國家地震工程研究中心

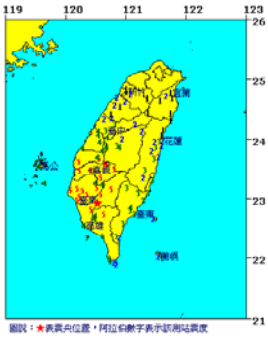
2016「台灣地震損失評估系統」講習會
國家地震工程研究中心
2016.11.22 (二)

0206 美濃地震之省思

鍾立來
國家地震工程研究中心

承諾．熱情．創新 www.narlabs.org.tw

0206 美濃地震



日期: 2016. 2. 6
時間: 03:57:27
震央:
22.93 N Lat.,
120.54 E Long.
震源深度:
16.7 km
規模: 6.4

中央氣象發佈之地震報告

0206 美濃地震

亡：117
傷：551

約 15 至 20 年，
即發生一次劇災型地震 (死亡超過百人)

簡文郁 研究員

策略一：逃之夭夭

臺灣處於地震活躍之地區

策略一：逃之夭夭

熱愛臺灣，與臺灣共存亡

策略二：地震預測

策略二：地震預測

預測項目
時間：年、月、日、時、分
地點：震央 (經緯度)、震源深度
規模

每年上萬次地震
規模 6 以上，才可能致災

若猜測明天有地震，猜對機會高，但缺規模之資訊
不具震災防救之意義

策略二：地震預測

策略二：地震預測

若猜測會有劇災型地震，15 至20 年內，猜對機會高，但缺時間之資訊，不具震災防救之意義

地震之預測，科技尚未成熟，精準度不足以發佈，不具震災防救之意義

策略三：地震預警

策略三：地震預警

地震已經發生，震波尚未抵達前，獲得預警訊息，告知震波即將來襲，預作準備。

區域型地震預警

甲地之測站，靠近震央，測得地震，以電子訊號，告知乙地 (距震央較遠) 。

電子訊號之速度300,000 km/s，地震波之速度3.5至6.5 km/s，以兩者之速度差，達預警之目的。

為確保震央附近有測站，須建立地震監測網。

策略三：地震預警

策略三：地震預警

現地型地震預警

僅須單一地震儀，P 波初達時，發出預警訊息，在S 波尚未抵達前，預作準備。

P波 (壓力波、縱波) 之速度約6.5 km/s，速度較快，但震度較低，較不具破壞性。

S波 (壓力波、縱波) 之速度約3.5 km/s，速度較慢，但震度較高，較具破壞性。

以兩者之速度差，達預警之目的。

策略三：地震預警

策略三：地震預警

複合式地震預警系統

整合區域型 (遠域地震) 與現地型 (近域地震) 地震預警訊息

高精度、低誤報現地型地震預警 (多重備援地震儀)

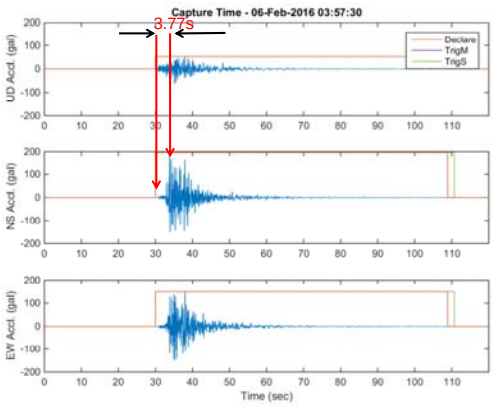
較長預警時間

可以提供預估PGA、PGV等參數作為警報發布依據

林沛陽 研究員

策略三：地震預警

Station	Predict Intensity	Measured Intensity	Predict PGA	Measured PGA	Epicenter Distance
新庄國小	3.77	5	5	240.30	213.34 約 7Km

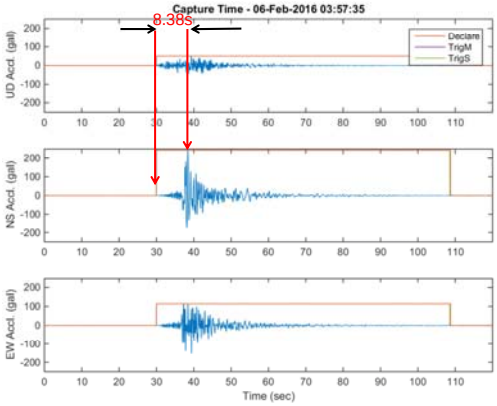


高雄市
杉林區
7 km

林沛陽 研究員

策略三：地震預警

Station	Predict Intensity	Predict PGA	Epicenter Distance
善南國小	8.38	5	5 207.36 242.00 約 36Km

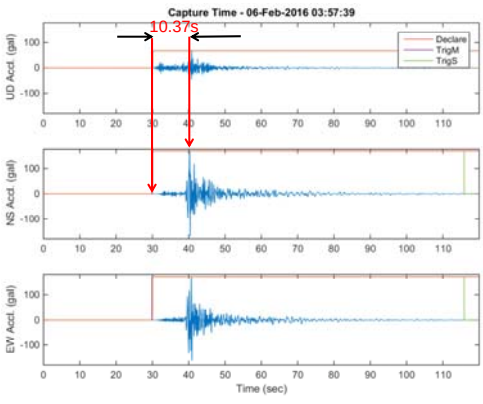


台南市
六甲區
36 km

林沛陽 研究員

策略三：地震預警

Station	Warning time (s)	Predict Intensity	Measured Intensity	Predict PGA	Measured PGA	Epicenter Distance
育人國小	10.37	5	5	167.71	184.26	約 60Km

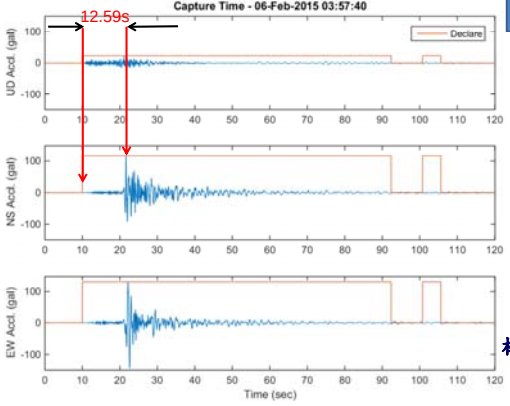


嘉義市
60 km

林沛陽 研究員

策略三：地震預警

Station	Warning time (s)	Predict Intensity	Measured Intensity	Predict PGA	Measured PGA	Epicenter Distance
雲林	12.59	4	5	70.84	144.22	約 77Km



高鐵/雲林
77 km

林沛陽 研究員

策略三：地震預警

策略三：地震預警

爭取到數秒至十數秒之預警時間

一樓人員 (動線暢通、門口即為空地) 逃至室外

二樓以上人員， 就地掩護

電梯停至就近樓層，梯門打開，避免被困

高鐵剎車、減速，避免出軌

廠房製程暫停，避免損失

林沛陽 研究員

策略四：災害防救計畫

策略四：境況模擬，擬訂災害防救計畫

建置臺灣地震損失評估系統 (Taiwan Earthquake Loss Estimation System, TELES)

設定假想敵 (想定地震)

評估地震損失

擬訂災害防救計畫

減緩震災損失

提高復原效率

葉錦勳 研究員

策略四：災害防救計畫

策略四：境況模擬，擬訂災害防救計畫

資料蒐集

震源分布與活動特性

歷史地震、斷層

地震災害潛勢

強地動觀測、工程鑽孔、河川流域、山崩

風險暴露、震損評估與社會經濟衝擊

電子地圖、行政區界、房屋稅籍、校舍、自來水系統、瓦斯系統

葉錦勳 研究員

策略五：早期損失之評估

策略五：早期損失之評估

地震後，短時間內(數分鐘) ，即得損失之評估結果

尚未勘災，即大致了解災情，調度救災

減緩災害 (二次災害)

提早復原

葉錦勳 研究員

策略五：早期損失之評估

策略五：早期損失之評估

第一階段 (兩分鐘內)

自動比對地震監測資料和損失模擬資料庫，即時發送評估結果的訊息

第二階段 (6小時內)

整合地震監測資料、斷層面解、餘震分布的資訊以人工方式研判可能的震源機制和參數

第三階段 (6小時後)

驗證評估模式與參數的適用性，必要時檢討改進確保防災規劃與風險評估結果的可信度

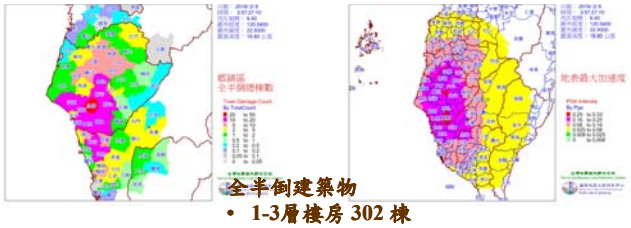
葉錦勳 研究員

策略五：早期損失之評估

策略五：早期損失之評估

0206美濃地震

收到地震報告，一分鐘內獲得評估結果



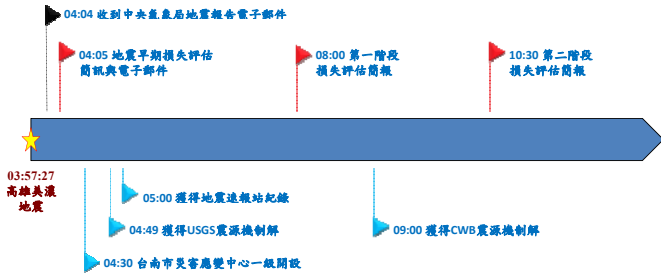
全半倒建築物

- 1-3層樓房 302 棟
- 4-7層樓房 46 棟
- 8層以上樓房 9 棟
- 總計 357 棟

葉錦勳 研究員

策略五：早期損失之評估

策略五：早期損失之評估



葉錦勳 研究員

策略六：耐震設計、施工

23.0055°N, 120.2609°E (臺南市永康區國光五街2號)

16層 RC 建物

維冠金龍大樓

震後

亡：115

傷：96

策略六：耐震設計、施工

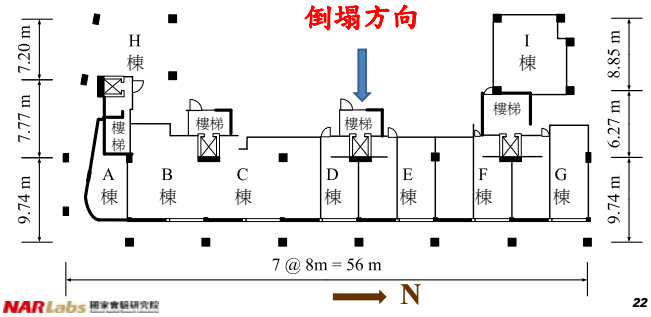
23.0055°N, 120.2609°E (臺南市永康區國光五街2號)

16層 RC 建物

維冠金龍大樓

平面示意圖

倒塌方向

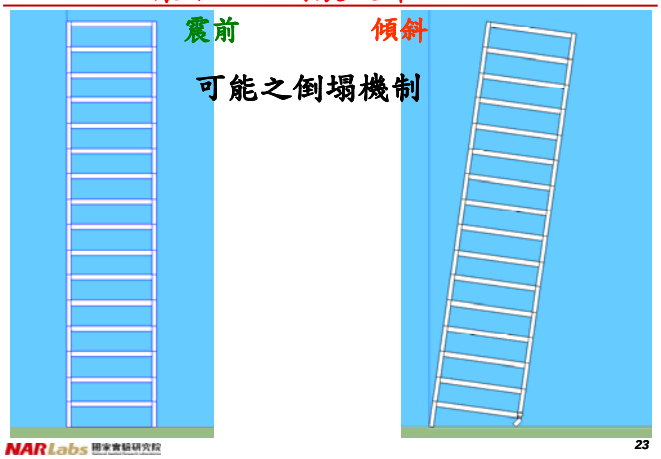


策略六：耐震設計、施工

震前

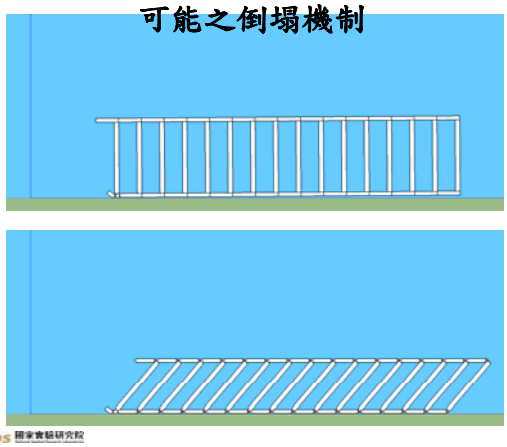
傾斜

可能之倒塌機制



策略六：耐震設計、施工

可能之倒塌機制



傾倒

崩塌

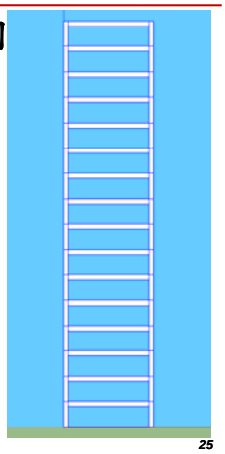
策略六：耐震設計、施工

可能之倒塌機制

下弱上強

前弱後強

柱梁互換



策略六：耐震設計、施工

23.0365°N, 120.3010°E (臺南市新化區中山路586號)

11層 RC 建物

京城銀行大樓

震後

亡：0

傷：0

最下 4 層消失！

策略六：耐震設計、施工

23.0365°N, 120.3010°E (臺南市新化區中山路586號)

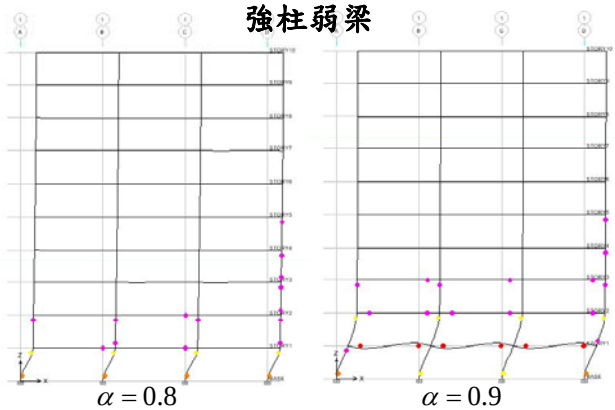
11層 RC 建物

京城銀行大樓

震後 7 日

策略六：耐震設計、施工

強柱弱梁

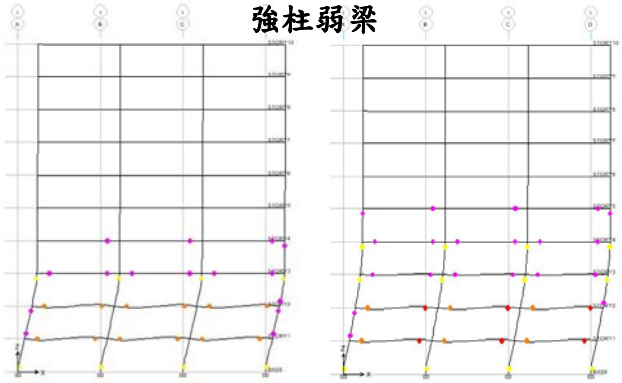


$\alpha = 0.8$ $\alpha = 0.9$

$M_{nc} = \alpha M_{nb}$

策略六：耐震設計、施工

強柱弱梁

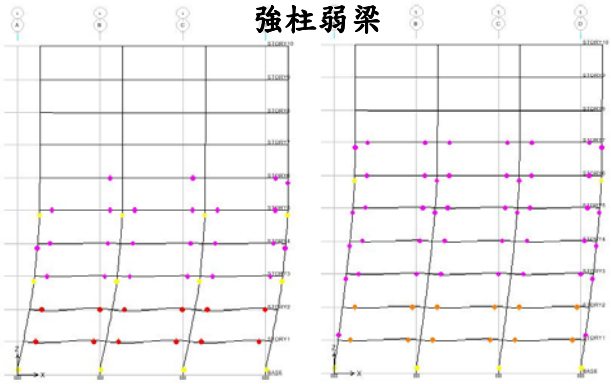


$\alpha = 1.0$ $\alpha = 1.2$ 規範

$M_{nc} = \alpha M_{nb}$

策略六：耐震設計、施工

強柱弱梁



$\alpha = 1.5$ $\alpha = 2.1$

$M_{nc} = \alpha M_{nb}$

策略六：耐震設計、施工

22.9676°N, 120.2977°E (臺南市歸仁區信義北路46號)

7 層 RC 建物

幸福大樓

震後

亡：0

傷：1

策略六：耐震設計、施工

22.9676°N, 120.2977°E

幸福大樓

震後

震後

最下 3 層消失！

策略六：耐震設計、施工

22.9676°N, 120.2977°E

幸福大樓

震後

策略六：耐震設計、施工

住商大樓

- 低樓層作商業用，高樓層作住宅用。
- 低樓層牆量少，形成軟弱層。
- 臨街牆量少，形成扭轉。
- 柱強度不足。
- 細節不夠。

策略六：耐震設計、施工

住商大樓之用途係數

建築物耐震設計規範第2.8節

公眾使用之建築物，I = 1.25。

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。

16層建築物

每層樓地板面積900平方公尺；最低三層作商場用

900 x 3 = 2,700 < 3,000平方公尺

3/16 = 18.75 % < 20 %

I = 1.0

策略六：耐震設計、施工

住商大樓之用途係數

建築物耐震設計規範第2.8節

公眾使用之建築物，I = 1.25。

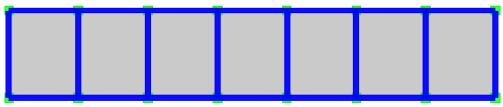
一棟建築物如係混合使用，上述供公眾使用場所累計樓地板面積超過 3000 平方公尺或總樓地板面積百分之二十以上者，用途係數才需用 1.25。如一棟建 築物單種用途使用時，必須總樓版面積超過 1000 平方公尺，用途係數才需用 1.25。

公眾使用之樓層及其下之樓層

I = 1.25

策略六：耐震設計、施工

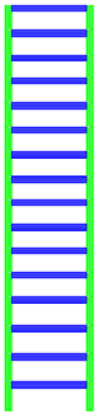
單跨高樓



結構平面圖

策略六：耐震設計、施工

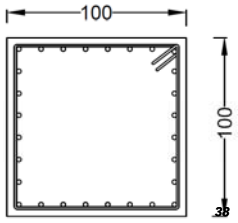
內構架立面圖



單跨高樓

28D25

1.42%

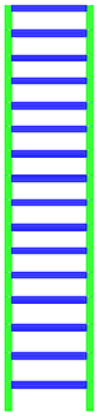


$f'_c = 350\ \text{kg/cm}^2$

$f_y = 4200\ \text{kg/cm}^2$

策略六：耐震設計、施工

單跨高樓



靜載重

$W = 1536\ \text{tf}$

$M_{ao} = WB/2$
$= 7680\ \text{tf-m}$

$P_u = +768\ \text{tf}$
$= 0.219\, f'_c A_g$

$P_u = +768\ \text{tf}$
$= 0.219\, f'_c A_g$

策略六：耐震設計、施工

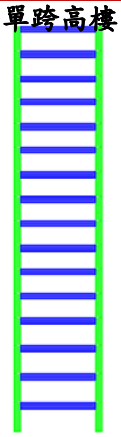
設計地震力

$V = 0.1158W$
$= 177.87\ \text{tf}$

$M_o = \sum_{i=2}^{17} F_i H_i$
$= 6407\ \text{tf-m}$

$P_u = +182\ \text{tf}$
$= 0.052\, f'_c A_g$

單跨高樓



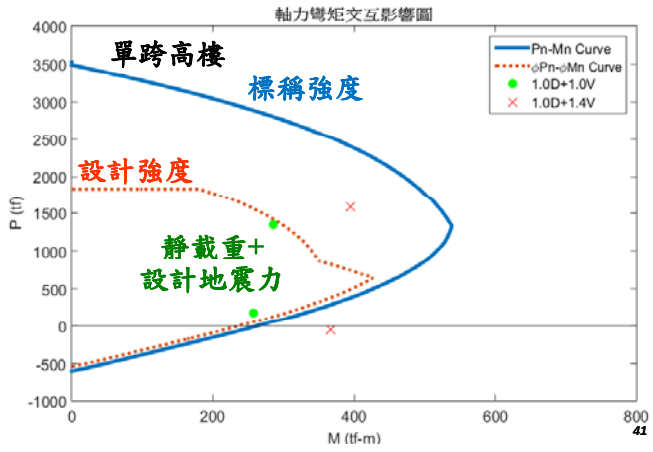
靜載重

$W = 1536\ \text{tf}$

$M_{ao} = WB/2$
$= 7680\ \text{tf-m}$

$P_u = +1354\ \text{tf}$
$= 0.387\, f'_c A_g$

策略六：耐震設計、施工



策略六：耐震設計、施工

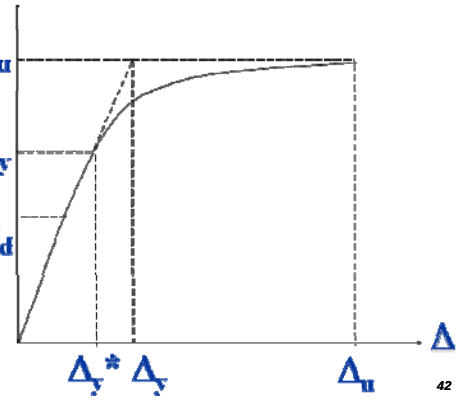
單跨高樓

建築物耐震設計規範

極限地震力 P_u
$1.4\alpha_y V$

降伏地震力 P_y
$\alpha_y V$

設計地震力 P_d
V



策略六：耐震設計、施工

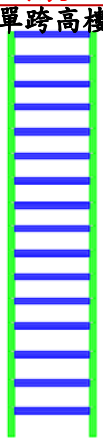
設計極限地震力

$1.4\alpha_y V = 249.02$ tf

$1.4\alpha_y M_o = 8970$ tf - m

$P_u = -53$ tf
$= -0.015 f'_c A_g$

單跨高樓



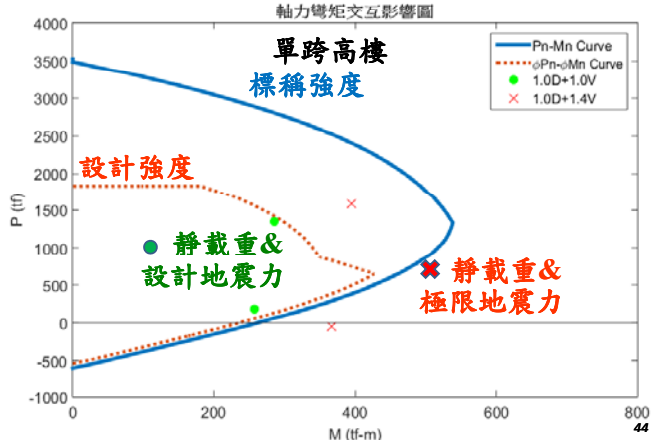
靜載重

$W = 1536$ tf

$M_{ao} = WB/2$
$= 7680$ tf - m

$P_u = +1589$ tf
$= 0.454 f'_c A_g$

策略六：耐震設計、施工

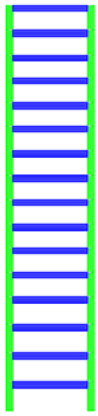


策略六：耐震設計、施工

設計：設計地震力 V

檢核：極限地震力 $1.4\alpha_y V$

單跨高樓



1.4 → 1.2

$$V = \frac{I}{1.2\alpha_y}\left(\frac{S_{aD}}{F_u}\right)_m W$$

建築物耐震設計規範 第2.2節

R = 4.0 → R = 3.6

建築物耐震設計規範 第2.9節

策略七：耐震補強

23.1028°N, 120.3548°E (台南市山上區南洲里104號)

震後

山上區公有市場

一樓崩塌

亡：0

傷：0

策略七：耐震補強

22.9625°N, 120.2305°E (台南市東區長東街103巷2號)

震後

一層樓崩塌

亡：0

傷：4

大智市場

策略七：耐震補強

23.0421°N, 120.4777°E (臺南市南化區南化里174-9號)

2010.3.4 甲仙地震後，以鋼柱支撐。

南化區公有市場

震後

損壞
但未崩塌！

策略七：耐震補強

市場

- 一樓作商業用，形成軟弱層。
- 未補強者，崩塌。
- 經簡單加固者，損壞但未崩塌。
- 耐震補強，可行。

策略七：耐震補強

23.1039°N, 120.3527°E (臺南市山上區南洲里325號)

緊急應變中心改至其他大樓

山上區區公所

策略七：耐震補強

23.1039°N, 120.3527°E；緊急應變中心改至其他大樓

山上區區公所

策略七：耐震補強

23.0570°N, 120.4087°E (臺南市左鎮區中正里171之4號)

1971年；柱子損壞。

左鎮區區公所

策略七：耐震補強

23.0570°N, 120.4087°E

左鎮區區公所

策略七：耐震補強

23.0433°N, 120.4778 °E (臺南市南化區南化里230號)

列為危樓

南化區區公所

策略七：耐震補強

23.0433°N, 120.4778 °E；列為危樓

南化區區公所

柱子損壞
水管置於保護層

策略七：耐震補強

22.9675 °N, 120.2939 °E (臺南市歸仁區中山路二段二號)

歸仁區區公所

無損害
正常運作
緊急應變中心

補強前(Google Map)

補強後 (RC 剪力牆)

策略七：耐震補強

22.9675 °N, 120.2939 °E

歸仁區區公所

無損害
正常運作
緊急應變中心

RC 剪力牆補強

策略七：耐震補強

區公所

- 未補強者，結構損壞，無法作緊急應變中心。
- 已補強者， 無損，正常運作，為緊急應變中心。
- 耐震補強實屬經濟有效。

策略七：耐震補強

23.1239°N, 120.4705°E (台南市玉井區大成路152號)

專科大樓； 3層 RC 建物；1998年

玉井國中

策略七：耐震補強

23.1239°N, 120.4705°E

玉井國中

正面

開口RC牆
開裂

窗台柱
開裂

長柱
無損

策略七：耐震補強

23.1239°N, 120.4705°E 玉井國中

窗台及垂壁共同束制開裂

背面

僅窗台束制無開裂

策略七：耐震補強

歸仁國中光華樓(尚未補強)震損情形

背面側窗台柱發生剪力破壞

新舊建築物交界處梁體破壞

策略七：耐震補強

歸仁國中格致樓(尚未補強)震損情形

鄰棟碰撞產生裂縫

牆體出現斜向裂縫，可清楚看到紅磚

策略七：耐震補強

已補強校舍，無震損

勵志樓：擴柱補強後，無震損

陽明樓：擴柱補強後，無震損

策略七：耐震補強

校舍

- 集集地震，校舍崩塌嚴重。
- 集集地震後，教育部積極推動校舍耐震能力提升之工作。
- 高震損風險之校舍，完成耐震補強。
- 補強者，無損。
- 未補強者(已非高震風險)，結構損壞，但未至於崩塌。

參考文獻

林沛暘、許丁友(2016)，「2016/2/6美濃地震地震預警系統運作報告」。

葉錦勳、黃李暉(2016)，「地震早期損失評估之應用與檢討」。

沈文成 (2016)，「學校建築物於0206美濃地震之震損調查」。

鍾立來、施忠賢、楊耀昇、賴昱志、賴濤、蕭輔沛、邱聰智 (2016)，「0206美濃地震：維冠金龍大樓可能之倒塌機制」，技師報，第1017期

參考文獻

鍾立來、林聖學、賴昱志、黃國倫、曾建創 (2015)，「結構耐震設計：強柱弱梁之檢核」，技師報，第981期。

賴昱志、鍾立來、黃國倫、曾建創、林聖學 (2016)，「結構耐震設計：強柱弱梁檢核之準則(上)」，技師報，第1030期。

賴昱志、鍾立來、黃國倫、曾建創、林聖學 (2016)，「結構耐震設計：強柱弱梁檢核之準則(下)」，技師報，第1031期。

參考文獻

鍾立來、翁元滔、邱世彬、簡文郁、楊耀昇、蕭輔沛、邱聰智 (2016)，「0206美濃地震：住商混合大樓之用途係數」，技師報，第1027期。

鍾立來、林毅恩、賴昱志、邱聰智、曾建創、楊耀昇、黃國倫、連冠華 (2016)，「0206美濃地震：單跨高樓柱子軸力之檢核」，技師報，第1009期。

Chung's Group https://www.youtube.com/channel/UCkqFe9pQB9u5bYvmuRrIZTw/videos?view=0&sort=dd&shelf_id=0

謝謝！