

木造住宅における耐震・制振について

1. 図で理解する分易い振動、エネルギーの概念と基本理解
2. 木造住宅の耐震、制震の振動解析による検証

開催日時：2011年11月27日(日)10:00-12:00
開催場所：流山市生涯学習センター
主催：(社)千葉県建築士事務所協会 東葛支部
後援：(社)千葉県建築士会 柏支部 NPO法人 建築安心を創る
有限会社 MAS.A建築構造設計室
構造設計一級建築士 真崎雄一

優しい耐震建築の原理

- 地震で建物が壊れない丈夫な建物を作るには、
- 自然は常に**変化を嫌い、周囲と調和し**、現状を維持し安定しようとする働きがあります。
- 地震動の動きは自動車の前進、後退の繰り返しに似ています。
- 常に安定を求める自然はリズム運動に対しても抵抗せずに関係なく合わせる傾向があります。
- 建物の場合も同様で建物の持つ反応し易いリズムを持っています、専門用語では**建物の固有周期**と言います。
- 建物が地震のリズムに反応する事を**共振現象**と呼びます。
- 建物の持つ固有のリズムつまり固有周期は凡そ建物の階数の1/10です。

優しい耐震建築の原理

- 「力は抵抗するから発生する」
- 自然原理から言えば建物も地盤のリズムに合わせて揺れることで抵抗を避け、大きな力を受けないようにしているとも言えます。
- 建物の受ける大きな力は先程述べた変化に抵抗する力つまり**慣性力**です。
- 建物を揺る力は**エネルギー**として考えるのが正しい見方です。
- 建物が変形し易い構造であれば慣性力は小さくなります。逆に固くて変形しにくい建物の慣性力は大きくなります。
- 通常規模の地震であれば、地震が収まるとやがて元に帰り、現状復帰するのは、なぜでしょう？

優しい耐震建築の原理

- 永遠に揺れないのは建物に**減衰力**があるからだ。
- 「減衰力」は空気と建物の摩擦に加えて、建物基礎と地盤、建物の内外仕上げ材、サッシ、ドア、家具、什器、構造躯体の接合部等々の摩擦による**抵抗力**と**変形**で揺れの**エネルギー**を吸収します。
- 建物のエネルギー吸収を**エネルギー消費**と言い換えると建物の消費は建物が壊れること、あるいは損傷でしかありません。
- 最近は損傷の身代わりをする大きな減衰を持つ制震ダンパーを挿入する**制振構造**が増えています。
- 免震建物**はこの原理を取り入れたものです。通常の建物は丈夫にすると**言えば、どんな力を受けてもバネのように元に戻る建物**を思い浮かべます。しかし地震が衝撃のように1回位であればまだしも数分間続くと共振現象が生じて揺れは大きくなるので、バネの考えだけでは不十分です。

1. 図で理解する分易い振動、エネルギーの概念と基本理解

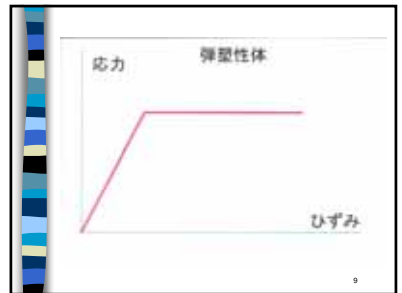
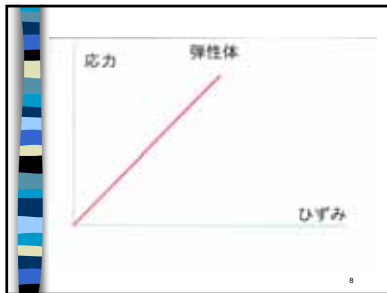
ニュートンとフックの関係式

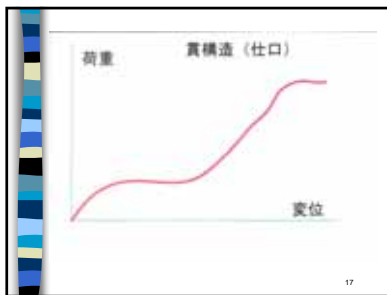
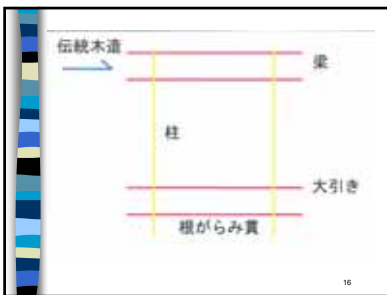
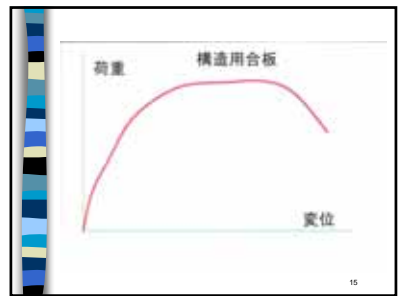
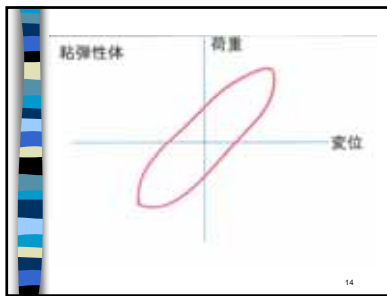
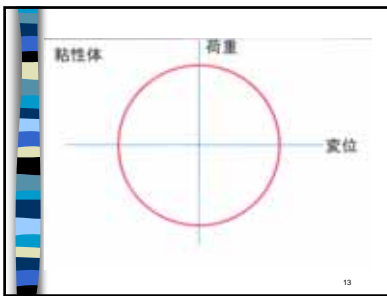
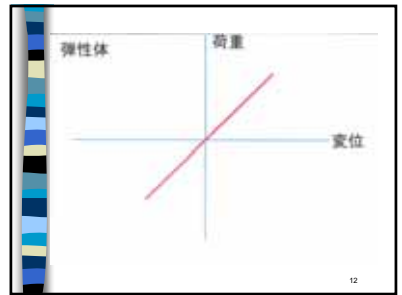
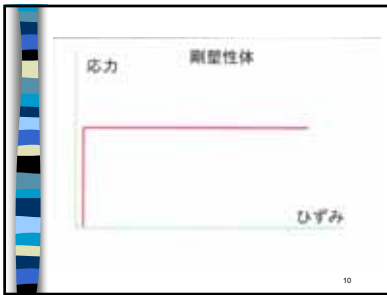
ニュートンの力の定義 $F = mA$

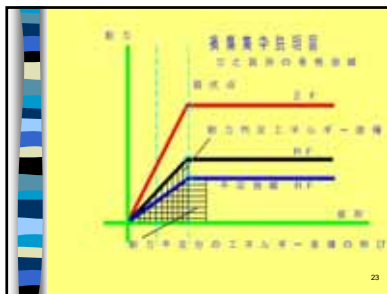
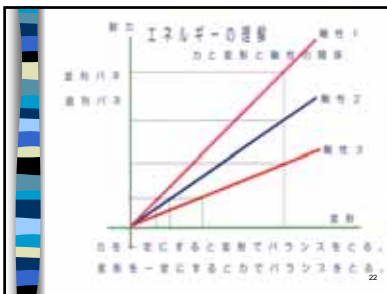
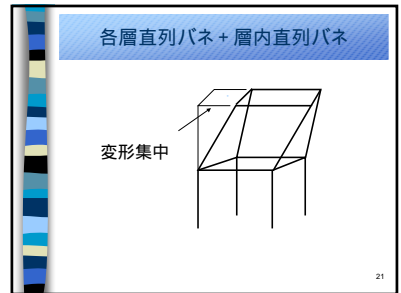
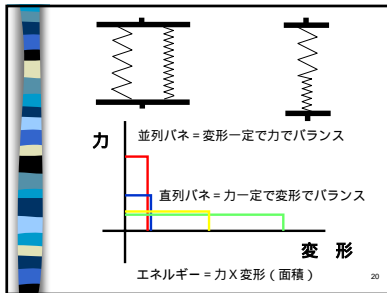
フックのバネの法則 $F = kD$

ニュートンとフックの運動方程式 $mA = kD$

A : 加速度
m : 質量
k : バネ定数
D : 変形
F : 力







ENERGY

仕事
W = F × d

エネルギー

運動エネルギーと位置エネルギー

仕事
W = F × d

エネルギーが宇宙を構成する

宇宙を構成するエネルギーと質量の関係

仕事
W = F × d

立方体の体積量を用いたエネルギー概念

力
距離(変位)
時間

速度 × 距離 = 仕事
速度 × 時間 = 距離
力 × 時間 = 仕事
力 × 速度 = 仕事率
仕事率 × 時間 = エネルギー

エネルギー一定とすると
速度が無限に小さく(力(働き)が一定でもエネルギーの消費の時間が長い=クレープ作用時間が非常に短い速度×力(仕事率)が小さくなる=仕事率力が小さくとも時間を短くすると速度が速くなり仕事率は大きくなる。

運動量・力の変換図

速度最大 加速度最大(変位)

運動量 = 質量 × 速度
力 = 質量 × 加速度

慣性速度エネルギー
 $E_v = \frac{mv^2}{2}$

弾性力(弾性力)エネルギー
 $E_s = \frac{kx^2}{2}$

慣性力エネルギー
 $E_f = \frac{m\alpha \cdot X}{2}$

速度の2乗 = 力 × 変形
 $V^2 = \alpha \times X$

運動エネルギーの大別
慣性速度エネルギー
弾性力エネルギー
慣性力エネルギー

速度を時間で積分すると変位 (速度 × 時間 = 変位)

変位を時間で積分すると速度

振動数
 $f = \frac{V}{2\pi X}$

29

自動車の重さを想定

エネルギーより見た速度・加速度・変位の換算表
 $E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\alpha \cdot L \quad V = \sqrt{\alpha \cdot L} \quad V = \sqrt{\frac{2E}{m}}$

速度	加速度	換算変位	エネルギー				
cm/s	km/h	gal	g	cm	m	kg	kg
100	3.6	1000	1.0	10	0.1	0.0001	1000
1000	36	10000	1.0	1000	10	0.0100	1.0 ¹⁰
2778	100	10000	1.0	7716	771.6	0.0772	7.7 ¹⁰
10000	360	10000	1.0	100000	10000	1.0	1.0 ¹⁰
100000	3600	10000	1.0	1000000	100000	100	1.0 ¹⁰

30

続き

速度	加速度	換算変位	エネルギー				
cm/s	km/h	gal	g	cm	m	kg	kg
100	3.6	500	0.5	20	0.2	0.0002	1000
1000	36	5000	0.5	2000	20	0.0020	1.0 ¹⁰
2778	100	5000	0.5	15432	1543.2	0.1543	7.7 ¹⁰
10000	360	5000	0.5	200000	20000	2.0	1.0 ¹⁰
100000	3600	5000	0.5	2000000	200000	200	1.0 ¹⁰

エネルギーより見た速度・加速度・変位の換算表
 $E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\alpha \cdot L \quad V = \sqrt{\alpha \cdot L} \quad V = \sqrt{\frac{2E}{m}}$

30

戸建て住宅の重さを想定

エネルギーより見た速度・加速度・変位の換算表
 $E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\alpha \cdot L \quad V = \sqrt{\alpha \cdot L} \quad V = \sqrt{\frac{2E}{m}}$

速度	加速度	換算変位	エネルギー				
cm/s	km/h	gal	g	cm	m	kg	kg
25	0.90	1000	1.0	0.63	0.006	0.0001	0.224
50	1.80	10000	1.0	2.50	0.025	0.0004	0.896
75	2.70	10000	1.0	5.63	0.056	0.0016	2.016
100	3.60	10000	1.0	10.00	0.100	0.0025	3.583
125	4.50	10000	1.0	15.63	0.156	0.0039	5.599

31

続き

速度	加速度	換算変位	エネルギー				
cm/s	km/h	gal	g	cm	m	kg	kg
25	0.90	500	0.5	1.25	0.013	0.0002	0.224
50	1.80	5000	0.5	5.00	0.050	0.0009	0.896
75	2.70	5000	0.5	11.25	0.113	0.0039	2.016
100	3.60	5000	0.5	20.00	0.200	0.0063	3.583
125	4.50	5000	0.5	28.13	0.281	0.0090	5.599

エネルギーより見た速度・加速度・変位の換算表
 $E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\alpha \cdot L \quad V = \sqrt{\alpha \cdot L} \quad V = \sqrt{\frac{2E}{m}}$

32

地震波と戸建て住宅を想定

エネルギーより見た速度・加速度・変位の換算表
 $E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\alpha \cdot L \quad V = \sqrt{\alpha \cdot L} \quad V = \sqrt{\frac{2E}{m}}$

速度	加速度	換算変位	エネルギー				
cm/s	km/h	gal	g	cm	m	kg	kg
25	0.90	938	0.224	1.12	0.011	0.0002	0.224
50	1.80	3750	0.896	4.48	0.045	0.0009	0.896
75	2.70	8438	2.016	10.1	0.101	0.0039	2.016
100	3.60	15000	3.583	17.9	0.179	0.0063	3.583
125	4.50	23438	5.599	28.0	0.280	0.0090	5.599

エネルギーより見た速度・加速度・変位の換算表
 $E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\alpha \cdot L \quad V = \sqrt{\alpha \cdot L} \quad V = \sqrt{\frac{2E}{m}}$

33

立方体の体積量を用いたエネルギー概念

質量 × 加速度 = 力
質量 × 速度 = 運動量
質量 × 速度の変化 = 運動量の変化
質量 × 時間 = 質量(変位) (変位)
力 × 変位 = 仕事(エネルギー)
力 × 速度 = 仕事率
仕事率 × 時間 = エネルギー

速度を時間で積分すると変位 (速度 × 時間 = 変位)

変位を時間で積分すると速度

振動数
 $f = \frac{V}{2\pi X}$

34

運動量・力の変換図

速度最大 加速度最大(変位)

運動量 = 質量 × 速度
力 = 質量 × 加速度

慣性速度エネルギー
 $E_v = \frac{mv^2}{2}$

弾性力(弾性力)エネルギー
 $E_s = \frac{kx^2}{2}$

慣性力エネルギー
 $E_f = \frac{m\alpha \cdot X}{2}$

速度の2乗 = 力 × 変形
 $V^2 = \alpha \times X$

運動エネルギーの大別
慣性速度エネルギー
弾性力エネルギー
慣性力エネルギー

速度を時間で積分すると変位 (速度 × 時間 = 変位)

変位を時間で積分すると速度

振動数
 $f = \frac{V}{2\pi X}$

35

加速度: 速度: 変位の3Dグラフ

$V^2 = \alpha \times L$

36

剛性・固有周期の関係式

$$K = \frac{Q}{\delta}$$

K : 剛性
 Q : せん断力
 δ : 変形
 T : 固有周期
 M : 質量

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$

エネルギーの釣合い式1 弾性状態

$$M \int_0^t \ddot{y} dt + C \int_0^t \dot{y} dt + \int_0^t Ky dt = -M \int_0^t \ddot{z}_0 dt$$

運動エネルギー - 減衰エネルギー - 弾性エネルギー = 入力エネルギー
 (弾性エネルギー) (力×変形)

運動エネルギー + 弾性エネルギー = 減衰エネルギー + 弾性振動エネルギー

エネルギーの釣合い式 1

$$E_e + E_{nd} + E_{add} + E_p = E_{ext}$$

E_e : 弾性振動エネルギー (運動エネルギー + 弾性エネルギー)
 E_{nd} : 自然減衰 (構造減衰) による消費するエネルギー
 E_{add} : ダンパーにより吸収するエネルギー
 E_p : 構造物内部の累積塑性ひずみエネルギー
 E_{ext} : 地震エネルギー入力

エネルギーの釣合い式2 弾塑性状態

$$E_e + E_{nd} + E_{add} + E_p = E_{ext}$$

E_e : 弾性振動エネルギー (運動エネルギー + 弾性エネルギー)
 E_{nd} : 自然減衰 (構造減衰) による消費するエネルギー
 E_{add} : ダンパーにより消費するエネルギー
 E_p : 構造物内部の累積塑性ひずみエネルギー
 E_{ext} : 地震入力エネルギー

地震エネルギーの入力

$$E_{ext} = \frac{MV_E^2(T)}{2}$$

M : 構造物の全質量
 T : 構造物の1次固有周期
 $V_E = \dot{y}_{max}$: 等価速度

構造物内部の累積塑性ひずみエネルギー

「軟山の現象式」

$$E_p = \frac{MV_E^2}{2} \times \frac{1}{(1+3h+1.2\sqrt{h})}$$

h : 減衰定数
 M : 建物質量
 V_E : 等価速度
 損傷係数 D_f

$h=5\% (D_f=0.5)$ と $h=15\% (D_f=0.273)$ は
 損傷が $\frac{1}{1.83}$ になると言える。

減衰定数算定式

$$h_{eq} = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\Delta W}{W}$$

h_{eq} : 減衰定数
 ΔW : 1サイクルの消費エネルギー (三角形 OAB 面積)
 W : ポテンシャルエネルギー
 $\frac{1}{2} \cdot \Delta \cdot Q$

減衰係数は減衰定数に剛性を乗じたものに比例する

$$2h\omega_0 = \frac{C}{m} \quad \omega_0^2 = \frac{k}{m} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$C = m \cdot 2h \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \quad C = \frac{2k}{\omega_0} \cdot h = 2\sqrt{mk} \cdot h$$

$$h = \frac{C\omega_0}{2k} = \frac{C}{2\sqrt{mk}} \quad \omega_0 = 2\pi f \quad h = \frac{C \cdot \pi \cdot f}{K}$$

$$C = \frac{2k \cdot h}{2\pi f} = \frac{k \cdot h}{\pi f} \quad C = \frac{T \cdot k \cdot h}{\pi} \quad h = \frac{C \cdot \pi}{T \cdot k}$$

減衰定数を用いない等価粘性減衰係数式

$$C_{eq} = \frac{W}{\omega X^2}$$

ΔW : 1サイクルの消費エネルギー
 C_{eq} : 等価粘性減衰
 $\omega = 2\pi f$
 X : 振動振幅
 $\omega = \text{入力波円振動数}$

$$C_{eq} = \frac{W}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X^2} = \frac{W}{2 \cdot \pi^2 \cdot f \cdot X^2}$$

振動数と振幅に依存する

摩擦履歴による等価粘性減衰係数式

$\pi C \omega D^2 = 4FD$

$\pi C \omega D^2 =$ 粘性抵抗によりサイクル中に失うエネルギー
 $4FD =$ 摩擦抵抗によりサイクル中に失うエネルギー

$C = \frac{4F}{\omega \cdot D}$

$D =$ 振動振幅
 $\omega =$ 円振動数

55

完全弾塑性復元力特性図

降伏耐力
降伏変形
累積塑性変形
累積塑性変形倍率

56

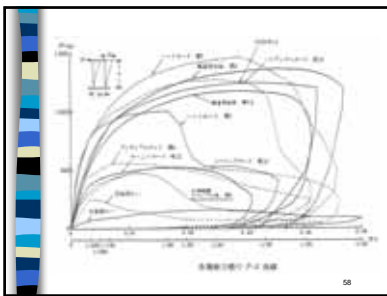
等価粘性減衰式の変換

式 $C = \frac{2K \cdot h}{2\pi f}$
 $= \frac{2K \cdot h}{\omega}$

式 $h = \frac{1}{4\pi} \frac{\Delta W}{W}$
 $= \frac{1}{4\pi} \frac{\Delta W}{\frac{1}{2} K X^2}$
 $= \frac{\Delta W}{2\pi K X^2}$

式 (式に式を代入)
 $C = \frac{2K \cdot \frac{\Delta W}{2\pi K X^2}}{\omega}$
 $= \frac{\Delta W}{\omega \pi X^2}$

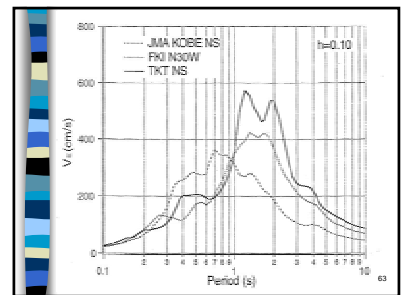
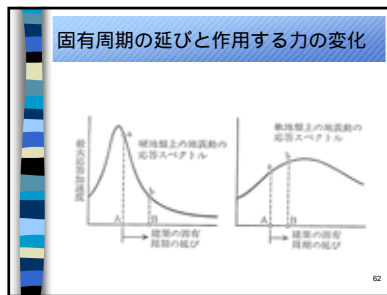
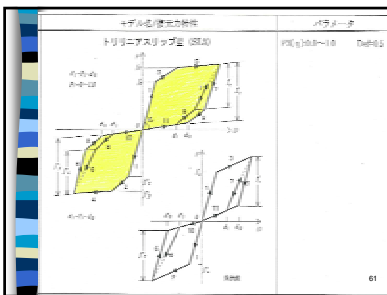
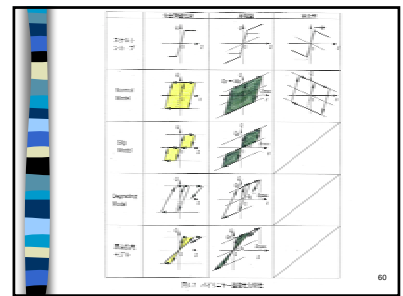
57

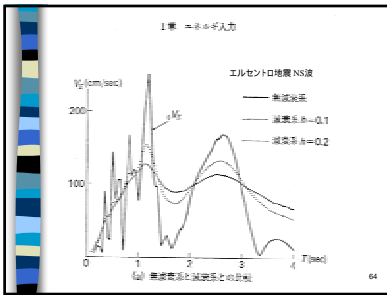


木造軸組の履歴特性

バイリニア + スリップ → 合成曲線

59





エネルギー消費デバイス

粘性(オイル)ダンパー
液体状の粘性力を減衰力とするのでオイルダンパーが代表的である。速度・振動数に比例して減衰抵抗が増すのが特徴である。

粘弾性ダンパー
弾性と粘性の性質を持つ材料の力学特性を利用する粘弾性材料を使用したダンパー。系ゴム・アクリルゴム・シリコーンゴムがよく使用される。小変形から大地震まで履歴特性を発揮する。速度と変形と温度条件に依存する特徴を持つ。

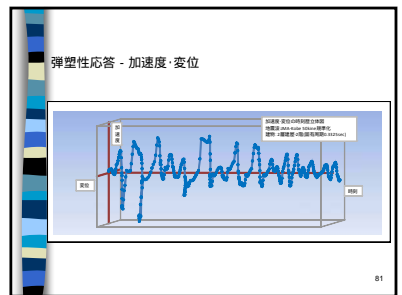
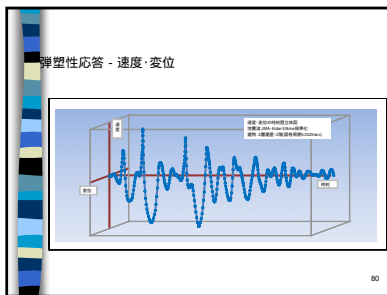
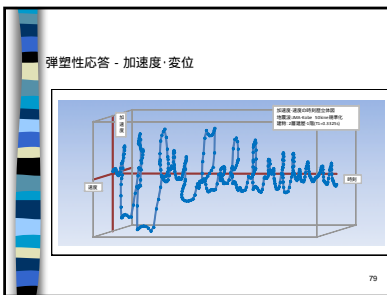
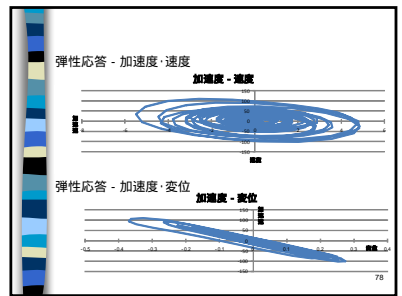
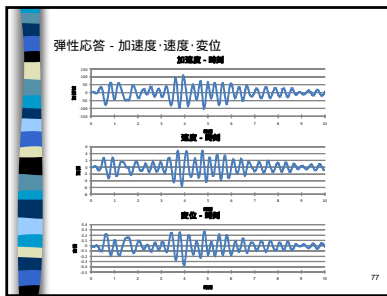
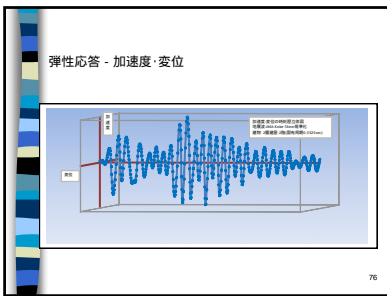
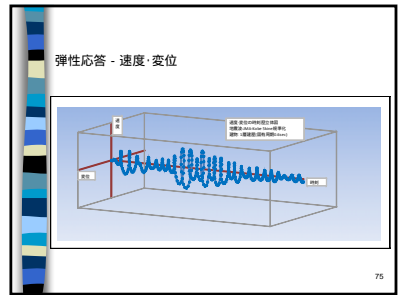
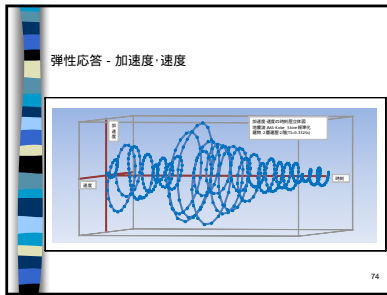
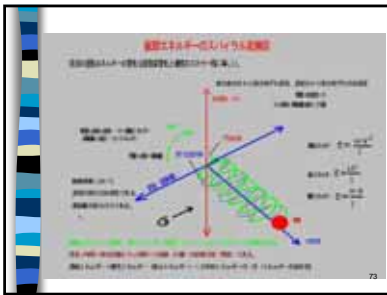
履歴(金属)ダンパー
鋼材ダンパーとも呼ばれ超軟鋼・鉛が使われる。変形に依存し耐力を発揮する。

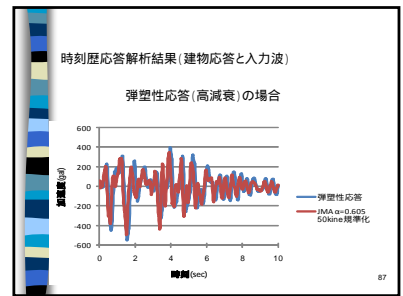
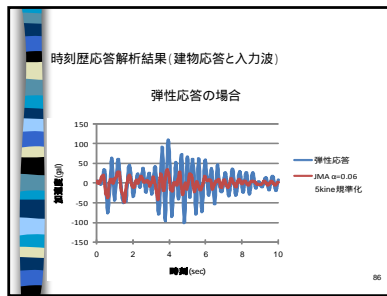
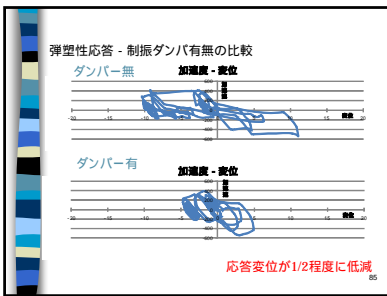
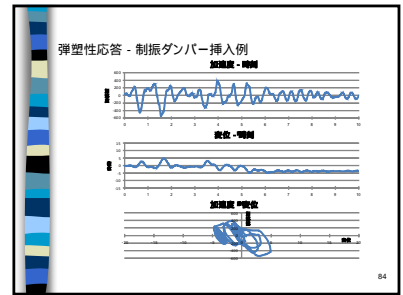
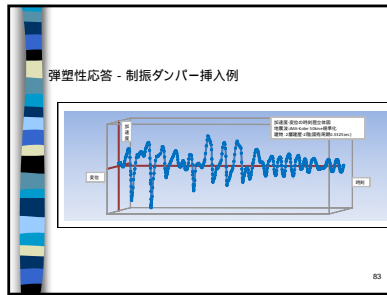
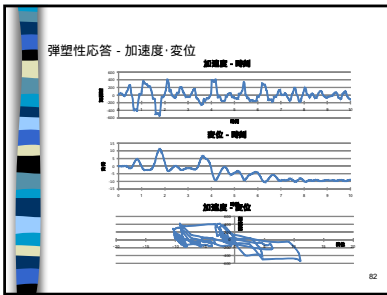
摩擦ダンパー
摩擦減衰を利用するもので金属・石材・セラミックス等があるがステンレスが安定した履歴形状を示す。

65



- ### 解析法の種類
1. 簡易静的慣性解析 (令46条)
 2. 静的弾性解析 (許容応力度法)
 3. 静的弾塑性解析 (保有耐力設計法)
 4. 動的等価弾塑性解析 (限界耐力法)
 5. 動的弾塑性解析 (エネルギー法)
 6. 動的弾性振動解析 (時刻歴応答)
 7. 動的弾塑性振動解析 (時刻歴応答)
 8. 損傷制御設計法 (制振・免震工法)
- 72





2. 木造住宅の耐震、制震の振動解析による検証

88

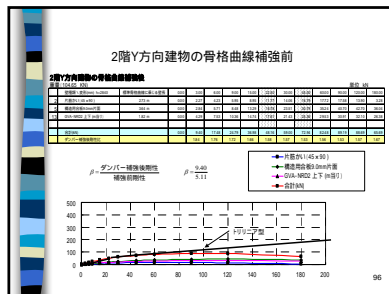
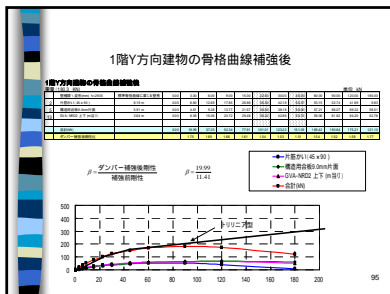
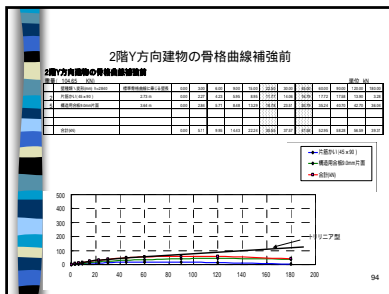
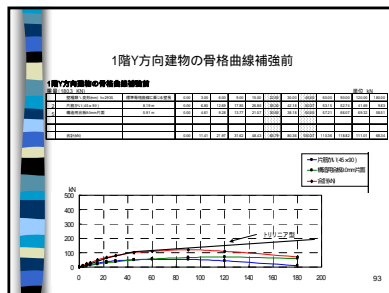


Ld/Lnの比率の表「令46条の壁量検討」

階層	方向	風圧に対して				地震力に対して			
		X方向		Y方向		X方向		Y方向	
		壁幅	Ld/Ln	壁幅	Ld/Ln	壁幅	Ld/Ln	壁幅	Ld/Ln
2階	Ld	18.88	14.88	18.88	14.88				
	Ln	6.71	1.41	12.68	1.17	6.44	1.45	6.44	1.64
1階	Ld	28.88	31.17	28.88					
	Ln	21.71	1.38	27.38	1.14	19.83	1.45	19.83	1.88

地震力の算定「許容応力度設計の壁量検討」

階層	W(N)	W(N)	i	Ai	Ci	e(W)(N)	P(N)	e(Q)/P	PR
2	104.653	104.653	0.367	1.340	0.2688	28.047	X: 28.75 Y: 28.54	1.048	> 1.0 NGH 1.0 OK
1	180.298	284.952	1.000	1.000	0.2000	56.980	X: 57.97 Y: 61.09	0.933	1.0 OK 1.0 OK



令46条壁量1階・2階共1.5倍

現状壁量
1F片筋が18.19m 構造用合板5.91m
2F片筋が12.73m 構造用合板3.64m

階層	種別	2階/1階壁量				2階/1階壁量					
		ET Centre	HACHI-NS	Taft-ET	ET Centre	HACHI-NS	Taft-ET	ET Centre	HACHI-NS	Taft-ET	
2	N	48380	29170	41878	117174	58772	30270	43752	26988	74218	92710
	NS	83301	66677	73372	132278	118844	112951	95662	43264	167018	86469
1	ca	4.33	8.44	4.60	8.02	6.08	6.00	1.32	0.72	3.22	4.24
	ca	3.43	2.35	2.72	8.95	7.62	13.49	1.87	0.80	1.28	4.51
0	TR	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
	TR	0.26	1.21	0.98	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
0	ca	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
	ca	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
0	ca/s	60.00	37.81	48.52	118.33	64.84	78.34	33.54	18.35	28.04	65.87
	ca/s	21.34	19.71	19.12	149.18	95.84	50.57	16.88	10.26	12.38	34.37
0	ca/s2	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
	ca/s2	287.8	232.1	289.3	514.2	358.4	438.8	168.3	168.3	242.5	570.1
0	ca/s2	255.3	202.1	258.5	516.2	336.1	408.8	155.3	155.3	218.4	518.8

令46条壁量1階・2階共1.5倍 + 1階4P・2階2Pダンパー補強

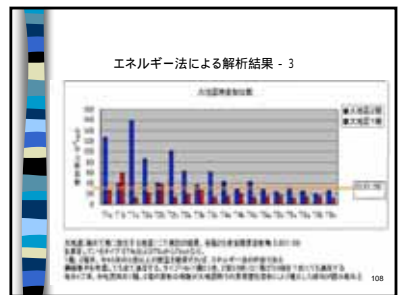
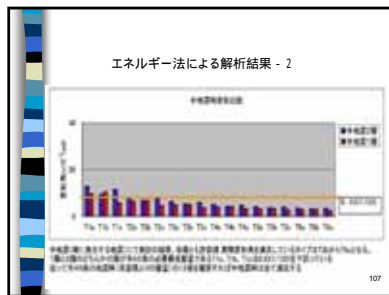
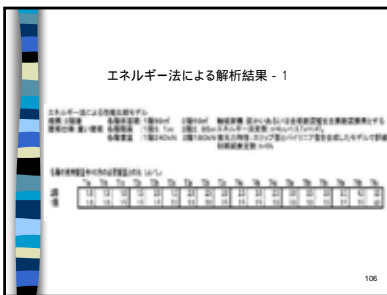
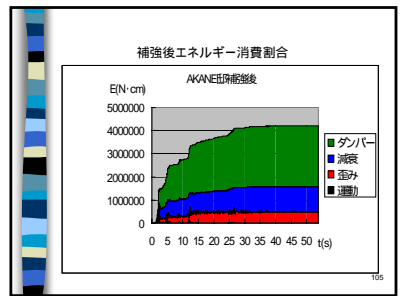
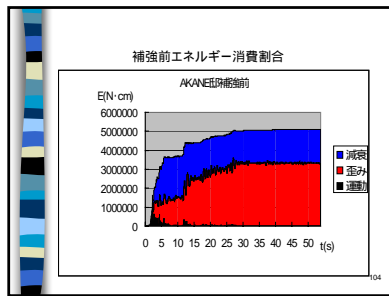
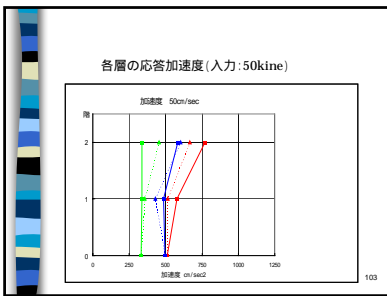
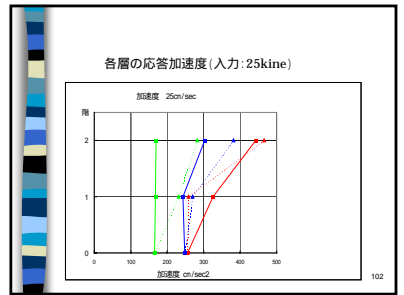
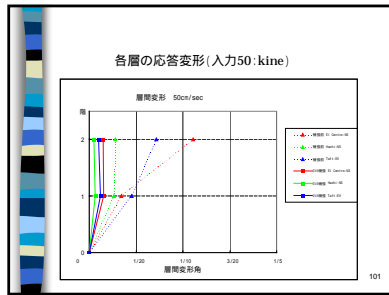
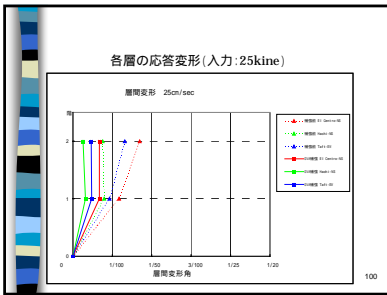
現状壁量
1F片筋が18.19m 構造用合板5.91m
2F片筋が12.73m 構造用合板3.64m

階層	種別	2階/1階壁量				2階/1階壁量					
		ET Centre	HACHI-NS	Taft-ET	ET Centre	HACHI-NS	Taft-ET	ET Centre	HACHI-NS	Taft-ET	
2	N	48380	29170	41878	117174	58772	30270	43752	26988	74218	92710
	NS	83301	66677	73372	132278	118844	112951	95662	43264	167018	86469
1	ca	4.33	8.44	4.60	8.02	6.08	6.00	1.32	0.72	3.22	4.24
	ca	3.43	2.35	2.72	8.95	7.62	13.49	1.87	0.80	1.28	4.51
0	TR	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
	TR	0.26	1.21	0.98	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
0	ca	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
	ca	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
0	ca/s	60.00	37.81	48.52	118.33	64.84	78.34	33.54	18.35	28.04	65.87
	ca/s	21.34	19.71	19.12	149.18	95.84	50.57	16.88	10.26	12.38	34.37
0	ca/s2	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
	ca/s2	287.8	232.1	289.3	514.2	358.4	438.8	168.3	168.3	242.5	570.1
0	ca/s2	255.3	202.1	258.5	516.2	336.1	408.8	155.3	155.3	218.4	518.8

令46条壁量1階・2階共1.5倍 + 1階4P・2階2Pダンパー補強

現状壁量
1F片筋が18.19m 構造用合板5.91m
2F片筋が12.73m 構造用合板3.64m

階層	種別	2階/1階壁量				2階/1階壁量					
		ET Centre	HACHI-NS	Taft-ET	ET Centre	HACHI-NS	Taft-ET	ET Centre	HACHI-NS	Taft-ET	
2	N	48380	29170	41878	117174	58772	30270	43752	26988	74218	92710
	NS	83301	66677	73372	132278	118844	112951	95662	43264	167018	86469
1	ca	4.33	8.44	4.60	8.02	6.08	6.00	1.32	0.72	3.22	4.24
	ca	3.43	2.35	2.72	8.95	7.62	13.49	1.87	0.80	1.28	4.51
0	TR	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
	TR	0.26	1.21	0.98	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
0	ca	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
	ca	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
0	ca/s	60.00	37.81	48.52	118.33	64.84	78.34	33.54	18.35	28.04	65.87
	ca/s	21.34	19.71	19.12	149.18	95.84	50.57	16.88	10.26	12.38	34.37
0	ca/s2	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
	ca/s2	287.8	232.1	289.3	514.2	358.4	438.8	168.3	168.3	242.5	570.1
0	ca/s2	255.3	202.1	258.5	516.2	336.1	408.8	155.3	155.3	218.4	518.8



マサコラム

マサコラム9 PowerとForceの違いは？

「パワー」と「フォース」は通常はどちらも「力」の意味に用いられる。構造工学では「力」=質量×加速度であるが、この場合は「フォース」である。「パワー」は何でしょうか？「パワー」=力×速度で仕事率と呼びます。数学的には仕事率は変位で積分してさらに、時間で微分したものである。なじみの表現は電力量(W)で単位時間当たりのエネルギー量である。建物を壊す要因を振幅の1サイクルに注入されるエネルギー量であるとする見方もある。建物の固有周期をtと仮定すれば、建物を壊す要因は力ではなく、単なるエネルギーの累計でもなく「仕事率つまり「パワー」であると言い得ることになる。振動現象において力と運動量とエネルギーの関係は別図の如くである。弾性振動はこれよりとして弾塑性の振動現象はもう少し複雑と成る。質点が振り切られた状態では弾性の状態になると元に戻らなくなり、振動の中心が原点から徐々にはずれながら振動する状態になる。振動の片流れと称するこの現象は建物を遂には倒壊に導くことになる。兵庫県南部地震のような初期に衝撃的な位相を持つ波はこの傾向が特に強いと思われる。理想的な耐震設計は極めて稀に発生大地震であっても、建物を弾性挙動の状態に維持する事しか真に安全な建物とは言い得ないことになる。

109

制震学キーワード集

- 1 建物の速度を抑制する自動車のブレーキの役割が減衰である。
- 2 粘弾性体制震工法は自動車の構造のサスペンションである。
- 3 実部論学に付けた書籍論文
- 4 エネルギーに着目した耐震設計法の秋山宏教授
- 5 弾性歪みエネルギーはエネルギーを吸収するが消散 消費はしない
- 6 揺れを制する 小畑誠二 著 (建築出版社) 技研
- 7 共振の秘 岡根 淳祐
- 8 等価粘性減衰の概念 チャップラ 構造物の動的解析(第2版) Anil Chopra 著
- 9 スリップ加層層の弾塑性挙動の特性
- 10 高抵抗振
- 11 構造減衰
- 12 地震動の破壊力
- 13 地震動の破壊力
- 14 力の尺度をめぐる論争
- 15 力のキーワード
- 16 層内並列バネ・層内直列バネ・各層並列バネ・各層並列バネ
- 17 地震力はパワーをもつ振動エネルギーです。
- 18 建物は弾性範囲を超えると塑性状態に移行する。
- 19 木造建物は一部の階だけ材(合板、筋かい)を増やすと逆に危険になる。
- 20 構造専門用語の定義は重要

110

実施例

金刀比羅神社 柱の曲げ試験



長さ測定 直径測定 試験体設置概要

試験中(加力側から) 試験中(固定側から) 破壊状態

111

実施例

金刀比羅神社 工事写真-1



112

実施例

金刀比羅神社 工事写真-2



113

実施例

金刀比羅神社 工事写真-3



114

実施例

森芳工場 工事写真



115

実施例

東洋化成本社ビル 基礎・地盤工事



116

実施例

東洋化成本社ビル 躯体工事



117

実施例

レビシエ
地盤改良(ソルパック)
外付けダイヤフラム



118

実施例

レビシエ
方杖型オイルダンパー



119

御清聴ありがとうございました。

120