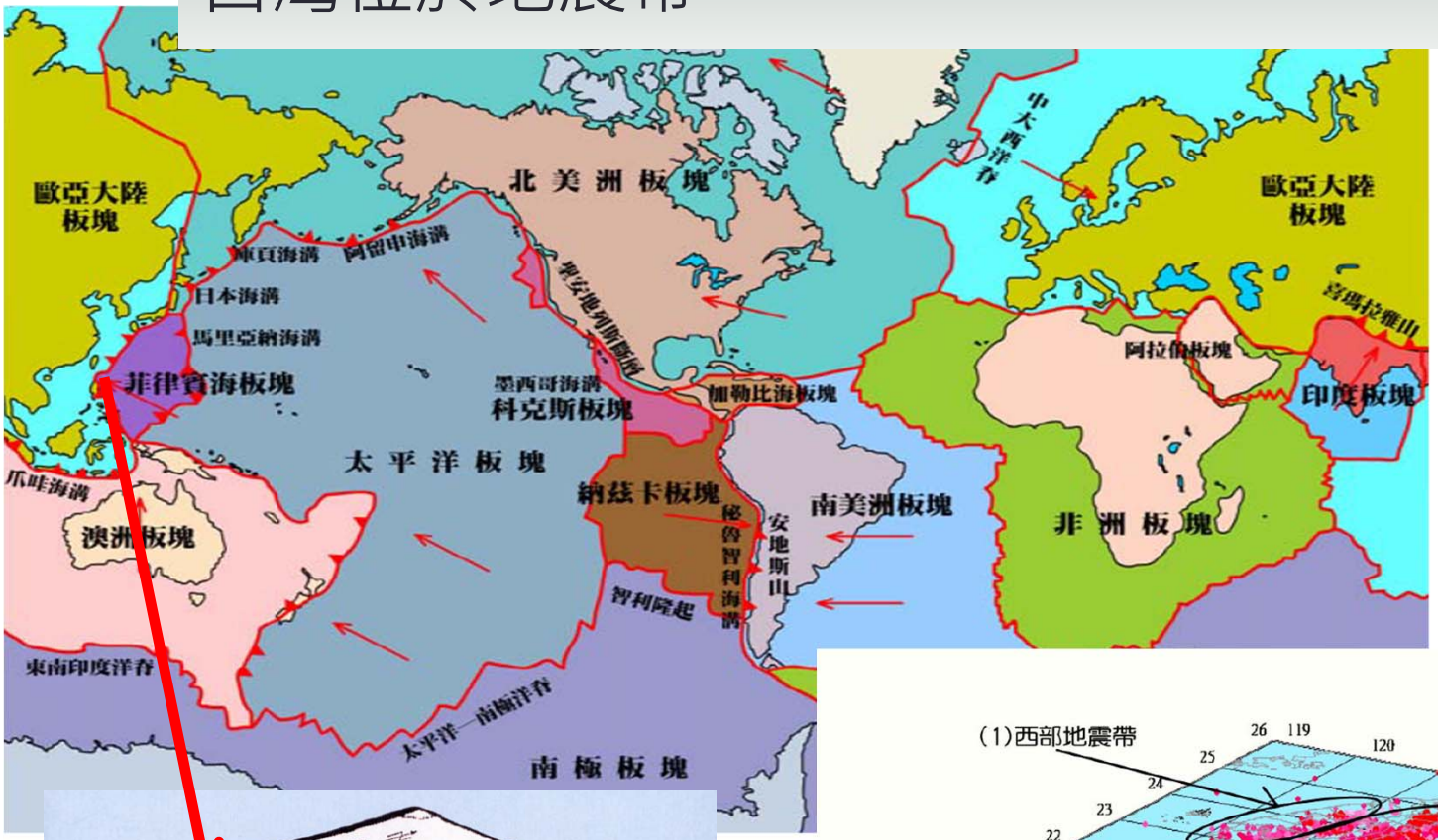
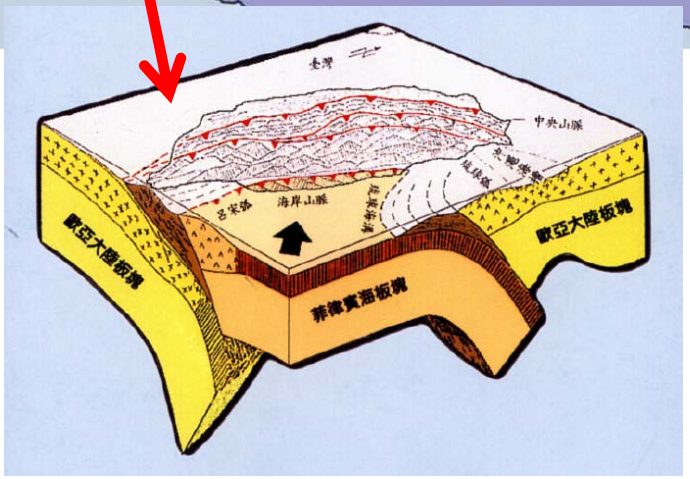
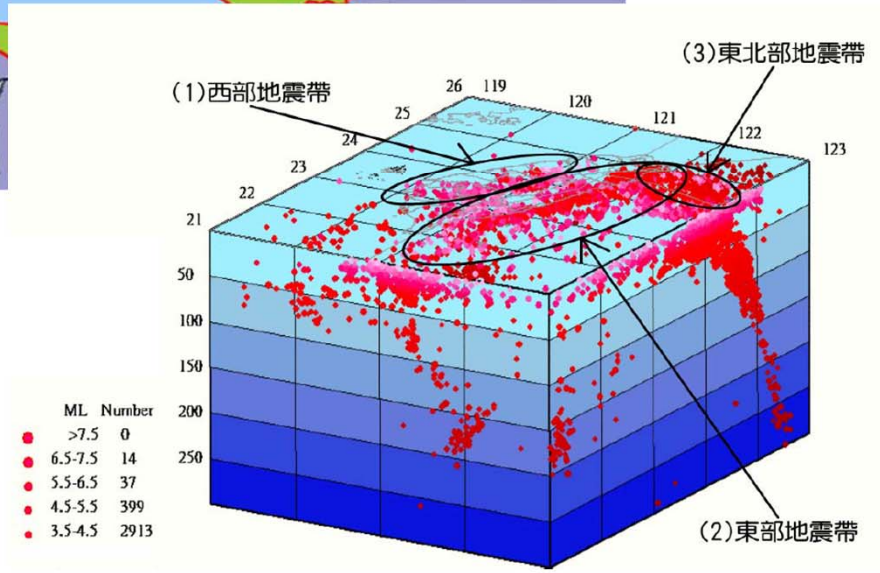
從建築物結構耐震設計規範談耐震設計標章審查重點

林鴻志

台灣位於地震帶


歐亞大陸板塊
北美洲板塊
中大西洋脊
歐亞大陸板塊
喜馬拉雅山
琉球海溝
阿留申海溝
日本海溝
馬里亞納海溝
菲律賓海板塊
墨西哥海溝
科克斯板塊
聖安地列斯斷層
加勒比海板塊
阿拉伯板塊
印度板塊
太平洋板塊
爪哇海溝
納茲卡板塊
南美洲板塊
澳洲板塊
秘魯智利海溝
安地斯山
非洲板塊
智利隆起
東南印度洋脊
太平洋—南極洋脊
南極板塊


臺灣
中央山脈
海岸山脈
歐亞大陸板塊
菲律賓海板塊
歐亞大陸板塊

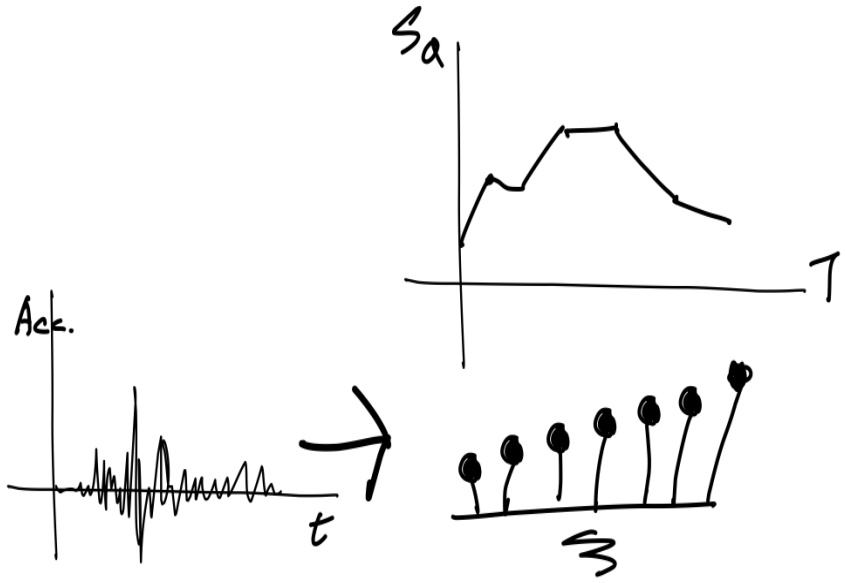

(1)西部地震帶
(2)東部地震帶
(3)東北部地震帶
ML Number
>7.5 0
6.5-7.5 14
5.5-6.5 37
4.5-5.5 399
3.5-4.5 2913

台灣建築物之高層化

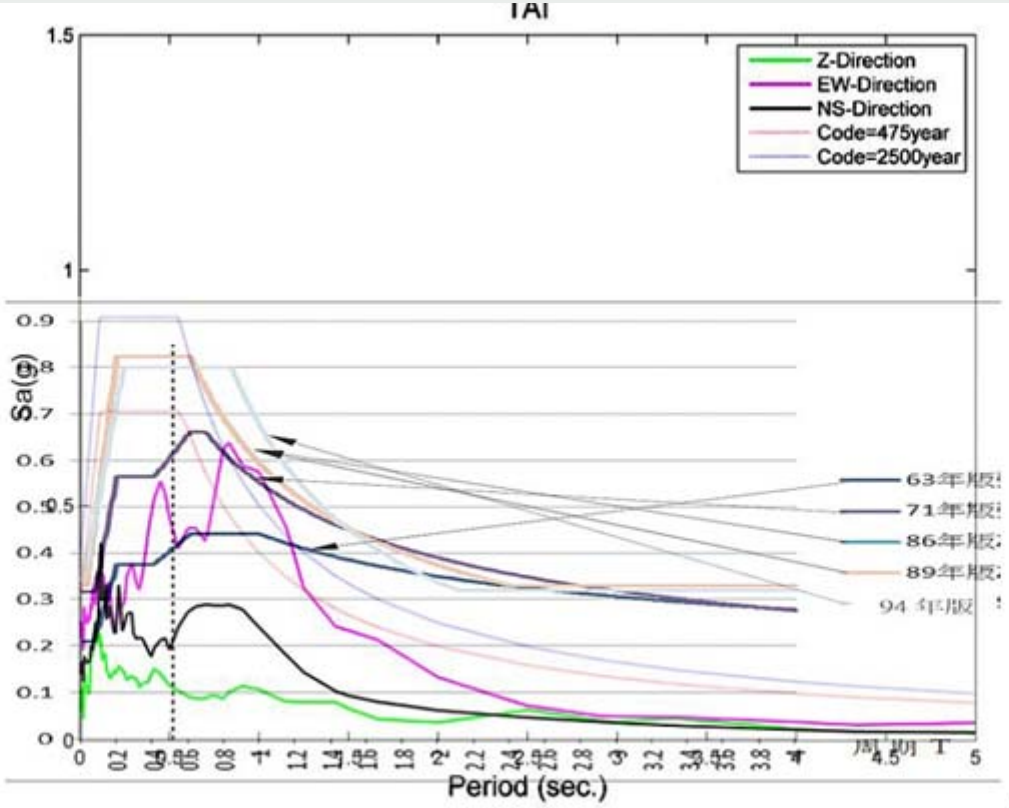
- 台灣於1972年以前除了官方建築物臺灣總督府之外，民間最高建築由日治時期完工(1932年)台北市「菊元商行」領銜40年之久，僅為6層樓建築物。1974年建築法發佈，「建築技術規則」為法定設計之依據。住宅大樓通常受限於高度21公尺7層樓或未實施容積管制地區36公尺12層樓， 1982年建築技術規則建築構造篇地震力作為建築法(1974)發佈後第一次修正。隨後1984年的「未實施容積管制地區綜合設計鼓勵辦法」，促進住宅高層化發展。直至1996年花蓮大地震造成台北市部份建築物倒塌前，人們對建築物的耐震性並沒有太大的警覺。遺憾的是往後1999年921震災，成為台灣無比的深痛。

地震加速度反應譜

簡單的說，在地震加速度作用期間內，以一系列不同自然周期變化之單質點系的加速度反應連續圖譜，用作計算在地震作用下結構的內力和變形。橫軸為自然週期、縱軸為加速度反應。研究實際地震加速度紀錄分析得出地震加速度反應譜，再以包絡線簡化訂定出「設計地震加速度反應譜」。1997年以前建築技術規則地震力不在其中定義此種反應譜，而是與美國當時UBC規範類同的方法，定出不同自然周期條件、震區、韌度等參數按震度係數(為小於1之遞減曲線)計得基層地震橫力；2011年以後則明確定義加速度反應以作為計算地震力的依據。



以地震加速度反應譜解釋建築震害



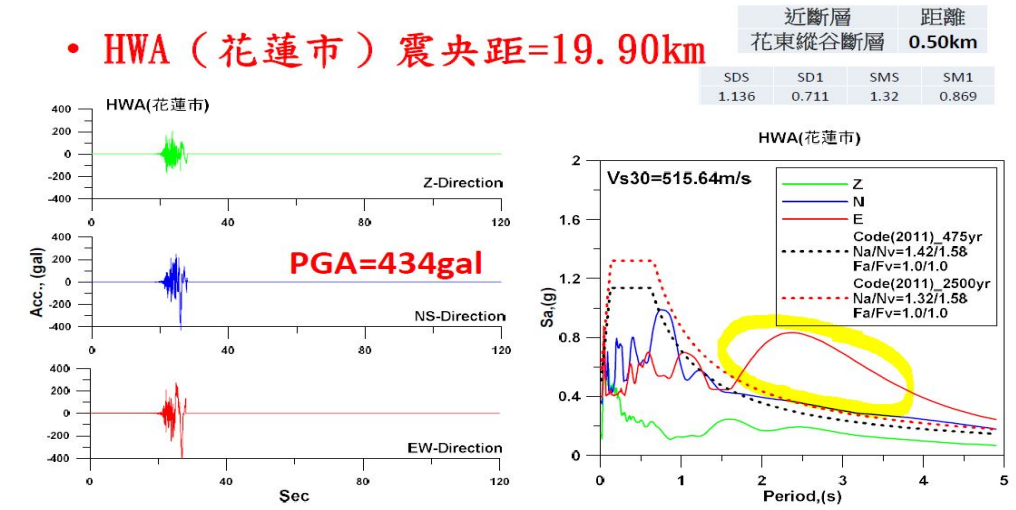
以「擬水平設計彈性加速度反應譜」(強震區 K=1)，覆疊 0206 美濃地震台南測站反應譜

2016 年美濃地震發生建築物倒塌的地區，若應用「擬水平設計彈性加速度反應譜」比較 71 年版建築技術規則，所定義的地震力基本上能覆蓋，易言之，當年建築技術規則所定義強震區及設計地震力尚能夠應付。

以地震加速度反應譜解釋建築震害

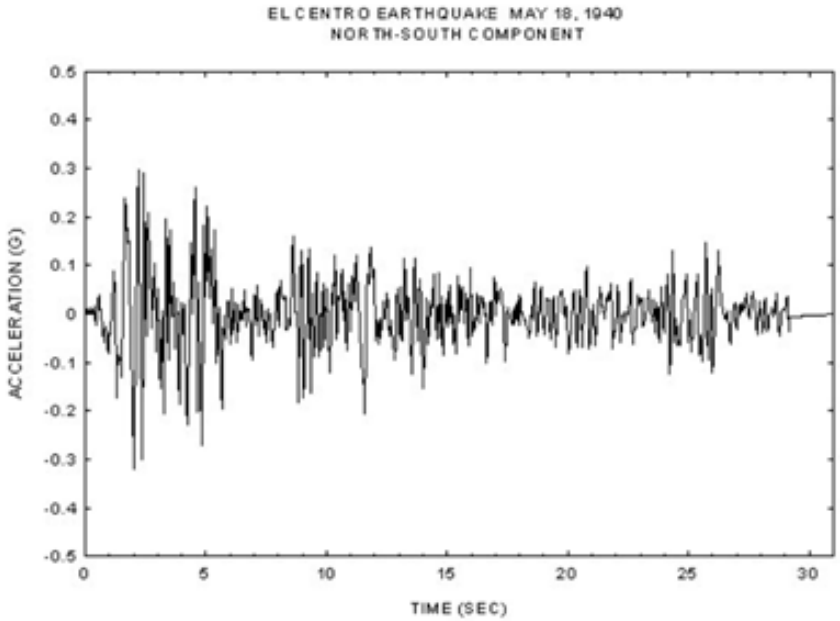
NARLabs

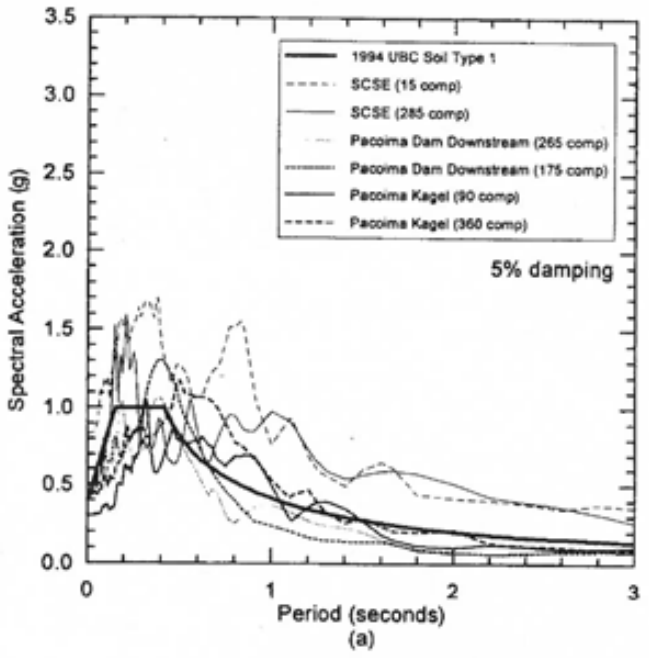
PGA>400gal 測站之反應譜與設計反應譜之比較



取自國震中心0206花蓮地震簡報，黃色區域為東西向加速反應，顯示規範無法涵蓋

然而 2018 年花蓮地震，顯然因近斷層錯動效應，對於長週期建築物造成致災性，即使存有依當時最新的 100 年耐震建築物設計規範亦無法涵蓋，再度引起修訂規範的聲音。除非能未卜先知，即使依該規範計入近斷層因素，設計約十五層以上之建築物(自然週期約在 1.5 秒以上)，理論上必然嚴重受損甚至坍塌！所謂 2500 年迴歸期大震不倒在此並不可靠。





(左)1940 年美國 EL CENTRO 地震加速度紀錄　(右)1994 年美國北嶺地震近震源區加速度反應超過 UBC 規範

設計地震力的演變

1974 年以前	V=KW, K=0.1
1974~1982	V=ZKCW
1982~1997	V=ZKCIW
1997~2011	$V=\frac{ZI}{1.4\alpha_y}\left(\frac{C}{F_u}\right)_m W$
2011~迄今	$V=\frac{I}{1.4\alpha_y}\left(\frac{S_{aD}}{F_u}\right)_m W$ 、$V^*=\frac{IF_u}{4.2\alpha_y}\left(\frac{S_{aD}}{F_u}\right)_m W$ 、$V_M=\frac{I}{1.4\alpha_y}\left(\frac{S_{aM}}{F_u}\right)_m W$ 取大值

地震力規則、規範演進

地震力與具韌性之非線性變形關係

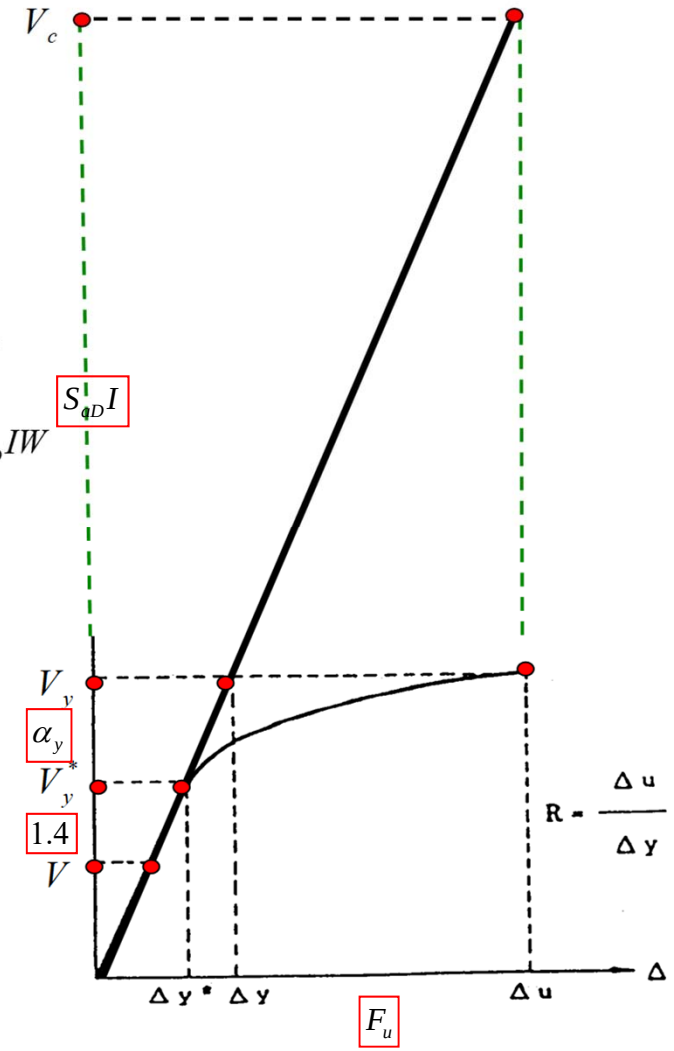
- 1996年(85年)以後耐震規範定義之最小地震橫力V
- 地震橫力為彈性反應力除以1.4及起始降伏係數及韌性容量而得
- 地震橫力為彈性反應係數85年~94年6月為 ZC ，94年7月後改為 S_{aD}

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

$$V_y^* = 1.4 \times V = \frac{S_{aD} I}{\alpha_y F_u}$$

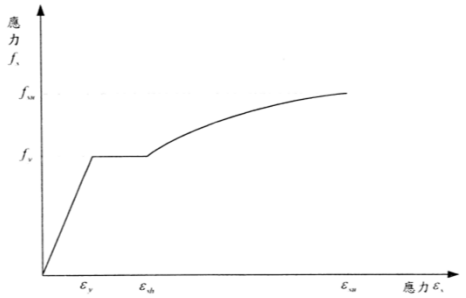
$$V_y = 1.4 \times \alpha_y \times V = \frac{S_{aD} I}{F_u} W$$

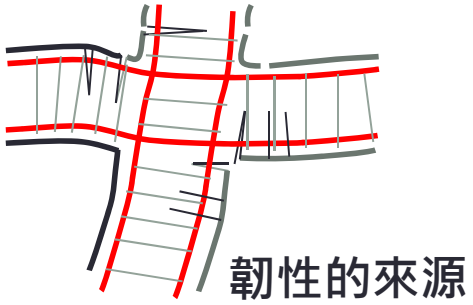
$$V_c = 1.4 \times \alpha_y \times F_u \times V = S_{aD} I W$$



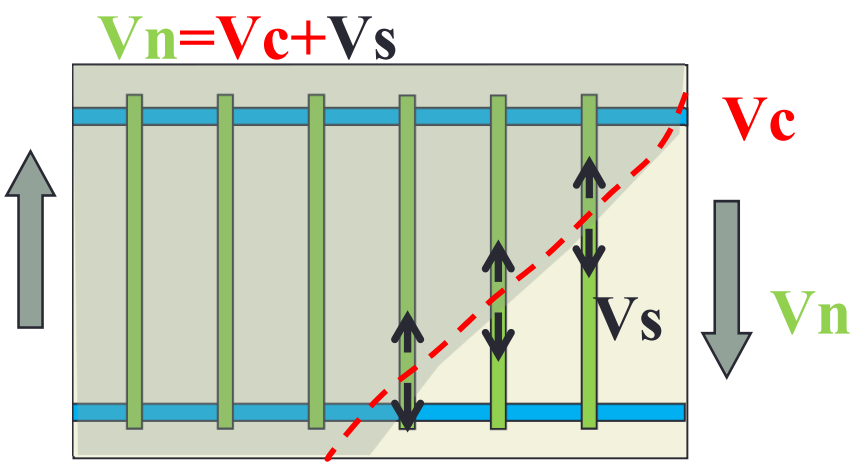
RC構材韌性主要來源-鋼筋受拉有韌性!!

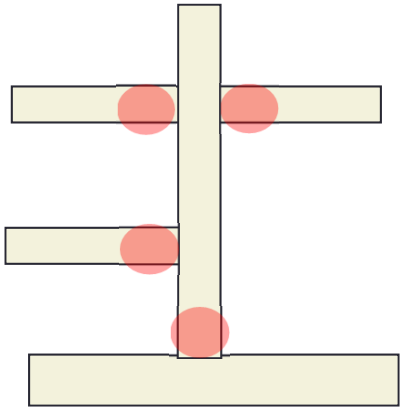
- 1.彈性區
- 2.降伏區
- 3.應變硬化區

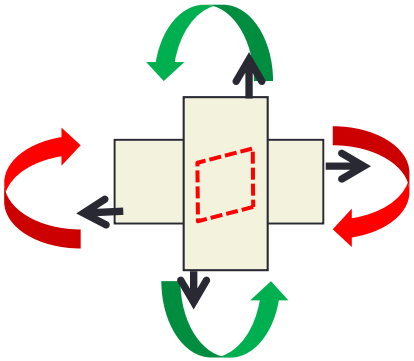




韌性的來源

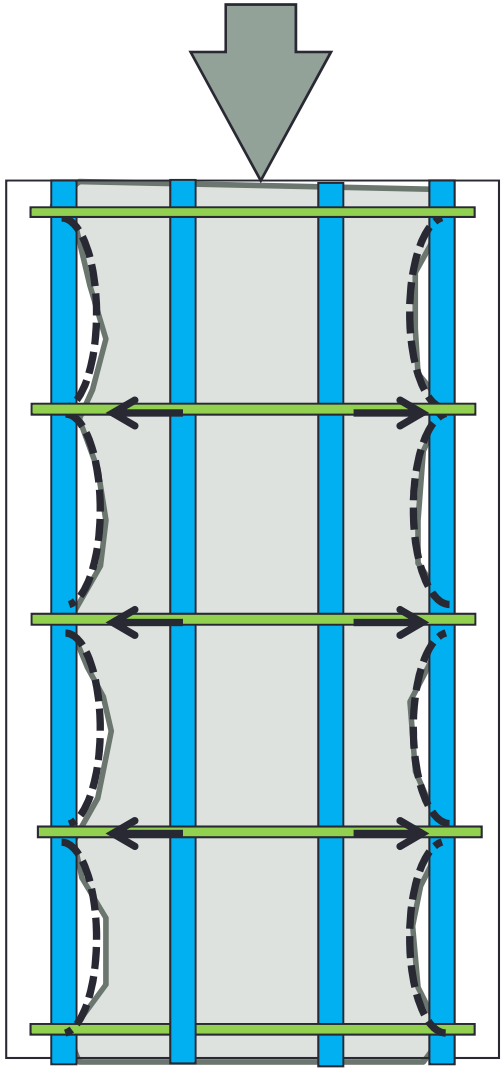






RC構材-剪不壞、壓不碎才有韌性的發揮!!

RC柱筋受壓力行為

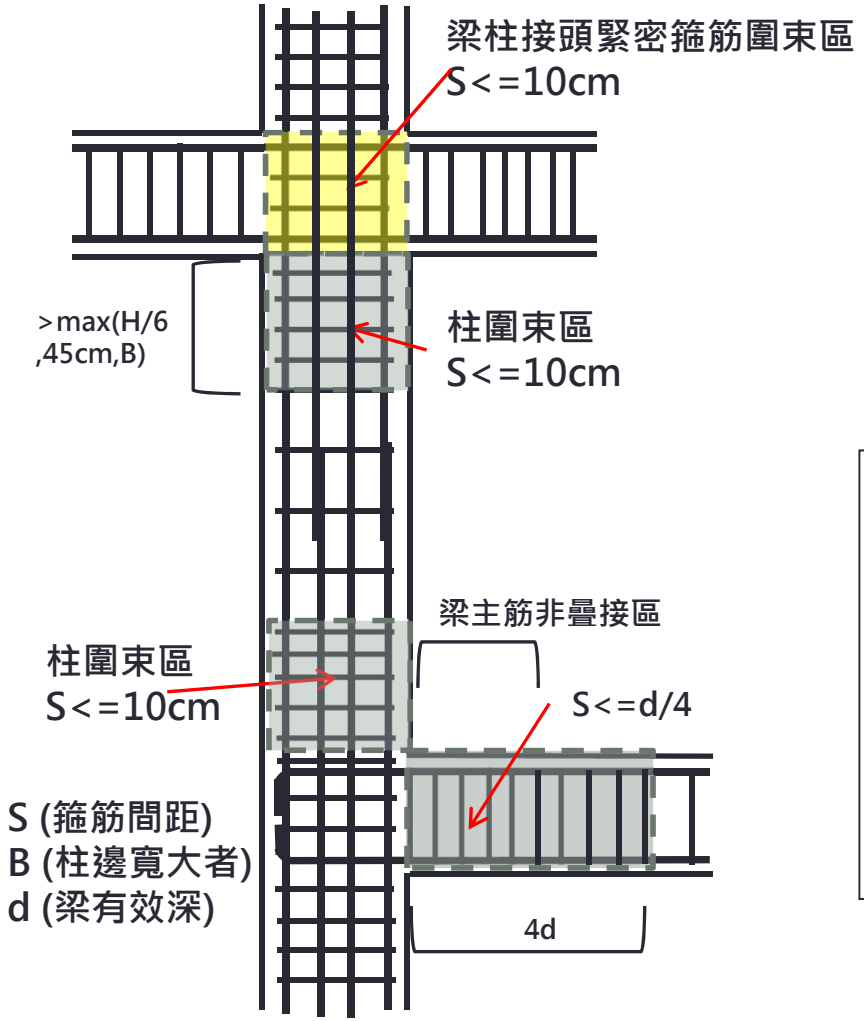


柱箍筋作用

- 1.柱剪力
- 2.圍束作用使主筋發揮軸載力
- 3.韌性發揮

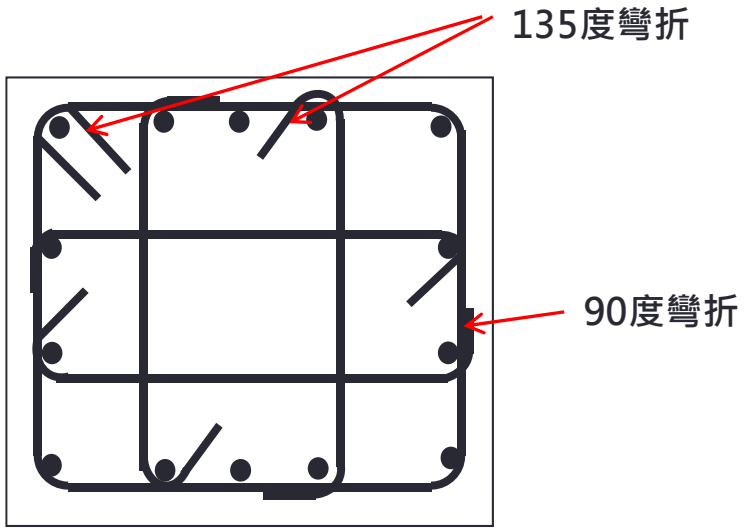


韌性細節



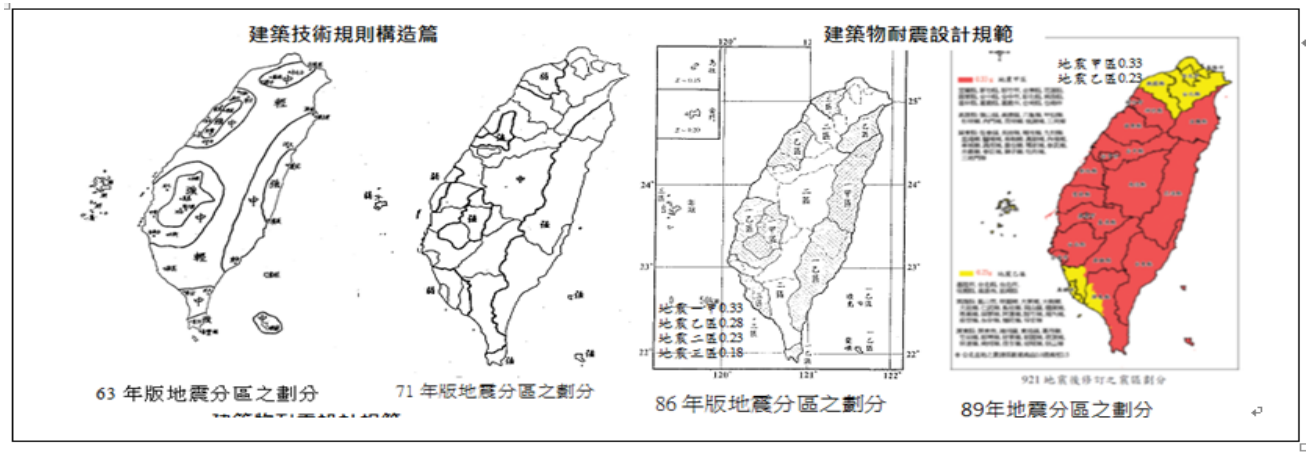
- 85年以前屬於強震區、中震區，組構係數採K=0.67、0.8者適用建築技術規則構造篇第四節「耐震設計之特別規定」；故弱震區或中震區採K=1、1.33者未適用此節

- 柱底未限制疊接但需依拉力或壓力鋼筋疊接規定加長握持長度

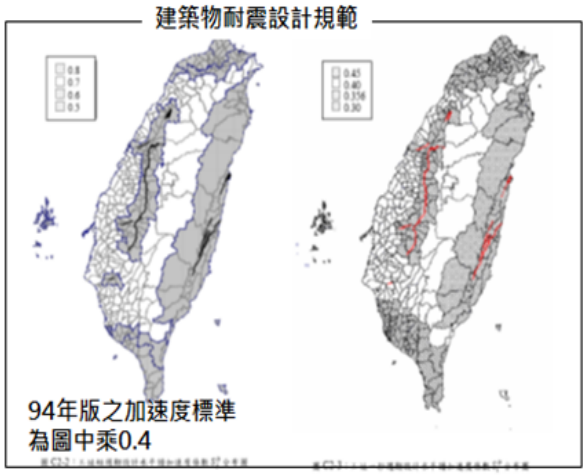


(依81年版建築技術規則)

各年期地震分區



1974, 1982, 1997, 2000 年地震分區



2005 年短週期及 1 秒週期水平加速度反應譜係數(Ss/S1)分區

地震「震度」

交通部中央氣象局地震震度分級表(2000年8月1日公告)

震度分級		地動加速度 (cm/s^2,gal)	人的感受	屋內情形	屋外情形
0	 無感	0.8 以下	人無感覺		
1	 微震	0.8~2.5	人靜止時可感覺微小搖晃		
2	 輕震	2.5~8.0	大多數的人可感到搖晃，睡眠中的人有部分會醒來	電燈等懸掛物有小搖晃	靜止的汽車輕輕搖晃，類似卡車經過，但歷時很短
3	 弱震	8~25	幾乎所有的人都感覺搖晃，有的人會有恐懼感	房屋震動，碗盤門窗發出聲音，懸掛物搖擺	靜止的汽車明顯搖動，電線略有搖晃
4	 中震	25~80	有相當程度的恐懼感，部分的人會尋求躲避的地方，睡眠中的人幾乎都會驚醒	房屋搖動甚烈，底座不穩物品傾倒，較重傢俱移動，可能有輕微災害	汽車駕駛人略微有感，電線明顯搖晃，步行中的人也感到搖晃
5	 強震	80~250	大多數人會感到驚嚇恐慌	部分牆壁產生裂痕，重傢俱可能翻倒	汽車駕駛人明顯感覺地震，有些牌坊煙囪傾倒
6	 烈震	250~400	搖晃劇烈以致站立困難	部分建築物受損，重傢俱翻倒，門窗扭曲變形	汽車駕駛人開車困難，出現噴沙噴泥現象
7	 劇震	400 以上	搖晃劇烈以致無法依意志行動	部分建築物受損嚴重或倒塌，幾乎所有傢俱都大幅移位或摔落地面	山崩地裂，鐵軌彎曲，地下管線破壞

地震震度分級表(2020~)

震度分級		人的感受	屋內情形(以低樓層為例)	屋外情形
0級	無感	人無感覺。		
1級	微震	人靜止或位於高樓層時可感覺微小搖晃。		
2級	輕震	大多數的人可感到搖晃，睡眠中的人有部分會醒來。	電燈等懸掛物有小搖晃。	靜止的汽車輕輕搖晃，類似卡車經過，但歷時很短。
3級	弱震	幾乎所有的人都感覺搖晃，有的人會有恐懼感。	房屋震動，碗盤門窗發出聲音，懸掛物搖擺。	靜止的汽車明顯搖動，電線略有搖晃。
4級	中震	有相當程度的恐懼感，部分的人會尋求躲避的地方，睡眠中的人幾乎都會驚醒。	房屋搖動甚烈，少數未固定物品可能傾倒掉落，少數傢俱移動，可能有輕微災害。	電線明顯搖晃，少數建築物牆磚可能剝落，小範圍山區可能發生落石，極少數地區電力或自來水可能中斷。
5弱	強震	大多數人會感到驚嚇恐慌，難以走動。	部分未固定物品傾倒掉落少數傢俱可能移動或翻倒少數門窗可能變形，部分牆壁產生裂痕。	部分建築物牆磚剝落，部分山區可能發生落石，少數地區電力、自來水、瓦斯或通訊可能中斷。
5強		幾乎所有的人會感到驚嚇恐慌，難以走動。	大量未固定物品傾倒掉落傢俱移動或翻倒，部分門窗變形，部分牆壁產生裂痕，極少數耐震較差房屋可能損壞或崩塌。	部分建築物牆磚剝落，部分山區發生落石，鬆軟土層可能出現噴沙噴泥現象，部分地區電力、自來水、瓦斯或通訊中斷，少數耐震較差磚牆可能損壞或崩塌。
6弱	烈震	搖晃劇烈以致站立困難。	大量傢俱大幅移動或翻倒門窗扭曲變形，部分耐震能力較差房屋可能損壞或倒塌。	部分地面出現裂痕，部分山區可能發生山崩，鬆軟土層出現噴沙噴泥現象，部分地區電力、自來水、瓦斯或通訊中斷。
6強		搖晃劇烈以致無法站穩。	大量傢俱大幅移動或翻倒門窗扭曲變形，部分耐震能力較差房屋可能損壞或倒塌，耐震能力較強房屋亦可能受損。	部分地面出現裂痕，山區可能發生山崩，鬆軟土層出現噴沙噴泥現象，可能大範圍地區電力、自來水、瓦斯或通訊中斷。
7級	劇震	搖晃劇烈以致無法依意志行動。	幾乎所有傢俱都大幅移動或翻倒，部分耐震較強建築物可能損壞或倒塌。	山崩地裂，地形地貌亦可能改變，多處鬆軟土層出現噴沙噴泥現象，大範圍地區電力、自來水、瓦斯或通訊中斷，鐵軌彎曲。

建築物耐震設計規範及解說

第一章　通則
第二章　靜力分析方法 、 圖表
第三章　動力分析方法
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
第五章　非建築結構物之地震力
第六章　結構系統設計詳細要求
第七章　耐震工程品管
第八章　既有建築物之耐震能力評估與耐震補強
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
第十一章　其他耐震相關規定

參考文獻
附錄A 耐震工程品管
附錄B 懸吊式輕鋼架天花板耐震施工指南

建築物耐震設計規範及解說

1.3 耐震設計要求

建築物結構體、結構物部分構體、非結構構材及設備、非建築結構物、隔震建築物及含被動消能系統建築物等，應設計及建造使其能抵禦至少為本規範所規定之地震力。

1.4 基面之認定

基面係指地震輸入於建築物結構體之水平面，或可使其上方之結構體視為振動體之水平面。

1.6 規則性與不規則性結構

任一結構可依其配置，區分為下列規則性結構及不規則性結構兩類。

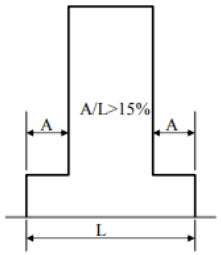
（一）規則性結構

規則性結構在平面及立面上，或抵抗側力的結構系統上，沒有不規則性結構所具有的顯著不連續性。

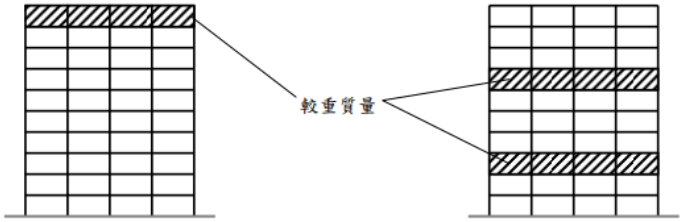
（二）不規則性結構

(1) 不規則性結構在平面與立面上，或抵抗側力的結構系統上，有顯著的不連續性。一般之不規則性如表 1-1 與表 1-2 所示。
(2) 結構具有表 1-1 所列一種或多種不規則性時，應視為具有立面上不規則性者。
(3) 結構具有表 1-2 所列一種或多種不規則性時，應視為具有平面上不規則性者。
(4) 不規則性結構之結構設計與分析必須依據表 1-1 與表 1-2 所列參考章節之各項規定辦理。

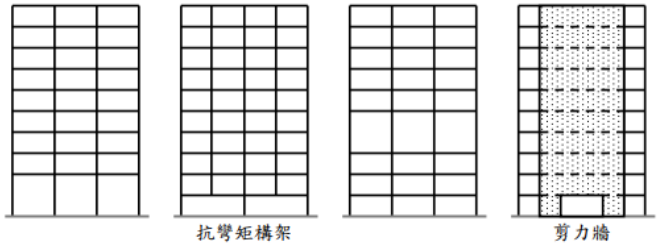
建築物耐震設計規範及解說



幾何形狀不規則

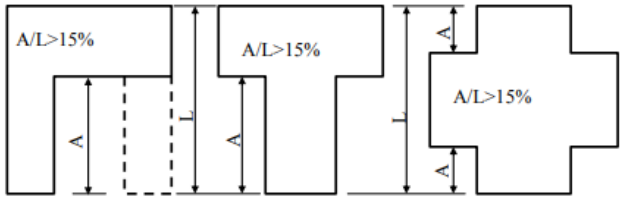


質量不規則

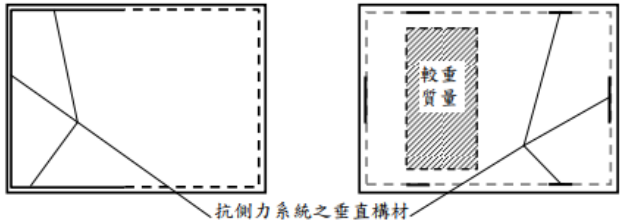


勁度不規則

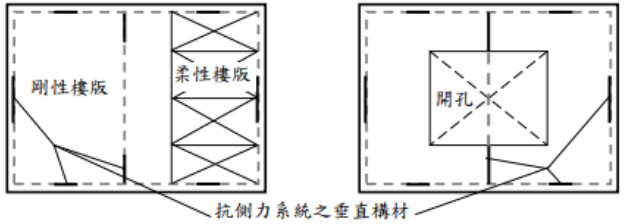
圖 C1-1 建築物立面不規則



幾何形狀不規則



質心與剛心之偏心



樓版勁度之不連續

圖 C1-2 建築物平面不規則

建築物耐震設計規範及解說

1.7 結構系統

結構系統可分類為如表 1-3 所示，其定義如下：

（一）承重牆系統

結構系統無完整承受垂直載重立體構架，承重牆或斜撐系統須承受全部或大部分垂直載重，並以剪力牆或斜撐構架抵禦地震力者。

（二）構架系統

具承受垂直載重完整立體構架，以剪力牆或斜撐構架抵禦地震力者。

（三）抗彎矩構架系統

具承受垂直載重完整立體構架，以抗彎矩構架抵禦地震力者。

（四）二元系統

二元系統具如下特性：

(1) 具完整立體構架以受垂直載重。

(2) 以剪力牆、斜撐構架及特殊抗彎矩構架（SMRF）或混凝土部分韌性抗彎矩構架（IMRF）抵禦地震力，其中抗彎矩構架應設計能單獨抵禦 25%以上的設計地震力。

(3) 抗彎矩構架與剪力牆或斜撐構架應設計使其能抵禦依相對勁度所分配到的地震力。

未定義之結構系統為未列入表 1-3 之結構系統謂之。

非建築結構物系統為第五章所述及之結構系統謂之。

建築物耐震設計規範及解說

表 1-1 立面不規則性結構

不規則種類與定義	參考章節
1a.勁度不規則性—軟層 軟層者係指該層之側向勁度低於其上一層者之 70%或其上三層平均勁度之 80%。	3.1
1b.勁度不規則性—極軟層 極軟層者係指該層之側向勁度低於其上一層者之 60%或其上三層平均勁度之 70%。	不容許
2.質量不規則性 任一層之質量，若超過其相鄰層質量的 150%者，稱此建築物具質量不規則性。屋頂下一層之質量大於屋頂層質量 150%者，不視為不規則。	3.1
3.立面幾何不規則性 任一層抵抗側力結構系統之水平尺度若大於其相鄰層者之 130%以上，視此建築物具立面幾何不規則性，但閣樓面積甚小時，可不必考慮。	3.1
4.抵抗側力的豎向構材立面內不連續 抵抗側力的豎向構材立面內錯位距離超過該構材長度者。	6.2.12
5.強度不連續性—弱層 弱層為該層強度與該層設計層剪力的比值低於其上層比值 80%者。樓層強度係指所考慮方向上所有抵抗地震層剪力構材強度之和。	1.8 2.17

表 1-2 平面不規則性結構

不規則種類與定義	參考章節
1. 扭轉不規則性—橫隔版非柔性時需予考慮 在包含意外扭矩的地震力作用下，沿地震力方向最大側邊層變位大於兩側邊平均層變位的 1.2 倍以上時，應視為具扭轉不規則性。	2.14、3.1 3.7、6.1 6.2.9
2. 具凹角性 結構及其側力抵抗系統的平面幾何形狀具有凹角者，超過凹角部分之結構尺寸大於沿該方向結構總長之 15%以上者謂之。	6.2.9
3. 橫隔版不連續性 橫隔版具有急遽不連續性或勁度不連續性，包含切角或開孔，其面積超過全部面積 50%以上者，或兩層間有效橫隔版勁度之變化超過 50%者。	6.2.9
4. 面外之錯位性 側向力傳遞之路徑具不連續性，如豎向構材有面外錯位者。	6.2.9 6.2.12
5. 非平行結構系統 豎向側力抵抗構材不平行或對稱於側力抵抗系統之兩正交主軸者。	6.1

建築物耐震設計規範及解說

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	1.輕構架牆		
	(1)具剪力嵌版	3.2	12
	(2)具對角斜撐	2.4	20
	2.鋼筋混凝土牆配置鋼筋混凝土邊界構材	3.2	50
二、構架系統	1.輕構架牆		
	(1)具剪力嵌版	3.2	12
	(2)具對角斜撐	2.4	20
	2.剪力牆		
	(1)鋼筋混凝土牆配置鋼筋混凝土邊界構材	3.6	50
	(2)鋼筋混凝土牆配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	3.6	50
	(3)鋼板牆配置鋼造或鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	4.2	50
	(4)鋼板鋼筋混凝土牆配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	4.0	50
	3.斜撐		
	(1)鋼造偏心斜撐配置鋼造邊界構材	4.2	50
	(2)鋼造同心斜撐配置鋼造邊界構材	2.0	12
	(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	4.2	50
	(4)鋼造特殊同心斜撐配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	3.0	50
	(5)鋼造特殊同心斜撐配置鋼造邊界構材	3.6	50
	(6)挫屈束制支撐配置鋼造邊界構材	4.8	50
三、抗彎矩構架系統	1.特殊抗彎矩構架		
	(1)鋼造	4.8	不限
	(2)鋼筋混凝土造	4.8	不限
	(3)鋼骨鋼筋混凝土造	4.8	不限
	2.部分韌性抗彎矩構架		
	(1)鋼造	3.2	12
	(2)鋼筋混凝土造	2.8	12
	3.特殊鋼桁抗彎矩構架	4.0	50
四、具特殊抗彎矩構架之二元系統	1.剪力牆		
	(1)鋼筋混凝土牆配置鋼筋混凝土邊界構材	4.8	不限
	(2)鋼筋混凝土牆配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	4.8	不限
	(3)鋼板牆配置鋼造或鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	4.8	不限
	(4)鋼板鋼筋混凝土牆配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	4.8	不限
	2.斜撐		
	(1)鋼造偏心斜撐配置鋼造邊界構材	4.8	不限
	(2)鋼造特殊同心斜撐配置鋼造邊界構材	4.2	不限
	(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	4.8	不限
	(4)鋼造特殊同心斜撐配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	4.2	不限
	(5)挫屈束制支撐配置鋼造邊界構材	4.8	不限

建築物耐震設計規範及解說

耐震設計目標為中小度地震、設計地震及最大考量地震新規範之耐震設計基本原則（1.2節），將設計目標明訂為：

1. 中小度地震-回歸期約30年之地震。(50年超越機率80%)建築物保持在彈性範圍內，無任何損壞。
2. 設計地震-回歸期約475年之地震。(50年超越機率10%)建築物部份構體發生塑鉸，但韌性比不超過容許韌性容量。
3. 最大考量地震-回歸期約2500年之地震。(50年超越機率2%)在罕見之強烈地震下不發生崩塌，韌性比可達韌性容量。

建築物耐震設計規範及解說

2.3 一般工址之震區短週期與一秒週期水平譜加速度係數

震區短週期及一秒週期之設計水平譜加速度係數 S_S^D 與 S_1^D 分別代表工址所屬震區在堅實地盤下，設計地震作用時之短週期結構與一秒週期結構之 5%阻尼譜加速度與重力加速度 g 之比值。

震區短週期及一秒週期之最大考量水平譜加速度係數 S_S^M 與 S_1^M 分別代表工址所屬震區在堅實地盤下，最大考量地震作用時之短週期結構與一秒週期結構之 5%阻尼譜加速度與重力加速度 g 之比值。

我國之震區係以鄉、鎮、市等行政區為單位劃分，各微分區內之震區設計水平譜加速度係數 S_S^D 與 S_1^D 乃根據 50 年 10%超越機率之均布危害度分析訂定，地震回歸期為 475 年；震區最大考量水平譜加速度係數 S_S^M 與 S_1^M 則根據 50 年 2%超越機率之均布危害度分析訂定，地震回歸期為 2500 年。

除臺北市及新北市另於 2.7 節規定外，震區設計水平譜加速度係數 S_S^D 與 S_1^D，以及震區最大考量水平譜加速度係數 S_S^M 與 S_1^M，如表 2-1 所示。

建築物耐震設計規範及解說

規範以訂定各分區地震危害度之堅實地盤短週期及一秒週期設計水平加速度譜係數S_S^D、S_1^D，及最大考量地震水平加速度譜係數S_S^M、S_1^M，共四項參數，依地盤種類調整F_a、F_v乘積計算得到設計水平譜加速度係數S_{aD}，近斷層區域則另須乘以N_a、N_v求得。所得再除以韌性容量、降伏安全係數及放大係數(1.4)計得最小設計地震總橫力V。

設計地震橫力另以避免中小度地震降伏V^*及最大考量地震崩塌V_M，取大者計算。

$$V=\frac{I}{1.4\alpha_y}\left(\frac{S_{aD}}{F_u}\right)_m W \ 、\ V^*=\frac{IF_u}{4.2\alpha_y}\left(\frac{S_{aD}}{F_u}\right)_m W \ 、\ V_M=\frac{I}{1.4\alpha_y}\left(\frac{S_{aM}}{F_u}\right)_m W$$

建築物耐震設計規範及解說

2.2 最小設計水平總橫力

構造物各主軸方向分別所受地震之最小設計水平總橫力 V 依下式計算：

$$V = \frac{S_{aD} I}{1.4 \alpha_y F_u} W \tag{2-1}$$

(2-1)式中，$\frac{S_{aD}}{F_u}$ 得依(2-2)式修正，修正後命為 $\left(\frac{S_{aD}}{F_u}\right)_m$ 如下：

$$\left(\frac{S_{aD}}{F_u}\right)_m = \begin{cases} \frac{S_{aD}}{F_u} & ; \frac{S_{aD}}{F_u} \le 0.3 \\ 0.52 \frac{S_{aD}}{F_u} + 0.144 & ; 0.3 < \frac{S_{aD}}{F_u} < 0.8 \\ 0.70 \frac{S_{aD}}{F_u} & ; \frac{S_{aD}}{F_u} \ge 0.8 \end{cases} \tag{2-2}$$

則

$$V = \frac{I}{1.4 \alpha_y} \left(\frac{S_{aD}}{F_u}\right)_m W \tag{2-3}$$

其中，

S_{aD} ：工址設計水平譜加速度係數，為工址水平向之設計譜加速度與重力加速度 g 之比值。除了臺北盆地依本章第七節規定外，一般工址與近斷層區域可依本章第三至六節之規定訂定。

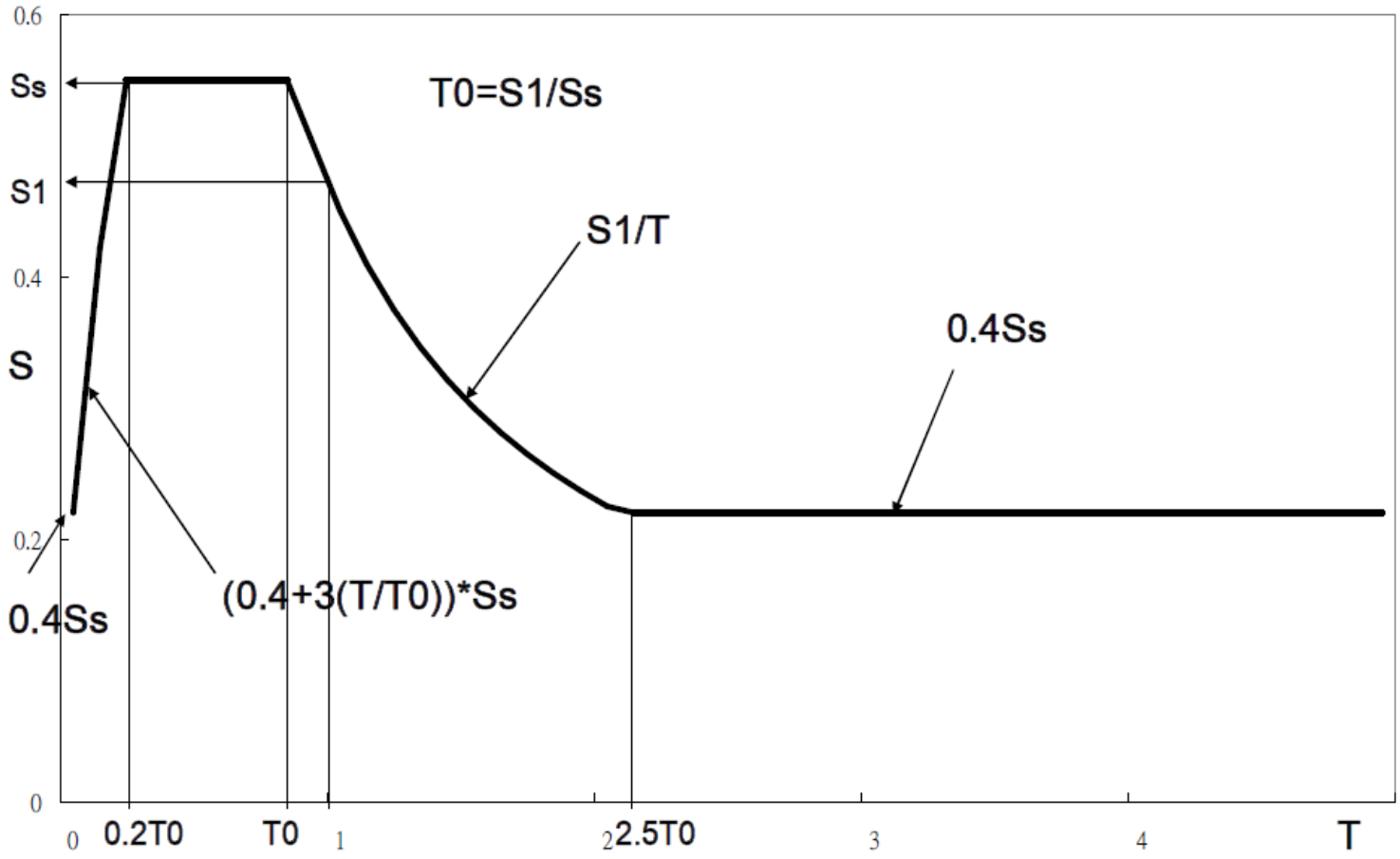
I ：用途係數，依本章第八節規定。

W ：建築物全部靜載重。活動隔間至少應計入 75 kgf/m^2 之重量；一般倉庫、書庫應計入至少四分之一活載重；水箱、水池等容器，應計入全部內容物之重量。

α_y ：起始降伏地震力放大倍數，依本章第九節規定。

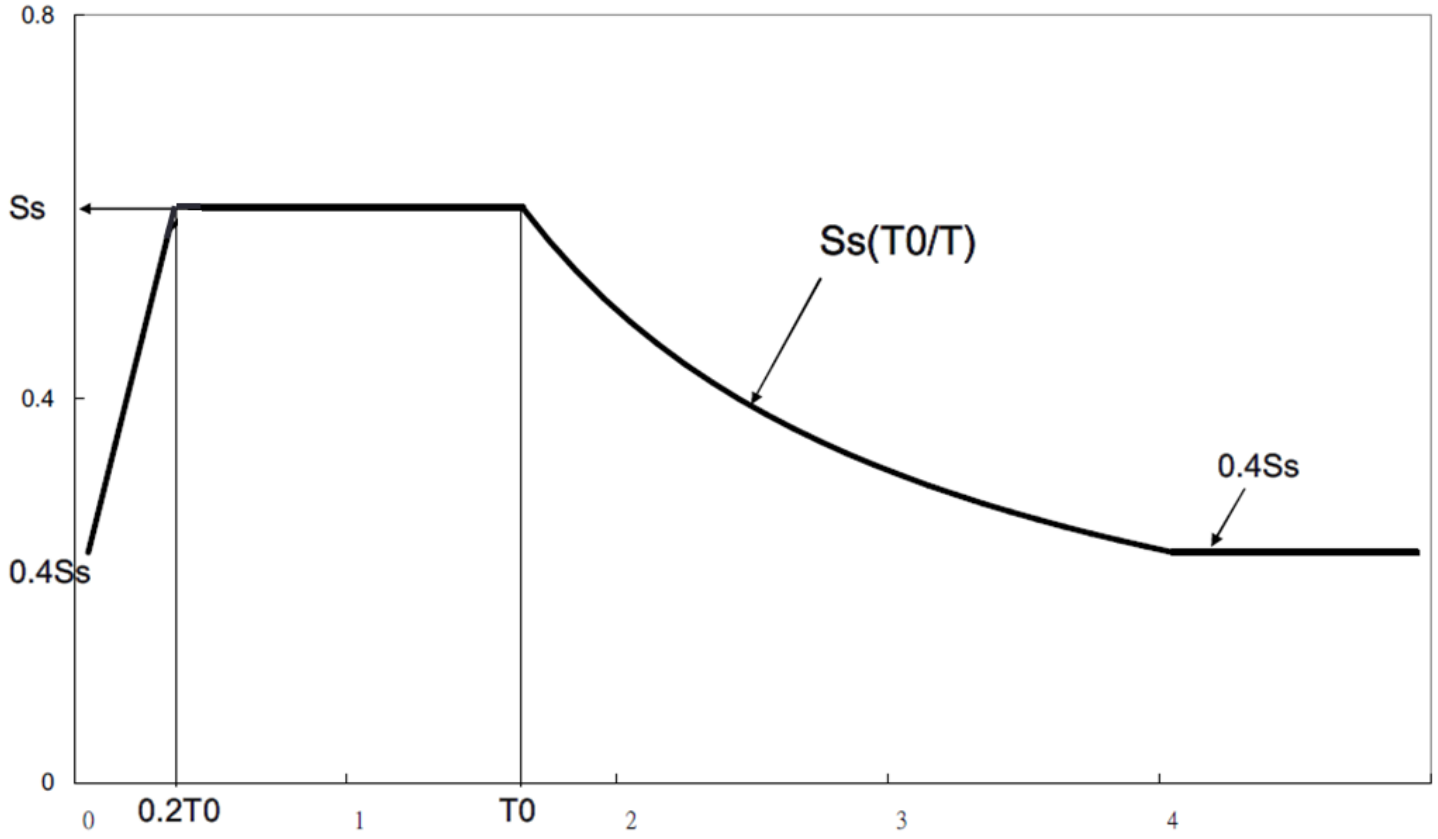
F_u ：結構系統地震力折減係數，依本章第九節規定。

建築物耐震設計規範及解說



一般工址或近斷層工址水平加速度設計反應譜定義關係圖

建築物耐震設計規範及解說



台北盆地水平加速度設計反應譜定義關係圖

建築物耐震設計規範及解說

2.8 用途係數

用途係數 I 依下列規定：

第一類建築物

地震災害發生後，必須維持機能以救濟大眾之重要建築物，I=1.5。

(1) 中央、直轄市及縣(市)政府、鄉鎮市(區)公所涉及地震災害緊急應變業務之機關辦公廳舍。
(2) 消防、警務及電信單位執行公務之建築物。
(3) 供震災避難使用之國中、小學校舍。
(4) 教學醫院、區域醫院、署(市)立醫院或政府指定醫院。
(5) 發電廠、自來水廠與緊急供電、供水直接有關之廠房與建築物。
(6) 其他經中央主管機關認定之建築物。

第二類建築物

儲存多量具有毒性、爆炸性等危險物品之建築物，I=1.5。

第三類建築物

下列公眾使用之建築物，I=1.25。

(1) 各級政府機關辦公廳舍（第一類建築物之外）。
(2) 教育文化類：幼稚園；各級學校校舍(第一類建築物之外)；集會堂、活動中心；圖書館、資料館；博物館、美術館、展覽館；寺廟、教堂；補習班；體育館。
(3) 衛生及社會福利類：醫院、診所(第一類建築物之外)；安養、療養、扶養、教養場所；殯儀館。
(4) 營業類：餐廳；百貨公司、商場、超級市場、零售市場；批發量販營業場所；展售場、觀覽場；地下街。
(5) 娛樂業：電影院、演藝場所、歌廳；舞廳、舞場、夜總會；錄影節目播映、視聽歌唱營業場所；保齡球館。
(6) 工作類：金融證券營業交易場所之營業廳。
(7) 遊覽交通類：車站、航運站。
(8) 其他經中央主管機關認定之建築物。

一棟建築物如係混合使用，上述供公眾使用場所累計樓地板面積超過 3000 平方公尺或總樓地板面積百分之二十以上者，用途係數才需用 1.25。如一棟建築物單種用途使用時，必須總樓版面積超過 1000 平方公尺，用途係數才需用 1.25。

第四類建築物

其他一般建築物，I=1.0。

建築物耐震設計規範及解說

2.11 地震力之豎向分配

最小總橫力依下述豎向分配於構造之各層及屋頂。

構造物頂層外加之集中橫力 F_t 依下式計算：

$$F_t = 0.07TV \tag{2-17}$$

F_t 不必大於 $0.25V$；若基本振動週期 T 為 0.7 秒以下，F_t 可令為零。

最小總橫力扣除 F_t 後之剩餘部分，應依下式分配於構造物之屋頂(第 n 層)及其餘各層：

$$F_x = \frac{(V - F_t)W_x h_x}{\sum_{i=1}^{n} W_i h_i} \tag{2-18}$$

建築物耐震設計規範及解說

2.14 意外扭矩

為計及質量分布之不確定性，各層質心之位置應由計算所得之位置偏移與地震力垂直方向尺度百分之五。易言之，應將地震力加在計算所得質心位置向左及向右偏移與地震力垂直方向尺度百分之五的位置進行結構分析與設計。上述質心偏移造成之扭矩，稱為意外扭矩。

建築物具扭轉不規則性時，各層施加之意外扭矩應以下列係數 A_x 放大之：

$$A_x = \left[\frac{\delta_{\max}}{1.2\delta_{avg}}\right]^2 \qquad (2\text{-}20)$$

此處，

δ_{max} 為第 x 層最大位移。

δ_{avg} 為第 x 層兩最外點位移之平均值。

A_x 值不必大於 3.0。

2.15 傾倒力矩

構造物之設計，應能抵禦地震引致之傾倒作用。樓層 x 須抵抗之傾倒力矩 M_x 依下式計算：

$$M_x = \tau \sum_{i=x}^{n} F_i (h_i - h_x) \qquad (2\text{-}21)$$

其中，F_i 為其上各層依 2.11 節分配所得地震力，h_i 為第 i 層距基面之高度。τ 為傾倒力矩折減因子，依表 2-8 定義。

設計地震力作用下，作用在基礎構造之土反力應依基礎-土壤介面的傾倒力矩求取，作用在地下室各層之地震力(見 2.12 節)亦應計入，但地下室外之土壤反力可以抵銷的部分可加以扣除。此外，對規則性建築物而言，屋頂層外加之集中橫力 F_t 可以不計。

建築物耐震設計規範及解說

2.16 層間相對側向位移與建築物之間隔

2.16.1 容許層間相對側向位移角

在地震力 $V=\frac{IF_u}{4.2}\left(\frac{S_{aD}}{F_u}\right)_m W$ 作用下，每一樓層與其上、下鄰層之相對側向位移除以層高，即所謂層間相對側向位移角應有所限制，其值不得超過 0.005。計算位移時應計及平移與扭轉位移。

若能證明非結構構材能承受較大層間變位而不致產生影響生命安全之破壞時，上述限制可酌予放寬。

計算位移時所施加的設計地震力，若基本振動週期係以結構力學方法計算，所得 T 值不必受小於經驗公式週期值 1.4 倍的限制，S_{aD} 亦不受不得低於 $0.4S_{DS}$ 之限制。此外，用途係數大於 1.0 之建築物，亦可以 I=1.0 所得之地震力計算位移。

2.16.2 建築物之間隔

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 $0.6\times1.4\alpha_y R_a$ 倍。需要考慮 P-Δ效應者，計算之位移應包括此效應。

建築物耐震設計規範及解說

2.17 極限層剪力強度之檢核

為使建築物各層具有均勻之極限剪力強度，無顯著弱層存在，應依可信方法計算各層之極限層剪力強度，不得有任一層強度與其設計層剪力的比值低於其上層所得比值 80%者。若弱層之強度足以抵抗總剪力 $V=F_{uM}\left(\frac{S_{aM}}{F_{uM}}\right)_m IW$ 之地震力者，不在此限。須檢核極限層剪力強度者，包括所有二層樓以上之建築物；另若建築物之下層與上層之總牆量斷面積(含結構及非結構牆)的比值低於 80%者，計算極限層剪力強度時須計及非結構牆所提供之強度。

建築物耐震設計規範及解說

2.18 垂直地震力

為提升建築物抵抗垂直向地震之能力，垂直地震力應做適當之考量。水平懸臂構材與水平預力構材等尤其應就垂直地震效應做適當的考慮。垂直向之設計譜加速度係數 $S_{aD,V}$ 可藉由水平向之設計譜加速度係數 S_{aD} 定義為：

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

近斷層區域：$S_{aD,V} = \frac{2}{3} S_{aD}$ (2-22)

2.10 節中小度地震與最大考量地震之設計垂直地震力可修正計算之。

解說：

1994 年洛杉磯北嶺地震、1995 年日本兵庫縣南部地震及 1999 年臺灣 921 集集大地震，由於斷層錯動在人口稠密的陸地上，且震源深度淺，引致較大的垂直地表加速度，致使許多建築物的破壞與此效應有關。本省西部苗栗、臺中及南投中部地區一帶以及嘉南地區，如其區域內斷層產生錯動，就會有顯著的垂直向地震，因此要做適度的考量。

建築物耐震設計規範及解說

第三章　動力分析方法

3.1 適用範圍

凡有下述任一情況之建築物，需以動力分析方法設計之：

1. 高度等於或超過 50 公尺或 15 層以上之建築物。
2. 建築物超過 20 公尺或 5 層以上，且其勁度、重量配置或立面幾何形狀具有表 1-1 第 1 至第 3 種立面不規則性，或具有表 1-2 平面扭轉不規則性者。
3. 建築物超過 5 層或 20 公尺，非全高度具有同一種結構系統者。

動力分析方法可為反應譜分析法或歷時分析法。

解說：

一般而言，建築物不規則者，須進行動力分析。

建築物耐震設計規範及解說

3.2 設計水平加速度反應譜係數

動力分析採用韌性折減之加速度反應譜係數$(S_{aD}/F_u)_m$，其定義與第二章相同。動力分析之調整係數為$I/(1.4\alpha_y)$，但為避免中小度地震時建築物過早降伏，對一般工址與近斷層區域，調整係數不得低於$IF_u/(4.2\alpha_y)$，對臺北盆地，調整係數不得低於$IF_u/(3.5\alpha_y)$。如設計地震力由(2-16c)式之V_M所控制時，動力分析採用之加速度反應譜係數用$(S_{aM}/F_{uM})_m$，調整係數用$I/(1.4\alpha_y)$。

建築物因地上結構、地下室結構及基礎土壤互制等值彈簧之阻尼比不同時，得依可信理論計算複合振態阻尼比。建築物阻尼比異於 5%阻尼時，可由表 3-1 內插短週期與長週期的阻尼修正係數B_S與B_1，將工址短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數S_{DS}與S_{D1}修正為S_{DS}/B_S與S_{D1}/B_1。S_{DS}與S_{D1}之定義與第二章相同。如無特別說明，結構阻尼比均設定為 5%，而阻尼修正係數$B_S=B_1=1.0$。

一般工址或近斷層區域之設計水平加速度反應譜係數S_{aD}，隨建築物基本振動週期T與工址短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數S_{DS}/B_S與S_{D1}/B_1而改變，如表 3-2 所示。其中，短週期與中週期的分界T_0由下式計算：

$$T_0 = \frac{S_{D1}B_S}{S_{DS}B_1} \tag{3-1}$$

臺北盆地之設計水平加速度反應譜係數S_{aD}，隨建築物基本振動週期T與工址短週期與中長週期設計水平譜加速度係數S_{DS}/B_S與(T_0S_{DS}/B_1T)而改變，如表 3-3 所示。其中，經阻尼修正係數修正後之加速度反應譜短週期與中週期的分界T_0由下式計算：

$$T_0 = \frac{T_0^D B_S}{B_1} \tag{3-2}$$

T_0^D則見表 2-6(c)。

建築物耐震設計規範及解說

3.3 總橫力之調整

構造物動力分析所得任一主軸方向之總橫力應依下列規定調整：

1. 不規則性建築物總橫力應調整至第二章靜力分析所算得之最小設計水平總橫力。
2. 規則性建築物總橫力應調整至第二章靜力分析所得最小設計水平總橫力之90%。
3. 不規則性與規則性建築物動力分析所得總橫力若分別超過靜力分析或 90%者，應採動力分析值。
4. 依 3.2 節規定，考慮基礎土壤互制阻尼比時，直接由表 3-2 或表 3-3 配合表 3-1 計算靜力分析之最小設計水平總橫力及動力分析所需之設計反應譜，再依上述方法調整分析所得之總橫力。

建築物耐震設計規範及解說

第七章　耐震工程品管

7.1 通則

為提昇建築結構耐震品質，建築結構之耐震設計與施工工程品管，除依相關法規已有明定者從其規定外，依本章之規定辦理，以保障公共之安全。

7.2 結構系統規劃

結構系統規劃宜考慮下列耐震較佳之設計：

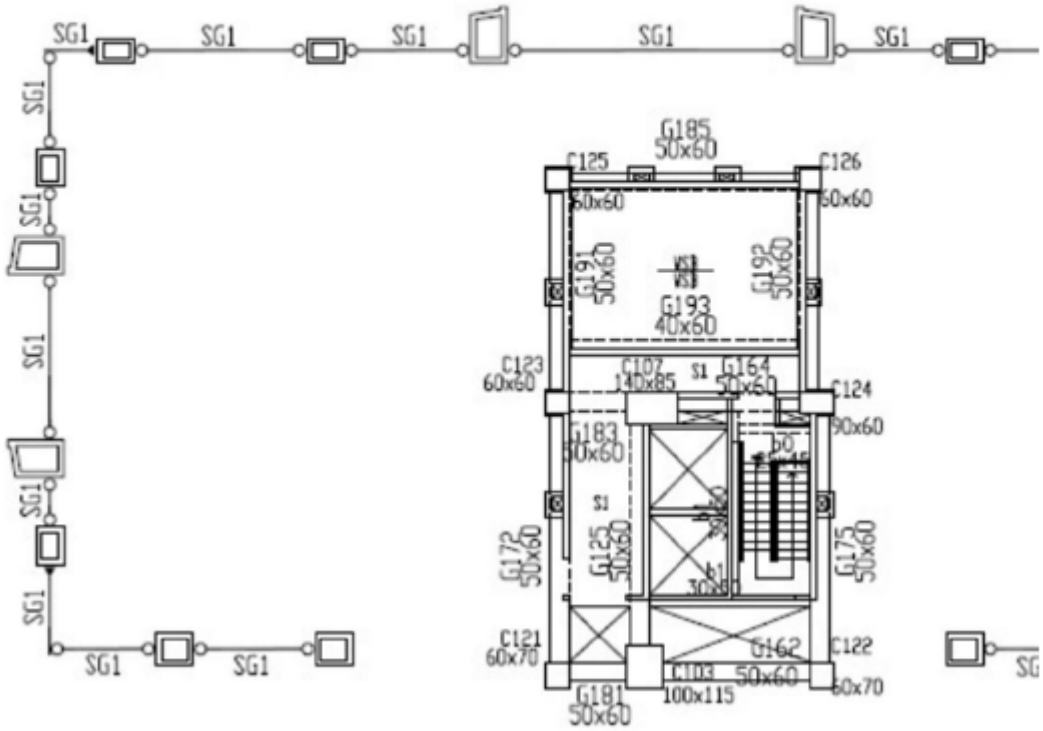
1.儘可能採用簡單，對稱及規則之外型。
2.採用較輕之建築物重量。
3.避免較高之細長比。
4.提供贅餘度及韌性以克服地震力作用之不確定性。
5.提供足夠之勁度以限制側向位移減少相關之損壞。
6.提供足夠之柔度以限制加速度減少相關之損壞。
7.提供韌性及穩定度於後彈性往復行為時之強度與勁度。
8.提供均勻之強度、勁度及韌性且連續分布。
9.依基礎及土壤型式提供適當之基礎結構強度與勁度。
10.使用較短之跨度及較近之柱距。
11.將每一樓層包括基礎之垂直構材聯繫在一起。
12.確定及提供一系列之韌性連接以吸收非線性之反應；使用容量設計之原則以避免脆性破壞。
13.考慮採用消能設施作為設計之策略。
14.考慮採用隔震設施作為設計之策略。

建築結構設計課題

	規劃設計階段	細部設計階段	施工階段
柱斷面假設	●		
層高	●		
完整之構架	●		
異型柱		●	●
基礎型式	●	●	●
屋頂突出物	●	●	
懸臂構造	●	●	
主結構之穿孔、埋管		●	●
過樑		●	●
隔間牆	●	●	●
伸縮縫	●	●	
非結體之影響		●	●
續接器/搭接		●	●
地下連續壁	●	●	●

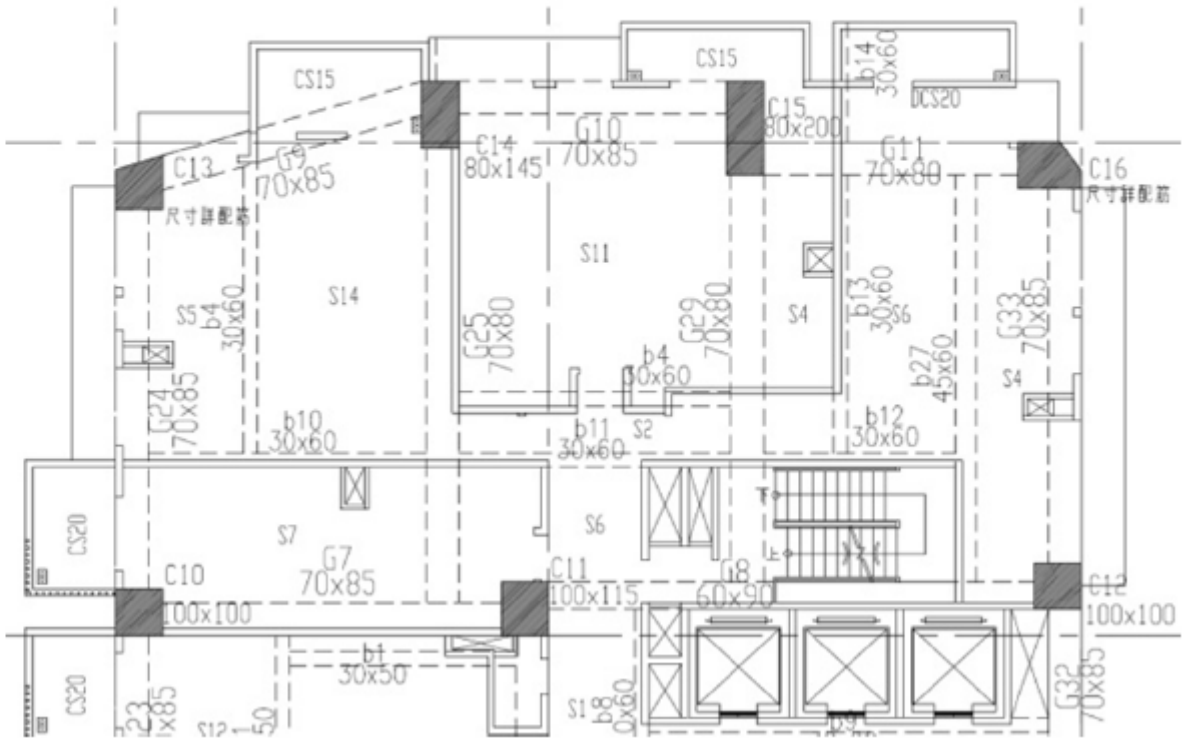
建築結構設計課題

例一、屋頂突出物結構



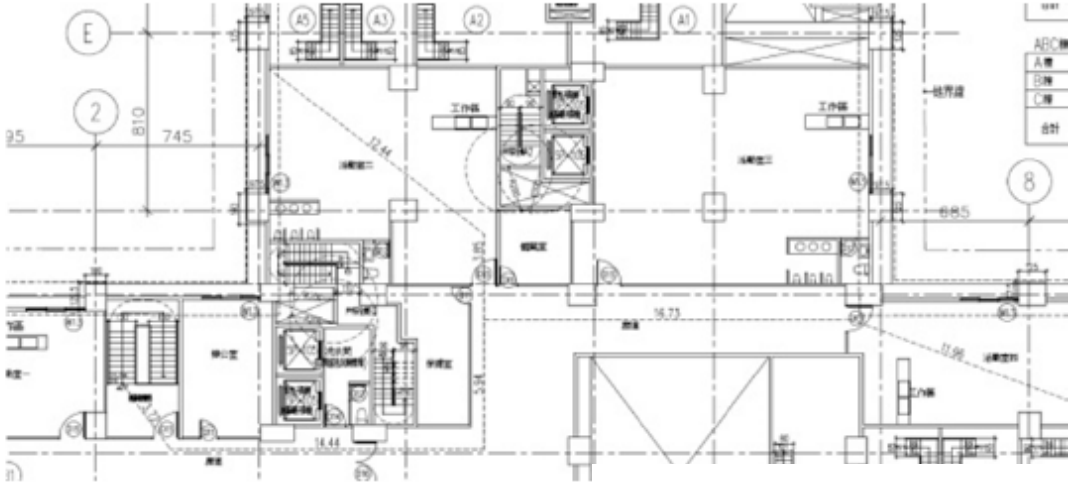
建築結構設計課題

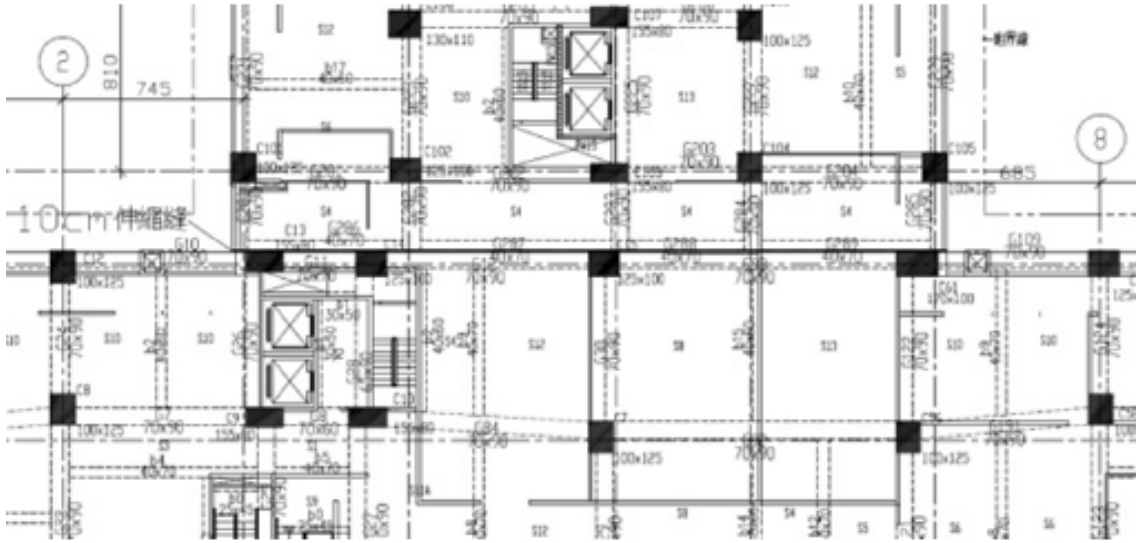
例二、異型柱之配筋問題



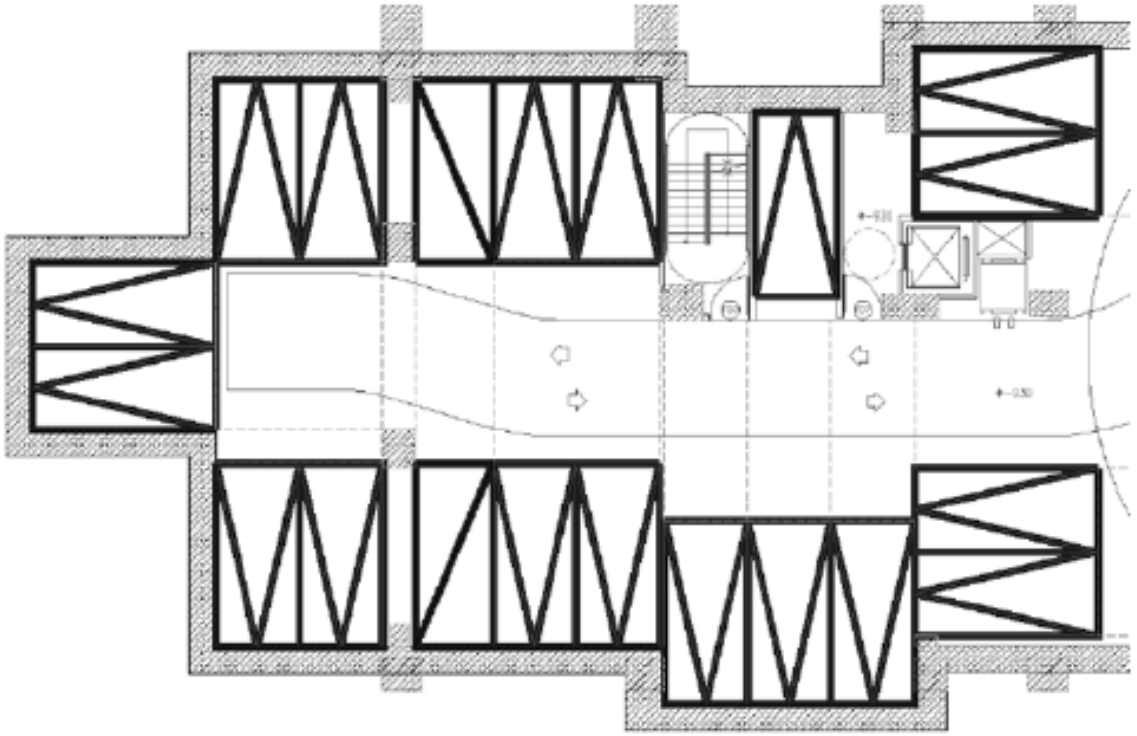
建築結構設計課題

例三、伸縮縫之設置



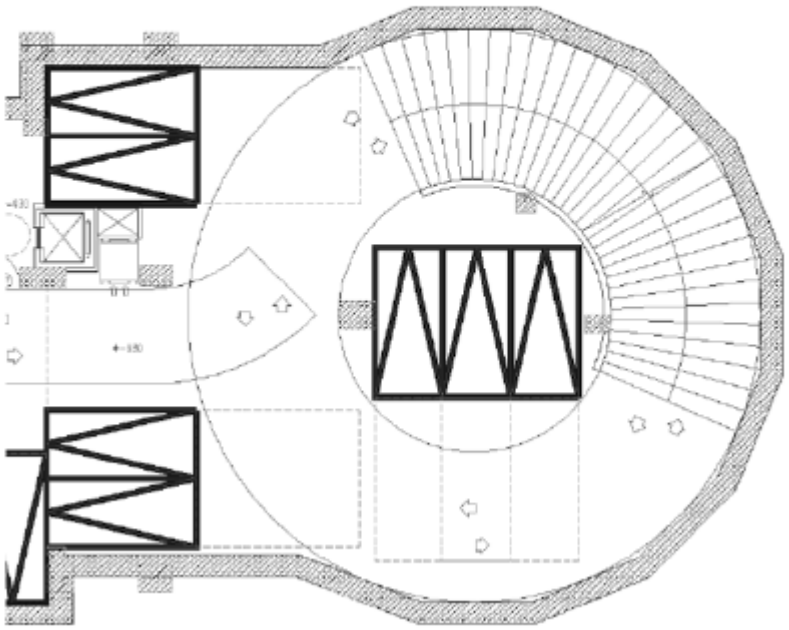


例四、地下層連續壁體外柱



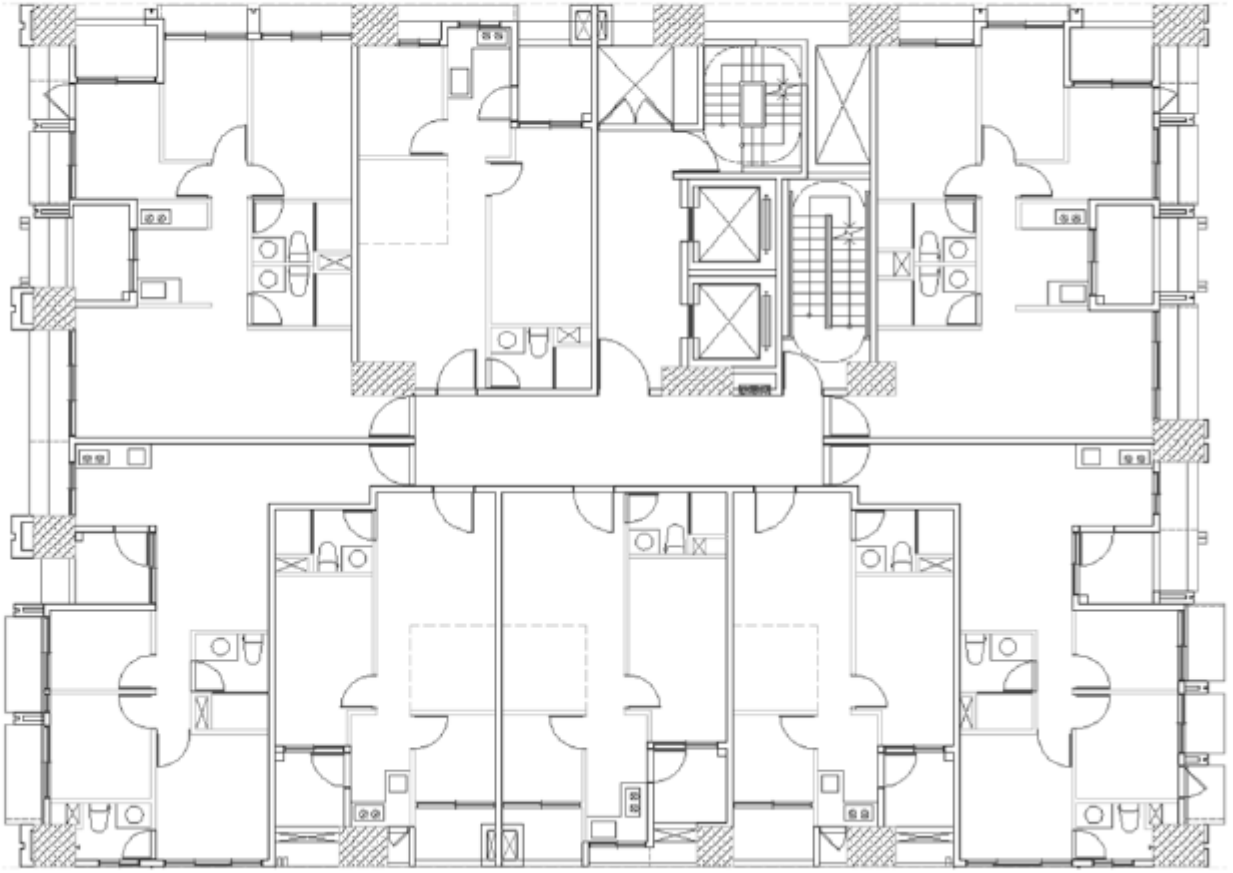
建築結構設計課題

例五、圓弧形連續壁體



建築結構設計課題

例六、主結構近端搭樑



建築結構設計審查重點　以桃園市結構抽查項目為例

執照號碼		建築地號	區　段　小段　地號等　筆
起造人		設計人	
設計規模	地上＿＿層、地下＿＿層	用途	
簽證技師	＿＿＿ □土木技師 □結構技師 □建築師 / 聯絡電話＿＿＿＿＿＿		
案件類別	1. □是□否 特殊結構外審案　2. □是□否 結構變更設計/載重變更 ＿＿＿＿＿＿		

審查項目		以下欄位請設計人自行填寫	頁數
結構計算書	1. 靜載重	□應附□免附	
	2. 活載重	□應附□免附	
	3. 地震力	□應附□免附	
	4. 風力	□應附□免附	
	5. 結構材料規格	□應附□免附	
	6. 平面結構配置	□應附□免附	
	7. 豎向結構配置	□應附□免附	
	8. 基礎結構配置	□應附□免附	
	9. 開挖安全措施配置	□應附□免附	
	10. 設計方法	□應附□免附	
	11. 電腦分析資料	□應附□免附	
	12. 應力分析	□應附□免附	
	13. 百分之五額外扭矩之計算與分析	□應附□免附	
	14. 載重組合	□應附□免附	
	15. 層間位移及碰撞距離	□應附□免附	
	16. 結構設計		
	梁設計	□應附□免附	
	柱設計	□應附□免附	
	版、牆設計(地下室側牆)	□應附□免附	
	基礎設計	□應附□免附	
	17. 安全措施分析、設計	□應附□免附	
	18. 其他特殊(屋頂特殊造型)檢討	□應附□免附	
結構圖說	19. 各層平面圖	□應附□免附	詳 S-
	20. 基礎平面圖	□應附□免附	詳 S-
	21. 安全措施圖	□應附□免附	詳 S-

一、依監察院 106 年 6 月 12 日院台內字第 1061930415 號函暨內政部 106 年 8 月 4 日內授營建管字第 1060811466 號函及 102 年 4 月 25 日內授營建管字第 1020804788 號函辦理。

二、依 106 年 9 月 22 日桃建照字第 1060059992 號函及 106 年 10 月 25 日第一次建照執照(變更設計)與雜項執照審查會議記錄，為加強本市建築執照結構抽查作業標準化、透明化及落實結構計算書納入必要抽查項目等事宜，本表內容為建築執照執行結構抽查之參考標準。

三、本表內容經簽證技師簽章(用印)後，並裝訂於建築執照申請之封面內頁，俾利建築執照結構抽查作業。

建築結構設計審查重點　以桃園市結構抽查項目為例

1. 靜載重
2. 活載重
3. 地震力
4. 風力
5. 結構材料規格
6. 平面結構配置
7. 豎向結構配置
8. 基礎結構配置
9. 開挖安全措施配置
10. 設計方法
11. 電腦分析資料、應力分析
12. 百分之五額外扭矩之計算與分析
13. 載重組合
14. 層間位移及碰撞距離
15. 結構設計：
    梁設計、柱設計版、牆設計(地下室側牆)、基礎設計
16. 安全措施分析、設計
17. 其他特殊(屋頂特殊造型)檢討
18. 各層平面圖
19. 基礎平面圖
20. 安全措施圖

建築結構設計審查重點　　高樓結構審查重點

1. 建築及基地概況-依據/基地概況/建築設計/工址地質及土壤狀況
2. 結構系統-主構架結構(含二元系統)/基礎系統/非結構系統之影響
3. 設計載重-靜載重/活載重/地震力/風力
4. 結構分析-結構分析模式/基礎、地樑、基樁分析模式/層間變位/碰撞距離
5. 結構材料-鋼筋、混凝土、鋼骨或其他
6. 結構設計細部-結構柱、樑、牆、板/韌性設計/非結構牆/基礎
7. 臨時開挖擋土措施-連續壁或擋土壁分析/支撐系統/開挖面穩定/監測系統
8. 結構設計圖說-標準圖、各層平面圖、必要立面圖、(RC)配筋圖、(STEEL)設計圖、基礎、連續壁、臨時擋土措施設計圖說

耐震設計標章著重耐震部分，地面下構造視情況仍需檢視

結構計算書案例探討

講題結束 敬請指教