

國立政治大學風險管理與保險學系

碩士學位論文

指導教授： 蔡政憲 博士

台灣政府財產之地震與洪災風險管理- 以橋梁與  
建物為例

**Managing Earthquake and Flood Risk of Public  
Properties in Taiwan-the Case of Bridges and  
Buildings**

研究生：林芝伶 撰

中華民國一百零一年六月

# 目次

目次.....	I
表次.....	III
圖次.....	IV
中文摘要 .....	1
Abstract.....	2
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>3</b>
1.1 研究動機與目的 .....	3
1.2 研究流程與架構.....	5
<b>第二章 文獻探討 .....</b>	<b>7</b>
2.1 學術文獻.....	7
2.2 台灣地震與颱風洪災風險評估模型介紹 .....	9
2.2.1 地震風險評估模型 .....	9
2.2.2 颱風洪災風險評估模型 .....	11
<b>第三章 研究方法 .....</b>	<b>15</b>
3.1 資料蒐集.....	16
3.2 方法與說明 .....	18
3.2.1 地震風險模擬說明 .....	18
3.2.2 颱風洪災風險模擬說明 .....	18
<b>第四章 研究結果 .....</b>	<b>20</b>
4.1 地震風險.....	20
4.2 颱風洪災風險 .....	22
4.3 地震與颱風洪災風險整合 (pooling) 之分析 .....	23
4.4 政府總財產損失分析 .....	27
4.5 地震與颱風洪災風險最適化分析 .....	34
4.5.1 地震風險最適化結果.....	35

4.5.2 颱風洪災風險最適化結果 .....	37
4.6 巨災債券價值分析 .....	40
<b>第五章 結論與建議 .....</b>	<b>43</b>
<b>參考文獻 .....</b>	<b>44</b>



## 表次

表 3-1 台灣政府土地之類別與用途 .....	17
表 4-1 九二一大地震災害損失估計表 .....	27
表 4-2 莫拉克風災損失估計表 .....	28
表 4-3 政府土地利用類別與面積 .....	29
表 4-4 不同 a 與 b 值之政府負擔 .....	35
表 4-5 不同 a 與 b 值之政府負擔 .....	38



## 圖次

圖 1-1 全球 1950 年至 2011 年巨災發生次數 .....	3
圖 1-2 全球 1950 年至 2011 年巨災造成之經濟損失及保險損失 .....	4
圖 1-3 研究架構與流程圖 .....	6
圖 2-1 地震風險評估模型架構 .....	9
圖 2-2 危害度分析示意圖 .....	10
圖 2-3 地震事件損失表建立流程 .....	11
圖 2-4 颱風洪水風險評估模型架構 .....	12
圖 2-5 淹水危害度分析及財產損害分析模組架構 .....	13
圖 3-1 為台灣各地正常橋梁之推估重置成本 .....	16
圖 4-1 各保險機制與未保險之政府損失 .....	21
圖 4-2 各保險機制與未保險之政府損失 .....	23
圖 4-3 未有任何保險機制下風險整合效果 .....	24
圖 4-4 比例式保險風險整合效果 .....	25
圖 4-5 自負額保險風險整合效果 .....	26
圖 4-6 給付最高額度與自負額並行保險機制風險整合效果 .....	26
圖 4-7 住宅地震保險基金危險分擔機制圖 .....	30
圖 4-8 政府財產地震保險基金危險分擔機制圖 .....	31
圖 4-9 政府財產颱風洪災保險基金危險分擔機制圖 .....	31
圖 4-10 成立政府財產地震保險基金前後之損失 .....	32
圖 4-11 成立政府財產颱風洪災保險基金前後之損失 .....	33
圖 4-12 風險偏好不同下自負額保險之政府損失 .....	36
圖 4-13 風險偏好不同下給付最高額度與自負額並行保險之政府損失 .....	37
圖 4-14 風險偏好不同下自負額保險之政府損失 .....	39
圖 4-15 風險偏好不同下給付最高額度與自負額並行保險之政府損失 .....	39

## 中文摘要<sup>1</sup>

全球氣候變遷天災頻傳，全球溫室效應亦導致氣候異常，颱風、洪水等天然災害發生的頻率與損失幅度亦逐漸增加，在地球環境越趨變化快速與惡化之下，政府如何因應天災所帶來之損失與影響亦越趨重要。

本研究宗旨希冀能提高政府對於地震等巨災風險管理的重視，研究風險管理如何緩和地震及風災洪水對台灣政府財政之損害。本文將以台灣地區之地震造成政府財產中橋樑損失資料以及風災洪水造成公部門建物內容物毀損資料，模擬出可能損失金額。分析政府在利用三種不同保險機制後政府之損失與風險分散程度，並以現行於台灣之住宅地震保險基金分層承擔風險機制為例，將所模擬出之政府財產總損失套入基金，擴大住宅地震保險基金的承保範圍並設立洪水基金，分析政府存在基金下之財政支出與損失波動度。另計算政府財產在三種保險機制設計下，不同風險偏好之政府所需繳納之保費；最後一部分將檢視發行地震巨災債券的價值變化。

關鍵字：政府財產、震災、洪災

---

<sup>1</sup>本篇論文與慕尼黑再保險公司委託政治大學風險與保險中心之計畫「Managing the Natural Catastrophe Risks of Taiwan by Government Budget Insurance - Phase II」相互參照引用，另本篇論文感謝慕尼黑再保險公司提供之研究經費之補助。

第四章研究結果中，4.1至4.4為計畫之原創結果並為本篇論文所引用；4.5與4.6則為論文之原創而被引用於計畫中。

## Abstract

Because of global climate change, natural disasters frequently happened all over the world. Global warming leads to climate anomalies, the frequency and loss severity of typhoons, floods and other natural disasters have also increased steadily. And under the Earth's environment changes and deteriorates rapidly, how should the government response to natural disasters are becoming more and more important. The purpose of this study is to attach importance to earthquake or other catastrophe risk management, and how to mitigate earthquake and flood catastrophes damage to the Taiwan government.

The purpose of this study is to estimate the exposures of some public properties of Taiwan to earthquake and flood catastrophes. The research team was able to secure from National Center University two event loss tables on the earthquake risk of road bridges and the flood risk of government buildings. Based on these tables we simulated 500,000 earthquake and flood losses respectively and constructed two loss distributions. Then we imposed three insurance schemes to illustrate how risk management can mitigate the Nat Cat risks. We further enlarged the scope to all government properties based on the losses from the 921 earthquake and the Morakot typhoon. On these enlarged loss distributions we imposed risk management schemes similar to that of the Residential Earthquake Insurance Fund (TREIF) to investigate the potential benefits of risk management on the Nat Cat exposures of government properties. And we find optimal premiums under different insurance mechanism with different risk preferences of the government. The last part will examine the changes in the value of the issue of earthquake catastrophe bonds.

Key words : Public Properties 、 Earthquake 、 Flood

# 第一章 緒論

## 1.1 研究動機與目的

隨著全球環境不斷惡化與極端氣候形成，天災發生頻率明顯提高，颱風、洪水等天然巨災發生的次數也不斷增加，損失亦有趨於嚴重之勢。根據慕尼黑再保險公司2011年上半年之統計，僅就2011年上半年，天然災害就有355起，同期2000年至2010年平均為390起，造成整體損失達2,600億美元（2000年至2010年同期平均為470億美元），之中保險損失達550億美元（2000年至2010年同期平均為120億美元）。

圖1-1與圖1-2為1950年至2011年全球各類天災之數目以及天災發生後造成之經濟損失與保險損失的統計數據，由統計數據可發現天災發生頻率與損失幅度有逐年上升趨勢，2011年上半年之巨災創下了整體損失最多的半年，包括日本、智利以及紐西蘭的大地震，美國的龍捲風災也造成許多經濟上面之損失，例如發生在日本311地震以及海嘯造成了大約2,100億美元的巨大經濟損失。然而目前天然巨災保險對於發展中國家損失負擔效果並不顯著，以中國汶川大地震為例，其直接經濟損失約為人民幣8,000億元，其中獲得保險賠償部分僅18億人民幣，因此如何提升各國政府對於天災風險管理的重視亦為一重要議題。

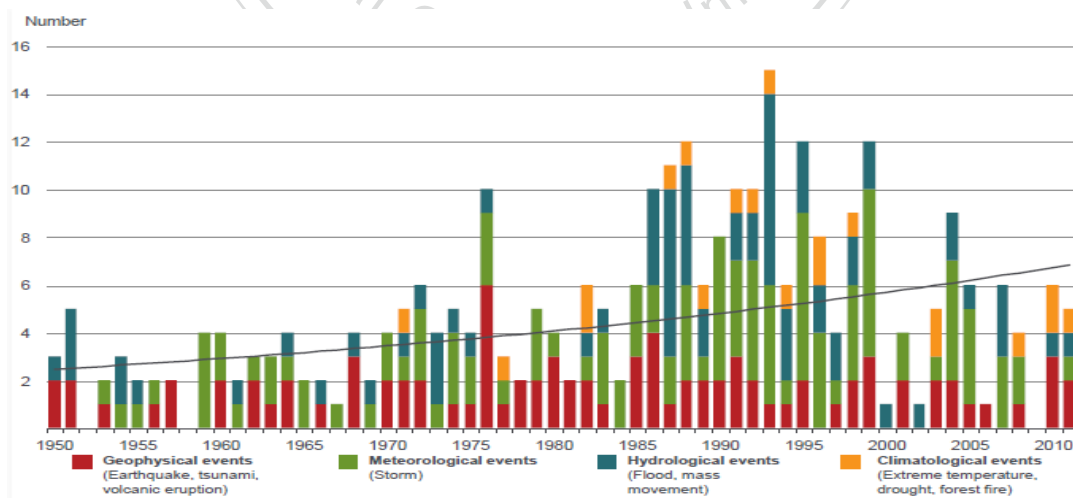


圖 1-1 全球 1950 年至 2011 年巨災發生次數



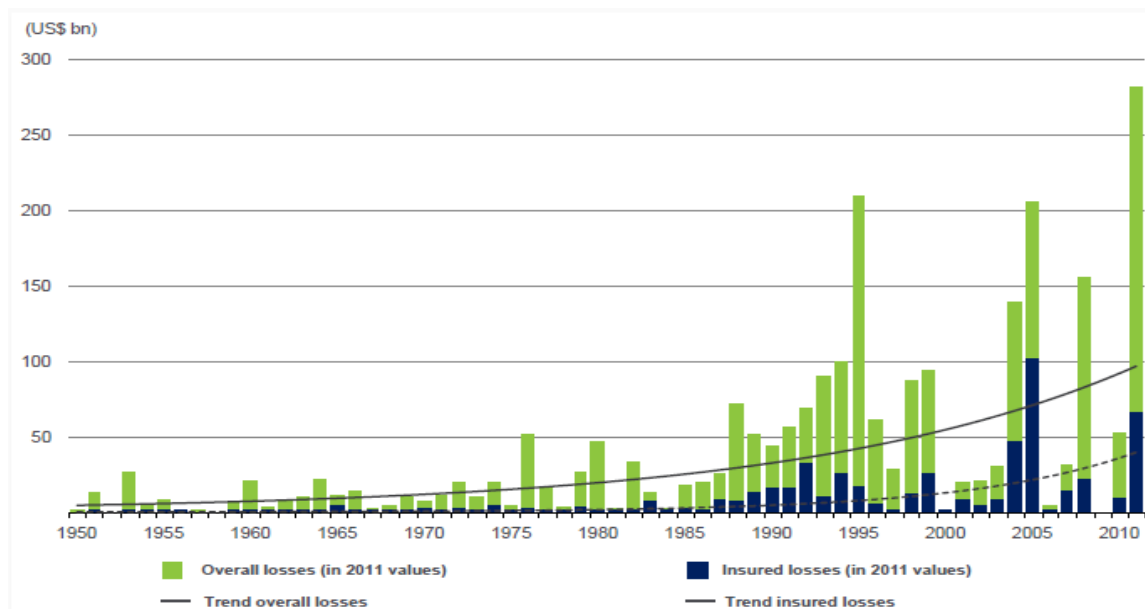


圖 1-2 全球 1950 年至 2011 年巨災造成之經濟損失及保險損失

臺灣位於環太平洋地震帶及亞熱帶季風區，其中威脅最嚴重的天然災害，即颱風洪災以及地震所帶來之破壞，回顧臺灣近年來遭受了像是921地震、桃芝、納莉以及莫拉克風災等十分重大之巨大天然災害的侵襲，造成了龐大經濟損失。然而災害不只危害個人，亦加重了政府因各項災後重建所需之財政上沉重的負擔，例如賑災的支出以及災後的補助等費用，以莫拉克颱風為例，風災除帶來刷新紀錄之雨量外，另造成194.1億元農業損失、677人死亡、22人失蹤、4人重傷、房屋毀損達不堪居住程度者達1,626戶<sup>2</sup>，截至99年7月22日止，內政部安遷救助金已發放1,767戶，死亡及失蹤補助金已發放653人，重傷補助金已發放4人，其中政府編列莫拉克風災重建特別預算1,200億，特別預算皆舉債方式取得<sup>3</sup>，天災亦造成了臺灣政府在財政預算上面之負擔並增加許多不確定性。

本研究主要目的在於檢視利用風險管理如何緩和地震與颱風洪災對台灣財政預算的損害，並納入以保險為主的風險管理機制去評估其效果。然而，由於政府執政者的交互輪替頻繁，用風險管理機制來降低天然巨災對公共財政的損害難以執行，

<sup>2</sup>行政院莫拉克颱風災後重建推動委員會，莫拉克颱風災滿半年重建成果報告

[http://88flood.www.gov.tw/general\\_news\\_detail.php?gn\\_id=84](http://88flood.www.gov.tw/general_news_detail.php?gn_id=84)

<sup>3</sup>行政院主計處 <http://www.dgbas.gov.tw/mp.asp?mp=1>

對於短時間看不見成效又需耗費大量成本的政策較不為執政者所接受。因此，即使政府了解風險管理的重要性，但花今天的成本買保險，去替未來的官員換取可能的保險給付，使得現任執政者無涉入誘因。另外，巨災的發生屬自然現象，政府官員不會因天災造成的巨大損失而受到責難，再再降低了抑制巨災損害的動機。

因此，本研究最終在於鼓勵臺灣政府對巨災風險管理機制的重視，並藉由保險機制納入後可降低政府財政損失的波動度，藉此說明風險管理之重要性。

## 1.2 研究流程與架構

本研究第一章為主要研究動機與目的，並以未來 15 年平均地震與洪災所造成公部門之損失來分析風險管理的重要性。第二章為文獻回顧，探討其他國家因應巨災的實例與介紹由國立中央大學許文科教授團隊提供的地震與洪災事件模擬損失資料表 (Event Loss Table)，了解資料表產生之過程。第三章將介紹資料來源與研究方法。第四部分將運用模擬方法分析地震與洪災風險對台灣政府財政上損失的影響，並利用部分損失推估出政府公部門因地震與洪災風險造成之總損失，套入現有地震住宅基金做分析，接著最適化出各保險機制下之最適保費，最後利用模擬出的地震損失分配得出若發行地震巨災債券，其價值之變化。第五部分為結論與建議。



圖 1-3 研究架構與流程圖

## 第二章 文獻探討

### 2.1 學術文獻

由於氣候變遷與環境之惡化，近年來全球每年有數百巨災剝奪人類的生命，侵害我們的家園，造成災害損失，對於經濟與社會帶來十分龐大之損失。其中巨災對於發展中國家的影響相較於已開發國家更為嚴重，因此要如何因應天災所帶來之影響也成為各國家政府所關切之議題，除了一般在天災發生之後的災害救助與處理，如何在事前利用保險或其他機制使得政府財政損失波動度降低，亦為一重要議題。

早在1996年，Benson (1996) 以發展國家斐濟經常曝險於火山爆發、水災以及地震等天然巨災中為例，說明斐濟利用保險作為其主要風險管理之方法。斐濟政府利用整合性之風險管理，包括其政府本身即有許多機制與計畫來減低天災所帶來之影響，私人保險公司也配合政府所提出之風險管理計畫，另外非政府組織 (NGOs) 以及地方政府也參與其中。以發展保險機制來做風險管理的政策能幫助該國有效做好巨災風險管理，增加國家對巨災的風險承受能力，減少巨災對國家的威脅性。

1999年開始，世界銀行 (World Bank)，IIASA (the International Institute of Applied Systems Analysis)，以及瑞士再保險公司 (Swiss Re) 在某些國家開始一系列的案例研究，估計並研究這些國家的地震、暴風雨及洪水風險。

Freeman et al. (2001) 亦以土耳其墨西哥等發展中國家為例子，指出若發展中國家之政府若能將天災風險移轉出去，便能增加其對於巨災發生時承受經濟損失的能力，並且整體而言對國家發展有很大助益。

Rasmussen (2004) 則提出每年巨災發生影響了約20億人口，損失部分約為500億美元。他以巨災帶來的諸多影響面向來比較，結論發現巨災對發展中經濟體帶來的災後影響相較於已開發國家經濟體高出許多。

Howard Kunreuther (2006) 提出卡翠那颶風為一種複合性災難，而公私部門對於巨災之警覺性敏銳性十分低，一般民眾對於政府所建立之防災設施 (例如：防洪

堤)亦抱持過度樂觀之想法,造成經濟上嚴重損失。因此為了喚醒政府與個人對於天災之注意力,作者建議政府可利用較嚴峻之法規限制<sup>4</sup>或是利用保險機制來減低巨災所導致之損失。

David Hofman and Patricia Brukoff (2006) 強調保險業如何找到方法讓企業自身建立的風險模型隨時捕捉變化多端的天氣與災害型態,以控制不確定性與風險在可接受的範圍內相當重要。另外,保險除可作為巨災風險管理的機制,也可成為一股市場成長的力量。因近年來巨災出現的頻率與損失幅度之提高後刺激巨災保額的需求,可能進而成為保險市場成長的動能。

Borensztein et al. (2008) 為IMF研究的報告中又再一次對於說明以保險為風險管理的工具能幫助國家維持若需對外舉債時的穩定性,並且呈現出不同的保額對該國的影響程度,並找出最適合該國的保額。該研究以加勒比海地區的國家貝里斯為例,說明暴風雨對該國的對外舉債穩定性影響甚鉅,並說明該區域國家對於天然災害的處理是一個很大的弱點。

因此若天然災害頻繁的地區或國家之政府能適當地引進保險機制或其他移轉風險之機制來作為巨災風險管理方法,可有效控制國家之巨災風險;另外利用其他風險移轉機制亦可使天災造成之政府預算損失之程度與波動度控制在政府可承受之範圍內。

---

<sup>4</sup> 例如建物耐震標準提高

## 2.2 台灣地震與颱風洪災風險評估模型介紹<sup>5</sup>

### 2.2.1 地震風險評估模型

本研究使用的地震風險分析工具為國立中央大學/台灣風險管理公司所開發之地震風險評估模型（RiskTracer-EQ-Portfolio），其主要分成四種模組推測事件模組，其架構如下圖 2-1 所示：



圖 2-1 地震風險評估模型架構

四種推測事件模組介紹如下：

#### 一、推測事件模組（Stochastic Event Module）

此模組通常包含一可以完整描述會影響台灣地區風險曝露之推測地震事件資料庫，以地震為例，資料庫中每一個地震事件皆有地震規模大小、發生位置與頻率等資訊。推測地震事件資料庫則依據地震震源模型推估建立，震源模型則主要根據台灣地區之地質構造及以往地震發生情形來成立，先劃分出震源區，之後再利用各震源區內之歷史地震資料來建立出各震源區之地震活動特性參數。

<sup>5</sup> 資料來源：由中央大學許文科教授提供

## 二、危害度分析模組

此模組在於評估一推測地震事件發生時，標的物位於評估場址之危害度參數，以地震為例，當一地震事件發生，在選定適當之強地動衰減式及場址之地質特性後可計算出在各個評估場址之地震危害度，如最大地表加速度值等的地震危害度參數，其分析示意圖如下圖2-2。

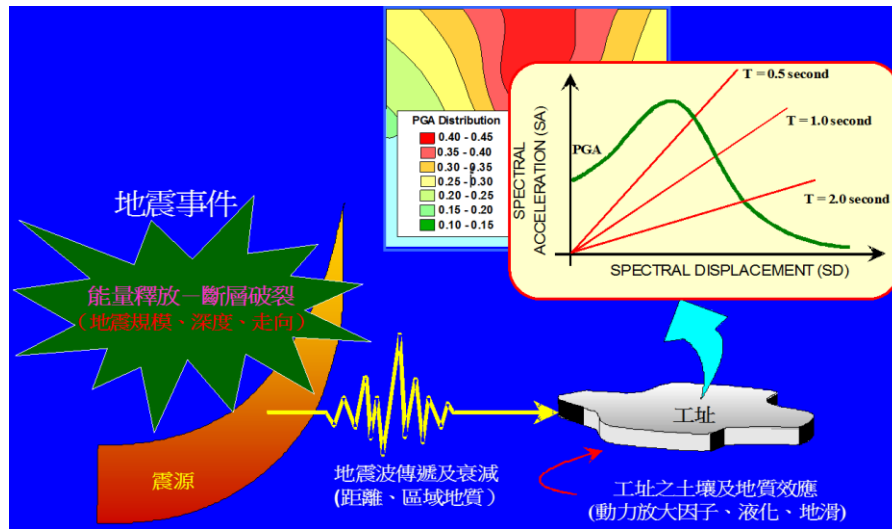


圖 2-2 危害度分析示意圖

## 三、損害分析模組

本模組主要用來計算評估當地震發生後，可能造成建築物之本體、內部財物或用途中斷的平均損失及其變異係數。其評估主要是依據建築物易損性曲線<sup>6</sup> (Fragility Curve) 來進行損失之計算，其損失程度可以建築物修復成本與重置成本之比值—損害比 (Damage Ratio) 來表示。

<sup>6</sup> 建築物在不同地震強度作用下可能遭受之損失

#### 四、財務分析模組

本模組主要利用由損壞分析模組所建立的事件損失表，其建立之流程如圖 2-3 所示，透過模擬方法並考量（再）保險及保單條件下，計算出以被保險人、（再）保險公司或政府等不同財務觀點下之損失，損失可以年平均損失，損失超越機率曲線圖等方式呈現。

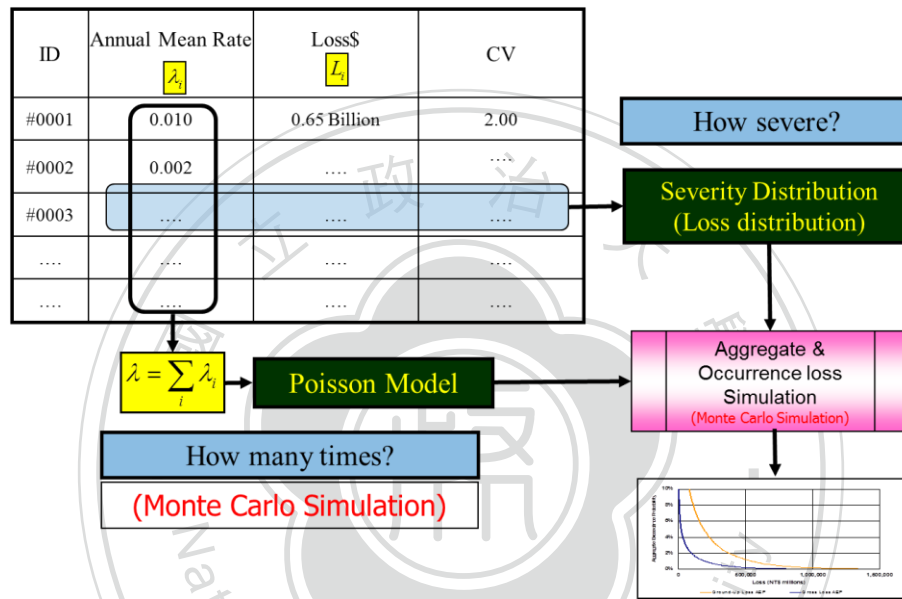


圖 2-3 地震事件損失表建立流程

#### 2.2.2 颱風洪災風險評估模型

颱風洪水風險評估模型包含了四大模組：(一)降雨事件發生推測模組、(二)淹水危害度分析模組、(三)財產損害分析模組、(四)財務損失分析模組，上述模組架構與地震風險評估模型相似；而在分析過中，包含了五大資料庫：(一)保單組合 (Portfolio Data) 資料庫、(二)淹水潛勢圖 (Flood Map) 資料庫、(三)國土利用 (Land Use Map) 資料庫、(四)淹水深度-損失曲線資料庫、(五)歷史降雨事件資料庫，其如圖 2-4 所示。



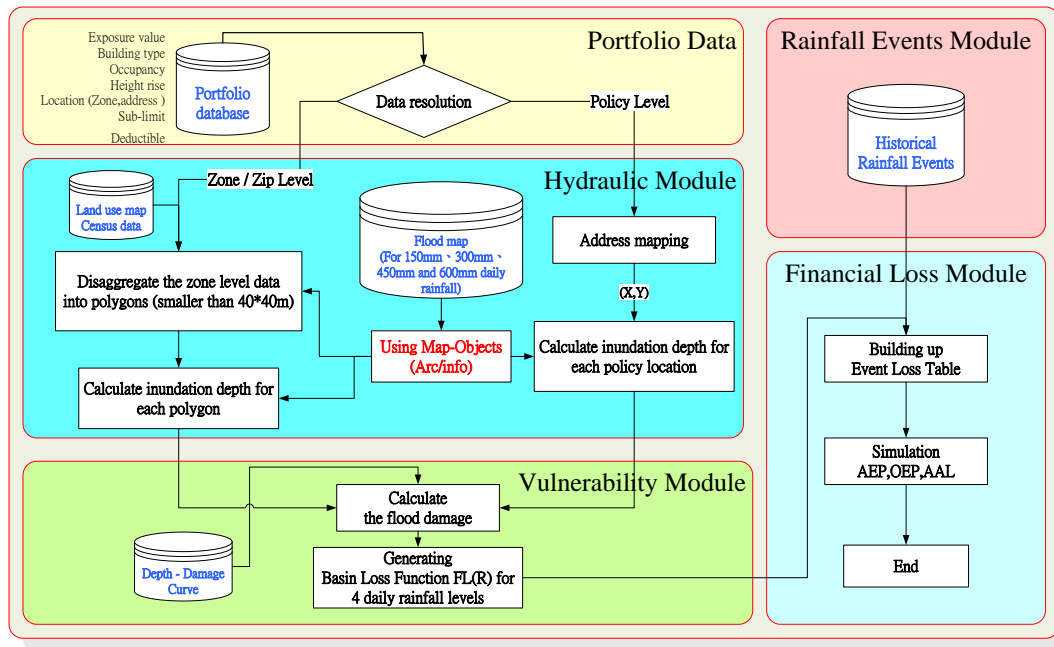


圖 2-4 颱風洪水風險評估模型架構

### 一、保單組合資料庫

在分析颱風洪災造成損失之過程中，首先需了解保單組合資料庫中，資料是否具地址或坐標（Policy Level）等詳細的資訊，若是即可在淹水危害度分析模組中，透過地理資訊系統（GIS）工具，依保單所在位置直接與淹水潛勢圖進行套疊，獲得淹水深度的結果；但是，如果保單資料僅記載較大範圍之保險分區或郵遞區號分區，則需先參考國土利用資料庫中的工業、商業或住宅用等資訊（模組採用了國土測繪中心2006-2008年所製作最新資料），將大範圍的保單內容依面積比例分配到小於等於40\*40m的小區塊，取其中心定址後，才透過危害度分析模組，計算出淹水深度。

### 二、淹水危害度分析及財產損害分析模組

在淹水危害度分析模組中，為採用水利署於 2007 年至 2010 年間所製作之淹水潛勢資料，參考其內容繪製在 150mm、300mm、450mm 及 600mm 四種不同最大日累積降雨量下，台灣 33 個流域各流域的淹水深度圖。當保單定址後，即可透過地理資訊系統工具將其位置與淹水潛勢圖套疊，獲得四種不同降雨量條件下的淹水深度資訊。至此可進入財產損害分析模組中，依淹水深度-

損失曲線資料庫內容，分析不同保單（或分配後小區塊）之位置，在不同降雨量下，四種對應之損失結果，將此些損失結果以流域為單位進行加總，可計算得四種不同降雨量對應之流域總損失，進而推得在某保單位置組合下，各流域之降雨量-損失曲線（Basin Loss Function），如下圖 2-5 中所示。

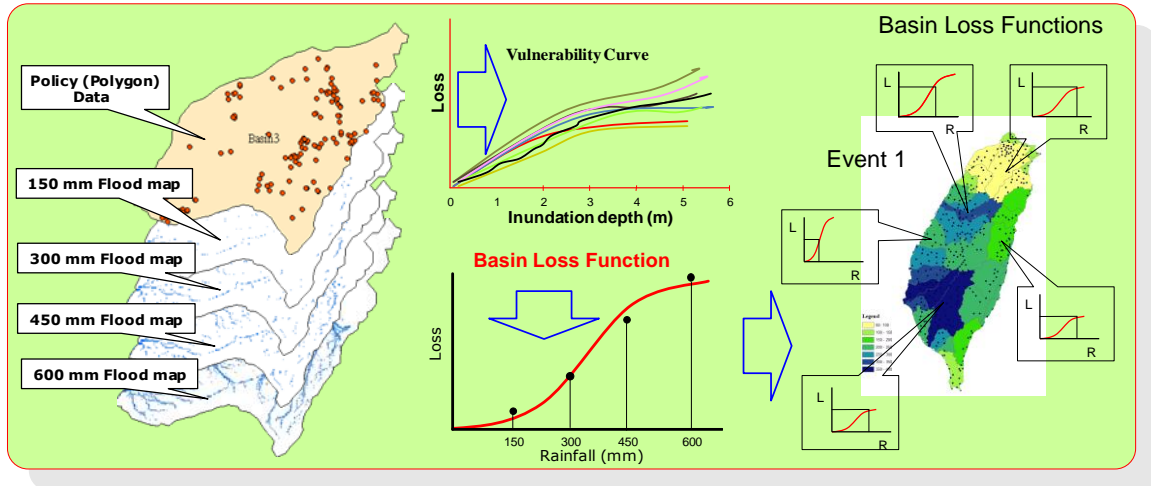


圖 2-5 淹水危害度分析及財產損害分析模組架構

### 三、降雨事件發生推測模組

本模組採用中央氣象局四百多個氣象測站，在所記載 1960 年至 2010 年間，一共 239 筆颱風事件的逐時雨量資訊，以及 17 筆歷史豪雨淹水事件。依照資料，計算出各事件 24 小時最大累積雨量，以 Kriging Method 將散布的測站點之紀錄，在空間上分配均勻，進而統計出各事件在全台個 33 流域中，各流域平均 24 小時最大累積雨量，製作成流域歷史雨量事件表。此外，在模組中亦考慮降雨特性，將歷史資料依 9 種不同颱風路徑進行分類，進一步透過 Truncated Log-normal Distribution，隨機模擬出 18,000 筆符合歷史颱風事件特性<sup>7</sup>之推測降雨事件。

<sup>7</sup>各流域雨量平均值、標準差及流域間之相關係數等資訊

#### 四、財務損失分析模組

本模組中，結合了根據保單位置組合所產生的各流域降雨量-損失曲線，以及降雨事件發生推測模組中的事件流域降雨量，即可計算並統計出該保單組合下，不同降雨事件之總損失，完成事件損失表，利用該損失表的內容，以 Monte Carlo Simulation 方法，透過機率方法模擬在該保單組合狀況下，上萬次發生之損失結果，藉此獲得（累積）損失-發生率（或回歸期）曲線圖，並且完成風險評估。



### 第三章 研究方法

本研究目的在於：第一，檢視政府財產中，公路橋梁受到地震所造成之損失、與政府建物因颱風洪災所造成之內容物毀損與清理費用之損失，並檢視三種不同之保險機制對這些不確定損失波動度之降低效果。第二，檢視若將地震與洪災風險整合（pooling）起來後，有多少風險分散（diversified）之效果。第三，本研究從上述的損失大略推估整個政府財產之地震風險與洪災風險，套入與現今住宅地震保險基金類似之風險分攤架構中，檢視其風險分散之效果與政府負擔的情況，並求出在各保險機制下之最適保費。最後，參照台灣在 2003 年首次發行巨災債券之經驗，推估連結於政府財產總損失之地震巨災債券價格之變化分析。

上述三種政府財產保險機制分別為：

1. 比例式（Proportional）：保險人負擔 70% 損失，政府負擔 30%。
2. 自負額（Deductible）：訂定一數值為自負額，超過之部分則由保險人負擔。
3. 給付最高額度與自負額並行（Cap & Deductible）：訂定一數值為自負額，超過之部分由保險人負擔，但還有給付最高額度，超過此額度之損失由政府負擔。

保費訂定方式以保險人所承擔的風險為純保費，其計算以未來 15 年之平均名目損失值為基礎，再加上 50%<sup>8</sup> 的附加費用率作為總保費。其中通貨膨脹率利用過去 15 年（1996 年~2010 年）之躉售物價指數（WPI）之平均歷史資料，大約 1.7%。保險期間為 1 年。考量現今低利率之環境，本研究忽略折現因子。

---

<sup>8</sup>預期天災保險之附加費用較一般火險附加費用為高，因此訂為 50%

### 3.1 資料蒐集

本研究著重在利用政府財產去模擬。在地震風險模擬部分以台灣公路橋梁共 25,925 座為例，橋梁損失部分建立在計算重建成本上。根據中央大學土木系許文科教授團隊推估之橋梁總重置成本為 931,312,981 千元，圖 3-1 為台灣各地正常橋梁之推估重置成本。因此若不同地區發生震度相同之地震，亦會因重置成本不同而有不同程度損失。

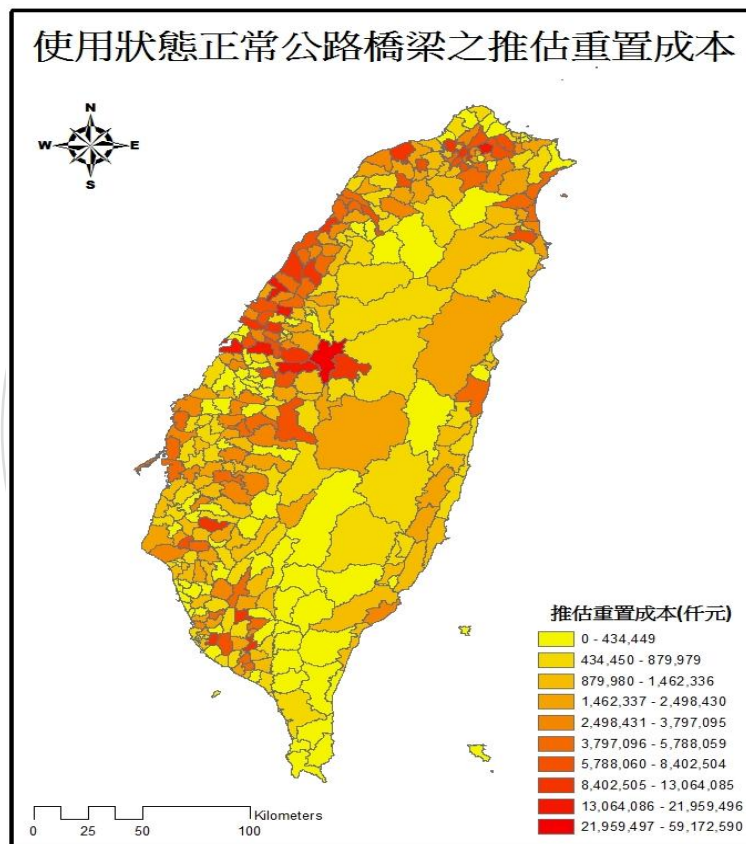


圖 3-1 為台灣各地正常橋梁之推估重置成本

颱風所造成洪災風險部分，由於模擬設定建築物不會因洪水而毀損。本研究假設每平方公尺內容物之風險曝露為 5,000 元（每坪約 1.5 萬元），此金額即內容物受損和清理費用。另考量可能有許多是空地不會有損失，同時也有很多該類別土地中可能屬私人所有設施，如私立學校或醫院，但受限於現有資料中幾乎無法區分出

來，本研究依可能大致的公私比例與建物的建蔽比例，依可能淹水的土地面積概估一個比例為 7%<sup>9</sup>，即模擬出之損失值乘上 7%，作為較接近政府損失之值。

本研究以內政部國土測繪中心之國土利用現況調查成果，來篩選土地利用別為政府機關用地進行洪災風險分析。政府及公家機關使用土地 355,436,545 平方公尺，下表 3-1 為選定土地之類別與用途：

表 3-1 台灣政府土地之類別與用途

交通使用土地	機場
	鐵路相關設施
	道路相關設施
	商港
	漁港
	專用港
公共使用土地	政府機關
	幼稚園
	小學
	中學
	大專院校
	特種學校
	醫療保健
	社會福利設施
	氣象
	電力
	瓦斯
	自來水
	加油站
環保設施	
遊憩使用土地	法定文化資產
	一般文化設施
	其他文化設施
	體育場所
其他使用土地	軍事用地

<sup>9</sup> 根據中央大學許文科教授提供之數據

## 3.2 方法與說明

對於政府橋梁因地震及政府建物因颱風洪災造成可能之損失頻率與幅度的資料，本研究將利用蒙地卡羅模擬方式，模擬出未來 15 年間，各 50 萬種不同之損失情境。

### 3.2.1 地震風險模擬說明

1. 由地震風險評估模型所得出之 17,171 個地震事件損失，是以對數常態分配為假設。
2. 將 17,171 個地震事件皆視為「不同」並且「獨立」的 Bernoulli trial，各事件發生機率為  $p_i$ ，本研究利用各個不同地震事件所得出之損失與標準差，重新進行對數常態之隨機抽樣，得出各事件的損失金額，亦即將各損失假設為隨機事件。其中將各事件之損失與標準差轉換為對數常態分配中的  $\mu$  與  $\sigma$  時，數值不能為 0，因此剔除損失為 0 的事件後剩餘 11,359 個地震事件。
3. 在  $U(0,1)$  之下隨機抽出亂數來決定事件是否發生，由於  $U(0,1)$  抽出之隨機亂數會介於 0 到 1 之間，事件發生機率亦介於 0 到 1 之間。因此若抽出之亂數比  $p_i$  小，則該地震事件會發生；反之則不會發生。
4. 抽樣後可得出每個會發生地震事件之損失，將損失金額加總即得出該年度可能發生之總損失金額。
5. 模擬出未來 15 年可能之總損失金額，並且同上述步驟，重複 50 萬次<sup>10</sup>之後，得出每年 50 萬種發生地震所造成可能損失金額之情境。

### 3.2.2 颱風洪災風險模擬說明

1. 由颱風洪水風險評估模型所得出之 9,017 個颱風洪水事件損失，同樣是以對數常態分配為假設。
2. 將 9,017 個颱風洪水事件皆視為「不同」並且「獨立」的 Bernoulli trial，各事件發生機率為  $p_i$ ，本研究利用各個不同颱風洪水事件所得出之損失與標準

---

<sup>10</sup>模擬次數定為 50 萬次是由於地震事件往往發生機率十分微小，為避免所模擬出來的損失機率分布不夠穩定，因此將模擬次數拉高到 50 萬次。

差，重新進行對數常態之隨機抽樣，得出各事件的損失金額，即將各損失假設為隨機事件。

3. 在  $U(0,1)$  之下隨機抽出亂數來決定事件是否發生，若抽出之亂數比  $p_i$  小，則該事件會發生；反之則不會發生。
4. 抽樣後可得出每個會發生颱風洪水事件之損失，將損失金額加總即得出該年度可能發生之總損失金額。
5. 模擬出未來 15 年可能之總損失金額，並且同上述步驟，重複 50 萬次之後，得出每年 50 萬種發生颱風洪水所造成可能損失金額之情境。





## 第四章 研究結果

利用第三章研究方法模擬出在未來 15 年，政府財產中橋梁因地震造成之可能損失以及政府建築物因洪災造成之可能損失之後，其分析研究結果如下，區分為：(1)地震風險、(2)颱風洪災風險、(3)地震與颱風洪災風險整合分析、(4)政府總財產損失分析、(5)地震與颱風洪災風險最適化結果以及(6)巨災債券價值分析

### 4.1 地震風險

以下區分為未有任何保險機制 (Uninsured)，以及上述過三種保險機制，本研究將三種保險機制之保費調整成較為接近的狀態來比較其損失波動性是否會下降。

#### 比例式保險

在比例式保險中，30%的損失由政府自行負擔，70%損失則透過保險來分散風險，附加費用為 50%，保費約為 2 億元<sup>11</sup>。

#### 自負額保險

在自負額保險中，政府之自負額定為 10 億元<sup>12</sup>，而其餘損失則由保險人負擔。

#### 給付最高額度與自負額並行保險

此保險機制中，將政府之自負額定為 4.25 億元，給付上限定在高於模擬結果第 99 百分位約 300 億元，高於此金額之損失由政府自行負擔。

下圖 4-1<sup>13</sup>為考慮了各種保險機制之後與未保險之政府平均、第 99 百分位以及第 10 百分位損失，在未做任何保險機制前模擬出未來 15 年可能地震風險平均損失為 2.2 億元，第 99 百分位平均損失金額為 37 億元，第 10 百分位則幾乎沒有損失。

<sup>11</sup> 以下比較將以比例式保險之保費為基準，亦即設法調整其他兩種保險機制之保費至近似比例式保險之保費。

<sup>12</sup> 因欲將保費調整至 2 億元所求得之自負額。自負額會這麼高是由於地震事件損失分部較為極端，例如第 10 百分位平均損失幾乎為 0。

<sup>13</sup> 下列圖表中，Uninsured 代表未有任何保險機制，Proportional 代表比例式保險，Deductible 為自負額保險，Cap&Deductible 為給付最高額度與自負額並行保險。另外，99%代表第 99 百分位損失，10%為第 10 百分位損失，mean 為平均損失。

而在有保險機制之下，政府的損失波動度皆會下降，顯示若政府購買財產保險將可使其財政預算波動度下降，減輕其因巨大天災所造成財政巨大損失<sup>14</sup>。而在給付最高額度與自負額並行保險之保險機制下，其波動度下降最為明顯，顯示此保險機制最能減低政府財政預算之波動性。

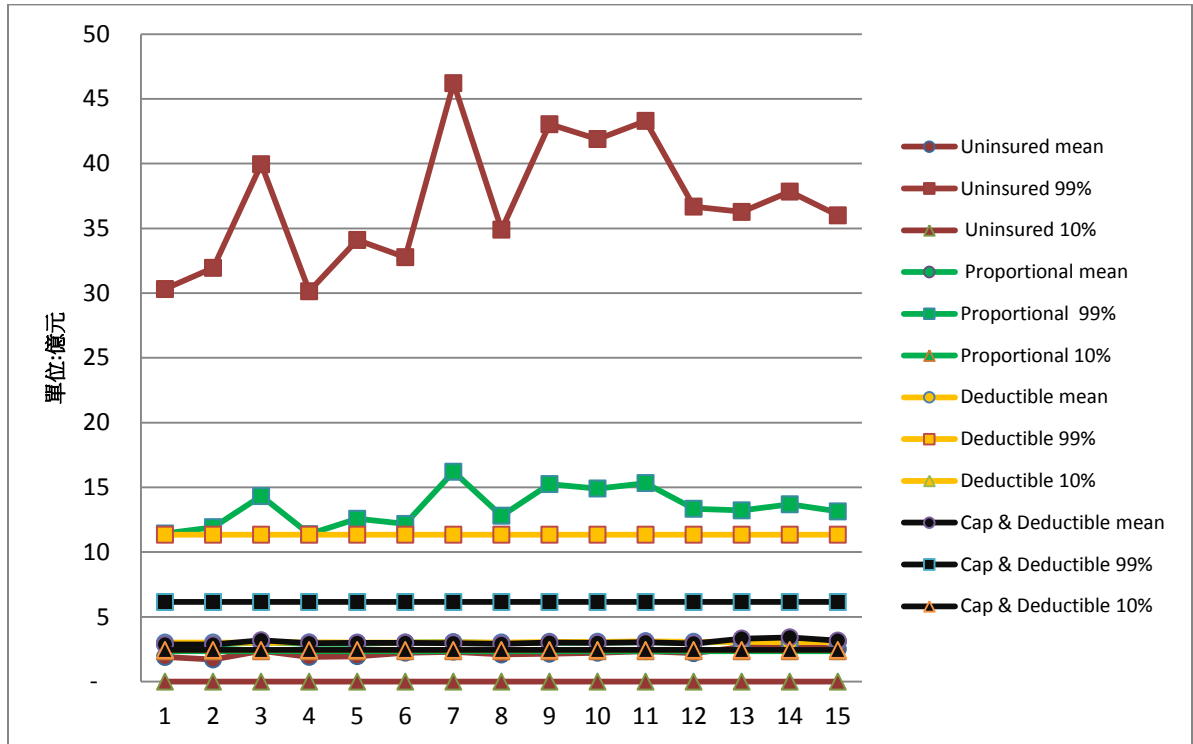


圖 4-1 各保險機制與未保險之政府損失

<sup>14</sup> 三種保險機制之下，平均損失皆約為 3 億元。比例式保險之下，第 99 百分位與第 10 百分位損失為 13 億與 2.3 億元；自負額保險之下，第 99 百分位與第 10 百分位損失為 11 億與 2.4 億元；給付最高額度與自負額並行保險之下，第 99 百分位與第 10 百分位損失為 6 億與 2.44 億元。

## 4.2 颱風洪災風險

同地震風險，本研究區分未有任何保險機制（Uninsured），以及上述過三種保險機制，將三種保險機制之保費調整成較為接近的狀態來比較其損失波動性是否會下降。

### 比例式保險

在比例式保險中，30%的損失由政府自行負擔，70%損失則透過保險來分散風險，附加費用為 50%，保費約為 13 億元。

### 自負額保險

在自負額保險中，政府之自負額定為 4.5 億元<sup>15</sup>，而其餘損失則由保險人負擔。

### 給付最高額度與自負額並行保險

此保險機制中，將政府之自負額定為 4.1 億元，給付上限定在略高於模擬結果第 99 百分位約 80 億元。

下圖 4-2 為在考慮各種保險機制之後與未保險之政府平均、第 99 百分位以及第 10 百分位損失，在未做任何保險機制前模擬出未來 15 年可能洪災風險平均損失為 16 億元，第 99 百分位以及 10 百分位為各為 65 億、2 億元。而在有保險機制之下，政府的損失波動度皆會下降，同樣顯示了若政府去作保險則可使其財政預算波動度下降，減輕其因巨大天災而造成財政巨大損失<sup>16</sup>。同上述之地震風險，在給付最高額度與自負額並行保險之保險機制下，其損失波動度下降最為明顯，亦顯示此保險機制最能減低政府財政預算之波動性。

<sup>15</sup> 因欲將保費調整至 13 億元，則自負額則為此金額。

<sup>16</sup> 三種保險機制之下，平均損失皆約為 16 億元。比例式保險之下，第 99 百分位與第 10 百分位損失為 32 億與 13 億元；自負額保險之下，第 99 百分位與第 10 百分位損失為 17 億與 14.5 億元；給付最高額度與自負額並行保險之下，第 99 百分位與第 10 百分位損失為 16 億與 14.6 億元。

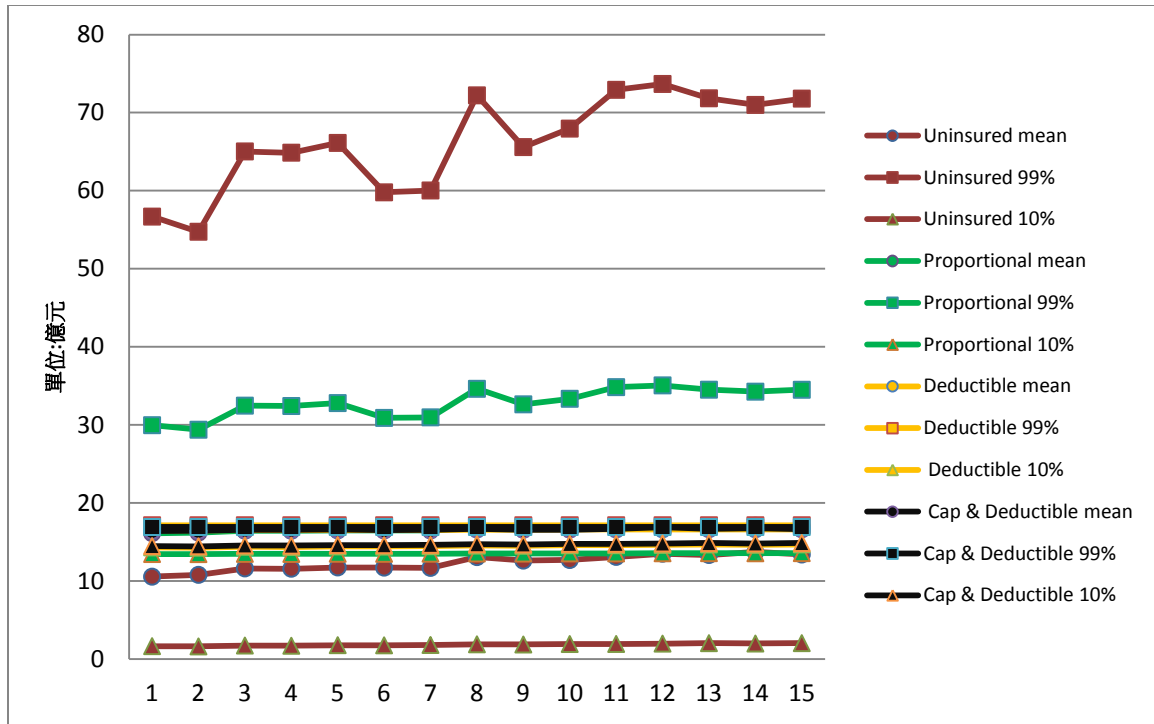


圖 4-2 各保險機制與未保險之政府損失

### 4.3 地震與颱風洪災風險整合 (pooling) 之分析

此部分將檢視將兩種風險整合在一起是否會有風險分散之效果，將地震與颱風洪災風險模擬 50 萬次 15 年之損失相加後，再次檢視利用三種保險機制後的損失，保費則維持在約略等於各自風險的保費相加。

本研究將「各自風險保險之後的平均損失、第 99 百分位以及第 10 百分位的金額直接相加總」與「兩風險相加之後再去保險，所得之平均損失、第 99 百分位以及第 10 百分位的金額」兩金額做比較，分析是否有風險分散的效果，若有風險分散效果，則期望能得出波動度較小的結果。在比例式與未保險的情況下可使波動度下降（期望值不會改變）；對於自負額保險與給付最高額度與自負額並行保險兩種機制，則發現其損失期望值亦會下降，顯示出兩種風險相加之後再進行保險，將有風險抵減之效果。

### 比例式保險

在比例式保險中，30%的損失由政府自行負擔，70%損失則透過保險來分散風險，附加費用為50%，保費約為15億元<sup>17</sup>。

### 自負額保險

在自負額保險中，政府之自負額定為5.25億元<sup>18</sup>，其餘損失由保險人負擔。

### 給付最高額度與自負額並行保險

此保險機制中，將政府之自負額定為4.8億元，給付上限定在約35億元。

首先，圖4-3<sup>19</sup>為未有任何保險機制下之比較，因地震與颱風洪災風險為兩獨立事件，因此可發現兩風險相加之後與單獨風險各自相加去比較，其波動性下降。兩風險各自計算其第99百分位及第10百分位損失後相加，約略為100億與1.8億元；兩風險先相加後其第99百分位及第10百分位損失約略為90億、2億元。

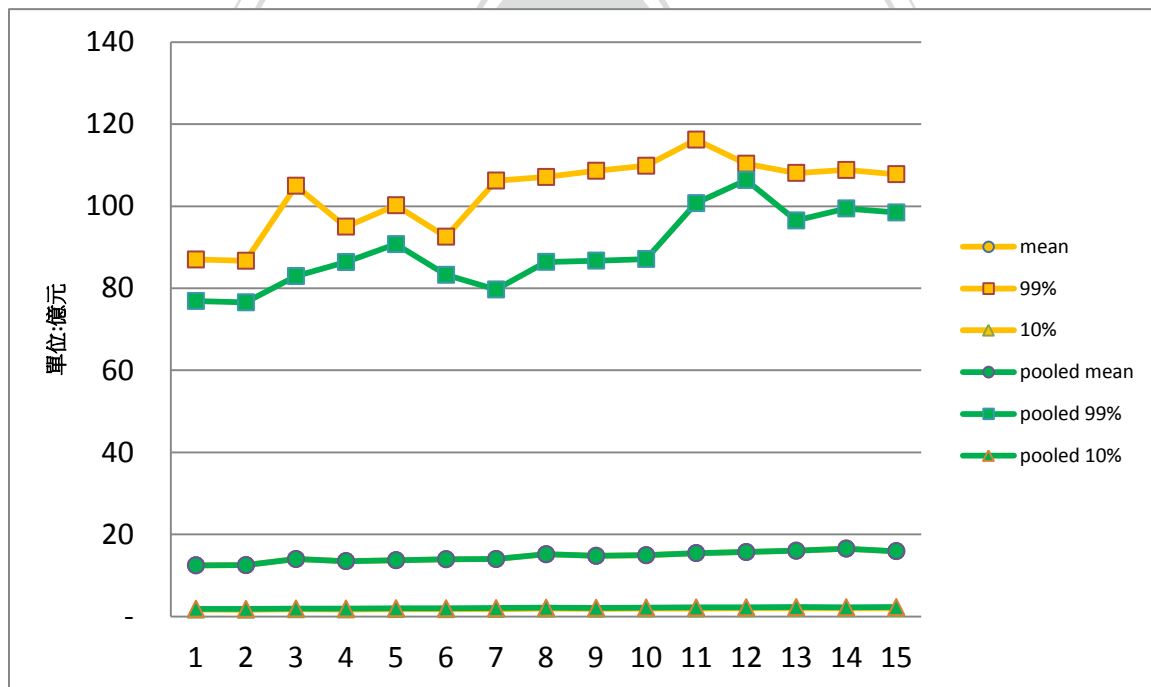


圖 4-3 未有任何保險機制下風險整合效果

<sup>17</sup> 即地震橋梁損失之保費約2億元加上颱風洪災損失之保費約13億元

<sup>18</sup> 因欲將保費調整至15億元，則自負額則為此金額，並且政府負擔會比兩個風險各自去保險之自負額總和還低

<sup>19</sup> 下列圖表中，pooled mean、pooled 99%與pooled 10%代表了兩風險整合後之平均、第99百分與第10百分位損失

圖 4-4、4-5 以及 4-6 代表三種保險機制之下，未來 15 年每年可能損失金額。在三種保險機制之下，皆可得出兩種風險相加之後再進行保險，會降低波動性，因此有風險抵減之效果。比例式保險機制中，兩風險各自保險後，將其第 99 百分位及第 10 百分位損失相加約略為 46 億、15.8 億元；兩風險相加後保險之第 99 百分位及第 10 百分位損失約略為 42 億、15.9 億元；自負額保險機制中，兩風險各自保險後，將其第 99 百分位及第 10 百分位損失相加約略為 28 億與 16 億元；兩風險相加後保險之第 99 百分位及第 10 百分位損失約略為 20 億、17 億元；給付最高額度與自負額並行保險機制中，兩風險各自保險後，將其第 99 百分位及第 10 百分位損失相加約略為 23 億與 17.1 億元；兩風險相加後保險之第 99 百分位及第 10 百分位損失約略為 20 億、17.3 億元。

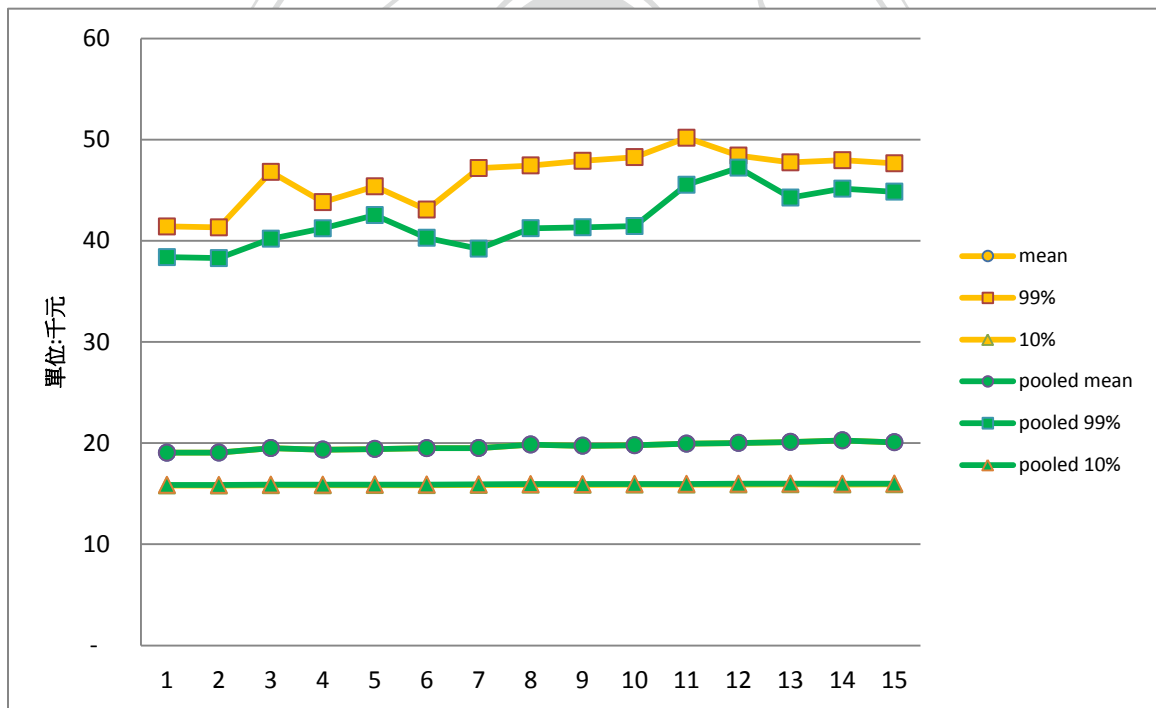


圖 4-4 比例式保險風險整合效果

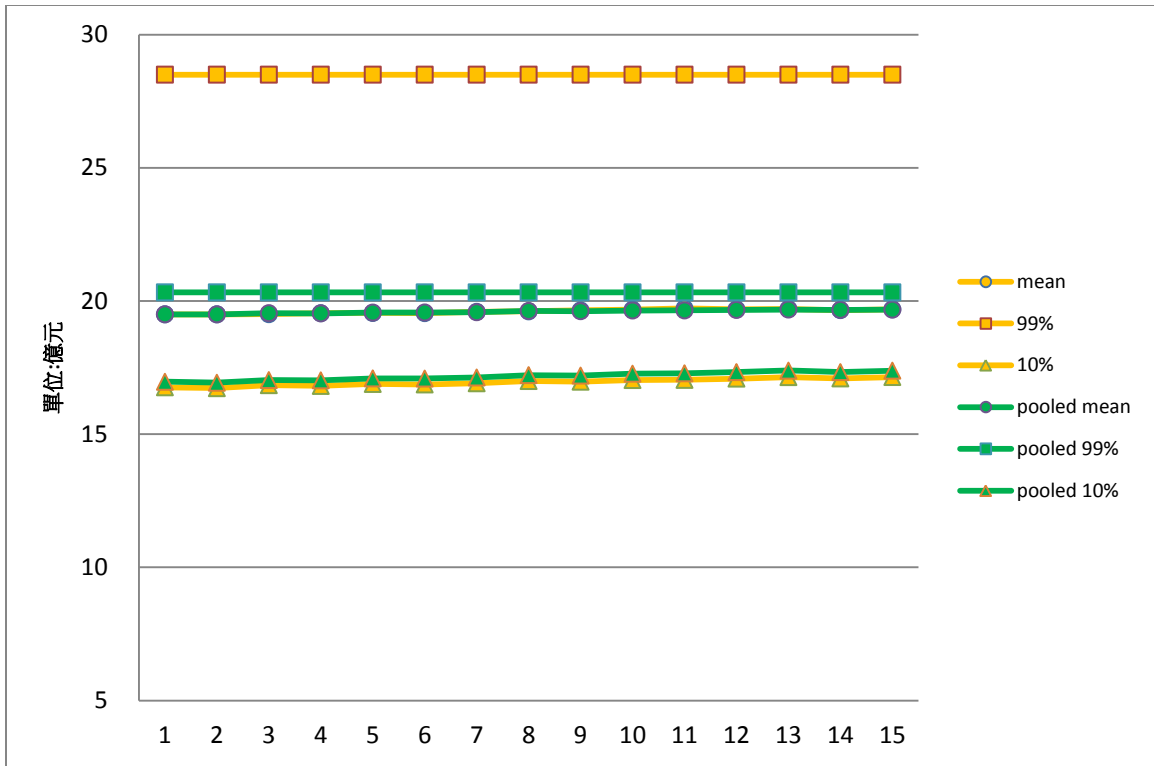


圖 4-5 自負額保險風險整合效果

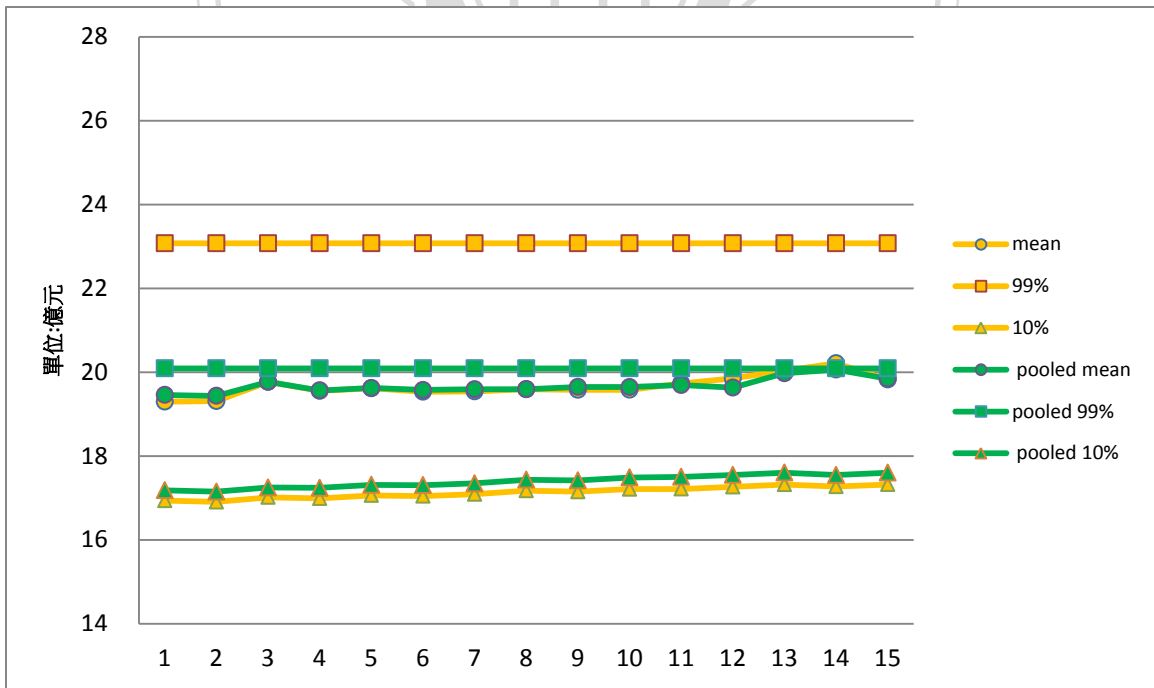


圖 4-6 給付最高額度與自負額並行保險機制風險整合效果

## 4.4 政府總財產損失分析

本研究第二部分，將利用所模擬出地震發生造成橋梁毀壞損失與風災發生造成政府建物淹水之損失結果，推估出在模擬情況之下，地震與風災會造成政府總財產之損失金額。估計方法是利用過去在台灣所發生的 921 大地震與莫拉克風災兩項極端損失事件，推估出政府財產總損失。後將推估出之金額套入現行住宅地震保險基金中，分析在分散風險之後，政府每年可能之損失與基金規模累積情形。

地震之推估部分，表 4-1 為行政院主計處公佈之九二一大地震災害損失推估表<sup>20</sup>，將直接損失部分區分為公、私部門，其中定義公部門損失為建物設備中的「機關」、「水力電力油氣設施」、「校舍」、「醫療院所及社福設施」、「營區」以及「交通設施」，加總損失金額為 852 億元。而本研究所模擬出為台灣公路橋梁之損失，假設橋梁損失第 99 百分位<sup>21</sup>平均損失 37 億元即包含 921 大地震中交通設施損失 148 億元中，而交通設施損失佔定義的公部門損失 17%，因此可比例推出模擬情況之下，未來 15 年政府公部門平均損失約在 40 至 50 億之間，第 99 百分位約為 870 億元之損失。

表 4-1 九二一大地震災害損失估計表

921 直接損失	損失金額(億元)
<b>建物設備</b>	<b>2,504</b>
一般房屋住宅	1,284
家庭耐久財	270
機關	126
工商服務業	175
水力電力油氣設施	115
校舍	390
醫療院所及社福設施	44
農業	70
營區設施	29
<b>交通設施</b>	<b>148</b>

<sup>20</sup>資料來源：<http://kbteq.ascsc.net/archive/dgbas/dgbas02.html>

<sup>21</sup>有鑒於 921 大地震可能為百年一次之巨大損失事件，因此將模擬結果第 99 百分位極端損失金額作為橋梁損失金額。



颱風洪災損失之推估部分，莫拉克風災所造成之損失估計表如表 4-2<sup>22</sup>，亦定義公部門因莫拉克颱風所造成的損失為災害損失項目中的「學校損失」以及「公共設施損失」，其佔總損失 904 億中約 67%；前述模擬 50 萬次水災損失後，第 99 百分位平均值約為 6,424,502 千元，依照模擬時選取之資料描述，政府用地中，學校設施<sup>23</sup>佔全部政府用地之比例約為 40%，表 4-3 為模擬選取用地之詳細資料。因此本研究將模擬中的學校設施損失假設為莫拉克風災損失估計表中的「學校損失」，因此可等比例推估出在模擬情況之下，未來 15 年政府公部門平均損失約為 100 億元，第 99 百分位約為 500 億元之損失。

表 4-2 莫拉克風災損失估計表

災害損失項目	估計方法	金額	資料來源
家戶淹水損失	淹水損失模式估計	53.1 億元	國家災害防救科技中心
住宅損壞	重建需求估計	29.8 億元	內政部營建署重建需求量調查
農業損失	損失調查	194.1 億元	行政院農委會
製造業損失	損失調查	18.4 億元	經濟部工業局
學校損失	損失調查	25.9 億元	教育部
公共設施損失	重建經費	583.4 億元	行政院主計處編列中央政府重建預算
合計			新臺幣 904.7 億元

<sup>22</sup> 莫拉克風災損失估計表來源引述自國家災害科技防救中心 98 年報

<sup>23</sup> 包含幼稚園、小學、中學、大專院校以及特種學校

表 4-3 政府土地利用類別與面積

土地利用別	總面積(平方公尺)	土地利用別	總面積(平方公尺)
機場	15,678,385	社會福利設施	11,656,734
鐵路相關設施	7,958,516	氣象	126,848
道路相關設施	37,050,826	電力	20,653,369
商港	17,816,461	瓦斯	1,730,416
漁港	5,161,173	自來水	6,100,226
專用港	751,203	加油站	4,830,423
政府機關	28,095,552	環保設施	25,780,911
幼稚園	3,911,312	法定文化資產	1,421,598
小學	48,720,056	一般文化設施	6,107,054
中學	43,250,401	其他文化設施	4,594,938
大專院校	41,418,554	體育場所	14,055,244
特種學校	1,059,459	軍事用地	626
醫療保健	7,506,259	<b>共計</b>	<b>355,436,545</b>

在上述推估出政府公部門因地震與洪災風險所造成的總損失之後，本研究將此兩者損失作為現行住宅地震保險基金其危險分散時之最高限額，套入住宅地震保險基金，等比例縮小基金危險分散分層之規模，將兩者所造成的政府財產損失分別成立基金，分析政府的損失與基金累積。在現行的住宅地震保險基金中，其危險分

散機制如圖 4-7，第一層新臺幣 30 億元，移轉由住宅地震保險共保組織承擔，第二層新臺幣 670 億元，移轉由財團法人住宅地震保險基金承擔以及分散。

地震保險基金承擔危險依照下列敘述分層<sup>24</sup>：

1. 新臺幣 170 億元以下部分，由地震保險基金承擔。
2. 超過新臺幣 170 億元至新臺幣 370 億元部分，安排於國內、外再保險市場或資本市場分散。
3. 超過新臺幣 370 億元至新臺幣 530 億元部分，由地震保險基金承擔。
4. 超過新臺幣 530 億元至新臺幣 670 億元部分，由政府承擔。

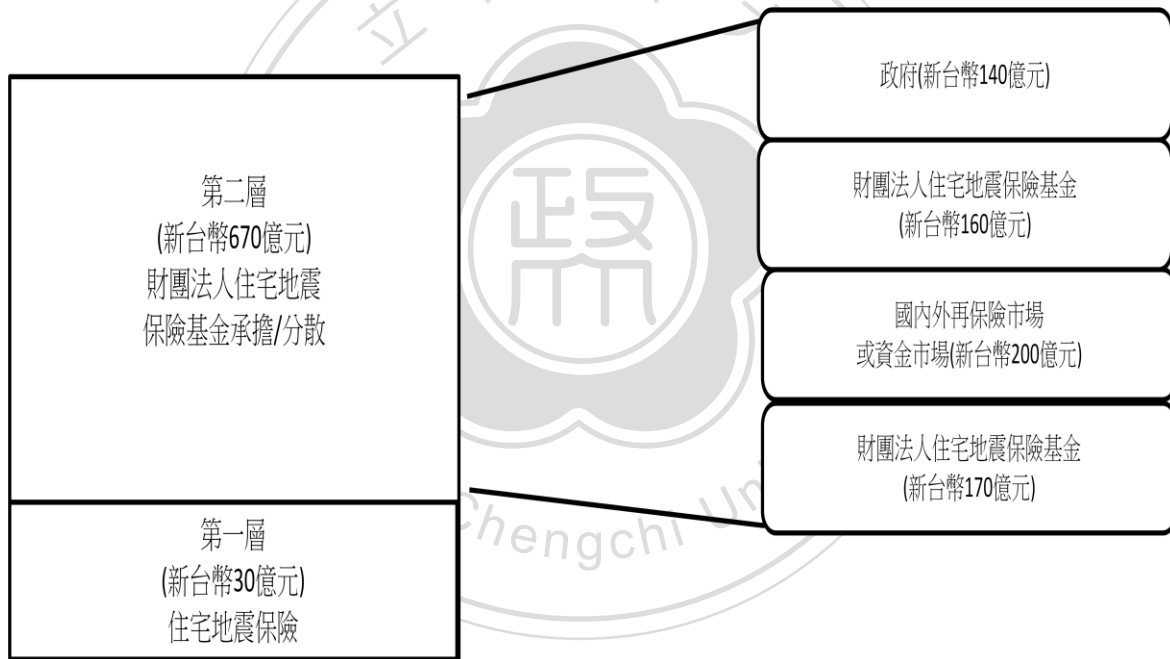


圖 4-7 住宅地震保險基金危險分擔機制圖

<sup>24</sup> 資料來源：財團法人地震住宅保險基金 <http://www.treif.org.tw/>

本研究利用所推估出因地震及颱風洪災風險政府財產總損失之第 95 百分位作為其分別成立基金時危險之總限額<sup>25</sup>，因此為政府財產所成立的地震基金與颱風洪災基金其限額規模分別為原住宅地震基金的 15% 以及 46%<sup>26</sup>。圖 4-8 為新成立的政府財產地震基金，其危險分散則等比例縮成原基金約 15%，同理圖 4-9 政府財產颱風洪災基金等比例縮為原基金約 46%。

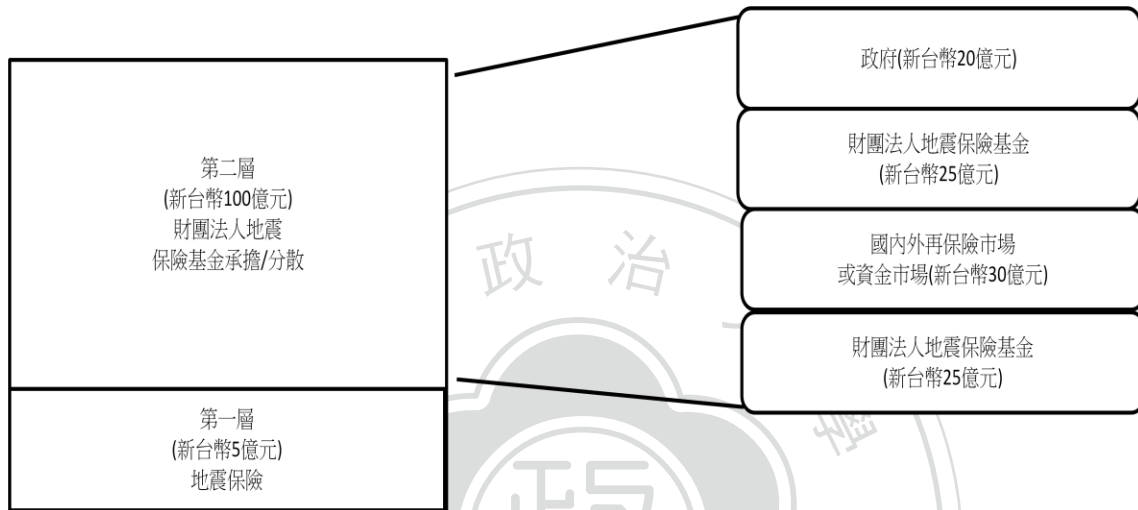


圖 4-8 政府財產地震保險基金危險分擔機制圖

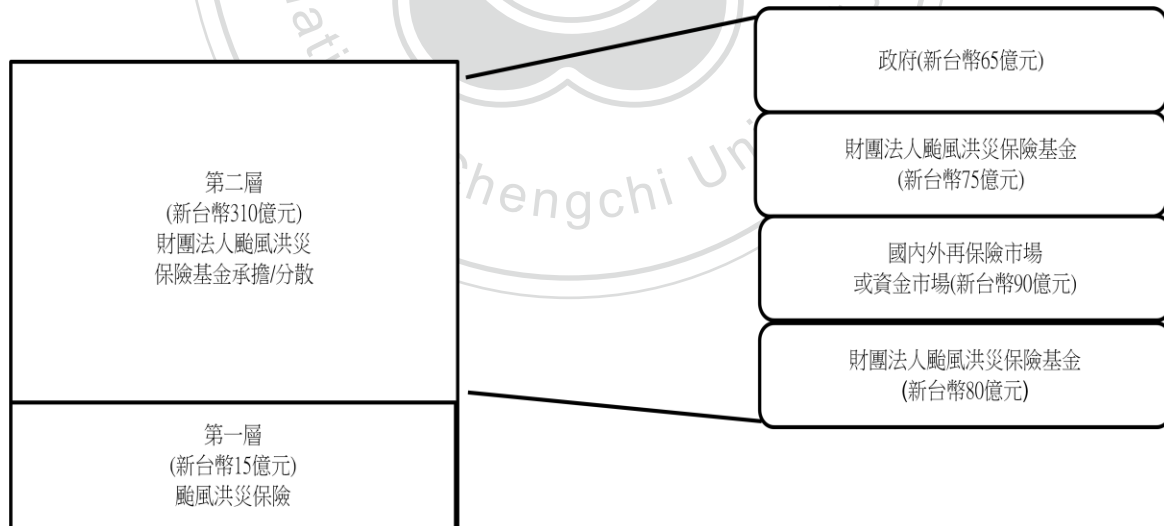


圖 4-9 政府財產颱風洪災保險基金危險分擔機制圖

<sup>25</sup> 考量第 99 百分位損失十分龐大，政府財政上負擔困難度大增。

<sup>26</sup> 因地震造成政府財產損失第 95 百分位約為 107 億元，約佔 700 億的 15%；颱風洪水造成政府財產損失第 95 百分位約為 320 億元，約佔 700 億的 46%。

分析新成立政府財產地震基金每年所需投入資金與可能損失，本研究將利用模擬出之 15 年 50 萬種損失情境損失作為每年可能損失。首先在扣除政府負擔最上層損失 20 億之後，平均每年剩下之損失，加上附加費用 50%<sup>27</sup>之後可得每年政府需投入基金約 13 億元，(再)保險公司收取之附加費用為 50%，則保險公司與再保險公司收取之保費每年約為 2 億以及 4 億元。將損失風險分散至(再)保險公司，基金每年扣除損失金額與(再)保險費用後，累積基金規模由第 1 年 2.5 億元至未來第 15 年可累積至 35 億元。另外，政府風險分散後之損失第 99 百分位與第 10 百分位金額約為 800 億元與 10 億元，基金損失第 99 百分位與第 10 百分位金額約為 50 億元與 6 億元因此成立基金前後政府損失如下圖 4-10：

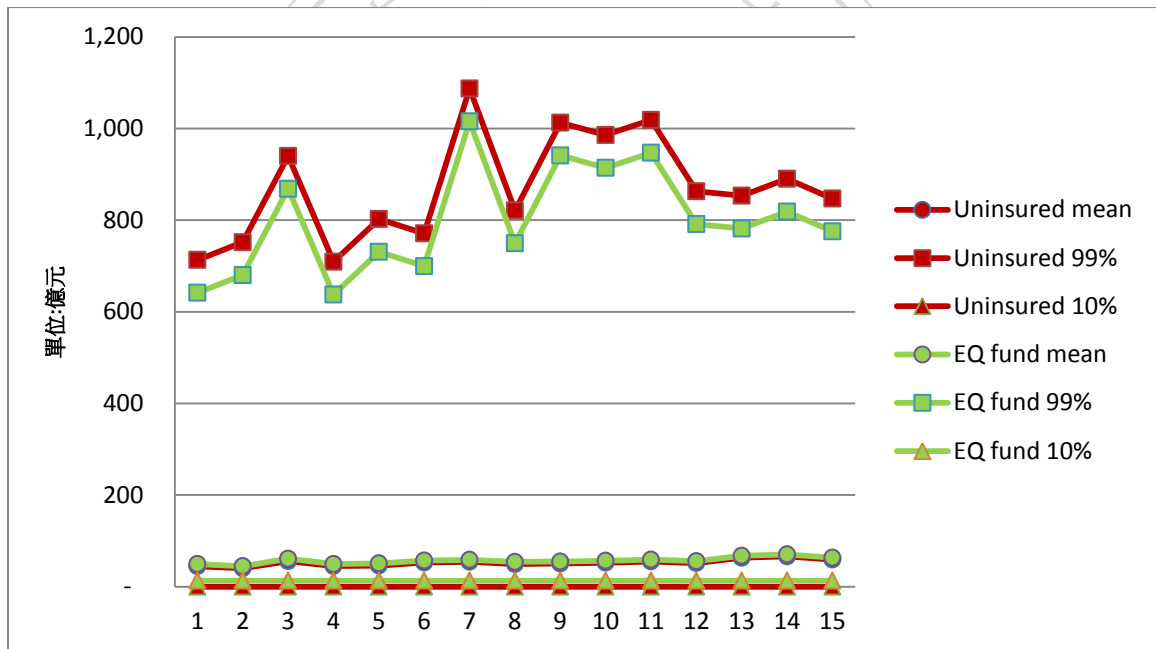


圖 4-10 成立政府財產地震保險基金前後之損失

<sup>27</sup> 有附加費用原因為政府將風險移轉至基金，因此有繳交保費之概念

接下來分析新成立政府財產颱風洪災基金每年所需投入資金與可能損失，本研究亦將利用模擬出之 15 年 50 萬種損失情境損失作為每年可能損失。首先在扣除政府負擔最上層損失 65 億之後，亦加上附加費用 50% 之後可得每年所需投入基金約 140 億元，同上述附加費用為 50%，保險公司與再保險公司收取之保費每年約為 20 億以及 35 億元。累積基金規模將由第 1 年 30 億元至未來第 15 年可累積約 450 億元。另外，政府風險分散後之損失第 99 百分位與第 10 百分位金額為 470 億元與 150 億元，因此成立基金前後政府損失如下圖 4-11：

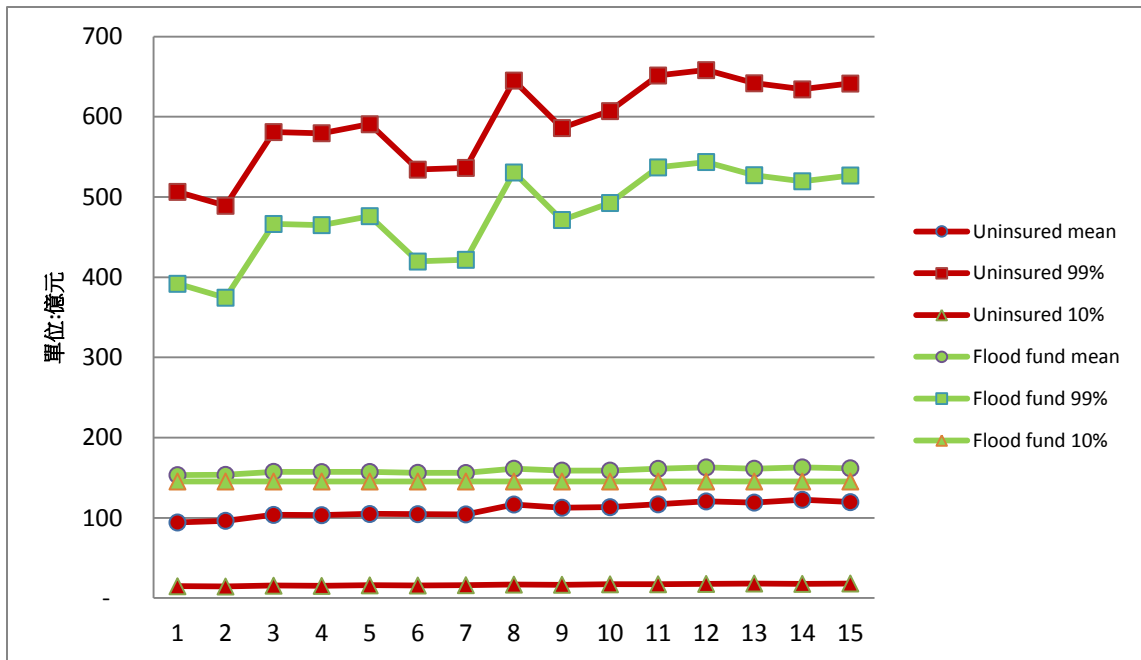


圖 4-11 成立政府財產颱風洪災保險基金前後之損失

另本研究援引至研考會計畫「天災風險管理對策之研究：財政管理與風險管理」中，建議基金中風險分散機制原底層（保險公司共保承擔）與第二層（基金自留）交換，則保險公司承擔風險降低，進而使保費降低，提高投保意願。由於新成立之颱風洪水基金底層與第二層負擔金額為 15 億元、80 億元，為求能檢視出是否將保險公司負擔層級改變之後，其負擔風險可下降，將兩層負擔金額取平均後各約 50 億元，再進行分析。因此，重覆上述計算（再）保費與政府需提供資金及各損失部份。若依照原基金第一層由保險公司共保分擔，則保險費用約為 62 億元，而若將第一層損失部分改由颱風洪水基金來自留承擔，保險公司負擔第二層，則保費約為

37 億元，顯示出藉由改變基金各層承擔者，其承擔風險亦會改變，因此若保險公司負擔風險下降之後，保費則可降低，將可提高基金投保意願，而基金累積速度則無明顯增加。

#### 4.5 地震與颱風洪災風險最適化分析

不同於 4.1 與 4.2 著重在相同保費之下，去分析政府財產利用三種不同保險機制之損失，此部分則分析政府橋梁與政府建物暴露在地震及颱風洪災風險之下，若政府本身的風險偏好不同，例如政府相較於政府財產損失波動度，其較注重在損失之下方風險等的不同樣態中，則政府對於自留風險與保費間會有抵換之關係。因此，在最適化分析之中，希冀得出政府不同的風險偏好下可對應到不同的風險自留程度。

一樣利用三種保險機制之下對於政府橋梁與建物之損失進行分析，本研究先設定目標效用函數，在極小化目標函數之後可得出最適保費以及損失之分配，目的在於能使政府財產在有保險機制之下，其所需之保費與損失波動度加總可以達到最適的效果。最小化目標效用函數如下：

$$\text{Min } E(\text{Premium}) + a * \sigma + b * \text{VaR}$$

其中，

$E(\text{Premium})$ ：不同保險機制下政府所需之保費

$\text{VaR}$ ：政府財產（橋梁、政府建物）保險後第 99 百分位損失

$\sigma$ ：政府財產（橋梁、政府建物）保險後損失標準差之平均值

$a$ 、 $b$ ：政府對損失之波動度與損失下方風險重視程度，若較重視損失之波動度則會給予  $a$  較高之權數（相較於  $b$ ）

因此給定不同 a 與 b 之下，代表政府不同之風險偏好，本研究將利用以下不同情況進行分析：

a	b	意涵
0	1	政府關心其財產損失之下方風險
1	0	政府關心其財產損失之波動度
0.5	0.3	針對颱風洪災風險設定，在此設定下，E(Premium)、VaR、 $\sigma$ 三者規模相似，代表政府對於這三種參數持相同關心程度
0.3	0.5	針對地震風險設定，在此設定下，E(Premium)、VaR、 $\sigma$ 三者規模相似，代表政府對於這三種參數持相同關心程度

#### 4.5.1 地震風險最適化結果

在三種不同保險機制之下極小化目標函數，則在第一種比例式保險機制下，帶入上述不同情況之 a 與 b 值，得出最適化之政府比例負擔部分皆為零，因此不予以分析比較。

表 4-4 為「自負額保險」與「給付最高額度與自負額並行保險」機制之下，若目標函數套入不同之 a 與 b 值後，政府需負擔之保費、自負額以及上限金額。

表 4-4 不同 a 與 b 值之政府負擔

a, b 值	自負額保險		給付最高額度與自負額並行保險	
	保費	自負額	保費	自負額與上限
a=1,b=0	329,489	9,558	319,665	41,552 與 92,706,571
a=0,b=1	331,772	4,512	169,562	4,516 與 4,620,690
a=0.3,b=0.5	329,914	8,514	328,577	10,938 與 92,706,571
單位：千元				



又政府對於其財產損失關心面向不同則會影響其最適化結果，本研究推估若政府較關心其下方風險之損失，相較於關心政府財產損失波動度，政府將會多負擔

一些保費（即降低政府風險自留程度）來減少下方風險損失之不確定性，而在政府對於其財產損失波動度與損失下方風險持相同關注程度，則預期最適保費會於其他兩類的政府風險偏好之間。圖 4-12 與圖 4-13 分別代表在「自負額保險」與「給付最高額度與自負額並行保險」之下，政府在考量重視不同風險之下，其平均、第 99 百分位以及第 10 百分位損失，在自負額保險部分可得出與推估時相同之結果，但是給付最高額度與自負額並行保險得出之效果較不顯著，其中，當政府是以下方風險為考量時，由於模擬出的橋梁因地震而損失資料，其損失分配十分極端，其最大損失可達到約 1,500 億元，而在損失的第 99 百分位時約只有 5 億元，最適化過程無法去捕捉到極端風險值，因此給付最高額度並無法限制住較大損失的部分，在保險有給付最高額度之下，出現橋梁平均損失值會大於第 99 百分位的結果，因此 VaR 並不適用於地震風險。

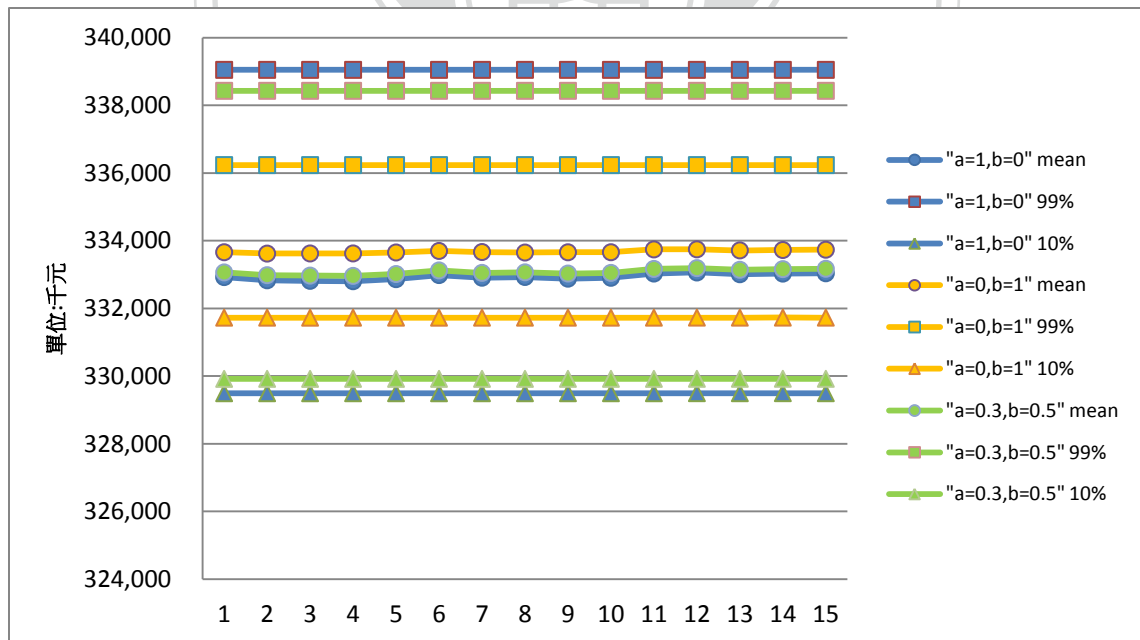


圖 4-12 風險偏好不同下自負額保險之政府損失

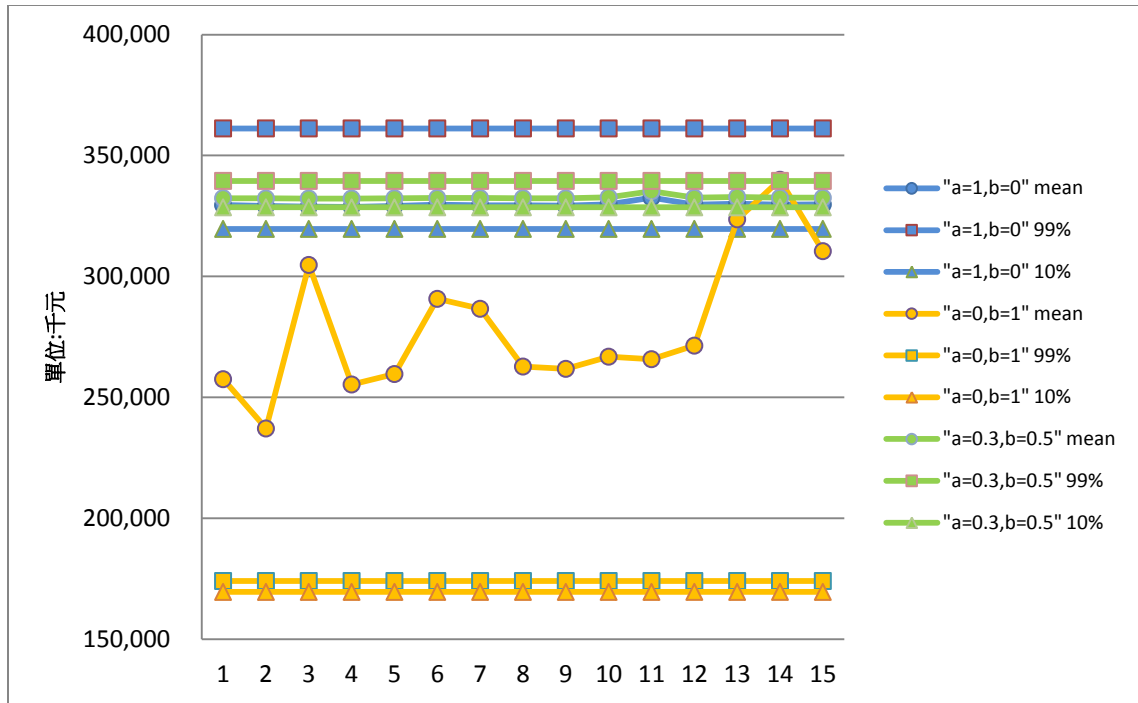


圖 4-13 風險偏好不同下給付最高額度與自負額並行保險之政府損失

#### 4.5.2 颱風洪災風險最適化結果

此部份分析同 4.5.1，本研究在三種不同保險機制之下極小化目標函數，同樣在第一種比例式保險機制下，帶入不同情況之  $a$  與  $b$  值，會得出最適化之政府比例負擔部分皆為零，因此在颱風洪災風險之下亦不予以分析比較。

表 4-5 為「自負額保險」與「給付最高額度與自負額並行保險」機制之下，若目標函數套入不同之  $a$  與  $b$  值後，政府需負擔之保費、自負額以及上限金額，而在颱風洪災風險下，若以  $E(\text{Premium})$ 、 $\text{VaR}$ 、 $\sigma$  三者規模相似為考量（代表政府對於這三種參數持相同關心程度）之下，其權重設定為  $a=0.5$  及  $b=0.3$ ，不同於地震風險下之權重。

表 4-5 不同 a 與 b 值之政府負擔

a, b 值	自負額保險		給付最高額度與自負額並行保險	
	保費	自負額	保費	自負額與上限
a=1,b=0	410,543	1,920,306	409,757	1,922,348 與 26,801,843
a=0,b=1	661,114	1,250,720	628,157	1,250,714 與 7,367,822
a=0.5,b=0.3	496,888	1,642,145	496,457	1,642,742 與 26,801,843
單位：千元				

圖 4-14 與圖 4-15 分別代表在「自負額保險」與「給付最高額度與自負額並行保險」之下，政府在考量重視不同風險之下，其平均、第 99 百分位以及第 10 百分位損失，在颱風洪災風險之下，兩種保險機制皆能得出 4.5.1 所推估之結果，即政府較關心下方風險之損失，政府會多負擔保費（即降低政府風險自留程度）來減少下方風險損失之不確定性，在政府對於其財產損失波動度與損失下方風險持相同關注程度，則預期最適保費會落在其他兩類的政府風險偏好之間。

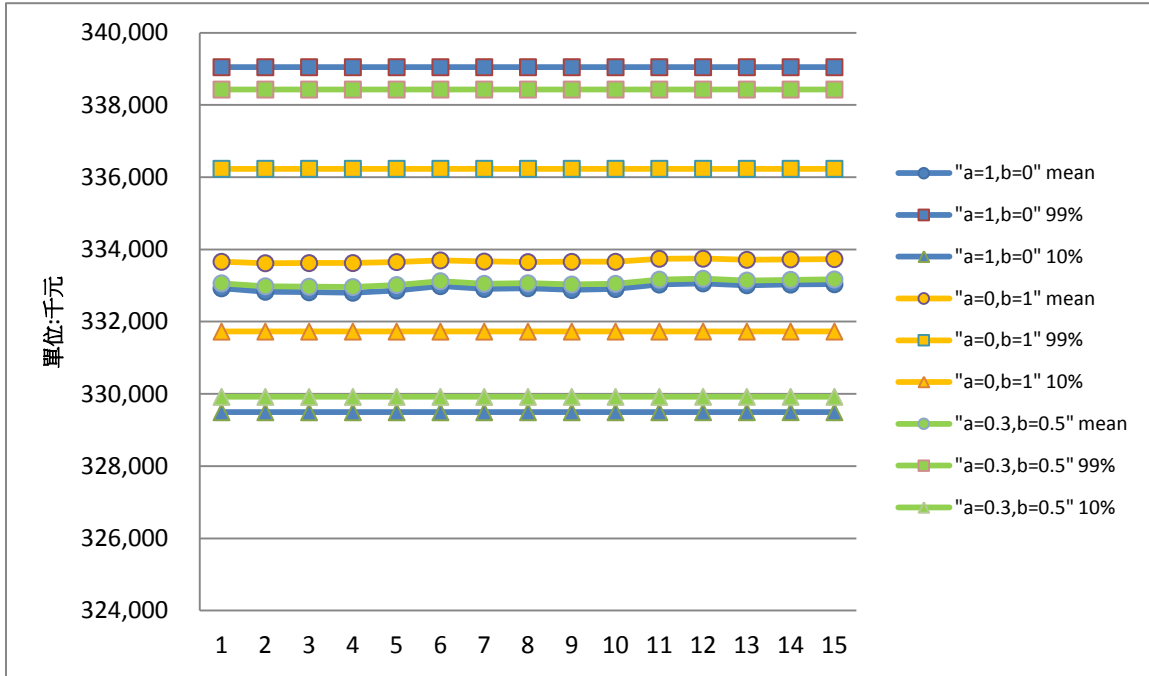


圖 4-14 風險偏好不同下自負額保險之政府損失

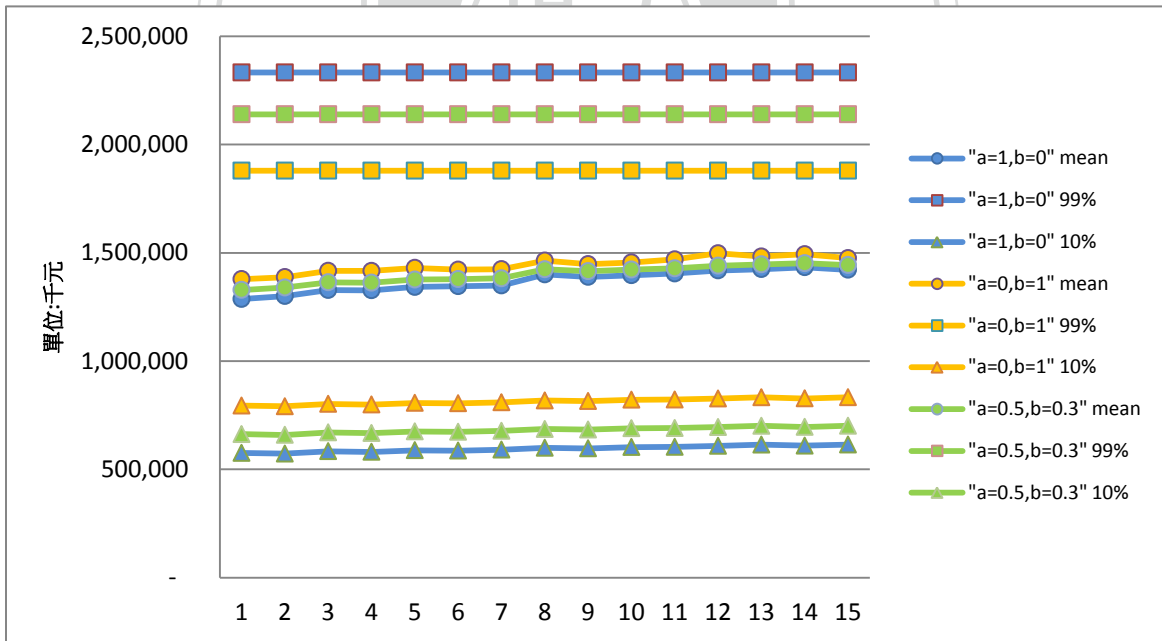


圖 4-15 風險偏好不同下給付最高額度與自負額並行保險之政府損失

## 4.6 巨災債券價值分析

發行巨災債券之目的為一種將保險市場與資本市場連結之機制，利用資本市場來分散風險，不失為一項政府可以利用之風險管理機制。而在財團法人住宅地震保險基金其為險分散機制中，分層移轉風險第二層即在 2003 年曾安排發行過巨災債券，因此最後一部分將以 2003 年台灣首次發行之巨災債券為例，若將模擬出政府總財產因地震而損失之結果套入巨災債券中，巨災債券價值之變化情況為何。張澤慈（2006）對於台灣首次發行之巨災債券有詳細介紹，整理其組成要素如下：

一、 期間：三年

二、 發行金額：較小型發行金額，一億美元

三、 賠償啟動機制：損害填補型

損害填補型為當巨災發生，特殊目的公司（SPV）以再保險人實際賠償金額為清償依據，當保險損失超過約定之起賠點（Attachment Point）時，開始賠付予再保險人。也就是說，當實際地震賠款達到新台幣二百億元後，其損失在二百億元之一億美金額度內可以全數從巨災債券攤回賠款，並且不會攤賠有短少情形，因此不具有基差風險，但容易存在道德風險。

四、 債券之計息方式

主要以預期損失計算，再依發行時的市場價格、次級市場之流通性等去調整風險利差，支付予投資人，而發行時利率為三個月期 LIBOR 加上 3.3% 的風險利差。

五、 債券本金類型：沒收本金型

當巨災損失額度超過巨災債券契約訂立時所約定之起賠點時，超過的損失部分直接從債券本金中扣除，用以賠付特殊目的公司的再保攤賠，直到債券本金全部賠償完畢。

當債券期間到期時，債券本金若有剩餘，則返還予債券投資人。也就是說，當巨災損失超過新台幣二百億元時，所超過的賠款損失直接從本金中扣除，用以賠付 Formosa Re 的再保攤賠，直到債券本金全部賠償完。

## 六、評等：S&P 並未給予評等

由上述之組合要素可計算若仿照台灣首張巨災債券發行模式，其價值如下式：

$$V_{C,B} = \frac{C - E(\text{loss of year1})}{1 + r_f + r_s} + \frac{C - E(\text{loss of year2})}{(1 + r_f + r_s)^2} + \frac{C - E(\text{loss of year3}) + P}{(1 + r_f + r_s)^3}$$

其中，

$V_{C,B}$ ：巨災債券之價值

$C$ ：債券之利息

$E(\text{loss of year } i)$ ：第  $i$  年之預期損失

$r_f$ ：發行當時之三個月 LIBOR

$r_s$ ：風險利差

$P$ ：本金

本研究利用上述公式計算出若在今年發行一地震巨災債券，則其價值會如何變化。首先，假設發行期間亦為三年，LIBOR 三個月期之利率為 0.47%<sup>28</sup>，而風險利差之選取是利用 2011 年 Embarcadero Re Ltd. 所發行的巨災債券<sup>29</sup>，其風險利差為 6.6%。債券之利息每年約為 1.6 億元<sup>30</sup>，而預期損失金額則是第四章 4.4 節中所推估出在模擬情況之下，地震與風災會造成政府總財產的損失金額，本研究取模擬值之第一至第三年（資料共為 15 年）作分析。因此，若於 2012 年發行一地震巨災債

<sup>28</sup> <http://www.bankrate.com/rates/interest-rates/libor.aspx>

<sup>29</sup> 其承保美國加州之地震造成的損失，另外發行期間亦為三年，發行金額為 1.6 億美元。此債券規模與承保風險以及發行金額皆和台灣首張巨災債券類似，因此選取此風險利差來計算巨災債券之價值

<sup>30</sup> 本研究以若將損失風險移轉給（再）保險時需繳交之平均（再）保險費用作為每年債券利息，附加費用為 50%

券，其平均價值約為 26 億元，在 50 萬種不同地震損失情境之下，約有 2% 之機率地震巨災債券價值會為零，代表在第一年（或是第二年），即發生超過 234 億元之地震損失；第 5 百分位及第 90 百分位之債券價格則為 4 億元與 28 億元，而在大部份地震損失情境中，三年損失皆不會觸及到起賠點，即大部分債券價格皆為 28 億元。



## 第五章 結論與建議

本研究在利用模擬出未來 15 年政府橋梁與政府建物可能之損失資料進行分析，其結論如下述。首先，研究結果顯示無論在地震或是颱風洪災風險，「給付最高額度與自負額並行」的保險機制最能去降低政府若遭遇巨災時財政上損失之波動度；而將地震與颱風洪災風險整合後再去進行保險，則可得出其具有風險分散之效果，顯示將兩種獨立發生的風險事件整合在一起之後作風險管理，會比單獨風險各自去進行風險管理能有更好的風險分散效果。

第二，推估出政府公部門因地震與洪災風險所造成的總損失之後，本研究將此兩者損失作為現行住宅地震保險基金其危險分散時之最高限額，套入住宅地震保險基金，等比例縮小基金危險分散分層之規模，將兩者所造成的政府財產損失分別成立基金，給予政府若將來成立政府總財產之地震（或颱風洪災）基金時，其規模大小之建議；另外，亦建議若成立颱風洪災基金時，可將危險承擔之分層改變，將最底層原為共保組織承擔部分與第二層基金自留部分交換，可降低保費，藉由改變基金各層承擔者，使基金投保之意願上升。

第三，若政府本身的風險偏好不同，則政府對於自留風險與保費間會有抵換之關係。在最適化分析之下，若政府較關心其下方風險之損失，相較於關心政府財產損失波動度，政府將會多負擔一些保費來減少下方風險損失之不確定性，而在政府對於其財產損失波動度與損失下方風險持相同關注程度，則預期最適保費會於其他兩類的政府風險偏好之間。最後計算出若發行地震巨災債券其價值變化，由於地震風險損失分配較為極端，因此大部分地震損失情境之下，債券價值為一固定值。

本研究最主要目的在喚起政府對於其本身財產，可利用保險等機制去做風險管理之意識，確實做好巨災的風險管理的確能有效去抑制地震與颱風洪災對政府財政上損失的影響，期盼能藉此提升政府相關單位對於台灣的天災風險的重視。



## 參考文獻

### 一、 國內文獻

王郁翔（2008）。臺灣住宅地震保險基金資金缺口財源籌措之研究，台中：逢甲大學風險管理與保險學系碩士論文。

李珍穎（2002）。建立臺灣綜合天然災害風險管理與保險規劃之研究，高雄：國立高雄第一科技大學風險管理與保險系碩士論文。

林建智，周行一，蔡政憲，周大慶，王儷玲，謝俊（2006）。以巨災權益賣權、巨災交換，及衍生性商品之保險期貨、GCCI巨災選擇權等新財務工具移轉災害風險之研究。行政院金融監督管理委員會保險局委託研究報告。

洪東謀（2009）。台灣地區天然巨災風險評估模型之建立，桃園：國立中央大學土木工程所碩士論文。

張澤慈（2006）。我國住宅地震風險證券化之實際研究，台北：淡江大學保險系保險經營研究所碩士論文。

陳界志（2011）。以政府預算保險管理台灣的地震風險，台北：政治大學風險管理與保險學系研究所碩士論文。

陳繼堯（2001）。再保險理論與實務。台北：智勝文化事業公司。

廖鳳茹（2004）。地震保險與風險評估之探討，高雄：國立臺灣海洋大學河海工程學系碩士論文。

歐春吉（2004）。洪水損失評估模式之建立與其保險制度之應用，桃園：國立中央大學土木工程研究所碩士論文。

## 二、 國外文獻

Benson, C. and E. J. Clay (2000). Developing Countries and the Economic Impacts of Natural Disasters. In Alcira Kreimer and Margaret Arnold,(eds.), *Managing Disaster Risk in Emerging Economies*, Disaster Risk Management Series no.2. Washington, D.C. : The World Bank.

Ermolieva, T. and Y. Ermoliev (2005). Catastrophic Risk Management: Flood and Seismic Risks Case Studies. In S. W. Wallace and W. T. Ziemba (eds.), *Applications of Stochastic Programming*, MPS-SIAM Series on Optimization, Philadelphia, PA.

Freeman, P. K. (2000). Estimating Chronic Risk from Natural Disasters in Developing Countries: A Case Study on Honduras. Paper presented at the Annual Bank Conference on Development Economics-Europe Development Thinking at the Millennium, Paris.

Freeman, P. K., L. A. Martin, J. Linnerooth-Bayer, R. Mechler, G. Pflug, and K. Warner, (2003). *Disaster Risk Management : National Systems for the Comprehensive Management of Disaster Risk and Financial Strategies for Natural Disaster Reconstruction*. IDB Publications from Inter-American Development Bank. No 14718.

Kreimer, A. and M. Arnold, (2000). *Managing Disaster Risk in Emerging Economies*. Washington, D.C. : The World Bank.

Rasmussen, Tobias N. (2004). *Macroeconomic Implications of Natural Disasters in the Caribbean*. Washington, D.C. : International Monetary Fund Working Paper Series 04/224.

Wilczynsky, P. and V. Kalavakonda (2000). *TURKEY: Strategy for Disaster Management and Mitigation*. Paper presented at World Bank ProVention Consortium Seminar, Washington, D. C..