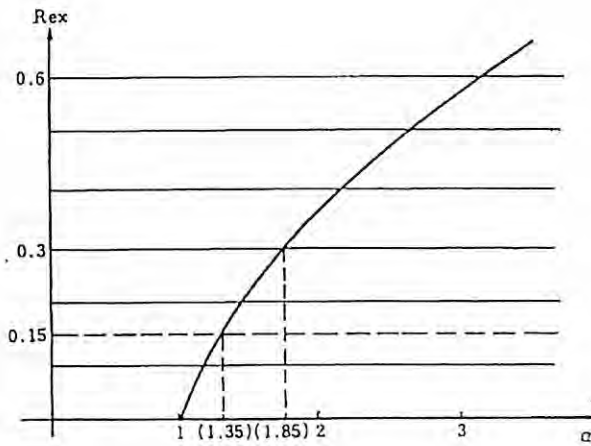


図4.13 検討用モデル



α	R_{ex}
1.0	0
1.1	0.048
1.2	0.091
1.3	0.132
1.4	0.169
1.5	0.204
1.6	0.237
1.7	0.268
1.8	0.298
1.9	0.326
2.0	0.354
2.5	0.474
3.0	0.577
3.5	0.668

図4.14 剛性比(α)と偏心率(R_{ex})

このような検討から図4.1の基本形に対して偏心率を0.15以下になるように壁を追加し、壁を有効に利用するための解決策としては図4.16、4.17等が考えられる。追加する壁の壁厚を厚くすることによって同じ壁長さであっても剛性はある程度は上げることは可能であるので大体的見当としては偏在する壁の約半分の長さの壁を反対側にとれば何とか偏心率を規制値0.15以下にできそうである。ただし、あまり1ヶ所に大きな剛性をとると応力が集中し、壁の脚部の浮上りなどで耐力が決まってしまって所要の剛性が確保できなくなるので注意を要する。

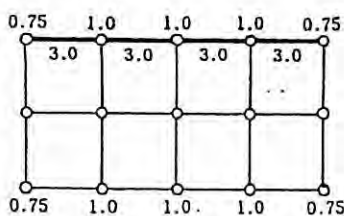


図4.15 剛性分布の例

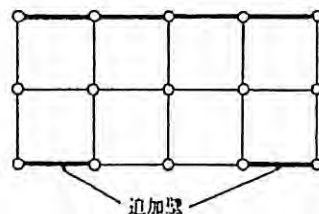


図4.16 バランスよくした例(1)

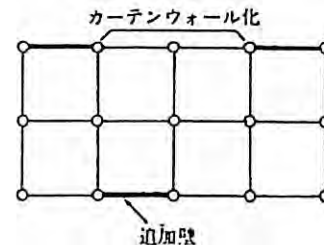


図4.17 バランスよくした例(2)

一対策その3ー 壁の追加(2)

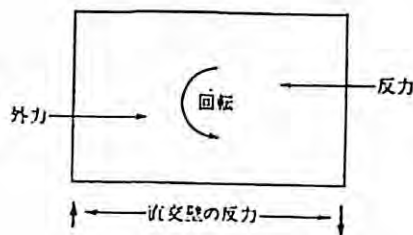


図4.18 ねじれ変形と反力

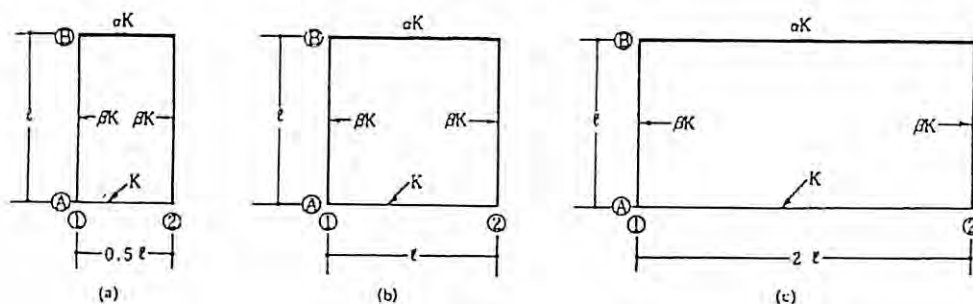


図4.19 直交方向壁の効果検討用モデル

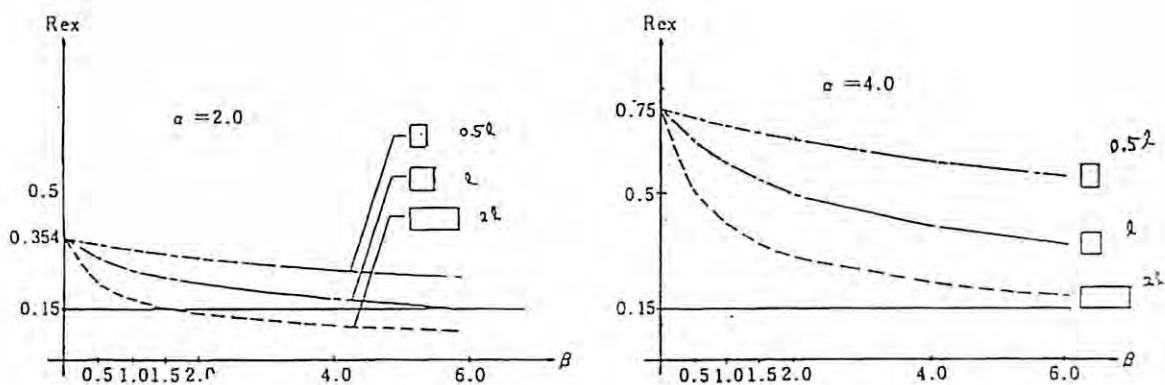


図4.20 剛性比と偏心率

これらから明らかなように、直交方向の壁の効果は（Cの）ように偏平な場合に大きく、(a)のような縦長の場合はそれ程大きな効果とならない。また、偏平な場合でも偏心率を $\frac{1}{2}$ 程度に小さくするまでは顕著な効果があるが、それ以下にするには相当大量の壁を追加しなければならないのであまり有効とは言えない。したがって直交方向の壁でねじれを防止する方法は平面形がやや細長い矩形で、その長手方向の片側に存在するコア一周の壁を耐震壁として利用する場合に補助的手段として用いるには有効である。しかし、極端に剛性がアンバランスになる場合はいくら直交方向に壁を設けても偏心率はそれ程小さくならないので、直交方向の効果を期待しなくてもある程度のバランスはとれる位に剛性を調節しておく（壁の量を増減しておく）必要がある。

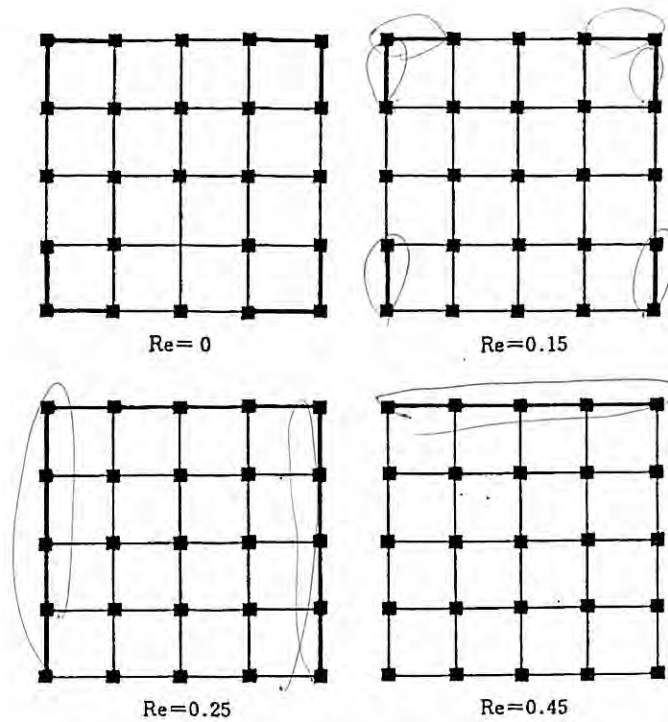


図3.43 耐力壁の配置と偏心率(検討方向 $\longleftrightarrow$)

$$e = \frac{e}{\sqrt{2}}$$

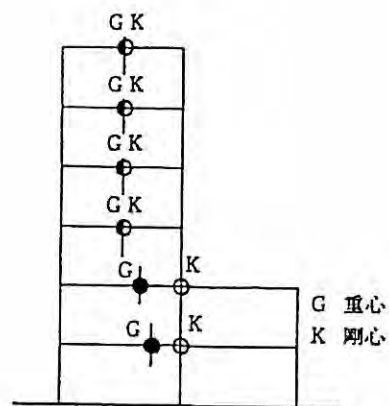


図3.44 セットバックによる偏心

$\beta \backslash a$	1.5	2.0	4.0	6.0
0	0.204	0.354	0.750	1.021
	0.500	0.500	0.500	0.500
	1.250	1.500	2.500	3.500
0.5	0.194	0.338	0.722	0.985
	0.491	0.486	0.478	0.476
	1.226	1.457	2.391	3.330
1.0	0.186	0.324	0.697	0.954
	0.483	0.474	0.459	0.455
	1.207	1.421	2.297	3.182
1.5	0.178	0.312	0.675	0.925
	0.476	0.463	0.443	0.436
	1.190	1.390	2.215	3.051
2.0	0.171	0.302	0.655	0.898
	0.471	0.455	0.429	0.419
	1.176	1.364	2.143	2.935
4.0	0.151	0.267	0.588	0.811
	0.455	0.429	0.385	0.368
	1.136	1.286	1.923	2.579
6.0	0.136	0.243	0.539	0.745
	0.444	0.412	0.355	0.333
	1.111	1.235	1.774	2.333

$\beta \backslash a$	1.5	2.0	4.0	6.0
0	0.204	0.354	0.750	1.021
	0.500	0.500	0.500	0.500
	1.250	1.500	2.500	3.500
0.5	0.171	0.302	0.635	0.898
	0.471	0.455	0.429	0.419
	1.176	1.364	2.143	2.935
1.0	0.151	0.267	0.588	0.811
	0.455	0.429	0.385	0.368
	1.136	1.286	1.923	2.579
1.5	0.136	0.243	0.539	0.745
	0.444	0.412	0.355	0.333
	1.111	1.124	1.774	2.333
2.0	0.125	0.224	0.500	0.693
	0.438	0.400	0.333	0.308
	1.094	1.200	1.667	2.154
4.0	0.098	0.177	0.401	0.559
	0.423	0.375	0.236	0.250
	1.058	1.125	1.429	1.750
6.0	0.083	0.151	0.344	0.481
	0.417	0.364	0.263	0.222
	1.042	1.091	1.316	1.556

$\beta \backslash a$	1.5	2.0	4.0	6.0
0	0.204	0.354	0.750	1.021
	0.500	0.500	0.500	0.500
	1.250	1.500	2.500	3.500
0.5	0.125	0.224	0.500	0.693
	0.438	0.400	0.333	0.308
	1.094	1.200	1.667	2.154
1.0	0.098	0.177	0.401	0.559
	0.423	0.375	0.286	0.250
	1.058	1.125	1.429	1.750
1.5	0.083	0.151	0.344	0.481
	0.417	0.364	0.263	0.222
	1.042	1.091	1.316	1.556
2.0	0.074	0.134	0.306	0.429
	0.413	0.357	0.250	0.206
	1.033	1.071	1.250	1.441
4.0	0.054	0.098	0.226	0.318
	0.407	0.346	0.227	0.177
	1.017	1.038	1.136	1.242
6.0	0.045	0.081	0.188	0.264
	0.405	0.342	0.219	0.167
	1.012	1.026	1.094	1.167

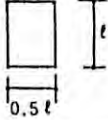
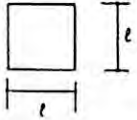
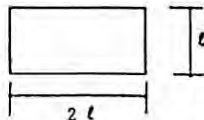
(a)	
(b)	
(c)	

表4.1 直交方向壁の効果	上段 偏心率 (R_{ex}) 中段 最大変位 ($\delta_o + \theta_y$) 下段 増加率 ($\delta_o + \theta_y$)/ δ_o
---------------	--

(3) 「耐震診断基準」と「現行の建築基準法」との比較

①両基準による偏心率の比較

Re：建築基準法に対応させた診断基準による偏心率

e：耐震診断基準による偏心率

建築基準法と対応させた偏心率は下式となる。

$$Re = E/i = \sqrt{12} / \sqrt{B^2 + L^2} \quad \cdots (1)$$

ここで、E：重心と剛心の距離（偏心距離）

i：回転半径（弾力半径）

B：建物幅、L：建物長さ

耐震診断基準の偏心率は下式となる。

$$e = E / \sqrt{B^2 + L^2} \quad \cdots (2)$$

従って、(1)式と(2)式から Re と e の関係は以下になる。

$$Re = \sqrt{12} \cdot e \quad \cdots (3)$$

つまり、e=0.15 は Re≒0.52 に相当する。

表 偏心の影響が最も大きい場合の偏心率と低減率

	建築基準法	耐震診断基準
偏心率	0.3	0.52 (=0.15×√12)
低減率	0.67 (=1/1.5)	0.8

②構造計画における両者の比較

図1～図3，表1～表3に具体的な例を挙げて両者の比較をおこなうと、以下のような結果が得られる。

- ・全般に耐震診断基準の偏心率の方が現行の建築基準法より大きくなる。ただし、平面形が細長い(21)で直交壁が少ない場合は耐震診断基準の偏心率が小さくなる。
- ・直交壁が多くなるほど両者の差は大きくなる。これは、耐震基準に直交壁の影響を回転半径（ねじれ難さの指標）の計算に考慮していないことによる。
- ・両者の差の大きいところでは、概ね1.5～2.0倍となる。
- ・建築基準法と耐震診断基準による評価の程度は、上記の表にあるように低減対象となる偏心率の大きさと低減率が異なるので直接比較することは難しいが、上記の知見を踏まえると建築基準法の方が偏心の存在に対して若干厳しいペナルティーを課していることになる。

表1 「耐震診断基準」と「建築基準法」の比較(その一)
(建物長さ=0.5×建物幅(l)の場合)

α (剛性比)	1.5K	2K	4K	6K
剛心位置(単位:l)	0.1	0.16	0.3	0.357
回転半径(診断基準: 単位:l)	0.32	0.32	0.32	0.32
偏心率(診断基準)	0.31	0.5	0.94	1.16
弾力半径: $\beta=0$	0.49	0.45	0.4	0.35
(建築基準法) 0.5	0.52	0.47	0.42	0.36
1	0.54	0.49	0.43	0.37
1.5	0.56	0.51	0.44	0.39
2	0.58	0.53	0.46	0.4
4	0.66	0.6	0.51	0.44
6	0.74	0.66	0.56	0.48

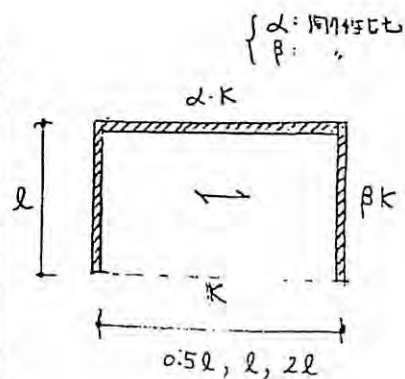


表2 「耐震診断基準」と「建築基準法」の比較(その二)
(建物長さ=1.0×建物幅(l)の場合)

α (剛性比)	1.5K	2K	4K	6K
剛心位置(単位:l)	0.1	0.16	0.3	0.357
回転半径(診断基準: 単位:l)	0.41	0.41	0.41	0.41
偏心率(診断基準)	0.24	0.39	0.73	0.87
弾力半径: $\beta=0$	0.49	0.45	0.4	0.35
(建築基準法) 0.5	0.58	0.53	0.47	0.4
(単位:l) 1.0	0.66	0.6	0.51	0.44
1.5	0.74	0.66	0.56	0.48
2	0.8	0.71	0.6	0.52
4	1.02	0.9	0.75	0.64
6	1.2	1.06	0.87	0.74

表3 「耐震診断基準」と「建築基準法」の比較(その三)
(建物長さ=2.0×建物幅(l)の場合)

α (剛性比)	1.5K	2K	4K	6K
剛心位置(単位:l)	0.1	0.16	0.3	0.357
回転半径(診断基準: 単位:l)	0.65	0.65	0.65	0.65
偏心率(診断基準)	0.15	0.25	0.46	0.55
弾力半径: $\beta=0$	0.49	0.45	0.4	0.35
(建築基準法) 0.5	0.8	0.71	0.6	0.52
(単位:l) 1.0	1.02	0.9	0.75	0.64
1.5	1.2	1.06	0.87	0.74
2	1.35	1.19	0.98	0.83
4	1.85	1.63	1.33	1.12
6	2.22	1.97	1.6	1.35

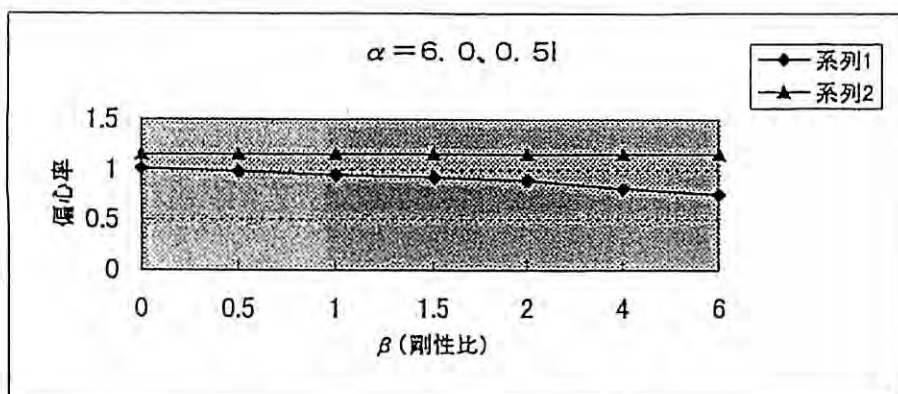
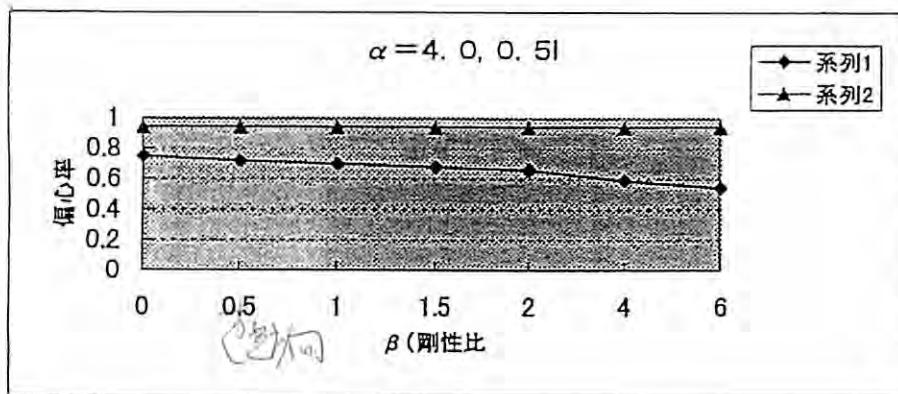
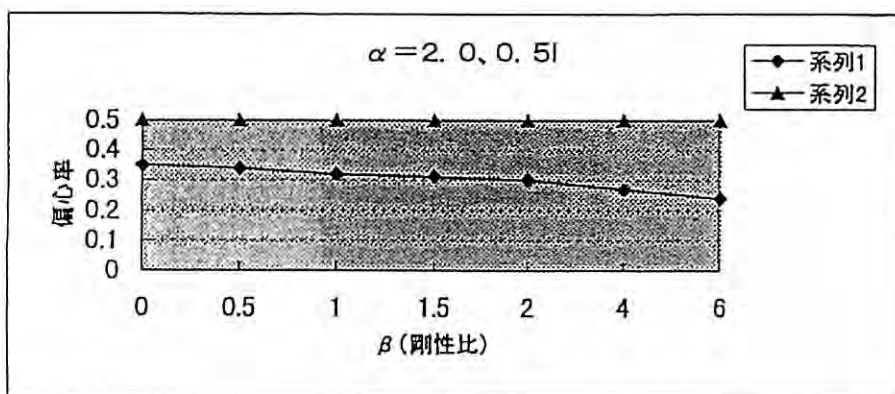
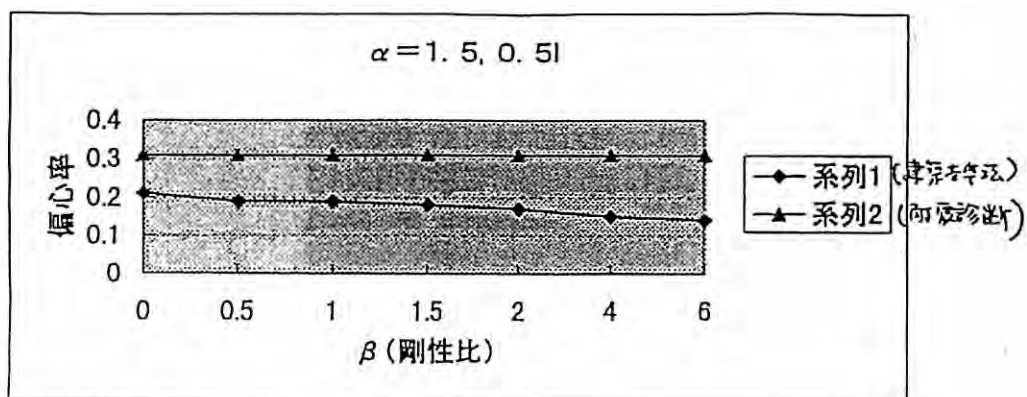
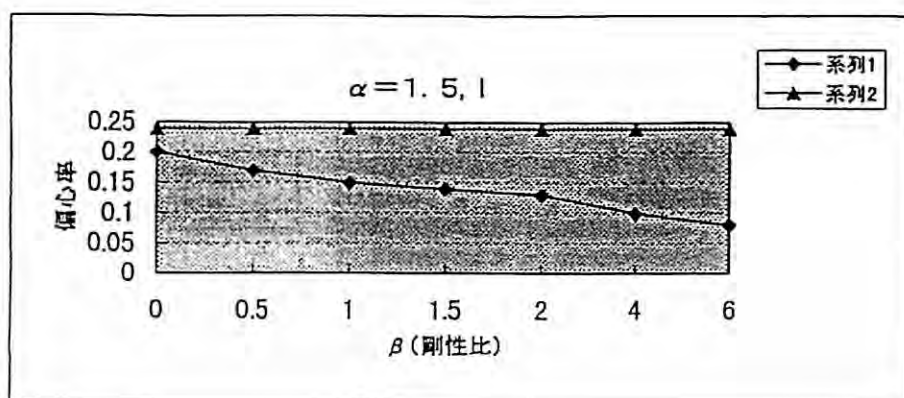


图 1. 偏心率 (初)



(系数差法)
(刚度折减系数)

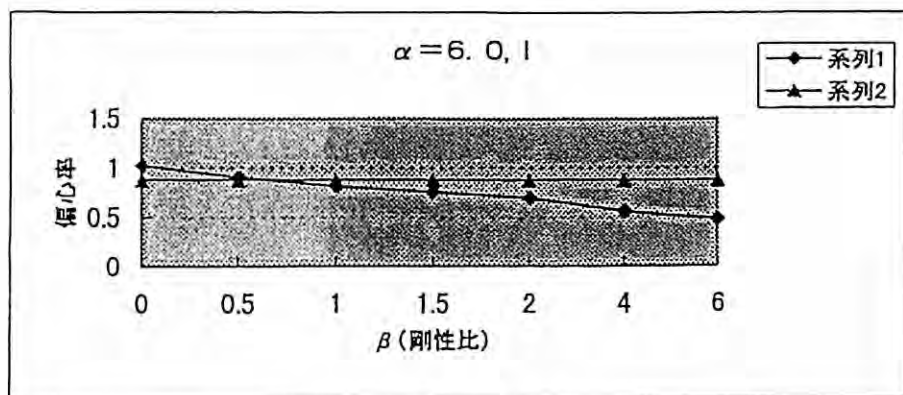
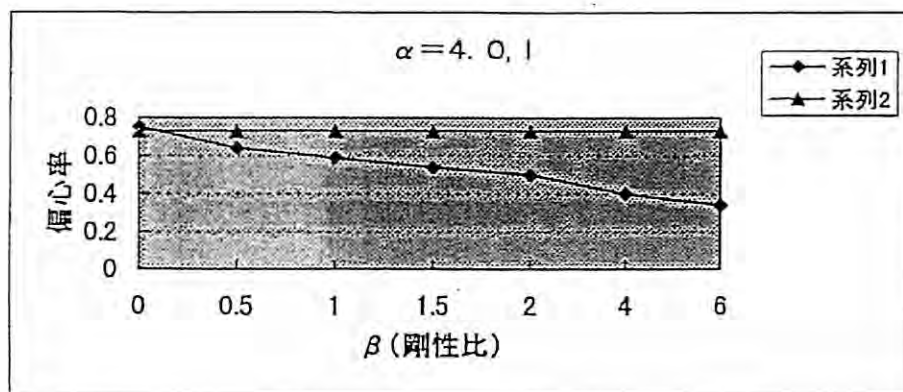
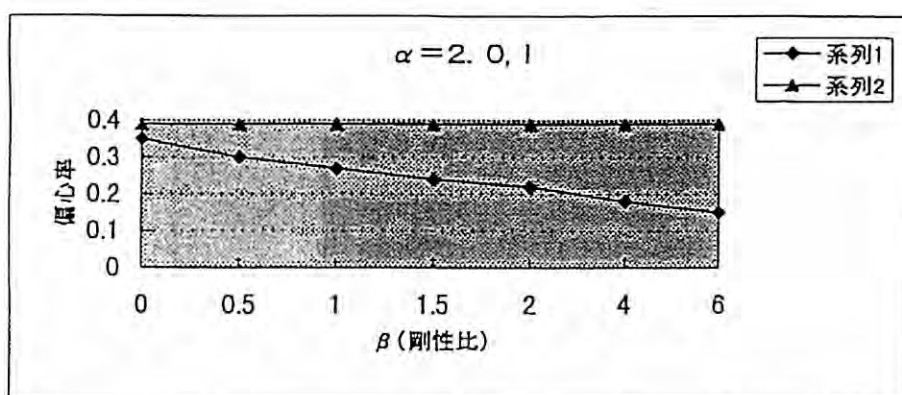


图2 偏心率 (初2)

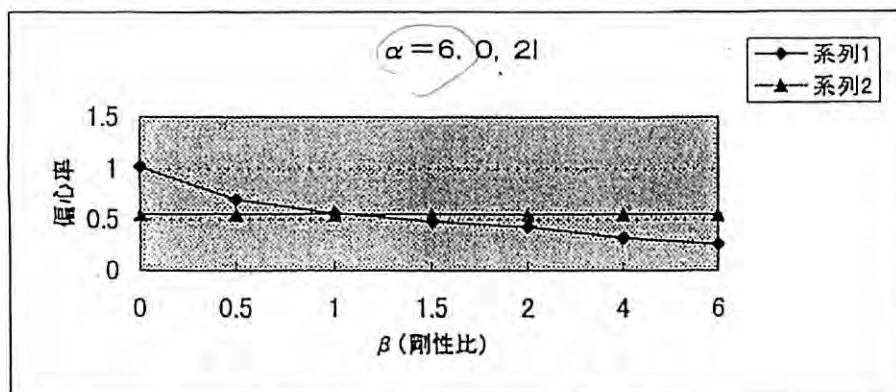
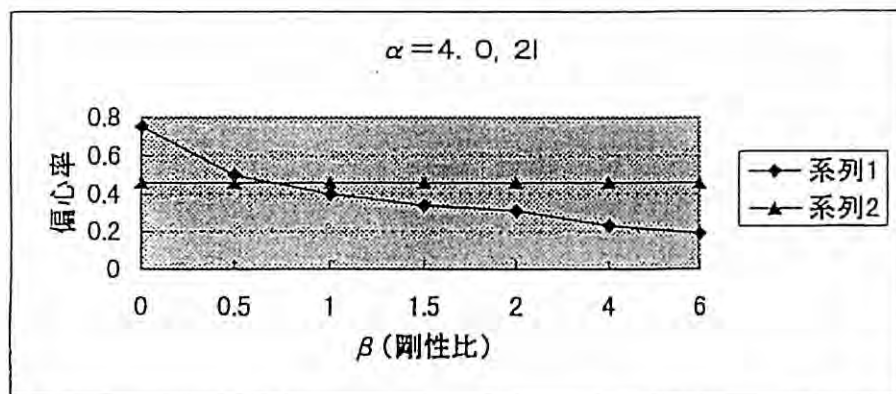
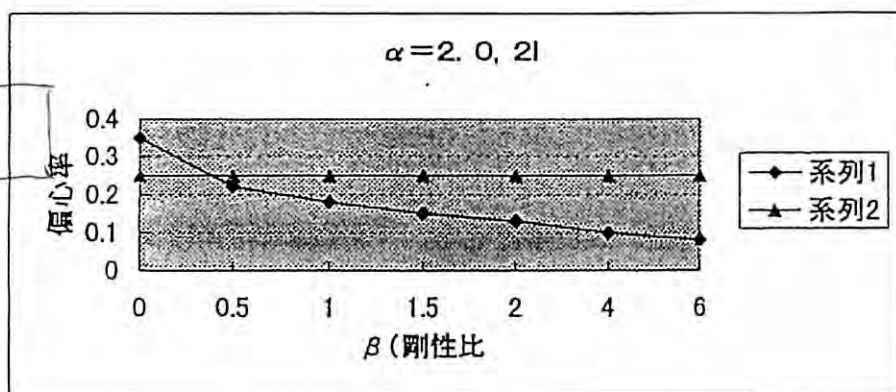
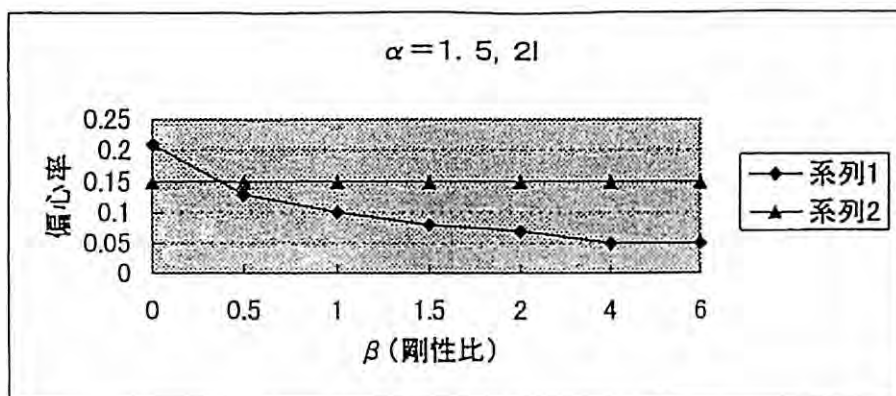


图3 偏心率 (续3)

3. 建物の例題

(1) 建物—1 (偏心が大きい建物)

①建物の概要

- ・ R C造2階建
- ・ 1974年竣工
- ・ 用途：児童館

②偏心の検討方法

- ・ X (桁行き) 方向に偏心が大きいので、「耐震診断基準」と「現行の建築基準法」による偏心率を求め比較する。
- ・ E o 指標：「耐震診断基準」の例外事項を適用する。
- ・ S_D 指標：「耐震診断基準」および「現行の建築基準法」による方法を用いる。

③検討結果

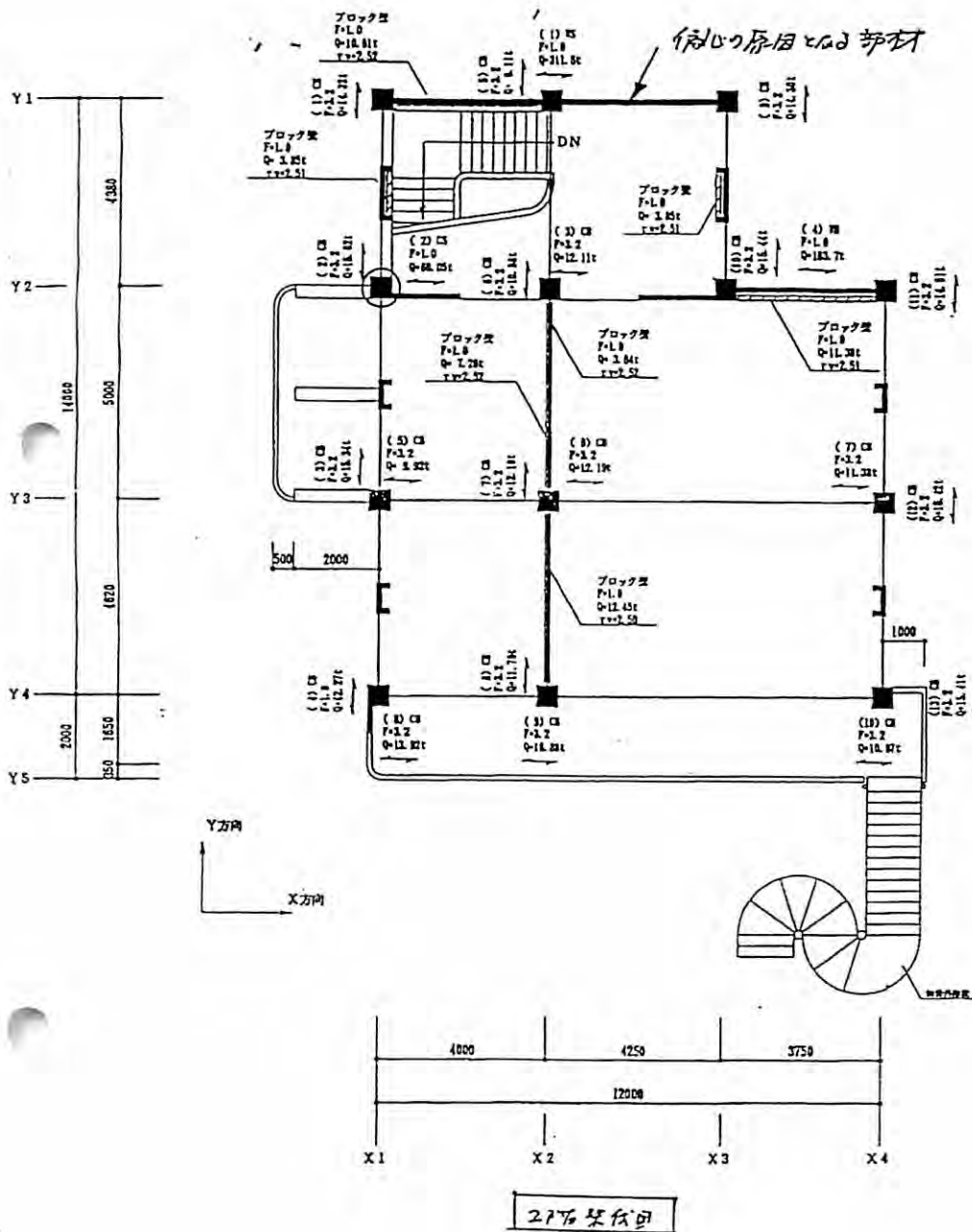
- ・ 本例題においては、E o 指標、S D 指標とも、「耐震診断基準」の例外事項、「現行の建築基準法」を適用しても、さほど大きな差が生じていない。
- ・ 建物の形状に依存するところが多い。(4章の例題参照)

偏心の屋用

1 階梁伏図 (建物-1)



2階梁伏図 (建物—1)

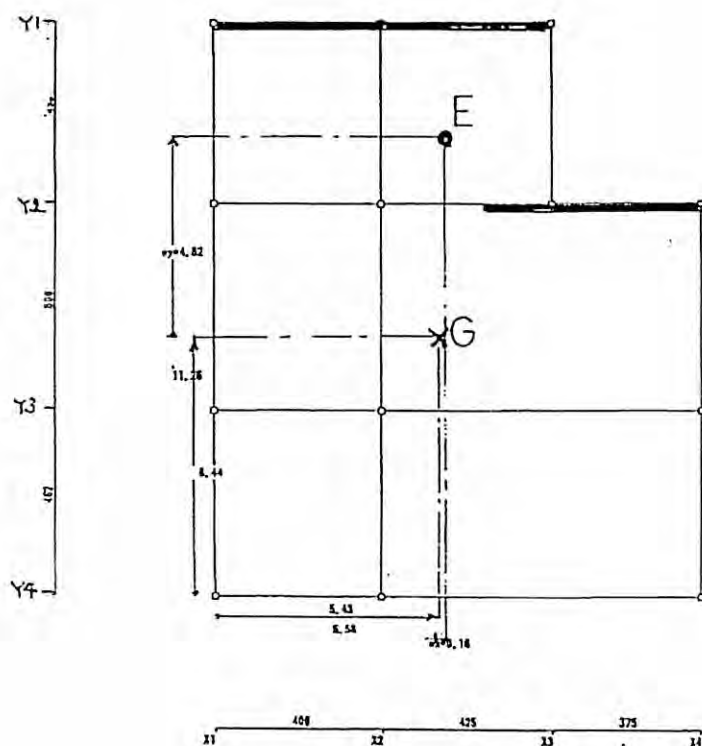


現状2次診断結果

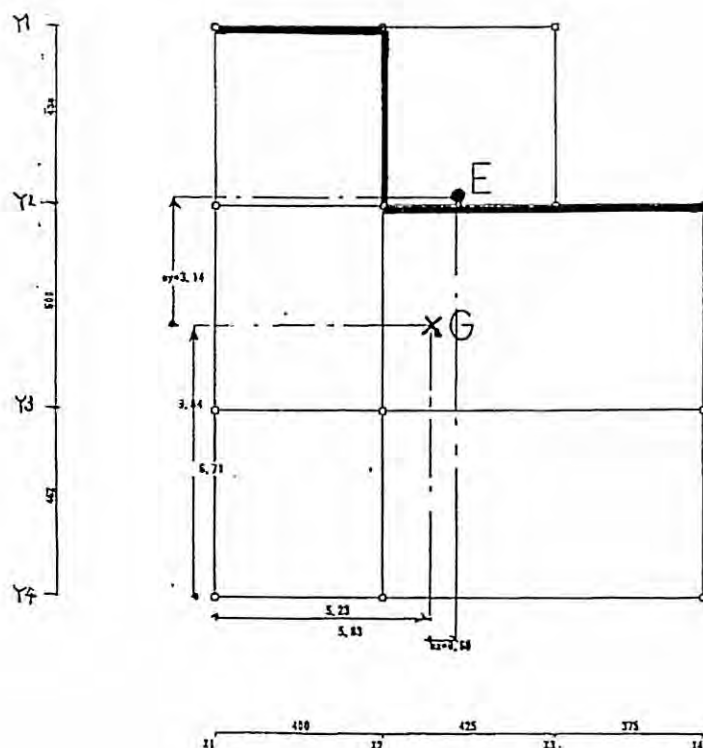
曲げ柱	CB
せん断柱	CS
曲げ梁	WB
せん断梁	WS
板状性柱	CSS
第2種補強要梁	(n)
補強部材番号	(n)

	X方向	Y方向
板状性柱	0	0
第2種補強要梁	0	0

重心と剛心の位置 (建物一)



2階の重心、剛心位置



1階の重心、剛心位置

表7			形 状 指 標 (S _D) の 計 算						(外観-4)				調査ブロック名	
階 数		2 階		建物重量		2F 184.83 t 1F 246.68 t								
項 目		計 算 値		G _i (グ レード)			一 次 用		二 次 用		備 考			
				1.0	0.9	0.8	R _{1i}	1-G _i	1-(1-G _i)R _{1i}	R _{2i}	1-G _i	1-(1-G _i)R _{2i}		
一 次 形 状 (P)	a	整 形 性	36.13/153.08=23.6%	整形 a ₁	1.0 ≤ a ₁ ≤ 1.5	1.0	0.9	0.8	1.0			0.5		※
	b	辺 長 比	12.63/12.0=1.05	5 < b ≤ 8	5 < b ≤ 8	0.5	0.5	0.5	0.5			0.25		
	c	く び れ	無し	0.8 ≤ c	0.5 ≤ c < 0.8	0.5	0.5	0.5	0.5			0.25		
	d	エキスパンションジョイント		1/200 ≤ d < 1/100	1/200 ≤ d < 1/100	0.5	0.5	0.5	0.5			0.25		
	e	吹 抜	無し	0.1 ≤ e ≤ 0.3	0.1 ≤ e ≤ 0.3	0.5	0.5	0.5	0.5			0.25		
	f	吹抜の偏在	f ₁ = / = f ₂ = / = 無し	f ₁ ≤ 0.4かつ f ₂ ≤ 0.4	f ₁ ≤ 0.4かつ 0.1 < f ₂ ≤ 0.3	0.4 < f ₁ 又は 0.3 < f ₂	0.25					0		
	g	そ の 他 特殊形状	g ₁ = / = g ₂ = / = g ₃ = / =	30% > g	30% ≤ g < 80%	g ≥ 80%	0.5					0		
				30% > g	30% ≤ g < 80%	g ≥ 80%	0.5					0.25		
				30% > g	30% ≤ g < 80%	g ≥ 80%	0.5					0.25		
				30% > g	30% ≤ g < 80%	g ≥ 80%	0.5					0.25		
断 面 形 状 (S)	h	地下室の有無	無し	1.0 ≤ h	0.5 ≤ h < 1.0	0.5 ≤ h < 1.0	1.0	※	1.0	※		1.0	※	
	i	層高の均等性	3.50/3.54=0.99	0.8 ≤ i	0.7 ≤ i < 0.8	i < 0.7	0.5					0.25		
	j	ピロティの有無		ピロティなし	全てピロティ	ピロティが偏在	0.5					0.25		
	k	そ の 他 特殊形状	k ₁ = / = k ₂ = / =	梁せい以下	10% ~ 20%	20% 以上	0.5					0.25		
二 次 断 面 形 状 (SR)	l	重心-剛心の偏心率	x	1 ≤ 0.1	0.1 < 1 ≤ 0.15	0.15 < 1	1.0					1.0		
	m	重心-剛心の偏心率	y	1 ≤ 0.1	0.1 < 1 ≤ 0.15	0.15 < 1	1.0					1.0		
	n	上下層の(剛/重)比	x	n ≤ 1.2 (2層)	1.2 < n ≤ 1.7 (1層)	1.7 < n	1.0					1.0		
	o	上下層の(剛/重)比	y	n ≤ 1.2 (1層)	1.2 < n ≤ 1.7 (2層)	1.7 < n	1.0					1.0		
計 算 値		校舎棟												
* 偏心率		X方向	グレード	Y方向	グレード									
		0.74450 {0.8}	0.82503 {1.0}											
* 剛重比		X方向	グレード	Y方向	グレード									
		0.74450 {1.0}	0.82503 {1.0}											

形状指標 (S_D) (建物-1)

2次診断結果—1（建物—1）

2次診断

(a) 偏心を無視して(5)式より算定

第2次診断結果表									
建物の名称 ()			竣工年度 (S.49)			住所 ()			
診断者名 ()			診断年月日 (H.10.06.15)						
建物の階数 (2)			診断方向 (X & Y)						
構造耐震判定指標 $I_{so} = E_s \times Z \times G \times U =$									
方向	階	C	P	EO	SD	T	IS	CT x SD	備考
X	6								
	5								
	4								
	3								
	2	3.34	1.00	?	?	0.93	?	?	
	1	1.25	1.00	?	?	0.93	?	?	

偏心が大きすぎるので再検討の必要あり
 外力分布は A1 分布を使用
 [1: せん断降伏柱を考慮した場合の指標値 (5) 式にて算定

2階

$$SD = 0.95 \times 0.8 \times 1.0 = 0.76$$

$$IS = 2.74 \times 0.76 \times 0.93 = 1.94$$

$$CT.SD = 2.74 \times 0.76 = 2.08$$

1階

$$SD = 0.95 \times 0.8 \times 0.9 = 0.68$$

$$IS = 1.25 \times 0.68 \times 0.93 = 0.79$$

$$CT.SD = 1.25 \times 0.68 = 0.85$$

2次診断結果—2（建物—1）

12次診断

(b)偏心の原因となる鉛直部材を無視して算定

第2次診断結果表									
建物の名称 ()			竣工年度 (S.49)			住所 ()			
診断者名 ()			診断年月日 (H.10.06.15)						
建物の階数 (2)			診断方向 (X & Y)						
構造耐震判定指標 $I_{so} = E_s \times Z \times G \times U =$									
方向	階	C	P	EO	SD	T	IS	CT x SD	備考
X	3								
	2	1.32 0.62	1.00 3.20	1.96 [1.44]	0.76	0.93	1.39 [1.02]	0.39 [1.10]	
	1	1.02	1.00	1.02 [1.02]	0.68	0.93	0.65 [0.65]	0.70 [0.70]	
外力分布は A1分布を使用 []: せん断降伏柱を考慮した場合の指標値 (5)式にて算定									

第2次診断

(c)新耐震基準 F_e, F_s より算定

第2次診断結果表									
建物の名称 ()			竣工年度 (S.49)			住所 ()			
診断者名 ()			診断年月日 (H.10.06.15)						
建物の階数 (2)			診断方向 (X & Y)						
構造耐震判定指標 $I_{so} = E_s \times Z \times G \times U =$									
方向	階	C	P	EO	SD	T	IS	CT x SD	備考
X	3								
	2	3.34	1.00	2.74 [2.74]	0.67	0.93	1.70 [1.70]	1.83 [1.83]	
	1	1.25	1.00	1.25 [1.25]	0.67	0.93	0.78 [0.78]	0.84 [0.84]	
外力分布は A1分布を使用 新耐震 F_e, F_s で入力している []: せん断降伏柱を考慮した場合の指標値 (5)式にて算定									

$$SD = \frac{1}{1.5} = 0.67$$

$\swarrow$ (1.5 x 1.0)
 $\uparrow$ 1階 2階
 $\uparrow$ 1階 2階

$$\frac{1}{F_{es}} = \frac{1}{(F_e \times F_s)}$$

2次診断結果Isの比較表

* 最も値の低い(b)採用。

	方向	階	(a)偏心を無視し(5)式より算定		(b)偏心の原因となる鉛直部材を無視して算定		(c)新耐震基準のFesより算定	
			I S	α	I S	α	I S	α
2次診断	X							
		2 階	1.94	2.75	1.39	1.99	1.70	2.43
		1 階	0.79	1.12	0.65	0.93	0.78	1.11
	Y							
		2 階	1.92	2.74	1.92	2.74	1.92	2.74
		1 階	0.93	1.33	0.93	1.33	0.93	1.33
2次診断	X	ランク	A3		B1		A3	
	Y	ランク	A2		A2		A2	

(a)、(b)におけるSD値、1階 $0.95 \times 0.8 \times 0.9 = 0.68$ 、2階 $0.95 \times 0.8 \times 1.0 = 0.76$ 。

(c)の剛性低下率=1.0、Fe=1.5、Fs=1.0

(b)の偏心の原因となる鉛直部材位置は、1階Y1通りX1～X2間壁、2階Y1通りX1～X3間壁を無視(次ページの平面図参照)

2次診断結果Isの比較(建物一1)

(2) 建物—2 (細長い平面の学校)

①建物概要

- ・ R C 造 3 階建
- ・ 1 9 7 5 年竣工
- ・ 用途：学校

②偏心率の検討方法

- ・ 桁行き：8 8 m、張間 9 . 5 m の細長い平面を持つ、A 型の R C 造学校建物である。
- ・ 北側の柱は袖壁が付き、また、廊下が存在するので剛心は北側によっていることが予想される。

③検討結果

- ・ 偏心率 (I) は、各階において 0 . 0 0 6 ~ 0 . 0 1 4 と非常に小さく S D 指標のグレード (G) は、 $I < 0 . 1$ より $G = 1 . 0$ となり問題ない結果となっている。
- ・ 偏心率 (I) = 返信距離 (E) / $\sqrt{(\text{建物の幅} : B)^2 + (\text{建物の長さ} : L)^2}$ により規定されるので、建物長さ L と建物の幅 B が大きい (慣性モーメントが大きい) ほど、偏心が小さく (ねじれにくく) なる。

各階の伏図 (建物一2)

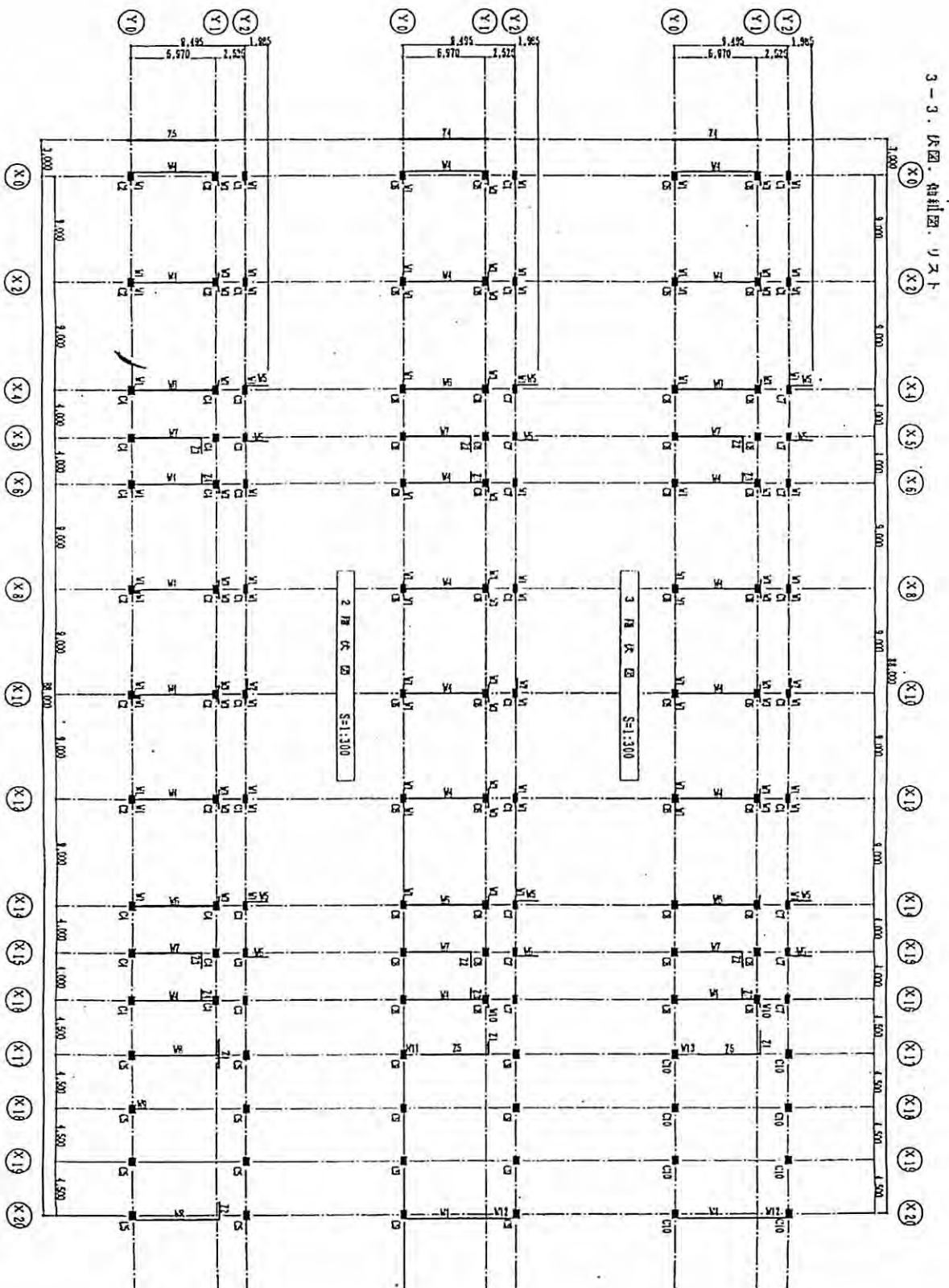
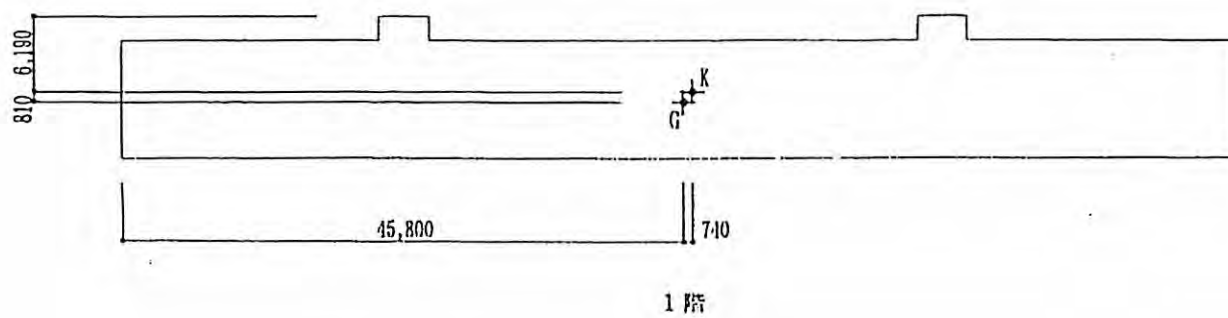
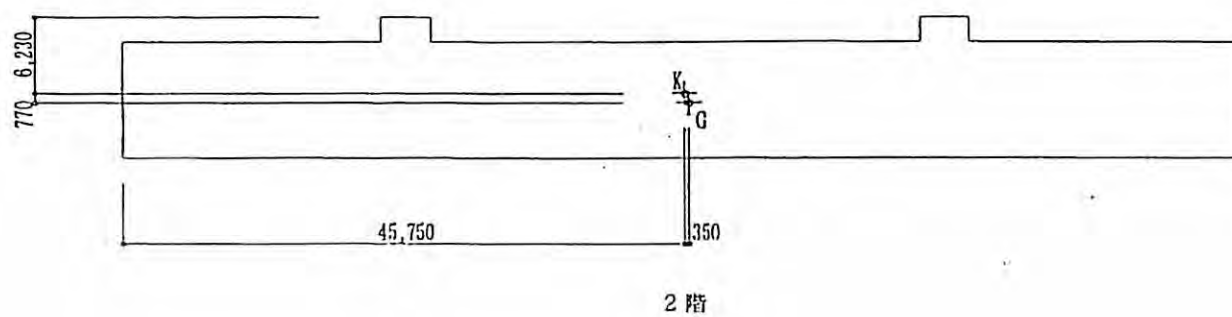
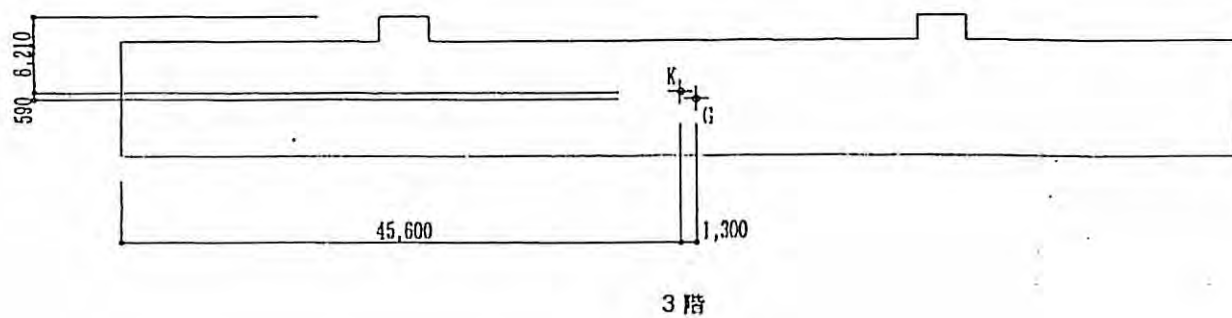


表7 形状指標 (S _D) の 計 算 (外観-3)													調査ブロック名
階 数			延 物 重 量			一 次 用			二 次 用			備 考	
項 目		計 算 値	G ₁ (グ レ ー ド)			一 次 用			二 次 用				
			1.0	0.9	0.8	R ₁₁	1-G ₁	1-(1-G ₁)R ₁	R ₂₁	1-G ₁	1-(1-G ₁)R ₂		
一 次 形 状 (P)	a	整 形 性	なし	整形 a ₁	ほぼ整形 a ₁	不整形 a ₁	1.0	0	1.0	0.5	0	1.0	※地下室有るとき 1.2-(1-G ₁)R ₁
	b	辺 長 比	88.0/9.495 = 9.3	b ≤ 5	5 < b ≤ 8	8 < b	0.5	0.2	0.8	0.25	0.2	0.95	
	c	く び れ	なし	0.8 ≤ c	0.5 ≤ c < 0.8	c < 0.5	0.5	0	1.0	0.25	0	1.0	
	d	エキスパンションジョイント	60/11850=1/197.5	$\frac{1}{100} \leq d$	$\frac{1}{200} \leq d < \frac{1}{100}$	$d < \frac{1}{200}$	0.5	0.2	0.9	0.25	0.1	0.975	
	e	吹 抜	なし	e ≤ 0.1	0.1 < e ≤ 0.3	0.3 < e	0.5	0	1.0	0.25	0	1.0	
	f	吹抜の偏在	なし	f ₁ ≤ 0.4かつ f ₁ ≤ 0.1	f ₁ ≤ 0.4かつ 0.1 < f ₁ ≤ 0.3	0.4 < f ₁ 又は 0.3 < f ₁	0.25	0	1.0	0	0	1.0	
	g	そ の 他 特 殊 形 状	g ₁ なし	30% > g	30% ≤ g < 80%	g ≥ 80%	0.5	0	1.0	0	0	1.0	
			g ₂ なし			梁巾以上				0.25			
			g ₃ なし	30% > g	30% ≤ g < 80%	g ≥ 80%				0.25			
	h	地下室の有無	なし	1.0 ≤ h	0.5 ≤ h < 1.0	h < 0.5	1.0	0.2	※ 1.0	1.0	0.2	※ 1.0	
i	層高の均等性	3.85(1.0)3.75(1.0)3.75	0.8 ≤ i ₁	0.7 ≤ i ₁ < 0.8	i ₁ < 0.7	0.5	0	1.0	0.25	0	1.0		
j	ピロティの有無	なし	ピロティなし	全てピロティ	ピロティが偏在	0.5	0	1.0	0.25	0	1.0		
k	そ の 他 特 殊 形 状	k ₁ なし	梁せい以下		梁せい以下	0.5	0	1.0	0.25	0	1.0		
		k ₂ なし	0%~10%	10%~20%	20%以上								
二 次 形 状 (S)	平面剛性 (PR)	l	重心一剛心の偏心率	x 1F 2F 3F 0.009 0.008 0.006	1 ≤ 0.1	0.1 < 1 ≤ 0.15	0.15 < 1				1.0	0	1.0
		m	重心一剛心の偏心率	y 1F 2F 3F 0.008 0.004 0.014	1 ≤ 0.1	0.1 < 1 ≤ 0.15	0.15 < 1				1.0	0	1.0
	断面剛性 (SR)	n	上下層の(剛/重)比	x 1F 2F 3F 1.02 1.00 1.00	n ≤ 1.2	1.2 < n ≤ 1.7	1.7 < n				1.0	0	1.0
		o	上下層の(剛/重)比	y 1F 2F 3F 1.00 0.98 1.02	n ≤ 1.2	1.2 < n ≤ 1.7	1.7 < n				1.0	0	1.0

計 算 値

重心 (G)、剛心 (K) の位置 (建物一2)



(3) 建物—3 (L字型平面の学校)

①建物概要

- ・RC造3階建
- ・1972年および、1975年竣工
- ・用途：学校

②偏心率の検討方法

- ・平面形がL字形の建物の偏心の検討を行う。
- ・耐震診断の方法：渡り廊下棟と教室棟とをゾーニングして分離して診断を行う。
- ・耐震診断の指標の算定に際する仮定：
耐力は各ゾーニング別とし、形状指標は全体の形状とゾーニング部分の形状に関する指標に分けて考える。

すなわち、Eo指標：各ゾーニング毎の値

SD指標：a～k項目：建物全体

l～o項目：ゾーニング毎

③検討結果

形状指標SDを求めた結果、

建物全体 (a～k項目) : SD_{21} 指標 = 0.86

ゾーニング毎の偏心率 (l, m)、剛重比 (n, o) : $SD_{22} = 1.0$

故に、 $SD = SD_{21} \times SD_{22} = 0.86 \times 1.0 = 0.86$

• •



表7		形状指標 (S _D) の 計 算										調査ブロック名 南校舎棟	
階 数		建物重量											
項 目		計 算 値	G _i (グ レード)			一 次 用			二 次 用			備 考	
			1.0	0.9	0.8	R ₁₁	1-G _i	1-(1-G _i)R _i	R ₁₁	1-G _i	1-(1-G _i)R _i		
一 次 形 状 (P)	a 整 形 性	134.9/486.7=0.28	整形 a _i	5 ≤ b ≤ d	不整形 a _i	1.0			0.5			※ 地下室有るとき 1.2-(1-G _i)R _i	
	b 辺 長 比	20X2/4=10	b ≤ 5	5 ≤ b ≤ d	5 ≤ b ≤ d	0.5			0.25				
	c く び れ		0.5 ≤ c < 0.8	c < 0.5	c < 0.5	0.5			0.25				
	d エキスパンションジョイント	40/11020=1/275	1/100 ≤ d	1/200 ≤ d < 1/100	1/200 ≤ d < 1/100	0.5			0.25				
	e 吹 抜	無	0.1 < e ≤ 0.3	0.3 < e	0.3 < e	0.5			0.25				
	f 吹抜の偏在		f ₁ ≤ 0.4かつ 0.1 < f ₂ ≤ 0.3	0.4 < f ₁ 又は 0.3 < f ₂	0.4 < f ₁ 又は 0.3 < f ₂	0.25			0				
	g そ の 他 特殊形状		30% > g	30% ≤ g < 80%	g ≥ 80%	0.5			0				
	h 地下室の有無	なし	1.0 ≤ h	0.5 ≤ h < 1.0	0.5 ≤ h < 1.0	1.0	※		1.0	※			
	i 階高の均等性	3.75/3.75 = 1.00	0.7 ≤ i < 0.8	i < 0.7	i < 0.7	0.5			0.25				
	j ピロティの有無		全てピロティ	ピロティが偏在	ピロティが偏在	0.5			0.25				
二 次 形 状 (S)	k そ の 他 特殊形状		0% ~ 10%	10% ~ 20%	20% 以上	0.5			0.25				
	l 重心一剛心の偏心率	x コンピュータにて自動計算	1 ≤ 0.1	0.1 < 1 ≤ 0.15	0.15 < 1				1.0				
	m 重心一剛心の偏心率	y	1 ≤ 0.1	0.1 < 1 ≤ 0.15	0.15 < 1				1.0				
	n 上下層の(剛/重)比	x	n ≤ 1.2	1.2 < n ≤ 1.7	1.7 < n				1.0				
	o 上下層の(剛/重)比	y	n ≤ 1.2	1.2 < n ≤ 1.7	1.7 < n				1.0				
	平面剛性 (PR)												
	断面剛性 (SR)												
	計算 偏心率	1階 X 0.052 Y 0.053	(剛/重)比	1階 X 1.09 Y 1.06	GRADE 1.00	偏心率	1階 X 0.025 Y 0.049	(剛/重)比	1階 X 0.68 Y 0.85	GRADE 1.00			
	(教室)	2階 X 0.055 Y 0.047		2階 X 1.18 Y 1.17	1.00	(覆り底下)	2階 X 0.010 Y 0.0		2階 X 1.08 Y 1.08	1.00			
		3階 X 0.055 Y 0.061		3階 X 0.85 Y 0.86	1.00		3階 X 0.019 Y 0.0		3階 X 0.92 Y 0.92	1.00			

4. 偏心建物の地震被害

(1) 建物—1 (1978年宮城県沖地震)

①建物概要

- ・構造規模：RC造
- ・設計年：
- ・用途：事務所
- ・所在地：仙台市卸町

②被害概要

南北方向に1スパン、東西方向に4スパンのRC造3階建てのものである。東西方向は両通りとも準ラーメンであるが、南北方向は西側は階段室まわりのコア壁があるが、東側はラーメンとなっている大きな偏心の建物である。被害は1階に集中しており、特に、偏心が大きいために東側の2本の独立柱に大きな変形が強制され大破とともに建物が崩壊した。2階以上は、東側ラーメンにも壁が入っているので偏心率も小さく、また、損傷が1階に集中したため大きな被害に至っていない。

③その他

付記：図表、写真等は「1978年宮城県沖地震際涯調査報告」、（（社）日本建築学会、1980年2月）より転載した。

各階の平面図と被害（建物一）

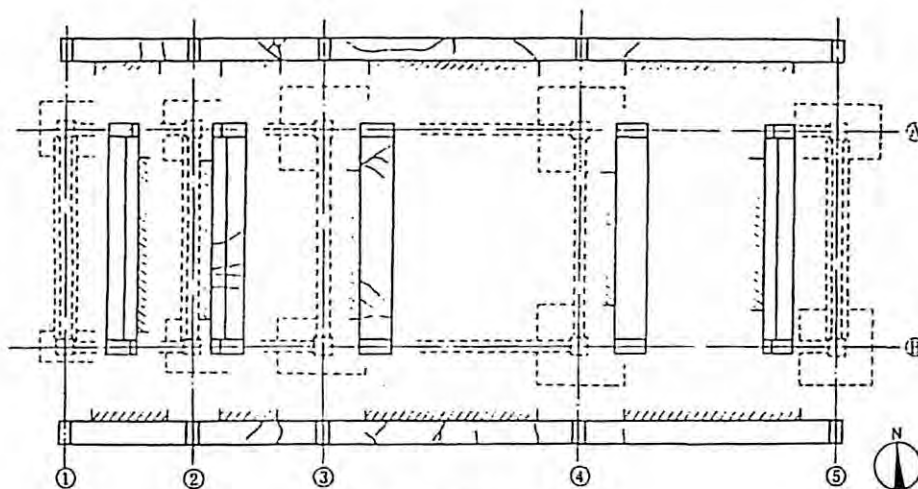


図5.85 基礎はりひびわれスケッチ

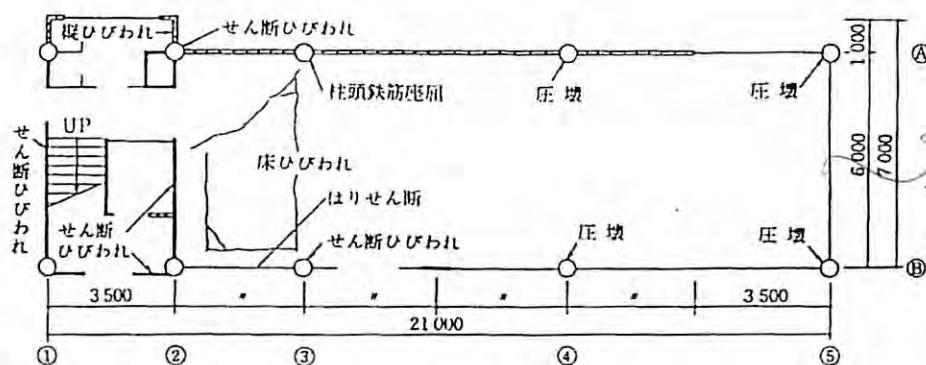


図5.86 1階平面

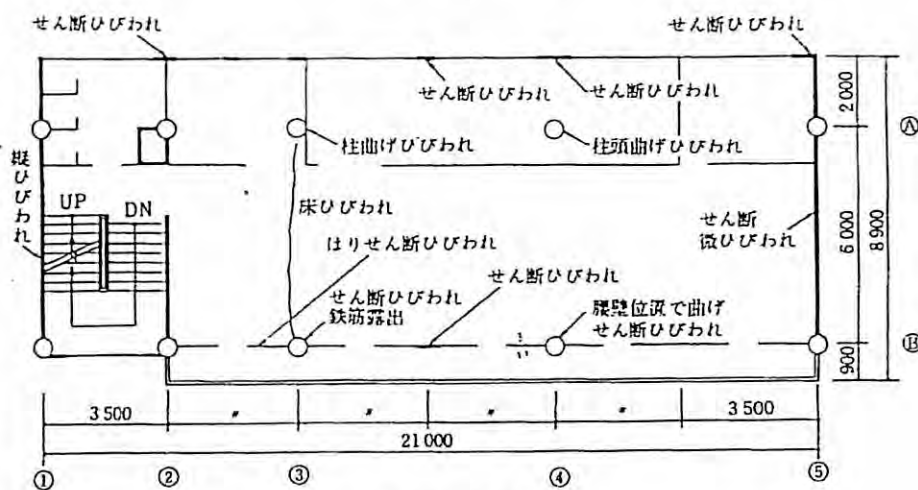


図5.87 2階平面

各階の平面図・立面図と被害（建物一）

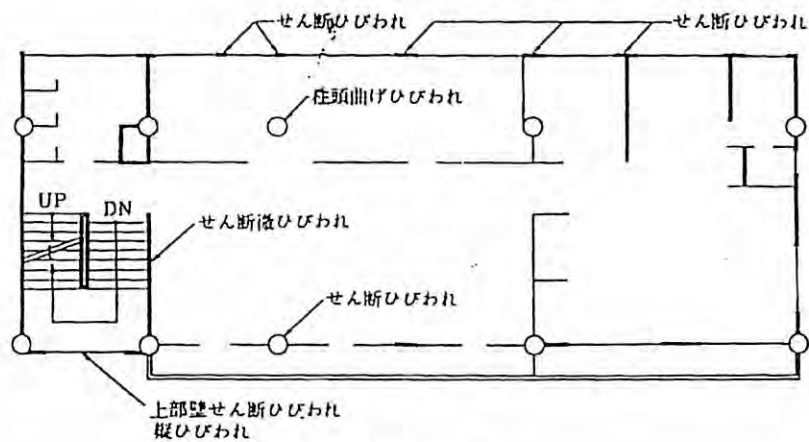


図5.88 3 階平面

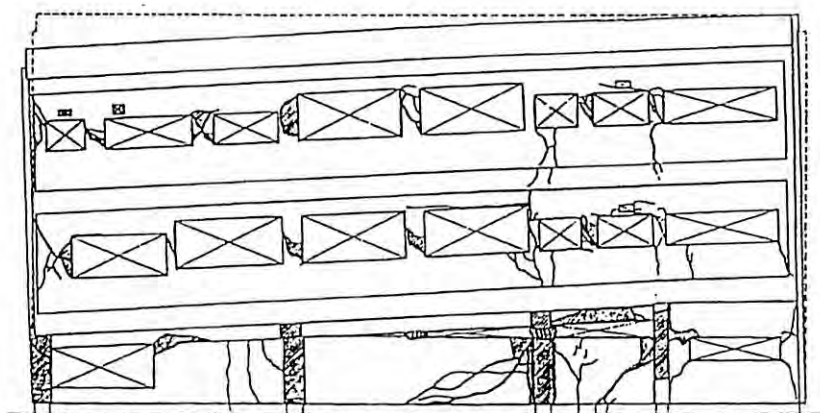


図5.89 北 面

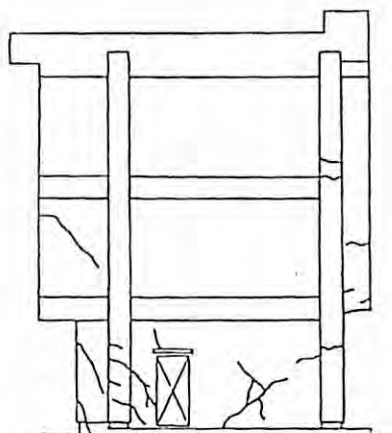


図5.90 西 面

立面図と被害（建物一）

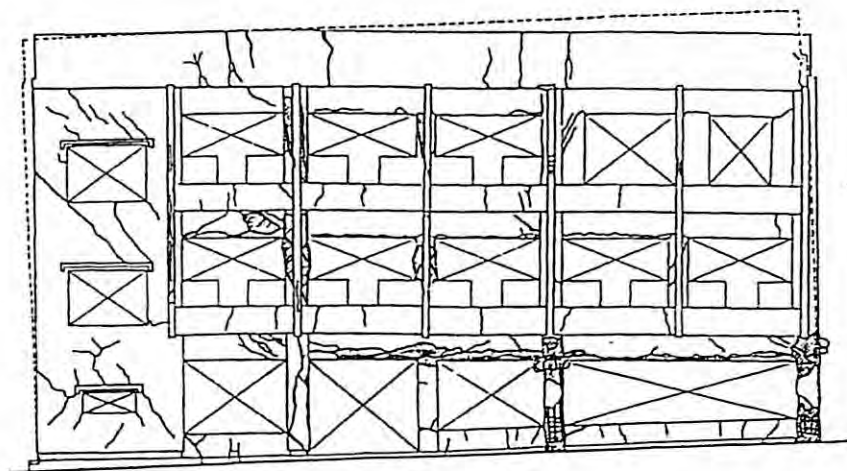


図5.91 南 面

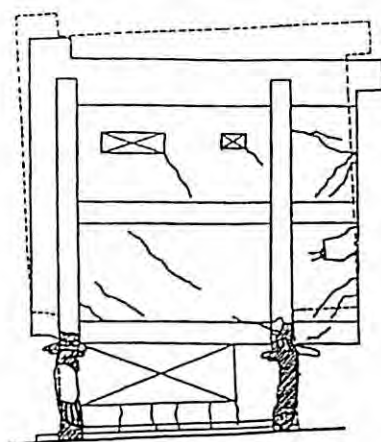


図5.92 東 面

被害写真（建物一1）

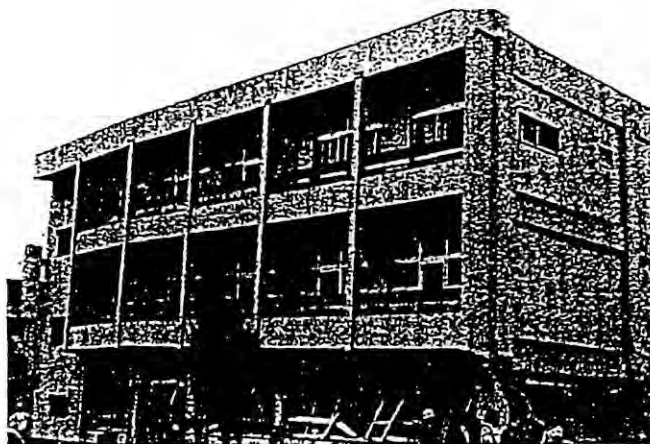


写真5.47 南面全景



写真5.48 東面全景

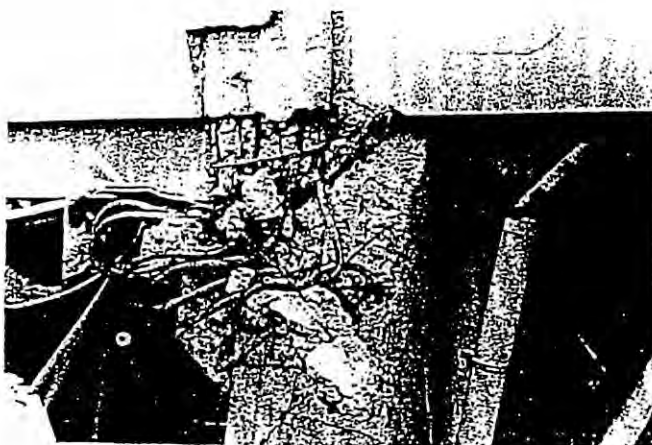


写真5.50 写真5.48の○印箇所(B)の詳細

(2) 建物—2 (1995年兵庫県南部地震) (大会論文: 建物A)

①建物概要

- ・構造規模: RC造3F、B1F
- ・設計年: 1965年
- ・用途: 店舗
- ・所在地: 神戸市中央区

②被害概要

1階北西隅柱の部屋内の独立柱の大きなせん断破壊(損傷度V)により、主筋が座屈し鉛直方向に沈下していた。一方、耐震壁の付帯柱である南西隅柱は、比較的大きな破壊(損傷度IV)をしていたが、南側壁の存在により軸力は保持し鉛直方向の落下は見られなかった。全体に、1階の被害が大きく、2階以上は軽微な被害であった。南側の壁はコンクリートブロックであり、被害程度は内装により調査不能であった。本建物は、当初の設計では、西側独立柱には長い袖壁がつけられていたが、現状は設計変更になっていったため、偏心による破壊時の軸方向力を保持できず部分大破に至ったものと推測される。

③その他

◆3次耐震診断結果

1階のIs値: 南北方向 0.81

東西方向 1.62 → 0.84 (耐震診断の例外事項考慮)

◆各階の偏心率と剛性率

偏心率(建築基準法による)

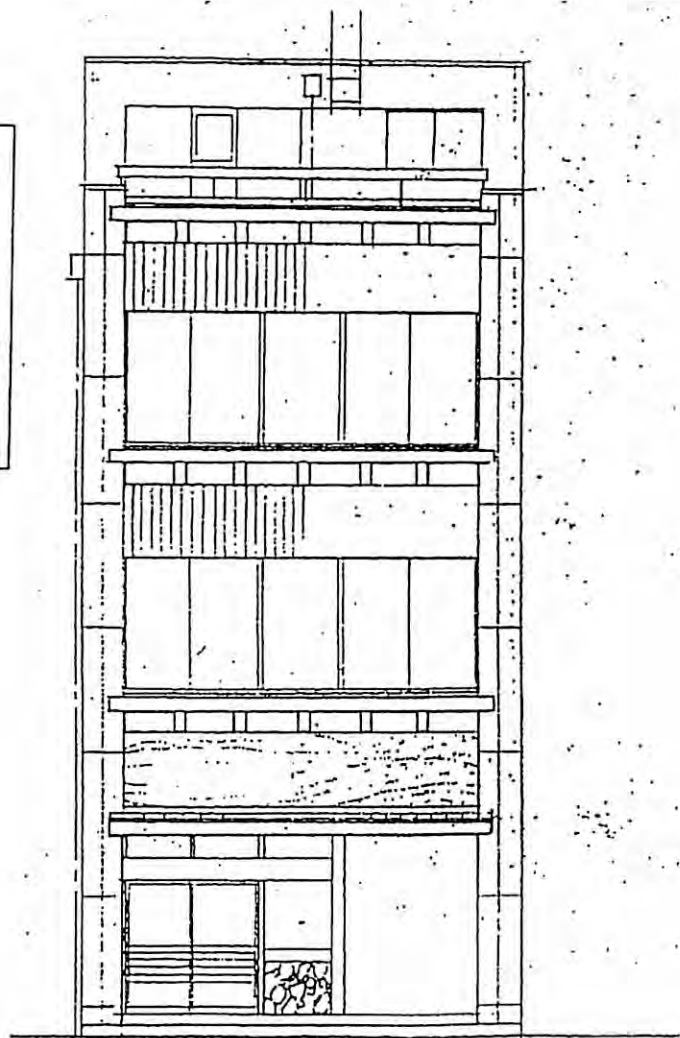
1階		2階		3階	
X	Y	X	Y	X	Y
0.31	0.04	0.46	0.76	0.55	0.55

剛性率(建築基準法による)

1階		2階		3階	
X	Y	X	Y	X	Y
1.30	0.44	1.01	0.98	1.09	1.14

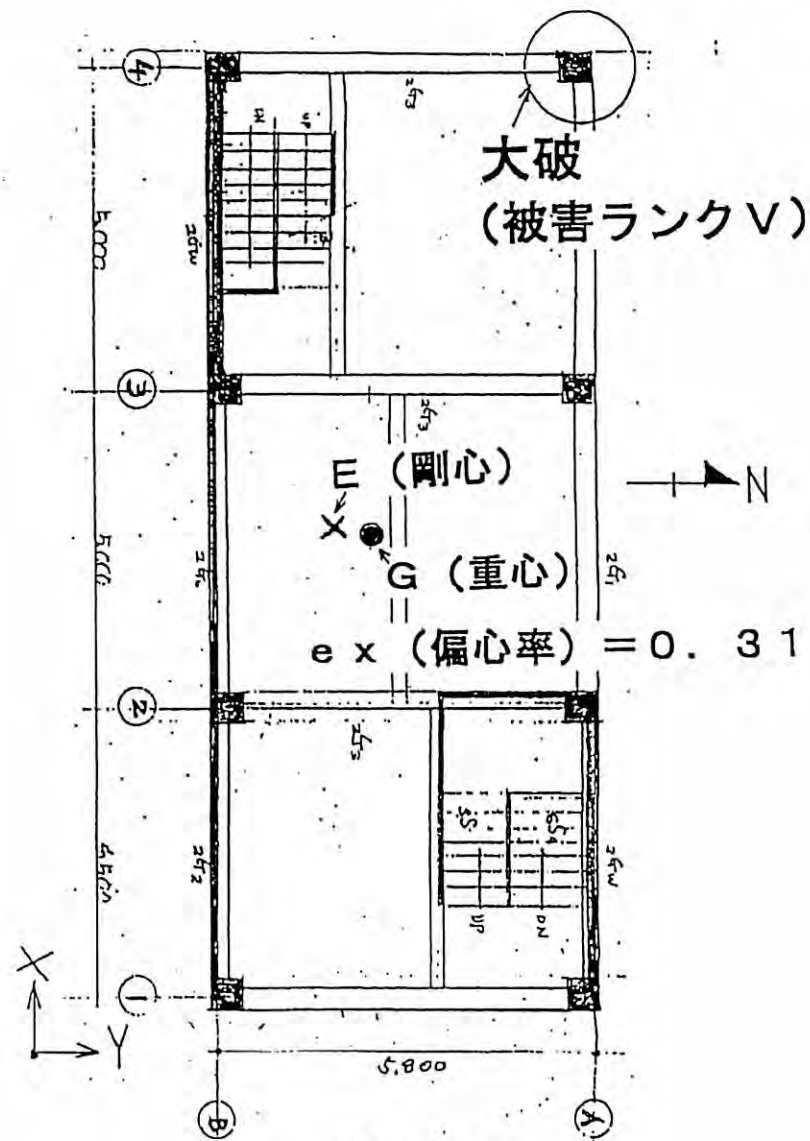
偏心率と剛性率

R C 造
地上 4 階
地下 1 階
1965 年設計
店舗



東側立面図

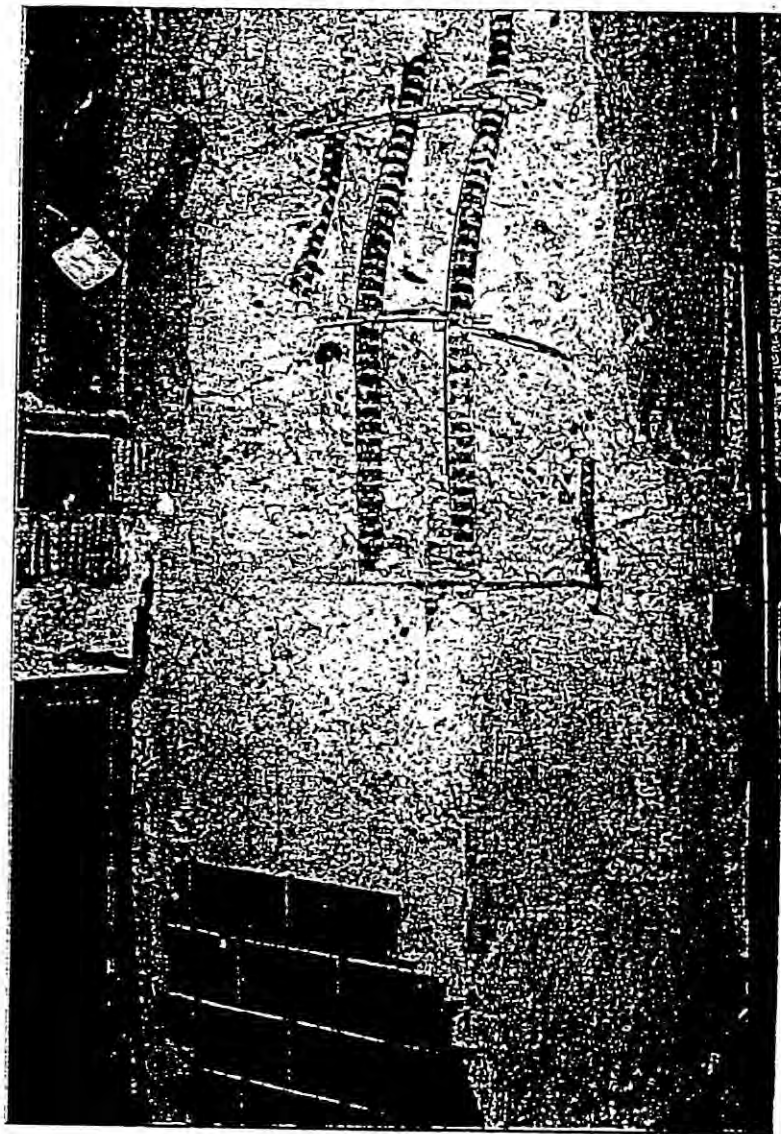
建物—2
(論文：建物—A)



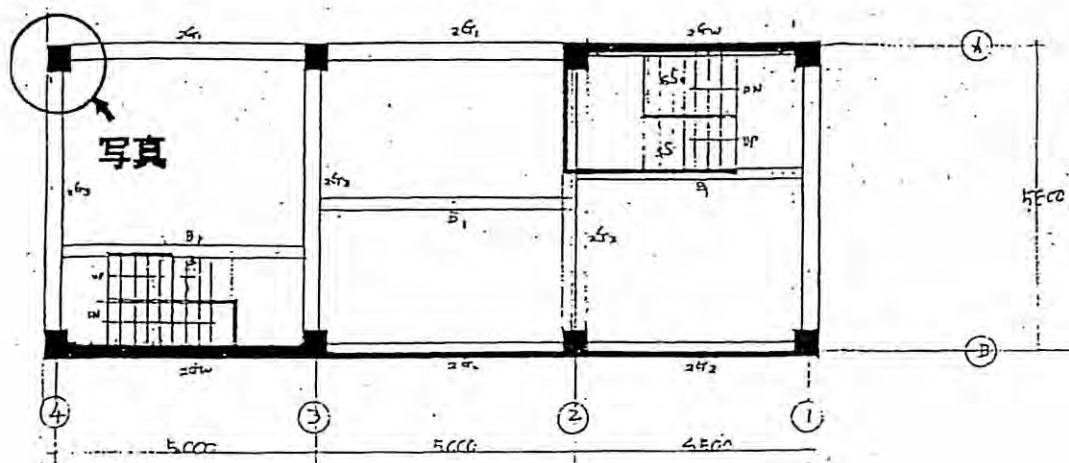
2 階伏図

隅柱の破壊

建物-2
(論文: 建物-A)



隅柱



2階伏図

(2) 建物—3 (1995年兵庫県南部地震) (大会論文: 建物B)

①建物概要

- ・建物規模: RC造4階、B1F、PH2F
- ・設計年: 1966年
- ・用途: 店舗
- ・所在地: 神戸市中央区

②被害概要

南北方向に1スパン、東西方向に4スパンで、東西方向は連層耐震壁、南北方向は、東面が耐震壁で西面が入り口のコ字型の建物である。被害は、入り口に近い耐震壁付き柱が3本せん断破壊の大破(損傷度V)、1本が損傷度V1の被害となった。いずれも、東面の耐震壁の存在によって入り口(西側)の柱に大きな変形が強制され大きな被害に至っている。被害は1階に集中していた。なお、ペントハウス1階、2階は、他の階に比較して剛性、耐力が低いので壁のせん断亀裂、雑壁の破壊等が生じている。なお、1階の大破した柱は、付帯している耐震壁によって軸力が保持されていたので、顕著な建物の沈下、傾斜等は見られなかった。

③その他

- ◆「震災建築物等の被災度判定基準および復旧技術指針(鉄筋コンクリート造編)」(財)日本建築防災協会、1991年)による応急危険度判定結果は以下になった。

$D1=0, D2=13, D3=0, D4=10.00, D5=0.3$

従って、 $\Sigma D=65.86$ となり、大破と判定されている。

◆各階の偏心率・剛性率

偏心率(建築基準法による)

1階		2階		3階		4階	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.38	0.15	0.47	0.19	0.58	0.19	0.81	0.14

剛性率(建築基準法)

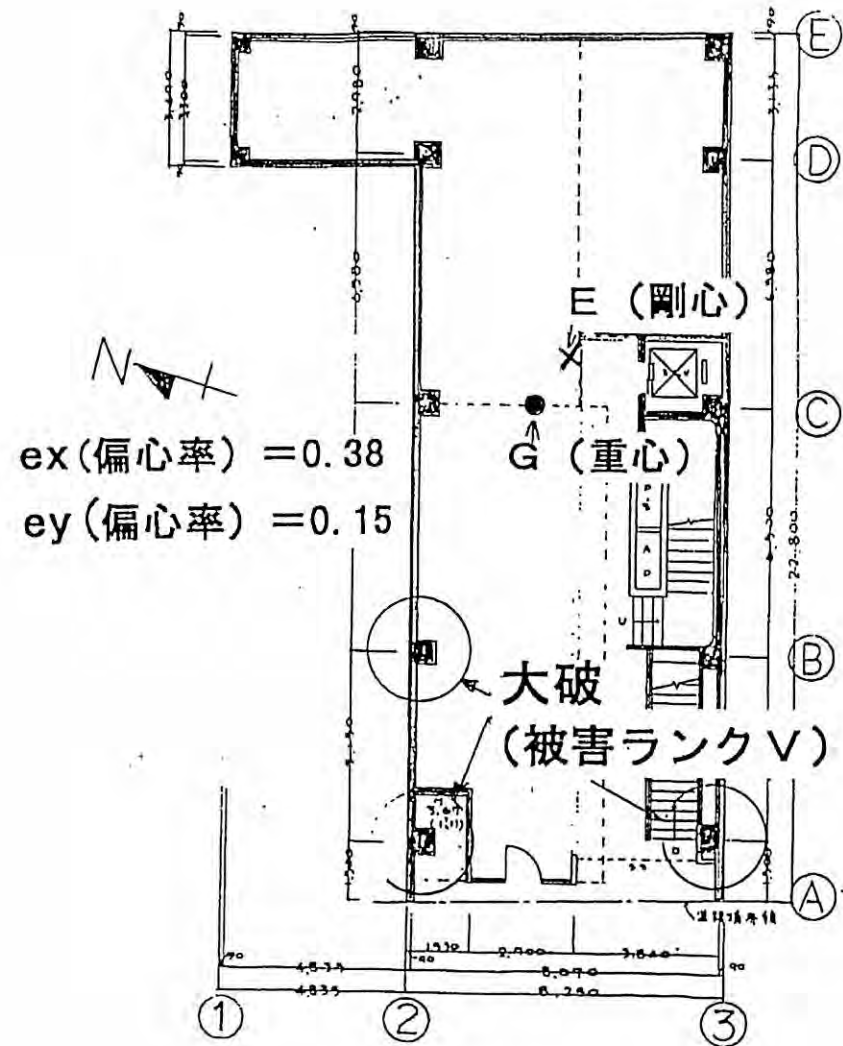
1階		2階		3階		4階	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1.18	1.03	0.94	0.92	0.89	0.97	0.99	1.09

◆2次診断結果

1階のIs値: 南北方向 0.75→0.48(耐震診断基準の例外事項考慮)
東西方向 1.48

[illegible]

建物一3
(論文：建物一B)



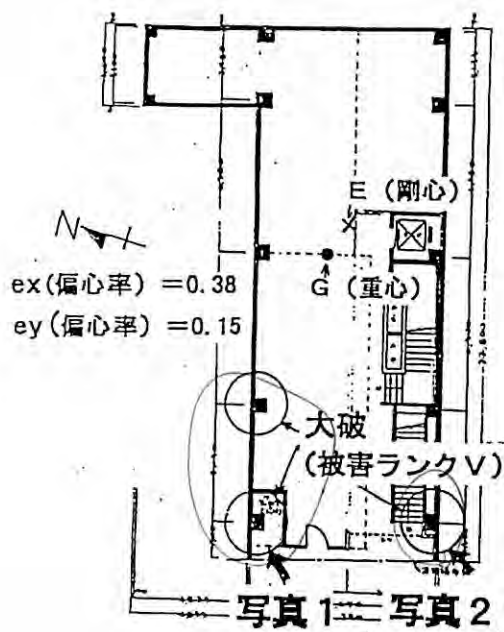
1 階平面図

柱の破壊

建物—3
(論文：建物—B)



写真1 (A-2 通り柱)



1 階平面図



写真2 (A-3 通り柱)

兵庫県南部地震における鉄筋コンクリート系被害建物と構造耐震指標(Is)

正会員 関 松太郎^{*1}同 称原 良一^{*2}同 長嶋 俊雄^{*3}

1. はじめに

地震時の耐震性能を表す指標として耐震診断基準(文献1,2)に規定されている構造耐震指標(Is)がある。本指標は、建物が被害を免れるために必要な耐震性を検討するためのものである。本論文は、兵庫県南部地震で被害を受けた激震地域の鉄筋コンクリート系建物のIs値を調べたものである。

2. 対象建物

検討対象は、震度7地域を中心とする、神戸市:中央区、兵庫区、須磨区、長田区、灘区、東灘区、それに芦屋市、西宮市、伊丹市の合計64棟の建物^{3,4)}である。構造種別はRC造またはSRC造である。建物用途は、事務所、共同住宅、ホテル、店舗、娯楽施設、倉庫、工場で、このうち事務所が全体の65%、共同住宅が19%である。階数は3階~13階で、旧基準建物が42棟、それ以降の新基準建物が22棟である。

3. 耐震診断の方法

2次診断もしくは3次診断を行い、採用する構造耐震指標(Is)は、被害の様相と比較して実状に近い方の診断次数のものとした。また、原則として、被害が一番大きい階のIs値を採用し、最大被害階が特定できない場合は各階のうちで一番小さい値を採用した。

Is値の計算は「耐震診断基準」^{1,2)}(RC造、SRC造)(以下、診断基準と呼ぶ)に準拠するほかに、下記の仮定を行った。

(1) 7階以上の建物にも診断基準を準用する。

(2) SRC造で充填材も診断対象とする。また、強度計算の際にはSRC造として鉄骨の耐力を精算する場合と鉄筋置換する場合のいずれかとする。

(3) 経年指標は1.0とする。

(4) 形状指標には、建築基準法施行令に基づく偏心率、剛性率および地下室の有無だけを考慮する。偏心率(e)による影響値、剛性率(s)による影響値は以下による: $e < 0.15$, $0.15 \leq e < 0.3$, $e \geq 0.3$ の順に 1.0, 0.9, 0.8, $s > 0.6$, $0.30 < s \leq 0.6$, $s \leq 0.3$ の順に、1.0, 0.9, 0.8。また、地下室の有無による影響値は、有る場合 1.2、無い場合 1.0 とする。

(5) 3次診断で、梁降伏建物には診断基準に規定されているモード係数を考慮する。

(6) 診断基準によらず、部材レベルの非線形静的解析による結果からIs値を求めている建物もある。

4. 診断結果

64棟についての南北方向と東西方向のIs値を図1に示す。

これによると、両方向ともIs値が0.6以上あれば後述する4棟を除いて大破・崩壊に至っていない。このことは「耐震改修促進法」に規定されている判定基準に整合している。

例外的な4棟の特徴を以下に記す。なお、これらは大破であるが崩壊はしていない建物である。

(1) 偏心率が非常に大きく振られる側の柱が部分的に大破した建物である(建物A,B)。耐震診断に規定されている「偏心率が0.15を越える時は偏心の原因となる部材を取り除いた計算を行う」規定から再計算するとIs指標が低下している。

(2) SRC造の柱脚が破壊した建物で、全体としての被害はそれほどではなく、部分的に大破と見られる建物である(建物C)。SRC造診断基準²⁾には転倒-スリットによる付加軸力は考慮されていない。

(3) SRC造の柱・梁接合部に大きな被害が生じた建物である(建物D)。接合部破壊に関しては、診断基準や被災度判定基準⁵⁾にも規定されていない。

図2にRC造とSRC造に分けた場合のIs値を示す。これによると、例外的な4棟を除くと、RC造、SRC造建物ともに、大破・崩壊を防ぐための条件はIs値0.6以上である。

図3に旧基準と新基準に分けた場合のIs値を示す。これによると、両基準によっても大破・崩壊を防ぐための条件は上記の結果と同様にIs値0.6以上であることがわかる。しかし、新基準の建物の方がIs値の分布が旧基準のものより大きい。

図4に第2次診断と第3次診断結果によるIs値の関係が示されている。この図は、2次診断と3次診断の両方が行われた建物の値であり、両方の値に大きな差がない。

5. まとめ

今回の地震による被害建物の耐震診断の結果、大破・崩壊とならないためには、0.6以上のIs値が必要であることがわかった。また、0.6以上あっても、中には大きな被害が生じるものがあるがこれらは診断基準上の問題として明らかになった。謝辞: 本論文は、建築学会特別研究1「強震記録と設計用地震動との関係」のなかのSWG5-1(上部構造の被害)(主査: 芳村助教授・都立大学)の成果の一部である。

参考文献:

- 1) (財)日本建築防災協会: 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説、1990.12
- 2) (財)日本建築防災協会: 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、1983.4

3) 関、杉山、勝俣、吉岡：神戸市におけるRCSRC造建物の被害と構造耐震指標(Is)，特集：阪神・淡路大震災の教訓と今後の課題、大林技研所報特別号、1996.8

4) 金本、河内、熊谷、角陸、称原、黒瀬：1995年兵庫県南部地震におけるコンクリート系建物の被害に関する検討（その1、構造耐

震指標Isと建物被害の関係）、建築学会大会講演梗概集、1996.9

5) 竹中工務店：阪神大震災（兵庫県南部地震）被害調査報告書—第4報—、1995.10

6) (財)日本建築防災協会：震災建築物等の被災度判定基準および復旧技術指針（鉄筋コンクリート編）、1991.2

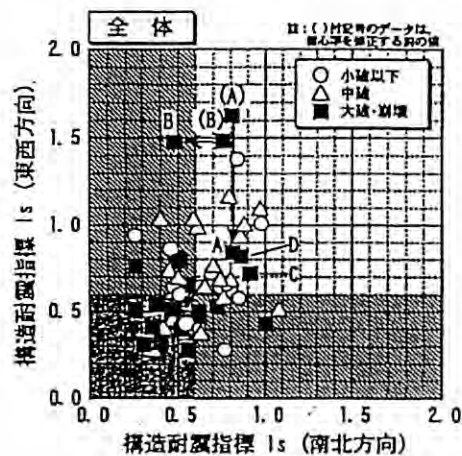


図1 構造耐震指標

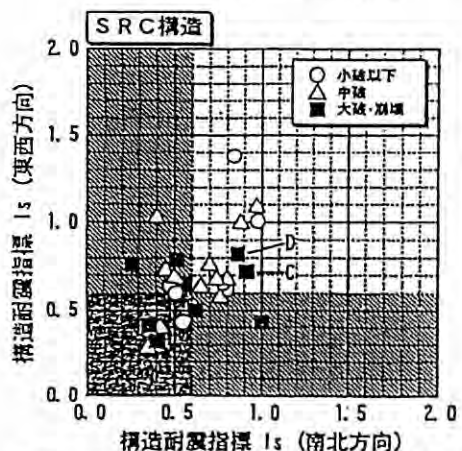
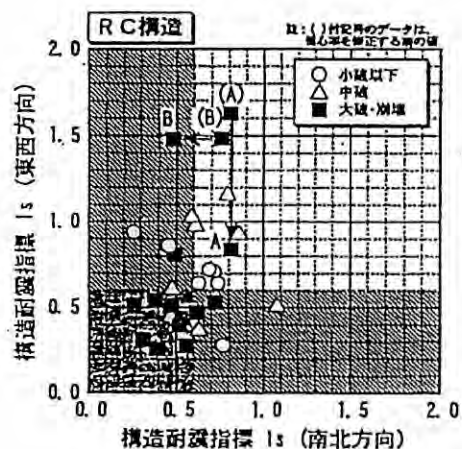


図2 構造耐震指標 (RCとSRCに分離)

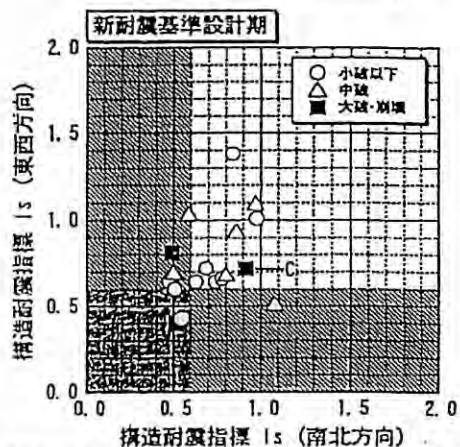
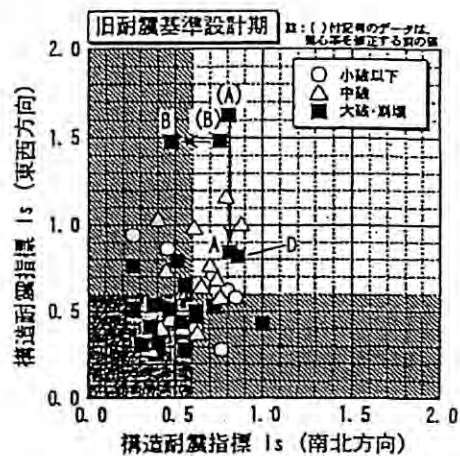


図3 構造耐震指標 (旧基準と新基準に分離)

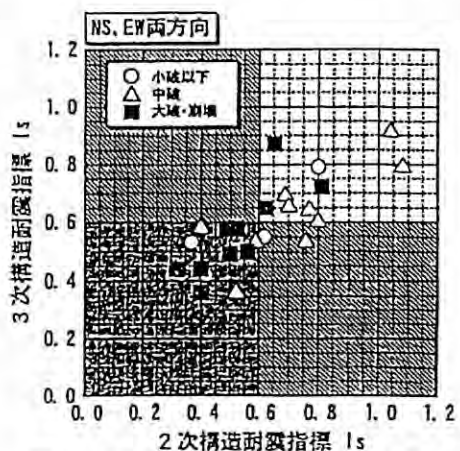


図4 構造耐震指標 (2次と3次の関係)

* 1 (株) 大林組技術研究所・工博

* 2 清水建設(株) 建築本部技術部・工博

* 3 (株) 竹中工務店技術研究所・工博

Obayashi Technical Research Institute

Construction Technology Dept. Shimizu Corporation

Takenaka Research & Development Institute

5. まとめ

①偏心率大きい建物は、予想外の地震被害を誘発する。

②偏心が大きい場合は、診断値に下記の事項を考慮すべきである。

- ・ E o 指標：保有耐力を割り引く。（設計では割り増す。）

「耐震診断基準」による方法：「例外事項」を用いている。

- ・ S D 指標：何らかの低減する。

「耐震診断基準」による方法 : S D 指標 = 0.8

「現行の建築基準法」による方法 : S D 指標 = $1 / F e s$

③建物の形状によって偏心率の影響度が異なる。

- ・ 特殊形状（例えば、4章の地震被害建物—1～—3のような1スパン建物）
の場合は、「耐震診断基準」では被害を説明しにくい。

④地震被害の再現を目的とする詳細な弾塑性立体解析等による検討を行い、偏心率の影響を調べるとともに診断手法への反映をすべきである。

