

學校災後復建工程 規劃設計

文一智 2018.04.19

我國學校災害的種類

- 震災
 - 水災
 - 崩塌
 - 火災
 - 人為疏失
- 結構安全
 - 基地排水
 - 水土保持
 - 防火材料
 - 安全監控設施

台灣災害潛勢特性

世界銀行2005年出版的報告：台灣同時暴露於四項以上天然災害之土地面積及面臨災害威脅之人口皆達73.1%，高居**世界第一**。

國別		面臨天然災害威脅之 土地面積百分比 人口百分比		最大天然 災害種類
臺灣	Taiwan	73.1%	73.1%	4
哥斯大黎加	Costa Rica	36.8%	41.1%	4
瓦努阿圖	Vanuatu	28.8%	20.5%	3
菲律賓	Philippines	22.3%	36.4%	5
危地馬拉	Guatemala	21.3%	40.8%	5
厄瓜多爾	Ecuador	13.9%	23.9%	5
智利	Chile	12.9%	54%	4
日本	Japan	10.5%	15.3%	4

震災- 防震補強措施與建置預警系統



➤ 集集大地震

- 9月21日，1999
- 凌晨 1:47
- 芮氏規模：7.3
- 死亡：2,443人
- 393棟中小學校舍全毀或半毀
- 如果發生在白天後果不堪設想



➤ 校舍震災問題分析

■ 校園欠缺整體規劃

➤ 水平方向擴建

兩座校舍相鄰之地震隔離縫的寬度不足，造成擠壓或碰撞甚或導致柱體破壞進而崩塌。

➤ 垂直方向擴建

樓層蓋愈高，整體重量愈大。老背少的加蓋方式，將嚴重危害校舍結構原耐震能力。



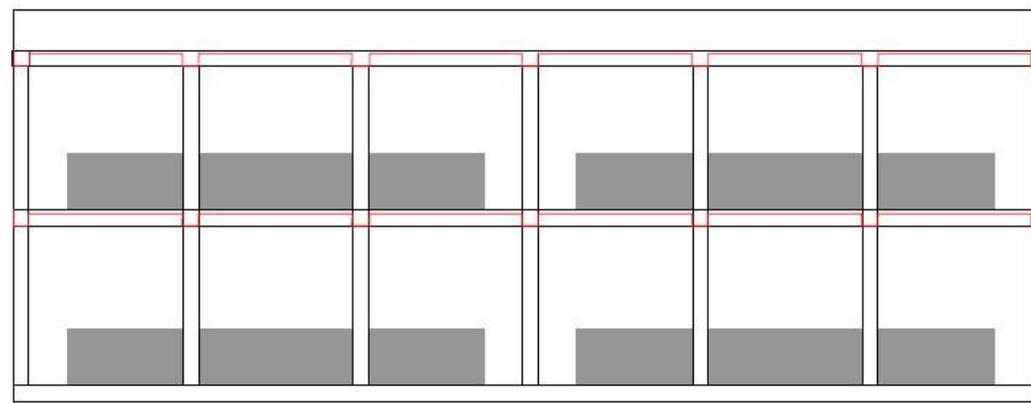
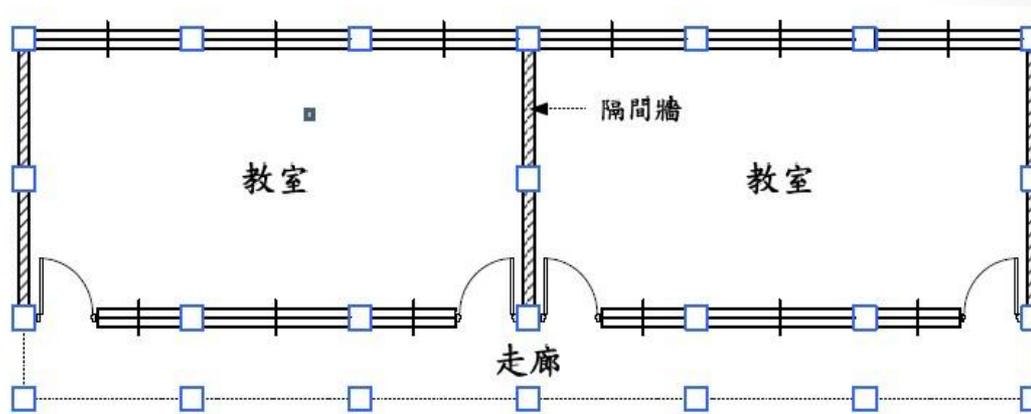
➤ 校舍震災問題分析

■ 校舍老舊耐震能力不足

- 中小學校舍大部份於民國60至85年之間建造
 - ✓ 懸臂式走廊教室單元(走廊無柱)
 - ✓ 開窗率太大，易生短柱效應
- 耐震設計規範隨著時間不斷在更新。
- 校舍於早期興建者，其耐震能力普遍較低。

校舍震災問題分析

沿走廊方向(弱面)崩塌



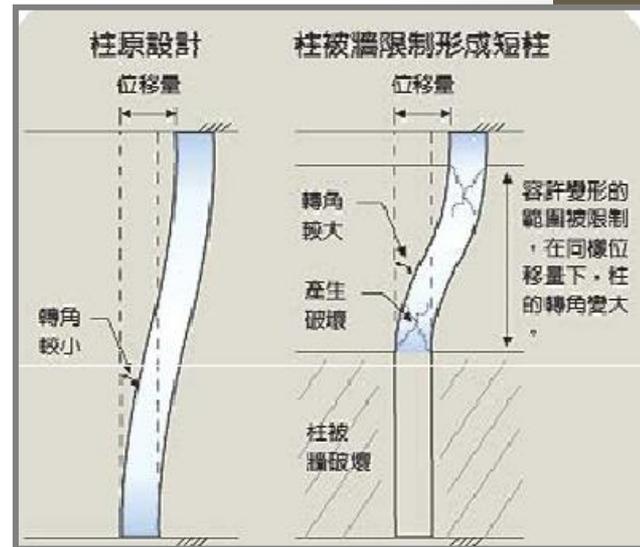
軟弱方向

➤ 校舍震災問題分析

■ 兩側開窗形成短柱剪力破壞

➤ 短柱效應：

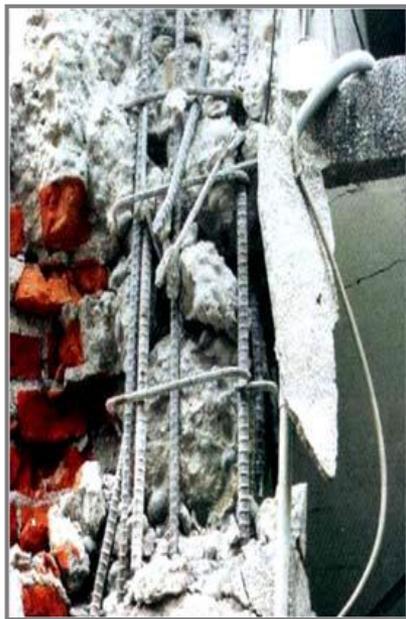
強震發生後，容易在沿走廊方向的短柱上出現X字型裂縫。



➤ 校舍震災問題分析

■ 柱耐震能力不足

- 主筋量不足
- 箍筋間距過大
- 箍筋彎鉤未達 135°
- 柱內埋水電管線



➤ 耐震補強

- 當既有建築物之耐震能力不足時，視其耐震需求，以強度補強、韌性補強或強度及韌性二者綜合補強之原則並配合適當之補強工法，考量其使用性、經濟性與施工性，增加建築物之耐震能力。
- 耐震能力不足之主因：垂直構件(柱、牆)數量及強度不足。
- 補強原則：增加補強構件(加法)或降低建築物重量(減法),而補強大多採用增設構件之方法。

➤ 為什麼耐震補強

- 臺灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊之交接處，屬地震頻繁之地區，又臺灣老舊校舍問題嚴重且地震具有高度之不確定性與瞬發性，在時程及成本的考量下，採取耐震補強相對於拆除重建是較省時及省錢之選擇。

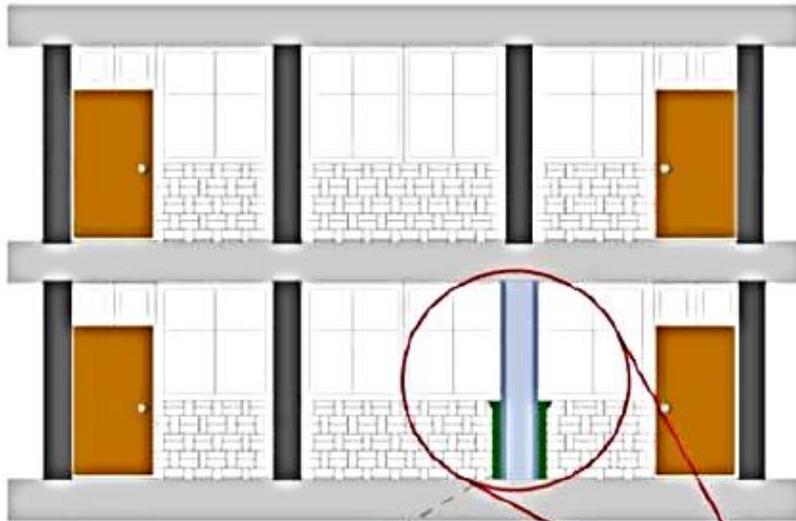
常用補強工法

- 擴柱補強
- 增設RC翼牆
- 結合擴柱與翼牆
- 增設剪力牆
- 複合柱補強
- 鋼斜撐補強
- 碳纖維包覆

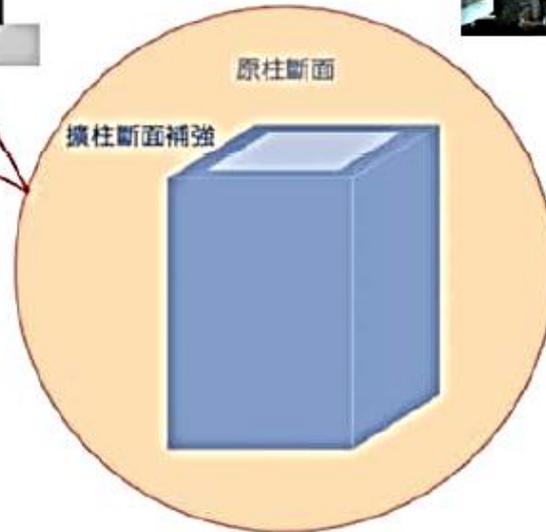
➤ 補強工法(1) ■ 擴柱補強

主要校舍耐震補強工法-擴柱補強

可同時用在走廊方向及教室另一側，加強柱子的支撐力。



切除部分磚牆，並加入普通填充材料。

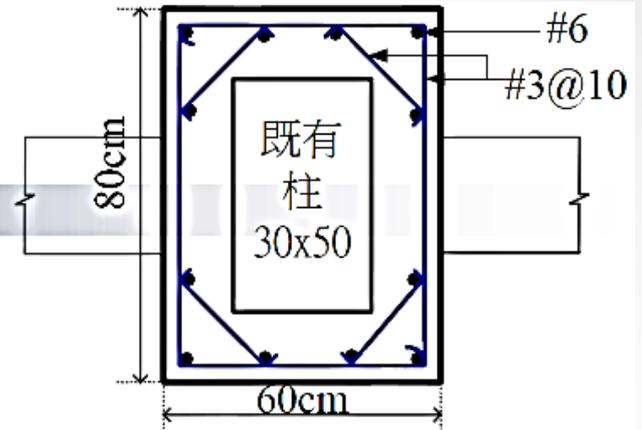
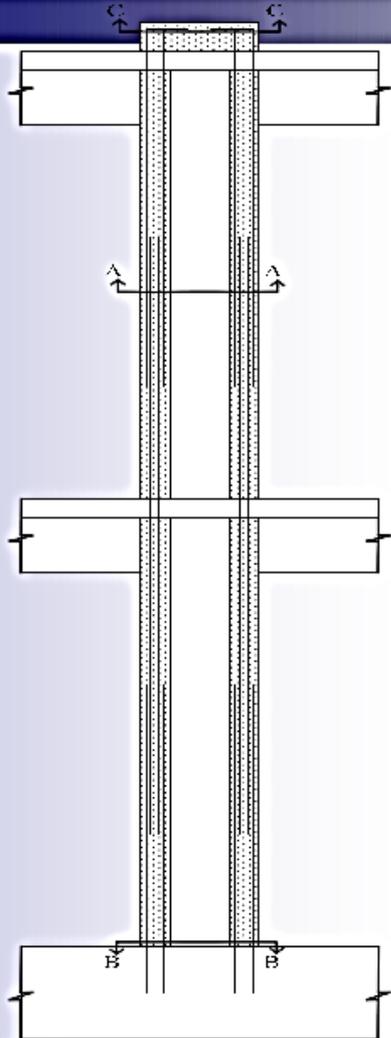




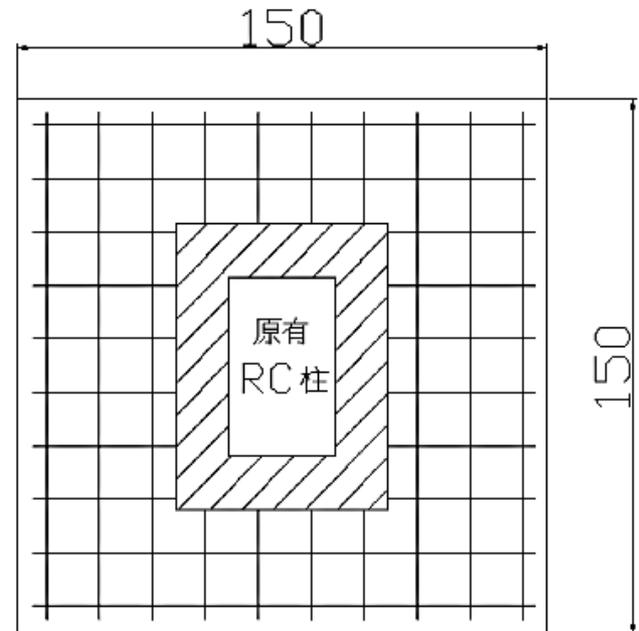
■ 擴柱補強



補強工法簡介-擴柱



上層版筋#3@15 單位:cm
上層版筋#4@15

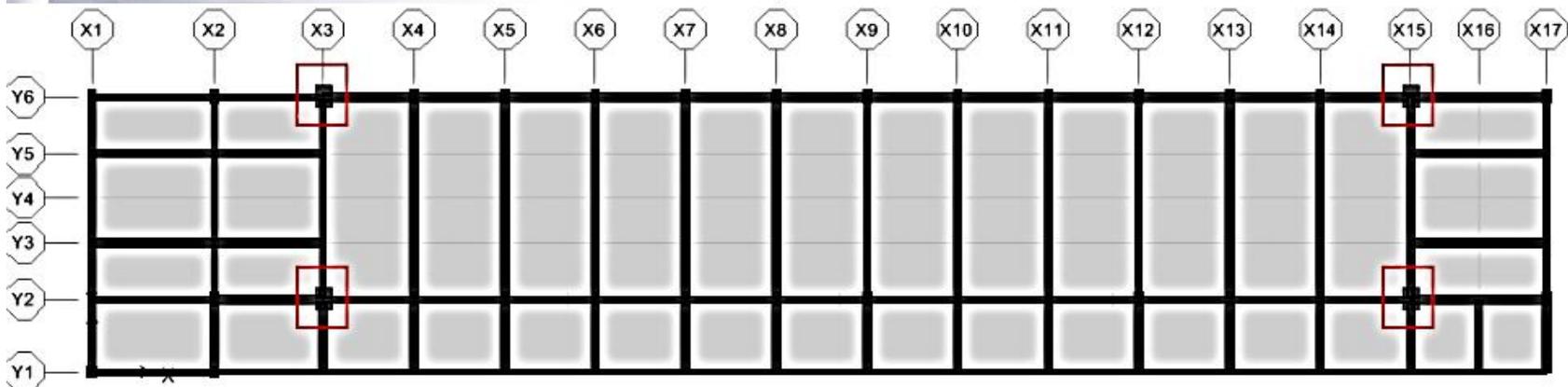




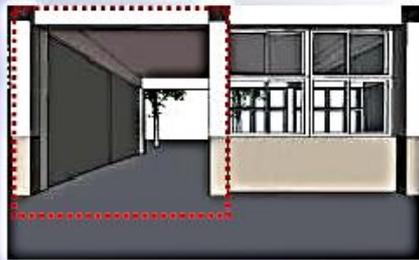
■ 擴柱補強



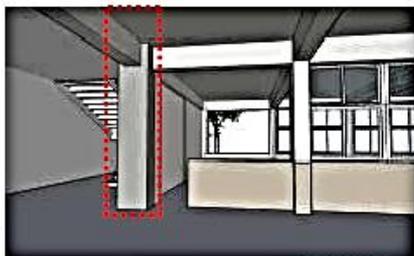
工程設計與規劃--施工設計 (擴柱)



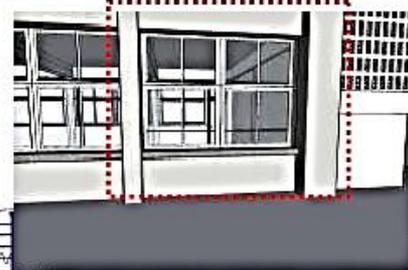
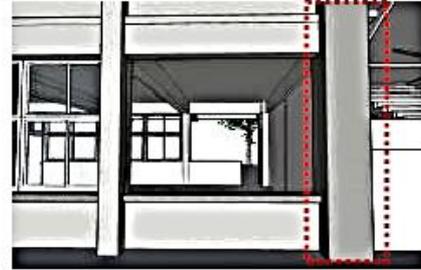
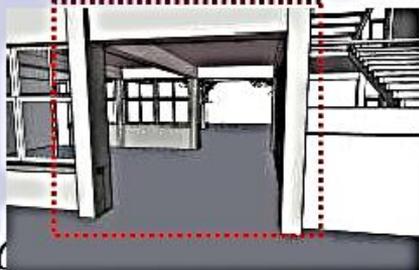
拆除



施工



裝修



30





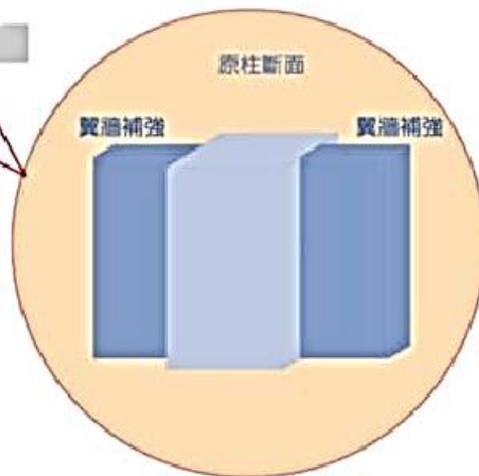
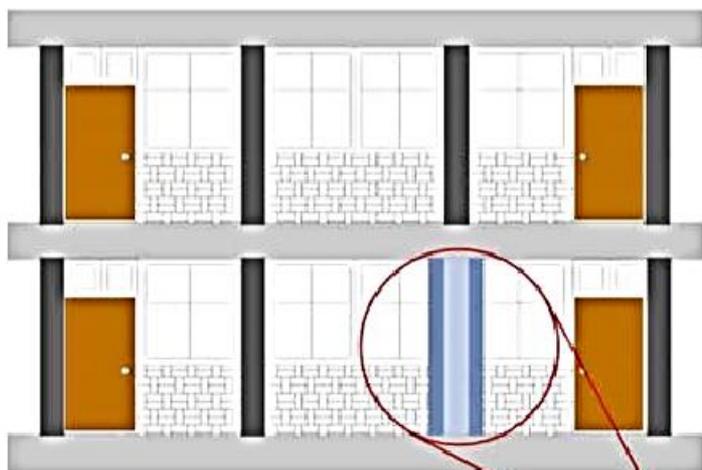
■ 擴柱補強前後比較



➤ 補強工法(2) ■ 增設RC翼牆

主要校舍耐震補強工法-翼牆補強

應用在加強走廊方向柱子的耐震能力。

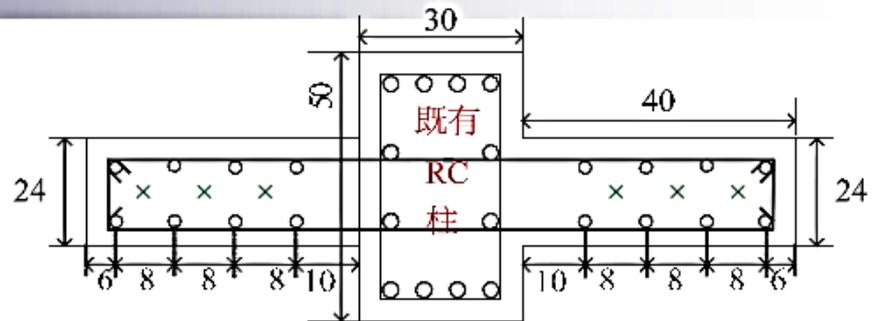
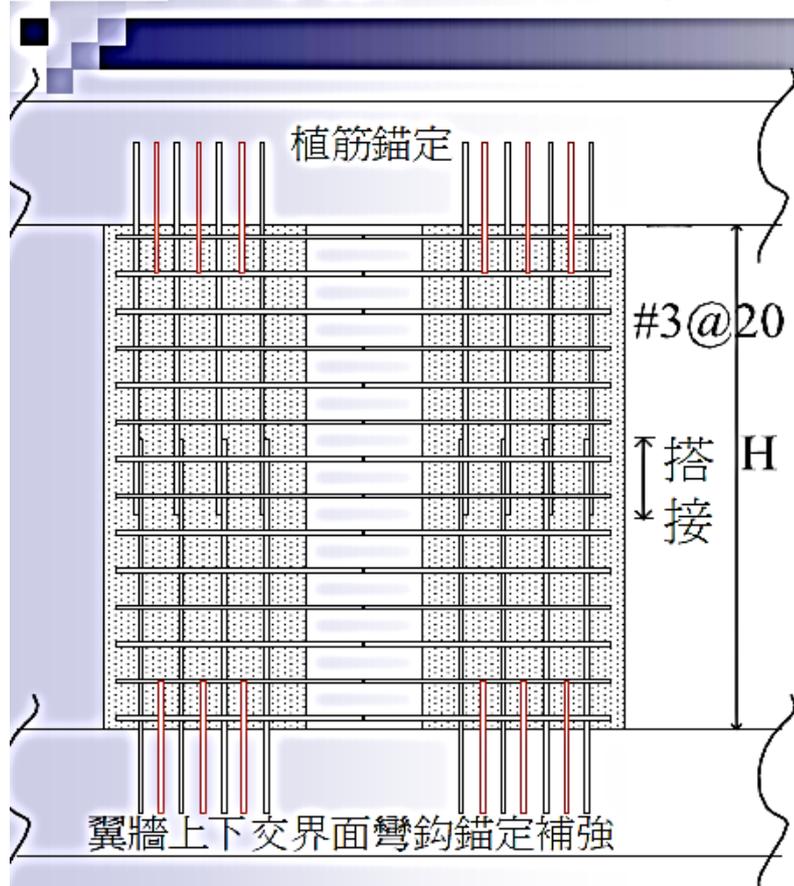




■ 增設RC翼牆補強

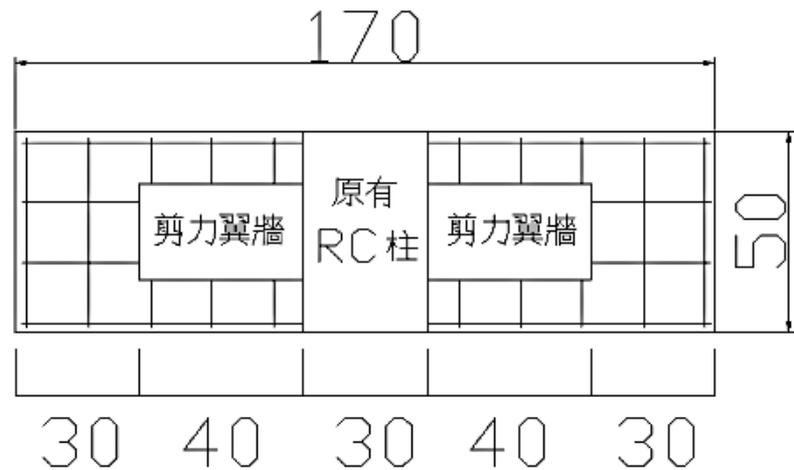


補強工法簡介-RC翼牆



上層版筋#3@15 單位:cm

上層版筋#4@15

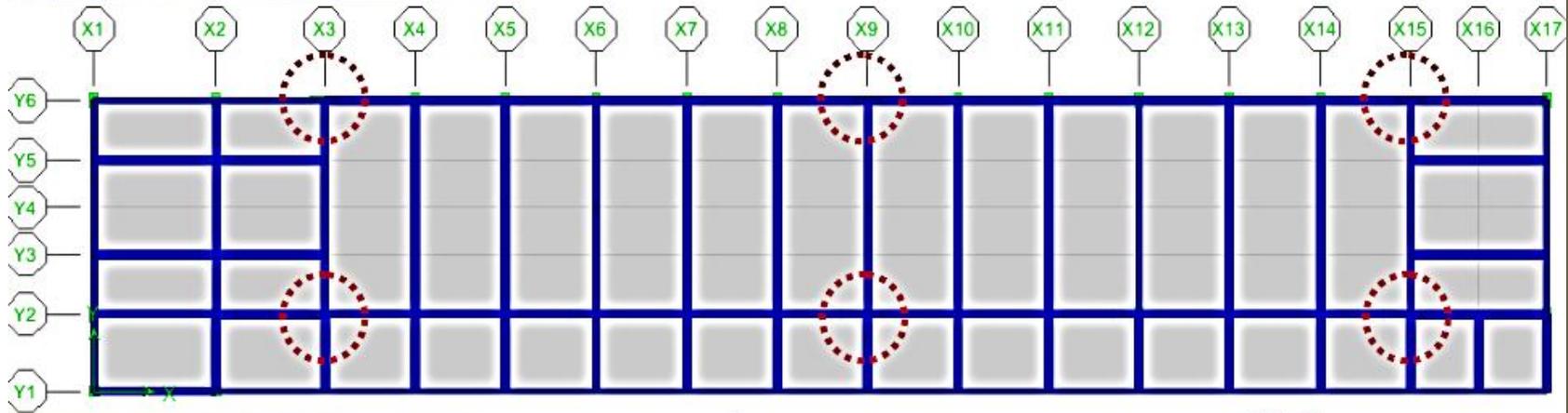




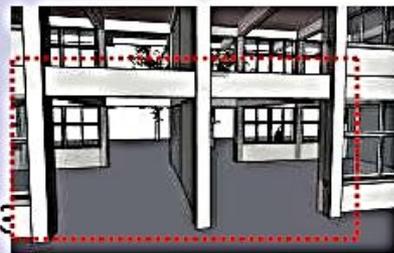
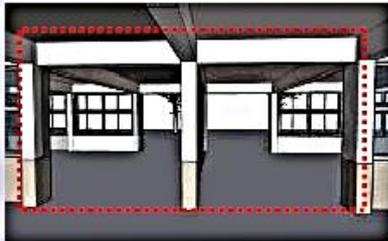
■ 增設RC翼牆補強



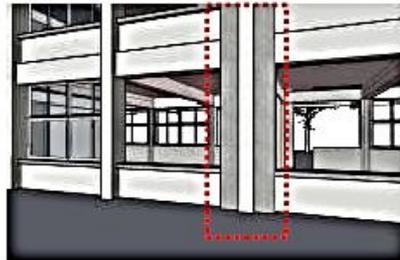
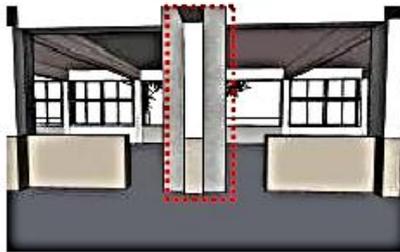
工程設計與規劃--施工設計 (RC翼牆)



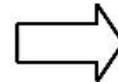
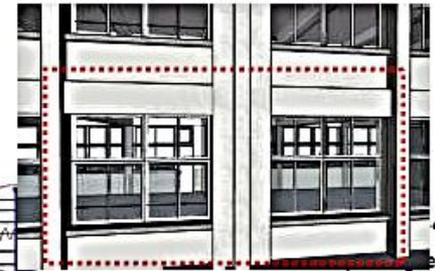
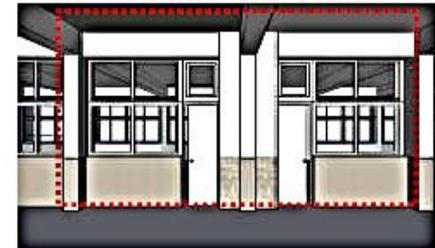
拆除



施工



裝修





■ 增設RC翼牆補強前後比較



➤ 補強工法(3)

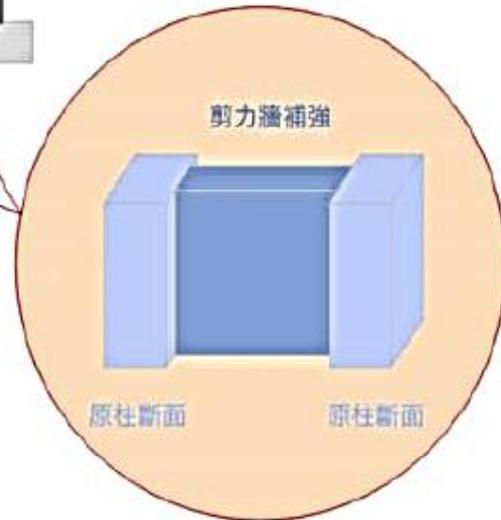
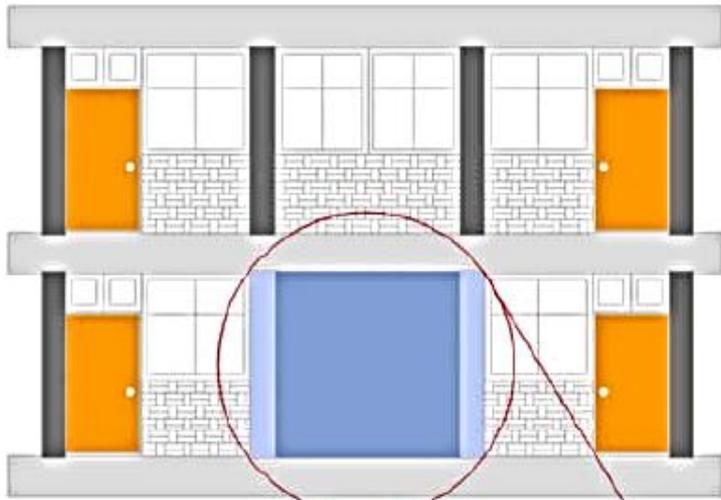
■ 結合擴柱與翼牆補強



於同一柱合併擴柱
補強與增設兩側翼
牆，可減少工程施
作位置

➤ 補強工法(4) ■ 增設剪力牆

主要校舍耐震補強工法-剪力牆補強

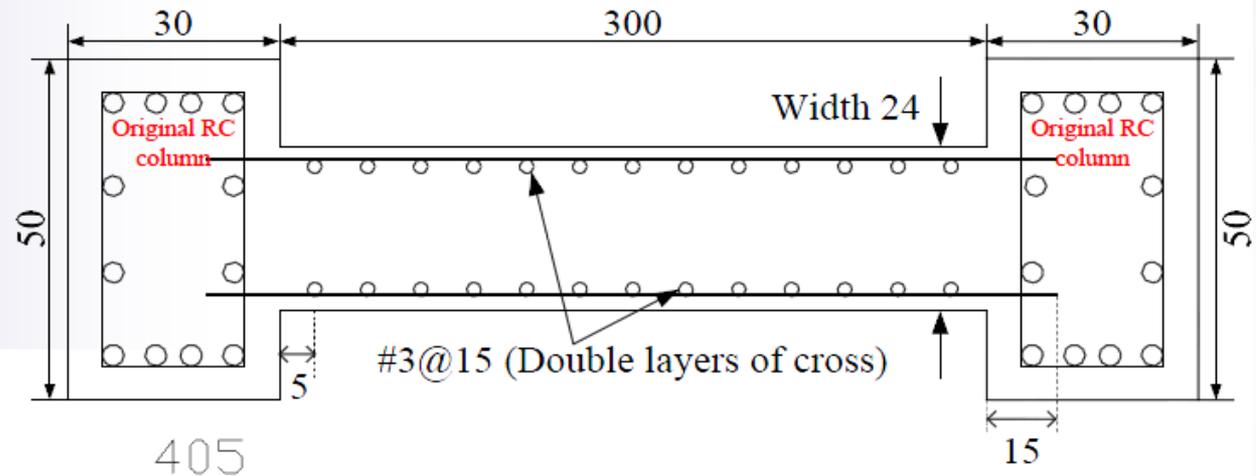




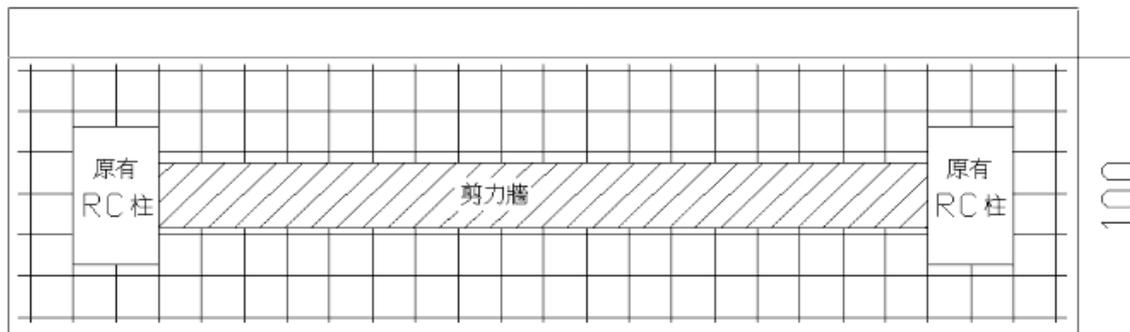
■ 增設剪力牆補強



補強工法簡介-剪力牆



上層版筋#3@15 單位:cm
 上層版筋#4@15



22.5 30

300

30 22.5

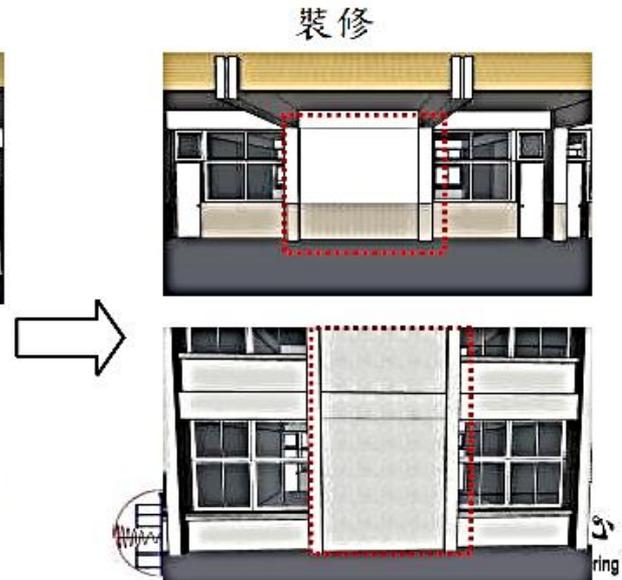
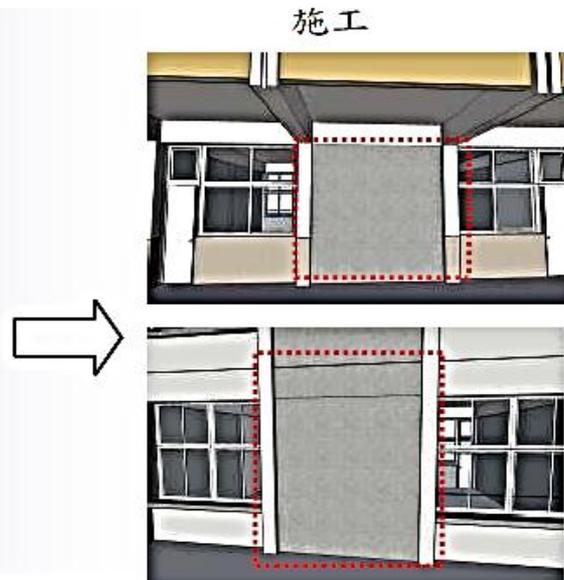
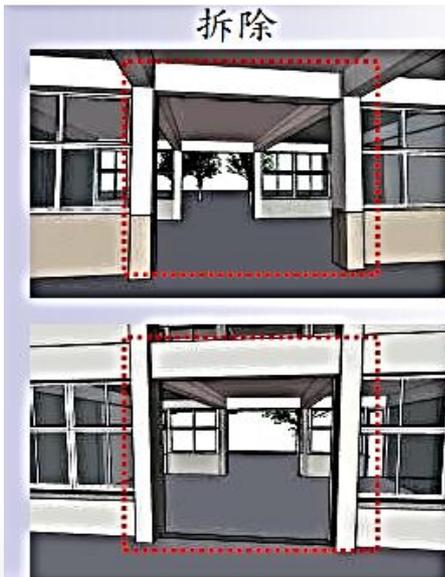
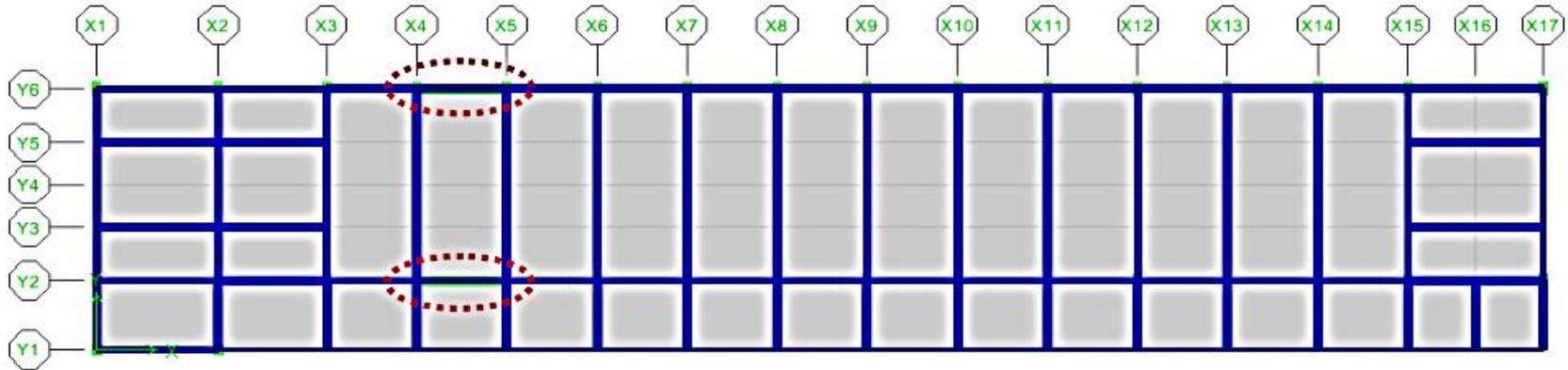




■ 增設剪力牆



工程設計與規劃--施工設計 (剪力牆)



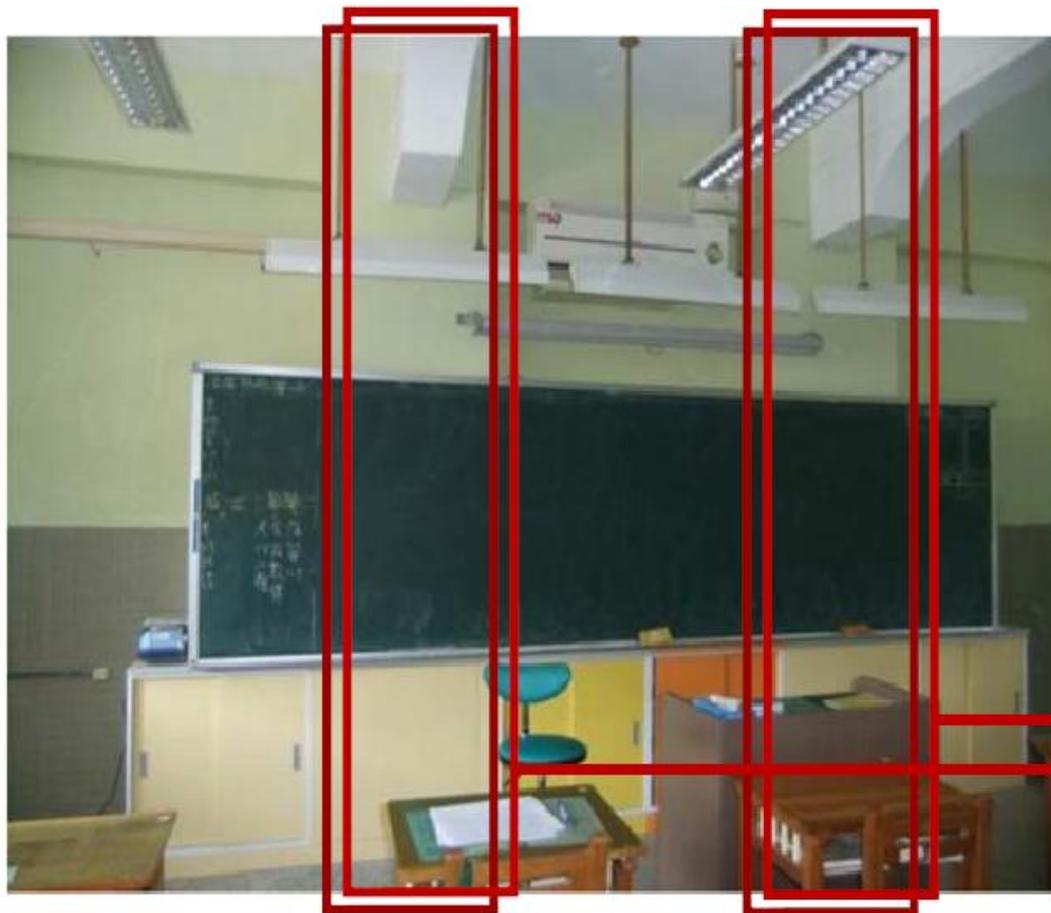


■ 增設剪力牆補強



➤ 補強工法(5)

■ 複合柱補強

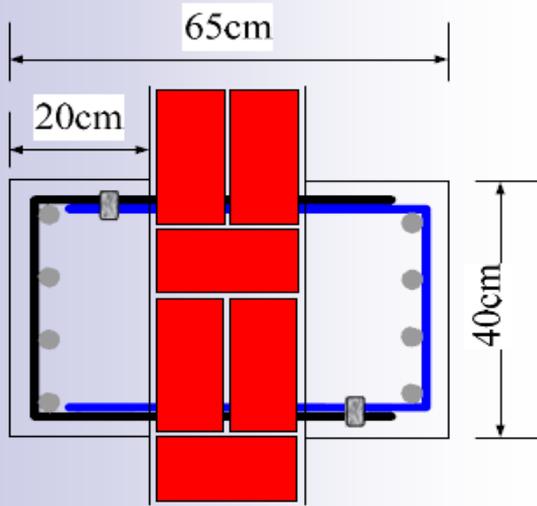


於隔間磚牆兩側配置主筋與橫向鋼筋，澆注混凝土後成為複合柱夾住中間的隔間磚牆

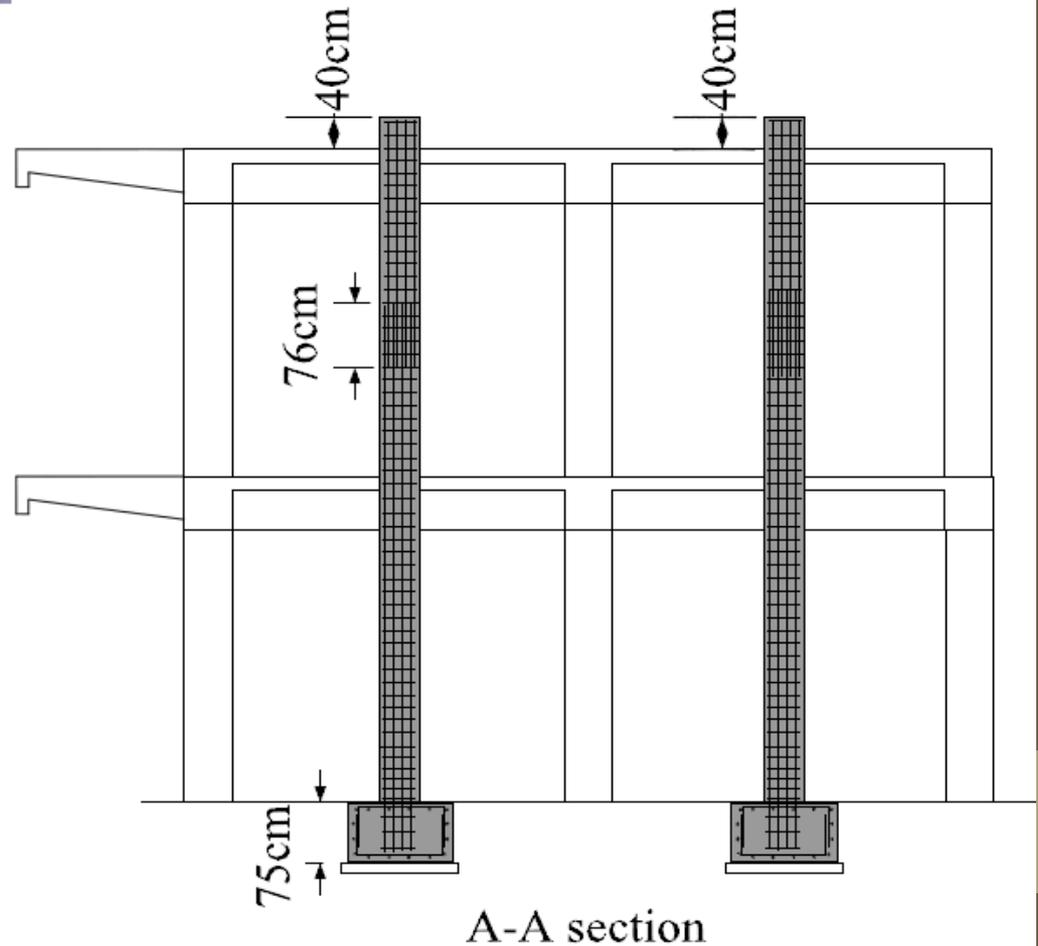
常用補強工法 ■ 複合柱補強



補強工法簡介-隔間牆複合柱

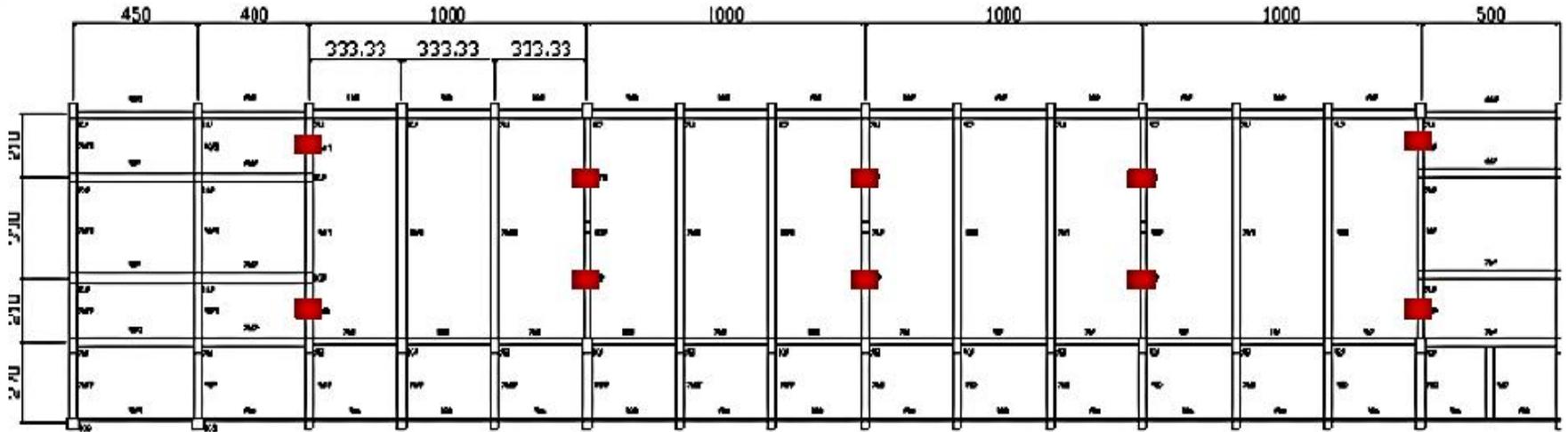


Bars : 8 - # 6
Hoops : # 3 @ 15 cm



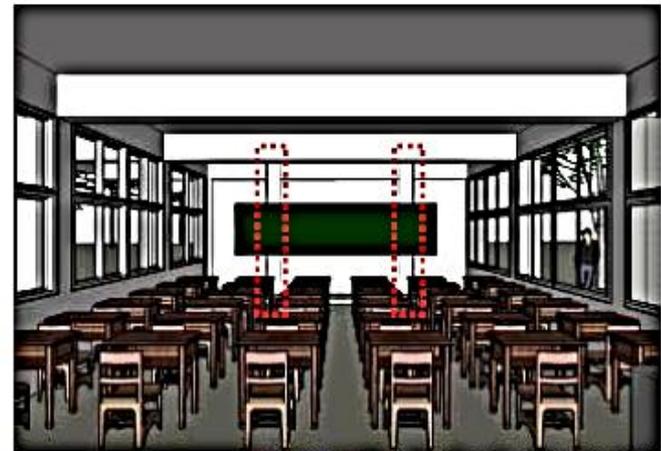
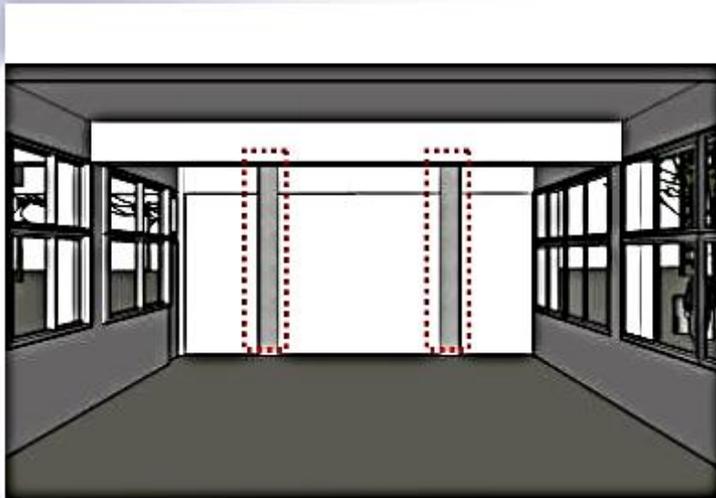


■ 複合柱補強



施工

裝修



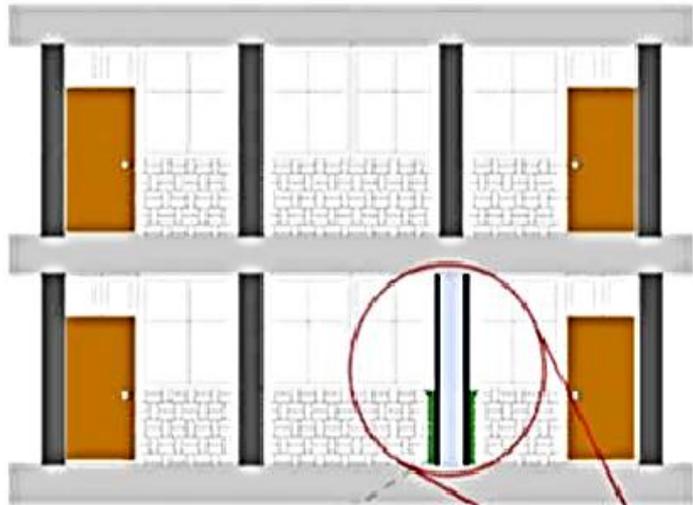
➤ 補強工法(6) ■ 鋼斜撐補強

於原梁柱系統之框架
內緣(對角處)加置補
強用鋼斜撐，提升整
體結構勁度



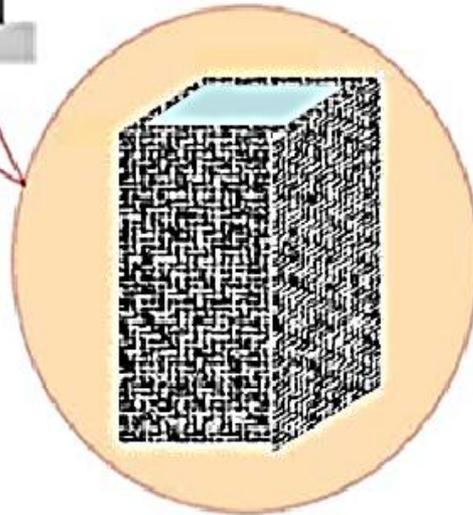
➤ 補強工法(7) ■ 碳纖維包覆

校舍耐震補強工法 - 碳纖維包覆補強

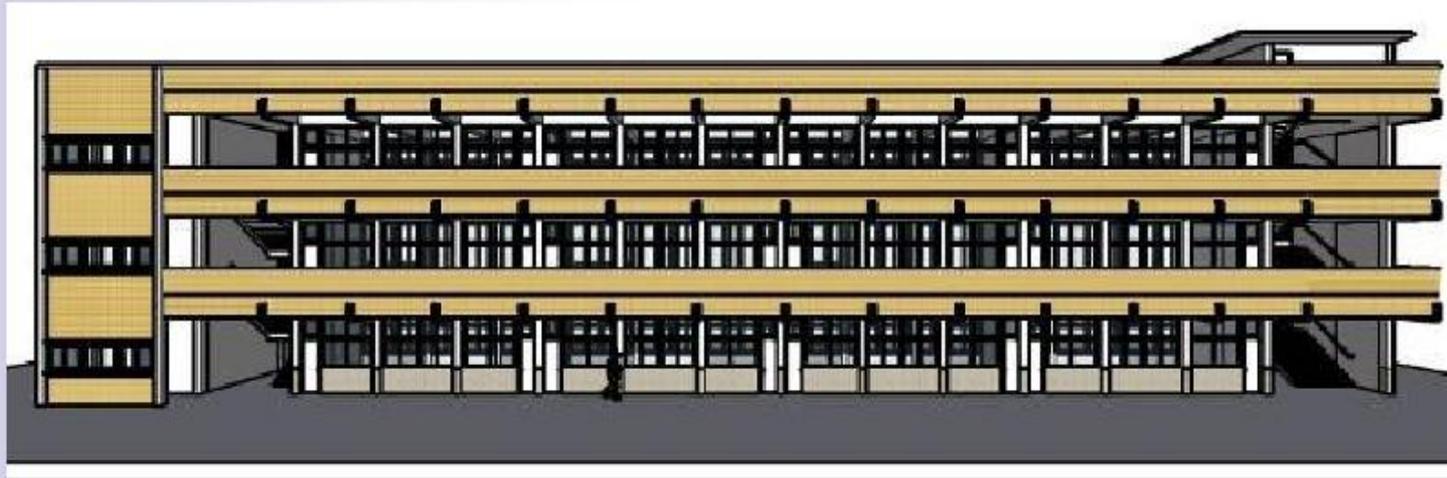


切除部分磚牆・並加入普通填充材料・

強化碳纖維以
環氧樹脂包覆
於柱外



➤ 補強後功能性討論--外觀

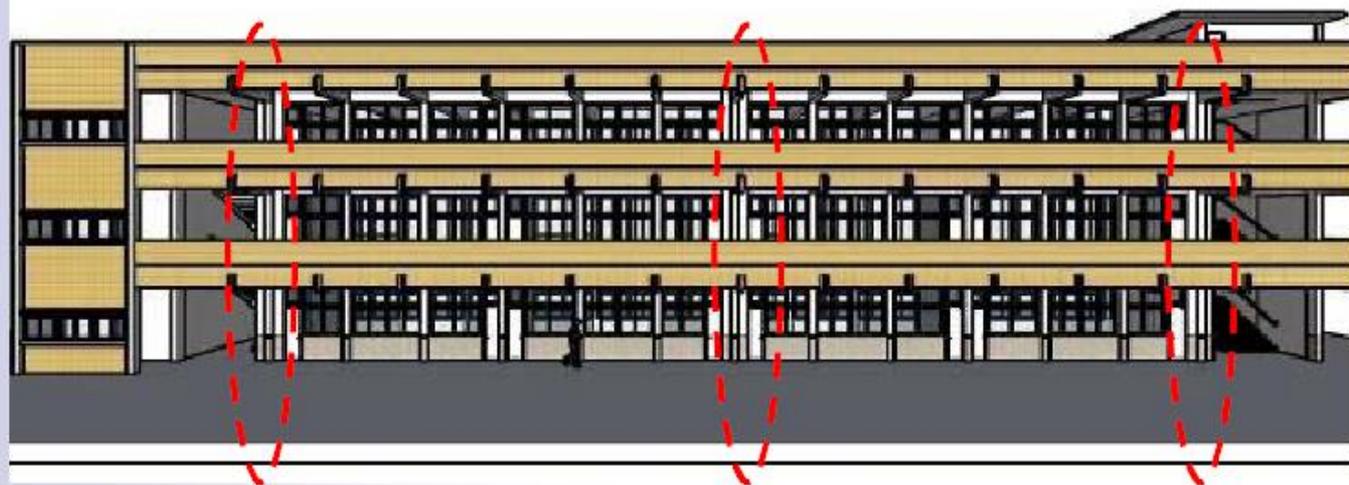


原型

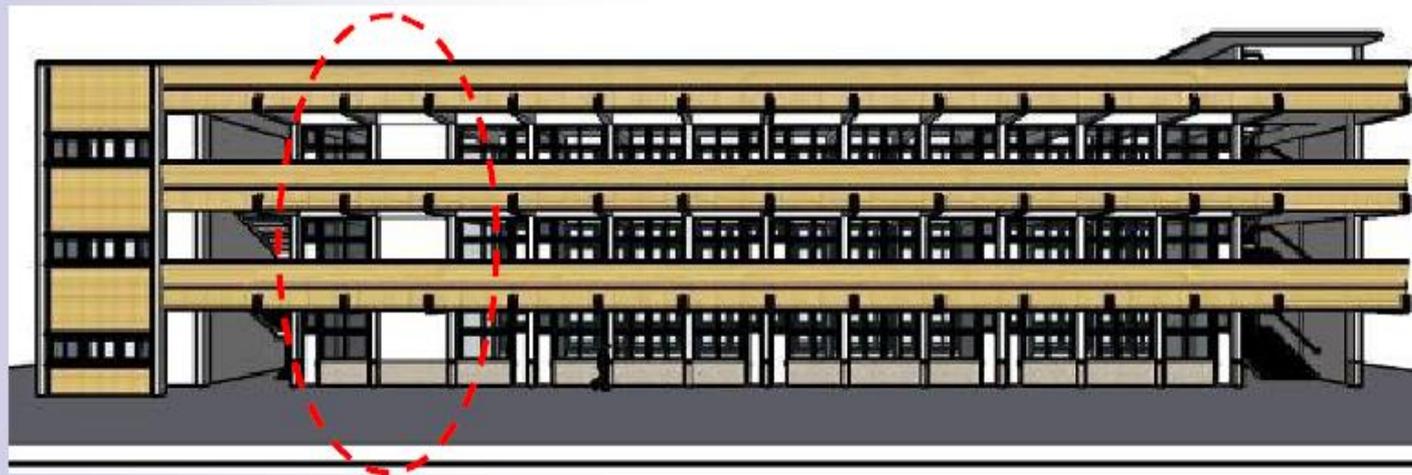


擴柱

➤ 補強後功能性討論--外觀

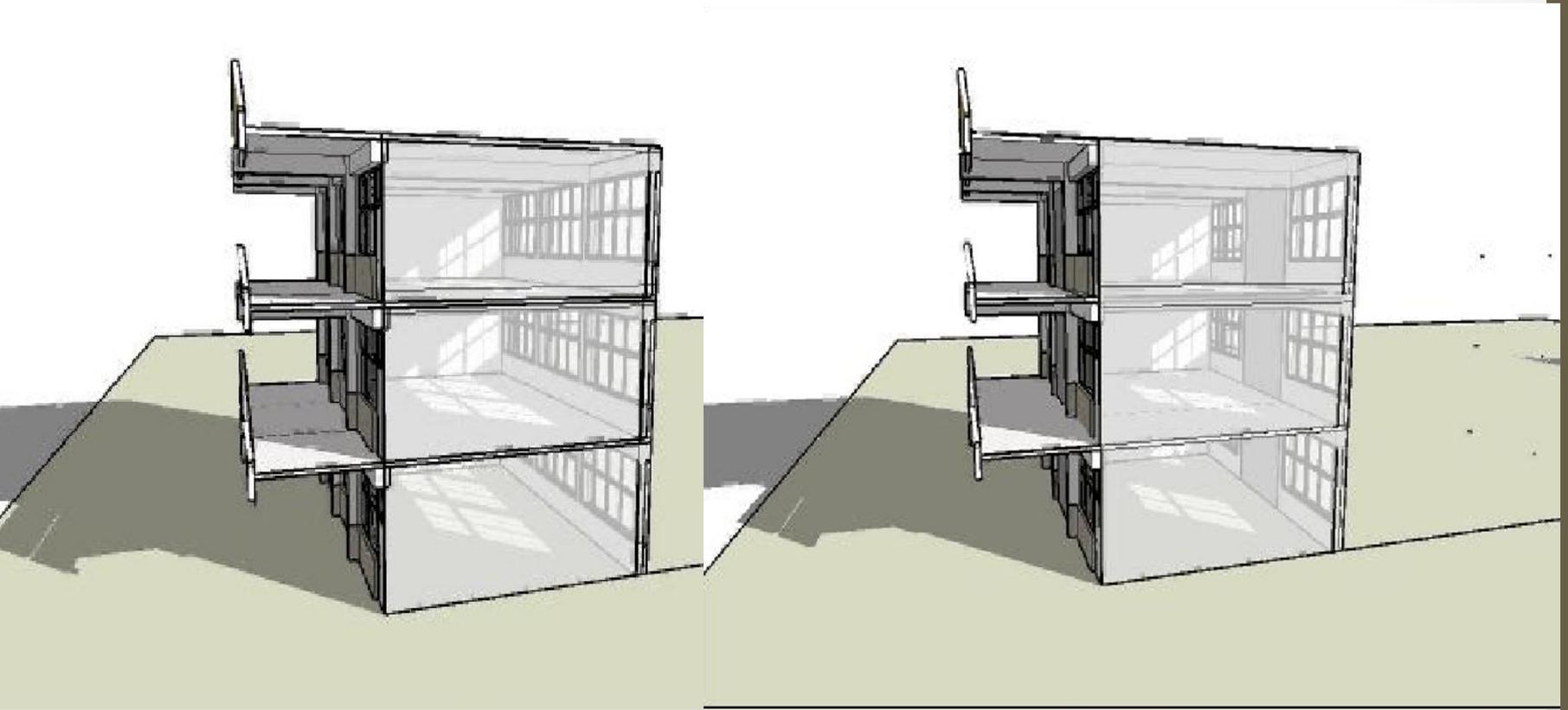


RC翼牆

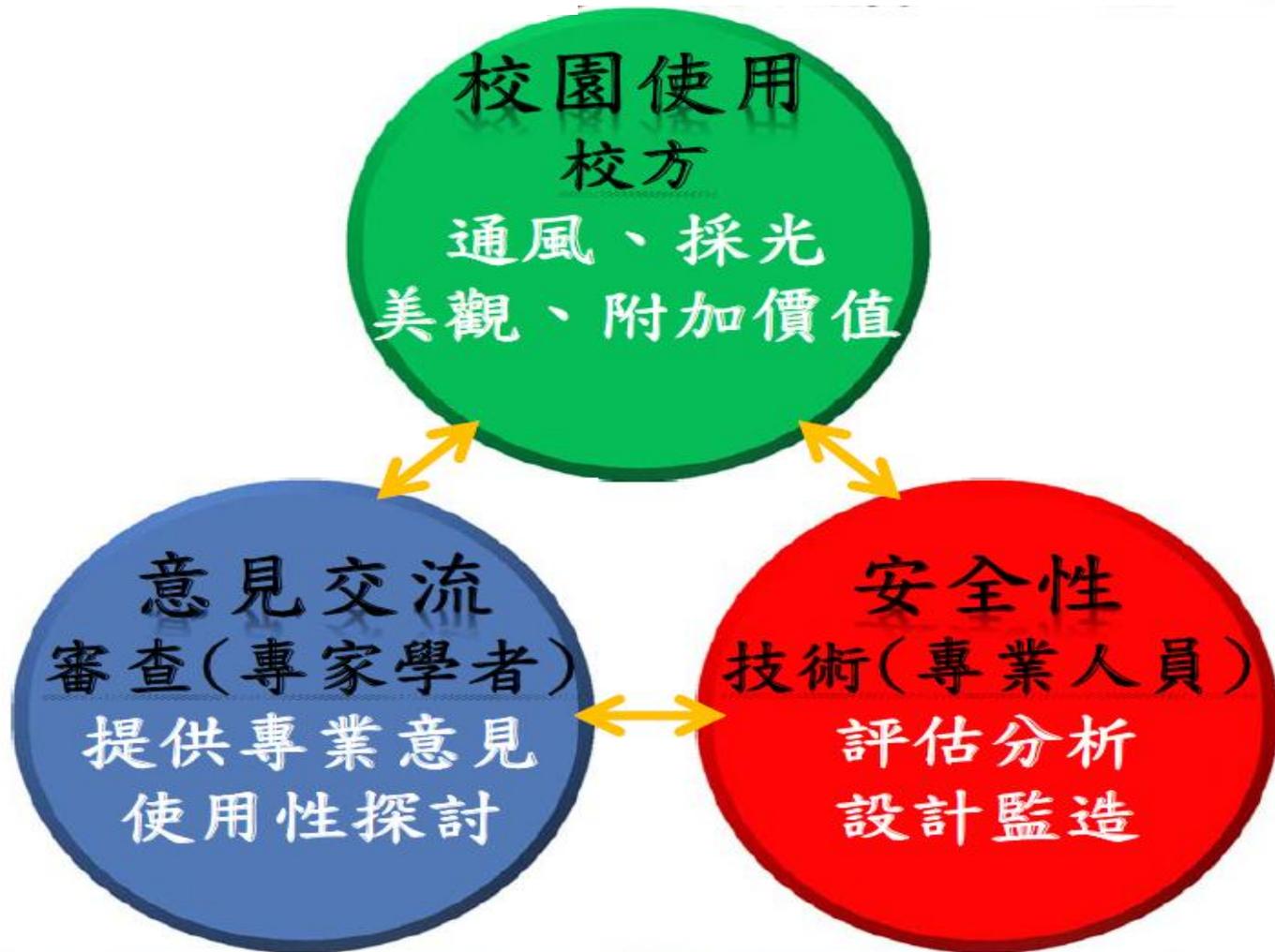


剪力牆

➤ 補強後功能性影響—採光



➤ 補強設計須要校方積極參與



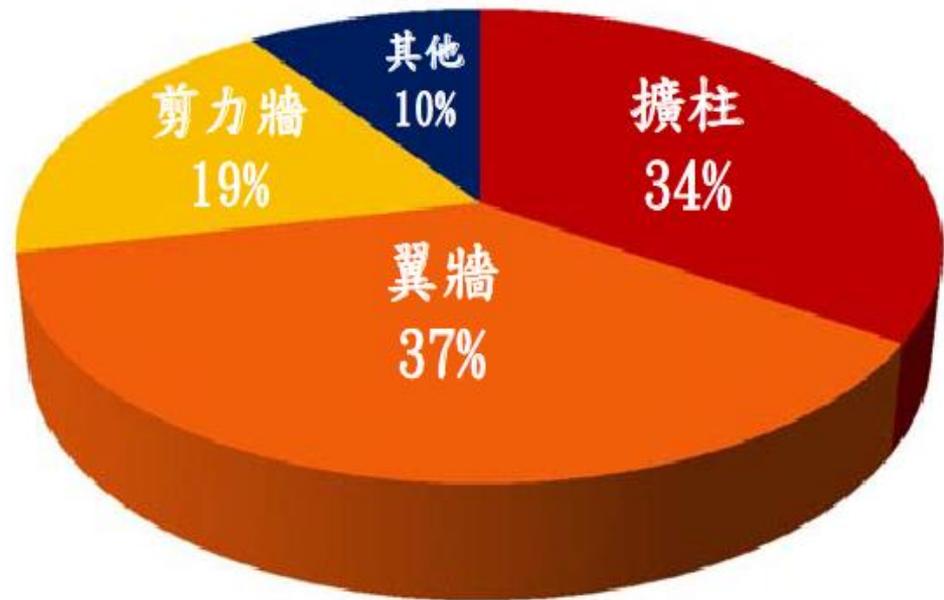
➤ 補強後功能性影響

- 校舍結構補強應結合校園規劃，兼顧耐震、美觀及使用性的需求。
- 上述補強工法均能有效提升耐震能力，且為傳統工法，無特殊專利，兼具經濟性與施工性。
- RC擴柱、RC翼牆與複合柱補強對建築物的外觀、採光及室內空間氛圍影響不大。
- 剪力牆補強效益最高，惟對校舍外觀、採光及室內空間影響較大，建議可配置於廁所、樓梯間或視聽教室。

➤ 已實施補強工法統計

- 擴柱補強工法
- 增設翼牆補強工法
- 增設剪力牆補強工法
- 其他補強工法

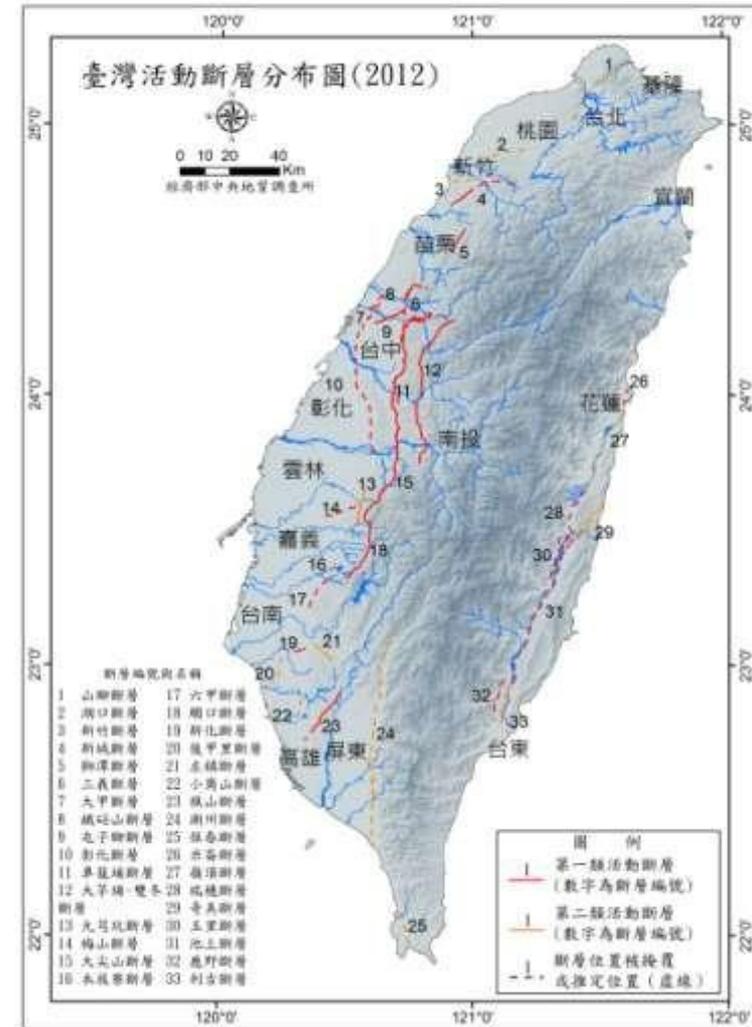
補強工法統計



台灣災害地震頻率與損失

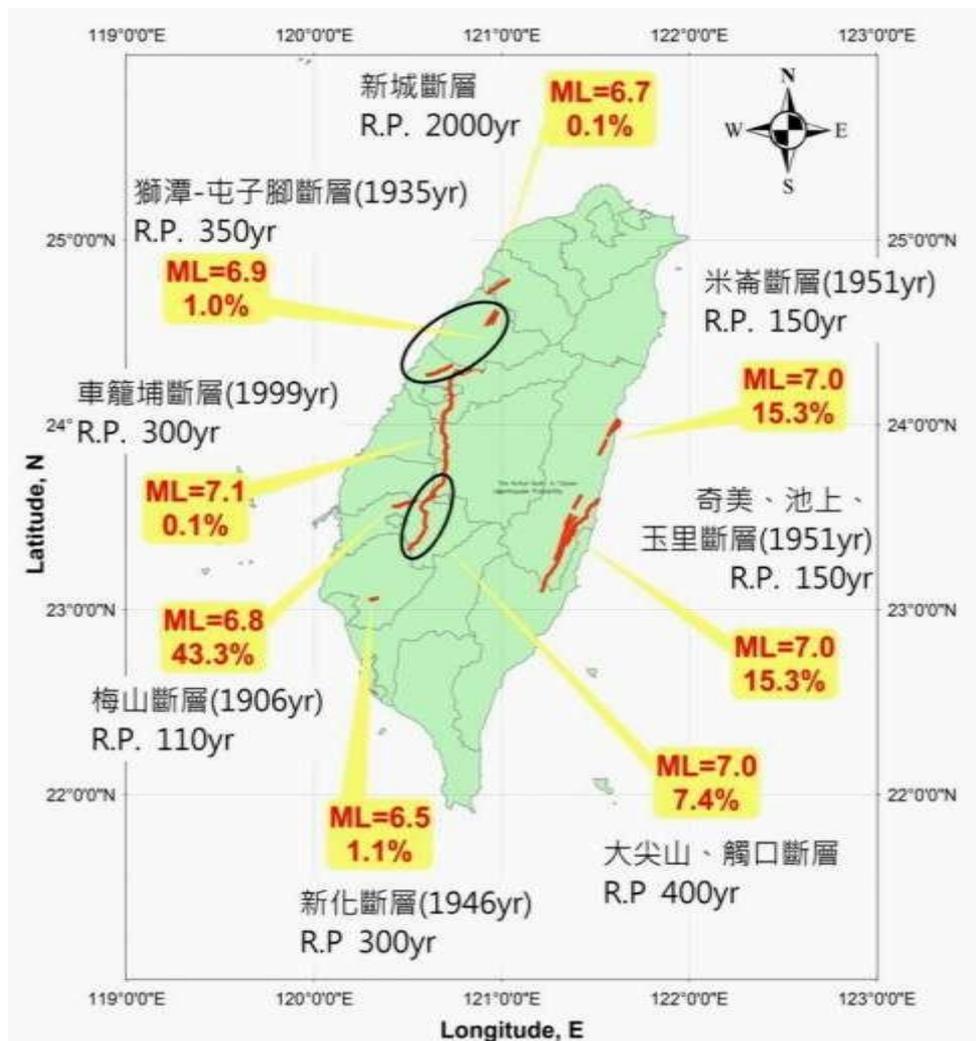
- 台灣過去三百年的災害地震紀錄
 - 平均約**20**年即發生一次劇災型地震
 - 共造成超過**10,700**人死亡
- 88年921集集大地震
 - **2,443**人喪生、**50**人失蹤、**758**人重傷，**38,935**戶房屋全倒、**45,320**戶房屋半倒，經濟與財務損失達台幣**4,500**億元。約佔當時國內生產毛額**GDP**的**4.86%**

台灣震災多與活斷層有關



台灣未來可能面臨的地震威脅

台灣內陸斷層未來30年內發生重大災害地震之機率與震央分佈圖



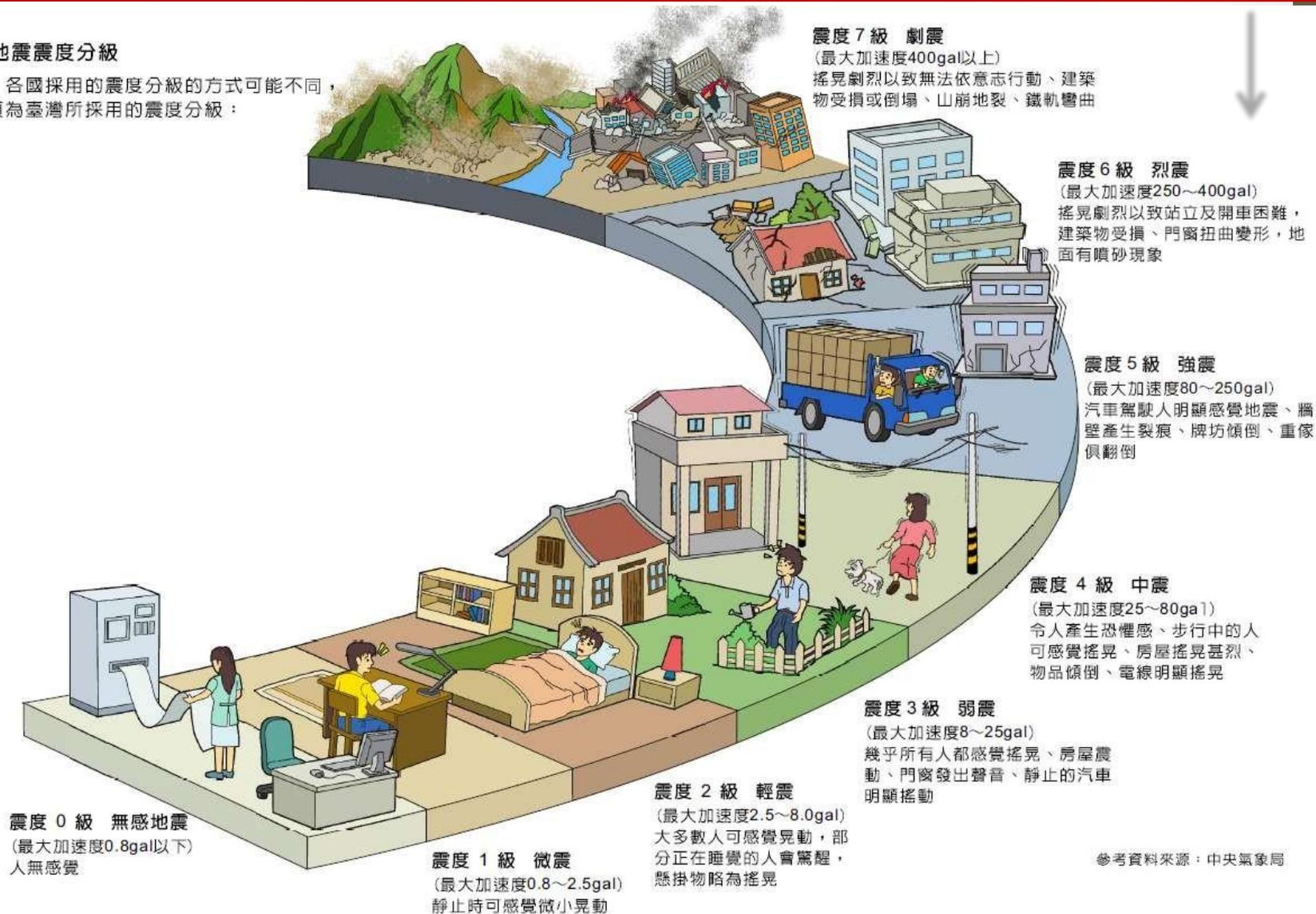
資料來源：溫國樑等人，2005，
最具潛勢及歷史災害地震之強
地動模擬，NCREE-05-032

台灣地震震度分級

耐震規範設計水準

■ 地震震度分級

各國採用的震度分級的方式可能不同，
本頁為臺灣所採用的震度分級：



參考資料來源：中央氣象局

地震預警系統

- 地震預測 **vs.** 地震預警
- 地震預警原理
- 區域型 **vs.** 現地型

地震預測 vs. 地震預警

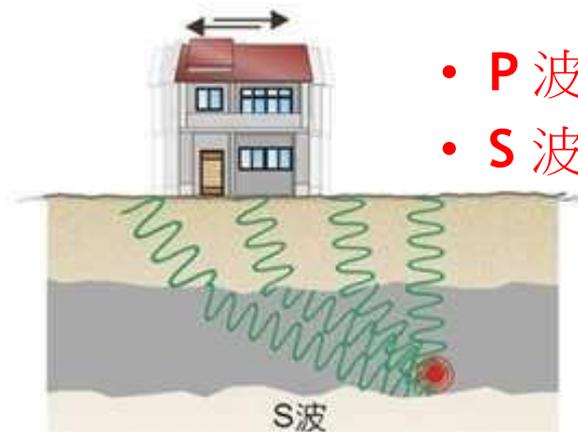
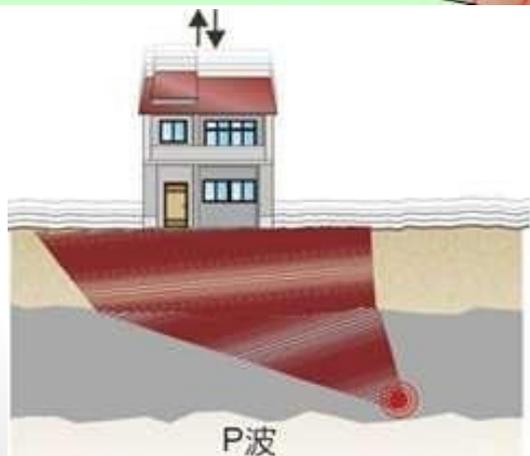
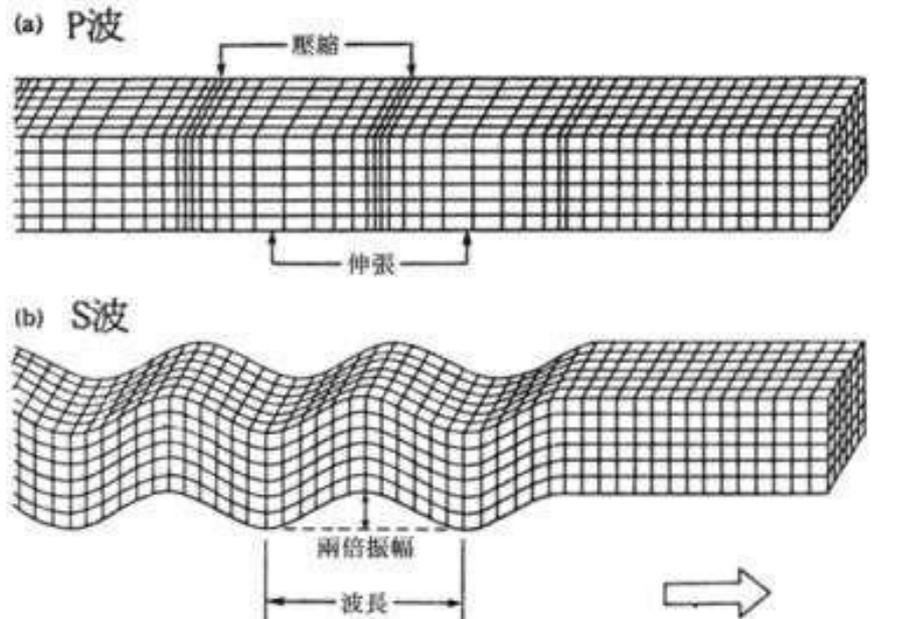
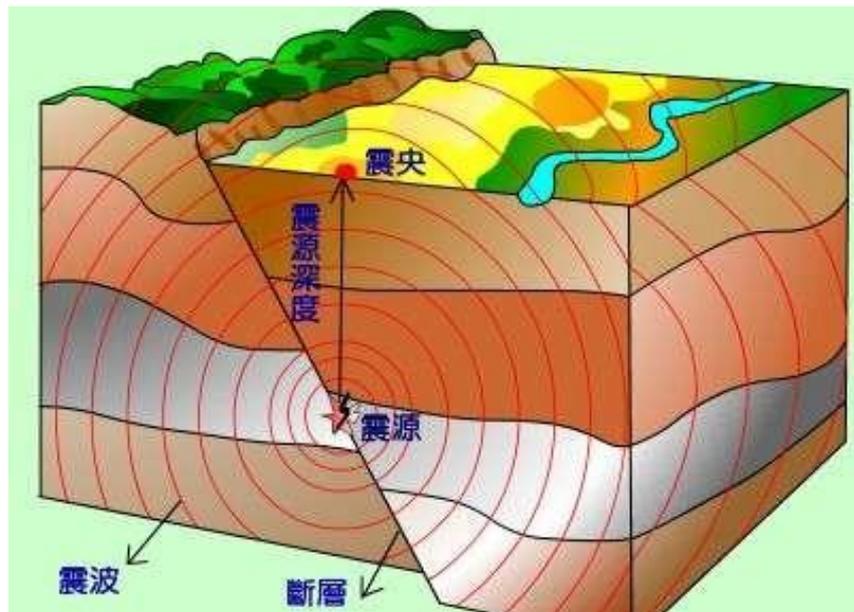
- 地震預測

在地震發生之前，能夠明確地指出地震發生的時間、地點、規模、震度或可能造成之地震災害等資訊。截至目前為止，地震預測技術仍在試驗及研發階段，世界各國許多專家、學者，均致力研究，也許在未來能研發出較成熟的地震預測技術。

- 地震預警

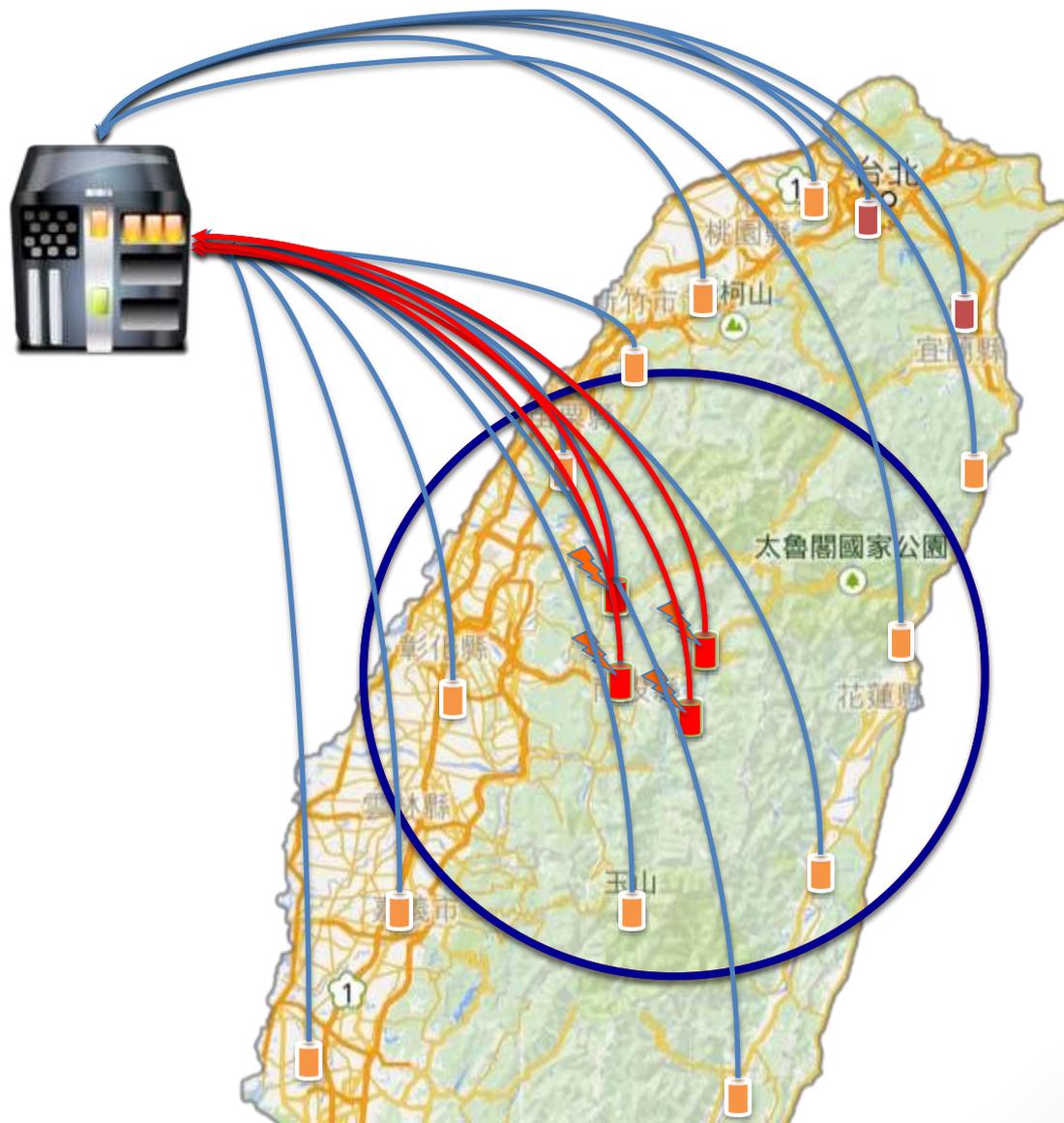
1989年，日本的鐵道技術研究所就開發出了世界上第一個實用性的地震預警系統；1996年阪神大地震後建立了高敏度地震觀測網；2004年全國性的地震預警系統試運行，2006年正式運行。地震預警並不同於地震預報。地震預報是指在地震發生之前，對有可能發生的地震進行事先通知；地震預警則是在地震發生之後，在地震波到達受害地表、造成破壞之前發出警報。日本目前所做的工作，其實是地震發生後幾秒鐘時間的快速預警，而不是地震發生前的預報。

地震波分類



- P波 (初達波) : 6 ~ 7 km/s
- S波 (剪力波) : 3 ~ 4 km/s

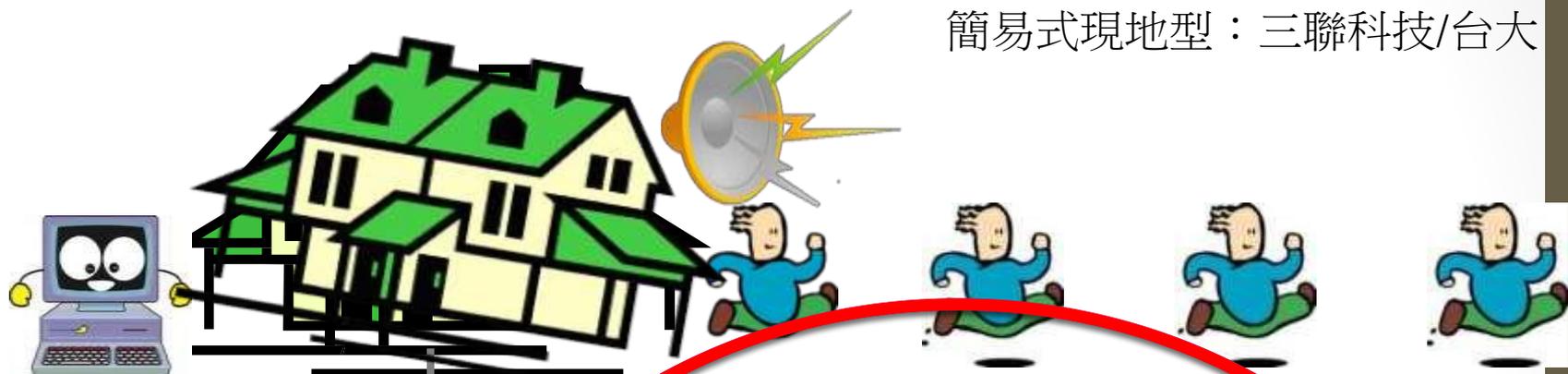
地震預警分類-區域型地震預警 (中央氣象局)



地震預警分類-現地型地震預警

高精度現地型：國震中心

簡易式現地型：三聯科技/台大



現地型地震預警系統：
運用現地的地震儀偵測
到地震P波，立刻在
1~3s內預估地震震度
，若預測震度超過警報
門檻，立刻發佈警報。



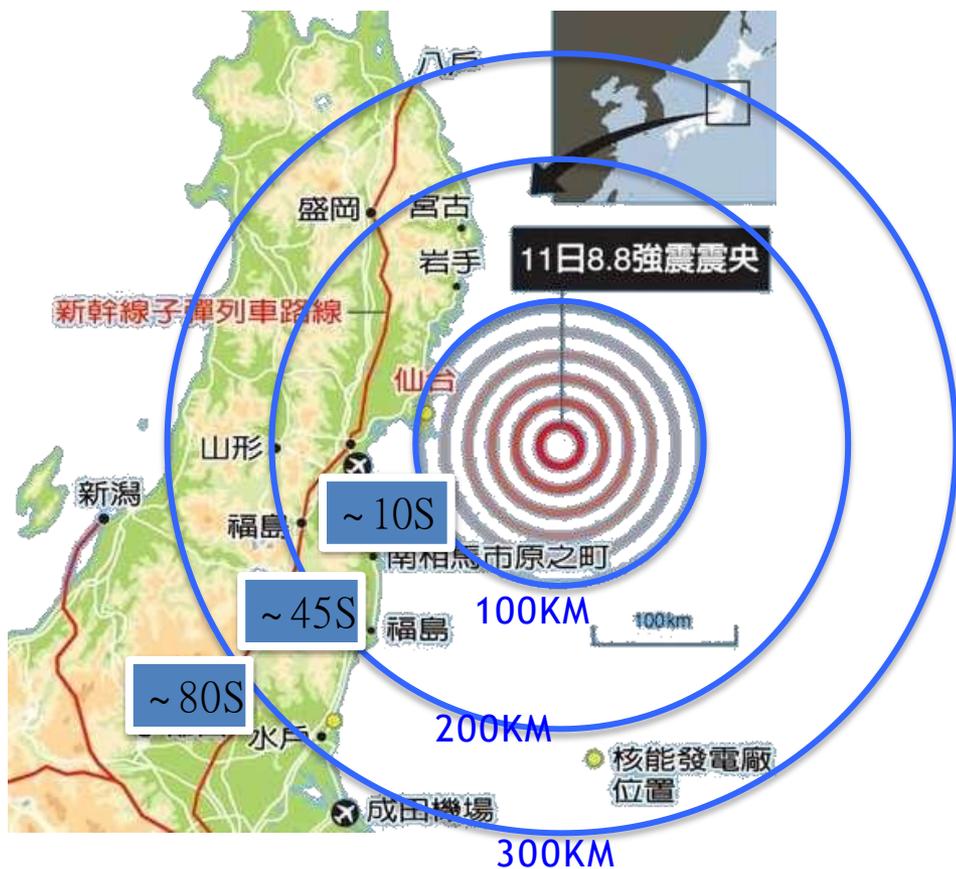
P-波：6~7km/s

S-波：3~4km/s



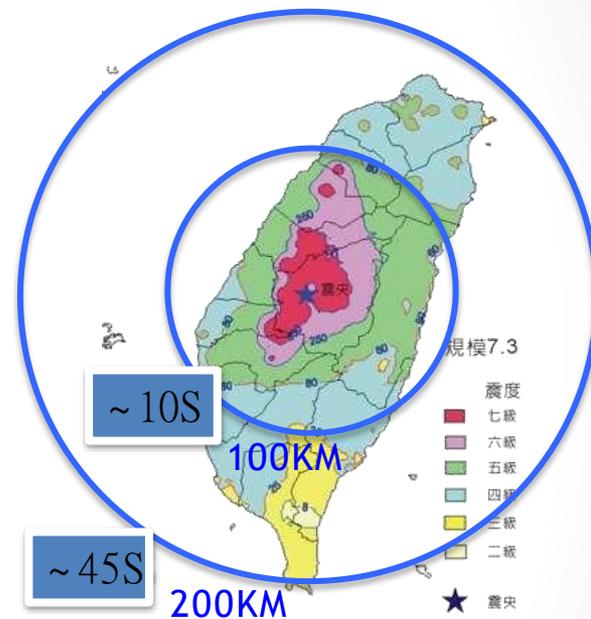
震央

台日地震預警應用差異



震央在外海、遠離都市
預警時間長

日本**311**地震



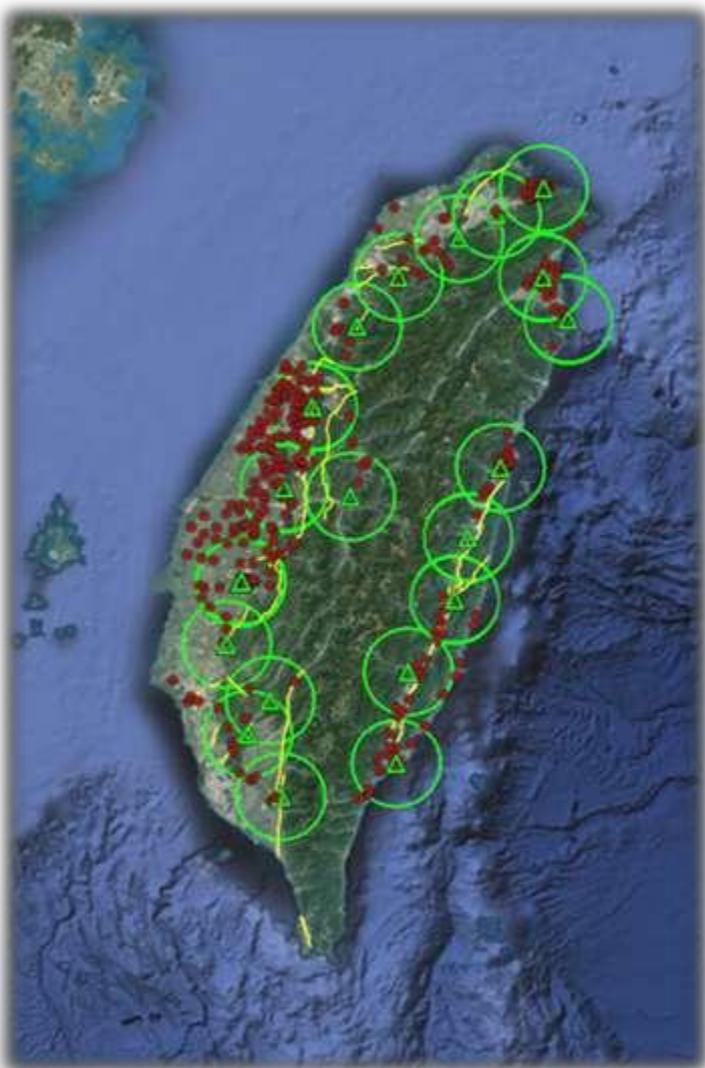
震央在內陸、鄰近都市
預警時間短

台灣**921**地震

我國校園地震預警裝置計畫

- 102年3月27日在南投發生規模6.1的地震，在大晃動的地震波尚未到嘉義時，在嘉義市港坪國小由國震中心裝設EEWS 現地型地震預警系統有出現地震預警警報，全校師生進行避難措施。
- 102/7/2 奉教育部部長同意校園建置EEWS計畫。
- 科技部、教育部經由國震中心進行校園地震預警系統全國推廣規劃，預計於全國設置二十個高精度現地型地震預警系統，並規劃地震預警訊息傳遞平台，**整合氣象局的區域型以及國震中心現地型地震預警訊息**，提供全國3,444所國中小快速準確地地震預警訊息。

校園地震預警系統 建置現況



已完成**21**個現地型**主站**
(綠色圓圈：涵蓋範圍)

已完成**557**所學校建置
(紅點副站+綠點主站)



國震中心地震
警報訊息伺服器



An electronic display board showing weather information (28°C, 2015/08/24) and school news. The board is labeled '警報用電子看板'.



警報廣播



警報簡訊

校園地震
預警主機



校園地震警報系統說明

- 校園地震警報系統係透過裝設地震警報主機，接收地震預警訊息（區域型及現地型），視學校廣播系統現況介接既有廣播，或新設警報廣播系統。
- 地震警報主機除了接收地震預警訊息外，未來可提供中央氣象局強震即時警報登錄介面、地震模擬（防災演練）、地震事件紀錄等功能。
- 地震警報的門檻值是可變動，目前西半部地區門檻為震度4級，東半部地區門檻為震度5級。

學校配合

1. 擴大機、廣播系統照片
2. 校園平面圖
3. 學術網路實體IP（包含IP、子網路遮罩、預設閘道、DNS，共四樣）、電源
 - a. 地震預警需求之IP 需為**學術網路實體IP**
 - b. 提供IP 是**專屬地震預警系統專用**，請校方不要隨意更動，若有調整的話需主動告知廠商，或是國震，以免平台斷線
 - c. 此**IP 不能跟氣象局演練軟體重複**，必須是一組新的IP
4. 校園災害防救計畫書（教育部版本）、疏散避難圖、演練腳本
5. 每學期1-2次的演練

示範主站硬體設備

地震警報發布展示系統



地震警報主機



地震警報專用
LED字幕機



地震警報專用
廣播系統

高精度現地型地震預警系統



嵌入式即時計
算系統

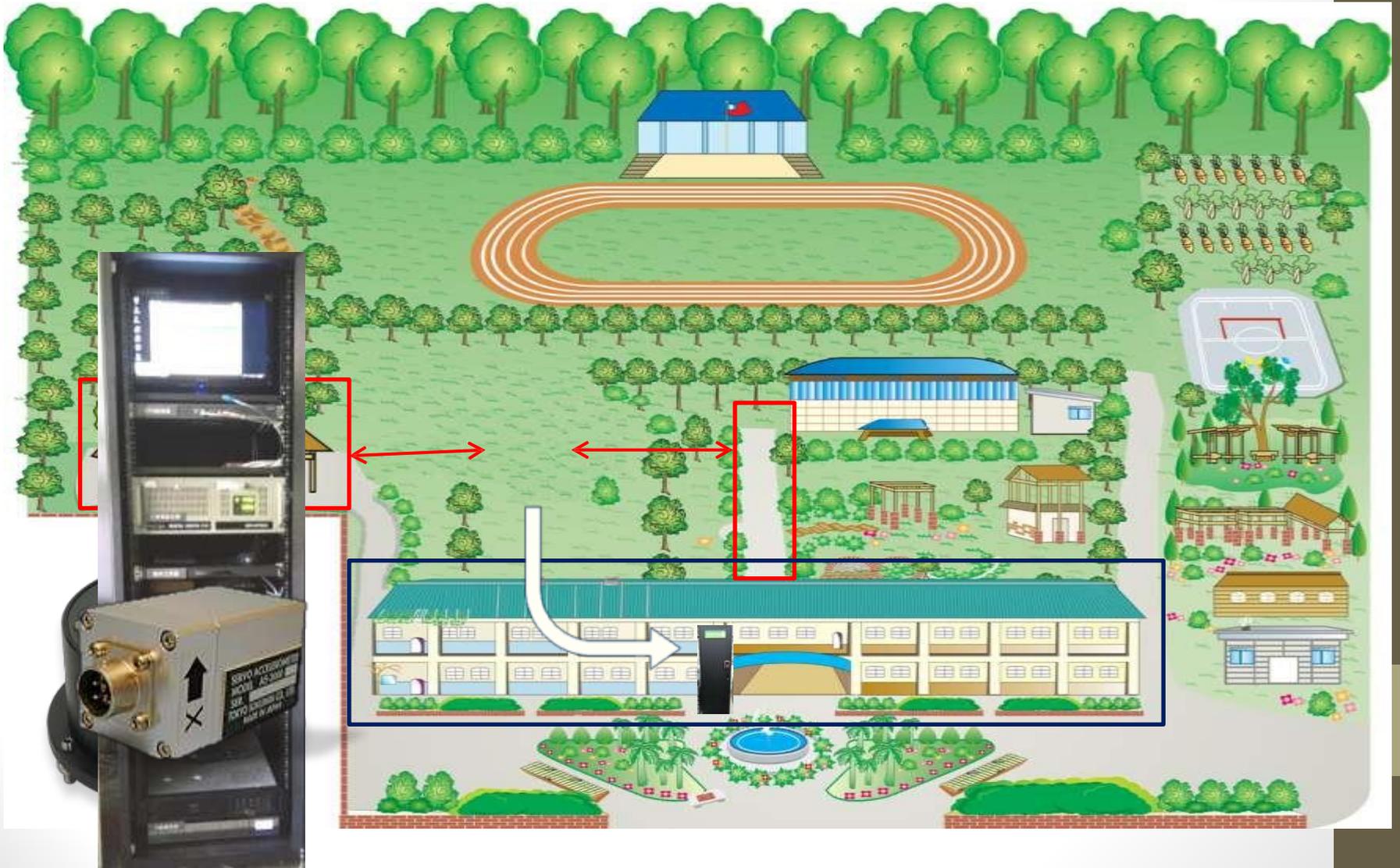


高精度地震儀



備援地震儀

校園現地型地震預警系統系統建置 高精度現地型：國震中心



淺井式地震儀之安裝



地震儀 **Kinematics EpiSensor ES-T**

Dynamic range: 155 dB+

Bandwidth: DC to 200Hz

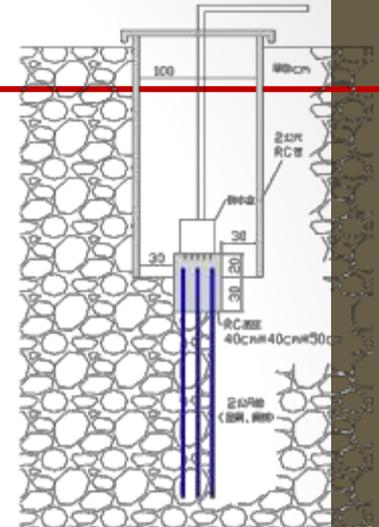
Full-scale range:

User selectable at $\pm 0.25g$, $\pm 0.5g$, $\pm 1g$, $\pm 2g$ or $\pm 4g$

Outputs:

User selectable at $\pm 2.5V$ single-ended $\pm 10V$ single-ended

$\pm 5V$ differential $\pm 20V$ differential



備源地震儀之安裝



AS-305C1W5 Sensor

Dynamic range: 155 dB+

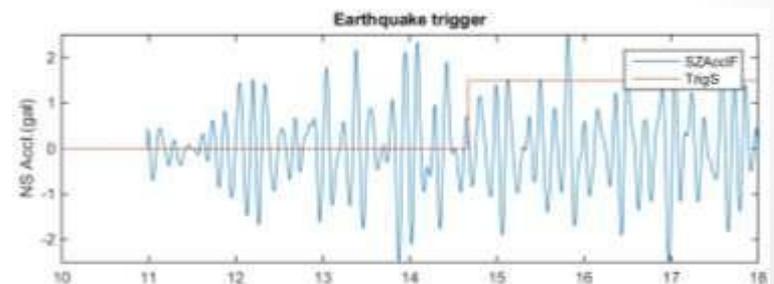
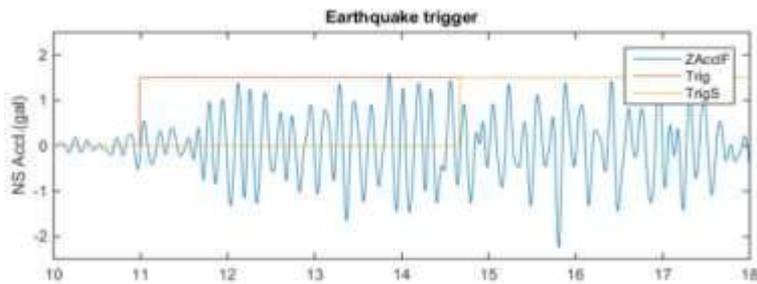
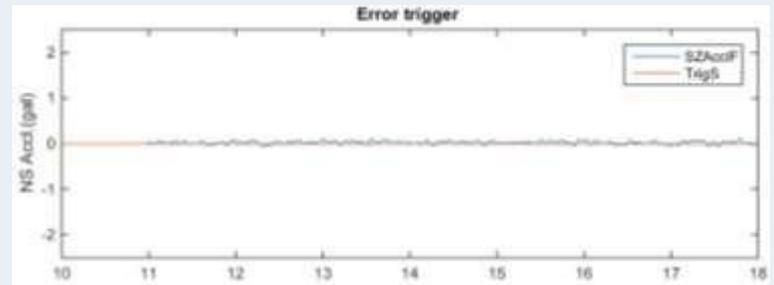
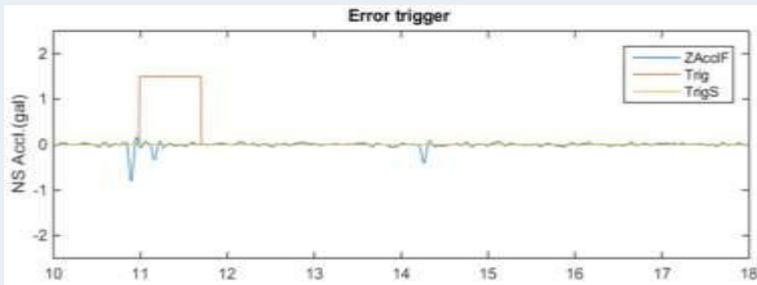
Bandwidth: DC to 250Hz

Full-scale range: User selectable at $\pm 2000\text{gal}$

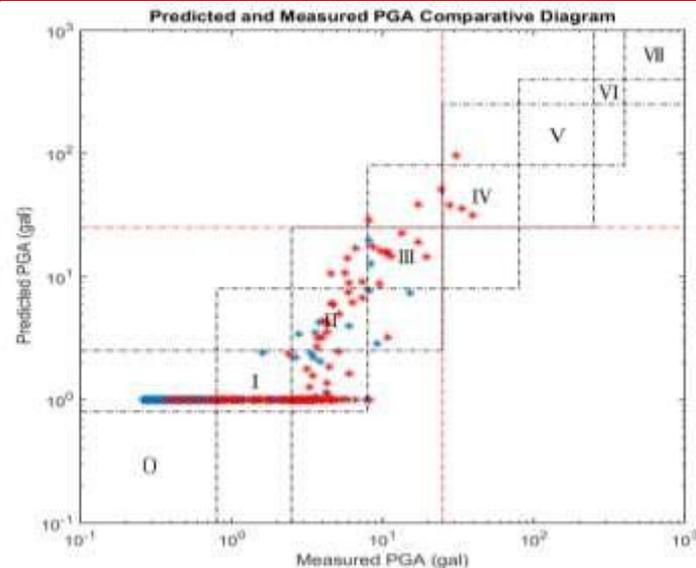
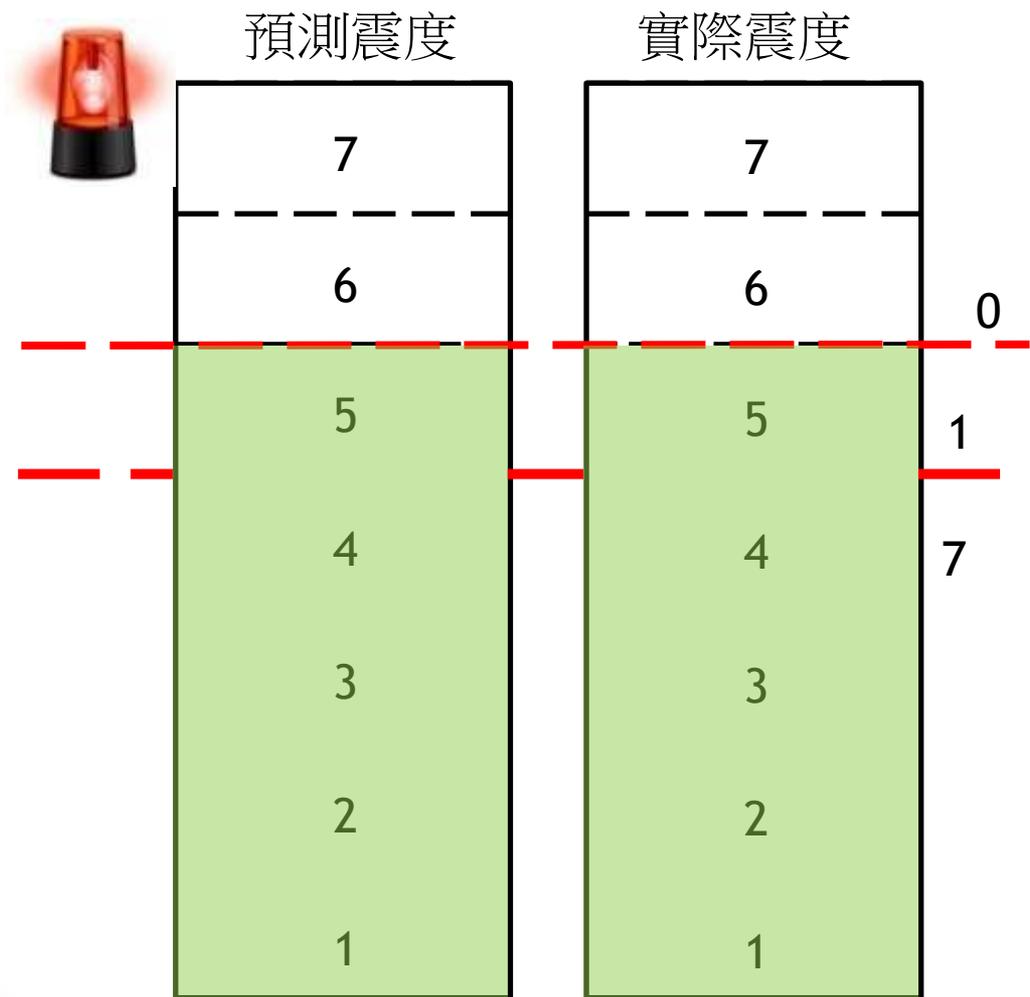
Scale Factor: 5mv/gal



增加備源地震儀



系統預估震度：可自訂警報門檻值



安南國中2014.07.01~2015.06.30

預測震度	發生次數/年
五級以上	0
四級以上	1
三級以上	7

現地型地震儀偵測P波，預估預測震度

地震警報廣播架構 (副站)

區域型 (氣象局)



地震預警訊息伺服器

Palert

A方案：地震警報主機介接學校既有廣播系統
(地震預警訊息接收至廣播系統發報不超過兩秒)

學校既有廣播系統



地震警報主機

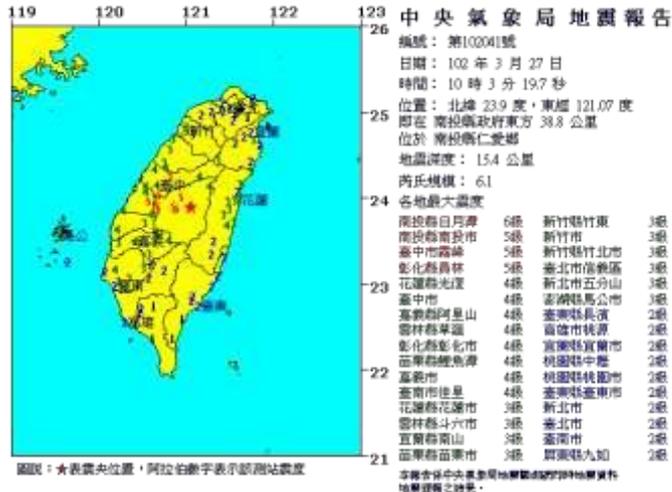


簡易型警報廣播系統
(廣播擴大機+喇叭)

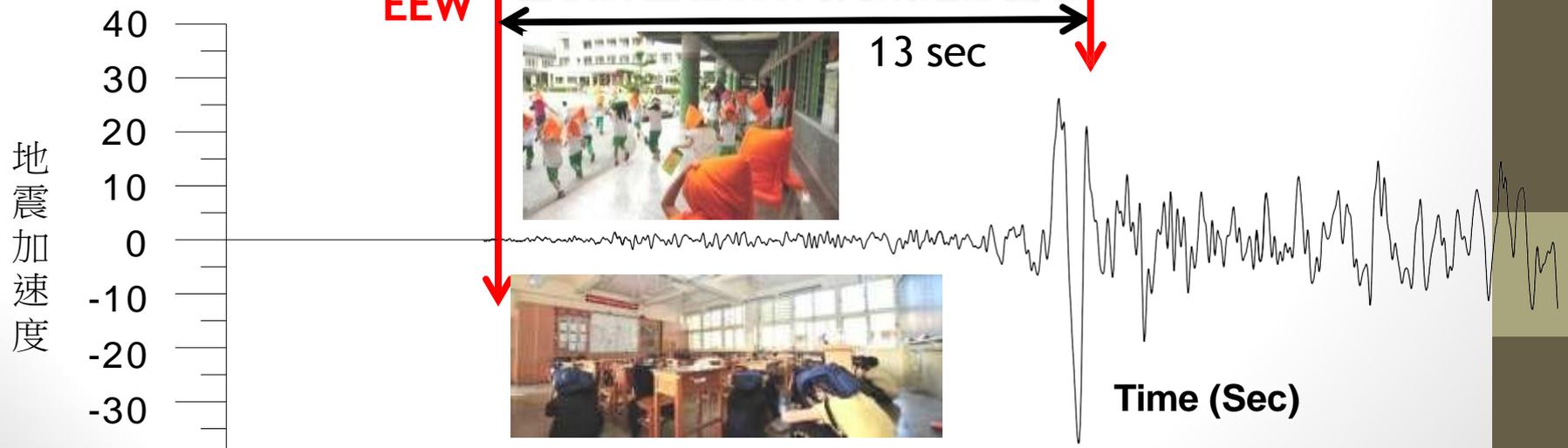
B方案：地震警報主機+ 簡易型警報廣播系統
(既有廣播發報超過兩秒，新設簡易型警報廣播)

成功案例- 2013/3/27 港坪國小

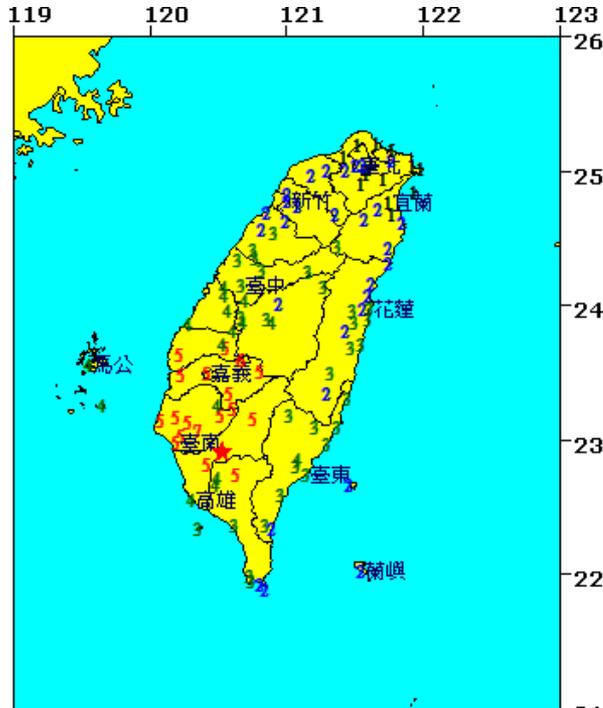
• 震央距：~60km



EEW 全校師生在13s內完成避難動作



0206台南美濃地震震度分布



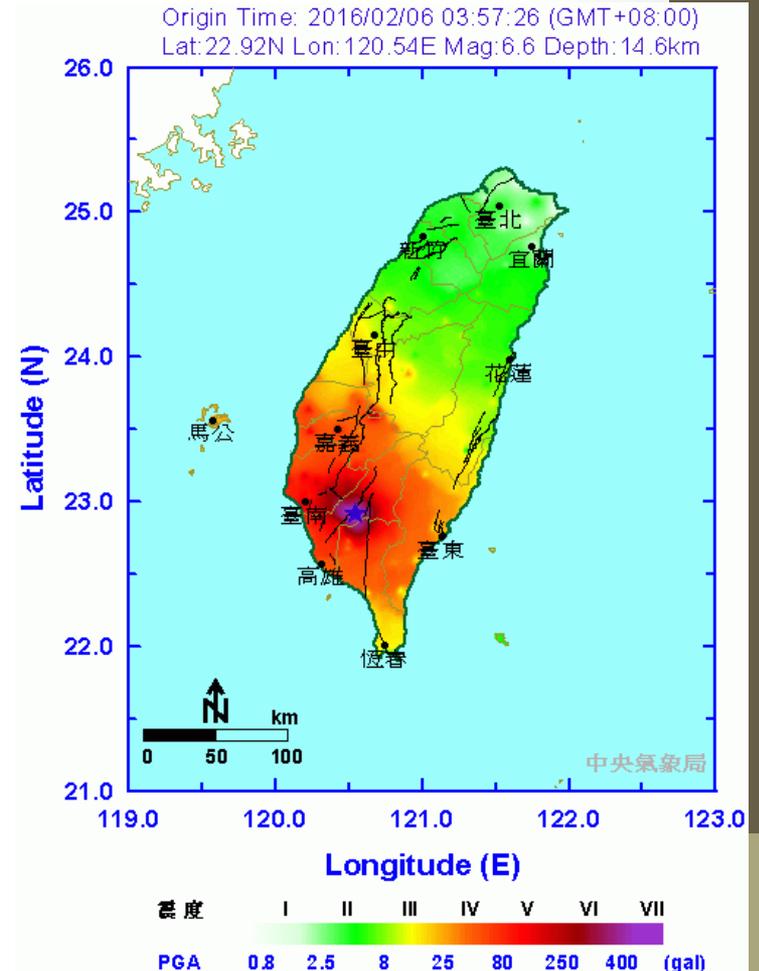
中央氣象局地震報告

編號：第105006號
 日期：105年2月6日
 時間：3時57分26.1秒
 位置：北緯22.92度，東經120.54度
 即在屏東縣政府北偏東方27.1公里
 位於高雄市美濃區
 地震深度：14.6公里
 芮氏規模：6.6

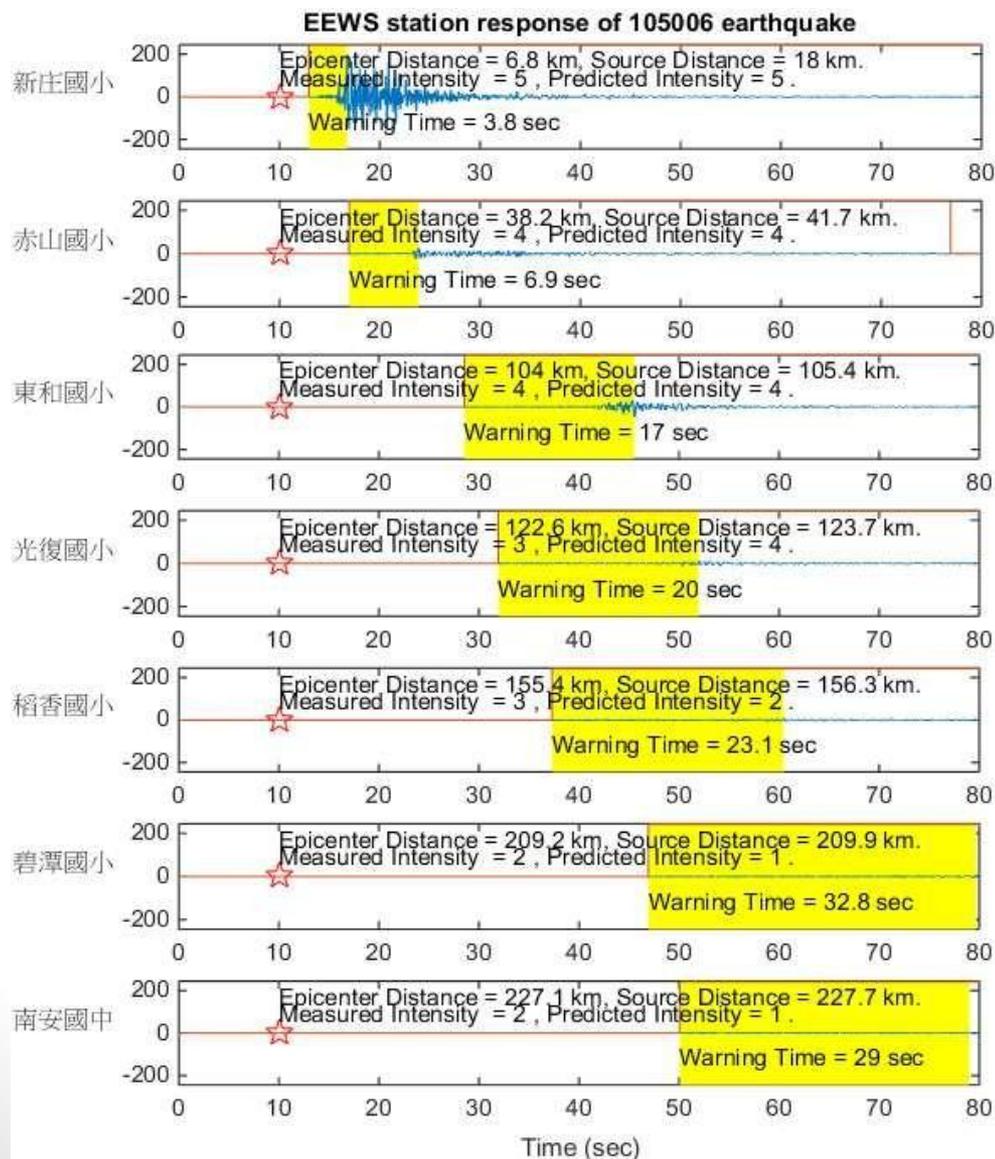
各地最大震度

臺南市新化	7級	彰化縣彰化市	4級
雲林縣草嶺	6級	臺東縣臺東市	3級
高雄市旗山	5級	花蓮縣紅葉	3級
屏東縣三地門	5級	屏東縣南灣	3級
臺南市	5級	南投縣南投市	3級
嘉義縣大埔	5級	臺中市	3級
嘉義市	5級	花蓮縣花蓮市	3級
屏東縣屏東市	4級	苗栗縣鯉魚潭	3級
高雄市	4級	宜蘭縣南山	3級
臺東縣初鹿	4級	苗栗縣苗栗市	2級
雲林縣斗六市	4級	新竹縣竹東	2級
澎湖縣東吉島	4級	新竹市	2級
彰化縣二水	4級	桃園市三光	2級
南投縣名間	4級	新竹縣竹北市	2級
澎湖縣馬公市	4級	桃園市	2級
臺中市霧峰	4級	新北市	2級

圖說：★表震央位置，阿拉伯數字表示該測站震度



105年編號6號地震於各測站警報時間



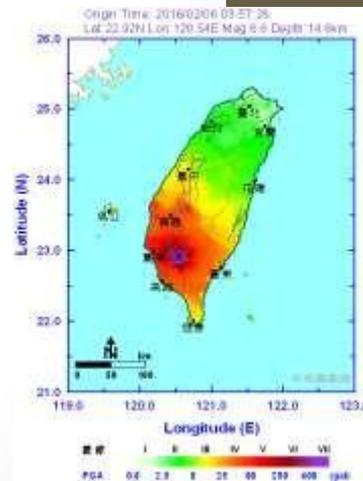
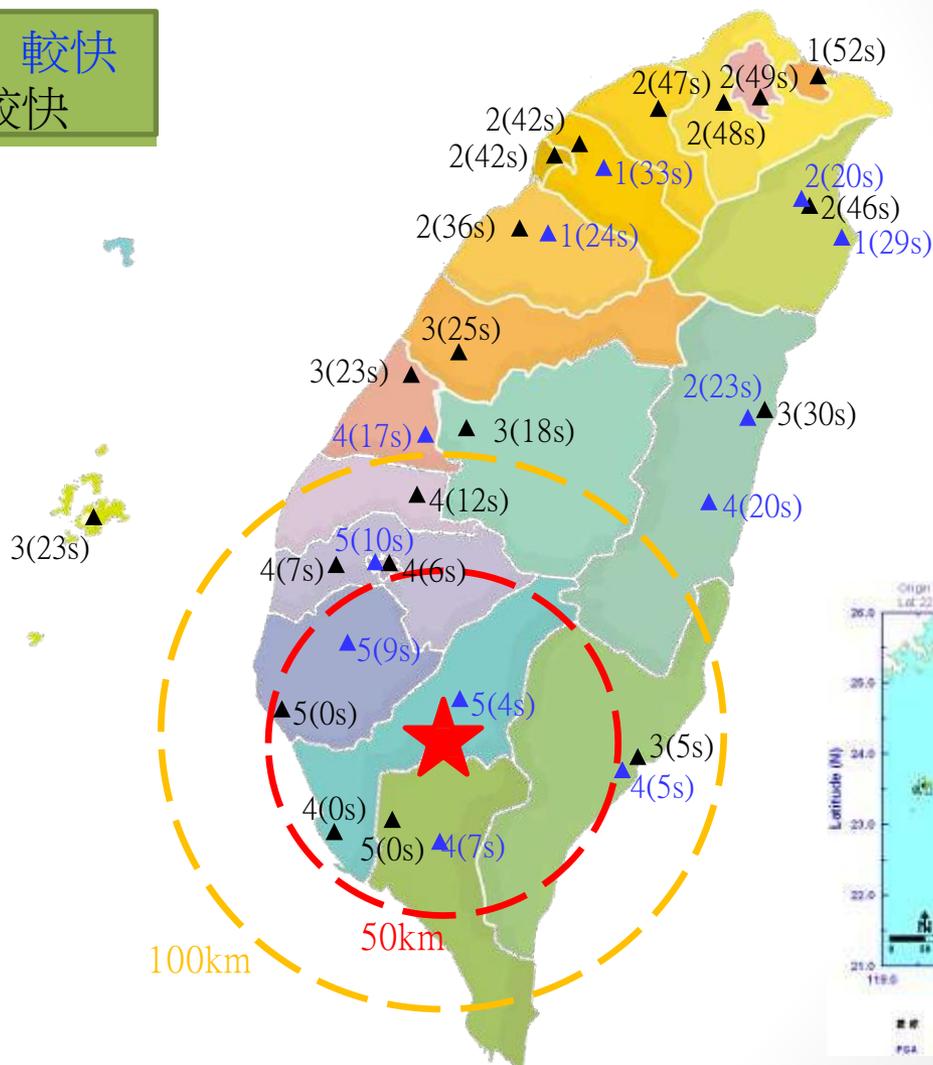
測站名稱	預警時間 (sec)	預估震度	實際震度	預估 PGA	實際 PGA	震央距離
東和國小	16.97	4	4	40.15	49.41	約 84Km
雲林	12.59	4	5	70.84	144.22	約 77Km
港坪國小	10.40	5	5	81.83	175.82	約 62Km
育人國小	10.37	5	5	167.71	184.26	約 60Km
宜蘭國小	19.86	2	3	4.79	9.31	約 235Km
南安國中	28.96	1	2	1.00	6.07	約 226Km
光復國小	20.03	4	3	27.87	12.81	約 122Km
稻香國小	23.12	2	3	6.94	9.70	約 155Km
嘉南國小	8.38	5	5	207.36	242.00	約 36Km
碧潭國小	32.76	1	2	1.00	7.06	約 208Km
獅潭國小	23.51	1	3	1.00	8.79	約 183Km
公館國小	4.67	3	2	17.38	6.28	約 252Km
豐里國小	5.38	4	3	70.73	22.03	約 64Km
赤山國小	6.90	4	4	49.62	26.23	約 38Km
新庄國小	3.77	5	5	240.30	213.34	約 7Km

台灣地震預警時間比較

(以105/02/06美濃地震為例)

距震央較近：現地型（國震中心）較快
 距震央較遠：區域型（氣象局）較快

站點	震央距	預警時間	預估震度
新庄國小	8km	3.8s	5級
屏東縣政府	27km	0s	5級
赤山國小	37km	6.9s	4級
臺南市政府	37km	0s	5級
嘉南國小	38km	8.4s	5級
高雄市政府	41km	0s	4級
育人國小	62km	10.4s	5級
嘉義市政府	63km	5.5s	4級
豐里國小	63km	5.4s	4級
嘉義縣政府	65km	6.5s	4級
臺東縣政府	65km	4.6s	3級
雲林縣政府	67km	12.1s	4級
東和國小	105km	17s	4級



地震可能發生在全台各地，唯有整合區域與現地地震預警，才能提供快速有效的減災服務

天災風險難測 防災教育刻不容緩

- 1.天災造成校園人員傷亡、設備損害而被迫重建、整建。
- 2.有關災害應變、備援與復原能力的**防災教育**泰半被歸於不急迫事項。
- 3.校園應教育宣導平時做好減災預防，災時採取有效因應措施，以**落實強化學校及社會整體抗災能力**。

高潛勢會發生災害?



低潛勢是安全區域?



防災教育

(宣導觀念、強化抗災及應變能力)

地震預警系統說明

- ▶ 利用地震P波與S波時間差，在偵測到破壞力較小速度較快的P波時，立刻預估地震大小。
- ▶ 在破壞力強的S波來臨前，爭取時間避難。

1 安裝前

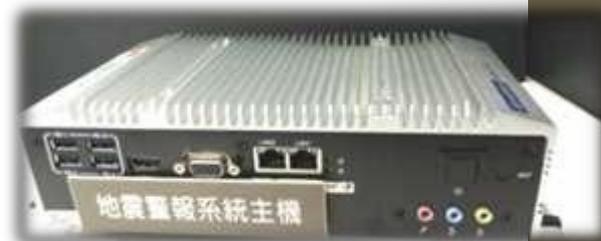
- ✓ 提供學術網路設定值
- ✓ 校區平面圖
- ✓ 最新版防災計畫書
- ✓ 演練腳本

2 安裝時

- ✓ 連接廣播設備
- ✓ 設定網路環境
- ✓ 設定發報級數

3 完成後

- ✓ 模擬測試
- ✓ 防災服務啟動



地震警報系統主機正面照



地震靜報系統主機反面照



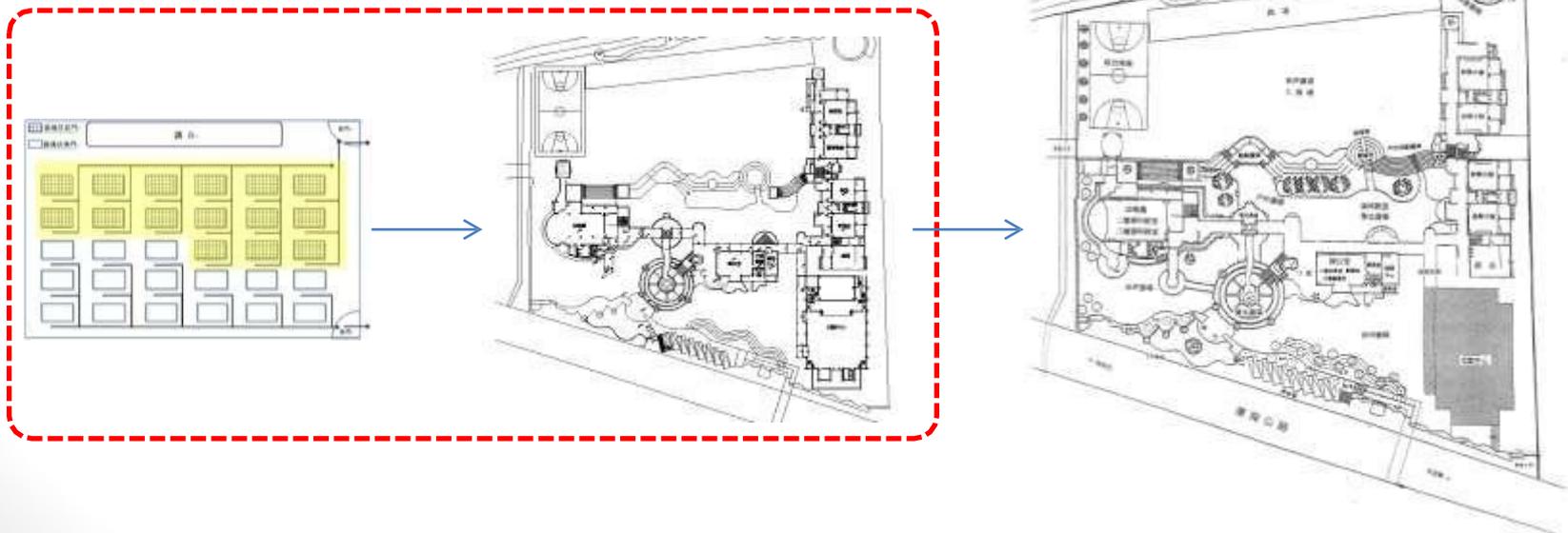
地震警報系統主機俯視照
資料來源:防災服務合作實驗室

防災服務五循環



地震防災疏散：教師注意事項

1. 熟悉自**教室**→**樓層(樓梯)**→**大樓**→**疏散集合點**的動線
2. 學期開學首次上課時，指導班級學生：
 - 瞭解教室環境 (上方→四週)
 - 瞭解教室疏散動線(門→梯→集合點)
 - 熟悉地震預警系統聲響 
3. 利用課餘時間訓練班級同學在**(15秒)**預警時間內應有的**應變反應**
4. 地震來臨時，優先考量**疏散**與**自己的存活**



教室疏散效率最佳化

1. 將地震防災用品統一置於防災包
 - 防災盒：班級名冊、(學生)家庭防災卡、筆、尺
 - 簡易救護用品/藥品
 - 教師用手套、口罩
 - 簡便雨衣
 - 口哨、手電筒、小刀
 - 其他適合學校環境用品(如：防蚊液)
2. 將防災包置於教室疏散時，最順手拿取之處
3. 鎮定不慌亂的指揮/指導態度
4. 警報聲響→頭套→(學生)開門→(學生)取防災包→疏散

地震災害預防階段

- 以平時減災為主，為減少消除及避免災害發生，於平日工作事項如下：

- 校園災害防救計畫修訂。
- 校園環境調查。
- 災害潛勢調查。
- 校園環境耐災能力檢討與改善。
- 校園災害短中長期減災方案擬定
- 校園師生撤離規劃
- 規劃臨時收容計畫



校園環境調查

- 地理位置。
- 基本資料。
- 環境概況。
- 建物平面配置。
- 救災設備器材配置及歷史災害與災害特性分析。
- 校園儀器、設備、建築物及設施進行危險評估。
- 危險項目進行改善。





校園災害潛勢調查

- 學校災害潛勢管理系統

<http://safecampus.edu.tw/ms/>。

- 填報系統中所需資料，藉由分析結果檢視自身校園災害潛勢判定等級，協助做好相關校園安全補強、避難場所規劃及設計符合校園特性之防災計畫。

- 政府部門公布之災害潛勢資訊，如中央地質調查所活動斷層查詢系統

<http://fault.moeacgs.gov.tw/MGFault/>。

- 連結直轄市、縣市政府所製作之災害防救相關圖資，了解學校避難路線圖。

- 委託專業機構或專家協助釐訂學校災害潛勢區域。

2016/8/12

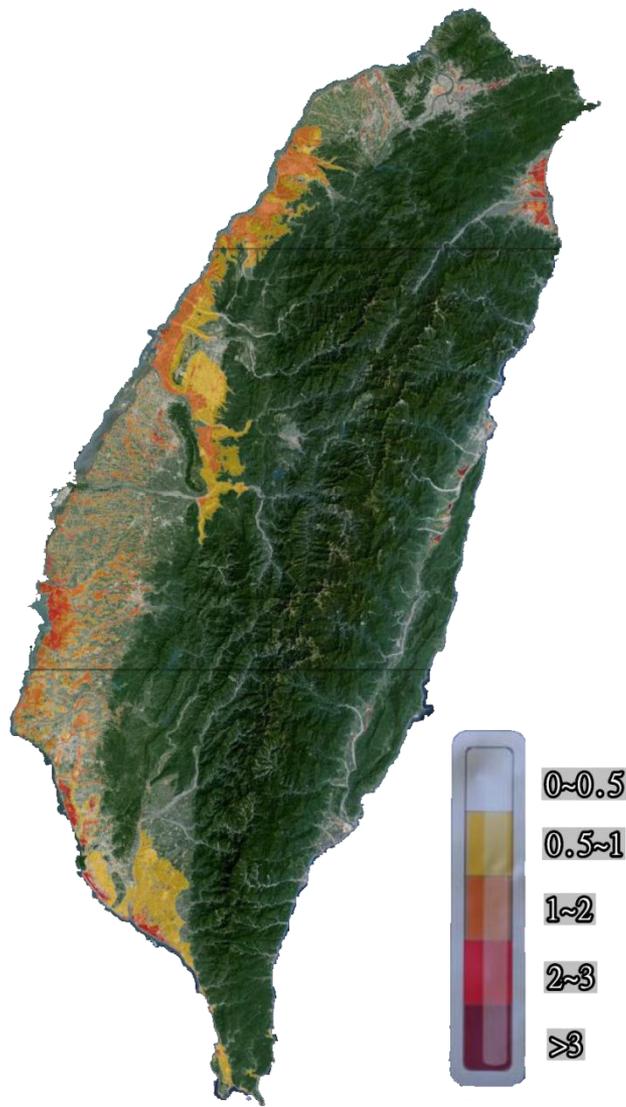
校園水災防患規劃設計



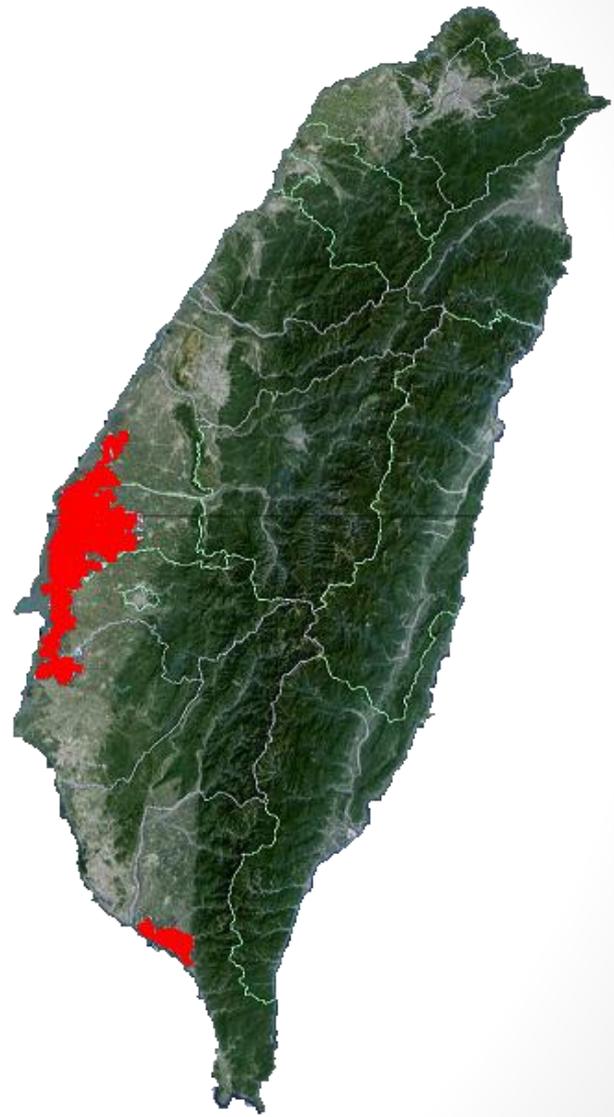
Powerpoint Nubia

GERMANY - flooding in Deggendorf, on June 5, 2013
(Armin Weigel/Getty Images)

淹水潛勢圖
(單日降雨量達200年重現期)

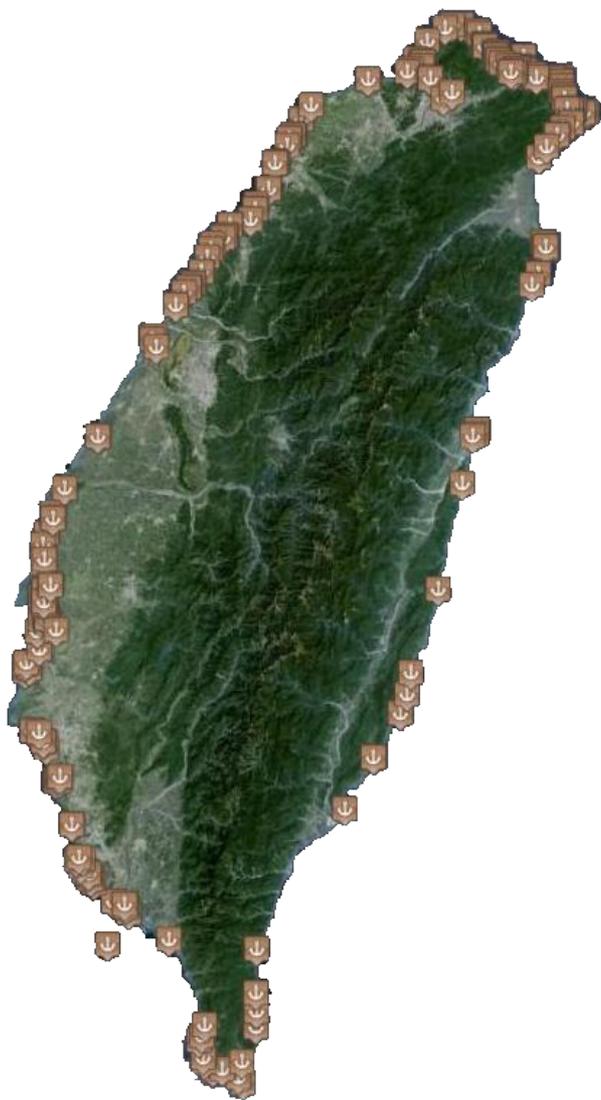


地層下陷

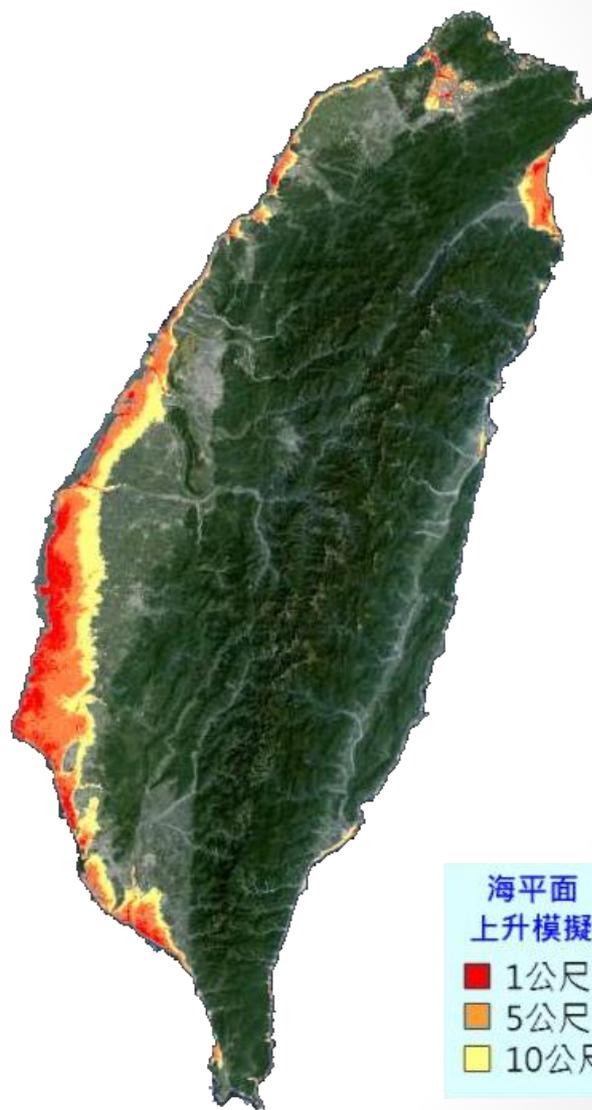


水利署

港口碼頭



海平面上升

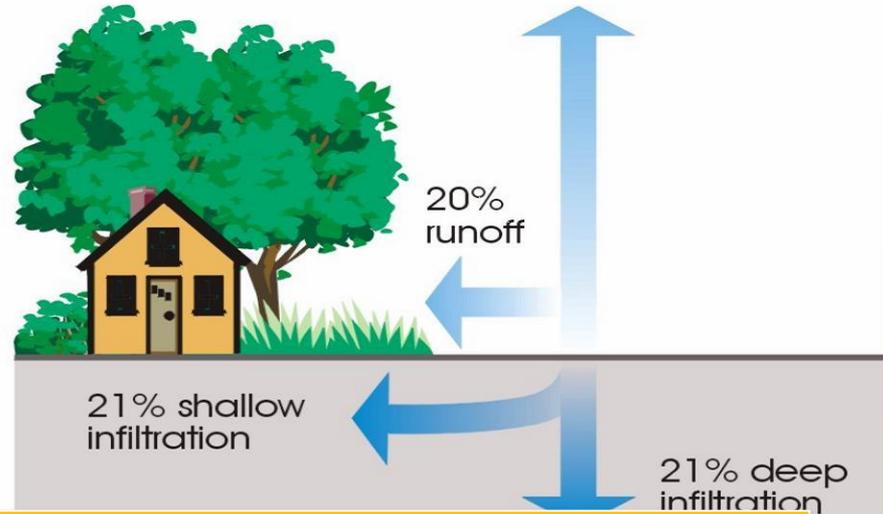
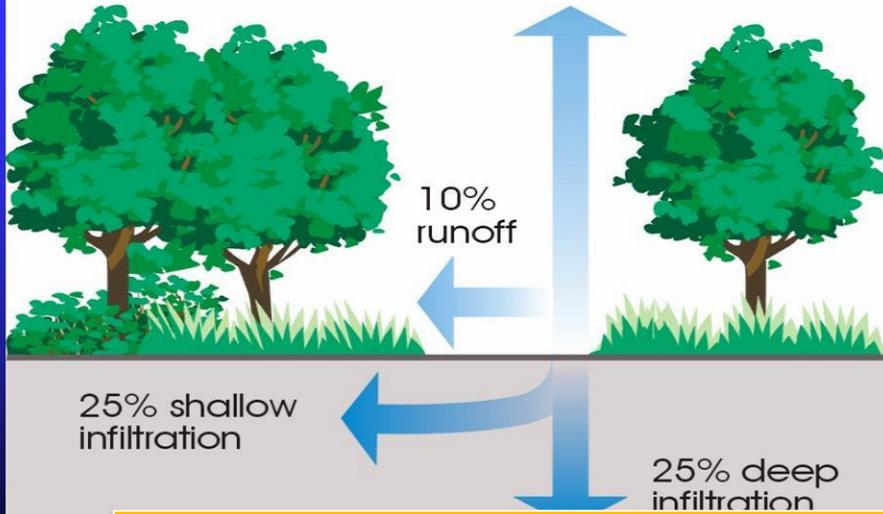


海平面
上升模擬

- 1公尺
- 5公尺
- 10公尺

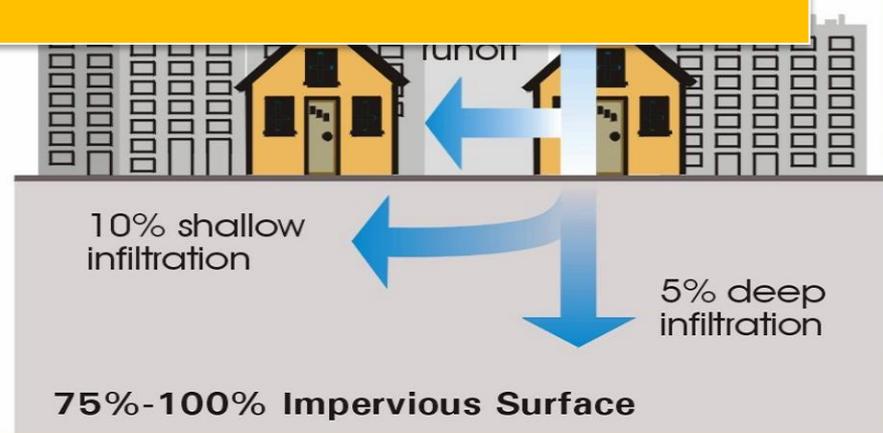
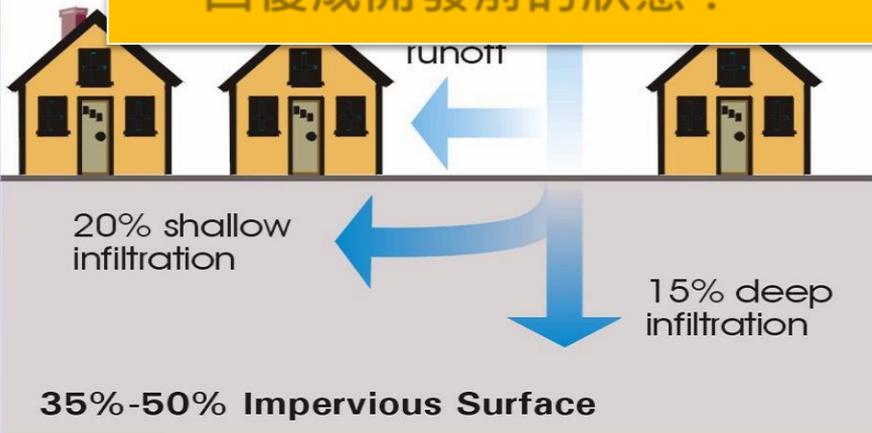
40% evapotranspiration

38% evapotranspiration



Nat

- 隨著城市的建設與發展，地表排水系統之尖峰流量將隨之增加且提早，造成城市內澇潛勢提高及災害應變時間縮短；
- 洪峰後之流量迅速下降，更造成水資源的匱乏，如何將水文條件回復成開發前的狀態？

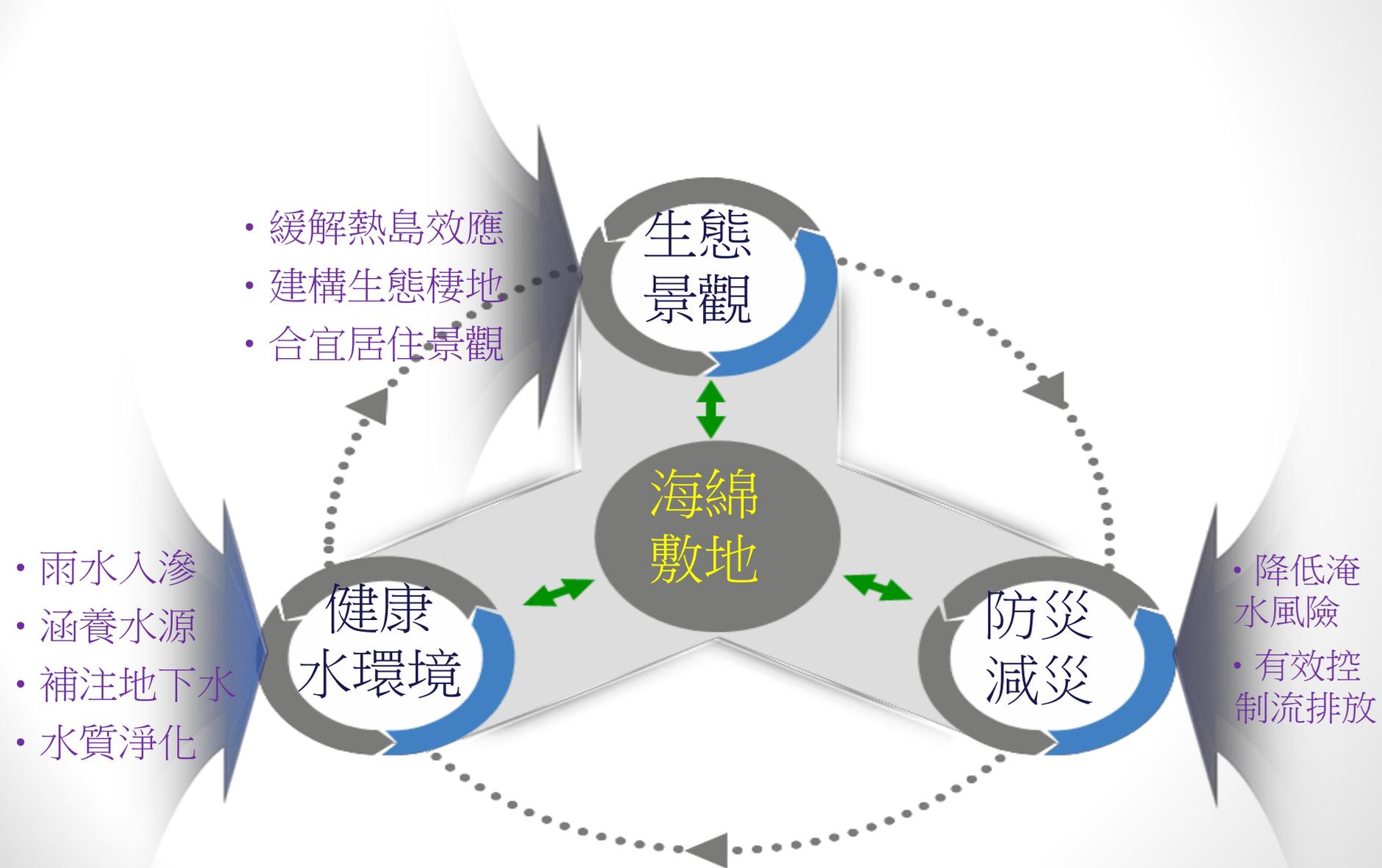


何謂海綿敷地?

- 「海綿敷地」是指建築基地能夠像海綿一樣，在適應環境變化和應對自然災害等方面具有良好的“彈性”，下雨時吸水蓄水、滲水、淨水，需要時釋放蓄存的水並加以利用。



海綿敷地的觀念

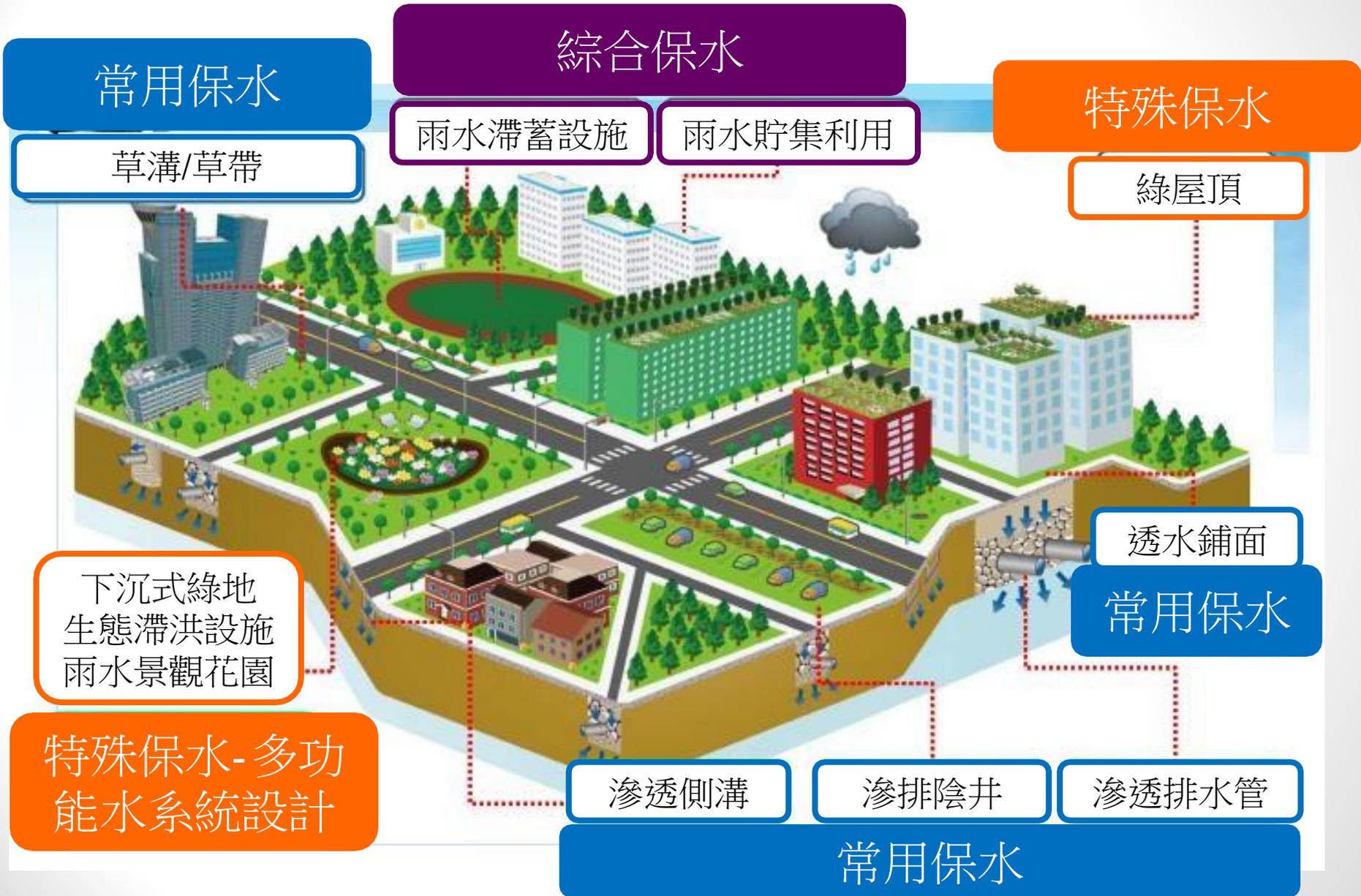


低衝擊開發(LID)理念

- 低衝擊開發（Low Impact Development，LID）指在開發建設過程中採用源頭削減、中途轉輸、末端調蓄等多種手段，通過滲、滯、蓄、淨、用、排等多種技術，實現良性水文迴圈，提高徑流雨水的滲透、調蓄、淨化、利用和排放能力，維持或恢復土地的海綿功能

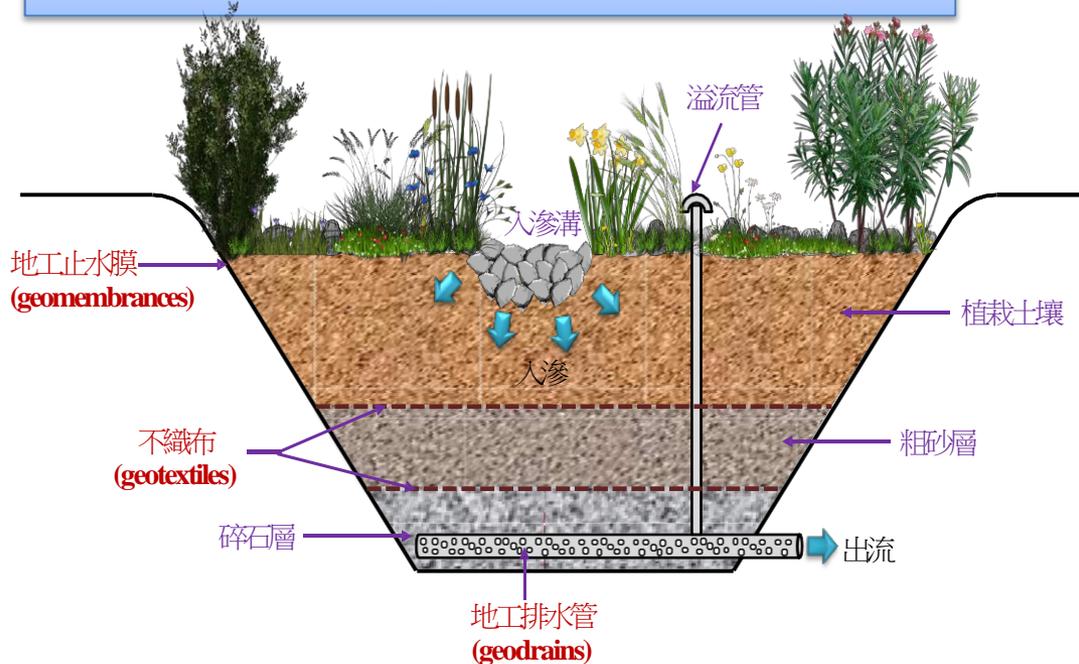


低衝擊開發水系統設施



LID 設施說明

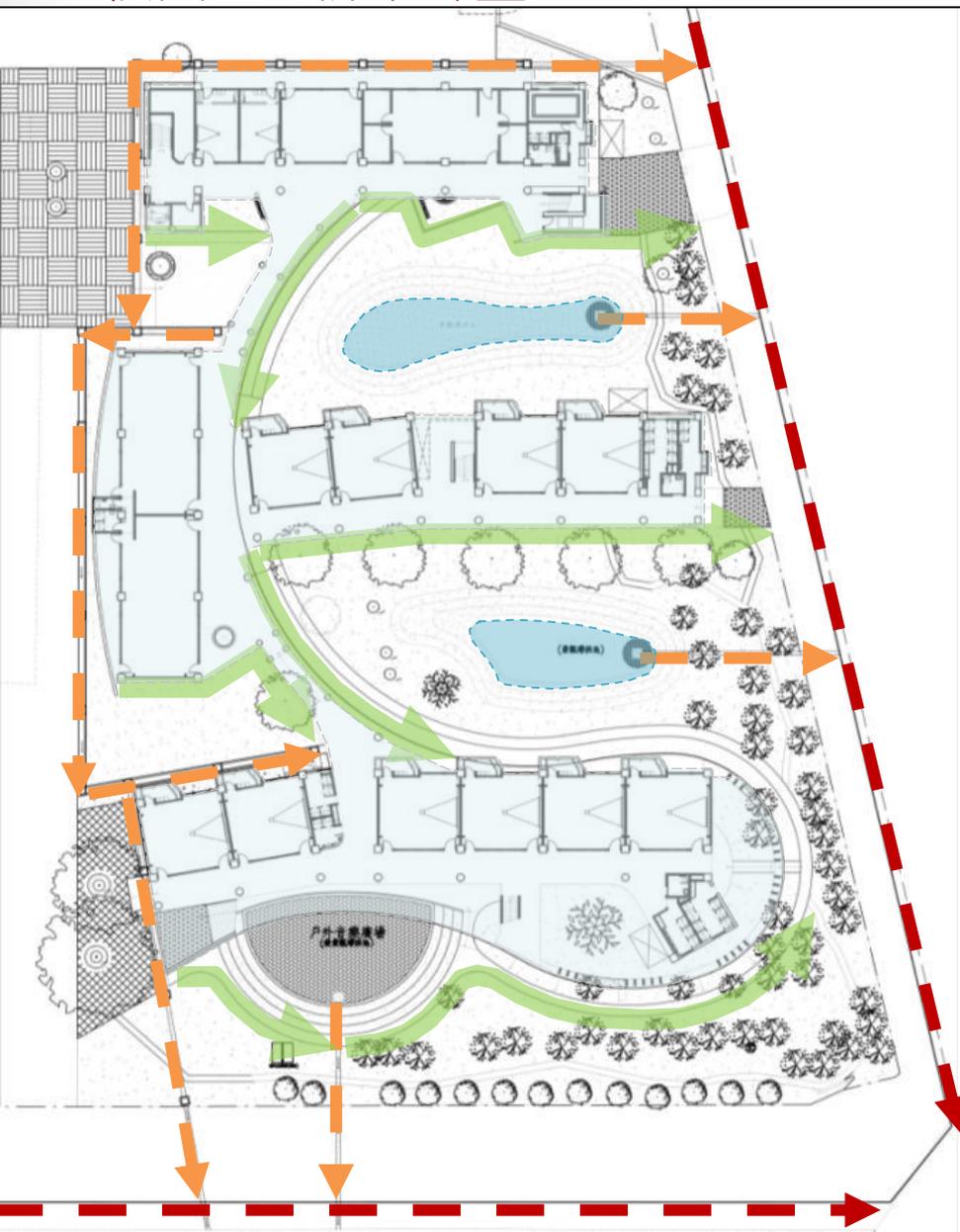
植生滯留槽(bioretenention)



一、設施基本說明

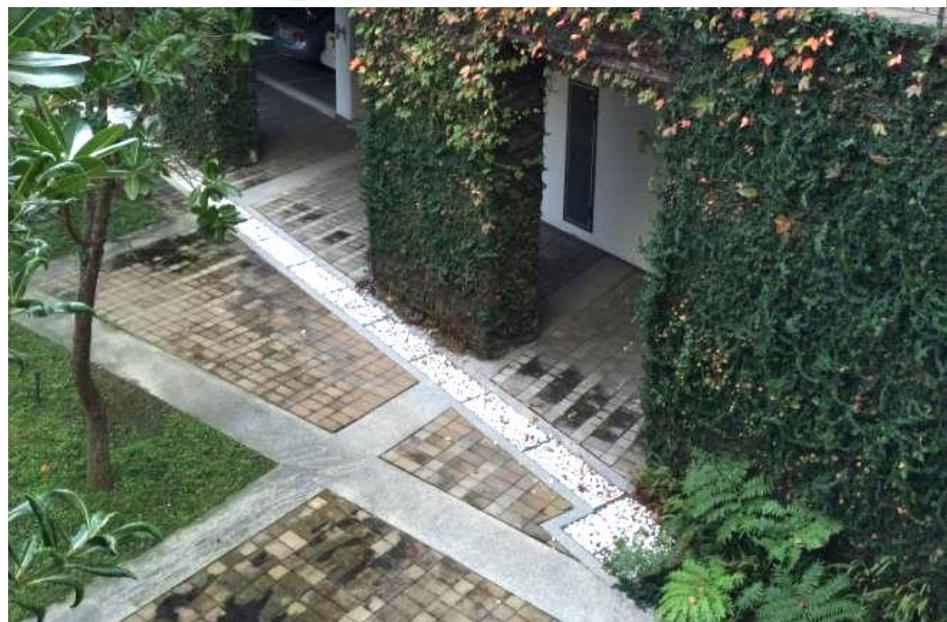
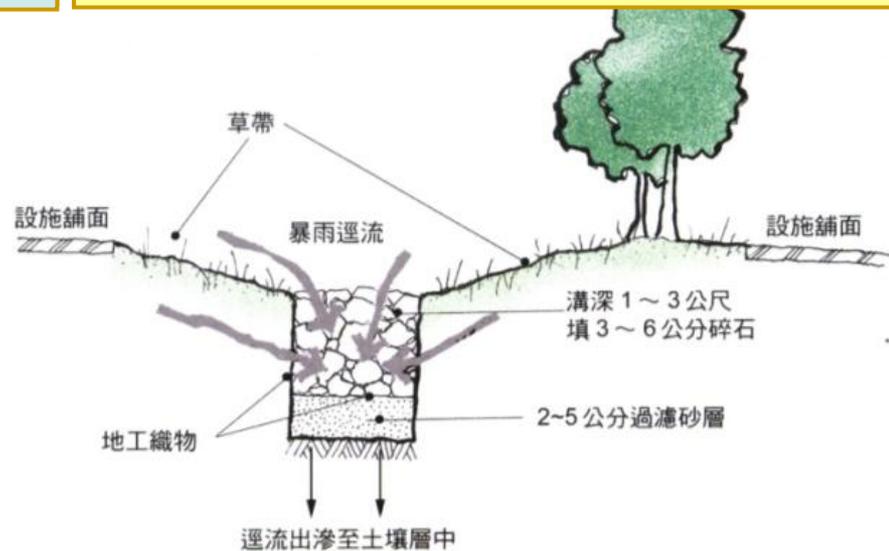
植生滯留槽 (bioretention) 屬於入滲型設施，可以採小面積且社區塊的形式設計，並且可以配合整體造景的需求，設計成景觀花園，故又可以稱之為雨花園 (rain garden)，可設置於建築物間的空地或綠地及停車場或道路之分隔島。

校園基地排水計畫



2

草溝 + 卵石



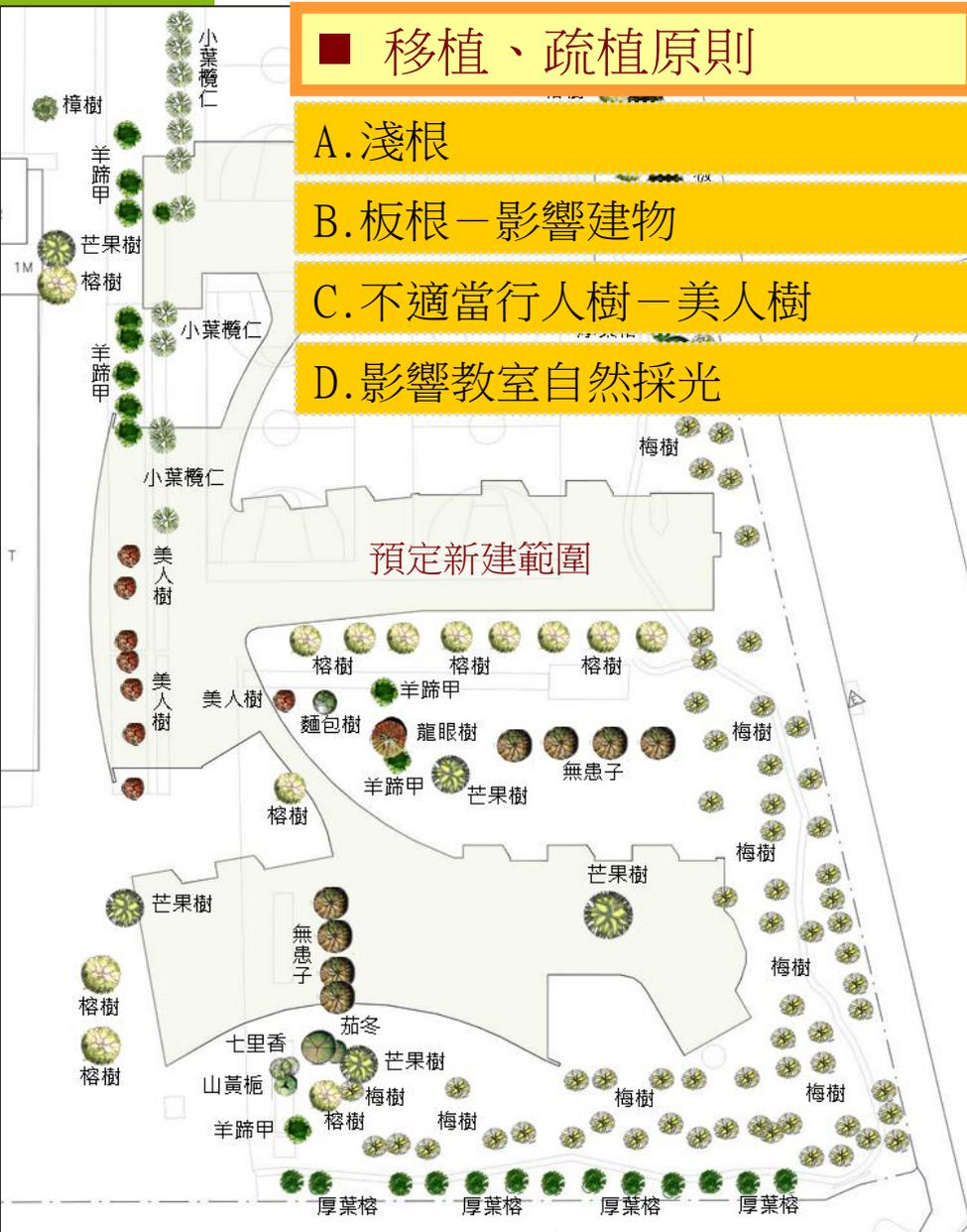
■ 移植、疏植原則

A. 淺根

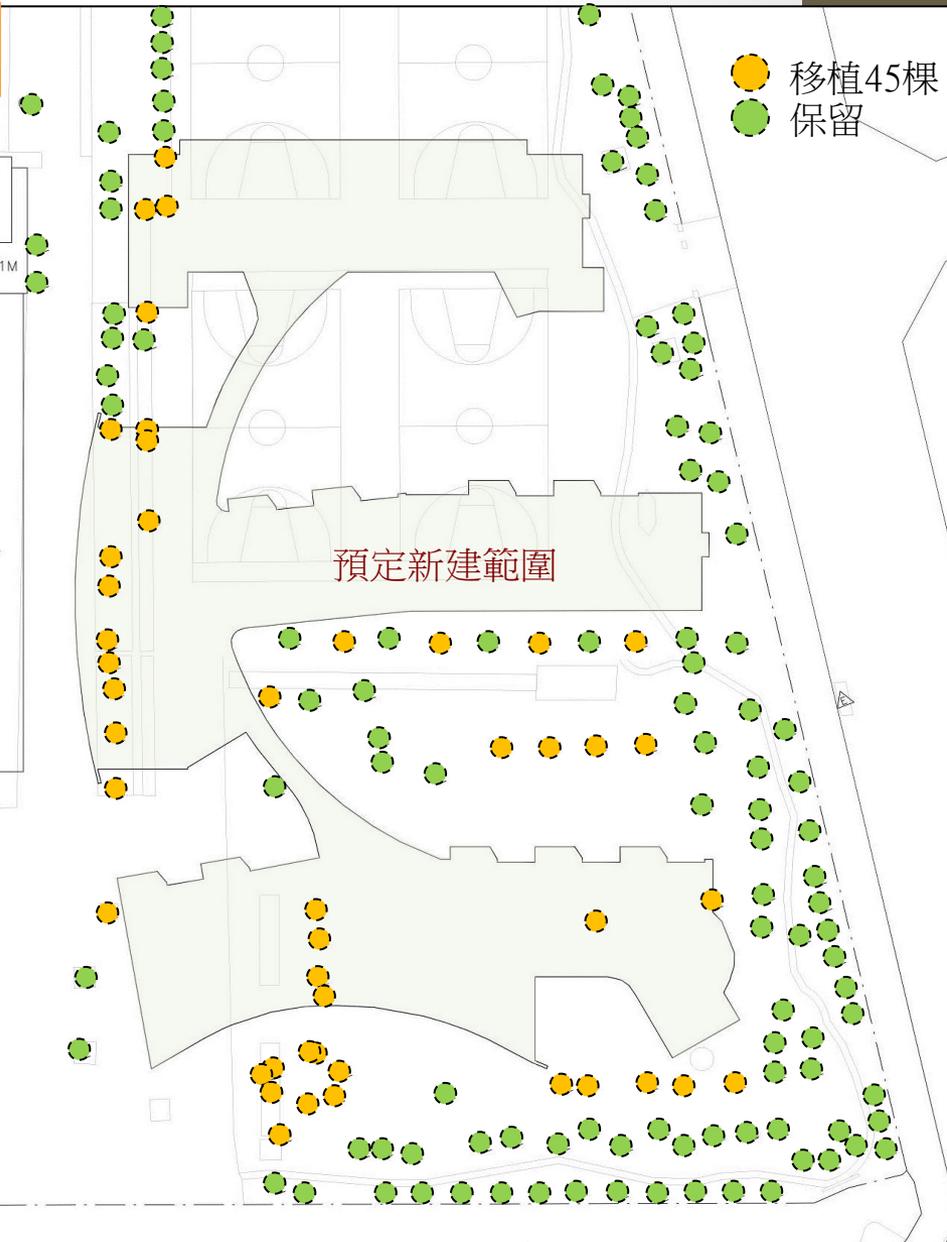
B. 板根—影響建物

C. 不適當行人樹—美人樹

D. 影響教室自然採光



基地植栽現況圖



植栽移植調查圖

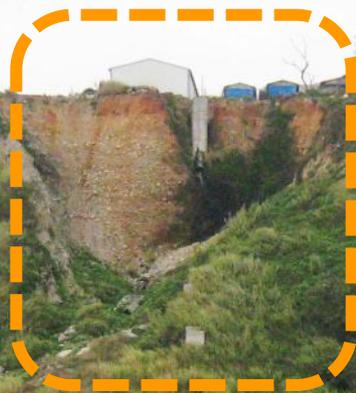
崩塌災害復建設計



AeroFoto by Chi Po-lin

崩塌地災修工程

整治範圍



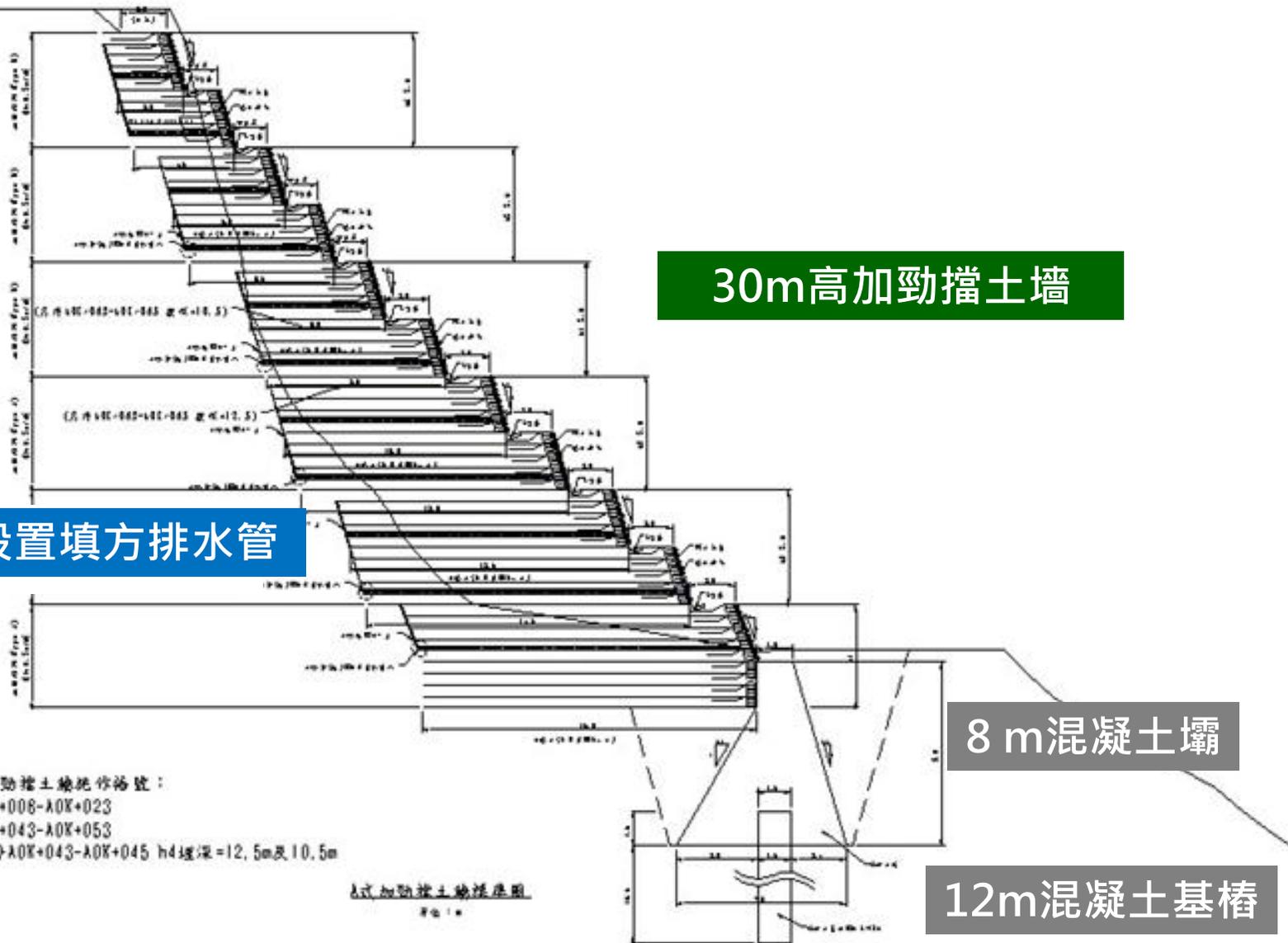
本案邊坡自921地震後即開始鬆動（2008年）

崩塌地災修工程



本區因地質為礫石層，坡度陡峭，裸露高度達40公尺以上，

崩塌地災修工程



30m高加勁擋土牆

間隔2m設置填方排水管

8 m 混凝土壩

12m 混凝土基樁

A式加勁擋土牆絕作編號：

1. A0X+008-A0X+023

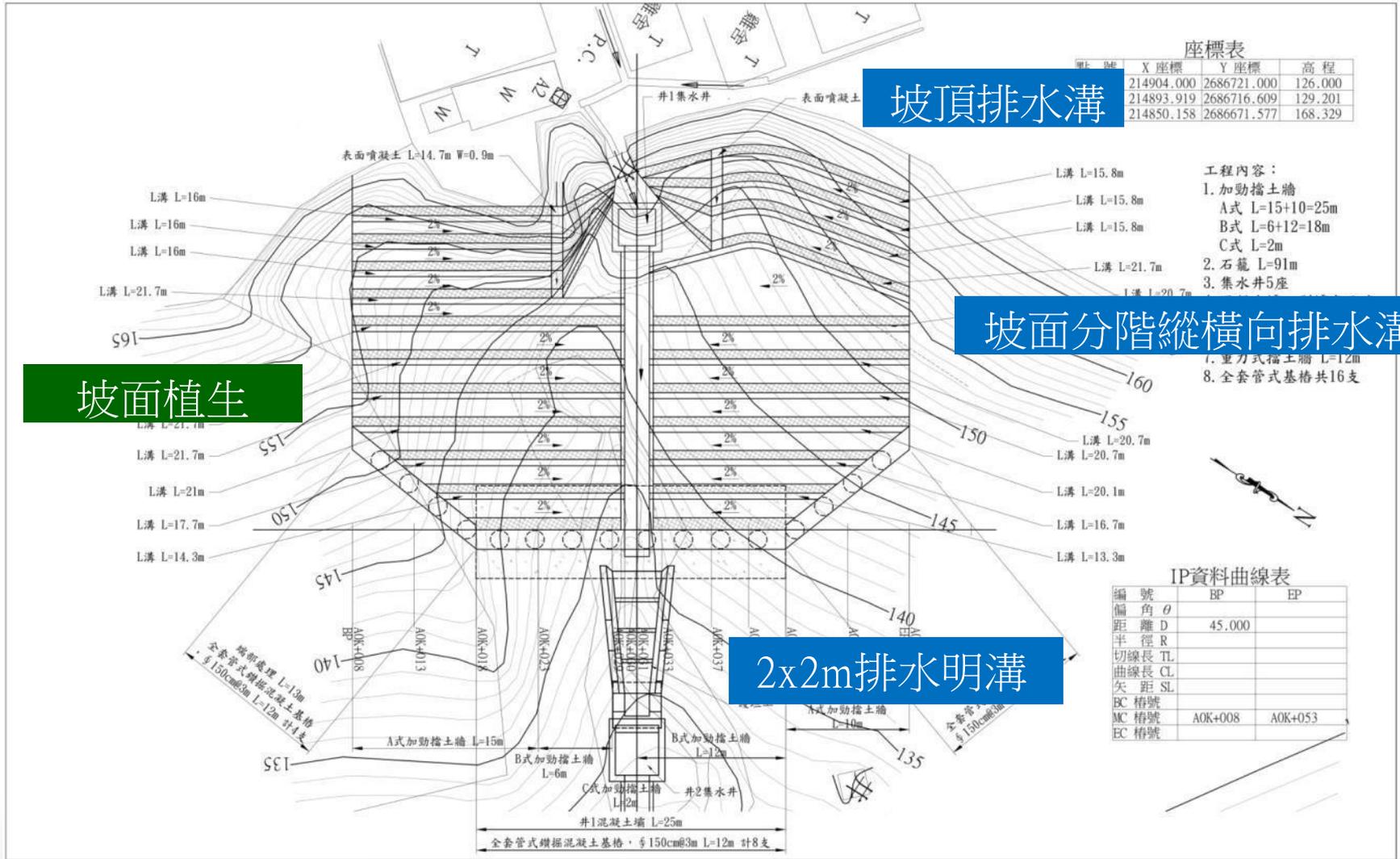
2. A0X+043-A0X+053

3. 另外A0X+043-A0X+045 h4埋深=12.5m及10.5m

A式加勁擋土牆標準圖

單位：m

崩塌地修復工程



座標表

點號	X座標	Y座標	高程
214904.000	2686721.000	126.000	
214893.919	2686716.609	129.201	
214850.158	2686671.577	168.329	

坡頂排水溝

坡面分階縱橫向排水溝

坡面植生

2x2m排水明溝

- 工程內容：
- 加勁擋土牆
A式 L=15+10=25m
B式 L=6+12=18m
C式 L=2m
 - 石籠 L=91m
 - 集水井5座

- 重刀式擋土牆 L=12m
- 全套管式基樁共16支

IP資料曲線表

編號	BP	EP
偏角 θ		
距離 D	45.000	
半徑 R		
切線長 TL		
曲線長 CL		
矢距 SL		
EC 樁號		
MC 樁號	AOK+008	AOK+053
EC 樁號		

台中崩塌地修復工程



完工後（2009年）

現況



崩塌地災修工程

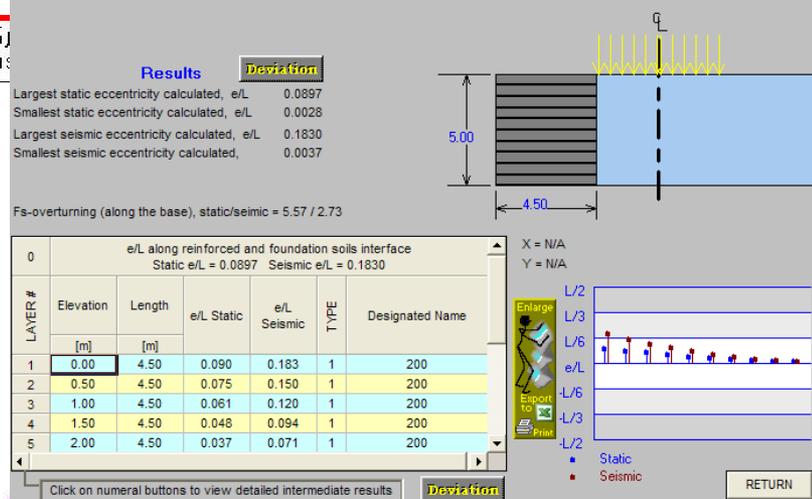
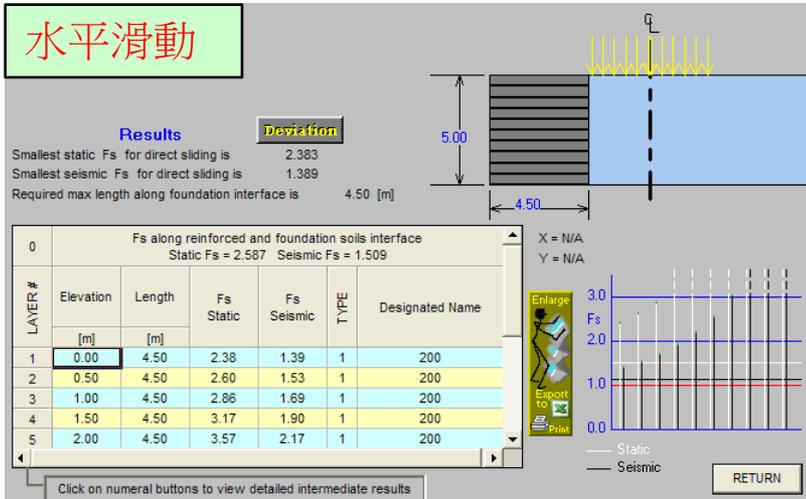
安全

經濟

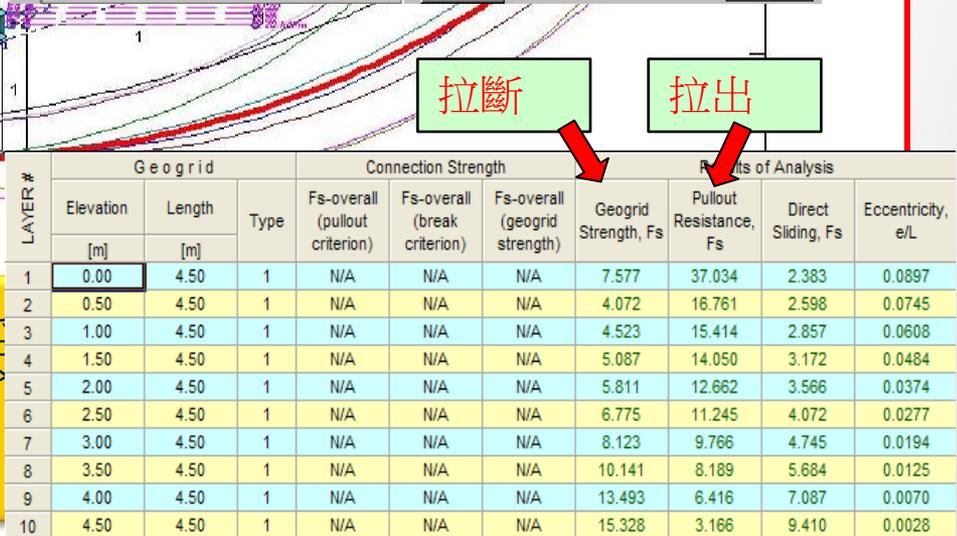
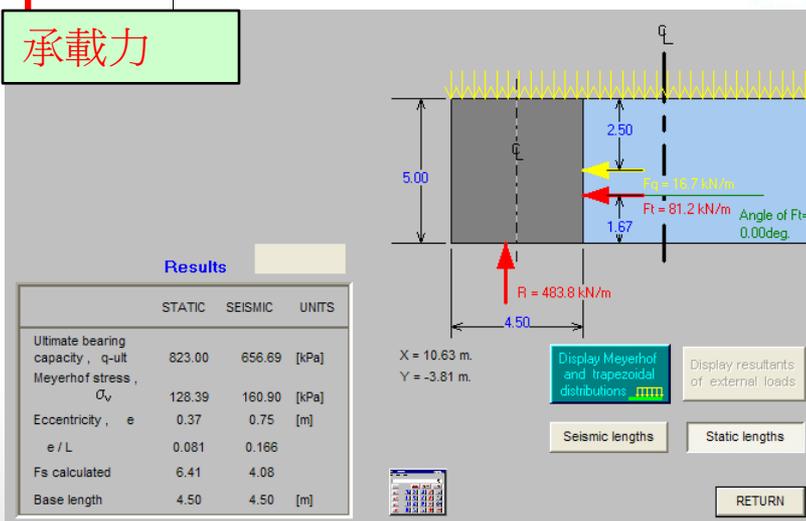
生態

減碳

水平滑動



承載力



拉斷

拉出

中部崩塌地災修工程

安全

經濟

生態

減碳



完工五年後，本區已進入森林階段

中部崩塌地災修工程

安全

經濟

生態

減碳

綠色工程方案碳排量為400噸CO₂e
減少碳排量60噸CO₂e(13%)



校園防火規劃設計



起火學校類別與起火處所

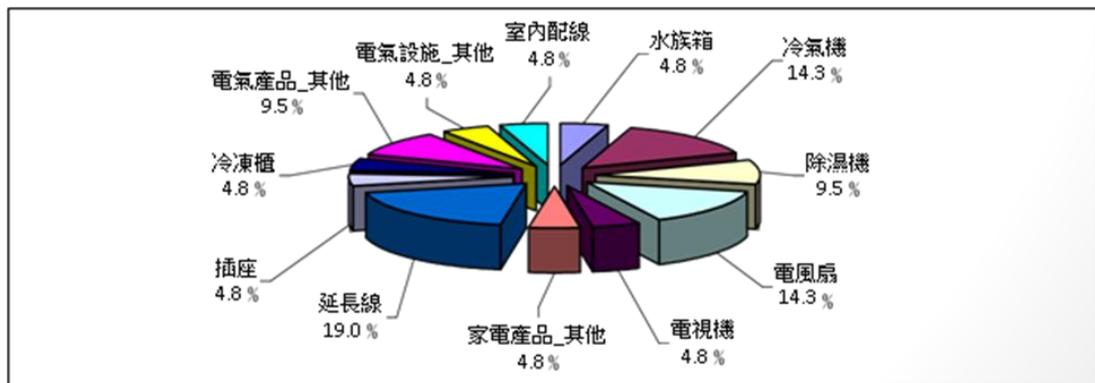
- 去年共發生 30 件校園火災，其中 46.7% 為大學內起火為最高；其次為國小內起火，佔 30.0%；再其次為國中內起火，佔 10.0。而較易起火的處所為教室，佔 33.3%，主要發生於國小內；而校園內第 2 位較易起火的處所為實驗室，佔 23.3%，主要發生於大學內。

起火處所 學校類別	宿舍 臥室	廚房	浴廁	教室	倉庫	樓梯間	機房	實驗室	其它	總計
大學	1	0	0	3	0	0	1	6	3	14
大專	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
高中	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
高職	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
國中	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3
國小	0	0	1	6	0	0	0	1	1	9
總計	1	1	1	10	1	1	1	7	7	30

起火學校類別與起火原因

- 起火原因以電氣設備居首位，佔70.0%；第2位係遭人縱火，佔10.0%；第3位為因菸蒂起火，佔6.7%。電氣設備起火之案件，發現係以延長線起火為最高，佔19.0%；其次為冷氣機及電風扇，各佔14.3%。

學校類別	縱火	燈燭	菸蒂	電氣設備	燃放爆竹	其它	總計
大學	0	0	0	13	0	1	14
大專	0	0	0	0	0	1	1
高中	1	0	0	0	0	0	1
高職	0	0	1	1	0	0	2
國中	0	0	1	2	0	0	3
國小	2	1	0	5	1	0	9
總計	3	1	2	21	1	2	30



防火裝修材料

- 防火材料為 **防焰材料、耐燃材料、耐火材料** 三者之統稱。建築法規對建築物之防火材料之使用有規模、用途以及範圍等不同之限制，以防止火災之發生
- **1** 防焰裝飾材料如（地毯、窗簾等）
- **2** 耐燃裝修材料如（石膏板、纖維水泥板等）
- **3** 防火材料如（防火門、分間牆、防火被覆材料等）
- (

防火構造

- 防火構造

- 根據建築技術規則設計施工規定，其樓層在三層或面積超過300平方公尺以上之建築物，應為防火構造建築物或防火建築物。
- 防火構造之建築物的主要構造（包括柱、樑、牆、樓地板及屋頂部份）及樓梯構造，至少應符合建築技術規則設計施工編第七十條的防火時效及構造之規定。此外，對建築物之柱、樑、牆壁及樓板等主要構造，可分為具有1、2、3小時防火時效之構造。

防火門窗

- 依建築技術規則規定，建築物於避難通道或避難出入口處等防火區劃開口處應設防火門窗等防火設備。另依設計施工編第七十六條，防火門窗係指防火門及防火窗，其組件包括門窗扇、門窗樘、開關五金、嵌裝玻璃、通風百葉等配件或構材；換言之，防火門窗是防火組件系統，並非單一構材各自認可驗證。
- 依此，可分為「半小時防火時效（30B）」、「1小時以上防火時效（60B）」、「1小時以上防火時效及半小時以上阻熱性（60B+30A）」、「1小時以上防火時效及阻熱性（60A）」、「2小時以上防火時效（120B）」等五種等級。

貫穿部位防火構造

- 貫穿防火區劃牆壁或樓地板之空調風管、管路管線（如電力管線、通訊管線及給排水管線或管線匣等），應在風管內貫穿部位裝設具防火時效之防火閘門或閘板，或在管路管線貫穿部位使用適當之阻火材料（**Fire Stop**）以維持防火區劃構造。
- 依建築技術規則規定，防火閘門或閘板為**1**小時以上防火時效之防火組件，貫穿部阻火材料則分為「**1**小時防火時效」、「**2**小時防火時效」兩等級。

1

多元教學空間



2

多層次活動空間



3

綠建築－立體綠化(節能)



4

豐富都市景觀



A

傳統工法

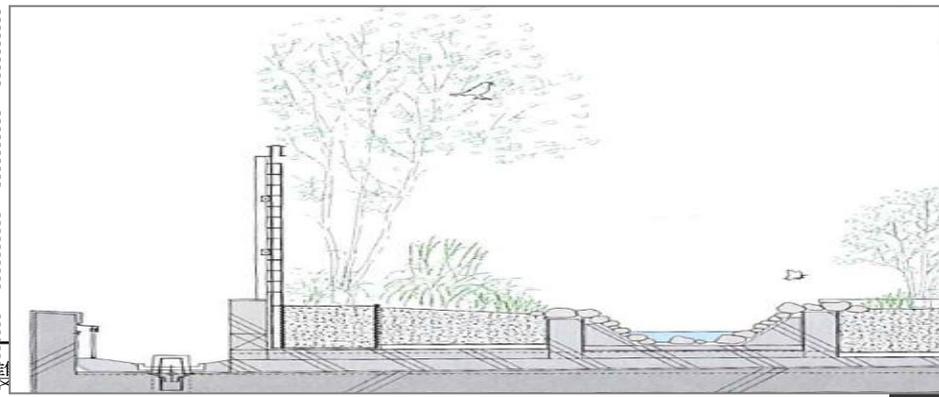
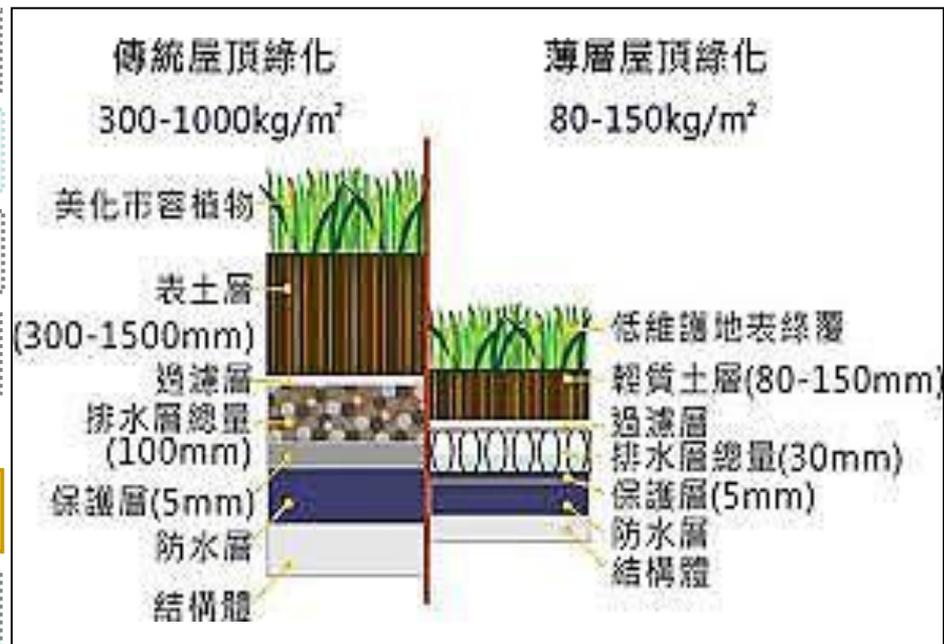
- A. 施工繁複
- B. 荷重大
- C. 防水層易受破壞
- D. 維護管理不易

B

新工法－薄層綠化

- A. 防根－防止植栽根部蔓生破壞防水層
- B. 適當保水及排水－G.R排保水板
- C. 荷重輕－防水層不變形
- D. 施工容易
- E. 維護管理容易

屋頂薄層綠化



- 安全監控系統
- 監視錄影相關系統設備
- 網路監視攝影機
- 網路影像伺服器
- 硬碟式監視錄影機
- 影視對講系統

安全監控感測器

- 門禁管理系統
- 生物辨識系統
- 指靜脈辨識系統
- 瞳孔(虹膜)辨識系統
- 指紋辨識系統
- 人臉辨識系統

防災通報服務平台功能



➤ 消防監測設備永續運轉防護 - 平時維運

- 遠端即時監測消防設備是否正常運轉
- 重大設備障礙主動稽核通報
- 全區設備維運履歷自動紀錄、統計與追蹤
- 降低設備人力維運成本
- 大幅提升全區安全防災性能

➤ 強化監控中心早期防災能力 - 隱患初期

- 極早確認事件狀態
- 極早正確應變處理
- 防災動力設備即時監控
- 應變資材即時調度
- 即時掌握事件處理進度

➤ 強化緊急應變通報效能 - 事發當時

- 主動通報緊急事故負責人員
- 主動通報緊急應變小組人員
- 主動廣播進行人員疏散及避難引導

➤ 掌握災後復原進度與事件檢討 - 事後改善

- 即時掌握消防監測設備復原/修復狀態
- 歷史事件調閱檢討

校園安全雲應用效益



互動式演示/觸發情境

聲音告警

警示燈亮

手機簡訊
/發出電郵



設備障礙

預警



2G/3G/4G

火警警報



消防主機收訊
本機告警

監控屏呈現: 告警, Layout, 現場影像...



按壓觸發

廣播系統告警



A廠2F 消火栓 A廠3F 滅火器

標識	圖則檢査	感測器檢査	有效日期	壓力	故障	通訊	備註	備份	檢査完成
ASFF0001	2013/12/17 08:38:54	2013/12/17 08:39:26	2014/12/30	10kpa	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 <input type="checkbox"/> 破損	<input type="checkbox"/>			

系統... 下午 01:58

傳真分析定址感測器
檢測不明定址感測器
異常定址感測器

安全防範偵測設備

FIBER OPTIC DETECTOR

光纖圍籬偵測器

- Long distance detection up to 5km
- Long operating life up to 20 years(Cable only)
- No false alarm from weather and animal

5km
long distance
detection

LASER SCAN DETECTOR

雷射掃描偵測器

- 760's high density laser beam detection
- Vertical and Horizontal mounting
- PTZ camera control

760
high-density
detection

IR/WHITE ILLUMINATOR

IR/LED白光照明燈

- Compact but powerful 220m long range illumination
- Even illumination, no hot-spot/dark edge
- Remote controller for easy and safety adjustment from ground

220m
long distance
illumination

Black out

White out

規劃設計案例 南投特教學校



基地環境分析

基地區位分析圖



鄰近住宅建築

都市計畫圖



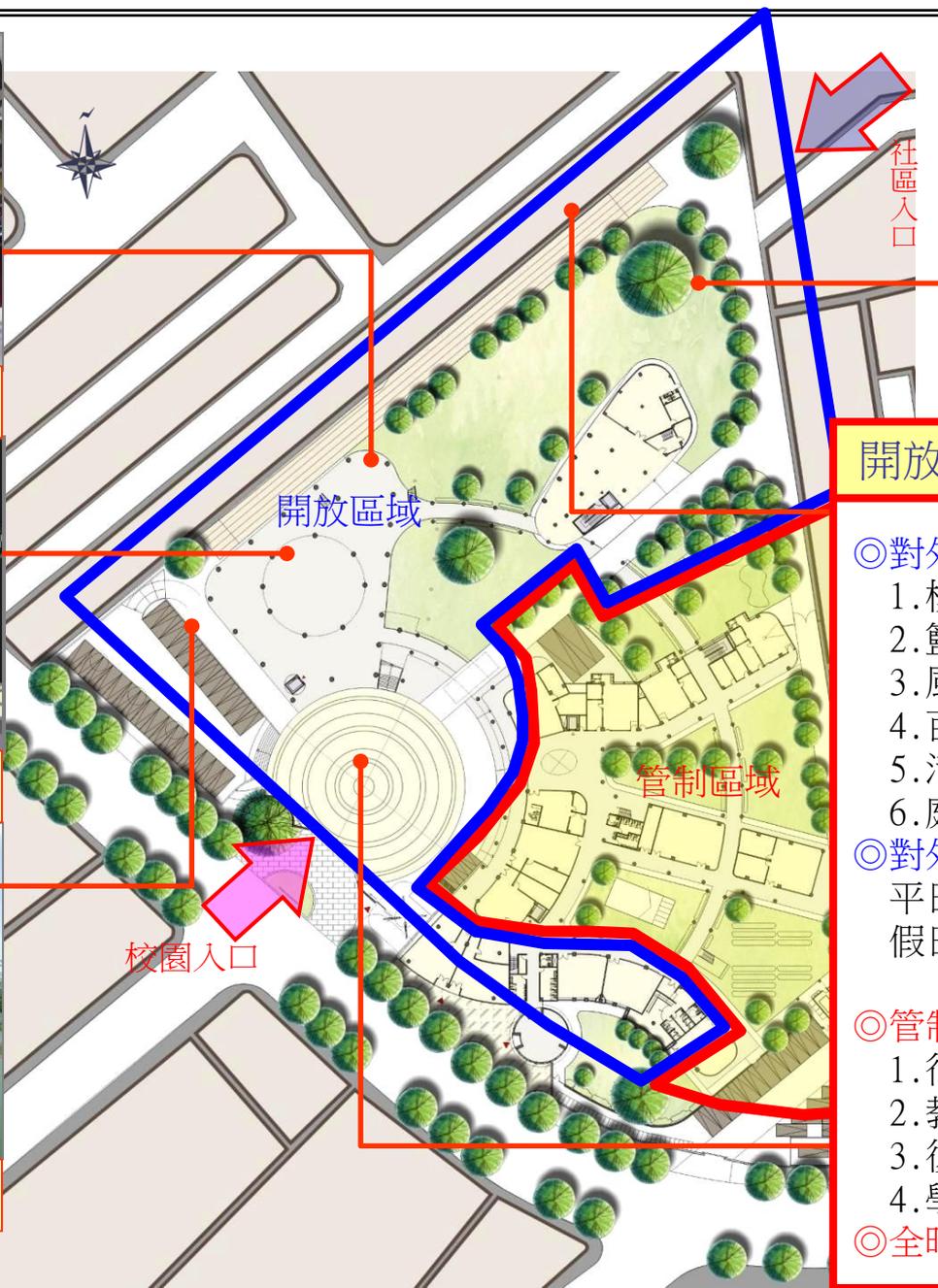
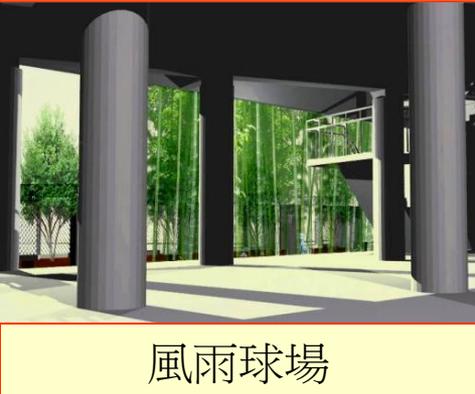
土地使用分區：特殊教育學校用地
建蔽率40%，容積率200%（原文小四學校用地）

地域文化特色－中興新村



中興新村街景
英國新市鎮概念的街區規劃
紅橘色系建築語彙

規劃開放空間- 校園公園化理念落實



開放空間分區分時管制計畫

◎對外開放區域：

1. 核心廣場 (兼社區溜冰場)
2. 籃球場 (兼停車場)
3. 風雨球場
4. 百米跑道
5. 活動草坪

◎對外開放時段：

平日-17:00 ~ 21:00
假日-06:00 ~ 21:00

◎管制區域：

1. 行政區
2. 教室區
3. 復健區
4. 學生遊戲區

◎全時段管制

校園整體規劃構想-配置計畫

入口退縮廣場

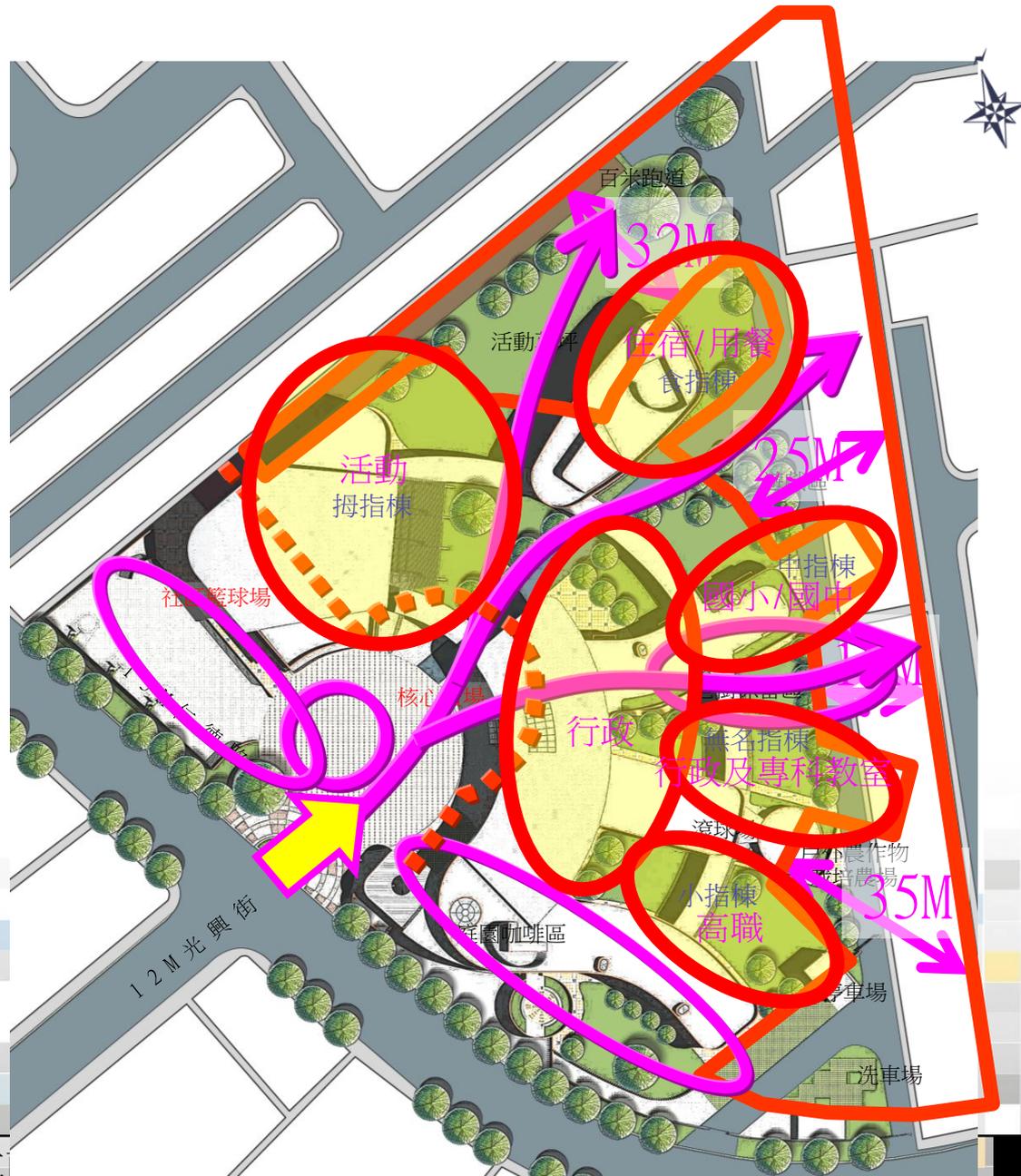
建築配置

西南氣流引入

綠帶規劃

既有老樹保留

棟距考量

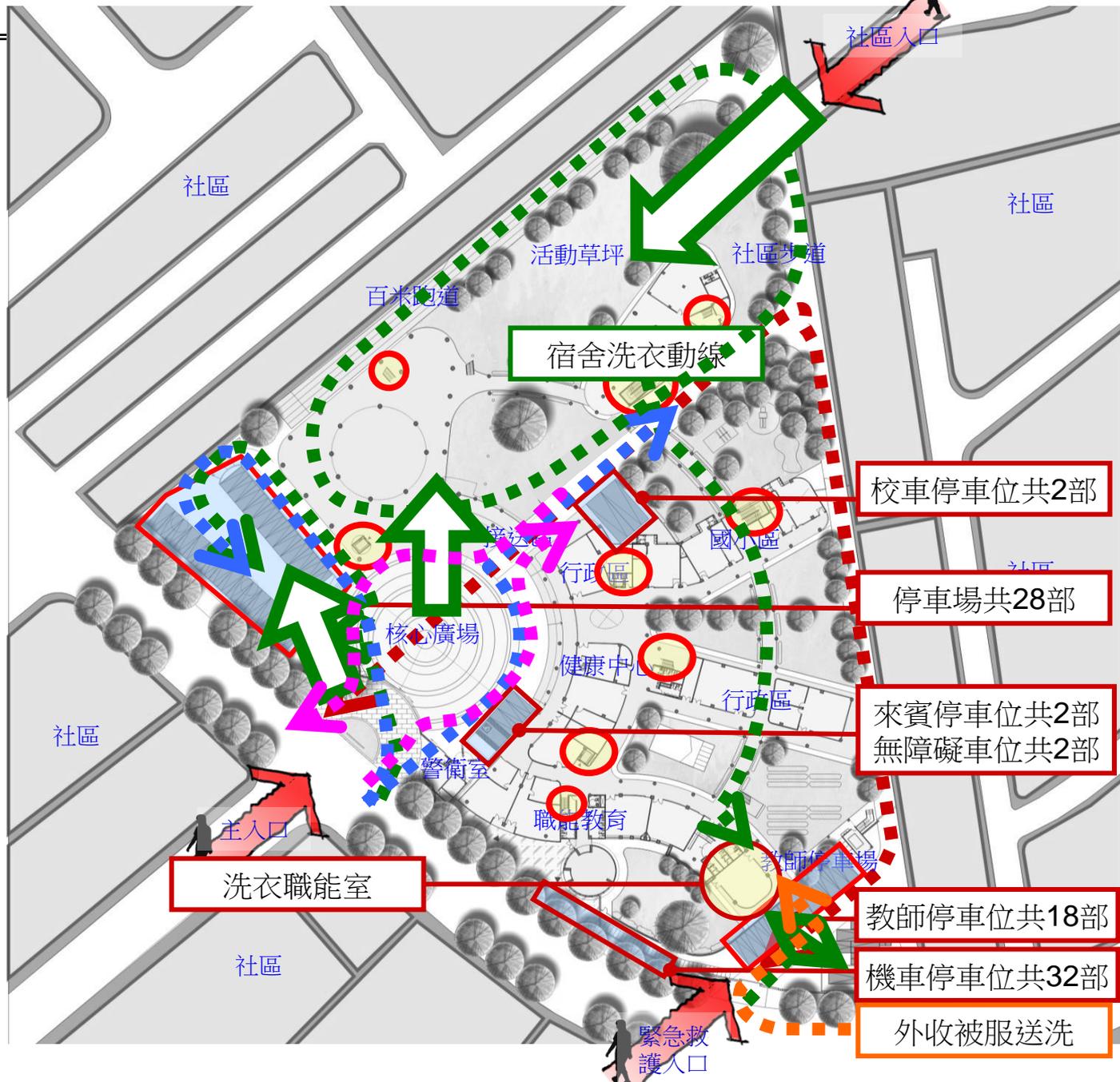


動線計畫

-  校區出入口
-  垂直動線服務核
-  停車空間

動線分類表

1. 緊急救護動線
2. 教職員停車動線
3. 訪客.家長停車動線
4. 校車接送動線
5. 民眾休憩動線
6. 宿舍洗衣動線
7. 外收被服送洗動線

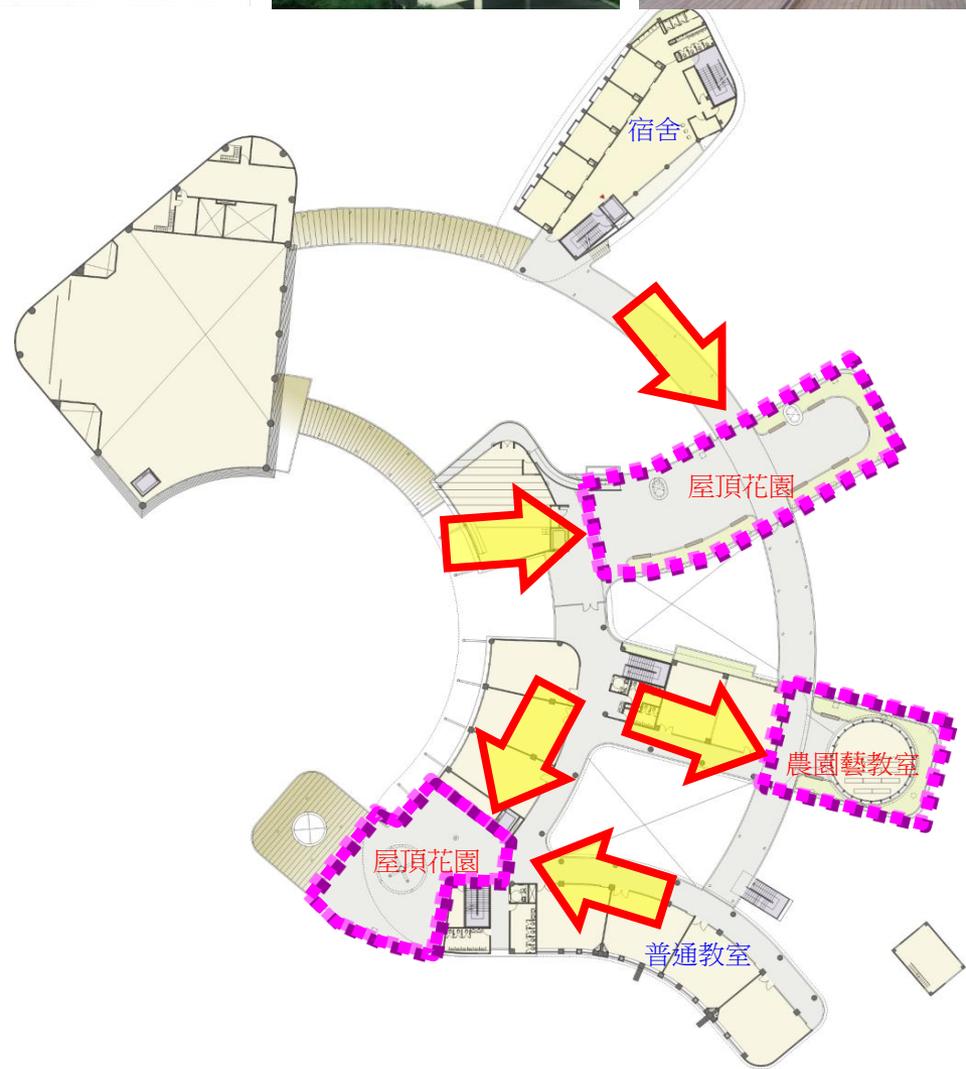
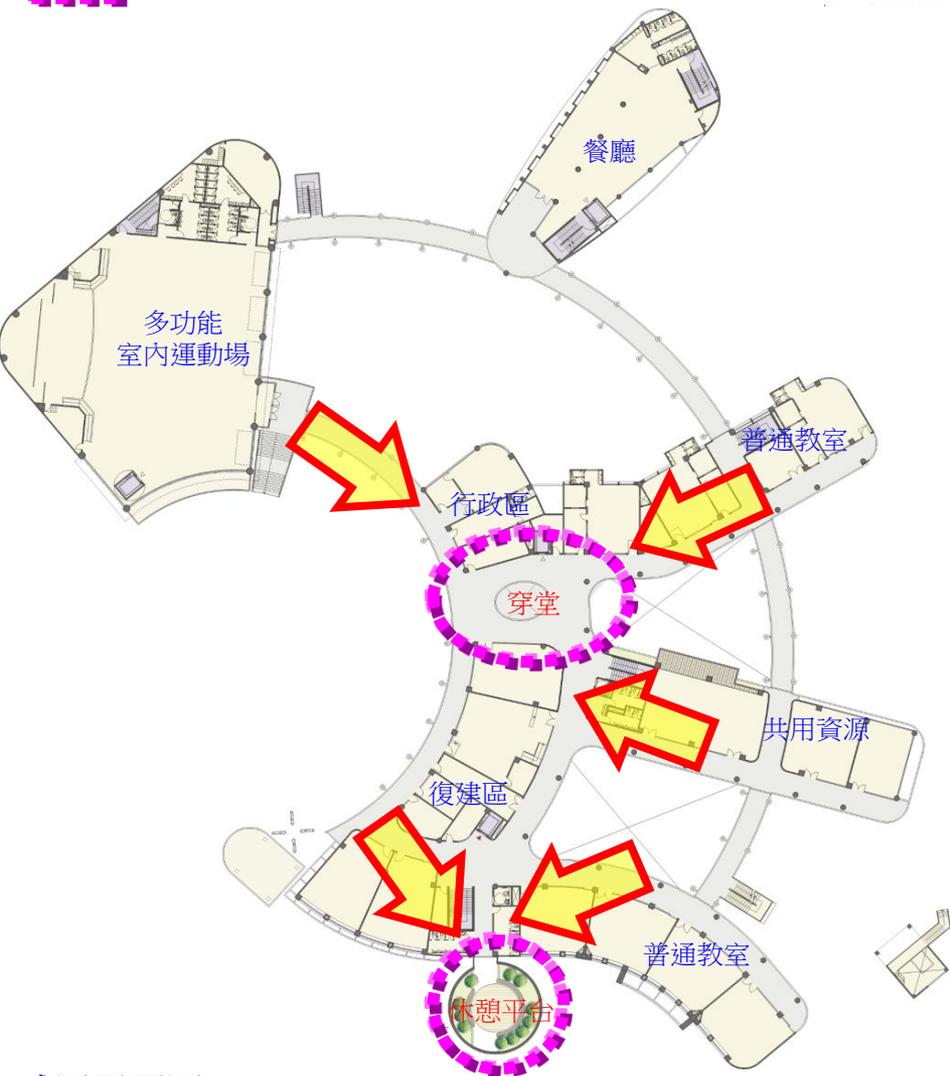


動線計畫

單層逃生避難計畫



高層開放空間—兼逃生避難平台



貳層平面圖

參層平面圖

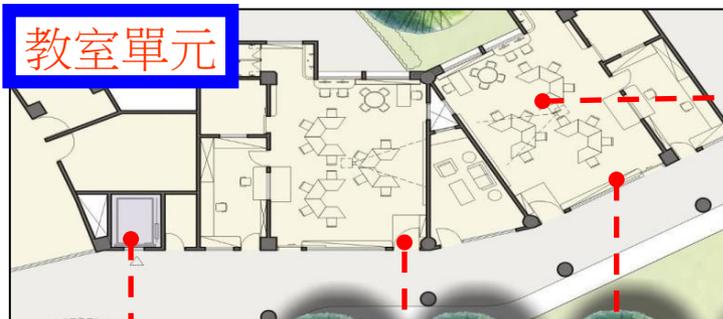
無障礙空間設施計畫

教室/宿舍

供行動不便者使用設施：

1. 無障礙桌椅
2. 走廊扶手
3. 無障礙衛浴設備
4. 圓形門把
5. 病床電梯
6. 無障礙衣櫃
7. 無障礙樓梯
8. 無障礙廁所
9. 鋼製鏡面洗手台
10. 烘髮機設備

教室單元



無障礙桌椅



病床電梯



圓形門把

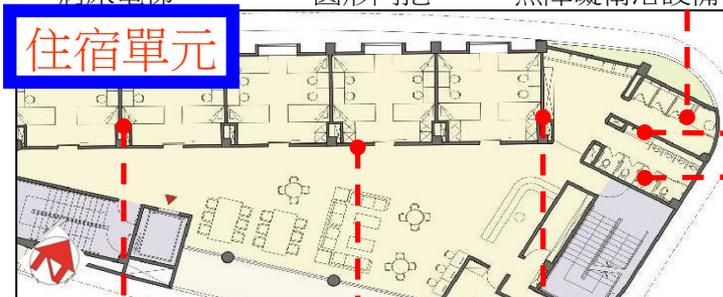


無障礙衛浴設備

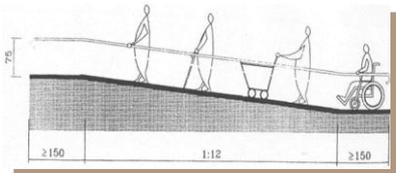


走廊設置扶手

住宿單元



鋼製鏡面及洗手台



坡道平台



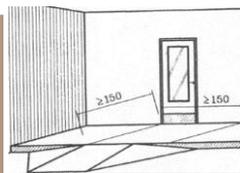
出入口標示



電梯



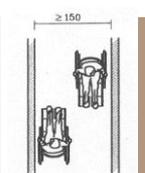
透視窗



出入口前空間



無障礙飲水區



坡道



無障礙衣櫃



烘髮機設備



床邊緊急求救鈴



無障礙廁所

無障礙空間避難計畫

公共區

供行動不便者使用設施：

1. 視覺引導設施
2. 室外引導道路
3. 坡道
4. 地坪無障礙
5. 無障礙樓梯
6. 無障礙停車位
7. 避難層無障礙出入口
8. 室內無障礙通路走廊
9. 無障礙升降設施
10. 無障礙衛浴設施
11. 內嵌式消防、飲水設備
12. 無障礙結構體-圓柱



無障礙停車位



內嵌式飲水設備



無障礙降梯



戶外無障礙地坪



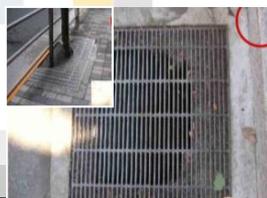
室外無障礙通路



無障礙結構體-圓柱



無障礙坡道



無障礙通路走廊



無障礙升降梯、病床電梯



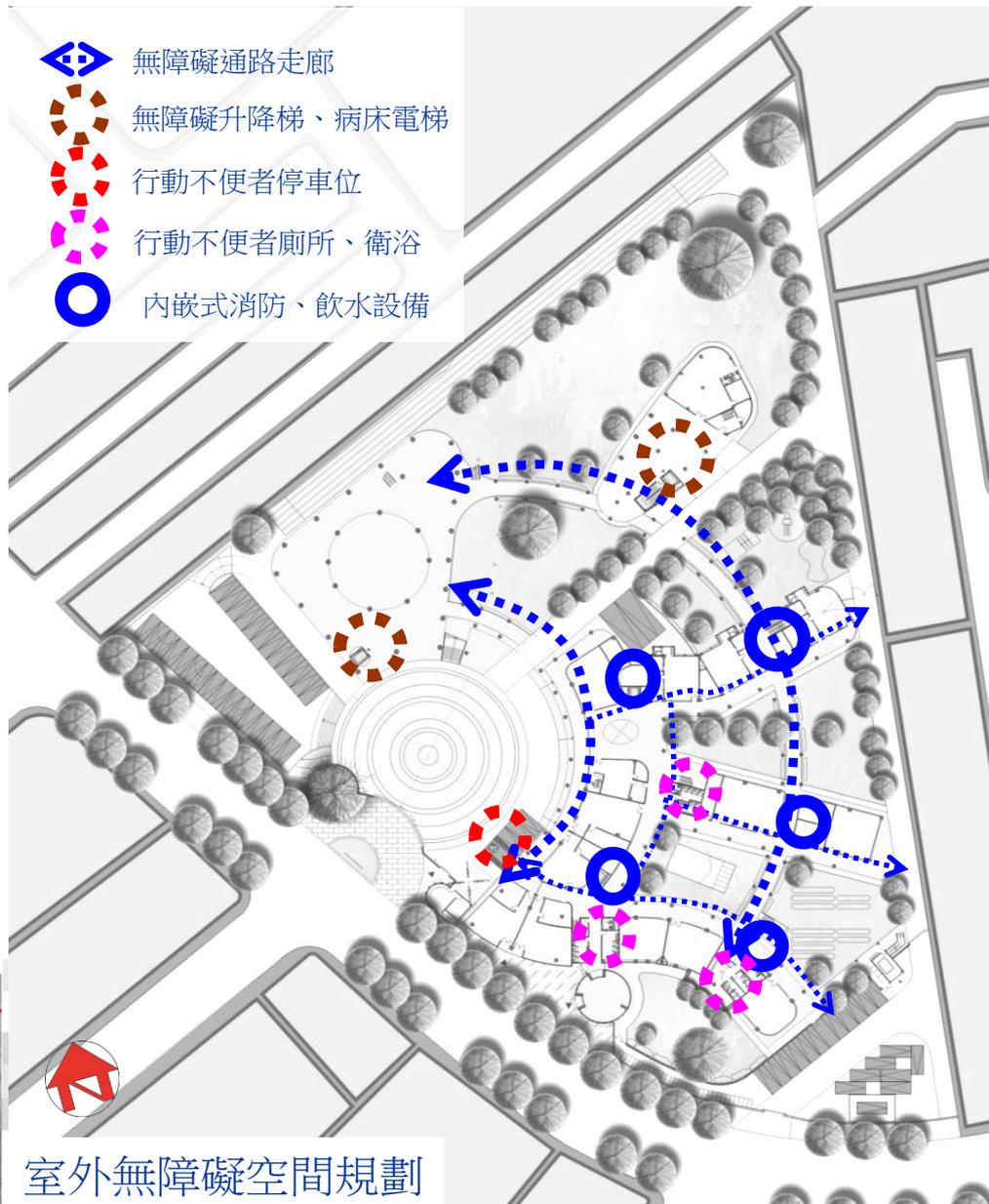
行動不便者停車位



行動不便者廁所、衛浴



內嵌式消防、飲水設備



室外無障礙空間規劃

分項計畫—法規分析

一、土地使用分區管制要點

(一) 基地地址：南投縣南投市仁德路北側

(二) 土地使用分區：

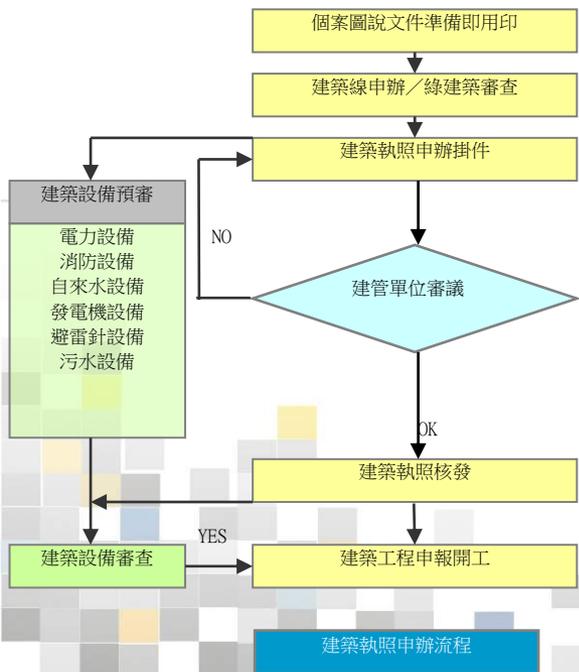
特殊學校用地（民國100年6月30日核定）

建蔽率40%

容積率200%

二、南投縣建築管理自治條例

第二十一條 學校建築基地臨接建築線者其主出入口街廓需自建築線退讓四公尺，其餘次出入口之街廓需自建築線退讓二公尺，才得興建建築物或圍牆，退讓部分得計入法定空地。



三、技術規則檢核表

檢討項目	法規條文	檢討內容	本案設計
樓梯平台級深級高	建築設計施工編第33條	樓梯及平台淨寬一三〇公分以上，級高尺寸十六公分以下級深尺寸二十六公分以上。	本案設計符合
走廊寬度	建築設計施工編第92條	走廊二側有居室者為二·四公尺以上，其他走廊為一·八公尺以上。	本案設計符合
直通樓梯步行距離	建築設計施工編第93條	自樓面居室之任一點至樓梯口之步行距離（即隔間後之可行距離非直線距離）為五十公尺。（小學四樓以上三十公尺）	本案設計符合
	建築設計施工編第95條	樓地板面積在避難層直上層超過四百平方公尺，其他任一層超過二百四十平方公尺者，應自各該層設置二座以上之直通樓梯達避難層或地面，其樓面居室任一點至二座以上樓梯之步行路徑重複部分之長度不得大於建築技術規則第九十三條規定之最大容許步行距離二分之一。	本案設計符合
綠建築	建築設計施工編第298條	本校園應符合建築基地綠化，建築基地保水、建築物節約能源等規定。	本案設計符合
昇降設備	建築設計施工編第55條	昇降機道之構造應依下列規定： 1.出入口及周圍圍牆壁應以不燃材料建造。 2.每一層出入口不得超過二處。 3.出入口之地板邊緣應與機廂地板邊緣齊平，水平距離在4公分以內。	本案設計符合
停車位	建築設計施工編第59條	停車空間設置規定(8500m ³ -500m ³)/250=32輛	本案實設75輛

景觀植栽/土方利用計畫(水土保持)

- **建築意象與景觀植栽結合**—特殊教育空間在綠意包覆的學習環境下，使學生對於教育環境產生安定感與周圍環境適應。
- **誘導式通風與主題景觀開放空間**—永續建築概念手法反應區域環境及節能設計。
- **使用者需求與屋頂層綠化規劃**—師生學習及休憩需求。

◎土石方利用計畫

1. 現有北側社區道路高程 = +120
 2. 原基地北側基地高程 = +20
 3. 回填後北側基地高程 = +120 → +90 → +50 → +40
- 開挖土方回填區：預計挖方土量 = 7000M³
 預計填方土量 = 7000M³
 ~故本案基地內挖填土方採平衡方式處理~



核心廣場



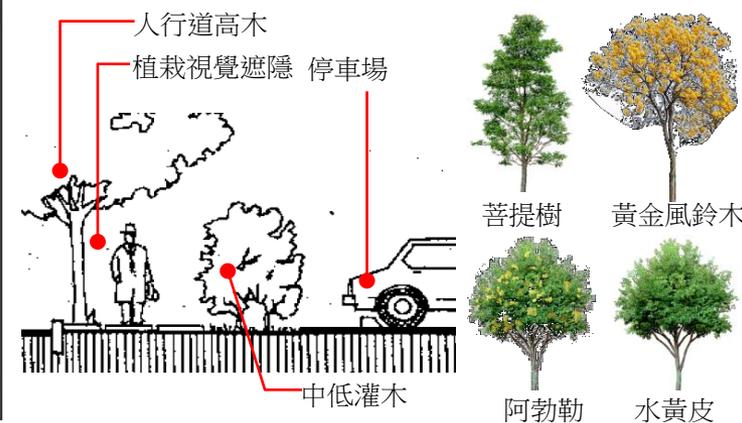
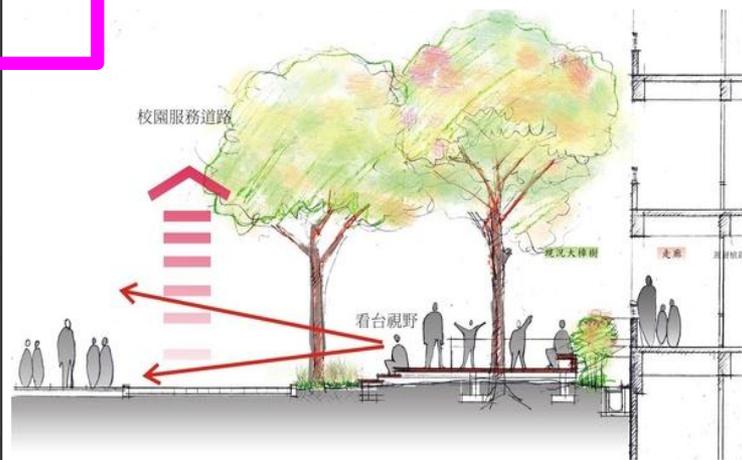
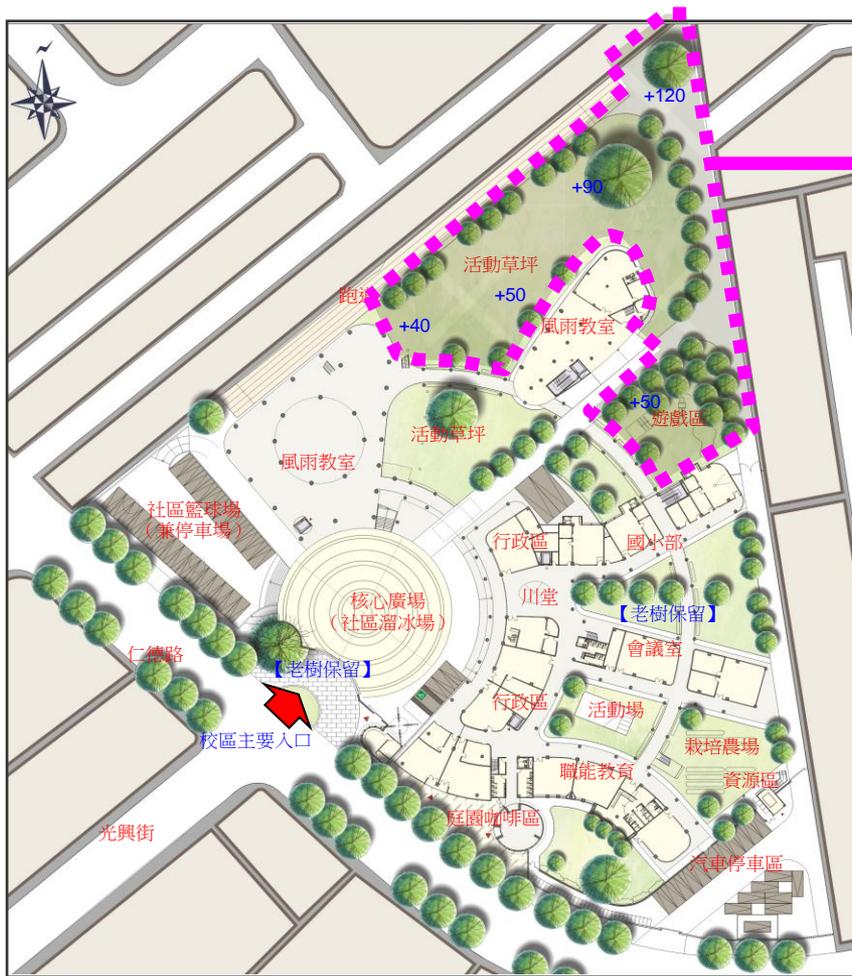
遊戲區



栽培農場



庭園咖啡區



智慧綠建築計畫

安全監控

1. 監控系統整合
2. 防盜系統整合
3. 防災系統整合

設備節能

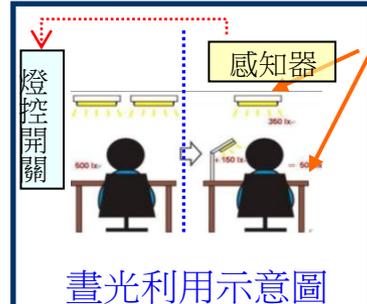
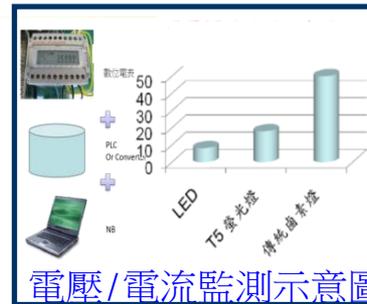
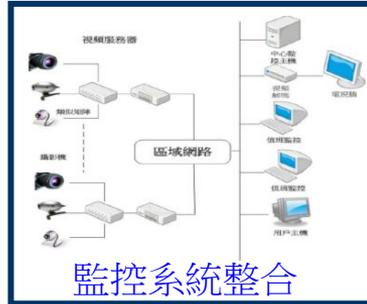
1. 能源監視系統使用及管理
2. 高效率設備使用
3. 節能燈具使用

自動控制

1. 自動控制設備
2. 自動感知設備
3. 自動預警設備

室內空氣品質

1. 智慧感知監測設備



大型避難空間

警衛室/監控中心



一、結構系統：

本工程位於南投縣，規畫為地上四層鋼筋混凝土構造結構，體育館屋頂大跨度以H700x300型鋼設計。結構系統考慮結構物之穩定性、耐震性、抗風性、經濟性、施工性及使用性而規劃，基礎係採用聯合基礎型式。

1. 本案結構採用鋼筋混凝土造之「**韌性抗彎矩構架系統**」，以達到“經濟”與“耐震”的目的。
2. 本建物用途上為供公眾使用之建築物：**用途係數 $I=1.50$** 。
3. 本工址處地質屬“**第一類地盤**”，鄰近車籠埔斷層。
4. **主結構體採用RC樑柱韌性抗彎矩構架系統（SMRF）**。結構平面棋盤化、模矩化、規則化規劃設計，以形成之整體平面系統抗震性佳。

二、結構設計：

A. 結構斷面尺寸：以下為建議尺寸，詳細構材尺寸於細部設計決定

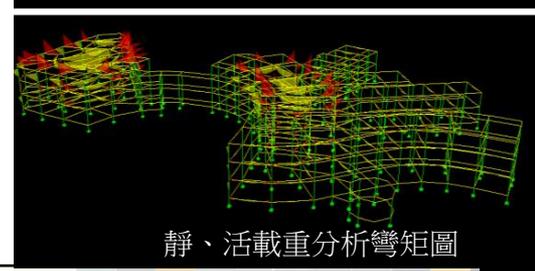
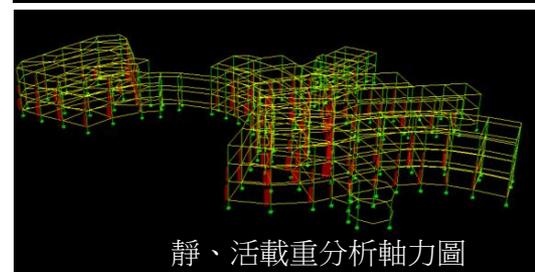
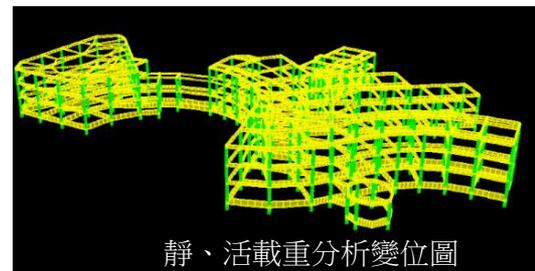
1. 柱斷面70x70， $D=70$
2. 大樑尺寸40x70
3. 基礎地樑尺寸40x135
4. 一般樓板15cm

B. 樑柱設計配筋必須完全符合法規規定之韌性需求

C. 鋼筋材料不使用水淬鋼筋，以提高樑柱系統之韌性，

#3~#5使用SD280W，#6~#10使用SD420W。

D. **混凝土強度採用280kgf/cm² (4000psi)**，以提高樑柱韌性。



建築設備計畫

供電系統：

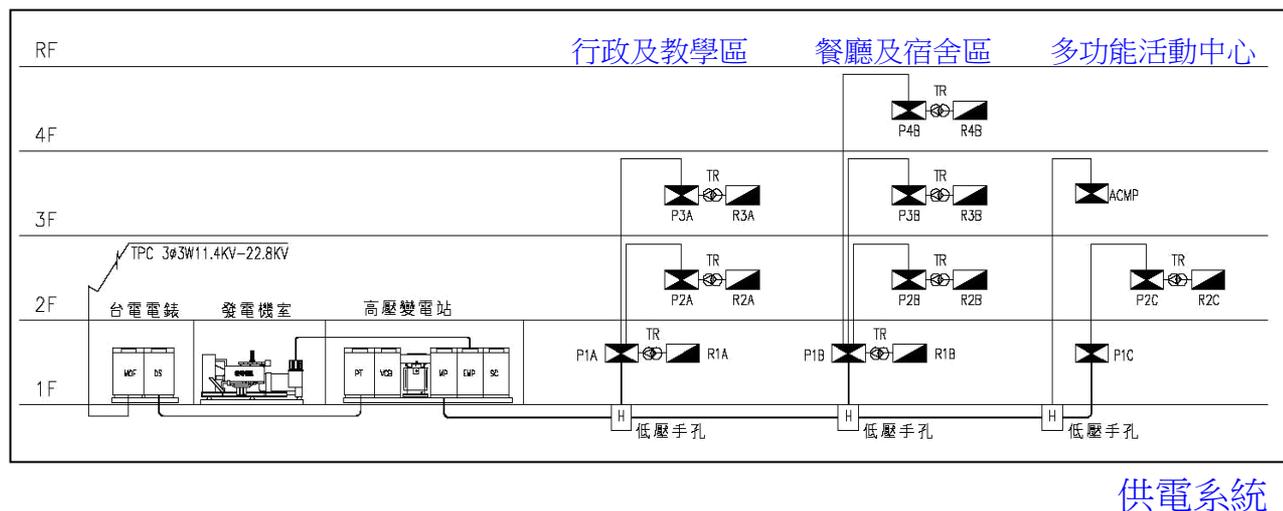
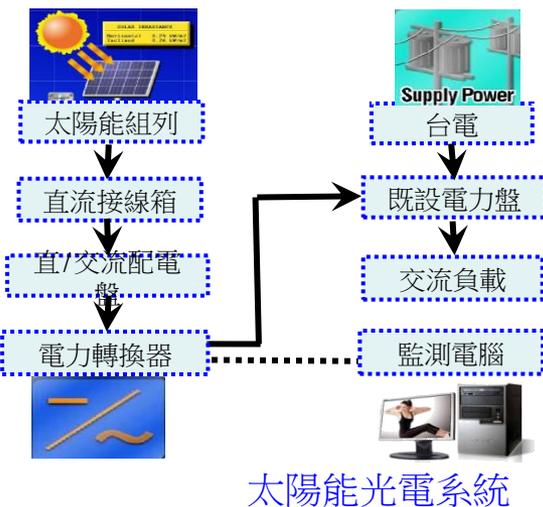
- (1) 自設變電室內置高壓斷路器、保護電驛、高低壓變壓器及低壓保護開關等電力設備。
- (2) 校區供輸電力分成行政及教學區、餐廳及宿舍區及多功能活動中心等三區，為維護校區美觀，採用地下配管方式供電，並預留50%備用管路，供日後擴充或更新線路使用。
- (3) 配電設備包含消防設備、給排水泵浦、照明設備、插座、景觀照明、空調、電梯、污水處理等設備，低壓側裝設自動功因調整電容器組，使功率因數達95%以上，以減少能源耗損及電費支出。

緊急發電機供電系統

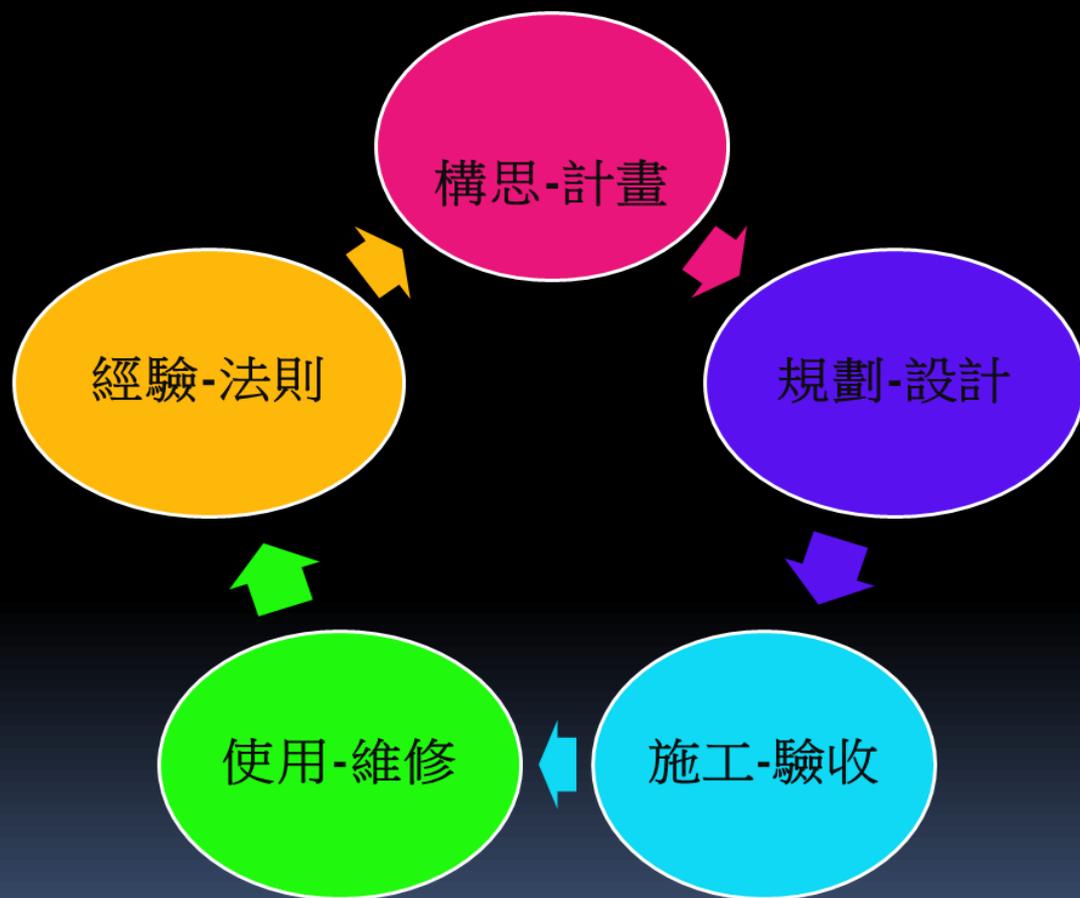
- (1) 緊急發電機主要供應校區消防設備、電梯、給排水泵浦、出入口柵門、及25%照明等設備用電。

再生能源運用-太陽能光電

- (1) 於學校大樓屋突處設置太陽集光器，利用光纖將自然光源引進建築物內，以節省部分空間照明耗電。
- (2) 屋頂層設置太陽能光電板，使再生能源系統與市電系統並聯，提供樓梯走道、景觀照明等公共區域使用。



校園復建工程啟示錄



A photograph of a modern university building with a prominent tower and a courtyard. The building features a mix of light-colored walls and vertical wooden slats. The tower has a circular window. The courtyard in the foreground is landscaped with green grass, shrubs, and a paved area. A few people and a car are visible near the building.

簡報結束
敬請指教