

液流阻尼器之發展與應用

2017結構抗震與健康監測新技術
研討會

施明祥

國立暨南國際大學
土木工程系教授

大綱

- 液流阻尼器原理應用實例
- 阻尼器選擇上之考量因素
- 阻尼器安裝方法
- 油壓阻尼器研發

速度相依型阻尼器

- 阻尼器發生之阻尼力隨速度而變化者，稱為速度相依阻尼器。
 - 液流型黏滯阻尼器
 - 黏彈阻尼器
 - 摩擦阻尼器(?)
- 狹義上，指不產生勁度效應的阻尼器，以液流型黏滯阻尼器為代表。
- 依其構造分：
 - 軸力式阻尼器
 - 剪力式阻尼器

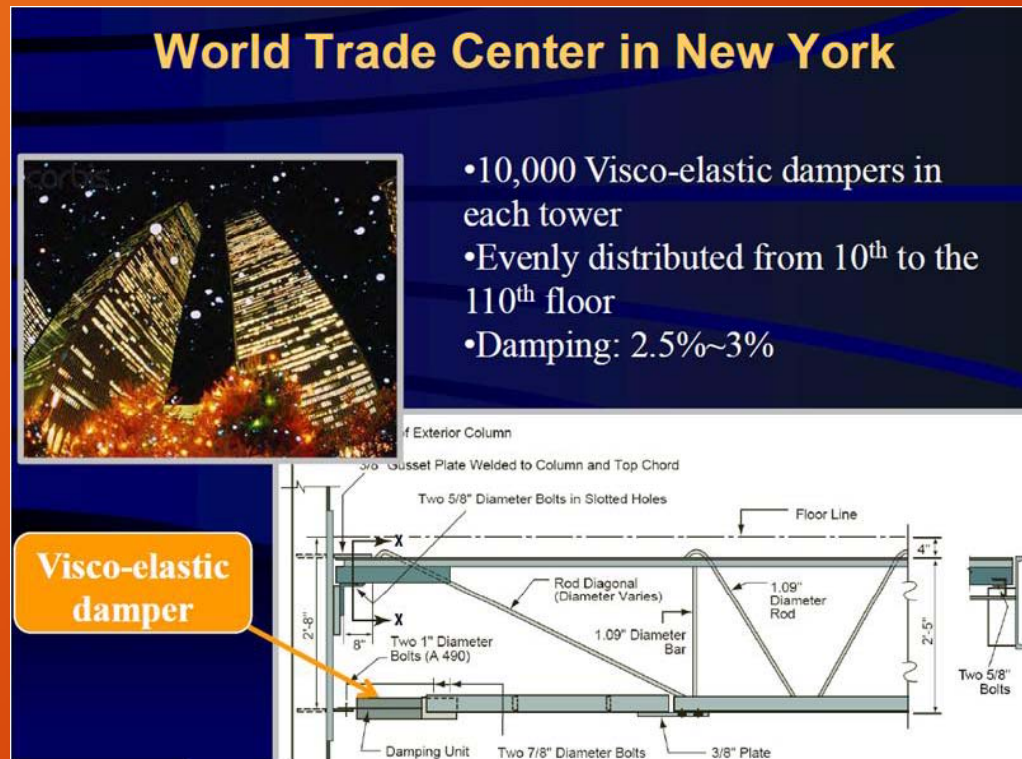
液流阻尼器



<http://www.hydampner.com/article-0.asp?pno=104>

液流阻尼器應用-1

5



液流阻尼器應用-2

6

Dongting Bridge, Hunan, China



ERTI

液流阻尼器應用-2

7

Full Installation



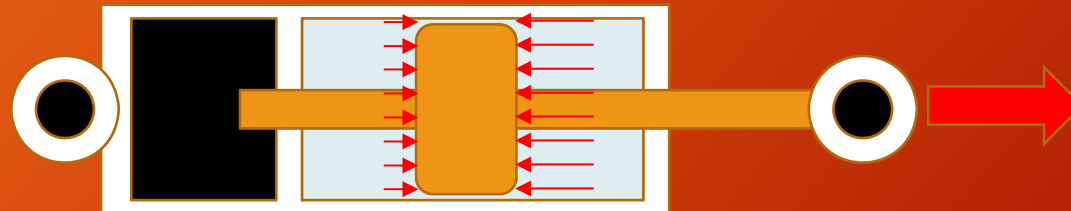
液流阻尼器應用-3

- 台新銀行大樓



液流型黏滯阻尼器原理與構造

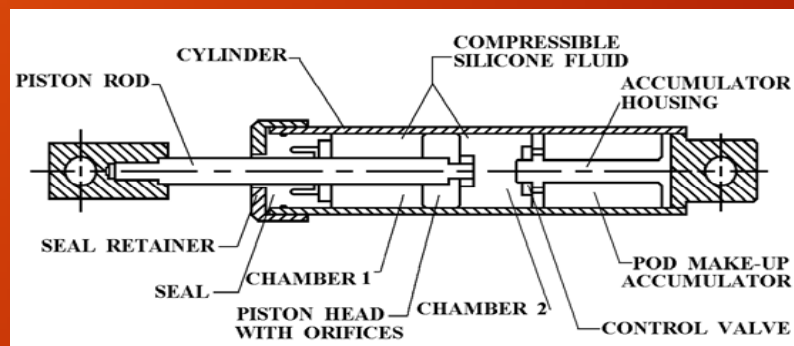
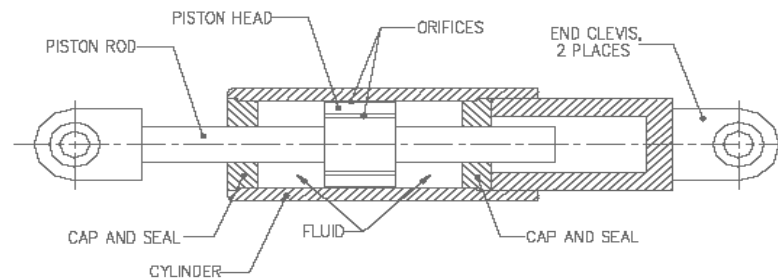
- 構造：於一套筒中置一活塞與桿，並內填充黏滯性流體。於活塞上具有孔隙，允許填充液在活塞左右兩側間流動。



- 拉、壓活塞桿時迫使填充液以極高速流過孔隙，因而造成活塞兩側的壓力差。

液流型黏滯阻尼器原理與構造

- 依活塞軸型式可分為：
 - 雙軸式
 - 單軸式



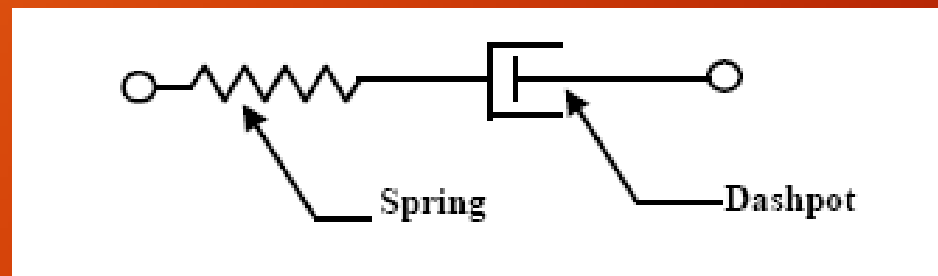
液流阻尼器之力學性質

11

- 黏滯性阻尼器

$$F = C|v|^n \text{sign}(v)$$

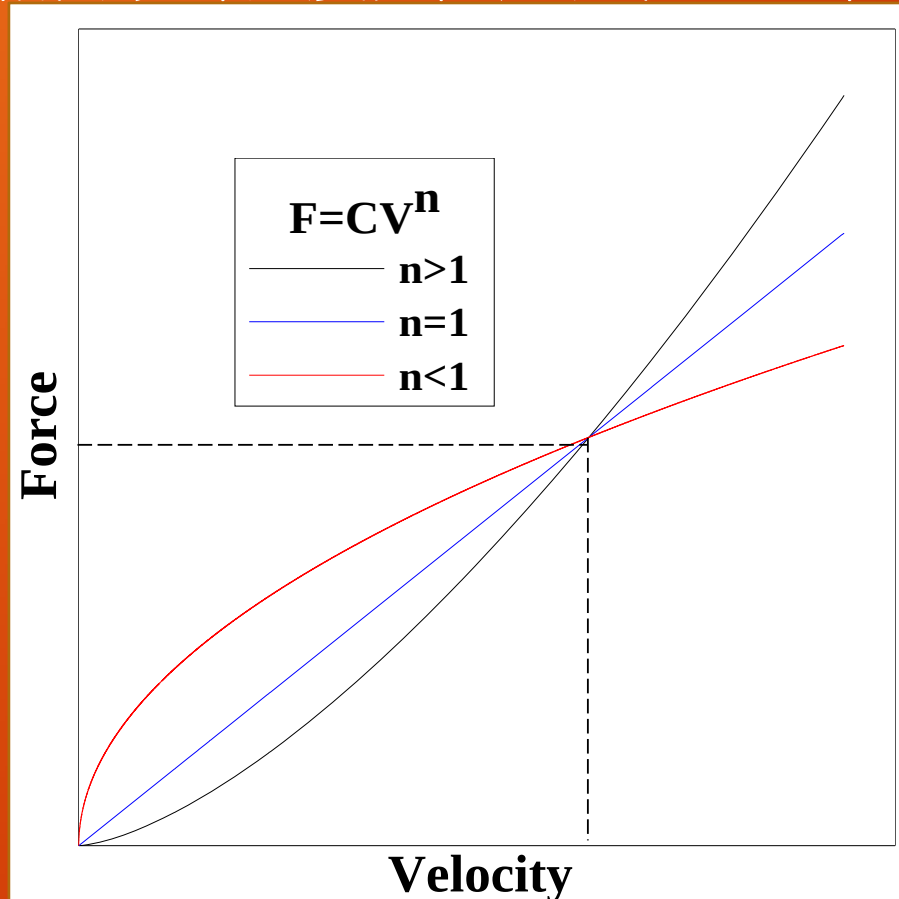
- 黏彈性阻尼器
 - Maxwell model



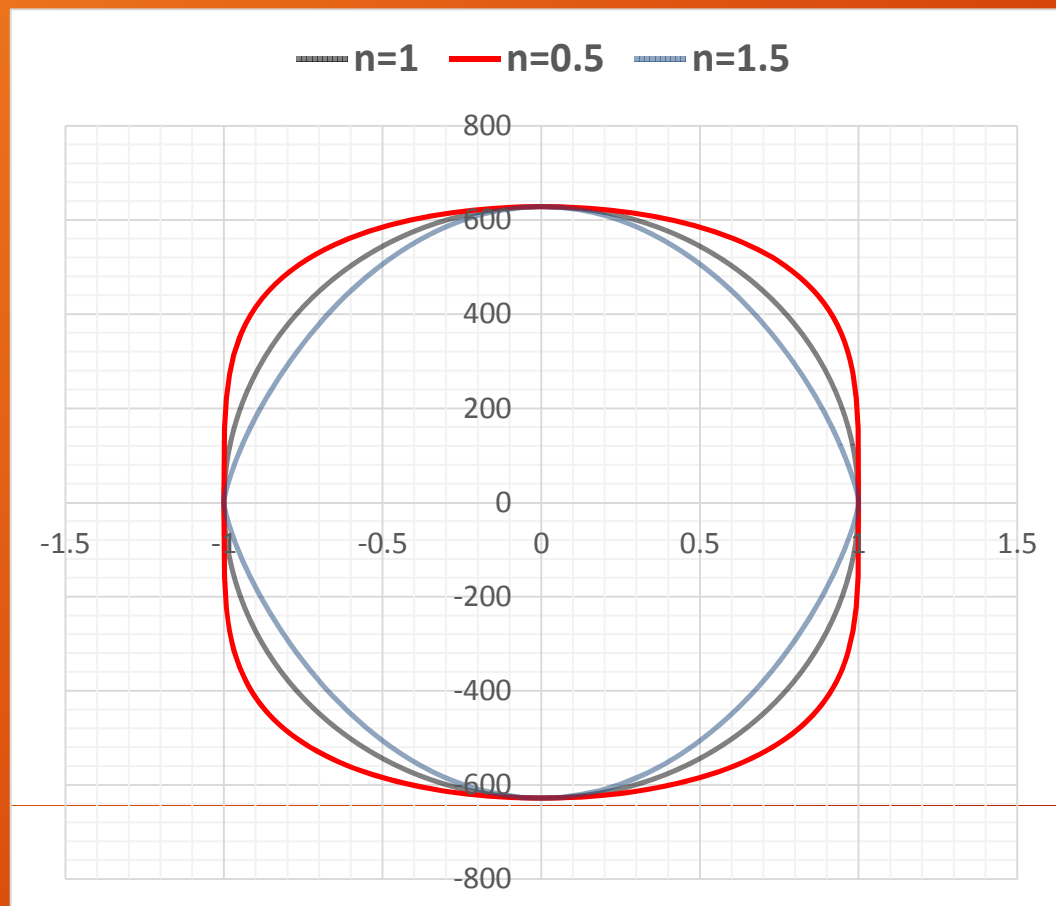
液流阻尼器之力學性質

12

- 比較在相同設計速度與阻尼器容量之下的力學性質

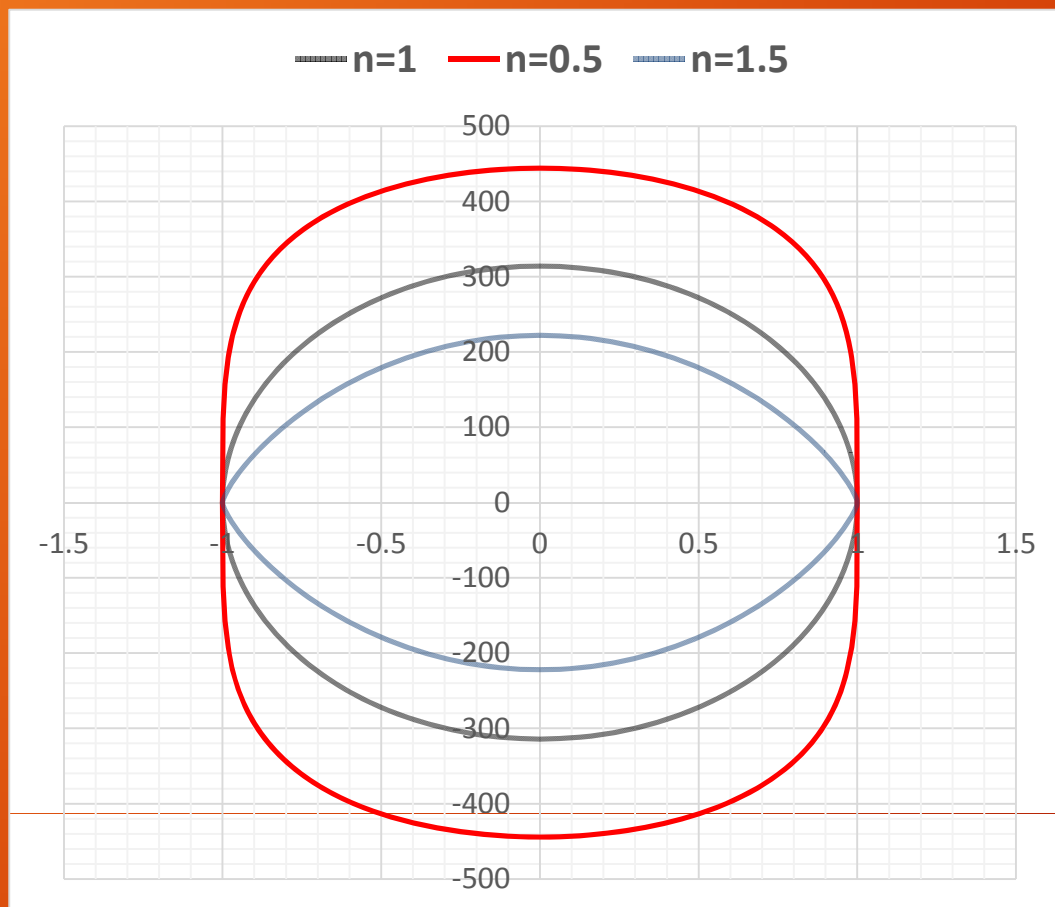


液流阻尼器之力學性質



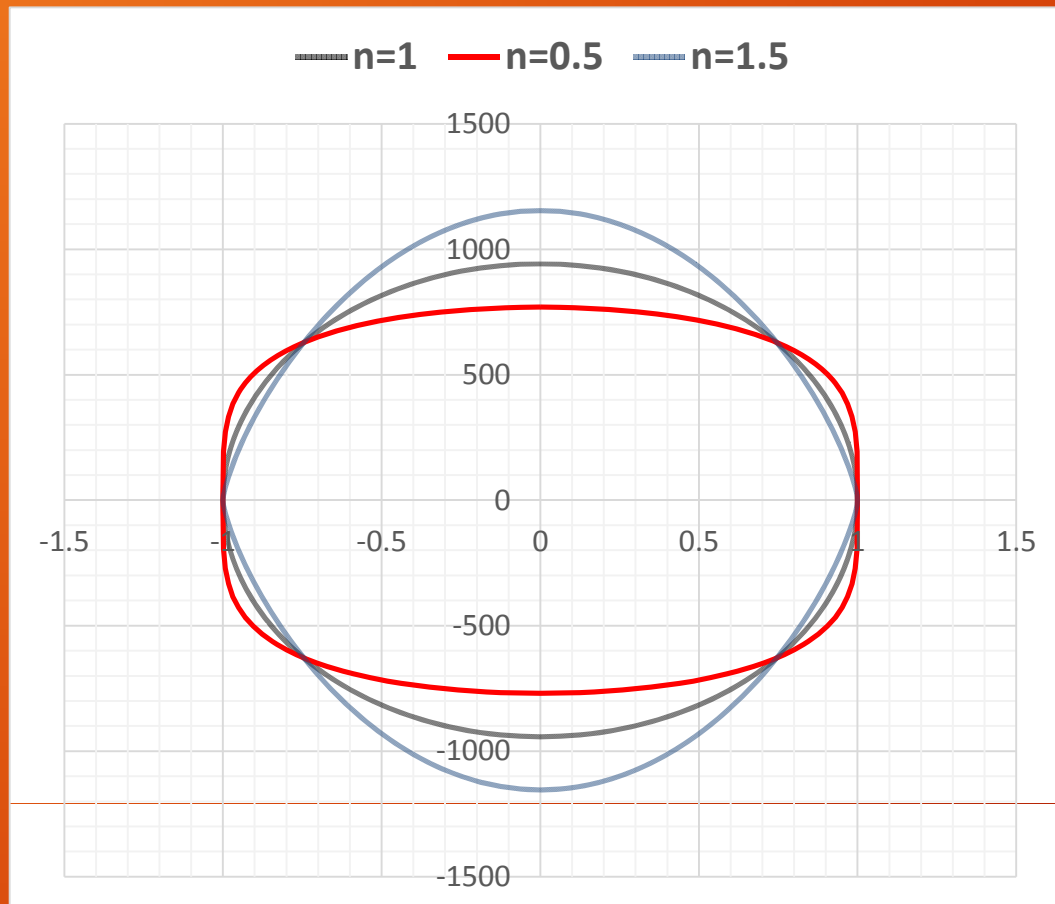
- 在設計容量相同條件下指數小之消能量較大。

液流阻尼器之力學性質



- 在較小規模地震力作用下，指數小之消能量較大。

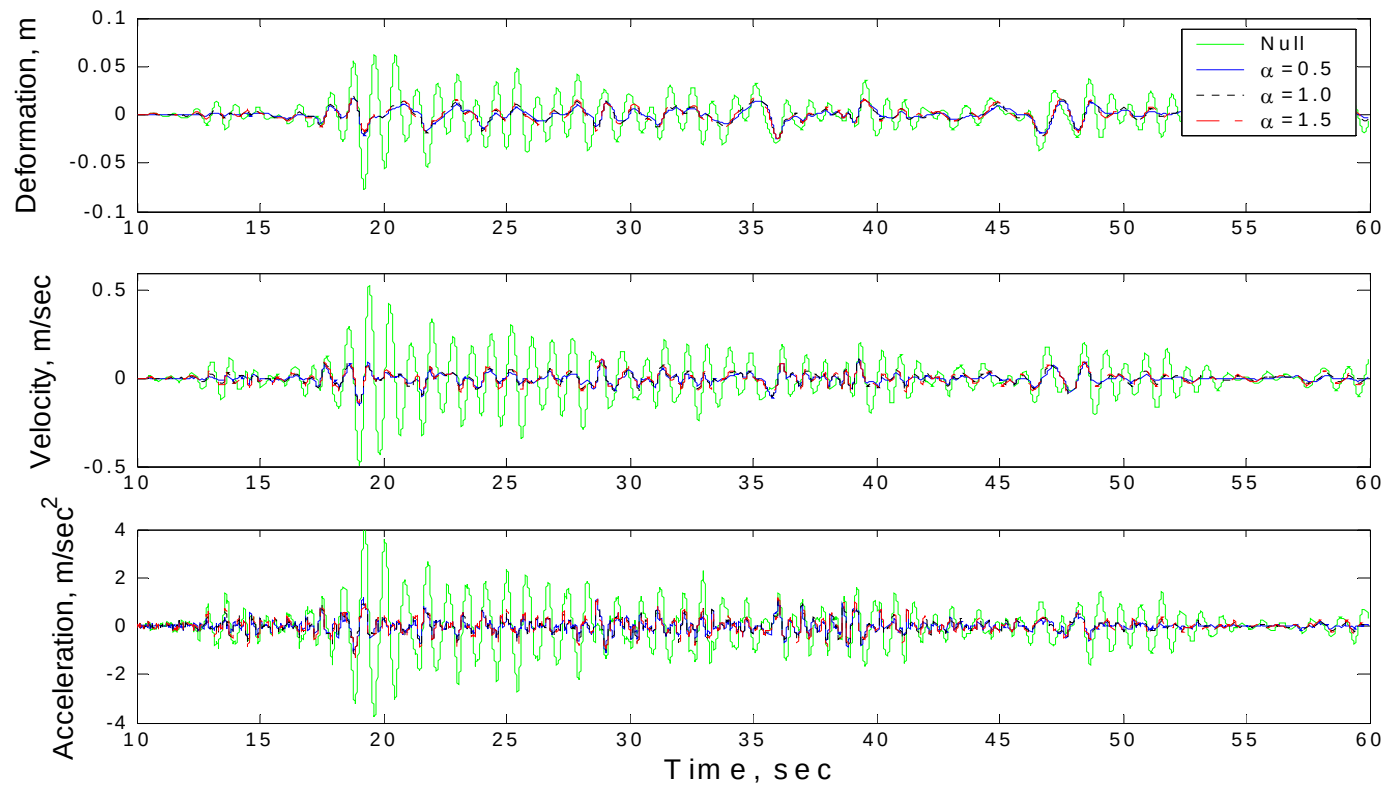
液流阻尼器之力學性質



- 當地震規模大於設計規模時，指數小之阻尼力超載率較低。

液流阻尼器之力學性質

16



液流阻尼器之力學性質

17

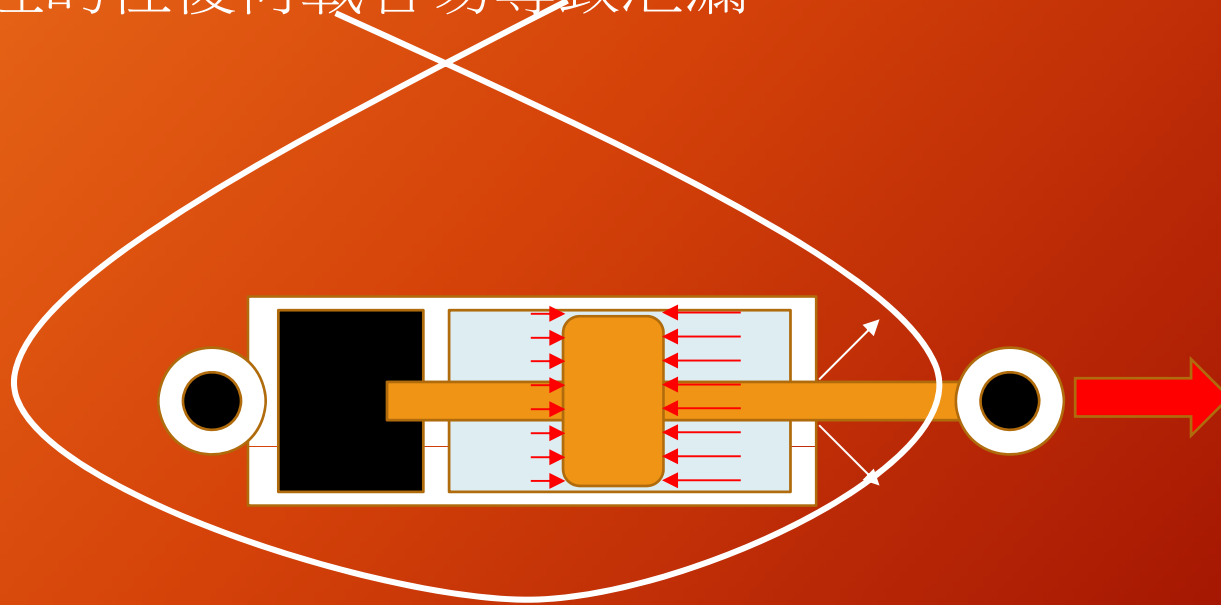
• 結論

- 在相同設計速度與阻尼器容量之下，指數項的大小對控制效果沒有明顯的差異。
- 指數項小於1時，可以有效控制阻尼力的發展，避免造成阻尼器、連接元件的損壞。
- 指數項大於1者在低速時阻尼力比較小，應用於橋梁減震上有減緩阻尼器漏油的趨勢。
- 除了一般的設計之外，尚有雙線性阻尼器，低速時提供較大阻尼係數，而於高速度降低阻尼係數，其指數項可接近於0。

液流阻尼器之力學性質

18

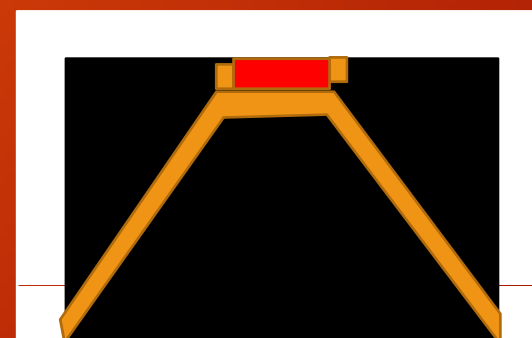
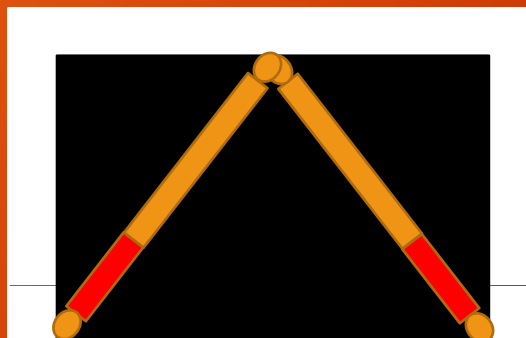
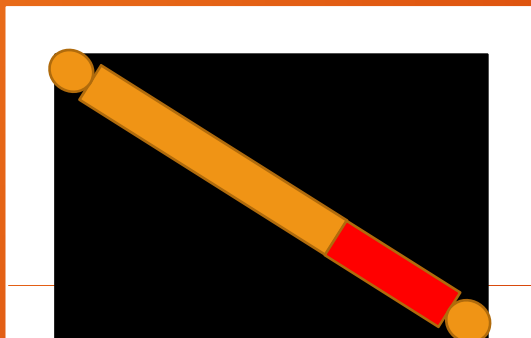
- 「流體泄漏」是液流阻尼器最主要的剋星。
- 經常性的往復荷載容易導致泄漏。



液流阻尼器安裝方式

19

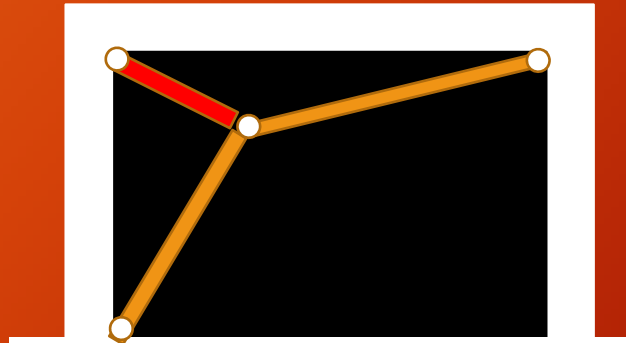
- 基本安裝型式



液流阻尼器安裝方式

20

- 肘狀安裝
 - 藉肘狀機構放大阻尼器位移量，減少阻尼器容量的需求。



- 需要特別注意肘狀機構的穩定設計

液流阻尼器設計上的細節

21

- 在阻尼器作用主方向上提供”超過4組以上”之消能元件，且”剛心兩側至少各2組”：阻尼器需能承受在最大考量地震力下，所計算出阻尼器最大速度之**1.3**倍所對應之力。
- 若提供少於4組以上之消能元件，或剛心兩側少於2組：阻尼器需能承受在最大考量地震力下，所計算出阻尼器最大速度之**1.5**倍所對應之力。

含速度相依消能器之結構分析

22

- 可分為如下三種：
 - 等值線性靜力分析法
 - 線性動力分析法
 - 歷時分析法

等值線性靜力分析法

23

- 限制條件：
 1. 由消能元件提供的有效阻尼不得超過基本模態臨界阻尼的**30%**。
 2. 每一樓層在考慮方向上由所有消能元件所提供之最大層剪力不得超過構架本身的**50%**。

等值線性靜力分析法

24

- 線性阻尼器(n=1)

$$\xi_d = \frac{T \sum_j C_j \cos^2 \theta_j \phi_{rj}^2}{4\pi \sum_i m_i \phi_i^2}$$

等值線性靜力分析法

25

- 非線性阻尼器(FEMA273)

$$\xi_d = \frac{\sum_j \lambda_j C_j \phi_{rj}^{1+n_j} \cos^{1+n_j} \theta_j}{2\pi A^{1-n} \omega^{2-n} \sum_i m_i \phi_i^2}$$

$$\lambda = 2^{2+n} \frac{\Gamma^2(1 + \frac{n}{2})}{\Gamma(2+n)} = 2^{2+n} B(1 + \frac{n}{2}, 1 + \frac{n}{2})$$

等值線性靜力分析法

26

1. 假設一個消能建築之有效阻尼比，藉由耐震規範中表(3-1)定義相對應的阻尼修正因子，並計算側向作用力。
2. 利用此一修正後之側向作用力，代入地震力豎向分配公式計算該消能建築第 i 樓層的水平作用力 F_i 。
3. 利用線性分析模型計算第 i 樓層相對於水平作用力 F_i 的水平位移 u_i 。
4. 利用計算所得之水平位移 u_i ，代入有效阻尼比的估算公式計算 ζ_d 。
5. 將步驟4計算所得之有效阻尼比代入步驟1，作為新的值，並重複步驟1至4。直至步驟4所得阻尼比不變為止。

等值線性靜力分析法

因為阻尼器發生最大力量的時機往往是速度最大而位移最小的時候，所以在構材的設計上應該考慮以下三種變情況：

(1) 位移最大而速度為零

(2) 位移為零而速度最大

(3) 加速度最大，且等於

位移最大*CF1+速度最大*CF2

$$CF_1 = \cos[\tan^{-1}(2\xi_d)] \quad CF_2 = \sin[\tan^{-1}(2\xi_d)]$$

線性動力分析法(反應譜疊加法)

- 條件限制：與等值線性靜力分析法相同
- 採用多模態振態反應譜疊加法。
 - (1)依照各振態之週期及模態位移計算各振態之有效阻尼比
 - (2)各模態基於5%結構阻尼的反應譜予以修正，各振態的阻尼修正因子(**Bs**或**B1**)均不相同
 - (3)基底剪力檢核：經由動力分析所得之最大基底剪力未達靜力分析所得之**90%**時，所有子結構與桿件的作用力與變形量必須等比例放大，以達靜力分析結果之水準。

歷時分析法

- 直接代入阻尼器參數(線性或非線性)進行歷時分析。
- 至於歷時分析所需之地震記錄，所輸入之地震記錄，至少取三個與設計反應譜相符之水平地震記錄。且針對任一個水平地震記錄，其5%阻尼反應譜於 $0.2T_eD(T_eM)$ 至 $1.5T_eD(T_eM)$ 週期範圍內任一點之譜加速度值不得低於設計(最大考量)譜加速度值之平均值。其中 $T_eD(T_eM)$ 為消能建築物於設計地震(最大考量地震)下之有效振動週期。

歷時分析法

30

- 線性歷時分析之調整係數為 $I / (1.4\alpha_y F_u)$ 。
- 非線性歷時分析時，分析模型需能反應構材之非線性行為，且地震記錄需先乘以用途係數 I ，反應值不再以 $I / (1.4\alpha_y F_u)$ 調整。
- 中小度地震作用下，主結構體及消能元件皆不得產生降伏。
- 在中小度地震作用下，各樓層層間相對側向位移角不得超過0.005。

液流阻尼器發展

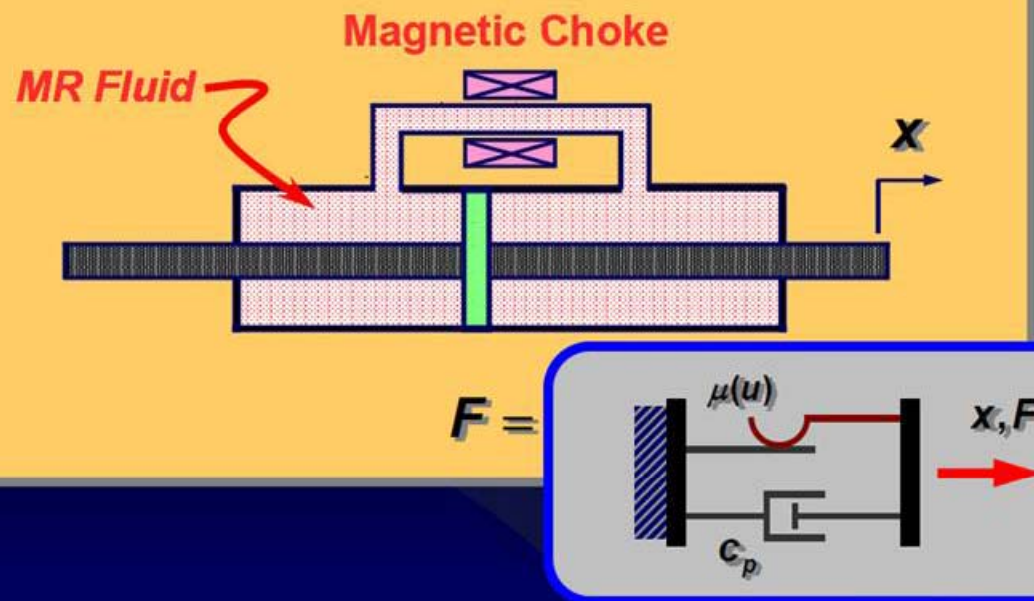
31

- 液流阻尼器：
 - 黏滯阻尼器：以高黏度的矽油填充油壓缸，藉內或外部孔隙的流動之壓力損失產生高阻尼力。
 - 磁/電流變阻尼器：矽油中添加細微鐵粉，於流通中設置磁/電場控制器，改變流體的剪切應力。
 - 油壓阻尼器：使用一般的循環油，利用油壓元件改變流體流通行為。

液流阻尼器發展-磁流變阻尼器

32

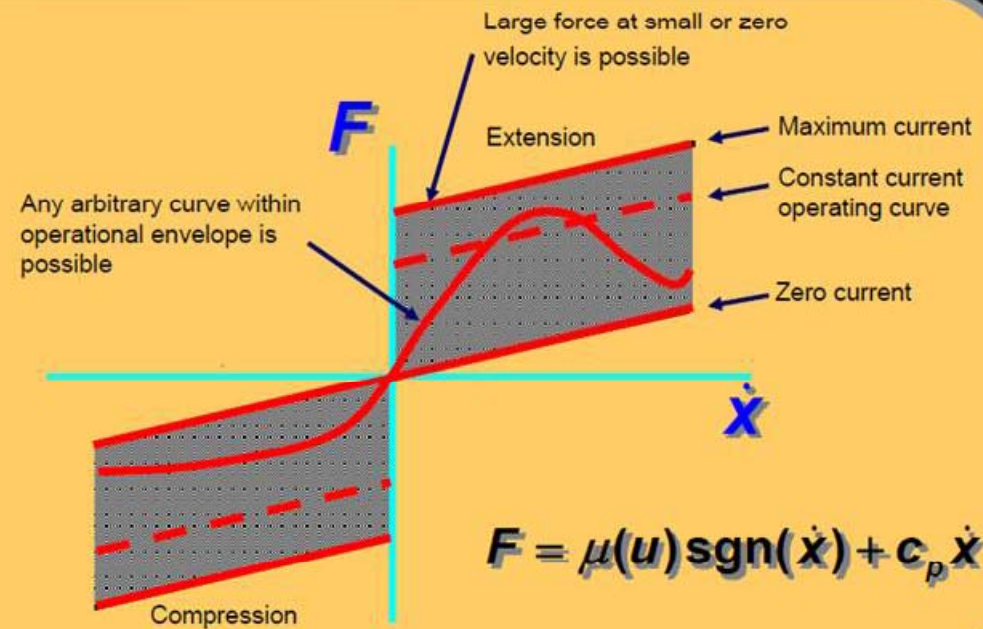
Magnetorheological Fluid Damper



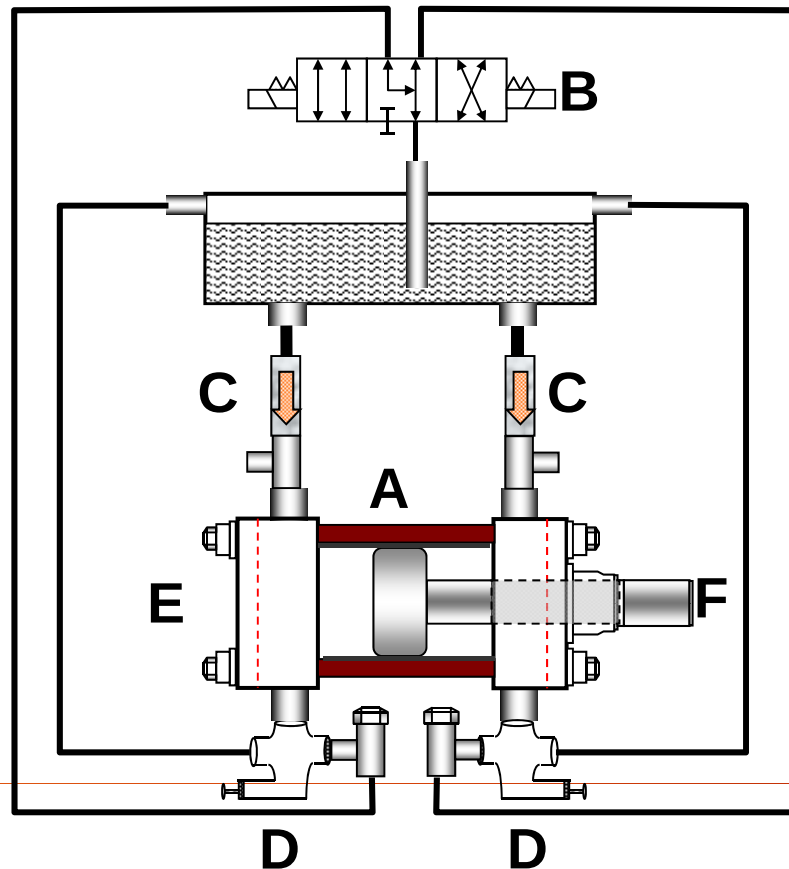
液流阻尼器發展-磁流變阻尼器

33

Force - Velocity Envelope for MR Fluid Damper



DSHD (Displace dependent Semi-active Hydraulic Damper)



- A. Hydraulic Jack,
- B. Directional Valve,
- C. Check Valve,
- D. Relief Valve
- E. Connected to Structure
- F. Connected to Bracing

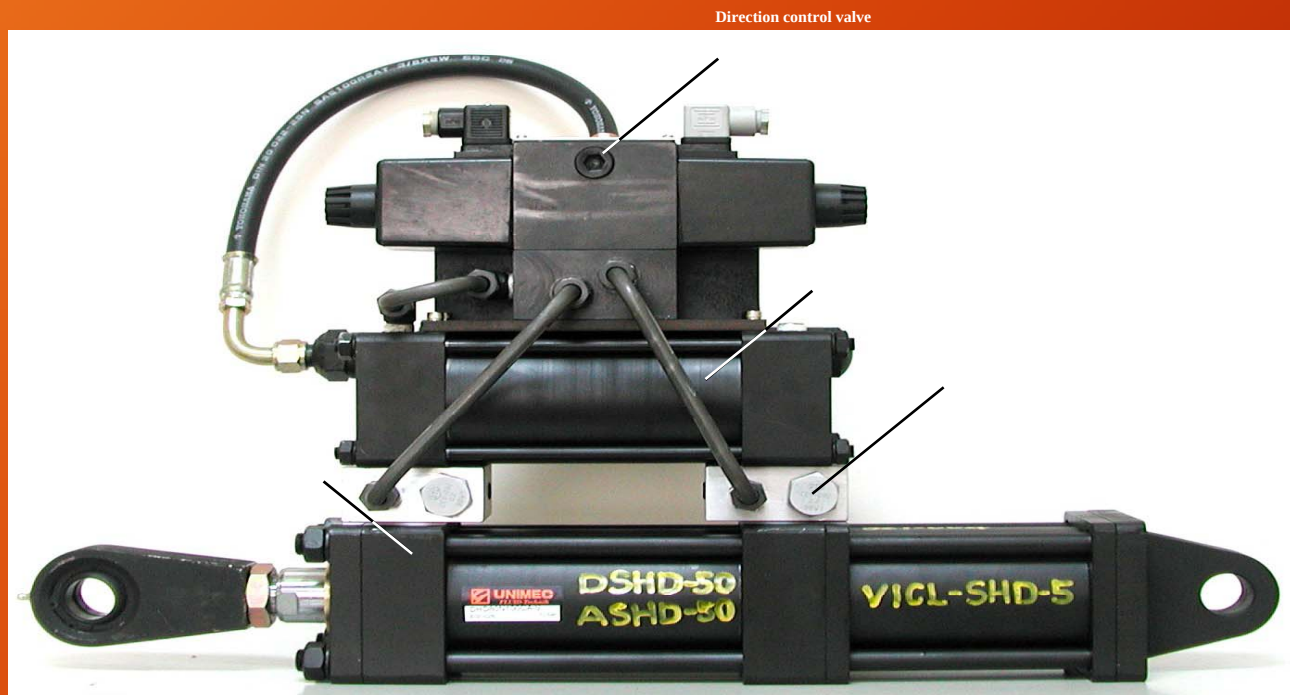
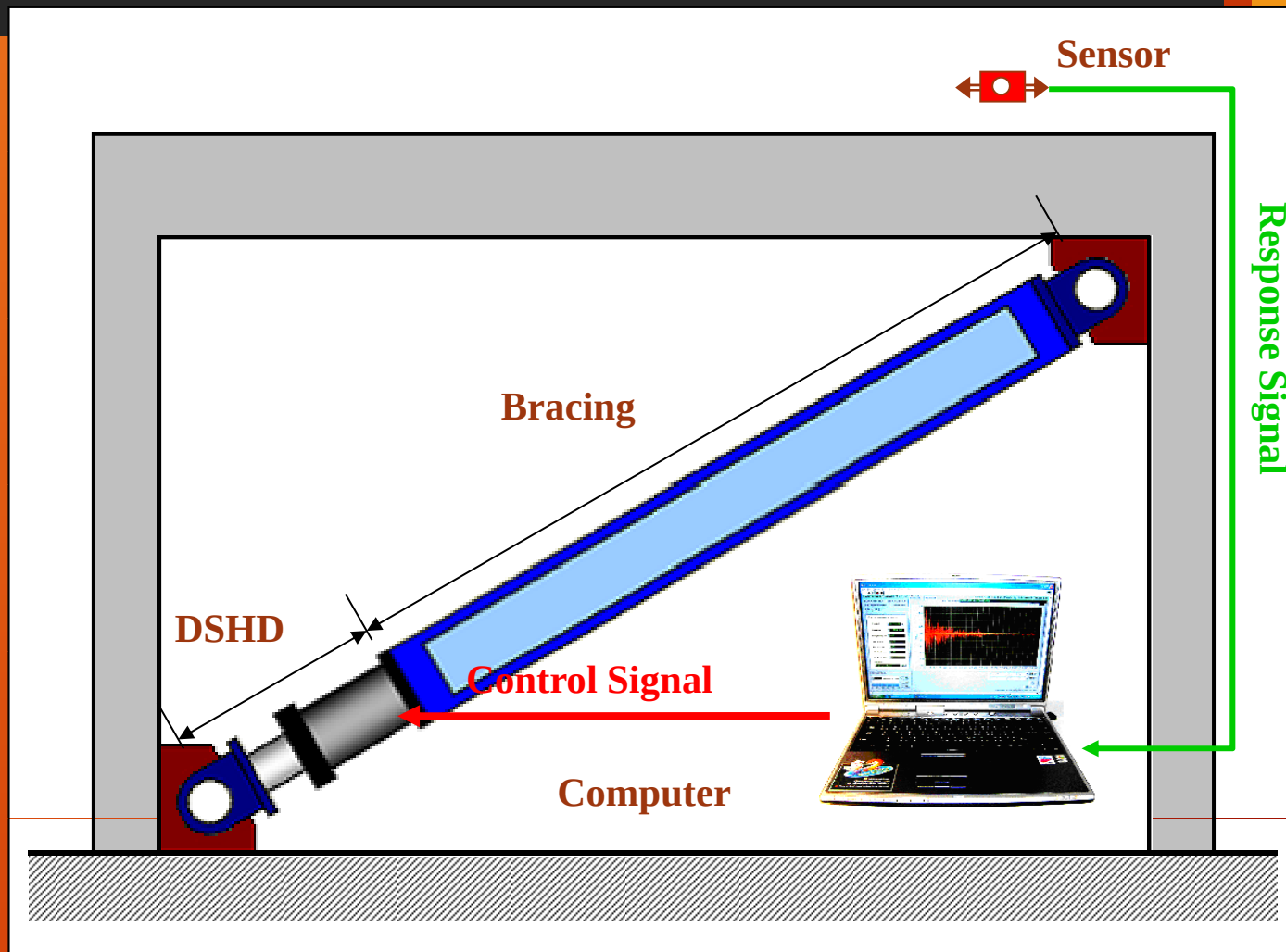
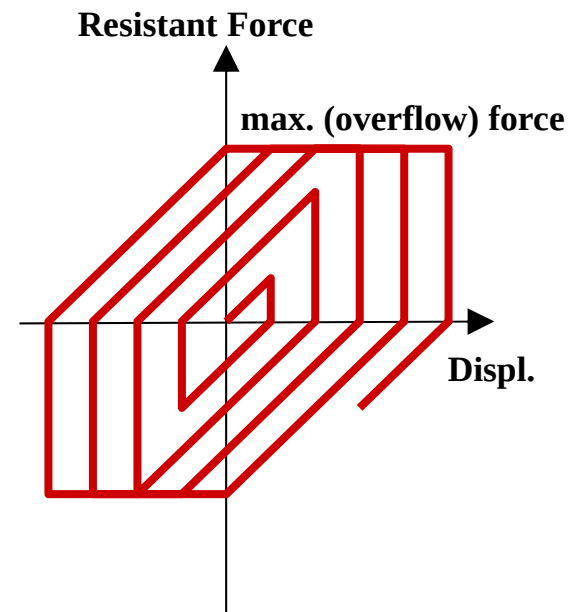
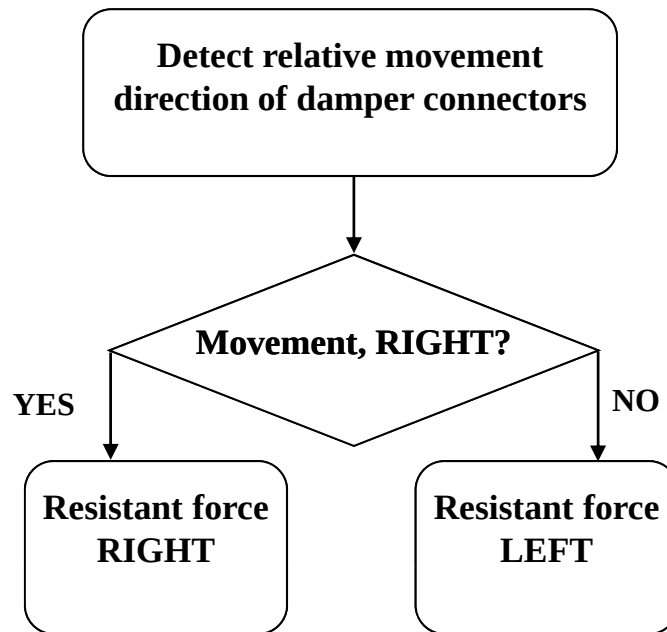


Photo 1 Sideview of DSHD

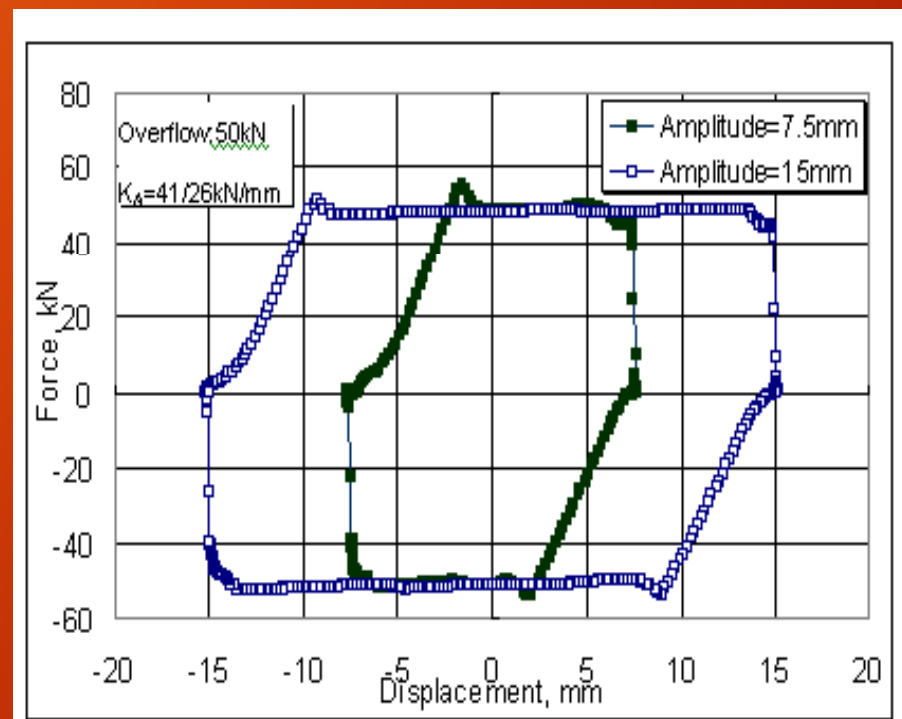
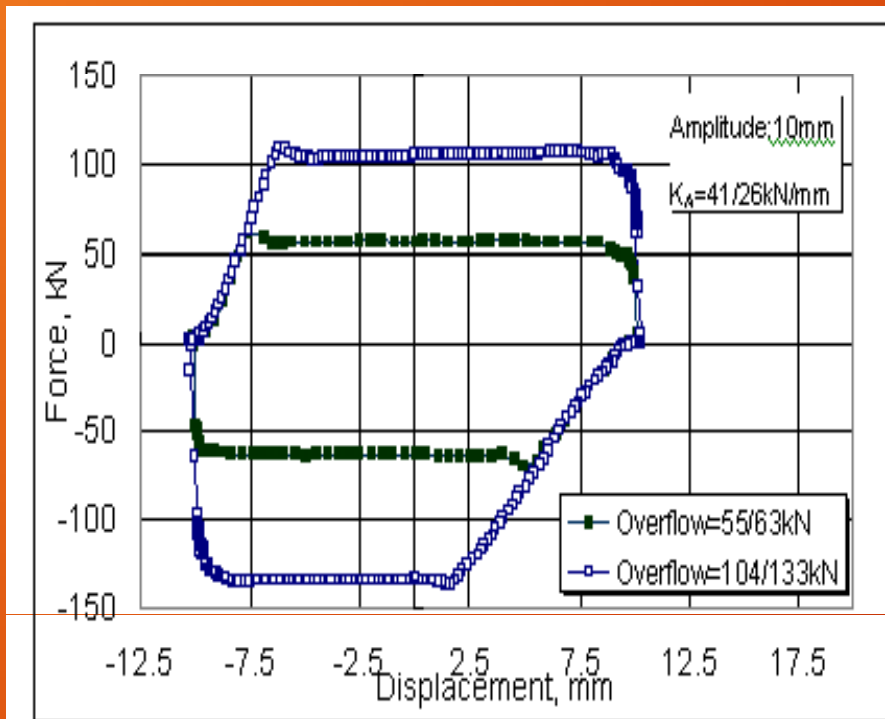
Installation Example



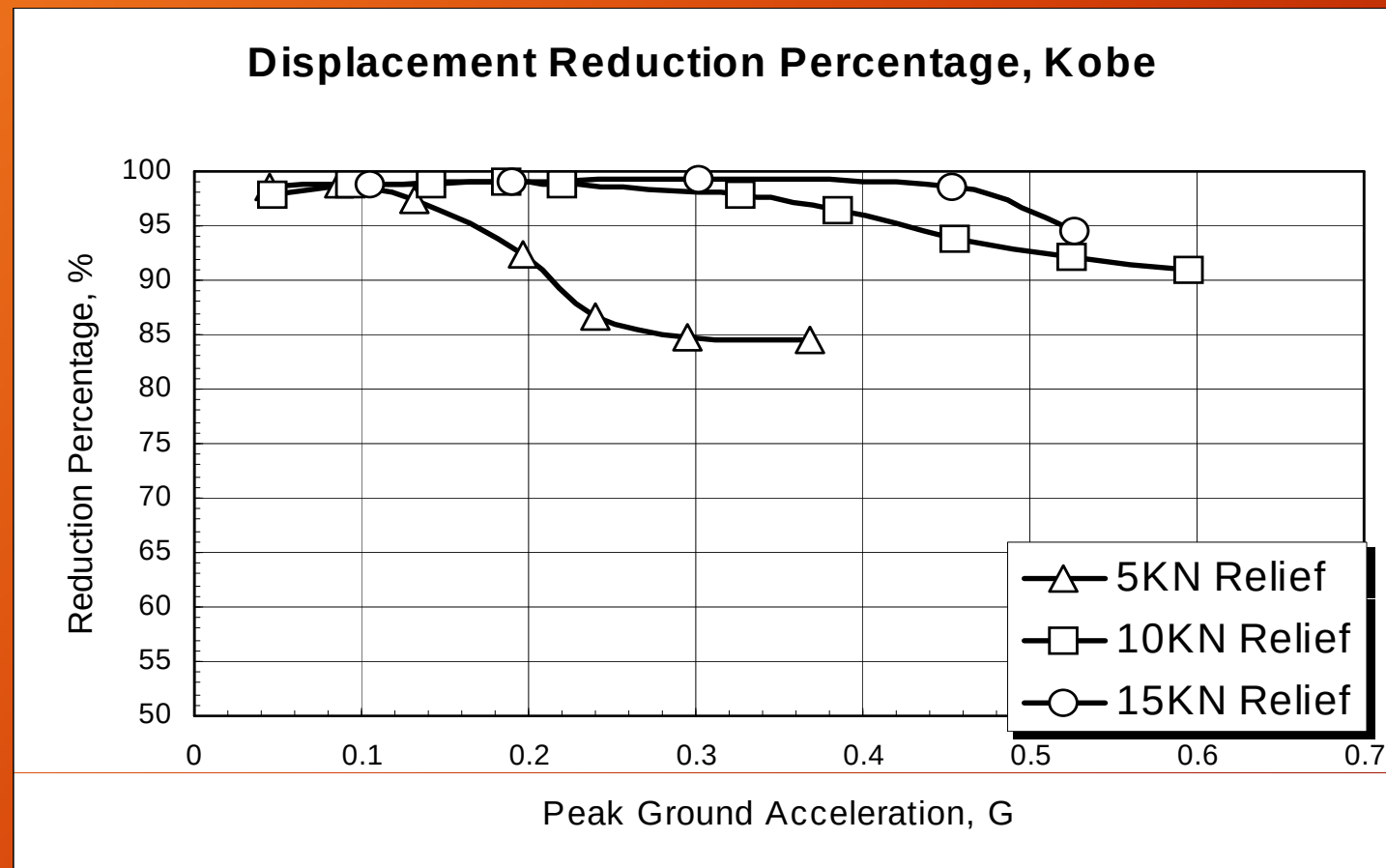
DSHD control algorithm and typical hysteresic loops



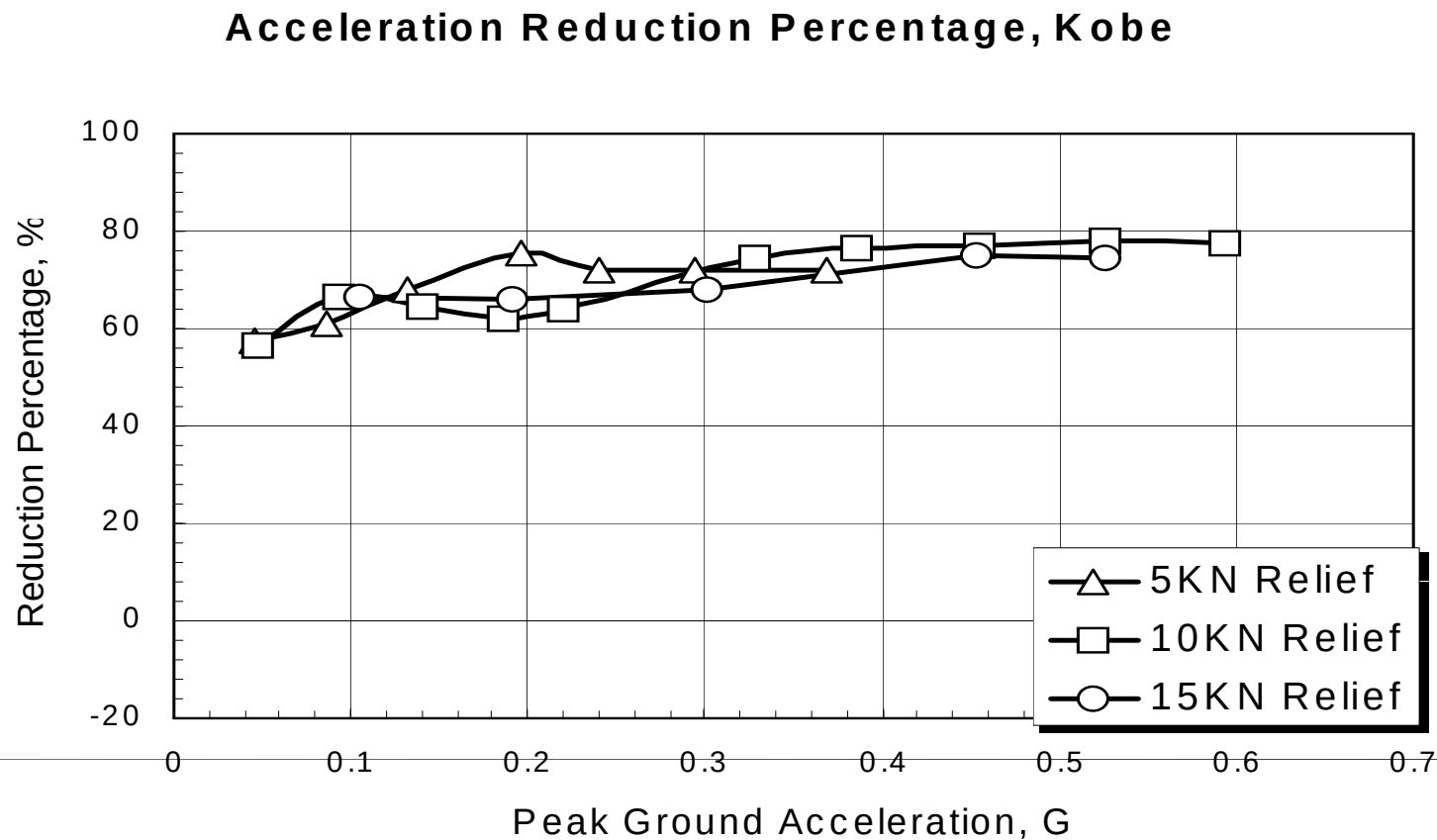
Hysteretic Loop of DSHD with overflow



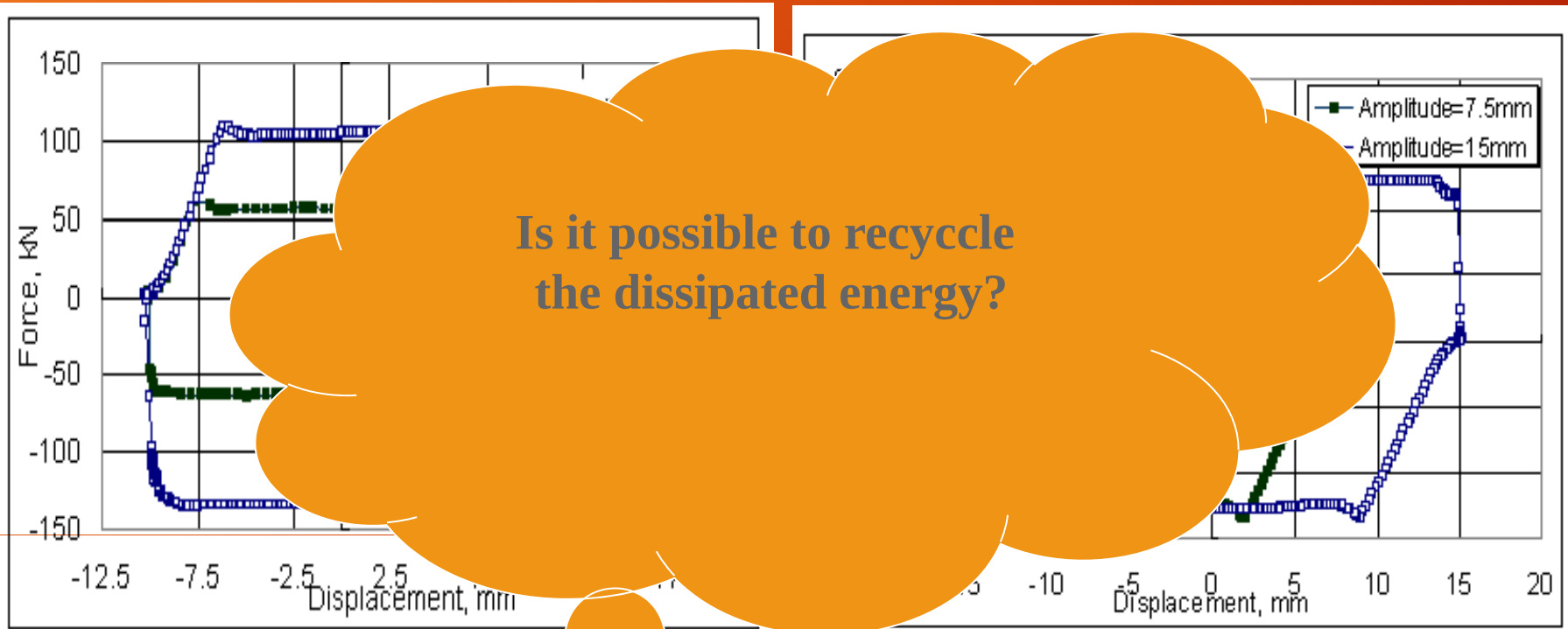
The reduction percentages of the displacement for the different relief pressures and Kobe earthquake with various PGA



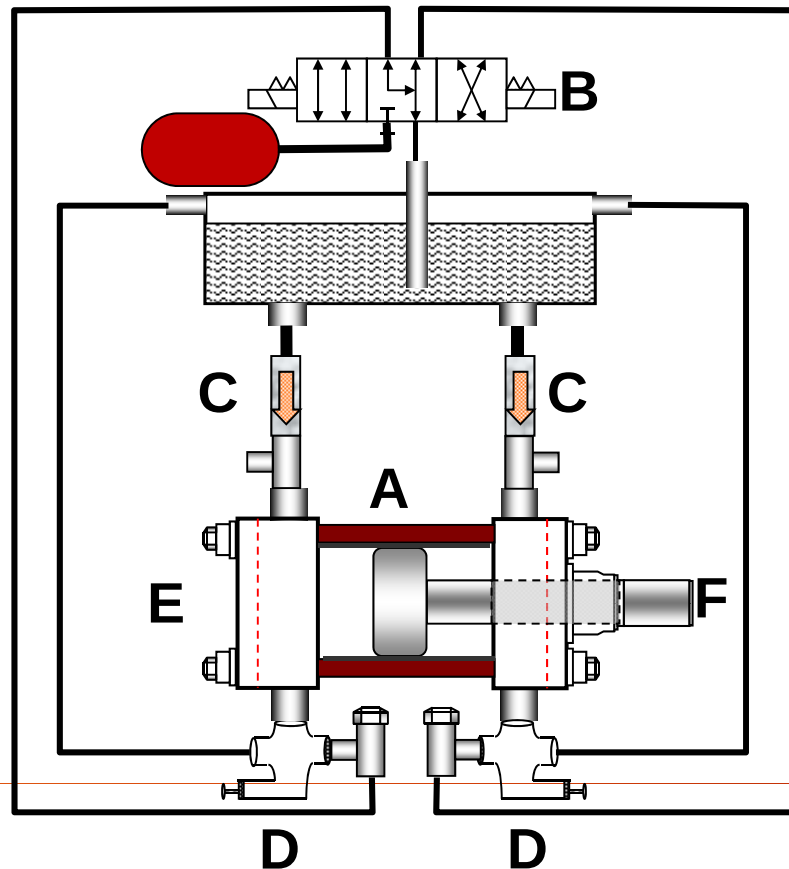
The reduction percentages of the acceleration for the different relief pressures and Kobe earthquake with various PGA



ASHD (Accumulated Semi-active Hydraulic Damper)

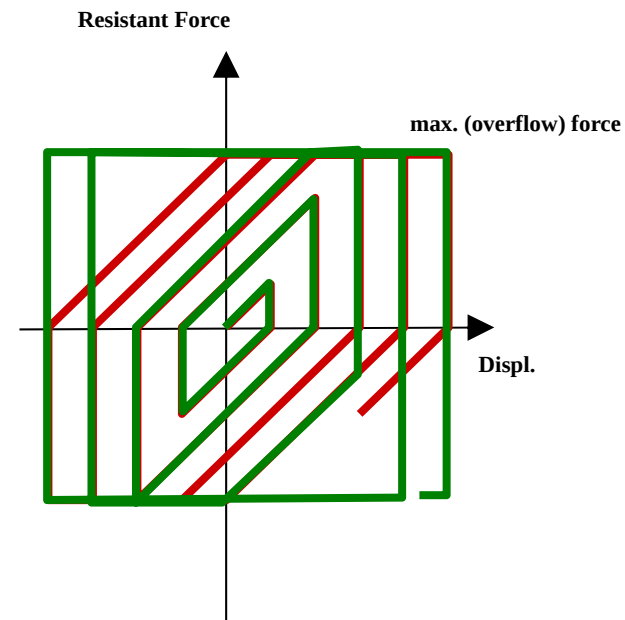
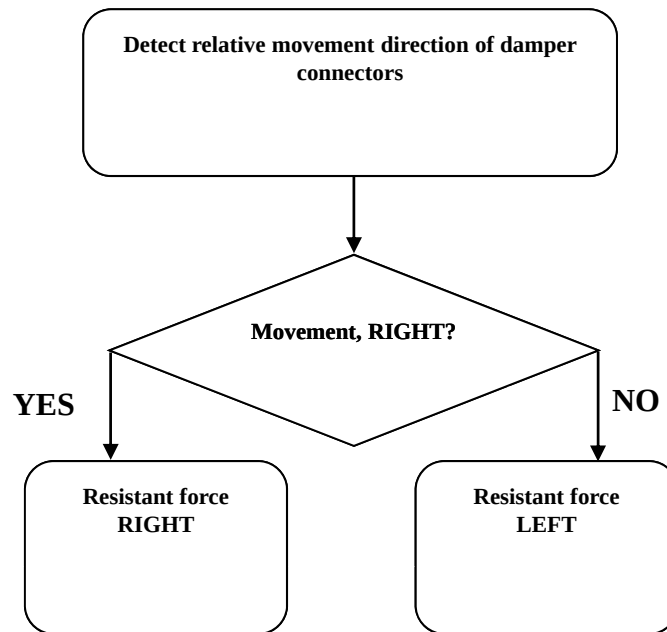


2. ASHD (Accumulated Semi-active Hydraulic Damper)



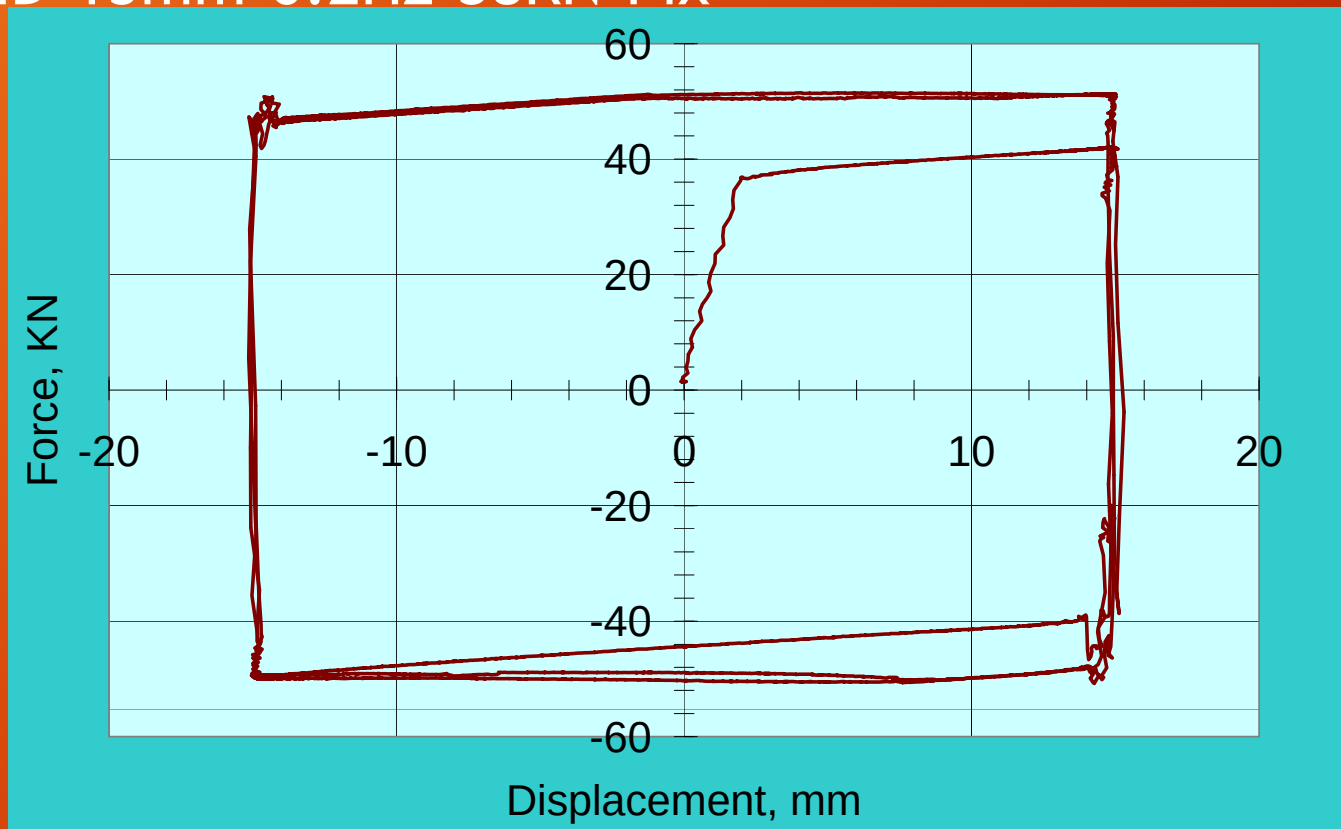
- A. Hydraulic Jack,
- B. Directional Valve,
- C. Check Valve,
- D. Relief Valve
- E. Connected to Structure
- F. Connected to Bracing

ASHD control algorithm and typical hysteresic loops



Element test results

- ASHD-15mm-0.2Hz-38KN-Fix



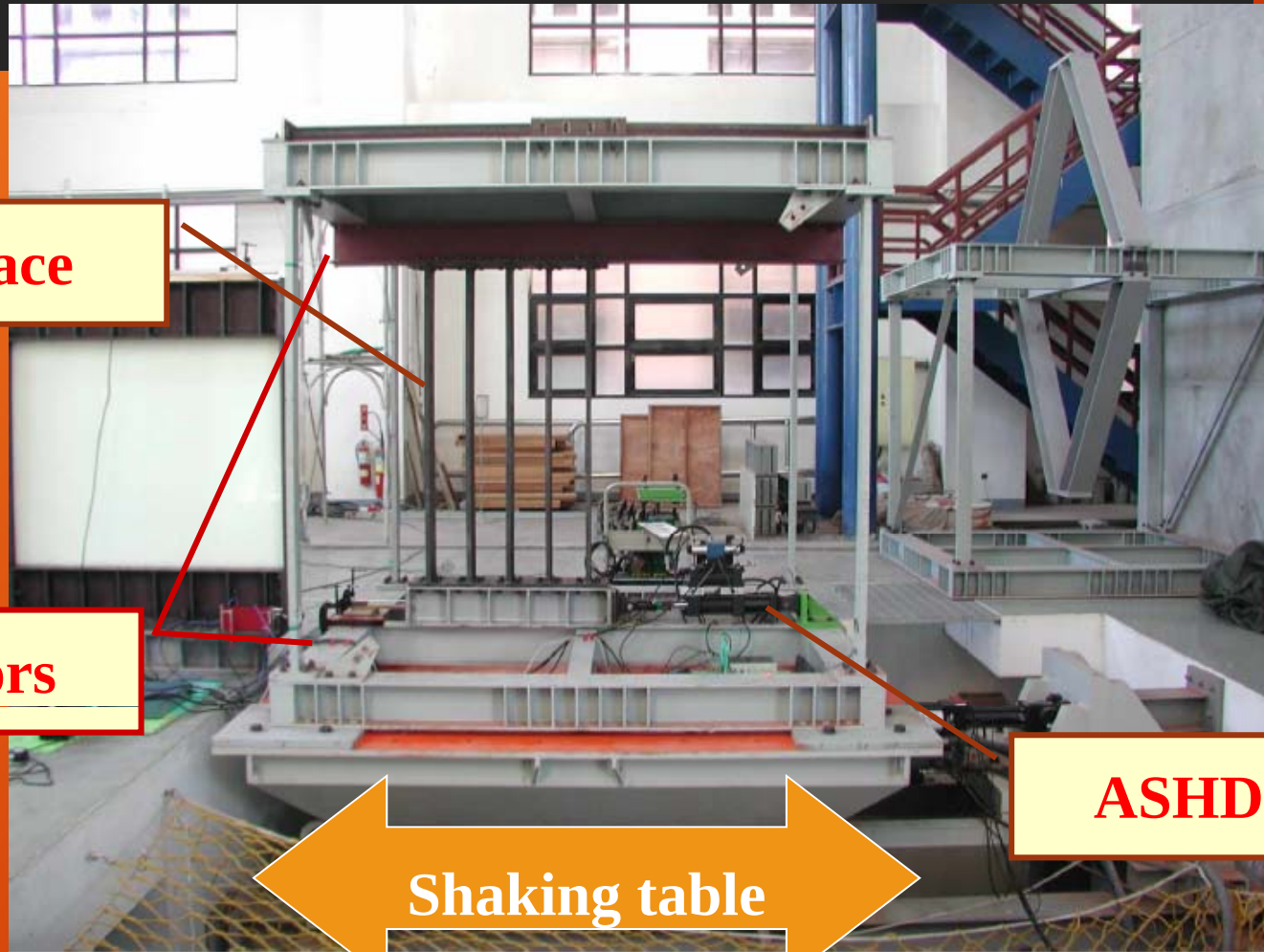
SDOF Shaking table test

Brace

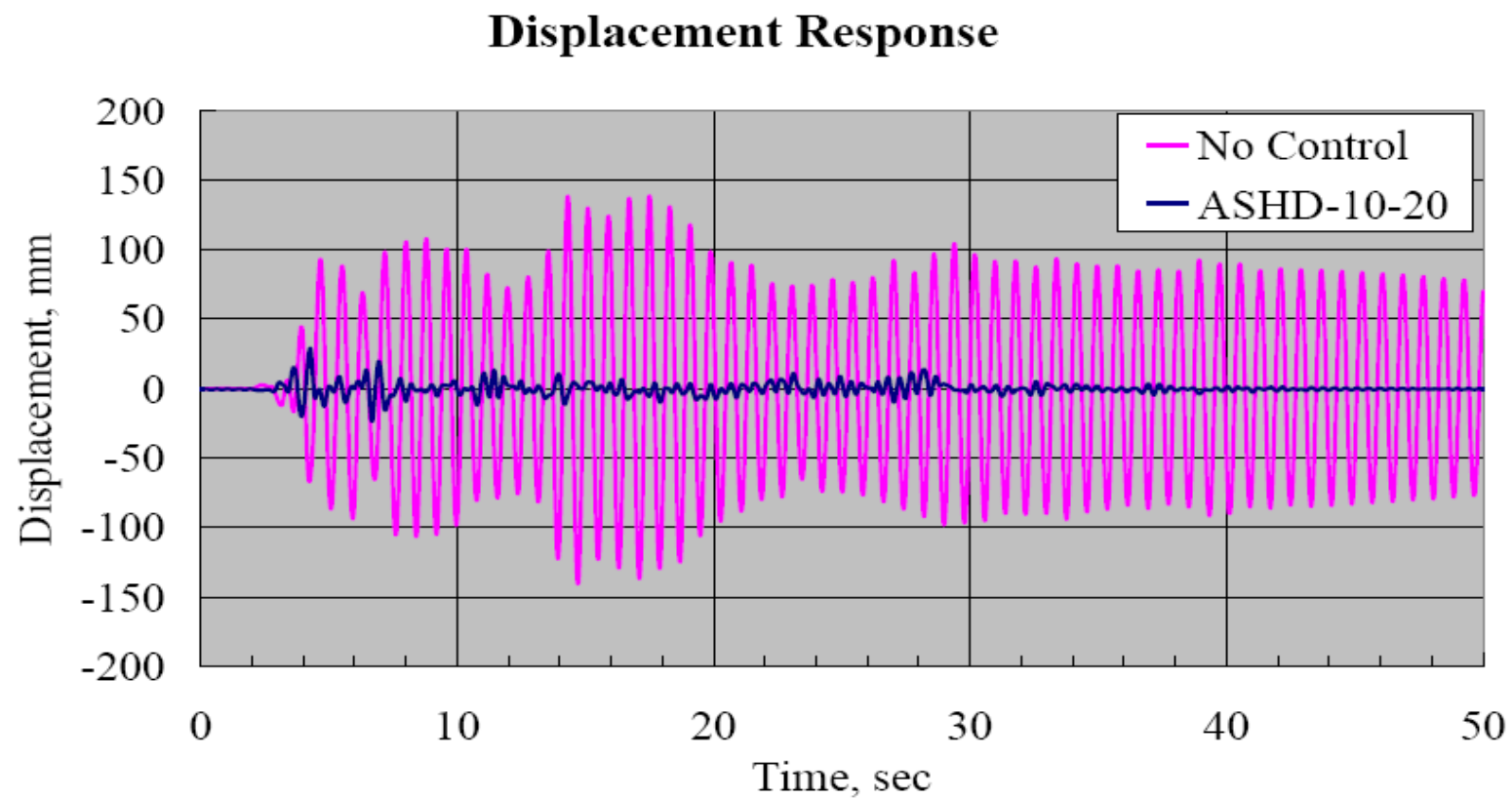
Sensors

ASHD

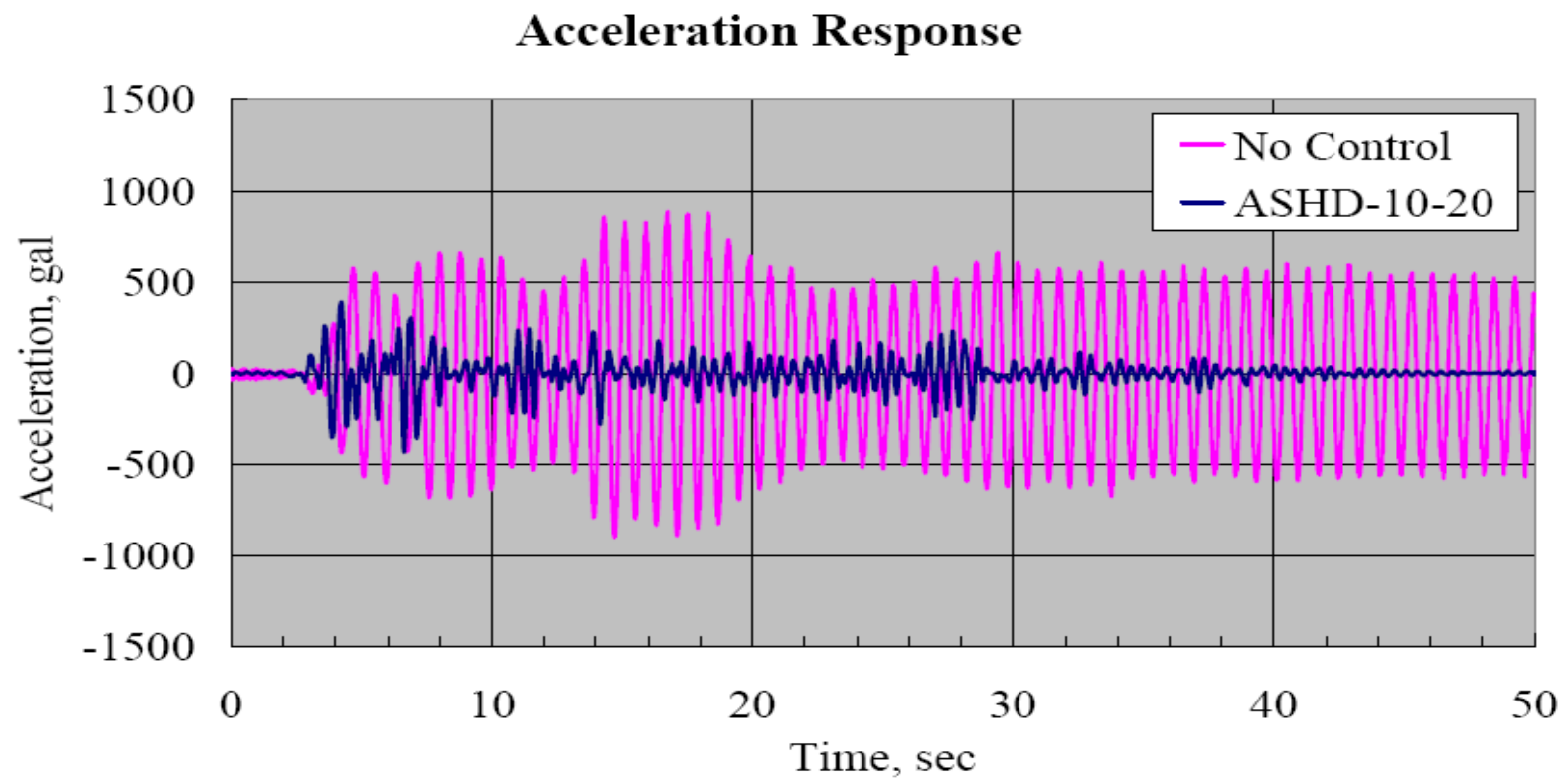
Shaking table



Shaking table tests

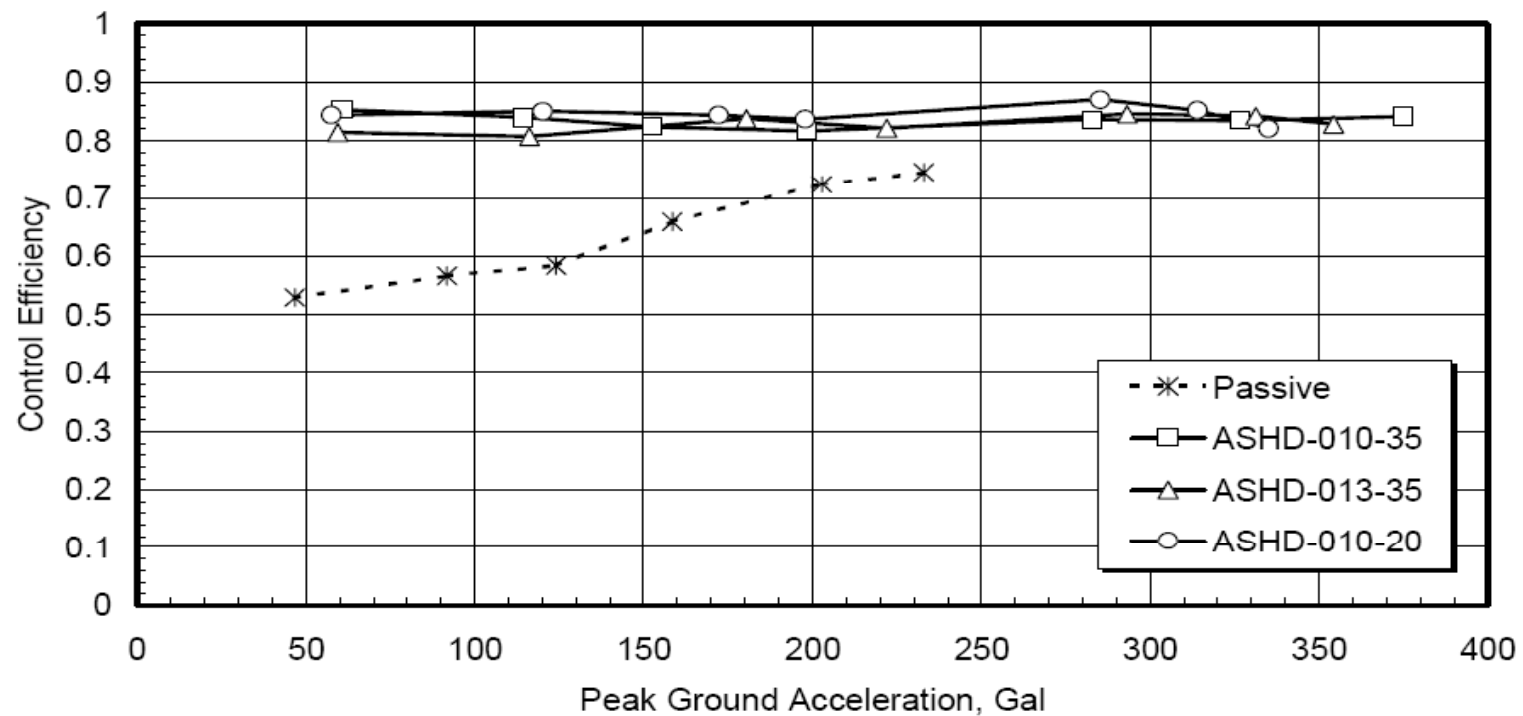


Shaking table tests



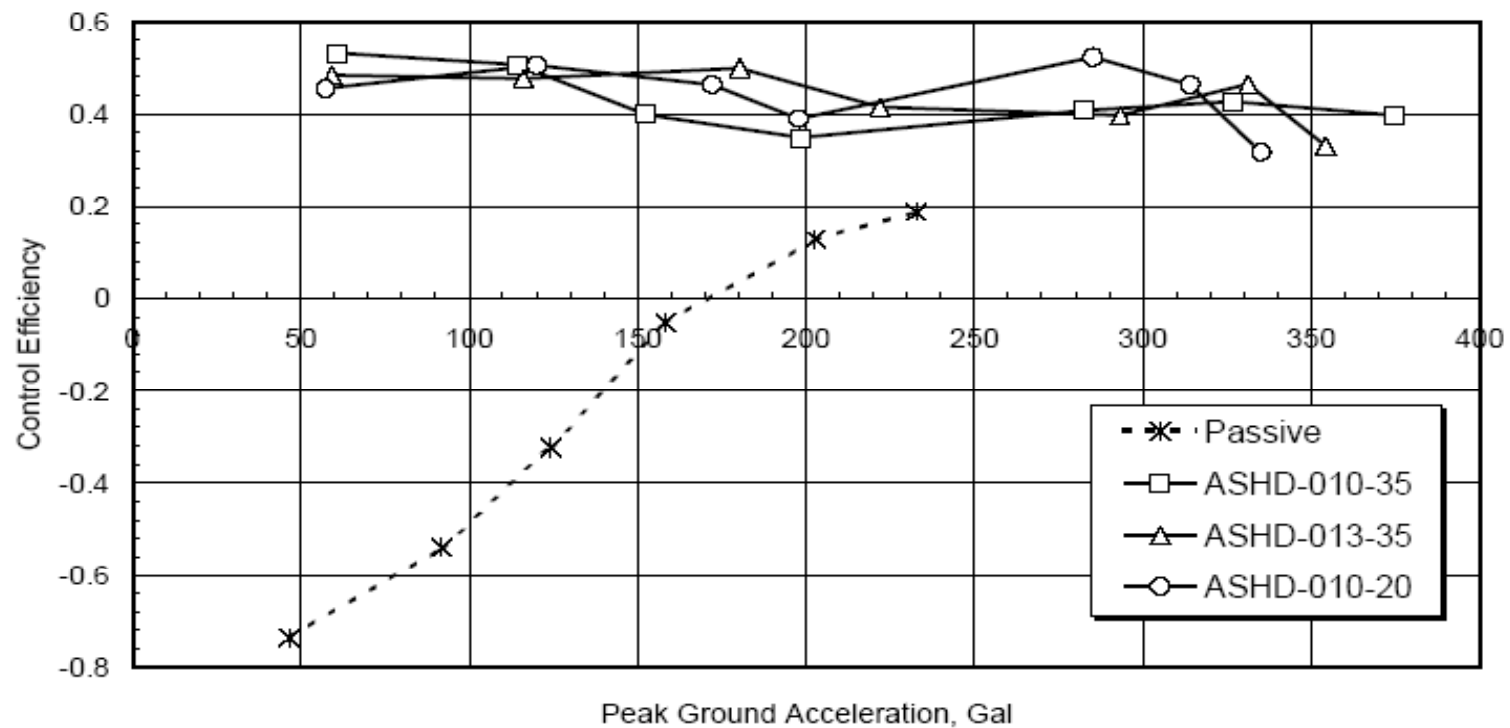
Shaking table tests

Reduction ratio of displacement



Shaking table tests

Reduction ratio of acceleration



~ 謝謝聆聽 ~

50