

建築構造物の耐震設計

深井 悟*

1. はじめに

建築における耐震設計の検討方法は、大きく分けて①許容応力度等による方法（ルート1, 2, 3）、②限界耐力計算による方法、③地震応答解析による方法、がある。①の許容応力度等による方法は一般的に広く使われている方法で、③の地震応答解析による方法は高層建物の設計等に使われている方法である。②の限界耐力計算による方法は平成12年に新しく設けられた方法である。ここではこれらの方法の概要について記述する。とくに②の限界耐力計算による方法および③の地震応答解析による方法については具体的な検討内容を示しながら記述する。

2. 許容応力度等による方法

許容応力度等による方法は、現在一般的に広く行われている方法で、一般の構造に対しては1次設計（短期許容応力度による検討）+2次設計で構成されている。2次設計は、鉄筋コンクリート造では壁量によるルート1、壁量+偏心率・剛性率等の検討によるルート2、保有水平耐力の検討によるルート3の3つのルートが用意されている。プレストレストコンクリート造に対しては上記の他に終局強度設計法であるルート3aが用意されている。この方法についてはすでに多くの資料があるので、ここでは検討内容を省略する。

3. 限界耐力計算による方法(PRC, PC 建造物)

3.1 検討概要

限界耐力計算による方法は、平成12年に設けられた新しい方法で、限界耐力計算では、地震に対しては損傷限界および安全限界について検討することになっている。損傷限界の検討はまれに発生する地震に対して建物が損傷しないこと、安全限界の検討は極めてまれに発生する地震に対して建物が倒壊・崩壊等しないことを検討する。検討のフローを図-1に示す。ここでは、図-2に示すX方向RC構造、Y方向PRC構造の建物に対して、安全限界について具体的

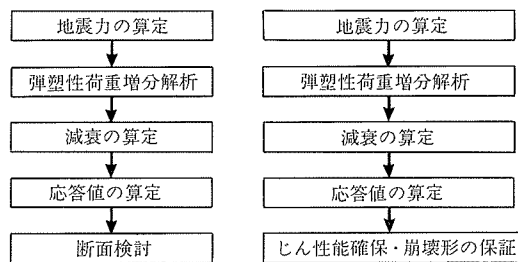


図-1 限界耐力計算の検討フロー

検討内容を示す。

3.2 地震力の算定

地震力は、工学的基盤（せん断波速度約400 m/sec以上の地盤）に対して応答スペクトルとして定義されており、これに表層の増幅率 G_s を掛けることにより算定される。増幅率は表層地盤の卓越周期を収束計算により求める方法と、地盤種別により与えられた値を用いる場合がある。ここでは表層地盤の卓越周期を求める方法によった。

地盤は表層地盤厚8.5 m、せん断波速度170 m/secである。結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}
 &1 \text{ 次周期 } T_1 = 0.343 \text{ 秒}, 2 \text{ 次周期 } T_2 = 0.115 \text{ 秒} \\
 &\text{減衰 } h = 0.139, \text{ インピーダンス比 } \alpha = 0.131 \\
 &G_{S1} = 1 / (1.57 h + \alpha) = 2.87 \\
 &G_{S2} = 1 / (4.71 h + \alpha) = 1.28
 \end{aligned}$$

この値を用いて作成した加速度応答スペクトルを図-3に示す。このスペクトルは減衰5%に対するものである。

3.3 1次有効質量および代表変位

弾塑性解析により求められた各階の層せん断力と層間変形の関係を図-4に示す。

弾塑性解析で算定された各ステップでの各階の変位 δ_{si} および各階の質量 m_i より下式を用いて1次有効質量 $Me1$ および代表変位 Δs を算定する。代表荷重はベースシヤーを1次有効質量で割ることにより算定できる。

$$\begin{aligned}
 Me1 &= (\sum m_i \cdot \delta_{si}^2) / (\sum m_i \cdot \delta_{si}) \\
 \Delta s &= (\sum m_i \cdot \delta_{si}^2) / (\sum m_i \cdot \delta_{si})
 \end{aligned}$$

3.4 応答値の算定

3.2の地震力および3.3で算定された代表荷重および代表変位 Δs を用いて応答値を算定する。地震力の $t-Sa$ の関係を $Sa = \omega^2 \cdot Sd$ を用いて $Sa-Sd$ の図を作成すると、代表荷重・変形関係を重ね合わせることができ、それらの交点が応答値となる。減衰 heq による加速度の低減率 Fh は $Fh = 1.5 / (1 + 10 heq)$ の式により、減衰 heq は、代表荷重・変形関係より降伏変位 δ_y を設定して塑性率 $\mu = \delta / \delta_y$ を計算し、式(1)より算定した。



* Satoru FUKAI
 (株)日建設計 東京構造設計室

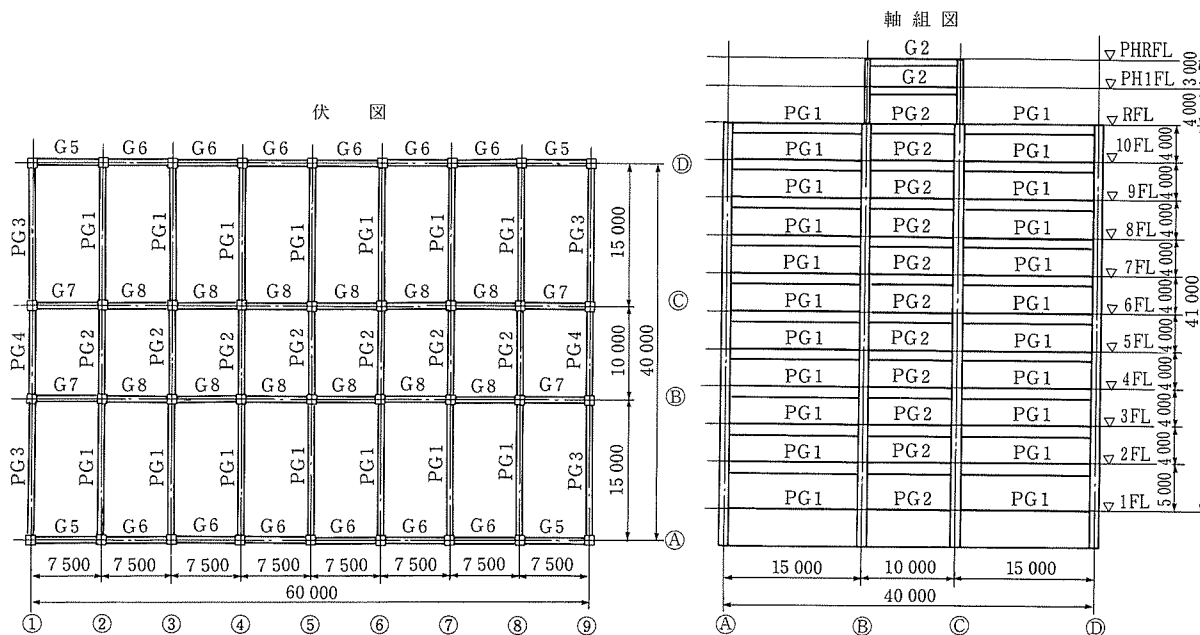


図 - 2 検討建物 (限界耐力計算)

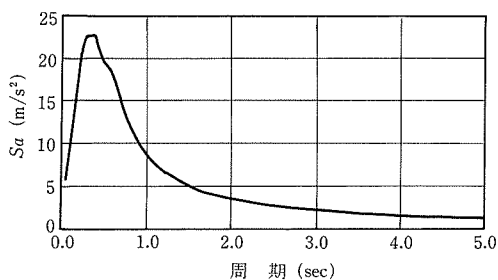


図 - 3 安全限界用地震力 (加速度応答スペクトル)

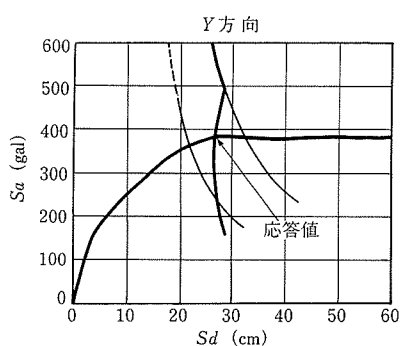
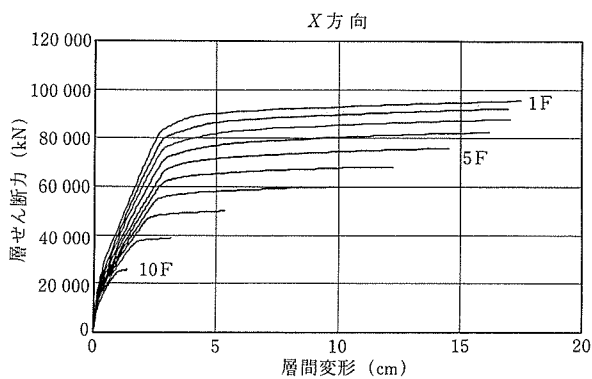
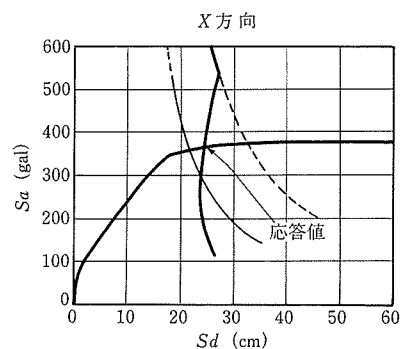


図 - 5 Sa-Sd の関係

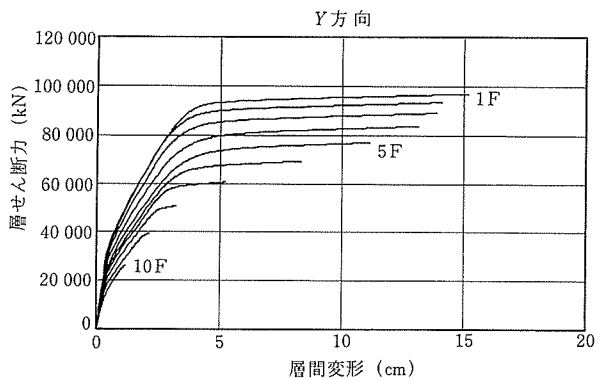


図 - 4 層せん断力層間変形の関係

$$heq = A \cdot (1 - 1/\sqrt{\mu}) + 0.05 \quad \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 $A = (0.06 + 0.14\sqrt{\alpha})$

α : 普通鉄筋の曲げ耐力に占める割合

A の値としては、X 方向は RC 造であるので $A = 0.2$ 、Y 方向は梁降伏の全体崩壊形で、PRC 梁の普通鉄筋の耐力比が 0.5~0.6 であるので $A = 0.16$ とした。

図 - 5 に $Sa - Sd$ 図を示す。応答値は X 方向で 24.7 cm, 357 gal, Y 方向で 26.9 cm, 384 gal となる。

3.5 じん性確保

3.4 の応答値に対応するステップに対応する各部材の応答

値（応力、部材角等）を用いてじん性確保の設計を行う。

せん断に対しては、必要とされる部材角 R_p （上記応答値に安全率 1.2 倍程度割増したもの）より式 (2) 等を用いて必要とされるせん断余裕度を算定し、このせん断余裕度を満たすようにせん断設計する。

$$Q_u/QM = 0.325 (R_p + 2.01) \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 Q_u : せん断終局強度
 QM : 曲げ終局時せん断力
 R_p : 保証部材角 (%)

曲げに対しては、鉄筋・鋼材係数 q_{sp} が必要とされる部材角 R_p および $\xi F = 1.4 - F_c/100$ より計算される $(0.5 - 10 \cdot R_u/\xi F)$ の値以上である場合は式 (3) 等を用いて塑性ヒンジ領域の横補強筋を算定する。

$$p_w \cdot \sigma_{wy} = (20/3) \cdot \{10R_p/\xi F (0.5 - q_{sp}) - 1\} + 0.8 \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 p_w, σ_{wy} : 横補強筋比および降伏点強度
 R_p : 保証部材角
 $\xi F = 1.4 - F_c/100$
 $q_{sp} = (T_{py} + T_{ry} - C_{ry}) / (b \cdot D \cdot F_c)$
 T_{py}, T_{ry}, C_{ry} : 引張 PC 鋼材, 引張鉄筋
 圧縮鉄筋の降伏耐力
 F_c : コンクリートの圧縮強度

3.6 崩壊形の保証

限界耐力計算においては崩壊形が変わらないことを保証する必要がある。このため、ヒンジを発生させない部材の耐力が、最終ステップの応力に対してある余裕度以上であることを確認する。

3.7 その他の検討

メインの検討はここまでであるが、その他に場合によって行う検討があり、その内容について示す。

(1) 減衰 heq の妥当性の検討

3.4 では代表荷重・変形関係の塑性率から減衰 heq を算定しているが、混合構造等で代表荷重・変形関係からでは適切に減衰 heq が算定されない可能性がある場合は、部材の減衰およびその部材のエネルギー分担率により建物全体の heq を算定し、減衰 heq の妥当性を確認する。

(2) 荷重分布形の妥当性の検討

荷重増分解析における荷重分布形は、 b_{if} 分布、 A_i 分布等が採用されるが、剛性分布等が極めて不均一である場合や増分解析の途中で剛性分布が大きく変化する場合は、その剛性を考慮して荷重分布形の妥当性を確認する。

(3) 直交架構等の影響の検討

一般的には荷重増分解析のモデルは、平面架構の場合が多いが、直交架構の影響が大きい場合については立体モデル等を採用し、この影響を考慮する。

4. 地震応答解析による方法（高層建物：制振）

4.1 検討概要

地震応答解析は高層建物に良く使われている方法である。ここでは、図 - 6 に示ような制振ブレースを有する鉄骨造 18 階建ての建物を例として、地震応答解析による方法について具体的検討内容を記述する。

4.2 構造設計方針

構造種別は、鉄骨造とし、コア部に低降伏点鋼 (100 N/mm² 級) の座屈補剛ブレース (アンボンドブレース) の制振部材を用いた。制振部材は、極めてまれに発生する風荷重に対しては降伏せず、まれに発生する地震以前に降伏させることを目標として部材設計を行う。

まれに発生する地震動に対して、建物の層間変形角 1/200 以下を目標とし、残留変形量は層間変形角 1/1 000 以下、頂部変形角 1/3 000 以下とすることを目標とする。制振部材の片振幅最大歪み 0.5 % 以下とする。

極めてまれに発生する地震動に対して、建物の層間変形角 1/100 以下、層の塑性率 2.0 以下とし、残留変形量は、層間変形角 1/500 以下、頂部変形角 1/1 000 以下を目標値とする。制振部材の片振幅最大歪み 1.0 % 以下とする。

4.3 設計用地震荷重

設計用地震荷重は、設計用ベースシヤール係数 $C_B = 0.15$ とし、分布係数は A_i 分布に基づいて設定した。設計用層せん断力係数および層せん断力を図 - 7 に示す。

4.4 応力解析結果

設計用地震荷重時の全体変形・層間変形および層間変形角は以下のようにになっている。

- ・全体変形 (1 階床部分に対する R 階床レベルの相対変形)
 - X 方向 $d = 4.71 \text{ cm}$ $d/H = 1/583$
 - Y 方向 $d = 5.96 \text{ cm}$ $d/H = 1/461$
 - ・層間変形・層間変形角の最大値
 - X 方向 $\delta = 1.01 \text{ cm}$ (2 階) $\delta/h = 1/444$ (2 階)
 - Y 方向 $\delta = 1.27 \text{ cm}$ (2 階) $\delta/h = 1/354$ (2 階)
- 各階の剛性率は最小値で、X 方向：0.72 (2 階)、Y 方向：0.74 (2 階) となっている。各階の偏心率の最大値は、X 方向：0.02 (1 階)、Y 方向：0.11 (1 階) となっている。

4.5 断面検討

応力解析から得られた応力に対して、長期および短期の許容応力度設計を行う。

プレストレストコンクリート部材の地震時の場合は、1.5 K (K：地震による応力) に対して終局強度設計を行う。

4.6 保有水平耐力の算定

荷重増分解析により保有水平耐力を算定する。増分解析結果を図 - 8 に示す。

4.7 地震応答解析

(1) 解析モデル等

地震応答解析は、質点系モデルを用いて時刻歴応答解析を行い、最大層せん断力・最大層間変形・最大転倒モーメント等により応答量を評価する。

地震動は、建設省告示第 1461 号に規定されている工学的基盤での加速度応答スペクトルに適合する模擬地震動を作成し、これを入力として工学的基盤 (半無限地盤) およびそれ以浅の地盤 ($L = 8.5 \text{ m}$, $V_s = 170 \text{ m/sec}$) をモデル化した次元重複反射理論 (等価線形) により建物接地地盤の地震動波形 (建物への入力地震動) を作成した。採用した入力地震動 (極めてまれに発生する地震動) のレスポンススペクトルを図 - 9 に示す。まれに発生する地震動は極めてまれに発生する地震動の 1/5 とした。(ここでは観測地

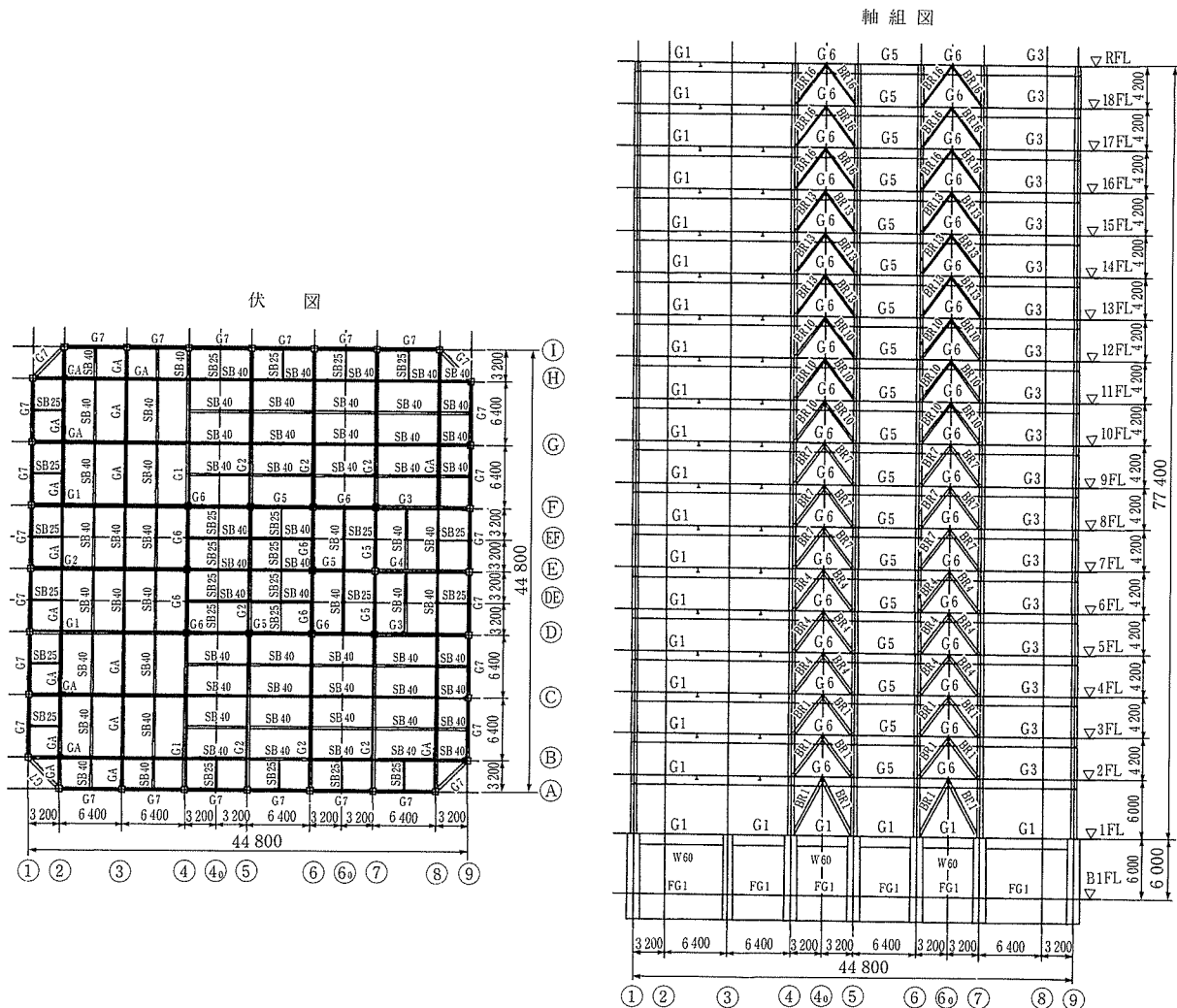


図 - 6 検討建物 (高層建物)

震動については省略する。)

スケルトンカーブは荷重増分解析から得られた荷重変形曲線を各層ごとに Poly-Linear 型に折れ線置換した。減衰は

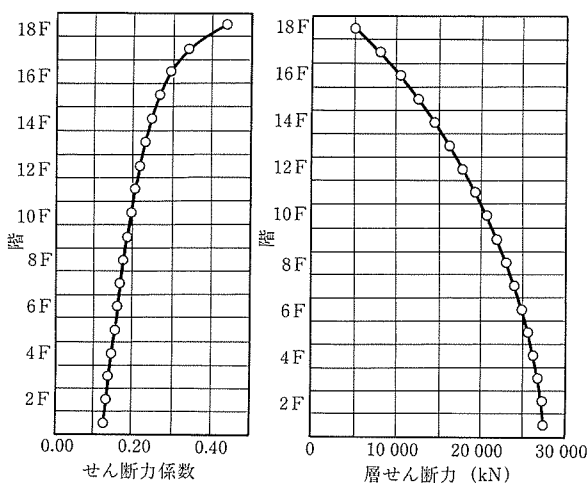


図 - 7 設計用地震力

$h = 0.02$ の初期剛性比例型とした

振動モデルの固有周期は、1次で X 方向 1.50 秒、Y 方向 1.49 秒である。

(2) 解析結果

まれに発生する地震応答解析結果のうち、最大層せん断力および最大層間変形の図を図 - 10 に示す。最大層間変形は、設計許容変形角 1/200 を下回り、かつ層せん断力係数は設計用地震荷重の層せん断力係数をおおむね下回る。また、その他の耐震クライテリアは、制振ブレースの片振幅最大歪みは設計クライテリアの 0.5% 以下、最大残留変形量は 1/1 000 以下、頂部残留変形角は 1/3 000 以下と耐震設計クライテリアを満足している。

極めてまれに発生する地震応答解析結果のうち、最大層せん断力および最大層間変形の図を図 - 11 に示す。最大層間相対変形は、設計許容変形角 1/100 を下回り、かつ層せん断力は保有水平耐力を下回る。その他の耐震クライテリアは、制振ブレースの片振幅最大歪みは設計クライテリアの 1.0% 以下、最大残留変形量は 1/500 以下、頂部残留変形角は 1/1 000 以下と耐震設計クライテリアを満足している。

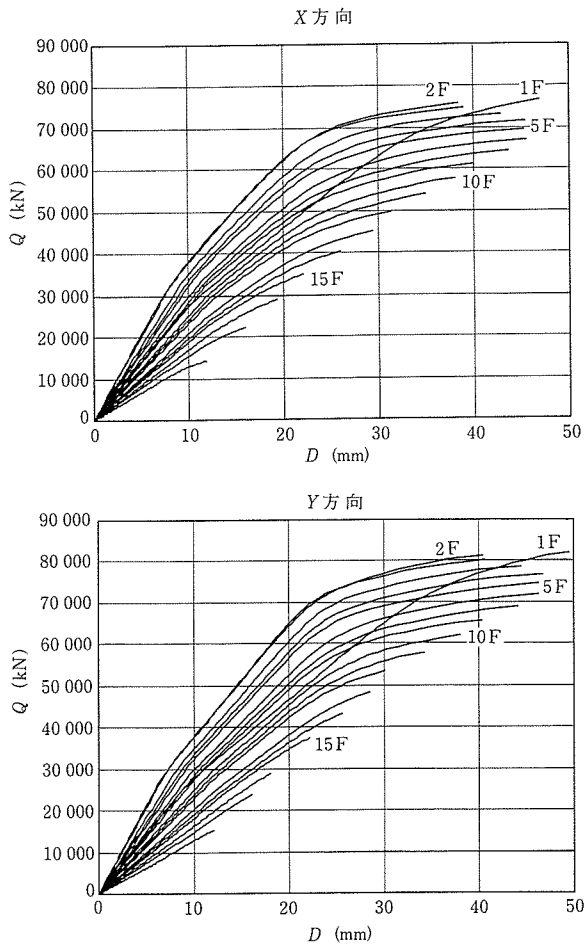


図-8 増分解析結果（層せん断力-層間変形関係）

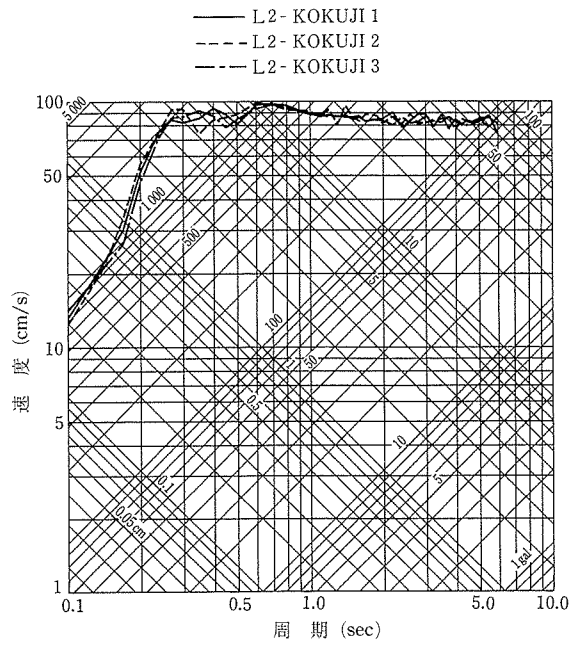


図-9 入力地震動のレスポンススペクトル
（極めてまれに発生する地震動）

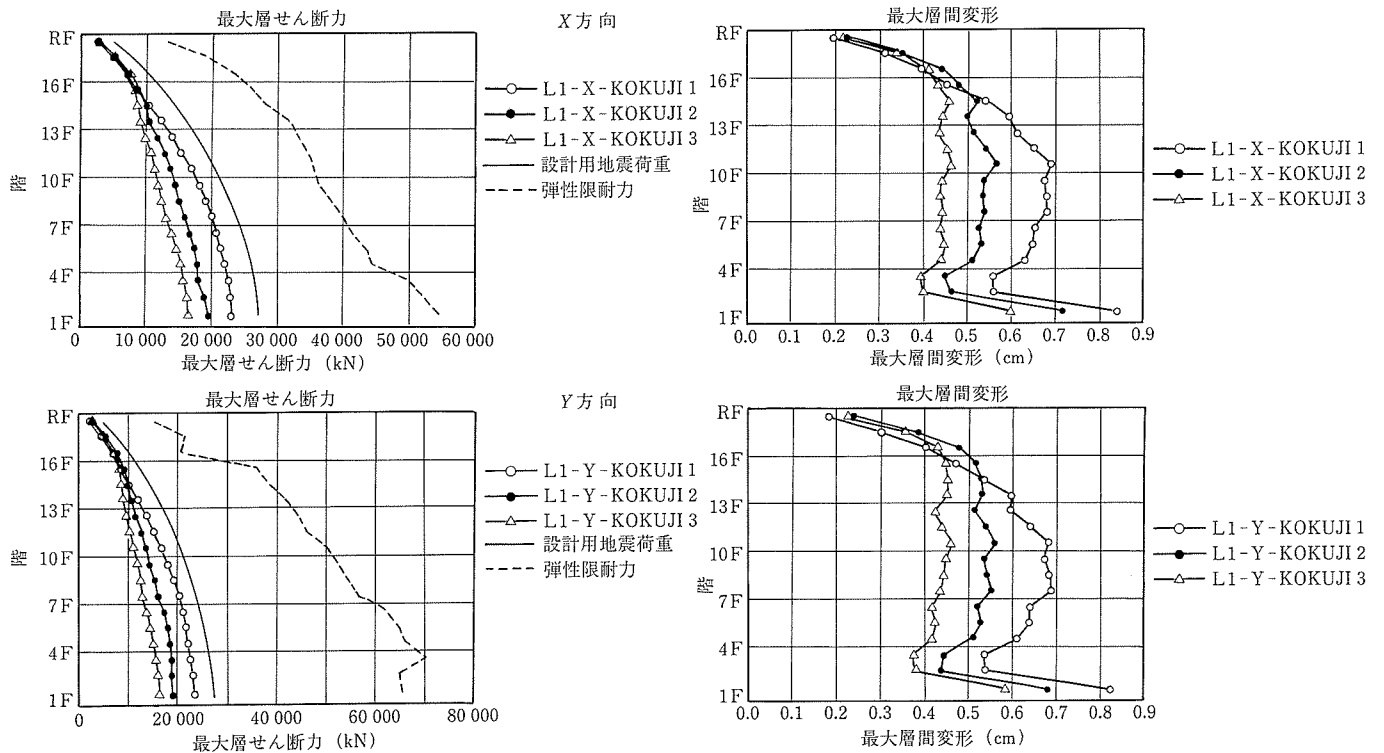


図-10 まれに発生する地震動に対する応答解析結果

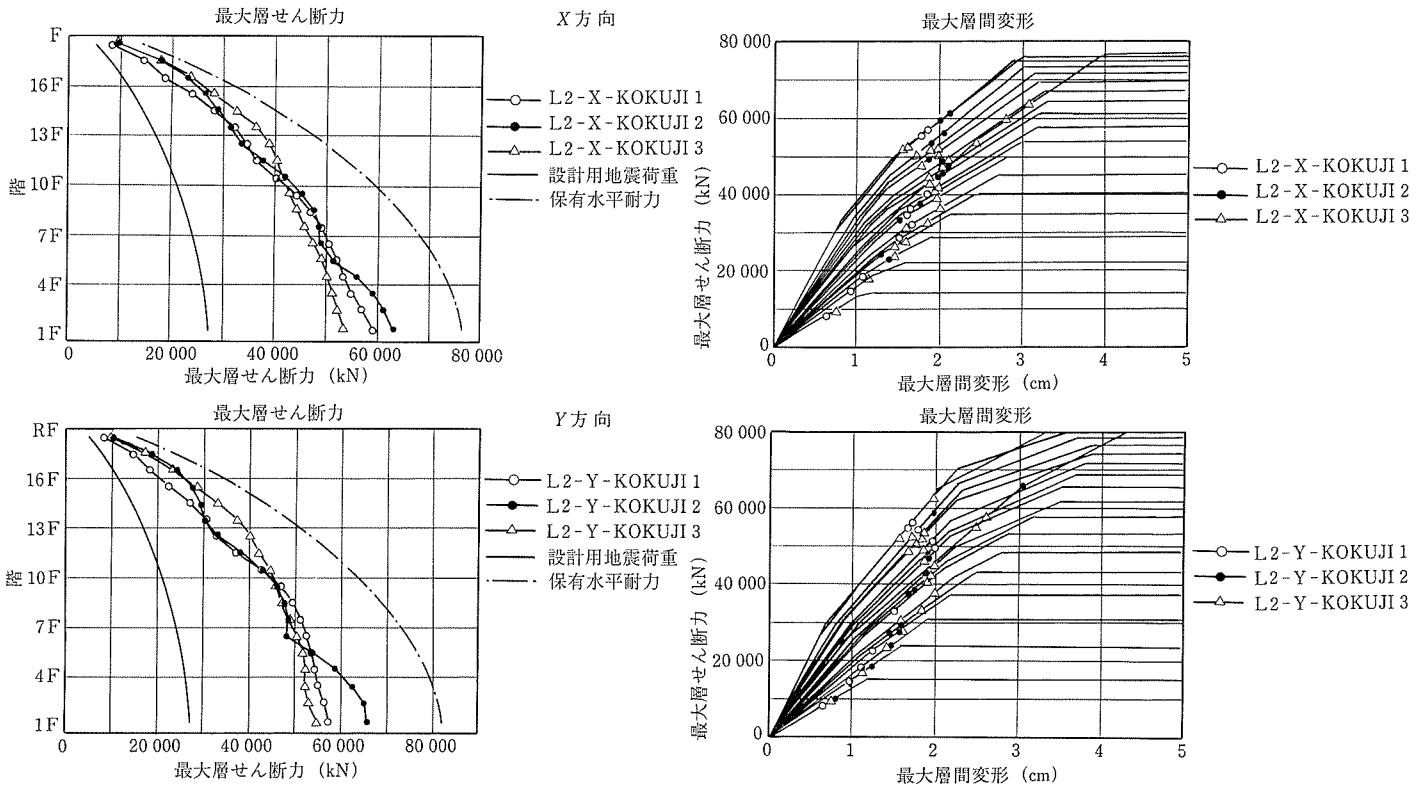


図 - 11 極めてまれに発生する地震動に対する応答解析結果

4.8 その他の検討

ここでは、直列型のモデルの例を示しているが、その他に場合によって行う検討があり、その内容について示す。

(1) 平面的ねじれ（偏心）を考慮した検討

平面的にねじれがある建物に対しては、ねじれが考慮できるように各フレームごとに剛性を考慮したモデル等を採用して検討する。

(2) スラブ剛性を考慮した検討

床が剛床と見なせない場合は、その部分の床をモデル化してその影響を検討する。

(3) 部材レベルのフレームの地震応答解析

高層RC等においては、部材レベルのフレームの地震応答解析を行い、部材の塑性率、柱の変動軸力等について検討する。

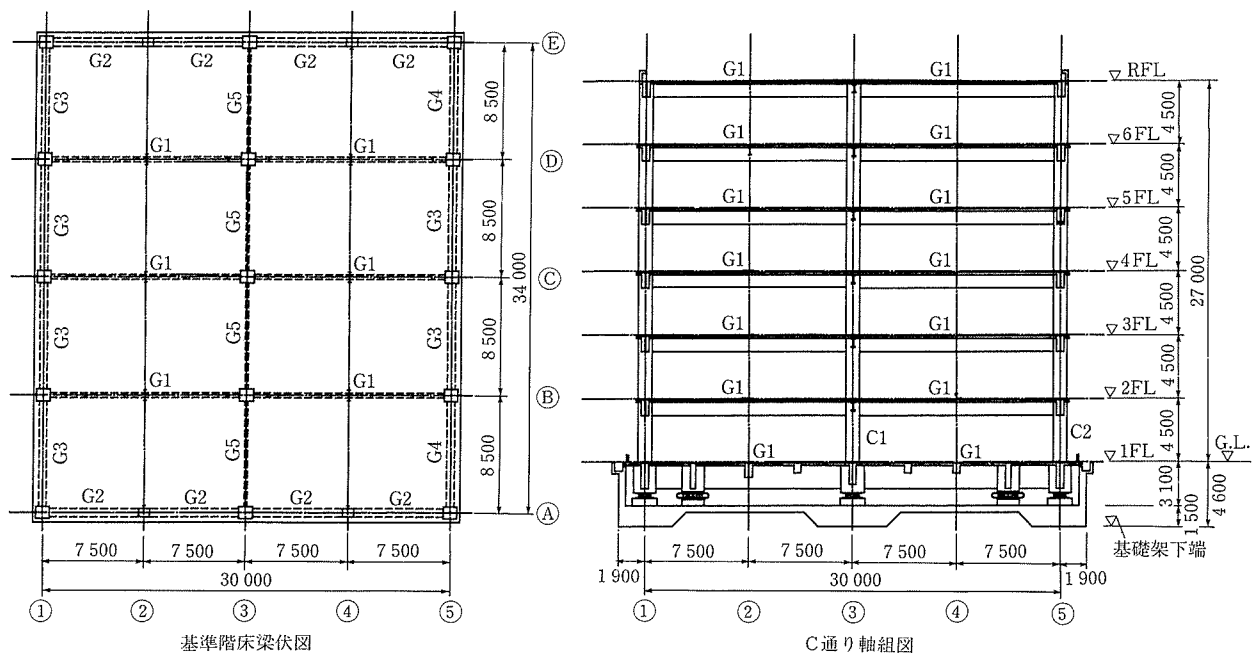


図 - 12 検討建物（免震建物）

(4) 上下動に対する検討

ロングスパンのある建物等で、水平動だけでなく上下動についても検討が必要な場合は、これについても検討する。また、大きな片持ち梁のある建物で、水平動に伴う片持ち梁先端での上下動についても検討が必要な場合は、これについても検討する。

(5) 建物と地盤の相互作用を考慮した検討

地盤の良くない建物等で、建物と地盤の相互作用が無視できない場合は、この影響が考慮できるモデルを採用し検討する。

5. 地震応答解析による方法
(中高層建物：免震)

5.1 検討概要

免震建物については、地震応答解析による方法と国土交通省告示による方法があるが、ここでは図 - 12 に示ような基礎免震の6階建て建物を例として地震応答解析による方法について具体的検討内容を記述する。

5.2 構造設計方針

免震部材には、アイソレータとして高面圧仕様の天然ゴム系積層ゴム、エネルギー吸収部材として鋼製ダンパー(U型ダンパー)を用いる。免震部材の配置図を図 - 13 に示す。

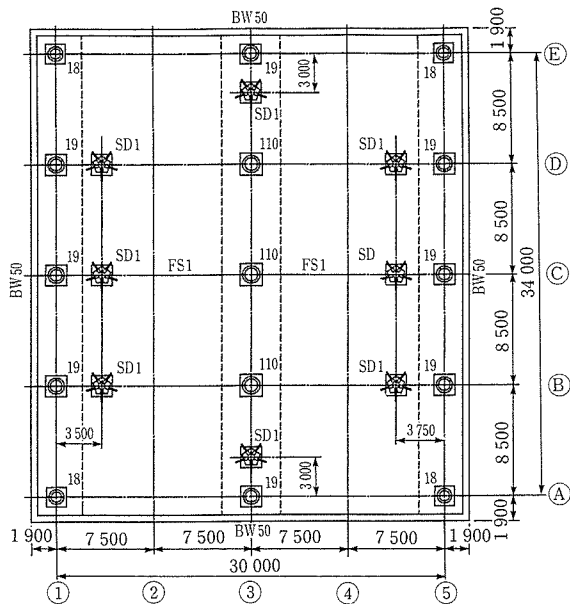


図 - 13 免震部材配置図

上部構造は、柱および外周部の大梁を鉄骨鉄筋コンクリート造、内部梁を鉄骨造とし、架構形式は、X方向・Y方向共に純ラーメン構造とする。

建物の耐震設計クライテリアを表 - 1 に示す。

積層ゴムアイソレーターには高面圧仕様の天然ゴム系積層ゴムを採用し、長期面圧 15 N/mm² 程度以下、極めてまれに発生する地震動時面圧 - 1 N/mm² 程度以上 30 N/mm² 程度以下とする。

表 - 1 耐震設計クライテリア

	上部構造	免震層	下部構造
設計用地震荷重	・主要構造体は許容応力度以内に留まる。 ・層間変形角は 1/300 程度以下とする。		・主要構造体は許容応力度以内に留まる。 ・上部構造の重量を安全に支持し、有害な変形を生じない。
極めてまれに発生する地震動	・主要構造体は許容応力度以内に留まる。 ・層間変形角は 1/300 程度以下とする。	・応答変形量は、設計許容変形 (40 cm) 以下とする。	・主要構造体は許容応力度以内に留まる。 ・上部構造の重量を安全に支持し、有害な変形を生じない。
品質のばらつき等を考慮した極めてまれに発生する地震動	・設計用地震荷重が最大応答せん断力をおおむね包絡する。	・応答変形量は、設計許容変形 (40 cm) 以下とする。	・主要構造体は許容応力度以内に留まる。 ・上部構造の重量を安全に支持し、有害な変形を生じない。
極めてまれに発生する地震動を越える地震動	・主要構造体が保有水平耐力を越える。 ・層の最大層間変形角が 1/100 を越える。	・応答変形量が設計許容変形 (56 cm) を越える。	・主要構造体の一部が降伏する。 (弾性限耐力) ・基礎の接地圧が極限支持力度を越える。

注) 設計許容変形：40 cm (せん断ひずみ率 $\gamma \approx 250\%$)
設計限界変形：56 cm (せん断ひずみ率 $\gamma \approx 350\%$)

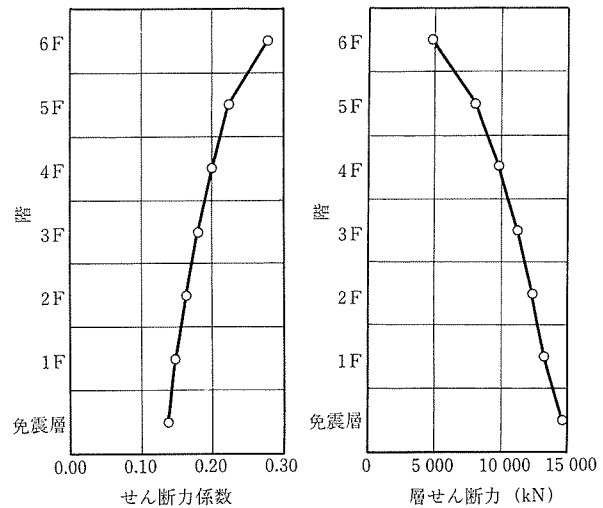


図 - 14 設計用地震力

5.3 設計用地震荷重

上部構造の設計用地震荷重は、1階のせん断力係数を 0.15 とし、分布形は A_i 分布に基づいて設定した。免震層のせん断力係数は 0.14 とした。設計用層せん断力係数および層せん断力を図 - 14 に示す。

5.4 応力解析結果

設計用地震荷重時の全体変形・層間変形および層間変形角は以下ようになっており、X・Y方向とも層間変形角 1/300 を下回っている。

・層間変形・層間変形角の最大値

X方向 $\delta = 0.95$ cm (2階) $\delta/h = 1/474$ (2階)

Y方向 $\delta = 1.15$ cm (2階) $\delta/h = 1/393$ (2階)

各階の剛性率は最小値で、X方向：0.72（2階）、Y方向：0.74（2階）となっている。各階の偏心率の最大値は、X方向：0.01（6階）、Y方向：0.04（1階）となっている。

5.5 断面検討

応力解析から得られた応力に対して、長期および短期の許容応力度設計を行う。本建物にはないがプレストレストコンクリート部材のある場合の地震時については、1.5Kに対して終局強度設計を行う。

下部構造については、地盤の支持力、基礎等について検討する。この時、アイソレータの変形による偏心曲げ等を考慮して検討する。

5.6 保有水平耐力の算定

上部構造の保有水平耐力を算定する。上部構造における層の弾性限耐力 (Q_E) および保有水平耐力 (Q_U) を図 - 15 に示す。

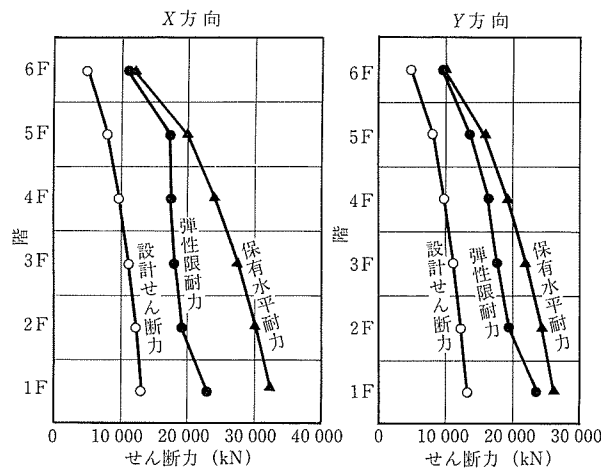


図 - 15 保有水平耐力及び弾性限耐力

5.7 免震部材・免震層の設計

積層ゴムアイソレータの使用径ごとに、ゴムのせん断弾性係数、2次形状係数 S_2 等より積層ゴムの設計ばね定数を計算する。

ダンパーの剛性、降伏せん断力等については製品で規定された値を採用する。

積層ゴムおよび鋼製ダンパーのばね定数および降伏せん断力より免震層の復元力特性を算定する。図 - 16 に免震層

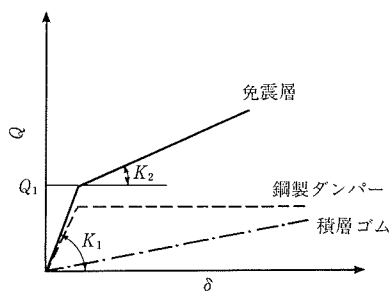


図 - 16 免震層の復元力特性

の復元力特性の概念図を示す。

免震部材の配置は、上部構造の重心と、免震層の剛心を一致させる（積層ゴムアイソレータ、鋼製ダンパーおのおの単独での剛心を上部構造の重心と一致させる）ことにより、免震層のねじれ振動を排除する設計とした。

積層ゴムアイソレータの面圧について、長期荷重時面圧では 15 N/mm^2 程度以下、極めてまれに発生する地震動時面圧（鉛直震度考慮） -1 N/mm^2 以上 30 N/mm^2 以下であることを確認する。ここで、鉛直震度考慮とは静的鉛直震度 $K_v = 0.33$ を考慮した時の値である。また、45度方向地震荷重（鉛直震度考慮）の場合も検討する。

5.8 地震応答解析

(1) 解析モデル等

7質点系モデルによる地震応答解析を行い、上部構造・免震層の応答性状を把握し、応答結果を設計方針と比較することにより、上部構造・免震部材の安全性を確認する。

地震動は、本建物が工学的基盤に直接支持されているとし、建設省告示第1461号に規定されている工学的基盤での加速度応答スペクトル（極めてまれに発生する地震動）に適合する模擬地震動（以下、告示模擬地震動と呼ぶ）を作成し、これを建物への入力地震動とした。採用した入力地震動のレスポンススペクトルを図 - 17 に示す。（ここでは観測地震動については省略する。）

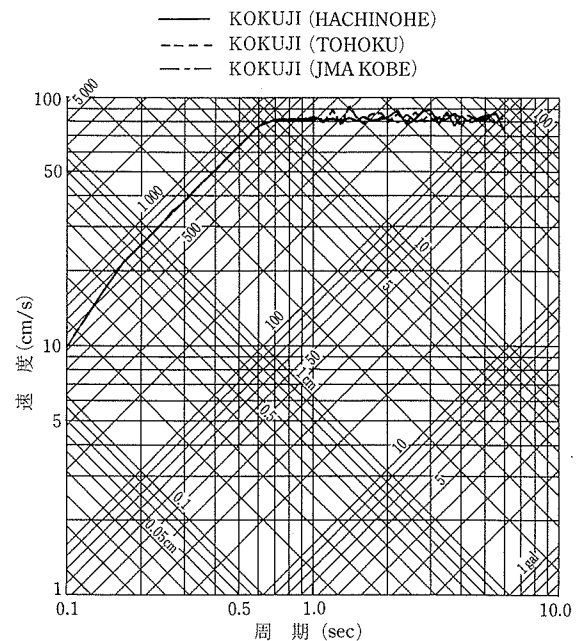


図 - 17 入力地震動のレスポンススペクトル

上部構造の減衰は $h = 0.03$ の初期剛性比例型とした。

振動モデルの固有周期は、鋼製ダンパーを考慮した場合は1次でX方向2.05秒、Y方向2.08秒、積層ゴムアイソレータのみの場合は1次でX方向4.41秒、Y方向4.42秒である。

(2) 解析結果

極めてまれに発生する地震応答解析結果のうち、最大層

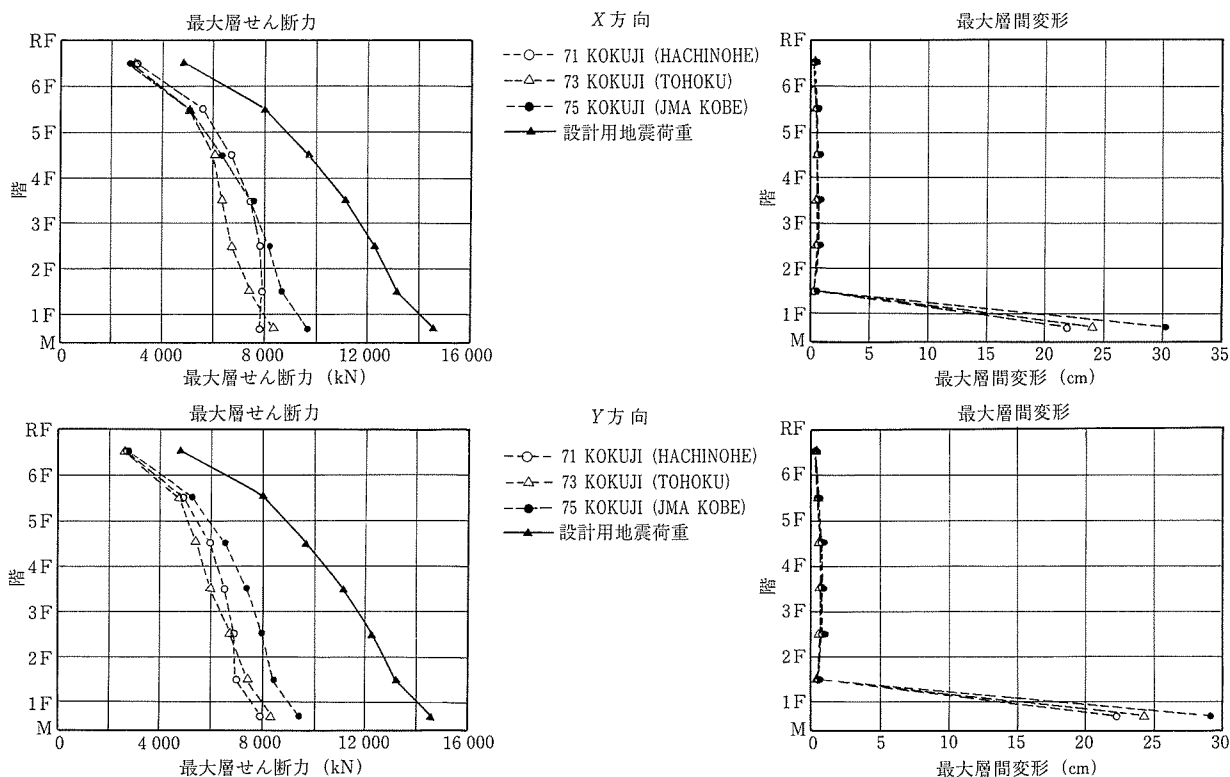


図 - 18 地震応答解析結果

せん断力および最大層間変形の図を図 - 18 に示す。免震層の最大相対変形は、設計許容変形 (40 cm) を下回り、かつ上部構造の層せん断力係数は設計用地震荷重の層せん断力係数をおおむね下回っており、耐震設計クライテリアは満足されている。

5.9 その他の検討事項

メイン検討はここまでであるが、免震構造ではこの他にいくつかの検討がある。その検討内容について記述する。

(1) 免震部材の品質のばらつき等を考慮した地震応答解析

免震部材の剛性および降伏せん断力が、メーカーおよび製品間の品質ばらつき・クリープ等の経年変化により、変動する可能性があることを考慮した検討を行う。ここでは、以下のケースについて地震応答解析を行い、剛性・降伏せん断力の変動による影響を検討し、耐震設計クライテリアを満足することを確認した。

- A : 積層ゴムの水平剛性が 20 % 増大
- B : 積層ゴムの水平剛性が 20 % 減少
- C : 鋼製ダンパーの水平剛性・降伏せん断力が 10 % 増大
- D : 鋼製ダンパーの水平剛性・降伏せん断力が 10 % 減少
- E : A と C の組合せ
- F : B と D の組合せ

(2) 極めてまれに発生する地震動を超える地震動による地震応答解析

建物の終局状態と終局耐力への余裕度を検討するため、入力地震動レベルを極めてまれに発生する地震動より順次大きくしていき、終局耐力に達する入力レベルを評価する。終局時の判定基準は次に示すいずれかに達した時とした。

- ・ 上部構造：主要構造体が保有水平耐力に達する。

- ・ 免震層：応答変形量が設計限界変形 (56 cm) に達する。
本建物の場合、極めてまれに発生する地震動の約 1.3 倍において、免震層が先に終局状態に達することを確認した。

(3) 上下動に関する検討

アイソレータの設計で考慮した静的鉛直震度 $K_v = 0.33$ の妥当性およびロングスパン梁の上下動に対する検討を行う。検討用地震動波形は、模擬地震動 (最大加速度: 186.7 ~ 219.5 cm/sec²) とし、モデルは柱 1 本の支配分を取り出し各階 1 質点、6 階のみ床の質量および大梁のばねを付加したモデルとした。上下動の地震応答解析によりアイソレータについては静的鉛直震度 $K_v = 0.33$ 、ロングスパン梁については鉛直震度 $K_v = 0.78$ であり問題無いことを確認した。

(4) 地震活動度

地震活動度について歴史地震からの推定、および活断層図より震源距離約 20 km にある図 - 19 に示すような断層を仮定し小林・翠川の方法により断層モデルによる推定を行

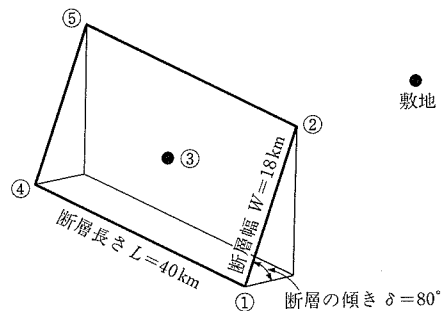


図 - 19 断層モデル

い、検討用地震動の妥当性を確認した。

6. おわりに

現在建築において行われている耐震設計について、検討方法別にその内容について記述した。一般の建物で行われて方法以外に建物の違い等によりさまざまな検討が行われていることが理解いただければ幸いである。

参考文献

- 1) 国土交通省住宅局指導課・日本建築主事会議・日本建築センター：2001年版建築物の構造関係技術基準解説書，2001.3
- 2) 共同研究「PC構造設計・施工指針の作成」最終年度研究報告書，1999.3

【2002年9月3日受付】



刊行物案内

フレッシュマンのためのPC講座

プレストレストコンクリートの世界

頒布価格：会員特価 3 000 円（送料 400 円）

：非会員特価 3 600 円（送料 400 円）

体 裁：A4判，140頁

内容紹介

＝基礎編＝

- 基礎 編1 PCとは何か
- 基礎 編2 PCはどんなものに利用できるか
- 基礎 編3 プレストレスの与え方について考えてみよう
- 基礎 編4 プレストレスは変化する
- 基礎 編5 荷重と断面力について考えてみよう
- 基礎 編6 部材に生じる応力度について考えてみよう
- 基礎 編7 プレストレス量の決め方について考えてみよう
- 基礎 編8 PCに命を与えるには(プレストレスシグとその管理)
- 基礎 編9 PCを長生きさせよう

○申込み先：

(社)プレストレストコンクリート技術協会 事務局
〒162-0821 東京都新宿区津久戸町4番6号 第3都ビル5F
TEL：03-3260-2521 FAX：03-3235-3370

＝PC橋編＝

- PC橋 編1 PC橋にはどんなものがあるか
- PC橋 編2 PC橋を計画してみよう
- PC橋 編3 PC橋を設計してみよう
- PC橋 編4 現場を見てみよう

＝PC建築編＝

- PC建築 編1 PC建築とは
- PC建築 編2 PC建築にはどんなものがあるか
- PC建築 編3 プレキャストPC建築の設計について考えてみよう
- PC建築 編4 PC建築でオフィスを設計してみよう

資 料 PCを勉強するときの参考図書
索 引