

免震告示による免震設計の検証



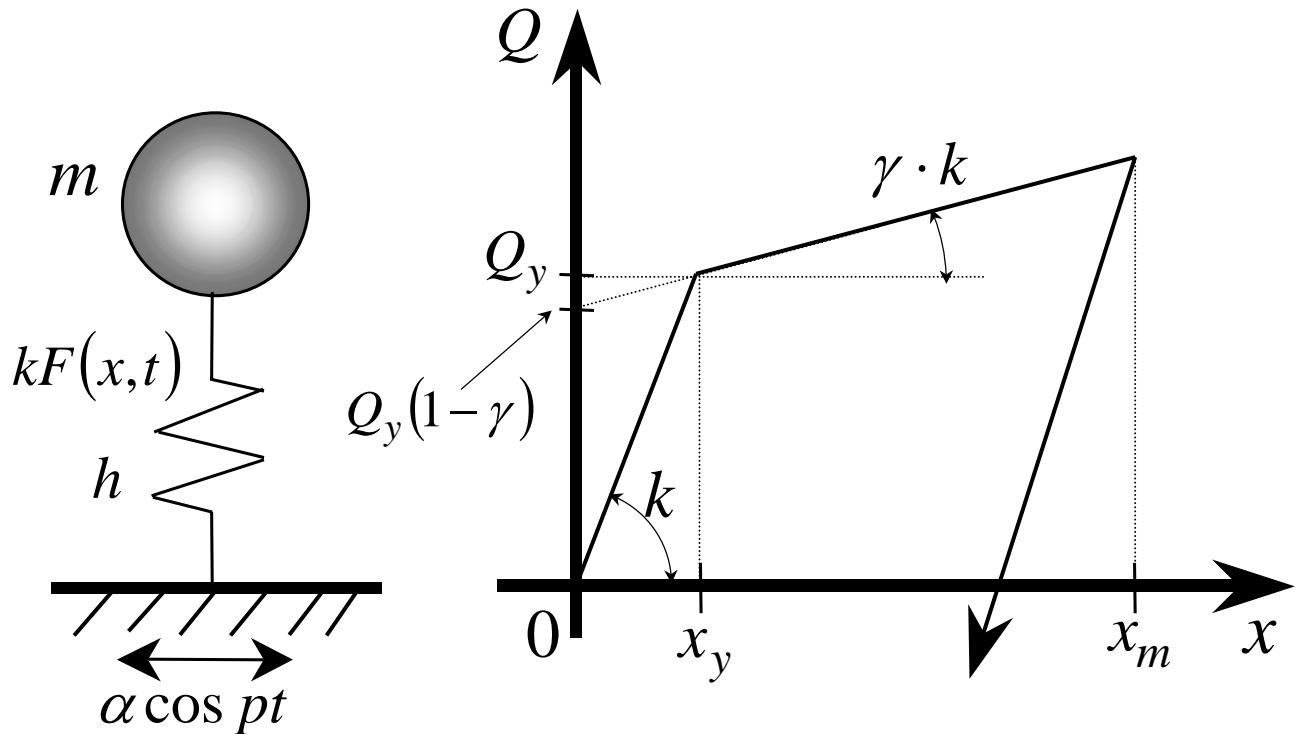
福岡大学
高山峯夫

内容

- ❖ 等価線形化手法の概要
- ❖ 免震告示に示された方法
 - ✦ 告示計算の流れ
 - ✦ 免震材料の性能評価
 - ✦ 告示による免震性能とは？
- ❖ 告示計算手法の検証
 - ✦ 1自由度系
 - ✦ 多自由度系

等価線形化手法

❖ 解析モデル



$$\ddot{x} + 2h\omega_0\dot{x} + \omega_0^2 F(x, t) = \alpha \cos pt$$

等価線形化手法

❖ Caugheyによる理論解

減衰定数

外力の振動数

$$\left(\frac{p}{\omega_0} \right)^2 = C_1(\mu) \pm \sqrt{\left(\frac{f}{\mu} \right)^2 - \left\{ -S_1(\mu) + 2h \frac{p}{\omega_0} \right\}^2}$$

弾性時振動数

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad f = \frac{m\alpha}{Q_y}, \quad \cos \theta^* = 1 - 2/\mu, \quad \mu = x_m/x_y$$

外力のレベル

塑性率

等価剛性

$$C_1(\mu) = \begin{cases} \frac{1}{\pi} \left[(1-\gamma)\theta^* + \gamma\pi - \frac{1-\gamma}{2} \sin 2\theta^* \right] & \mu \geq 1 \\ 1 & \mu \leq 1 \end{cases}$$

等価減衰

$$S_1(\mu) = \begin{cases} -\frac{1-\gamma}{\pi} \sin^2 \theta^* = -\frac{4(1-\gamma)}{\pi} \frac{1}{\mu} \left(1 - \frac{1}{\mu} \right) & \mu \geq 1 \\ 0 & \mu \leq 1 \end{cases}$$

等価線形化手法

❖ 等価剛性 $k_e = C_1(\mu) \cdot k$

❖ 等価減衰係数 $c_e = S_1(\mu) \cdot k / p + c$

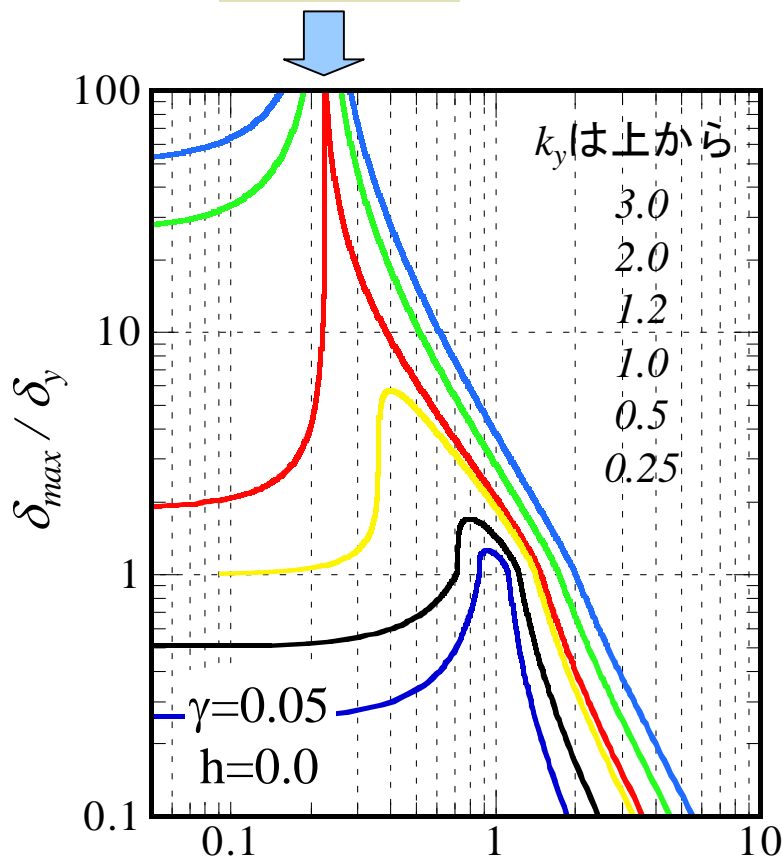
❖ 等価円振動数 $\omega_e = \frac{2\pi}{T_e} = \sqrt{C_1} \omega_0$

❖ 等価減衰定数 $h_e = \frac{c_e}{2\sqrt{mk_e}} - \frac{S_1}{2C_1} \left(\frac{\omega_e}{p} \right) + \frac{h}{\sqrt{C_1}}$

等価線形化手法

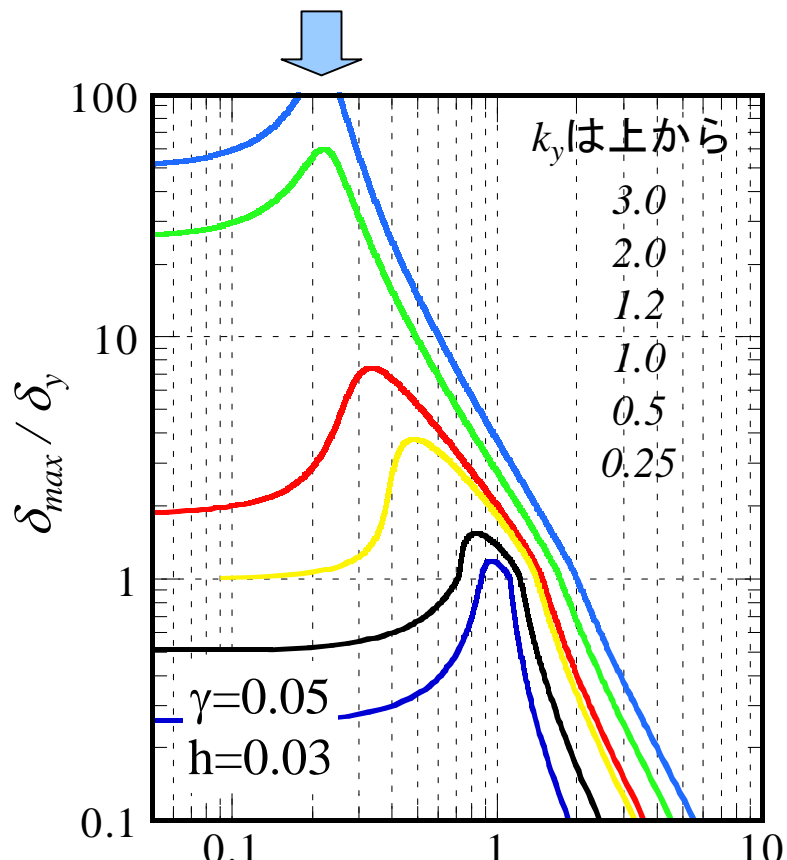
❖ バイリニア型振動系の共振曲線

$$\omega_e = \sqrt{\gamma} \omega_0$$



h=0.0

p/ω_0



h=0.03

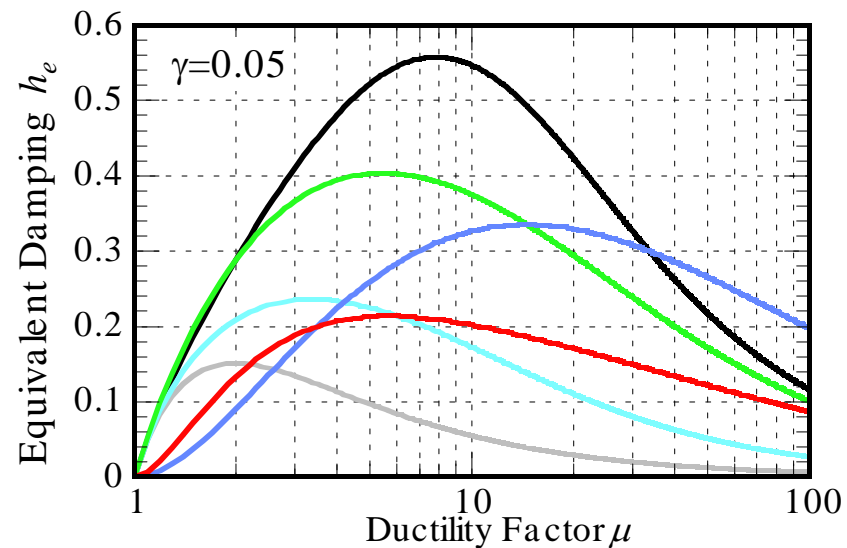
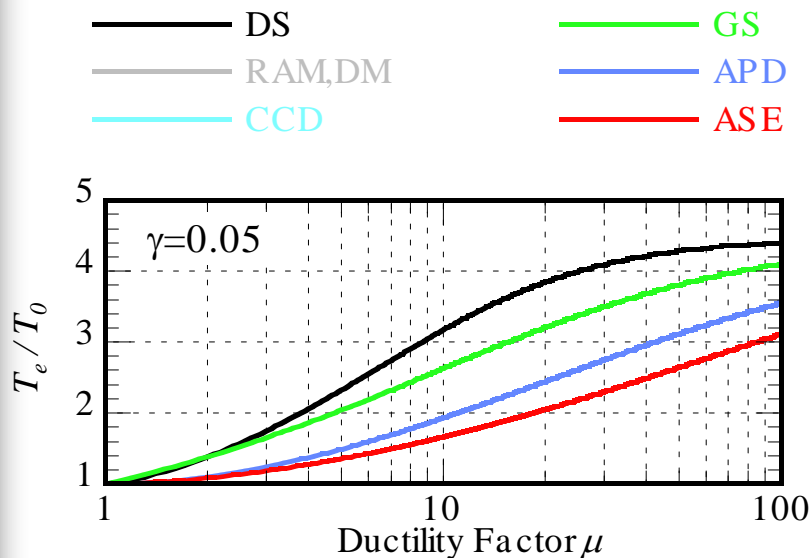
p/ω_0

等価線形化手法

Method	m_e	k_e	T_e	h_e	C_c
DS	m	$C_1 \cdot k$	$\frac{T_0}{\sqrt{C_1}}$	$\frac{\Delta W}{2\pi \cdot k_e \cdot x_m^2} = \frac{S_1}{2C_1}$	$2\sqrt{C_1} \sqrt{mk}$
DM	$\frac{m}{C_1}$	k	$\frac{T_0}{\sqrt{C_1}}$	$\frac{\Delta W}{2\pi \cdot k \cdot x_m^2}$	$2 \frac{1}{\sqrt{C_1}} \sqrt{mk}$
CCD	$\frac{m}{\sqrt{C_1}}$	$\sqrt{C_1} \cdot k$	$\frac{T_0}{\sqrt{C_1}}$	$\frac{\Delta W}{2\pi \cdot k_e \cdot x_m^2}$	$2\sqrt{mk}$
RAM	m	k	T_0	$\frac{\Delta W}{2\pi \cdot k \cdot x_m^2}$	$2\sqrt{mk}$
GS	m	$\frac{Q_{max}}{x_m}$	$T_0 \sqrt{\frac{k}{k_e}}$	$\frac{\Delta W}{2\pi \cdot k_e \cdot x_m^2}$	$2\sqrt{mk_e}$
APD	m	$\frac{Q_{max}}{x_m}$	$\frac{1}{x_m} \int_0^{x_m} T_e'(A) \cdot dA$	$\frac{1}{x_m} \int_0^{x_m} h_e'(A) \cdot dA$, $h_e' = \frac{\Delta W}{2\pi \cdot k_e \cdot x_m^2}$	
ASE	m	$\frac{1}{x_m} \int_0^{x_m} k(A) \cdot dA$	$T_0 \sqrt{\frac{k}{k_e}}$	$\frac{3\Delta W_e}{2\pi \cdot k_e \cdot x_m^2}$, $\Delta W_e = \frac{1}{x_m} \int_0^{x_m} \Delta W(A) \cdot dA$	

等価線形化手法

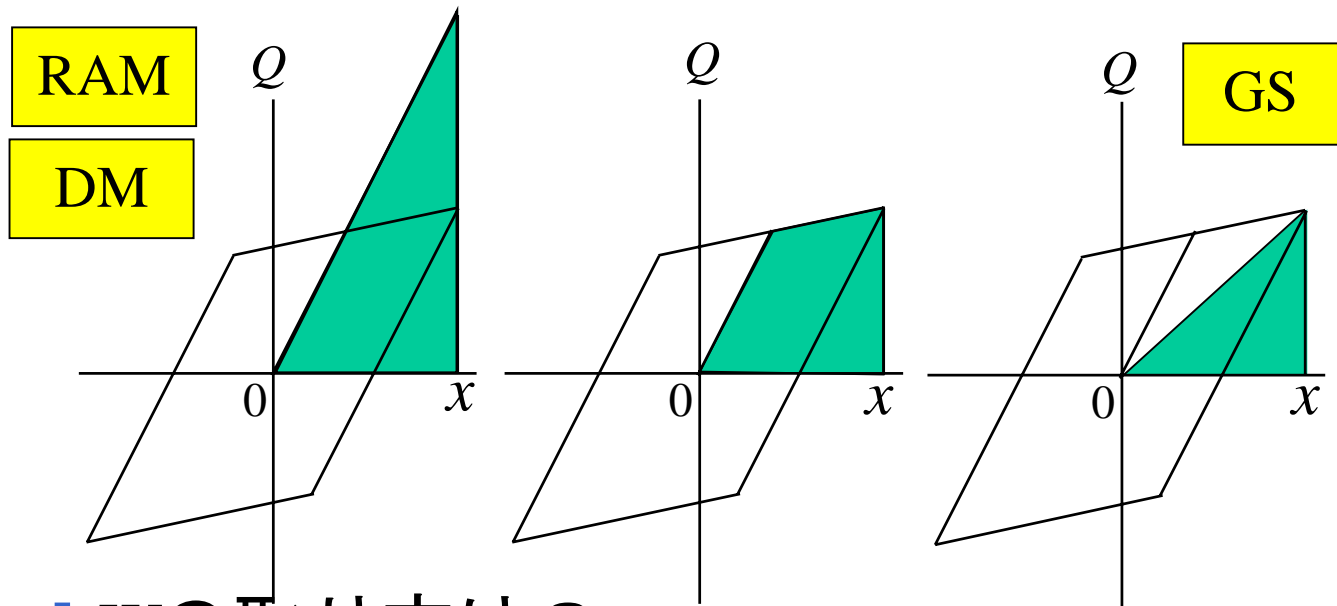
❖ 等価周期と等価減衰



等価線形化手法

❖ 等価減衰の取り方

$$h_e = \frac{1}{4\pi} \frac{\Delta W}{W}$$



- ❖ W の取り方は？
- ❖ 最大応答は W の評価に依存しない？
- ❖ 非定常応答・塑性化が大きな振動系への適用性は？

等価線形化手法

- ❖ 等価粘性減衰は、Jacobsenが提案(1960)
 - ✦ 等価粘性減衰の概念を任意の非線形系に安易に適用するものではないこと
 - ✦ 非粘性減衰をもつ系に対して等価減衰を求める問題には学問的に未決着の仮定を含む
- ❖ 若林 実(1974)
 - ✦ 「等価減衰定数のみを用いる方法では履歴減衰の性状を理解するのにはよいが、履歴減衰が大きくなれば誤差が大きくなってこの考えの意味はなくなる。」