

國家地震工程研究中心
National Center for Research on
Earthquake Engineering

2013 耐震設計規範研討會

主辦單位：財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心

協辦單位：中華民國地震工程學會

中華民國結構工程學會

中華民國 102 年 11 月 7 日

◎ 主持人及主講人 ◎

(按出場序)

黃世建 國家地震工程研究中心 副主任

國立台灣大學土木系 教授

鍾立來 國家地震工程研究中心 組長

國立台灣大學土木系 教授

簡文郁 國家地震工程研究中心 研究員

林瑞良 國家地震工程研究中心 研究員

林凡茹 國家地震工程研究中心 助理研究員

鄧崇任 國家地震工程研究中心 研究員

汪向榮 國家地震工程研究中心 副研究員

林克強 國家地震工程研究中心 研究員

王亭復 國家地震工程研究中心 顧問

翁元滔 國家地震工程研究中心 副研究員

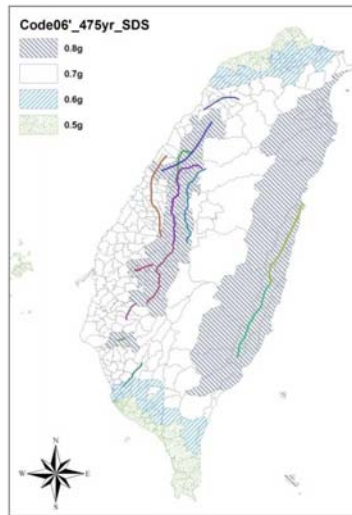
研討會時程表

時間	講題	主講人	主持人
8:40 - 9:00	報 到(領取講義)		
9:00 - 9:10	開幕致詞	黃世建 副主任	
9:10 - 10:00	近斷層地區之設計地震 檢討及修訂建議	簡文郁 博士	鍾立來 組長
10:00 - 10:50	液化潛能評估用地震規 模建議	簡文郁 博士	鍾立來 組長
10:50 - 11:10	休 息		
11:10 - 12:00	非結構之耐震設計與性 能驗證	林凡茹 小姐	林瑞良 博士
12:00 - 13:30	休息用餐		
13:30 - 14:20	外島地區設計地震檢討 及修訂建議	簡文郁 博士	鄧崇任 博士
14:20 - 15:10	速度型被動消能元件試 驗與檢核項目初期修訂 建議	汪向榮 博士	林克強 博士
15:10 - 15:20	休 息		
15:20 - 16:10	耐震設計規範 Q&A 彙編	翁元滔 博士	王亭復 顧問
16:10 - 17:00	綜合討論	全體講員	王亭復 顧問

NAR Labs 國家實驗研究院

國家地震工程研究中心

近斷層地區之設計地震檢討及修訂建議



現行規範近斷層相關考量

1. 震區堅實地盤水平譜加速度係數
(0.8, 0.45)及(1.0, 0.55)
2. 近斷層調整因子
參考PSHA結果擬定

www.narlabs.org.tw

修訂變動方向與原則

NAR Labs

- 震區微分區圖(水平譜加速度係數)不更動
- 式(2-6)、(2-7)之檢討
- 調整因子變化範圍區間之簡化、整合
- 新增活動斷層之近斷層因子建議
 - 只考慮CGS公布第一類活斷層
 - 參考CGS 2012年公布之活斷層參數
 - 鄰近第一類活斷層之震區皆為強震區

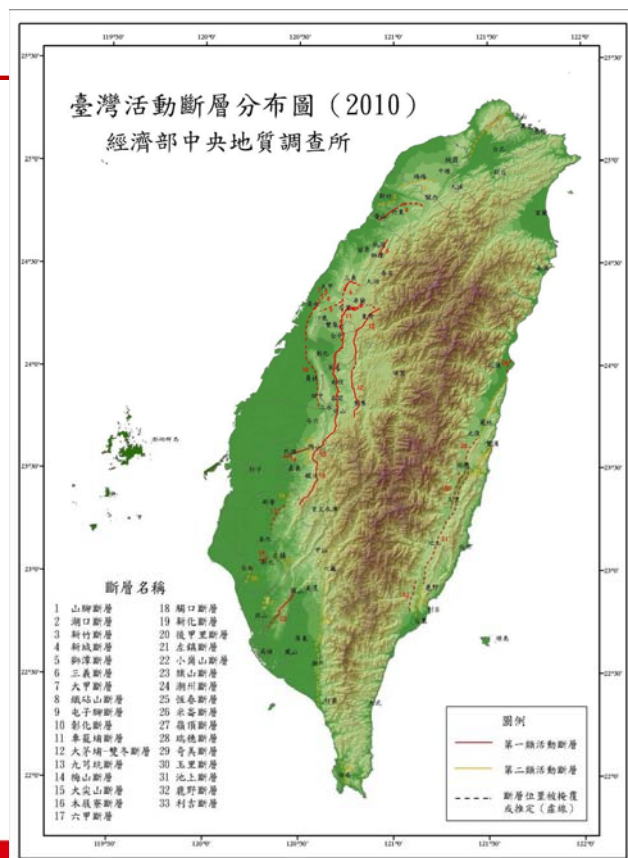
儘可能降低修訂幅度

簡報大綱

- 既有條文修訂與檢討
- 活動斷層之地震參數
 - 地調所2000年版與2010年版活動斷層比較
- ➡ — 現行近斷層因子回顧與案例比較
- 既有近斷層因子檢討與分析(7個斷層系統)
- ➡ — 活動斷層地震參數更新之影響(梅山、大尖山-觸口)
- 近斷層因子與再現期及定值法分析結果之關係
- ➡ • 新增活動斷層之近斷層因子建議
 - 新增活動斷層之地震參數
 - 案例分析比較與近斷層因子
- 結論與建議

背景

- 中央地調所，2010重新公布我國分布圖
 - 第一類活動斷層新增9條，刪除1條。
 - 新版(2010)第一類活動斷層共20條。
- 檢討活動斷層設計地震調整因子(N_A 與 N_V)
 - 定值法(DSHA)
 - 特徵地震的PSHA重新分析
 - 參考CGS公布2012版參數
 - 部分活斷層(Ex.旗山斷層)位於(弱)震區



現行規範之近斷層調整因子



	$r \leq 2 \text{ km}$	$2 \text{ km} < r \leq 5 \text{ km}$	$5 \text{ km} < r \leq 8 \text{ km}$	$8 \text{ km} < r \leq 12 \text{ km}$	$r > 12 \text{ km}$
N_A	1.23	1.16	1.07	1.03	1.00
N_V	1.36	1.32	1.22	1.10	1.00

(b) 最大考量地震之調整因子

	$r \leq 2 \text{ km}$	$2 \text{ km} < r \leq 5 \text{ km}$	$5 \text{ km} < r \leq 8 \text{ km}$	$8 \text{ km} < r \leq 12 \text{ km}$	$r > 12 \text{ km}$
N_A	1.25	1.20	1.10	1.03	1.00
N_V	1.50	1.45	1.30	1.15	1.00

中央地質調查所 第一類活動斷層參數表

CGS,2000版

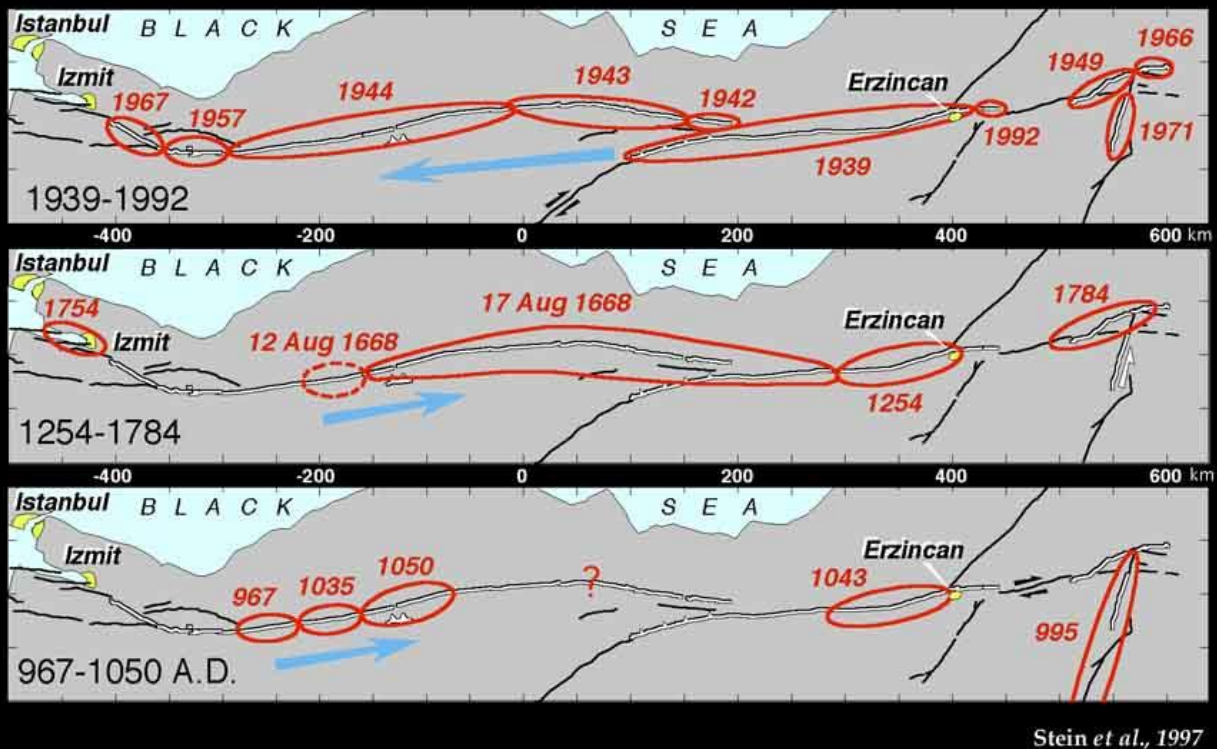
斷層名稱	斷層性質	地表破裂長度	歷史最大地震	備註
獅潭斷層	逆斷層	15 公里	M7.1 (1935.04.21)	
神卓山斷層		5 公里		
屯子腳斷層	右移兼逆斷層	7 公里	M7.1 (1935.04.21)	
車籠埔斷層	逆斷層	105 公里	M7.3 (1999.09.21)	
梅山斷層	右移斷層	13 公里	M7.0 (1906.03.17)	
大尖山斷層	逆斷層	25 公里	M7.1 (1941.12.17)	以中埔地震為歷史最大地震
新化斷層	右移逆斷層	6 公里	M6.3 (1946.12.05)	
米崙斷層		>25 公里		
玉里斷層		37 公里	M7.3 (1951.11.25)	
池上斷層	左移兼逆斷層	11 公里		
奇美斷層		18 公里		

CGS,2012版

斷層名稱	分類	長度 (km)	滑移特性	最近一次活動時間 (yr)	可能最大地震規模 (M)
4 新城斷層	一	29	逆移	<300	(6.8)
5 獅潭斷層	一	11	逆移	A. D. 1935	7.1 (6.3)
6 三義斷層	一	34	逆移	全新世?	(6.8)
7 大甲斷層(北)	一	8	逆移	全新世?	(6.8)
(南)	一	23			
8 鐵砧山斷層	一	13	逆移	全新世?	(6.4)
9 屯子腳斷層	一	14	右移	A. D. 1935	7.1 (6.4)
10 彰化斷層	一	36	逆移	全新世?	(6.9)
11 車籠埔斷層(北)	一	38	逆移	A. D. 1999	7.3 (7.3)
(南)	一	38			
12 大茅埔-雙冬斷層	一	69	逆移	A. D. 1999	(7.2)
14 梅山斷層	一	15	右移	A. D. 1906	7.1 (6.4)
15 大尖山斷層	一	29	逆移兼右移	A. D. 1999	(6.7)
17 六甲斷層	一	16	逆移兼左移	<10,000	(6.5)
18 觸口斷層	一	27	逆移	<10,000	(6.8)
19 新化斷層	一	6	右移	A. D. 1946	6.1 (6.0)
23 旗山斷層	一	26	逆移	距今 7,189 年前	(6.8)
26 米崙斷層	一	8	左移兼逆移	A. D. 1951	7.3 (6.1)
28 瑞穗斷層	一	24	逆移兼左移	A. D. 1951	(6.8)
30 玉里斷層	一	23	左移兼逆移	A. D. 1951	7.3 (6.7)
31 池上斷層	一	64	左移兼逆移	A. D. 2003	6.6 (7.2)
32 鹿野斷層	一	18	逆移	更新世晚期 <1890-2110	(6.5)

地震再現期-北安納突尼亞斷層 **NARLabs**

North Anatolian fault often ruptures in progressive earthquakes Mean repeat time $\sim 450 \pm 220$ yr



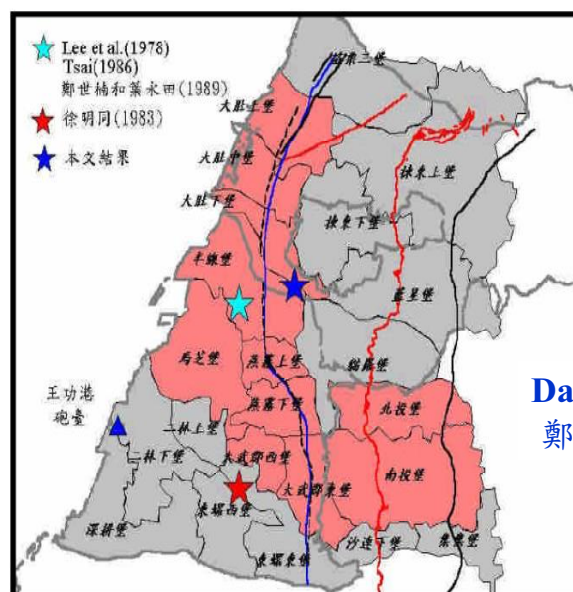
歷史地震研究

NARLabs

1030 death

大甲、
鐵砧山、
彰化

斷層系統



Data Source :
鄭世楠博士

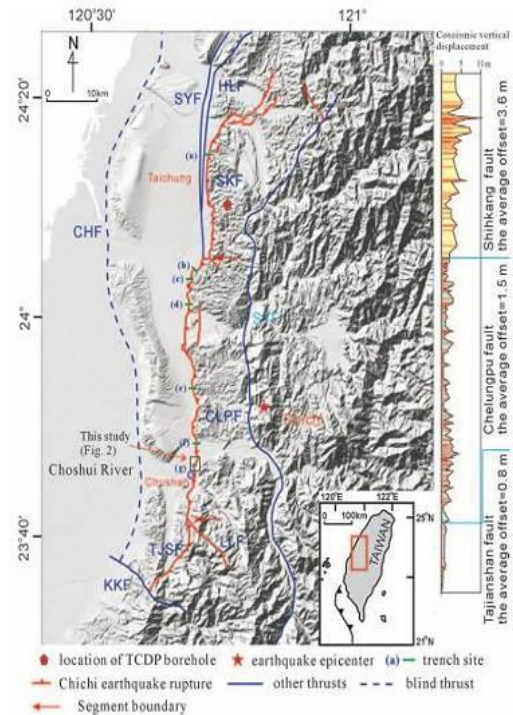
1848 年彰化地震中受災較嚴重地區：大肚上、中、下保、大武郡東、西保、燕霧上、下保、南、北投保、馬芝邊保、半線保(淺紅色區域)；圖中藍色星型符號為本文推估之震央位置。

活斷層古地震調查

NAR Labs

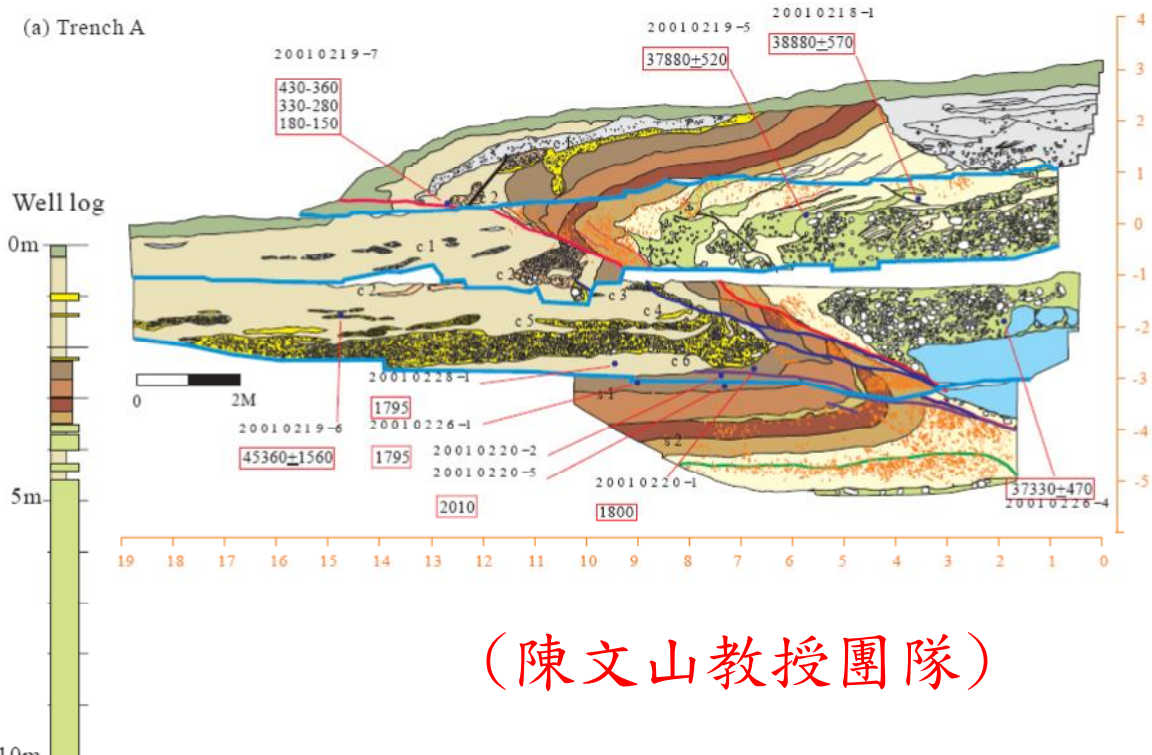
- 研究斷層地震規模、間震期
 - 槽溝開挖：
次數、定年→間震期
錯動量→規模
 - 地震紀錄研究：
 - 地震活動之機率模型

Chen et al., 2007



車籠埔斷層古地震調查-槽溝開挖

NAR Labs



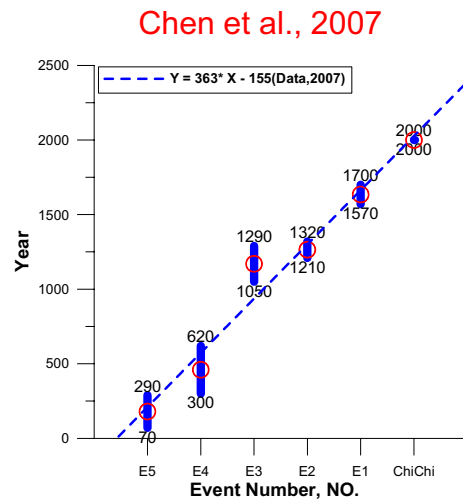
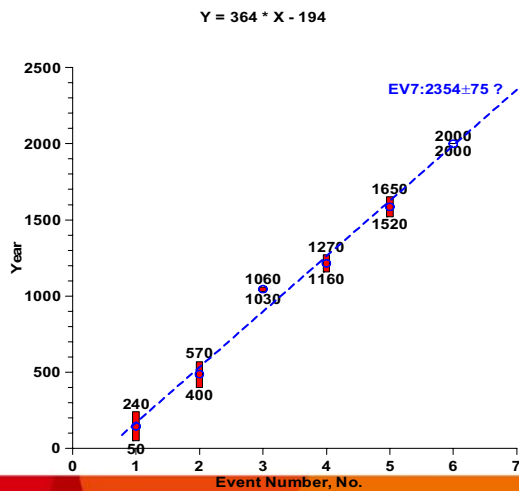
(陳文山教授團隊)

活斷層古地震調查 - CLP斷層

NARLabs

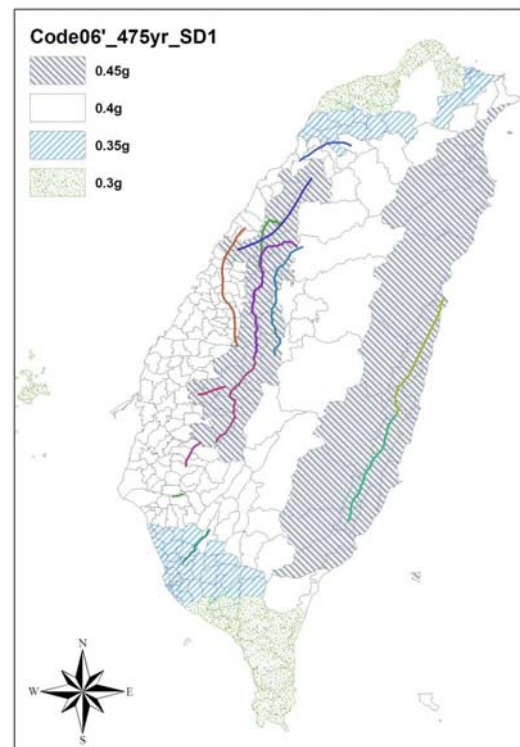
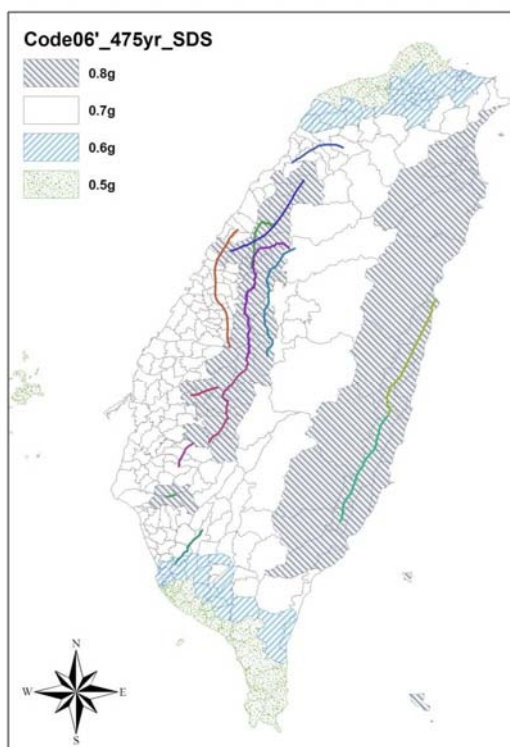
- 七處槽溝
- 過去2000 內
發生6次大規模地震

平均間震期 360 ± 100 年
 $CV = 0.37$



設計地震分區與斷層位置比較

NARLabs



近斷層因子修訂原則

- 既有斷層 N_A 、 N_V 值維持不變(微調區間)。
- 活斷層所在區域皆為強震區。
- 工址短週期及一秒週期之設計及最大考量水平譜加速度係數值(震區)維持不變。
- 由475年及2500年回歸期之短週期和一秒週期震區水平譜加速度係數(0.8，0.45)及(1.0，0.55)為基準值。

既有條文修訂

◆ 式(2-6)、(2-7)之檢討



➤ 現行版本

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{DS} = F_a S_S^D N_A ; \quad S_{MS} = F_a S_S^M N_A ; \quad N_A \geq 1.0 \\ S_{D1} = F_v S_1^D N_V ; \quad S_{M1} = F_v S_1^M N_V ; \quad N_V \geq 1.0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (2-6) \\ (2-7) \end{array}$$

現行規範之考量

◎ 耐震設計規範之相關規定分析流程：

- 採用卜桑特徵地震模型，以機率式地震危害度分析(PSHA)結果(危害度曲線)決定相關設計地震參數；
- 鄰近第一類活動斷層的鄉鎮區其475年及2500年回歸期之短週期和一秒週期震區水平譜加速度係數分別為(0.8, 0.45)及(1.0, 0.55)；
- 由選定之近斷層工址PSHA分析結果與(0.8, 0.45)及(1.0, 0.55)，決定近斷層因子。

近斷層調整因子之應用

◎ 2.5 近斷層區域之工址短週期與一秒週期水平譜加速度係數：

➤ 建議

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{DS} = 0.8F_a N_A ; \quad S_{MS} = 1.0F_a N_A ; \quad \underline{\underline{N_A \geq 1.0}} \quad (2-6) \\ S_{D1} = 0.45F_v N_V ; \quad S_{M1} = 0.55F_v N_V ; \quad \underline{\underline{N_V \geq 1.0}} \quad (2-7) \end{array} \right.$$

➤ 20060701發布；現行版本

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{DS} = F_a S_S^D N_A ; \quad S_{MS} = F_a S_S^M N_A ; \quad N_A \geq 1.0 \quad (2-6) \\ S_{D1} = F_v S_1^D N_V ; \quad S_{M1} = F_v S_1^M N_V ; \quad N_V \geq 1.0 \quad (2-7) \end{array} \right.$$

近斷層設計值條文之案例檢討

苑裡鎮

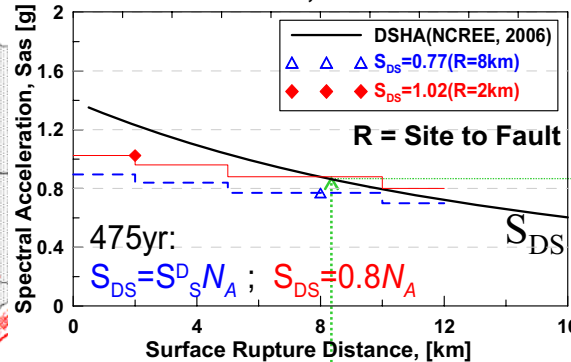
R=8km

屯子腳斷層

縣市	鄉鎮市區	S_S^D	S_S^M	S_1^D	S_1^M	臨近之斷層
苗栗縣	苑裡鎮	0.7	0.4	0.9	0.5	屯子腳、車籠埔斷層



Tuntzuchiao Fault, ML=7.1



475年回歸期

現行條文為 $S_{DS} = S_S^D F_a N_A = 0.7 \times 1.0 \times 1.1 = 0.77g$

建議條文為 $S_{DS} = 0.8 F_a N_A = 0.8 \times 1.0 \times 1.1 = 0.88g$

不足
10%

既有斷層之近調整斷層因子修訂建議

增訂影響範圍(斷層距離)

變化範圍區間之簡化

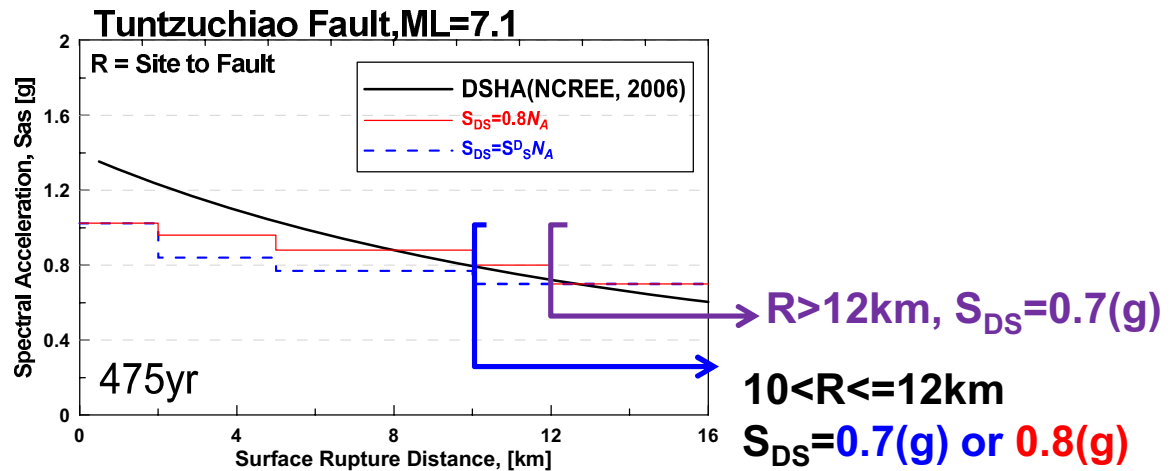
影響鄉鎮檢討



◆ 獅潭、屯子腳斷層

◆ 花東縱谷斷層

修訂近斷層影響範圍



N_A	$r \leq 2\text{ km}$	$2\text{ km} < r \leq 5\text{ km}$	$5\text{ km} < r \leq 10\text{ km}$	$r > 10\text{ km}$	$10\text{ km} < r \leq 12\text{ km}$	$r > 12\text{ km}$
	1.28	1.20	1.10	1.00	1.0	不需考慮近斷層因子
N_V	$r \leq 2\text{ km}$	$2\text{ km} < r \leq 5\text{ km}$	$5\text{ km} < r \leq 10\text{ km}$	$r > 10\text{ km}$	$10\text{ km} < r \leq 12\text{ km}$	$r > 12\text{ km}$
	1.31	1.25	1.15	1.00	1.0	不需考慮近斷層因子

既有斷層之近調整斷層因子修訂建議(1/2)

- 獅潭斷層(與屯子腳斷層屬於同一系列，建議影響範圍統一)
- 原條文 • 475年回歸期

N_A	$r \leq 2\text{ km}$	$2 < r \leq 5\text{ km}$	$5 < r \leq 8\text{ km}$	$8 < r \leq 10\text{ km}$	$r > 10\text{ km}$
	1.28	1.20	1.10	1.00	不需考慮近斷層效應
N_V	$r \leq 2\text{ km}$	$2 < r \leq 5\text{ km}$	$5 < r \leq 8\text{ km}$	$8 < r \leq 10\text{ km}$	$r > 10\text{ km}$
	1.33	1.27	1.10	1.00	不需考慮近斷層效應

- 建議修訂(參考屯子腳斷層)

N_A	$r \leq 2\text{ km}$	$2 < r \leq 5\text{ km}$	$5 < r \leq 10\text{ km}$	$10 < r \leq 12\text{ km}$	$r > 12\text{ km}$
	1.28	1.20	1.10	1.00	不需考慮近斷層效應
N_V	$r \leq 2\text{ km}$	$2 < r \leq 5\text{ km}$	$5 < r \leq 10\text{ km}$	$10 < r \leq 12\text{ km}$	$r > 12\text{ km}$
	1.33	1.27	1.10	1.00	不需考慮近斷層效應

既有斷層之近斷層因子修訂建議(2/2)

- 花東縱谷斷層（因回歸期短，由分析結果顯示**475年**與**2500年**影響範圍差異不大，建議修訂為相同）

- 原條文

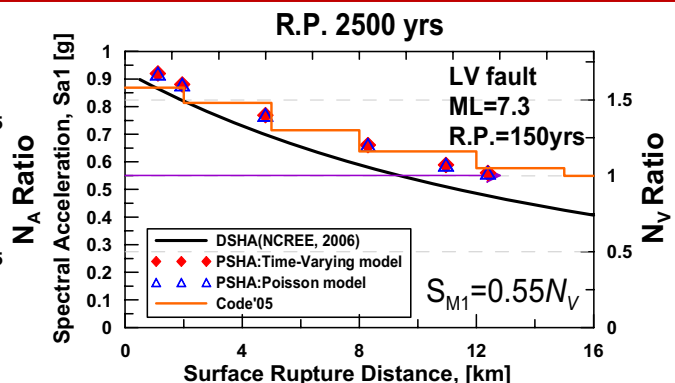
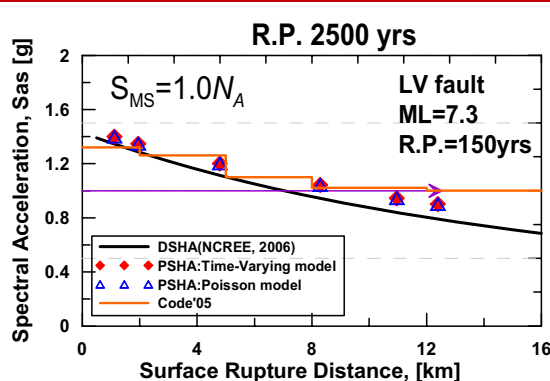
- 475年**回歸期

N_A	$r \leq 2$ km	$2 < r \leq 5$ km	$5 < r \leq 8$ km	$8 < r \leq 12$ km	$12 < r \leq 14$ km	$r > 14$ km
	1.42	1.37	1.28	1.14	1.00	不需考慮近斷層效應
N_V	$r \leq 2$ km	$2 < r \leq 5$ km	$5 < r \leq 8$ km	$8 < r \leq 12$ km	$12 < r \leq 14$ km	$r > 14$ km
	1.58	1.53	1.38	1.20	1.00	不需考慮近斷層效應

- 2500年**回歸期

N_A	$r \leq 2$ km	$2 < r \leq 5$ km	$5 < r \leq 8$ km	$8 < r \leq 12$ km	$12 < r \leq 15$ km	$15 < r \leq 17$ km	$r > 17$ km
	1.32	1.26	1.10	1.02	1.00	1.00	不需考慮近斷層效應
N_V	$r \leq 2$ km	$2 < r \leq 5$ km	$5 < r \leq 8$ km	$8 < r \leq 12$ km	$12 < r \leq 15$ km	$15 < r \leq 17$ km	$r > 17$ km
	1.58	1.48	1.30	1.16	1.05	1.00	不需考慮近斷層效應

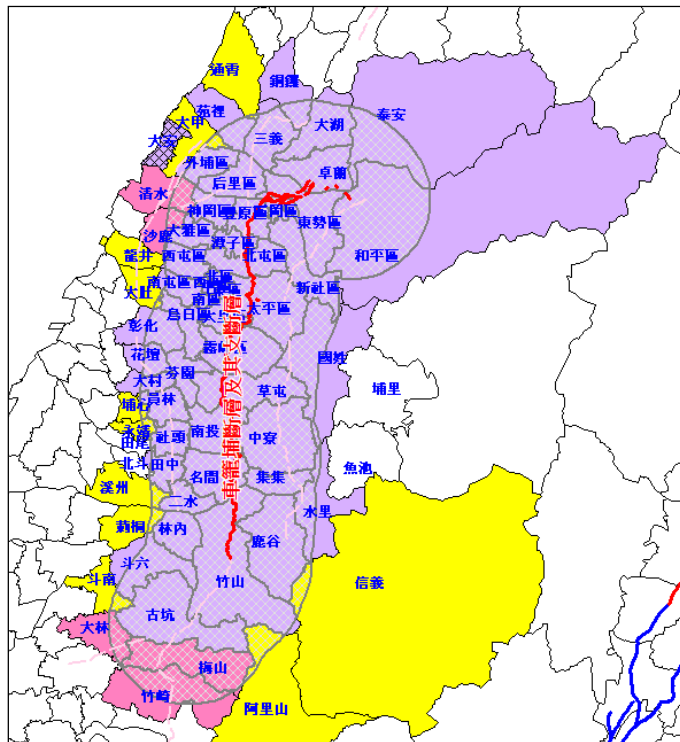
最大考量地震之調整因子 (2500年回歸期)



- 建議修訂 • **2500年**回歸期

N_A	$r \leq 2$ km	$2 < r \leq 5$ km	$5 < r \leq 8$ km	$8 < r \leq 12$ km	$12 < r \leq 14$ km	$r > 14$ km
	1.32	1.26	1.10	1.02	1.00	不需考慮近斷層效應
N_V	$r \leq 2$ km	$2 < r \leq 5$ km	$5 < r \leq 8$ km	$8 < r \leq 12$ km	$12 < r \leq 14$ km	$r > 14$ km
	1.58	1.48	1.30	1.16	1.00	不需考慮近斷層效應

影響範圍(鄉鎮)檢核

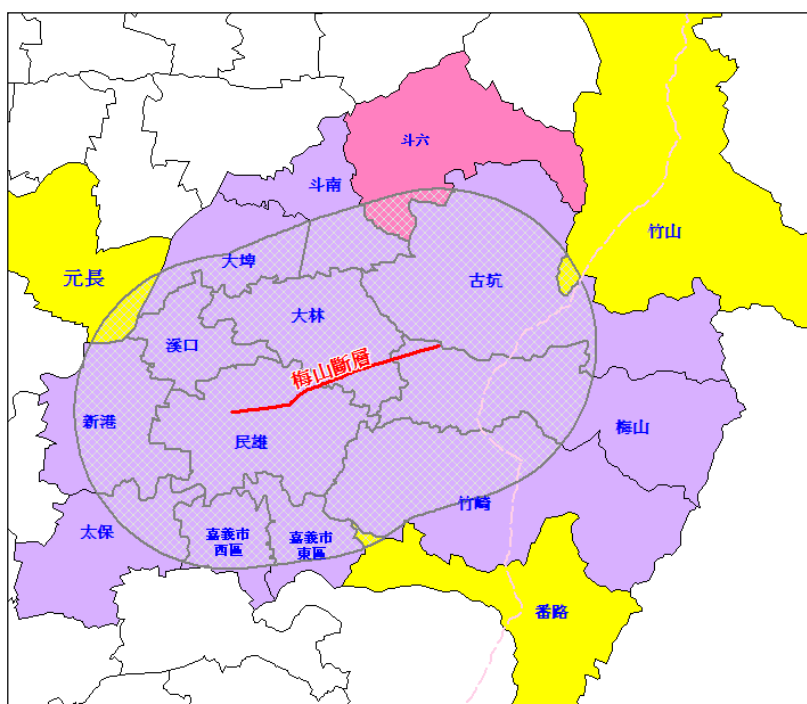


車籠埔斷層

- 原規範鄰近斷層之鄉鎮
- 未納入考量之鄉鎮
- 新增鄰近斷層之鄉鎮
- 移除之鄉鎮

表2-1之修訂

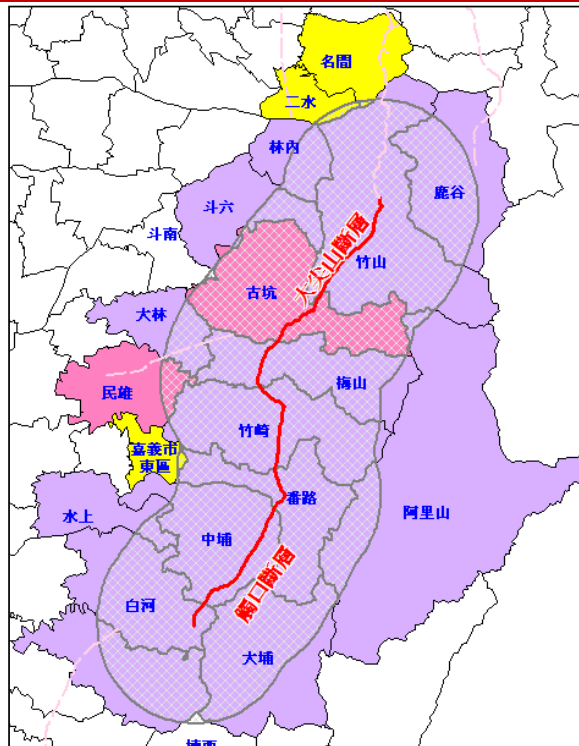
既有斷層：梅山斷層



- 原規範鄰近斷層之鄉鎮
- 未納入考量之鄉鎮
- 新增鄰近斷層之鄉鎮

表2-1之修訂

既有斷層：大尖山、觸口斷層



- 原規範鄰近斷層之鄉鎮
- 未納入考量之鄉鎮
- 新增鄰近斷層之鄉鎮

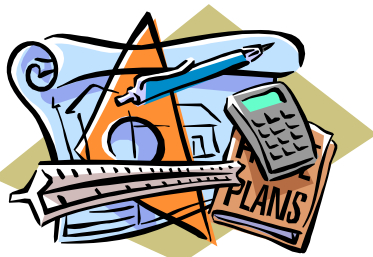
表2-1之修訂

古坑鄉於原規範表2-1中
僅鄰近梅山及車籠埔斷層

既有活動斷層之近斷層因子檢討

◆ 梅山斷層：
 $M_L 7.0 \rightarrow 6.7 (6.4)$

◆ 大尖山-觸口斷層：
 $M_L 7.1 \rightarrow 7.3 (6.7)$



地震參數之更動

NAR Labs

NAME	Length	Type	DIR	DIP	Group	Mw [^]	ML*	Code, ML	T0(LAST_EQ)	R.P.
車籠埔斷層	92	R	0	40	G1-1	7.6	7.3	7.3	1999yr	350
梅山斷層	25*	SS	75	60	G1-1	6.9	6.7(7.1)	7	1906yr	115
新化斷層	6	SS	70	60	G1-1	6.1	6.5	6.5	1946yr	210
花東縱谷北段 (米崙、嶺頂斷層)	46*	R	35	70	G1-1	7.5	7.3	7.3	1951yr	150
花東縱谷南段 (瑞穗、玉里、池上、奇美、鹿野、利吉斷層)	110*	R	23	70	G1-1	7.5	7.3	7.3	1951yr	150
獅潭斷層 屯子腳斷層	50*	R	23 60	-60 90	G1-2	7.2	7.1	7.1	1935yr	350
彰化斷層 大甲斷層 鐵砧山斷層	79*	R	45	35	G1-2	7.3	7.3	--	1848yr	350
大茅埔-雙冬斷層	69	R	0	45	G1-2	7.6	7.3	--		700
新城斷層	28	R	50	30	G1-2	6.8	7	--	1700yr??	1500
大尖山斷層 觸口斷層	53*	R	35	70	G1-3	7.6	7.3	7.1		1500
三義斷層	33	R	24	50	G1-3	6.8	7	--	全新世?	1500
六甲斷層	17	R	40	30	G1-3	6.5	6.7	--	< 10,000年	1500
旗山斷層	30	R	45	50	G1-3	6.8	7	--	距今7189年前	1500

[^] 若無歷史地震規模，Mw採用 Lin et al. (2008)的轉換公式

* 經過判斷後之斷層長度

車籠埔斷層 (回歸期較短)

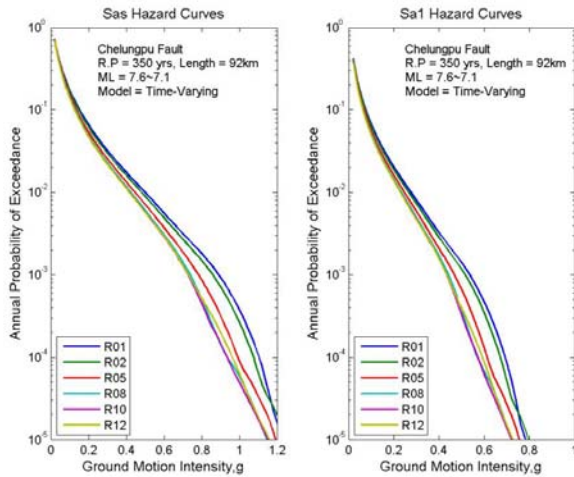
NAR Labs

- ◎ 上一次發生地震時間為1999年
- ◎ 回歸期350~700年(古地震調查)
- ◎ DSHA分析
 - $L=92\text{km}$, $M_L 7.3$
- ◎ PSHA分析
 - $M_L=7.60\sim 7.10$
 - time-varying model
 - Poisson model

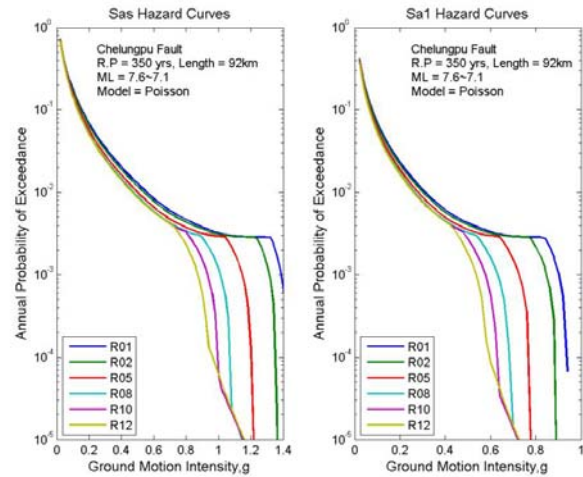


PSHA 分析

Time-Varying model

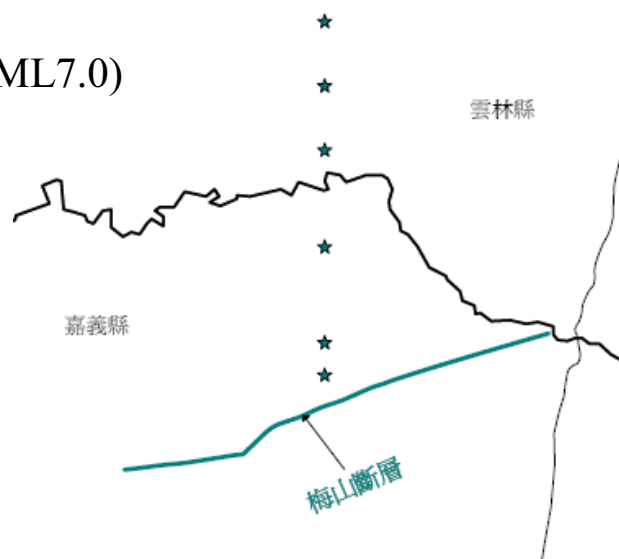


Poisson model



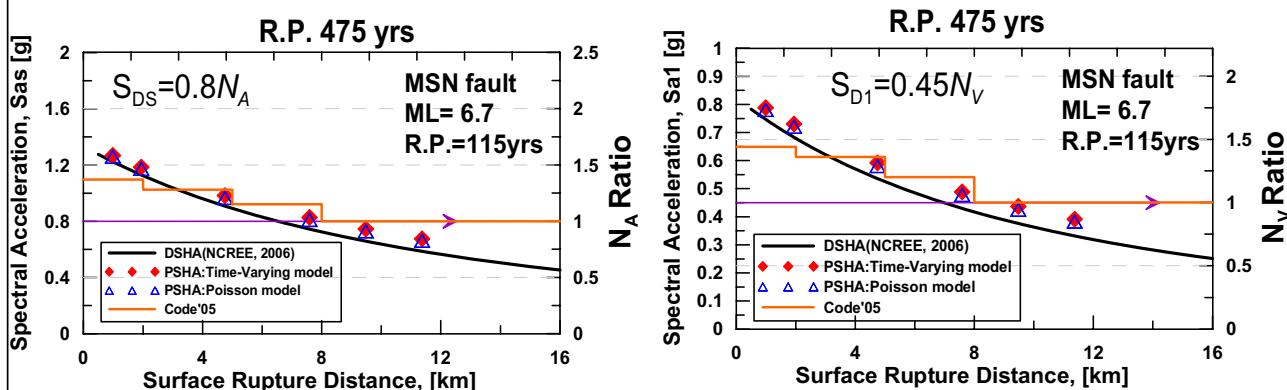
梅山斷層 (回歸期較短)

- ◎ 上一次發生地震時間為1906年
- ◎ 評估回歸期約115年 (1792年及1906年)
- ◎ DSHA分析
 - $L=25\text{km}$, $M_L 6.7$ (Code'05:ML7.0)
- ◎ PSHA分析
 - $M_L = 7.00 \sim 6.50$
 - time-varying model
 - Poisson model



設計地震之近斷層調整因子 (475年回歸期)

NARLabs

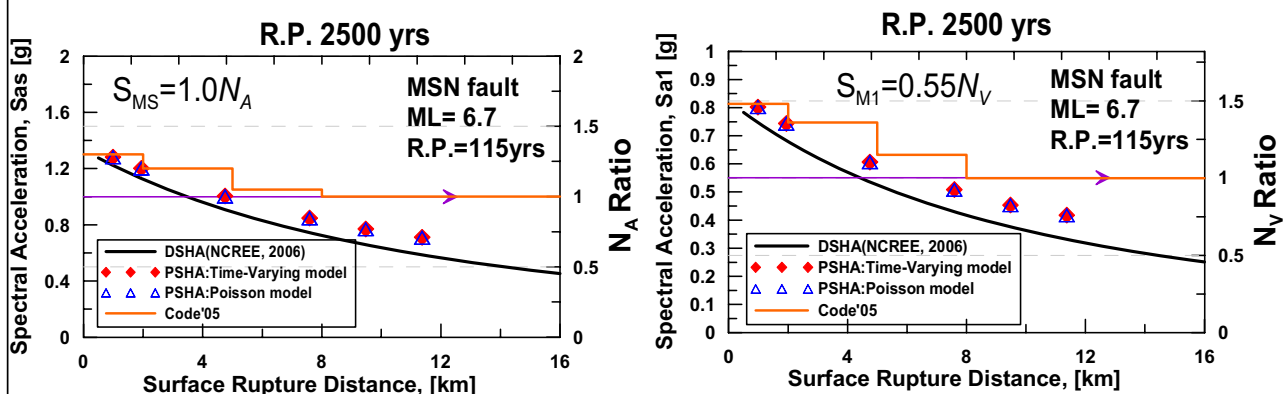


N_A	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 5$ km	$5\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km
	1.37	1.28	1.15	1.00
N_V	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 5$ km	$5\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km
	1.44	1.36	1.20	1.00

$8\text{km} < r \leq 10\text{km}$	$r > 10$ km
1.0	不需考慮近斷層因子
$8\text{km} < r \leq 10\text{km}$	$r > 10$ km
1.0	不需考慮近斷層因子

最大考量地震之近斷層調整因子 (2500年回歸期)

NARLabs



N_A	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 5$ km	$5\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km
	1.30	1.20	1.05	1.00
N_V	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 5$ km	$5\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km
	1.48	1.36	1.15	1.00

$8\text{km} < r \leq 10\text{km}$	$r > 10$ km
1.0	不需考慮近斷層因子
$8\text{km} < r \leq 10\text{km}$	$r > 10$ km
1.0	不需考慮近斷層因子

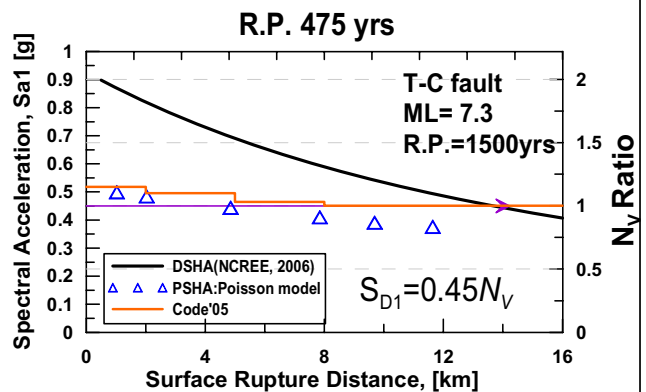
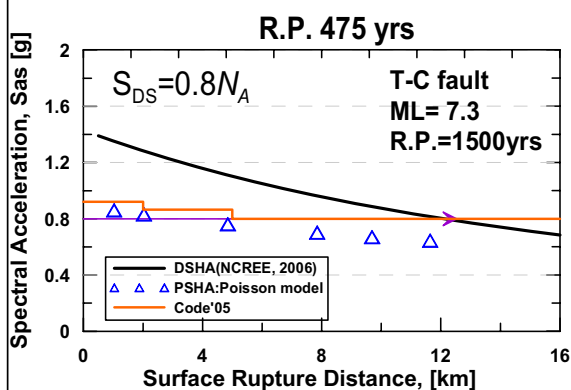
大尖山-觸口斷層 (回歸期假設較長)

- ◎ 假設回歸期約1500年
- ◎ DSHA分析
 - $L=53\text{km}$, $M_L 7.3$
(Code'05:ML7.1)
- ◎ PSHA分析
 - $M_L = 7.60 \sim 7.10$
 - Poisson model

回歸期缺乏資料



設計地震之近斷層調整因子 (475年回歸期)



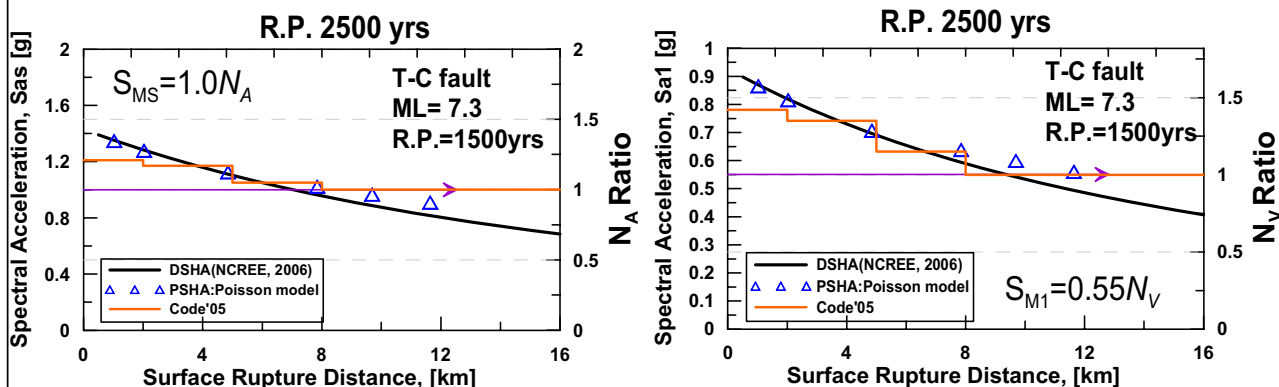
N_A	$r \leq 2 \text{ km}$	$2\text{km} < r \leq 5 \text{ km}$	$5\text{km} < r \leq 8 \text{ km}$	$r > 8 \text{ km}$
	1.15	1.08	1.00	1.00
N_V	$r \leq 2 \text{ km}$	$2\text{km} < r \leq 5 \text{ km}$	$5\text{km} < r \leq 8 \text{ km}$	$r > 8 \text{ km}$
	1.15	1.10	1.03	1.00

$8\text{km} < r \leq 10 \text{ km}$	$r > 10 \text{ km}$
1.0	不需考慮近斷層因子
$8\text{km} < r \leq 10 \text{ km}$	$r > 10 \text{ km}$
1.0	不需考慮近斷層因子

假設回歸期1500>475，DBE受斷層影響小

最大考量地震之近斷層調整因子 (2500年回歸期)

NARLabs



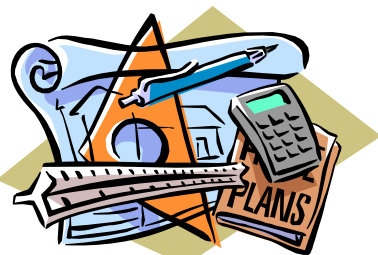
N_A	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 5$ km	$5\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km	$8\text{km} < r \leq 10$ km	$r > 10$ km
	1.21	1.17	1.05	1.00	1.0	不需考慮近斷層因子
N_V	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 5$ km	$5\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km	$8\text{km} < r \leq 10$ km	$r > 10$ km
	1.42	1.35	1.15	1.00	1.0	不需考慮近斷層因子

假設回歸期1500<2500，MCE受斷層影響大

NARLabs

新增活斷層之近斷層因子 建議方案

◆近斷層地震需求與DSHA



- 活斷層錯動不論再現期，一律視為MCE → 設計地震 × 2/3。
- 由PSHA分析結果，分別決定。
- 折衷方案

DSHA分析 & PSHA分析

◎ DSHA分析：對於鄰近活動斷層區域以定值分析法直接評估特定活斷層對工址之影響

- 活動斷層參數
- 工址與活動斷層最短距離 (Surface-Rupture Distance, ...)
- 地震動衰減律 (S_{as} 、 S_{al} 、PGA、PGV)

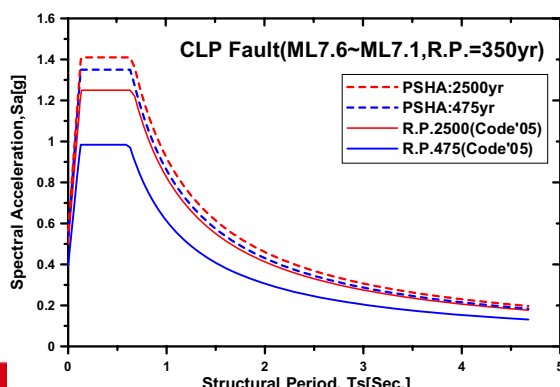
◎ PSHA分析：以活動斷層以特徵地震模型假設，分析特定距離下之不同回歸期之設計地震力

- Poisson model (地震活動參數缺乏)

現行規範近斷層設計值與PSHA分析結果比較

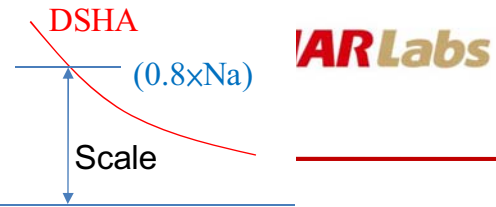
以對車籠埔斷層鄰近1km的S1工址為例：(PSHA → Poisson model)

Code'05	PSHA
R.P.~700yr(?)	R.P.~350yr
<u>475yr:</u>	<u>475yr:</u>
$S_{DS}=0.8 \times 1.23=0.984$	$S_{DS}=1.35$
$S_{DL}=0.45 \times 1.36=0.612$	$S_{DL}=0.86$
<u>2500yr:</u>	<u>2500yr:</u>
$S_{MS}=1.0 \times 1.25=1.25$	$S_{MS}=1.41$
$S_{ML}=0.55 \times 1.50=0.825$	$S_{ML}=0.92$



對於回歸期短之活動斷層，PSHA分析會由475年回歸期所控制。而現行規範乃遵循性能設計觀點，使控制地震為2500年。475年與2500年回歸期之設計值採有特定比例關係。

分析方法



- ◎ 由475年及2500年回歸期之短週期和一秒週期震區水平譜加速度係數(0.8, 0.45)及(1.0, 0.55)為基準值
- ◎ 由近斷層工址(1km)之近斷層調整因子及基準值與DSHA分析結果比較，找出現行規範設計值與DSHA結果間之關係。
- ◎ 探討各斷層之近斷層調整因子

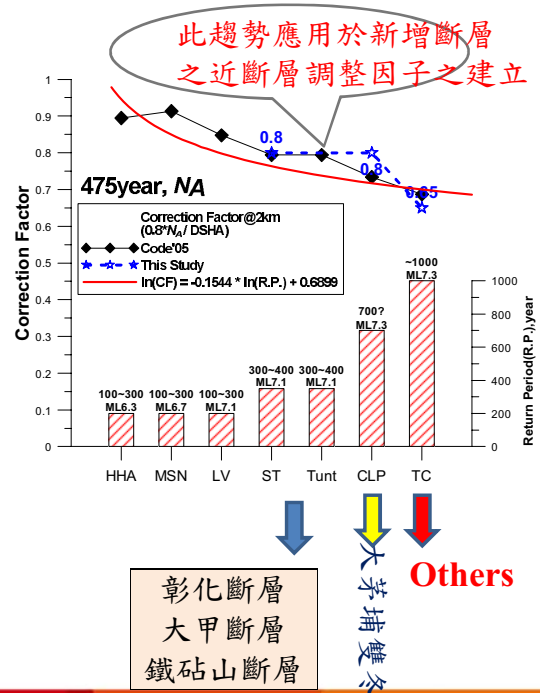
◎ 新增分析的斷層

參考獅潭斷層

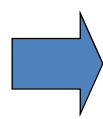
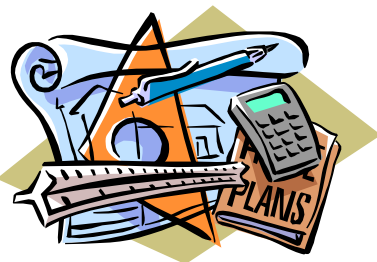
參考車籠埔斷層

參考大尖山斷層

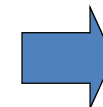
斷層	R.P.
彰化斷層	350
大甲斷層	
鐵砧山斷層	
大茅埔-雙冬斷層	700
新城斷層	1500
三義斷層	1500
六甲斷層	1500
旗山斷層	1500



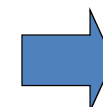
新增活斷層之近斷層因子



彰化斷層、大甲斷層、鐵砧山斷層



大茅埔-雙冬斷層



新城斷層

三義斷層

六甲斷層

旗山斷層

新增斷層之地震參數

NARLabs

NAME	Length	Type	DIR	DIP	Group	Mw [^]	ML*	Code,ML	T0(LAST_EQ)	? R.P.
車籠埔斷層	92	R	0	40	G1-1	7.6	7.3	7.3	1999yr	350
梅山斷層	25*	SS	75	60	G1-1	6.9	6.7(7.1)	7	1906yr	115
新化斷層	6	SS	70	60	G1-1	6.1	6.3	6.3	1946yr	210
花東縱谷北段 (米崙、嶺頂斷層)	46*	R	35	70	G1-1	7.5	7.3	7.3	1951yr	150
花東縱谷南段 (瑞穗、玉里、池上、奇美、鹿野、利吉斷層)	110*	R	23	70	G1-1	7.5	7.3	7.3	1951yr	150
獅潭斷層 屯子腳斷層	50*	R	23 60	-60 90	G1-2	7.2	7.1	7.1	1935yr	350
彰化斷層 大甲斷層 鐵砧山斷層	80*	R	45	35	G1-2	7.3	7.3	--	1848yr	350
大茅埔-雙冬斷層	69	R	0	45	G1-2	7.6	7.3	--		700
新城斷層	29	R	50	30	G1-2	6.8	7	--	1700yr??	1500
大尖山斷層 觸口斷層	56*	R	35	70	G1-3	7.6	7.3	7.1		1500
三義斷層	34	R	24	50	G1-3	6.8	7	--	全新世?	1500
六甲斷層	16	R	40	30	G1-3	6.5	6.7	--	< 10,000年	1500
旗山斷層	26	R	45	50	G1-3	6.8	7	--	距今7189年前	1500

[^] 若無歷史地震規模，Mw採用 Lin et al. (2008)的轉換公式

* 經過判斷後之斷層長度

假設

新城斷層

NARLabs

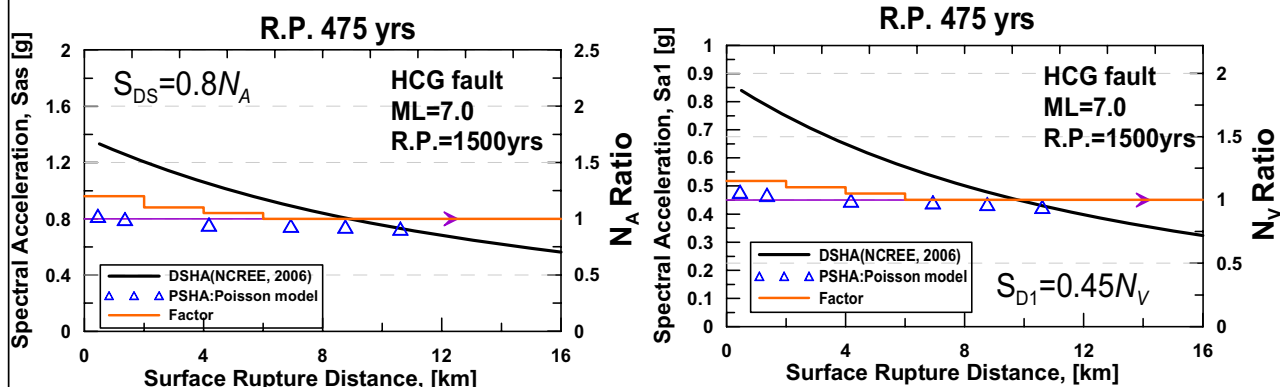
- ◎ 回歸期約1500年
- ◎ DSHA分析
 - L=28km, M_L 7.0
- ◎ PSHA分析
 - M_L = 7.30 ~ 6.80
 - Poisson model



大尖山、觸口斷層: R.P. (~1500yr?), ML7.3

設計地震之近斷層調整因子 (475年回歸期)

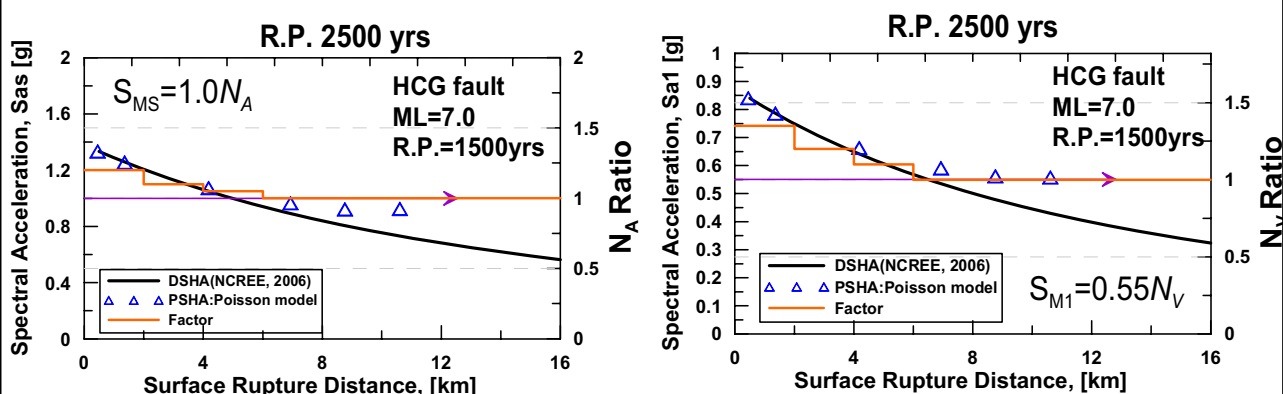
NARLabs



N_A	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 4$ km	$4\text{km} < r \leq 6$ km	$6\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km
	1.10	1.05	1.00	1.00	不需考慮近斷層因子
N_V	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 4$ km	$4\text{km} < r \leq 6$ km	$6\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km
	1.15	1.10	1.05	1.00	不需考慮近斷層因子

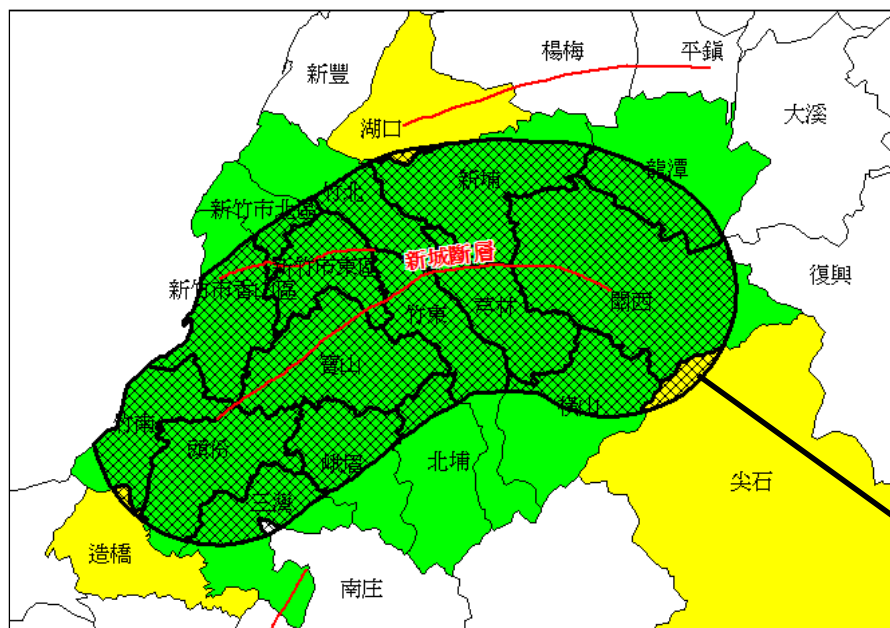
最大考量地震之近斷層調整因子 (2500年回歸期)

NARLabs



N_A	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 4$ km	$4\text{km} < r \leq 6$ km	$6\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km
	1.20	1.10	1.05	1.00	不需考慮近斷層因子
N_V	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 4$ km	$4\text{km} < r \leq 6$ km	$6\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km
	1.35	1.20	1.10	1.00	不需考慮近斷層因子

新增斷層：新城斷層



- 納入斷層考量之鄉鎮
- 未納入考量之鄉鎮

表2-1之修訂

影響範圍

彰化、大甲、鐵砧山斷層

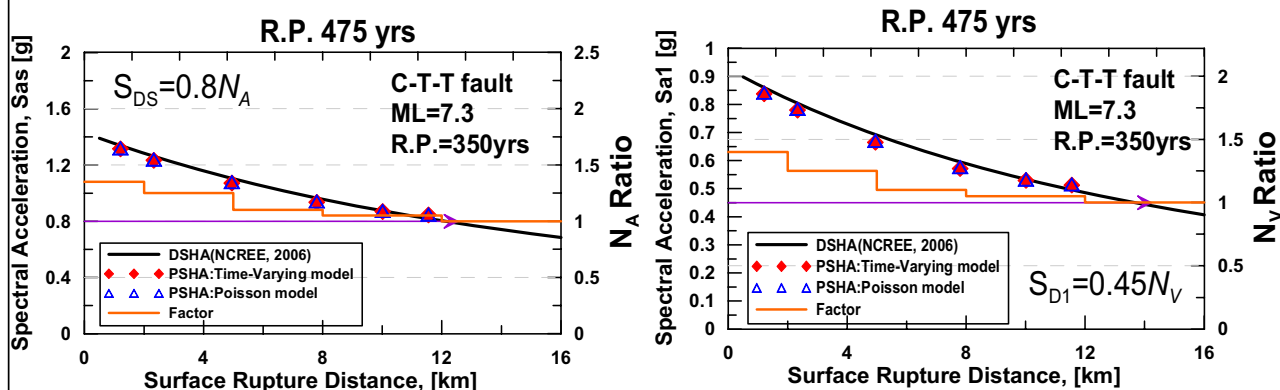
- ◎ 假設回歸期350年
(GPS短期滑移率評估約407年~552年)
- ◎ DSHA分析
 - $L=79\text{km}$, $M_L 7.3$
- ◎ PSHA分析
 - $M_L=7.60\sim 7.10$
 - time-varying model (1848yr)
 - Poisson model

獅潭斷層: R.P. ~350yr, $M_L 7.1$



設計地震之近斷層調整因子 (475年回歸期)

NARLabs

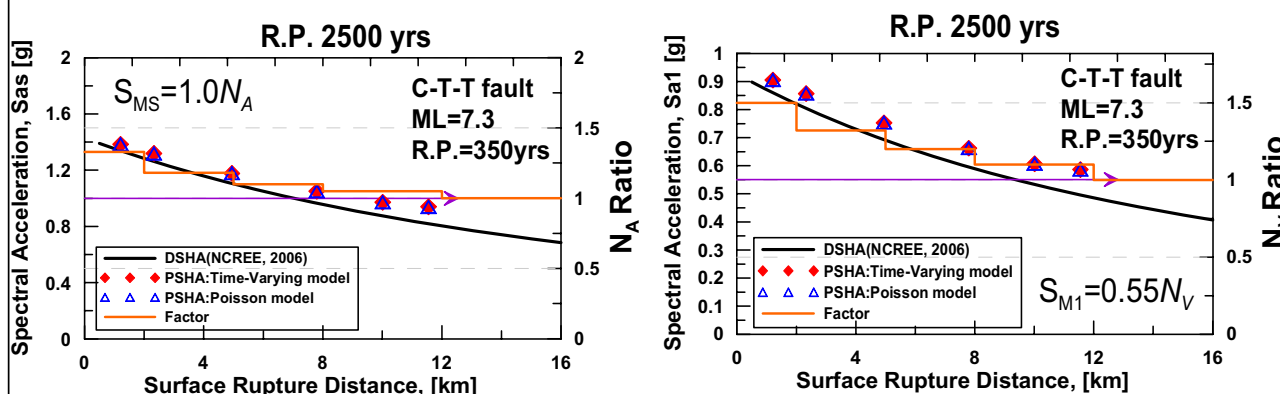


	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 5$ km	$5\text{km} < r \leq 8$ km	$8\text{km} < r \leq 12$ km	$12\text{km} < r \leq 14$ km	$r > 14$ km
N_A	1.35	1.25	1.10	1.05	1.00	不需考慮近斷層因子
N_V	1.40	1.25	1.10	1.05	1.00	不需考慮近斷層因子

Reference: 獅潭斷層 R.P. ~350yr, ML7.1

最大考量地震之近斷層調整因子 (2500年回歸期)

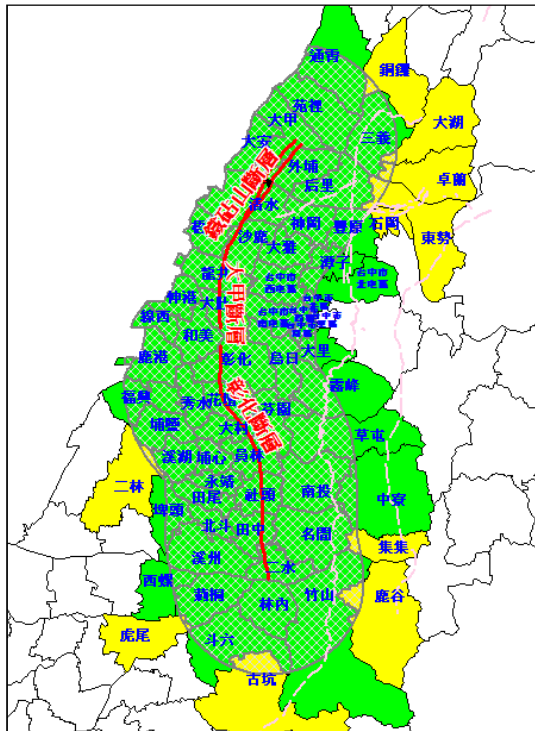
NARLabs



	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 5$ km	$5\text{km} < r \leq 8$ km	$8\text{km} < r \leq 12$ km	$12\text{km} < r \leq 14$ km	$r > 14$ km
N_A	1.33	1.18	1.10	1.05	1.00	不需考慮近斷層因子
N_V	1.50	1.32	1.20	1.10	1.00	不需考慮近斷層因子

Reference: 獅潭斷層 R.P. ~350yr, ML7.1

新增斷層：彰化、大甲、鐵砧山斷層



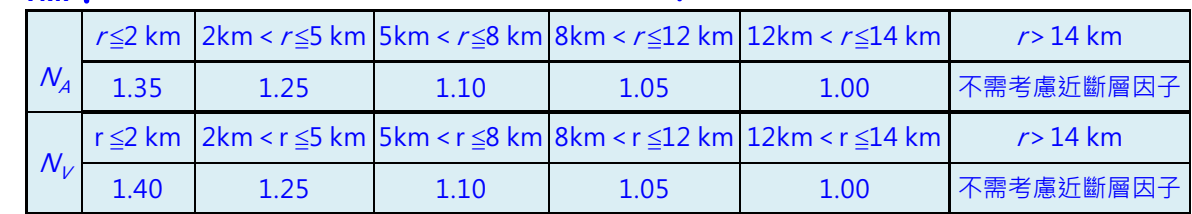
- 納入斷層考量之鄉鎮
- 未納入考量之鄉鎮

表2-1之修訂

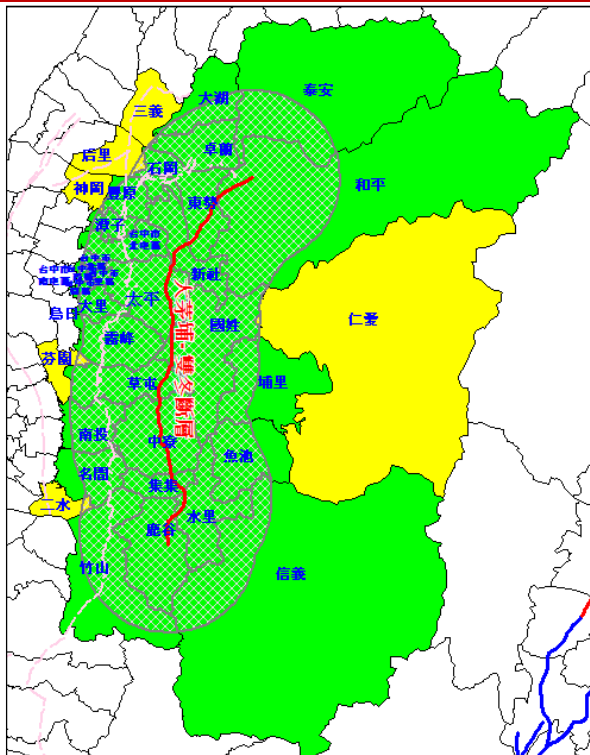
大茅埔-雙冬斷層

- ◎ 假設回歸期約700年
(車籠埔的2倍)
- ◎ DSHA分析
 - $L=69\text{km}$, $M_L 7.3$
- ◎ PSHA分析
 - $M_L = 7.60 \sim 7.10$
 - Poisson model



NARLabs**NAR**Labs

新增斷層：大茅埔-雙冬斷層



■ 納入斷層考量之鄉鎮

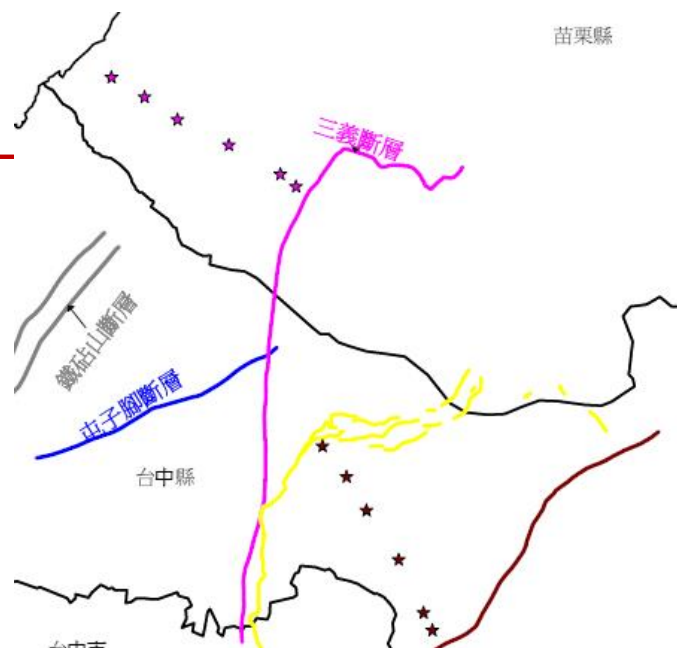
■ 未納入考量之鄉鎮

應用於表2-1之修訂

三義斷層

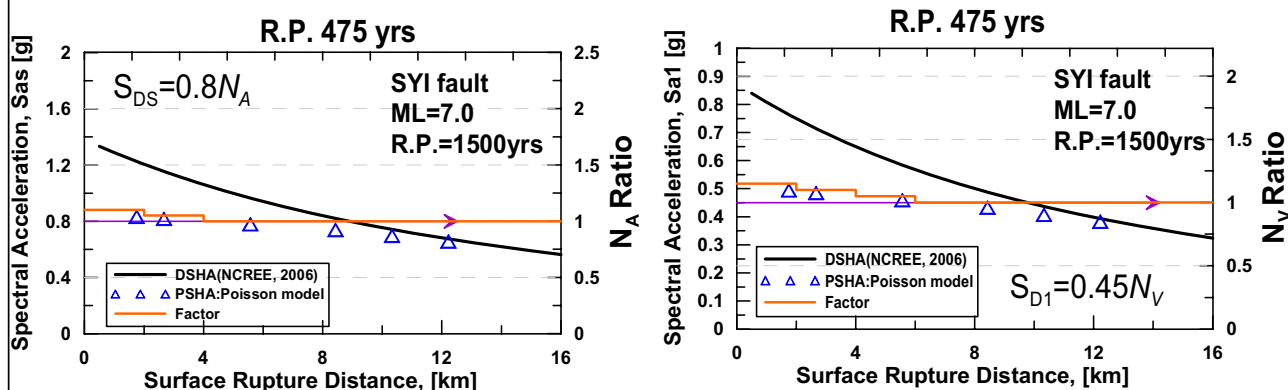
- ◎ 假設回歸期約1500年
- ◎ DSHA分析
 - $L=33\text{km}$, $M_L 7.0$
- ◎ PSHA分析
 - $M_L = 7.30 \sim 6.80$
 - Poisson model

回歸期缺乏資料



設計地震之近斷層調整因子 (475年回歸期)

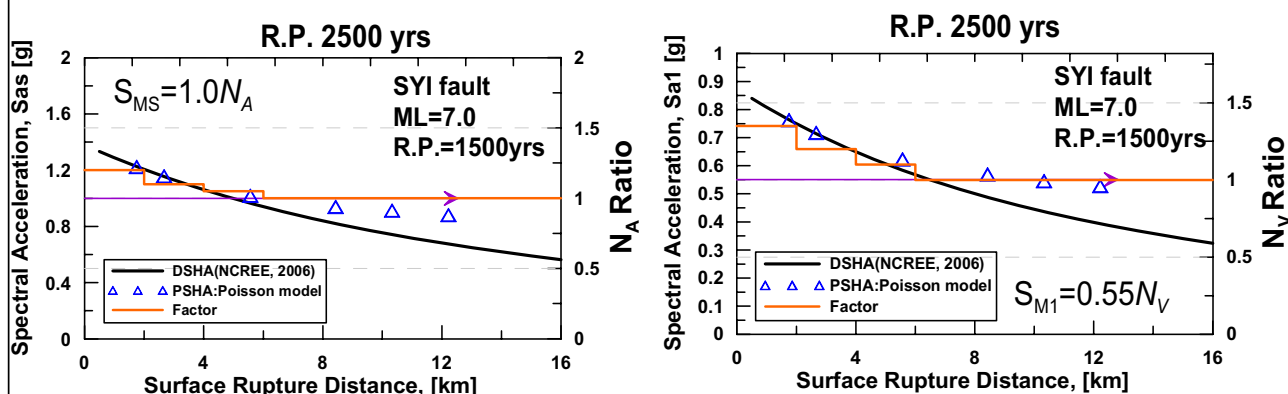
NARLabs



	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 4$ km	$4\text{km} < r \leq 6$ km	$6\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km
N_A	1.10	1.05	1.00	1.00	不需考慮近斷層因子
N_V	1.15	1.10	1.05	1.00	不需考慮近斷層因子

最大考量地震之近斷層調整因子 (2500年回歸期)

NARLabs



	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 4$ km	$4\text{km} < r \leq 6$ km	$6\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km
N_A	1.20	1.10	1.05	1.00	不需考慮近斷層因子
N_V	1.35	1.20	1.10	1.00	不需考慮近斷層因子

六甲斷層

◎ 假設回歸期約1500年

◎ DSHA分析

• $L=17\text{km}$, $M_L 6.7$ 台南縣

◎ PSHA分析

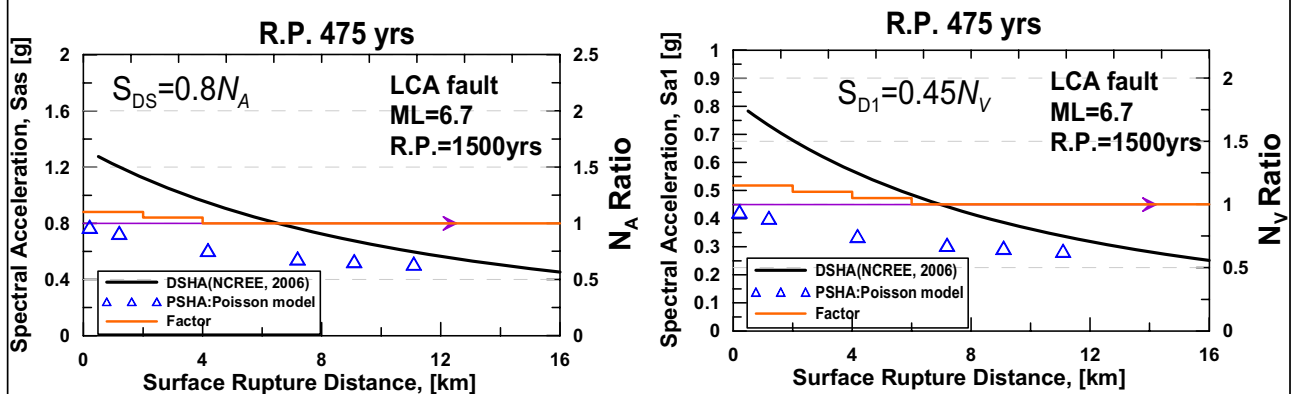
• $M_L = 7.00 \sim 6.50$

• Poisson model



回歸期缺乏資料

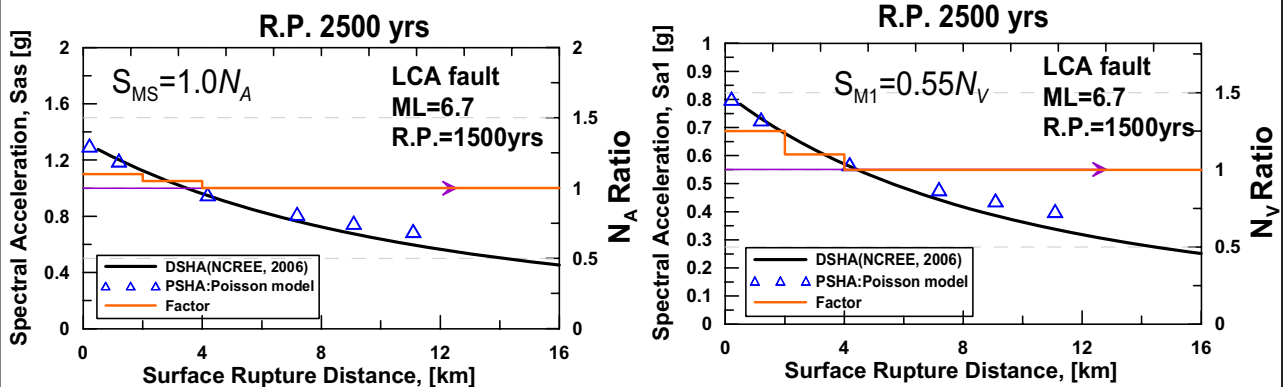
設計地震之近斷層調整因子 (475年回歸期)



	$r \leq 2 \text{ km}$	$2\text{km} < r \leq 4 \text{ km}$	$4\text{km} < r \leq 6 \text{ km}$	$r > 6\text{km}$
N_A	1.10	1.05	1.00	不需考慮近斷層因子
	$r \leq 2 \text{ km}$	$2\text{km} < r \leq 4 \text{ km}$	$4\text{km} < r \leq 6 \text{ km}$	$r > 6\text{km}$
N_V	1.15	1.10	1.00	不需考慮近斷層因子

最大考量地震之近斷層調整因子 (2500年回歸期)

NAR Labs



	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 4$ km	$4\text{km} < r \leq 6$ km	$r > 6$ km
N_A	1.10	1.05	1.00	不需考慮近斷層因子
N_V	1.25	1.10	1.00	不需考慮近斷層因子

旗山斷層

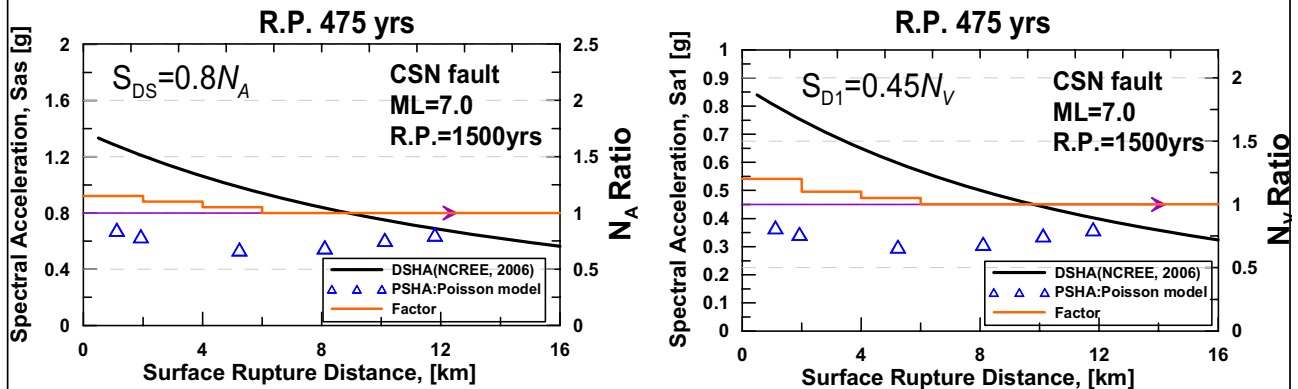
- ◎ 假設回歸期為1500年
- ◎ DSHA分析
 - $L=30\text{km}$, M_L 7.0
- ◎ PSHA分析
 - $M_L = 7.30 \sim 6.80$
 - Poisson model

回歸期缺乏資料



設計地震之近斷層調整因子 (475年回歸期)

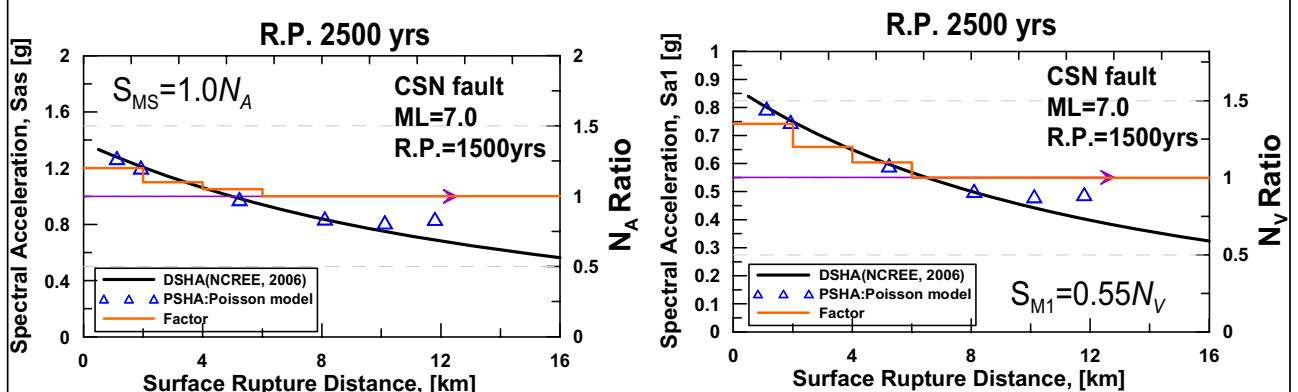
NAR Labs



N_A	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 4$ km	$4\text{km} < r \leq 6$ km	$6\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km
	1.15	1.10	1.05	1.00	不需考慮近斷層因子
N_V	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 4$ km	$4\text{km} < r \leq 6$ km	$6\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km
	1.20	1.10	1.05	1.00	不需考慮近斷層因子

最大考量地震之近斷層調整因子 (2500年回歸期)

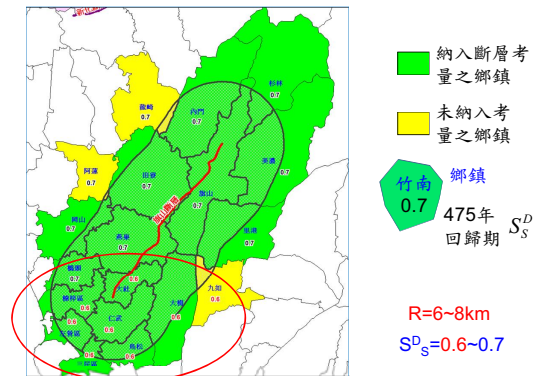
NAR Labs



N_A	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 4$ km	$4\text{km} < r \leq 6$ km	$6\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km
	1.20	1.10	1.05	1.00	不需考慮近斷層因子
N_V	$r \leq 2$ km	$2\text{km} < r \leq 4$ km	$4\text{km} < r \leq 6$ km	$6\text{km} < r \leq 8$ km	$r > 8$ km
	1.35	1.20	1.10	1.00	不需考慮近斷層因子

旗山斷層

- 鄰近旗山斷層之SDS值包括0.6及0.7，建議增加一個區間，降至0.7。
- 475年回歸期



	$r \leq 2 \text{ km}$	$2\text{ km} < r \leq 4 \text{ km}$	$4\text{ km} < r \leq 6 \text{ km}$	$6\text{ km} < r \leq 8 \text{ km}$	$8\text{ km} < r \leq 12 \text{ km}$	$r > 12 \text{ km}$
N_A	1.15	1.10	1.05	1.00	0.90	不需考慮近斷層效應
N_V	1.20	1.10	1.05	1.00	0.90	不需考慮近斷層效應

- 2500年回歸期

	$r \leq 2 \text{ km}$	$2\text{ km} < r \leq 4 \text{ km}$	$4\text{ km} < r \leq 6 \text{ km}$	$6\text{ km} < r \leq 8 \text{ km}$	$8\text{ km} < r \leq 12 \text{ km}$	$r > 12 \text{ km}$
N_A	1.20	1.10	1.05	1.00	0.90	不需考慮近斷層效應
N_V	1.35	1.20	1.10	1.00	0.95	不需考慮近斷層效應

結論

NAR Labs

- 震區水平譜加速度係數以(0.8，0.45)及(1.0，0.55)為基準值。
- 以DSHA及PSHA分析，探討TYPE I之活動斷層所需之近斷層調整因子。
- 新增活動斷層之近斷層調整因子之建立，參考既有活動斷層之參數比例

第2章2.5節修訂建議(1/3)

- 規範既有活動斷層之近斷層調整因子不變
- 修改式(2-6)及式(2-7)

$$S_{DS} = 0.8F_a N_A; \quad S_{MS} = 1.0F_a N_A; \quad N_A \geq 1.0 \quad (2-6)$$

$$S_{D1} = 0.45F_v N_V; \quad S_{M1} = 0.55F_v N_V; \quad N_V \geq 1.0 \quad (2-7)$$

- 新增不需考慮調整因子之範圍。

	$r \leq 2 \text{ km}$	$2 \text{ km} < r \leq 5 \text{ km}$	$5 \text{ km} < r \leq 8 \text{ km}$	$8 \text{ km} < r \leq 12 \text{ km}$	$r > 12 \text{ km}$	$12 \text{ km} < r \leq 14 \text{ km}$	$r > 14 \text{ km}$
N_A	1.23	1.16	1.07	1.03	1.00	1.0	不需考慮近斷層因子
N_V	1.36	1.32	1.22	1.10	1.00	1.0	採不需考慮近斷層因子

第2章2.5節修訂建議(2/3)

- 將近斷層影響範圍相近之斷層整合如下
- 475年回歸期 (N_A)

	斷層名稱	$r \leq 2 \text{ km}$	$2 < r \leq 5 \text{ km}$	$5 < r \leq 8 \text{ km}$	$8 < r \leq 10 \text{ km}$	$10 < r \leq 12 \text{ km}$	$12 < r \leq 14 \text{ km}$	$r > 14 \text{ km}$
N_A (475)	車籠埔斷層	1.23	1.16	1.07	1.03	1.03	1.00	N.C.
	梅山斷層	1.37	1.28	1.15	1.00	N.C.	N.C.	N.C.
	大尖山-觸口斷層	1.15	1.08	1.00	1.00	N.C.	N.C.	N.C.
	新化斷層	1.23	1.06	1.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
	花東縱谷斷層	1.42	1.37	1.28	1.14	1.14	1.00	N.C.
	獅潭斷層	1.28	1.20	1.10	1.10	1.00	N.C.	N.C.
	屯子腳斷層	1.28	1.20	1.10	1.10	1.00	N.C.	N.C.
	彰化、大甲、鐵砧山斷層	1.35	1.25	1.10	1.05	1.05	1.00	N.C.
	大茅埔-雙冬斷層	1.35	1.25	1.10	1.05	1.05	1.00	N.C.

註：N.C.為設計地震不受近斷層效應控制，回歸一般工址辦理。

第2章2.5節修訂建議(3/3)

• 475年回歸期 (N_A)

	斷層名稱	$r \leq 2\text{km}$	$2 < r \leq 4\text{km}$	$4 < r \leq 6\text{km}$	$6 < r \leq 8\text{km}$	$8 < r \leq 12\text{km}$	$r > 12\text{km}$
N_A (475)	新城斷層	1.10	1.05	1.00	1.00	N.C.	N.C.
	三義斷層	1.10	1.05	1.00	1.00	N.C.	N.C.
	六甲斷層	1.10	1.05	1.00	N.C.	N.C.	N.C.
	旗山斷層	1.15	1.10	1.05	1.00	0.90	N.C.

註：N.C.為設計地震不受近斷層效應控制，回歸一般工址辦理。

- 因表格較多，以上僅列出各斷層475年回歸期之 N_A ，其他請參考手上書面資料

近斷層調整因子應用案例探討

- 許多震區鄰近多條活斷層
- N_A 與 N_V 各值並非全由距離較近的斷層主控
- 繪製各種 N_A 與 N_V 值之設計反應譜進行探討



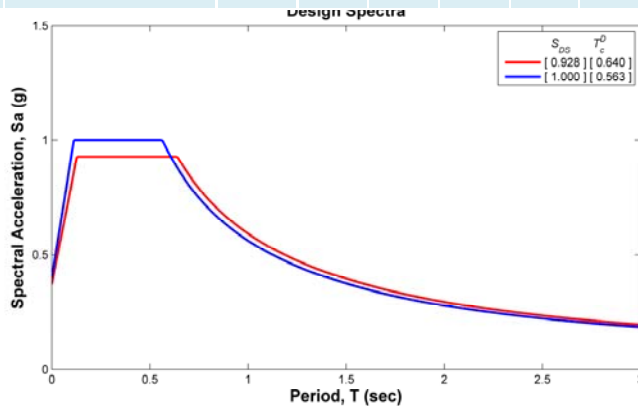
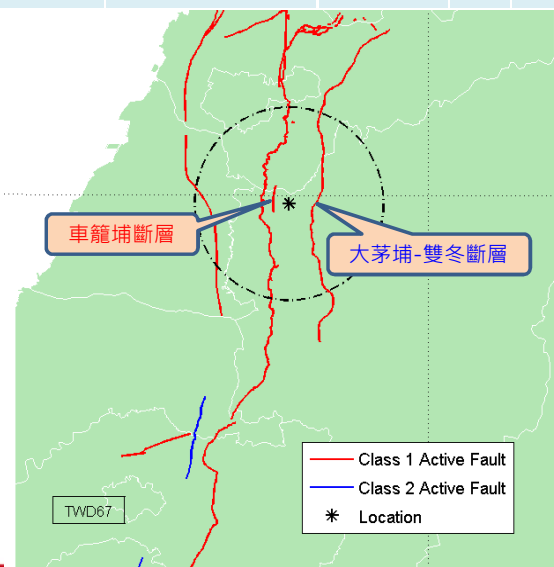
近斷層調整因子之探討

校名	地址	經緯度 (TWD 67)	S_s	S_I	近斷層	距離 (km)	N_A	N_V	S_{DS} (SC 1)	S_{DI} (SC 1)	T_c
土城國小	南投縣草屯鎮 土城里中正路189號	120.735, 23.986	0.8	0.45	(1)車籠埔斷層	3.04	1.16	1.32	0.928	0.594	0.640
					(2)大茅埔-雙冬斷層	4.53	1.25	1.25	1.00	0.563	0.563
瑞竹國中	南投縣竹山鎮 瑞竹里瑞東巷20號	120.663, 23.669	0.8	0.45	(1)大尖山斷層	0.26	1.15	1.15	0.92	0.518	0.563
					(2)車籠埔斷層	6.50	1.07	1.22	0.856	0.549	0.641
圳頭國小	苗栗縣通霄鎮 圳頭里60號	120.701, 24.486	0.7	0.4	(1)三義斷層	10.51	N.C.	N.C.	0.70	0.40	0.571
					(2)大甲斷層	13.56	1.00	1.00	0.80	0.45	0.563
僑善國小	苗栗縣頭份鎮 中正一路395號	120.927, 24.688	0.7	0.4	(1)新城斷層	2.29	1.05	1.10	0.84	0.495	0.589
					(2)獅潭斷層	8.91	1.10	1.10	0.88	0.495	0.563
福科國小	臺中市西屯區 福林路333號	120.607, 24.191	0.7	0.4	(1)大甲斷層	7.00	1.10	1.10	0.88	0.495	0.563
					(2)屯子腳斷層	8.82	1.10	1.15	0.88	0.518	0.588

- N_A 與 N_V 各值並非全由第一順位(距離較近的)近斷層主控
- 繪製各種 N_A 與 N_V 值之設計反應譜進行探討
- 案例選自校舍耐震資訊網

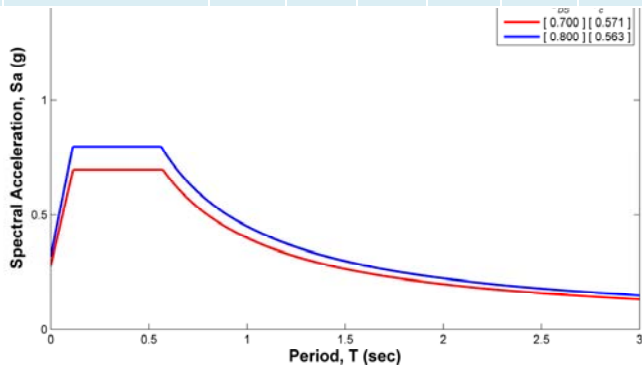
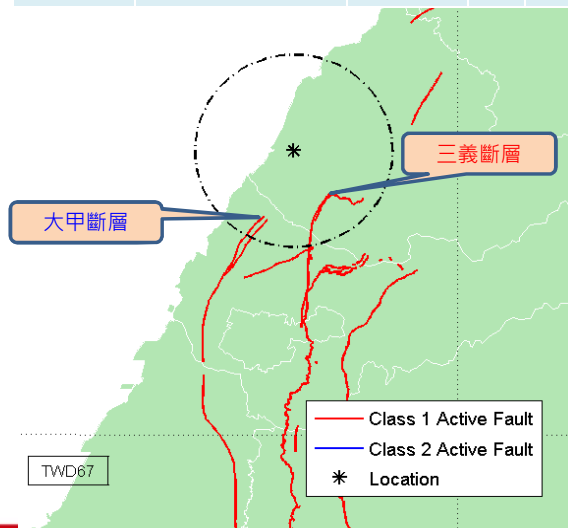
案例一：土城國小

校名	地址	經緯度 (TWD 67)	S_s	S_I	近斷層	距離 (km)	N_A	N_V	S_{DS} (SC 1)	S_{DI} (SC 1)	T_c
土城國小	南投縣草屯鎮 土城里中正路189號	120.735, 23.986	0.8	0.45	(1)車籠埔斷層	3.04	1.16	1.32	0.928	0.594	0.640
					(2)大茅埔-雙冬斷層	4.53	1.25	1.25	1.00	0.563	0.563



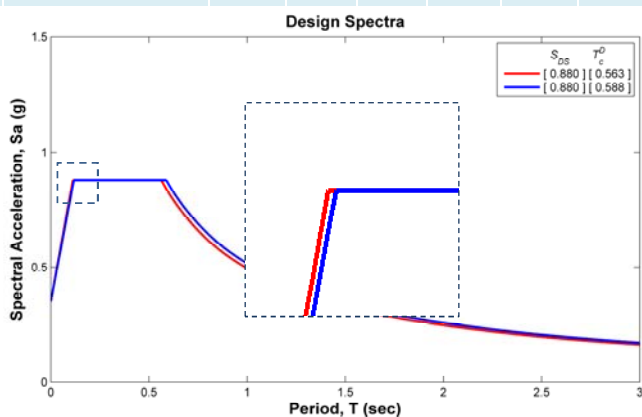
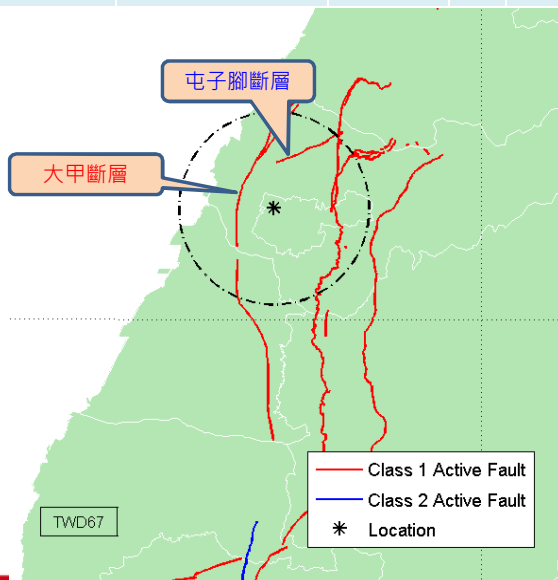
案例三：圳頭國小

校名	地址	經緯度 (TWD 67)	S_s	S_I	近斷層	距離 (km)	N_A	N_V	S_{DS} (SC 1)	S_{D1} (SC 1)	T_c
圳頭國小	苗栗縣通霄鎮 圳頭里60號	120.701, 24.486	0.7	0.4	(1)三義斷層	10.5 1	N.C.	N.C.	0.70	0.40	0.571
					(2)大甲斷層	13.5 6	1.00	1.00	0.80	0.45	0.563



案例五：福科國小

校名	地址	經緯度 (TWD 67)	S_s	S_I	近斷層	距離 (km)	N_A	N_V	S_{DS} (SC 1)	S_{D1} (SC 1)	T_c
福科國小	臺中市西屯區 福林路333號	120.607, 24.191	0.7	0.4	(1)大甲斷層	7.00	1.10	1.10	0.88	0.495	0.563
					(2)屯子腳斷層	8.82	1.10	1.15	0.88	0.518	0.588



- 實際進行動力分析時，若第一順位之近斷層 N_A 或 N_V 值並非最大值，應採用：
 - (1)具最大值 N_A 與 N_V 之近斷層設計反應譜，各別分析
 - (2)包絡設計反應譜以保守評估
- 結構分析須考量到不同模態行為，故建議採用上述第1點作法取大值結果。

報告結束

敬請指教

TBC設計反應譜查詢介面

= 臺灣地區工址水平加速度反應譜查詢 =

Step1: 決定震區水平譜加速度係數

選擇工址位置

縣市: 鄉鎮市區:

震區水平譜加速度係數

設計地震力 (回歸期475年): S_s^D S_1^D 最大考量地震力 (回歸期2500年): S_s^M S_1^M

Step2: 決定近斷層調整因子

選擇鄰近斷層

鄰近之第一類活動斷層: 請於左表點選欲分析之斷層名稱, 並輸入工址與斷層之間最短距離: 公里

近斷層調整因子

設計地震力 (回歸期475年): N_A N_V 最大考量地震力 (回歸期2500年): N_A N_V

Step3: 決定工址放大係數

選擇地盤分類

工址地盤分類: (若不知請輸入土層平均剪力波速 V_{s30} : m/s)

工址放大係數

設計地震力 (回歸期475年): F_a F_v 最大考量地震力 (回歸期2500年): F_a F_v

Step4: 計算工址水平譜加速度係數

工址水平譜加速度係數

設計地震力 (回歸期475年): S_{DS} S_{D1} T_0^D 最大考量地震力 (回歸期2500年): S_{MS} S_{M1} T_0^M

Step5: 繪製反應譜圖

加速度反應譜圖

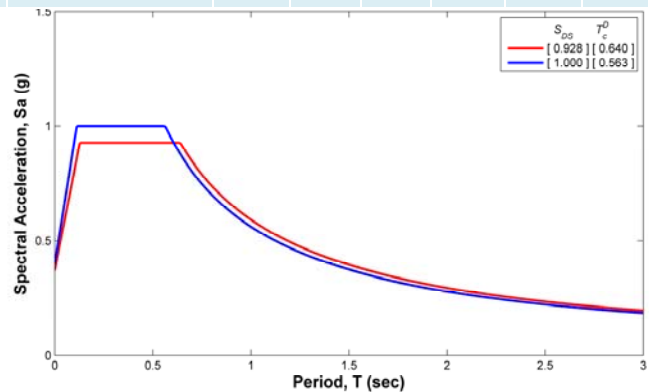
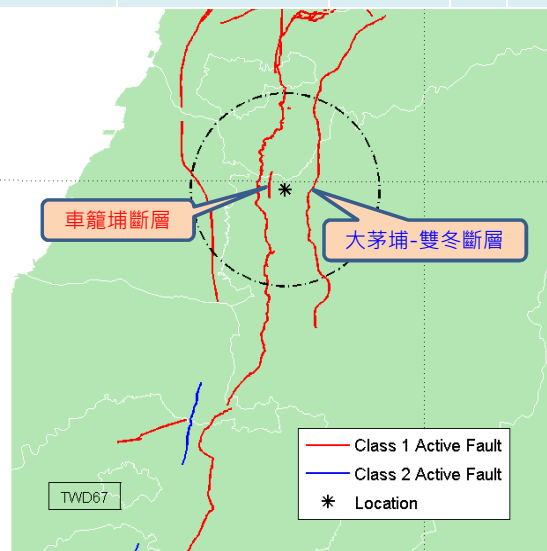
選擇耐震設計目標: ☒ 設計地震力 ☐ 最大考量地震力

選擇反應譜圖型: ☐ 週期間距: 0.01 ☐ X-linear, Y-linear

設定座標屬性: ☐ 圖型不重疊

案例說明 - 南投縣土城國小

校名	地址	經緯度 (TWD 67)	S_s	S_1	近斷層	距離 (km)	N_A	N_V	S_{DS} (SC 1)	S_{D1} (SC 1)	T_c
土城國小	南投縣草屯鎮土城里中正路189號	120.735, 23.986	0.8	0.45	(1)車籠埔斷層	3.04	1.16	1.32	0.928	0.594	0.640
					(2)大茅埔-雙冬斷層	4.53	1.25	1.25	1.00	0.563	0.563



操作步驟(1)

- 選取完工址位置後，自動顯示震區水平譜加速度係數以及鄰近斷層名稱

TaiwanBuildingCode

= 臺灣地區工址水平加速度反應譜查詢 =

Step1 : 決定震區水平譜加速度係數

選擇工址位置

縣市: 鄉鎮市區:

震區水平譜加速度係數

設計地震力 (回歸期475年): S_D^D 0.8 S_1^D 0.45

最大考量地震力 (回歸期2500年): S_D^M 1 S_1^M 0.55

Step2 : 決定近斷層調整因子

選擇鄰近斷層

鄰近之第一類活動斷層: 請於左表點選欲分析之斷層名稱，並輸入工址與斷層之間最短距離:

彰化斷層 公里

近斷層調整因子

設計地震力 (回歸期475年): N_a N_v

最大考量地震力 (回歸期2500年): N_a N_v

Step3 : 決定工址放大係數

選擇地盤分類

工址地盤分類:

(若不知請輸入土層平均剪波速 V_{s30} : m/s)

工址放大係數

設計地震力 (回歸期475年): F_a F_v

最大考量地震力 (回歸期2500年): F_a F_v

Step4 : 計算工址水平譜加速度係數

工址水平譜加速度係數

設計地震力 (回歸期475年): S_{DS} S_{D1} T_0^D

最大考量地震力 (回歸期2500年): S_{MS} S_{M1} T_0^M

Step5 : 繪製反應譜圖

加速度反應譜圖

選取耐震設計目標: ☒ 設計地震力 ☐ 最大考量地震力

選擇反應譜圖型: ☐ ☒

設定座標屬性: 週期間距: 0.01 X-linear, Y-linear

操作步驟(2-1)

- 輸入工址經緯度座標，查詢鄰近斷層資訊

TaiwanBuildingCode

Step1 : 決定震區水平譜加速度係數

選擇工址位置

縣市: 鄉鎮市區:

震區水平譜加速度係數

設計地震力 (回歸期475年): S_D^D 0.8 S_1^D 0.45

最大考量地震力 (回歸期2500年): S_D^M 1 S_1^M 0.55

Step2 : 決定近斷層調整因子

選擇鄰近斷層

鄰近之第一類活動斷層: 請於左表點選欲分析之斷層名稱，並輸入工址與斷層之間最短距離:

彰化斷層 公里

近斷層調整因子

設計地震力 (回歸期475年): N_a N_v

最大考量地震力 (回歸期2500年): N_a N_v

Step3 : 決定工址放大係數

選擇地盤分類

工址地盤分類:

(若不知請輸入土層平均剪波速 V_{s30} : m/s)

工址放大係數

設計地震力 (回歸期475年): F_a F_v

最大考量地震力 (回歸期2500年): F_a F_v

FaultsSearch

工址地理位置

大地基準 (Datum): ☒ TWD67 ☐ TWD97 / WGS84

經緯度座標 (Coordinate System)

經度 (Lon.):

緯度 (Lat.):

工址震區係數

震區位置:

設計地震力 (回歸期475年): S_D^D S_1^D

最大考量地震力 (回歸期2500年): S_D^M S_1^M

斷層查詢結果

	鄰近斷層名稱	最短距離(km)	NaD	NvD	NaM	NvM
1						
2						
3						
4						

操作步驟(2-2)

- 可點選工具列調整畫面，以清楚顯示工址與斷層相對位置

TaiwanBuildingCode

Step1: 決定震區水平譜加速度係數

選擇工址位置

縣市: 南投縣 鄉鎮市區: 草屯鎮

震區水平譜加速度係數

設計地震力 (回歸期475年): S_D^P 0.8 S_1^P 0.45 S_M^M 1

Step2: 決定近斷層調整因子

選擇鄰近斷層

鄰近之第一類活動斷層: 車籠埔斷層

請於左表點並輸入工址

彰化斷層

近斷層調整因子

設計地震力 (回歸期475年): N_a N_v N_s

Step3: 決定工址放大係數

選擇地盤分類

工址地盤分類: 請選擇...

(若不知請輸入土層平均剪力波速 V_{s30} :)

工址放大係數

設計地震力 (回歸期475年): F_a F_v F_s

FaultsSearch

Zoom In

大地基準 (Datum): ☒ TWD67 ☐ TWD97 / WGS84

經緯度座標 (Coordinate System)

經度 (Lon.): 120.735

緯度 (Lat.): 23.986

查詢鄰近斷層

工址震區係數

震區位置: 南投縣草屯鎮

設計地震力 (回歸期475年): S_D^P 0.8 S_1^P 0.45

最大考量地震力 (回歸期2500年): S_M^M 1 S_1^M 0.55

斷層查詢結果

	鄰近斷層名稱	最短距離(km)	NaD	NvD	NaM	NvM
1	車籠埔斷層	3.05	1.16	1.32	1.20	1.45
2	大茅埔雙菱斷層	4.51	1.25	1.25	1.15	1.35

確認結果

離開

操作步驟(3)

- 點選工址地盤分類，或輸入土層剪力波速值後，計算工址水平譜加速度係數

TaiwanBuildingCode

臺灣地區工址水平加速度反應譜查詢 =

Step1: 決定震區水平譜加速度係數

選擇工址位置

縣市: 南投縣 鄉鎮市區: 草屯鎮

震區水平譜加速度係數

設計地震力 (回歸期475年): S_D^P 0.8 S_1^P 0.45 S_M^M 1

最大考量地震力 (回歸期2500年): S_1^M 0.55

Step2: 決定近斷層調整因子

選擇鄰近斷層

鄰近之第一類活動斷層: 車籠埔斷層

請於左表點並輸入工址與斷層之間最短距離:

大茅埔雙菱斷層 4.51 公里 進階查詢

近斷層調整因子

設計地震力 (回歸期475年): N_a 1.25 N_v 1.25 N_s 1.15 N_v 1.35

Step3: 決定工址放大係數

選擇地盤分類

工址地盤分類: 第一類地盤

(若不知請輸入土層平均剪力波速 V_{s30} :) m/s

工址放大係數

設計地震力 (回歸期475年): F_a 1.0 F_v 1.0 F_s 1.0

最大考量地震力 (回歸期2500年): F_a 1.0 F_v 1.0

Step4: 計算工址水平譜加速度係數

工址水平譜加速度係數

設計地震力 (回歸期475年): S_{DS} 1.000 S_{D1} 0.563 T_0^P 0.563

最大考量地震力 (回歸期2500年): S_{MS} 1.150 S_{M1} 0.743 T_0^M 0.646

Step5: 繪製反應譜圖

加速度反應譜圖

選取耐震設計目標: ☒ 設計地震力 ☐ 最大考量地震力

選擇反應譜圖型: ☒ 週期間距: 0.01 ☐ X-linear, Y-linear

設定座標屬性: ☒ 圖型不重疊

繪製反應譜 清除全部反應譜 儲存反應譜數值 儲存反應譜圖 放大圖型編輯

Spectral Acceleration, S_a (g)

Period, T (sec.)

操作步驟(4)

- 點選“繪製反應譜”，選擇欲呈現之反應譜及對應顏色後，點選“確認”

TaiwanBuildingCode

= 臺灣地區工址水平加速度反應譜查詢 =

Step1 : 決定震區水平譜加速度

選擇工址位置
縣市: 南投縣 鄉鎮市區: 草屯鎮

震區水平譜加速度係數
設計地震力 (回歸期475年): S_s^D 0.8 S_1^D 0.45
最大考量地震力 (回歸期2500年): S_s^M 1 S_1^M 0.55

Step2 : 決定近斷層調整因子

選擇鄰近斷層
鄰近之第一類活動斷層: 車籠埔斷層
並輸入工址與斷層之間最短距離: 4.51 公里

近斷層調整因子
設計地震力 (回歸期475年): N_a 1.25 N_v 1.25
最大考量地震力 (回歸期2500年): N_a 1.15 N_v 1.35

Step3 : 決定工址放大係數

選擇地盤分類
工址地盤分類: 第一類地盤
(若不知請輸入土層平均剪力波速 V_{s30} : m/s)

工址放大係數
設計地震力 (回歸期475年): F_a 1.0 F_v 1.0
最大考量地震力 (回歸期2500年): F_a 1.0 F_v 1.0

SpectralList

反應譜	475y線條顏色	鄰近斷層名稱	最短距離(km)	SDS	SD1
1	紅色	車籠埔斷層	3.05	0.9280	0.5940
2	藍色	大茅埔雙葉...	4.51	1	0.5630

確認

繪製反應譜

繪製反應譜圖

Period, T (sec.)

Spectral Acceleration, S_a (g)

操作步驟(5)

- 繪出各工址鄰近斷層反應譜與包絡反應譜，並詳列圖例說明

TaiwanBuildingCode

= 臺灣地區工址水平加速度反應譜查詢 =

Step1 : 決定震區水平譜加速度係數

選擇工址位置
縣市: 南投縣 鄉鎮市區: 草屯鎮

震區水平譜加速度係數
設計地震力 (回歸期475年): S_s^D 0.8 S_1^D 0.45
最大考量地震力 (回歸期2500年): S_s^M 1 S_1^M 0.55

Step2 : 決定近斷層調整因子

選擇鄰近斷層
鄰近之第一類活動斷層: 車籠埔斷層
並輸入工址與斷層之間最短距離: 3.05 公里

近斷層調整因子
設計地震力 (回歸期475年): N_a 1.16 N_v 1.32
最大考量地震力 (回歸期2500年): N_a 1.2 N_v 1.45

Step3 : 決定工址放大係數

選擇地盤分類
工址地盤分類: 第一類地盤
(若不知請輸入土層平均剪力波速 V_{s30} : m/s)

工址放大係數
設計地震力 (回歸期475年): F_a 1.0 F_v 1.0
最大考量地震力 (回歸期2500年): F_a 1.0 F_v 1.0

Step4 : 計算工址水平譜加速度係數

工址水平譜加速度係數
設計地震力 (回歸期475年): S_{DS} 0.928 S_{D1} 0.594 T_0^D 0.640
最大考量地震力 (回歸期2500年): S_{MS} 1.200 S_{M1} 0.798 T_0^M 0.665

Step5 : 繪製反應譜圖

加速反應譜圖
選擇耐震設計目標: ☒ 設計地震力 ☐ 最大考量地震力
選擇反應譜圖型: ☒ 週期間距: 0.01
設定座標屬性: X-linear, Y-linear
週期間距: 0.01
圖形不重疊

繪製反應譜

繪製反應譜圖

Period, T (sec.)

Spectral Acceleration, S_a (g)

[475y][南投縣草屯鎮][第一類地盤][近車籠埔斷層3.05km]
[475y][南投縣草屯鎮][第一類地盤][近大茅埔雙葉斷層4.51km]
[475y][包絡反應譜]

液化潛能評估用地震規模建議

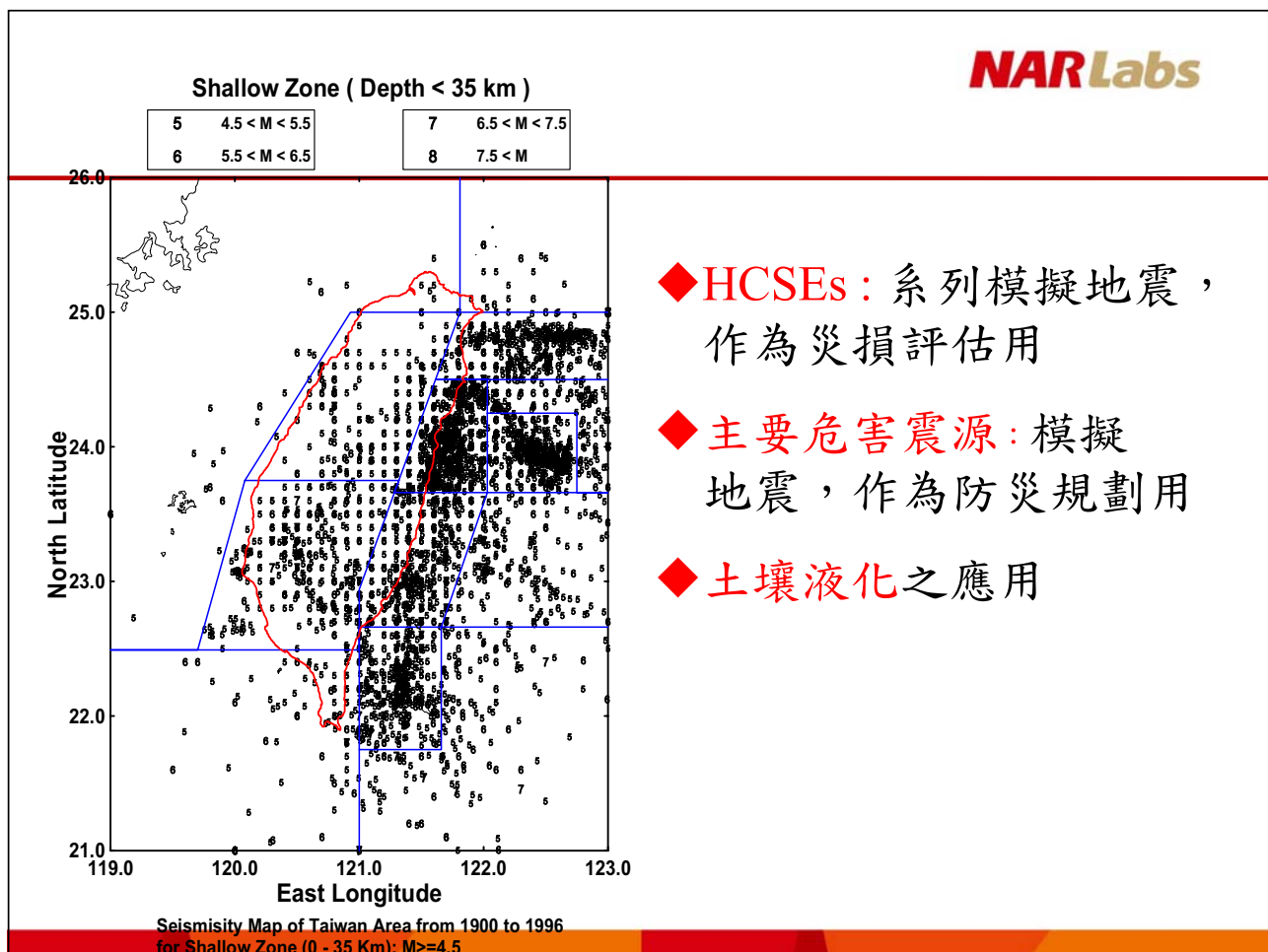
工程上常採用簡易經驗評估法來判定工址土壤之液化潛能：

內政部「建築物基礎構造設計規範（含解說）」中列出之方法：

- Seed et al.簡易經驗法
- 日本道路協會簡易法
- Tokimatsu與Yoshimi簡易經驗法

工程上常採用簡易經驗評估法來判定工址土壤之液化潛能：

- 除日本道路協會簡易法外，在考量地震效應時，同時考量最大地表加速度值(PGA)以及地震規模大小。
- 建築物耐震設計規範僅可得知台灣各地最大地表加速度值，對於規模值並無交代。
- 建議於規範增訂該條文之解說，提供液化潛能評估使用之地震規模分布圖，使工程師設計時能有所依循。



境況模擬地震(HCES)

- 1.空間分布：對每一個震源區 z (參數 m_0, m_u, a, b)，細分成 n 個子震源區 s ，以離散格點表現(震央 Es, Ns)；
- 2.相對頻度：對考慮地震規模上下限 $m_0 \sim m_u$ 之間。將地震規模再現機率密度函數，離散成數個區間其間隔為 $\Delta_m = m_{k+1} - m_k$ ，再計算各離散規模區間的地震發生率(步驟(3)-(4))；
- 3.震源區 z 發生地震規模大於等於 m_0 的年發生率為

$$\nu_{z0} = N(m_0) = 10^{(a-b \times m_0)} \quad (4)$$

- 4.根據地震目錄計算子震源區 s 發生地震規模大於等於 m_0 的年發生率為

$$\gamma_{zs} = \nu_{z0} \times \left(\frac{n_{zs}}{N_z} \right) \quad (5)$$

其中 n_{zs} 為子震源區 s 的地震發生數目， N_z 為震源區 z 地震發生總數目。

境況模擬地震(HCES)

- 5.則子震源區 s 發生地震規模為 $m_k \sim m_{k+1}$ 的地震(以 Eq_{sk} 表示)的年發生率以下式計算

$$\nu_{sk} = \gamma_{zs} \times (F_{M,Z}(m_{k+1}) - F_{M,Z}(m_k)) \quad (6)$$

其中， $F_{M,Z}(m)$ 表示震源區 z 的地震機率分布函數。 Eq_{sk} 的地震規模範圍為 $m_k \sim m_{k+1}$ ，其代表規模採用離散步幅範圍的形心 $\bar{m}_k$ 代表，則可根據式(2)或式(3)推導得

$$\bar{m}_k = m_k + \frac{1}{\beta} + \frac{\Delta_m}{1 - \exp(-\beta \Delta_m)} \quad (7)$$

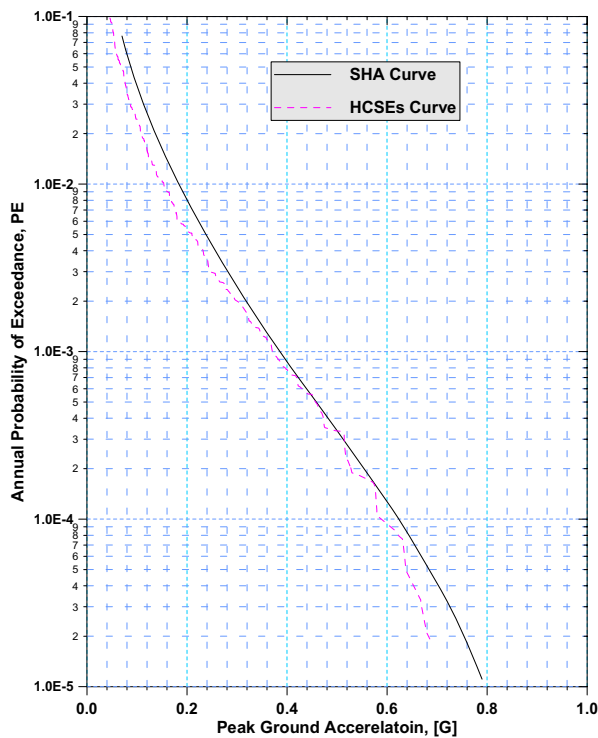
Eq_{sk} 的代表規模 $\bar{m}_k$ 為規模離散步幅 Δ_m 及 β 的函數，因此，每個震源分區均不相同。

境況模擬地震(HCES)

建立一系列符合區域地震記錄時空分布之境況模擬地震。以地震之震源位置、規模及發生率表示為

$(Eq_{sk} : Es, Ns, \overline{m_k}, \nu_{sk})$ 。

境況模擬地震(HCES)



Eq_{sk}	Es	Ns	$\overline{m_k}$	ν_{sk}
s03ad	121.688	24.390	5.112	0.2138252553
s03ad	121.688	24.390	5.362	0.1166840512
s03ad	121.688	24.390	5.612	0.0636742736
s03ad	121.688	24.390	5.862	0.0347469348
s03ad	121.688	24.390	6.112	0.0189613388
s03ad	121.688	24.390	6.362	0.0103471680
s03ad	121.688	24.390	6.612	0.0056464307
s03ad	121.688	24.390	6.862	0.0030812469
s03ad	121.688	24.390	7.112	0.0016814308
...	...	...	...	...
s04cd	122.125	24.375	5.110	0.0429591553
s04cd	122.125	24.375	5.360	0.0209445355
s04cd	122.125	24.375	5.610	0.0102114104
s04cd	122.125	24.375	5.860	0.0049785255
s04cd	122.125	24.375	6.110	0.0024272568
s04cd	122.125	24.375	6.360	0.0011833977
s04cd	122.125	24.375	6.610	0.0005769600
s04cd	122.125	24.375	6.784	0.0001007886
s04dd	122.375	24.375	5.110	0.0429591553
...	...	...	...	...

參數拆解， M_c, R_c 之計算

- 計算各關鍵性震源。這些分析結果以 (M_c, R_c) 的組合呈現，並將其年發生率或其對危害度的貢獻量清楚算出。

$$M_c = \sum_m m \cdot \sum_r P_{mr}$$

$$M_c = \sum_m \bar{m} \cdot \sum_s P_{ms}$$

$$\ln(R)_c = \sum_r \ln(r) \cdot \sum_m P_{mr}$$

$$\ln(R)_c = \sum_s \ln(r) \cdot \sum_m P_{ms}$$

- 由前述步驟可定出 **控制地震**。

子震源的地震危害度貢獻量

表二：分析案例地震危害度各子震源，不同地震規模對年發生率之貢獻量 ($H_{ms} \cdot 10000$)；(PGA=0.31g)

Eq. Source (E, N)	總貢獻量 H_s Total (M>4.5)	地震危害度年發生率的貢獻量， H_{ms}						
		5.7<M<6	6<M<6.25	6.25<M<6.5	6.5<M<6.75	6.75<M<7	7<M<7.15	M>7.15
(121.68, 24.39)	6.1282	0	0	0	0	0.1233	0.7185	5.2864
(121.87, 24.38)	5.8654	0	0	0	0	0	0.1154	5.7499
(121.90, 24.63)	2.9931	0	0	0.0119	0.5747	0.7798	0.4003	1.2264
(121.70, 24.58)	1.3612	0.0044	0.1956	0.2933	0.2371	0.2286	0.1215	0.2808
(121.90, 24.88)	1.3164	0	0	0	0.0075	0.3213	0.2506	0.7370
(121.62, 24.13)	1.2800	0	0	0	0	0	0	1.2800
(121.87, 24.13)	1.1152	0	0	0	0	0	0	1.1152

表三：分析案例各子震源，不同地震規模對地震危害度之貢獻比 (P_{ms} ，%)；(PGA=0.31g)

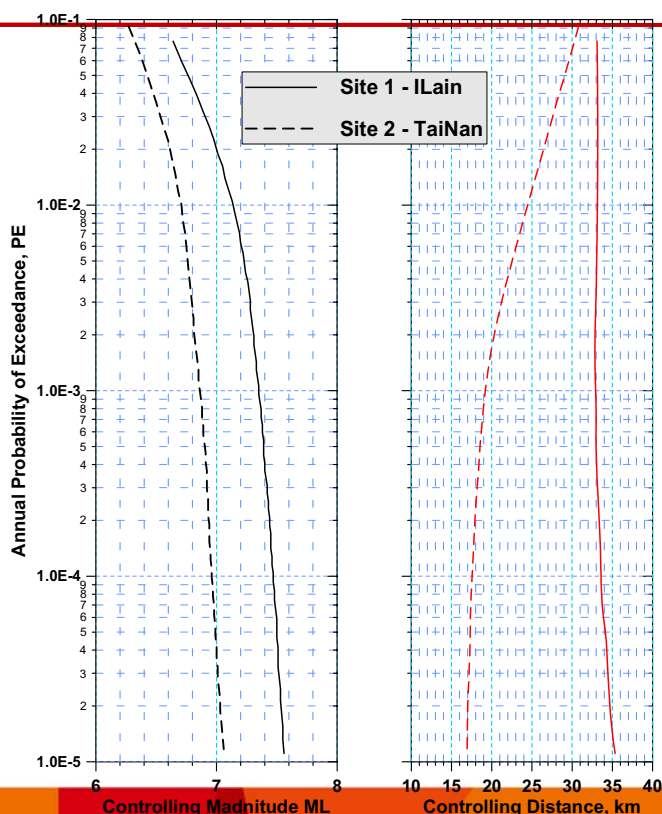
子震源 s Eq. Source (E, N)	總貢獻比例 Total (M>4.5)	地震危害度年發生率的貢獻百分比， P_{ms} (%)						
		5.7<M<6	6<M<6.25	6.25<M<6.5	6.5<M<6.75	6.75<M<7	7<M<7.15	M>7.15
(121.68, 24.39)	27.9834	0	0	0	0	0.5629	3.2811	24.1394
(121.87, 24.38)	26.7833	0	0	0	0	0	0.5271	26.2563
(121.90, 24.63)	13.6675	0	0	0.0543	2.6242	3.5608	1.8281	5.6002
(121.70, 24.58)	6.2158	0.0199	0.8930	1.3392	1.0828	1.0437	0.5550	1.2824
(121.90, 24.88)	6.0113	0	0	0	0.0342	1.4674	1.1444	3.3652
(121.62, 24.13)	5.8450	0	0	0	0	0	0	5.8450
(121.87, 24.13)	5.0925	0	0	0	0	0	0	5.0925

控制地震

- 指定回歸期
- 關鍵性震源

地震規模 M_c

工址距離 R_c



液化分析案例--土層參數

修改自 (Kramer, 1996) 之案例

表 4.4：液化分析案例之土層參數(SPT-N 值)

Layer	Depth (m)	SPT-N	Layer	Depth (m)	SPT-N
1	1.2	7	11	11.2	23
2	2.2	8	12	12.2	13
3	3.2	13	13	13.2	11
4	4.2	13	14	14.2	11
5	5.2	19	15	15.2	24
6	6.2	19	16	16.2	27
7	7.2	12	17	17.2	15
8	8.2	12	18	18.2	16
9	9.2	14	19	19.2	14
10	10.2	19	20	20.2	38

FC = 20%

地水位-5M

液化分析例--評估法

液化分析採用黃俊鴻(2002)所建議的本土性 SPT 液化評估方法：

- (1) 修正 SPT 落錘能量，計算 $(N_1)_{60}$ 。
- (2) 計算細料含量 FC 之影響， $(N_1)_{60cs} = K_S \times (N_1)_{60}$ ；
 $FC(\%) \leq 10$ ， $K_S = 1.0$ ；
 $FC(\%) \geq 10$ ， $K_S = 0.00009 FC^2 + 0.0168 FC + 0.841$

$$(3) \text{ 計算 } CRR = 0.08 + \frac{0.0035 \times (N_1)_{60CS}}{1 - (N_1)_{60CS} / 39}$$

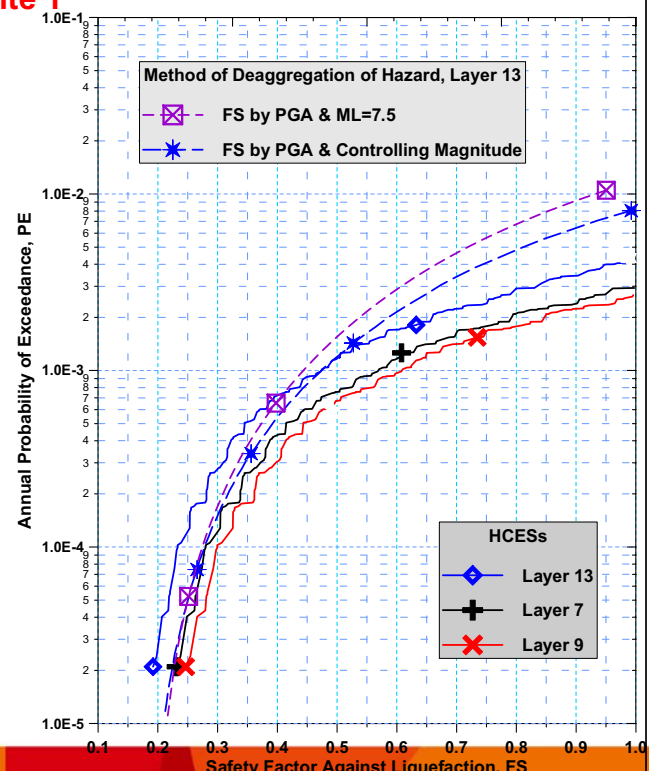
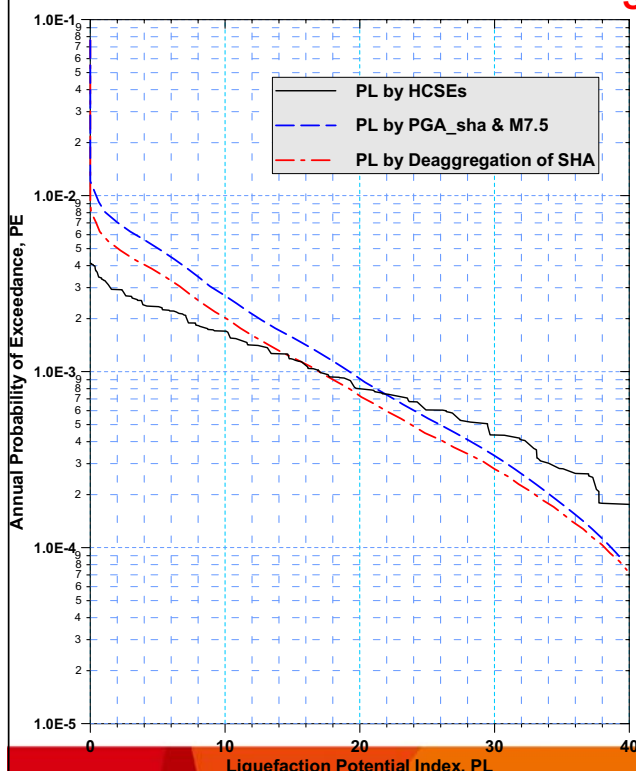
$$(4) \text{ 計算 } CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_v} = 0.65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right) \cdot \gamma_d$$

$$(5) \text{ 抗液化安全係數 } F_L = \frac{CRR}{CSR} \left(\frac{7.5}{M_L} \right)^{3.3}$$

其中，應力折減係數 $\gamma_d = 1 - 0.015z$ (Iwasaki, 1978)， z 為土層深度(m)。

土壤液化的年超越機率曲線

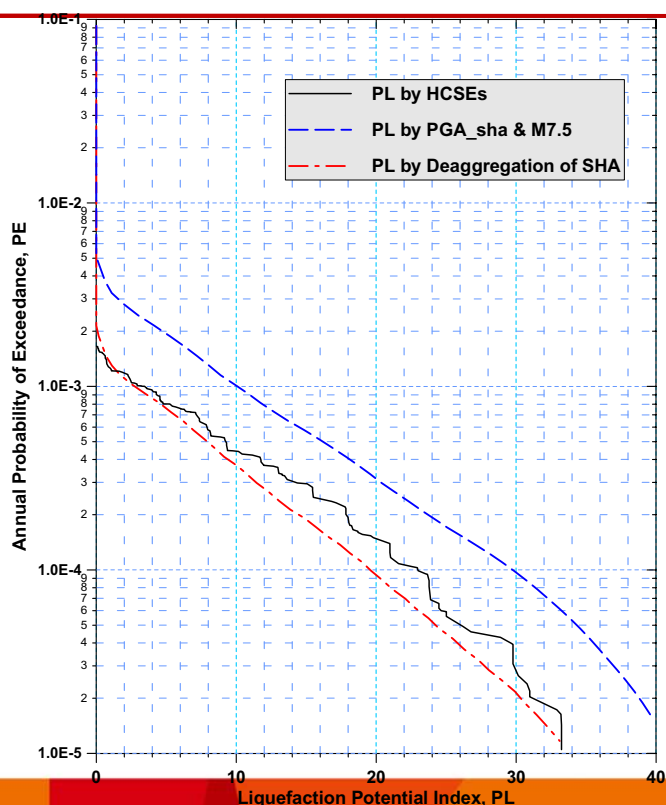
Site 1



液化潛能

Site 2 :

南部地區例



比較

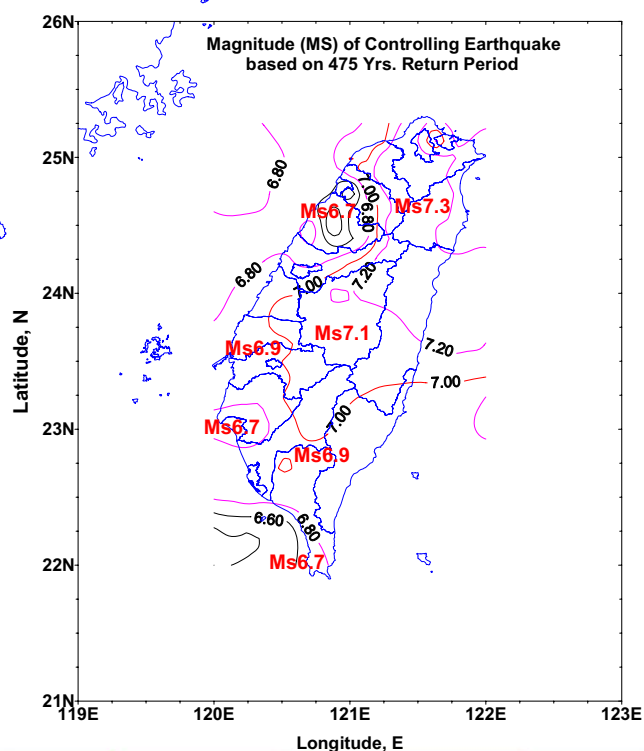
- ◆ HCSE序列模擬地震直接反映區域地震活動之特性。但在使用時，對震源深度、與震源開列模式之選擇仍須配合經驗判斷。
- ◆ 研擬之兩種模擬地震均可建立液化潛能指標的EP曲線。
- ◆ 案例分析顯示，目前工程界以建築耐震設計PGA值，配合ML7.5進行液化分析，會高估土壤液化潛能。

討論

- ◆ 土壤液化分析所採用的**地震規模**定義是否一致，或另建立一個規模修正式。
- ◆ 由**液化潛能**建立的相關的損傷指標可能遠較結構物的損傷指標**敏感**，而各土層抗液化安全係數又不具備**整體損傷指標**的功能，這意味著制定抗液化的性能目標(performance objective)時，將會更加困難。需要工程界應用本程序進行大量本土的案例分析，以研究出一個可以應用於抗議化設計的整體性損傷指標，以協助學者專家制定適當合理的抗液化的性能水準。

地震危害度參數拆解分析

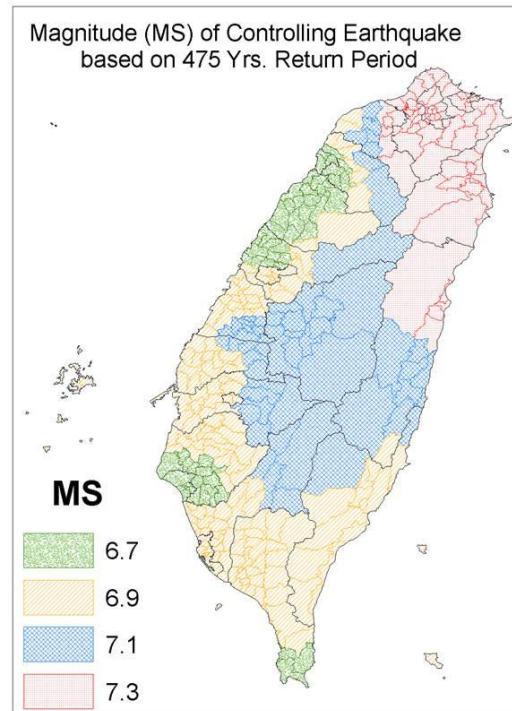
設計地震規模 分布圖



建議修訂條文(2/3)

土壤液化潛能評估使用
之地震規模分區
(設計地震)

附圖C11.1



建議修訂條文(3/3)

附表C11.2

C11.2 土壤液化潛能評估使用之地震規模分區

縣市	鄉鎮市區	規模	縣市	鄉鎮市區	規模	縣市	鄉鎮市區	規模
台北縣	石門鄉	7.3	台中縣	大雅鄉	6.7	台南縣	新化鎮	6.7
台北縣	三芝鄉	7.3	台中縣	潭子鄉	6.7	台南縣	永康市	6.7
台北縣	金山鄉	7.3	台中縣	龍井鄉	6.9	台南縣	歸仁鄉	6.7
台北縣	淡水鎮	7.3	台中縣	大肚鄉	6.9	台南縣	關廟鄉	6.7
台北縣	萬里鄉	7.3	台中縣	太平鄉	6.9	台南縣	龍崎鄉	6.7
台北縣	八里鄉	7.3	台中縣	烏日鄉	6.9	台南縣	仁德鄉	6.7
台北縣	汐止鎮	7.3	台中縣	大里市	6.9	台南市	安南區	6.7
台北縣	林口鄉	7.3	台中縣	霧峰鄉	6.9	台南市	北區	6.7
台北縣	瑞芳鎮	7.3	台中市	北屯區	6.9	台南市	西區	6.7
台北縣	五股鄉	7.3	台中市	西屯區	6.9	台南市	安平區	6.7
台北縣	貢寮鄉	7.3	台中市	北區	6.9	台南市	東區	6.7

(略)

報告結束

敬請指教

「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

報告人：林凡茹
2013.11.07

承諾·熱情·創新

www.narlabs.org.tw

大綱

- 簡介
- 非結構耐震設計現行規範內容
- 近期修訂建議
 - 附錄B 懸吊式輕鋼架天花板耐震施工指南
- 後續修訂議題
 - 非結構設計地震力
 - 非結構耐震性能驗證
- 討論

簡介

- 非結構定義
- 震損經驗

www.narlabs.org.tw

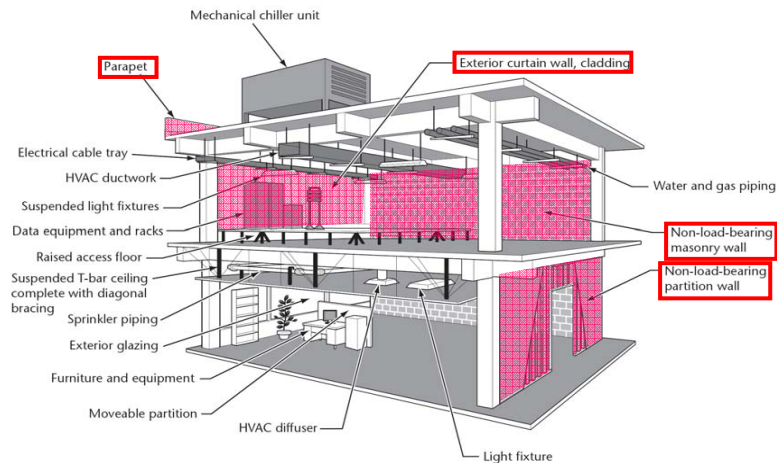
「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

簡介—非結構定義

- 建築物耐震設計規範及解說100年版(以下簡稱規範)
 - 第四章：附屬於建築物之結構物部分構體、非結構構材與設備之地震力
- 規範適用範圍 附件：包括錨定裝置及所需之支撐
 - 附屬於建築物之結構物部分構體及附件
 - 永久性非結構構材及附件
 - 支承於結構體之設備的附件
 - 非剛性設備若有抵抗側力的結構系統，其損壞引起人命傷亡者
 - 可不考慮：
 - 家具
 - 支承於樓板**200 公斤**以下設備的附件
 - 不包括：與結構體隔離或建置於地面上之大型設備(ex: 鍋爐)

附屬於建築物之結構物部分構體

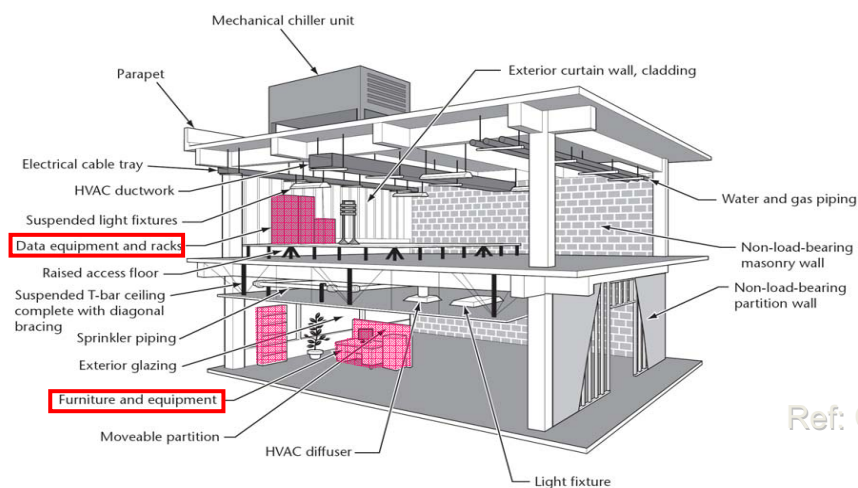
- 固定於建築物；雖結構分析時不參與分配抵抗橫力，但具有影響結構體抵禦橫力功能之構體
- 外牆、女兒牆、內部承重牆或非承重牆、非屬結構構架之塔屋等



Ref: CSA-S832-06

永久性非結構構材

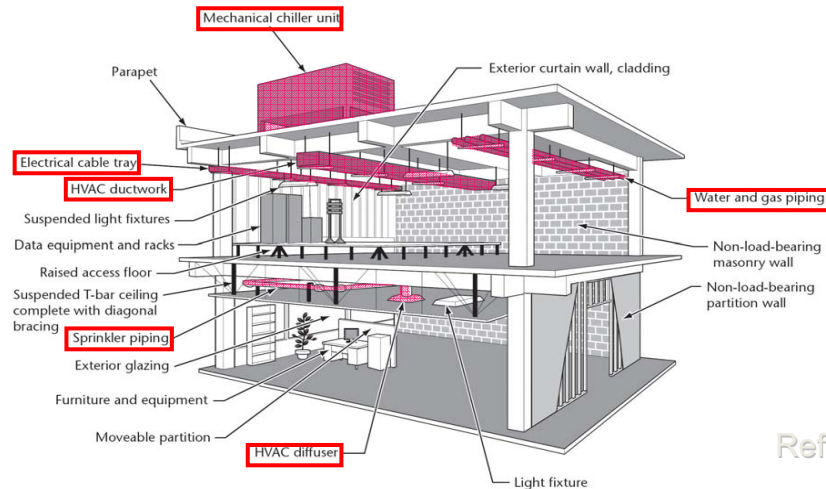
- 支承於建築物結構體、不具影響建築物結構行為之永久性裝配物
- 如：建築物裝飾物；煙囪及塔架；招牌、廣告牌；包括內含物超過2公尺高之儲物架；吊頂天花及燈具固定物；高於2公尺之欄杆；隔間



Ref: CSA-S832-06

設備

- 支承於結構體之永久性設備
- 如：槽、桶；鍋爐、熱交換器、冷卻水塔；管線、管道、管架；易燃或爆裂物之暫存容器；緊急供電系統、救災通訊系統之機器、水管及電氣設備等



Ref: CSA-S832-06

簡介—震損經驗

附屬於建築物之結構物部分構體

(All the photos are provided by Prof. G.C. Yao, the Dept. of Architecture, Nat'l Cheng-Kung University)



Canopies, glass and masonry walls



「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

NAR Labs
國家實驗研究院

簡介—震損經驗

永久性非結構構材

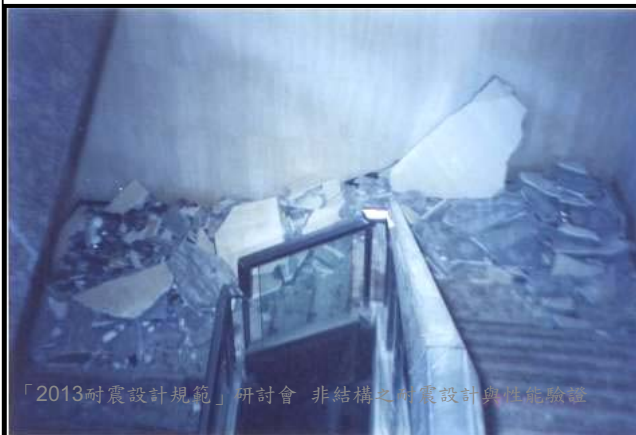
(All the photos are provided by Prof. G.C. Yao, the Dept. of Architecture, Nat'l Cheng-Kung University)

www.narlabs.org.tw

「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證



Falling of veneers



Falling of ceiling panels and runners





Overtured shelves and cabinets



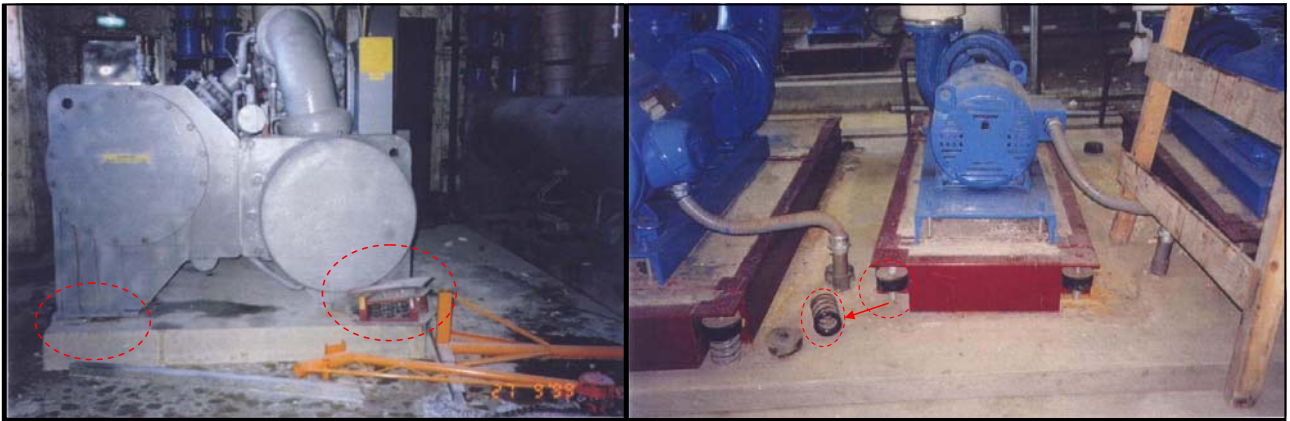
NAR Labs
國家實驗研究院

簡介—震損經驗

設備

(All the photos are provided by Prof. G.C. Yao, the Dept. of Architecture, Nat'l Cheng-Kung University)

www.narlabs.org.tw



Failures of vibration isolator and foundation



Breakage of pipelines, ducts and sprinklers



簡介—震損經驗

其他特殊非結構物

(All the photos are provided by Prof. G.C. Yao, the Dept. of Architecture, Nat'l Cheng-Kung University)

www.narlabs.org.tw

「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證



Overturning and sliding of medical contents



「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

非結構耐震設計現行規範內容

- 第四章 附屬於建築物之結構物部分構體、非結構構材與設備之地震力
- 附錄B 懸吊式輕鋼架天花板耐震施工指南

www.narlabs.org.tw

「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

第四章 附屬於建築物之結構物部分 構體、非結構構材與設備之地震力

NAR Labs

最小設計水平總橫力 F_{ph} ：

$$F_{ph} = 0.4S_{DS} \left(1 + 2h_x/h_n\right) \times \left(\frac{a_p}{R_{pa}/I_p}\right) \times W_p \quad (4-1a, b, c) \text{式}$$
$$0.3S_{DS}I_p W_p \leq F_{ph} \leq 1.6S_{DS}I_p W_p$$

S_{DS} ：工址短週期設計水平譜加速度

h_x ：構體、構材或設備所在樓層x距基面之高度

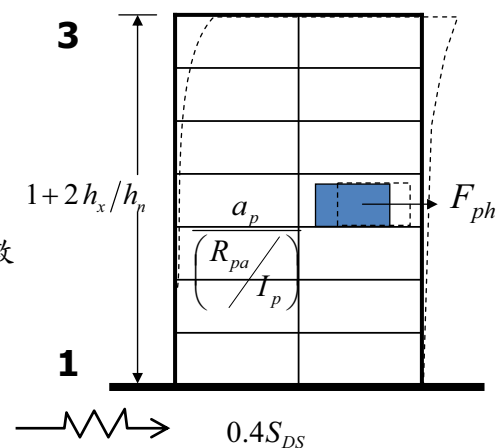
h_n ：建築物基面至屋頂之高度

a_p ：構體、構材或設備之共振放大倍數

R_{pa} ：構體、構材或設備等之容許地震反應折減係數

I_p ：構體、構材或設備之用途係數

W_p ：構體或構材自重或設備操作載重



「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

第四章 附屬於建築物之結構物部分 構體、非結構構材與設備之地震力

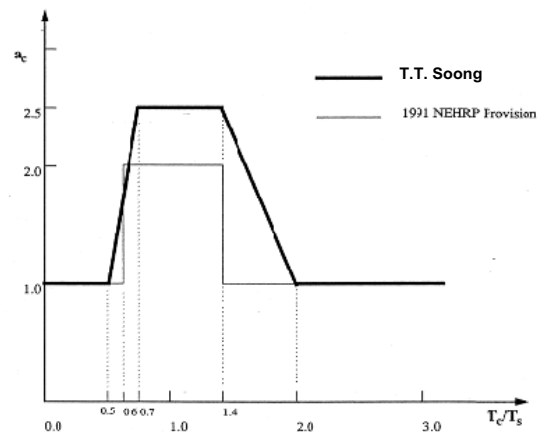
$$F_{ph} = 0.4 S_{DS} \left(1 + 2 h_x / h_n\right) \times \frac{a_p}{\left(R_{pa} / I_p\right)} \times W_p$$

- a_p ：構體、構材或設備之共振放大倍數

- Dynamic amplification of component relative to fundamental period of structures

- Flexible comp. (<16.6Hz) : 2.5

- Rigid comp. (>16.6Hz):1.0



第四章 附屬於建築物之結構物部分 構體、非結構構材與設備之地震力

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

- R_p ：地震反應折減係數
 - Energy absorption capability of component's structure and attachments
 - Low deformability : 1.25 (e.g. brick walls)
 - Limited deformability : 2.5
 - High deformability : 3.5 (e.g. electrical distribution system)
- R_{pa} ：容許地震反應折減係數
 - 一般工址與近斷層區域： $R_{pa} = 1 + \frac{R_p - 1}{1.5}$
 - 臺北盆地： $R_{pa} = 1 + \frac{R_p - 1}{2.0}$

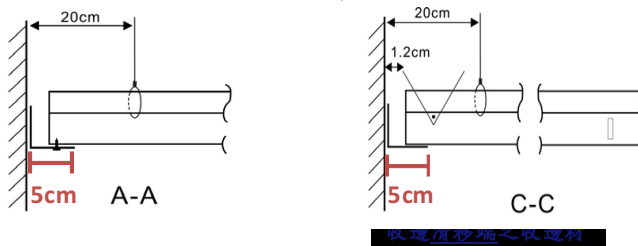
附錄B 懸吊式輕鋼架天花板耐震施工指南

- 適用於一般規則性建築物中懸吊式輕鋼架天花板之耐震工法
- 參考ASTM E580-06 之強震區規定
- 耐震工法
 1. 骨架與收邊材
 2. 垂直懸吊線 (吊筋)
 3. 斜撐組
 4. 燈具及空調風口等設備物

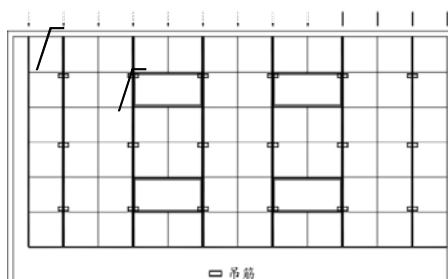
附錄B 懸吊式輕鋼架天花板耐震施工指南

一、骨架與收邊材

L型收邊材下緣寬度應達5.0公分以上

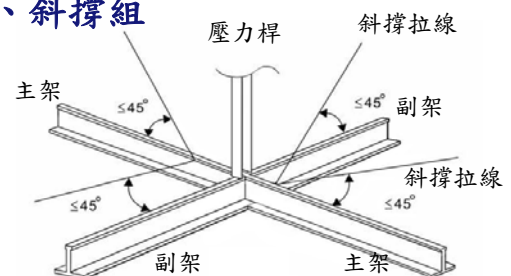


二、垂直懸吊線



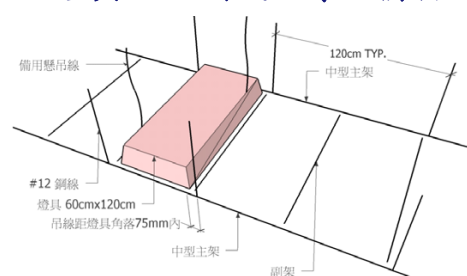
輕鋼架天花板系統平面圖(採鏡射法之投影平面)
「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

三、斜撐組



斜撐組之斜撐拉線和壓力桿

四、燈具及空調風口等設備物



近期修訂建議

附錄B 懸吊式輕鋼架天花板耐震施工指南 (第二十三次規範研究發展委員會修正草案)

www.narlabs.org.tw

「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

附錄B 懸吊式輕鋼架天花板耐震施工指南(3-1)

1.適用範圍

本施工指南適用於一般規則性建築物中懸吊式輕鋼架天花板之耐震工法。

解說：

本施工指南適用於設計地震時樓板加速度峰值在 1600 gal 以下之抗震懸吊式輕鋼架天花板（以下簡稱天花板）~~[-4]~~；對於天花板面積小於 13m² 且四周均有牆壁與上方結構體相連者，得免依本指南施做。

建築物依本規範規定屬不規則性結構者，使用本指南時須特別注意可能因振動過大或變形過大造成之破壞問題。

本施工指南係參考國內外相關研究及規定彙編而成，與本指南有不同之作法時，使用者仍須依照專業知識加以判斷。

2.相關標準

ASTM C 635 "Specification for the Manufacture, Performance, and Testing of Metal Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panel Ceilings"

ASTM C 636 "Recommended Practice for Installation of Metal Ceiling Suspension Systems for Acoustical and Lay-in Panels"

ASTM E 580-06,08 Standard Practice for Installation of Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and lay-in Panels in Areas Subject to Earthquake Ground Motions

建築物耐震設計規範及解說

解說：

ASTM C635 及 C636 是針對輕鋼架天花板在垂直載重下的需求而訂定的各項規格，因此若不考慮地震影響時，僅需參用此二標準即可。若要防止地震損壞的影響，除依 ASTM C635 及 C636 外，尚須使用本施工指南。

本施工指南主要參考 ASTM E580-06 及 -08 內容，配合國內狀況並參酌專家意見編修而成，有鑑於國內地震的高危險度，主要參考 ASTM E580-06 之強震區規定。

•附錄B第1節解說中，註明該附錄適用於設計地震時樓板加速度峰值在1600 gal 以下之抗震懸吊式輕鋼架天花板

•然因國外研究^{*}顯示，依據 ASTM-E580施作之抗震懸吊式輕鋼架天花板在有垂直向加速度作用下抗震能力不佳

•為避免爭議，建議該段文字予以刪除

^{*}Siavash Soroushian et.al, *NEES/E-Defense Tests: Seismic Performance of Ceiling / Sprinkler Piping Nonstructural Systems in Base Isolated and Fixed Base Building*, 15 WCEE, Lisbon, Portugal, 2012.

附錄B 懸吊式輕鋼架天花板耐震施工指南(3-2)

3.2 懸吊系統之施工

3.2.1 天花板在牆壁處之收邊材除非經檢核具結構支撐能力，否則一般牆壁上之角材(L形或槽形)均視為裝飾用材，不具支撐垂直載重之能力。

3.2.2 主架和副架須有兩鄰邊固定於牆壁側之收邊材(圖1, A-A, B-B); 未固定於另兩鄰接牆壁收邊材之主架與副架，其末端與牆壁須留有1.2-1.0公分的空隙。(圖1, C-C, D-D)

3.2.3 若為明架與半明架式懸吊天花板系統，主架之間須有固定連桿(positively connected stabilizer strut)或以副架來連接，連桿或副架最大間距不可超過150公分。距離牆壁60公分內，須設有固定連桿或副架。

3.2.4 懸吊線部分

3.2.4.1 主架的懸吊線間距，須每隔120公分設有直徑不小於2.7公釐(#12)的鍍鋅鋼線，或每隔150公分設有直徑不小於3.4公釐(#10)的鍍鋅鋼線。若有其他方式可以證明具有相同耐震效用者，得加大間距。

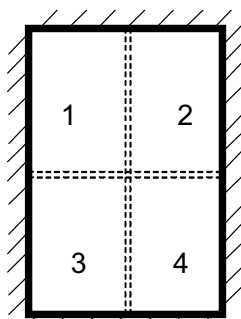
3.2.4.2 連接天花板骨架和上方支撐物(一般為結構體)之垂直懸吊線，在骨架連接處

• 附錄B之3.2.2條文中，規定主架和副架須有兩鄰邊固定於牆壁側之收邊材，未固定於另兩鄰接牆壁收邊材之主架與副架，其末端與牆壁須留有1.2公分的空隙

• 為便於施工與檢驗，建議主架與副架末端與牆壁間，改為留設1.0公分的空隙(常用收邊材寬度之一半)

附錄B 懸吊式輕鋼架天花板耐震施工指南(3-3)

3.2.4.9 天花板面積超過250平方公尺的連續天花板應裝設地震隔離縫，如垂壁之類的高剛度支撐材，使各單元面積小於250平方公尺，單元長寬比小於4.0，且其邊界應支撐在結構體或全高的隔間牆上；每個單元應允許有2公分的側向振動量而不至於撞擊他物。



天花板面積超過250平方公尺施作地震隔離縫
(實線部分為收邊固定端，虛線部分則為收邊滑移端)

• 附錄B之3.2.4.9條文中，規定天花板面積超過250平方公尺的連續天花板應裝設地震隔離縫，使各單元面積小於250平方公尺

• 為避免切割後之單元過於細長而降低單元內部不同區域受震反應之一致性，建議參酌ASCE 7-10*，增加單元長寬比須小於4.0之規定。

* ASCE Standard, ASCE/SEI 7-10, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, 2010.

後續修訂議題

- 非結構設計地震力
- 非結構耐震性能驗證

www.narlabs.org.tw

「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

非結構設計地震力

- 一. 刪除最小設計水平總橫力之容許地震反應折減係數 R_{pa}
- 二. 修訂最小設計垂直地震力 F_{pv}
- 三. 增設最小設計水平總橫力之替代設計建議公式
- 四. 調整表4-1與表4-2之非結構參數值(a_p 、 R_p)
- 五. 非結構耐震性能驗證通則之研擬

一、刪除容許地震反應折減係數 R_{pa}

- 建議回歸至IBC2000之原始公式，將容許地震反應折減係數 R_{pa} 規定刪除，保留現行規範援引之IBC2000版本的 R_p 係數值

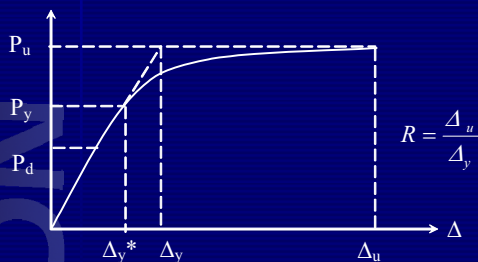
$$F_{ph} = 0.4S_{DS}I_p \frac{a_p}{R_{pa}} \cdot (1 + 2h_x/h_n)W_p \quad (4-1a)$$



$$F_{ph} = 0.4S_{DS}I_p \frac{a_p}{R_p} \cdot (1 + 2h_x/h_n)W_p$$

修正建議說明

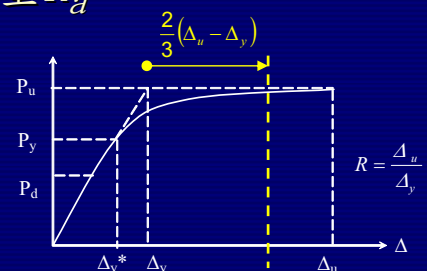
- 建築物結構系統地震力折減係數 F_u
 - 韌性容量 R 與容許韌性容量 R_a



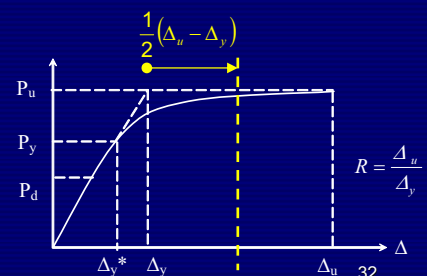
圖C2-1 結構物設計地震力、降伏地震力、極限地震力與韌性容量 R

$R \rightarrow R_a$

限制非彈性
位移量



一般工址或近斷層



台北盆地

修正建議說明

■ 建築物結構系統地震力折減係數 F_u

● R_a 係數與 F_u 係數之轉換

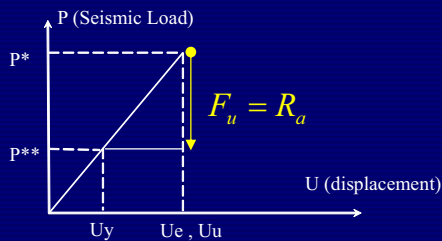


圖 C2-6 彈性系統與彈塑性系統之位移 (位移相等法則)

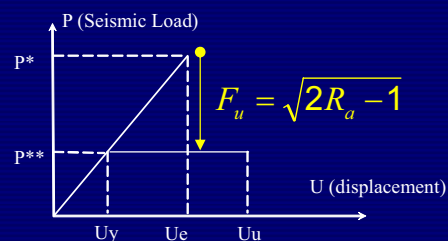
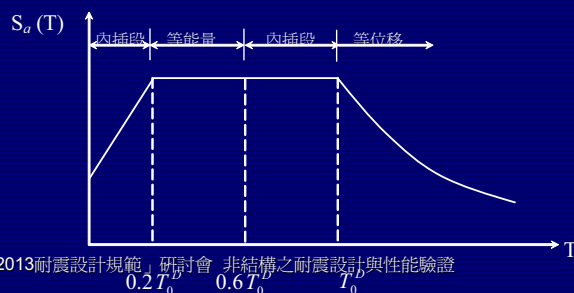


圖 C2-7 彈性系統與彈塑性系統之位移 (能量相等法則)



「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

圖 C2-8 計算結構系統地震力折減係數四個週期範圍

$$V = \frac{S_a I}{1.4 \alpha_y F_u} W$$

33

修正建議說明

■ 結構系統 F_u 係數與非結構 R_p 係數

● 兩者均為考量韌性之地震力反應折減係數

● 建築物最小設計水平總橫力

$$V = \frac{S_a I}{1.4 \alpha_y F_u} W$$

● 非結構最小設計水平總橫力

$$F_{ph} = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p} \right)} \cdot \left(1 + 2 \frac{z}{h} \right)$$

.....(Equation 16-67, IBC2000)

「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

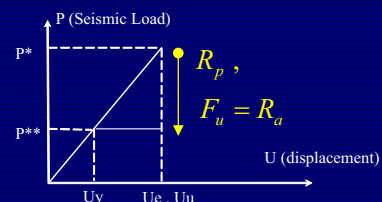


圖 C2-6 彈性系統與彈塑性系統之位移 (位移相等法則)

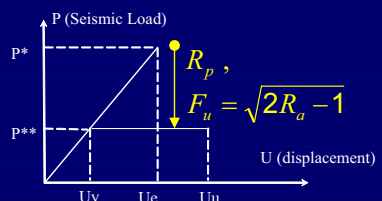


圖 C2-7 彈性系統與彈塑性系統之位移 (能量相等法則)

34

修正建議說明



■ 現行非結構耐震設計規範內容

- 最小設計水平總橫力 F_{ph} 依下式計算：

- $$F_{ph} = 0.4S_{DS}I_p \frac{a_p}{R_{pa}} \cdot (1 + 2h_x/h_n)W_p \quad (4-1a)$$

$$0.3S_{DS}I_pW_p \leq F_{ph} \leq 1.6S_{DS}I_pW_p \quad (4-1b, 4-1c)$$

- R_{pa} 為構體、構材或設備等之容許地震反應折減係數，依下式計算：

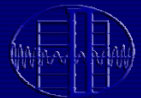
- 一般工址與近斷層區域

$$R_{pa} = 1 + \frac{R_p - 1}{1.5} \quad (4-2a)$$

- 臺北盆地

$$R_{pa} = 1 + \frac{R_p - 1}{2.0} \quad (4-2b)$$

修正建議說明



■ 現行規範內容修正建議

- R_{pa} 係數設計目的，為不欲在地震中用完非結構韌性，而降低 R_p 係數值

- 然而 R_p 係數為考量非結構韌性之地震反應折減係數，性質與結構系統 F_u 係數相同，與韌性容量 R 不同，不應以限制非彈性位移量公式調整 R_p 係數

修正建議說明

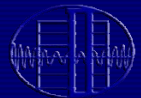


■ 現行規範內容修正建議

- 建議回歸至IBC2000之原始公式，將容許地震反應折減係數 R_{pa} 規定刪除，直接以地震反應折減係數 R_p 值計算非結構最小水平總橫力 F_{ph} ，而得(4-1a)式：

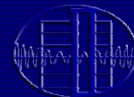
$$F_{ph} = 0.4 S_{DS} I_p \frac{a_p}{R_p} \cdot (1 + 2 h_x / h_n) W_p$$

修正建議說明



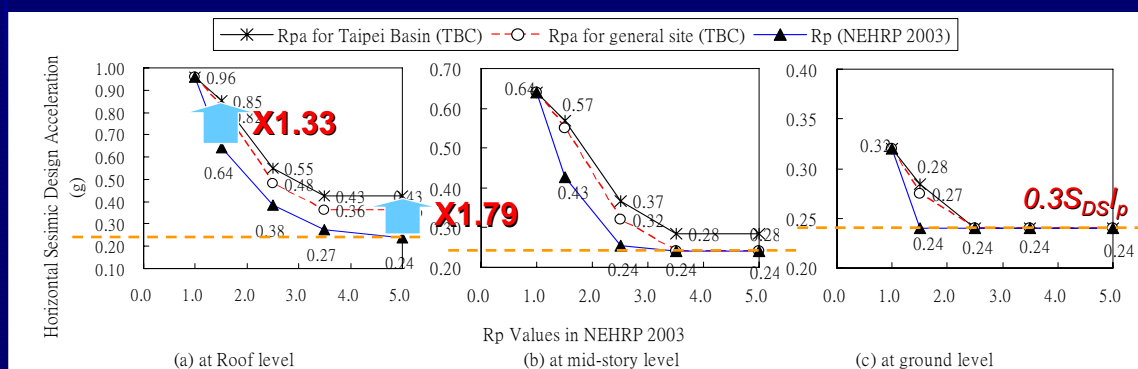
■ 現行規範內容修正建議

- 考量國內營建業之施工品質與 R_p 值之主觀性，且不希望地震作用之下非結構韌性用盡
- 保留現行規範援引之IBC2000版本的 R_p 係數值，以得較為保守之設計水平力
 - 美國最新規範IBC-2006(ASCE7-05)：機電設備附件 R_p 值範圍1.0~12.0
 - IBC2000： R_p 值範圍介於1.0至3.5之間



修正建議說明

- R_p 係數值範圍與對應之水平設計加速度
 - $S_{DS} = 0.8, a_p = 1.0, I_p = 1.0$
 - 地面層：幾乎均由(4-1c)式控制 $\rightarrow 0.3S_{DS}/I_p W_p$
 - 屋頂層：位於台北盆地且 R_p 為3.5者影響最大



「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

39

二、修訂最小設計垂直地震力 F_{pv}

- 原條文之垂直地震力，為直接折減設計水平地震力而得。

$$F_{ph} = 0.4 S_{DS} I_p \frac{a_p}{R_{pa}} \cdot (1 + 2 h_x / h_n) W_p \quad (4-1a)$$

一般工址與臺北盆地：

$$F_{pv} = \frac{1}{2} F_{ph} \quad (4-3a)$$

近斷層區域：

$$F_{pv} = \frac{2}{3} F_{ph} \quad (4-3b)$$

- 設計水平地震力為依據非結構物所在樓層 x 距基面之高度提升而放大。然目前較為缺乏垂直地震力與樓層距基面高度之間的關係。

二、修訂最小設計垂直地震力 F_{pv}

- 考量非結構附著之結構構件於垂直向地震下的反應，若為樓板系統，設計地震下可因梁之塑性鉸產生而發揮韌性；若為柱等構件，則可視為與地表一起上下運動。
- 另參考IBC2006相關規定，故建議 F_{pv} 可假設未隨樓層 x 距基面高度提升而放大，逕採地表之垂直向地震力：

一般震區與台北盆地：

$$F_{pv} = \frac{2}{3} \cdot (0.4 S_{DS} I_p W_p)$$

近斷層區域：

$$F_{pv} = \frac{1}{2} \cdot (0.4 S_{DS} I_p W_p)$$

- 地表之垂直向地震力，為依據(2-22)式之垂直向設計譜加速度係數 $S_{aD,V}$ 而訂定：

一般震區與臺北盆地： $S_{aD,V} = \frac{1}{2} S_{aD}$

近斷層區域： $S_{aD,V} = \frac{2}{3} S_{aD}$

二、修訂最小設計垂直地震力 F_{pv}

構體、構材及設備之垂直地震力需做適當之考量，其最小設計垂直地震力 F_{pv} 為

一般工址與臺北盆地： ~~$F_{pv} = \frac{1}{2} F_{ph}$~~ $F_{pv} = \frac{1}{2} \cdot (0.4 S_{DS} I_p W_p)$ (4-32a)

近斷層區域： ~~$F_{pv} = \frac{2}{3} F_{ph}$~~ $F_{pv} = \frac{2}{3} \cdot (0.4 S_{DS} I_p W_p)$ (4-32b)

總設計地震力應依構體質量之分佈照比例分配之。根據(4-1)-(4-32)式決定之地震力應用於設計構材以及其與結構體之接頭與錨定。對於傳遞此地震力至抵抗地震力主結構系統之構材與接頭亦應照此地震力設計之。

三、最小設計水平總橫力之替代公式

4.5 替代設計法

若有可靠的試驗與分析資料，足以提供某一特定類別之設備、部分構體或非結構構材之耐震設計時，可接受替代之，惟應受下述兩點之限制：

1. 此些規定應提供錨定之最小設計地震力及將地震力傳遞至抵抗地震力主結構系統之構材、接頭之最小設計地震力。
2. 設計構體、非結構構材或設備的地震力 F_{ph} ~~或傾斜力矩~~ 不得小於 ~~本規範~~ (4-1) 式所規定之 80%。

解說：

最小設計水平總橫力 F_{ph} 除了依(4-1)式外，亦可由(C4-1)式計算：

$$F_{ph} = \frac{a_i a_p W_p}{(R_p / I_p)} A_x \quad (C4-1)$$

a_i 為依據第三章動力分析法所得之 i 樓層反應加速度係數， A_x 為 2.14 節(2-20)式所得之意外扭矩放大係數。惟(C4-1)式計算所得之最小設計水平總橫力小於(4-1)式所規定之 80% 時，須依本章節規定調整至(4-1)式之 80%。

- 目前規範之(4-1a)式中，對於樓高放大效應為參酌IBC2000規定，地面層至屋頂層樓板反應加速度為線性放大，而未考量高樓之高模態效應與扭矩效應
- 考量建築物真實樓板反應，最小設計水平總橫力 F_{ph} 除了依(4-1)式外，亦可採(C4-1)式，由第三章動力分析方法所得之樓板反應加速度值，與 2.14 節(2-20)式所得之建築物意外扭矩放大係數，計算非結構最小設計總橫力 F_{ph} 值
- (C4-1)式所得之 F_{ph} 值，應符合 4.5 節替代設計法之規定，亦即不得小於(4-1)式設計值之 80%

四、表4-1、表4-2修正

表 4-1 建築物部分構體及非結構構材附件係數

	a_p	R_p
1. 內部非結構牆及隔間		
a. 平面(無鋼筋)磚工牆	1.0	1.25
b. 其他種牆及隔間	1.0	2.5
2. 懸臂結構(無側撐或在其重心之下有側撐)		
a. 女兒牆及內部懸壁非結構牆	2.5	2.5
b. 煙囪	2.5	2.5
3. 半懸臂結構(在其重心之上有側撐)		
a. 女兒牆	1.0	2.5
b. 煙囪	1.0	2.5
c. 外部非結構牆	1.0	2.5
4. 外部非結構牆及其接合		
a. 牆	1.0	2.5
b. 牆板接合本體	1.0	2.5
c. 接合係統之固定物	1.25	1.0
5. 飾版		
a. 有變形限制之飾版及附件	1.0	2.5
b. 低變形之飾版及附件	1.0	1.25
6. 屋頂突出物(由建築物構架延伸者除外)	2.5	3.5
7. 天花板 (懸吊式輕鋼架天花板除外)*	1.0	2.5
8. 儲櫃		
a. 儲櫃及實驗室設備	1.0	2.5
9. 通道處地板高架地板	1.0	1.25
a. 特殊通道處地板	1.0	2.5
b. 其他	1.0	1.25
10. 附屬物及裝飾品	2.5	2.5
11. 標誌及廣告牌	2.5	2.5
12. 其他剛性設備		
a. 可高度變形之材料及其附件	1.0	3.5
b. 有限度變形之材料及其附件	1.0	2.5
c. 低度變形之材料及其附件	1.0	1.25
13. 其他柔性設備		
a. 可高度變形之材料及其附件	1.0	3.5
b. 有限度變形之材料及其附件	2.5	2.5
c. 低度變形之材料及其附件	2.5	1.25

* 懸吊式輕鋼架天花板耐震設計與施工，可參照附錄 B 「懸吊式輕鋼架天花板耐震施工指南」。

- 「天花板」項目範圍排除「懸吊式輕鋼架天花板」(註: 懸吊式輕鋼架天花板耐震設計與施工，可參照附錄 B 「懸吊式輕鋼架天花板耐震施工指南」)

四、表4-1、表4-2修正

表 4-1 建築物部分構體及非結構構材附件係數

	a_p	R_p
1.內部非結構牆及隔間		
a.平面(無鋼筋)圬工牆	1.0	1.25
b.其他種牆及隔間	1.0	2.5
2.懸臂結構(無側撐或在其重心之下有側撐)		
a.女兒牆及內部懸壁非結構牆	2.5	2.5
b.煙囪	2.5	2.5
3.半懸臂結構(在其重心之上有側撐)		
a.女兒牆	1.0	2.5
b.煙囪	1.0	2.5
c.外部非結構牆	1.0	2.5
4.外部非結構牆及其接合		
a.牆	1.0	2.5
b.牆板接合本體	1.0	2.5
c.接合係統之固定物	1.25	1.0
5.飾版		
a.有變形限制之飾版及附件	1.0	2.5
b.低變形之飾版及附件	1.0	1.25
6.屋頂突出物(由建築物構架延伸者除外)	2.5	3.5
7.天花板(懸吊式輕鋼架天花板除外)*	1.0	2.5
8.儲櫃		
a.儲櫃及實驗室設備	1.0	2.5
9.通道處地板高架地板	1.0	1.25
a.特殊通道處地板	1.0	2.5
b.其他	1.0	1.25
10.附屬物及裝飾品	2.5	2.5
11.標誌及廣告牌	2.5	2.5
12.其他剛性設備		
a.可高度變形之材料及其附件	1.0	3.5
b.有限度變形之材料及其附件	1.0	2.5
c.低度變形之材料及其附件	1.0	1.25
13.其他柔性設備		
a.可高度變形之材料及其附件	1.0	3.5
b.有限度變形之材料及其附件	2.5	2.5
c.低度變形之材料及其附件	2.5	1.25

*懸吊式輕鋼架天花板耐震設計與施作，可參照附錄B「懸吊式輕鋼架天花板耐震施工指南」。

- 表4-1第9項「通道處地板」，對應於IBC2000為「Access Floor」，為指電腦室或辦公室應用之高架地板。
- 為避免意義混淆，將「通道處地板」改為「高架地板」。
- 表4-1第9.a項「特殊通道處地板」，對應於IBC2000為「Special Access Floor」，必須符合IBC 1621.2.6.1小節規定，包括細部構件設計，以及ASTM等相關規定。
- 台灣高架地板之施工品質恐難符合IBC2000之「特殊」規定，故建議刪除「特殊通道處地板」項目，直接引用「其他」項 R_p 值規定。

45

四、表4-1、表4-2修正

表 4-2 機電設備附件係數

機電設備及其元件	a_p	R_p
1. 一般機械		
a. 鍋爐、熱水器	1.0	2.5
b. 自立式液壓壓力容器	2.5	2.5
c. 煙道	2.5	2.5
d. 懸臂式煙囪	2.5	2.5
e. 其他	1.0	2.5
2. 製程(生產和加工)機械		
a. 一般	1.0	2.5
b. 輸送機(非載人用)	2.5	2.5
3. 管道系統		
a. 可容許大量變形之配件及接著部	1.0	3.5
b. 容許中度變形之配件及接著部	1.0	2.5
c. 僅容許少量變形配件及接著部	1.0	1.25
4. 空調設備		
a. 隔振系統設備與系統採用合成橡膠(neoprene)元件隔振振動，並裝設嵌入式或分離式之合成橡膠減震裝置，或於設備周圍裝設彈性回復擋板	2.5	2.5
b. 設備與系統採用彈簧隔振振動，並以嵌入式或分離式之合成橡膠減震裝置緊密束制，或於設備周圍裝設彈性回復擋板緊密束制	2.5	2.0
c. 內部隔振設備與系統*	2.5	2.0
d. 無隔振系統	1.0	2.5
e. 與風管連接之懸吊機器	1.0	2.5
f. 其他	1.0	2.5
5. 升降機元件	1.0	2.5
6. 電扶梯元件	1.0	2.5
7. 桁架高塔(自立式或有斜拉線者)	2.5	2.5
8. 一般電器		
a. 配電系統	1.0	2.5
b. 設備	1.0	2.5
9. 燈具	1.0	1.25

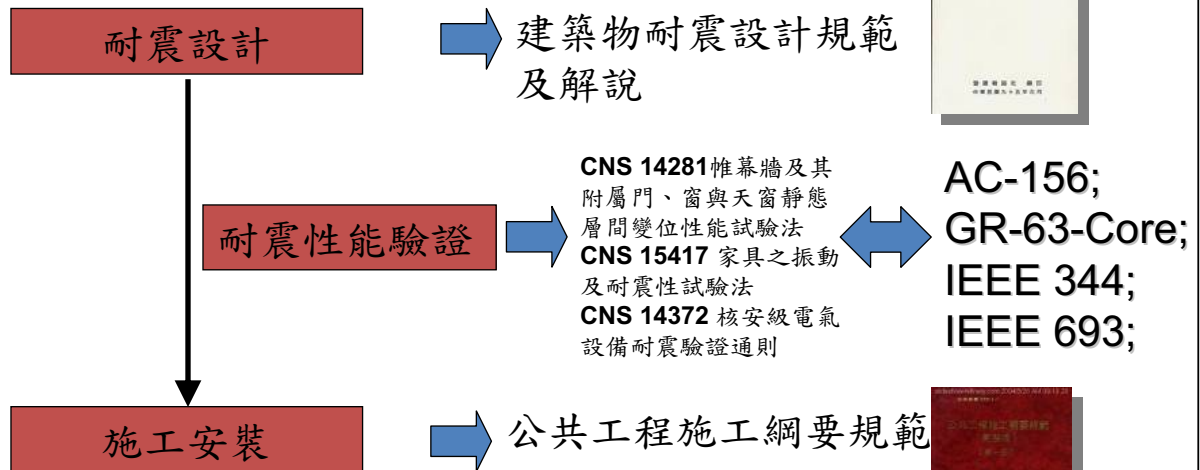
*固定於隔振裝置之設備物應於各水平方向以緩衝器或減震裝置束制。當設備支撐構架與減震裝置之間的空隙超過6mm，設計水平總橫力應為 $2F_{ph}$ ；當設備支撐構架與減震裝置之間的空隙未超過6mm，設計水平總橫力得為 F_{ph} 。

- 調整地震反應折減係數 R_p 值，採規範與IBC2006兩者之保守值
- 隔振設備易損性高，依據IBC2006增設以下規定：
 - 分為橡膠墊支承、彈簧避振器支承、內部隔振設備等三類
 - 固定於隔振裝置之設備物應於各水平方向以緩衝器或減震裝置束制
 - 當設備支撐構架與減震裝置之間的空隙超過6mm，設計水平總橫力應為 $2F_{ph}$ ；當設備支撐構架與減震裝置之間的空隙未超過6mm，設計水平總橫力得為 F_{ph}

46

五、非結構耐震性能驗證通則之研擬

• 我國非結構耐震規範



「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

47

五、非結構耐震性能驗證通則之研擬

規範第四章：4.5 替代設計法

4.5 替代設計法

若有可靠的試驗與分析資料，足以提供某一特定類別之設備、部分構體或非結構構材之耐震設計時，可接受替代之，惟應受下述兩點之限制：

1. 此些規定應提供錨定的最小設計地震力及將地震力傳遞至抵抗地震力主結構系統之構材、接頭的最小設計地震力。
2. 設計構體、非結構構材或設備的地震力 F_{ph} ~~不得小於本規範(4-1)式所規定的 80%。~~

解說：

最小設計水平總橫力 F_{ph} 除了依(4-1)式外，亦可由(C4-1)式計算：

$$F_{ph} = \frac{a_i a_p W_p}{(R_p / I_p)} A_x \quad (C4-1)$$

a_i 為依據第三章動力分析法所得之 i 樓層反應加速度係數， A_x 為 2.14 節(2-20)式所得之意外扭矩放大係數。惟(C4-1)式計算所得之最小設計水平總橫力小於(4-1)式所規定之 80% 時，須依本章節規定調整至(4-1)式之 80%。

IBC-2006 (ASCE 7-10)

- Sec. 13.2.5: Testing Alternative for Seismic Capacity Determination
 - 測試方法可取代分析，求得非結構及其附件之耐震容量
 - 耐震測試驗證需依據國家認可、主管機關同意之測試標準程序(如 ICC-ES AC 156)，證實測試件滿足規範之耐震需求

「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

48

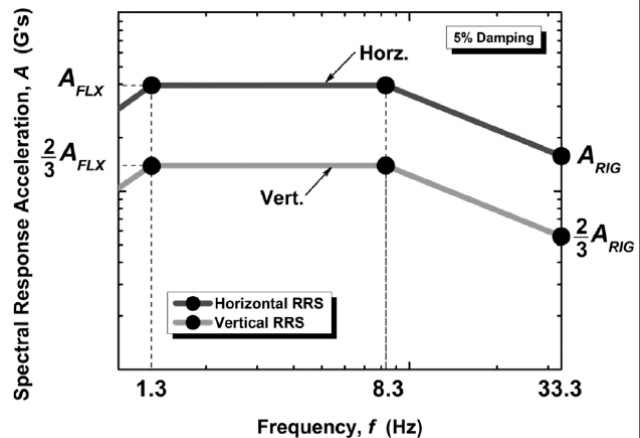
五、非結構耐震性能驗證通則之研擬

- 機電設備運作性能—振動台測試
 - 設備錨定處之建築物樓板反應加速度
 - 測試波與需求反應譜相容
(Required Response Spectrum, RRS)

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

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

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

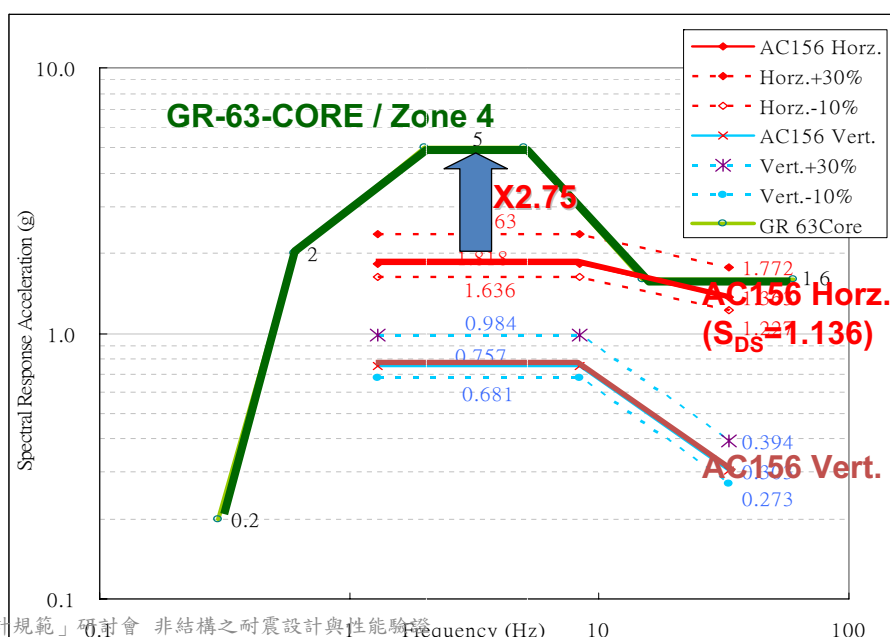


「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

49

五、非結構耐震性能驗證通則之研擬

- AC156, GR-63-CORE規範之RRS



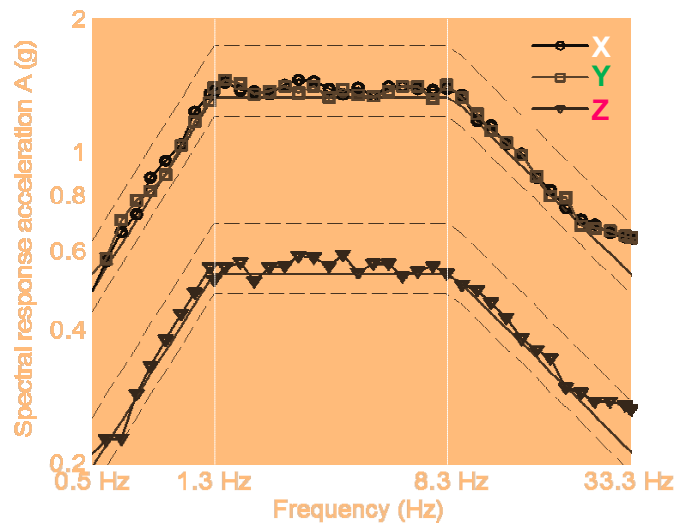
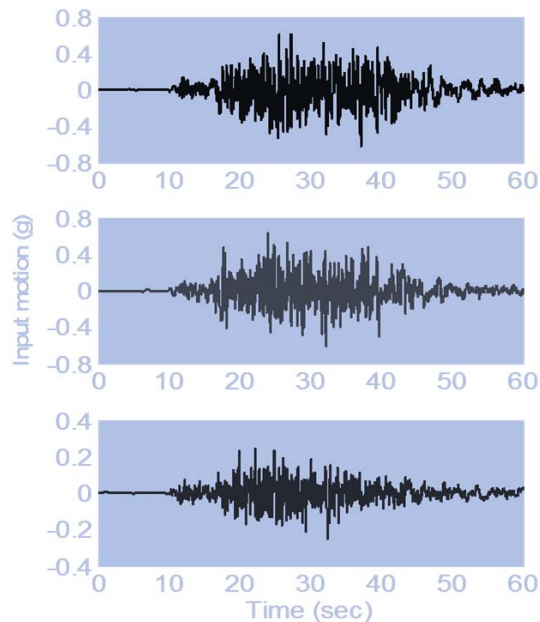
「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

50

五、非結構耐震性能驗證通則之研擬

- 測試反應譜(test response spectrum, TRS)與需求反應譜(RRS)

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



51

NAR Labs 國家實驗研究院

國家地震工程研究中心

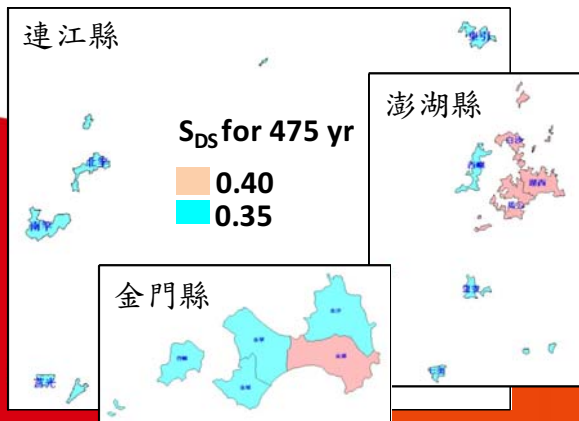
「2013耐震設計規範」研討會 非結構之耐震設計與性能驗證

報告完畢 敬請賜教

報告人：林凡茹

2013.11.07

離島地區之震區水平譜加速度係數檢討

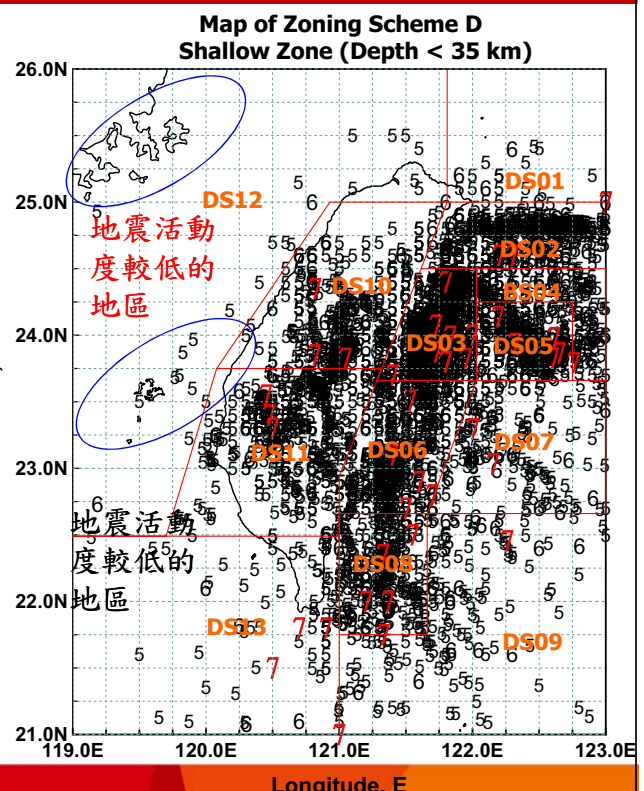


金門、馬祖、澎湖
等鄉鎮地區

現行耐震設計規範(100.7.1公布)

- 設計地震
 - 地震危害度分析
 - 對於外島地區以最低的設計地震為標準

縣市	鄉鎮市區	S_{DS}^D	S_{DS}^D	S_{DS}^M	S_{DS}^M
澎湖縣	馬公市	0.5	0.3	0.7	0.4
	湖西鄉	0.5	0.3	0.7	0.4
	白沙鄉	0.5	0.3	0.7	0.4
	西嶼鄉	0.5	0.3	0.7	0.4
	望安鄉	0.5	0.3	0.7	0.4
金門與馬祖地區		0.5	0.3	0.7	0.4
台北縣	林口鄉	0.5	0.3	0.7	0.4
	三芝鄉	0.5	0.3	0.7	0.4
	石門鄉	0.5	0.3	0.7	0.4
	八里鄉	0.5	0.3	0.7	0.4
屏東縣	東港鎮	0.5	0.3	0.7	0.4
	恆春鎮	0.5	0.3	0.7	0.4

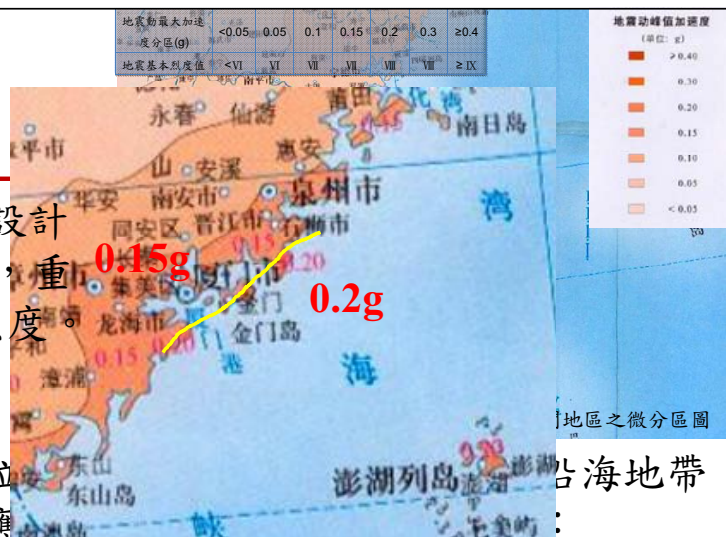


設計地震之變革 - 475年設計地震

規範版本	地區	EPA	說明
1997年	金門 澎湖 馬祖	0.20g 0.18g 0.15g	設計地震工址 水平加速度係數
2000年	金門 澎湖 馬祖	0.23g	集集地震後暫行震區劃分
2005年	金門 澎湖 馬祖	0.20g	設計地震震區 水平譜加速度係數0.5

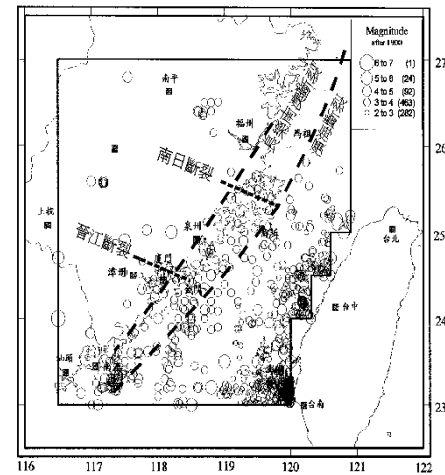
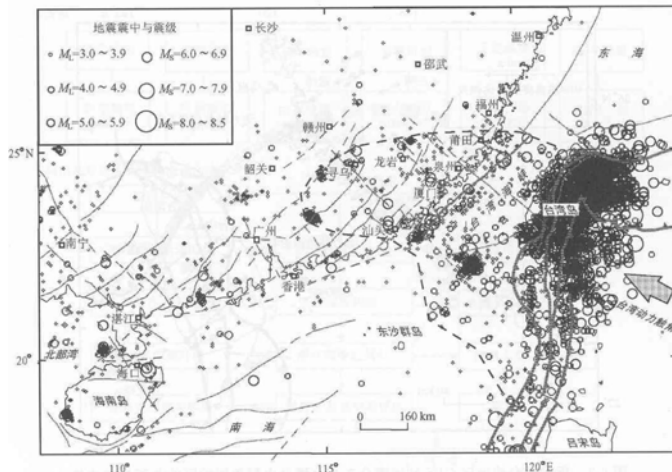
大陸規範

- 大陸基本設防烈度為50年設計基準期，超越概率為10%，重現期為475年的中度地震烈度。
- 金門、馬祖、澎湖等地區位相鄰或重疊，地理位置對應
 - 鄰近金門的廈門地區其設計地震動烈度最高達8度，對應之 **PGA=0.15g~0.2g**。
 - 金門縣烏坵鄉位處於金門與馬祖之中心點，設防烈度之設定為7度，**PGA=0.15g**。
 - 馬祖島之設防烈度為6度，**PGA=0.05g**。
 - 澎湖地區因接近臺灣本島，地震潛勢較高，設防標準為8度，**PGA=0.2g**。



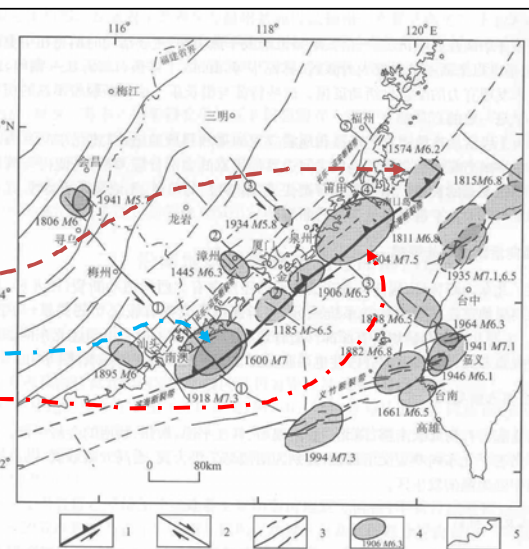
臺灣海峽地震活動

- 由歷史地震活動的空間分布顯示，從台灣島向西經台灣海峽進入大陸內部，存在一個東寬西窄的地震活動的相對密集區，包含廈門西(漳州)等地區
- 活動斷層構造：北東向之閩粵東南濱海斷裂帶及其他北西向之斷層構造



臺灣海峽地震

No.	發震時間	N	E	最大震度	地震規模
1	1067/11/06	23.6	116.5		6.75
2	1445/12/12	24.6	117.6	VIII	6
3	1516/09	25.1	118.2		4.75
4	1519/09	23.7	117.2		4.75
5	1538/10	24.7	118.5	VI	4.75
6	1574/08/19	26.1	119.3	VII	5.75
7	1596/10	25	118.7	VI	4.75
8	1600/09/29	23.5	117.2		7
9	1604/12/29	25	119.5	XI	8
10	1607/09	24.9	118.6		5.75
11	1609/06/07	24.8	118.6		5.75
12	1641/11/26	23.5	116.5		5.75
13	1651/02/15	26.2	116.6		5.5
14	1691/05	24.6	118.5		4.75
15	1791/03	23.5	116.7		5
16	1791/04/08	23.8	117.8		5.5
17	1825/10	25.9	119		5
18	1832/01	24.4	117.3		5
19	1878/11/23	23.5	118		6.5
20	1886/01/01	23.4	116.7		5
21	1887/04/08	24	116.8		5
22	1895/08/30	23.5	116.5	VII	6



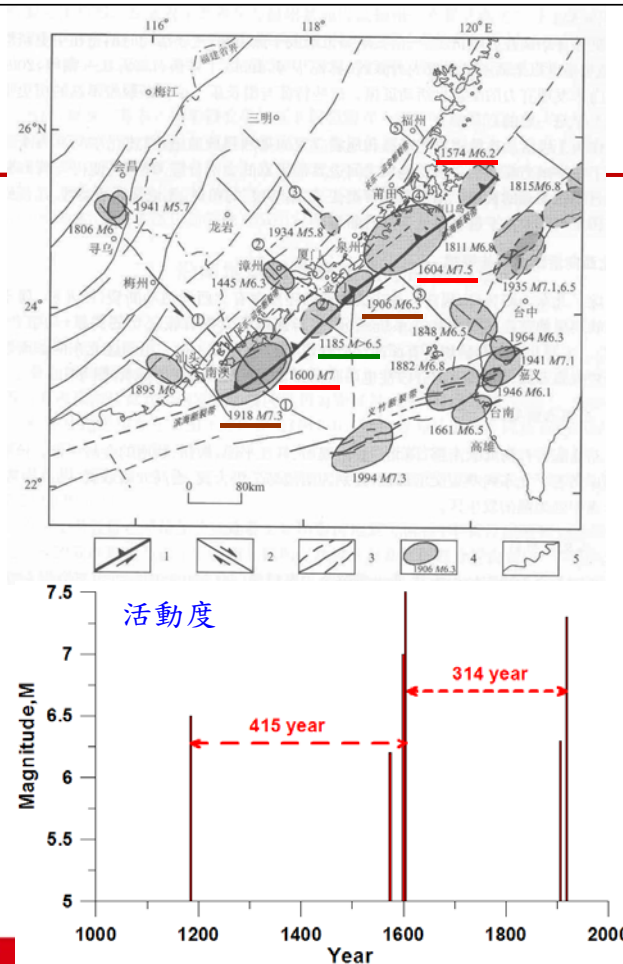
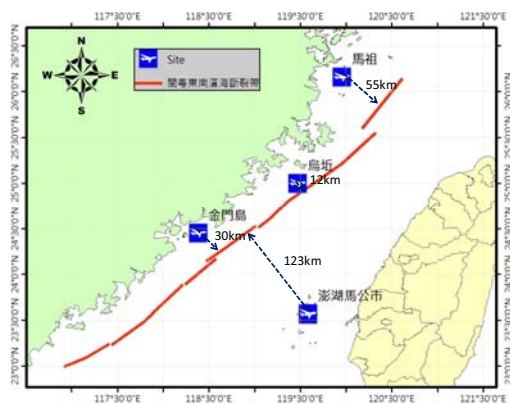
最近的400多年，有若干發生在大陸東南沿海鄰近地區的歷史破壞性地震。這些大地震多與位於金門與澎湖間之閩粵東南濱海斷裂帶有關，相關歷史災害地震推估之位置與濱海斷裂帶之關係

1906 M6.3

1918 M7.3

閩粵東南濱海斷裂帶

- 距離大、小金門約30km。
- 具有右移走滑—逆衝之性質，全長約500公里，約略位於福建沿海等深線50-60公尺處。斷裂帶寬約12公里。
- 歷史紀錄，發生3次系列地震，M6.3-M7.5。



參考文獻

- Ref. 1: 溫國樑、林正洪、黃柏壽、鄭世楠，(1999)。烏坵地區地震評估報告(第一階段研究)，中國地球物理學會。
- Ref. 2: 羅俊雄、鍾昇財、溫國樑、彭瀚毅，(2000)。烏坵地區地震評估報告(第二階段研究)，中國地球物理學會。
- Ref. 3: 朱金芳，徐錫偉，黃宗林，吳建春、張先康，(2004)。福州市活斷層探測與地震危險性評價，中國城市活斷層探測叢書，科學出版社。
- Ref. 4: 中國大陸國家地震科學數據中心，<http://data.earthquake.cn/index.do>。
- Ref. 5: 中國地震動最大加速度劃分圖，GB18306-2001。

地震潛勢評估

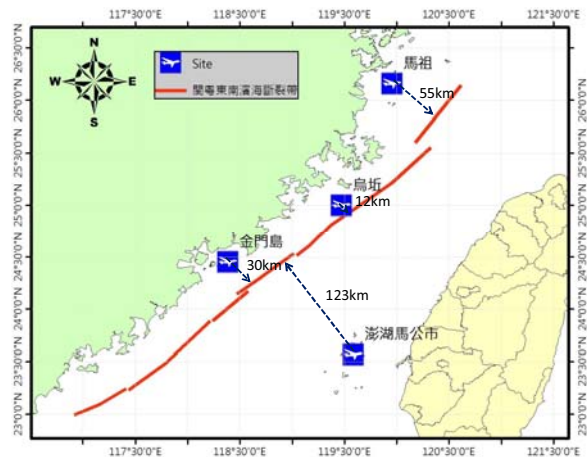
• 考慮閩粵東南濱海斷裂帶的影響

— 定值法

- 1. $M_L 7.0$ ，為設計地震
- 2. $M_L 7.5$ ，為最大考量地震
- 3. 考慮斷層帶寬5公里

— 機率法

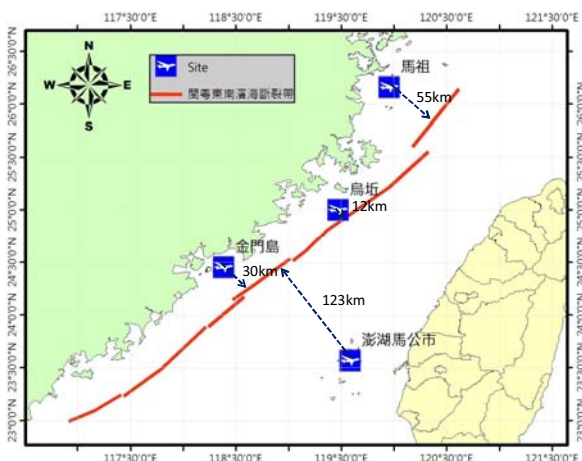
- 採用特徵地震模式
 - $M=7.0-7.5$
 - $RP=300yr$
 - Poisson model



DSHA分析

• 綜合上述，建議定值法分析之參數如下：

- 1. $M_L 7.0$ ，為設計地震
- 2. $M_L 7.5$ ，為最大考量地震



定值法分析

地震規模

- ML7.0 → 設計地震
- ML7.5 → 最大考量地震

工址條件

- 岩盤工址
- Vs30=400m/sec

地震動衰減律

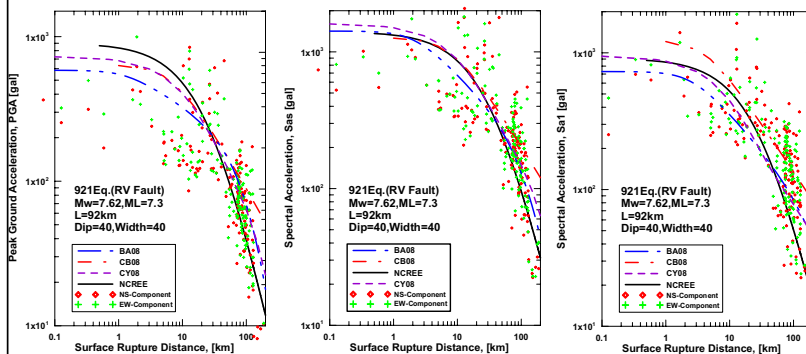
- 大陸地區與台灣
- NGA衰減律

NGA衰減律

$$\ln \hat{Y} = f_{mag} + f_{dis} + f_{flt} + f_{hng} + f_{site} + f_{sed}$$

NCREE衰減律

$$y(g) = f(M, R) = C_1 e^{C_2 M} [R + C_4 \exp(C_5 M)]^{-C_3}$$

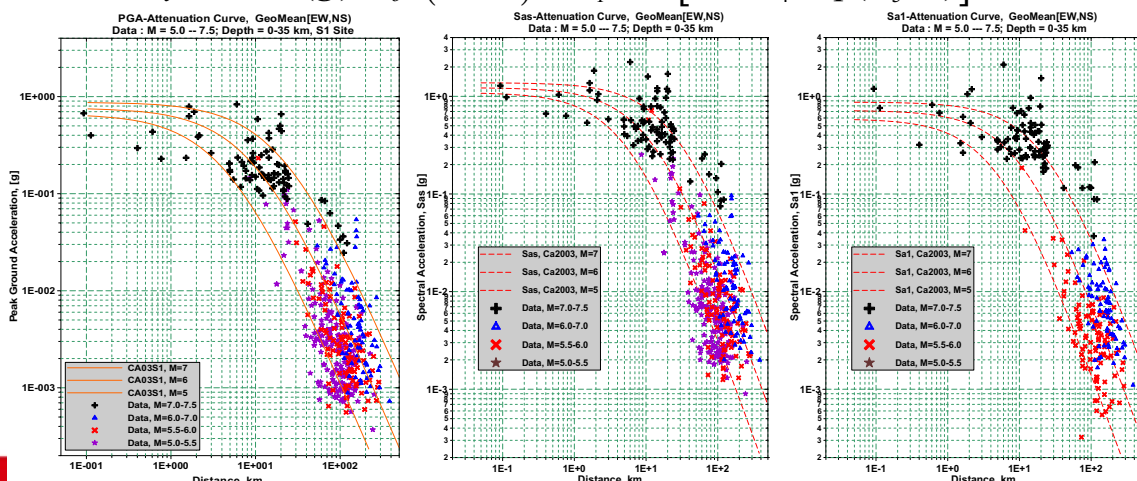


NCREE衰減律

各類衰減律的各項係數及標準偏差 (NCREE, 2006)

	$C1$	$C2$	$C3$	$C4$	$C5$	σ_{lnErr}
PGA	0.00284	1.73306	2.06392	0.09994	0.77185	0.7815
Sas	0.00789	1.72533	2.04885	0.11989	0.78501	0.7201
Sa1	0.00266	1.77305	2.0419	0.11542	0.77139	0.7018

$$y = PGA(g) = f(M, R) = C_1 e^{C_2 M} [R + C_4 \exp(C_5 M)]^{-C_3}$$



NGA 反應譜比較

(ABRAHAMSON et al., 2008)

- Boore and Atkinson, 2008 (BA08)
- Campbell and Bozorgnia, 2008 (CB08)
- Chiou and Youngs, 2008 (CY08)

Table 3. Functional forms of NGA models

	AS08	BA08	CB08	CY08	I08
Saturation at short distances	X	X	X	X	X
Style-of-faulting factor	X	X	X	X	X
Rupture depth factor	X	Implicit through R_{H1}	X (RV only)	X	
HW factor	X	Implicit through R_{H1}	X	X	
Nonlinear site amplification	Constrained (Walling et al., 2008)	Constrained (Choi & Stewart, 2005)	Constrained (Walling et al., 2008)	X	N/A
Soil/sediment depth factor	Constrained (Shallow: Silva, 2005; deep: Day et al., 2005)		Constrained deep: Day et al. (2005)	X	N/A
Magnitude dependent σ	X			X	X
Nonlinear effects on σ		Intra-event and intra-event terms		Intra-event term only	Intra-event and intra-event terms

EQID	YEAR	Earthquake	Name	Mag	AS08	BA08	CB08	CY08	I08
137	1999	Chi-Chi,	Taiwan	7.62	318	380	381	208	152
171	1999	Chi-Chi,	Taiwan-02	5.9	195			127	122
172	1999	Chi-Chi,	Taiwan-03	6.2	189			120	104
173	1999	Chi-Chi,	Taiwan-04	6.2	202			123	93
174	1999	Chi-Chi,	Taiwan-05	6.2	166			100	117
175	1999	Chi-Chi,	Taiwan-06	6.3	188			135	112

Model Parameters

☉ NCRE model

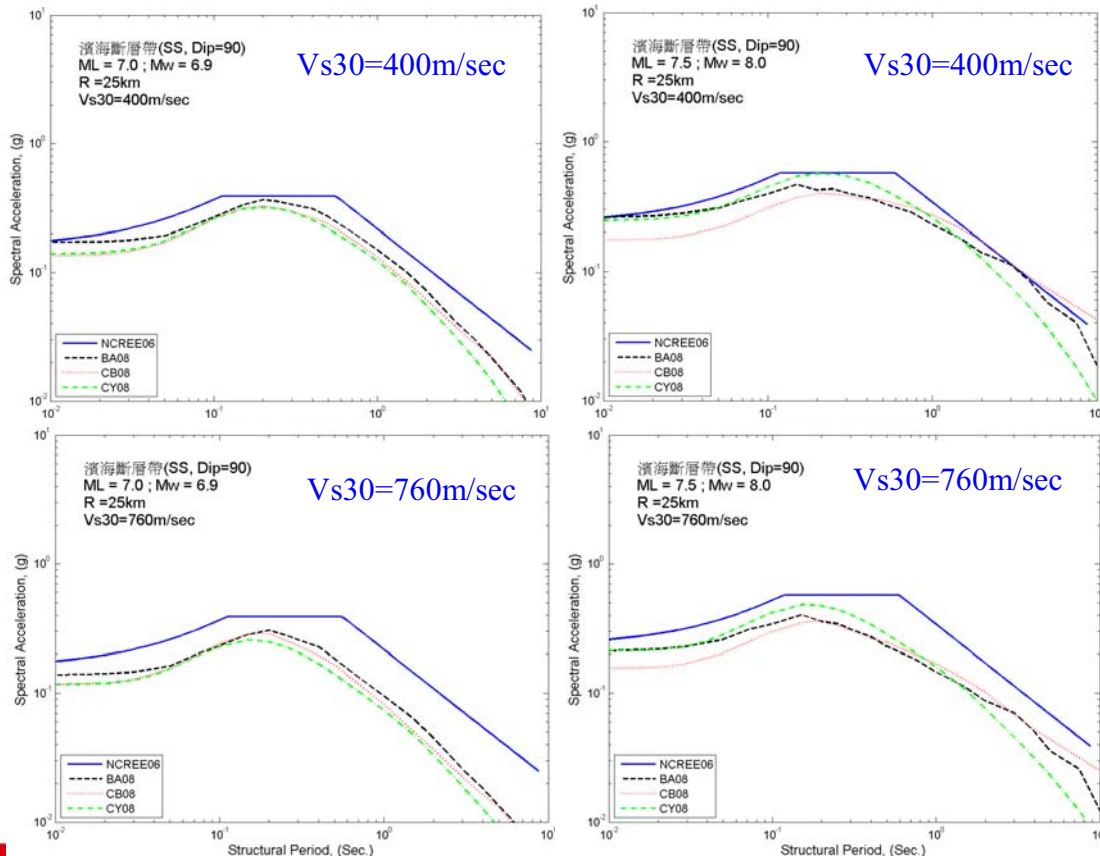
- $V_s=300-360$ m/sec(以上)
- Simplified response spectrum
- S_a of 0.3 sec(S_{a1})
- S_a of 1.0 sec(S_{a1})
- ML
- $R=R_{rup}$
- $R=1,2,5,8,10$ km

☉ NGA models

- $V_s=400$ m/sec, 760m/sec
- Smoothed response spectrum
- 0.1~10 sec S_a attenuation law
- M_w
- $R=R_{rup}$
- Fault Type, Dip
- $R=1,2,5,8,10$ km

Case 比較，R=25km

NARLabs



與大陸華南地區地震動衰減律比較

NARLabs

- 與臺灣地區衰減律比較規模 M_L 7.0及 M_L 7.5之衰減特性，其中大陸地區地震動衰減律模式：

(a) 工址位於大規模地震的潛在震源區，選用可表現地震加速度的近場距離飽和與規模飽和特徵的加速度衰減模型Ⅲ型(霍俊榮等人，1992)

$$\log(Y) = C_1 + C_2M + C_3M + C_4 \times \log(R + C_5 e^{(C_6M)}) \quad (3.1)$$

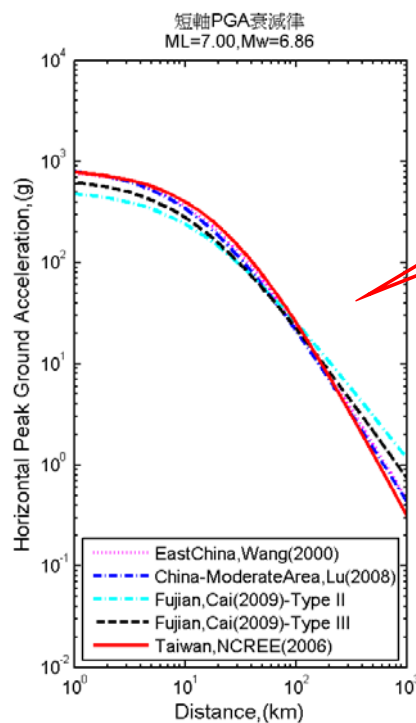
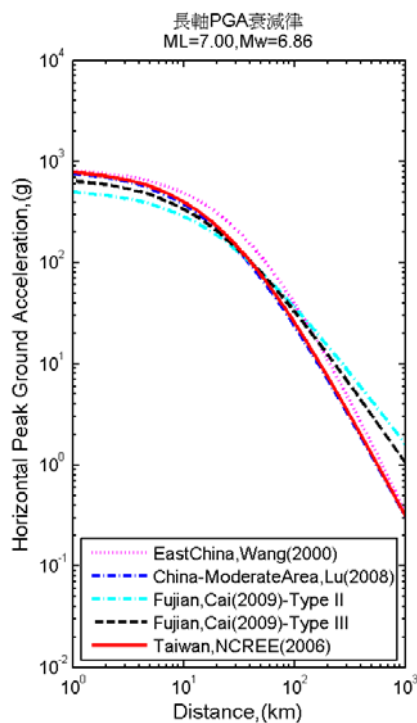
(b) 工址近場區域不存在大規模地震的潛在震源區，進行地震危險性分析時可不考慮規模飽和問題，因此可選用只考慮近場距離飽和的加速度衰減模型Ⅱ型(霍俊榮等人，1992)

$$\log(Y) = C_1 + C_2M + C_4 \times \log(R + C_5 e^{(C_6M)}) \quad (3.2)$$

Y 為最大地表加速度，單位為 cm/s^2 (gal)、 M 為面波規模、 R 是震央距。大陸地區之衰減律對於地震動衰減特性之描述多區分為長軸及短軸，即考量所謂的“長短軸效應”。地震烈度的分佈，一般呈扁長的橢圓形，地震烈度沿短軸方向衰減，要比長軸方向快得多。

大陸之衰減律比較

汪素雲等人(2000), 東部地區
 盧建旗等人(2008), 中強地震活動區
 蔡輝騰等人(2009), 福建及鄰區水平基岩



本案適用

規模之轉換關係
 採用 Lin and Lee,
 (2008)。

DSHA分析結果(M_L 7.0, 設計地震) PGA

金門地區

R(km)	NCREE	Wang	Lu	Cai-II	Cai-III
25	0.185	0.162	0.147	0.121	0.127
30	0.150	0.132	0.118	0.102	0.104

金門烏坵鄉

R(km)	NCREE	Wang	Lu	Cai-II	Cai-III
12	0.360	0.323	0.303	0.218	0.248
17	0.271	0.240	0.221	0.169	0.185

馬祖地區

R(km)	NCREE	Wang	Lu	Cai-II	Cai-III
50	0.077	0.068	0.061	0.059	0.057
55	0.067	0.060	0.053	0.053	0.051

澎湖地區

R(km)	NCREE	Wang	Lu	Cai-II	Cai-III
120	0.019	0.018	0.016	0.021	0.018
125	0.018	0.018	0.016	0.020	0.017

DSHA分析結果(M_L 7.5，MCE地震) **PGA**

• 金門地區

R(km)	NCREE	Wang	Lu	Cai-II	Cai-III
25	0.291	0.424	0.322	0.229	0.246
30	0.245	0.375	0.275	0.198	0.207

• 金門烏坵鄉

R(km)	NCREE	Wang	Lu	Cai-II	Cai-III
12	0.493	0.613	0.529	0.368	0.433
17	0.396	0.527	0.430	0.301	0.340

• 馬祖地區

R(km)	NCREE	Wang	Lu	Cai-II	Cai-III
50	0.138	0.245	0.163	0.124	0.121
55	0.123	0.223	0.146	0.112	0.108

• 澎湖地區

R(km)	NCREE	Wang	Lu	Cai-II	Cai-III
120	0.039	0.090	0.052	0.047	0.040
125	0.037	0.087	0.051	0.045	0.039

DSHA分析結果

M_L 7.0

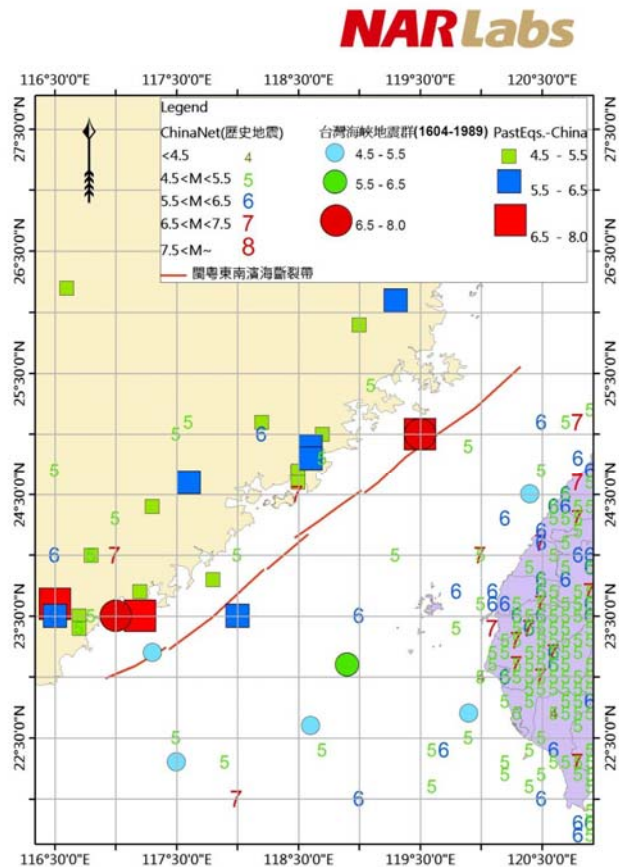
地區	R(km)	PGA(g)	$S_{as}(g)$	$S_{ai}(g)$	EPA(g)
金門	25	0.185	0.389	0.217	0.155
	30	0.150	0.324	0.179	0.130
烏坵	12	0.360	0.682	0.398	0.273
	17	0.271	0.539	0.308	0.216
馬祖	50	0.077	0.179	0.095	0.071
	55	0.067	0.158	0.084	0.063
澎湖	120	0.019	0.049	0.025	0.020
	123	0.018	0.047	0.024	0.019

M_L 7.5

地區	R(km)	PGA(g)	$S_{as}(g)$	$S_{ai}(g)$	EPA(g)
金門	25	0.291	0.575	0.340	0.230
	30	0.245	0.497	0.291	0.199
烏坵	12	0.493	0.886	0.548	0.354
	17	0.396	0.742	0.450	0.297
馬祖	50	0.138	0.303	0.171	0.121
	55	0.123	0.272	0.153	0.109
澎湖	120	0.039	0.096	0.052	0.038
	123	0.037	0.093	0.050	0.037

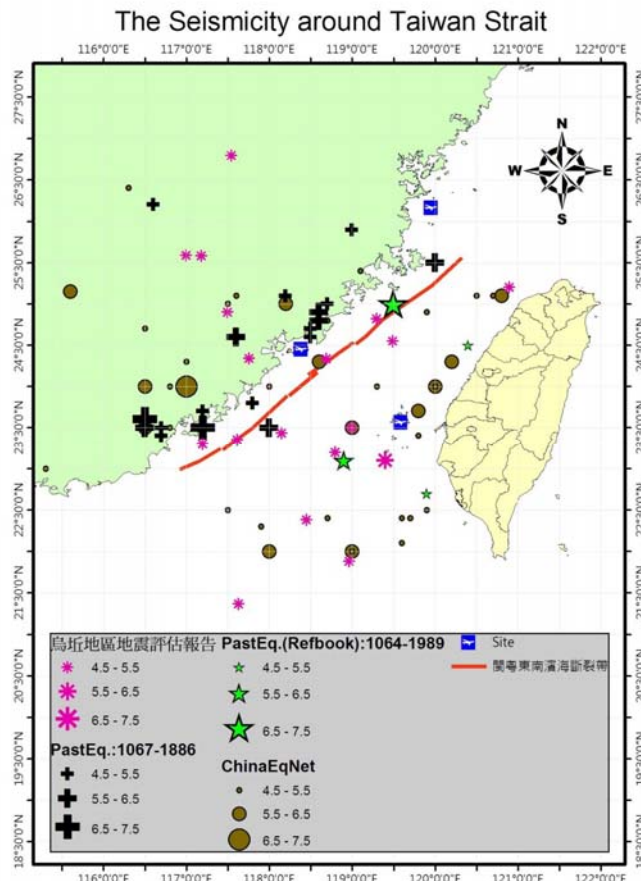
PSHA 分析

- 蒐集台灣海峽歷史地震活動紀錄，進行地震危害度分析
- 歷史地震震央分佈
 - 數字所表示之地震為大陸歷史地震網資料，
 - 方塊所表示為溫等人(1999)所收集之歷史地震
 - 圓形表示朱等人(2004)所收集之歷史地震

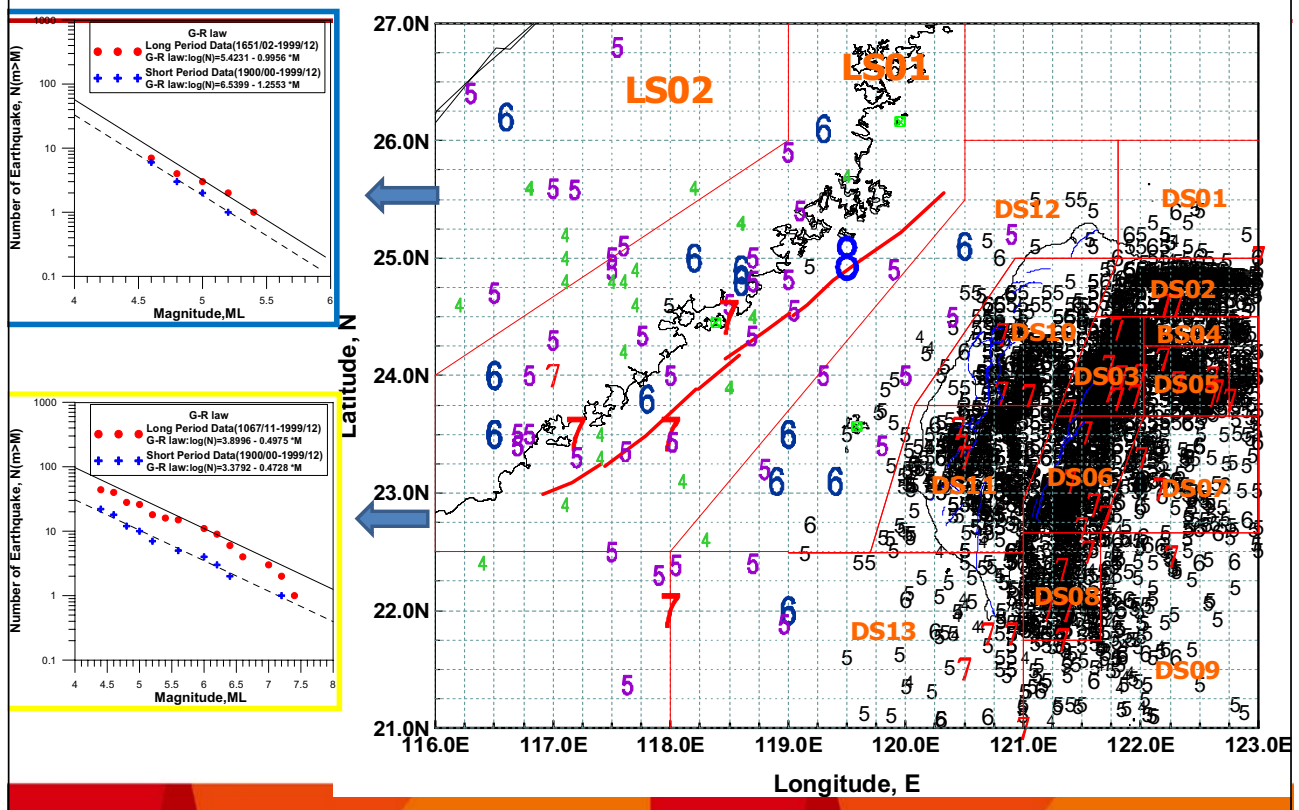


臺灣海峽地震紀錄

- 歷史地震
 - 1067-1886, 18筆, $M=4.75-6.75$
 - 1604-1989, 28筆, $M=2.5-7.5$
- 「烏坵地區地震評估」報告
 - 1923-1999, 18筆, $M=4.5-5.6$
- 大陸地震網
 - 1874-1920, 40筆, $M=4.5-7.3$
- 整合後，台灣海峽地區
 - 共計有105筆地震
 - 規模範圍： $ML2.5-7.5$



Zone



參數設定

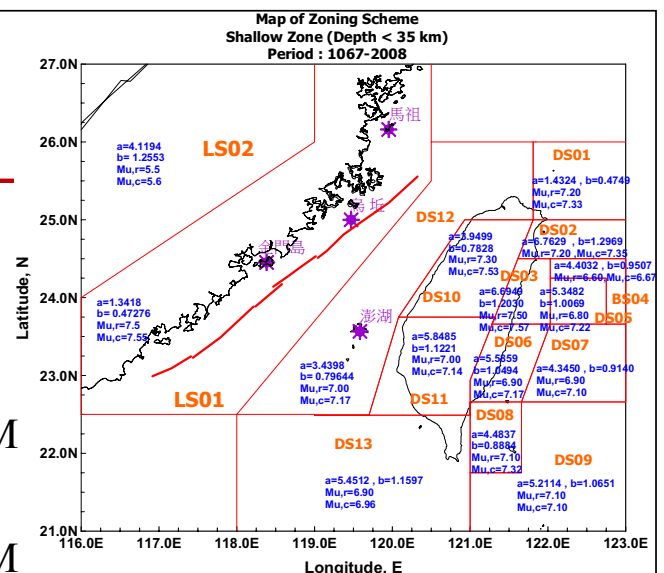
• PSHA分析

— 臺灣海峽區域

- LS01($\mu = 7.0$) :
 $\log(N) = 1.3418 - 0.4728 M$
- LS02($\mu = 6.0$) :
 $\log(N) = 4.1408 - 1.2553 M$

— 濱海斷裂帶的特徵地震模型

- $M = 7.0 - 7.5$
- $RP = 300 \text{ yr}$
- Poisson model
- 考慮距離為 $25 \text{ km} (0.3)$ 及 $30 \text{ km} (0.7)$



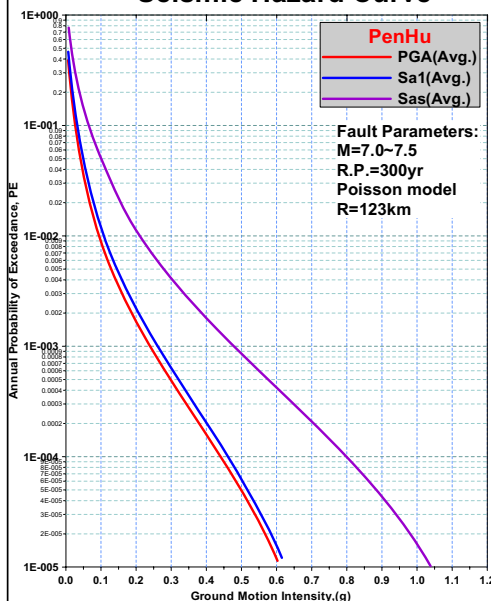
PSHA分析結果-金門縣鄉鎮區

地區	475years				2500years			
	PGA(g)	$S_{as}(g)$	$S_{a1}(g)$	$EPA(g)$	PGA(g)	$S_{as}(g)$	$S_{a1}(g)$	$EPA(g)$
烏坵鄉 Wuchiu	0.452	0.822	0.491	0.329	0.613	1.049	0.649	0.420
烈嶼鄉 Lieu	0.124	0.275	0.152	0.110	0.164	0.351	0.200	0.140
金寧鎮 Jinning	0.137	0.299	0.166	0.120	0.180	0.381	0.218	0.152
金城鎮 Jincheng	0.152	0.327	0.183	0.131	0.200	0.417	0.240	0.167
金沙鎮 Jinsha	0.151	0.327	0.182	0.131	0.199	0.416	0.239	0.166
金湖鎮 Jinhu	0.177	0.375	0.211	0.150	0.233	0.476	0.276	0.190

PSHA分析結果-澎湖列島



Seismic Hazard Curve



地區	475years			2500years		
	$S_{as}(g)$	$S_{a1}(g)$	$EPA(g)$	$S_{as}(g)$	$S_{a1}(g)$	$EPA(g)$
馬公市	0.380	0.203	0.152	0.606	0.339	0.243
湖西鄉	0.406	0.218	0.163	0.634	0.355	0.254
白沙鄉	0.400	0.213	0.160	0.630	0.352	0.252
西嶼鄉	0.319	0.170	0.128	0.532	0.297	0.213
望安鄉	0.311	0.166	0.124	0.521	0.290	0.208
七美鄉	0.263	0.139	0.105	0.448	0.247	0.179

規範研究發展委員會第十六次會議

S

會議紀錄

壹、時間：99 年 8 月 23 日 下午 2 時整

貳、地點：國家地震工程研究中心 410 會議室

(台北市辛亥路三段 200 號 4 樓)

參、主席：張國鎮主任

肆、出(列)席人員：(如後附簽到表)

伍、主席致詞：略

陸、討論事項：略

柒、會議結論：

(一) 有關金門地區設計地震研擬部分：

1. 本議題針對金門地區設計地震研擬提出 DSHA 分析成果，以閩粵東南濱海斷裂帶為控制震源，引用臺灣地區之地震動衰減律進行評估。依據分析結果，初步建議該地區之震區短週期及一秒週期水平譜加速度係數分別為 $S_s^D = 0.4$ 、 $S_1^D = 0.25$ 、 $S_s^M = 0.6$ 及 $S_1^M = 0.35$ 。
2. 由於金門地區鄰近中國大陸東南地區，建議參考大陸華南地區之地震動衰減律採用相同程序進行分析比較。

NAR Labs

第十七次規範委員會決議

- 依據第十七次規範委員會決議，金門縣之震區短週期及一秒週期水平譜加速度係數，以金湖鎮為最高，各鄉鎮之震區係數如下(PSHA及DSHA分析結果綜合)

鄉鎮	475years		2500years	
	$S_{as}(g)$	$S_{al}(g)$	$S_{as}(g)$	$S_{al}(g)$
金沙鎮	0.35	0.20	0.50	0.35
金湖鎮	0.40	0.25	0.50	0.35
金寧鄉	0.35	0.20	0.45	0.30
金城鎮	0.35	0.20	0.50	0.35
烈嶼鄉	0.35	0.20	0.45	0.30

$$S_s^D = 0.40, \quad S_1^D = 0.25, \quad (T_0 = 0.625)$$

$$S_s^M = 0.5, \quad S_1^M = 0.35, \quad (T_0 = 0.7)$$

$$EPA = 0.14-0.16g : \quad 0.18-0.2g$$

表2-1 離島地區震區係數修正建議

- 針對金門縣各鄉鎮之設計地震

- 原規範

金門縣各鄉鎮	0.50	0.30	0.70	0.40
--------	------	------	------	------

- 修正後(第十七次規範委員會決議)



		S_S^D	S_1^D	S_S^M	S_1^M
金門縣	金沙鎮	0.35	0.20	0.50	0.35
	金湖鎮	0.40	0.25	0.50	0.35
	金寧鄉	0.35	0.20	0.45	0.30
	金城鎮	0.35	0.20	0.50	0.35
	烈嶼鄉	0.35	0.20	0.45	0.30
	烏坵鄉	0.80	0.50	1.00	0.55

- 金門縣烏坵鄉
(未列於現行規範)

Site	回歸期475年			回歸期2500年		
	$S_{as}(g)$	$S_{al}(g)$	EPA	$S_{as}(g)$	$S_{al}(g)$	EPA
烏坵鄉	0.82	0.49	0.33	1.05	0.65	0.42

表2-1 離島地區震區係數修正建議

- 連江縣 (馬祖地區)

- 原規範

連江縣各鄉鎮	0.50	0.30	0.70	0.40
--------	------	------	------	------

- 修正後

採用金門最
小值



		S_S^D	S_1^D	S_S^M	S_1^M
連江縣	南竿鄉	0.35	0.20	0.45	0.30
	東引鄉	0.35	0.20	0.45	0.30
	北竿鄉	0.35	0.20	0.45	0.30
	莒光鄉	0.35	0.20	0.45	0.30

表2-1 離島地區震區係數修正建議

• 澎湖縣各鄉鎮

— 原規範

澎湖縣	馬公市	0.50	0.30	0.70	0.40
	湖西鄉	0.50	0.30	0.70	0.40
	白沙鄉	0.50	0.30	0.70	0.40
	西嶼鄉	0.50	0.30	0.70	0.40
	望安鄉	0.50	0.30	0.70	0.40



— 修正後

		S_S^D	S_1^D	S_S^M	S_1^M
澎湖縣	馬公市	0.40	0.25	0.65	0.35
	湖西鄉	0.40	0.25	0.65	0.35
	白沙鄉	0.40	0.25	0.65	0.35
	西嶼鄉	0.35	0.20	0.55	0.35
	望安鄉	0.35	0.20	0.55	0.35
	七美鄉	0.35	0.20	0.55	0.35

原規範少了
此鄉鎮

報告結束

敬請指教

NAR Labs 國家實驗研究院

國家地震工程研究中心

速度型被動消能元件試驗與檢核項目初期修訂建議

張國鎮 主任、黃震興 組長、汪向榮 副研究員、林旺春 助理研究員

主講人：汪向榮

2013耐震設計規範研討會

承諾·熱情·創新

www.narlabs.org.tw

大

綱

NAR Labs

- 台灣隔、制震建築耐震設計規範沿革
- 實體與性能保證試驗基本原則
- 國家地震工程研究中心(NCREE)現有測試系統介紹
- 速度型消能元件與隔震元件
- 國內現行試驗要求與檢核
- 國外相關試驗要求與檢核(參考NCREE研究報告)

台灣隔、制震建築耐震設計規範沿革

- 建築物隔震消能系統設計規範條文、解說及示範例之研訂 (1997)
- 建築物隔震設計規範 (2002)
- 建築物耐震設計規範及解說 (2005)
 - 第九章 隔震建築物設計
 - 第十章 含被動消能系統建築物之設計
- 建築物耐震設計規範隔震設計及含被動消能系統設計專章研修與示範例研擬 (2006)
- 建築物速度型被動消能元件設計手冊之研擬(2007)
- 建築物耐震設計規範及解說 (2011)
 - 第九章 隔震建築物設計
 - 第十章 含被動消能系統建築物之設計

參 考 文 獻

- 建築物耐震設計規範隔震設計及含被動消能系統設計專章研修與示範例研擬 (2006)
- 建築物速度型被動消能元件設計手冊之研擬 (2007)
- 建築物耐震設計規範及解說 (2011)
- ASCE 7-10 (2010) – 建築用速度型消能元件、隔震支承之實體與性能保證試驗
- CALTRANS (1995) – 橋梁用速度型消能元件、隔震支承之試驗
- AASHTO (2010) – 橋梁用地震力分散裝置 (STU)、隔震支承之實體與性能保證試驗
- EN 15129 (2009) – 建築、橋梁用速度型消能元件、地震力分散裝置與隔震支承之實體與性能保證試驗

實體與性能保證試驗基本原則 (1)

■ 實體試驗 (Prototype、Type Test)

- 確認供應器具足夠能力製造生產
- 製造生產前，確認在設計地震作用下之地震行為與設計相符，以及在最大考量地震作用下之特性及穩定性
- 風力及溫度等其他條件
- ✓ 若國內試驗室容量無法滿足試驗要求，可由製作供應商原廠或委託國外實驗室進行試驗，並提出試驗報告

■ 性能保證試驗 (Production、Quality Control、Proof Test)

- 現場安裝前，確認在設計地震作用下力學特性與設計相同或在容許誤差範圍
- 著重於品管檢核
- ✓ 由國內試驗單位或供應商原廠進行試驗，並提出試驗報告

實體與性能保證試驗基本原則 (2)

- 實體試驗所採用的試體非經該專業技師審查核可，不可重覆使用

■ 實體試驗抽樣頻率

- 隔震支承 – 至少二個與原設計相同型式與尺寸
- 速度型消能元件 – 各類型及各尺寸二個

■ 性能保證試驗抽樣頻率

- 隔震支承 – 每個隔震支承
- 速度型消能元件 – 專業技師訂定抽樣比例

- 供應商於近年有與設計相似型式與尺寸之測試件實體試驗報告且合格者，得不進行實體試驗，但仍應進行性能保證試驗

NCREE現有試驗系統介紹



減震消能元件測試系統



兩組**動態**油壓致動器
每組SV400gpm，衝程±500mm，出力±1000kN
合出力最大±1700kN (依試驗經驗估計)

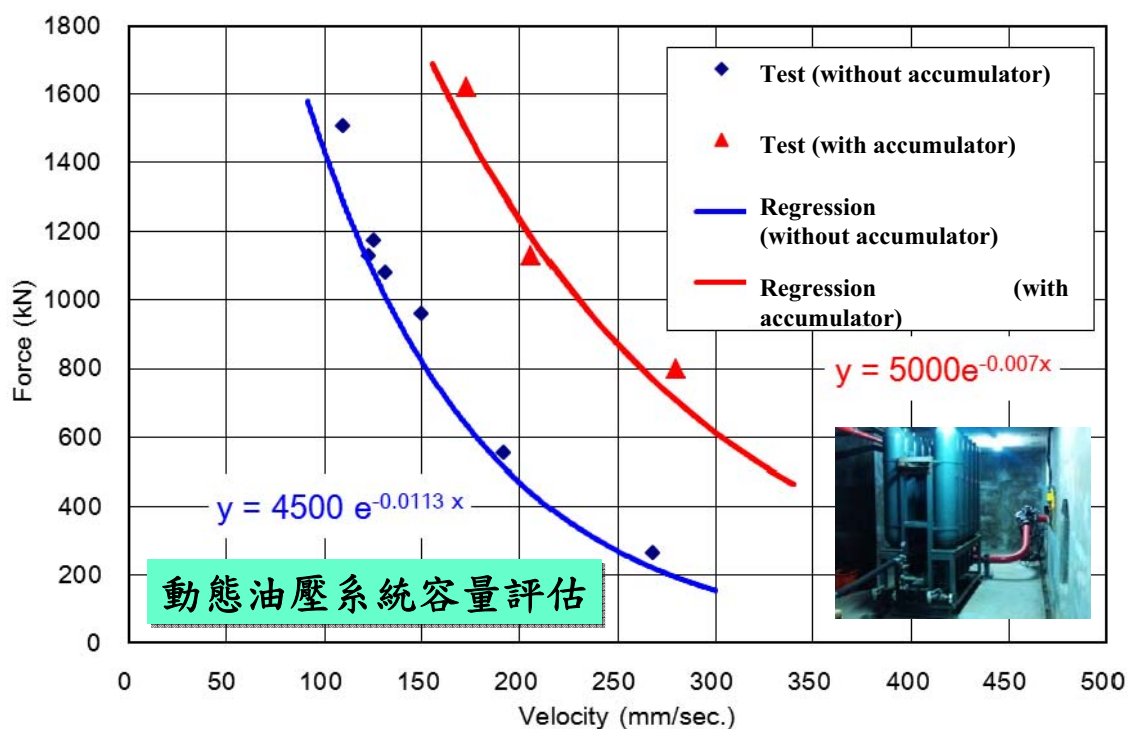
多軸向測試系統

Multi-Axial Testing System, MATS



最大垂直壓力60000kN (無水平力)
最大垂直壓力40000kN (水平力4000kN)
靜態容量：
水平位移±1200mm
水平出力±4000kN
動態容量：
水平位移±500mm
水平出力±1700kN

MATS與減震消能元件測試系統



速度型消能元件

試驗要求與檢核

國內現行實體試驗項目

- ◆ 試驗結果就不同速度及出力情形繪成速度-出力曲線
 - 速度-出力曲線中，在各種不同速度情況下，出力之試驗值與設計理論值的差異不得超過 $\pm 15\%$
- ◆ 加載5次完全反覆循環，其試驗速度應依10.1.2節之規定
 - 任一循環中之有效勁度與平均有效勁度之差異不得超過 $\pm 15\%$ 。但流體黏滯消能元件及其它不具有有效勁度之消能元件，不在此限
 - 任一循環中於零位移所對應之最大力、最小力與所有循環之最大力、最小力平均值之差異皆不得超過 $\pm 15\%$
 - 任一循環中之遲滯圈面積不低於平均遲滯曲線面積之85%
- 若消能元件特性會因環境溫度的不同而有顯著差異時，須於至少三種操作溫度(15°C、25°C、35°C)下進行試驗
- 應承受2000次位移循環，其振幅等於設計風力下所預期者

非線性液態黏性阻尼器試驗範例 (1)

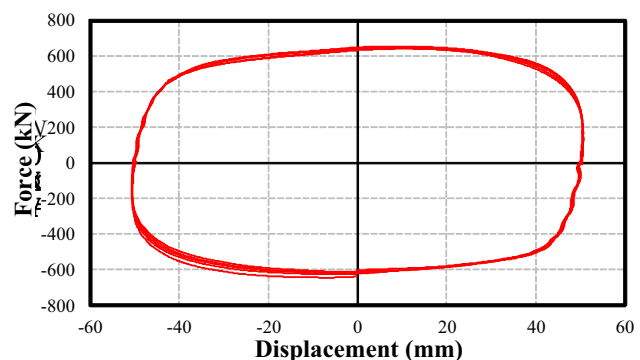


測試項目	正弦波加載參數			試驗最大速度 (mm/sec)
	頻率 (Hz)	振幅 (mm)	循環數	
基本性能試驗	0.12	50	5+1	37.70
	0.24	50	5+1	75.40
	0.36	50	5+1	113.10
	0.48	50	5+1	150.80
	0.60	50	5+1	188.50
風力試驗	0.409	5	2000+1	12.85

非線性液態黏性阻尼器試驗範例 (2)

基本性能試驗

循環	迴圈消能面積 (kN-mm)	差異 (%)
1	112856.21	0.70
2	112244.26	0.16
3	112471.47	0.36
4	111842.92	-0.20
5	110934.92	-1.01
平均	112069.96	

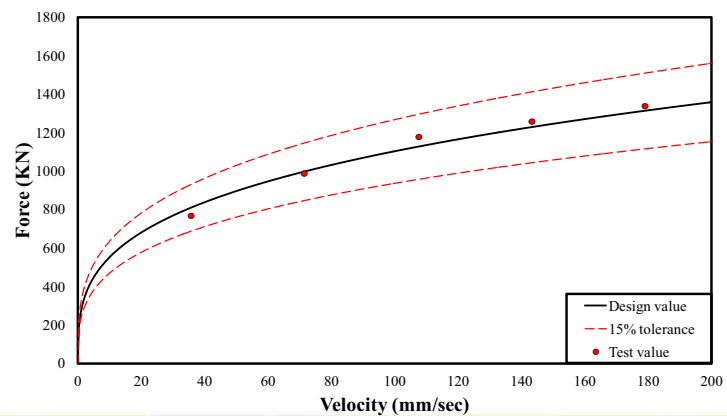


循環	零位移所對應最大出力 (kN)	差異 (%)	零位移所對應最小出力 (kN)	差異 (%)
1	633.52	-1.42	-639.66	2.65
2	639.62	-0.47	-624.07	0.15
3	647.49	0.75	-620.64	-0.40
4	649.87	1.12	-618.95	-0.67
5	642.72	0.01	-612.37	-1.73
平均	642.64		-623.14	

非線性液態黏性阻尼器試驗範例 (3)

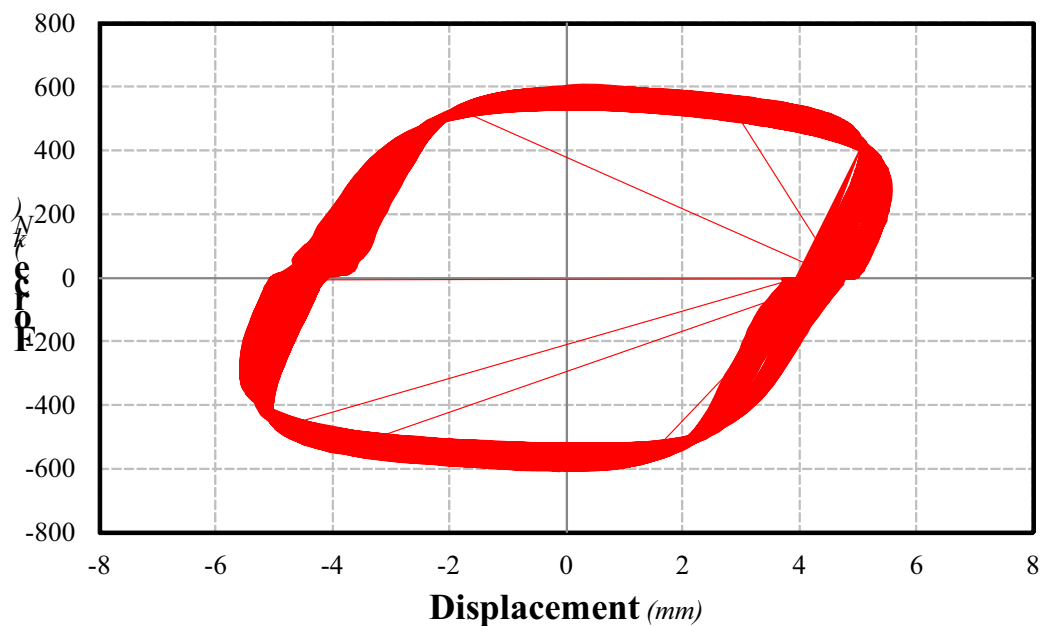
基本性能試驗

頻率 (Hz)	振幅 (mm)	試驗平均最大速度 (mm/sec)	試驗平均最大出力 (kN)	理論出力 (kN)	差異 (%)
0.12	50	37.70	724.65	748.05	-3.13
0.24	50	75.40	910.67	920.95	-1.12
0.36	50	113.10	1072.39	1040.08	3.11
0.48	50	150.80	1147.32	1133.83	1.19
0.60	50	188.50	1225.75	1212.33	1.11



非線性液態黏性阻尼器試驗範例 (4)

風力試驗



雙線性油壓阻尼器試驗範例 (1)

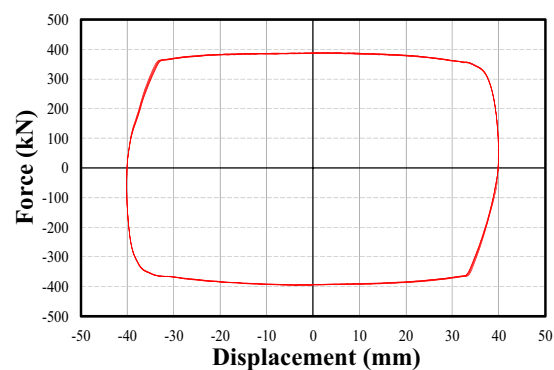


測試項目	正弦波加載參數			試驗最大速度 (mm/sec)
	頻率 (Hz)	振幅 (mm)	循環數	
基本性能試驗	0.5	5	5+1	15.71
	0.5	10	5+1	31.42
	0.5	20	5+1	62.83
	0.5	30	5+1	94.25
	0.5	40	5+1	125.66
風力試驗	0.3	2.5	2000+1	12.85

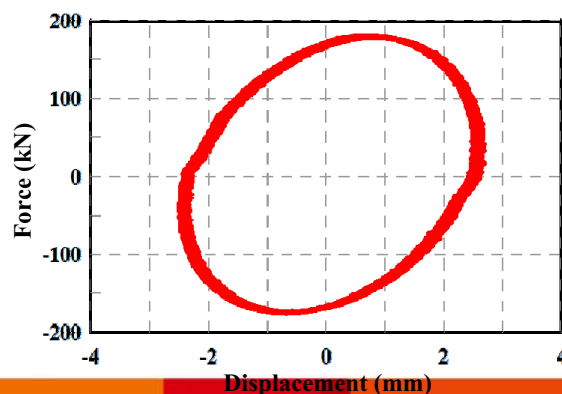
國家地震工程研究中心

雙線性油壓阻尼器試驗範例 (2)

基本性能試驗



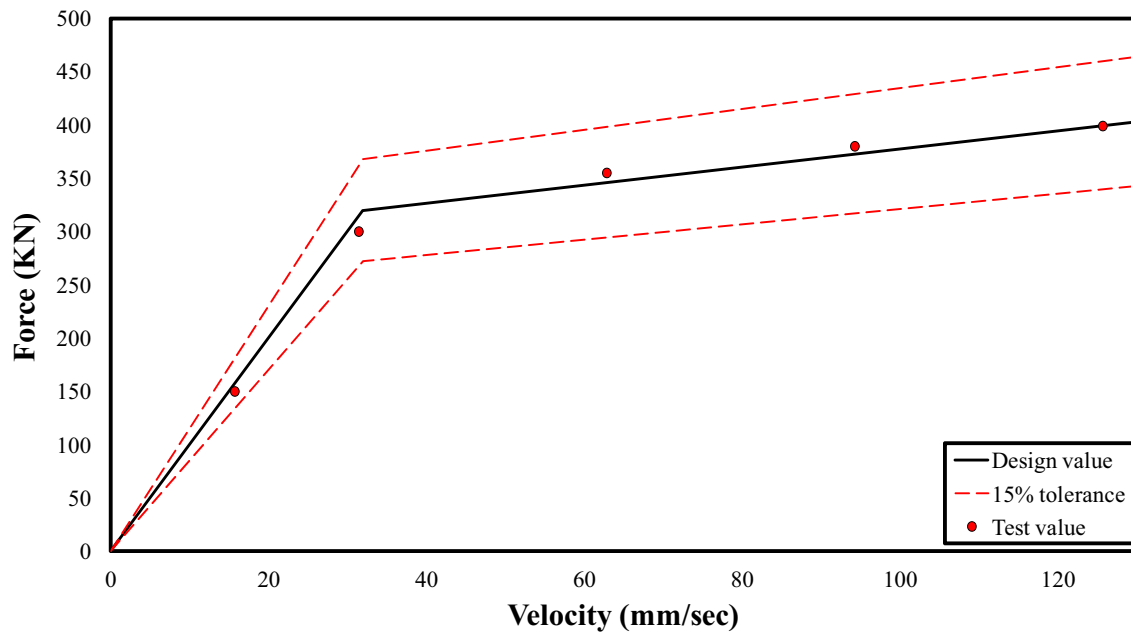
風力試驗



國家地震工程研究中心

雙線性油壓阻尼器試驗範例 (3)

基本性能試驗



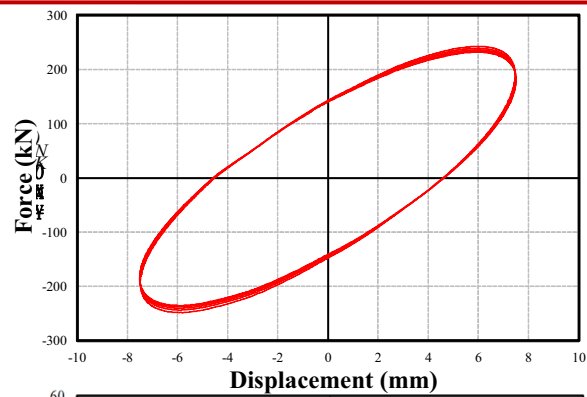
黏彈性阻尼器試驗範例 (1)



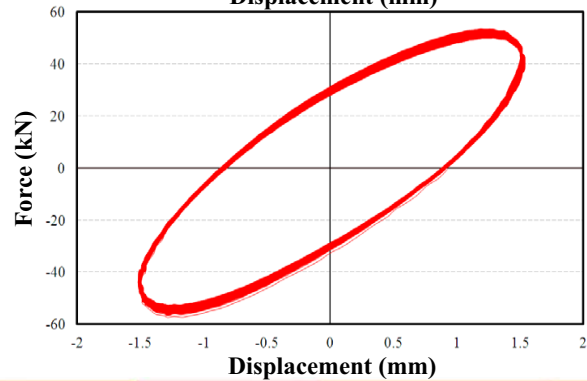
測試項目	正弦波加載參數			試驗最大速度 (mm/sec)
	頻率 (Hz)	振幅 (mm)	循環數	
基本性能試驗	0.303	2.5	5+1	4.76
	0.303	5.0	5+1	9.52
	0.303	7.5	5+1	14.28
風力試驗	0.303	1.5	2000+1	2.09
不同溫度試驗	0.303	2.5	5+1	4.76
	0.303	5.0	5+1	9.52
	0.303	7.5	5+1	14.28

黏彈性阻尼器試驗範例 (2)

基本性能試驗

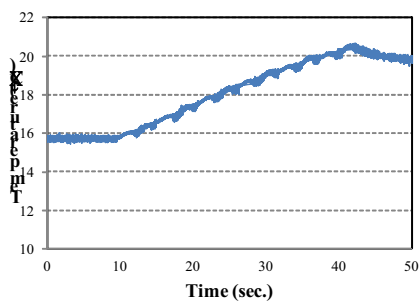


風力試驗



黏彈性阻尼器試驗範例 (3)

不同溫度試驗 (15°C~35°C)



速度型消能元件試驗項目整理

試驗項目 (*)實體試驗 (**)性能保證試驗	國內現行規定	ASCE 7-10	CALTRANS	AASHTO	EN 15129
壓力試驗				√ ^{*,**}	√ ^{*,**}
低速試驗				√ ^{*,**}	√ ^{*,**}
基本性能試驗	√ [*]		√		√ ^{*,**}
快速試驗				√ ^{*,**}	
模擬動態試驗				√ [*]	
頻率試驗 (組成律試驗)	√ [*]	√ [*]	√		√ ^{*,**}
溫度試驗	√ [*]	√ [*]	√		√ [*]
疲勞試驗			√	√ [*]	√ [*]
風力試驗	√ [*]	√ [*]			√ [*]
老化試驗			√		
耐久性試驗			√		
極限試驗 (超載試驗)			√	√ [*]	
衝程試驗					√ [*]

ASCE 7-10實體試驗摘要

	試驗內容	試驗結果檢核
頻率試驗	1/T_{IM}, 1/T_{IM} ~ 2.5/T₁ (或 1/T₁ ~ 2.5/T₁) - 最大考量地震下之位移 5循環	- 每一循環之最大、最小力量(對應零位移)、等效勁度、迴圈面積與所有循環平均值比較, 差異不得超過±15% - 所有循環平均最大、最小力量(對應零位移)、平均等效勁度、平均迴圈面積, 其試驗值與設計理論值的差異不得超過±15% - 經技師分析驗證可變更15%之限制
溫度試驗	- 同頻率試驗條件 - 最大設計溫度、環境溫度、最小設計溫度	同頻率試驗
風力試驗	1/T₁ - 設計風力作用 - 至少2000循環	無漏油、降伏以及破損等破壞產生

CALTRANS試驗摘要

	試驗內容	試驗結果檢核
基本性能試驗	10循環，0.5Hz - 設計位移或設計速度對應之位移	- F(2)、F(10)：第2、10迴圈最大力 $0.7 < F(2)/F(10) < 1.3$
頻率試驗	3循環，最大位移 0.05、0.2、0.5、1.0、2.0Hz	組成律特性
溫度試驗	3循環，設計位移，0.5Hz $-40.0^{\circ}\text{C} < T < 48.9^{\circ}\text{C}$(或自訂)	溫度對特性之相依性
疲勞試驗	10000循環 0.1Hz或自訂($V > 1.91\text{mm/sec}$) - 溫度及活載造成之位移	評估脫落、磨損及疲勞造成之性能衰減
老化試驗	1000小時鹽霧室	符合ASTM B 117相關規定
耐久性試驗	20循環，0.5Hz - 設計位移或設計速度對應之位移	評估性能劣化與分析餘裕
極限試驗	0.5Hz $(1.1)^n \times (\text{設計位移})$ - 若超過容量，進行單向慢速試驗	直至破壞

AASHTO實體與性能保證試驗摘要(1)

(*)實體試驗 (**)性能保證試驗	試驗內容	試驗結果檢核
壓力試驗*,**	150%之最大計算內部壓力 180sec	- 不得漏油 - 壓力衰減不可超過5%
低速試驗*,**	3循環 - 最大衝程與速度由技師訂定	- 不得漏油、性質劣化或結構損壞 - 任一迴圈出力$< 10\%$最大設計出力(或技師訂定) - 不得發生鎖定(lock-up)
快速試驗*,**	- 拉壓皆須測試(可單次單方向) - 速度由技師訂定(須達到最大設計出力)	- 衝程在12mm內(或技師訂定)鎖定 - 鎖定後至最大試驗力之變形不得超過12mm(或技師訂定) - 鎖定後勁度變化$< 10\%$ - 不得漏油、性質劣化或結構損壞

AASHTO實體與性能保證試驗摘要(2)

(*)實體試驗 (**)性能保證試驗	試驗內容	試驗結果檢核
模擬動態試驗*	0.5sec內(或技師訂定)拉力達鎖定並持續5sec後，1sec內(或技師訂定)壓力達鎖定持續5sec，此為1循環 - 至少3循環 3倍鎖定力$\leq$拉壓力$<$最大設計出力	- 任一迴圈在12mm內(或技師訂定)鎖定 - 鎖定後至最大出力之變形不得超過12mm(或技師訂定)
疲勞試驗*	100000循環 - 速度由技師訂定 - 最大設計出力	不得漏油、性質劣化或結構損壞
極限試驗* (超載試驗)	快速鎖定後達150%最大設計出力，維持30sec(或技師訂定)	不得漏油、性質劣化或結構損壞

EN 15129實體與性能保證試驗摘要 (1)

(*)實體試驗 (**)性能保證試驗	試驗內容	試驗結果檢核
衝程試驗*	1循環，設計衝程	誤差$<1\text{mm}$
壓力試驗*,**	120sec 125%最大出力之內部壓力	不得漏油、性質劣化或性能衰減
低速試驗*,**	FVD 1三角波循環，等速($\leq 0.1\text{mm/sec}$) - 振幅由技師訂定($\geq 10\text{mm}$) - 出力=10%設計力，等力量控制 FSD 1三角波循環，等速($\leq 0.1\text{mm/sec}$) - 振幅由技師訂定($\geq 10\text{mm}$) - 溫度控制在$23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$(或技師訂定)	FVD - 出力$<10\%$設計力(或技師訂定更小) - 平均速度$>0.01\text{mm/sec}$，位移不得小於10mm FSD - 出力$<(1+t_d)$設計力(或技師訂定) t_d為設計力容許差異
基本性能試驗*,**	- 位移與頻率由技師訂定 - 不超過2倍設計地震水準下之能量需求 5循環	- 特性曲線在容許範圍內 - FVD：第2循環零位移最大、最小力平均 - FSD：第2循環於50%設計位移之最大、最小力平均 - 出力、勁度(FSD)在$\pm 15\%$內 - EDC在-15%以上

EN 15129實體與性能保證試驗摘要 (2)

(*)實體試驗 (**)性能保證試驗	試驗內容	試驗結果檢核
頻率試驗*,**	1、25、50、75、100%設計速度 - 設計位移 3三角波循環	- 特性曲線在容許範圍內 - FVD：第2循環零位移最大、最小力平均 - FSD：第2循環於50%設計位移之最大、最小力平均 - 出力、勁度(FSD)在$\pm 15\%$內 - EDC在-15%以上
溫度試驗*	- 同頻率試驗 - 設計最大與最小溫度	- FVD：出力在$\pm 5\%$內 - FSD：出力、勁度在$\pm 15\%$內 - EDC在-5%以上
疲勞試驗*	- 頻率由技師訂定 - 溫度效應之最大位移 10000循環，進行1次基本性能試驗	- 不得漏油 - 滿足基本性能試驗要求
風力試驗*	- 位移與頻率由技師訂定 200循環	- 不得漏油 - 不得無法運作

隔震元件

試驗要求與檢核

國內現行實體與性能保證試驗項目

- 橡膠隔震元件
- $Q_D + 1/2 Q_L + Q_E$ 不大於 200 kgf/cm^2
- D_{TM} 對應隔震元件橡膠總厚度之剪應變不大於 250%

實體試驗

位移與垂直載重
剪應變與垂直壓應力

性能保證試驗

位移與垂直載重

垂直載重試驗

常態載重試驗

不同變形之特性試驗

性能穩定試驗

隔震元件穩定度試驗

壓力試驗

壓力與剪力組合試驗

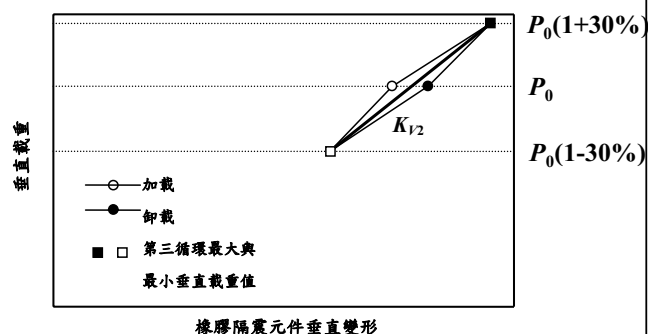
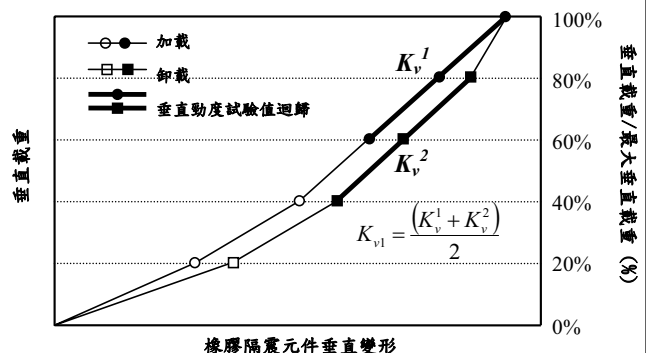
垂直載重試驗

靜態垂直載重試驗

- 垂直載重 (壓應力) 由零加載至 $Q_D + 1/2 Q_L + Q_E$ (200 kgf/cm^2)，並卸載回復為零
 - 試體必須保持穩定且不得有明顯之破壞
 - 試驗所得之垂直勁度值不宜小於設計值之 80%

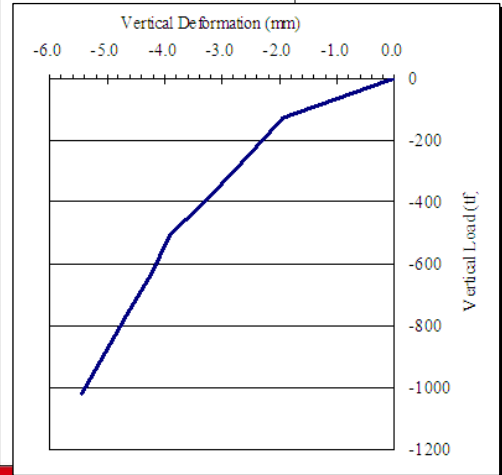
動態垂直載重試驗

- 將垂直載重加載至 P_0 ，在 $P_0(1 \pm 30\%)$ 之間進行連續三次加卸載循環
- 第三循環最大與最小垂直載重下之出力與位移關係計算垂直勁度



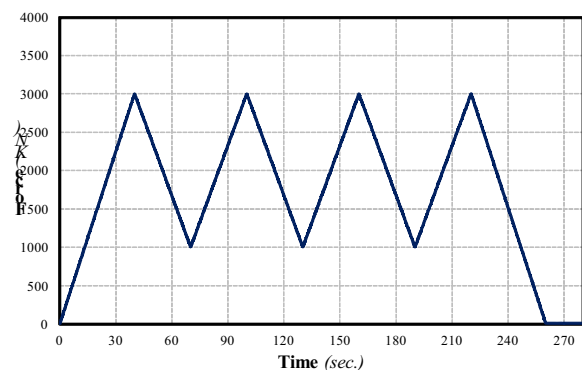
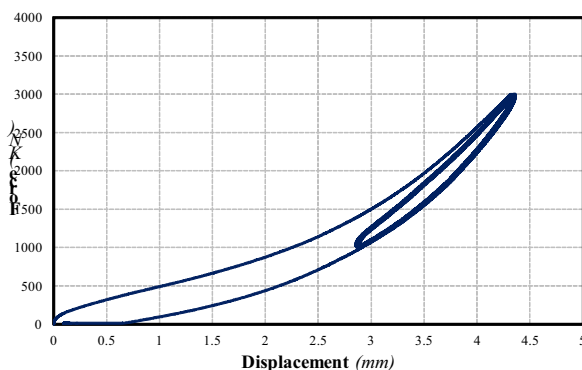
靜態垂直載重試驗範例 (鉛心橡膠支承墊)

試驗順序	壓應力 (kgf/cm ²)	垂直軸力 (tf)	垂直軸力 (kN)	試驗時間 (sec)	備註
1	140	891	8737	600	垂直載重試驗 1.載重增量/減量，於1.5~3.0分鐘內完成 2.載重增量/減量，持續載重30秒，記錄垂直載重及垂直變位
2	0	0	0	30	
3	20	127	1250	30	
4	40	255	2500	30	
5	60	382	3750	30	
6	80	510	5001	30	
7	100	637	6251	30	
8	120	765	7501	30	
9	160	1019	10001	30	
10	120	765	7501	30	
11	100	637	6251	30	
12	80	510	5001	30	
13	60	382	3750	30	
14	40	255	2500	30	
15	20	127	1250	30	
16	0	0	0	30	
17	160	1019	10001	600	



動態垂直載重試驗範例 (鉛心橡膠支承墊)

垂直軸力 (kN)	試驗時間(sec)	循環數	備註
1000-3000	260	3	載重增量/減量，於30~40秒完成



常態載重試驗

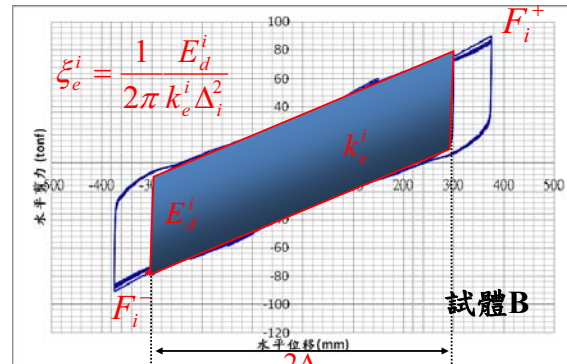
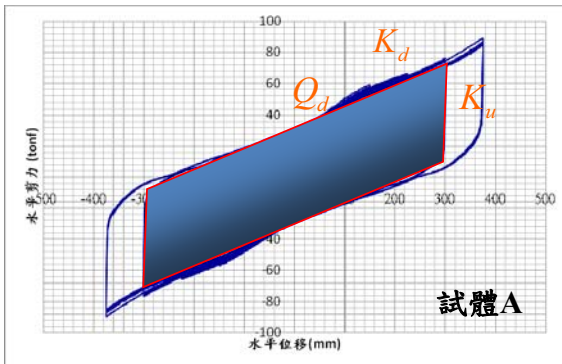
- 在垂直載重 (壓應力) 為 $Q_D + Q_L$ (150kgf/cm^2) 下，進行二十個循環試驗，每個循環試驗之最大力量或位移為隔震元件所承受之常態載重 (風力、溫度變化等) 或其所對應之位移
 - 在設計風力下，隔震元件 (含風束制系統) 須提供足夠之水平勁度，使隔震元件在設計風力作用下不得產生降伏

不同變形之特性試驗

- 在垂直載重 (壓應力) 為 Q_D (100kgf/cm^2) 下，進行循環試驗，每個循環之位移 (隔震元件橡膠總厚度之剪應變) 依序為 $0.25D_D$ (50%)、 $0.5D_D$ (100%)、 $0.75D_D$ (150%)、 $1.0D_D$ (200%)、 $1.25D_D$ (250%) 及 $1.0D_D$ (200%)，每一種位移進行三個循環試驗
 - 試驗之受力－變形關係圖的切線勁度必須為正值
 - 一種試驗位移下任一循環的有效勁度與其三個循環的平均有效勁度差異須在 $\pm 10\%$ 以內
 - 最後一組試驗之三個循環，各試體之平均有效勁度值與設計之有效勁度值差值不得超過 $\pm 15\%$ 。各試體平均等效阻尼比及消能能量不得小於設計值之等效阻尼比及消能能量的 85%
 - 所有兩個試體的平均有效勁度值之差不得大於 10%

不同變形之特性試驗範例 (1) (鉛心橡膠支承墊)

試驗順序	壓應力 (kgf/cm ²)	垂直軸力(tf)	垂直軸力 (kN)	剪應變 γ (%)	位移量(mm)	循環數
1	120	763	7489	50	75	3
2	120	763	7489	100	150	3
3	120	763	7489	150	225	3
4	120	763	7489	200	300	3
5	120	763	7489	250	375	3
6	120	763	7489	200	300	3



不同變形之特性試驗範例 (2) (鉛心橡膠支承墊)

目標位移 (mm)	迴圈數	試體A		試體B		試體A與試體B 平均差異
		有效勁度 (tonf/m)	與平均值 差異	有效勁度 (tonf/m)	與平均值 差異	
75	1	584.40	0.78%	601.09	1.06%	2.57%
	2	579.46	-0.08%	594.00	-0.13%	
	3	575.84	-0.70%	589.25	-0.93%	
	avg.	579.90		594.78		
150	1	377.74	0.38%	385.36	0.87%	1.52%
	2	376.16	-0.04%	381.10	-0.24%	
	3	375.03	-0.34%	379.62	-0.63%	
	avg.	376.31		382.03		
225	1	288.34	0.52%	295.20	0.73%	2.17%
	2	286.88	0.01%	292.96	-0.04%	
	3	285.35	-0.53%	291.05	-0.69%	
	avg.	286.86		293.07		
300	1	249.87	0.69%	255.45	0.55%	2.37%
	2	248.18	0.00%	254.45	0.15%	
	3	246.46	-0.69%	252.28	-0.70%	
	avg.	248.17		254.06		
375	1	230.09	1.17%	232.71	1.18%	1.13%
	2	227.09	-0.15%	230.11	0.05%	
	3	225.10	-1.02%	227.19	-1.22%	
	avg.	227.43		230.00		
300	1	232.01	-0.05%	236.86	0.03%	2.01%
	2	231.91	-0.10%	236.96	0.07%	
	3	232.49	0.15%	236.58	-0.09%	
	avg.	232.14		236.80		

<10% <10% <10%

迴圈數	試體A		試體B	
	有效勁度 (tonf/m)	平均值與設計值之差異	有效勁度 (tonf/m)	平均值與設計值之差異
1	232.01		236.86	
2	231.91	-7.15%	236.96	-5.28%
3	232.49		236.58	
avg.	232.14	<15%	236.80	<15%
設計有效勁度 = 250 tonf/m				
迴圈數	試體A		試體B	
	消能面積 (tonf-m)	平均值與設計值之比例	有效勁度 (tonf-m)	平均值與設計值之比例
1	36.29		236.86	
2	36.25	103.61%	236.96	104.64%
3	35.94		236.58	
avg.	36.16	>85%	236.80	>85%
設計消能面積 = 34.9 tonf-m				
迴圈數	試體A		試體B	
	等效阻尼比	平均值與設計值之比例	等效阻尼比	平均值與設計值之比例
1	27.66%		27.34%	
2	27.74%	105.14%	27.32%	-5.28%
3	27.34%		27.14%	
avg.	27.58%	>85%	27.27%	>85%
設計等效阻尼比 = 26.2%				

性能穩定性與隔震元件穩定度試驗

性能穩定性試驗

- 在垂直載重 (壓應力) 為 Q_D (100kgf/cm^2)，進行十個循環試驗，每個循環之最大側向位移為 D_D (隔震元件橡膠總厚度之剪應變 200%)

□ 任一循環之有效勁度與第一循環之差值不得大於 $\pm 20\%$ 。任一循環之消能能量不得小於第一循環之 70%

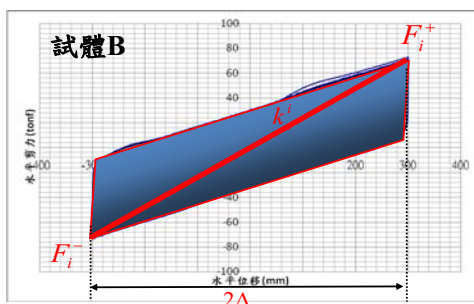
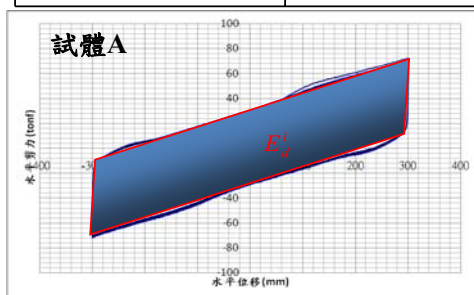
隔震元件穩定度試驗

- 在垂直載重 (壓應力) 各為 $Q_D + 1/2 Q_L + Q_E$ (200kgf/cm^2 以上) 與 $Q_D - Q_E$ (20kgf/cm^2 以下) 時，分別進行三個循環試驗，每個循環之側向位移為 D_{TM} (不小於隔震元件橡膠總厚度之剪應變 250%)

□ 試體必須保持穩定且不得有明顯之破壞

性能穩定性試驗範例 (鉛心橡膠支承墊)

壓應力 (kgf/cm^2)	垂直軸力 (kg)	剪應變 γ (%)	位移量 (mm)	循環數
120	763407	200	300	10



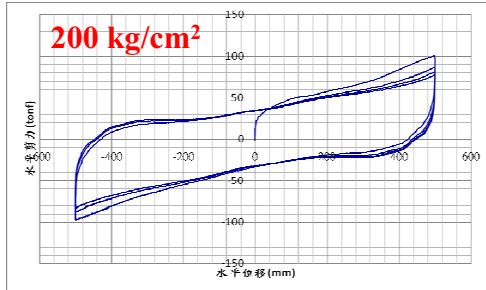
循環	試體A		試體B	
	有效勁度積 (tonf·mm)	與第一迴圈 差值例	有效勁度積 (tonf·mm)	與第一迴圈 差值例
1 1	2335737	100.00%	238.32	100.00%
2 2	2335673	-0.857%	236.89	99.63%
3 3	2334890	-0.892%	236.21	99.83%
4 4	2334170	-0.665%	235.60	99.10%
5 5	2334257	-1.008%	235.17	99.08%
6 6	2304848	-1.6394%	234.98	98.93%
7 7	2334460	-0.0716%	234.38	97.301%
8 8	2304633	-1.6223%	234.59	97.524%
9 9	2294868	-1.6681%	234.52	97.188%
10 10	2293896	-1.6447%	234.58	97.355%

<20%

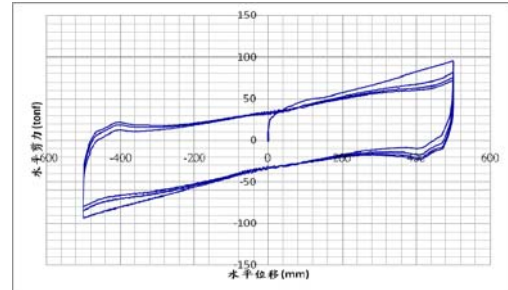
<20%

隔震元件穩定度試驗範例 (鉛心橡膠支承墊)

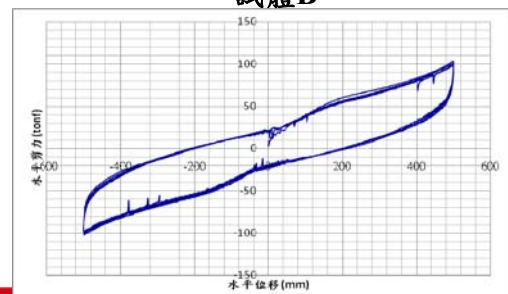
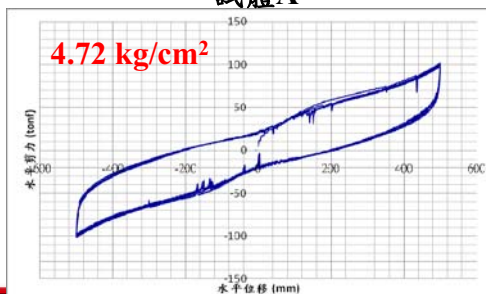
試驗順序	壓應力 (kgf/cm ²)	垂直軸力 (kg)	剪應變 γ (%)	位移量(mm)	循環數
1	200	1272345	333	500	3
2	4.72	30027	333	500	3



試體A

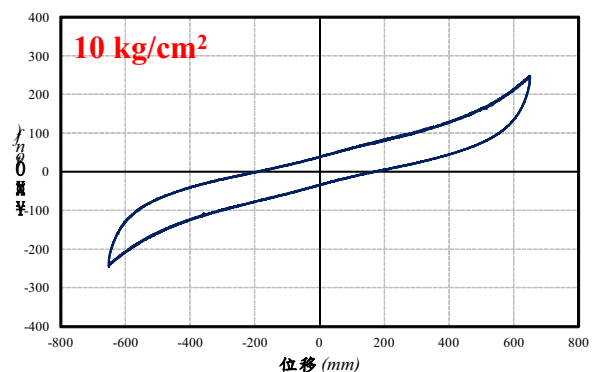
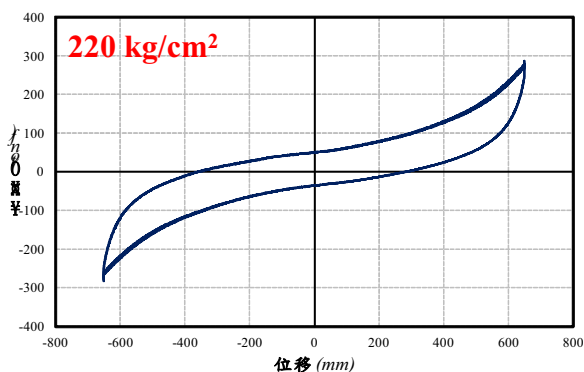


試體B



隔震元件穩定度試驗範例 (高阻尼橡膠支承墊)

試驗順序	壓應力 (kgf/cm ²)	垂直軸力 (kg)	剪應變 γ (%)	位移量(mm)	循環數
1	220	3887721	260	650	3
2	10	176715	260	650	3



性能保證試驗

壓力試驗

- 每個隔震元件應在承受 $1.5(Q_D + Q_L)$ 之壓力下五分鐘後，在卸載前後觀察其變化
- 橡膠隔震元件須觀察橡膠的膨脹突出，鋼片和橡膠層墊間不能有接合不良的情形，在橡膠層表面不能產生裂縫
- 滑動式或滾動式隔震元件若發現塗層剝離、不鏽鋼板刮傷或產生永久變形及塗層內涵外洩等情形時，則不予通過

壓力及剪力組合試驗

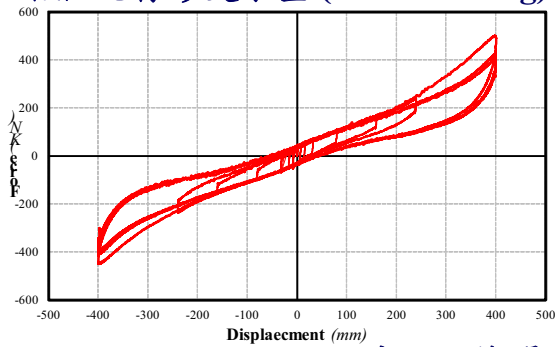
- 每個隔震元件應在垂直載重為 Q_D 載重下進行三個循環試驗，每個循環之最大位移應為 D_D
- 每個試體的平均有效勁度和設計值差異不超過 $\pm 15\%$
- 每個試體的平均消能能力或等效阻尼比不得小於設計值之 85%

橡膠支承墊剪力變形

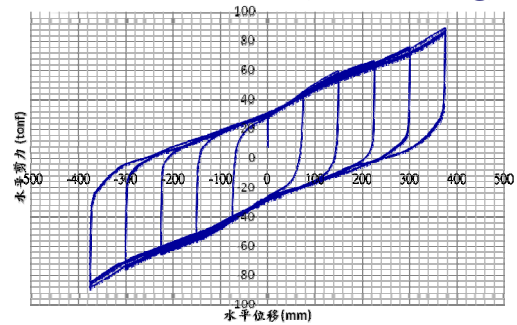


不同隔震支承墊試驗結果比較

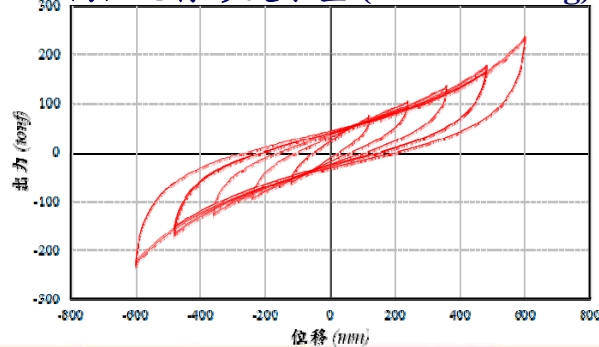
低阻尼橡膠支承墊 (LDR Bearing)



鉛心橡膠支承墊 (LR Bearing)



高阻尼橡膠支承墊 (HDR Bearing)



隔震支承試驗項目整理

√ 彈性支承 ○ 滑動支承 △ 兩者

試驗項目 (*)實體試驗 (**)性能保證試驗	國內現 行規定	ASCE 7-10	CALTRAN S	AASHTO	EN 15129
垂直載重試驗	△*				√*,**
常態載重試驗	△*	△*		△*	√*,**, ○*,**
不同變形(不同垂直載重)之特 性試驗	△*	△*	△	△*	√*,**, ○*,**
性能穩定性試驗	△*	△*	△		√*,**
隔震元件穩定度試驗	△*	△*		△*	√*,**
壓力試驗	△**			√**, ○**	√*,**, ○*,**
壓力與剪力組合試驗	△**			√**, ○**	
耐震性能驗證試驗				△*	
不同頻率之特性試驗			△		√*,**
疲勞試驗			△		○*,**
老化試驗			△		√*, ○*
不同溫度之特性試驗			△	△*	√*,**
耐久性試驗			△		
極限試驗			△		
潛變試驗					√*,**
長期載重下靜摩擦係數試驗					○*,**

ASCE 7-10實體試驗摘要

	試驗內容	試驗結果檢核
常態載重試驗	20迴圈 - 設計風力對應之水平力 - 垂直載重：$Q_d + 1/2 Q_L$	力－變形圖的切線勁度必須為正值
	試驗內容	試驗結果檢核
隔震元件穩定度試驗	3迴圈、$1.0D_{TM}$ - 垂直載重：$Q_d + 1/2 Q_L$ - 最大與最小垂直載重靜力試驗 $1.0D_{TM}$ - 垂直載重： $1.2Q_d + Q_E + Q_L + 0.2Q_S$ $0.9Q_d + Q_E$	- 受力－變形關係圖的切線勁度必須為正值 - 保持穩定且不得有明顯之破壞
性能穩定性試驗	10迴圈) $1.0D_{TD}$ - 垂直載重：$Q_d + 1/2 Q_L$	- 任一循環之有效勁度與第一循環之差異不得大於$\pm 20\%$ - 任一循環之有效阻尼比不得小於第一循環之80%

CALTRANS試驗摘要(1)

	試驗內容	試驗結果檢核
性能穩定性試驗	10迴圈，0.5Hz - 設計位移 - 設計垂直載重	- F(2)、F(10): 第2、10迴圈最大力 $0.7 < F(2)/F(10) < 1.3$
不同變形(不同垂直載重)之特性試驗	3迴圈，0.5Hz - 設計位移 40%、70%與100%設計垂直載重	性能特性(等效勁度與等效阻尼比)
不同頻率之特性試驗	3迴圈 - 設計位移：0.05、0.2、1.0Hz 50%設計位移：2.0Hz - 設計垂直載重	性能特性(等效勁度與等效阻尼比)
疲勞試驗	10000迴圈 0.1Hz或自訂($V > 1.91\text{mm/sec}$) - 溫度及活載造成之位移 - 設計垂直載重	評估脫落、磨損及疲勞造成之性能衰減

CALTRANS試驗摘要(2)

	試驗內容	試驗結果檢核
老化試驗	1000小時鹽霧室	符合ASTM B 117相關規定
不同溫度之特性試驗	3迴圈，設計位移，0.5Hz $-40.0^{\circ}\text{C} < T < 48.9^{\circ}\text{C}$ (或自訂) - 設計垂直載重	溫度對特性之相依性
耐久性試驗	20迴圈，0.5Hz - 設計位移 - 設計垂直載重	評估性能劣化與分析餘裕
極限試驗	0.5Hz $(1.1)^n \times (\text{設計位移})$ - 若超過容量，進行單向慢速試驗 - 設計垂直載重	直至破壞

AASHTO實體與性能保證試驗摘要(1)

(*)實體試驗 (**)性能保證試驗	試驗內容	試驗結果檢核
不同溫度之特性試驗*	3迴圈 - 溫度造成之最大位移 - 速度$\geq 0.0076\text{cm/sec}$ - 平均靜載重或設計垂直載重	- 力—變形圖的切線勁度必須為正值 - 最大量測力量不得大於技師訂定數值
常態載重試驗*	- 不同變形之特性試驗前後進行 20迴圈(前)，3迴圈(後) - 服務載重(風力與車輛) - 皆不得少於40sec - 循環試驗後最大側向力維持1min - 平均靜載重或設計垂直載重	- 力—變形圖的切線勁度必須為正值 - 最大量測位移不得大於技師訂定數值
不同變形(不同垂直載重)之特性試驗*	3迴圈 1.0、0.25、0.5、0.75、1.0、1.25 設計總位移 - 平均靜載重或設計垂直載重	- 力—變形圖的切線勁度必須為正值 - 每一試驗位移下，三循環之最小有效勁度不得小於80%的最大有效勁度(或技師訂定) - 每一試驗位移下，三循環之最小消能能力不得小於70%的最大消能能力(或技師訂定) - 設計總位移(最後3循環)下，平均有效勁度與設計值之差異在$\pm 10\%$以內

AASHTO實體與性能保證試驗摘要(2)

(*)實體試驗 (**)性能保證試驗	試驗內容	試驗結果檢核
耐震性能 驗證試驗*	3循環、設計總位移 - 水平雙軸向或單一主軸(45度) - 平均靜載重或設計垂直載重	- 力—變形圖的切線勁度必須為正值 - 最大量測位移不得大於技師訂定數值
隔震元件 穩定度試驗*	1循環、設計總位移 - 垂直載重： $1.2Q_d + Q_L + OT$ $0.8Q_d - OT$	- 力—變形圖的切線勁度必須為正值 - 保持穩定且不得有明顯之破壞
壓力試驗**	- 彈性支承 $1.5(Q_d + Q_L)$之壓力 - 維持5分鐘	- 觀察橡膠的膨脹突出，鋼片和橡膠層墊間不能有接合不良的情形， - 橡膠層表面不能產生寬或深達2/3橡膠保護層厚度的裂縫 - 不能產生永久變形
	- 滑動支承 - 同實體試驗	- 不得發生內襯黏合不當 - 不得發生永久變形

EN 15129彈性支承實體試驗摘要 (1)

	試驗內容	試驗結果檢核
壓力試驗 垂直載重 試驗	- 加壓至垂直載重(N_{Sd})，並維持3min以上 (N_{Sd}：靜載+非地震活載)	- 邊界與表面不得破壞、超過2mm深度或寬度的裂縫、垂直或水平向發生鋼板錯位 - 實體試驗：計算在$1/3(N_{Sd})$與N_{Sd}間的垂直勁度(K_v)
不同變形(不同垂直載重) 之特性試驗 常態載重 試驗	3循環 5%、10%、20%、50%、100%剪應變 - 剪應變$>100\%$($250\% > d_{bd} > 100\%$)	- 記錄第3循環的等效勁度(K_b)與等效阻尼比(ξ_b) - 設計位移下，K_b及ξ_b與設計值之差異在$\pm 20\%$內 5%剪應變檢核常態載重
不同頻率之 特性試驗	3循環 0.1Hz、0.5Hz、2.0Hz (或技師訂定) 100%剪應變	- 記錄第3循環的K_b與ξ_b - 最高頻率與最低頻率的K_b及ξ_b與中間頻率的K_b及ξ_b的差異不得超過$\pm 20\%$
不同溫度之 特性試驗	3循環 100%剪應變 40°C、23°C、0°C、-10°C、-20°C	- 記錄第3循環的K_b與ξ_b 23°C結果的180%$>$最低溫度的結果$>23^\circ\text{C}$結果的80% - 最高溫度結果與23°C結果的差異不得超過$\pm 20\%$

EN 15129彈性支承實體試驗摘要 (2)

	試驗內容	試驗結果檢核
性能穩定性試驗	- 多循環(10循環以上) 100%剪應變或設計剪應變	- 介於第2與第10循環間，$K_{b,max}/K_{b,min} \geq 0.7 (K_{2,max}/K_{2,min} \geq 0.7)$ - 介於第2與第10循環間，$\xi_{b,max}/\xi_{b,min} \geq 0.7 (Q_{d,max}/Q_{d,min} \geq 0.7)$ - 介於第1與第10循環間，$K_{b,max}/K_{b,min} \geq 0.6 (K_{2,max}/K_{2,min} \geq 0.6)$ - 技師可要求高於第10循環之比較
隔震元件穩定度試驗	- 垂直載重為$N_{Ed,max}$或$N_{Ed,min}$的條件下，水平位移達$\gamma_b (=1.15)d_{Ed}$或水平力達$\gamma_b V_{Ed}$ $N_{Ed,max}$、$N_{Ed,min}$：在設計地震下，支承受到的最大垂直載重與最小垂直載重(可能是拉力) d_{Ed}：沿水平主軸最大位移(=$\gamma_x d_{bd}$) V_{Ed}：對應於d_{Ed}之水平力	- 邊界不得破壞、不得超過2mm深度或寬度的裂縫 - 支承與承壓鋼板接合間不得有破壞與變形(降伏)
老化試驗	加速老化試驗，14天(60年等效)，70°C	模擬使用期間之材料老化，K_b與ξ_b的變異小於±20%
潛變試驗	垂直載重(N_{Sd})下紀錄10~10⁴ min	10~10⁴ min的潛變<10min時變形的20%

EN 15129彈性支承性能保證試驗摘要 (1)

性能保證試驗允許單向等速試驗

	試驗內容	試驗結果檢核
壓力試驗 垂直載重 試驗	- 靜載+非地震活載引致之壓縮變形下：10min內加壓至N_{Sd} - 於地震引致之壓縮變形下：1sec內加壓至N_{Sd}	- 性能保證試驗：K_v值與實體試驗結果之差異在±30%內 - 不得有明顯之破壞
不同變形(不同垂直載重) 之特性試驗 常態載重 試驗	- 同實體試驗條件 0.5Hz或隔震頻率(或技師訂定，至少0.01Hz) - 垂直加載：6MPa或技師訂定	- 設計位移下，K_b及ξ_b與設計值之差異在±20%內 - 敘述試驗條件與結果
不同頻率之 特性試驗	- 同實體試驗條件 0.5Hz或隔震頻率，或技師訂定(至少0.01Hz) - 垂直加載：6MPa或技師訂定	敘述試驗條件與結果
不同溫度之 特性試驗	- 同實體試驗條件 0.5Hz或隔震頻率(或技師訂定，至少0.01Hz) - 垂直加載：6MPa或技師訂定	敘述試驗條件與結果

EN 15129彈性支承性能保證試驗摘要 (2)

性能保證試驗允許單向等速試驗

	試驗內容	試驗結果檢核
性能穩定性試驗*	- 同實體試驗條件 0.5Hz或隔震頻率 - 垂直加載：6MPa或技師訂定	敘述試驗條件與結果
隔震元件穩定度試驗*	- 同實體試驗條件 - 達最大剪力位移後至少維持2min	敘述試驗條件與結果
潛變試驗*	- 同實體試驗條件 - 加載誤差5%內 2min內加載至N_{sd}	敘述試驗條件與結果

EN 15129滑動支承實體與性能保證試驗摘要 (1)

(*)實體試驗 (**)性能保證試驗	試驗內容	試驗結果檢核
壓力試驗*,** (承載能力試驗)	- 零位移下，加載垂直軸壓至$2N_{sd}$ - 持續1min	- 紀錄垂直力與位移歷時 - 不得發生破壞 - 滑動材料不得損壞與劣化
常態載重試驗*,** (服務條件下摩擦係數試驗)	零位移下，加載垂直軸壓至N_{sd}，持續30min後，以$V \leq 0.1\text{mm/s}$施加1min之位移	- 紀錄水平力與位移歷時 - 設計考慮最大靜摩擦力 - 動摩擦力不得大於技師訂定值
長期載重下靜摩擦係數試驗*,**	- 材料尺寸：75mm - 五階段連續試驗 $V=0.4\text{mm/s}$，22m $V \geq 2\text{mm/s}$，總滑動距離 (橋梁：10000m，建築：1000m) $V=0.4\text{mm/s}$，22m (連續3循環，不同垂直軸壓) - 每一循環溫度控制： 0°C, -10°C, -20°C, -35°C, 35°C, 21°C	計算不同溫度與軸壓下之最大摩擦係數
老化試驗*	- Test P1：N_{sd}，d_{bd}，$V=50\text{mm/s}$，3循環 (加速老化試驗前後執行) - 加速老化試驗，14天(60年等效)，70°C	比較P1前後之動摩擦係數變化量在$\pm 20\%$內

(*)實體試驗 (**)性能保證試驗	試驗內容					試驗結果檢核
	測試	軸壓	振幅(m)	最大速度 (mm/s)	循環	
不同變形 (不同垂直 載重)之特 性試驗*,** (滑動摩擦 試驗) ** (只須執 行P1)	Service (S)	N_{sd}	非地震 位移	5	20	• 最大水平力不得大於技師訂定值
	Benchmark (P1)	N_{sd}	d_{bd}	50	3	
	Dynamic 1 (D1)	N_{sd}	$0.25d_{bd}$	V_{Ed}	3	- 連續循環下儲存勁度$\pm 10\%$內 - 每一循環中，最大儲存勁度不得大於105%最小儲存勁度 - 三循環的儲存勁度平均值與設計值之差異在$\pm 15\%$內 - 各循環中最大側向力與設計值之差異在$\pm 15\%$內 - 各循環的消能面積不得小於85%設計值 - 相同試體在各循環儲存勁度與平均儲存勁度之差異在$\pm 15\%$內
	Dynamic 2 (D2)	N_{sd}	$0.5d_{bd}$	V_{Ed}	3	
	Dynamic 3 (D3)	N_{sd}	d_{bd}	V_{Ed}	3	
	Integrity of overlay (O)	N_{sd}	d_{bd}	V_{Ed}	3	- 同 D3 - 外觀無損壞與裂縫產生
	Seismic (E)	$N_{Ed,ma}^x$ ($N_{Ed,mi}^n$)	d_{bd}	V_{Ed}	3	• 同D1、D2與D3
	Bi-directional (B)	N_{sd}	d_{bd}	V_{Ed}	3	• 無挫屈、不鏽鋼板永久變形與錯位
	Property verification (P2)	N_{sd}	d_{bd}	V_{Ed}	3	• 同S
	Aging (P3)	N_{sd}	d_{bd}	50	3	• 摩擦的變化與 P1比較

NAR Labs

EN 15129滑動支承實體與性能保證試驗摘要 (3)

(*)實體試驗 (**)性能保證試驗	試驗內容	試驗結果檢核
疲勞試驗* (磨耗試驗)	- 試驗條件同 - 長期載重下靜摩擦係數試驗 - 不同變形(不同垂直載重)之特性試驗	- 除滿足長期載重下靜摩擦係數試驗與不同變形(不同垂直載重)之特性試驗之檢核外，亦須滿足 - 因潛變導致材料厚度之減量不得超過材料初始厚度之20% - 不鏽鋼板表面產生之刮痕深度<0.05mm - 支承鋼板之垂直向最大變形<(0.0003L，0.2mm)_{max}，L=材料直徑

NAR Labs 國家實驗研究院
國家地震工程研究中心

*Thank You
for Your Attention*

sjwang@ncree.narl.org.tw

承諾 · 熱情 · 創新

www.narlabs.org.tw

耐震設計規範Q&A彙編

www.narlabs.org.tw

Q 1

NAR Labs

■ 1.7 結構系統

抗彎矩構架系統須具有完整的立體構架以承擔垂直載重，而全部的地震力須由抗彎矩構架承擔。抗彎矩構架若屬韌性者，其韌性容量**R**最高，為**4.8**，但其設計不論鋼造或鋼筋混凝土造，均須滿足特殊抗彎矩構架的特別規定。抗彎矩構架中填有未隔開非結構牆時，**R**值可取**4.0**，但須進行兩階段分析與設計，必須檢核非結構牆破壞時，其旁之梁柱不得損壞。

(如何進行兩階段設計與分析？)

■ A

規範中規定之兩階段分析與設計，第一階段先不考慮非結構牆的模型構架， **$R=4.0$** ,

$T=0.07h_n^{(3/4)}$ ，經載重組合分析後得到的梁柱設計力決定構件的斷面尺寸與配筋；第二階段再將非結構牆納入，檢核結構在承受各種載重組合作用下，梁柱構件不會產生因非結構牆的影響而使其受力超過其設計值而破壞的情況。

■ A

建議第二階段檢核非結構牆的影響時，假定牆尚未開裂，以 **$T=0.05h_n^{(3/4)}$** 計算而得之地震力進行，應是較保守的作法。

■ 非建築結構之層間相對位移與間隔檢核

5.1.5節：層間相對側向位移無需以**2.16節**之規定來限制，應依破壞時會危及生命安全之結構或非結構構材之容許層間變位限制之。若二次彎矩與一次彎矩的比值大於或等於**0.1**時應考慮**P-Δ**效應。

(未訂定非建築結構之用途係數**I**，則非建築結構之間隔如何計算？)

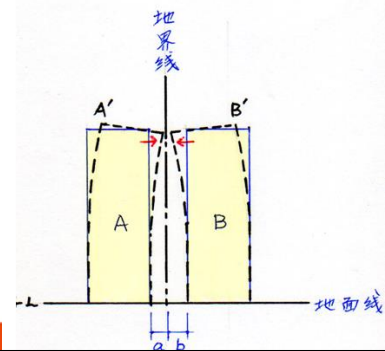
■ A

2.16.2節：為避免地震時所引起的變形造成鄰棟建築物間的相互碰撞，建築物應自留設之間隔，不得小於依**(2-3)**式計算之設計地震力作用所產生之位移乘以 **$0.6 \times 1.4 \alpha_y R_a$** 倍。需要考慮**P-Δ**效應者，計算之位移應包括此效應。

(2-3)式有考慮**I**值，故建議計算非建築結構之間隔仍應考慮**I**值，尤其對於存有毒性、爆炸性物品或與民生供電、供水的儲槽或高塔等，應以 **$I > 1.0$** 來考量。

■ 建築物間隔之認定

2.16.2節：為避免地震時所引起的變形造成鄰棟建築物間的相互碰撞，建築物應各自留設之間隔，不得小於依**(2-3)**式計算之設計地震力作用所產生之位移乘以 $0.6 \times 1.4 \alpha_y R_a$ 倍。需要考慮P- Δ 效應者，計算之位移應包括此效應。



非建築結構系統韌性容量與高度限制

◆ 參照附件*

- 與建築結構系統類似者
- 與建築結構系統非類似者

◆ 目前表1.3尚缺木構造建築結構系統，日後應再行補上

附件：非建築結構物之地震力修訂

1. 鑒於非建築結構物之用途乃非供人類居住，此等結構物即使產生嚴重損壞甚至崩塌，較不易產生嚴重的人命及財產損失，故僅須以回歸期 475 年的設計地震力進行設計與分析。

註：建築法仍認定非建築結構物乃屬建築物之一部份，故此等結構物仍須申請建照及雜項執照，故非建築結構物雖非供人類居住，但是否須檢核其最大考量地震下是否會產生崩塌或不滿足韌性要求仍須再詳加斟酌。另外，若非建築結構物之用途非同於一般建築物之使用用途時，例如排放廢水或重度污染危險性排放物之水工結構物時，應進行詳細分析檢核。

5.1 適用範圍

1. 非建築結構物包括建築物以外自行承擔垂直載重與地震力之結構物，其設計需能承擔本章所規定之最小地震力，鑒於非建築結構物之用途乃非供人類居住，故僅須以回歸期 475 年的設計地震力進行設計與分析。設計時須符合本規範其他各章可適用之規定，惟其規定應經本章修正。
2. 本章所規定之最小設計地震力係彈性設計地震力，因此非建築結構物之設計應使其具有足夠的強度與韌性，以達與本規範建築物相一致之耐震能力。容許應力、載重係數、強度折減係數及其他細部設計要求應符合建築技術規則建築構造編其他可通用之相關規定。該編未規定者，若認可之國家標準中有可資應用者，亦可採用。
3. 非建築結構物之重量 W ，應包括所有如 2.2 節中所定義之靜載重，此外亦應包括水塔、貯槽、管線等在正常操作時之全部內容物重量。
4. 非建築結構物之基本振動周期應以合理之結構力學方法決定之。
5. 層間相對側向位移無需以 2.16 節之規定來限制，應依破壞時會危及生命安全之結構或非結構構材之容許層間變位限制之。若二次彎矩與一次彎矩的比值大於或等於 0.1 時應考慮 $P-\Delta$ 效應。
6. 結構凡由於支承柔性非結構構體者，若此些構體重量超過該結構重量之 25% 以上時，設計上應考慮被支承構體與該結構間之互制作用。

解說：

非建築結構物的構造與建築物結構有差異，且其靜不定度少，韌性容量 R 較低、應有所規定，以免工程師設計時取建築物結構的 R 值來使用。鑒於非建築結構物之用途乃非供人類居住，較不易產生嚴重的人命及財產損失，故此等結構物不須考慮嚴重損壞甚至崩塌，僅須以回歸期 475 年之設計地震力進行設計與分析。

2. 考慮 ASCE 7-10 將非建築結構物之韌性容量分為相似於建築之非建築結構以及非相似於建築之非建築結構兩類，因此將規範 5.2 節及表 5-1 修訂為：

5.2 設計地震力

1. 非建築結構物，若其結構系統與建築物之結構系統相似(如表 5-1 所列，若無則參考表 1-3)，則其最小設計水平總橫力應依(2-3)式計算，而最小設計垂直地震力則依 2.18 節之規定計算。
2. 非建築結構物，若其結構系統與建築物之結構系統非相似，則其設計地震力之計算應依據 5.3 節至 5.4 節規定設計。

解說：

非建築物結構，常在其上置放重要設備，為了地震時設備仍能運轉，常用很大的地震力來設計，此因韌性需求降低，因此容許採用部分韌性抗彎矩構架及鋼造普通同心斜撐構架。與建築物之結構系統相似之非建築結構物，設計時除僅以回歸期 475 年的設計地震力進行設計之外，仍須符合本規範其他各章可適用之規定。

表 5-1 相似於建築之非建築結構系統韌性容量與高度限制

	非建築結構型式	R	高度限制 (m)
一、鋼造儲物架		2.4	不限
二、構架系統			
	1.鋼造特殊同心斜撐構架(同 1-3)	3.6	50
	2.鋼造普通同心斜撐構架		
	(1)高度 10m 以下者	2.0	10
	(2)高度 50m 以下者	1.5	50
	(3)無高度限制者	*	不限
三、抗彎矩構架系統			
	1.鋼造特殊抗彎構架	4.8	不限
	2.鋼筋混凝土造特殊抗彎構架	4.8	不限
	3.鋼造部份韌性抗彎構架		
	(1)高度 15m 以下者	1.5	15
	(2)無高度限制者	*	不限
	4.鋼筋混凝土造部份韌性抗彎構架		
	(1)高度 15m 以下者	1.6	15
	(2)無高度限制者	*	不限

*須依彈性設計地震力進行設計。

5.3 剛性結構物之設計地震力

基本振動周期低於 0.06 秒之剛性結構物及錨定，應使能承受如下所示之水平地震力：

$$V_h = \frac{S_{DS}IW}{3\alpha_y} \quad (5-1)$$

垂直地震力應作適當的考量，最小設計垂直地震力 V_z 依下式計算：

$$\text{一般震區與臺北盆地：} V_z = \frac{1}{2}V_h ; \quad \text{近斷層區域：} V_z = \frac{2}{3}V_h$$

水平地震力 V_h 應假設作用於任何水平方向，並依質量分佈之比例做分配。

解說：

剛性結構物當基本振動周期幾近於零時，由(2-1)式， $S_{aD}=0.4S_{DS}$ ， $F_u=1.0$ ，係數 1.4 也不宜使用，因靜不定度少，改用 1.2，因此以(5-1)式計算設計地震力。當周期低於 0.06 秒時， $S_{aD}>0.4S_{DS}$ ， F_u 亦大於 1.0，因此為求簡單，仍可假設 $S_{aD}/F_u=0.4S_{DS}$ ，繼續使用(5-1)式。

相關章節修訂部分：

因表 5-2 中已提供地盤支承之平底式儲水槽 R 值，其計算方式依照非類似建築結構計算，故刪除原規範 5.4 節之條文規定。

5.4 具支承底座之儲水槽

具平底或支承座之儲水槽，不論其基礎在地面或地下，應考慮儲水槽及其內容物之總重，並視為剛性結構，按(5-1a)或(5-1b)式所決定的地震力設計之。此外，亦得以下述兩種方法設計之：

1. 考慮工址預期之地震地表運動(即水平向 $\frac{V_h}{W}g$ → 垂直向 $\frac{1}{2}\frac{V_h}{W}g$ 或 $\frac{2}{3}\frac{V_h}{W}g$)及儲液槽內液體之慣性效應，依反應譜分析法設計之。
2. 根據某一特定型態儲水槽已被認可之試驗與分析資料設計之，惟其震區劃分與用途區分應與 2.3(或 2.4)及 2.8 節之規定一致者。

5.4 其他非建築結構物

5.3 及 5.4 節未涵蓋之非建築結構物，且其結構系統與建築物之結構系統非相似者，其最小設計水平總橫力 V_h 應依下式計算：

$$V_h = \frac{I}{1.2\alpha_y} \left(\frac{S_{aD}}{F_u} \right)_m W \quad (5-2)$$

垂直地震力應作適當的考量，最小設計垂直地震力 V_z 依下式計算：

$$V_z = \frac{I}{1.2\alpha_y} \left(\frac{S_{aD,V}}{F_{uv}} \right)_m W \quad (5-3)$$

$\left(\frac{S_{aD}}{F_u} \right)_m$ 、 $\left(\frac{S_{aD,V}}{F_{uv}} \right)_m$ 、 α_y 及 I 應依照第二章及第三章之規定計算。

並應滿足以下各點：

1. R 值應由 表 5-2 決定之。
2. 地震力之豎向分配可依 2.11 節或動力分析方法決定之。對 2.8 節第一類及第二類用途區分的不規則結構物，若不能以單一質量模擬時，應採用動力分析。
3. 水平地震力 V_h 應假設作用於任何水平方向，並依質量分佈之比例做分配。
4. 對某一特定非建築結構物，若有公認之試驗與分析資料提供耐震設計之基準時，此標準可以採用，惟震區與用途區分應與本規範一致。此外，設計地震總橫力與總傾倒力矩不得小於本規範所得值之 80%。

解說：

與建築物非相似之非建築結構物因其靜不定度少，故由(2-3)式計算最小設計水平地震力時，係數 1.4 也不宜使用，改用 1.2。

其他非建築結構物之耐震設計，若未涵蓋於本章節範圍者，可參考國內外相關研究報告或規範，依學理與工程判斷合理設計之。

表 5-2 非相似於建築之非建築結構系統韌性容量與高度限制

	非建築結構型式	R	高度限制 (m)
一、 <u>高架式</u> 容器、水塔、儲槽或壓力容器		1.2	
二、 <u>鞍座</u> 支承之臥式焊接鋼槽	1.對稱式斜撐支架	1.8	50
三、類建築塔式結構支承之儲存槽	2. <u>無斜撐</u> 或不對稱式斜撐支架	1.2	30
四、 <u>地盤</u> 支承之平底式儲存槽		1.8	不限
		*	*
	1.鋼造或碳纖強化可塑式		
	(1)機械錨定式	1.8	不限
	(2)自錨定式	1.5	不限
	2.鋼筋混凝土造或預力混凝土造		
	(1)強化無滑動式基礎	1.2	不限
	(2)錨定式柔性基礎	2.0	不限
	(3)無錨定與束制式柔性基礎	1.0	不限
	3.其它	1.0	不限
五、現地澆注之混凝土穀倉及煙囪、具連續性之牆壁並延續至基礎者		2.0	不限
六、非類似於建築之部份加強磚造剪力牆結構		1.8	15
七、混凝土造煙囪或排氣管		1.6	不限
八、所有鋼造或鋼筋混凝土造質量均佈懸臂結構，如煙囪、穀倉及具縱向隔版支撐之 <u>立式</u> 儲槽			
	1.焊接式鋼造	1.2	不限
	2.具特殊細節之焊接式鋼造	1.8	不限
	3.預力混凝土或鋼筋混凝土造	1.2	不限
	4.具特殊細節之預力混凝土或鋼筋混凝土造	1.8	不限
十、桁架式高塔(獨立式或 <u>拉線式</u>)、 <u>拉線式</u> 倉房或煙囪		1.6	不限
十一、冷卻水塔			
	1.混凝土造或鋼造	2.1	不限
	2.木構架式	2.1	不限
十三、通訊電塔			
	1.鋼造桁架	1.8	不限
	2.桿式		
	(1)鋼造	1.0	不限
	(2)木造	1.0	不限

十四、遊樂用結構及紀念碑 十五、倒鐘擺型結構(高塔式容器或儲存槽除外) 十六、招牌及廣告版 十七、前述以外之其它自己承擔載重之結構物	(3)混凝土造	1.0	不限
	3.構架式		
	(1)鋼造	1.5	不限
	(2)木造	1.0	不限
	(3)混凝土造	1.2	不限
		1.2	不限
		1.2	不限
		2.0	不限
		1.6	15

參考資料：

規範第 1.7 節表 1-3：

表 1-3 結構系統韌性容量 R

基本結構系統	抵抗地震力結構系統敘述	R	高度限制 (m)
一、承重牆系統	<u>1.輕構架牆</u> <u>(1)具剪力嵌版</u> <u>(2)具對角斜撐</u> <u>2.鋼筋混凝土牆配置鋼筋混凝土邊界構材</u>	<u>3.2</u> <u>2.4</u> <u>3.2</u>	<u>12</u> <u>20</u> <u>50</u>
二、構架系統	<u>1.輕構架牆</u> <u>(1)具剪力嵌版</u> <u>(2)具對角斜撐</u> <u>2.剪力牆</u> <u>(1)鋼筋混凝土牆配置鋼筋混凝土邊界構材</u> <u>(2)鋼筋混凝土牆配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材</u> <u>(3)鋼板牆配置鋼造或鋼骨鋼筋混凝土邊界構材</u> <u>(4)鋼板鋼筋混凝土牆配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材</u> <u>3.斜撐</u> <u>(1)鋼造偏心斜撐配置鋼造邊界構材</u> <u>(2)鋼造同心斜撐配置鋼造邊界構材</u> <u>(3)鋼造或鋼骨鋼筋混凝土造偏心斜撐及鋼梁配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材</u> <u>(4)鋼造特殊同心斜撐配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材</u> <u>(5)鋼造特殊同心斜撐配置鋼造邊界構材</u> <u>(6)挫屈束制支撐配置鋼造邊界構材</u>	<u>3.2</u> <u>2.4</u> <u>3.6</u> <u>3.6</u> <u>4.2</u> <u>4.0</u> <u>4.2</u> <u>2.0</u> <u>4.2</u> <u>3.0</u> <u>3.6</u> <u>4.8</u>	<u>12</u> <u>20</u> <u>50</u> <u>50</u> <u>50</u> <u>50</u> <u>50</u> <u>12</u> <u>50</u> <u>50</u> <u>50</u>
三、抗彎矩構架系統	<u>1.特殊抗彎矩構架</u> <u>(1)鋼造</u> <u>(2)鋼筋混凝土造</u> <u>(3)鋼骨鋼筋混凝土造</u> <u>2.部分韌性抗彎矩構架</u> <u>(1)鋼造</u> <u>(2)鋼筋混凝土造</u> <u>3.特殊鋼桁抗彎矩構架</u>	<u>4.8</u> <u>4.8</u> <u>4.8</u> <u>3.2</u> <u>2.8</u> <u>4.0</u>	<u>不限</u> <u>不限</u> <u>不限</u> <u>12</u> <u>12</u> <u>50</u>
四、具特殊抗彎矩			

<u>構架之二元系統</u>	<u>1.剪力牆</u>		
	<u>(1)鋼筋混凝土牆配置鋼筋混凝土邊界構材</u>	<u>4.8</u>	<u>不限</u>
	<u>(2)鋼筋混凝土牆配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材</u>	<u>4.8</u>	<u>不限</u>
	<u>(3)鋼板牆配置鋼造或鋼骨鋼筋混凝土邊界構材</u>	<u>4.8</u>	<u>不限</u>
	<u>(4)鋼板鋼筋混凝土牆配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材</u>	<u>4.8</u>	<u>不限</u>
	<u>2.斜撐</u>		
	<u>(1)鋼造偏心斜撐配置鋼造邊界構材</u>	<u>4.8</u>	<u>不限</u>
	<u>(2)鋼造特殊同心斜撐配置鋼造邊界構材</u>	<u>4.2</u>	<u>不限</u>
	<u>(3)鋼造或鋼骨鋼筋混凝土造偏心斜撐及鋼梁配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材</u>	<u>4.8</u>	<u>不限</u>
	<u>(4)鋼造特殊同心斜撐配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材</u>	<u>4.2</u>	<u>不限</u>
	<u>(5)挫屈束制支撐配置鋼造邊界構材</u>	<u>4.8</u>	

現行規範第五章內容：

第五章 非建築結構物之地震力

5.1 適用範圍

7. 非建築結構物包括建築物以外自行承擔垂直載重與地震力之結構物，其設計需能承擔本章所規定之最小地震力。設計時須符合本規範其他各章可適用之規定，惟其規定應經本章修正。
8. 本章所規定之最小設計地震力係彈性設計地震力，因此非建築結構物之設計應使其具有足夠的強度與韌性，以達與本規範建築物相一致之耐震能力。容許應力、載重係數、強度折減係數及其他細部設計要求應符合建築技術規則建築構造編其他可通用之相關規定。該編未規定者，若認可之國家標準中有可資應用者，亦可採用。
9. 非建築結構物之重量 W ，應包括所有如 2.2 節中所定義之靜載重，此外亦應包括水塔、貯槽、管線等在正常操作時之全部內容物重量。
10. 非建築結構物之基本振動周期應以合理之結構力學方法決定之。
11. 層間相對側向位移無需以 2.16 節之規定來限制，應依破壞時會危及生命安全之結構或非結構構材之容許層間變位限制之。若二次彎矩與一次彎矩的比值大於或等於 0.1 時應考慮 $P-\Delta$ 效應。
12. 結構凡由於支承柔性非結構構體者，若此些構體重量超過該結構重量之 25% 以上時，設計上應考慮被支承構體與該結構間之互制作用。

解說：

非建築結構物的構造與建築物結構有差異，且其靜不定度少，韌性容量 R 較低、應有所規定，以免工程師設計時取建築物結構的 R 值來使用。

5.2 設計地震力

3. 非建築結構物，若其結構系統與建築物之結構系統相似(如表 1-3 所列)，則其設計地震力之計算與建築物同。
4. 高度低於 15 公尺之非建築結構物，可採用混凝土部分韌性抗彎矩構架，但設計時 R 值不得超過 1.6。

解說：

非建築物結構，常在其上置放重要設備，為了地震時設備仍能運轉，常用很大的地震力來設計，此因韌性需求降低，因此容許採用部分韌性抗彎矩構架。

5.3 剛性結構物之設計地震力

基本振動周期低於 0.06 秒之剛性結構物及錨定，應使能承受如下所示之水平地震力：

$$V_h = \frac{S_{DS}IW}{3\alpha_y} \quad (5-1)$$

垂直地震力應作適當的考量，最小設計垂直地震力 V_v 依下式計算：

$$\text{一般震區與臺北盆地：} V_v = \frac{1}{2}V_h； \quad \text{近斷層區域：} V_v = \frac{2}{3}V_h$$

水平地震力 V_h 應假設作用於任何水平方向，並依質量分佈之比例做分配。

解說：

剛性結構物當基本振動周期幾近於零時，由(2-1)式， $S_{aD}=0.4S_{DS}$ ， $F_u=1.0$ ，係數 1.4 也不宜使用，因靜不定度少，改用 1.2，因此以(5-1)式計算設計地震力。當周期低於 0.06 秒時， $S_{aD}>0.4S_{DS}$ ， F_u 亦大於 1.0，因此為求簡單，仍可假設 $S_{aD}/F_u=0.4S_{DS}$ ，繼續使用(5-1)式。

5.4 具支承底座之儲水槽

具平底或支承座之儲水槽，不論其基礎在地面或地下，應考慮儲水槽及其內容物之總重，並視為剛性結構，按(5-1)式所規定的地震力設計之。此外，亦得以下述兩種方法設計之：

3. 考慮工址預期之地震地表運動(即水平向 $\frac{S_{DS}I}{3\alpha_y}g$ ，垂直向 $\frac{1}{2}\frac{S_{DS}I}{3\alpha_y}g$ 或 $\frac{2}{3}\frac{S_{DS}I}{3\alpha_y}g$)及儲液槽內液體之慣性效應，依反應譜分析法設計之。
4. 根據某一特定型態儲水槽已被認可之試驗與分析資料設計之，-惟其震區劃分與用途區分應與 2.3(或 2.4)及 2.8 節之規定一致者。

5.5 其他非建築結構物

5.3 及 5.4 節未涵蓋之非建築結構物，應依第二章及第三章所規定的設計地震力來設計，並應滿足以下各點：

5. R 值應由表 5-1 決定之。
6. 地震力之豎向分配可依 2.11 節或動力分析方法決定之。對 2.8 節第一類及第二類用途區分的不規則結構物，若不能以單一質量模擬時，應採用動力分析。
7. 對某一特定非建築結構物，若有公認之試驗與分析資料提供耐震設計之基準時，此標準可以採用，惟震區與用途區分應與本規範一致。此外，設計地震總橫力與總傾倒力矩不得小於本規範所得值之 80%。

解說：

其他非建築結構物之耐震設計，可參考日本建築學會之相關規範或指針，或 IBC2000，FEMA273、274、302 與 303 等相關規範與解說。

表 5-1 非建築結構物之韌性容量

結構種類	R
1. 水塔、儲槽或壓力容器，其支承架具斜撐或不具斜撐者	1.2
2. 現地澆注之混凝土穀倉及煙囪、具連續性之牆壁並延續至基礎者	2.0
3. 質量均佈之懸臂型結構，如煙囪、穀倉及具縱向隔版支撐之直高狀儲槽	1.6
4. 桁架式高塔(具拉線或不具拉線者)及具拉線之煙囪	1.6
5. 倒鐘擺型結構	1.2
6. 冷卻水塔	2.0
7. 儲存箱及漏斗狀儲器，其支承架具斜撐或不具斜撐者	1.6
8. 儲存架	2.0
9. 招牌及廣告版	2.0
10. 遊樂用結構及紀念碑	1.2
11. 前述以外之其他自己承擔載重之結構物	1.6

Table 15.4-1 Seismic Coefficients for Nonbuilding Structures Similar to Buildings

Nonbuilding Structure Type	Detailing Requirements	R	Ω_0	C_u	Structural System and Structural Height, h_u , Limits (ft) ^a				
					B	C	D	E	F
Steel storage racks	15.5.3	4	2	3.5	NL	NL	NL	NL	NL
Building frame systems:									
Steel special concentrically braced frames	AISC 341	6	2	5	NL	NL	160	160	100
Steel ordinary concentrically braced frame	AISC 341	3 $\frac{1}{4}$	2	3 $\frac{1}{4}$	NL	NL	35 ^b	35 ^b	NP ^b
With permitted height increase	AISC 341	2 $\frac{1}{4}$	2	2 $\frac{1}{4}$	NL	NL	160	160	100
With unlimited height	AISC 360	1.5	1	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Moment-resisting frame systems:									
Steel special moment frames	AISC 341	8	3	5.5	NL	NL	NL	NL	NL
Special reinforced concrete moment frames	14.2.2.6 & ACI 318, including Chapter 21	8	3	5.5	NL	NL	NL	NL	NL
Steel intermediate moment frames	AISC 341	4.5	3	4	NL	NL	35 ^{c,d}	NP ^{c,d}	NP ^{c,d}
With permitted height increase	AISC 341	2.5	2	2.5	NL	NL	160	160	100
With unlimited height	AISC 341	1.5	1	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Intermediate reinforced concrete moment frames	ACI 318, including Chapter 21	5	3	4.5	NL	NL	NP	NP	NP
With permitted height increase	ACI 318, including Chapter 21	3	2	2.5	NL	NL	50	50	50
With unlimited height	ACI 318, including Chapter 21	0.8	1	1	NL	NL	NL	NL	NL
Steel ordinary moment frames	AISC 341	3.5	3	3	NL	NL	NP ^{c,d}	NP ^{c,d}	NP ^{c,d}
With permitted height increase	AISC 341	2.5	2	2.5	NL	NL	100	100	NP ^{c,d}
With unlimited height	AISC 360	1	1	1	NL	NL	NL	NL	NL
Ordinary reinforced concrete moment frames	ACI 318, excluding Chapter 21	3	3	2.5	NL	NP	NP	NP	NP
With permitted height increase	ACI 318, excluding Chapter 21	0.8	1	1	NL	NL	50	50	50

^aNL = no limit and NP = not permitted.

^bSteel ordinary braced frames are permitted in pipe racks up to 65 ft (20 m).

^cSteel ordinary moment frames and intermediate moment frames are permitted in pipe racks up to a height of 65 ft (20 m) where the moment joints of field connections are constructed of bolted end plates.

^dSteel ordinary moment frames and intermediate moment frames are permitted in pipe racks up to a height of 35 ft (11 m).

Table 15.4-2 Seismic Coefficients for Nonbuilding Structures not Similar to Buildings

Nonbuilding Structure Type	Detailing Requirements ^c	R	ζ_{10}	C_d	Structural Height, h_u , Limits (ft) ^{a,d}				
					B	C	D	E	F
Elevated tanks, vessels, bins or hoppers									
On symmetrically braced legs (not similar to buildings)	15.7.10	3	2 ^b	2.5	NL	NL	160	100	100
On unbraced legs or asymmetrically braced legs (not similar buildings)	15.7.10	2	2 ^b	2.5	NL	NL	100	60	60
Horizontal, saddle supported welded steel vessels	15.7.14	3	2 ^b	2.5	NL	NL	NL	NL	NL
Tanks or vessels supported on structural towers similar to buildings	15.5.5	Use values for the appropriate structure type in the categories for building frame systems and moment resisting frame systems listed in Table 12.2-1 or Table 15.4-1.							
Flat-bottom ground-supported tanks:	15.7								
Steel or fiber-reinforced plastic:									
Mechanically anchored		3	2 ^b	2.5	NL	NL	NL	NL	NL
Self-anchored		2.5	2 ^b	2	NL	NL	NL	NL	NL
Reinforced or prestressed concrete:									
Reinforced nonsliding base		2	2 ^b	2	NL	NL	NL	NL	NL
Anchored flexible base		3.25	2 ^b	2	NL	NL	NL	NL	NL
Unanchored and unconstrained flexible base		1.5	1.5 ^b	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
All other		1.5	1.5 ^b	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Cast-in-place concrete silos having walls continuous to the foundation	15.6.2	3	1.75	3	NL	NL	NL	NL	NL
All other reinforced masonry structures not similar to buildings detailed as intermediate reinforced masonry shear walls	14.4.1 ^f	3	2	2.5	NL	NL	50	50	50
All other reinforced masonry structures not similar to buildings detailed as ordinary reinforced masonry shear walls	14.4.1	2	2.5	1.75	NL	160	NP	NP	NP
All other nonreinforced masonry structures not similar to buildings	14.4.1	1.25	2	1.5	NL	NL	NP	NP	NP
Concrete chimneys and stacks	15.6.2 and ACI 307	2	1.5	2.0	NL	NL	NL	NL	NL

Table 15.4-2 (Continued)

Nonbuilding Structure Type	Detailing Requirements ^c	R	Ω_0	C_d	Structural Height, h_s , Limits (ft) ^{a,d}				
					B	C	D	E	F
All steel and reinforced concrete distributed mass cantilever structures not otherwise covered herein including stacks, chimneys, silos, skirt-supported vertical vessels and single pedestal or skirt supported	15.6.2								
Welded steel	15.7.10	2	2 ^b	2	NL	NL	NL	NL	NL
Welded steel with special detailing ^e	15.7.10 & 15.7.10.5 a and b	3	2 ^b	2	NL	NL	NL	NL	NL
Prestressed or reinforced concrete	15.7.10	2	2 ^b	2	NL	NL	NL	NL	NL
Prestressed or reinforced concrete with special detailing	15.7.10 and ACI 318 Chapter 21, Sections 21.2 and 21.7	3	2 ^b	2	NL	NL	NL	NL	NL
Trussed towers (freestanding or guyed), guyed stacks, and chimneys	15.6.2	3	2	2.5	NL	NL	NL	NL	NL
Cooling towers									
Concrete or steel		3.5	1.75	3	NL	NL	NL	NL	NL
Wood frames		3.5	3	3	NL	NL	NL	50	50
Telecommunication towers	15.6.6								
Truss: Steel		3	1.5	3	NL	NL	NL	NL	NL
Pole: Steel		1.5	1.5	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Wood		1.5	1.5	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Concrete		1.5	1.5	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Frame: Steel		3	1.5	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Wood		1.5	1.5	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Concrete		2	1.5	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Amusement structures and monuments	15.6.3	2	2	2	NL	NL	NL	NL	NL
Inverted pendulum type structures (except elevated tanks, vessels, bins, and hoppers)	12.2.5.3	2	2	2	NL	NL	NL	NL	NL
Signs and billboards		3.0	1.75	3	NL	NL	NL	NL	NL
All other self-supporting structures, tanks, or vessels not covered above or by reference standards that are similar to buildings		1.25	2	2.5	NL	NL	50	50	50

^aNL = no limit and NP = not permitted.

^bSee Section 15.7.3a for the application of the overstrength factors, Ω_0 , for tanks and vessels.

^cIf a section is not indicated in the Detailing Requirements column, no specific detailing requirements apply.

^dFor the purpose of height limit determination, the height of the structure shall be taken as the height to the top of the structural frame making up the primary seismic force-resisting system.

^eSections 15.7.10.5a and 15.7.10.5b shall be applied for any Risk Category.

^fDetailed with an essentially complete vertical load carrying frame.