

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程

碩 士 論 文

以風險管理角度探討建築物震災之因應對策

Exploring the earthquake response strategies for buildings from the viewpoints of risk
management

研 究 生：黃祈綺

指 導 教 授：金大仁教授、陳建忠教授

中 華 民 國 一 百 零 一 年 十 一 月

以風險管理角度探討建築物震災之因應對策

Exploring the earthquake response strategies for buildings from
the viewpoints of risk management

研究生: 黃祈綺 Student : Huang, Chi-Chi

指導教授: 金大仁 Advisor : Kam, Tai-Yan

陳建忠 Chen, Chien-Jung

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程

碩士論文

A Thesis

Submitted to Degree Program of Industrial Safety and Risk Management

College of Engineering

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

In

Industrial Safety and Risk Management

Nov 2012

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 101 年 11 月

以風險管理角度探討建築物震災之因應對策

學生：黃祈綺

指導教授：金大仁、陳建忠

國立交通大學工學院 產業安全與防災學程

摘 要

台灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的接觸帶上，地震發生頻繁，每年有感地震平均多達 200 次以上。台灣地區如發生大規模地震往往造成人員生命、財產的損失，因此對於震災的防範應於發生前及早規劃。而隨著都市發展，城市人口密集，震災造成災害影響的主要原因往往是與建築物相關。地震為一個不確定性極高的災難，使得在防災及風險管理規劃上更顯得困難。

本研究主要目的在於調查一般民眾所認知建築物震災危害因素之優先順序，以了解民眾對於哪一類型的危害風險願意投入風險成本進行改善。因此透過風險管理的架構解析建築物震災之關鍵因素，並利用 AHP 層級分析法量化民眾內在觀感，以問卷調查方式了解民眾所認知的建築物震災危害因子，並按照建築物震災危險因子在民眾內心之優先順序找出因應對策，以期在日後擬定相關地震法令規範及政策時，作為地震風險分析與策略評估參考。

關鍵字:風險管理、 AHP 層級分析法、風險偏好、建築物、震災

Exploring the earthquake response strategies for buildings from the viewpoints of risk management

Student : Chi-chi Huang

Advisor : Tai-Yan Kam 、

Chien-Jung Chen

Degree program of Industrial Safety and Risk Management

College of Engineering

National Chiao Tung University

ABSTRACT

Taiwan is located in the Eurasia Plate and the Philippine Sea plate contact zone. Earthquakes occurred frequently. On average, felt earthquakes are recorded more than 200 times a year. If large-scale earthquake happens in Taiwan, it often results in loss of life and property. Hence earthquake prevention should be early planned prior to their occurrences. In the wake of urban development, urban population becomes denser and denser. However, the impact of disaster caused by earthquake is often buildings related. Earthquake is an extremely high uncertainty catastrophe. It makes disaster prevention and risk management planning more difficult.

The main purpose of this study is to investigate the priority order of general public recognition in earthquake hazardous factors for buildings; so as to understand what type of risk of harm people are willing to put in risk costs to improve. Therefore, we parse the key earthquake factors in buildings through risk management framework; quantify the inner perception of the public through use of AHP (Analytical Hierarchy Process); understand the public recognition in earthquake risk factors for buildings through questionnaire; and derive out the response strategies according to the general public's priority order of earthquake risk factors for buildings. In the future, when relevant earthquake laws, regulations, and policies are drawn, these can be served as seismic risk analysis and strategy assessment references.

Keywords: Risk Management, AHP (Analytical Hierarchy Process), Risk Preference, Buildings, Earthquake.

致謝

從 2007 年進入交通大學產業安全與防災專班學習，一晃眼就過了五年。在這五年的求學階段裡，除了在安全與防災的專業領域中，學習了解的更為寬廣，同時受到了專班教授與同學指導、教導「做學問的方法」。

「做學問的方法」說難不難，但如同江湖一點訣，有人幫你提點提點就知道該怎樣做，該如何做。如果靠自身摸索，恐怕得花個十年時間先從練基本功開始。非常感謝陳建忠教授及金大仁教授，給予我鼓勵及支持，總在學習途中一片迷惘時，提醒我該注意的事情，未注意到的部份，是否有其他未曾想到的可能性或是應多參考前人研究出的成果及架構，讓我在學海茫茫中看到指引正途的明燈。

同時，感謝我的好同學林明怡，時時督促我學習，叮嚀我做人處事的道理，能得友如此實為我幸也。此論文得以順利完成，明怡同學功不可沒，在此要為陳建忠教授、金大仁教授以及明怡致上深深謝意。

另外，還要感謝我的父母、家人、朋友及同事，感謝你們陪我度過這漫長的學習路程。

千言萬語無法代表我心中深深謝意，僅能與紙上聊表。感謝你們！

黃祈綺 謹誌

目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vii
一、 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.1.1 建築物倒塌.....	1
1.1.2 土壤液化.....	2
1.1.3 崩塌.....	2
1.1.4 海嘯.....	3
1.1.5 火災.....	3
1.2 研究目的.....	4
1.3 論文架構.....	6
1.4 研究步驟與流程.....	7
二、建築物地震災害風險評估方法.....	8
2.1 地震危害度分析.....	8
2.2 建築物危害度分析.....	10

2.2.1 危險度評估法.....	11
2.2.2 簡速分析初步評估法.....	16
2.2.3 強度韌性法.....	16
2.2.4 擬彈性法.....	18
2.2.5 容量震譜法.....	19
2.2.6 逐步分析評估法.....	20
2.3 建築物震災綜合危險度分析	21
2.3.1 東京都地震災害危險度評估.....	21
2.3.2 美國地震災損評估系統.....	23
2.3.3 台灣地震模擬評估系統.....	24
三、建築物震災之風險辨別	31
3.1 風險管理.....	31
3.1.1 風險的定義.....	31
3.1.2 風險管理程序與架構.....	32
3.2 層級分析法.....	36
3.2 研究設計.....	38
3.2.1 建立評估得層級架構.....	38
3.2.2 各層級要素(含目標、屬性與方案)權重的計算.....	41
3.2.3 實證研究與分析.....	44

四、建築物耐震風險因應對策	57
4.1 風險規避.....	58
4.2 損失的預防與抑制.....	59
4.3 選擇適當工址.....	59
4.4 建築物耐震設計.....	60
4.5 消能結構與隔震結構.....	62
4.6 既有建築耐震評估與補強	64
4.7 風險轉移.....	66
4.7.1 台灣現行地震保險制度.....	66
五、結論.....	68
參考文獻.....	70
附錄一.....	74

表目錄

表 1 建築物危害度評估方法彙整表	11
表 2 建築物簡易安全評估表	13
表 3 建築物基本資料表	14
表 4 建築物耐震安全初步評估表	15
表 5 HAZUS-97 地震引發損失彙總表	24
表 6 TELES 工程結構物分類	27
表 7 TELES -15 種建物模型	28
表 8 TELES -4 種耐震設計水準	29
表 9 受訪者年齡分佈表	45
表 10 受訪者性別分佈表	46
表 11 受訪者學歷分佈表	47
表 12 主評估準則的成對比較表	48
表 13 準則與次準則的相對權重表	55
表 14 地震的直接損失與間接損失	57
表 15 風險對策的選取原則	58
表 16 住宅地震保險承保範圍	67

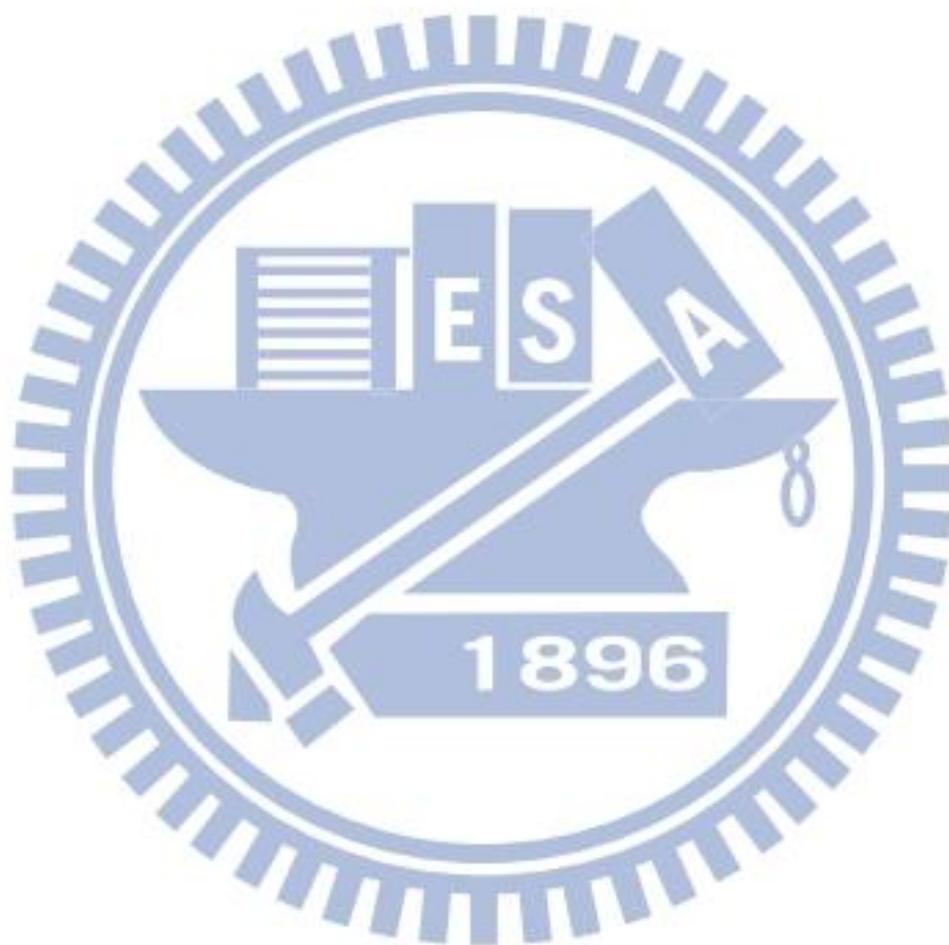
圖目錄

圖 1 風險成本與損失關係圖	5
圖 2 研究步驟流程圖	7
圖 3 強度韌性法評估流程	18
圖 4 日本東京都地震災害危險度評估項目示意圖	22
圖 5 台灣地震損失評估系統分析模組與流程示意圖	26
圖 6 耐震需求和能耐曲線	27
圖 7 風險管理 ALARP 示意圖	34
圖 8 建築物震災風險因子之評估層級架構	44
圖 9 受訪者年齡分佈圖	45
圖 10 受訪者性別分佈圖	46
圖 11 受訪者學歷分佈圖	47
圖 12 評估準則之相對權數	49
圖 13 評估準則之一致性檢定	49
圖 14 評估準則之權重值	50
圖 15 次評估準則之相對權數	51
圖 16 次評估準則(建築差異工址)之相對權數	52
圖 17 次評估準則(建築物設計)之相對權數	53

圖 18 次評估準則(建築施工品質)之相對權數.....54

圖 19 基礎隔震.....63

圖 20 中間層隔震63



一、緒論

1.1 研究動機

台灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的接觸帶上，花東縱谷為其分界線，縱谷以西屬歐亞大陸板塊，以東則為菲律賓海板塊。受歐亞大陸板塊及菲律賓海板塊相互擠壓作用影響，台灣地區地震發生頻繁，每年有感地震平均多達200次以上；同時又因地層多屬幼年期不穩定之地質，易發生地滑、山崩、土石流等災害；根據中央氣象局過去九十年的觀測資料顯示，臺灣地區平均每年發生地震次數高達2,200次以上，其中包含多數無感地震、每年平均約為214次的有感地震。地震是由於地層在短時間很劇烈地變動，這種變動所放出來的能量是十分驚人。雖然震源通常發生在地表深部，但能量是向四面八方放出，仍舊可影響周遭區域造成災害。而地震常見造成的災害結果包括如下：

1.1.1 建築物倒塌

當地震波傳達到地表面，最直接的會造成破壞就是建築在地面上的各種構造物，包括房屋、橋樑、道路、堤壩等等。這些構造物無論是因地震波或是地層的錯動，都有足以使其受到損壞或倒塌之可能性。雖然建築構造物在設計階段時，能依地震作用力而作適當的結構補強，避免一定規模以下的破壞，但是當發生預期以外的地震規模時，仍有可能造成建築構造物的損壞。尤其在活動斷層通過的地方，再堅固的構造物都將有受損之可能，如九二一大地震在車籠埔斷層通過的石岡壩，即造成右翼壩體的毀損。

而房屋倒塌可說是強烈地震損害最為直接且嚴重影響人民的危害，因此透過房屋耐震設計及結構的補強，可減少房屋倒塌、破壞的可能性。

此外除了房屋倒塌，還有因室內傢俱、燈飾、擺飾等未有固定的物品發生傾倒與掉落，皆有可能造成人命及財產損傷。

尤其現今都會地區，建築物皆以集中、高樓等發展趨勢，當面臨地震或其他災害時，將缺乏逃生時間。同時都會地區更缺少空曠廣場可供避難，都將影響著地震來臨時發生損失的規模。

1.1.2 土壤液化

土壤液化多發生在地層屬砂質土壤的河灘、舊河道、沖積扇等地區，主要是因砂質土壤孔隙大，在地下水受地震波之推擠下，土壤孔隙水壓增加，導致其抗剪強度降低，而呈液化現象，甚至有噴砂現象出現之可能。

由於發生土壤液化，將使地上構造物因承载力消失，進而發生沉陷情形。一旦發生不均勻沉陷，將會造成建築物、道路、橋樑、或碼頭的傾倒或破壞之可能。

1.1.3 崩塌

在山坡地由於地形的傾斜特性，其邊坡土體原即易受重力作用而崩落、下滑，而在地震的震動下，更促使坡面土體鬆動及岩層破碎。這些不穩定的土體會在地震的持續搖動而崩落、滑動，其輕者堵塞道路或路基崩塌，影響交通，嚴重者發生大規模的山崩、地滑，而掩埋房屋、田園及人命。九二一大地震中，在草嶺與九份二山的大規模地滑，即埋掉數十人的性命。而這些崩落土體亦或邊坡鬆動土體，更會在後續的降雨中流下，造成連續性的二次災害，其影響層面的深遠，可說是台灣山坡地最難以掌控的問題。

因此在山坡地的範圍內，地震之後，除了直接發生的崩塌、地滑地應

予立即加以治理以外，其他鬆動邊坡亦有隨時發生崩落的可能，最佳的防範之道即是避而遠之，尤其在降雨時期，以不進入山區為宜。而在山區的民眾，更應瞭解住家的環境，在豪大雨之前即應儘速疏散至安全場所，以避免不必要的風險。

1.1.4 海嘯

地震在淺海附近發生時，由於海底地層的錯動作用，在急速變位的情形下，將使海浪隨之波動，而其大浪衝擊海岸即形成海嘯。大規模的海嘯浪高可超過十公尺以上，其快速湧上岸邊，將使海岸船隻、房屋或其他沿海設施均遭波及而損壞。

1.1.5 火災

地面的搖動及地層變位或房屋的倒塌，均可能造成維生系統的電力輸配線、瓦斯管線造成斷裂，進而引起火災發生。一九二三年關東大地震所造成的損害中，因火災而焚毀房屋即超過五十七萬棟，被灼傷人數亦超過十萬人，遠比地震直接震毀的損失更為嚴重。

由上述所知，地震所造成的影響，不論是直接災害如：建築物倒塌、土壤液化、崩塌、海嘯或是間接災害如：火災等，都將對台灣民眾造成極大的影響。因台灣地區位於歐亞板塊與菲律賓板塊的衝撞界面上，屬於主要的地震帶上，地震的發生屬經常性的現象。根據中央氣象局分析，臺灣東部恰處於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的交界處，故其地震活動甚為頻繁，但因其地震多發生在外海，故造成的災害相對較小；臺灣西部的地震活動雖不如臺灣東部地區頻繁，但因其震源較淺，且多發生在陸地，加以人口密集，故較可能造成嚴重災害。

如台灣地區發生大規模地震往往造成人員生命、財產的損失，因此對於震

災的防範應於發生前及早規劃。而隨著都市發展，城市人口密集，震災造成災害影響的主要原因往往是與建築物相關。地震為一個不確定性極高的災難，使得在防災及風險管理規劃上更顯得困難，故本研究將以風險管理的角度來探討對於建築物面對震災應如何採取較為適合之應變對策，並透過問卷調查方式量化一般民眾對建築物震災風險之認知，以期一旦地震發生時，將損失降低。

因地震發生的機率未知，所造成的衝擊未知，所造成的損害未知，符合風險最基本的假設，根據鄭燦堂「風險管理理論與實務」一書所提，「風險構成有三要件，其須為不確定性、須有損失發生、須發生於未來」，本研究透過風險管理針對風險列出各影響因子，予以量化針對各風險因子進行排序，並依照該優先順序，將有限的資源投入最應立即改善、有效降低或無法承擔之風險。本研究希冀透過風險管理以降低或排除其不利影響之風險，以瞭解地震對建築物所帶來的風險，再者藉著地震危害度的分析，我們希望使風險得以量化，作為管理的依據。而最主要的仍是透過風險管理的方法，執行後續風險對策方法，例如：初期的土地使用規劃、建築物結構耐震設計；中期的加強建築物耐震結構、地震保險；及救災設施的配置、救災時的動線規劃等，以降低地震來臨時，對於建築物及人員之傷亡。

1.2 研究目的

以實際情形而言，一般民眾所能夠掌握之財力有限，不可能毫無限制的投入成本進行所有風險預防及因應對策，來達到完全零風險(zero risk)境界。然而風險管理所投入的成本相對於建築物其它的成本花費，最大不同在於，理想的風險管理會事先排定優先次序，可以優先處理引發最大損失及發生機率最高的事件，其次再處理風險相對較低的事件。所以，風險管理所投入的成本較有機會按所評估之風險度結果選擇做與不做。所以本研究期望藉由建立風險管理的機制，相對減少建築物面對震災時，因風險產生而發

生成本損失，同時提昇了該成本的效益。

透過風險評估管理可以作為建築物面對震災危害所應採取之因應對策，也就是以風險管理作為有效投入資源的成本控制衡量基準；當面對風險時，如並未做任何得防範措施，即所受到的損失為災害風險成本，當投入成本進行改善，則所受到的損失將逐步減少，當某一種風險達到可接受之風險（acceptable risk）等級分數，基於成本效益的原則，此時就沒有必要再投入更大量資源或成本。

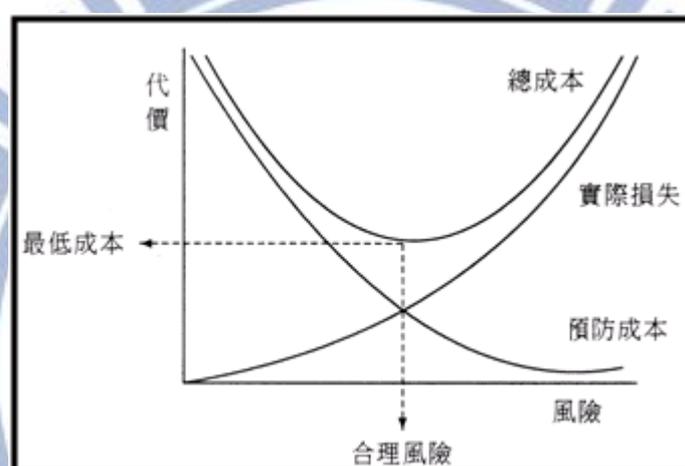


圖 1 風險成本與損失關係圖

資料來源：本研究編修

如圖1表示，假定總成本是由發生災害風險成本與安全投資成本加總而成。當安全投資成本較高的時候，災害發生的機率較低，代表災害風險成本較低；相反的，當安全投資的成本較低的時候，災害發生的機率較高，也就代表發生災害風險成本較高，兩者加總之後所得到總成本的曲線，可以作為尋求最低成本點的參考依據，而理想的風險管理評估正是希望能以最少的資源化解最大的危機。

本研究之目的在於以下兩點：

1. 藉由階層分析法，建立建築物震災潛勢評估模式，並找出民眾心中

對於建築物震災危害因子最應改善之項目。

2. 針對建築物震災危害因子提出可行、有效的因應對策

1.3 論文架構

本文共分五章，除第一章緒論外，其餘各章節結構如下：

第二章為文獻回顧。藉由過去專家學者所相關文獻及研究，瞭解在震災發生時影響建築物之重要變數與研究方法歸納。

第三章為針對透過風險管理的架構與模式探討，震災對建築物的危害因子利用AHP階層分析法將複雜問題系統化，將錯綜複雜的問題分解成各個組成要素，根據要素間之關連性加以分群並且形成層級式結構關係之優點

第四章為建築物針對震災危害所採取之因應對策，透過風險管理的架構與模式，建構合理可行的對策建議。

第五章為結論與建議。根據理論分析所得結果，提出具體建議，作為參考。

1.4 研究步驟與流程



圖 2 研究步驟流程圖

資料來源：本研究製作

二、建築物地震災害風險評估方法

回顧過去國內外專家學者對於建築物震災的研究方向大致可歸類為：「地震危害度分析」、「建築物危害度分析」、「建築物震災綜合危險度分析」等三個主要研究分析方向。

「地震危害度分析」主要是針對地震工址的部分，透過相關地震參數已建立地震發生之危害度曲線，並依各工址訂定相關假設條件，以推估該工址地震發生機率或再次發生的時間。

「建築物危害度分析」主要是針對建築物結構部分進行探討，這部分亦是國內外專家學者探討建築物震災之重點，透過查核表、結構分析程式及軟體計算等不同方式進行建築物震災危險性之評估。

「建築物震災綜合危險度分析」則為國家型或都市型的評估建築物震災的綜合危險度，主要是針對特定區域遇震災時，評估可能會有的直接損失及間接損失。

本研究將針對過去既有之評估方式做一討論及彙整，以找出建築物震災風險因子。

2.1 地震危害度分析

地震危害度機率分析¹的目的主要是針對地震工址的部分進行分析，首先建立工址某一地震參數(PGA、PGV、PGD, Sa、Sv、Sd...等)的年超越機率曲線，即為危害度曲線(hazard curve)。選定某一特定之年超越機率(例如：0.21%)可求出工址在危害度曲線所對應之地震參數

¹ 參考自：簡文郁、張毓文、溫國樑、羅俊雄，「地震危害度分析和模擬地震設定」，財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心，2006年。

(例如：PVA)作為耐震設計參數。

進行地震危害度分析時，必須考慮地震的時空分布的特徵與其不確定性，尤其是活動斷層的地震活動模擬。而適當的震源分區與完整的地震目錄搜集正是為反映此一要求。

地震危害度分析(Seismic hazard analysis, SHA)採用 stationary Poisson process之假設來推估地震發生的機率，但因Poisson 模型無法適度模擬再現期可預測模型的特徵地震，同時發現活斷層引致之大規模地震的發生為遵循某種定律的假設，因而提出「時變特徵地震」(time-dependent characteristic earthquake)模式，藉以評估特定斷層在未來數十年發生大規模地震的機率。由中央地質調查所近年來之古地震調查研究亦發現，台灣地區之部分第一類活斷層的大規模地震活動，亦符合時間可預測模式(time predictable)。因此，台灣地區亦具備採用時變特徵地震模式來進行地震潛勢評估的條件。藉由建立具時變性之地震危害度曲線，可以更正確反映不同地區在不同時間點的地震危害潛勢。

以時間可預測的特徵地震模式來模擬活斷層的地震活動，配合工程可靠度分析的理論，以危害函數(hazard function)計算不同靜止期(elapse time)條件下的斷層錯動機率，分析未來一定期間內(T_p)再次發生特徵地震的機率，進而計算活斷層對工址之地震危害度的貢獻量。將台灣地區活動斷層依其古地震之相關調查資料之充分與否，分為三群，分別採用古地震調查資料及地震學之研究成果，建立時間可預測之地震活動機率模型。而其他區域震源的地震以 stationary Poisson process 模式進行SHA，分析結果可以直接與活斷層引致之地震危害度的貢獻相加，藉以推估工址未來 T_p 年的危害度曲線。

在實務上，經常需要對應某種危害等級的模擬地震，作為結構設計或

防災規劃的參考。透過地震危害度參數拆解分析，可以辨識出最具危害潛勢的震源。因為大規模潛勢震源採用時變特徵地震模式，分析所得之地震危害度曲線亦具有時變之特性，必須以往後 T_p 年為分析條件，得到往後 T_p 年的地震危害度曲線或控制地震。

2.2 建築物危害度分析

過去國內外許多學者皆致力於建築物耐震評估之研究，亦進行許多建築物構件的耐震試驗，並提出合理的公式與分析方法。陳清泉教授於進行「建築物耐震評估作業及震害資料庫建置之研究」²，曾對現有建築物耐震評估部分進行研究及彙整：1996年美國ATC-40提出以容量震譜法，進行建築物之耐震評估，此法以性能評估為出發點，評估建築物是否符合性能目標的限制，較符合現今建物之耐震需求。1999年CSI將ATC-40建議之容量震譜非彈性分析方法納入ETABS結構分析程式。同時國內學者也針對耐震評估做了一系列的研究：1999年，許茂雄、張文德，提出非線性增量震譜分析法之耐震評估方式，並針對含磚牆之鋼筋混凝土建築物進行耐震評估。1999年，葉益超，將鋼筋混凝土建築物之耐震能力評估分為初步評估、詳細評估兩種層次。初步評估法以填表記分方式提供快速篩檢之用；詳細評估法以「強度韌性法」根據建築物構材之實際尺寸與配筋，計算其強度、韌性與破壞模式，求得建築物之耐震能力。此後專家學者以「容量震譜法」及「強度韌性法」這兩種鋼筋混凝土之研究及改良為多。

2 參考自：陳清泉等，建築物耐震評估作業及震害資料庫建置之研究，子計畫一：建築物耐震評估方法之研修與作業準則之研擬，內政部建築研究所，2009年

表 1 建築物危害度評估方法彙整表

評估方法		評估方式
建築物耐震安全 初步評估	危險度評估法	利用查核表及加權指數評估。
	簡速分析初步評估法	利用影響耐震能力的八個係數計算出破壞時地表加速度。
建築物耐震安全 詳細評估方法	強度韌性評估法	利用模擬出之彎矩強度、剪力強度及韌性，以判斷構材可能的破壞程度。
	擬彈性評估法	以線性結構進行非線性靜立分析，求得線性結構物在地震作用下受力情形，來近似追蹤結構物的非線性行為。
	容量震譜法	利用結構物的容量震譜及折減之需求震譜的交點來求得結構物之需求位移或韌性。
	逐步分析評估法	透過DRAIN2D+系統，對建築物非線性行為分析時，透過先預測後修正的數值分析流程計算。

資料來源：本研究整理

2.2.1 危險度評估法

建築物由於設計、施工、使用及維護的條件不同，事實上均潛藏著不同程度的安全問題。建築物的安全問題，主要可分耐震安全、耐風安全以及耐久與使用安全三種。如能在平時定期進行建築物安全評估，發掘出安全有問題的建築物，及早加以處理改善，不啻為降低建築物產生災變的有效手段。

因此，陳清泉教授等人發展出以填表格計分的方式進行之建築物安全初步評估方法³，此方法事實上又區分為兩個階段，第一階段稱為簡易安全評估，建築物簡易安全評估提供使用者做為是否需要專業人員從事進一步建築結構安全或建築物耐久與使用安全評估之依據。建築物的使用人針對建築物填寫簡易安全評估表進行評估(詳見表2)，當簡易安全評估結果顯示需進一步評估的必要時，接著由專業人員進行第二階段評估，即為建築物安全初步評估之流程。



³參考自:陳清泉、蔡益超、呂良正、謝尚賢，「國立台灣大學校舍建築結構安全評估系統研究，」財團法人臺灣營建研究院 TR-870016，2001年3月

表 2 建築物簡易安全評估表

建築物簡易安全評估表

評估者： _____ 聯絡電話： _____ 評估日期： _____

建築物基本資料表												
項次	項	目	內				容					
001	建築物名稱											
002	建築物編號		財產編號		竣工日期							
003	使用單位											
004	地形		<input type="checkbox"/> 懸崖	<input type="checkbox"/> 山坡地	<input type="checkbox"/> 平地							
005	建築面積		m ²									
006	地下室		<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 無								
007	主要用途		<input type="checkbox"/> 辦公室	<input type="checkbox"/> 教室	<input type="checkbox"/> 宿舍	<input type="checkbox"/> 醫院						
			<input type="checkbox"/> 商店	<input type="checkbox"/> 餐廳	<input type="checkbox"/> 倉庫	<input type="checkbox"/> 其他： _____						
008	構造型式		<input type="checkbox"/> 木造	<input type="checkbox"/> 磚造	<input type="checkbox"/> 加強磚造	<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土造						
			<input type="checkbox"/> 鋼骨鋼筋混凝土造	<input type="checkbox"/> 鋼構造	<input type="checkbox"/> 其他							
009	地面上層數		層									
010	地下室層數		層									
011	屋頂型式		<input type="checkbox"/> 平頂	<input type="checkbox"/> 斜頂 (<input type="checkbox"/> 木桁架 <input type="checkbox"/> 鋼桁架 <input type="checkbox"/> 其他())			<input type="checkbox"/> 其他()					
012	主要隔間牆		<input type="checkbox"/> 輕隔間	<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土牆	<input type="checkbox"/> 磚牆	<input type="checkbox"/> 其他()						
013	主要外牆		<input type="checkbox"/> 金屬玻璃帷幕牆	<input type="checkbox"/> 預鑄鋼筋混凝土帷幕牆	<input type="checkbox"/> 磚、石牆	<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土牆						
			<input type="checkbox"/> 其他()									
014	天花板		<input type="checkbox"/> 重型	<input type="checkbox"/> 輕型	<input type="checkbox"/> 無							
015	屋頂加建物		<input type="checkbox"/> 棚屋	<input type="checkbox"/> 封閉式重型屋	<input type="checkbox"/> 封閉式輕型屋	<input type="checkbox"/> 輕型水塔						
			<input type="checkbox"/> 其他()				<input type="checkbox"/> 無					
簡易安全評估表												
項次	項	目	配	評			估	內	容	權	危險度	
			分							數	評	
											分	
016	屋齡，y(年)		9	<input type="checkbox"/> 30 年以上(1.0)	<input type="checkbox"/> 20-30 年(0.67)	<input type="checkbox"/> 10-20 年(0.33)	<input type="checkbox"/> 10 年以下(0)					
017	建築物傾斜及沉降程度		9	<input type="checkbox"/> 大(1.0)	<input type="checkbox"/> 中(0.67)	<input type="checkbox"/> 小(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
018	梁柱屋架等開裂扭曲變形程度		12	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.67)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
019	梁柱接頭開裂或樓板(屋架)支承移位程度		6	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.67)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
020	樓板開裂扭曲變形程度		6	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.67)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
021	牆龜裂扭曲變形程度		8	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.67)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
022	梁柱板牆屋架等構材滲水滲蝕程度		9	<input type="checkbox"/> 高(1.0)	<input type="checkbox"/> 中(0.67)	<input type="checkbox"/> 低(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
023	屋頂及樓板加重程度		9	<input type="checkbox"/> 高(1.0)	<input type="checkbox"/> 中(0.67)	<input type="checkbox"/> 低(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
024	外部凸出構件(玻璃、門、鐵捲門等)風害性		8	<input type="checkbox"/> 高(1.0)	<input type="checkbox"/> 中(0.67)	<input type="checkbox"/> 低(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
025	屋頂面(石棉瓦、鐵皮等)風害性		8	<input type="checkbox"/> 高(1.0)	<input type="checkbox"/> 中(0.67)	<input type="checkbox"/> 低(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
026	屋頂加建物(鐵皮屋、水塔等)風害性		8	<input type="checkbox"/> 高(1.0)	<input type="checkbox"/> 中(0.67)	<input type="checkbox"/> 低(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
027	建築物外部附加物(招牌等)墜落可能性		8	<input type="checkbox"/> 高(1.0)	<input type="checkbox"/> 中(0.67)	<input type="checkbox"/> 低(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
	分數總計		100	項次 016 至項次 027 的總和						D：危險度評分總計		
	評	估	結	果								
				<input type="checkbox"/> D≤30 結構安全尚無疑慮 <input type="checkbox"/> D>30 結構安全及耐久性需進一步評估								
028	門窗破損程度		8	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.67)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
029	天花板破損程度		8	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.67)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
030	外部粉飾破損程度		8	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.67)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
031	內部裝修破損程度		8	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.67)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)					
032	屋頂排水與防水功能		10	<input type="checkbox"/> 極差(1.0)	<input type="checkbox"/> 不良(0.67)	<input type="checkbox"/> 尚可(0.33)	<input type="checkbox"/> 良好(0)					
033	室內排水系統功能		10	<input type="checkbox"/> 極差(1.0)	<input type="checkbox"/> 不良(0.67)	<input type="checkbox"/> 尚可(0.33)	<input type="checkbox"/> 良好(0)					
034	供水系統功能		8	<input type="checkbox"/> 極差(1.0)	<input type="checkbox"/> 不良(0.67)	<input type="checkbox"/> 尚可(0.33)	<input type="checkbox"/> 良好(0)					
035	供電與照明系統功能		8	<input type="checkbox"/> 極差(1.0)	<input type="checkbox"/> 不良(0.67)	<input type="checkbox"/> 尚可(0.33)	<input type="checkbox"/> 良好(0)					
036	通風與空調系統功能		8	<input type="checkbox"/> 極差(1.0)	<input type="checkbox"/> 不良(0.67)	<input type="checkbox"/> 尚可(0.33)	<input type="checkbox"/> 良好(0)					
037	消防系統功能		8	<input type="checkbox"/> 極差(1.0)	<input type="checkbox"/> 不良(0.67)	<input type="checkbox"/> 尚可(0.33)	<input type="checkbox"/> 良好(0)					
038	逃生系統功能		8	<input type="checkbox"/> 極差(1.0)	<input type="checkbox"/> 不良(0.67)	<input type="checkbox"/> 尚可(0.33)	<input type="checkbox"/> 良好(0)					
039	門禁與防盜系統功能		8	<input type="checkbox"/> 極差(1.0)	<input type="checkbox"/> 不良(0.67)	<input type="checkbox"/> 尚可(0.33)	<input type="checkbox"/> 良好(0)					
	分數總計		100	項次 028 至項次 039 的總和						D：危險度評分總計		
	評	估	結	果								
				<input type="checkbox"/> D≤30 使用安全尚無疑慮 <input type="checkbox"/> D>30 耐久與使用安全需進一步評估								
特別嚴重事項說明												

註：所謂進一步評估是指由專業人員按耐震安全初步評估、耐風安全評估、耐久與使用安全評估評定之。

資料來源：陳清泉，2001

表 3 建築物基本資料表

評估者：		建築物基本資料表		評估日期：	
項次	項目	內容			
101	建築物名稱				
102	建築物編號			財產編號	
103	建築物位置				
104	使用單位				
105	設計年度				
106	竣工日期				
107	工程震區加速度係數				
108	基本設計風速, V(m/s)	m/s			
109	地況	<input type="checkbox"/> A (大城市中心) <input type="checkbox"/> B (大城市市郊或市鎮) <input type="checkbox"/> C (平地或草原) <input type="checkbox"/> D (海岸及湖岸)			
110	地形	<input type="checkbox"/> 懸崖 <input type="checkbox"/> 山坡地 <input type="checkbox"/> 平地			
111	建築面積	m ²			
112	地下室面積	m ²			
113	建築物主要用途	<input type="checkbox"/> 辦公室 <input type="checkbox"/> 教室 <input type="checkbox"/> 宿舍 <input type="checkbox"/> 醫院 <input type="checkbox"/> 集會場所 <input type="checkbox"/> 體育館 <input type="checkbox"/> 實驗室 <input type="checkbox"/> 圖書室 <input type="checkbox"/> 商店 <input type="checkbox"/> 餐廳 <input type="checkbox"/> 倉庫 <input type="checkbox"/> 其他：			
114	構造型式	<input type="checkbox"/> 木造 <input type="checkbox"/> 磚造 <input type="checkbox"/> 加強磚造 <input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土造 <input type="checkbox"/> SRC造 <input type="checkbox"/> 鋼構造 <input type="checkbox"/> 其他			
115	基礎型式	<input type="checkbox"/> 基脚(無繫梁) <input type="checkbox"/> 基脚(有繫梁) <input type="checkbox"/> 樁基 <input type="checkbox"/> 筏基			
116	地面上層數	層			
117	地下室層數	層			
118	建築高度, H(m)	m			
119	原始構計算書	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有, 可取得處：			
120	設計圖	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有, 可取得處：			
121	材料設計強度(kg/cm ²)	混凝土 f _c ：	鋼筋 f _y ：	鋼骨 f _y ：	
122	建築設計者				
123	結構設計者				
124	機電設計者				

資料來源：陳清泉，2001

經過建築物簡易安全評估之後，對於要進行第二階段評估的建築物需要建立建築物基本資料表(詳如表3)，此部份的基本資料比簡易安全評估表中的基本資料更加的詳細，且許多項目與後續的評估有密切的關係，例如耐震安全初步評估、耐風安全評估及耐久與使用安全評估中有一些項目，會直接根據基本資料表的資訊就可得到其危險度評分，方便電腦自動加以計算。基本資料表所列的資料為本安全評估系統必要且可相互共同使用之資料，表中計有24項，如(表3)所示。

不論是結構安全評估或是耐久與使用安全評估，各項目依重要性配分之總和為100分。各項目根據評估內容，就可決定該項目的危險度評分。加總各項目之危險度評分可得危險度評分總計。

利用此方法可得結構安全危險度評分總計及耐久與使用安全危險度評分總計。若結構安全危險度評分總計小於或等於30分，則

表示該建築物之結構係屬安全，不需要進一步評估；若大於30分，則需要專業人員就耐震安全、耐風安全及耐久與使用安全做進一步評估。

表 4 建築物耐震安全初步評估表

建築物名稱：		建築物編號：		評估者：		評估日期：		
項次	項 目	配分	評 估 內 容				權 數	危險度評分
201	設計年度	4	<input type="checkbox"/> 63年2月以前(1.0) <input type="checkbox"/> 63年2月~71年6月(0.75) <input type="checkbox"/> 71年6月~78年5月(0.5) <input type="checkbox"/> 78年5月~86年5月(0.25) <input type="checkbox"/> 86年5月以後(0)					
202	地盤種類	5	<input type="checkbox"/> 台北盆地(1.0) <input type="checkbox"/> 第三類(0.8) <input type="checkbox"/> 第二類(0.4) <input type="checkbox"/> 第一類(0)					
203	工址震區加速度係數	5	(Z-0.18)/0.15；其中 Z：工址震區加速度係數					
204	地下室面積比， r_a	5	$0 \leq (1.5-r_a)/1.5 \leq 1.0$ ； r_a ：地下室面積與建築面積之比					
205	基礎型式	5	<input type="checkbox"/> 基腳(無繫梁)(1.0) <input type="checkbox"/> 基腳(有繫梁)(0.5) <input type="checkbox"/> 樁基或筏基(0)					
206	基地土壤承载力	4	<input type="checkbox"/> 極差(1.0) <input type="checkbox"/> 不良(0.67) <input type="checkbox"/> 尚可(0.33) <input type="checkbox"/> 良好(0)					
207	梁跨深比耐震性指標	6	<input type="checkbox"/> 極差(1.0) <input type="checkbox"/> 不良(0.67) <input type="checkbox"/> 尚可(0.33) <input type="checkbox"/> 良好(0)					
208	柱高深比或牆高厚比耐震性指標	6	<input type="checkbox"/> 極差(1.0) <input type="checkbox"/> 不良(0.67) <input type="checkbox"/> 尚可(0.33) <input type="checkbox"/> 良好(0)					
209	牆量指標	8	<input type="checkbox"/> 極差(1.0) <input type="checkbox"/> 不良(0.67) <input type="checkbox"/> 尚可(0.33) <input type="checkbox"/> 良好(0)					
210	短柱短梁嚴重性	8	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)					
211	梁柱接頭開裂或樓板(屋架)支承滑移性	6	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0) <input type="checkbox"/> 中等(0.67) <input type="checkbox"/> 輕微(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)					
212	軟弱層顯著性	8	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)					
213	平面對稱性	6	<input type="checkbox"/> 差(1.0) <input type="checkbox"/> 尚可(0.5) <input type="checkbox"/> 良(0)					
214	立面對稱性	4	<input type="checkbox"/> 差(1.0) <input type="checkbox"/> 尚可(0.5) <input type="checkbox"/> 良(0)					
215	變形程度	4	<input type="checkbox"/> 大(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 小(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)					
216	裂縫銹蝕剝落滲水等程度	8	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)					
217	屋齡， y_r (年)	3	$y_r/50 \leq 1.0$					
218	屋頂及樓板加重程度	5	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)					
分數總計		100					D：危險度評分總計	
評 估 結 果		<input type="checkbox"/> 安全尚無疑慮(D \leq 30) <input type="checkbox"/> 安全有疑慮(30<D \leq 60) <input type="checkbox"/> 安全確有疑慮(D>60)						

註 1：評估內容括弧中之數字為權數，乘以配分為危險度評分。

註 2：耐震安全評估標準：

a：危險度評分總計(D)大於 60 分，耐震安全確有疑慮，應立即進行安全詳細檢測及評估。

b：危險度評分總計(D)大於 30 分至等於 60 分間，耐震安全有疑慮，必要時應進行詳細安全檢測及評估。

c：危險度評分總計(D)小於等於 30 分，耐震安全尚無疑慮，但須繼續進行例行性檢測維護。

資料來源：陳清泉，2001

而建築物耐震安全初步評估經參考國內外最新之資料，研擬出耐震能力及安全所須研判之重要項目計有18項，有系統地列成表，如表4所示。表4中各項目依其重要性有其配分，配分之總和為100分。各項目根據評估內容，就可決定權數，將權數乘以配分可得到該項目的危險度評分。評估某一棟建築物，可能某些項次並不適用，此些項目當然不必評估，但在計算危險度評分總計時，應將評估項目的配分總計調整為100分。危險度評分總計若大於60分則表示該建築結構之耐震安全確有疑慮，應立即進行安全詳細檢測及評估；若介於30分及60分之間則表示其耐震安全有疑慮，必要時應進行詳細安全檢測及評估；若低於30分則表示目前耐震安全尚無疑慮，但須繼續進行例行性檢測維護。而建築物抗風之能力及耐久與使用安全等評估基準亦雷同。

2.2.2 簡速分析初步評估法

針對鋼筋混凝土建築物簡單計算耐震能力初步評估，係針對影響耐震能力最重要的八項因素： F_1 (規範最小設計水平總衡力)、 F_2 (梁破壞模式)、 F_3 (柱圍束箍筋)、 F_4 (柱高深比)、 F_5 (建築物具非結構牆之修正)、 F_6 (建築物具剪力牆之修正)、 F_7 (平面與力面對稱性)及 F_8 (結構物現有缺陷評估)等。受評估之建築物耐震能力則為震區水平加速度 Z 乘上，上述八個因素係數值，計算出其破壞時之地表加速度 A_c 。

受評估建築物之耐震能力為震區水平加速度係數 $Z(g)$ 乘以至係數值：

$$A_c = Z(g)F_1F_2F_3F_4F_5F_6F_7F_8$$

2.2.3 強度韌性法

建築物係以其強度與韌性來抵抗地震，先用強度來抵抗，待地表加速度增大令其降伏後，再以韌性抵抗更大的地表加速度。當韌性用盡時，建築物就會破壞，其對應的地表加速度就是耐震能力 A_c 。

為方便解釋強度韌性法之架構，先假設建築物之結構系統僅有梁柱韌性立體剛構架，其評估架構見(圖3)所示，強度韌性法的計算流程是從單一構材→節點→整個半層，其評估步驟彙整如下：

1. 利用結構分析程式進行地表加速度為 $0.1g$ 時之彈性地震分析，求得梁、柱構材的內力，以供後續評估之用。
2. 針對各單一梁構材或柱構材，根據其實際尺寸計算所得的

彎矩強度、剪力強度及韌性，配合彈性地震分析所得之內力，判定該構材將來破壞時到底係彎矩破壞，還是剪力破壞，以及破壞時對應的韌性比。

3. 考慮節點強度比較，將建築物各半層切一個斷面，就會切到該半層所有的柱子，每根柱子的上面或下面，會碰到一個梁柱接頭的節點。由該節點可進一步研判柱先破壞或梁先破壞，並進一步求得破壞時該柱承擔的剪力及其對應的韌性比。
4. 因各柱承擔的剪力與韌性比不同，所以要進一步求整個半層綜合的剪力強度與韌性比。
5. 根據各半層的剪力強度與0.1g彈性地震分析層剪力，就可算得該半層的降伏地表加速度。依據該半層的綜合韌性比，可求得結構系統地震力折減係數 F_u ，乘以降伏地表加速度後，則可得該半層的耐震能力 A_c 。

因此強度韌性法的「強度」指的是在達到結構物的降伏強度時，0.1g彈性地震力可以放大的倍數，「韌性」指的是結構物在到達降伏強度後，可以依靠非線性變形來消能的程度。



圖 3 強度韌性法評估流程

資料來源：內政部建築研究所

利用強度韌性法係依據結構圖來計算其耐震能力，如結構體本身因使用或其他外力因素造成如變形、裂縫、鏽蝕、滲水等缺陷時，所求得之耐震係數，應另乘上反映建築物現有缺陷之係數。

2.2.4 擬彈性法

對結構物之非線性分析而言，當結構物進入非線性階段後，其總體勁度隨著塑性鉸數目增加而減小，因此進行精確非線性分析時若採傳統之逐步分析法，則結構物之總體勁度必須逐步重組，對大型結構物而言甚耗費計算時間，尤以歷時動力分析時其所耗之時間將更為可觀。

因此，如以線性結構進行非線性靜力分析，求出線性結構物在地震作用下每一焊件之受力情形，然後由能量守恆原則應用陳清泉

所提出擬彈性原理，將構架超過彈性範圍之能量，轉換成塑性能量，而近似追蹤結構物之非線性行為。以求得結構物基底剪力之極限、最大頂層側位移及韌性比等，以作為評估結構物耐震能力之指標。

2.2.5 容量震譜法

美國ATC-40 (Applied Technology Council, 1996) 耐震評估方法是以結構功能表現為基礎 (Performance-Based) 發展之耐震評估方法。此規範對現有鋼筋混凝土結構提供一解析、技術性之流程。ATC-40規範以結構功能績效設計法與傳統的設計地震力比較應用較深入的結構力學觀念，卻也助使結構工程師更加實際地瞭解建築物在地震過程中的反應，而非僅以模糊的安全係數涵蓋。

容量震譜評估方法⁴是主要是利用結構物之容量震譜及折減之需求震譜的交點來求得結構物之需求位移或韌性，需求震譜之折減，在ATC-40之耐震評估法中為利用等值阻尼之觀念來加以折減，其觀念是將結構物之遲滯能以等效之阻尼耗散能來取代。

為瞭解建築結構在地震下之真實行為，以及檢核在不同地震設計標準下，結構是否符合預期之功能目標，傳統常應用彈性評估的方式已然無法達成此項需求，因此對結構物之非線性靜力分析便被廣泛地運用在各個研究之中。而在這些研究中容量震譜法便是其中一種很常被採用之方法。現今美國ATC-40規範中便採用以譜加速度和譜位移為座標的圖，並以將不同等效阻尼比之需求震譜 (demand spectrum) 及容量震譜 (capacity spectrum) 繪置於同一張圖上，而圖上容量震譜不同阻尼比需求震譜之交點則提供

4 參考自:鐘立來等，校舍結構耐震評估與補強技術手冊第二版，國家地震工程研究中心，2009年

了不同位移需求的估計。

建築結構物容量曲線 (capacity curve) 是建築物整體於所考慮方向上基底剪力與頂層側位移的關係，其所代表的是結構物承受側向力時之變形特性與結構物之耐震能力。以第一振態振形乘以樓層質量為比例或以耐震設計規範規定之豎向力分配加載於結構物，並經由非線性靜力側推分析，則可以獲得整體建築物在彈性限度之後的反應，直到達建築物破壞機制產生為止。

2.2.6 逐步分析評估法

對建築結構物之非線性行為分析時，於結構物進入非線性階段後，其總體勁度隨著塑鉸數目增加而減小，因此結構物之總體勁度必須逐步重組。

透過電腦程式DRAIN2D+針對泛用型非線性靜動態平面結構進行分析，每一時刻結束時系統必須能滿足動態平衡，然而在動態分析或擬動態試驗的求解過程中，動力方程式能夠滿足平僅代表系統反應能夠滿足求解動力方程式時假設的動力特性，倘若構架有非線性行為則求解得到的反應代入原方程式將會有非線性不平衡力產生。

進行動力分析時，結構系統中的動能，阻尼能、總輸入能及各構件之應變能等可以依時間歷時方式輸出，能量計算方式是採用絕對能量的觀念計算。其中構件之應變能可以依照使用者指定的方式分組計算，並將彈性應變能與非彈性遲滯能分開輸出。另外為了掌握分析的可靠性，各時段不平衡能量與總輸入能量之比例亦以時間歷時方式輸出，使用者可在分析完成後依不平衡能量比例之大小判斷分析中所採之時段長度是否不妥，同時檢核分析結果

的可靠性。

2.3 建築物震災綜合危險度分析

建築物震災綜合危險度分析，為針對地震所造成的風險及影響，進行整體危害之評估，做為後續都市計劃及損害防阻預防之參考依據。如日本東京都地震災害評估系統，東京都廳曾引為評估地震建物倒塌風險、火災風險、人體風險與避難風險之風險評估工具(Uitto,1998；陳建忠、詹士樑，1999)。美國開發之HAZUS 系統，其主要應用範疇，除地震之災害潛勢與風險分析外，亦應用於土地使用措施的評估與開發審議的決策。我國引進美國開發之HAZUS 系統配合本土化資料收集和分析模式開發台灣地震損失評估系統。

2.3.1 東京都地震災害危險度評估⁵

東京都的震災預防計畫是架構在歷年的地域危險度的調查與評估上，所做的具對策性及整體性的預測工作。

有關東京都實施的地震災害危險度評估方法之架構基礎，主要是因地震所引發的危險包含：地盤裂開、建築物倒塌、火災、避難逃生中的傷亡為主要原因。但因為這些災害常因地區性的不同而有很大的差異，這些差異包含如地盤軟弱程度的不同、木造建築的密集狀況、附近地區有無安全的避難場所分佈等影響災害損失的重要因素所左右。而在東京都地震災害危險度評估當中的地區危險度評估就是針對某一範圍的地區內，其所隱藏的地震災害危險性影響因子的程度，進行評估之工作。

5 參考自：陳亮全、邱昌平，地震災害危險度評估項目之探討，內政部建研所，1988 年

在東京都地震災害危險度評估危害度是一套在假定地震規模下能夠測定及比較，都市或大區域內各個地區可能導致諸地震災害的各種危險要因及其程度之方法。因此亦可以知道此方法除了有各種危險性要因「評估項目與指標」外，尚須有顯示各危險要因之危險程度「評估基準」，以及對象地區進行評估與比較之基本單位面積或範圍「評估單位」等三項因素組合而成。

東京都之危險度評估架構乃從東京或日本其他地區過去的各次地震災害經驗整理所得，其中分為：

建築物危險度：木造建築物、中低層RC建築物

人的危險度：日間人的危險度、夜間人的危險度

火災危險度：起火的危險值（含火器起火的危險值及危險物品起火的危險值）、建築物的燒毀面積

避難危險度：避難所需的時間、避難人口的多寡

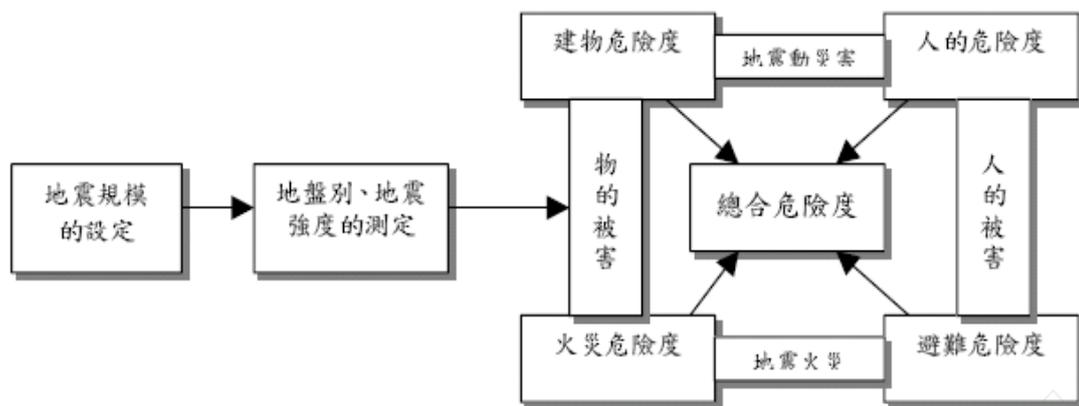


圖 4 日本東京都地震災害危險度評估項目示意圖

資料來源：內政部建築研究所，1994

這四項大項目作為評估地區地震災害危險度的大項目，並且將這四項大項目的評估地區地震災害危險度的大項目結果合計為該地的綜合

日本東京都之地震災害評估系統的主要特性，乃是依據都會區地震災害風險與災感度特質而設計，特別是針對東京都特有之地震引發住宅大規模火災延燒模式、日間與夜間避難人口分布、避難與規劃支援系統等特質而設計。而東京都地震災害危險度評估項目分為四大項及八小項之危害因子，以及推算這些危險度之評估指標。而最終表示的四大危險度以及綜合危險度之評估是採用階段評點法，亦即設定在可能發生如1923年關東大地震及的強烈地震，且各地區都處在最惡劣的狀況之條件下，推算出各評估單位的建築物危險性、人的危險性、火災危險性、避難危險性等四大評估項目之危險可能性得點，然後對此得點依0~4之五階段評點法給予評點，作為各評估單位之四項危險度。同時，將四項危險度所得之評點結果加算起來再行五階段評點，而得到各評估單位之綜合危險度。

接下來，四大評估項目之危險可能性得點是由各相對的小項目危險度或條件之得點合計得來。而小項目之得點乃根據過去相關研究累積所擬定之推算流程或模式，推算各種評估指標的數值而得。

2.3.2 美國地震災損評估系統

對於地震災害的預測，美國FEMA利用國家地震減災計畫，完成HAZUS-97地震災害評估決策支援系統，免費提供給全國各地方政府及私人機構。HAZUS-97系統設定之目的在於處理地震發生時可能引發各種層面損失之綜合分析及評估，希望能藉由該綜合

性地震災害評估系統，推展為全國性地震災害損失評估工具。

目前HAZUS系統可提供防災決策支援資訊，獲取簡單與直接之風險評估資訊，作為規劃與防災工作決策之參考，同時可按不同地震強度損海與傷亡之情境模擬設定，得到風險分析基礎特定設施損害或特定地區的損失結果模擬。系統將地震所引發之地表震動及大地災害可能損害分為三類如表5 所示：

表 5 HAZUS-97 地震引發損失彙總表

損害分類	損害種類
地震所引發之直接損害	結構物損壞、重要設施損害、維生管線-交通運輸系統損壞與為生管線-公共管線設施損壞。
引發性間接損害	地震可能引發之洪水、水災、火災、土石廢棄物等所造成之可能傷害。
直接或間接社會經濟損害	地震發生後人員傷亡、庇護所損壞以及所引發之直接經濟損失與間接經濟損失。

資料來源：本研究整理

2.3.3 台灣地震模擬評估系統

民國 87 年國家科學委員會與經濟部合作，引進美國所研發的地震損失評估系統HAZUS-97，希望藉由HAZ-Taiwan 計畫，強化震災決策支援系統。然而隨著本土化資料收集和分析模式研發日益完備，對HAZ-Taiwan 系統的功能和使用者的要求日益嚴苛，原始系統的軟體架構已無法滿足現實的需求，因此開發新一代的地震損失評估系統。

現行台灣地震損失評估系統⁶的英文名稱為 Taiwan Earthquake Loss Estimation System，簡稱為TELES，針對台灣本土化資料和分析模式所開發的整合地理資訊系統應用軟體。TELES 雖為 HAZ-Taiwan 計畫的研究成果之一，在震災境況模擬的分析架構和評估對象參考HAZUS，但TELES 的軟體架構與模組化設計理念與新增批次震災境況模擬功能，建置震災早期損失評估模組；也結合地震危害度分析功能，建置地震風險評估模組，與 HAZ-Taiwan 和HAZUS有所差異，但更貼近台灣地區之設定假設。

TELES 系統可依特定地震規模進行模擬對地區各方面造成之影響，其結果可應用於研擬地區災害防救計畫。此外，可與中央氣象局的地震速報系統資料結合，即時進行地震災害早期評估，自動提供必要資訊給各級災害應變中心相關人員，據以決定災害應變中心開啟等級、需求救難人員、設備以及救護醫療空間等之數量。然而，由於地震發生之規模大小及震央震源位置及斷層開裂型式，完全由使用者自行輸入，因此，這些地震參數需要由使用者根據現有理論做合理假設，所分析出的災害損失資訊才具有意義。

TELES 基本架構大致可分為地震災害潛勢分析、工程結構物損害評估、地震引致二次災害評估和社會經濟損失評估等四個主要模組，每一主要模組可再細分為若干個次要模組。各主要模組間有一定之分析順序，前一模組的輸出可作為下一模組的輸入，詳如下圖。主要內容與功能簡述如圖5所示。

6 葉錦勳，「台灣地震損失評估系統—TELES」，國家地震工程研究中心，2003年

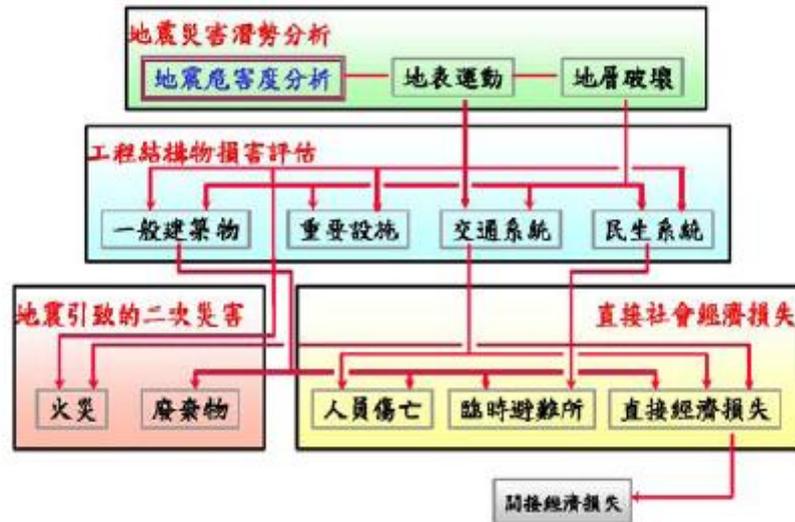


圖 5 台灣地震損失評估系統分析模組與流程示意圖

資料來源：葉錦勳，2003 年

TELES 系統依用途和功能分類，將工程結構物分為一般建築物、重要設施、交通系統和民生系統等四類。一般建築物由於數量相當龐大，為求在地震發生後的短時間內推估大範圍地區的建築物損害程度與數量，必須適度地簡化損害評估模式。而TELES 將一般建築物概分為數種模型建物(如表6)。因不同建築物在建造時，所要求的耐震強度有所不同，每一種模型建物的耐震需求和能耐曲線代表該類建築物在地震力作用下的動態反應特性(詳如圖6)。其中耐震需求描述不同基本振動週期的建築物在地震力作用下的最大加速度和位移量。當地震力小的時候，結構物的反應維持在線彈性的範圍；但地震力大的時候，建築物之結構系統通常有局部構件降伏，以遲滯阻尼消散輸入的能量。如此雖有部分構件損害，但只要結構系統具良好的韌性，整體結構系統仍可維持穩定、安全，也可節省建造的成本。台灣震災早期評估系統的耐震需求曲線已考慮遲滯阻尼和結構系統弱化的影響。

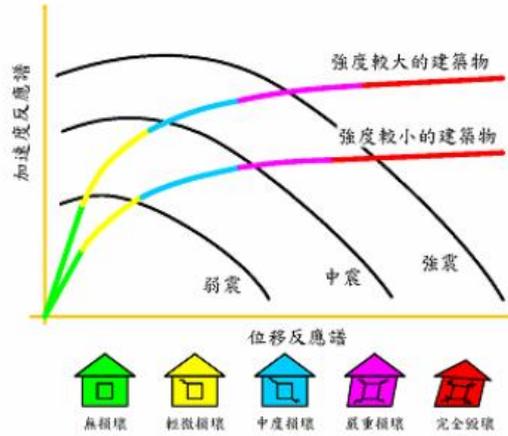


圖 6 耐震需求和能耐曲線

資料來源：葉錦勳，2003 年

表 6 TELES 工程結構物分類

類別	敘述
一般建築物	泛指所有人工興建的房屋
重要設施	在緊急應變階段扮演救災、醫療、避難、指揮、維持秩序等重要角色的設施，如消防局、醫院、學校、應變中心、警察局等
交通系統	包含公路、鐵路、航空與海運等的路段、橋梁和相關維護、調度設施等。
民生系統	包含飲用水、瓦斯、電力、通信系統等的輸配管線和相關儲存、加壓和變電壓等設施。

資料來源：本研究整理

能耐曲線描述地震力與位移的關係；降伏能耐與極限能耐間以二次曲線近似實際結構系統的力與位移的關係，雖然無法表達複雜的結構特性，但從實用的觀點而言，能耐曲線已可代表該建築物在小地震時的勁度和大地震時的強度，因此可區分不同模型建物在地震作用時的反應。耐震需求曲線和能耐曲線的交點可視為結構系統在地震時的可能反應，此時配合易損性曲線可據以推估結構系統的損害狀態機率。目前結構系統以譜位移（或位移率）作

為易損性曲線的評估參數。

TELES 所建置的一般建築物基本資料庫，乃根據財政部財稅資料中心和各縣市政府稅捐單位所提供的房屋稅籍資料。每一筆房屋稅籍資料包含所在縣市、鄉鎮區和村里的代碼、建築物的構造類別、總樓層數、使用用途、課稅年數、樓地板面積等。根據構造類別、總樓層數和建造年份，配合不同時期的建築物耐震設計規範、震區劃分、地盤種類和不同結構型態的耐震性能，可將一般建築物歸納為以下表7，15 種模型建物和表8，四種耐震設計水準：

表 7 TELES -15 種建物模型

SN	代碼	描述	高度		
			範圍	典型	
			層數	層數	公尺
1	W1	木造	ALL	1	4.2
2	S1L	鋼結構	1~3	2	7.2
3	S1M		4~7	5	18.0
4	SIH		8+	12	46.8
5	S3	輕鋼構造	ALL	1	4.6
6	C1L	鋼筋混凝土構造	1~3	2	6.0
7	C1M		4~7	5	15.0
8	C1H		8+	12	36.0
9	PCL	預鑄混凝土構造	1~3	2	6.0
10	RML	加強磚造	1~3	2	6.0
11	RMM		4~7	5	15.0
12	URML	未加勁磚石造	1~2	1	2.7
13	SRC1L	鋼骨鋼筋混凝土構造	1~3	2	7.2
14	SRC1M		4~7	5	18.0
15	SRC1H		8+	12	46.9

資料來源：葉錦勳，2003 年

表 8 TELES -4 種耐震設計水準

建造年代	震區劃分	耐震設計水準
民國62年以前	全部	P
民國63年~71年	強震區	M
	中震區	L
	弱震區	L
民國72年~79年	強震區	M
	中震區	M
	弱震區	L
民國80年~86年	強震區	H
	中震區	M
	弱震區	L
民國87年~89年	一甲區	H
	一乙區	H
	二區	M
	三區	L
民國90年以後	一區	H
	二區	M

資料來源：葉錦勳，2003 年

TELES 之人員傷亡及經濟損失，係根據建築物的用途及合理經驗公推估。譬如夜間地震引致的社會經濟損失評估模組包含人員傷亡、臨時避難所需求、直接或間接經濟損失等數量的推估。根據歷史地震的經驗，人員傷亡主要起因於建築物的倒塌或損害的結果。

其他因山崩、震後火災、有毒物質外洩或水壩等高危險設施損害

等因素所引致的傷亡，因資料不足且無妥善的評估模式，所以尚未納入評估模組中。

地震引致人員傷亡的數量與傷亡的程度和一般建築物的結構系統與非結構構件的損害程度有密切關係，也與在建築物內的人口動態分布有關。在小地震時，人員傷亡大多起因於非結構構件的損害，如天花板或瓷磚掉落、隔間牆倒塌等；但在大地震時，由於結構系統損害將引致較嚴重的傷亡情況。尤其是一般建築物在完全損害狀態下，如發生倒塌或嚴重傾斜的現象將引致極嚴重的傷亡。



三、建築物震災之風險辨別

本章節主要是透過風險管理流程：風險辨識、風險評估及風險對策的流程，搭配層級分析法將建築物震災之風險因子，以問卷方式調查一般民眾之觀感予以排序，以利進而提出改善建議對策。

3.1 風險管理

風險管理是人們對潛在的意外損失進行辨識、評估、預防和控制的過程。由於地震這樣的天然災害存在著不確定的因素，發生的時間、頻率及損失程度皆難以掌握，因此進行風險管理以降低其可能發生之損失尤為重要。

3.1.1 風險的定義

風險 (risk)⁷一詞各方學者所下之定義不盡相同，有稱為損失之機會 (chance of loss) 或不確定性者 (uncertainty)。不確定性是來自於個人主觀和心理上的一種觀念，因風險所造成的結果有損失的一面，也有獲利的一面；損失面帶給人們的是恐懼與失敗，獲利面帶給人們則是希望和成功。

而風險亦是阻礙事物發展的某種不確定性，若事件運行克服了風險所造成的阻礙則得到發展，受阻於風險則停止發展。風險的損害發生與否，損害的程度取決於人類主觀認識和客觀存在之間的差異性。在這個意義上說，風險指在一定條件下特定時期內，預期結果和實際結果之間的差異程度。

⁷鄭燦堂，風險管理理論與實務，五南圖書出版有限公司；宋明哲，風險管理，五南圖書出版公司，2010

3.1.2 風險管理程序與架構

風險形成的過程是風險發生的因素不斷組合的過程。風險管理實施可分為風險辨識、風險分析、風險對策以及風險管理成效四個程序。

1.風險辨識(Risk Identification)

進行風險評估前，須進行風險因子辨識，在這個過程中，透過腦力激盪的步驟及過去歷史檔案鑑定和搜集的訊息整理是個重要步驟。

風險識別是基於歷史經驗累積而來，為了蒐集資訊以識別風險因子，除了必須詳細調查風險事項現況外，文獻回顧及專家訪談是必要工作。透過參考以往或目前相關風險事項文件，包括計畫、假設和其他研究資訊等進行回顧，以便對風險事件進行系統和結構性的審視整理，以避免遺漏未辨識之風險產生，風險資訊蒐集完成後，每個部份風險加以分析判斷，找出可能發生的風險因子。運用此方法，可以對風險標的所處的情境進行全面性、系統性、準確性的審視探討，再根據成果制定相應的計劃以及對策等。

2.風險衡量(Risk Management)

風險衡量的方法最初是由美國空軍電子系統中心（Air Force Electronic Systems Center）所提出，主要可分為將風險以定性分析方法、半定量分析方法、定量分析方法等方法對比出各項風險因子的重要性。

(1)定性分析方法是透過對風險進行調查研究，做出邏輯判斷的過程。

(2)定量分析方法一般採用系統論方法，將若干相互作用、相

互依賴的風險因素組成一個系統，抽象成理論模型，運用機率和數理統計等數學工具定量計算出最優先的風險管理方案的方法。

風險因素對任務或事件可能衝擊的程度，將風險衝擊分為五個等級，分別為無法接受(Unacceptable)、不想接受的(Undesirable)、在控制範圍下可接受(Acceptable with controls)以及可直接接受(Acceptable)和不予理會(Ignored)。

而風險因素的影響程度為判斷風險因素所能造成的影響程度大小有多種面向，所稱的影響程度，係指非意願之事件發生時之嚴重性程度以及其對於專案成本造成的衝擊大小。

因為每項風險因素均具有不同的重要性及意涵，所以我們不能假設每項風險因素的影響程度是具有同等效果，因此必須依據各風險因素特性所導致對實質之影響程度予以有效地測度或權重，以顯示各風險因素間影響程度之相對大小，其可作為了解風險管理過程中，何項風險因素是必須優先注意或處置。

3.選擇風險管理的對策(Selection of Risk management strategies)

雖然風險可透過以上所述發生機率和衝擊等諸多因素評估及量化後顯示出，但是每個人對風險的感受都不同，對於各項風險容忍度(Tolerance for Risk)關係個人主觀對風險承受的衡量。更重要的是，當檢視觀點不同時，客觀上相對應的風險承受度也會不同，這表示風險承受度的主觀與差異性在於不同人之間對風險的認知與態度會有不同，每個人所能承擔的風險衝擊不同，所擁有之資源也有差別，並且當危險來臨時，由所選擇承擔危險或逃避危險的傾向，亦會有所影響。

以實務而言，對於風險區別劃分，也將風險分為三個區域，如以下圖7，那就是「不可接受區(Unacceptable region)」—無法容受應不計成本脫離降低、「ALARP區」—風險之衝擊與成本比較後作抉擇，意指在該區雖已脫離不可接受範圍，但仍屬應盡可能降低危險；而最下方就是「明顯可接受區」，表可承擔其風險衝擊，不必進行風險降低之作業。

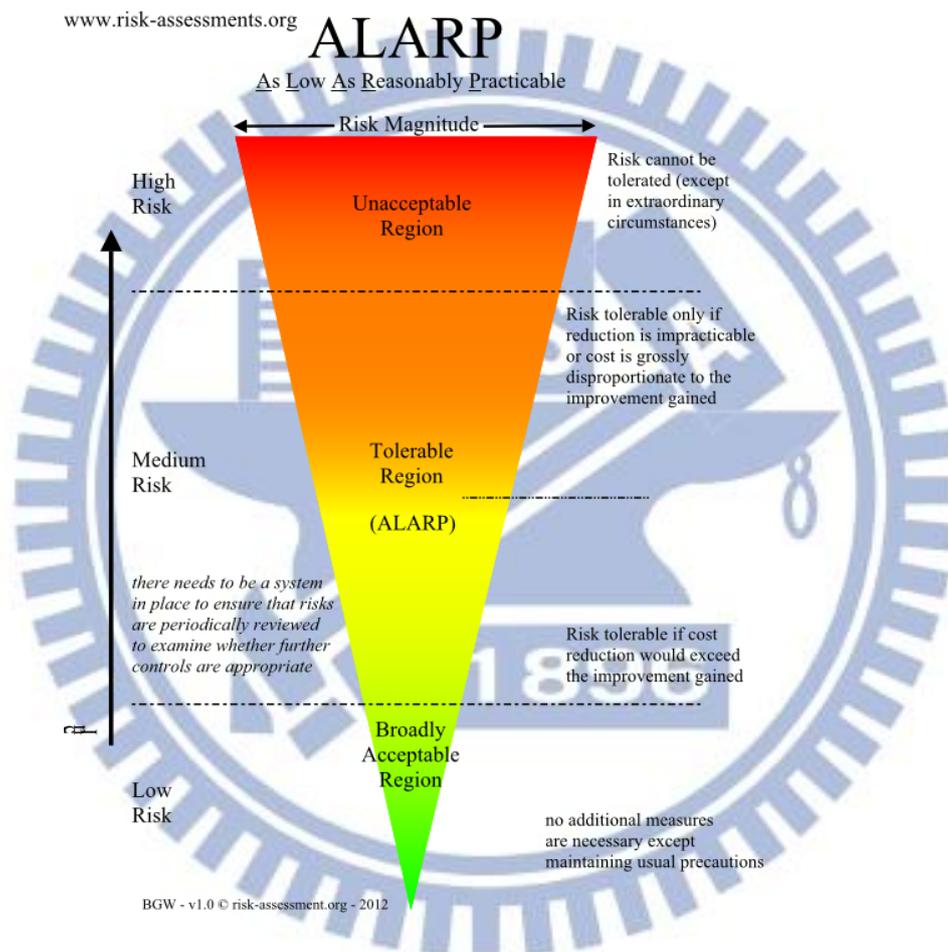


圖 7 風險管理 ALARP 示意圖

資料來源：<http://www.risk-assessments.org/alarp.html>, 2012/11/05

而依照不同的風險承受度，常見採取的風險對策方法有：

(1)規避風險

消極躲避風險。比如避免火災可將房屋出售，避免航空事故可改用陸路運輸等。因為存在以下問題，所以一般不採用，因可能會帶來另外的風險。比如航空運輸改用陸路運輸，雖然避免了航空事故，但是卻面臨著陸路運輸工具事故的風險。高風險亦表示高機會，過度的規避風險，亦可能失去許多獲得利益的機會，以致影響企業經營目標的實現。比如為避免生產事故而停止生產，則企業的收益目標無法實現。

(2)預防風險

採取措施消除或者減少風險發生的因素，但無法改變事故發生的與否，事先針對各項風險因素積極予以改善。例如為了防止水災導致倉庫進水，採取增加防洪門、加高防洪堤等，可大大減少因水災導致的損失。

(3)風險自留

風險自留即自行承擔風險。即代表風險所造成的衝擊與損失自行吸收。

(4)轉移風險

在風險發生前，通過採取出售、轉讓、保險等方法，將風險轉移出去，將高風險危害透過保險的方式交由保險公司承擔。

4.執行與評估(Implement & Evaluation)

風險管理程序的最後一個步驟是確定風險管理計畫對策之執行，並且隨時依照執行結果定期檢討及修正，此外為達到風險管理目的，必須依照最新風險的現況，定期審視及重新檢討是否有忽略得風險因子存在，以得到降低風險損失之目的。

3.2層級分析法

本研究為建立建築物震災之評估模式，探討地震災害對影響因子作重要性排序，以作為後續因應對策採取之參考依據。透過回顧過去專家學者之研究找出建築物震災之風險因子，再透過層級分析法⁸

(Analytic Hierarchy Process, AHP) 予以量化及排序。

AHP法常適用於決定準則權重的重要性與排序，同時AHP 法是將複雜且非結構的情況分割成數個組成成分，安排這些成分或變數為階層次序，將每個變數的相關重要性利用主觀判斷給予數值；綜合這些判斷來決定哪一個變數有最高優先權。而問題的每個變數必須給予一個數值，將得以以數值量化主觀意識之描述。

AHP法的主要步驟如下：

- 1.將決策問題結構化、系統化，列出相關因子，並建立層級結構。
- 2.建立評估屬性與各屬性下不同方案的成對比較矩陣。
- 3.計算各屬性之相對權重和各方案的相對評估值。
- 4.檢定一致性。

⁸鄧振源、曾國雄，中國統計學報 27 卷 6-7 期，層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(上)

在進行AHP 層級分析法，應注意其基本假設，以避免陷入邏輯之謬誤，造成分析結果無法使用，其基本之假設可分為下列九項：

- 1.一個系統可被分解成許多種類(Classes)或成分(Components)，並形成有向網路的層級結構。
- 2.層級結構中，每一層級的要素均假設具獨立性(Independence)。
- 3.每一層級內的要素，可以用上一層級內某些或所有要素作為評準，進行評估。
- 4.進行比較評估時，可將絕對數值尺度轉換成比例尺度(Ratio Scale)。
- 5.成對比較後，可使用正倒值矩陣(Positive Reciprocal Matrix)處理。
- 6.偏好關係滿足遞移性。不僅優劣關係滿足遞移性(A優於B，B優於C，則A優於C)，同時強度關係也滿足遞移性(A優於B二倍，B優於C三倍，則A優於C六倍)。
- 7.完全具遞移性不容易，因此容許不具遞移性的存在，但需測試其一致性的程度。
- 8.要素的優勢程度，經由加權法則(Weighting Principle)而求得。
- 9.任何要素只要出現在階層結構中，不論其優勢程度是如何小，均被認為與整個評估結構有關，而並非檢核階層結構的獨立性。

3.2 研究設計

3.2.1 建立評估得層級架構

本研究依照第二章回顧過往專家學者之研究，初步歸納出建築物震災之影響因子如下：

1. 建築差異工址選取：與斷層距離、工址地質

(1) 與斷層距離

在選擇建築物工址時，「與斷層距離」對建築物造成影響的變因包含：區域震源及活動斷層兩個層面的影響。建築物工址其附近可能的震源分佈，以及地震規模再現率的關係，亦可推估未來可能發生地震的時空分佈和規模大小。另外，針對活動斷層，亦可透過過去歷史特徵地震模式，推估斷層活動的平均再現率、特徵地震的規模和距離上次錯動的時間。

目前台灣地區的歷史地震目錄僅有一百多年的紀錄，基於複雜的板塊運動及各地地質構造的不同，各震源區發生地震的頻率和規模有所差異。在震源的空間分佈上，通常根據歷史地震目錄的紀錄與地體構造特性，以台灣地區的震源深度分佈特性，以35公里為界，將地震區分為淺層地震或深層地震。

此外，由於台灣位處環太平洋地震帶，且位於菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊衝擊交界處，為世界上發生有感地震最頻繁的區域。根據過往地震歷史紀錄、震害調查資料，均可發現台灣地區近百年來的災害性地震多與活斷層有密切關係。

位於板塊交界面的花東縱谷以及花蓮外海較常發生地震，但因該區域人口、建築物和工商業活動較少，因此地震引致的災害規模相對較小。反之，在西部麓山帶雖不常發生地震，但地震

規模較大的1906年梅山地震、1935年新竹-台中地震和1999年急
急地震等多與活斷層錯動有關。這些災害型地震多屬淺層地震，
伴隨地表破裂或錯移。

(2)工址地質：同一棟結構單元不宜設置在不同的地質條件上。
如於不同的地質條件上建造，亦造成建築物結構破壞。

2. 結構物的樓高

3. 結構物的組成材料：木造、磚造、RC、SRC

4. 結構物適用之建築法規：民國63年、71年、78年、86年、88年、 93年

結構物建造時所適用的建築法規，依年代震區耐震強度要求不
同。

5. 建築形式：平面組成要簡單、結構型式應儘量對稱規則

在許多大地震中發現結構配置不良的不規則性結構，是致使結
構發生破壞的主因。不規則性結構主要是立面、平面不規則或
地震力傳遞路徑不規則。

若結構具立面不規則性，其於地震下各層樓之動態反應及引致
之樓層側向力會與由靜力分析所得者有明確之差異，所以結構
具立面不規則性須進行動力分析才能得到正確之反應值。

若建築物某樓層之重量與其相鄰之樓層有明顯之差異時，則建
築物亦視為立面不規則性結構。

6. 梁柱配置：強柱弱梁、梁柱的中心線應一致

牆面具有良好的抵抗水平地震力之能力，因此地震後常見柱樑
完好而牆壁開裂的情況，即牆壁吸收了大量的地震能量，使柱

樑不受損害。在樑柱設計上，應採用“強柱弱樑”的觀念，亦即柱的強度應相對地較樑的強度為高，以免柱子先行破壞，造成崩塌。同時，梁柱的中心線應一致，若不一致容易產生額外應力。

7. 耐震構件的設計：包含承重牆系統、構架系統、抗彎矩構架系統、二元系統

承重牆系統以剪力牆或斜撐構架抵抗地震力時，剪力牆與斜撐同時也負擔垂直載重，致使地震時剪力牆或斜撐構架破壞，可能引起垂直載重系統的崩塌。

構架系統同樣以剪力牆或斜撐構架抵抗地震力。地震時，當剪力牆或斜撐構架進入非彈性變形或破壞，垂直載重可由承受垂直載重完整立體構架承擔，故此二種系統之區分可由此判別。

構架系統具有完整的立體構架以承擔垂直載重。但此構架不設計其承擔地震力。地震力全由斜撐構架或剪力牆承擔。事實上，斜撐構架及剪力牆亦無可避免承擔局部的垂直載重。承受垂直載重的立體構架須滿足不承受地震力構材的最少韌性要求，使其能在地震產生的變形下，維持承載垂直力的任務。

抗彎矩構架系統須具有完整的立體構架以承擔垂直載重，而全部的地震力須由抗彎矩構架承擔。抗彎矩構架若屬韌性者，其韌性容量 R (R =建築物發生崩塌之側向變形量與發生降伏時側向變形量之比值)最高，為4.8，但其設計不論鋼造或鋼筋混凝土造，均須滿足韌性抗彎矩構架的特別規定。抗彎矩構架中填有未隔開非結構牆時， R 值可取4.0，但須進行兩階段分析與設計，必須檢核非結構牆破壞時，其旁之梁柱不得損壞。

二元系統具完整立體構架以受垂直載重，並以剪力牆、斜撐構

架及特殊抗彎矩構架 (SMRF) 或為混凝土部分韌性抗彎矩構架 (IMRF) 抵禦地震力，其中抗彎矩構架應設計能單獨抵禦 25% 以上的設計地震力之結構，或為抗彎矩構架與剪力牆或抗彎矩構架與斜撐構架應設計使其能抵禦依相對勁度所分配之地震力。

8. 結構材料與施工品質的原則：適當材料特性、確保施工品質。

建築物構材須具備足夠的強度與延性，不宜過度強調構件材料的強度或延性。同時，確保施工品質：對於圖說中要求或特殊所註明之要求，施工人員切實執行。

3.2.2 各層級要素(含目標、屬性與方案)權重的計算

建立目標分析之層級與下層之評估要素指標後透過問卷調查，各個評估因子成對比較是以九個評比尺度來表示；評比尺度劃分成絕對重要、頗為重要、稍微重要、同等重要，其餘之評比尺度則介於這五個尺度之間。尺度的選取可視實際情形而定，但以不超過九個尺度為原則，否則將造成判斷者之負擔。

在問卷之中，針對每個準則屬性設計，以兩兩相比的方式，在 1-9 尺度下讓一般民眾填寫，根據問卷調查所得到的結果，將可建立各層級之成對比較矩陣。

1. 計算特徵向量及特徵值，求取各層級要素間相對權重

將問卷結果取得之成對比較矩陣 A ，採用特徵向量的理論基礎，來計算出特徵向量與特徵值，而求得各評估準則間的相對權重。茲將的計算過程說明如下：

製作準則成對比較矩陣 A ，如(1)式

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中 $a_{ij} = w_i/w_j$ ， w_i, w_j 各為準則 i 與 j 的權重

準則成對比較矩陣 A 為一正倒值矩陣，符合矩陣中各要素為正數，且具倒數特性，如(2)式與(3)式：

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \quad (2)$$

$$a_{ij} = a_{ik} / a_{jk} \quad (3)$$

將準則成對比較矩陣 A 乘上各準則權重所成之向量 \bar{w} ：

$$\bar{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^t \quad (4)$$

可得(5)式與(6)式：

$$A\bar{w} = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\text{亦即 } (A - nI)\bar{w} = 0 \quad (7)$$

因為 a_{ij} 乃為一般民眾針對成對比較時主觀判斷所給予的評比，與真實的 w_i/w_j 值，必有某程度的差異，故 $A\bar{w} = n\bar{w}$ 便無法成立，因此，Saaty建議以 A 矩陣中最大特徵值 λ_{\max} 來取代 n 。

$$\text{亦即 } A\bar{w} = \lambda_{\max} \bar{w} \quad (8)$$

$$(A - \lambda_{\max} I)\bar{w} = 0 \quad (9)$$

矩陣 A 的最大特徵值之求法，由 (9) 式求算出來，所得之最大特徵向量，即為各準則之權重。而最大特徵值之求算，Saaty 提出四種近似法求取，其中又以行向量平均值的標準化方式(10)式可求得較

精確之結果。

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_j \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

2. 一致性檢定

在此理論之基礎假設上，假設A為符合一致性的矩陣，但是由於填卷者主觀之判斷，使其矩陣A可能不符合一致性，但評估的結果要能通過一致性檢定，方能顯示填卷者的判斷前後一致，否則視為無效的問卷。

因此須以一致性指標(Consistence Index, C.I.)與一致性比例(Consistence Ratio, C.R.)來檢定成對比較矩陣的一致性。

一致性指標由特徵向量法中求得之 λ_{\max} 與n(矩陣維數)兩者的差異程度可作為判斷一致性程度高低的衡量基準。

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (11)$$

當C.I. = 0 表示前後判斷完全具一致性，而C.I. > 0 則表示前後判斷不一致。當 C.I. < 0.1 為可容許的偏誤。

3.2.3 實證研究與分析

本研究根據前章節所述AHP層級分析法之步驟，搭配Super Decisions決策分析軟體所建立建築物震災風險因子之評估層級架構如圖9所示：



圖 8 建築物震災風險因子之評估層級架構

資料來源：本研究整理

目標：建築物震災之風險因子

主評估準則：

建物差異工址選取、建築物設計、耐震構件、建築施工品質

次評估準則：

建物差異工址選取→工址選取、與斷層距離

建築物設計建築形式、建築物建造年代、建築物樓高、建築物組成材料、梁柱配置

耐震構件→耐震構件

建築施工品質→施工品質、適當材料特性

1. 受訪者基本資料

本次透過網路問卷方式進行調查：

回收有效問卷數量為37份，受訪者年齡分佈如下：

表 9 受訪者年齡分佈表

	18歲以下	18-25歲	25-35歲	35-50歲	50-65歲	65歲以上
人次	0	3	21	7	3	3
百分比	0.0%	8.1%	56.8%	18.9%	8.1%	8.1%

資料來源：本研究整理

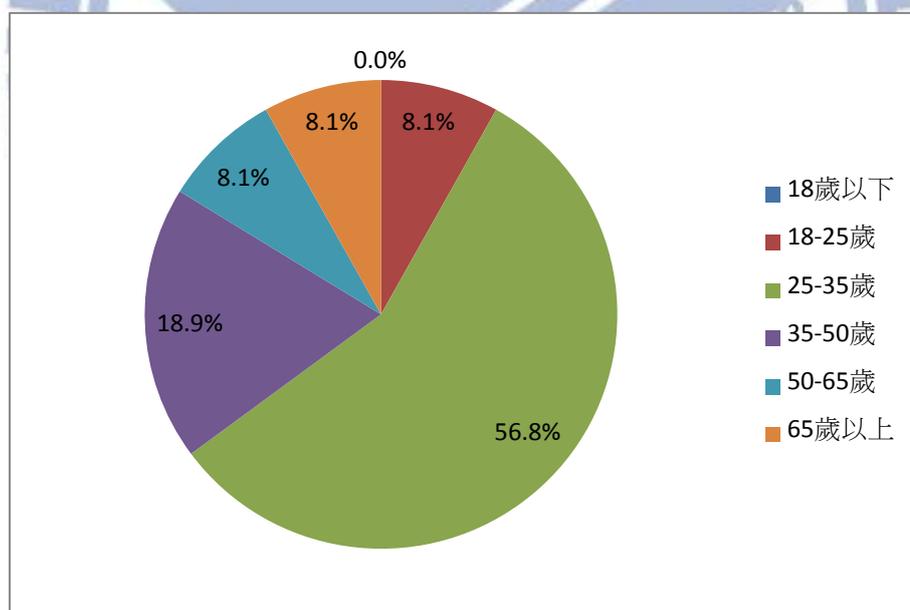


圖 9 受訪者年齡分佈圖

資料來源：本研究整理

受訪者性別：

表 10 受訪者性別分佈表

	男性	女性
人次	23	14
百分比	62.2%	37.8%

資料來源：本研究整理

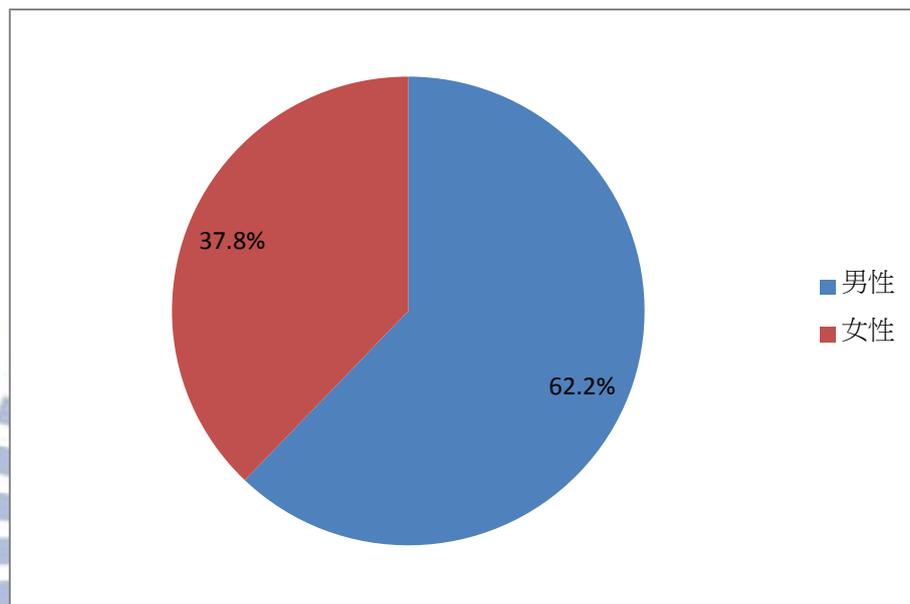


圖 10 受訪者性別分佈圖

資料來源：本研究整理

受訪者教育程度：

表 11 受訪者學歷分佈表

	國中以下	高中	大專	研究所以上
人次	1	4	18	14
百分比	2.7%	10.8%	48.6%	37.8%

資料來源：本研究整理

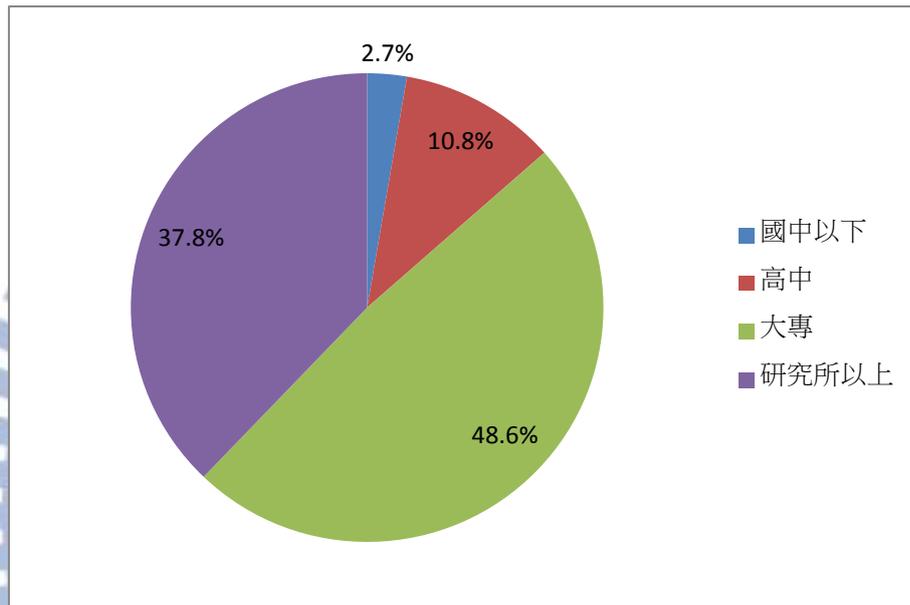


圖 11 受訪者學歷分佈圖

資料來源：本研究整理

本次有效問卷樣本為37份，為由多數決策者進行群體決策，在這個過程中需要將眾樣本之偏好。Saaty在一些合理的假設下，利用幾何平均數作為整合的函數，以避免在某一決策成員的判斷值為 a ，而其他決策成員的判斷值為 $1/a$ ，其平均值應為1而非為 $(a+1/a)/2$ ，故本研究將以幾何平均數整合各樣本所提供的意見。

2.主評估準則的成對比較

本研究透過AHP 層級分析法，來找出各評估準則於民眾想法中之優先順序，在針對相對重要性的評估準則，提出風險改善建議對策，以利民眾接受降低地震風險危害的對策與想法。

表 12 主評估準則的成對比較表

評估準則	建築差異 工址選取	建築物設計	耐震構件	建築施工 品質
建築差異 工址選取	1	1.89	3.25	3.37
建築物設計	0.529	1	3.38	3.48
耐震構件	0.307	0.295	1	2.96
建築施工品質	0.297	0.287	0.338	1

資料來源：本研究製作

透過Expert Choice軟體，計算評估準則間的相對權數：

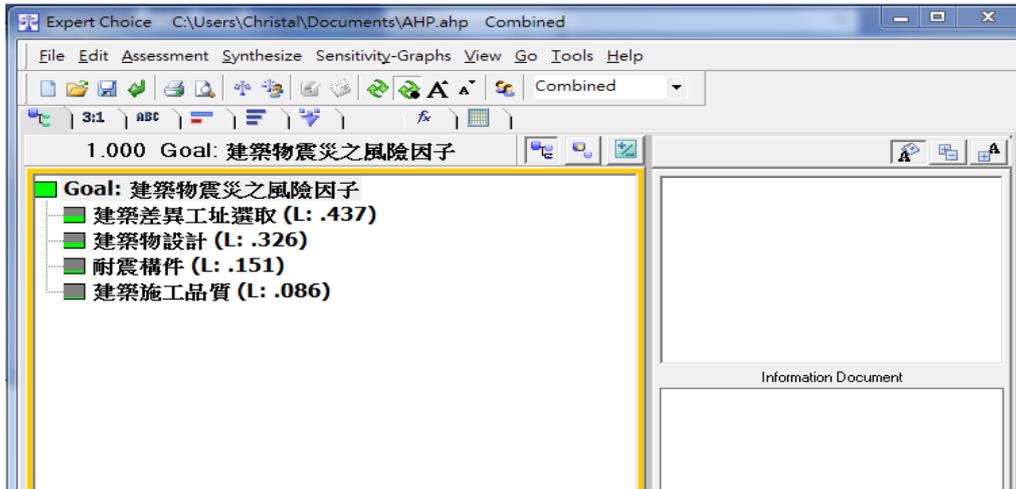


圖 12 評估準則之相對權數

資料來源：本研究整理

如同3.2.2章節所言，應進行一致性檢定，來了解受訪者對於問卷回覆之內容是否一致性於可接受範圍內，因此以一致性比例來檢定成對比較矩陣的一致性。若 $C.R. < 0.1$ 時，則矩陣的一致性程度使人滿意。本研究中，一致性檢定 $C.I = 0.07 < 0.1$ ，又 $C.R$ 值 $= 0.077 < 0.1$ ，則其矩陣一致性令人滿意。

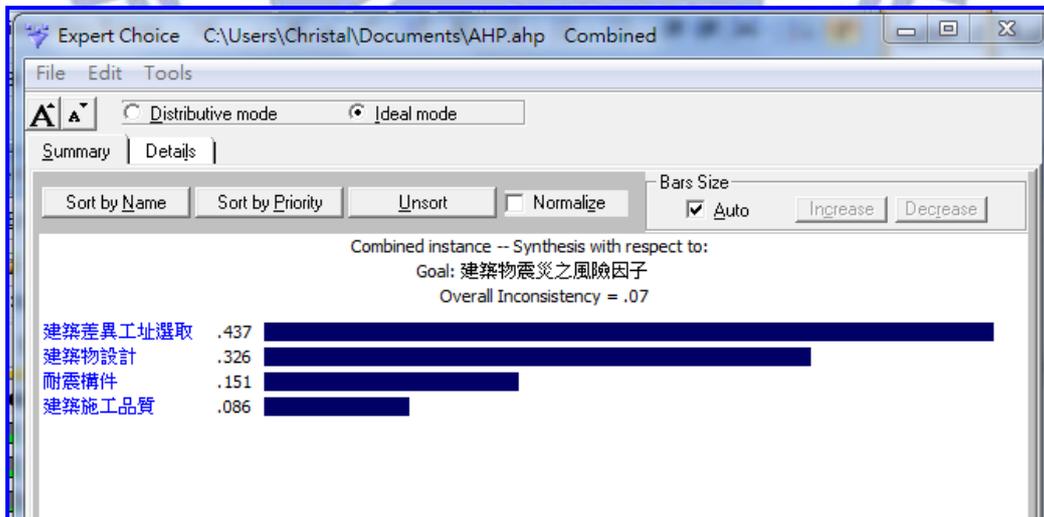


圖 13 評估準則之一致性檢定

資料來源：本研究整理

關於各項準則之權重值及其重要性排序如下表所示，整體而言，受訪者對於建築物震災之風險因子中，最重視的是建築物差異工址選取(0.437)，其次為建築物設計(0.326)、耐震構件(0.151)，最後才考量建築施工品質(0.086)。建築物差異工址選取為最重要的因素，主要是對填寫問卷者最為直觀，亦了解對建築物的影響及付出風險成本加以改善後，所降低的風險最被為接受。

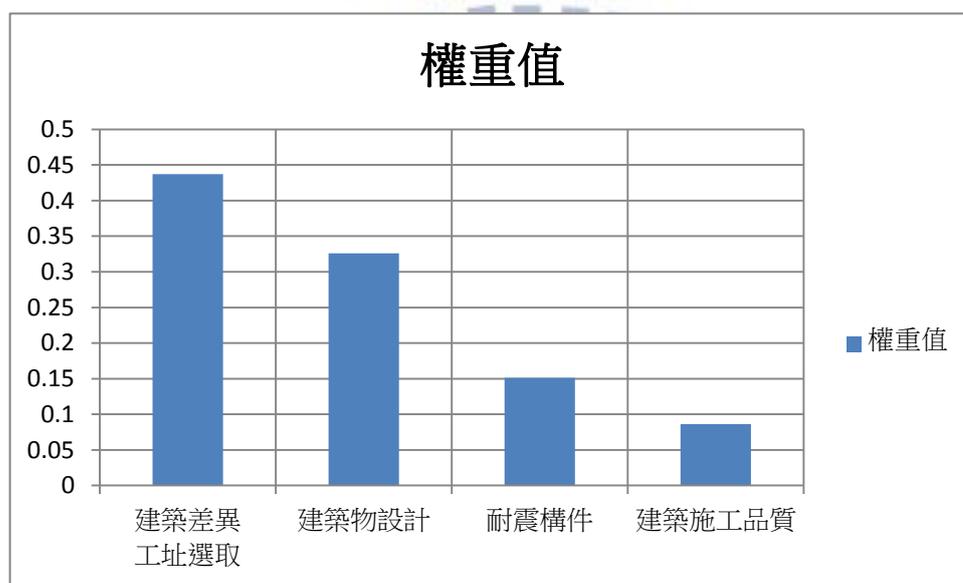


圖 14 評估準則之權重值

資料來源：本研究整理

3.評估準則(次準則)權值分析

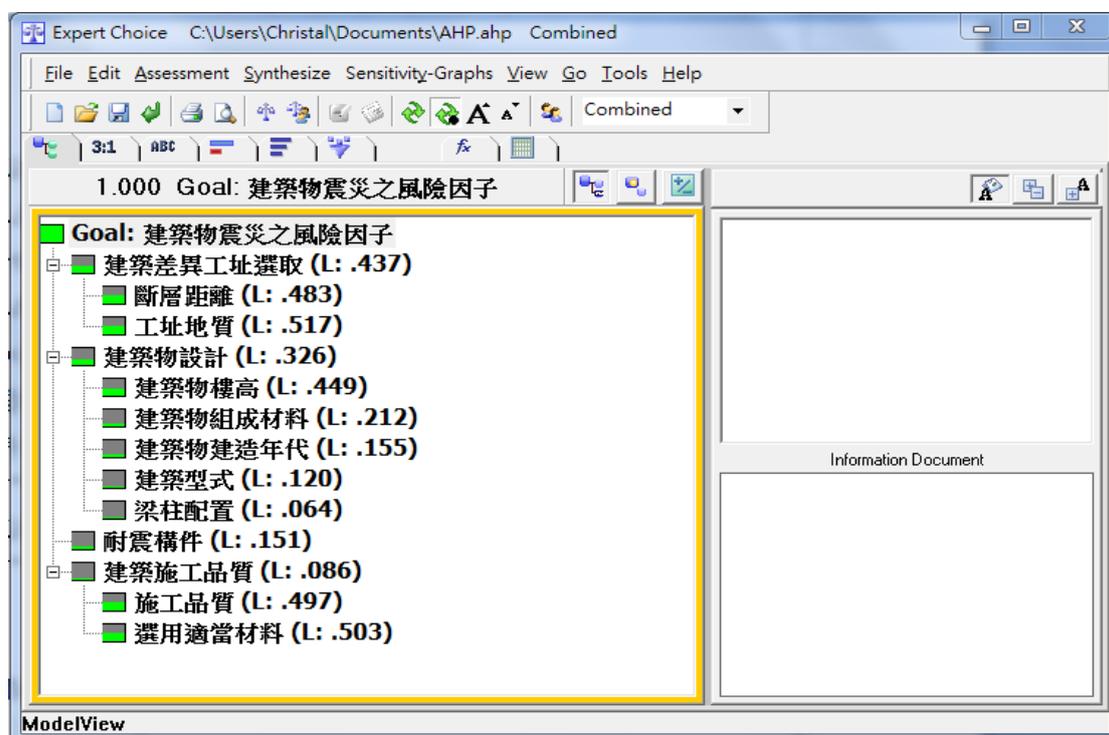


圖 15 次評估準則之相對權數

資料來源：本研究製作

此一層級為依據建築差異工址選取等四個層面的次準則進行比較，因這些層面下的準則皆為個別獨立。由圖15可看出建築差異工址選取下之次準則，透過Expert choice 可了解各次準則之相對權重(L值)。

在建築差異工址層面下的次準則，其相對權重優勢評比依序為依權重順序為：工址地質(0.517)、斷層距離(0.483)(詳見圖16)。經訪談了解受訪者在選取時，因對工址地質及斷層距離等觀念較不熟悉，故權重值相當近似。

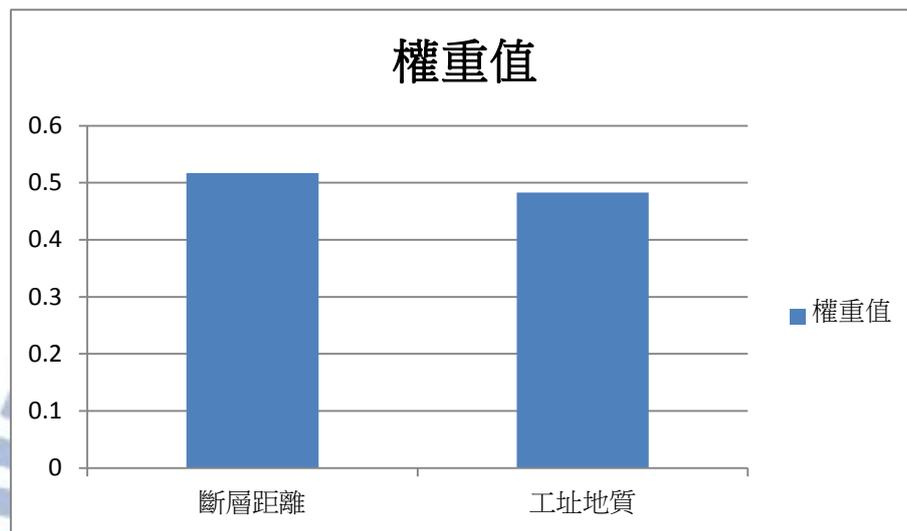


圖 16 次評估準則(建築差異工址)之相對權數

資料來源：本研究製作

而在建築物設計層面下的次準則，其相對權重優勢評比依序為：建築物樓高(0.449)、建築物組成材料(0.212)、建築物建造年代(0.155)、建築形式(0.12)、梁柱配置(0.064)，由受訪者的資料可以發現，較年長的受訪者認為建築物樓高、建造年代等影響程度較大；但較年輕、學歷較高的受訪者多認為建築物樓高、組成材料等影響較大。建築形式及梁柱配置相對權重較低的因素，為多數受訪者了解這兩因素亦為建築物耐震能力之關鍵，但缺乏較專業的認知，故無法了解其因素影響層面之範圍。

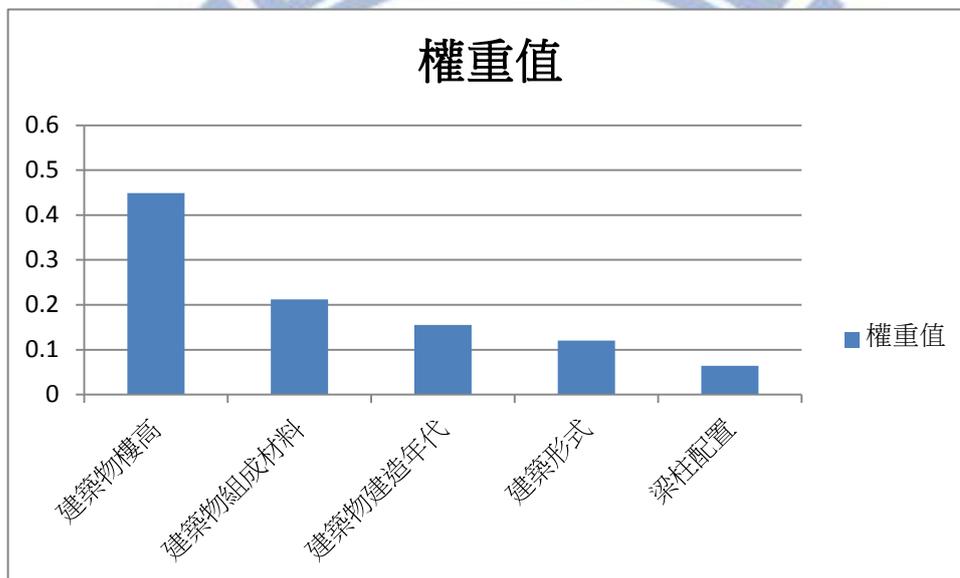


圖 17 次評估準則(建築物設計)之相對權數

資料來源：本研究製作

建築施工品質層面下的次準則，其相對權重優勢評比依序為：選用適當材料(0.503)、施工品質(0.497)，權重雖有差異，但差異不大。

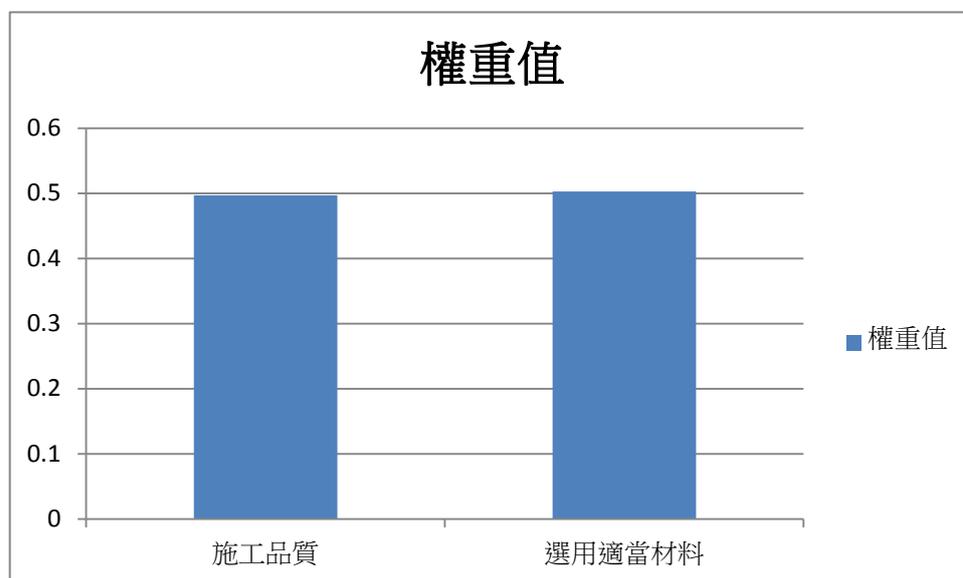


圖 18 次評估準則(建築施工品質)之相對權數

資料來源：本研究整理

4.一致性檢測準則

如受訪者的邏輯與判斷前後具一致性，此問卷方為有效問卷，則3個評估準則C.R.值應該要 <0.05 ；4個評估準則C.R.值 <0.08 ，5個以上評估準則一致性C.R.比值必須小於或等於0.1。在建築差異工址選取次準則，其C.R.=0.00(僅取至小數第二位)；在建築物設計次準則，其C.R.=0.08 <0.1 ；在建築施工品質次準則，其C.R.=0.00(僅取至小數第二位)，皆符合一致性檢定原則。

5. 準則與次準則的相對權重

根據上述所列，準則與其次準則之相對權重整理如下表：

表 13 準則與次準則的相對權重表

可行性層面	權重	評估準則	權重	相對權重
建築差異 工址選取	0.437	斷層距離	0.483	0.211(2)
		工址地質	0.517	0.226(1)
建築物設計	0.326	建築物樓高	0.449	0.146(4)
		建築物組成材料	0.212	0.069(5)
		建築物建造年代	0.155	0.050(6)
		建築型式	0.12	0.039(9)
		梁柱配置	0.064	0.020(10)
耐震構件	0.151			0.151(3)
建築施工 品質	0.086	施工品質	0.497	0.042(8)
		選用適當材料	0.503	0.043(7)

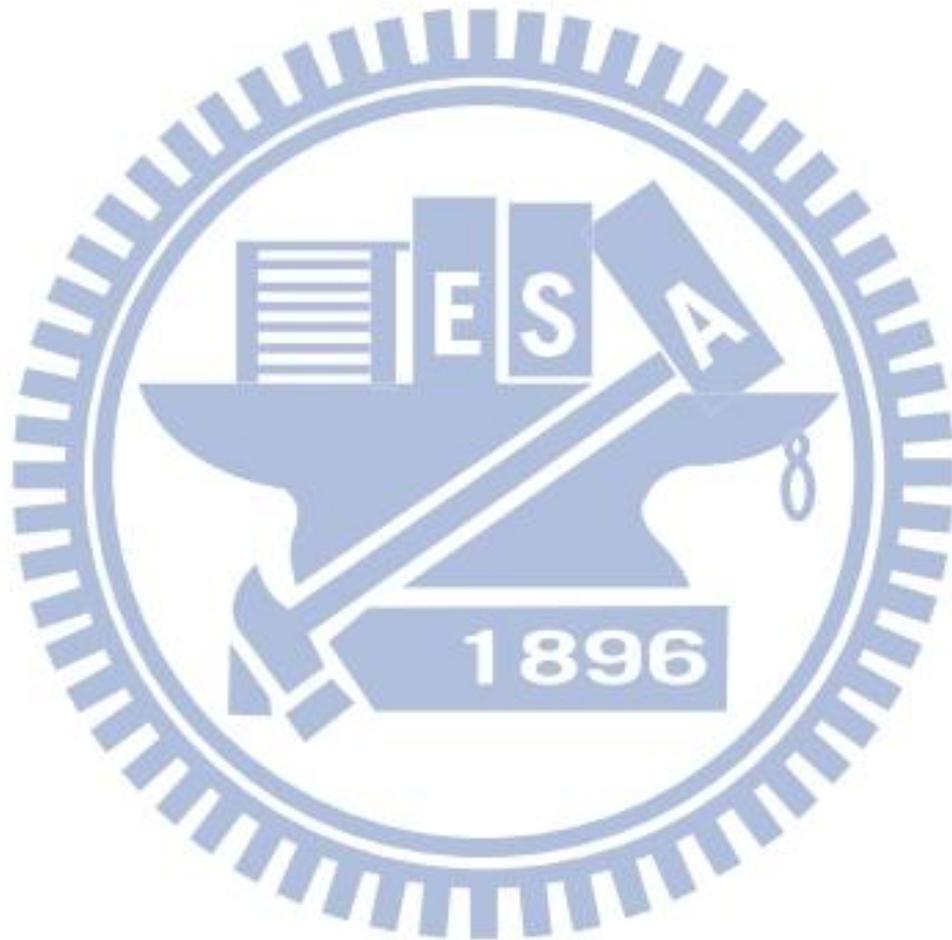
資料來源：本研究整理

透過AHP層級分析法，可以了解一般民眾認知中，影響建築物震災之影響因素最主要的因素仍為工址的選取，且重要性遠高於其他因素，其包含選擇正確的場所、土壤與結構的互制效應，選擇對抗震有力的構築場地和地基，以掌握地震活動情況和工程地質相關資料，以利作出正確評估。同時，避免興建於地震斷層附近，如非不得已必須建於斷層附近時，應慎重耐震設計，進一步推求震源的力學特性，做為設計參考。

其次，則為建築物所設置或增設或強化之耐震構件與建築物樓高，這兩個因素明顯的有著年齡上選取的偏好，較年輕的受訪者多選擇耐震

構件，而選擇建築物樓高分數較高得多為年長的受訪者。

接下來的權重因素為：建築物組成材料、建築物建造年代、選用適當材料、施工品質、建築形式及梁柱配置。



四、建築物耐震風險因應對策

風險所導致的損失形態不外乎有四種：(1)直接損失(2)費用損失(3)收入損失(4)責任損失。而後三者可統稱間接損失。直接損失常見的部分就為建築物的損毀、人員傷亡及其他財物損失等，而費用損失和收入對一般民眾而言是除了直接損失之外，最重要的一種損失。例如：如自有屋主如逢震災造成建築物損毀，則除了直接建築物的損失外，還有另行租屋的房屋費用損失；如房屋雖為自有但出租他人居住則此時亦會蒙受房租收入減少的損失。

表 14 地震的直接損失與間接損失

直接損失	直接損失(建築物損毀、人員傷亡、其他財物損失)
間接損失	費用損失(房屋貸款、房屋支出)
	收入損失(房租收入)
	責任損失(因自身擁有之建物砸傷他人等)

資料來源：本研究整理

就建築物遇震災所將面對的損失而言針對建築物震災所能採取的因應對策，指的是找出處理風險的可能方法，而最為常用的有四種：(1)風險規避(2)損失預防和控制(3)風險移轉(4)風險承擔

表 15 風險對策的選取原則

風險對策	性質	適用情形	備註
風險規避	企圖使損失頻率等於零之行動	損失頻率及幅度均高時	在特定範圍內有效。
損失預防和抑制	預防：降低損失頻率 抑制：縮小損失幅度	預防：損失頻率高損失幅度低 抑制：損失幅度高損失頻率低	與規避不同。風險規避的作法為將損失機率等於零
風險轉移	轉移責任予他人	需要他人承擔某一行動	
風險承擔	承擔風險	頻率低及損失幅度低時	

資料來源：本研究整理

4.1 風險規避

所謂風險規避是指為了不產生欲避免之風險或為了完全消除既存風險所採取之行動而言。簡單而言就是企圖完全降低風險發生機率至零的行動。這種對策是所有風險對策中可以「完全能自足」(Completely self-sufficient)的風險對策，也就是說當風險如能完全避免就不會產生損失，而其他的風險對策亦不需要了。

而規避風險常用的型態有兩種：根本不從事可能產生特定風險之行動或是中途放棄可能產生某種特定風險之行動。以本研究主題而言，避免建築物震災之風險為兩個風險因子組合而成，為了避免發生震災，可選擇遠離斷層或地震帶之建築物；或是為了避免發生建築物遇震災之影響，而避免自有、租用、使用。

在選用風險規避之對策時，應注意當風險發生頻率及損失幅度極高時，風險規避是一種適切的對策，但如為本研究所提及的風險是無可避免時，或是規避該風險只對於特定範圍或角度有效時，將有可能規避了

建築物遇震災之風險但帶來其他風險之可能性。

4.2 損失的預防與抑制

損失的預防與抑制可是為損害控制之對策，但就實質言，預防和抑制是有區別的，損失控制是風險控制中最重要亦為最常用的對策。例如：一棟大樓在施工前設計時即應考慮其耐震、防震之設計是最為常見的損失控制對策。有了耐震、防震設計，可使建物更積極的進行施工，同時該建物在遭受地震來襲時可穩然屹立縮小了可能造成的損失，所以損害控制對策是積極重要的風險控制對策。

損失預防和抑制的區分，在於損失預防在降低損失的頻率為目的，減少地震對建築物造成的損傷，如：現有建築物的耐震能力評估與補強等，而損失抑制是在於發生後縮小損失的幅度，如補強設計等。

損失預防在於事前降低損失的頻率為目的，而建築物於損失預防的部份可經由選取適當基地工址，檢討土地使用機能將不適合建造建築物的地質限定建地區域，以降低地震的危害度。同時，強化建築耐震能力，選用適當之安全建材，降低地震對建築物之危害。

4.3 選擇適當工址

以工程地質的觀點來看，選取適當工址須蒐集及了解工址周遭有關地質及地震的文獻資料及歷史地震的記錄，例如：利用衛星影像進行判釋，了解該區域的地震地質背景條件，像是岩盤類型、年代、構造特徵、斷層分布狀況等。然後，結合工址及其周圍的震央分佈、震源深度及震度資料，加以綜合評估。於選址時，應注意重要工程應避開活動斷層及大斷裂破碎帶，同時盡可能避開強烈振動破壞效應及地面破壞效應的地段，這種地段可能包含強烈沉陷的淤泥層、厚填土層、液

化潛勢高的飽和砂土層及可能產生的不均勻沉陷的地基。針對不穩定的斜坡、可能產生遭邊坡破壞效應的地段、地下水位太淺等區域亦應特別留意。

至於工址上基礎的防震措施，應注意下列幾點：

1. 基礎要放置在堅硬、密實的地基上；避免鬆軟的地基
2. 基礎的砌置深度要大些，以防止地震時建築物發生傾倒
3. 同一建築物不要併用不同形式的基礎
4. 同一建築物的基礎不要分別座落在性質顯著不同，或厚度變化很大的地基上
5. 建築物的基礎要以剛性強的連結梁連成堅強的整體。

4.4 建築物耐震設計

建築物耐震設計其基本原則為建築物結構體、非結構構材與設備及非建築結構物，應設計、建造使其能抵禦任何方向之地震力。而進行耐震設計的目標要求建築物於中小度地震（回歸期約30年之地震，其50年超越機率約為80%左右）結構體保持在彈性限度內，使地震過後，建築物結構體沒有任何損壞；在地震水準為回歸期475年之地震，其50年超越機率約為10%左右下建築物不得產生嚴重損壞，以避免造成嚴重的人命及財產損失。在回歸期2500年之地震，其50年超越機率約為2%左右時，建築物於此罕見之烈震下不產生崩塌，以避免造成嚴重之損失或造成二次災害。

抵抗地震力的結構系統主要分為六類：承重牆系統以剪力牆或斜撐構架抵抗地震力時，剪力牆與斜撐同時也負擔垂直載重，致使地震時剪力牆或斜撐構架破壞，可能引起垂直載重系統的崩塌；構架系統同樣

以剪力牆或斜撐構架抵抗地震力。地震時，當剪力牆或斜撐構架進入非彈性變形或破壞，垂直載重可由承受垂直載重完整立體構架承擔，故此二種系統之區分可由此判別；構架系統具有完整的立體構架以承擔垂直載重。但此構架不設計其承擔地震力。地震力全由斜撐構架或剪力牆承擔。事實上，斜撐構架及剪力牆亦無可避免承擔局部的垂直載重。承受垂直載重的立體構架須滿足不承受地震力構材的最少韌性要求，使其能在地震產生的變形下，維持承載垂直力的任務；抗彎矩構架系統須具有完整的立體構架以承擔垂直載重，而全部的地震力須由抗彎矩構架承擔。抗彎矩構架若屬韌性者，其韌性容量R最高，為4.8，但其設計不論鋼造或鋼筋混凝土造，均須滿足韌性抗彎矩構架的特別規定。抗彎矩構架中填有未隔開非結構牆時，R值可取4.0，但須進行兩階段分析與設計，必須檢核非結構牆破壞時，其旁之梁柱不得損壞；二元系統其特性包含，具完整立體構架以受垂直載重、以剪力牆、斜撐構架及韌性抗彎矩構架（SMRF）或混凝土部分韌性抗彎矩構架（IMRF）抵禦地震力，其中抗彎矩構架應設計能單獨抵禦25%以上的設計地震力；其他尚有未定義之結構系統不屬於前述之建築結構系統者及建築物以外自行承擔垂直載重與地震力之結構物系統者。

形狀規則之建築物，以靜力分析法進行結構分析。地震力可假設單獨分別作用在建築物兩主軸方向上。靜力分析方法適用於建築物之抵抗側力結構系統，其高度小於50公尺且未達十五層，且須為規則性建築物或不須進行動力分析之不規則性建築物者。另，如建築物由上、下兩部分構成，下方部分剛性大，上方部分剛性甚小。此兩部分分別考慮時，均係規則性建築物。下方部分平均樓層勁度至少為上方部分平均樓層勁度的10倍以上，而整幢建築物之基本振動週期不大於將上方部分之底部視為固端所得基本振動週期的1.1倍者，此時上、下兩部分之地震力可分別以靜力分析法計算。

而當建築物不規則者，須進行動力分析法，為反應譜分析法或歷時分析法。

4.5 消能結構與隔震設計

921地震過後初期，為降低地震所造成的傷害，紛紛尋求達到更高標準的耐震建築，其中常見的方式就是採用較高的震區係數 Z 值或用途係數 I 值，以提高設計地震力及強化結構構材強度。之後各界開始普及應用消能結構和隔震結構，以降低對房屋結構的作用力。

減震（或制震）消能結構⁹是利用消能裝置，如阻尼元件，裝設在建築物上，於地震發生時藉以抑制建築物的受震反應並吸收及消耗地震能量，達到降低建築物的側向位移變形、減少建築物結構損壞的目的，目前廣泛被應用在房屋建築的消能裝置大多為被動控制型，其消能元件可概分為位移型與速度型。位移型元件主要是以鋼材(如低降伏鋼)、鉛、摩擦材等材料的塑性變形來消能，其常見的型態有剪力牆、斜撐及間柱等型式，由於位移型消能元件須在材料發生降伏時，才會發生阻尼效果，因此設計時必須適切地設定其降伏的時機點與變形量，地震後若有降伏塑性變形時，則應予以更換。速度型元件是以增加建築物的阻尼比來消滅地震的能量，其組題立的大小與建築物受震時的反應速度有關，類型則包括固態黏彈性元件、液態黏彈性以及液態黏滯元件等。

隔震建築結構是在建築物的基礎下部或中間層設置隔震層，隔震層高度通常採用2~3公尺之間，其利用所設置之隔震元件支撐起垂直載重，近年來實用的產品有橡膠式隔震元件和滑動式隔震元件兩種。在強震的作用下，隔震元件則具有足夠的水平變形能力，以延長建築物週期，

⁹日本免震構造協會，隔震建築，全華科技圖書股份有限公司，2005年

隔離地震震波進入建築物，如此一來就可以大幅降低結構體在地震過程中所產生的變形量，甚至只會像剛體一般輕微來回移動，確保結構構材仍可維持在彈性範圍內而不致有重大損傷。

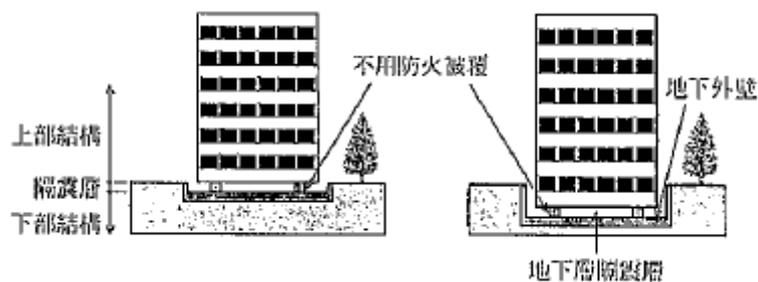


圖 19 基礎隔震

資料來源：日本免震構造協會，2005 年

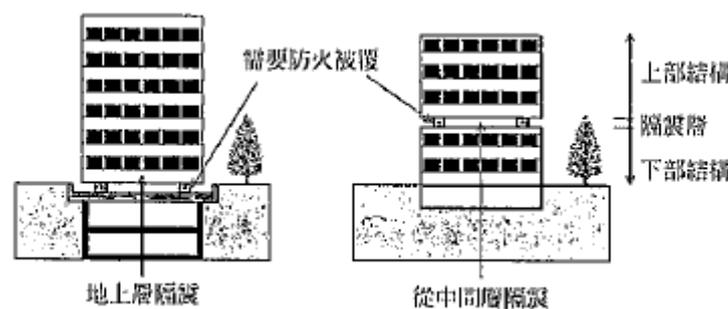


圖 20 中間層隔震

資料來源：日本免震構造協會，2005 年

隔震設計於民國91年頒布建築物隔震設計規範¹⁰，主要說明靜力與動力分析方法，並要求實體實驗與性能保證，規範中規定規則性的建築物可以靜力分析方法設計，惟規範計算設計地震力時，將隔震層以上的建築物視為剛體，並於設計地震時保持彈性。其流程為：

¹⁰ 詹添全，建築物隔震設計與施工，科技圖書，2005

1. 分析最小側向位移
2. 設計總位移
3. 決定總位移
4. 計算有效週期
5. 最小設計水平總橫量
6. 隔震層上方最小水平總橫力
7. 地震力的豎向分配
8. 分析意外扭距與傾倒力距
9. 分析層間相對位移與建築物間隔
10. 動力分析(反應譜與非線性歷時分析)

4.6 既有建築耐震評估與補強

隨著建築物耐震設計規範的持續修訂與頒布，將有不少的既有建築物之耐震能力可能無法符合應有之耐震需求，當大地震發生時，也都是這些耐震性低的建築物比較容易發生損害，因此現有建築物的耐震評估與補強設計也是相當重要的。

一般而言，建築物之耐震能力評估分為初步評估及詳細評估，初步評估作為快速篩選修先評估順序之用，經初步評估判定為無疑慮者，即不必進行詳細評估；但如判定為有疑慮及卻有疑慮者，除拆除重建外，應進行詳細評估或耐震設計補強。

近年來政府所推動之公有建築物耐震能力評估，大多依據「鋼筋混凝土建築物耐震能力評估手冊」，但其未進行非線性耐震靜力分析，在其使用性及準確性方面會略受限制。評估方法須先設定梁柱構材端部

之M3塑鉸、RC牆承受水平力與變形之非線性關係，以及磚牆構材之軸力塑鉸，接著再匯入ETABS、MIDAS程式進行非線性側推分析與容量震譜法分析，即可完成評估作業。該系統除可進行耐震能力評估外，亦適用於減核心設計建築物在不同地震下之耐震行為，有助於耐震性能設計之落實。

進行補強設計可以按原始建築物耐震需求而定，考慮強度補強、韌性補強或強度及韌性兩者綜合補強之原則，同時考量使用性、施工性與經濟性，以選擇補強工法。

一般建築物的補強工法眾多，大致可分為下列方法：

1. 補強建築物結構元件：擴大原有梁斷面補強、RC梁之下緣貼片包覆補強、擴大原有柱斷面補強、既有柱貼片包覆補強、既有柱增設翼牆、既有RC牆加厚或碳纖維布包覆、增設耐震RC剪力牆、改善柱可變形長度等。
2. 改善建築物結構系統：增設耐力構架、增設RC翼牆、增設RC剪力牆或加厚原有剪力牆、增設PC板或鋼板等之補強壁體、增設含鋼骨斜撐之X型、K型、基礎或地盤改良、增設連續壁或群樁、基樁本身之補強等。
3. 降低建築物設計地震力：減輕重量、增設速度型阻尼元件或制震裝置、隔震裝置等，來吸收地震能量或減少輸入結構體之地震力。

4.7 風險轉移

風險轉移原則乃是設計方法或支付合理的代價，將風險移轉到自身以外的某特定個人或組織，讓風險發生時的衝擊完全由這一個特定的組織或個人來承擔。而風險轉移之途徑有二：透過法律契約，如免責合約、租賃合約、保證合約等方式將相關責任轉移；另一種方式，是以財務的方式將其風險，移轉給專業保險公司，保險公司將多數風險結合在一起，並把所繳付的保險費統一應用形成一筆基金，若損失發生時，由保險公司負責彌補與賠償損失的制度。一般來說，風險轉移最常用的策略便是保險。

4.7.1 台灣現行地震保險制度

921地震造成台灣民眾嚴重之經濟損失，政府積極推動住宅地震保險制度¹¹，自2002年起實施「住宅火災及地震基本保險」，由產險公會依據新法的規定草擬我國住宅地震保險制度計畫，其承保方式在於住宅火險承保範圍自動包含地震事故，即為凡投保住宅火險者須同時投保地震險，保險期間為一年一期。住宅火災地震保險的實施方式，是以附加於住宅火險上，須投保住宅火險後方可附加住宅地震險。

住宅火災及地震基本保險實施至今，目前截至2010年底之承保範圍為每戶保險金額最高為新台幣120萬元，採單一費率制，每年保費為新台幣1,459元，其承保範圍詳如表16。

¹¹ 財團法人住宅地震保險基金網站，http://www.treif.org.tw/contents/F_law/F.aspx，相關法令頁面

表 16 住宅地震保險承保範圍

承保內容	住宅地震保險	鑑定全損：建築物因承保之危險事故直接發生之毀損或滅失，經政府機關或專門之建築、結構、土木等技師公會出具證明鑑定為不堪居住必須拆除重建，或非經修建不能居住且補強費用為重建費用之百分之五十，承保公司負賠償責任。
保險標的物	僅承保建築物	
地震險保險金額	以重置成本為基礎，惟最高不得超過新台幣120萬元(不足額按比例遞減)	
保險金額	新台幣1459元	
自付額	無	
理賠事項	僅限建築物全損或鑑定全損	
給付期限	檢齊文件、證據及賠償金額，經雙方確認後十五天內為賠付	

資料來源：財團法人住宅地震保險基金

住宅地震基本保險的承保範圍包括地震震動、地震引起之火災、爆炸、山崩、地層下陷、滑動、開裂、決口及地震引起之海嘯、海潮高漲、洪水等危險事故所造成之全損，係指本保險承保之住宅建築物受損情形由合格評估人員達「不堪居住必須拆除重建」或「非經修建不能居住且修復費用為重置成本百分之五十以上」。一旦承保之住宅經判定為符合理賠標準時，承保公司會同時支付保戶臨時住宿費用新台幣18萬元整。

而住宅火災及地震基本保險僅為基本保障，民眾如欲購買超過新台幣120萬元以上的保障，可依自身需求與預算，選擇「輕損地震保險」、「超額地震保險」或「擴大型地震保險」等其他類型地震保險。

五、結論

本研究調查結果了解，受訪者所了解建築物震災的主要影響因素為工址的選取，其包含與斷層距離及工址地質兩個部份。現階段而言，一般民眾可透過手機、GPS等方式進行定位，利用網路資料蒐尋該工址其鄰近斷層，但確認該工址地質狀況、耐震設計及施工品質等其他因素，其重要性不亞於建築工址選取，但這部分的確超出一般民眾能力範圍。自92年起內政部設置「耐震標章」認證制度，透過自規劃設計、興建至完工交屋及使照取得階段之結構物耐震性能的察證後，發給標章以證明建築物在規劃設計與施工階段皆符合耐震設計規範並確實執行。

同時，就一般民眾而言，居住住所可能為租賃或是自有，而其所採取之因應對策即因此有所區別。如其為租賃，其所能採取的措施為租賃前應先了解租屋處是否於鄰近活動斷層並檢視屋況。如其為自有購買，應於購買前確認工址位置、地質，新成屋則確認主結構牆，應避免自行拆除內裝牆面、變更隔局；如為中古屋，先以目視確認是否有明顯裂隙，如有應委由專業技師協助確認。

本次問卷調查亦假設情境，詢問受訪者在面臨住所有可能受震災影響之疑慮時，會採取何種作為(可複選)：67%受訪者選擇更換住所，51%受訪者選擇被動的持續觀察，僅43%受訪者尋求專業結構技師確認，37%受訪者會選擇購買保險，此結果顯示一般民眾對於建築物震災之影響採取的風險因應對策多為損失規避，藉由更換住所的方式，降低住所遭受震災之危害。

而本研究受訪者多選擇以購買地震保險的方式，來降低地震發生時損失的幅度。自有建築物耐震等級的提升，因考量經費問題，使大多數

受訪者裹足不前。所幸近年來政府多鼓勵都市更新計畫，使人口密集高之老舊建築，多因此逐步拆除依現建築相關規範進行重建。而因經費、住戶或其他因素等及未達都市更新計畫之舊有建築，其耐震能力是否得以達到小震無損、大震不倒，亦值得深思。



參考文獻

1. 陳信宏，「地震風險管理與保險費率釐定以台北市為例」，2002，國立中央大學土木工程研究所碩士論文
2. 邱銓城，「營造綜合險危險評等方法之研究」，博士論文，國立台灣科技大學營建工程系，台北，2001。
3. 劉福標，「營建工程風險管理與分擔之初探」，營建管理季刊，第50期，p43-p48，2002。
4. 劉文琦，「從營造工程施工風險認知觀點探討臺灣地區營造綜合保險對營造業經營發展之影響」，2002，國立中央大學土木工程研究所碩士論文
5. 陳亮全，「地震災害危險度評估項目之探討」，內政部營建署建築研究所籌備小組，1988
6. 莊維銓，「都市防救災空間系統檢討與地域危險度評估之研究-以苗栗市地震災害為例」，國立政治大學地政研究所，2003
7. 鄧振源、曾國雄，中國統計學報 27卷6-7期，層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(上)，1989
8. 張魁峯，Super Decisions軟體操作手冊以ANP突破AHP的研究限制，鼎茂圖書有限公司，2008
9. 簡禎富，決策分析與管理，雙葉書廊，2005
10. 宋明哲，風險管理，五南圖書出版公司，2010
11. Gordon Dickson，Risk Management Principle and Practice，1995

12. 國立中央大學土木工程學系，土木工程防災概論，藝軒圖書出版社，2005
13. 蔡衡、楊建夫，台灣的斷層與地震，遠足文化公司，2004
14. 黃宏謀、魏秀凌，台北市國小建築物地震災損評估，中華民國建築學會 建築學報第59期，2007
15. 簡文郁、張郁文，台灣地震潛勢評估，台灣地震損失評估系列研討會論文集，2007
16. 蘇晴茂、張景策，十年來房屋地震工程之進展與今後之展望，結構工程第24卷第3期，2008
17. 日本免震構造協會，隔震建築，全華科技圖書股份有限公司，2005
18. 葉錦勳、簡文郁，危害度分析與震災境況模擬技術整合研究，2006
19. 葉錦勳，「台灣地震損失評估系統—TELES」，國家地震工程研究中心，2003
20. 簡文郁、葉錦勳，台灣地區地震風險評估與應用研究，國家地震工程研究中心簡訊，第62期，2007
21. 陳清泉，建築物耐震評估作業及震害資料庫建置之研究-子計畫一：建築物耐震評估方法之研修與作業準則之研擬，內政部建築研究所，2003
22. 鄭燦堂，風險管理理論與實務，五南圖書出版有限公司，2012
23. 內政部建築研究所，建築物震害調查初步報告，1999
24. 內政部建築研究所，建築物耐震設計規範說明會，2003

- 25.黃宏謀、魏秀凌，台北市國小建築物地震災損評估，中華民國建築學會 建築學報第59期，2007
- 26.921地震十周年專輯，土木水利第36卷第4期，2009
- 27.簡文郁、張郁文，台灣地震潛勢評估，台灣地震損失評估系列研討會論文集，2007
- 28.蘇晴茂、張景策，十年來房屋地震工程之進展與今後之展望，結構工程第24卷第3期，2008
- 29.游繁結，地震與防災。預約美麗新家園：走過百年大地震紀念專輯，2000
- 30.許丁友，2008汶川地震專刊導讀，國研科技，2008
- 31.陳清泉、蔡益超、呂良正、謝尚賢，國立台灣大學校舍建築結構安全評估系統研究，財團法人臺灣營建研究院，2001
- 32.何明錦、蔡益超、陳清泉，鋼筋混凝土建築物耐震能力評估法及推廣，內政部建築研究所，1999
- 33.蔡益超、邱昌平、張英發，『現有鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估法準則』，內政部營建署(建築研究所籌備小組)，1988
- 34.內政部，『建築物耐震設計規範及解說』，營建雜誌社，2001
- 35.陳亮全、洪鴻智、詹士樑、簡長毅，地震災害風險-效益分析於土地使用規劃之應用：應用HAZ-Taiwan 系統，都市與計劃，第三十卷第四期，2003

- 36.何明錦、洪鴻智，「應用HAZ-Taiwan 系統進行都市計畫防災規劃方法與方式探討」，內政部建築研究所研究計畫成果報告，2002
- 37.洪鴻智、詹士樑，「都市地區有效避難路線與救災路徑評估方法之研究(III)：與HAZ-Taiwan 整合應用」，內政部建築研究所研究計畫成果報告，2001
- 38.陳建忠、詹士樑，「都市地區避難救災路徑有效性評估之研究」，內政部建築研究所專題研究計劃成果報告，1999
- 39.簡文郁、張毓文、溫國樑、羅俊雄，「地震危害度分析和模擬地震設定」，財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心，2006
- 40.鐘立來等，校舍結構耐震評估與補強技術手冊第二版，國家地震工程研究中心，2009
- 41.陳亮全、邱昌平，地震災害危險度評估項目之探討，內政部建研所，1988
- 42.蘇晴茂、張景策，十年來房屋地震工程之進展與今後之展望，結構工程，第二十四卷第三期，2009
- 43.財團法人住宅地震保險基金網站，
http://www.treif.org.tw/contents/F_law/F.aspx，相關法令頁面

附錄一

以風險管理角度探討建築物震災之因應對策 層級分析法(AHP)效度分析問卷

敬啟者：

您好，這是一份探討「建築物震災之風險因子」所設計的問卷，主要目的在於了解台灣地區一般民眾對於建築物震災各可能因子的危害重視度，以找出可能之因應對策來防範及加強建築物面對震災可能性。期盼由各位透過 AHP 問卷調查方式，得以彙整普羅大眾之意見，作為研擬建築物震災防護及因應對策之參考。

本問卷純屬學術性的調查，不作為其他用途或公開使用，請您放心作答。如於問卷填寫過程中，有任何疑問或建議，敬請指教，感謝您的協助，謝謝！

國立交通大學

產業安全與防災專班

指導教授：金大仁、陳建忠

研究生：黃祈綺

e-mail：chi206@gmail.com

本問卷分為以下四個架構：

一、評估因子簡述

二、評估因子架構表

三、基本資料問卷

四、AHP 問卷



一、評估因子簡述

初步歸納出建築物震災之評估因子如下：

(一)建築差異工址選取：

(1)與斷層距離：若可以選擇工址，應儘量遠離地震斷層附近。

(2)工址地質：同一棟結構單元不宜設置在不同的地質條件上。

(二)建築物設計：

(1)結構物樓高

(2)結構物的組成材料：木造、磚造、RC、SRC

(3)結構物建造之建築法規耐震規範

(4)建築形式：平面組成要簡單、結構型式應儘量對稱規則

在許多大地震中發現結構配置不良的不規則性結構，是致使結構發生破壞的主因。不規則性結構主要是立面、平面不規則或地震力傳遞路徑不規則。

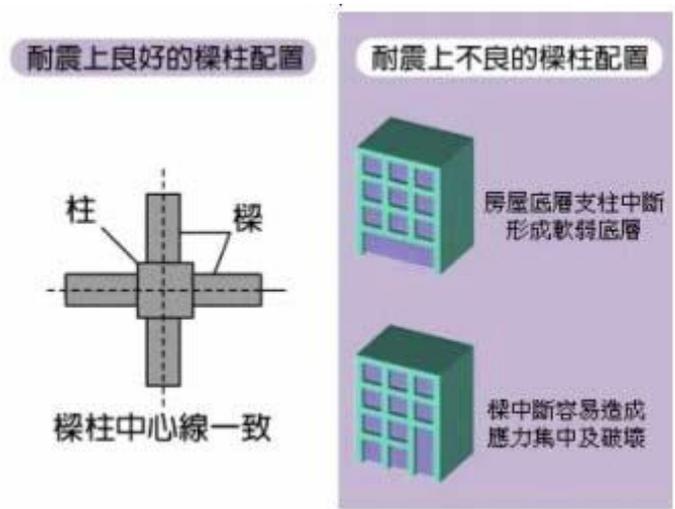
若結構具立面不規則性，其於地震下各層樓之動態反應及引致之樓層側向力會與由靜力分析所得者有明確之差異，所以結構具立面不規則性須進行動力分析才能得到正確之反應值。

若建築物某樓層之重量與其相鄰之樓層有明顯之差異時，則建築物亦視為立面不規則性結構。

(5)梁柱配置：強柱弱梁、梁柱的中心線應一致

牆面具有良好的抵抗水平地震力之能力，因此地震後常見柱樑完好而牆壁開裂的情況，即牆壁吸收了大量的地震能量，使柱樑不受損害。在樑柱設計上，應採用“強柱弱樑”的觀念，亦即

柱的強度應相對地較樑的強度為高，以免柱子先行破壞，造成崩塌。同時，梁柱的中心線應一致，若不一致容易產生額外應力。



(三)耐震構件的設計：

如：承重牆系統、構架系統、抗彎矩構架系統、二元系統

承重牆系統以剪力牆或斜撐構架抵抗地震力時，剪力牆與斜撐同時也負擔垂直載重，致使地震時剪力牆或斜撐構架破壞，可能引起垂直載重系統的崩塌。

構架系統同樣以剪力牆或斜撐構架抵抗地震力。地震時，當剪力牆或斜撐構架進入非彈性變形或破壞，垂直載重可由承受垂直載重完整立體構架承擔，故此二種系統之區分可由此判別。

構架系統具有完整的立體構架以承擔垂直載重。但此構架不設計其承擔地震力。地震力全由斜撐構架或剪力牆承擔。事實上，斜撐構架及剪力牆亦無可避免承擔局部的垂直載重。承受垂直載重的立體構架須滿足不承受地震力構材的最少韌性要求，使其能在地震產生的變形下，維持承載垂直力的任務。

抗彎矩構架系統須具有完整的立體構架以承擔垂直載重，而全部的地震力須由抗彎矩構架承擔。抗彎矩構架若屬韌性者，其韌性容量R最高，為4.8，但其設計不論鋼造或鋼筋混凝土造，均須滿足韌性抗彎矩構架的特別規定。抗彎矩構架中填有未隔開非結構牆時，R值可取4.0，但須進行兩階段分析與設計，必須檢核非結構牆破壞時，其旁之梁柱不得損壞。

二元系統具完整立體構架以受垂直載重，並以剪力牆、斜撐構架及特殊抗彎矩構架（SMRF）或為混凝土部分韌性抗彎矩構架（IMRF）抵禦地震力，其中抗彎矩構架應設計能單獨抵禦25%以上的設計地震力之結構，或為抗彎矩構架與剪力牆或抗彎矩構架與斜撐構架應設計使其能抵禦依相對勁度所分配之地震力。

(四)結構材料與施工品質的原則：

(1)適當材料特性

(2)確保施工品質。

建築物構材須具備足夠的強度與延性，不宜過度強調構件材料的強度或延性。同時，確保施工品質：對於圖說中要求或特殊所註明之要求，施工人員切實執行。

二、評估因子架構表

建築物震災潛勢評估架構表

評估目標	評估構面	評估因子	因子說明
建築物震災之影響	建地差異 工址選取	與斷層距離	應選擇與斷層距離較遠的建地工址。與斷層的距離越近，受斷層活動影響越大。
		工址地質	同一棟結構單元不宜設置在不同的地質條件上。
	建築物設計	結構物樓高	樓高1-3、4-7、8層樓以上
		結構物組成材料	木造、磚造、RC、SRC
		建築物符合之建築法規年代	民國63年、71年、78年、86年、88年、93年
		建築形式	<p>(1)平面形式：平面組成要簡單、緊湊，抗扭勁度要大。</p> <p>(2)配置簡單：以耐震能力的觀點而言，對於配置簡單的結構，其動力行為將較能掌握。</p> <p>(3)對稱規則：結構型式應儘量對稱規則，避免結構產生額外的扭轉變形。另外應儘量使建築物的勁度與質量中心相重合，以減少扭轉的模態發生。</p> <p>(4)均勻連續：在建築物的垂直方向與外形應避免急劇的變化。</p> <p>(5)適當比例：對於高寬比大的建築物在地震橫力作用下，容易產生過大的側</p>

		梁柱配置	向 (1)柱的剖面應稍微大於梁，形成強柱弱梁。 (2)梁柱的中心線應一致，若不一致容易產生額外應力。
	耐震構件	耐震構件	承重牆系統、構架系統、抗彎矩構架系統、二元系統。
	建築物 施工品質	結構材料與施工 品質的原則	選擇適當建築材料、確保 施工品質。



三、基本資料問卷

一、基本資料

1.年齡：

18歲以下 18-25歲 25-35歲 35-50歲 50-65歲 65歲以上

2.性別：男 女

3.教育程度：

國中以下 高中 大專 碩士以上

4.家庭年收入：

50萬以下 50萬~100萬 100萬~200萬 200萬~500萬 500萬以上

5.居住地區為：_____

6.目前居住處之建築物為自有 租賃

7.在選擇居住之住所時，是否會確認建築結構安全？是 否

8.當地震發生之後，是否會巡視住所建築結構狀況？是 否

9.當居住處經主管機關建議加強耐震結構或措施時，是否願意提撥金

費改善？是 否

改善金額約佔家庭年收入，多少百分比為可接受？

20%以下 20%~40% 40%~60% 60%~80%

四、AHP 問卷

問卷填寫說明

- 1.本問卷採用層級分析法(Analytic Hierarchy Process; AHP)，旨在利用層級結構之關係，將複雜的問題由高層次往下層次逐步分解，並彙集有關決策人員進行評估，以求得方案之優勢比重值。
- 2.本問卷採兩兩項目相對比較，並以勾選方式回答，請您依個人主觀專業素養來評斷，並於適當位置打勾。
- 3.填寫範例如下：

(1)相對重要程度比例之勾選

如果就造成建築物震災潛勢而言，「建地工址選取」比「梁柱配置」稍微重要，則請於3：1 欄下方所對應之方格打勾，代表「建築物公址之選取」比「梁柱配置」稍微重要。

因素	相對重要程度													因素				
	絕對不重要		極不重要	相當不重要	稍不重要	相等重要	稍重要	相當重要	極重要		絕對重要							
建築物工址選取	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	7:1	8:1	9:1	梁柱配置

(2)等級大小之勾選

如果就建築物規模影響潛勢而言，相較之下易造成建築物傾倒、結構破壞等影響發生者，為較高等級，故若您認為「建築物規模1-3樓」等級為0.5，則請於0.5 欄下打勾，如果「建築物規模4-7」等級為0.7，則請於0.7 欄下打勾，如果「建築物規模8層樓以上」等級為0.2，則請於0.2 欄下打勾。

因素	等級										
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
1-3樓						✓					
4-7樓								✓			
8樓以上			✓								

二、閱讀完建築物震災潛勢評估架構表後，請就各評估因子間之相對重要性進行勾選。

第一階層：「評估構面」間相對重要程度之比例。

請就建築物震災潛勢評估構面之「建地工址選取」、「建築物設計」、「耐震構件設計」及「施工品質」，四個項目勾選其相對重要性。

因素	相對重要程度														因素			
	絕對不重要	極不重要	相當不重要	稍不重要	相等重要	稍重要	相當重要	極重要	絕對重要									
	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1		7:1	8:1	9:1
建築物工址選取																		建築物設計
																		耐震構件
																		施工品質
建築物設計																		結構物樓高

第二階層：「評估項目」間相對重要程度之比例

1.請就建築物工址選取之「地震甲區、地震乙區、台北一~三區」三個項目勾選其相對重要性。

因素	相對重要程度														因素			
	絕對不重要	極不重要	相當不重要	稍不重要	相等重要	稍重要	相當重要	極重要	絕對重要									
	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1		7:1	8:1	9:1
地震甲區																		地震乙區
																		台北一~三區
地震乙區																		台北一~三區

2.請就建築物設計中建築物樓高選取之「樓高1-3、4-7、8層樓以上」三個項目勾選其相對重要性。

因素	相對重要程度											因素						
	絕對不重要		極不重要		相當不重要		稍不重要		相等重要		稍重要			相當重要		極重要		絕對重要
	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1	2:1	3:1		4:1	5:1	6:1	7:1	8:1	9:1
樓高1-3																		樓高4-7
																		8層樓以上
樓高4-7																		8層樓以上

3.請就建築物結構材料選取之「木造、磚造、RC、SRC」四個項目勾選其相對重要性。

因素	相對重要程度											因素						
	絕對不重要		極不重要		相當不重要		稍不重要		相等重要		稍重要			相當重要		極重要		絕對重要
	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1	2:1	3:1		4:1	5:1	6:1	7:1	8:1	9:1
木造																		磚造
																		RC
																		SRC
磚造																		RC
																		SRC
RC																		SRC

4.請就建築物符合之建築法規年代選取之「民國63年、71年、78年、86年、88年、93年」六個項目勾選其相對重要性。

因素	相對重要程度											因素						
	絕對不重要		極不重要		相當不重要		稍不重要		相等重要		稍重要			相當重要		極重要		絕對重要
	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1	2:1	3:1		4:1	5:1	6:1	7:1	8:1	9:1
63年																		71年
																		78年
																		86年
																		88年
																		93年
71年																		78年
																		86年
																		88年
78年																		86年
																		88年
86年																		88年

5.請就耐震構件選取之「承重牆系統、構架系統、抗彎矩構架系統、二元系統」四個項目勾選其相對重要性。

因素	相對重要程度														因素			
	絕對不重要		極不重要		相當不重要		稍不重要		相等重要		稍重要		相當重要			極重要		絕對重要
	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1		7:1	8:1	9:1
承重牆系統																		構架系統
																		抗彎矩構架
																		二元系統
構架系統																		抗彎矩構架
																		二元系統
抗彎矩構架																		二元系統

二、「項目之等級」請就各評估因子間之相對重要性進行勾選

1.建築物工址選取：請就「建築物工址選取」三個項目勾選其等級高低。

因素	等級											
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
地震 甲區												
地震 乙區												
臺北 一~三區												

2.建築物樓高：請就「建築物樓高」三個項目勾選其等級高低。

因素	等級											
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
樓高 1-3樓												
樓高 4-7樓												
8層以上												

3.建築物結構材料：請就「建築物結構材料」四個項目勾選其等級高低。

因素	等級											
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
木造												
磚造												
RC												
SRC												

4.建築物建造年代抗震設計：請就「建築物建造年代抗震設計」六個項目勾選其等級高低。

因素	等級										
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
63年											
71年											
78年											
86年											
88年											
93年											

5.建築物耐震構件：請就「建築物耐震構件」四個等級勾選其等級高低。

因素	等級										
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
承重牆系統											
構架系統											
抗彎矩構架系統											
二元系統											

6.建築物施工品質：請就「建築物施工品質」二個等級勾選其等級高低。選擇適當建築材料、確保施工品質

因素	等級											
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
選擇適當建築材料												
確保施工品質												

問卷結束，感謝您的協助與參與!

