

## 第4章 構造特性係数の設定方法に関する検討

#### 4. 1 はじめに

平成 20 年度、21 年度の時刻歴応答解析を実施した結果、課題として以下の点が指摘された。

##### 1) 脆性壁の評価法の問題\*1

時刻歴応答解析により、初期剛性が高く脆性的な壁については現在の構造特性係数  $D_s$  評価が危険であることが判明した。脆性壁では 1.5 倍程度必要保有耐力が大きくなる。

##### 2) 併用構造の $D_s$ の設定の問題\*2

異なる荷重変形関係を持つ壁の  $D_s$  の設定や  $0.2Pu/D_s$  指標の足し算によって安全性が担保されているかについては疑問がある。しかし、その前提として、1) で述べた問題があり、足し合わせる以前にエネルギー一定則が成立していない壁が存在する。

\*1: 極めて脆性的な壁を持つ構造であっても接合部等の変形によって建物の  $D_s$  は小さくなっており、実質的には問題にならないとも考えられる。どんな場合に問題にならないかを明らかにすることも課題のひとつ。

\*2: 異なる荷重変形を重ね合わせた場合、 $Pu$  は減少するが、塑性率  $\mu$  は大きくなる。これまでの検討では加算された荷重変形から求めた  $0.2Pu/D_s$  のほうが単純な  $0.2Pu/D_s$  よりも大きくなることが多い。どんな場合に危険側になるかについては課題のひとつ。

以上を踏まえて、まずは脆性壁の評価法を、等価線形化に基づいて提案する。ついで、時刻歴応答解析を実施し、等価線形化法の確からしさを示すとともに、この結果に基づいて評価法を修正する。なお、修正評価法の精度については今後の課題としたい。

#### 4. 2 エネルギー一定則と等価線形化法の比較

図 4.2-1 はエネルギー一定則と等価線形化法のベースシアスペクトルを比較したものである。ここで、エネルギー一定則は  $Co \times Rt$  で、 $Co=1.0$ 、 $Rt$  を 2 種地盤として描き、等価線形化法は極めて稀に生じる基盤地震動の  $S_a$  スペクトルを 2 種地盤地表面まで増幅させ、さらに階数による補正  $p=0.8$  を考慮したものである。両者は地震動レベルでは一致していることがわかる。

ついで、塑性化による、あるいは履歴減衰によるベースシアの低減について考慮する。エネルギー一定則は塑性率  $\mu$  により計算される構造特性係数  $D_s$  によってベースシアが低減され、下式で示される。

$$D_s = \frac{1}{\sqrt{2\mu - 1}} \quad 4.2-1)$$

ここで最大応答変位時の周期  $T_e$  はスペクトルの弾性周期  $T_o$  に対して次式で示されるものとする。

$$T_e = \sqrt{\mu} \times T_o \quad 4.2-2)$$

一方、等価線形化によるベースシアの低減係数は、加速度の低減係数  $F_h$  を用いて、下式で示される。

$$F_h = \frac{1.5}{1+10h} \quad 4.3-3)$$

$$h = 0.2 \times \left(1 - \frac{1}{\mu}\right) + 0.05$$

ここで、塑性率  $\mu=4$ 、横軸を最大応答点の周期としたスペクトルを図 4.2-2 に示した。短周期においてエネルギー一定則のベースシアが小さくなっていることがわかる。これが、これまで脆性壁の評価を難しくしていた原因のひとつと考えられる。

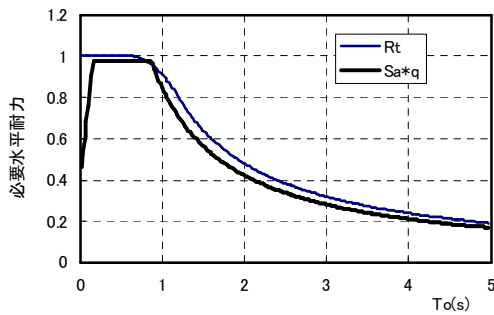


図 4.2-1 ベースシアスペクトルの比較

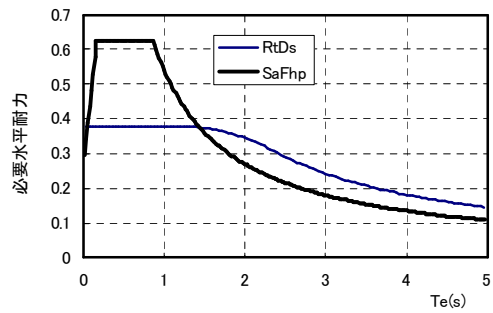


図 4.2-2 塑性率=4 でのベースシア比較

そこで、加速度一定領域について  $F_h$  が正解とした場合の  $D_s$  に対する割り増し係数を求める。つまり、割り増し係数は以下の式で求められる。

$$\begin{aligned} R_s &= F_h / D_s \\ &= \frac{1.5\sqrt{2\mu-1}}{3.5-2/\sqrt{\mu}} \end{aligned} \quad 4.3-4)$$

図 4.2-3 には塑性率と  $F_h$  と  $D_s$  の関係を、そして図 4.2-4 には式 4) で得られる塑性率と割り増し係数の関係を示した。

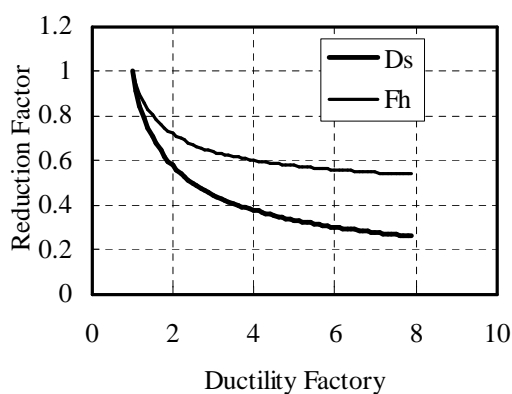


図 4.2-3 塑性率と Fh、Ds の関係

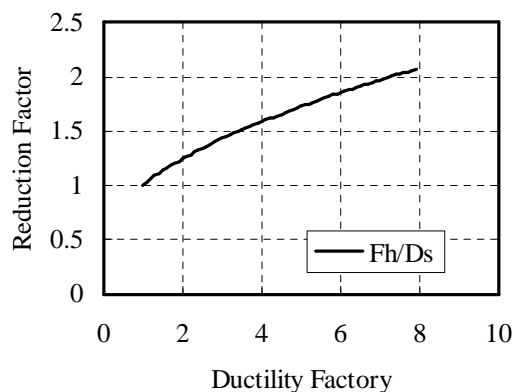


図 4.2-4 割り増し係数

ここで、荷重変形関係をバイリニア型と考えると、必要保有耐力  $Co$  は終局耐力  $Pu$  と質量  $m$  に対して下記のように求まる。

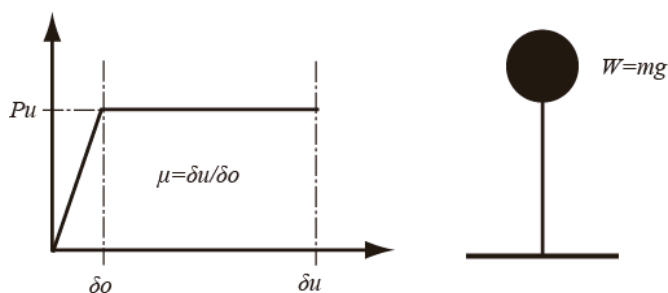


図 4.2-5 バイリニア型の荷重変形と質点モデル

$$Co = \frac{Pu}{mg} \quad 4.2-5)$$

ついで、初期剛性を  $Pu/\delta$  として、初期周期  $To$  を求めると、以下の式で表される。

$$To = 2\pi \sqrt{\frac{\delta}{Co \cdot g}} = 2\pi \sqrt{\frac{\delta}{Pu/m}} \quad 4.3-6)$$

この式を  $\delta$  で展開したものが、割り増しが必要とされるバイリニア型の起点  $\delta$  とみなす。加速度一定領域を 0.6 秒とみなした場合、 $Pu/mg (=Co)$  毎に計算される割り増しを必要とする塑性率の起点を表 4.2-2 に示す。

表 4.2-2 割り増しが必要とされる変形  $\delta$

$Pu/mg$	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55
$\delta$ (cm)	3.13	3.57	4.02	4.47	4.92

### 4. 3 等価線形化の確からしさ

ここではまず、等価線形化手法の精度を時刻歴応答解析によって確認する。解析の流れ(図 4.3-1 参照)、データの整理方法は以下のとおりである。

- ① 対象の壁は図 4.3-2 に示す 2 つの壁とする。
- ② 復元力特性は図 4.3-3 に示す CUREE モデルを用いる。CUREE モデルは地震波が繰り返し入力される場合を除いて精度よく応答の追跡が可能である。パラメータは表 4.3-1 のとおりとする。
- ③ 入力地震動は 2 で検討したスペクトルを持つ、模擬地震動とする。図 4.3-3 に時刻歴加速度を、図 4.3-4 に加速度応答スペクトルを 2 種地盤のベースシアスペクトルと比較して示す。
- ④ 時刻歴応答解析における粘性減衰は結果に対する影響の少ない 0.1% とする。
- ⑤ 図 4.3-2 に示す荷重変形関係に対して、時刻歴応答解析を実施し、塑性率が最大荷重から 8 割低下した点となる、つまり、塑性率が一致する、まで荷重を増減させ、繰り返し計算をする。
- ⑥ ⑤の解析を変形に 0.5~1.5 を乗じたものを実施する。
- ⑦ 得られた荷重変形曲線の  $P_u$  を求め、それを質量で除してベースシアを求める。

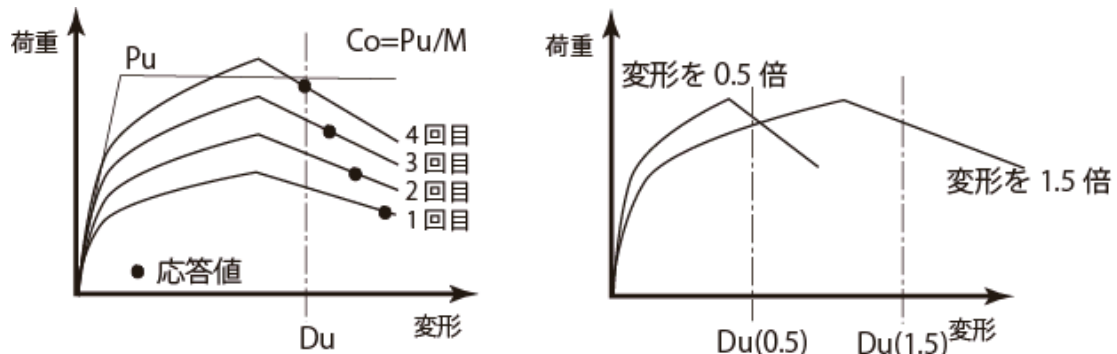
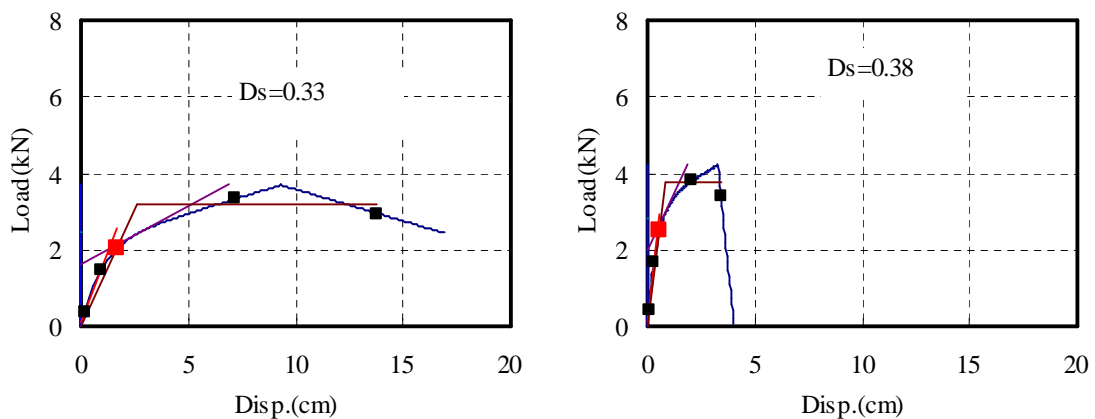


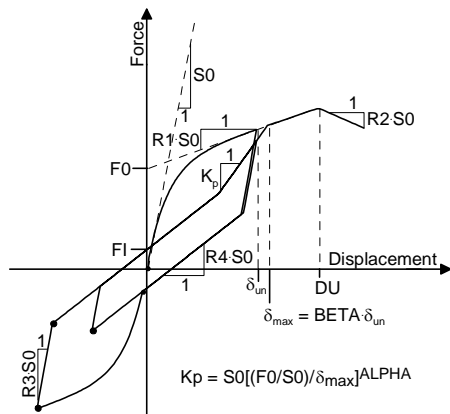
図 4.3-1 検討の流れ説明図(左:⑤の説明 右:⑥の説明)



A 構造用合板

B 初期剛性が高く脆性的な壁

図 4.3-2 解析対象とした壁



DF: 負勾配が X 軸と交わる点

図 4.3-3 復元力特性モデル

$$F = \begin{cases} \text{sgn}(\delta) \cdot (F0 + R1 \cdot S0|\delta| \cdot \{1 - \exp(-S0|\delta|/F0)\}) & |\delta| \leq |DU| \\ \text{sgn}(\delta) \cdot FU + R2 \cdot S0 \cdot \{\delta - \text{sgn}(\delta) \cdot DU\} & |DU| < |\delta| \leq |DF| \end{cases}$$

表 4.3-1 繰り返しパラメータ

$F0$	骨格曲線による	$R2$	骨格曲線による
$FI$	$F(DU) \times 0.114$	$R3$	1.00
$DU$	骨格曲線による	$R4$	0.03
$S0$	骨格曲線による	$ALPHA$	0.55
$R1$	骨格曲線による	$BETA$	1.26

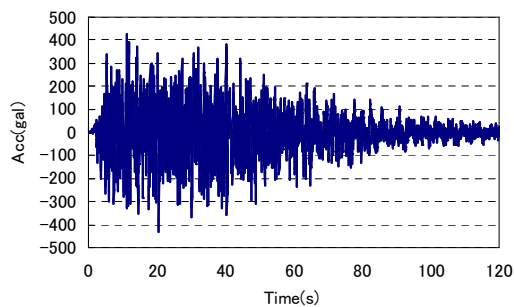


図 4.3-4 時刻歴加速度波形

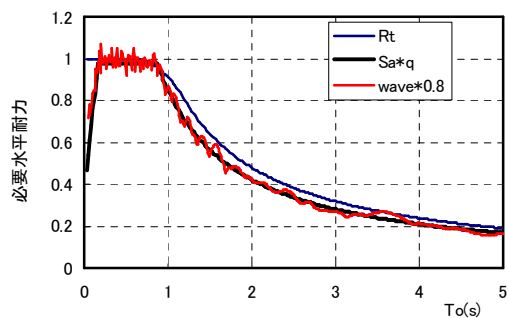
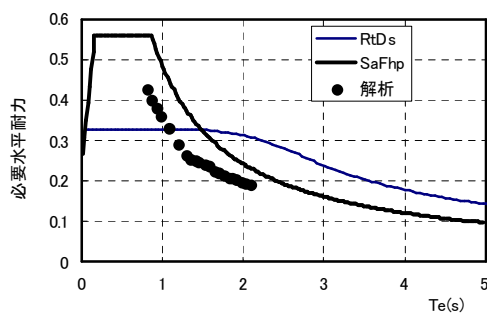
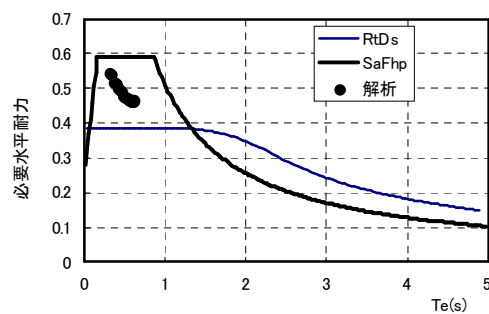


図 4.3-5 加速度応答スペクトル



A 構造用合板 ( $\mu=5.19$ )



B 初期剛性が高く脆性的な壁 ( $\mu=3.88$ )

図 4.3-6 解析結果

図 4.3-6 の解析結果で示すとおり、エネルギー一定則より等価線形化手法が正し解を与えていることがわかる。ただし、B のように加速度一定領域の幅は小さく、どちらかといえ

ば加速度一定領域の始点でもっとも割り増しが大きくその後、加速度一定領域の終わりではエネルギー一定則に近づいている間がある。そこで、以下のように定義する。

$$R_s = \frac{1.5\sqrt{2\mu-1}}{3.5-2/\sqrt{\mu}} \quad \delta_0 < \frac{Pu}{m} \left( \frac{0.2}{2\pi} \right)^2 \quad 4.3-1)$$

$$R_s = 1.0 \quad \delta_0 < \frac{Pu}{m} \left( \frac{0.6}{2\pi} \right)^2 \quad 4.3-2)$$

4.3-1)と4.3-2)式の間での  $\delta_0$  は直線補間する。

この割り増し係数の例として  $Pu/W=0.4$  と  $0.55$ 、塑性率  $4$  と  $6$  の場合について図 4.3-7 に示す。

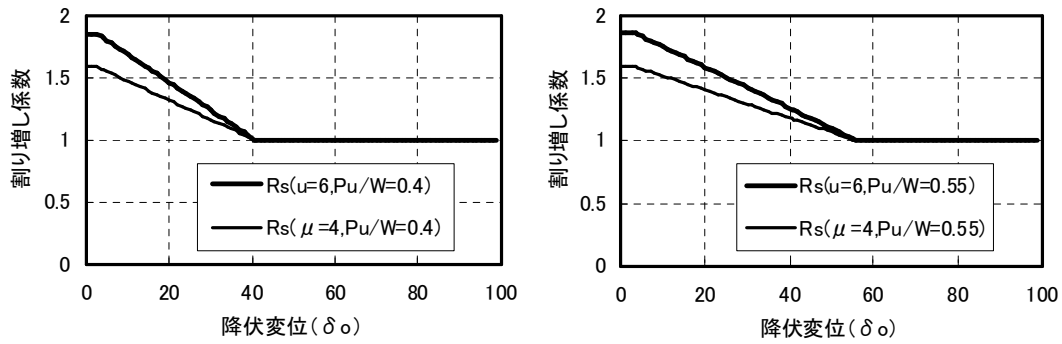


図 4.3-7 割り増し係数の例

#### 4.4 まとめ

等価線形化手法が正しいとして、エネルギー一定則に乗じる加速度一定領域での割り増し係数を定義した。以上によって割り増し係数を必要とする脆性壁を定義するとともに、割り増し係数を提案した。この評価法による精度については今後の課題としたい。