

NAR Labs

國家實驗研究院

地震災害及 校園地震預警系統說明

國家地震工程研究中心

林沛暘

黃靖閑

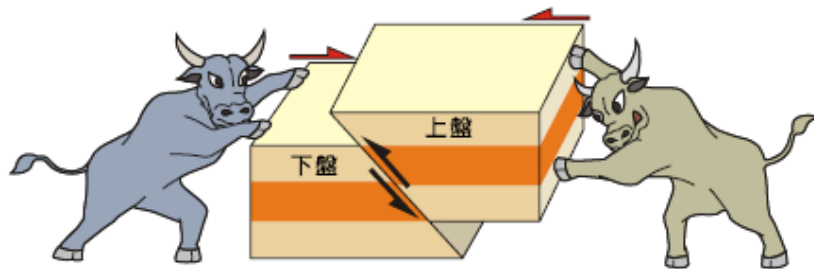
大綱

- 台灣地震歷史
- 地震預警系統
- 地震預警系統建置現況
- 地震防災教育與演練
- 地震防護

NARLabs

台灣地震歷史

台灣的斷層分布



台灣近百年來的大地震

編號	地震名稱	發震時間	震央位置		震源深度	地震規模	死亡人數
		(120°E)	北緯(N)	東經(E)	(公里)	(M _L)	(人)
1	斗六地震	1904/11/6	23.575	120.25	7	6.1	145
2	梅山地震	1906/3/17	23.55	120.45	6	7.1	1259
3	南投地震系列	1916/8/28	24	121.025	45	6.8	70
4	新竹-台中地震	1935/4/21	24.35	120.817	5	7.1	3279
5	中埔地震	1941/12/17	23.4	120.475	12	7.1	360
6	新化地震	1946/12/5	23.07	120.33	5	6.1	74
7	縱谷地震系列	1951/10/22	23.875	121.725	4	7.3	85
8	恆春地震	1959/8/15	21.7	121.3	20	7.1	17
9	白河地震	1964/1/18	23.2	120.6	18	6.3	106
10	花蓮地震	1986/11/15	23.992	121.833	15	6.8	15
11	集集地震	1999/9/21	23.85	120.78	10	7.3	2444
12	美濃地震	2016/2/6	22.93	120.54	16.7	6.4	117

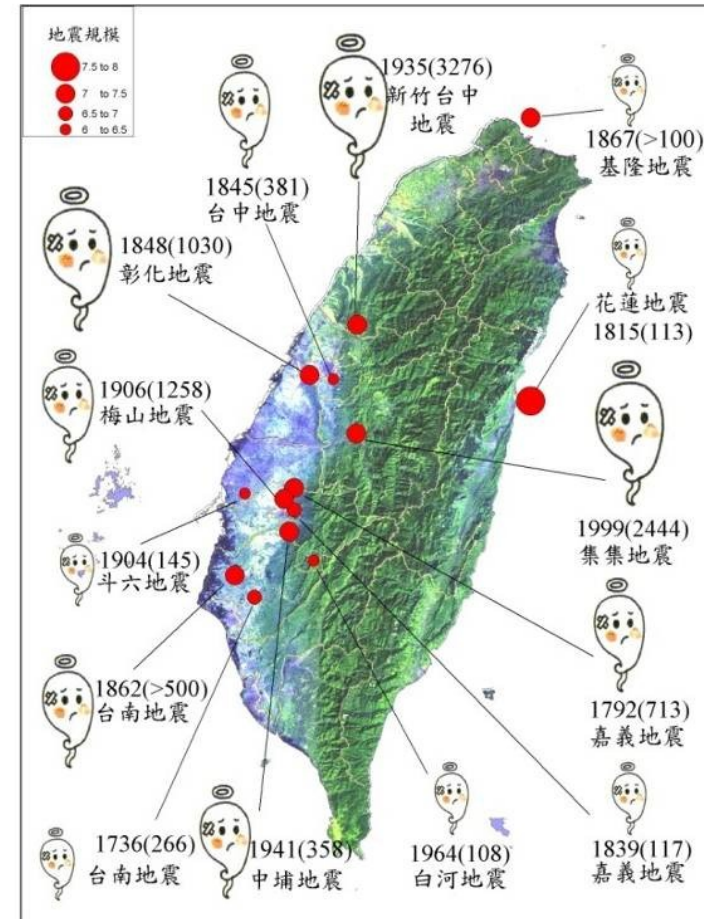
台灣災害地震頻率與損失

■ 台灣地區過去三百年來的災害地震紀錄

- 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

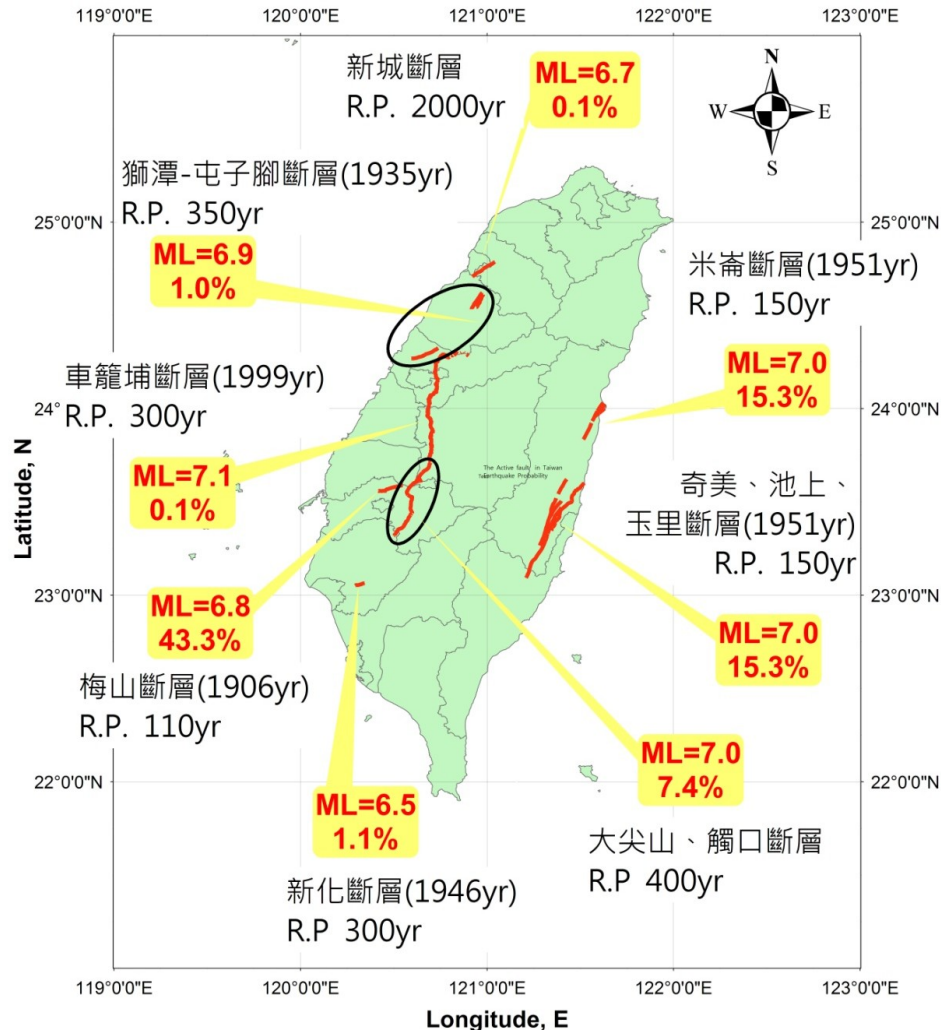
- 2,444人喪生、50人失蹤、758人重傷，38,935戶房屋全倒、45,320戶房屋半倒，經濟與財務損失達台幣4,500億元。約佔國內生產毛額GDP的4.86%



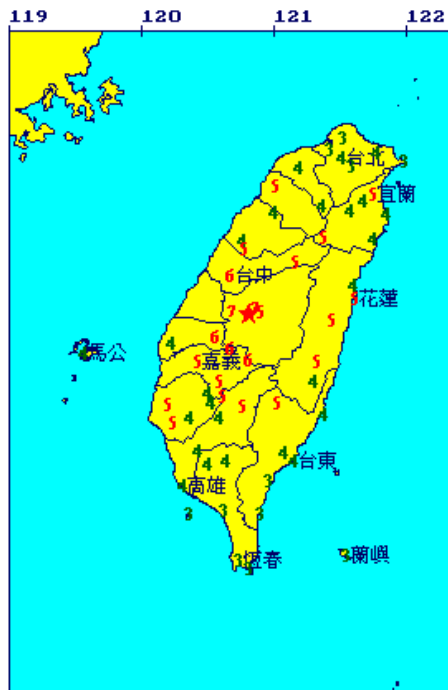
台灣震災多與活斷層有關

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



921地震震度分布



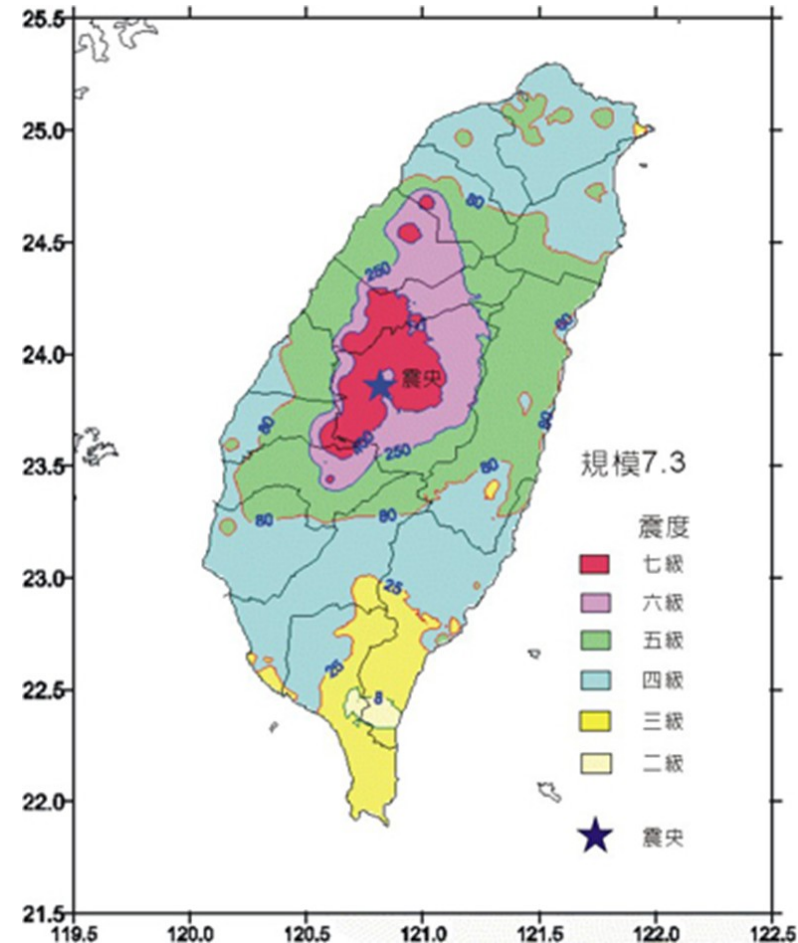
圖說：★表震央位置，阿拉伯數字表示該測站震度

中央氣象局地震報告

編號：第88043號
 日期：88年9月21日
 時間：1時47分15.9秒
 位置：北緯23.85度，東經120.82度
 即在 南投日月潭地震站西偏南10.0公里
 地震深度：8.0公里
 芮氏規模：7.3

各地最大震度

南投魚池	7級	台東市	4級
雲林古坑	6級	屏東九如	4級
台中市	6級	澎湖馬公	4級
嘉義阿里山	6級	台北市	4級
嘉義市	5級	高雄市	4級
台中德基	5級	台北五分山	4級
花蓮西林	5級		
苗栗鯉魚潭	5級		
花蓮市	5級		
高雄桃源	5級		
台南佳里	5級		
宜蘭南山	5級		
新竹竹北	5級		
台東利稻	5級		
宜蘭市	5級		
桃園三光	4級		

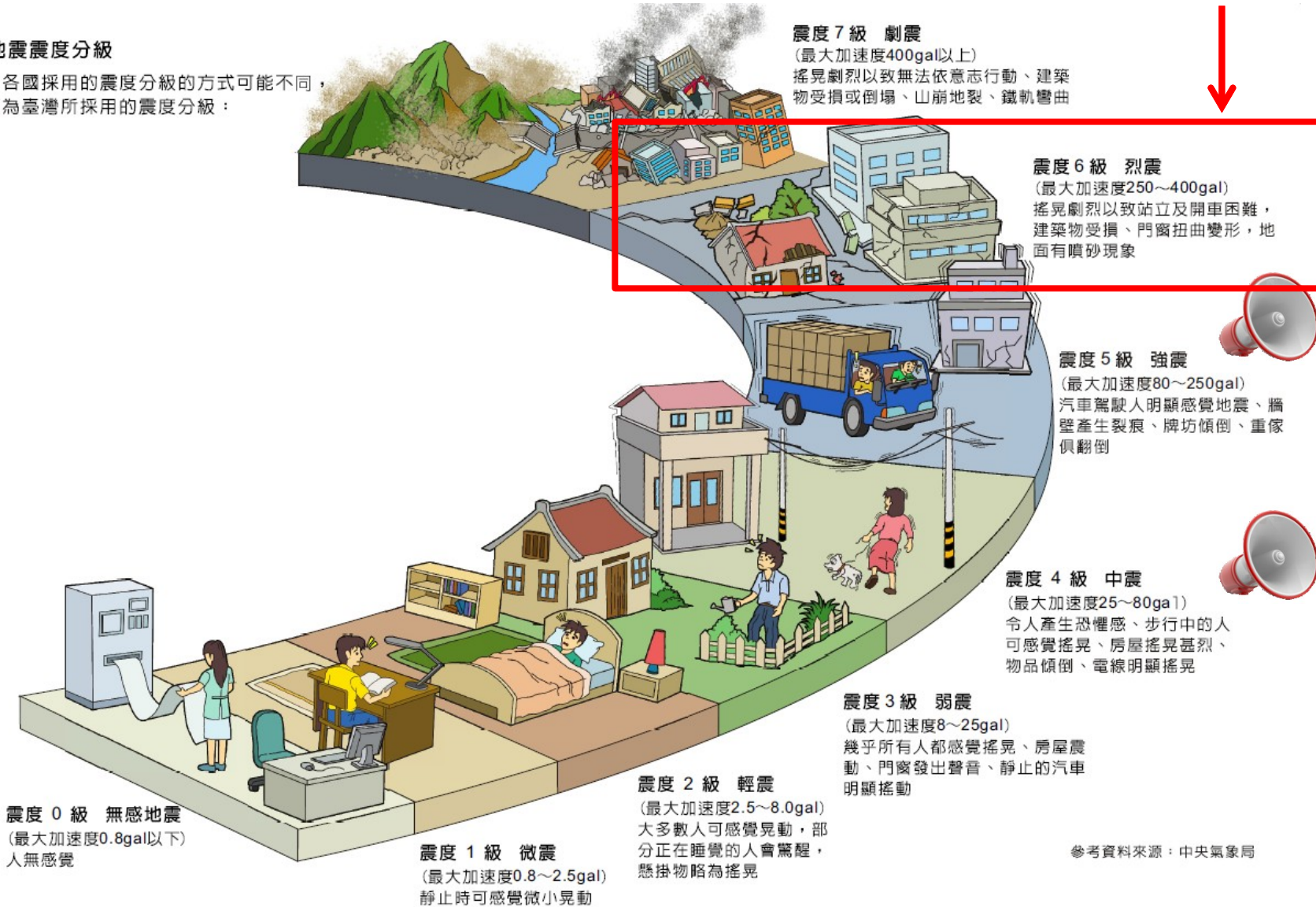


台灣地震震度分級

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：



震度 7 級 劇震

(最大加速度400gal以上)
搖晃劇烈以致無法依意志行動、建築物受損或倒塌、山崩地裂、鐵軌彎曲

震度 6 級 烈震

(最大加速度250~400gal)
搖晃劇烈以致站立及開車困難，建築物受損、門窗扭曲變形，地面有噴砂現象

震度 5 級 強震

(最大加速度80~250gal)
汽車駕駛人明顯感覺地震、牆壁產生裂痕、牌坊傾倒、重傢俱翻倒

震度 4 級 中震

(最大加速度25~80gal)
令人產生恐懼感、步行中的人可感覺搖晃、房屋搖晃甚烈、物品傾倒、電線明顯搖晃

震度 3 級 弱震

(最大加速度8~25gal)
幾乎所有人都感覺搖晃、房屋震動、門窗發出聲音、靜止的汽車明顯搖動

震度 2 級 輕震

(最大加速度2.5~8.0gal)
大多數人可感覺晃動，部分正在睡覺的人會驚醒，懸掛物略為搖晃

震度 1 級 微震

(最大加速度0.8~2.5gal)
靜止時可感覺微小晃動

震度 0 級 無感地震

(最大加速度0.8gal以下)
人無感覺

校園災害管理工作手冊2-2-3

2-2-3 地震災害校園應變參考程序

當教育部校安中心接獲中央氣象局通報發生震度 4 級以上地震時，應通報各地方政府教育局、各大專校院校園安全維護及全民國防教育資源中心及各縣市聯絡處，要求地震發生後，15 分鐘內立即聯繫所轄學校，瞭解是否有災情事故發生，若然，即以電話通報校安中心，並儘速至校安中心「表報作業區」—「災害防救類」：完成「天然災害災損及停課通報系統」回報災情狀況。如震度達 6 級以上地震時，由內政部通知各部會開設中央應變中心，教育部立即成立應變小組，執行校園震災之防救及協調事宜並責由校安中心負責防救與通報作業。

而在學校地震災害應變工作方面，當地震發生時，其學校所在之處震度達 4 級以上時，當學生感覺到相當程度的恐懼感，則應立即就地緊急避難，而學校組織轉變為緊急應變小組，由指揮官判斷是否進行疏散，故由緊急應變小組執行學生安全疏散之確保、蒐集與回報受災情況、緊急救護與救助、實施緊急安置收容與家長聯繫，及緊急避難與收容場所之開設等工作內容，地震災害學校應變工作流程 (如圖 - 大 - 地 - 應 - 1)。

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
- 日本與台灣地震預警的差異

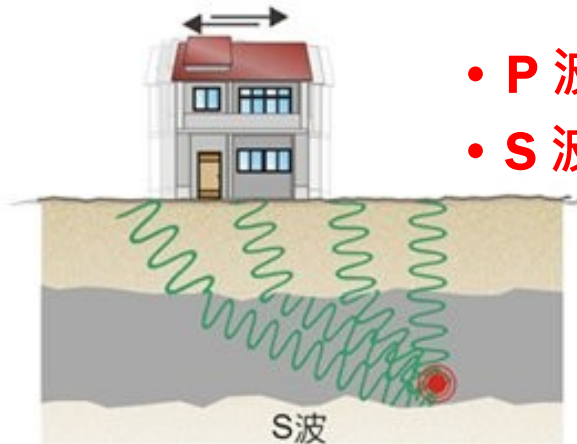
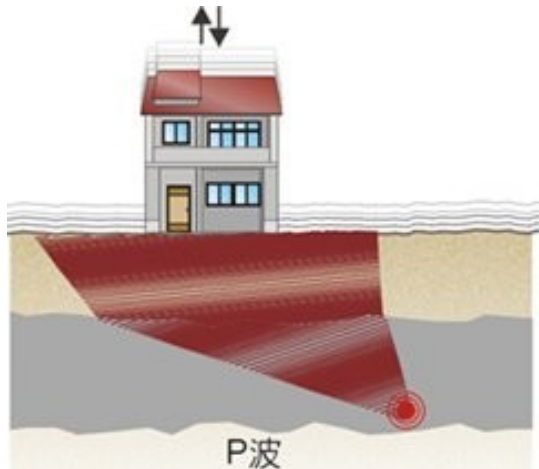
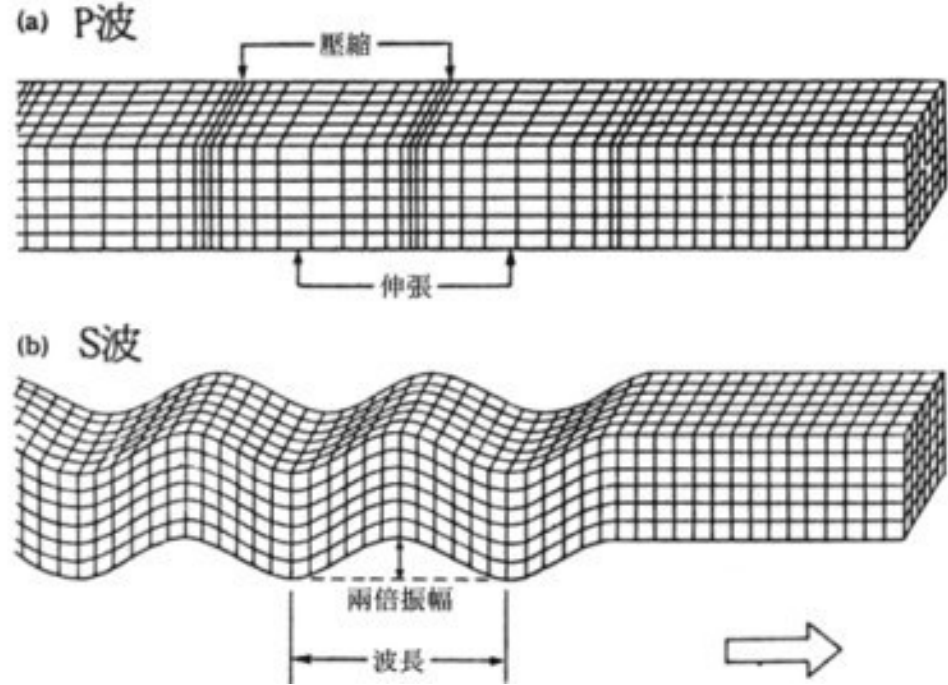
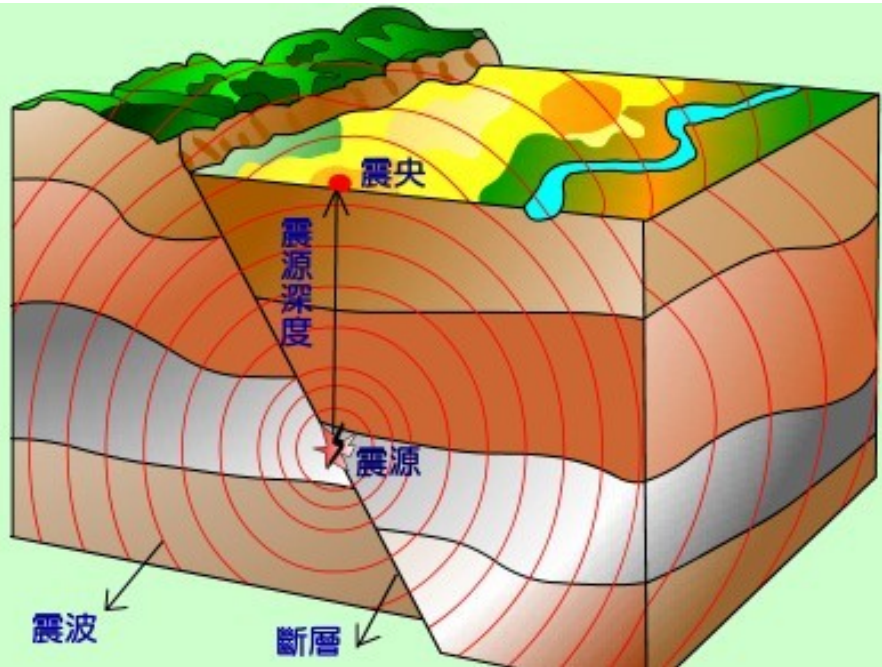
地震預測 vs. 地震預警

- **地震預測**是指在地震發生之前，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。

計畫緣由

- 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，全校師生有進行避難措施。
- 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。

地震波分類

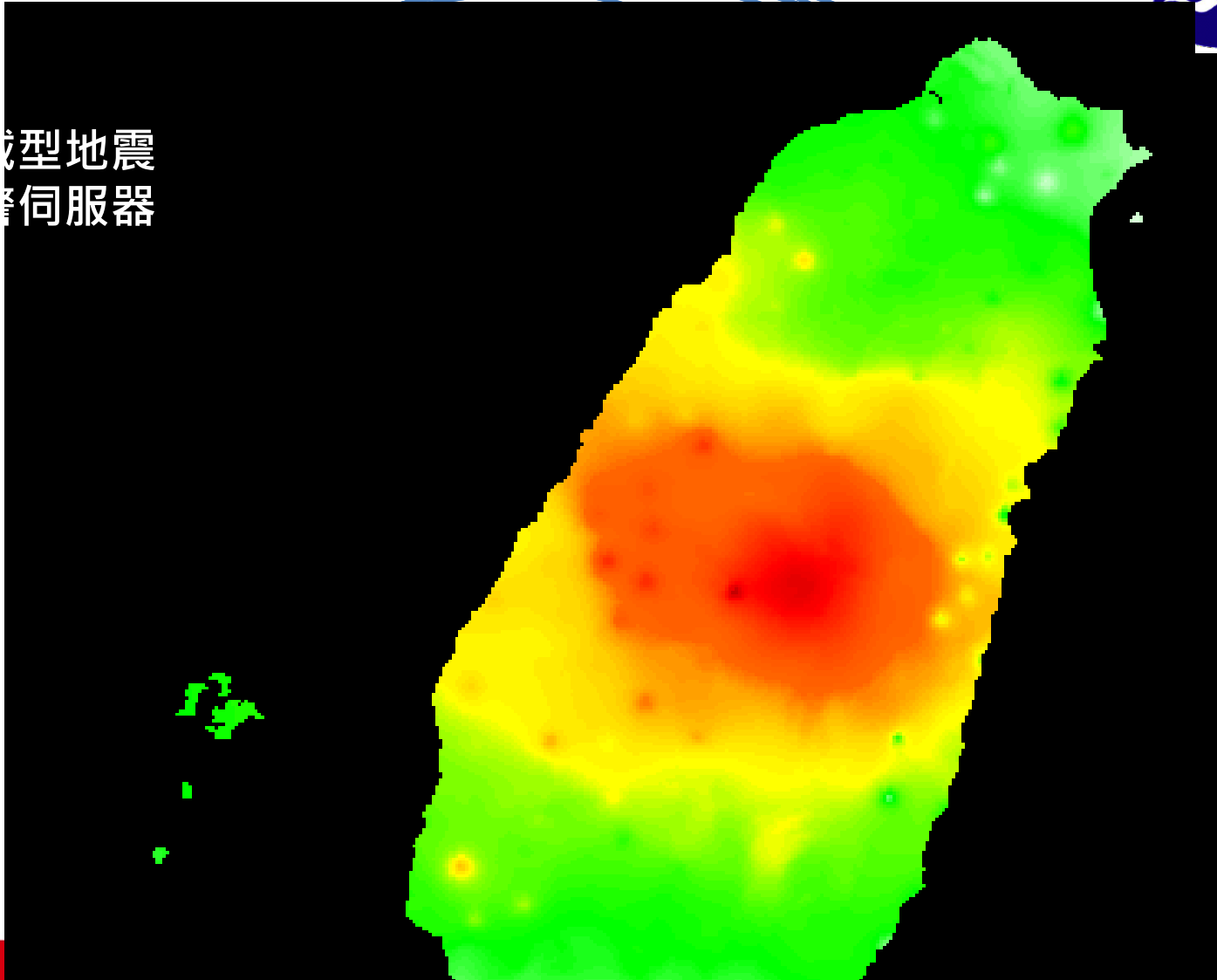


- P 波 (初達波) : 6 ~ 7 km/s
- S 波 (剪力波) : 3 ~ 4 km/s

地震預警分類-區域型地震預警 (中央氣象局)



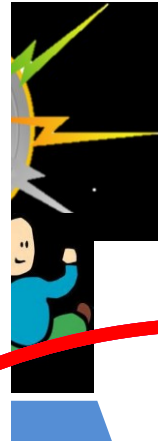
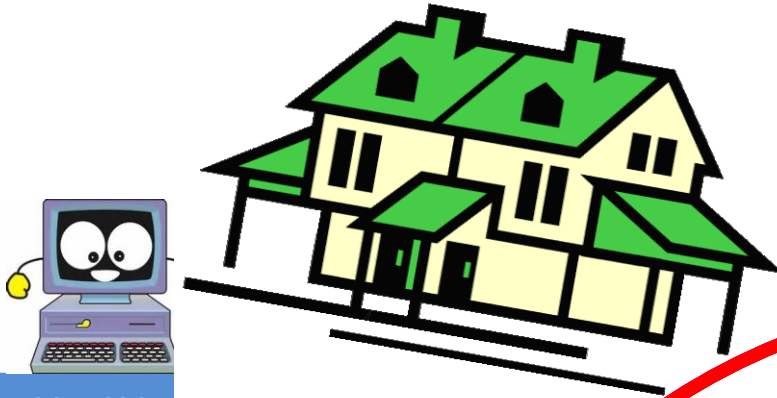
區域型地震
預警伺服器



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



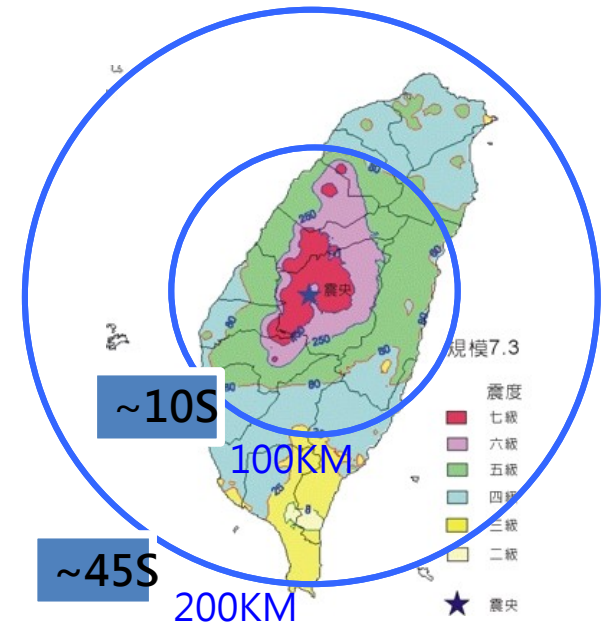
震央

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

校園地震預警系統建置現況

- 示範站硬體設備及建置
- 地震警報應用

校園地震預警系統建置現況

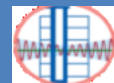
NAR Labs



國震中心地震
警報訊息伺服器



氣象局
區域型



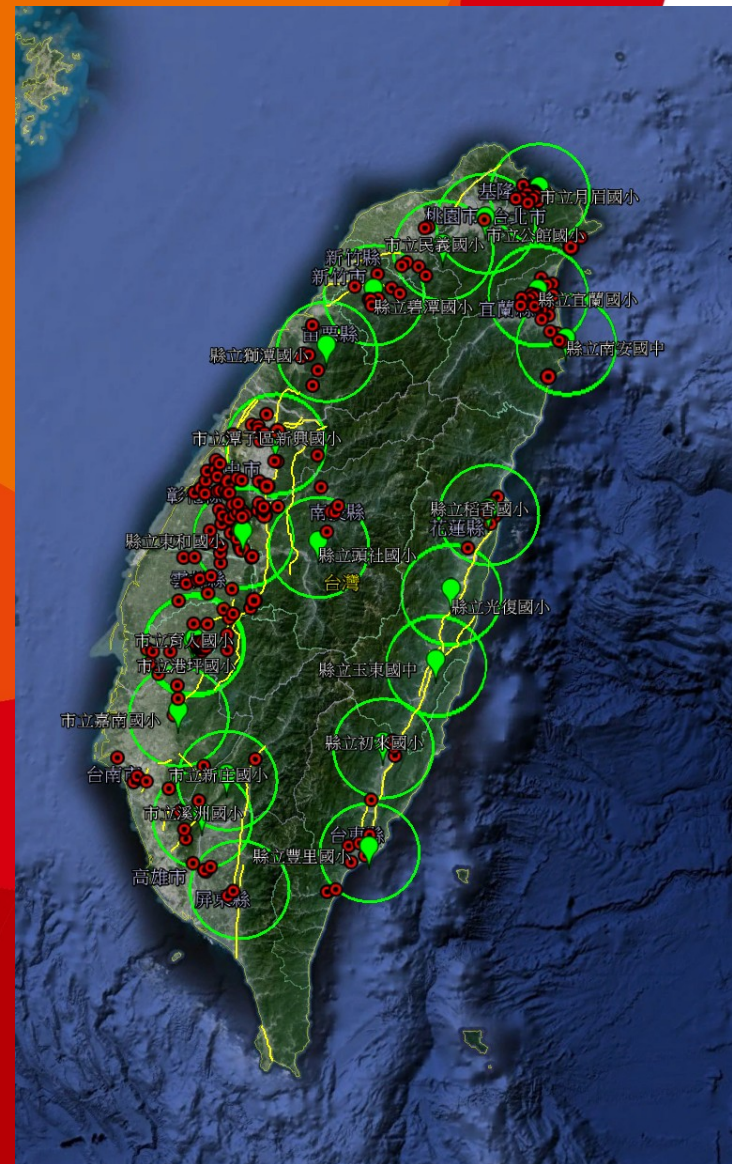
國震中心
現地型

已完成**21**個現地型主站

(綠色圓圈：涵蓋範圍)

已完成**236**所學校建置

(紅點副站 + 綠點主站)



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
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

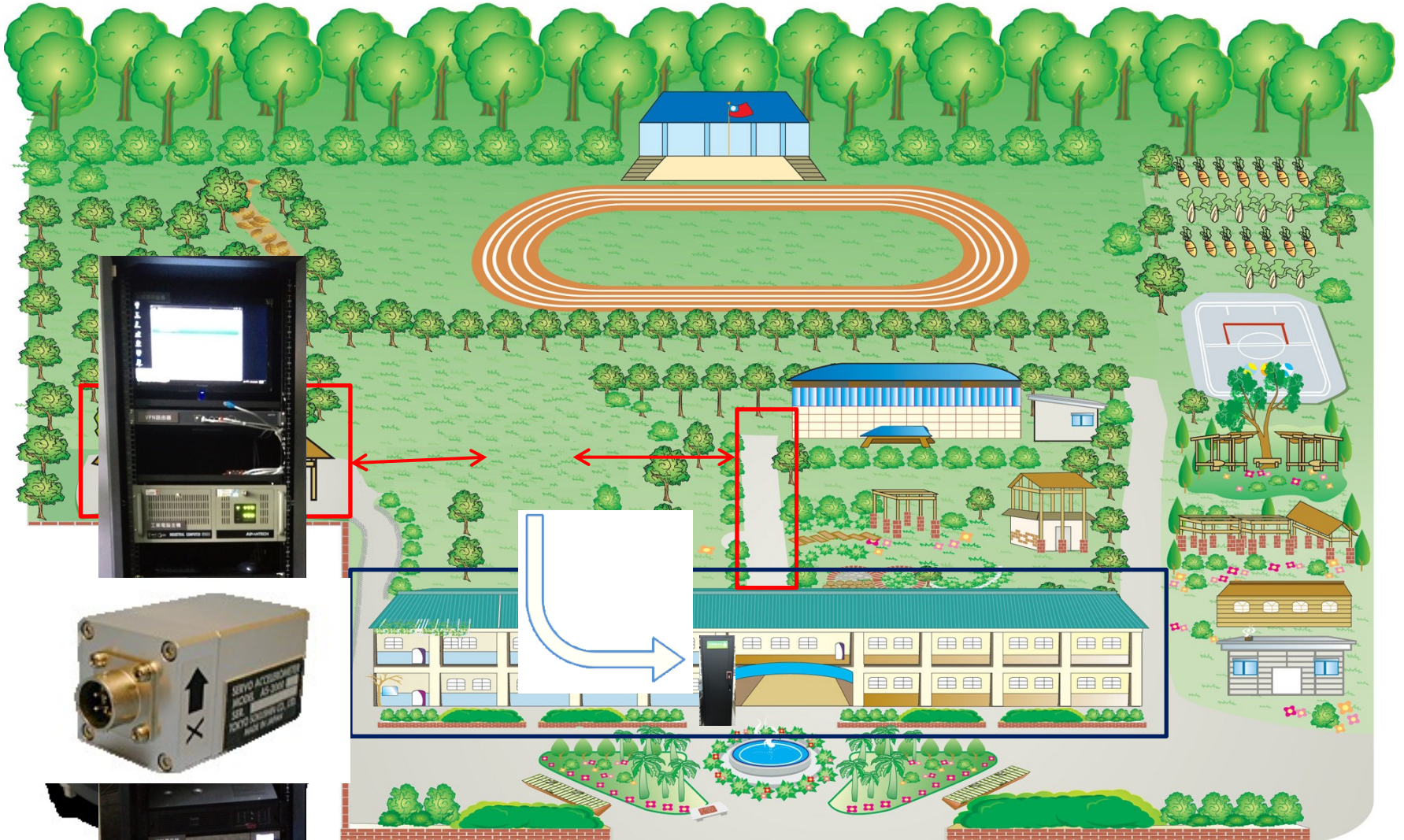


高精度地震儀



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 Kinometrics EpiSensor ES-T

Dynamic range: 155 dB+

Bandwidth: DC to 200Hz

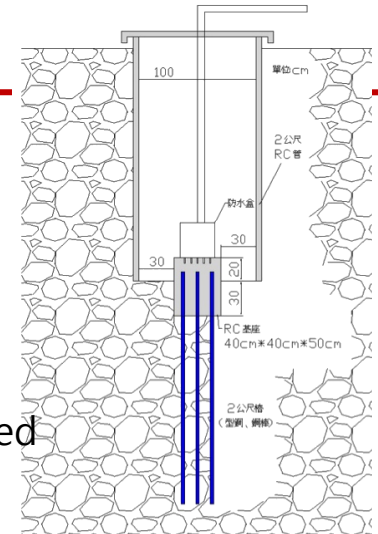
Full-scale range:

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+

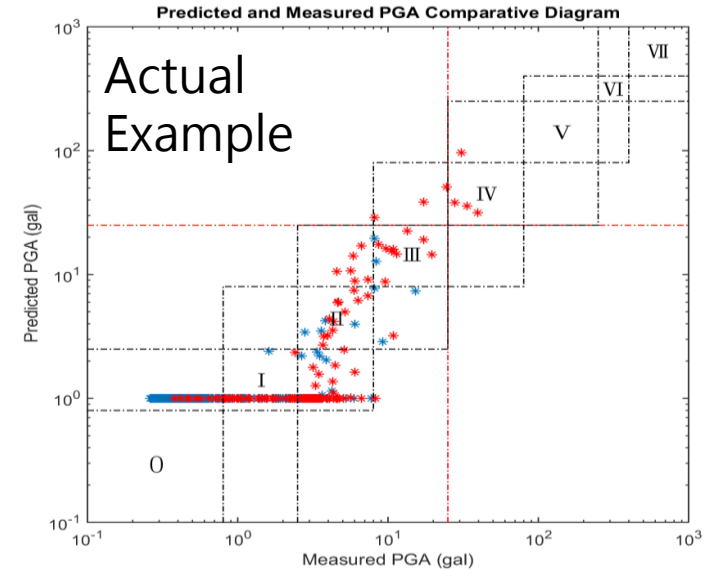
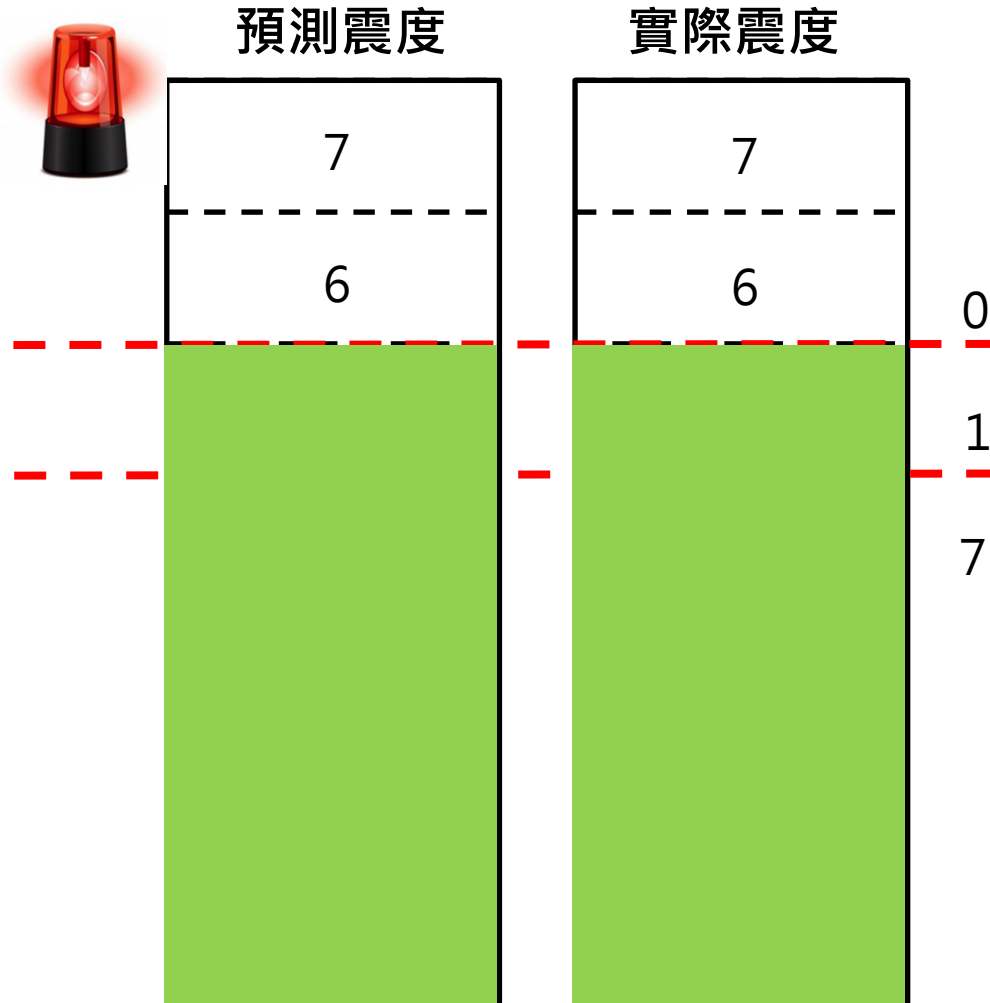
Bandwidth: DC to 250Hz

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

Scale Factor: 5mv/gal



系統預估震度：可自訂警報門檻值



南安國中2014.07.01~2015.06.30

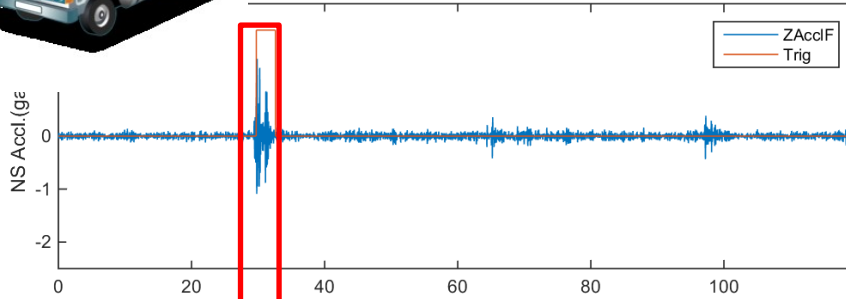
預測震度	發生次數/年
五級以上	0
四級以上	1
三級以上	7

現地型地震儀偵測 P 波，預估預測震度

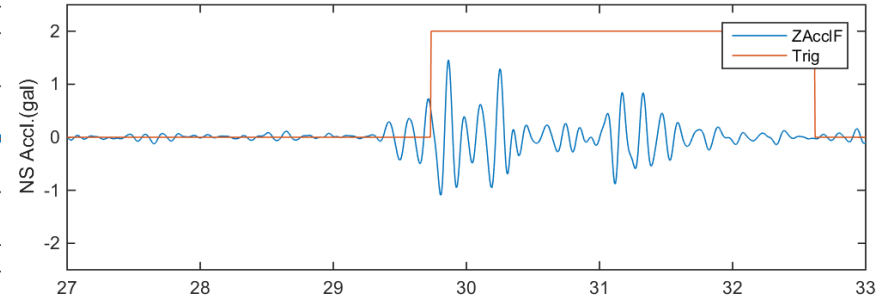
地震？車振？...如何分辨？



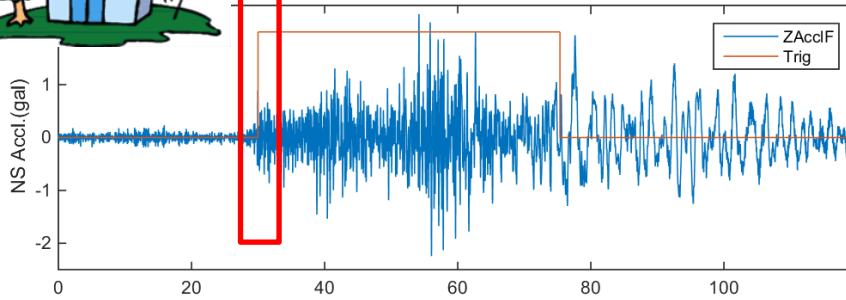
Error trigger of truck



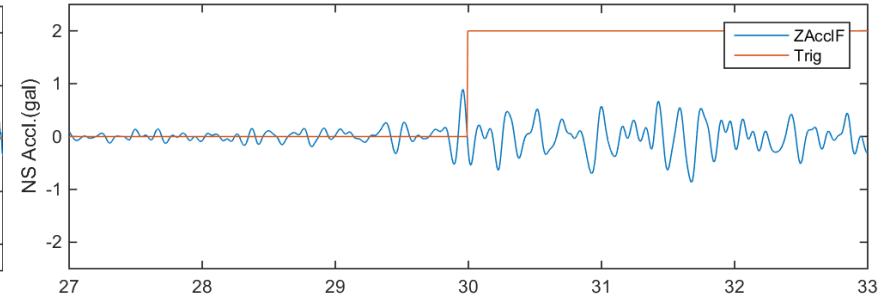
Error trigger of truck



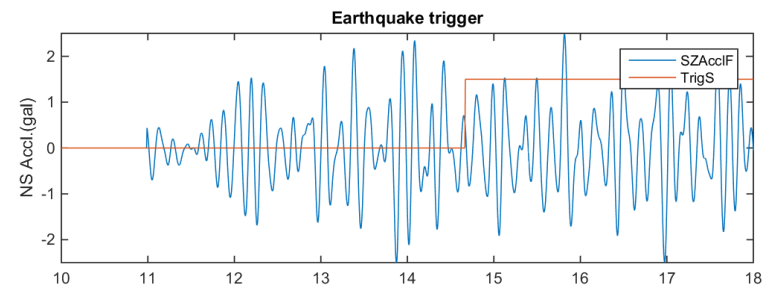
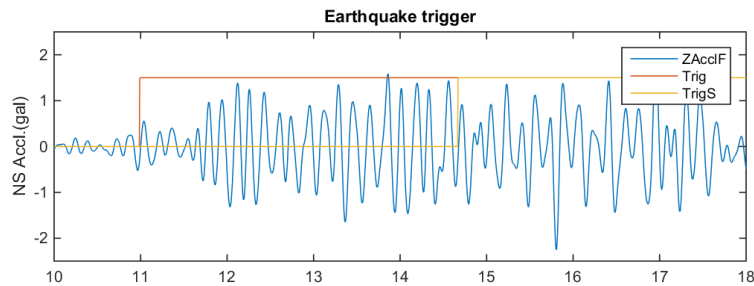
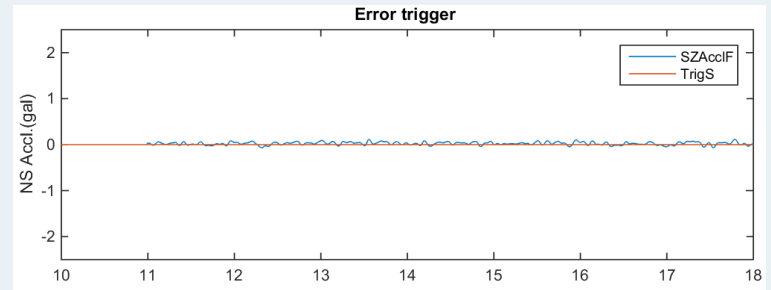
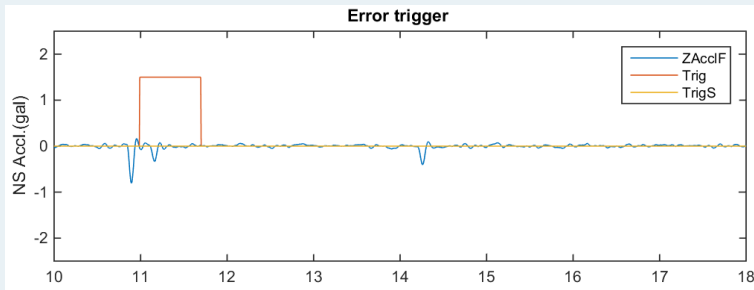
Earthquake trigger



Earthquake trigger



增加備源地震儀



地震警報廣播架構

區域型 (氣象局)
現地型 (國震中心)



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三秒)

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
(既有廣播發報超過三秒，新設簡易型警報廣播)

地震防災教育與演練

- 校園防災策略
- 校園防災演練

校園防災策略



1F →



帶上頭套保護頭部、迅速至戶外避難

2F ↑



趴下、掩護、穩住

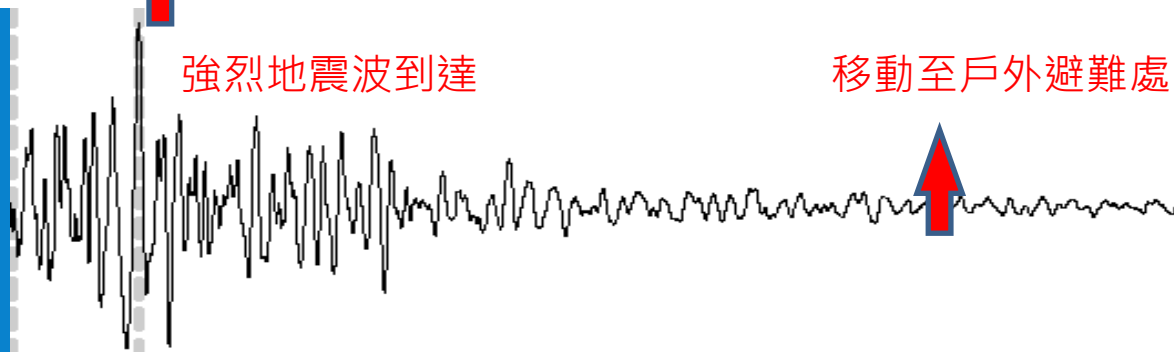


強震警報
預估震度六級
請立即避難疏散



強烈地震波到達

移動至戶外避難處



校園防災演練 - 以嘉義育人國小為例



警報響起，1樓師生向外疏散



2樓師生頭戴防災頭套就地掩蔽



待地震結束，立即依序疏散



至操場清点人數



回報人員安全與檢視校園災情



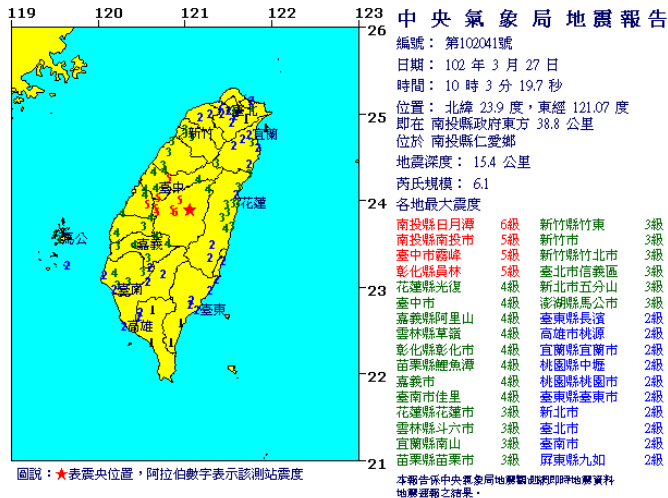
搶救組救助傷患



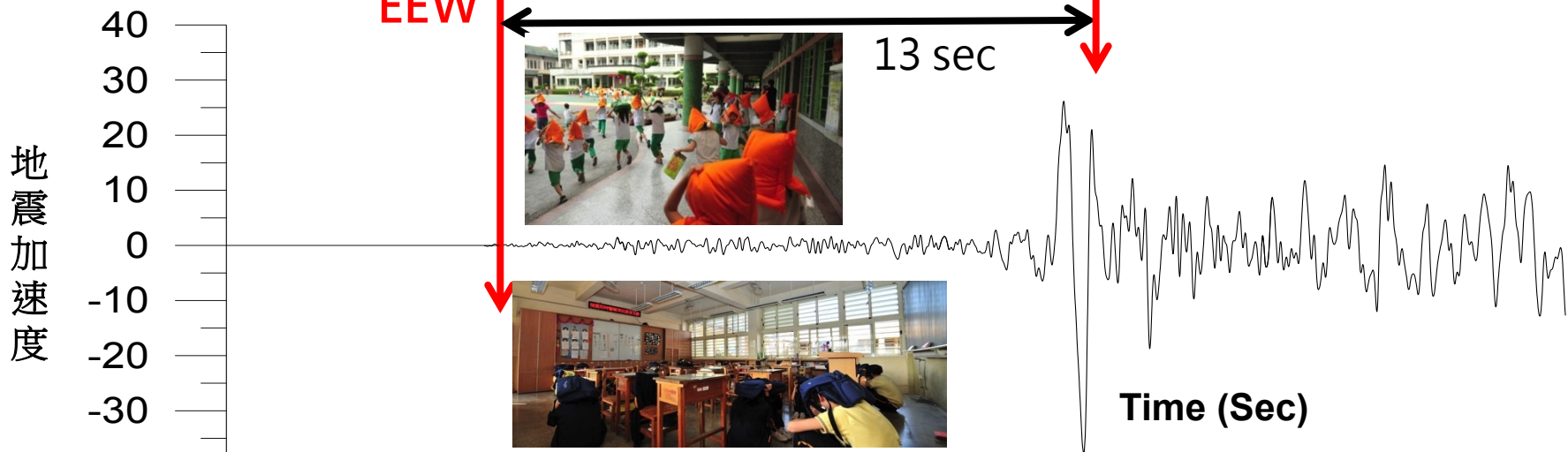
老師去電連絡家長接回學生

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



中央氣象局地震報告No. 104022

• 地震編號.: 104022

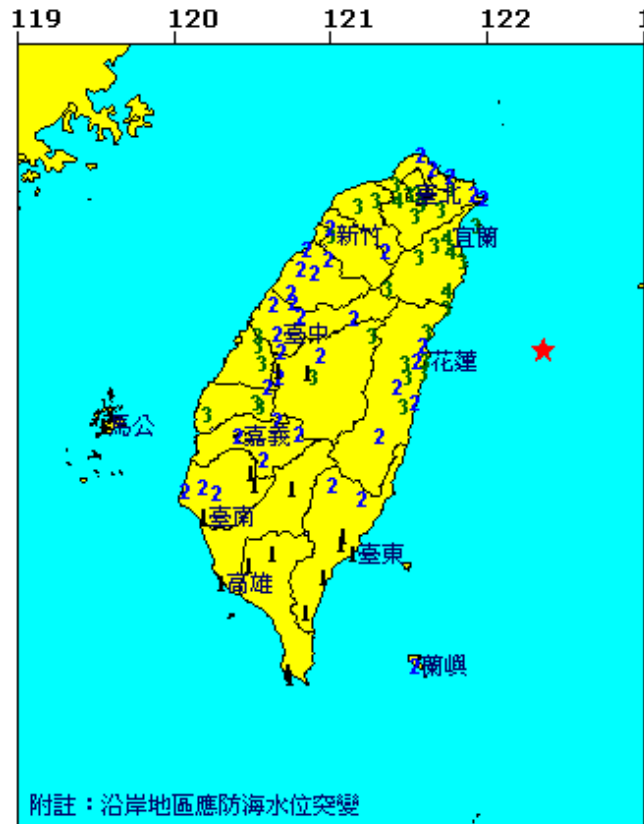
Origin time(Taiwan Standard Time: GMT+08:00):

4/20/2015 09:42:58.5

震央: 24.05N 122.37E

深度: 17.5km

規模(ML): 6.3



中央氣象局地震報告

編號：第104022號

日期：104年4月20日

時間：9時42分58.5秒

位置：北緯 24.05 度，東經 122.37 度
即在 花蓮縣政府東方 76.2 公里

位於 臺灣東部海域

地震深度：17.5 公里

芮氏規模：6.3

各地最大震度

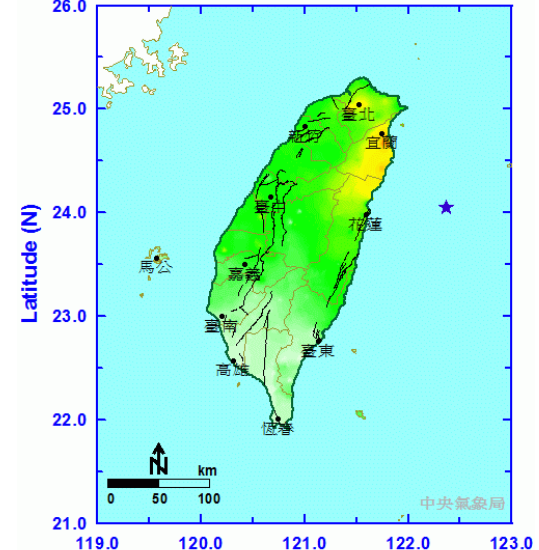
宜蘭縣南澳	4級	新北市萬里	2級
宜蘭縣宜蘭市	4級	苗栗縣獅頭山	2級
新北市	4級	臺東縣池上	2級
花蓮縣和平	3級	新北市石門	2級
花蓮縣花蓮市	3級	新竹縣竹北市	2級
南投縣合歡山	3級	苗栗縣苗栗市	2級
臺北市指南宮	3級	嘉義縣阿里山	2級
臺北市	3級	臺中市	2級
桃園市	3級	嘉義市	2級
新竹市	3級	臺南市善化	2級
彰化縣員林	3級	臺東縣臺東市	1級
彰化縣彰化市	3級	高雄市桃源	1級
臺中市大肚	3級	屏東縣三地門	1級
雲林縣古坑	3級	屏東縣屏東市	1級
雲林縣斗六市	3級	臺南市	1級
基隆市	2級	高雄市	1級

本報告係中央氣象局地震觀測網即時地震資料地震通報之結果。

附註：沿岸地區應防海水位突變

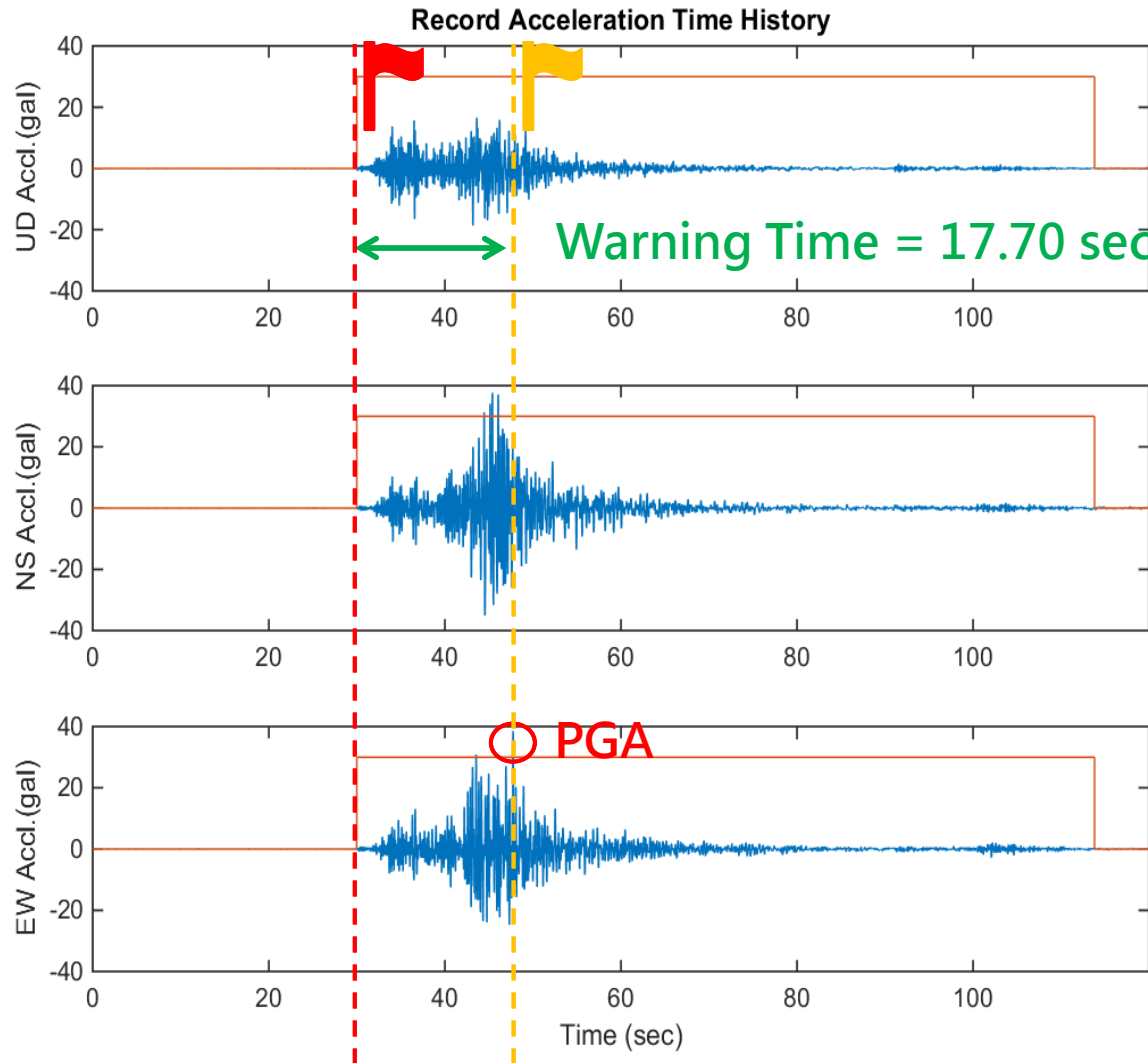
圖說：★表震央位置，阿拉伯數字表示該測站震度

Origin Time: 2015/04/20 09:42:58 (GMT+08:00)
Lat:24.05N Lon:122.37E Mag:6.3 Depth:17.5km

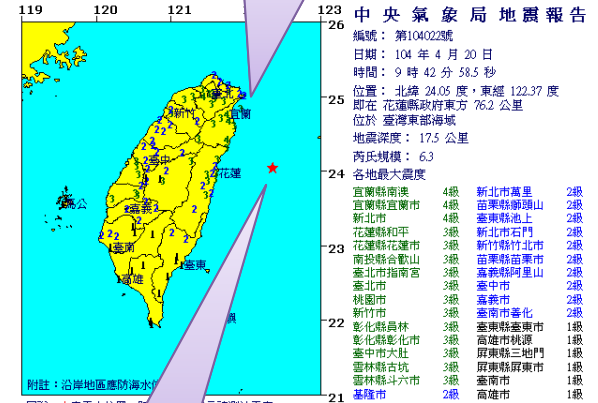


震度 I II III IV V VI VII
PGA 0.8 2.5 8 25 80 250 400 (gal)

南安國中現地型示範站



南安國中

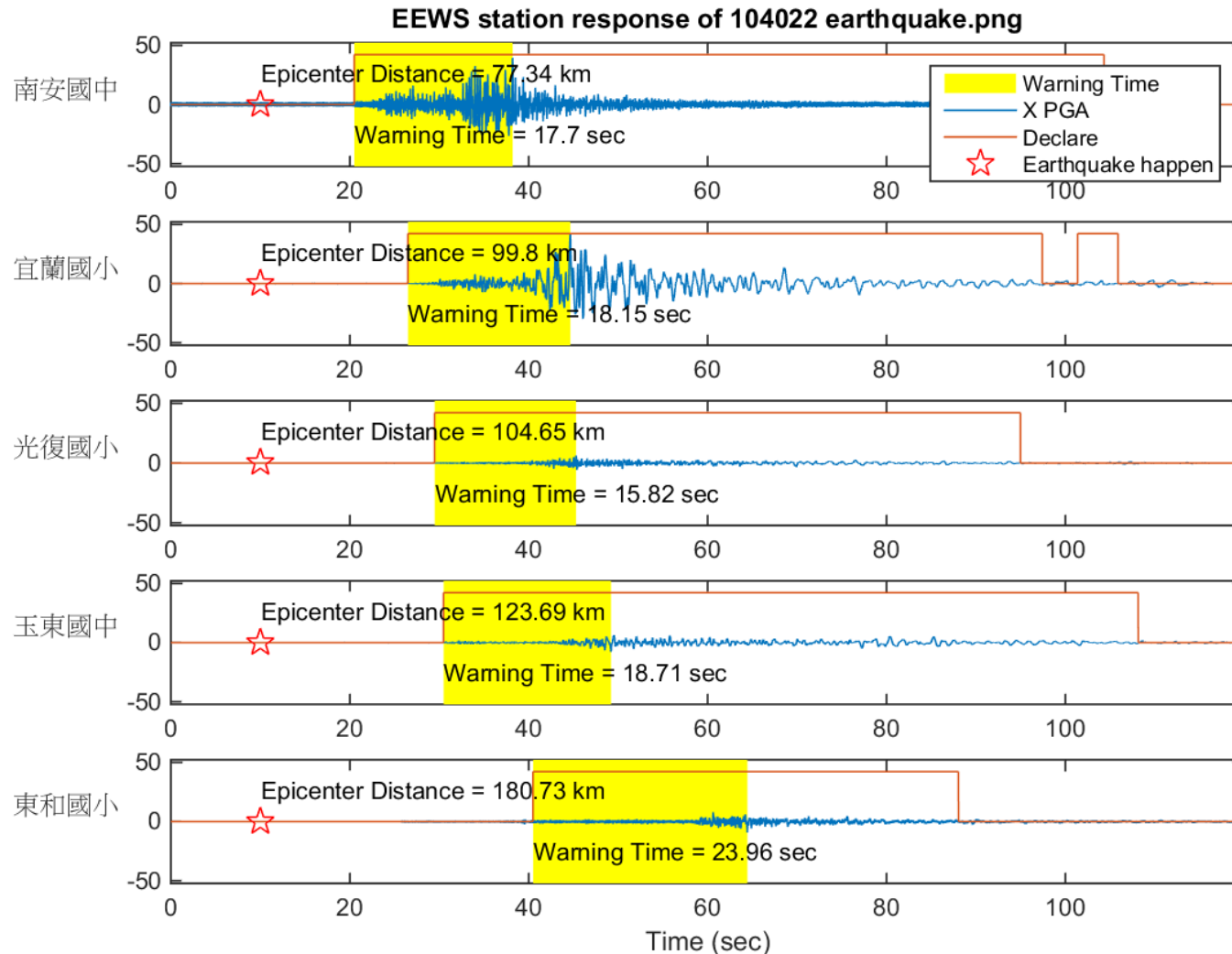


Epicenter

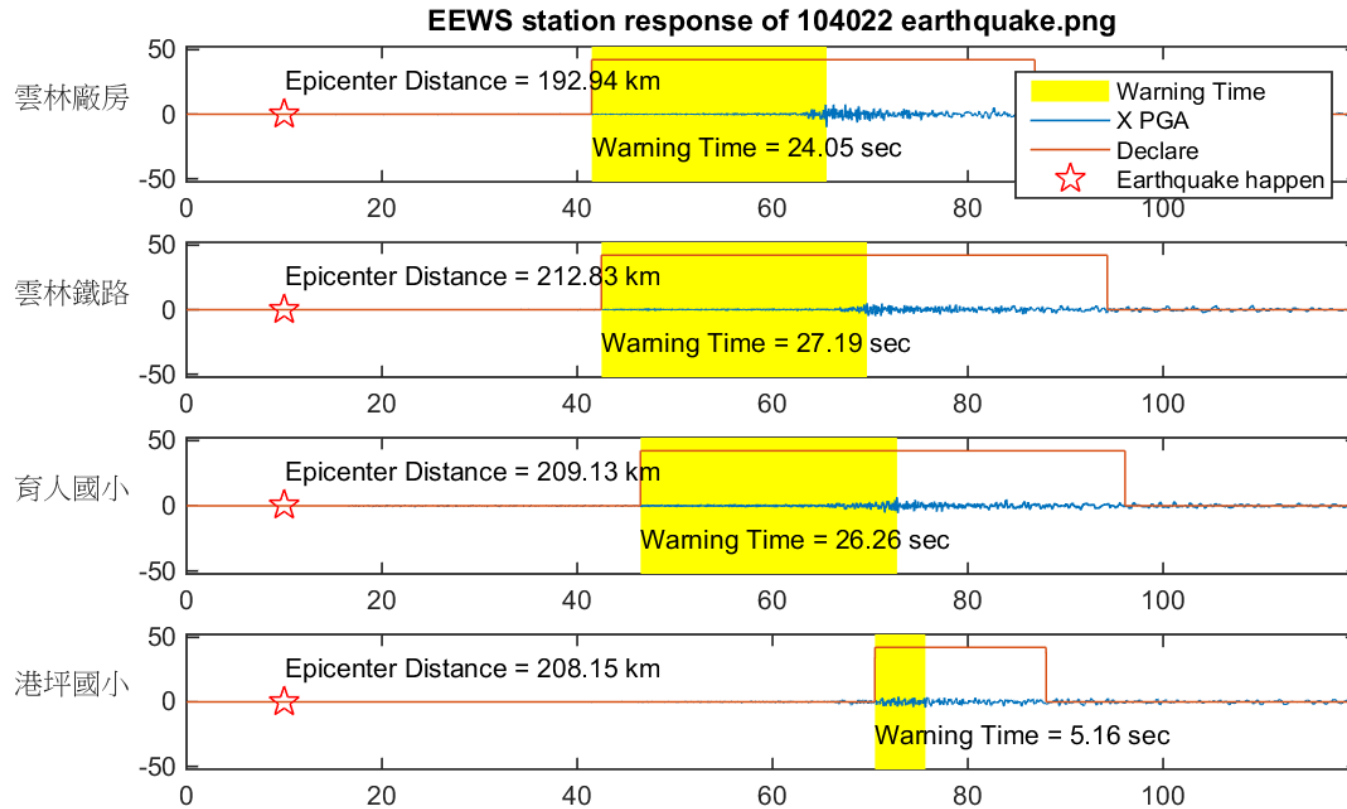
- Warning Time : 17.70 sec
- Epicenter Distance \approx 77.34km

地震預警	預估	實測
震度	4	4
PGA(gal)	31.57	39.67

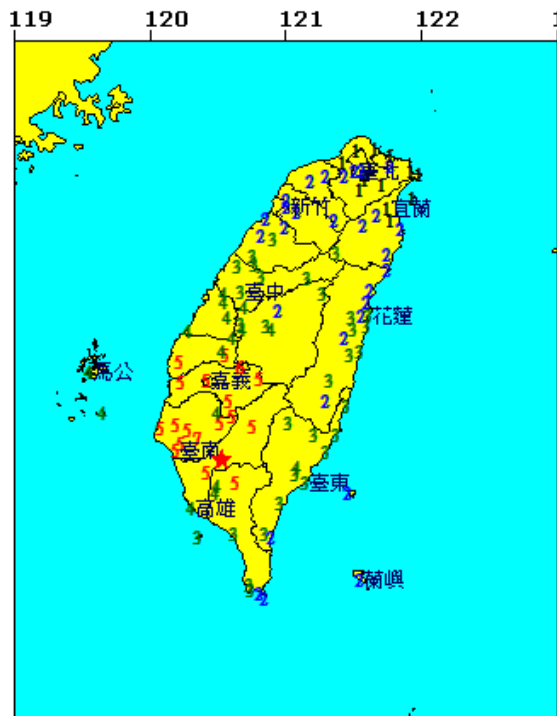
104年編號22號地震於各測站警報時間



104年編號22號地震於各測站警報時間



0206地震震度分布



中央氣象局地震報告

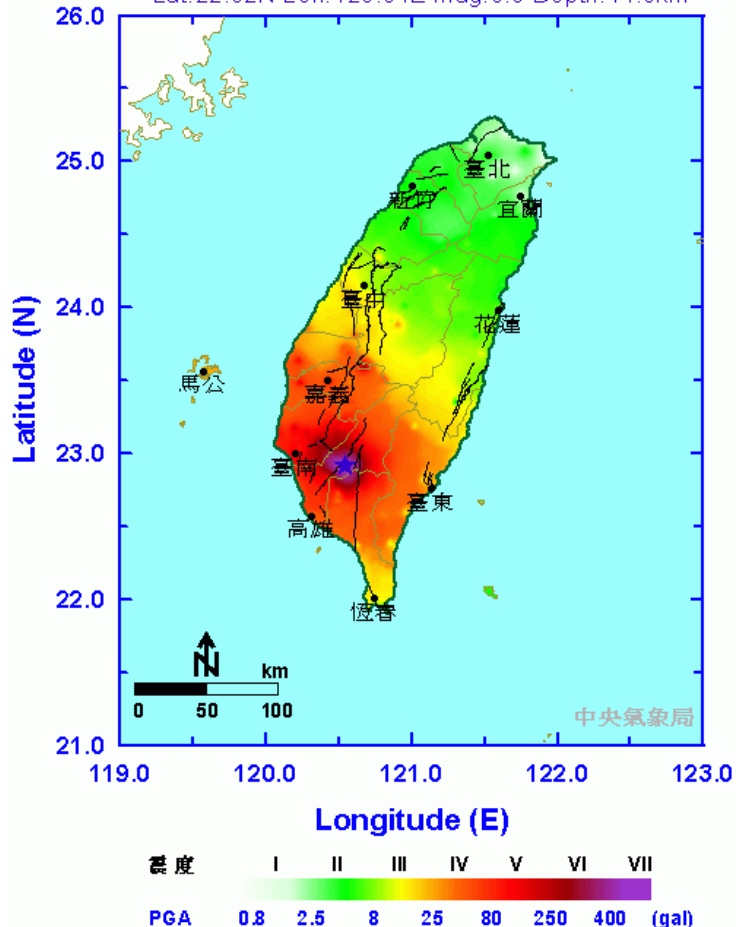
編號：第105006號
 日期：105年2月6日
 時間：3時57分26.1秒
 位置：北緯22.92度，東經120.54度
 即在屏東縣政府北偏東方27.1公里
 位於高雄市美濃區
 地震深度：14.6公里
 芮氏規模：6.6

各地最大震度

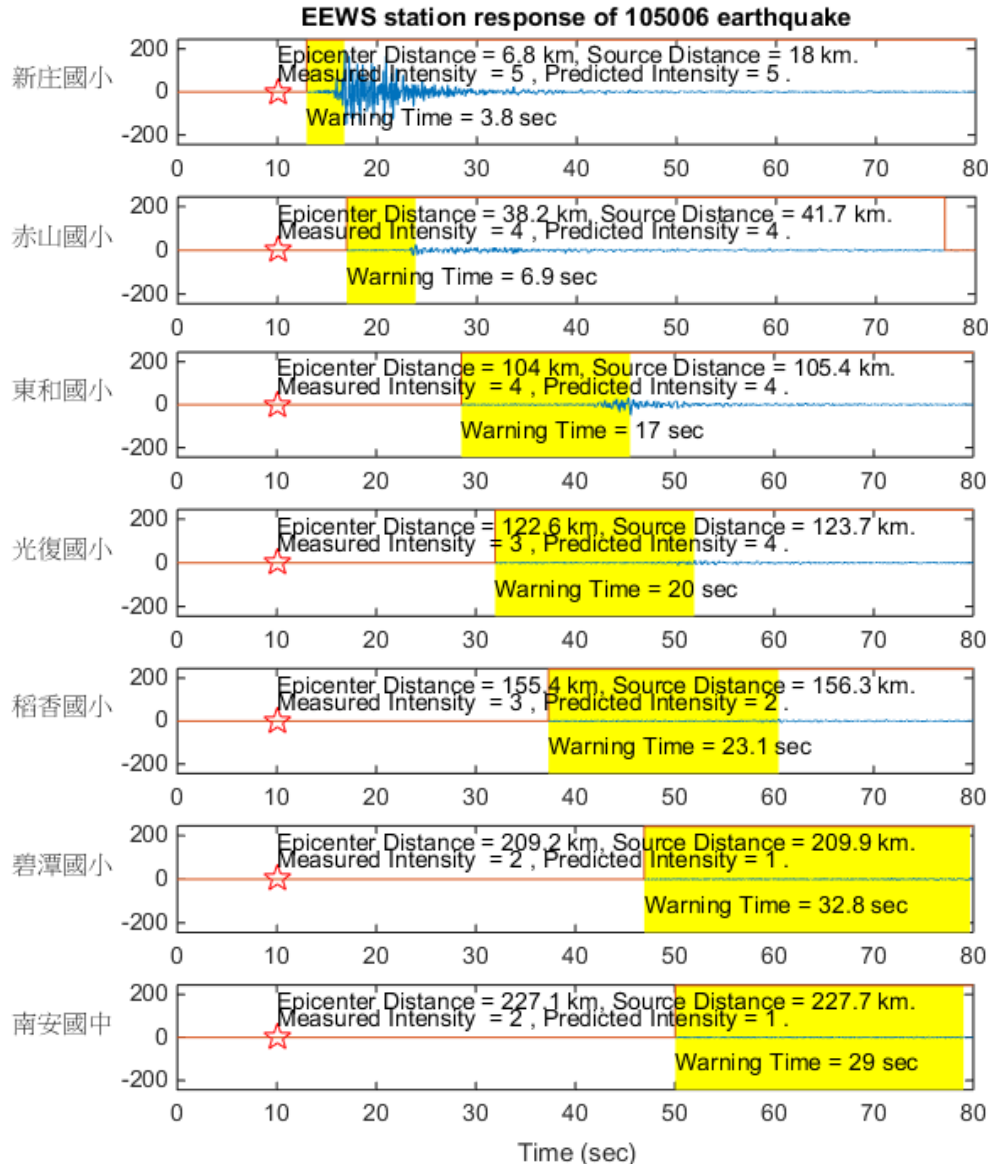
臺南市新化	7級	彰化縣彰化市	4級
雲林縣草嶺	6級	臺東縣臺東市	3級
高雄市旗山	5級	花蓮縣紅葉	3級
屏東縣三地門	5級	屏東縣南灣	3級
臺南市	5級	南投縣南投市	3級
嘉義縣大埔	5級	臺中市	3級
嘉義市	5級	花蓮縣花蓮市	3級
屏東縣屏東市	4級	苗栗縣鯉魚潭	3級
高雄市	4級	宜蘭縣南山	3級
臺東縣初鹿	4級	苗栗縣苗栗市	2級
雲林縣斗六市	4級	新竹縣竹東	2級
澎湖縣東吉島	4級	新竹市	2級
彰化縣二水	4級	桃園市三光	2級
南投縣名間	4級	新竹縣竹北市	2級
澎湖縣馬公市	4級	桃園市	2級
臺中市霧峰	4級	新北市	2級

圖說：★表震央位置，阿拉伯數字表示該測站震度

Origin Time: 2016/02/06 03:57:26 (GMT+08:00)
 Lat:22.92N Lon:120.54E Mag:6.6 Depth:14.6km

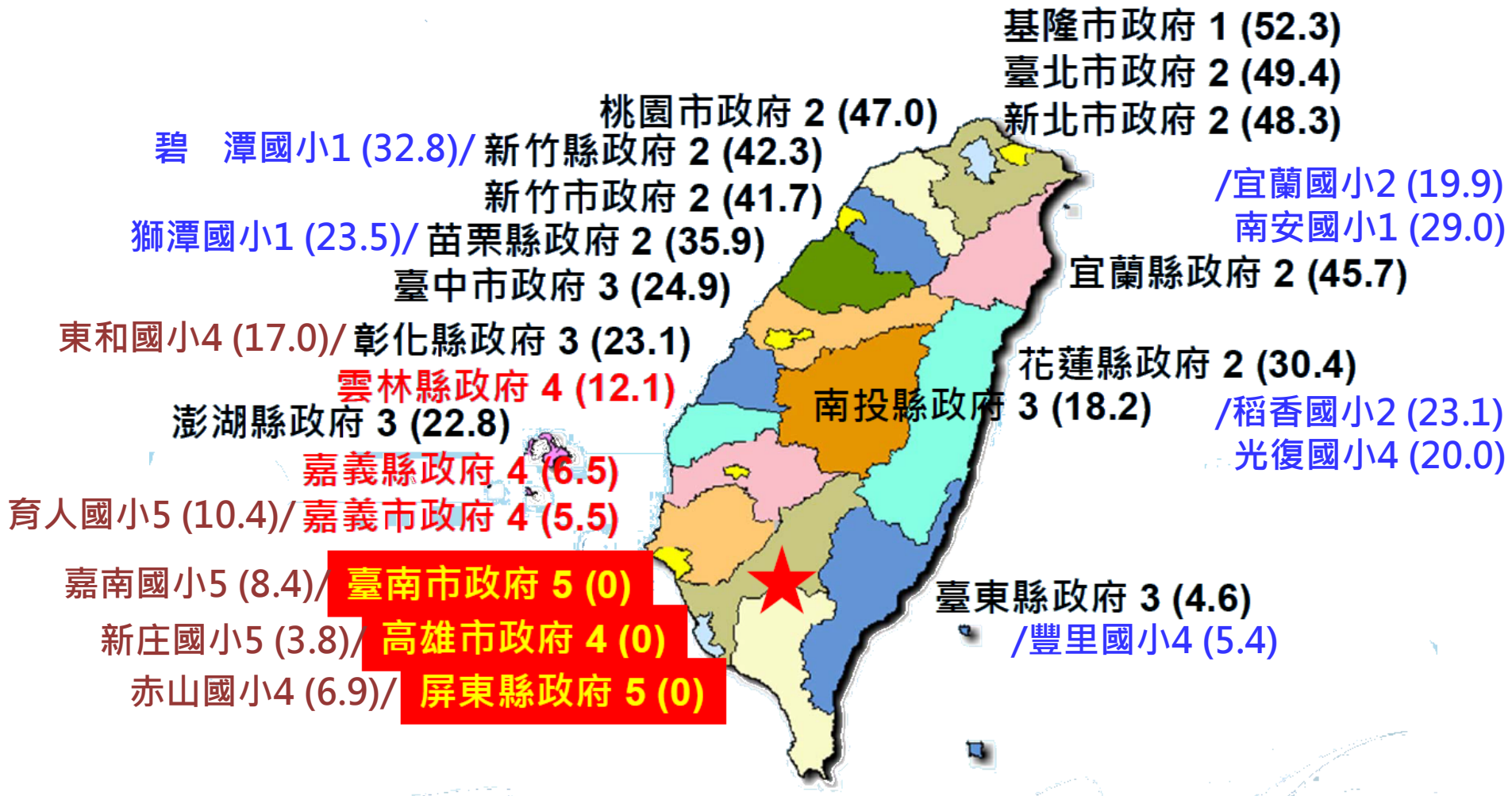


105年編號6號地震於各測站警報時間



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

與氣象局預警比較



地震防護

- 地震預警系統宣導影片
- 校園防災修訂

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

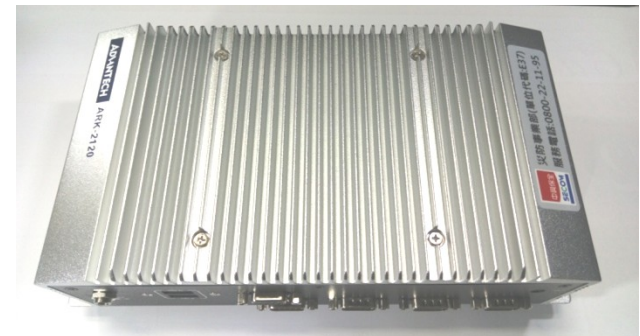
- ✓ 模擬測試
- ✓ 防災服務啟動



地震警報系統主機正面照

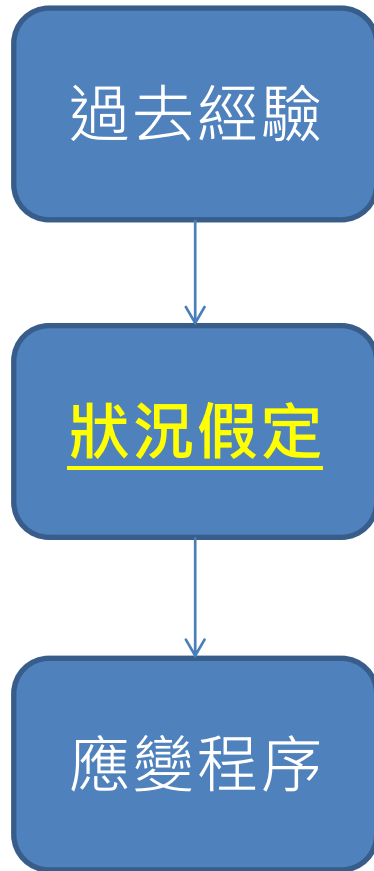


地震靜報系統主機反面照



地震警報系統主機俯視照

(地震)防災計畫訂定




Case Study

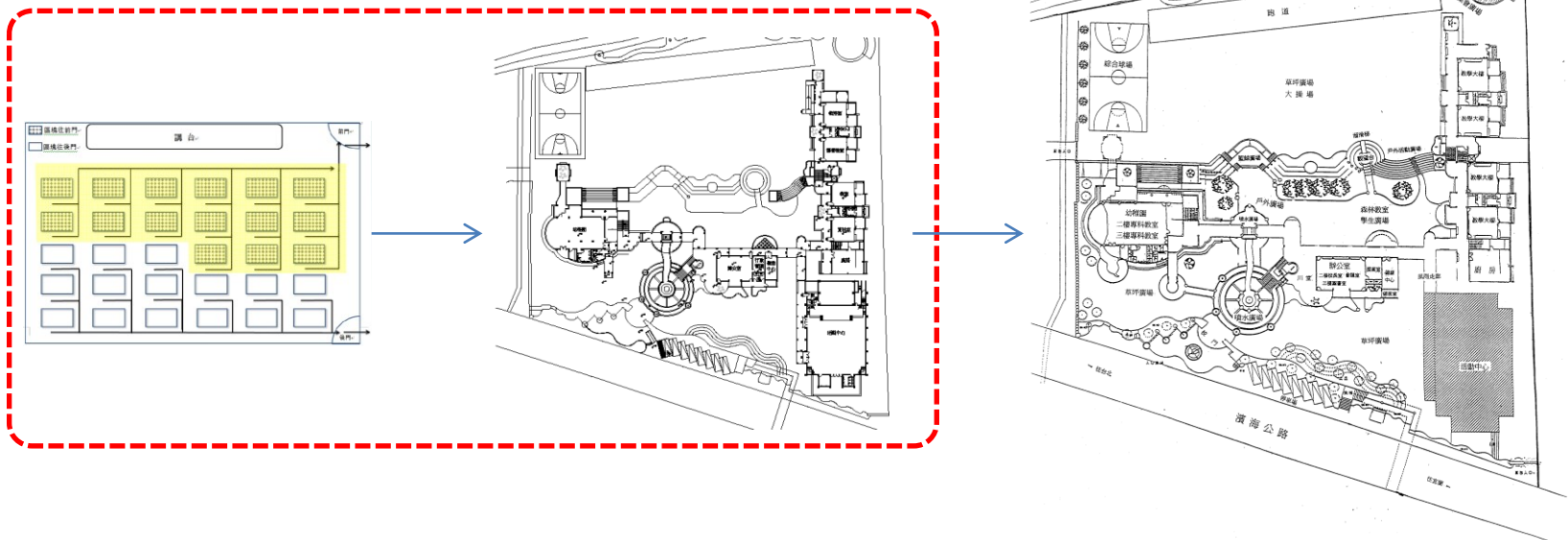
1. 地震：921集集大地震
2. 颱風：莫拉克風災

1. 再次發生類似case study的案例
2. 發生案例與衍生災害
(如：地震+火災+樓房崩塌)

1. 盤點可用的防災裝備、資訊與組織
2. 盤點學校所有人員
3. 防災計畫訂定
4. 防災演練

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

NARLabs

謝謝！

全國中小學建置情況

