

NAR Labs 國家實驗研究院

國家地震工程研究中心

容量震譜法安全因子探討

主講人：葉勇凱

May 13, 2016

簡報大綱

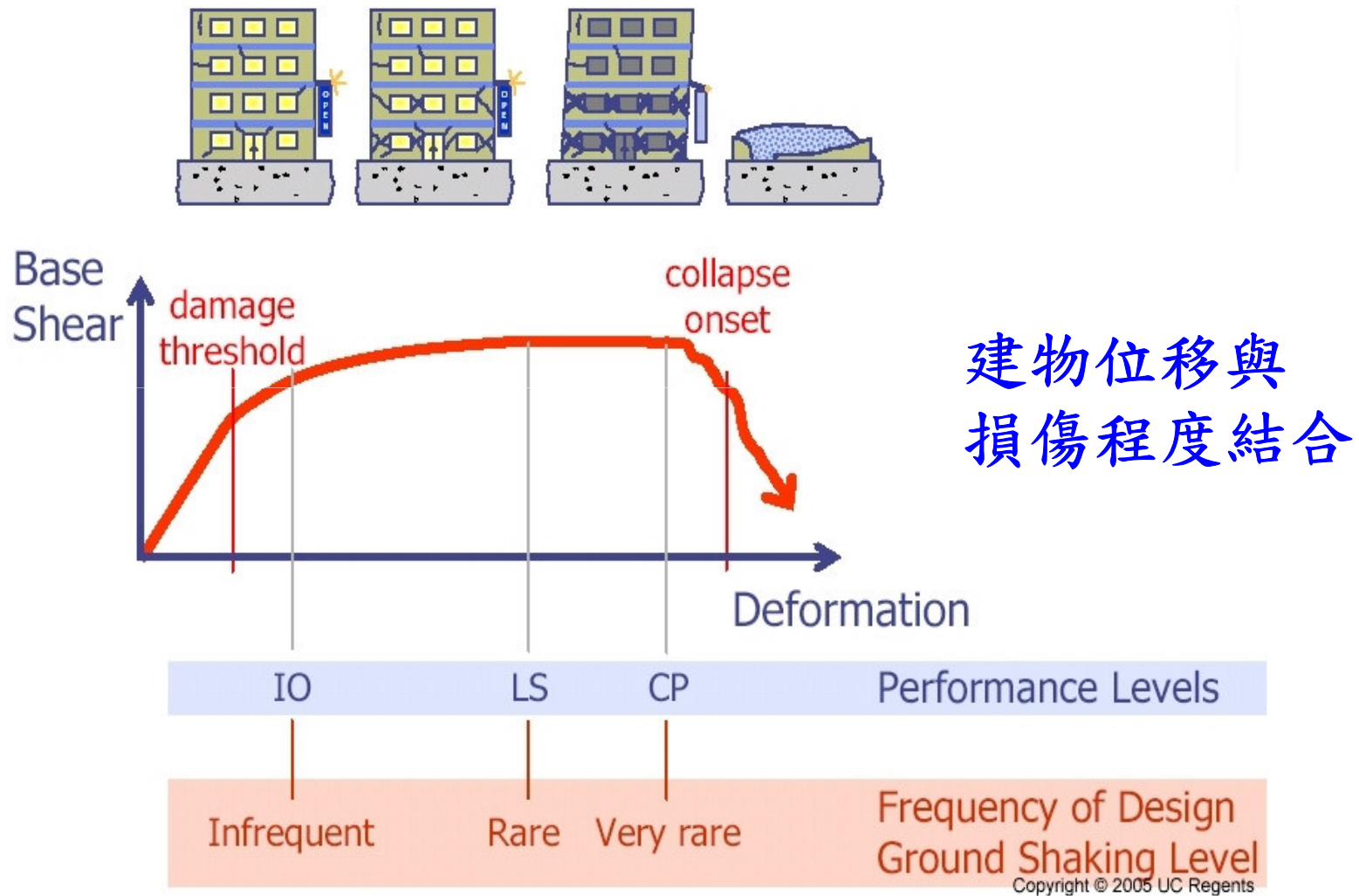
- 耐震評估與耐震設計之主要差異
- 平面構架側推分析
- 容量震譜法
- 容量震譜法安全因子

耐震評估與耐震設計之主要差異

- 非線性分析取代彈性分析
建物的非線性變形直接影響耐震能力
- 沒有載重組合與強度折減
希望掌握建物在地震中之行為
- 沒有設定之韌性容量
建物的韌性表現為評估所得
- 工程師須了解建物變形與損傷程度之關係
與業主商議性能目標

平面構架側推分析

容量曲線為建物地震反應之包絡線



以側推分析建立容量曲線

- 以非線性靜力分析代替非線性動力分析
工程師習慣設計反應譜且動力分析較為繁複
- 模擬動力分析之屋頂位移
屋頂非線性位移直接關係建物耐震能力
- 基於平面構架側推分析
FEMA 356要求主控模態質量參與係數高於75%
平面不規則或較高樓層建物分析誤差較大

側力豎向分配與施載點

- 各樓層(剛性樓版)側力之合力需施載於樓層質量中心
- 側力分配係基於結構的等效模態

$$V_i = \frac{w_i \phi_i}{\sum_j w_j \phi_j} V$$

w_i 為建物樓層*i*的樓層重

ϕ_i 為建物側推方向之主控模態於樓層*i*振幅在側推方向的分量

or 為倒三角形分量

or 為建物側推過程樓層*i*之位移(變化，不易執行)

構件之非線性鉸

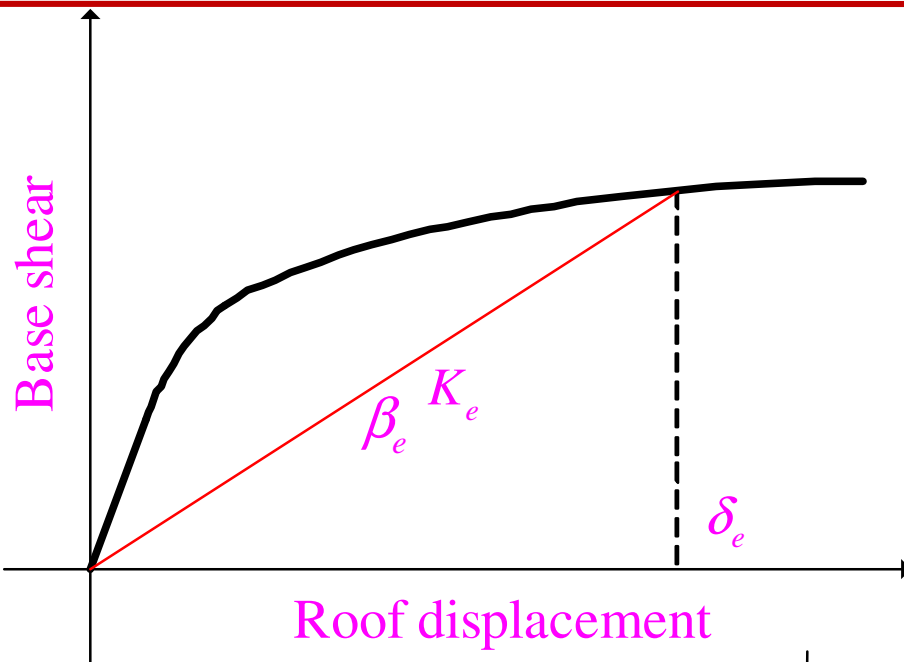
- 構件非線性反應集中由非線性鉸表現
忽略了塑鉸長度與剪力跨度(Shear Span)的影響
- 以軸力、剪力及彎矩非線性鉸各自表現對應之破壞模式
非線性鉸性質由單柱反覆載重試驗取得
- 以垂直載重分析之構件軸力設定非線性鉸性質
垂直載重狀態可視為地震中之平均軸力狀態，且單柱試驗多在固定軸力之條件下進行

容量震譜法

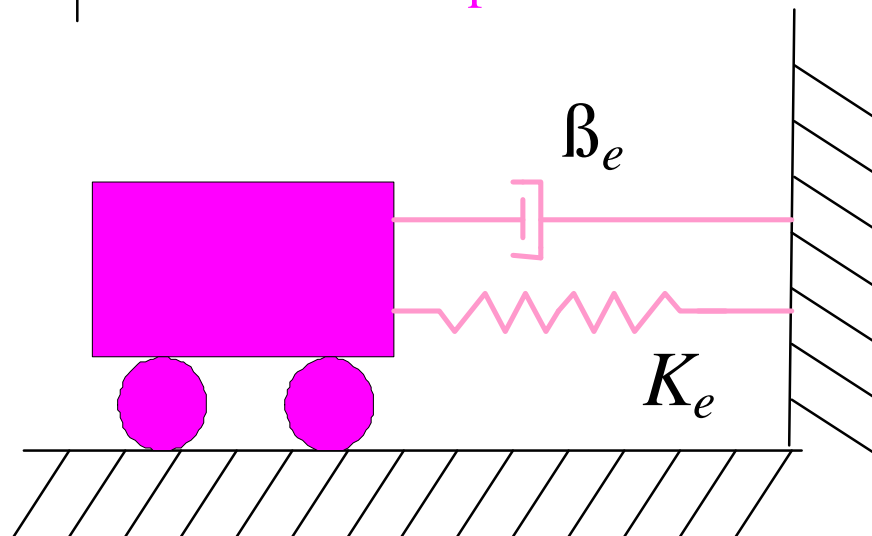
靜力分析評估法



容量震譜法的等效單自由度系統

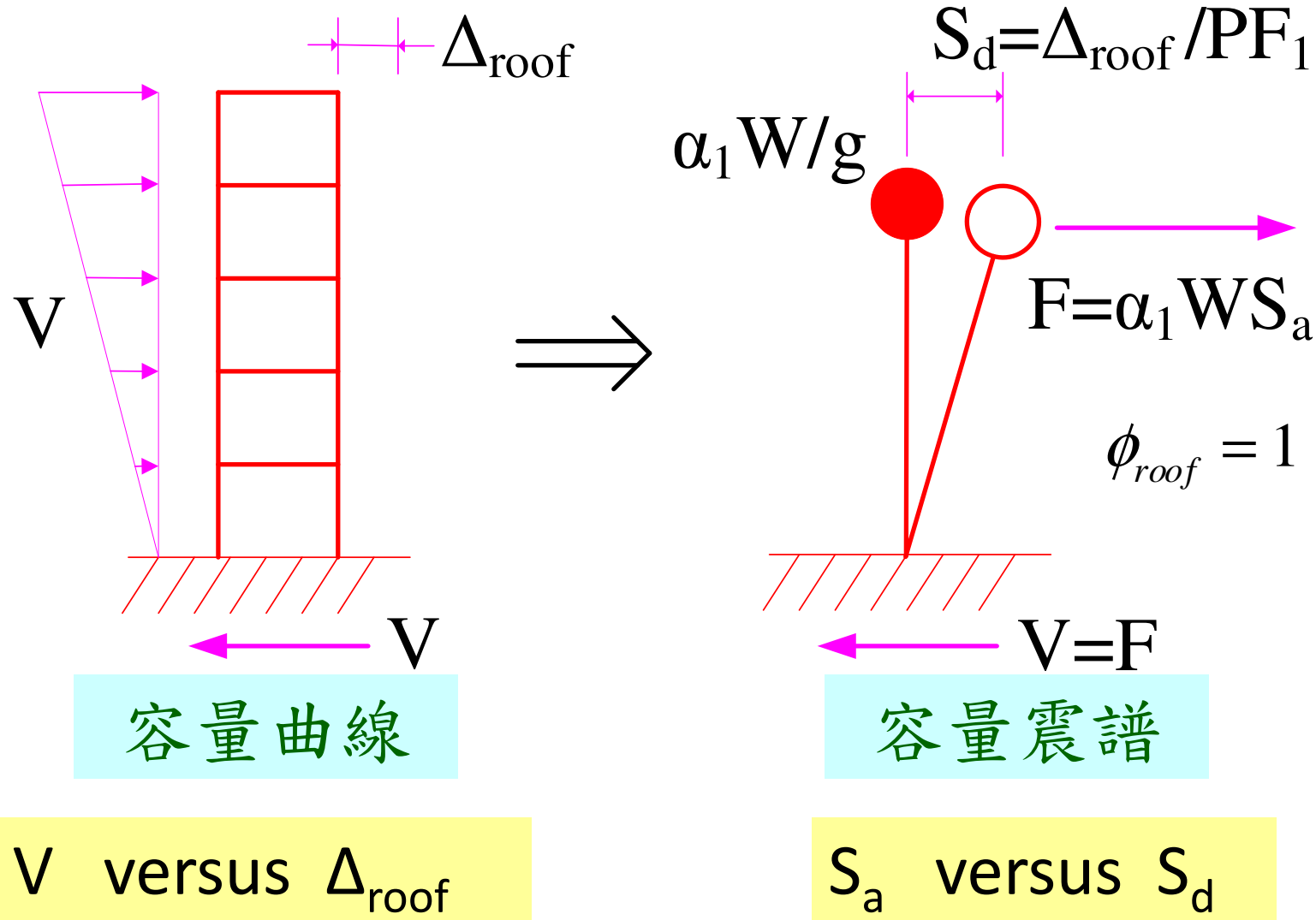


容量曲線上各點
為具有不同的勁
度與阻尼之單自
由度等效彈性系
統之反應

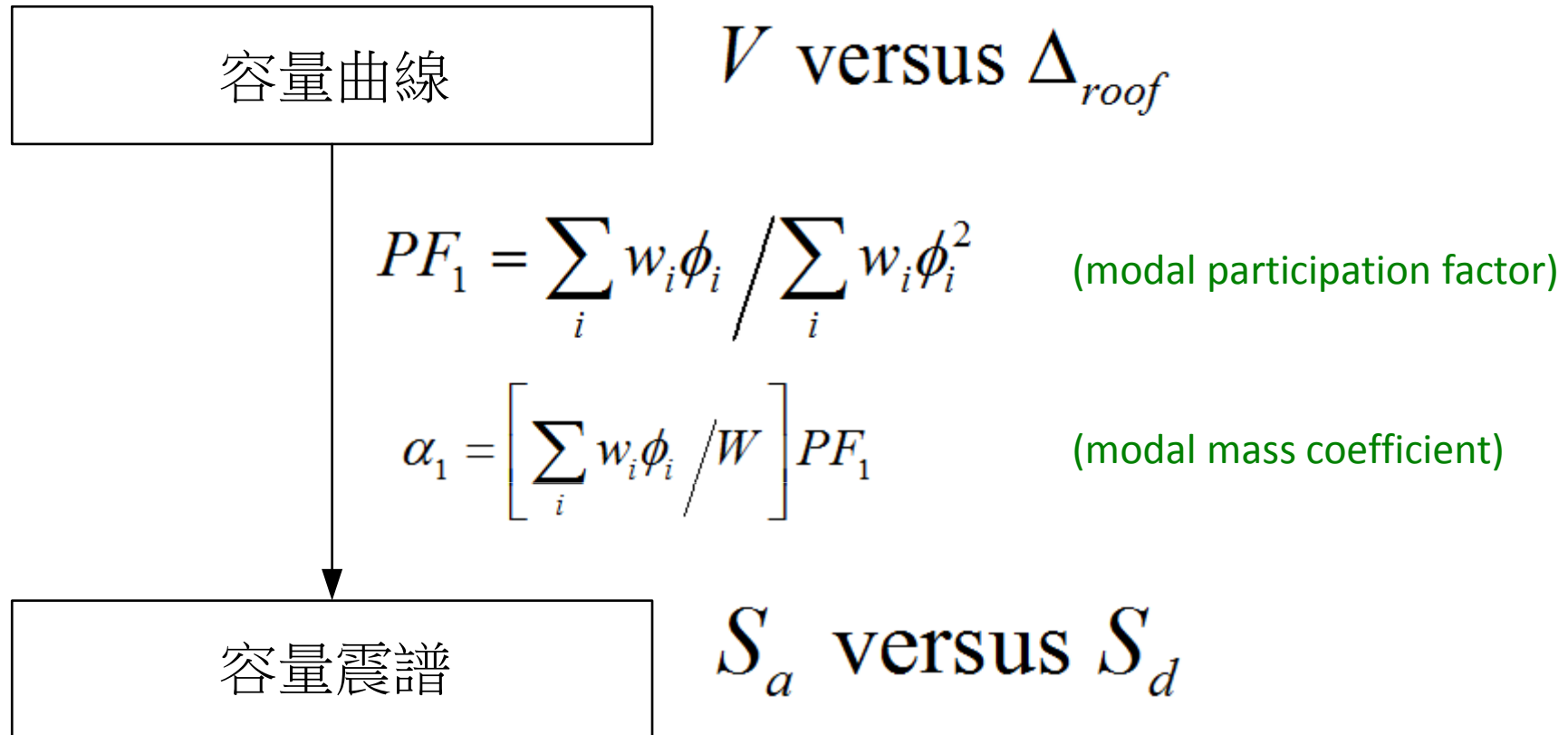


等效阻尼由遲滯
迴圈消散的能量
決定

多自由度系統轉換單自由度系統



基於平面構架理論模型

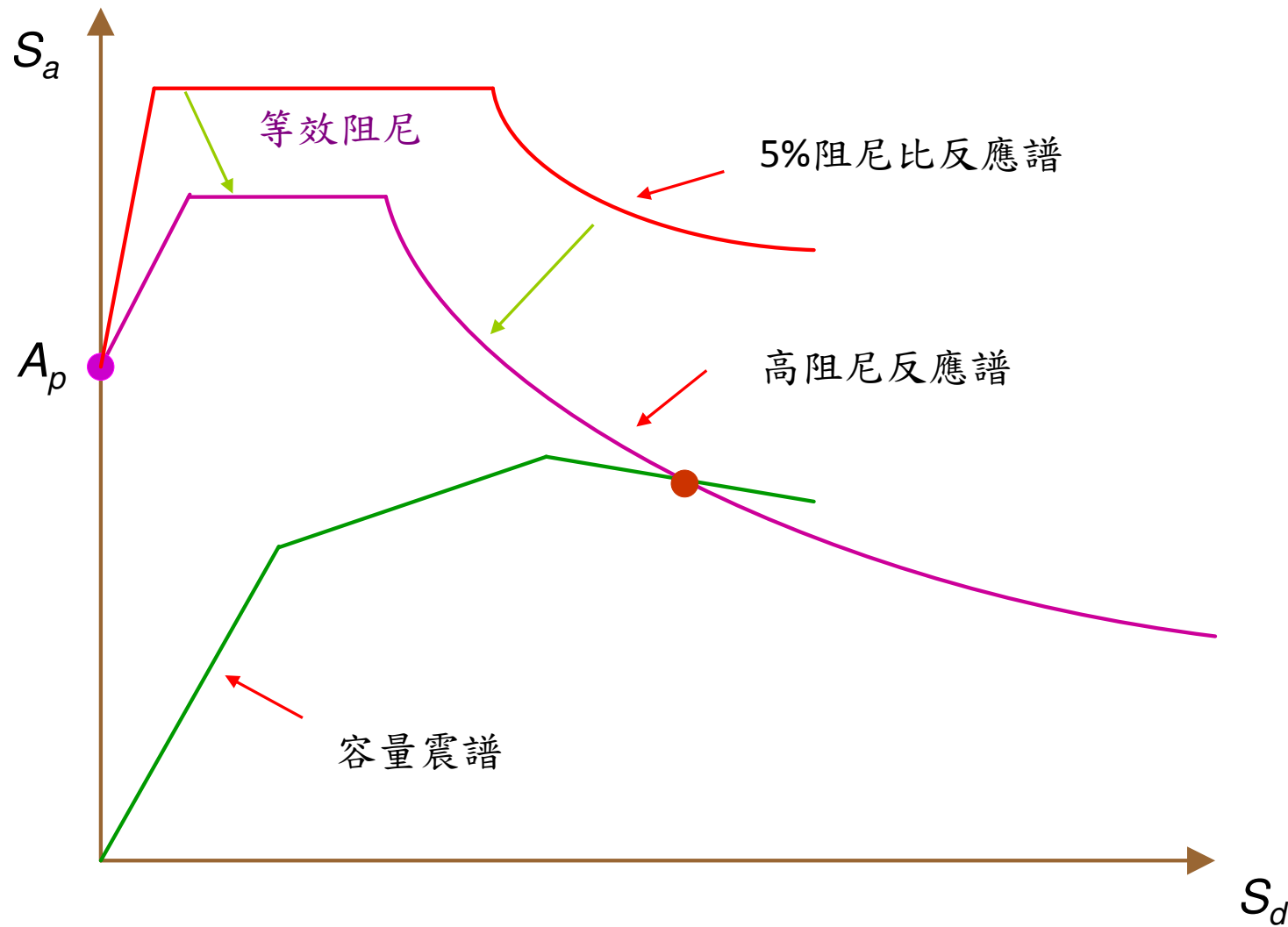


ϕ_i 為建物側推方向之主控模態於樓層 i 振幅在側推方向的分量

or 為倒三角形分量

or 為建物側推過程樓層 i 之位移(ETABS默認方式)

性能目標地表加速度之決定



● 性能目標地表加速度 ● 性能目標

性能曲線之建立

容量震譜

S_a versus S_d

性能點($S_{d,p}$, $S_{a,p}$)

等效基本週期 T_{eq}

等效阻尼比 β_{eq}

阻尼比修正係數 B_s 、 B_1

$$A_p = \begin{cases} S_{a,p} / \left[1 + \left(\frac{2.5}{B_s} - 1 \right) \frac{T_{eq}}{0.2T_0} \right] & \text{for } T_{eq} \leq 0.2T_0 \\ \frac{B_s}{2.5} S_{a,p} & \text{for } 0.2T_0 < T_{eq} \leq T_0 \\ \frac{B_s T_{eq}}{2.5T_0} S_{a,p} & \text{for } T_0 < T_{eq} \end{cases}$$

性能曲線

A_p versus Δ_{roof}

容量震譜法誤差來源

- 高估等效週期

結構的震時反應不會集中在高週期

- 高估遲滯圈形式對於結構反應的影響

完整遲滯圈消能在實際震時不易出現

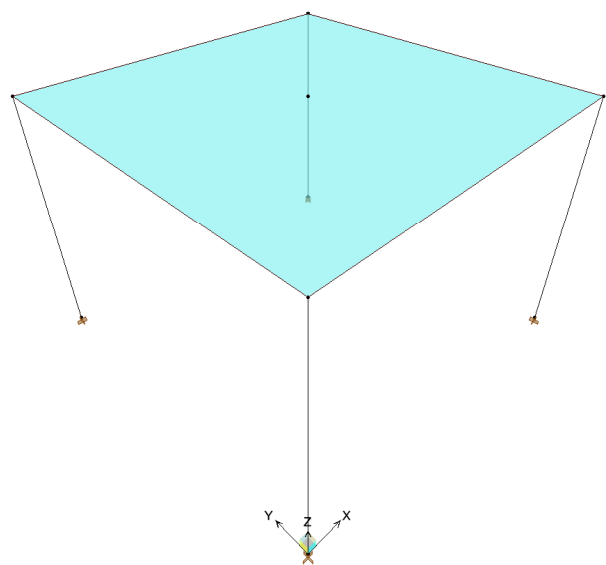
- 對於低週期建物($T < 0.5\text{sec}$)評估結果過於保守

FEMA440報告以等效線性法(equivalent linearization procedure)改良ATC40的容量震譜法

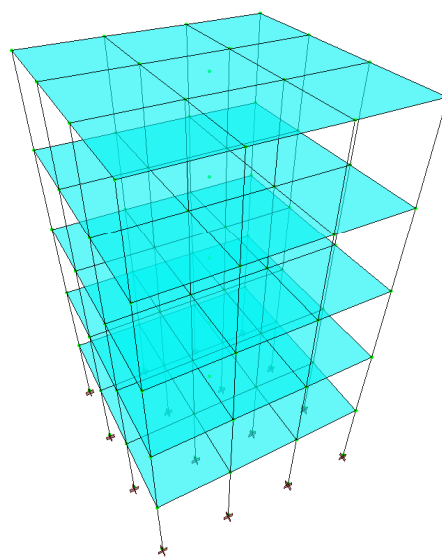
容量震譜法安全因子

範例結構

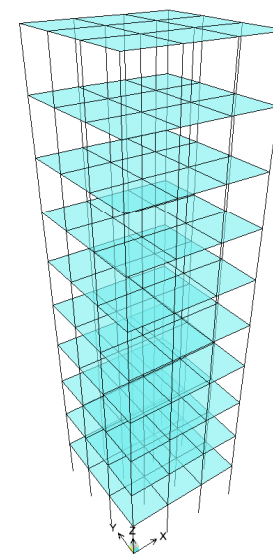
- 三個不同樓層數之範例結構
- 位於台南市東區，所在地為第二類地盤



單層樓



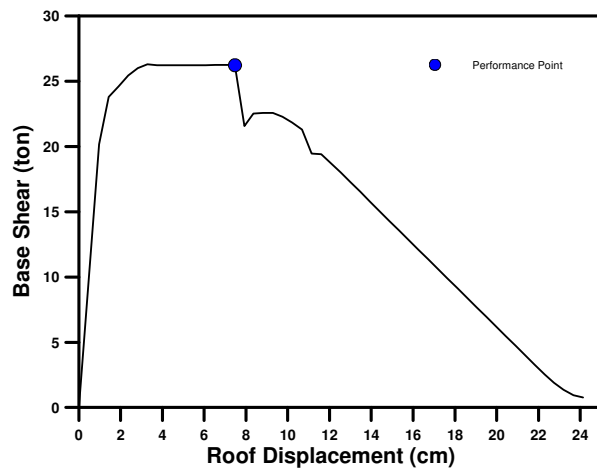
五層樓



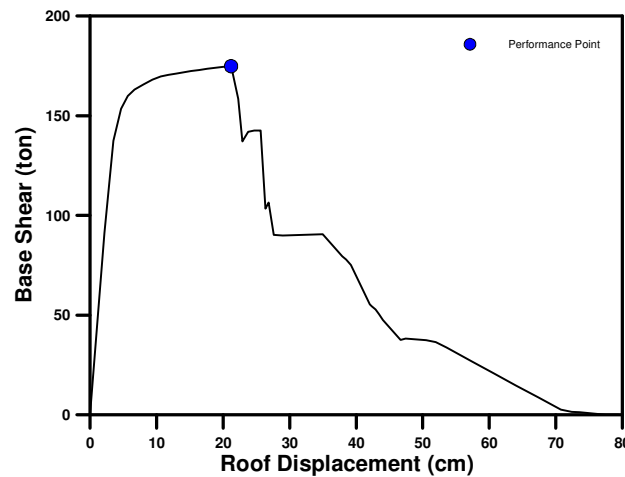
十層樓

性能目標位移與性能目標地表加速度

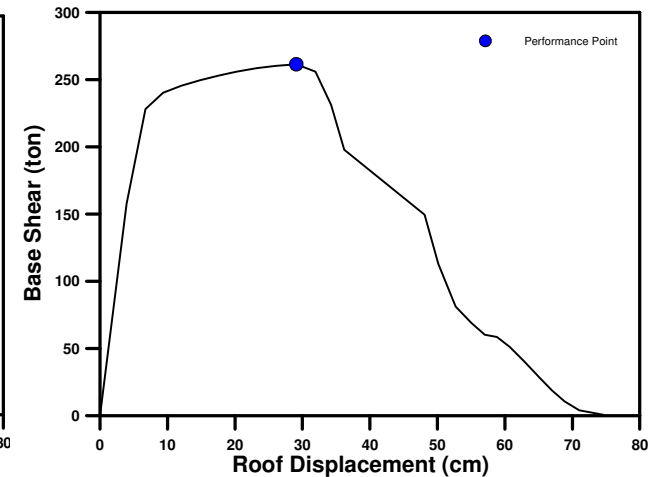
範例結構	主控模態週期 (sec)	質量參與係數 (%)	性能目標位移 (cm)	性能目標地表加速度 (g)
單層樓	0.17	100	7.47	1.156
五層樓	0.51	84	21.2	0.469
十層樓	0.74	69	29.1	0.420



單層樓



五層樓



十層樓

輸入地震

- 資料來源

中央氣象局地球物理資料管理系統網站

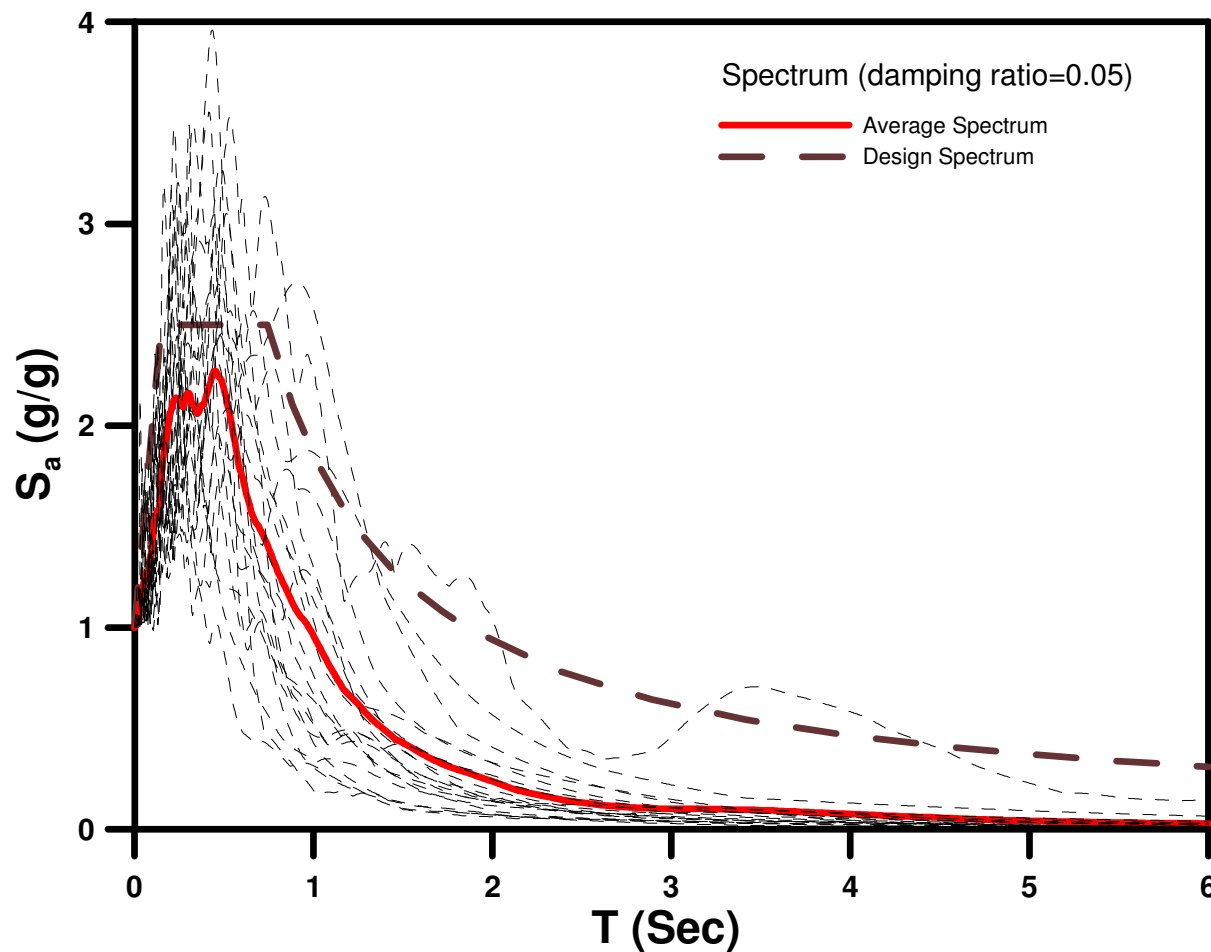
<http://gdms.cwb.gov.tw>

國震中心之強震測站場址工程地質資料庫

<http://egdt.ncree.org.tw>

- 基於範例結構之地盤類別為第二類，故選取位於**第二類地盤**的測站之地震紀錄，並考量較大地震強度，而篩選**震度大於等於6**之較大地震**20筆**

輸入地震反應譜



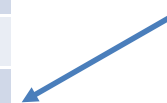
- 在最大地表加速度相同之條件下，設計反應譜較為保守

非線性歷時分析之屋頂位移與性能目標位移之比值

地震編號	單層樓	五層樓	十層樓
1	6.66	3.10	3.53
2	4.68	1.66	2.10
3	6.00	1.92	2.06
4	3.98	2.38	1.88
5	4.89	6.46	8.08
6	2.96	3.77	3.65
7	3.12	2.90	4.46
8	5.28	4.26	4.30
9	5.96	1.31	1.37
10	5.31	1.50	1.42
11	3.72	2.16	1.93
12	6.47	2.99	3.70
13	3.29	3.43	6.71
14	4.84	4.59	4.34
15	2.92	3.80	3.02
16	2.76	3.81	2.95
17	5.77	1.77	2.34
18	5.13	5.06	4.97
19	4.07	2.53	2.41
20	4.79	2.49	3.29
平均值	4.63	3.09	3.43
標準偏差	1.23	1.33	1.73
平均值-標準偏差	3.40	1.76	1.70

以性能目標
地表加速度
作為20筆輸
入地震之
PGA

84%信心水準
的安全因子



總結

- 探討的容量震譜法保守程度，來自於方法本身的保守度與設計反應譜的保守度；
- 於單層樓結構(週期0.17sec)容量震譜法隱含的安全因子平均為4.63，84%信心水準的安全因子為3.40；
- 雖然於FEMA440報告，對於週期大於0.5秒的結構，容量震譜法並不一定會高估屋頂位移，但對於本研究在五層樓結構(週期0.51sec)與十層樓結構(週期0.74sec)，分析結果顯示容量震譜法評估結果仍相當保守；
- 於五層樓結構容量震譜法隱含的安全因子平均為3.09，84%信心水準的安全因子為1.76，而於十層樓結構容量震譜法隱含的安全因子為3.43，84%信心水準的安全因子為1.70；
- 單模態側推分析的適用結構之模態參與係數應高於75%，但於本文的十層樓結構，其模態參與係數僅有69%，容量震譜法卻仍有相當的保守程度，可能原因在於設計反應譜相對於選用的20筆地震紀錄較為保守。

NARLabs 國家實驗研究院

國家地震工程研究中心

報告結束
謝謝指教