

校舍安全的準備與因應

--從規劃設計到震後簡易評估

王价巨 教授 (Ph.D., CEM, AICP)

銘傳大學 / 建築學系

行政院 災害防救專家諮詢委員會 委員

內政部 TCERT計畫 主持人

1



王价巨 Wang, Jieh-Jiuh

美國哥倫比亞大學 博士、碩士 / 國立臺灣大學建築與城鄉研究所碩士 / 東海大學建築學士

專業領域

災害及風險管理、防災教育、都市規劃與都市設計、永續發展、文化資產永續經營

兼任職務

- » Czech Academy of Sciences Evaluation Expert
- » COVISION Team member, Children as Innovators- Harnessing the Creative Expertise of Children to Address Practical and Psycho-social Challenges of COVID-19 Pandemic, University College Dublin
- » 聯合國災害調查專家委員
- » 美國合格災害管理師/都市規劃師
- » 日本防災介助士
- » 臺灣第一期防災士、防災士基本師資
- » 臺灣TCERT教官

- » 行政院災害防救專家諮詢委員會 委員
- » 文化部文化資產局 產業文化資產再生精進計畫 主持人
- » 文化部文化資產局 再造歷史現場 古厝北區輔導團 主持人
- » 文化部文化資產局 臺灣水文化資源網絡建構計畫 主持人
- » 2017-2021教育部建構韌性防災校園與防災科技資源應用計畫 主持人
- » 教育部「公立國中小校舍耐震能力及設施設備改善計畫」審查團
- » 內政部國家公園計畫委員會 委員
- » 內政部強韌臺灣計畫 顧問
- » 內政部TCERT計畫 主持人
- » 內政部消防署災害防救深耕計畫 共同主持人
- » 內政部消防署義消中程計畫 主持人
- » 經濟部水利署水災智慧防災計畫韌性防災服務團 委員
- » 環保署第12屆環境影響評估審查委員會 委員
- » 國家文官學院 風險管理、危機管理、專題寫作講座
- » 外交部外交與國際事務學院 風險管理與危機管理講座
- » 行政院人事行政總處公務人力發展學院 風險與成本管理意識講座
- » 臺北市、新北市、臺中市、桃園市、新竹縣、苗栗縣災害防救專家諮詢委員會 委員
- » 金門縣氣候變遷調適計畫專家學者平台 委員
- » 臺北市、新北市、宜蘭縣、桃園市、新竹縣、新竹市、苗栗縣、南投縣、花蓮縣、金門縣 防災教育輔導團諮詢委員
- » 基隆市區域計畫委員會 委員
- » 臺北市都市計畫委員會 委員
- » 臺北市市政顧問 (公共安全組)
- » 臺灣防災產業協會 常務理事 / 監事
- » 臺灣防災教育訓練學會 常務理事

2

2

先保護自己... 你會避難嗎?

(3)



A



B



C



D

3

避難兩層次目的

避難目的

墜落物

避免被墜落物
砸傷

緩衝空間

上方若東西坍塌，最好能有
緩衝空間伸展，等待救援

(4)

4

緊急應變小組

通報組
[通報班]

- ☐ 災情通報並請求支援
- ☐ 通報已疏散人數、收容地點、災情等
- ☐ 蒐集、評估、傳播災害相關資訊
- ☐ 回報災情狀況
- ☐ 啟動社區志工與家長協助
- ☐ 學生家長之緊急聯繫

避難引導組
[避難引導班]

- ☐ 協助避難或疏散至集結點
- ☐ 避難人數清點
- ☐ 維護人員及集結點安全
- ☐ 進行必要的安撫
- ☐ 引導移動、避難與安置
- ☐ 回報人數與安全狀況
- ☐ 於集結地點提供協助
- ☐ 學生領回作業

搶救組
[滅火班]

- ☐ 急救常識宣導、裝備檢修
- ☐ 搶救及搜救
- ☐ 清除障礙物
- ☐ 協助疏散
- ☐ 關閉總電源及瓦斯
- ☐ 設置警示標誌及管制
- ☐ 支援避難引導組
- ☐ 搬運防災救急箱器材
- ☐ 必要時進行初期滅火

安全防護組
[安全防護班]

- ☐ 進行安全檢查
- ☐ 協助收容物資造冊、保管及分配
- ☐ 設置警示標誌及交通管制
- ☐ 硬體復舊及安全維護
- ☐ 維護臨時收容空間安全
- ☐ 配合確實疏散校園內人員
- ☐ 防救災設施操作

緊急救護組
[救護班]

- ☐ 設立醫護站
- ☐ 進行檢傷分類
- ☐ 緊急基本急救
- ☐ 重傷患者醫護送
- ☐ 情緒支持、安撫及輔導
- ☐ 建立傷患名冊

(5)

5



6

大綱

- 1 地震災害思維
- 2 建築設計與地震風險
- 3 災前：校園災害管理
- 4 災後：震後自我檢查
- 5 持續檢視



7

01 | 地震災害思維



8

01 | 地震災害思維



01 | 地震災害思維



01 | 地震災害思維



11

11

01 | 地震災害思維



12

12

01 | 地震災害思維

地震來臨前，國家級警報一定會響？ 可能要讓你失望了！

★地震預警無法永遠 5 星好評的幾個可能：

預警盲区 震後才響

您距離震央太近，完成計算並發布警報時，地震已經發生，震後才收到警報。

未達發布標準 警報不響

預估地震規模 <5，或是當地震度 <4 級時，不發布警報。



手機設定錯誤 警報不響

若開啟飛航模式、手機老舊、正在通話中或設定拒收資訊，您無法收到警報。

高樓層效應 警報不響

您位處高樓層而搖晃劇烈，但該處地表震度 <4 級時，不發布警報。

現有技術限制 警報不準 / 震後才響

震源位於外海、震源太深，都有可能影響預警的成效，且地震觀測史太短，現有經驗公式不足，預警技術未臻完美。

雖然地震預警技術仍然無法阻擋地震和保障所有人的避難時間，但仍是學界公認最有效的防震減災方法之一，中央氣象局也將繼續致力於提升地震觀測網的密度、運算技術、硬體設備。



地震尚無法預測

- >> 科學限制
- >> 技術限制
- >> 預警優先
- >> 研究深化
- >> 部會整合
- >> 知能提升

01 | 地震災害思維

米^ㄇ 編^{ㄨㄣˊ} 小^{ㄒㄩㄥˊ} 學^{ㄒㄩㄥˊ} 堂^{ㄉㄨㄥˊ}

校園防災花路米



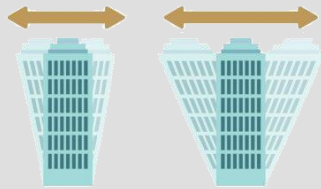
地震規模

描述地震大小的尺度，依所釋放的能量而定。地震規模以實數表示，例如 3.5。

地震震度

地震時地表面上的人所感受到振動的程度或物體因受振動所遭受的破壞程度，與地表面振動加速度相關。地震震度以級數表示，例如 4 級。

01 | 地震災害思維



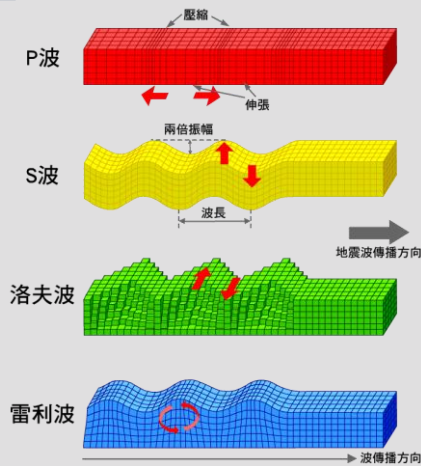
震波週期	短週期	長週期
地震動加速度	大	小
地震動速度	小	大



短い周期の地震の揺れ
戸建住宅の揺れが増幅して、高層ビルはそれほど影響を受けていない様子。



長い周期の地震の揺れ
高層ビルの揺れが増幅して、戸建住宅はそれほど影響を受けていない様子。



地震波振幅加大 → 揺**更大**
地震動延時加長 → 揺**更久**

01 | 地震災害思維



中央氣象局現行地震震度分級表

震度	0級	1級	2級	3級	4級	5級	6級	7級
加速度 cm/sec ²	0.8	2.5	8.0	25	50	250	400	

(沒有考慮加速度持續時間)

中央氣象局新制地震震度分級表(109年1月1日起)

震度	0級	1級	2級	3級	4級	5弱	5強	6弱	6強	7級
加速度 cm/sec ²	0.8	2.5	8.0	25	50					
速度 cm/sec					5	30	50	80	100	

(速度劃分, 已考慮加速度實際之影響)

01 | 地震災害思維

2020年上路震度分級新制

舊制震度	新制震度	感受及屋內情形
0	無感	0 人無感覺
1	微震	1 靜止或高樓層可感覺微晃
2	輕震	2 多數人感覺到搖晃，屋內電燈微晃
3	弱震	3 幾乎所有人感覺搖晃，房屋震動
4	中震	4 睡眠中會驚醒，房屋劇烈搖晃
5	強震	5弱 難以走動，部分未固定物品傾倒 5強 家具移動翻倒，部分門窗變形
6	烈震	6弱 站立困難，耐震差房屋可能倒塌 6強 難以走動，耐震強房屋亦可能受損
7	劇震	7 幾乎所有家具移動翻倒，耐震強建築物可能損壞倒塌，電力、通訊及自來水可能中斷

資料來源：交通部中央氣象局

舊版5級	新版5強級
大多數人驚慌	所有人的驚慌
牆壁有裂痕	家具翻倒 門窗變形

屋內6級分別

舊版6級	新版6弱級	新版6強級
部分建物受損 重家具翻倒	大量家具翻倒 耐震力差房子倒塌	耐震力強的房子 都有可能受損

先把情境想清楚
強度、持續時間

01 | 地震災害思維



場址效應 (盆地效應)

臺北盆地具備充足場址效應條件：堅硬的岩盤和鬆軟土層。西深東淺盆地外型，不僅造成不同週期震波放大，地震波進入盆地更易聚焦，進而共振及延長震動持續時間。

01 | 地震災害思維

低潛勢
地下水位低，強烈地震時，會發生液化的土層較薄

中潛勢
地下水位中間，強烈地震時，會發生液化的土層厚度中間

高潛勢
地下水位高，強烈地震時，會發生液化的土層較厚

土壤液化事件簿
Q: 土壤液化需要什麼條件?
三大要素 缺一不可
1. 足夠的孔隙率 (孔隙率 > 40%)
2. 有自由水
3. 足夠的埋藏深度

土壤液化事件簿
Q: 所有地區都會發生土壤液化嗎?
其實土壤液化只容易發生在以下地形:
1. 海邊
2. 沖積扇、河口三角洲
3. 地勢低窪地、人工填土區
4. 海溝
5. 扇形地、沖積平原、自然堤兩側
6. 谷地

土壤液化潛勢區應對措施
購買土壤液化潛勢區時務必問建商有沒有做相關防治工作
1. 基礎打入堅硬岩盤
2. 土壤置換
3. 基礎埋深 (地下) 土壤置換或打樁

01 | 地震災害思維

臺灣土壤液化潛勢圖 LIQUEFACTION SUSCEPTIBILITY MAP OF TAIWAN

總面積	高潛勢	中潛勢	低潛勢
臺北市	21.41%	27.25%	51.34%
新北市	25.11%	21.83%	53.07%
高雄市	39.55%	45.13%	15.32%
宜蘭縣	44.24%	12.90%	42.87%
新竹市	0.84%	4.42%	94.74%
新竹縣	0.53%	0.53%	98.94%
臺南市	38.31%	34.17%	27.52%
屏東縣	10.17%	19.13%	70.70%
臺中市	15.49%	8.37%	76.14%
彰化縣	47.23%	25.60%	27.17%
雲林縣	32.05%	38.03%	29.91%
嘉義縣	53.15%	24.84%	22.01%
嘉義市	0.33%	0.86%	98.81%
花蓮縣	0%	2.33%	97.67%
基隆市	0%	3.34%	96.66%
桃園市	0.16%	2.95%	96.89%
苗栗縣	0%	5.97%	94.03%
南投縣	0%	0%	100%
苗栗縣	0%	0.12%	99.88%

看懂土壤液化潛勢圖

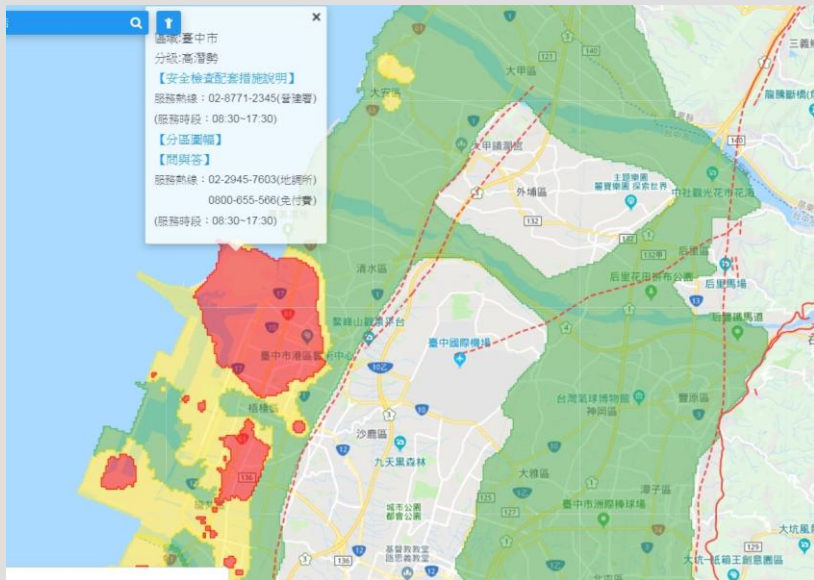
查詢方式
▶ 開放查詢八縣市：第一批開放查詢八縣市：新北市、台北市、新竹縣、新竹市、台南市、高雄市、屏東縣及宜蘭縣。
▶ 14日起至經濟部中央地質調查所「土壤液化查詢系統」查詢。

查詢步驟
1. 進入中央地質調查所右方「土壤液化查詢系統」
2. 勾選「已閱讀」上列說明
3. 兩選項：▶ 輸入欲查地址即顯示定位符號，所屬區域色塊為紅、黃、綠
▶ 不輸入地址，直接使用台灣地圖縮放查詢區域

顏色分級
▶ 紅色：高度潛勢區，強震時可能出現明顯液化現象，地基可能發生中度或嚴重影響。
▶ 黃色：中度潛勢區，強震時地基可能輕微及中度影響。
▶ 綠色：低度潛勢區，強震時地基可能無或輕微影響。

備註：中央地質調查所「土壤液化查詢系統」網址：<http://www.gov.tw/2016.htm>
資料來源：經濟部、中央地質調查所 製表：記者林... 20

01 | 地震災害思維



21

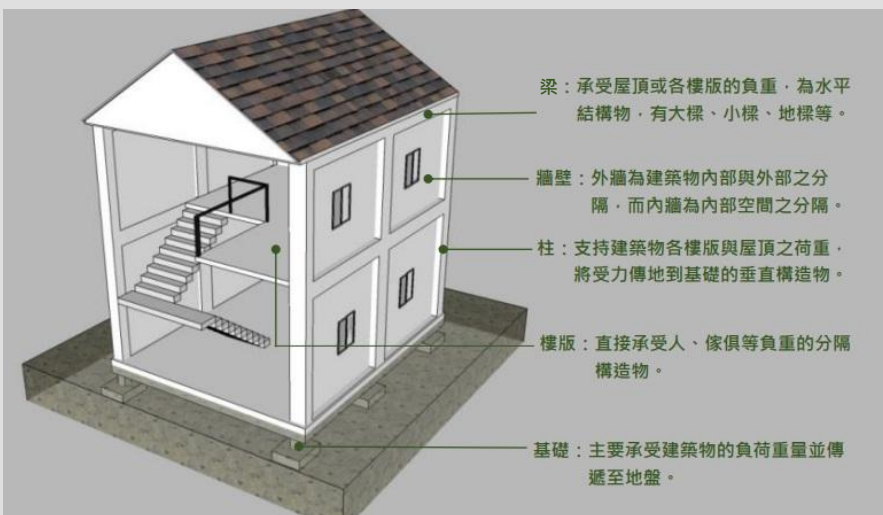
21

02 | 建築設計與地震風險



22

02 | 建築設計與地震風險



建築設計一般透過平面、立面、剖面、透視來表達三度立體空間

23

23

02 | 建築設計與地震風險

耐震法規沿革	
時間	用途係數
民國63年以前	無
民國63年~71年	0.1g
民國71年~86年	0.15g
民國86年~95年	0.23g
民國95年以後	0.24g

不同時期的建築法規

- 《建築物耐震設計規範》、《混凝土結構設計規範》，兩規範新版本重疊後的時間，新建築才具備較為完善之抗震力
- ✓ 《混凝土結構設計規範》2003年1月1日實施
- ✓ 《建築物耐震設計規範》2005年12月21日後相對完整
- ✓ 2022/10新版「建築物耐震設計規範及解說」

- 立法院於2022年4月通過《建築法》第77條之1修正：原有合法建築物「構造」安全不符規定，經評估檢查應改善者，將強制要求改善及補強，違者處6萬至30萬元罰鍰
- 1999年12月31日前取得建照的特定用途建築物，如旅館、醫院、百貨公司、學校、商場、量販店等，樓地板面積累計達1,000平方公尺以上且單一所有權者，強制辦理耐震能力評估檢查及申報。
- 「原有合法建築物防火避難設施及消防設備改善辦法」及「建築物耐震設計規範及解說」等配套子法修正

24

24

02 | 建築設計與地震風險

圖1 挑安全好建物，先看標準樓層平面圖

□ 索取建物標準樓層平面圖

觀察重點：

- ① 平面結構愈方正愈好
- ② 建物短邊最好多於2根柱
- ③ 最好避免過多搭梁的建物

□ 觀察建物外觀「少」或「多」的部分

觀察重點：

- ① 最好不要有因裝潢而打掉牆面的樓層，易有軟弱層問題
- ② 盡量避免有陽台外推、頂樓加蓋的建物，頭重腳輕較不耐震

□ 環繞建物四周，看有無裂縫或外牆磁磚掉落

觀察重點：

- ① 結構體外部有裂縫很常見，但大於0.3公釐、且數量很多要特別注意
- ② 外牆磁磚若有掉落且無人管理，顯示該建物維護管理有疑慮，應留心

□ 看公設，觀察梁柱及剪力牆有無裂縫

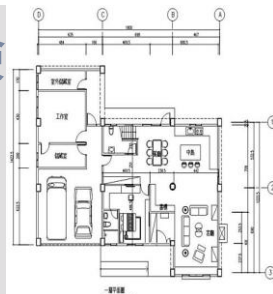
觀察重點：

牆面或梁柱若出現X型裂縫或斜裂縫，最好避開

□ 走樓梯上樓，觀察電梯、樓梯的牆面

觀察重點：

同樣最好不要有X型裂縫或斜裂縫



25

02 | 建築設計與地震風險

基礎的設計方針

1. 基礎的設計原則

地盤 $\left\{ \begin{array}{l} \text{強度} - \text{支撐力} - \text{必要支撐力} \\ \text{變形} - \text{沈陷} - \text{容許沈陷量} \end{array} \right.$

2. 基礎的耐震設計

- 鑽地試驗
- 承受地震力的必要設計
- 容許應力的計算
- 土壤液化的辨識與考量

26

26

02 | 建築設計與地震風險

平面

設計一般從平面入手，兼顧立面與剖面設計。

1. 處理建築與周圍環境的關係；
2. 反映平面各空間的功能特徵和相互關係；
3. 滿足不同空間使用功能；
4. 協調結構設計。



結構類型

建築結構與材料是構成建築物的實質基礎，影響建築平面配置。建築平面配置應在滿足使用功能前提下，導入經濟合理的結構方案。

學校常用結構類型有三類：

框架結構／混合結構／空間桁架或特殊材質結構

27

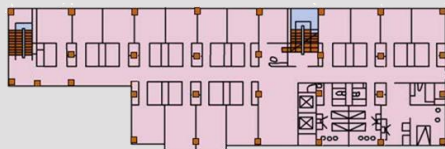
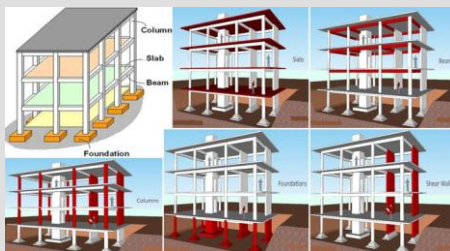
27

02 | 建築設計與地震風險

框架結構

框架結構是由梁、板、柱組成承重體系，內外牆均為非承重構件，這種結構形式強度高，整體性佳，剛度大，抗震性好，平面配置靈活性大，開窗較自由，唯鋼材、水泥用量較大，造價較高。

適用於房間較大或配置靈活性要求高的商業、學校及旅館等公共建築。



28

28

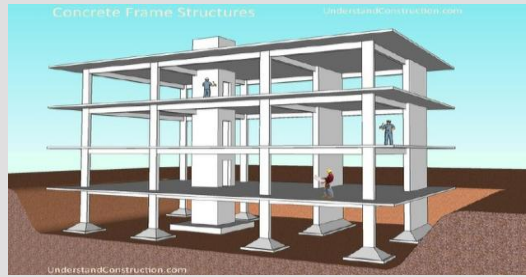
02 | 建築設計與地震風險

混合結構

建築物主要承重構件包括：基礎、牆柱、梁板和屋頂等，通常將承重牆和樓板屋頂為不同類材料的結構形式。以磚牆和鋼筋混凝土樓板構成的混合結構最普遍。

優點是材料易得，構造簡單，造價較低；缺點是房間進深尺寸受鋼筋混凝土梁板跨度限制，不宜過大，開窗不夠靈活，適用於房間開間和進深尺寸較小，層數不多的中小型建築，如住宅、學校、醫院及辦公大樓等。

- 混合結構根據承重牆的配置通常分為：橫牆承重、縱牆承重、縱橫牆承重三種方式。
- 房間開間尺寸大部分相同，且符合鋼筋混凝土樓板經濟跨度的建築，常採用橫牆承重。
- 房間進深較一致且符合鋼筋混凝土樓板的經濟跨度，但開間尺寸多樣，要求房間劃分方便、佈置靈活時，常採用縱牆承重。



29

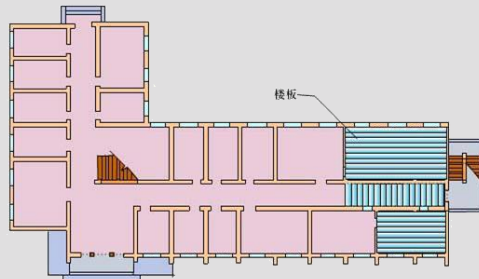
29

02 | 建築設計與地震風險

混合結構

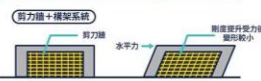
從混合結構的受力合理性要求出發，平面配置應儘量：

- 房間開間和進深尺寸應儘量一致，並符合鋼筋混凝土樓板的經濟跨度。
- 剪力牆上下對齊，儘量避免在大空間上佈置小空間，通常將大空間配置在頂層或獨立設置。
- 剪力牆平面配置應均勻，確保結構剛度均勻。

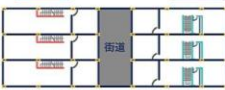


剪力牆結構原理

剪力牆可提高耐震性，且各軸向要均勻配置



耐震較差 耐震較佳



— X 軸 (垂直於街面) 剪力牆 — Y 軸 (平行於街面) 剪力牆

左圖：樓層樓面均布面，造成 Y 軸剪力牆數量不足，樓層剛度在 X 軸向不均。

右圖：樓層平行於街面，滿足 Y 軸向剛度力不均勻的問題。

資料來源：台灣中研院、香港建築師學會

30

30

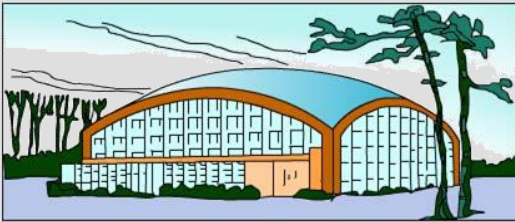
02 | 建築設計與地震風險

空間桁架

隨著建築材料和結構技術進步，出現各種大跨度的新型空間結構，如薄殼、懸索、網架等。這類結構用材經濟，壁薄、自重輕、應力分佈均勻，能發揮材料的最大力學效能，並獲得較大剛度，適合大跨度公共建築。

例如：薄殼結構

薄殼結構是一種新型薄壁空間結構，充分利用鋼筋混凝土或是薄膜的可塑性形成各種形狀，如筒殼、折板、波形殼、雙曲殼、半球形殼等。



31

31

02 | 建築設計與地震風險

資料來源：內政部營建署《建築物耐震設計規範》

小震不壞



根據歷史地震統計，平均每30年就會發生一次的最大地震，其強度不使建築物受損，地震過後能夠維持正常機能。

中震可修



根據歷史地震統計，平均每475年會發生一次的最大地震，其強度只會使建築物局部受損，經過修繕仍可居住。

大震不倒



根據歷史地震統計，平均每2,500年會發生一次的最大地震，其強度可能使建物全面受損，但不會倒塌，大樓裡的人可逃離。

▶ 假設建築物使用年限為50年，30年頻率地震機率約1~2次；475年頻率地震機率約10%；2,500年頻率地震機率約2%

32

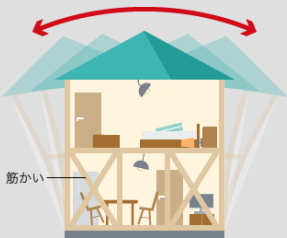
32

02 | 建築設計與地震風險

耐震 經得起地震搖晃

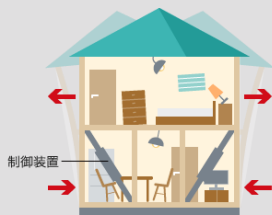
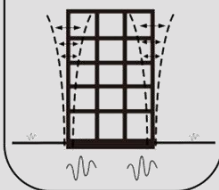
制震 吸收地震的震動

免震 避免地震的震動



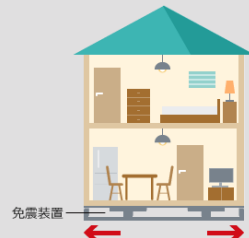
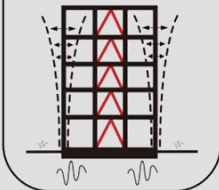
耐震

增加基礎建材主結構例如柱、樑、壁強度等等，抵抗地震。



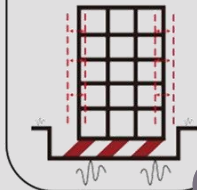
制震

利用阻尼器或制震壁減弱建物所承受的地震能量。



免震

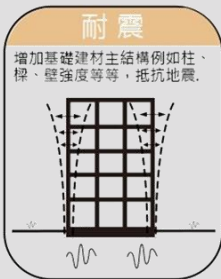
在建地和建築物中間增加隔震層，吸收地震力造成影響。



33

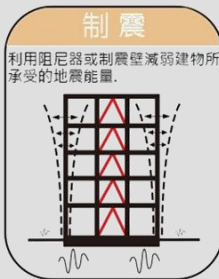
33

02 | 建築設計與地震風險



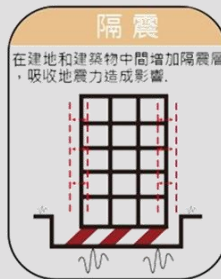
耐震

增加基礎建材主結構例如柱、樑、壁強度等等，抵抗地震。



制震

利用阻尼器或制震壁減弱建物所承受的地震能量。



免震

在建地和建築物中間增加隔震層，吸收地震力造成影響。

隔震對所有建物一定都是好的嗎？

未必！

高樓沒必要也不適合採隔震設計。

- 因為依循的原理，高樓隔震設計比傳統未隔震高樓風險更高。
- 盆地（軟弱地盤）可能有共振效應，高樓隔震設計更危險。

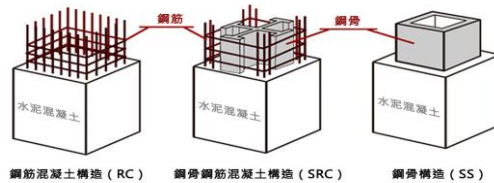
34

34

02 | 建築設計與地震風險

RC/SRC/SC 結構體比一比

	RC 鋼筋混凝土	SRC 鋼骨鋼筋混凝土	SC/SS 鋼構
造價	較便宜	貴	貴
工期	工期長	工期最長	工期短
適合建築高度	一般大樓建築	超高樓層建築	超高樓層建築
對空間影響	結構柱大，最佔空間	結構柱中等	結構柱小，最不佔空間
防火性	防火性高	防火性高	防火性差
防水性	防水性高	防水性高	防水性差
材料韌性	材料韌性差	材料韌性比RC好	材料韌性最好
隔音效果	隔音性佳	隔音性佳	隔音性較差
受風搖晃舒適度	較佳	中等	較差

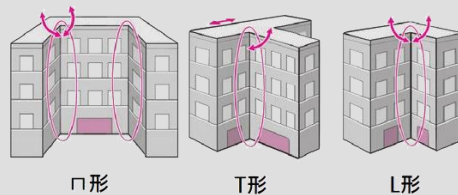
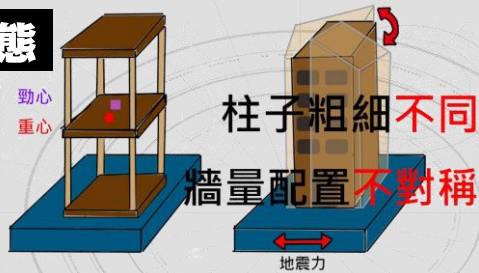
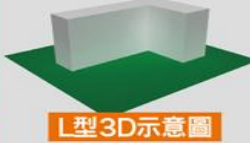
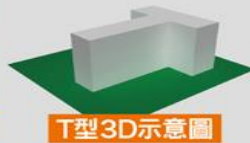
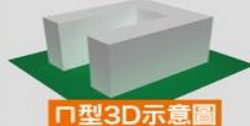


35

35

02 | 建築設計與地震風險

常見不良的建物配置型態



36

36

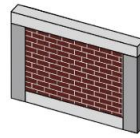
02 | 建築設計與地震風險

校舍之垂直構件

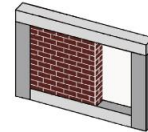
- 鋼筋混凝土柱
- 鋼筋混凝土牆
- 四面圍束磚牆
- 三面圍束磚牆



鋼筋混凝土柱



四面圍束磚牆



三面圍束磚牆



鋼筋混凝土牆

37

37

02 | 建築設計與地震風險

921
地震
大樓
倒塌
受損
的
十大
危險
基因

結構平面及立面不規則

一戶四根柱~單跨建築、柱子太少

軟腳建築~軟弱層問題

短柱、短梁效應與搭梁及轉角街屋圓弧梁等不佳設計

柱主筋與箍筋等之搭接、綁紮不良

梁柱接頭未綁紮確實及梁筋在梁柱接頭之錨定長度不足

箍筋間距過大且未做 135 度彎鉤

梁柱主筋搭接長度不足

梁柱鋼筋設計過密間距太小

混凝土品質不良



早期建築法規較寬鬆，
921地震時，許多老舊校舍因柱
子的箍筋間距過大，而不耐震



專家：維冠似921東星
「軟腳蝦」建築



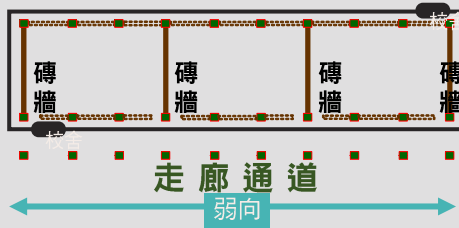
38

38

02 | 建築設計與地震風險

學校校舍結構特性

- 地震受災相對嚴重
- 結構系統較類似
- 沿走廊通常為弱向
- 一樓為軟弱層
- 弱柱強梁
- 混凝土強度偏低



校舍結構耐震力
>> 取決於一樓之柱、牆

39

39

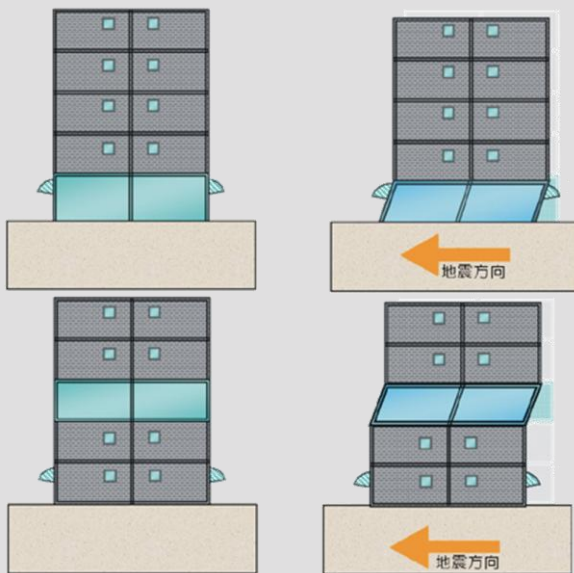
02 | 建築設計與地震風險



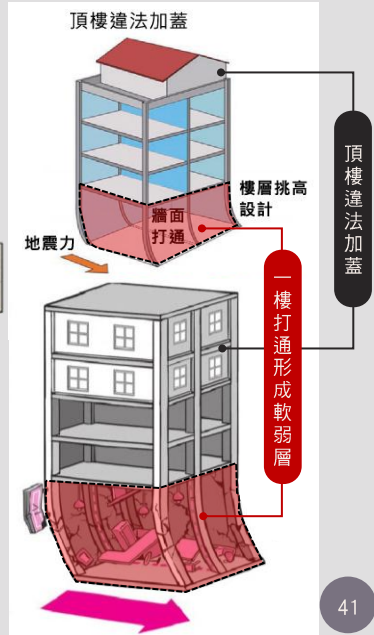
40

40

02 | 建築設計與地震風險



資料來源：
國家地震工程研究中心



41

02 | 建築設計與地震風險

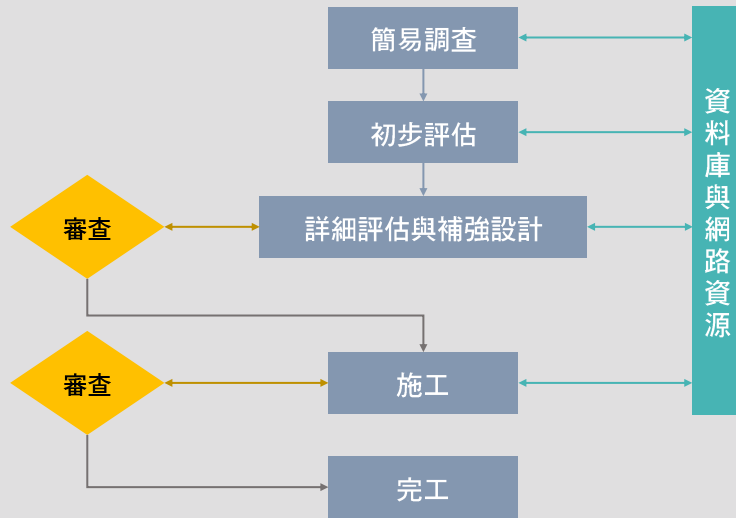
附加設施太多



42

02 | 建築設計與地震風險

耐震補強調查與施工



43

02 | 建築設計與地震風險

老舊校舍補強面面觀

資料來源/
國家實驗研究院



原則上都會對稱

44

02 | 建築設計與地震風險

• 強柱弱梁 (strong column and weak beam)

- ✓ 若真要破壞，柱子不能先於梁。梁破壞屬於局部性構件破壞，柱子破壞將危及整個結構安全。

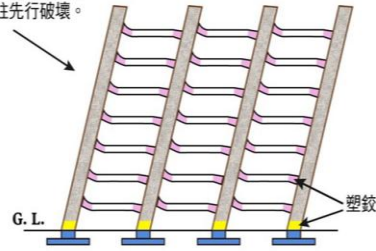
• 梁越大支越好嗎？

- ✓ 不，梁太大太重，柱不夠強，可能會承受不住。

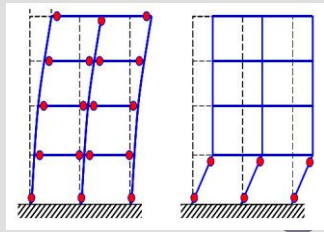
• 混凝土越強越好嗎？

- ✓ 不，混凝土很重，適量就好。

當地震強度超過設計，梁會比柱先行破壞。



強柱弱梁設計



45

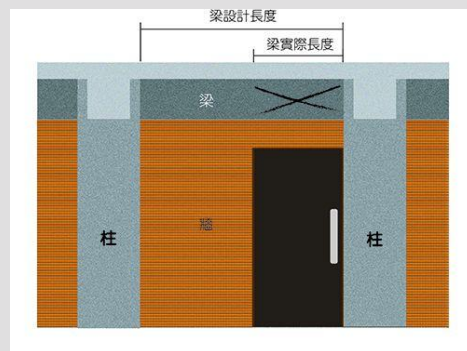
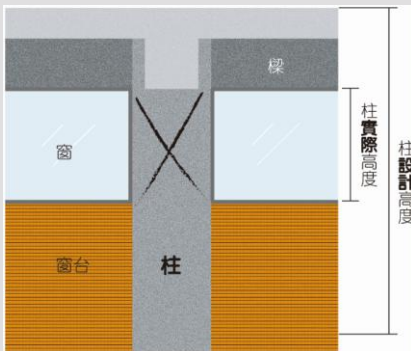
02 | 建築設計與地震風險

• 柱梁越多越好嗎？

- ✓ 空間不夠大，柱梁太多，有可能產生短柱、短梁效應，都不好。

- ◆ 短柱效應：柱子兩側開窗，柱子下端則由窗台圍束，柱子上端則被窗框圍束，窗框的強勁度遠低於窗台，無形之中柱子長度就變短，承載重量也減少，形成短柱效應。柱的淨高與截面長邊尺寸之比小於4。

- ◆ 短梁效應：梁跨度太短或梁下方局部有牆，下方有牆的梁強度提高；無牆位置(如門上梁)因為地震力量集中在短梁，造成梁破壞。跨度與高度之比 $L/h=2(2.5) \sim 5$ 。



46



03 | 災前：校園災害管理

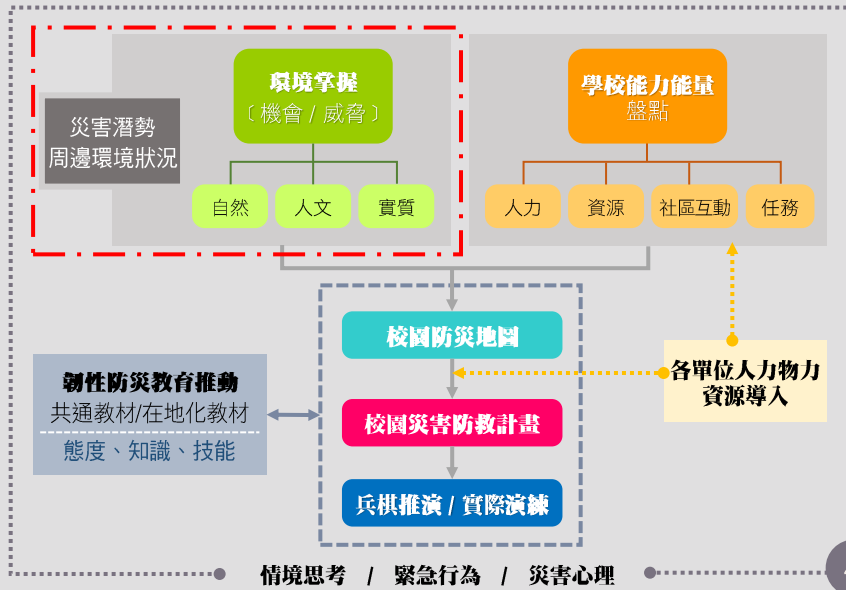
47



48

03 | 災前：校園災害管理

校園災害防救工作之完整性



49

49

03 | 災前：校園災害管理



一般梁穿孔

- ❑ 不穿柱接頭附近
- ❑ 不穿長梁正中間
- ❑ 短梁不穿孔 [梁的深度和長度比小於1/6]
- ❑ 若真有需要，且經過確認，最好開在非短梁的1/4長度位置

50

50



04 | 災後：震後自我檢查

51

04 | 災後：震後自我檢查

樓板

- 是否有混凝土嚴重剝落、鋼筋外露等情形

剪力牆

- 一般建物不一定會設計剪力牆，民眾也不易分辨何者為剪力牆。
- 厚度超過20公分的鋼筋混凝土牆，周圍有樑柱框架，無門窗等開口，就可能是剪力牆。
- 牆面是否有近四十五度之裂縫或交叉裂縫，甚至上下錯位、混凝土剝落、鋼筋外露等現象。
- 剪力牆是抗震的重要結構元件，若有上述情形應盡速補強

梁

- 特別注意梁端（尤其靠近柱子位置）或靠近牆的位置，是否有近四十五度或交叉的斜向裂縫，甚至混凝土剝裂、鋼筋外露。
- 若柱間距較大，下面無隔間牆的長樑，中央部位有垂直向裂紋，只要樑無明顯下垂變形，餘震後應妥為修復並持續監控。

柱

- 梁柱接合處、柱子頂端或底部、門窗邊柱子則注意柱子在門窗開口部位是否有近四十五度或交叉的斜向裂縫，甚至混凝土剝裂、鋼筋外露現象。
- 柱子頂端或底部若有明顯裂縫或錯位，亦應注意

52

52

04 | 災後：震後自我檢查



Step.1

- 查看整棟大樓，詢問左鄰右舍、樓上樓下是否也有損害。
- 共同查看整棟大樓是否有**異常傾斜、沈陷現象**，檢查門窗是否**擠壓變形**，牆壁有無**龜裂**，柱、樑、**樓板**有無裂損。
- 要從**1樓**檢查起。

Step.2

- 檢查1樓，注意**柱子**是否有嚴重裂縫或是混凝土塊壓碎剝落、鋼筋外露等現象。
- **1樓為開放空間的挑高挑空大樓，或1樓原為老舊住宅被改變成超商、餐廳或大賣場的建築物**，應特別檢查

整棟大樓是生命共同體，
安檢應從一樓開始



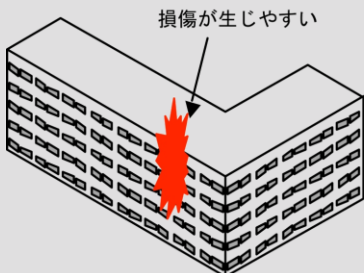
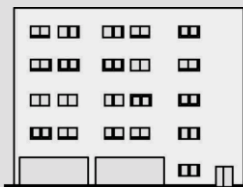
53

04 | 災後：震後自我檢查

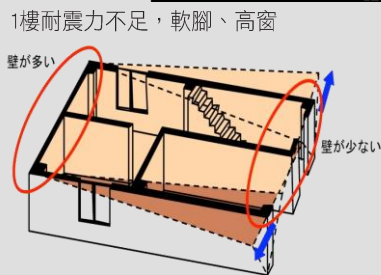
鋼筋混凝土 (RC) 建築物的損壞

RC建物的破壞特性：

- 舊法規的建物
- 1樓耐震力不足的建物
- 剪力牆偏心配置的建物
- 多棟連接的建物



多棟連接，建物平面形狀複雜



剪力牆未均勻配置

54

54

04 | 災後：震後自我檢查

梁柱裂縫檢查：柱

危急程度 A

柱子有連續 ▶

- ❑ X形
- ❑ V形 (含倒V形)
- ❑ I形 (含斜向或直向開裂)
- ❑ 鋼筋外露



危急程度 B

柱子有不連續 ▶

- ❑ 垂直向
- ❑ 斜向裂縫

危急程度 C

柱子有 ▶

- ❑ 細小的水平向裂紋

55

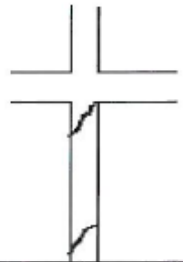
55

04 | 災後：震後自我檢查

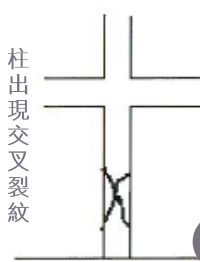
梁柱裂縫檢查：柱



柱頂或柱底斜向裂紋



柱出現交叉裂紋



56

56

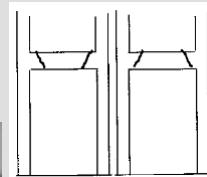
04 | 災後：震後自我檢查

梁柱裂縫檢查：梁

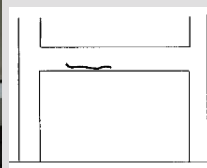
應請專業人員評估

危急程度 A

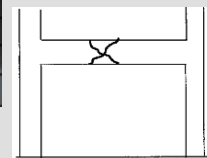
□ 鋼筋外露



▶▶ 斜向明顯裂縫



▶▶ 縱向裂縫



▶▶ 明顯交叉裂縫

57

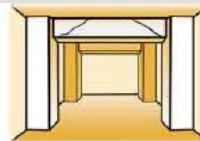
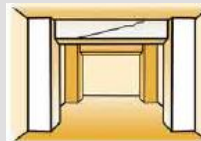
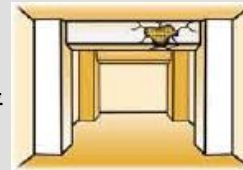
57

04 | 災後：震後自我檢查

梁柱裂縫檢查：梁

危急程度 B

- 鋼筋外露
- 明顯而連續的X形、斜向、水平垂直裂縫

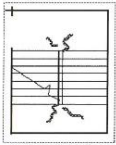
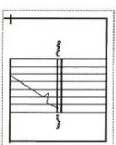
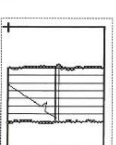


58

58

04 | 災後：震後自我檢查

三、樓梯

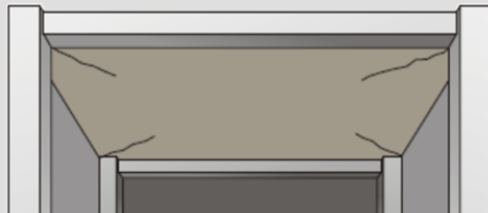
3-1 	說明：平台或轉角發生裂縫。 建議：不影響安全，自行修復。
3-2 	說明：樓梯平台發生直向裂縫。 建議：不影響安全，自行修復。
3-3 	說明：樓梯平台發生沿踏步處水平斷裂。 建議：應請專業人員評估。

59

59

04 | 災後：震後自我檢查

裂縫檢查：樓板



危急程度 A

- ❑ 樓板開列
- ❑ 管線破壞

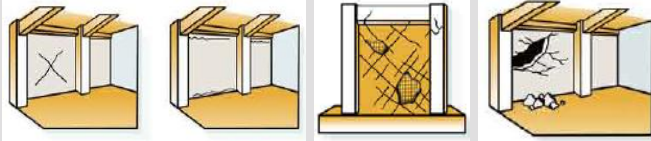
危急程度 B

- ❑ 樓板角隅出現裂縫

60

60

04 | 災後：震後自我檢查



原結構牆(剪力牆)、加強磚造房屋的承重牆、鋼筋混凝土建築的隔間牆，有長而連續的開裂

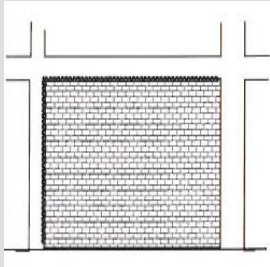
原結構牆(剪力牆)的鋼筋外露

加強磚造房屋承重牆、鋼筋混凝土建築隔間牆，傾斜或大面積掉落

隔間牆交叉裂縫及柱底部45度裂縫



隔間牆嚴重裂損，上下錯位，應拆除重砌



磚牆沿RC柱或梁邊裂縫



RC牆斜向裂縫



61

61

04 | 災後：震後自我檢查

**應請專業人員
評估的狀況**

▶ 樑或柱發生鋼筋外露現象，應請專業技師處理

檢查重點	狀況	處理方式	
		自行修補	專家評估
建築物主體	1.肉眼可看出建物傾斜、沉陷 2.目視雖無法察覺，但懷疑建築物傾斜 3.鄰房傾斜、倚靠或部分樓層緊貼在建築物		✓
樑	出現45度、X型或V型的斜向裂縫，或甚至有混凝土剝落、鋼筋外露等		✓
	出現垂直裂紋，但樑沒有下垂變形	✓	
柱	出現45度、X型或V型的斜向裂縫，或甚至有混凝土剝落、鋼筋外露等		✓
	細小的水平裂縫	✓	
剪力牆	牆面出現45度、X型或V型的斜向裂縫，或甚至出現混凝土剝落、鋼筋外露等		✓
隔戶牆及外牆	牆面出現45度、X型或V型的斜向裂縫	✓	
	裂損嚴重，甚至出現上下錯位、局部坍塌		✓
隔間牆	各式裂縫	✓	



若有明顯變形，即目視有明顯變形及相對應之裂縫

資料來源：戴雲發、曹哲榮 整理：林帝佑

62

62



05 | 持續檢視

63

05 | 持續檢視

山崩
土石流
土壤沖蝕






邊坡
樹木傾斜



64

64

05 | 持續檢視

坡面
擋土牆



裂縫
小坍方

65

65

05 | 持續檢視

擋土牆

- 異常滲水
- 龜裂、外凸或外傾
- 雨天時洩水孔是否正常洩水



66

66

05 | 持續檢視



地錨的錨頭

- 是否生鏽
- 鬆脫開落



67

67

05 | 持續檢視

排水溝

- 裂縫
- 排水異常



68

68

05 | 持續檢視



69

05 | 持續檢視



70

05 | 持續檢視

平常屋況檢視

建築外牆飾材(如磁磚)有剝落等問題，可請外牆補修廠商處理；若外牆飾材(如磁磚)剝落可能造成鋼筋外露，因剝落會危及人身安全，可請結構安全相關機構進行鑑定。

外牆磁磚劣化程度可分為下列情況：

儘速檢查

儘速維修

膨脹、色差、白華、吐黑

磁磚剝落可見外牆粉刷層

粉刷層破壞損及混凝土

混凝土剝落導致鋼筋外露



71

71

簡報結束
敬請指教

王价巨 教授 (Ph.D.)

72