論文 限界耐力計算法を用いた安全性・修復性を設計目標とした耐震設計法 に関する基礎的研究

松野 純子*1・衣笠 秀行*2・向井 智久*3・大西 直毅*4

要旨:耐震設計法の一つとして,塑性変形能力を大きくし安全性を確保する靱性設計法がある。耐震壁を少なくする等自由なプランが可能である一方,大地震時の損傷が大きく修復性に問題が生じ易い事が最近の地 震被害から明らかになってきている¹⁾。本研究では限界耐力計算法をベースとした修復性を考慮した性能評価 型設計法の確立を大目標として,この為に必要不可欠となる次の項目の分析を行った。1安全性と修復性の目 標範囲を定めた際の耐力・剛性の取りえる範囲の算出法,2性能目標点に対応する耐力・剛性の組み合わせの 数式化,3安全性・修復性の両性能の改善を目指し目標値を変更させた場合に求められる耐力・剛性の修正法。 **キーワード**:修復性,安全性,性能評価型設計法,トレードオフ,限界耐力計算法

1. はじめに

地震時に各層梁端部を降伏させ地震エネルギーを 建物全体で吸収する靭性設計法が,特に高層建物を対 象に行われている。しかし兵庫県南部地震では建物の 全層に損傷が生じて,計画通りの崩壊をしても修復費 用,時間が膨大になり建て直しを余儀なくされる場合 が生じた¹¹。この理由の一つに,安全性を確保する目 的で大きな変形を許容した事により,安全性発揮時の 修復性が大きく損なわれた事があげられる。この様に 安全性が上昇する一方で修復性が下降する,安全性は 修復性とトレードオフ関係になる場合がある事が,既 存の研究よりわかっている²⁰。修復性について,安全 性と同様,一設計目標として考えていく必要がある。

本研究では、限界耐力計算法を用いて鉄筋コンクリート構造物を設計する際、安全性と修復性がどのよう な関係にあるのかを分析する。ここでは、目標安全性 と修復性を実現するに必要な耐力と剛性の関係性について次の観点から研究を行った。1 性能目標範囲と対応する耐力・剛性の取りうる範囲(図-1.a),2性能 目標点に対応する耐力・剛性の組み合わせ(同図.b), 3 目標性能を変更させるために耐力・剛性をどの様に

2. 限界耐力計算法の基本的な考え方

2.1 限界耐力計算法の具体的な計算方法

限界耐力計算法とは、規定された地震動に対する建築物の応答値を求め、その応答値が限界値に至っていないことを直接的に確認するものである³⁾。計算手順を(1)~(7)及び図—2に示す。

- (1) 実施設計多層建築の弾塑性静的解析
- (2) 多層の建物の一質点縮約モデル化
- (3) 縮約一質点モデルの復元力特性カーブを得る
- (4) 建設地の地盤での入力地震動を決める
- (5) 1 質点系の応答スペクトル図に、(3)で求めた復元 力特性カーブを同じグラフ上に描く(図―2)
- (6) (1)(2)で求めた限界変形値を基にした等価線形モデル(図中の青点線)と、安全限界時での減衰 (Fh)を考慮した地震応答スペクトルの交点、すな わち限界耐力計算法上での応答値を求める(図中の応答値の点)。ここで使用する地震応答スペクト ルは(Sd(T)・Fh, Sa(T)・Fh)で表現されている。
- (7) (6)で求めた応答値が安全限界変位を超していないことを確認する。



14

*3 独立行政法人 建築研究所 工博 (正会員)

*4 東京理科大学 理工学部建築学科 助教 博士(工学)(正会員)

ここで注意したいのが,限界耐力計算法で求めている 応答値は,本来の建物の応答値ではないという事であ る。この事は,応答値が等価線形モデル上(青点線) にあり復元力特性カーブ上(青実線)にはない事から 明らかである。本研究で今後使用する応答値は,復元 力特性カーブ上にある応答値とする。

2.2 地震応答スペクトル

以下の2.2,2.3 では3章の安全性・修復性の定式化 を展開する上で必要な、限界耐力計算法の基本式について解説する。

地震応答スペクトルを求める。地震応答スペクトル とは、縦軸に加速度応答スペクトル Sa・横軸に変位応 答スペクトル Sd をとったグラフである。

加速度応答スペクトルは式(1)を用いて式(8)~(10)の ように導き出す事が出来る。

> Sa(T)=Sao(T)・Gs(T)・Z
> (1) Sa_d(T):工学的基盤上での標準加速度スペクトル Gs(T):表層地盤増幅係数 Z:地域係数 (=1.0)

- Sa₀(T):工学的地盤は,せん断波の伝達速度が 400 m/sec 以上の固い地盤である。しかし工学的 基盤の上にある表層地盤は柔かく,地震動は 工学的基盤上より増幅される。よって地盤の
 - 固さに応じて増幅係数をかけて、その他の条件も考慮し、設計で用いられる応答スペクトルは表される。今回使用する Sa₀(T)は告示における標準加速度応答スペクトルであり、これを以下に示す。

$$Sao(T) \begin{cases} = (3.2 + 30T) \cdot Z & (0 < T \le 0.16) & (2) \\ = 8 \cdot Z & (0.16 < T \le 0.64) & (3) \\ = \frac{5.12}{T} \cdot Z & (0.64 < T) & (4) \end{cases}$$

Gs(T) : 地盤の固さに応じて略算的に求めた, 第一種 地盤増幅係数を使用する。これを式(5)~(7)に示 す。

 $\int =1.5 \qquad (0 < T \le 0.576) \qquad (5)$

$$Gs(T) \begin{cases} = \frac{0.864}{T} & (0.576 < T \le 0.64) & (6) \end{cases}$$

=1.35 (0.64 < T) (7)

よって今回使用する加速度応答スペクトルは式(8)~ (10)のように表すことができる。これを図-3に示す。

$$Sa(T) \begin{cases} = (4.8 + 45T) & (0 < T \le 0.16) & (8) \\ = 12 & (0.16 < T \le 0.576) & (9) \\ = \frac{6.912}{T} & (0.576 < T) & (10) \end{cases}$$

次に変位応答スペクトルを求める。式(11),(12)より 加速度応答スペクトルを用いて導き出すことが出来る。 $Sd(T) = Sdo(T) \cdot Gs(T) \cdot Z$

$$Sd(T) = Sa(T) \cdot \frac{1}{\omega^2} \tag{12}$$

(11)

Sdd(T):工学的基盤上での標準変位スペクトル

$$\omega$$
:円振動数 (= $\frac{2\pi}{T}$)

これらのスペクトルより,ある固有周期に対応する 加速度応答と変位応答をそれぞれの応答スペクトルか ら読み取り,これらの値の交点をグラフにマークする 作業を,固有周期の値を変化させながら繰り返してい くことで,地震応答スペクトルを求める事が出来る。 これを図-4に示す。



2.3 応答値の求め方

応答値は、告示地震動が建物に入力された時の建物 の応答値であり、2.1 で述べた復元力特性カーブ上にあ る応答値である。この値は、地震応答スペクトルと建 物の復元力特性カーブでの Fh, T, Sa(T), Sd(T)が共に 等しい点となる。この点を求めるにはまず、地震応答 スペクトルと復元力特性カーブを用いて必要耐震性能 スペクトルを作る必要がある。このため復元力特性カ ーブ上の任意の点に対して、その点での等価周期、ま た減衰定数による補正係数 Fh を求める。次にその周 期と Fh を用いて地震応答スペクトル上の点(Sd(T)・Fh, Sa(T)・Fh)を求める。この点を周期を変化させ計算し、 出来た点を結べば必要耐震性能スペクトルが完成する。 以下に必要耐震性能スペクトルの式を示す。

補正係数 *Fh*(式(13))に,鉄筋コンクリート構造物の 減衰定数 *h*(式(14))を代入する事で鉄筋コンクリート造 の *Fh*を式(15)より求めることができる⁴⁾。

$$Fh = \frac{1.5}{1+10h}$$
(13)

$$h = 0.3 - 0.25 \cdot \frac{Ty}{T} \tag{14}$$

$$Fh = \frac{1.5}{4 - 2.5 \cdot \frac{Ty}{T}}$$
(15)

Ty:降伏点周期

式(8)~(10),式(15)より Sa(T)・Fh は次式の様に求めることができる。

$$Sa(T) \cdot Fh \begin{cases} = \frac{7.2 + 67.5T}{4 - 2.5 \cdot Ty/T} & (0 < T \le 0.16) & (16) \\ = \frac{18}{4 - 2.5 \cdot Ty/T} & (0.16 < T \le 0.576) & (17) \end{cases}$$

$$\left(\begin{array}{c} \frac{10.368}{4 \cdot T - 2.5 \cdot Ty} & (0.576 < T) \end{array}\right)$$
(18)

また式(12)の関係を用いて, *Sd*・*Fh*を次式の様に求 める事が出来る。

$$Sd(T) \cdot Fh \begin{cases} = \frac{(7.2+67.5T) \cdot T^2}{4\pi^2 \cdot (4-2.5 \cdot Ty/T)} & (19) \\ (0 < T \le 0.16) \\ = \frac{18 \cdot T^2}{4\pi^2 \cdot (4-2.5 \cdot Ty/T)} & (20) \\ (0.16 < T \le 0.576) \\ = \frac{10.368 \cdot T}{4\pi^2 (4-2.5 \cdot Ty/T)} & (0.576 < T) & (21) \end{cases}$$

式(16)~(21)より(Sd(T)・Fh, Sa(T)・Fh)を周期を変化 させプロットすることで必要耐震性能スペクトルを求 める事ができ,これを図—5 に示す。このスペクトル と復元力特性カーブが一致する点が応答値となる。



3. 安全性・修復性関係に関する分析

本論文における安全性・修復性の定義について述べ, 目標とした安全性と修復性を実現するに必要な耐力・ 剛性をどの様に与えればよいか分析を行う。

3.1 安全性・修復性の定義

本研究では、修復性を限界変位 δ の大きさで表すこ とにする。建物を一質点でモデル化し復元力特性カー ブをバイリニア、そして降伏変位を δy ,限界塑性率を $\mu = \delta/\delta y$,降伏点までの剛性を K,降伏荷重を Qy,重量 を W,ベースシア係数 Cb = Qy/W とする。 δ は式(22) で求める事ができる。

$$\delta = \frac{\mu \cdot Cb \cdot W}{K} \tag{22}$$

本来修復性は,費用あるいは時間で表現すべきである が,ここでは簡易化し,地震時の変形量で表現した。

また安全性を,地震動倍率 X で評価した。これは, ある地震動が建物に入力された時の応答値が限界変位 に達する時,告示波の何倍の地震動が必要であるかを 表している。

3.2 安全性指標 X の求め方

安全性 X はある建物において,告示波の何倍の地震 動に耐える事が出来るかを指標とした。

地震動を X 倍とした時, Sa₀(T), Sd₀(T)スペクトルは ともに X 倍となるため、必要耐震性能スペクトルも X 倍される。従って X 倍された地震動での応答値は、式 (23)の右辺を用いて表す事が出来る。本研究では、こ の応答値が限界変位δとなるような倍率 X を安全性を 評価する指標として用いている。

従って限界変位は式(11)を用いることで式(23)の様 に示すことができる。

$$\delta = X \cdot Sdo(T) \cdot Gs \cdot Z \cdot Fh$$

= X \cdot Sd(T) \cdot Fh (23)

ここで周期を式(24), *Fh* は式(15)に式(25)を代入する ことで式(26)と表す事が出来る。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M\mu}{K}}$$
(24)

$$\mu = \left(\frac{T}{Ty}\right)^2 \tag{25}$$

$$Fh = \frac{1.5}{4 - 2.5/\sqrt{\mu}}$$
(26)

よって式(23)に式(22),式(19)~(21),式(24)を代入することで*X*を求める式(27)~(29)を得ることができる。

$$X \begin{cases} = \frac{\pi \cdot Cb \cdot W \cdot \left(4\sqrt{\mu} - 2.5\right)}{5.184\sqrt{M \cdot K}} & (27) \\ \left(K \leq \left(\frac{2\pi}{0.576}\right)^2 M\mu\right) & \left(\frac{2\pi}{18 \cdot M}\right) \\ \left(\left(\frac{2\pi}{0.576}\right)^2 M\mu < K \leq \left(\frac{2\pi}{0.16}\right)^2 M\mu\right) & \left(\frac{2\pi}{(7.2 + 135 \cdot \pi \cdot \sqrt{M \cdot \mu/K})M} & \left(\left(\frac{2\pi}{0.16}\right)^2 M\mu < K\right) & \left(\frac{2\pi}{(1.16)}\right)^2 M\mu < K \end{pmatrix} \end{cases}$$

M:質量

この式より *K, Cb, W, M,* µの組み合わせと対応す る安全性の指標 *X*を求めることができる。

3.3 安全性・修復性の両目標範囲に対応する耐力・剛 性の取りえる範囲

目標性能の範囲を修復性 *δ*≦*δ*₀, 安全性 *X*≧*X*₀ (図— 6 の斜線部)として,式(22),式(27)~(29)を *Cb* につい て解くと,式(30)~(33)のようになる。

$$Cb \le \frac{K \cdot \delta o}{W \cdot \mu} \tag{30}$$

$$\geq \frac{5.184\sqrt{M \cdot K}}{\pi \cdot W \cdot \left(4\sqrt{\mu} - 2.5\right)} \cdot Xo \qquad \left(K \leq \left(\frac{2\pi}{0.576}\right)^2 M\mu\right) \qquad (31)$$

$$Cb \begin{cases} \geq \frac{18M}{W \cdot (4-2.5/\sqrt{\mu})} \cdot Xo \\ \left(\left(\frac{2\pi}{0.576} \right)^2 M\mu < K \le \left(\frac{2\pi}{0.16} \right)^2 M\mu \right) \end{cases}$$
(32)

$$=\frac{(7.2+135\pi\sqrt{M\mu/K})M}{W(4-2.5/\sqrt{\mu})} \quad \left(\left(\frac{2\pi}{0.16}\right)^2 M\mu < K\right)$$
(33)

以上より, *δ*・*X*の目標範囲を図—6の斜線部とすると それを満たす設計をする際に必要な *Cb*, *K*の範囲が, 式(30)~(33)を用いての図—7 斜線部のように求めら れる。

この図から Cb の下限(式(31)~(33))は、設計用地 震動の周期特性の影響を受け、長周期領域(式(31)) と短周期領域(式(33))で小さくなる事が分かる。ま た、Cb には修復性に起因する上限があり、短周期領域 ではほとんど問題にはならないが、長周期領域で制限 を受けることが分かる(式(30))



なお、これらの図は、重量 W=3000kN、塑性率 μ =1.5 の一質点を想定し、安全性の目標値を $X_0 \ge 1.3$ 、修復性 の目標値を $\delta_0 \le 0.225m$ とした時の範囲を示している。 以後の例図ではこれらの数値を用いる。

3.4 安全性・修復性の目標点と対応する耐力・剛性の 組み合わせ

3.3 では目標範囲に対応した剛性・耐力の範囲を求め たが、ここでは目標値に対応した剛性・耐力の値を求 める式を導き出す。図—7 より、式(30)のグラフと式 (31)~(33)のグラフとの交点が目標値に対応した剛 性・耐力の値となる。

まず,式(30)と式(31)の交点を,これらの式から*Cb*, *K*を消去し次式により求める。

$$Cb = \left(\frac{5.184 \cdot X_O}{\left(4 - 2.5/\sqrt{\mu}\right) \cdot \pi}\right)^2 \cdot \frac{M}{W \cdot \delta_O}$$
(34)

$$K = \left(\frac{5.184 \cdot X_0 \cdot \sqrt{M \cdot \mu}}{\left(4 - 2.5/\sqrt{\mu}\right) \cdot \pi \cdot \delta_0}\right)^2 \qquad \left(K \le \left(\frac{2\pi}{0.576}\right)^2 M\mu\right) \qquad (35)$$

またこの両式が使用できる K の範囲は (K≦ (2π/0.576)²Mµ) であり,この K に式(35)を代入する事で,安全性・修復性関係の範囲の式(36)に転換する事が出来る。これを図—8 の青斜線部で示し,領域(イ)と定義する。よって目標値が図—8 の領域(イ)内にある場合式(34)(35)を用いて Cb, Kを導き出す事が出来る。

$$X < \frac{(4 - 2.5/\sqrt{\mu})}{5.972/(2\pi)^2}\delta$$
(36)

同様に式(30)と式(32)から両式の交点を次式により 求める。

$$Cb = \frac{18 \cdot M \cdot Xo}{W \cdot (4 - 2.5/\sqrt{\mu})}$$
(37)

$$K = \frac{18 \cdot \mu \cdot M \cdot Xo}{\delta o \cdot \left(4 - 2.5 / \sqrt{\mu}\right)}$$

$$\left(\frac{2\pi}{0.576}\right)^2 M\mu < \mathbf{K} \le \left(\frac{2\pi}{0.16}\right)^2 M\mu \right)$$
(38)

また K の範囲((2π/0.576)²Mµ<K≦(2π/0.16)²Mµ)の K に,式(38)を代入する事で式(39)が導き出される。この 範囲を図—8の赤斜線部で示し,領域(ロ)と定義する。 目標値が領域(ロ)内にある場合式(37)(38)を用いて Cb, Kを導き出す事が出来る。

$$\frac{\left(4-2.5/\sqrt{\mu}\right)}{5.972/(2\pi)^2}\delta \le X < \frac{\left(4-2.5/\sqrt{\mu}\right)}{0.461/(2\pi)^2}\delta$$
(39)

同様に式(30)と式(33)から両式の交点を次式により 求める。

$$Cb = \left(\sqrt[3]{-\frac{b}{2}} + \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^{2} + \left(\frac{a}{3}\right)^{3}} + \sqrt[3]{-\frac{b}{2}} - \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^{2} + \left(\frac{a}{3}\right)^{3}}\right)^{2}$$

$$(40)$$

$$K = \left(\sqrt[3]{-\frac{b}{2}} + \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^{2} + \left(\frac{a}{3}\right)^{3}} + \sqrt[3]{-\frac{b}{2}} - \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^{2} + \left(\frac{a}{3}\right)^{3}}\right)^{2} \cdot \frac{W \cdot \mu}{\delta \sigma}$$

$$\left(\left(\frac{2\pi}{0.16}\right)^{2} M \mu < K\right) \quad (41)$$

$$a = \frac{7.2 \cdot M \cdot Xo}{W \cdot \left(4 - 2.5 / \sqrt{\mu}\right)} \quad b = \frac{135 \pi \cdot M \cdot Xo \sqrt{M \cdot \delta y \cdot \mu / W}}{W \cdot \left(4 - 2.5 / \sqrt{\mu}\right)}$$

またこの両式が使用できる目標値の範囲は領域(イ), (ロ)以外となり, 図-8の緑斜線部であり, この範囲を 領域(ハ)と定義する。

以上より目標値が存在する領域により,耐力・剛性 を求める式が変化をすることを示せた。耐力・剛性を 求める式は,目標値が領域(イ)内にある場合は式 (34)(35)より,領域(ロ)内にある場合は式(37)(38)より, 領域(ハ)内にある場合は式(40)(41)より求めることがで きる。



図-8 耐力・剛性の式を決定する目標値の領域

3.5 安全性・修復性の両目標範囲に対応する降伏荷 重・降伏変位の組み合わせ

目標範囲が図—6の様に示された時,降伏耐力 Qy と降伏変位 δyの取り得る範囲は式(42)~(45)で表すこ とができる。なお,式(43),(44),(45)は Qy=CbWの関 係を用いて式(34),(37),(40)より求めることができる。



$$\mathbf{Qy} \begin{cases}
\geq \frac{18 \cdot M \cdot X_{O}}{(4 - 2.5/\sqrt{\mu})} \\
\left(\frac{(0.16/2\pi)^{2}}{M \cdot \mu} \cdot \mathbf{Qy} \le \delta \mathbf{y} < \frac{(0.576/2\pi)^{2}}{M \cdot \mu} \cdot \mathbf{Qy} \right) \\
\geq \frac{M}{\delta \mathbf{y}} \cdot \left(\frac{5.184 \cdot X_{O}}{(4\sqrt{\mu} - 2.5) \cdot \pi} \right)^{2} \\
\left(\frac{(0.576/2\pi)^{2}}{M \cdot \mu} \cdot \mathbf{Qy} \le \delta \mathbf{y} \right)
\end{cases}$$
(44)
$$(45)$$

図—6 に示す目標範囲と対応する降伏点(δ_y , Q_y)の 取り得る範囲は式(42)~(45)より, **図—9**の斜線部とな る。



4. 目標性能の変更と耐力・剛性の関係

安全性-修復性関係を図—10 のようにプロットした場合, $B \rightarrow B' \sim 0$ 移動は安全性・修復性ともに向上する。しかし $D' \rightarrow D$ に移動した時,安全性は向上するが,変形が大きくなる分,修復性は下がるトレードオフ関係となる。本研究では目標値を $B \rightarrow B'$ に動かす事を目標としているので,このために必要な耐力と剛性の変化のさせ方を求める。

3.4 から基準とする目標値を X_0 , δ_0 と定める事で, 対応する *Cb*, *K* を求める事が出来る。この *Cb* を *a* 倍, *K* を *b* 倍することで目標値の動きが B→B'方向になる ような *a*, *b* の取り得る範囲を求めていく。

目標値の始点と終点の位置により今回以下の3パター ンについて考える。

- (1)-1 基準とする目標値が領域(イ)内にあり,変化 後の目標値も領域(イ)である時(図-11)
- (1)-2 基準とする目標値が領域(イ)内にあり、変化後の目標値が領域(ロ)になる時(図-12)
- (2) 基準とする目標値が領域(ロ)内にあり変化後の目標値も領域(ロ)内にある時(図-13)



まずケース(1)—1 における *a*, *b* の取りえる範囲を求 める。変化後の *δ*, *X* は,式(22),(27)の *Cb*, *K* にそれ ぞれ, *a×Cb*, *b×K* を代入して,式(46),(47)より求め ることができる。

$$\delta = \frac{a}{b} \times \delta o \tag{46}$$

$$X = \frac{a}{\sqrt{b}} \times Xo \tag{47}$$

移動後の目標値が領域(イ)内にあるには式(36)を満た せばよい。したがって式(36)に式(46),(47)を代入する ことにより,式(48)を得ることができる。

$$b < \left(\frac{(4-2.5/\sqrt{\mu})}{5.972/(2\pi)^2} \cdot \frac{\delta_0}{X_0}\right)^2$$
(48)

よって(1)-1である時はbの範囲が式(48)を満たす。 また目標値を右下に動かすとき,式(46),(47)が次式を 満たせばよいこととなる。

$$\frac{a}{b} < 1 \tag{49}$$

$$\frac{a}{\sqrt{b}} > 1 \tag{50}$$

次にケース(1)─2 における *a*, *b* の取りえる範囲を 求める。変化後の *δ*, *X* は,式(22),(28)の *Cb*, *K* に, *a*×*Cb*, *b*×*K*を代入して,式(51),(52)より求める事 ができる。

$$\delta = \frac{a}{b}\delta o \tag{51}$$

$$X = \frac{10.368^2}{18(4 - 2.5/\sqrt{\mu}) \cdot (2\pi)^2} \cdot a \times \frac{Xo^2}{\delta o}$$
(52)

移動後の目標値が領域(ロ)内にあるには式(39)を満た せばよい。したがって式(39)に式(51),(52)を代入する 事により,式(53)を得る事が出来る。

$$\left(\frac{\left(4-2.5/\sqrt{\mu}\right)}{5.972/(2\pi)^2}\cdot\frac{\delta o}{Xo}\right)^2 \le b < \left(\frac{\left(4-2.5/\sqrt{\mu}\right)}{0.461/(2\pi)^2}\cdot\frac{\delta o}{Xo}\right)^2$$
(53)

よって(1)-2 である時は b の範囲が式(53)を満たす。 また目標値を右下に動かすとき式(51), (52)が次式を満 たせばよいこととなる。

$$\frac{a}{b} < 1$$
 (54)

$$a > \frac{(4 - 2.5/\sqrt{\mu})}{5.972/(2\pi)^2} \cdot \frac{\delta o}{Xo}$$
(55)

以上で(1)-1,2を満たすa,bの範囲を図-14に示す。

最後にケース(2)における *a*, *b* の取り得る範囲を求 める。変化後の *δ*, *X*は,式(22),(29)の *Cb*, *K*にそれ ぞれ, *a×Cb*, *b×K*を代入して,式(56),(57)より求め ることができる。

$$\delta = \frac{d}{b} \times \delta o \tag{56}$$

$$X = a \times Xo \tag{57}$$

従って目標値を右下に動かす時,次式を満たせばよい 事となる。

$$\frac{a}{b} < 1$$
 (58)

これらを a, b のグラフに示すと図—15 になる。



5. まとめ

a > 1

限界耐力計算法をベースとした,修復性を考慮した 性能評価型設計法のために必要不可欠な次の項目につ いての定式化を行った。1 修復性と安全性の目標範囲 を定めた際の耐力・剛性の取り得る範囲の算出法(3.3 節),2性能目標点に対応する耐力・剛性の組み合わせ の数式化(3.4節),3安全性・修復性の両性能の改善 を目指し目標値を変更させた場合に求められる耐力・ 剛性の修正法(4章)。

また,この定式化の過程で次の事が考察された。1 目標安全性から,耐力の下限が設定されこの制限は, 長周期領域と短周期領域で小さくなる。2 また,修復 性に起因する上限があり,短周期領域ではほとんど問 題にはならないが,長周期領域で耐力が制限される。 3 修復性と安全性の両方を改善するためには,耐力だ けでなく剛性の向上が必要不可欠であり,要求される 剛性の上昇は,構造物のある周期領域によって異なる。

参考文献

- (株)新井組:技術研究報告集 特集 平成7年 (1995年)兵庫県南部地震被災調査報告―ジュ ネス六甲―, 1995.10
- 2)佐々山茉莉,衣笠秀行,向井智久,大西直毅: 安全性と修復性を設計目標とした耐震設計法開 発のための基礎的研究,コンクリート工学年次 論文集, Vol.33, No.2, pp. 25-30., 2011
- 3)2007 年版 建築物の構造関係技術基準解説書, 2007.8
- 4)深井悟:特集 これならわかる限界耐力計算法
 設計例-RC造6階建事務所ビル,建築技術,
 pp136-137,2001.12