

NAR Labs

國家實驗研究院

2018年花蓮地震調查與探討

重要建築附屬非結構 震損調查與受震需求分析

2018/05/18

林凡茹 助理研究員

勘查團隊：國震中心—柴駿甫 林凡茹 賴姿妤 曾柏翰
成大建築系—姚昭智 涂昭仔 王于愷

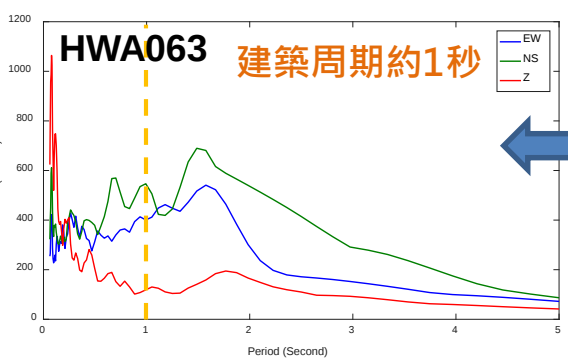
供公用使用建築之非結構勘查

- 勘查之建築類別
 - 醫院
 - 學校
 - 交通設施
- 破壞之非結構類別
 - 建築裝修構件
 - 天花板、外牆飾板等
 - 機電設備
 - 水塔、消防管線等
 - 內容物
 - 電腦、儀器、櫥櫃等

勘查點與米崙斷層位置



醫院建築



慈濟醫院 [10層樓]

0.26g(NS) 0.22g(EW) 0.26g(Z)

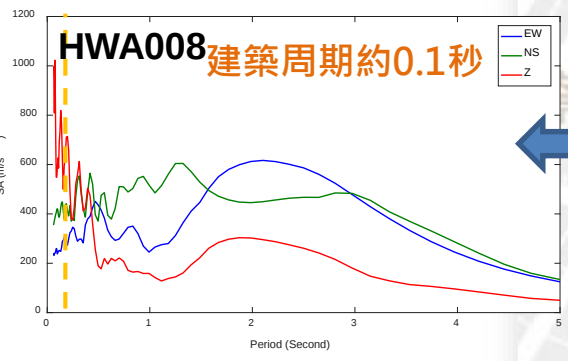
病歷架倒塌、RO管線、
供氣管線破裂



米崙斷層

1.81公里

花蓮市



[1層樓]

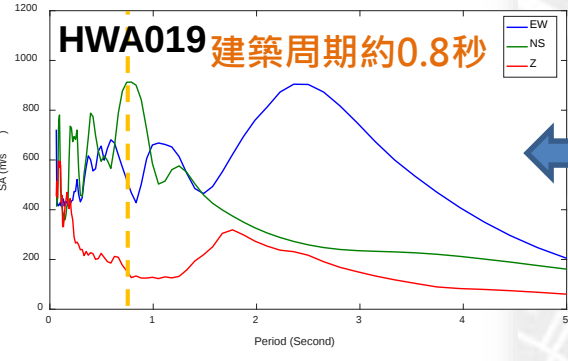
國軍醫院進豐門診

0.34g(NS) 0.23g(EW) 0.34g(Z)

病歷架受損、水塔管線斷裂



0.35公里



[8層樓] 部立花蓮醫院

0.34g(NS) 0.42g(EW) 0.24g(Z)

輕隔間破損、天花板崩塌、內容物傾倒、管線斷裂



0.2公里

慈濟醫院

底部錨定強度不足，結構
系統耐震性能不佳而傾覆

A類：底部錨定病歷架

B類：頂部連接桿病歷架

C類：移動式病歷架

透過連桿降低整體高寬
比，只有局部變形



B



C



因強震方向為病歷
架強軸，僅產生面
內變形及些微歪斜



液態氮儲槽連接管扯斷



RO水淨化槽管線扭轉破裂



部立花蓮醫院



天花板系統末端鄰近牆面處破壞



天花板管線及
管道間漏水



冰箱及物品傾倒



病房馬桶傾倒

國軍醫院進豐門診

冰箱傾倒



傾倒時



復原後

病歷櫃受損

重心高且重，支腳過細，導致地震時挫曲



學校建築



HWABA4

(其他鄰近測站均無資料)

東華大學圖書館

天花板破損及掉落



未正確設施吊線



管線無吊線、燈具掉落

書櫃



書櫃封板脫離櫃體

書本掉落



書擋可發揮良好防落效果

學校建築

[1層樓] 嘉里國小

0.20g(NS)0.25g(EW)0.33g(Z)

電腦掉落損壞、水塔管線斷裂



975公尺

[3層樓] 海星高中

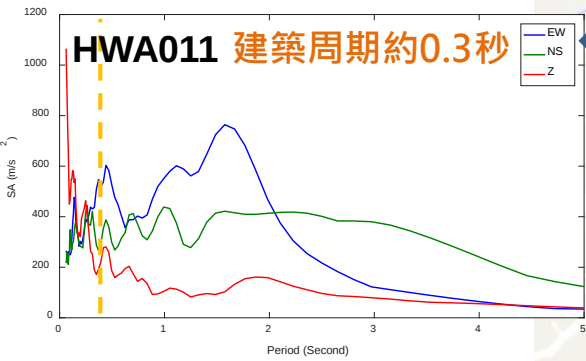
0.20g(NS)0.25g(EW)0.33g(Z)

天花板損壞、電腦主機掉落
損壞、印表機滑移撞損、飲
水機傾覆、水塔管線破損

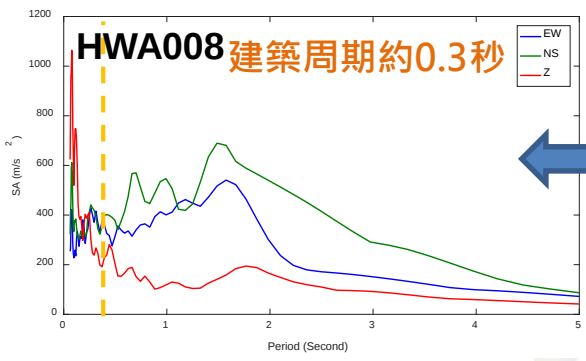


223公尺

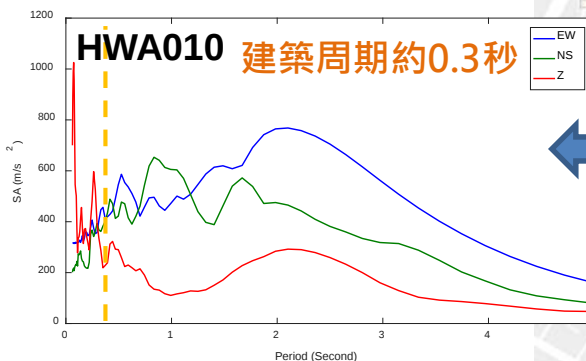
HWA011 建築周期約0.3秒



HWA008 建築周期約0.3秒



HWA010 建築周期約0.3秒



中華國小
[3層樓]

0.34g(NS)0.23g(EW)0.33g(Z)

天花板掉落、部分燈具脫落、電
腦傾倒、機櫃移位變形、冷氣送
水管破裂、女兒牆產生裂縫



207公尺

米崙斷層

明義國小 [3層樓]

0.20g(NS)0.31g(EW)0.28g(Z)

懸掉天花板損壞、書櫃損壞、
書本掉落、水塔支撐架變形



712公尺

懸吊設施

天花板破損及掉落



海星高中宿舍
天花板掉落



中華國小教室天花板破裂 中華國小活動中心天花板掉落

燈具脫落



中華國小教室燈架脫落情況

易傾覆內容物

電腦



印表機



飲水機



機櫃



盆栽



櫥櫃



水塔與管線

水塔損壞



水塔倒塌



水塔底部變形漏水

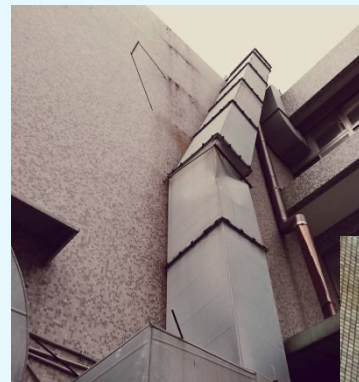


水塔支架變形



錨定情況(螺栓鏽蝕)

風管



餐廳外側風管變形



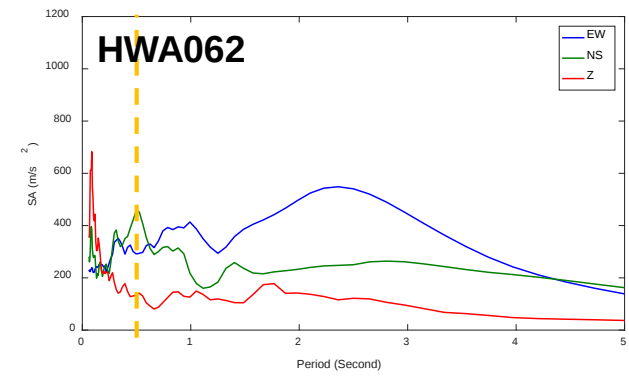
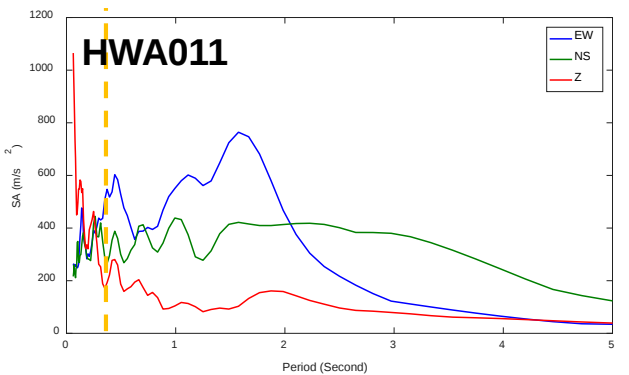
水管



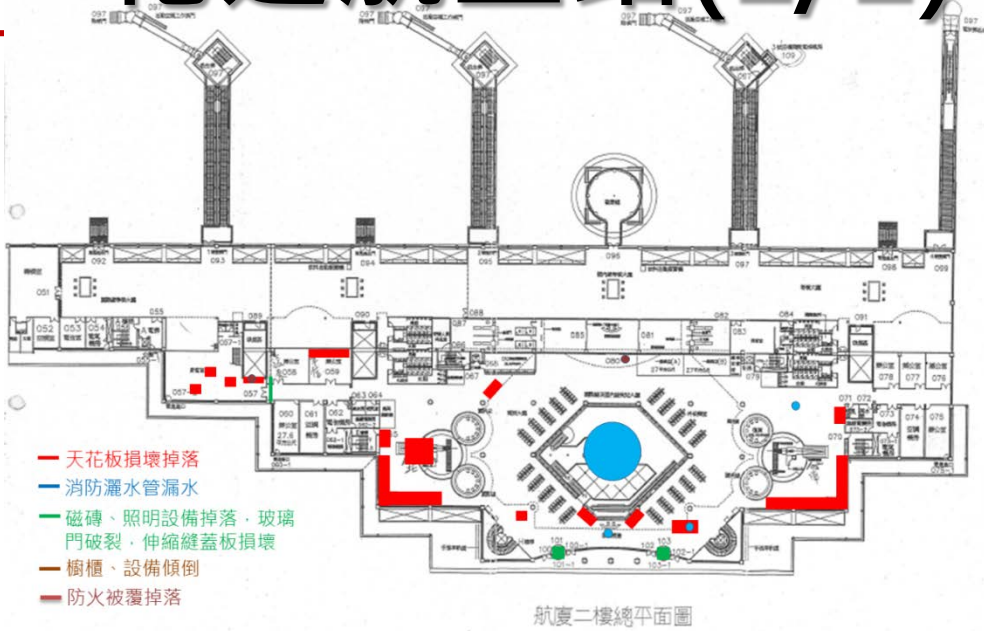
活動中心冰水管破裂



交通建築



花蓮航空站(1/2)



消防撒水管受損情況：



中庭挑空消防撒水管懸吊線鬆脫



入境大廳消防撒水管震損向下折彎損壞漏水



沖孔金屬天花上方消防撒水管漏水

花蓮航空站(2/2)

花蓮航空站天花板材質類型與受損情形：

金屬帳板天花板



礦纖明架天花板



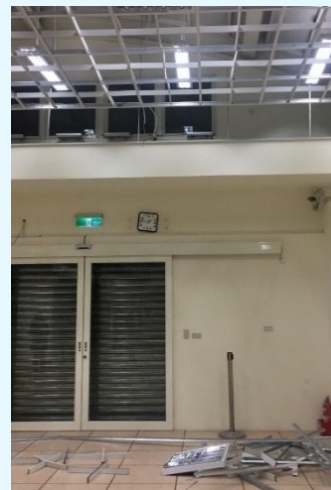
金屬沖孔明架天花板+塑膠板明架天花板



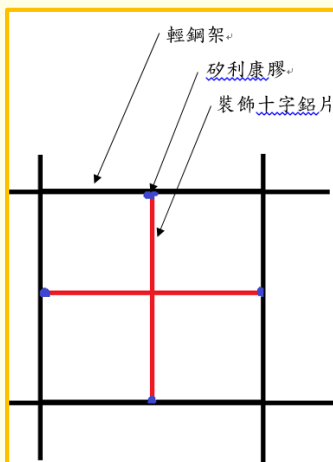
台灣港務股份有限公司



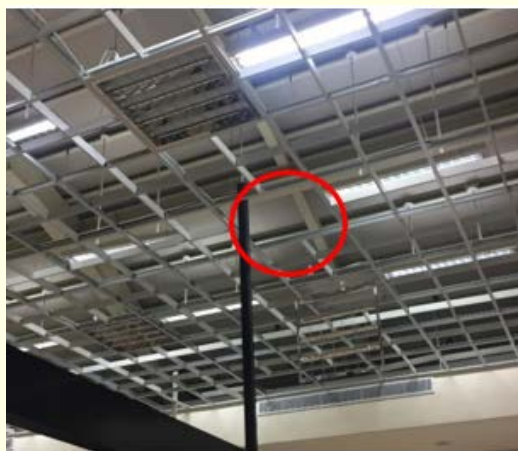
走廊天花板受損



通關大廳天花板損壞



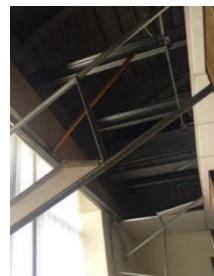
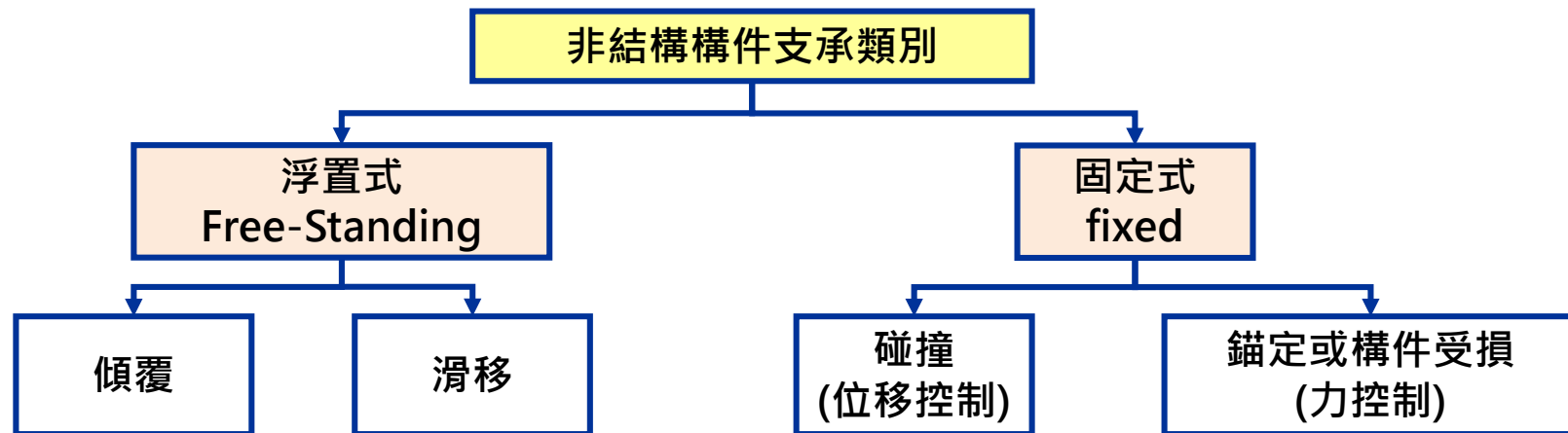
補強示意圖



通關大廳飾板(十字鋁片)掉落



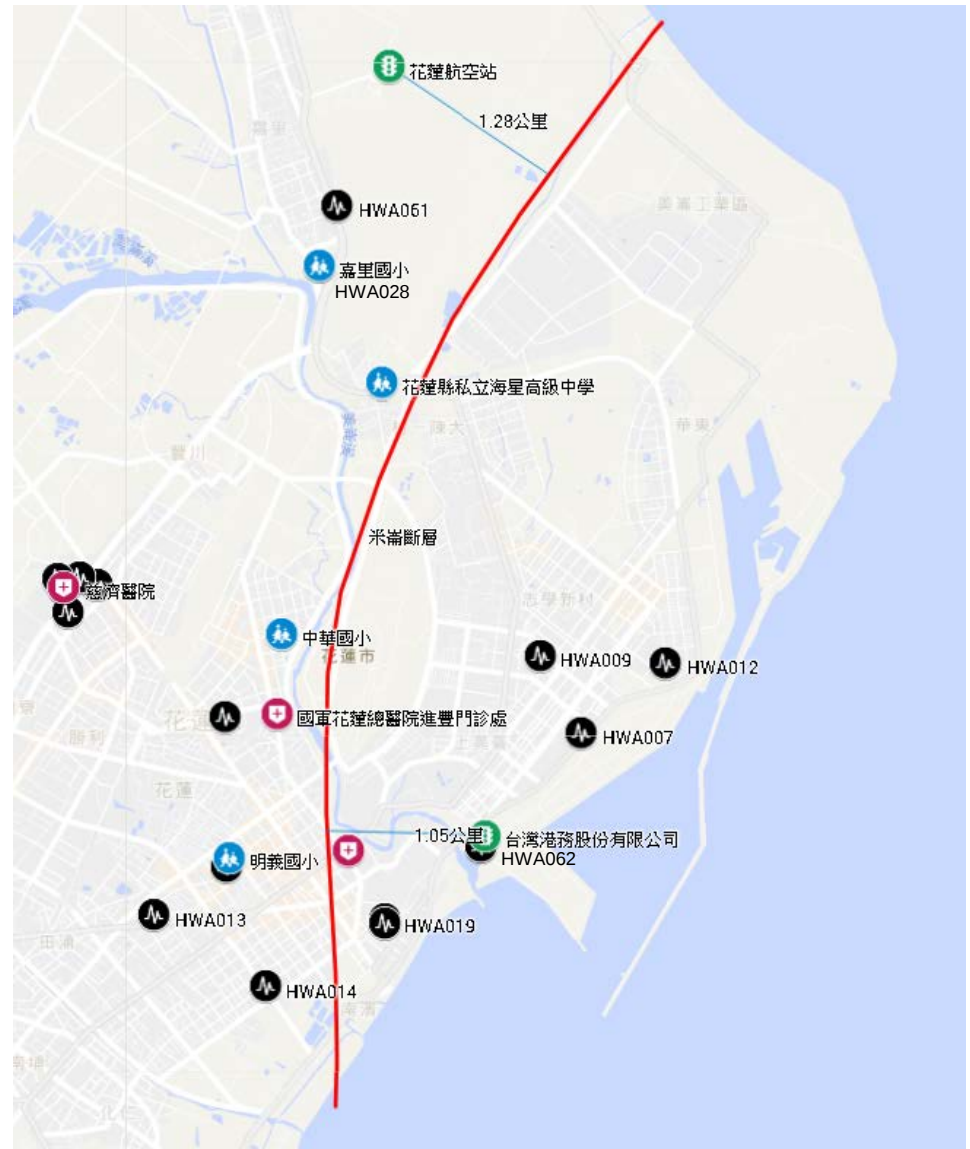
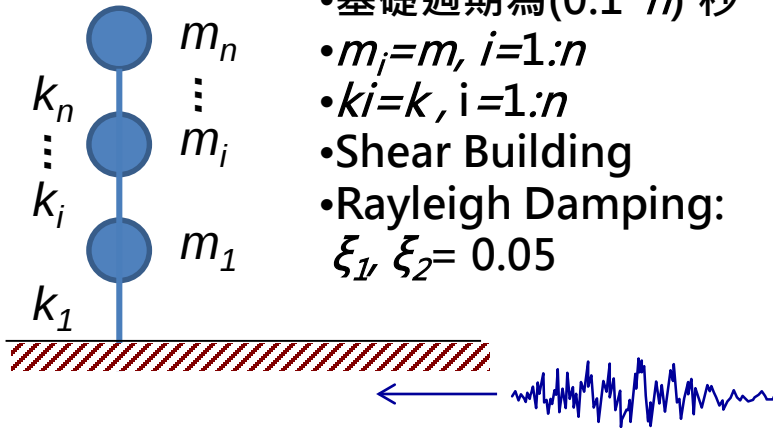
非結構受震破壞類別



花蓮地震建築反應特性(低矮建築)

n 樓建築

- $n = 1, 3, 5$
- 基礎週期為 $(0.1 * n)$ 秒
- $m_i = m, i = 1:n$
- $k_i = k, i = 1:n$
- Shear Building
- Rayleigh Damping:
 $\xi_1, \xi_2 = 0.05$



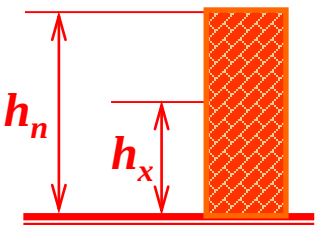
固定式非結構受震需求(力控制)

台灣耐震設計規範

- 設備最小總橫力

475年回歸期地震(DBE)

地表加速度



設備之共振放大倍數

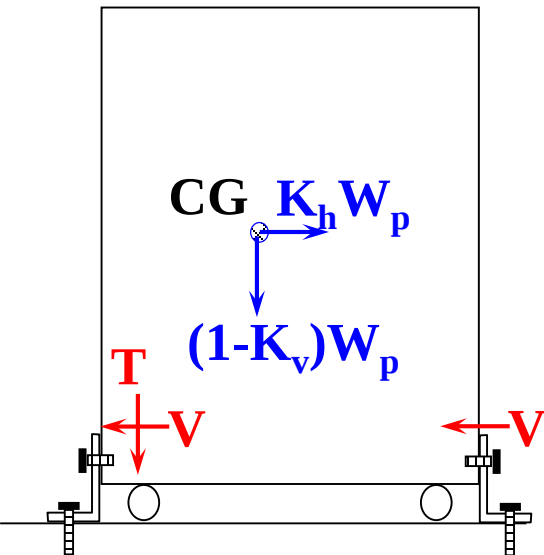
設備載重

$$F_{ph} = 0.4 S_{DS} \left(1 + 2 h_x / h_n \right) \frac{a_p}{R_{pa}} I_p W_p$$

樓板加速度

設備之用途係數

設備之容許地震反應折減係數

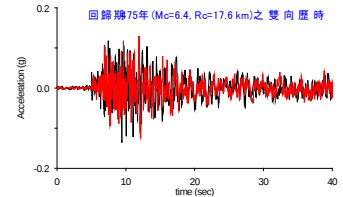


$F_{ph} = K_h W_p$ 不得小於 $0.3 S_{DS} I_P W_P$
不必大於 $1.6 S_{DS} I_P W_P$
 $K_v = 1/2 K_h$ or $2/3 K_h$

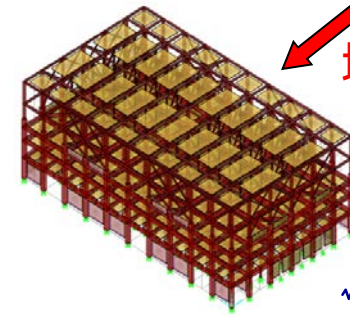
固定式非結構受震需求(力控制)

以樓板反應譜替代

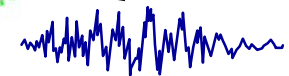
$$F_{ph} = 0.4 S_{DS} \left(1 + 2 \frac{h_x}{h_n} \right) \left[\frac{a_p}{R_{pa}} \right] I_p W_p$$



地表輸入震波

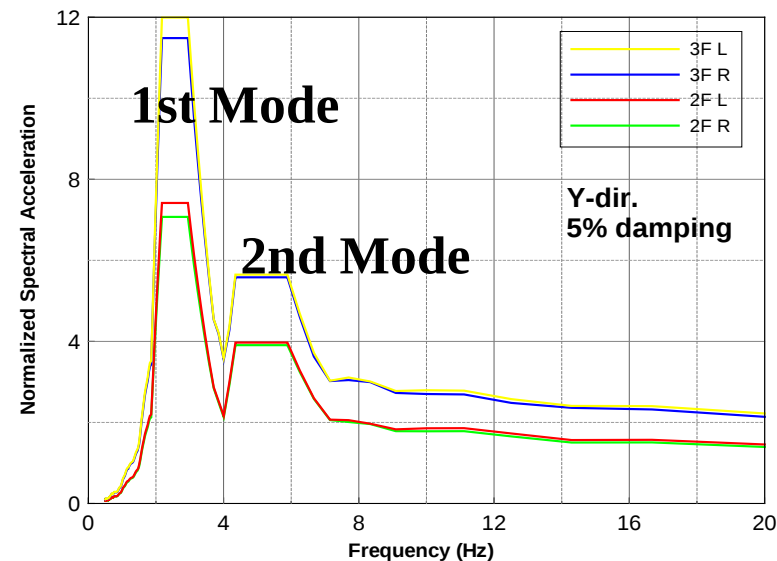


樓板加速度反應



分析過程

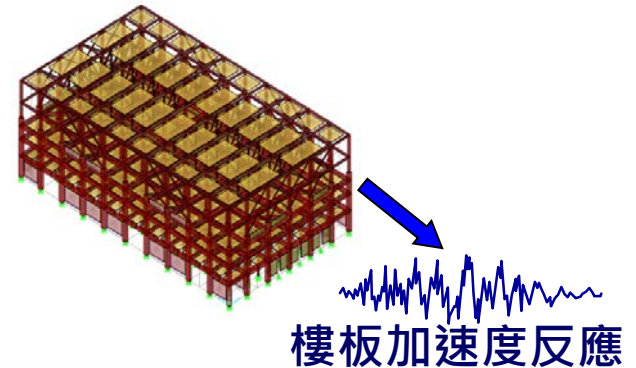
- 設計地震歷時(輸入震波)
- 建立結構模型並進行時間歷時分析
獲致各個樓層之樓版加速度反應歷時
- 藉由樓版加速度歷時製作樓板反應譜
- 藉由設備振動頻率求得基座錨定力



固定式非結構受震需求(力控制)

AC156反應譜

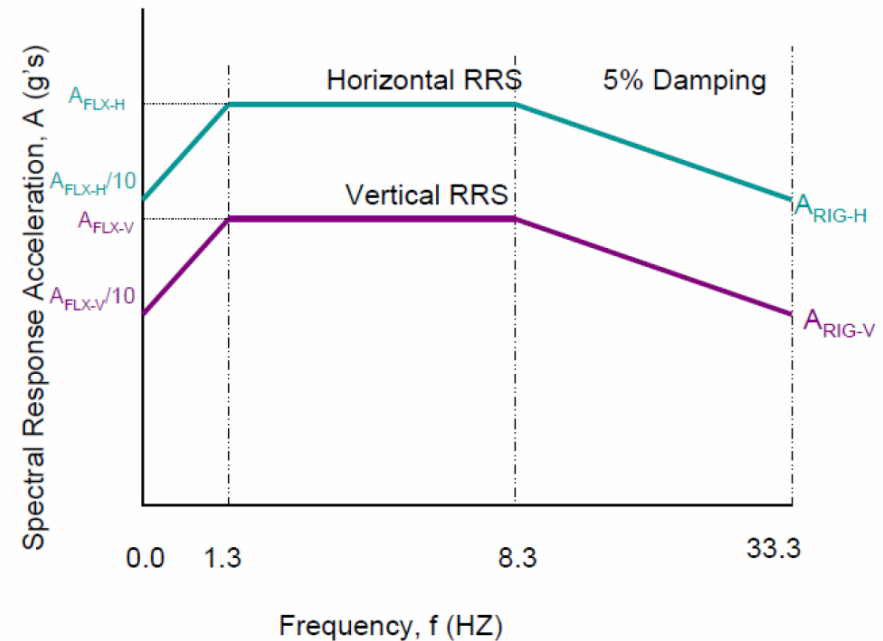
$$F_{ph} = 0.4 S_{DS} \left(1 + 2 \frac{h_x}{h_n} \right) \frac{a_p}{R_{pa}} I_p W_p$$



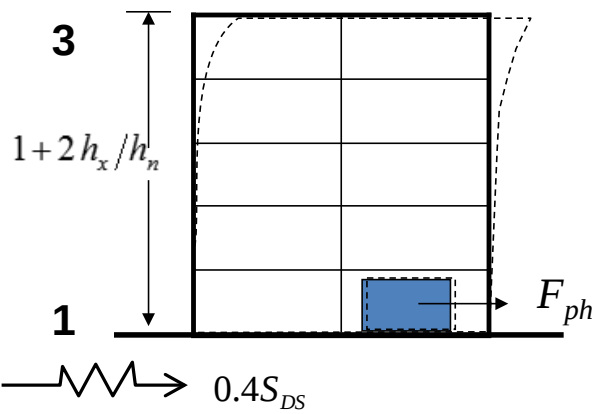
- 以AC156反應譜建立符合規範規定之通用性樓板加速度歷時

$$A_{RIG} = 0.4 S_{DS} (1 + 2 h_x / h_n)$$

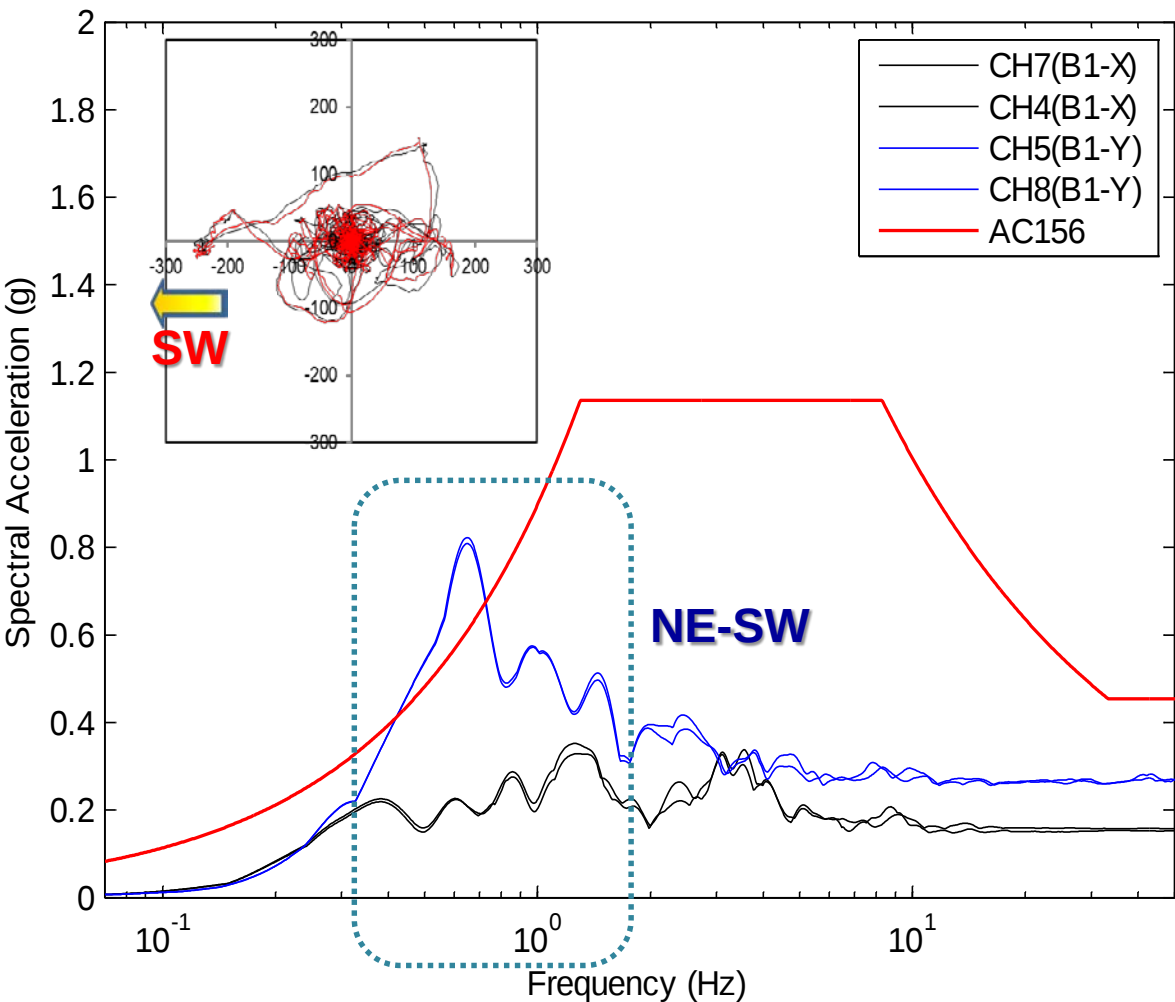
$$A_{FLX} = S_{DS} (1 + 2 h_x / h_n) \leq 1.6 S_{DS}$$



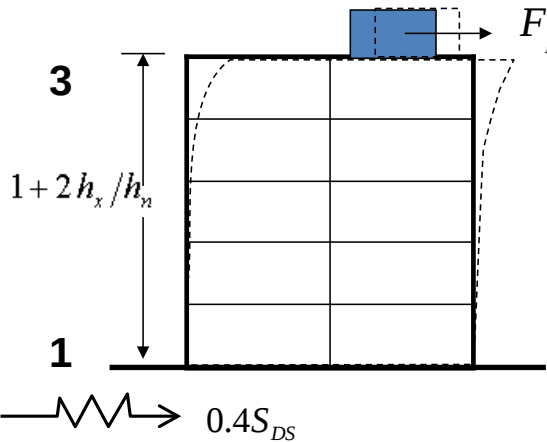
設備位於地面(地下)層



[慈濟醫院]
地下一樓病歷架錨定
處破壞並傾倒



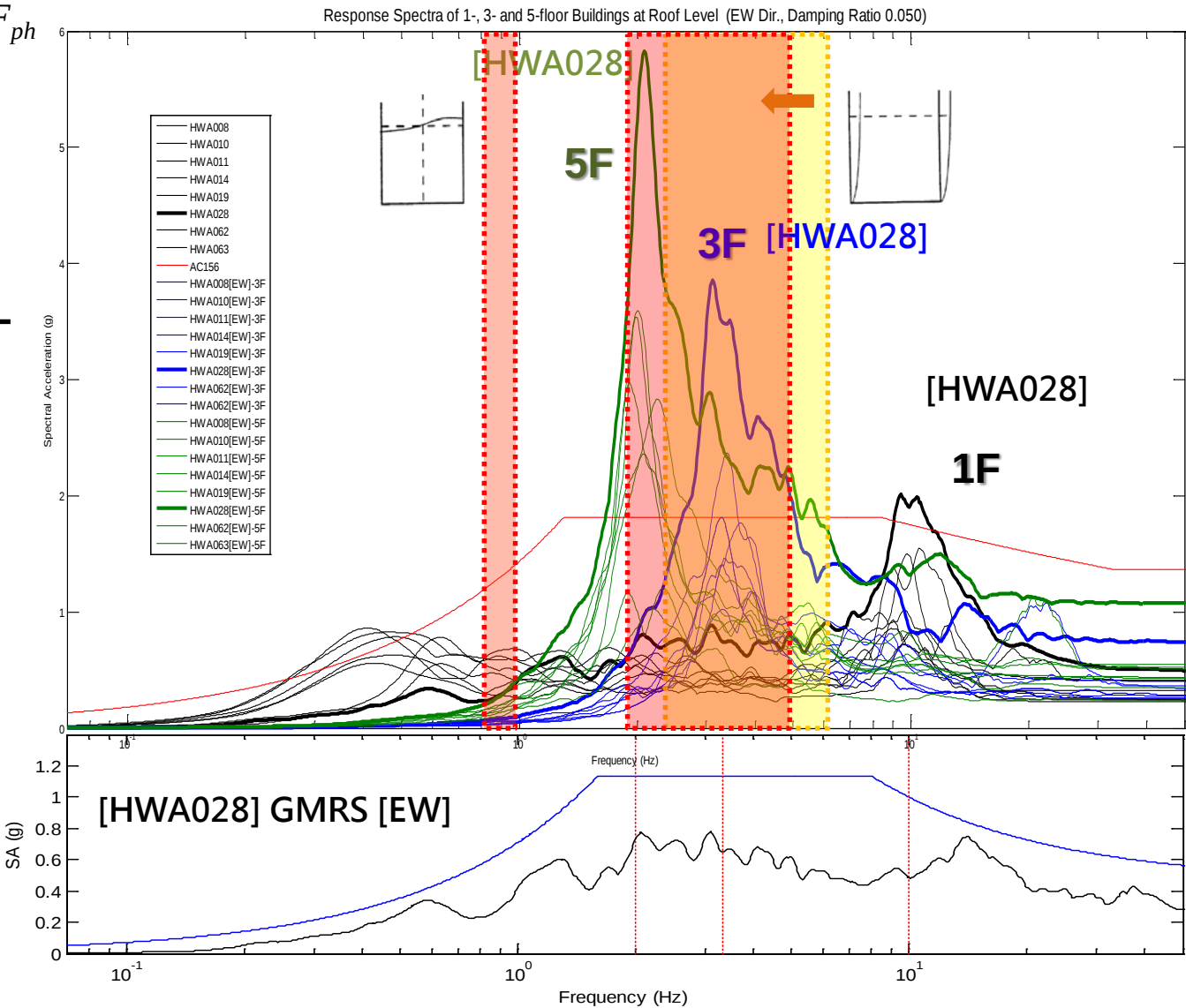
設備位於屋頂層



[海星高中]
3F宿舍頂樓水塔傾倒
及熱泵儲水桶受損

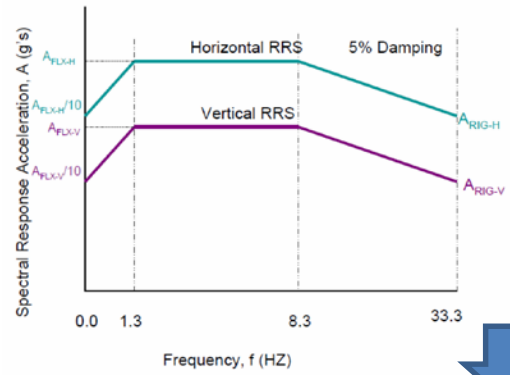


水塔傾倒水管斷裂

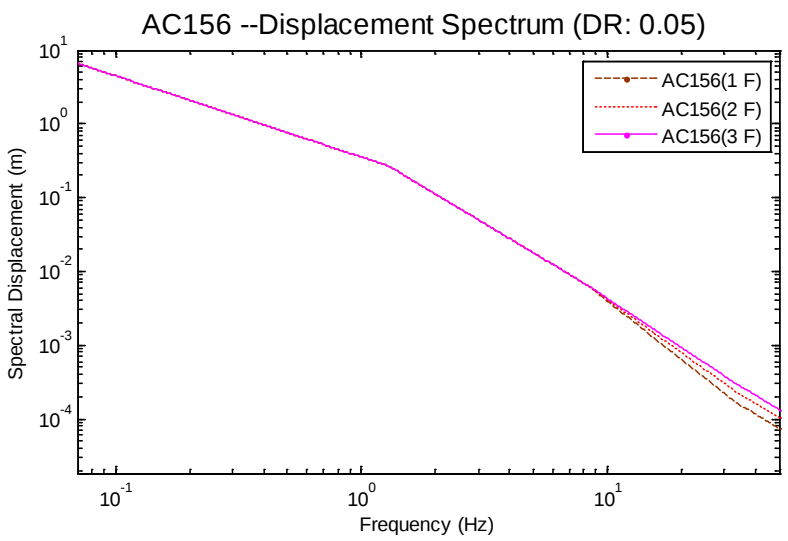


固定式非結構受震需求(位移控制)

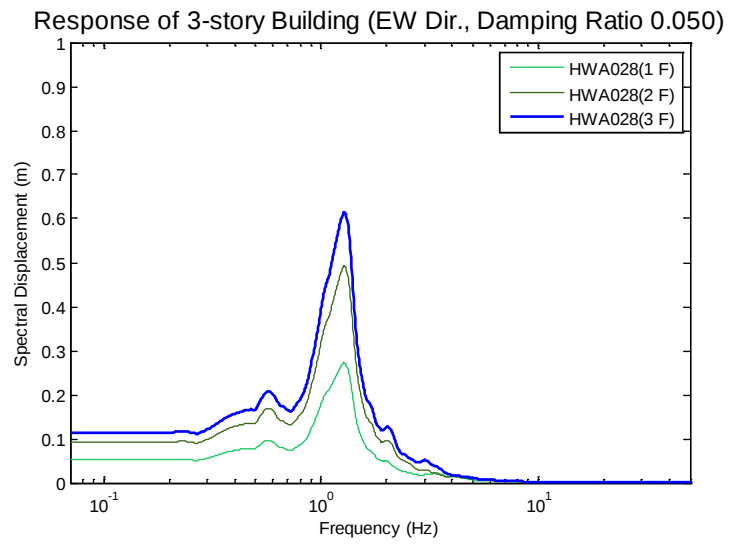
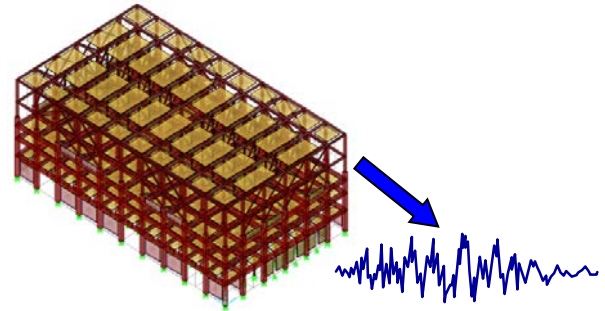
AC156反應譜



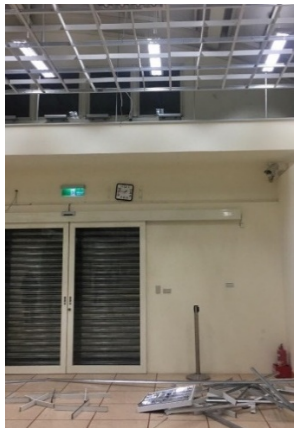
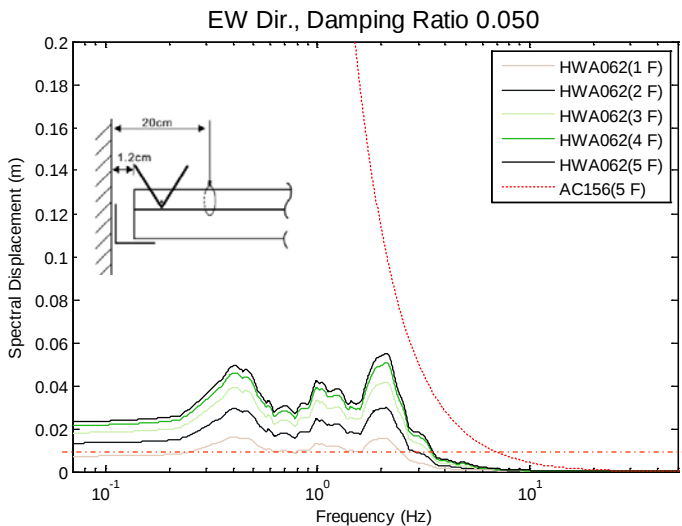
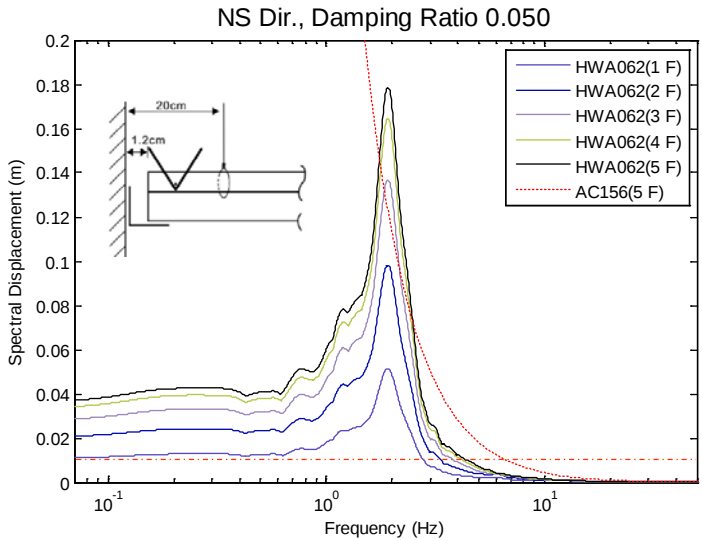
$$A_{RIG} = 0.4 S_{DS} (1 + 2h_x/h_n)$$
$$A_{FLX} = S_{DS} (1 + 2h_x/h_n) \leq 1.6 S_{DS}$$



樓板加速度反應



固定式非結構受震需求(位移控制)



通關大廳天花板
邊緣受損

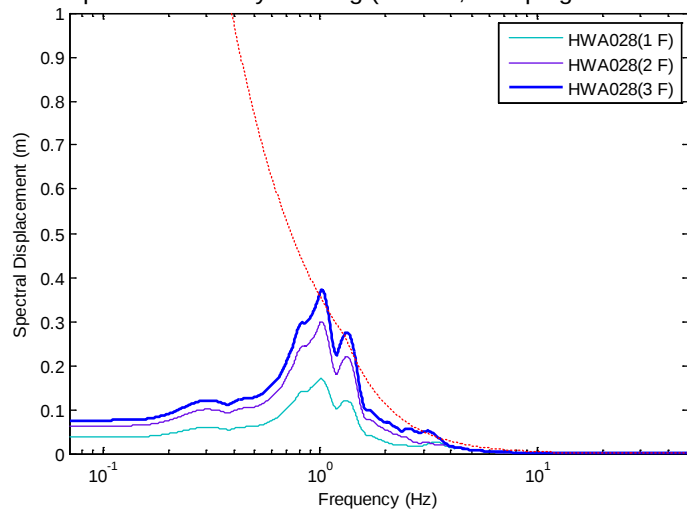


5樓走廊天花板

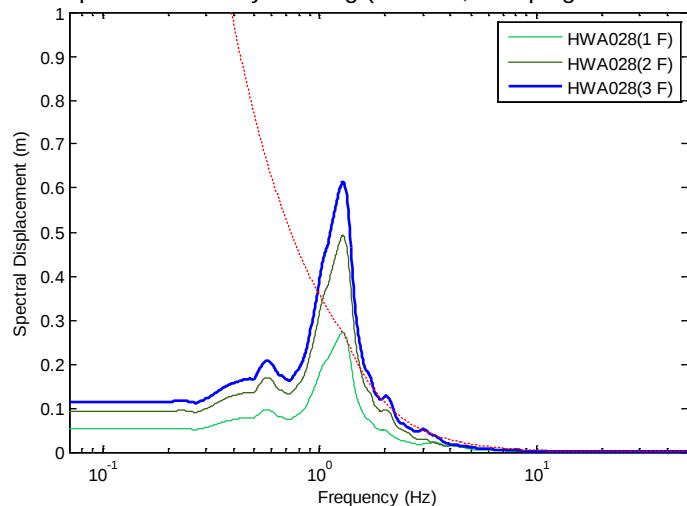
固定式非結構受震需求 (位移控制)

$$T = 0.085h_n^{3/4} = 0.789\text{秒 (19.5m高)}$$

Response of 3-story Building (NS Dir., Damping Ratio 0.050)



Response of 3-story Building (EW Dir., Damping Ratio 0.050)



[3層樓] 花蓮航空站



花蓮航空站



1.28公里

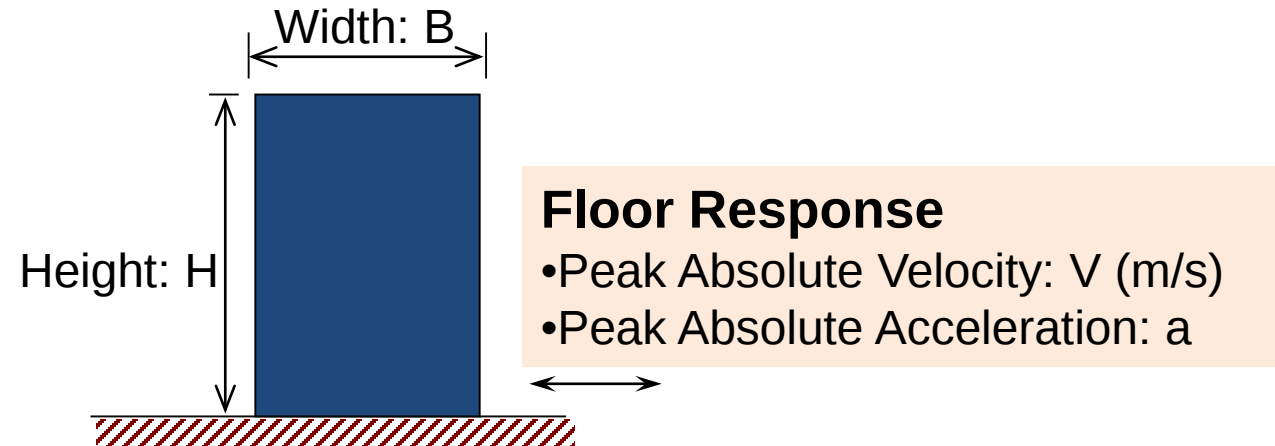
0.20g(NS) 0.25g(EW) 0.32g(Z)

米崙斷層

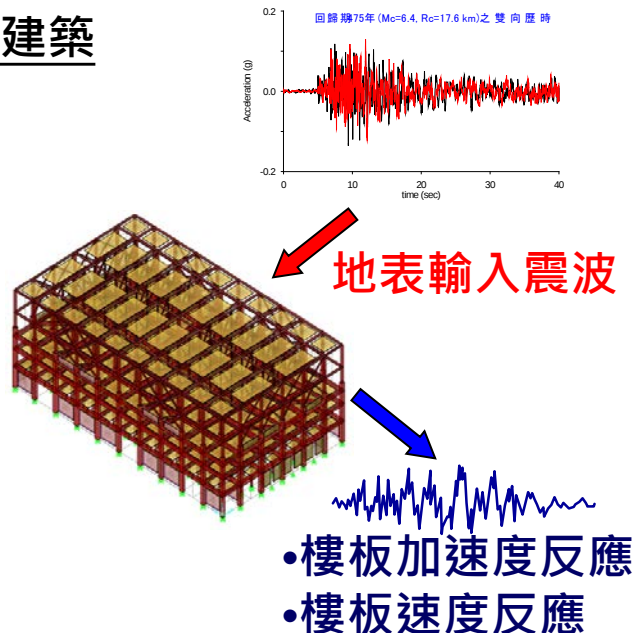
天花板掉落、消防水系統漏水、
設備物傾倒



非結構受震需求(浮置式)



特定建築



通用性樓板反應

- 樓板加速度峰值

$$PGA * \left(1 + 2 \frac{h_x}{h_n} \right)$$

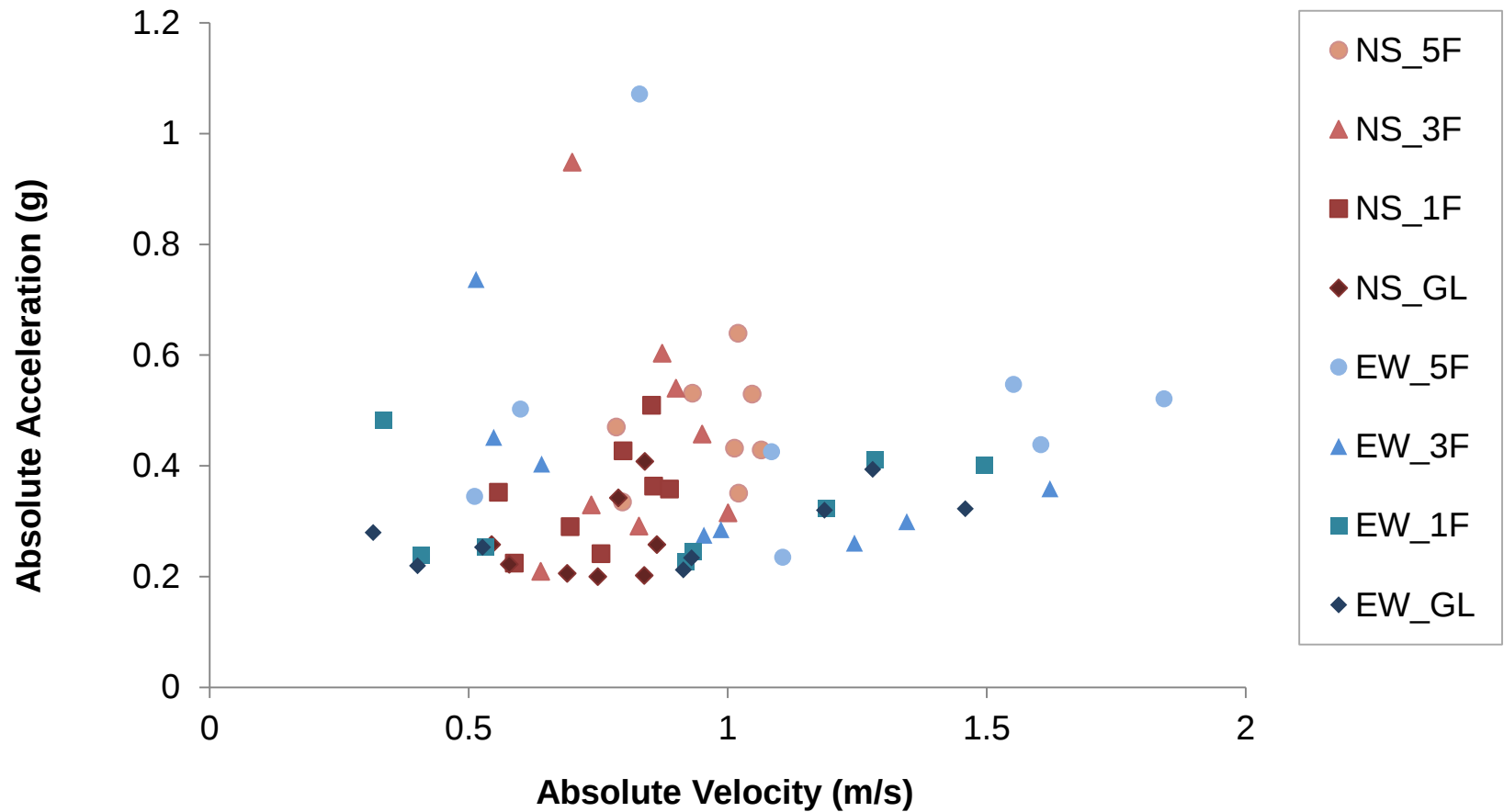
- 樓板有效速度峰值

$$PGV * [1 + (V_H - 1) * h_x / h_n]$$

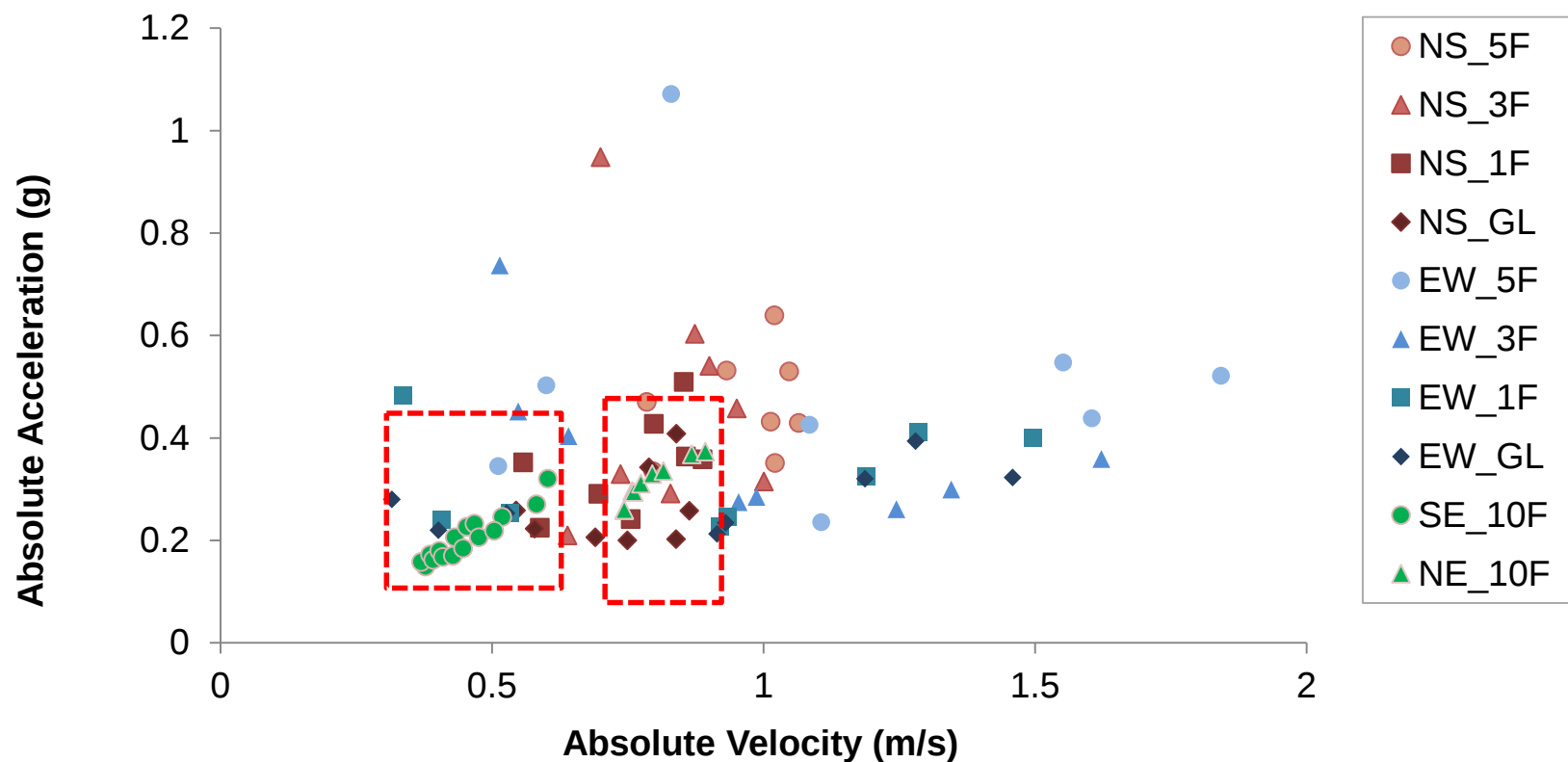
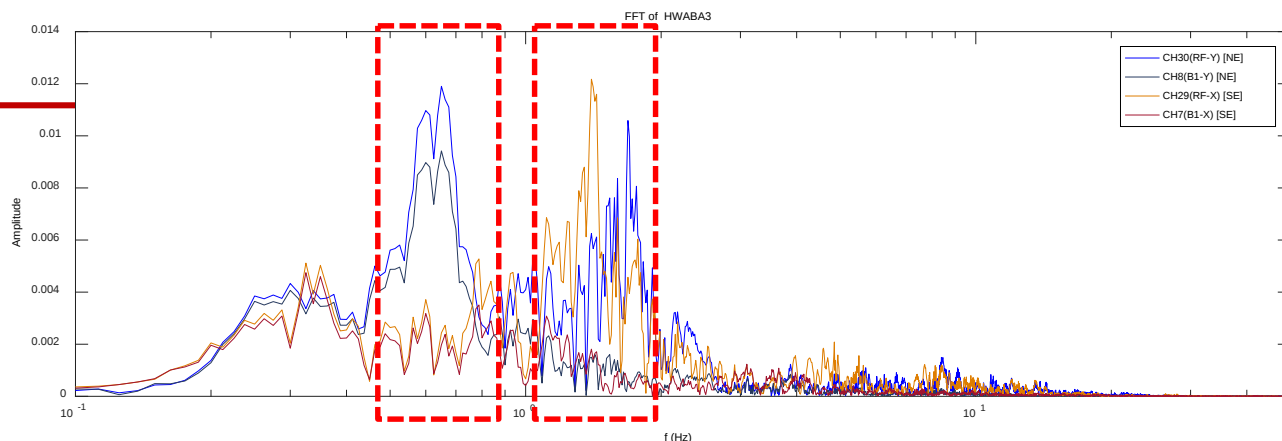
$$V_H = 1.99T + 0.79$$

* G. C. Yao, 2006

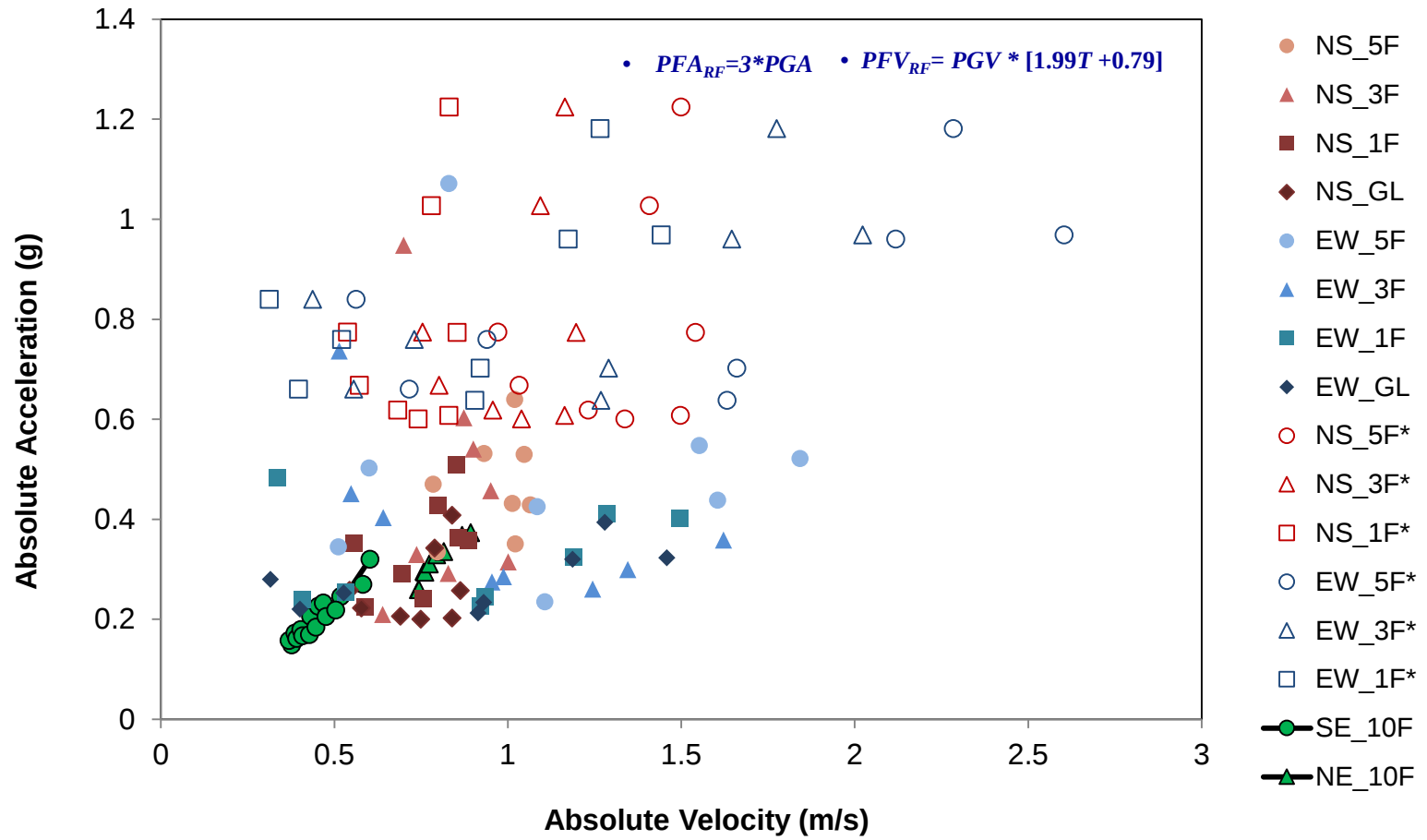
非結構受震需求(浮置式)



非結構受震需求 (浮置式)

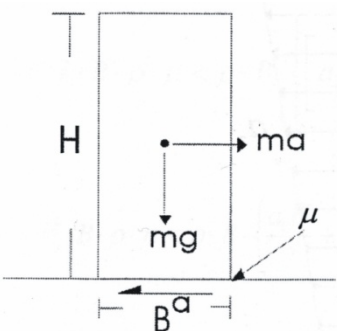
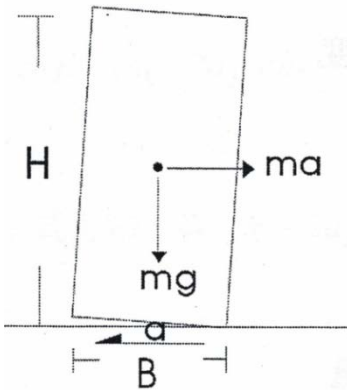
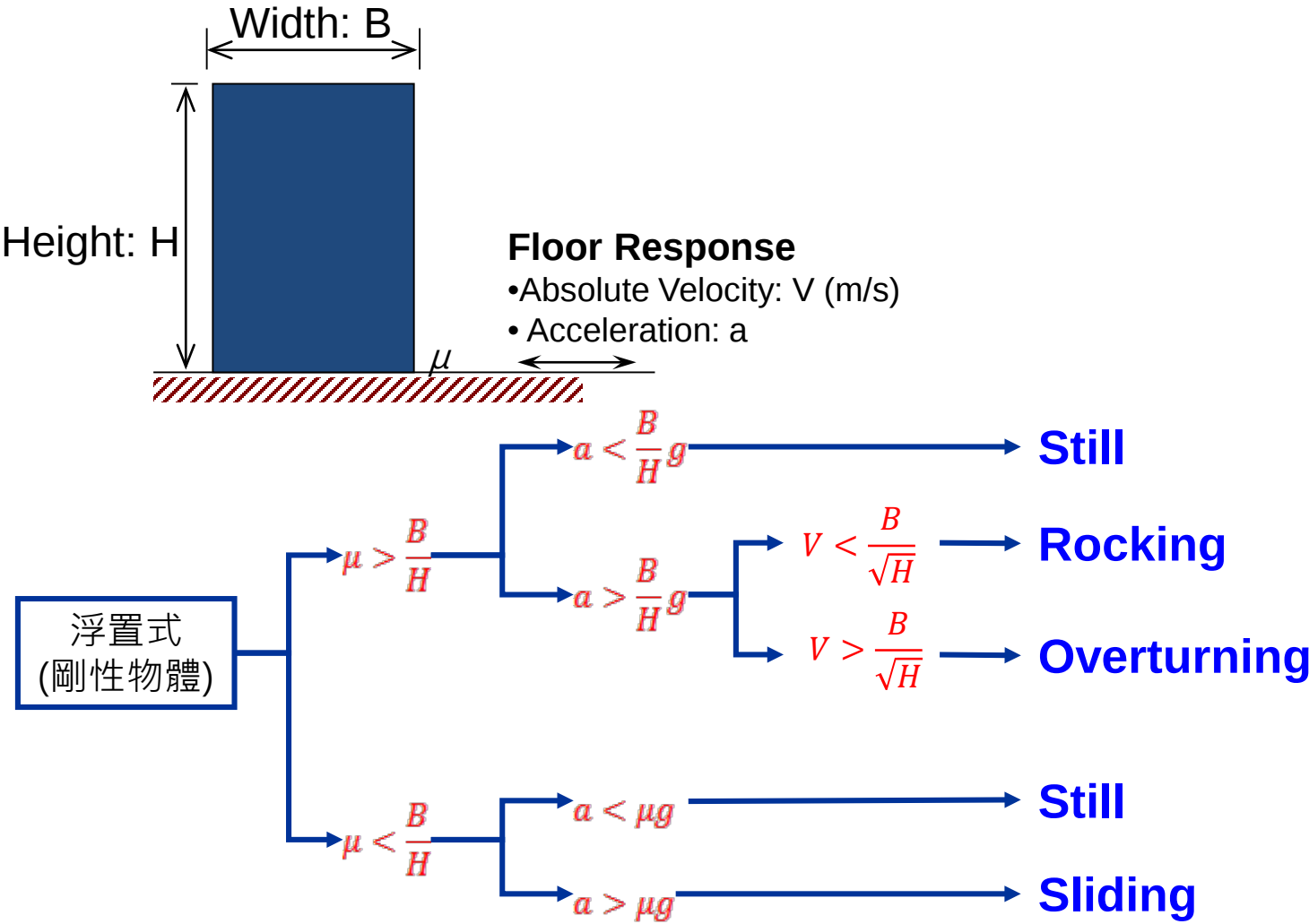


非結構受震需求(浮置式)



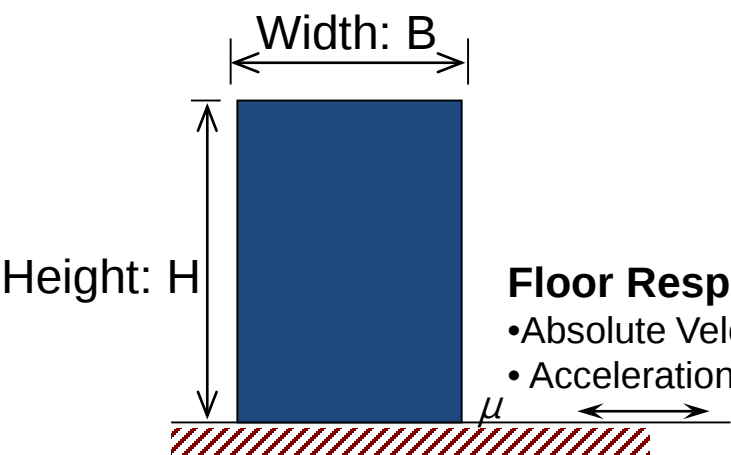
非結構受震反應(浮置式)

*Ishiyama, 1984



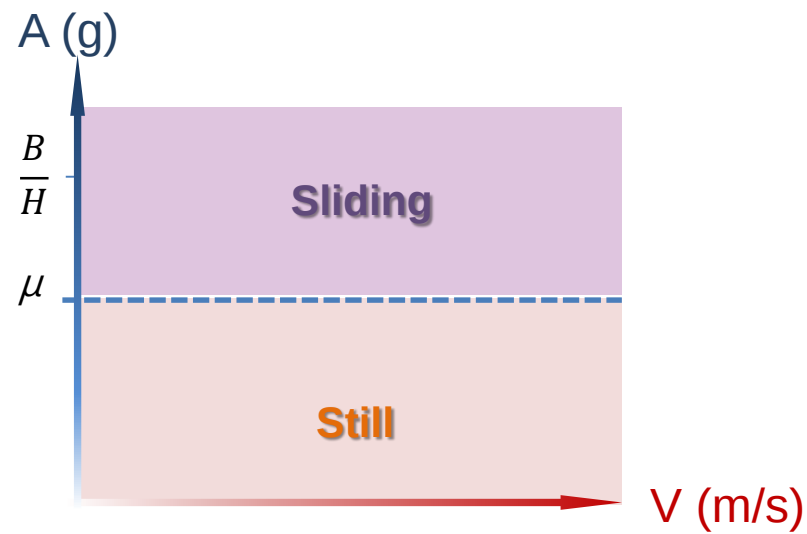
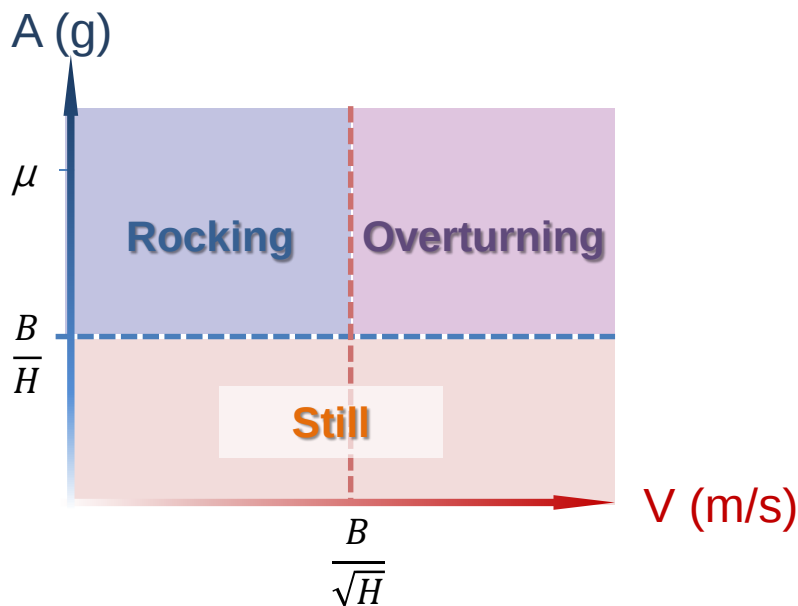
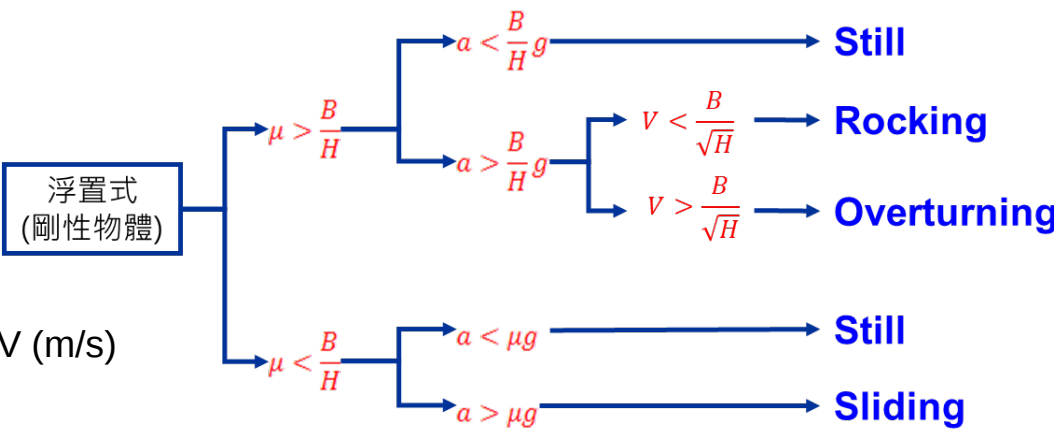
非結構受震反應(浮置式)

*Ishiyama, 1984



Floor Response

- Absolute Velocity: V (m/s)
- Acceleration: a

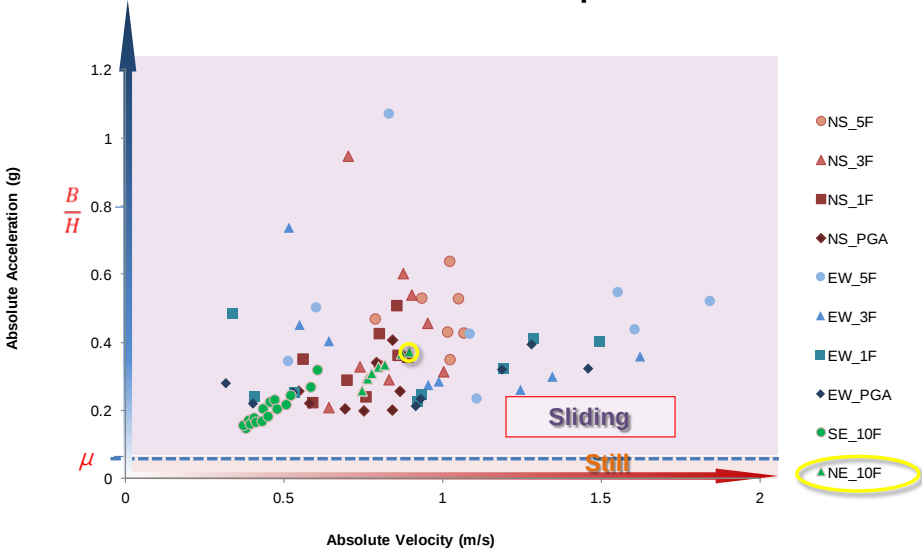


非結構受震反應(浮置式)

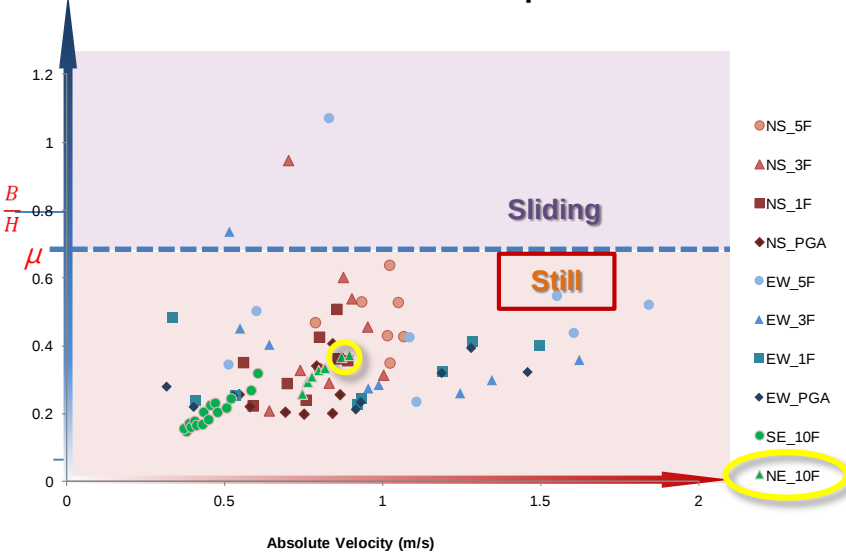
- Roller-bearing equipment
- $B/H = 0.79$, $H=1.092\text{cm}$



Unbraked
friction coefficient $\mu:0.04$

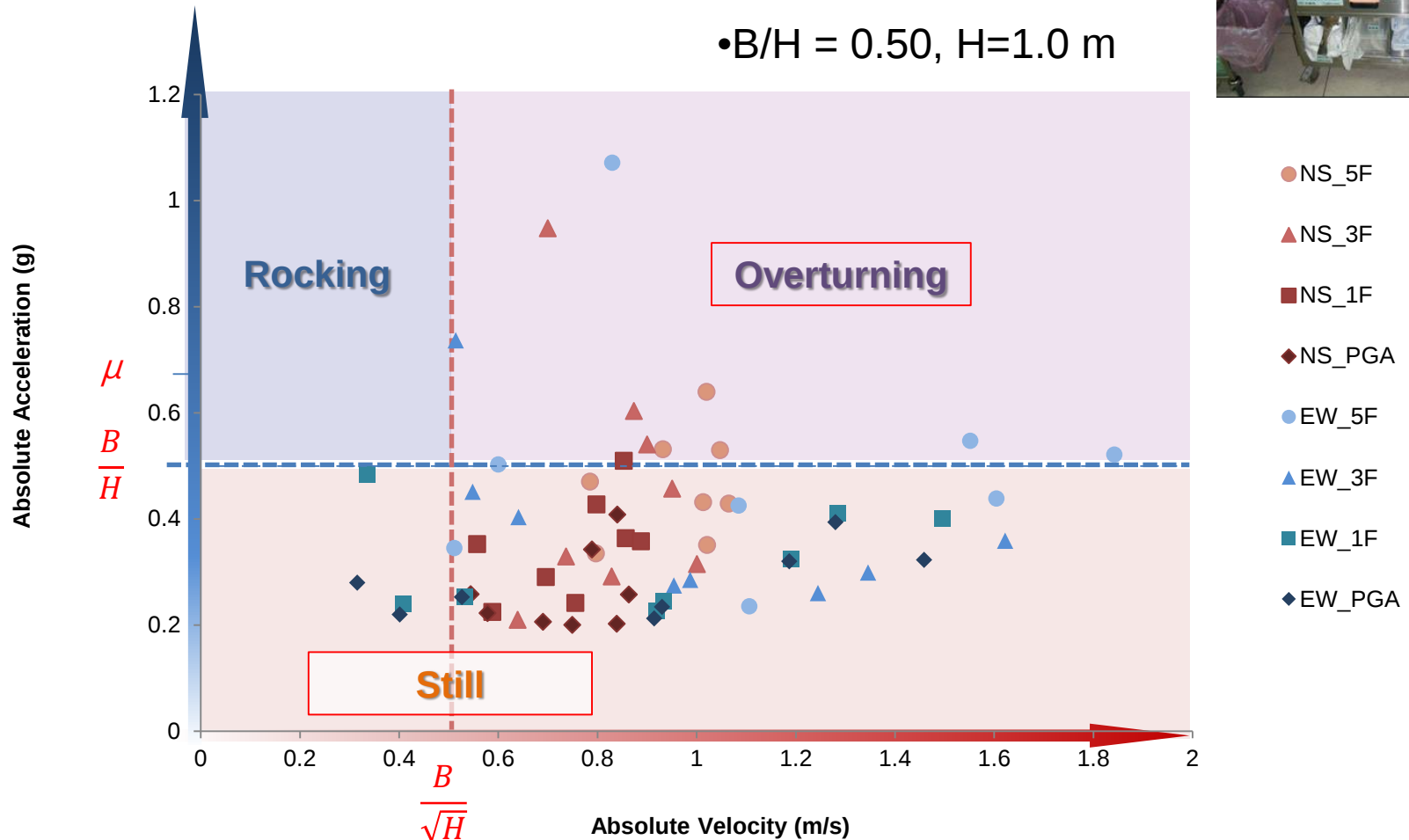


4 wheels braked
friction coefficient $\mu:0.66$



非結構受震反應(浮置式)

- 4 wheels braked
- friction coefficient μ : 0.66
- $B/H = 0.50$, $H = 1.0$ m

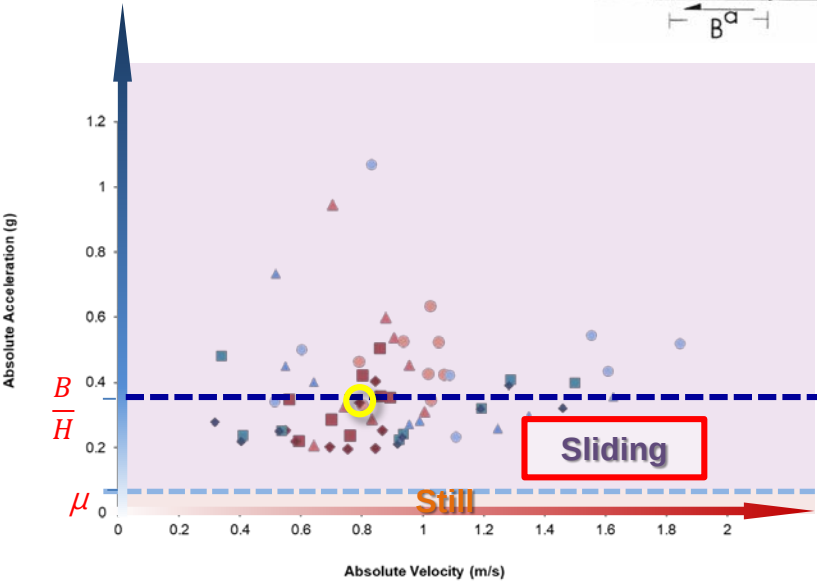
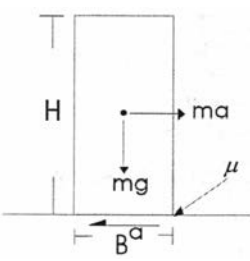


非結構受震反應(浮置式)

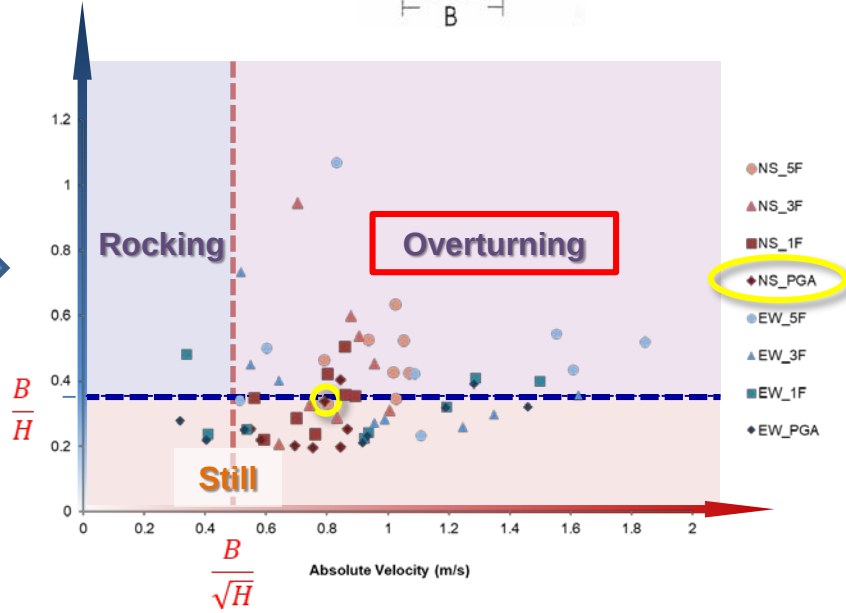
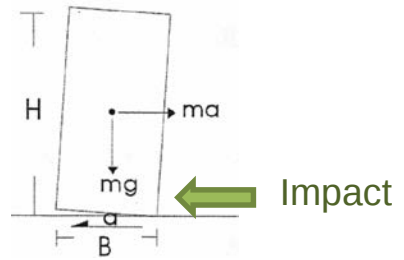
- Roller-bearing equipment
- $B/H = 0.367$, $H=1.8$ m



Unbraked
friction coefficient $\mu:0.04$

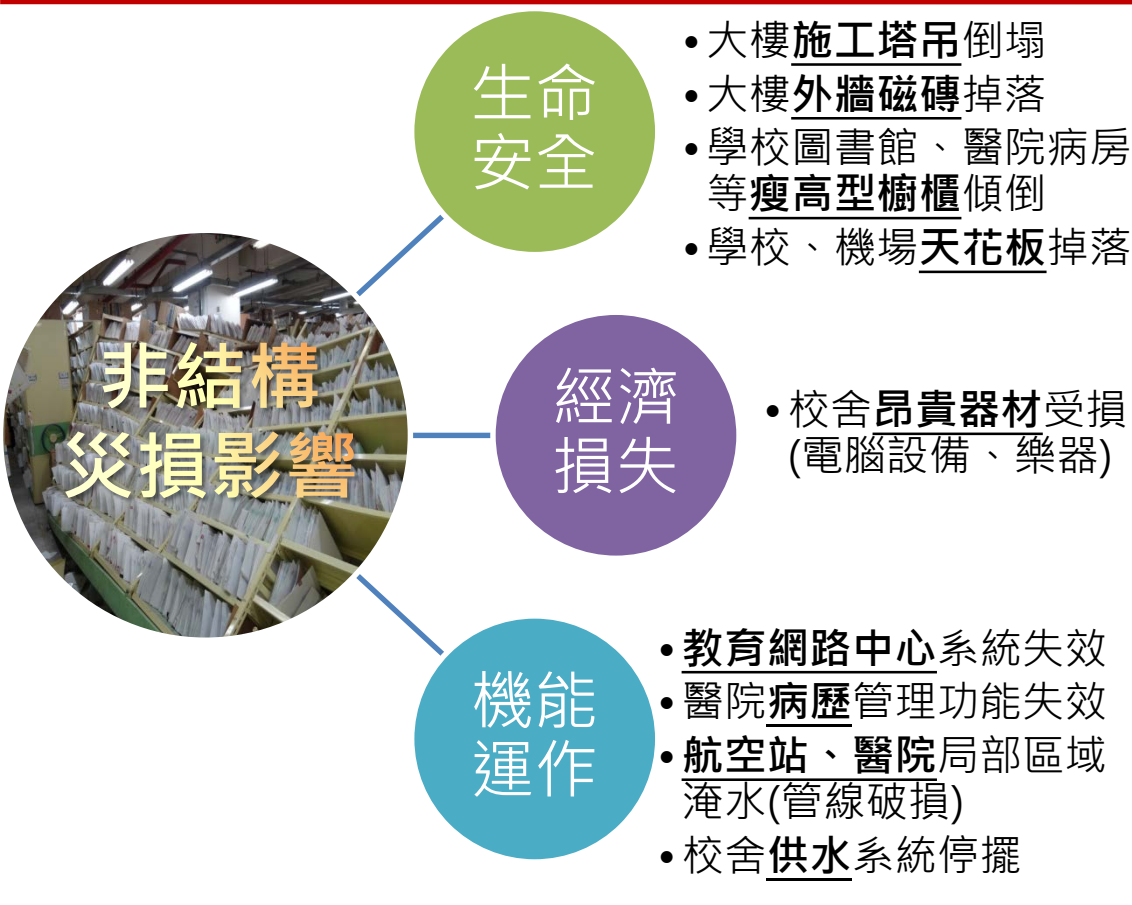


Blocked



結語(1/5)

非結構破壞影響及改善課題

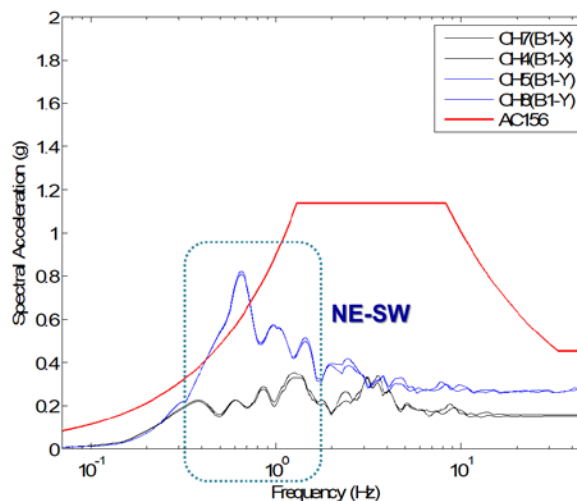
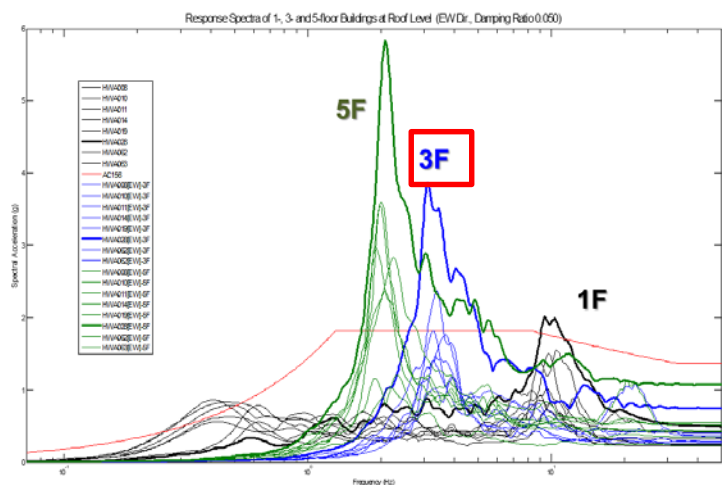
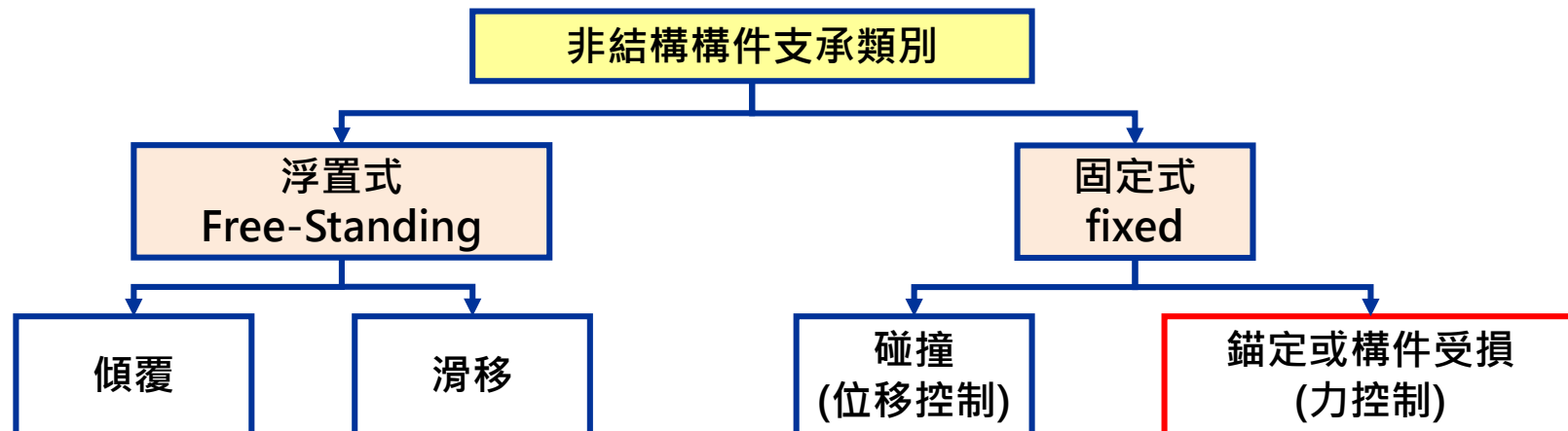


提升公共空間與供公眾使用建築之非結構耐震性能

- 推廣非結構耐震概念，並釐清新建/既有建築之非結構耐震設計/補強權責
- 強化規範對於「施工中地震之考慮」規定(耐震規範11.1節)

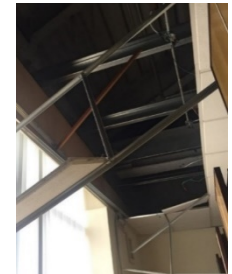
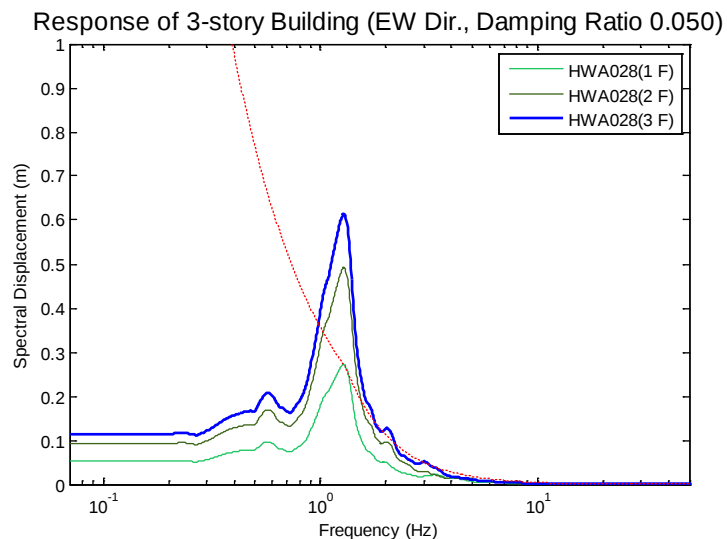
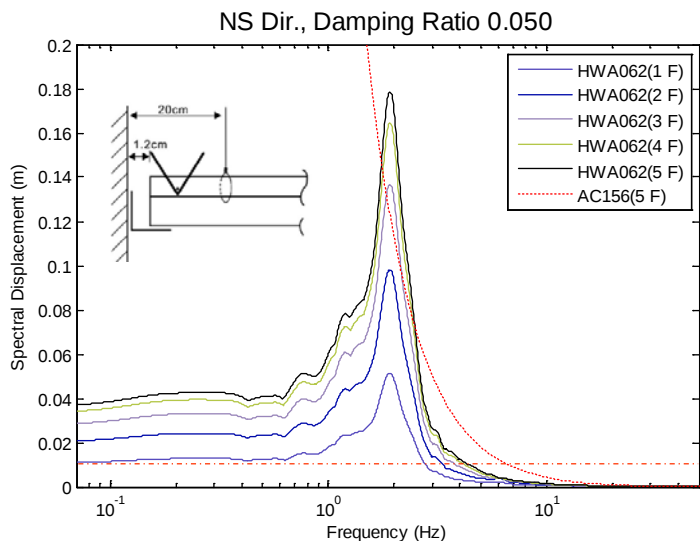
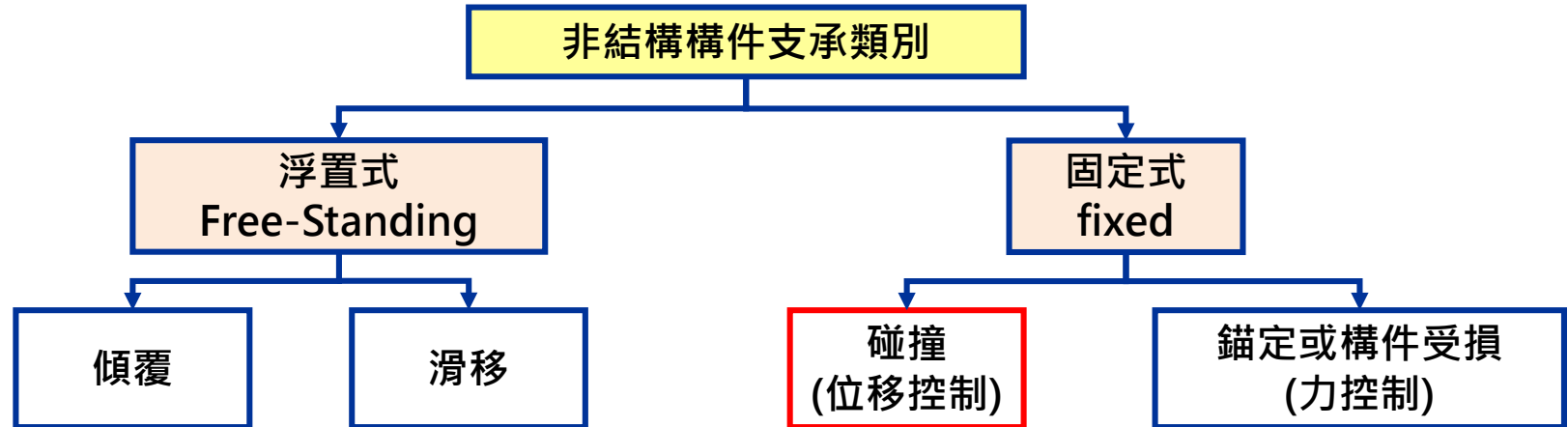
結語(2/5)

非結構受震需求分析



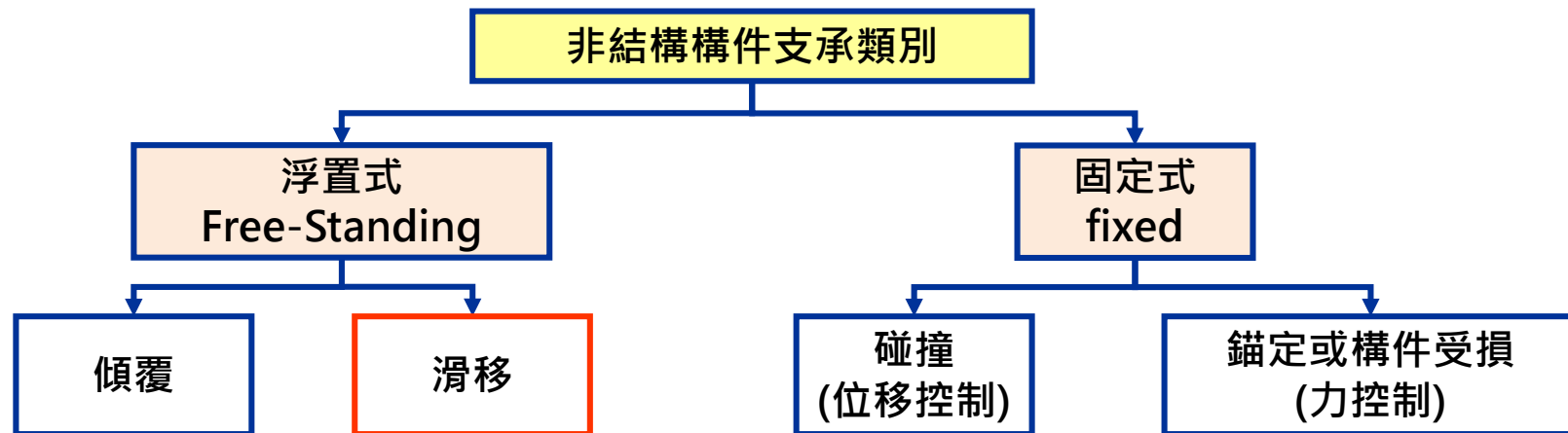
結語(3/5)

非結構受震需求分析

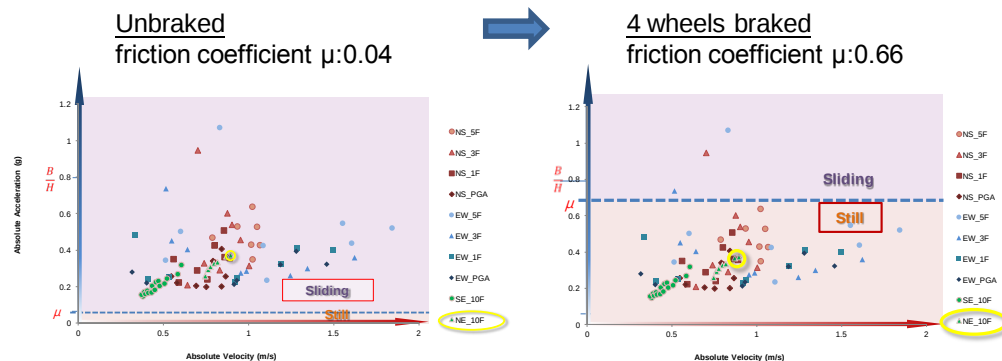


結語(4/5)

非結構受震需求分析

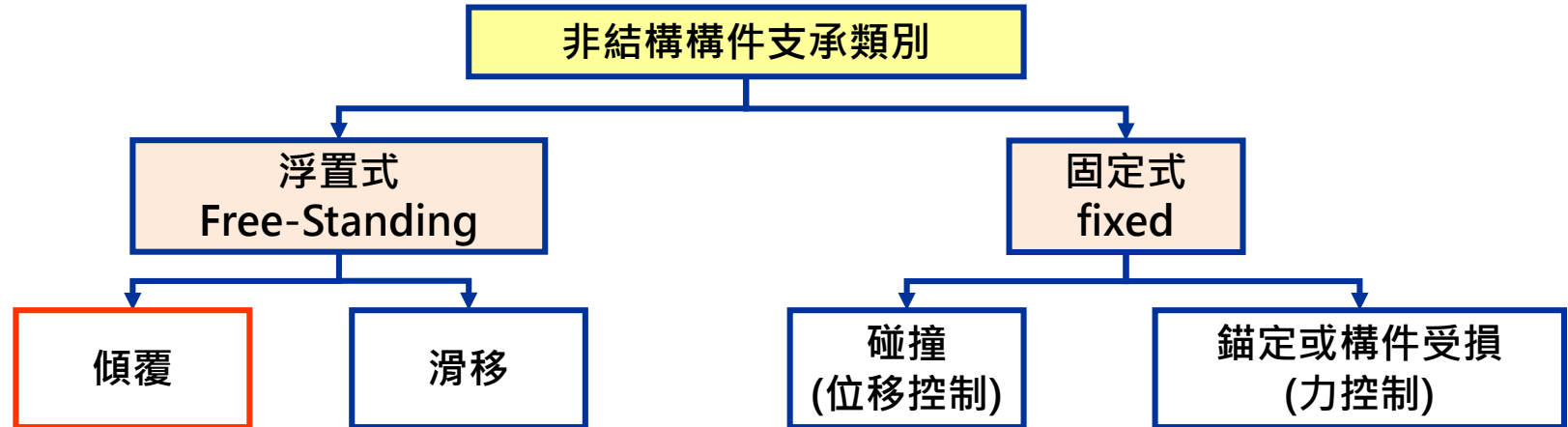


對於矮胖型設備(如 $B/H > 0.7$)，建議剎車定位



結語(5/5)

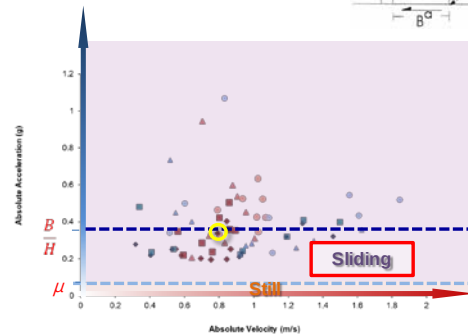
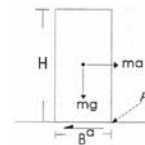
非結構受震需求分析



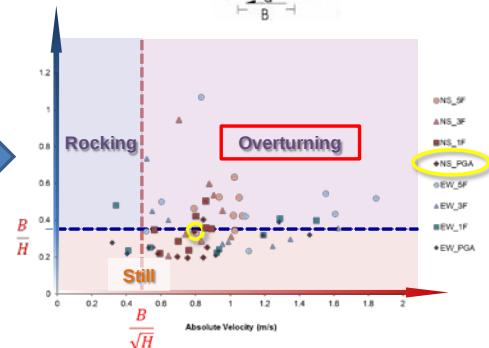
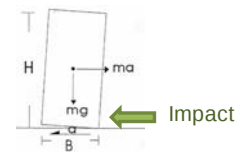
對於瘦高型設備(如 $B/H \leq 0.5$)，剎車易造成傾覆，建議在高於重心位置錨定於鄰近結構構件



Unbraked
friction coefficient $\mu: 0.04$



Blocked





2018年花蓮地震調查與探討

重要建築附屬非結構震損調查與受震需求分析

感謝聆聽 敬請指教

2018/05/18

林凡茹 助理研究員

勘查團隊：國震中心—柴駿甫 林凡茹 賴姿妤 曾柏翰
成大建築系—姚昭智 涂昭仔 王于愷