

# 建立建築物震損圖之研究(IV)

## A Study On the Production Of Damage Map For Buildings (IV)

主持人:林其璋、朱世禹

子計畫:以速報系統為基準進行大專院校建築震損圖建立模式之研究(IV)

主持人:洪李陵

子計畫:鋼筋混凝土民房震損圖研究(IV)

主持人:姚昭智

子計畫:學校建築中非結構物震害預估系統建立(IV)

### 子計畫 :以速報系統為基準進行大專院校 建築震損圖建立模式之研究(IV)

#### 一、計畫綱要

在前三年度子計畫中，藉由彈性地震反應譜為工具，已建立大專院校區域性結構振動反應預估圖，並藉由損壞指標初步評估結構物損壞程度，建立區域性震損圖。本年度將以嘉義地區大專院校建築為例，進行彈性反應譜與震損圖之建立，並且同時可根據部份樓層量測訊號進行最佳振態選原與結構健康診斷，應用圖像識別與MAC指標，判別損壞層間位置，並估算其層間勁度折減比。

#### 二、改良型損壞指標之簡介與區域性震損圖建立流程

進一步考量結構物受到較大的地震作用下，其內部構件或斷面產生降伏而可能造成損壞，提出以雙線性模型為基礎並適用於台灣地區結構物之改良型損壞指標，定義如下：

$$DI^* = (1 - \bar{\alpha}) \frac{\mu - \mu_e}{\mu_{mom} - 1} + \bar{\alpha} \sqrt{\frac{E_H}{E_{Hmon}}}$$

其中， $\bar{\alpha}$ 為權重係數。當建物週期對應之譜加速度為震波PGA的五倍以上則 $\bar{\alpha} = 0.18$ ；若為五倍以下則 $\bar{\alpha} = 0.46$ ，利用所建議之損壞指標即可針對特定地震事件建立區域性震損圖。

#### 三、最佳振態選原法損壞評估技術(OMSR)之簡介

另外當校舍建築根據震損圖之預估評定為危險等級時，本研究更進一步發展最佳振態選原法損壞評估技術(OMSR)，利用建築結構有限量測訊號，配合系統識別技巧與最佳化程序，該定義時域最佳化指標，使預估之第一模態振值，收斂至最佳值。

$$\text{Minimize } J(\hat{\varphi}_{un,1}) = \frac{\sum_{t=t_1}^{t_2} [y(\hat{\varphi}_{un,1}, t) - y(t)]^2}{\sum_{t=t_1}^{t_2} [y(t)]^2} \times 100(\%)$$

其中 $t_1$ 為分析訊號之起始點， $t_2$ 為分析訊號之最終點， $y(\hat{\varphi}_{un,1}, t)$ 為預估的輸出反應， $y(t)$ 實際輸出反應。使用已知輸出反應和預估輸出反應各時間點誤差之平方總和開根號為最佳化指標。

另依據Wang等人之研究，假設在損壞前後樓板質量未改變，依照平面剪力樓房結構勁度與模態參數之關係，以層間勁度的折減定義結構之損壞指標SDI<sub>r</sub>，其公式如下式：

$$SDI_r = 1 - \frac{k_{Dr}}{k_{or}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N \omega_{Di}^2 m_i \varphi_{Di} / \Delta \varphi_{Di}}{\sum_{i=1}^N \omega_{oi}^2 m_i \varphi_{oi} / \Delta \varphi_{oi}}$$

其中下標“0”表示為初始結構，“D”表示為損壞結構。另 $\Delta \varphi_{Di} = \begin{cases} \varphi_{Di} - \varphi_{oi}, & i = 2 \sim N \\ \varphi_{Di}, & i = 1 \end{cases}$  SDI<sub>r</sub> 值介於0(無損壞)至1(完全損壞)，可以簡單的表示層間損壞的程度。利用SDI<sub>r</sub>進行損壞評估，其優點在於只需要單一模態之模態參數( $\omega_i, \varphi_i$ )即可求得，使用上相當方便。本研究之完整損壞評估流程圖如圖1所示。

#### 四、具體成果

本研究進一步針對世賢國小附近四處自由場，個別進行迴歸分析，藉此得知各自由場對此建築物彈性反應預估之適用性。世賢國小至真樓加速度彈性反應預估公式如表1第一條公式，另外四條為前期研究所得之公式。

Table 1: Regression formulas for elastic response prediction of buildings at Shixian Elementary School. Columns include building name, direction, and regression coefficients.

本研究依據嘉義世賢國小所在地(嘉義市西區)之現行規範設計考量地震(475年回歸期)與最大考地震(2500年回歸期)，利用洪李陵教授提供對應之近城人造地震波模擬自由場量測紀錄，針對世賢國小至真樓、嘉義大學蘭潭校區綜合大樓及新嘉校區管理大樓等三棟樓的建築物進行現地樓高資料調查結果，可依照規範建議之週期公式求得對應之基本振動週期列於表2，因此可利用表1之加速度彈性反應預估公式，針對上述三個區域之三棟樓的建築物獲得其最大加速度反應預估圖。

Table 2: Basic vibration periods for three buildings. Columns include building name, height, and period.

為進一步繪製區域性震損圖，須根據前述損壞指標所定義之等值雙線性模型之參數，進行非線性分析與計算以求得對應之各項模態值與對應之損壞指標，詳細之繪製流程如圖2區域性震損圖之建立流程所示。

圖3至圖5為標的建築物遭受到475年回歸期人工地震之最大加速度反應預估圖與震損圖，而圖6至圖8為標的建築物遭受到2500年回歸期人工地震之最大加速度反應預估圖與震損圖。各國圖中左側方格表示不同彈性反應預估公式所得之南北向與東西向之最大加速度反應之預估值，而右側方格則表示東西向使用不同勁度容量所得之損壞指標。

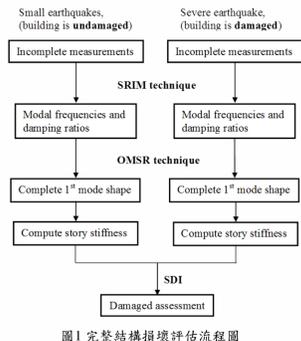


圖1 完整結構損壞評估流程圖

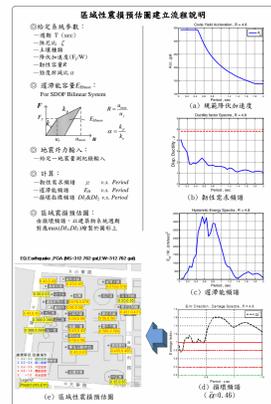


圖2 區域性震損圖之建立流程



圖3 世賢國小至真樓於475年回歸期人工地震之最大加速度預估與震損圖

圖4 嘉義大學蘭潭校區綜合大樓於475年回歸期人工地震之最大加速度預估與震損圖



圖5 嘉義大學新嘉校區管理大樓於475年回歸期人工地震之最大加速度預估與震損圖

圖6 世賢國小至真樓於2500年回歸期人工地震之最大加速度預估與震損圖

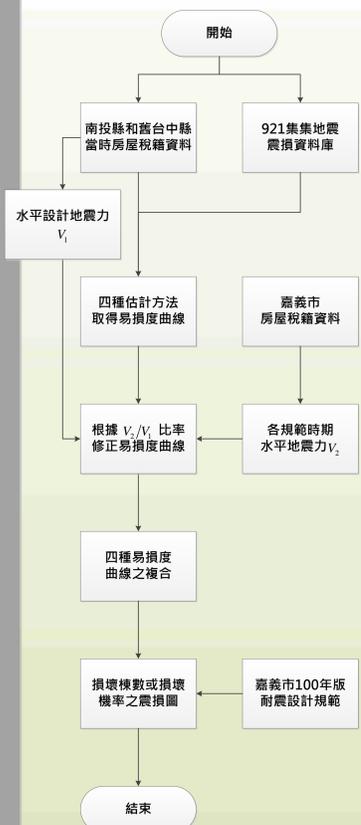


圖7 嘉義大學蘭潭校區綜合大樓於2500年回歸期人工地震之最大加速度預估與震損圖

圖8 嘉義大學新嘉校區管理大樓於2500年回歸期人工地震之最大加速度預估與震損圖

### 子計畫 :鋼筋混凝土民房震損圖研究(IV)

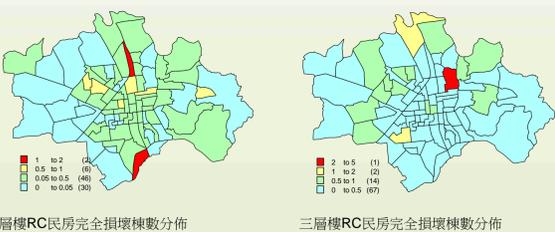
#### 二、製作流程:



#### 一、計畫摘要:

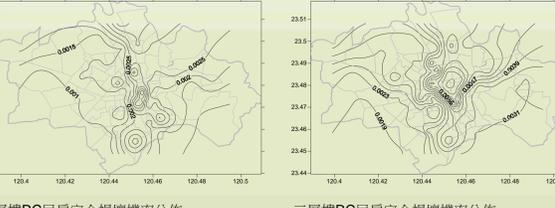
- 1. 易損度曲線複合有其必要性，但選用何種機率分佈來考量估計方法的不確定性，結果差異不大，本研究採用標準貝它分佈。
2. 不同耐震設計規範時期完工於不同地區的同一類型建築物具有不同的耐震容量，故適用的易損度曲線也不同，需調整修正之。
3. 震前整備建立震損圖時，損壞指標可由自由場測站資料內插求得。
4. 震後救災建立震損圖時，損壞指標可由自由場測站資料內插求得。以嘉義市損壞棟數的震損圖觀之，兩層樓RC民房以中庄里和興村里、三層樓RC民房以太平里的損壞棟數最多。
5. 嘉義市東區及北邊低矮RC民房之損壞率較高，皆因比較靠近海山斷層，耐震需求較高之故。
6. 依據嘉義市兩層樓和三層樓RC民房的震損圖，可以預估各里的損壞棟數，作為震前整備之參考，如避難處所之安排和救災路線之規畫等。
7. 嘉義市發生475年回歸期地震時之震損圖如下所示。

#### 三、具體成果:



二層樓RC民房完全損壞棟數分佈

三層樓RC民房完全損壞棟數分佈



二層樓RC民房完全損壞率分佈

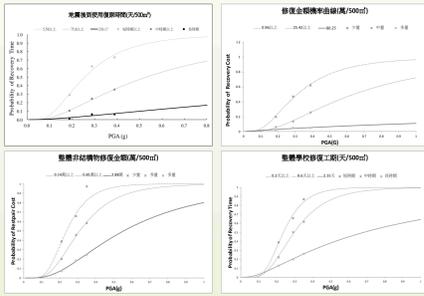
三層樓RC民房完全損壞率分佈

### 子計畫 :學校建築中非結構物震害預估系統建立(IV)

#### 一、計畫摘要:

- 將復原時間之機率曲線與復原金額之機率曲線預測學校的整體復原時間與復原金額。
分別以整體建築物與非結構物製作預測工期表及預測金額表。
預測嘉義市國中小在DGA時，復原時間與復原金額之分析。
預測不同DGA復原時間與復原金額之分析。
甲仙地震實際復原時間與復原金額與本計畫推導理論之分析。

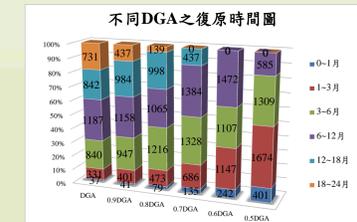
#### 二、機率曲線製作:



嘉義市國中學校校舍之復原時間機率曲線與復原金額機率曲線圖

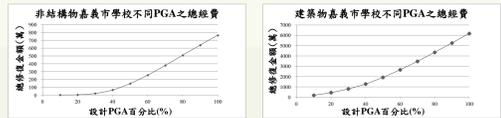
#### 三、預測復原時間:

Table showing predicted recovery times for different DGA levels and return periods.



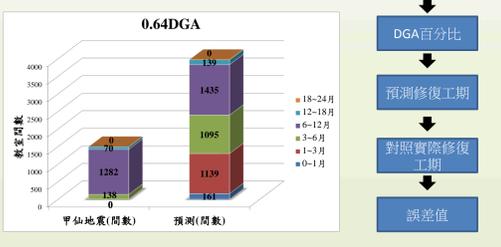
嘉義市國中學校校舍不同設計地表加速度之復原時間圖

#### 四、預測復原金額:



嘉義市國中學校校舍不同設計地表加速度之總經費預測圖

#### 五、與實際地震驗證:



甲仙地震與復原時間機率線預測比較圖

#### 六、結論:

- 嘉義市國中小在DGA隨著百分比下降，其復原時間與復原金額 降低，在復原金額中，非結構物下降趨勢較整體建築物來的快，其復原金額約為整體經費的十分之一。
建築物復原的時間會隨著震度階級提升而變長，但有時地震震度較小時，則有例外情形產生，猜測可能是建築物與建年代或施工品質等外在因素。
預測復原時間與甲仙地震比較，可得到誤差值為-37.27%，實際復原時間較預測復原時間久，猜測可能是樣本數不足或是抽樣次數等因素影響此誤差值。