

木造軸組構法における制振構造の研究
- エネルギー法による制振装置の性能評価 -

MASA建築構造設計室 真崎雄一
佐藤利昭 井口道雄

平成19年度 日本建築学会大会(九州)

研究概要

2005年 エネルギーの釣合いに基づく耐震計算法が告示された



制振装置を含む木造住宅に適用することを目的に
数値解析により粘弾性制振装置の評価を行う

検討項目



粘弾性制振装置 (GVA) 要素のモデル化

標準的な木造住宅を想定した振動モデルを用い応答解析

解析結果をまとめ、エネルギー法適用に必要な検討を行う

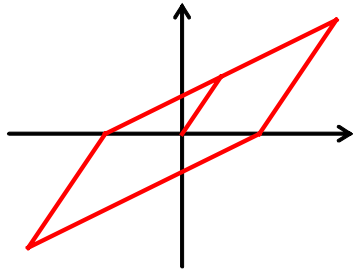


- 1) ダンパー部分の等価な繰り返し回数 n_i
- 2) 主架構とダンパーのエネルギー分配

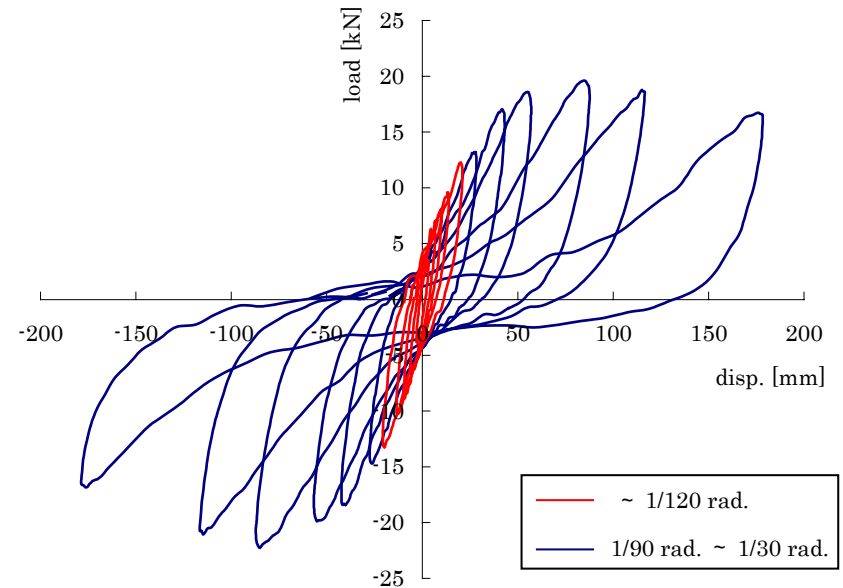
制振装置のモデル化 - 1

希に発生する地震動に対する検証

D-Model

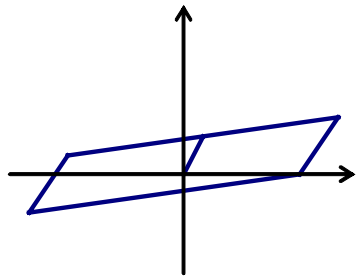


Bi-linear



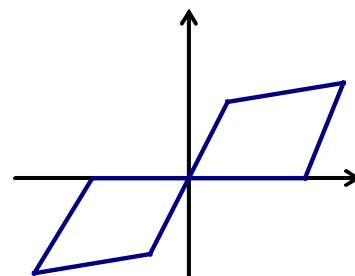
極めて希に発生する地震動に対する検証

S-Model



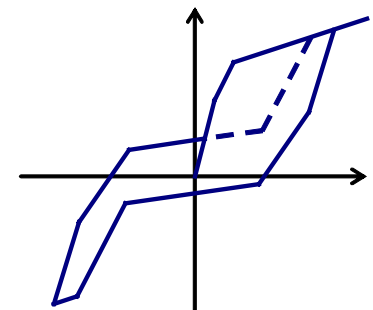
Bi-linear

+



Slip

=

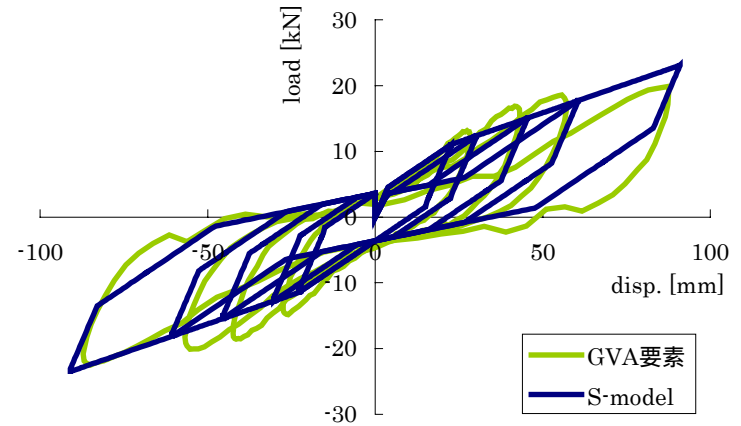
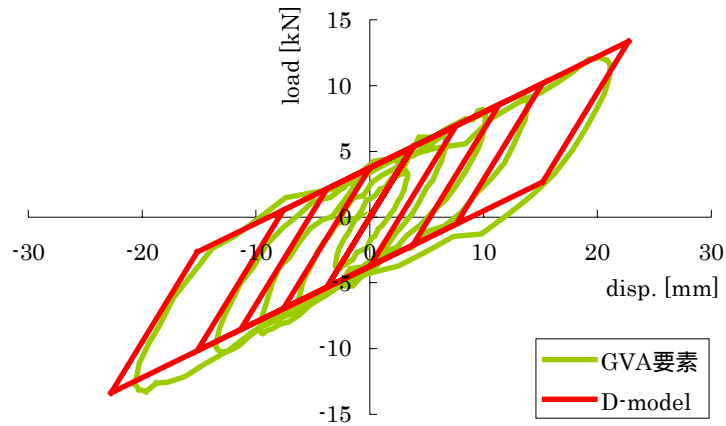


Bi-linear + Slip

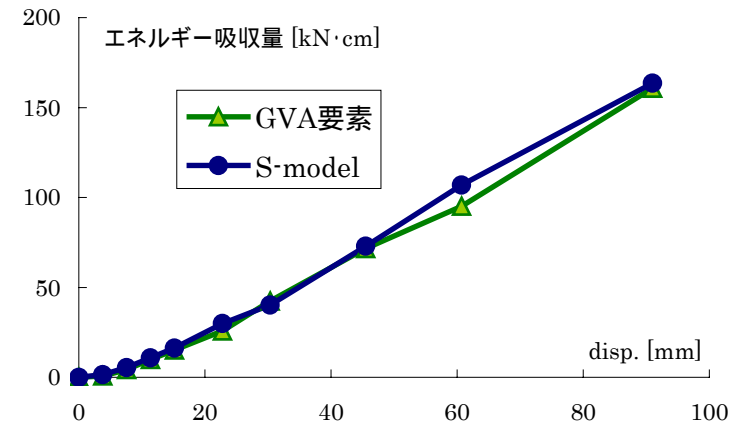
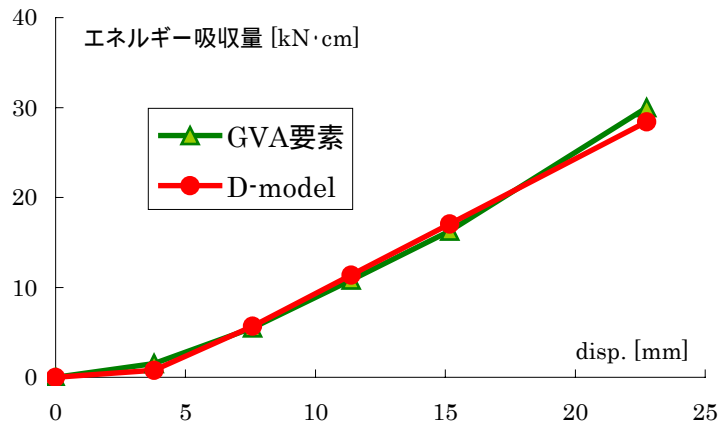
GVA要素に基づき, 簡易モデル(D-Model, S-Model)で履歴特性を表現

制振装置のモデル化 - 2

履歴ループ特性の比較



エネルギー吸収量の推移の比較



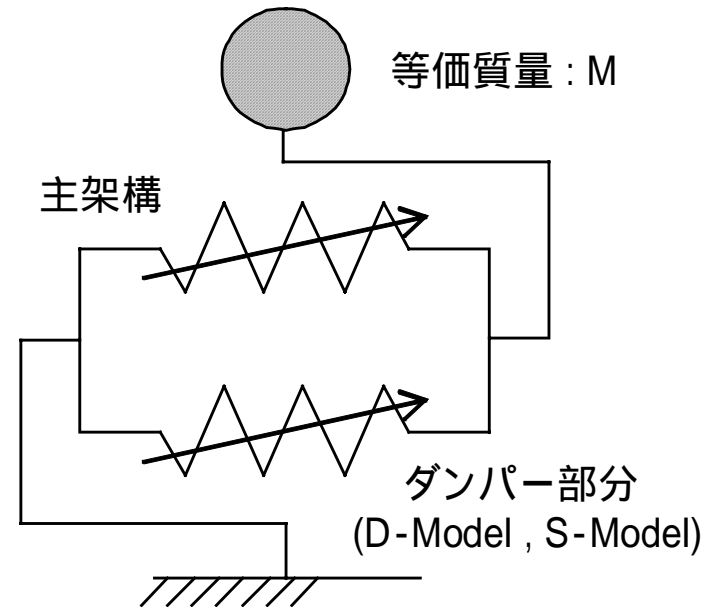
1 質点系モデルの設定と解析条件

標準的な木造住宅を想定

1次固有周期 0.502 sec を算出

等価質量 $M = 32.5 \text{ ton}$

→ 基本モデル



解析パラメータ



主架構ばねの割線剛性より評価した固有周期

↓
Bi-linear + Slip

↓
0.2 sec ~ 0.7 sec (0.05刻み)

入力地震波

El Centro NS, Hachinohe EW・NS, Taft EW・NS, JMA Kobe NS を
25kine, 50kineに基準化した波形, BCJ Lv.1・Lv.2

ダンパー部分の等価な繰り返し回数 n_i

塑性歪みエネルギー

最大塑性率

2次剛性 / 初期剛性

$$n_i = \frac{{}_d \bar{\eta}_i}{({}_d \mu_{\max} - 1)}$$

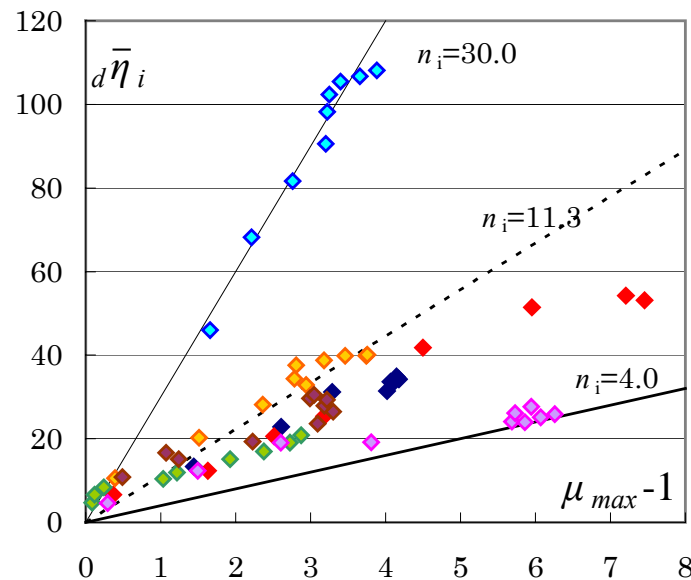
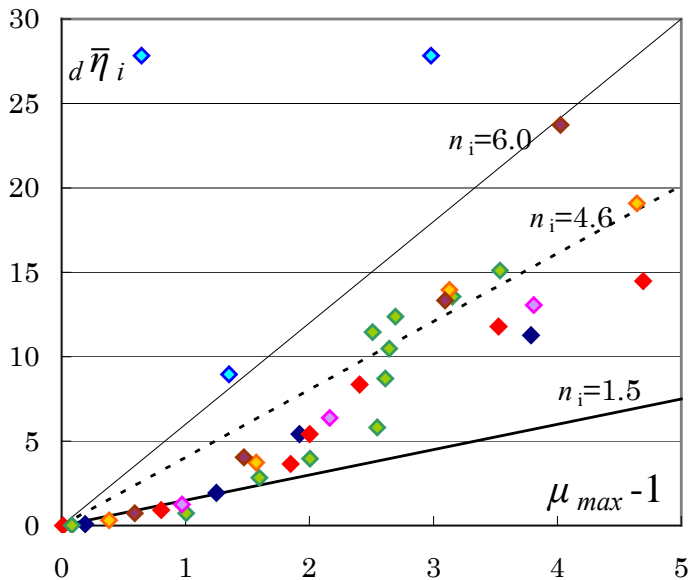
縦軸

横軸

$${}_d \bar{\eta}_i = \frac{1}{2} \cdot (1 - \beta) \cdot \frac{{}_d E_{pi}}{{}_d Q_{ui} \cdot {}_d \delta_{ui}}$$

平均累積塑性変形倍率
希に発生する地震動

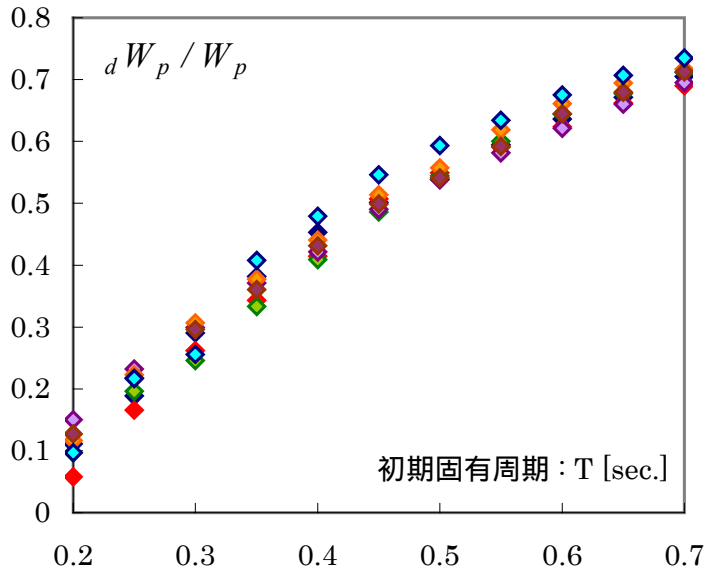
極めて希に発生する地震動
伏荷重・変位



- ◆ El Centro-NS
- ◆ Hachinohe-EW
- ◆ Hachinohe-NS
- ◆ JMA-Kobe-NS
- ◆ TAFT-NS
- ◆ TAFT-EW
- ◆ BCJ-LV2

下限値として, $n_i = 1.5$ (希), 4.0 (極希) とすることが望ましい

塑性歪みエネルギーの分配則

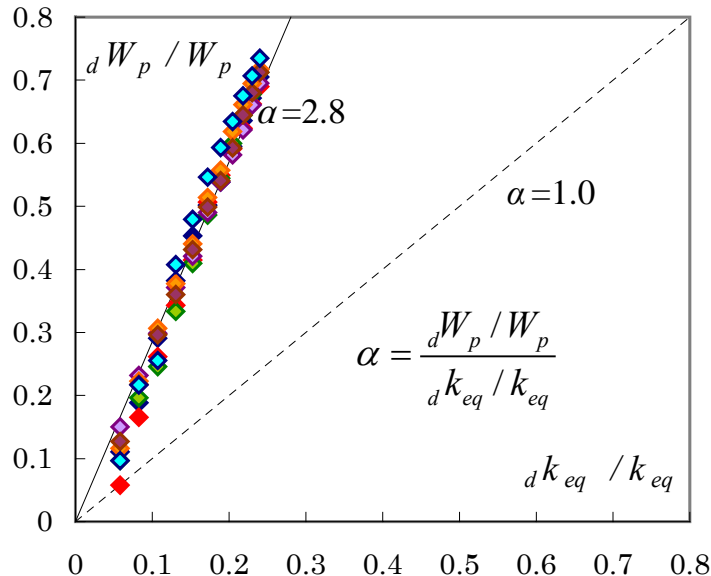


- ◆ El Centro-NS
- ◆ Hachinohe-EW
- ◆ Hachinohe-NS
- ◆ JMA-Kobe-NS
- ◆ TAFT-NS
- ◆ TAFT-EW
- ◆ BCJ-LV2

各解析モデルで比較



塑性歪みエネルギーの割合
と初期固有周期に強い相関
があることを確認



ダンパー部分の塑性歪みエネルギー量

$$dW_p = \alpha \left(\frac{d k_{eq}}{k_{eq}} \right) \cdot W_p$$

その他の構造躯体 dW_p fW_p 塑性歪みエネルギー量

$$fW_p = \left\{ 1 - \alpha \left(\frac{d k_{eq}}{k_{eq}} \right) \right\} \cdot W_p$$

= 2.8で、エネルギー分配

まとめ

制振装置の履歴モデルを用いた数値解析の結果から

1) ダンパー部分の等価な繰り返し回数 n_i は

希に発生する地震動で 1.5 , 極めて希に発生する地震動で 4.0
とすることが望ましい

2) ダンパー部分に分配される塑性歪みエネルギー量は

建物全体との等価剛性比の 2.8 倍とすることで推定できる

といった知見が得られた

参考資料 - 1

標準的な住宅に エネルギー法を適用

建物概要

2階床面積	60 m ²	2階高さ	2.7 m
1階床面積	80 m ²	1階高さ	2.7 m
構造形式：木造軸組構法, 軽い屋根 壁量：各階共に必要壁量の2倍 GVA配置：2階 4P, 1階 8P			

各階の設計用地震力

階	W_i (t)	ΣW_i (t)	初期剛性 (ダンパー無)	初期剛性 (ダンパー有)
2	15.3	15.3	3.28 [kN/mm]	3.74 [kN/mm]
1	20.4	35.7	4.92 [kN/mm]	5.84 [kN/mm]

初期剛性は, 1/120rad時の割線剛性として評価

略算方式から, 固有周期を算定

Type-1 (ダンパー無)

固有周期 損傷限界 : 0.66 sec.
安全限界 : 0.92 sec.

Type-2 (ダンパー有)

固有周期 損傷限界 : 0.60 sec.
安全限界 : 0.84 sec.

参考資料 - 2

各レベルの入力エネルギー

希に発生する地震時の入力エネルギー

Type	固有周期	G_s	γ	V_d	E_d
1 (ダンパー無)	0.66	1.54	0.9	0.23	911
2 (ダンパー有)	0.60	1.5	0.9	0.21	759

極めて希に発生する地震時の入力エネルギー

Type	固有周期	G_s	γ	V_s	E_s
1 (ダンパー無)	0.92	2.025	0.84	1.39	34431
2 (ダンパー有)	0.84	1.969	0.90	1.44	37212

損傷限界時の検証

Type	階数	ΣW_i [kN·mm]	ΣW_{dpi} [kN·mm]	$_s W_e$ [kN·mm]	層間変形角 [rad.]
1 (ダンパー無)	2 階	968	-	968	1/148
	1 階				1/125
2 (ダンパー有)	2 階	932	1765	2697	1/272
	1 階				1/228

安全限界時の検証

Type	階数	E_{si} [kN·mm]	$_d W_p$ [kN·mm]	E_{sfi} [kN·mm]	層間変形角 [rad.]
1 (ダンパー無)	2 階	11167	-	11167	1/46
	1 階	23264	-	23264	1/38
2 (ダンパー有)	2 階	18606	12001	6605	1/62
	1 階	18606	13266	5340	1/80