

內政部建築研究所專題研究計畫成果報告

研 究 案：建築物耐震設計評估及補強研究(二)

研究案編號：MOIS 881015

計 畫 名 稱：近斷層建築物設計地震力之研究

執 行 期 間：八十七年八月一日至八十八年六月三十日

近斷層建築物設計地震力之研究

計畫主持人：葉超雄

共同主持人：洪思閔

主辦單位：內政部建築研究所

執行單位：中華民國地震工程學會

中華民國八十八年六月

內政部建築研究所專題研究計畫成果報告

研 究 案：建築物耐震設計評估及補強研究(二)

研究案編號：MOIS 881015

計 畫 名 稱：近斷層建築物設計地震力之研究

執 行 期 間：八十七年八月一日至八十八年六月三十日

近斷層建築物設計地震力之研究

計畫主持人：葉超雄

共同主持人：洪思閩

計 畫 顧 問：邱昌平、翁正強、陳生金、陳清泉、蔡益超
蔡克銓

研 究 人 員：鄭美淑、林家鍾、柴駿甫、廖文義、鄧崇任

研 究 助 理：陳淑玲、陸佩玉、林淑瓊、賴文研、鍾玉梅

主辦單位：內政部建築研究所

執行單位：中華民國地震工程學會

中華民國八十八年六月

摘要

台灣地狹人稠，隨著經濟繁榮與人口持續成長，不得不在斷層活動範圍內，興建住宅或公共工程設施，如梅山斷層與新化斷層等地區，均已逐漸開發利用。然而，基於 1994 年洛杉磯北嶺地震與 1995 年日本神戶地震的教訓，工程師們已確切認知近斷層地震有其獨特的特徵與危害性，而必須在建築結構設計時考量近斷層因素。美國 UBC97 規範中，已針對近斷層區域，藉由近斷層因子 N_a 與 N_v 修正設計反應譜，以提昇設計地震力，其中近斷層因子乃依據斷層種類與場址距斷層之距離而定義。台灣目前之耐震設計規範尚未將近斷層因素列入考量，因此，本計劃報告提出數值方法，模擬 1971 年 San Fernando 地震，藉由近斷層地表運動之境況模擬，分析近斷層地震之特性，並藉由結構物反應譜探究不同週期結構物之地震危害潛勢。同時，回顧 UBC97 實施近斷層設計地震力之背景與相關規定，並檢核確認規範中近斷層因子 N_a 與 N_v 之適用性。最後則是總整目前有關台灣活斷層之研究資料，並提出修正現行規範以實施近斷層設計地震力之建議方案。

關鍵詞：近斷層地震、地表運動模擬、反應譜需求、近斷層因子

ABSTRACT

As the population density grows and the regional economy develops, the available land becomes scarce. Eventually, we must face the problem of building the structures or other infrastructures in areas near the active faults, such as the Mai-Shan and the Shin-Hwa faults. Through the lessons of 1994 Northridge earthquake and 1995 Kobe earthquake, engineers recognize now that the earthquake induced strong ground motion near the active fault has the unique characteristics and must be carefully accounted for in the aseismic design. Hence, the 1997 Uniform Building Code (UBC 97) has taken into account the near source effect by the use of near source factors N_a and N_v , which are functions of the type of source fault and the distance from the fault. On the other hand, until now our current seismic design regulation has not followed the same trend yet. Thus, this report shows the results of our study on the unique characteristics of near source ground motions through the simulation of 1971 San Fernando earthquake and the effect on structures by examining the seismic spectral demand. At the same time, the background and the provisions associated with the near source effect of UBC97 are reexamined, and the values of the near source factors are also verified. Finally, the current study on the investigation of the active fault are reviewed and summarized, and the suitable provisions taking into account the near source effect are proposed to modify the current seismic design code.

Keywords: near-fault earthquake, ground motion simulation,
seismic spectral demand, near source factors

目 錄

第一章 前言

- 1.1 研究內容重點 1-3
- 1.2 各研究重點說明 1-3
- 1.3 研究方法及進行步驟 1-4
- 1.4 工作項目 1-4
- 1.5 具體成果 1-4
- 1.6 參考之重要文獻 1-5

第二章 美國 UBC97 規範之規定及其緣由

- 2.1 靜力分析法 2-1
- 2.2 簡化靜力分析法 2-2
- 2.3 動力分析法 2-2
- 2.4 設計地震力 2-2
- 2.5 使用 UBC97 規範之補充說明 2-5
- 2.6 UBC97 規範之背景資料 北嶺地震之衝擊 2-6
- 2.7 UBC97 規範有關之衰減律公式 2-12

第三章 近沉降錯動斷層地表運動模擬

3.1 雙力偶半無限域格林函數 3-1

3.2 近沉降錯動斷層之地表運動 3-5

3.3 波數域數值積分 3-12

3.4 數值算例 3-20

第四章 近斷層地震對結構物之影響

4.1 結構彈性反應譜 4-1

4.2 UBC97 近斷層因子 4-3

4.3 台灣近斷層正規化設計反應譜之修正建議 4-4

第五章 台灣活動斷層之研究概況

5.1 活斷層調查之分工與整合 5-3

5.2 活斷層調查研究之細部規劃 5-3

5.3 現階段台灣活斷層之綜合性研究成果 5-4

5.4 活斷層(活動斷層)之定義及分類 5-4

5.5 活斷層之認定準則 5-6

5.6 台灣活斷層分佈圖 5-7

第六章 實施近斷層設計地震力之建議與對策

6.1 台灣目前實施近斷層設計地震力之當務之急 6-1

6.2 長期與長期因應對策之建議 6-2

附錄 A 半無限域表面荷重位移解

附錄 B 赴紐西蘭考察建築防震計畫

附錄一 紐西蘭隔震技術的應用

附錄二 紐西蘭之住宅工業簡介

附錄三 紐西蘭房屋研究協會(BRANE)簡介

第一章 前言

以美國之經驗而言，在 1994 年北嶺地震之前，只有少數之測站收錄到近斷層破裂附近之地震紀錄(例如 5 公里之內)，表 1-1 列出這些紀錄之規模及測站名稱

表 1-1 北嶺地震前之近斷層地震紀錄

測 站	規模	地震年代及名稱
Pacoima Dam	M = 6.6	1971 San Fernando 地震(加州)
Karakyr Point	M _S = 7.0	1976 Gazli 地震(蘇聯)
El Centro Array Nos. 5, 6, 7	M _L = 6.6	1979 Imperial Valley 地震(加州)
Tabas	M = 7.4	1979 Tabas 地震(伊朗)
Site 1	M _S = 6.9	1985 Nahanni 地震(加拿大)
Corralitos	M _S = 7.1	1989 Loma Prieta 地震(加州)
Cape Mendocino	M _S = 6.9	1992 Petrolia 地震
Lucerne Valley	M _S = 7.5	1992 Landers 地震(加州)

在 1971 年 San Fernando 地震之後，一些專家認為在 Pacoima 壩所收錄到之超過 1.0g PGA 之地震紀錄是異常的(意即在 1971 年之前大部份工程師只考慮 0.5g 為最大 PGA 值)。自從 1971 年後，隨著在近斷層附近硬地盤上裝設儀器之增加，許多規模較大之地震均收錄到高 PGA 值之地震紀錄，其範圍從 0.6g(Corralitos 測站，1989 Loma Prieta 地震)至約 2.0g(Cape Mendocino 測站，1992 Petrolia 地震)。甚至在某些地震中發現大的地表 PGA 伴隨著很強之速度脈衝，嚴重影響結構物在長週期之反應。

在 1994 北嶺地震後所收錄到近斷層之地震紀錄幾乎為之前之二倍，表 1-2 總結北嶺地表近斷層距小於 15 公里內(近斷層距依 1997 UBC 之定義)之地表振動資料，其中有 6 個測站就在破裂面上面，在表中以距斷層面 0km 距離表示，這些測站之平均 PGA 值超過 0.7g，且在週期 1.0 秒之加速度反應譜值平均超過 0.9g，而依美國現行之規範，反應譜值在 Z = 0.4 之震區只反映有效地表加速度(EPA)對於岩盤，場址週期 1 秒之加速度反應只有 0.4g，對於土壤只有 0.6g。如表 1-2 所顯示，PGA 及 SA_{1.0}(g)隨著斷層距之增加而衰減少大約至 10 公里距離外才與現行規範相符。

表 1-2 1994 年北嶺地震紀錄(距破裂斷層距 15km)

儀器站名稱		尖峰反應		距破裂斷層 距離(km)
名稱	場址	PGA(g)	SA _{1.0} (g)	
Jensen Filter Plant-Generator Bldg.	N/A	0.98/0.56	> 0.90	0
Newhall-County Fire Station	Soil	0.63/0.61	> 0.90	0
Rinaldi Receiving Station	Soil	0.85/0.48	> 0.90	0
Sylmar Converter Station (East)	Rock	0.79/0.45	> 0.90	0
Sylmar Converter Station	Soil	0.90/0.61	> 0.90	0
Sepulveda VA Hospital	N/A	0.94/0.74	0.7	0
Sylmar County Hospital	Soil	0.91/0.61	0.75	2
Arleta-Nordhoff Ave. Fire Station	Soil	0.35/0.29	0.6	7
Pacoima-Kagel Canyon	Rock	0.44/0.30	0.45	9
Castaic-Old Ridge Route	Rock	0.59/0.54	0.35	10
Lake Hughes 12A	Soil	0.26/0.18	0.35	12
Energy Control Center	Rock	0.23/0.21	0.4	12
Santa Susana-ETEC	N/A	0.29/0.23	0.25	14

若以日本之經驗而言,影響現代都會區最大之地震首推發生於 1995 年初之神戶地震,超過 5 千人死亡,3 萬 5 千人受傷而三十萬人無家可歸。超過 15 萬棟建築物毀於地震及二次火災。估計直接損失為 1 千億美元(主要為建築物損失)。

神戶地震之地表運動特徵,為高強度但延時相當短之地表運動,具典型之近斷層地表運動特性,只有少數地區才受到土壤放大效應之影響,但主要災害歸因於都會區太靠近斷層。從阪神地震近斷層之地震紀錄來看,均含有一些非常強之長週期脈衝(此非常像北嶺地震),這些脈衝在沿著垂直斷層面之方向尤其強烈。

依估計,地震前在阪神地區約 70 萬棟建築物,這些建築物有 37 萬 5 千棟是座落在離斷層 5 公里之內。依據日本建築研究所之統計(AIJ,1995)70 萬棟建築物當中有 14 萬 4 千棟為倒塌或嚴重損毀,而這些倒塌或嚴重損毀之建築物當中,有 90%(意即 144,032 棟中之 131,355 棟)是直接座落在離斷層 5 公里之內,但在距離斷層 10 公里至 30 公里處之 Osaka 市只有 1%塌毀,許多與距斷層 5 公里內相類似之建築在 Osaka 市卻安然無恙。由以上所述之近斷層建築物損害紀錄顯示,近斷層地震對於長週期影響較大,因此設計地震力在短

週期(等加速度段)，與長週期(等速度區段)須有良好之描述，以示區隔。

1.1 研究內容重點

1. 第二章說明美國 UBC97 規範有關近斷層設計地震力之相關規定及其緣由，以提供修正現行耐震設計規範參考。
2. 第三章蒐集有關近斷層地表振動分析之理論，並作一實例計算以探討近斷層地表振動之特性。
3. 第四章探討近斷層地表振動對於結構物(尤其是長週期結構物)之影響，並包括反應譜之計算。
4. 第五章對於台灣有關活斷層之研究現況作一整理，以提供業界初步參考。
5. 第六章就台灣實施近斷層設計地震力規定提出建議。

1.2 各研究重點說明

1. 在美國 UBC97 之規範，有關近斷層設計地震力之考量，係透過使用 N_a 及 N_v 之近斷層因子來達成。 N_a 之值是由不同近斷層距離，對應於週期 = 0.3 秒反應譜值衰減律公式，所預估出之中度(median)估計值除於 UBC97 中， $Z = 0.4g$ 硬地盤，對應於週期 = 0.3 秒設計反應譜值而得；而 N_v 值則是由類似之方法針對週期 = 1.0 秒而得，在美國 UBC97 規範是使用二種著名之反應譜衰減律公式之平均來估計硬土層週期 = 1.0 秒之反應譜值，其中 Boore, Joyner 及 Fumal (1993)反應譜衰減律公式適合於平均估計土層分類為 B 及 C 類土層者，而 Sadigh 等人(1986)反應譜衰減律公式則適用於估計平移(strike-slip)及逆向滑移(reverse-slip)之斷層機制所引致者。兩者只是中度(median)反映近斷層隨機方位之地表振動大小而已，同樣地，近斷層因子也是一樣，而不是指垂直斷層面最強方向之最大值。
2. 在 1979 Imperial Valley 地震沿著 El Centro 陣列之測站，收錄到相當強之速度脈衝，此陣列之儀器係跨越並垂直 Brawley 及 Imperial 斷層，每隔 3km 間隔就設置一測站。1979 年 Imperial Valley 地震中，在非常靠近斷層之測站，沿著垂直斷層面之方向就收錄到非常強，且為長週期之速度脈衝，因此若要估計垂直斷層方向上之地表振動特性，則二維動力錯動理論即可給出相當合理之估計，所以本報告之實例計算即以二維模擬為主。

3. 針對近斷層地震之長週期速度脈衝之特性，將第三章模擬所得之近斷層地震歷時作為結構物之基底輸入運動，以探討反應譜之特性；同時針對長週期結構物，探討其動力反應之差異。
4. 對於台灣活動斷層之既有資料及研究現況作一整理，以作為設計者之初步參考。
5. 針對目前國內之耐震設計規範與美國 UBC97 規範作一比較，同時對國內近斷層設計地震力提出建議。

1.3 研究方法及進行步驟

1. 研究美國 UBC97 之耐震設計規範，了解其近斷層距離之定義，斷層種類之分類來源，近斷層因子 N_a ， N_v 及相關震力係數 C_a ， C_v 等之來源，以作為提供修正現行耐震設規之參考依據。
2. 以改良最速陡降法進行有關近斷層地震之地表運動模擬。
3. 以修正 R/T 係數法進行有關結構物受近斷層地震之動力反應計算。
4. 蒐集台灣活動斷層之資料。
5. 進行比較國內目前規範與 UBC97 規範之差異。

1.4 工作項目

1. 研究評估美國 UBC97 設計規範中，斷層距，斷層分類、近斷層因子及震力係數等之來源。
2. 蒐集並推衍近斷層地震地表振動之震波理論，並作實例模擬。
3. 對單自由度結構系統進行動力反應計算及反應譜計算。
4. 蒐集及整理台灣活動斷層資料。

1.5 具體成果

1. 所完成之實例模擬及反應譜，可供進行各類評估及修正現有反應譜之參考。
2. 所完成之實例模擬可供校核國內之衰減律公式。
3. 台灣之活動斷層資料可供設計者在設計時之參考依據。

1.6 參考之重要文獻

1. “Uniform Building Code”, 1997ed. ICBO.
2. Somerville, P., “Forward Rupture Directivity in the Kobe and Northridge Earthquakes, and Implications for Structural Engineers”, Seventh U.S.-Japan Workshop on Improvements of Structural Design and Construction Practices, Lessons Learned from Kobe and Northridge, January 18-20, 1996, Kobe, Japan.
3. Kircher, C.A, 1996, “The Kobe Earthquake : Ground Shaking, Damage and Loss, “ASCE Structures Congress ’96, April 15-19, American Society of Civil Engineers, Washington DC.
4. Architectural Institute of Japan (AIJ), 1995, “Preliminary Reconnaissance Report of the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake, “English Edition, Tokyo Japan.
5. Boore, D. M., Joyner, W.B., AND Fumal, T. E., 1993. “Estimation of Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes : An Interim Report”, USGS Open File Report 93-509, Menlo Park, California, United States Geological Survey.
6. Boore, D. M., Joyner, W. B., and Fumal, T. E., 1994a. “Estimation of Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes : An Interim Report, Part 2”, USGS Open File Report 94-127, Menlo Park, California, United States Geological Survey.
7. Boore, D. M., Joyner, W. B., and Fumal, T. E., 1994b. “Ground Motion Estimates for Strike-and Reverse-Slip Faults”, (preprint).
8. Sadigh, K., Change C.-Y., Abrahamson, N. A., Chiou, S. J. and M. S. Power, 1993. “Specification of Long-Period Ground Motions : Updated Attenuation Relationships For Rock Site Conditions And Adjustment Factors For Near-Fault Effects”, Proceedings of ATC 17-1 Seminar on Seismic Isolation, Passive Energy Dissipation, and Active Control, Applied Technology Council, Redwood City, CA, pp.59-70.
9. Sadigh, K., Egan, J. A., and Youngs, R. R., 1986. “Specification of Ground

- Motion for Seismic Design of Long Period Structures”, Earthquake Notes, vol. 57, no. 1, p.13.
10. Structural Engineers Association of California (SEAOC), 1996, “Recommended Lateral Force Requirements and Commentary”, Sacramento CA.
 11. Burridge, R. and L. Knopoff, 1964, “Body Force Equivalents for Seismic Dislocations, “Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.54, pp.1875-1888.
 12. Bouchon, M. and K. Aki, 1977, “Discrete Wave-number Representation of Seismic Source Wave Fields”, Bull. Seism. Soc. Am.67, pp.259-277.
 13. Bouchon, M., 1978, “ A Dynamic Source Model for the San Fernando Earthquake”, Bull Seism. Soc. Am.68, pp.1555-1576.
 14. Das, S. and K. Aki, 1977, “Fault Plane with Barriers : A Versatile Earthquake Model”, J. Geophys. Res. 82, pp.5658-5670.
 15. Boore, D. M. and M. D. Zoback, 1974, “Two-dimensional Kinematics Fault Modeling of the Pacoima Dam Strong-Motion Recordings of the February 9, 1971, San Fernando Earthquake”, Bull Seism. Soc. Am. 64, 555-570.
 16. Niazy, A., 1975, “An Exact Solution for a Finite Two-dimensional Moving Dislocation in an Elastic Half-space, with Application to the San Fernando Earthquake of 1971”, Bull. Seism. Soc. Am. 65, 1797-1826.
 17. Jennings, P.C., 1971, (Editor), “Engineering Features of the San Fernando Earthquake”, EERL 71-02, Earthquake Eng. Res. Lab., Calif. Inst. of Tech.
 18. Chopra, A.K., 1997 “Dynamics of Structures : Theory and Application to Earthquake Engineering”, Prentice Hall International, Inc.
 19. Nigm, N.C. and P.C. Jennings, 1969, “Calculation of Response Spectra from Strong-Motion Earthquakes Records”. Bull. Seism. Soc. Am. 59, pp.909-922.
 20. Mahaney, J.A., T. F. Paret, B. E. Kehoe, and S. A. Freeman, 1993, “The Capacity Spectrum Method for Evaluating Structural Response During the Loma Prieta Earthquake”, National Earthquake Conference, Memphis.
 21. 宋國城，王乾盈，李錫堤，林慶偉，胡植慶，葉永田，楊耿明，劉平妹，劉家瑄，劉聰桂，鄧屬予，朱傲祖，李建成，李重毅，周穎蔚，洪日豪，

- 陳于高，1998，”台灣的活斷層研究規劃報告書”，行政院國家科學委員會專題研究成果報告, 87-2119-M-006-002.
22. 張徽正，林啟文，陳勉銘，1998，”台灣活動斷層概論”，經濟部中央地質調查所.
23. “建築物耐震設計規範條文，解說及示範例之研訂”，內政部建築研究所研究報告。

第二章 美國 UBC97 規範對近斷層設計地震力之規定及其緣由

美國 UBC97 耐震設計規範對近斷層設計地震力之規定於「建築物耐震設計手冊之編訂(一)」之 3.5 節曾就 UBC97 耐震設計規範作一簡要介紹，今再擇要如下：

在美國 UBC97 中，最小總橫力之分析方法中，除靜力分析法、動力分析法外，在靜力分析法中又增加了一種簡化靜力分析法。在載重組合方面，UBC97 對地震力載重亦有新的考量方式，以下將對 UBC97 最小總橫力之三種分析方法及地震力載重之計算分別說明。(以下所述式、表及圖之編號均與 UBC97 相關)。

2.1 靜力分析法

斷層遠近的影響，即 N_a 這個因子由表 2-6 查得 N_a 之值。同時由近斷層之工址的 N_a 值來決定基地之震力係數。

C_a ：震力係數，由表 2-4 查得。

C_v ：震力係數，由表 2-5 查得。

N_a ：近斷層因子，用來計算地震四區之 C_a 值，由表 2-6 及表 2-8 可以查得。

N_v ：近斷層因子，用來計算地震四區之 C_v 值，由表 2-7 及表 2-8 可以查得。

R：結構系統韌性容量。

T：結構基本振動週期。

$$V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i \quad (2.1)$$

$$F_t = 0.07TV \quad (2.2)$$

$$F_t = \frac{(V - F_i)w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i} \quad (2.3)$$

2.2 簡化靜力分析法

已知方向上之總設計基底剪力可以下式計算之：

$$V = \frac{3.0C_a}{R} W \quad (2.4)$$

C_a 值應基於土層種類由表 2-4 查得。

2.3 動力分析法

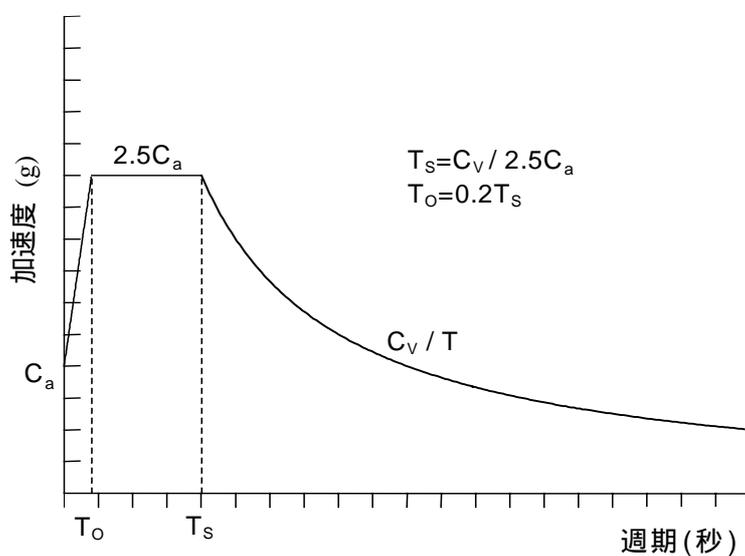


圖 2-1 設計反應譜

2.4 設計地震力

表 2-2 UBC 震區係數 Z

震區	1	2A	2B	3	4
Z	0.075	0.15	0.20	0.30	0.40

表 2-3 土層種類

類別	土層名稱及描述	頂部 30 公尺之土壤平均性質		
		剪力波速， \bar{V}_s (m/s)	標準貫入試 驗， \bar{N} (\bar{N}_{CH})	不排水剪力強度， \bar{S}_u (kPa)
S _A	堅硬岩石	>1500	-	-
S _B	岩石	760~1500	-	-
S _C	極緊密土壤及軟岩	360~760	>50	>100
S _D	堅實土層	180~360	15~50	50~100
S _E ¹	軟弱土層	<180	<15	<50
S _F	需依第 UBC97(1629.3.1 節)之規定，對基地之土層做特定之分析 1. 於地震作用下，易於破壞或有破壞潛能之土壤，如有液化潛能之土壤，高靈敏性粘土及易破壞之軟弱土壤。 2. 有機粘土厚度超過 10 呎(3.048 公尺) 3. 極高塑性粘土 PI > 75，粘土厚度超過 25 呎(7.62 公尺) 4. 極厚之軟弱/中硬性粘土，其粘土厚度超過 120 呎(36.576 公尺)			

1. 第 S_E 類土壤亦包括含有 3.048 公尺 (10 英呎) 以上粘土層之任何土壤，且其 PI > 20， $w_{mc} \geq 40\%$ ， $S_u < 24\text{kPa}$ (500psf)。塑性指數 PI，含水量 w_{mc} ，應根據國家標準計算。

表 2-4 震力係數 C_a

土層種類	震區係數，Z				
	Z=0.075	Z=0.15	Z=0.20	Z=0.30	Z=0.40
S _A	0.06	0.12	0.16	0.24	0.32 N _a
S _B	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40 N _a
S _C	0.09	0.18	0.24	0.33	0.40 N _a
S _D	0.12	0.22	0.28	0.36	0.44 N _a
S _E	0.19	0.30	0.34	0.36	0.36 N _a
S _F	註 1				

1. 特定基地之地質調查及動力反應分析將用以決定 S_F 類土層之震力係數

表 2-5 震力係數 C_v

土層種類	震區係數, Z				
	$Z=0.075$	$Z=0.15$	$Z=0.20$	$Z=0.30$	$Z=0.40$
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	$0.32 N_v$
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	$0.40 N_v$
S_C	0.13	0.25	0.32	0.45	$0.56 N_v$
S_D	0.18	0.32	0.40	0.54	$0.64 N_v$
S_E	0.26	0.50	0.64	0.84	$0.96 N_v$
S_F	註 1				

1. 特定基地之地質調查及動力反應分析將用以決定 S_F 類土層之震力係數

表 2-6 近斷層因子 $N_a^{\frac{1}{2}}$

斷層種類	距已知斷層之最短距離		
	2km	5km	$\geq 10\text{km}$
A	1.5	1.2	1.0
B	1.3	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

1. N_a 值可基於上表之值以線性內插求得。

表 2-7 近斷層因子 $N_v^{\frac{1}{2}}$

斷層種類	距已知斷層之最短距離			
	$\leq 2\text{km}$	5km	10km	$\geq 15\text{km}$
A	2.0	1.6	1.2	1.0
B	1.6	1.2	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

1. N_v 值可基於上表之值以線性內插求得。

表 2-8 斷層種類

斷層種類	斷層描述	斷層之定義	
		最大規模, M	滑動速率, SR(mm/yr)
A	可能發生大規模地震且地震活動速率極高之斷層	$M \geq 7.0$	$SR \geq 5$
B	除了 A、C 類以外之斷層	$M \geq 7.0$	$SR < 5$
		$M < 7.0$ $M \geq 6.5$	$SR > 2$ $SR < 2$
C	不可能發生大規模地震且地震活動速率相對較低之斷層。	$M < 6.5$	$SR \leq 2$

2.5 使用 UBC97 規範之補充說明

評估近斷層因子之大小須要知道斷層之位置，傾角(對於非垂直斷層而言)，最大力矩規模潛勢及滑動速率(活動度)等訊息。斷層之位置及傾角決定斷層面之幾何性質同時可決定場址距斷層之距離。對於垂直斷層(例如走向之滑移)，其在地表面投影只是為沿著地表之一條線，但是對非垂直斷層而言，則其在地表面投影依其斷層深度及傾角則有一定的寬度存在，用以決定一個非垂直斷層之斷層距之方法如圖 2-2 所示，深度超過 10 公里之部份在地表面的投影不計。

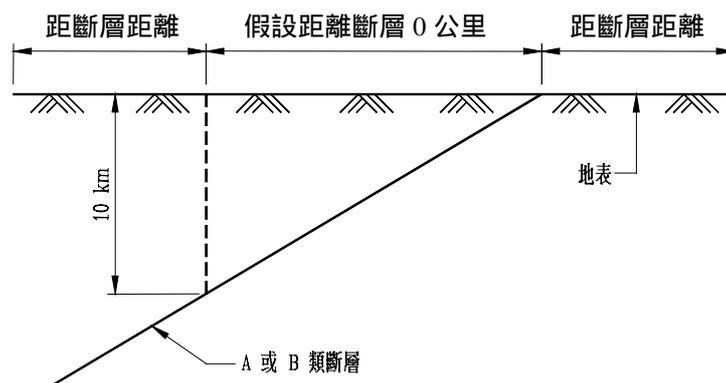


圖 2-2 決定非垂直斷層之斷層距離之方法以建立近斷層因子

最大力矩規模潛勢及滑動速率則用以決定斷層種類。在美國已有資料庫可供查詢，此資料庫係由 USGS(United States Geologic Survey)或 CDMG(California Department of Conservation Division of Mines and Geology)所建立。

最大力矩規模 M 及滑動速率 SR 用以區分斷層之形態種類, UBC97 規範中 A 類斷層指的是最大力矩規模 $M \geq 7.0$ 且滑動速率 $SR \geq 5\text{mm/年}$ 之斷層, 這些斷層視為活斷層並有可能發生大規模之地震, 在美國大部份 San Andreas 斷層段均歸類為 A 類斷層。而 C 類斷層指的是最大力矩規模 $M \geq 6.5$ 且滑動速率 $SR \geq 2\text{mm/年}$ 之斷層, 這些斷層被視為較不活動且不太可能發生大規模地震, 因此其近斷層因子可以忽略, 在美國加州地區以外之斷層大部份皆屬於此類斷層。而 B 類斷層為 A, C 類除外之斷層, 在美國, 斷層種類之查詢可從 USGS 或 CDMG 中可查詢得到。

至於震力係數 C_a 及 C_v 分別與震區係數 Z , 近斷層因子 N_a 、 N_v 及土壤種類有關。為了建立設計反應譜, C_a 為 EPA 值而 C_v 為在 1.0 秒週期之加速度反應譜值, 在表 2-4 及表 2-5 中, 震區係數 Z 之第四區有近斷層因子 N_a 及 N_v (均大於或等於 1.0), 代表對於岩石場址(土層種類 B)之地表振幅強度, 至於對 C, D, E 類土層種類, 則含有土壤放大效應, 而 F 類土壤則沒有提供 N_a , N_v 因子, 此須由特殊場址危害度分析中求得。而 A 類土壤(堅硬岩石)只適用美東地區。

2.6 UBC97 規範之背景資料 北嶺地震之衝擊

規模 $M_w = 6.7$ 之 1994 北嶺地震在非常靠近斷層破裂面之測站, 收錄到強地動紀錄。在這些靠近斷層之測站, 地表運動反應譜通常均顯著大於美國地震四區之設計反應譜值, 設計反應譜之建議值只是代表距一大規模地震的斷層約 10 至 15 公里之地表振動平均水準而已。北嶺地震之位置大約在 San Fernando Valley 之中間, 震央約在北嶺南南西 1 英里處(約在洛杉磯西-北西 20 英里處), 餘震資料分析顯示主震破裂面涵蓋離震央約西-北西方向 15 公里及北西-北東方向 15 公里之矩形範圍。斷層破裂面之斜率為從 18 公里深之主震源向上 45 度至地表 5 公里深處之位置, 斷層面之破裂面斜度為向上至北東方向, 因此這區域大約沿著 Sylmar 及 Newhall 間之 5 號州公路方向。

座落在距斷層 10 至 15 公里之一些測站均收錄到強地動紀錄, 這些站包括:

1. CSMIP(California Strong Motion Instrumentation Program)
 - (1) Arleta (Nordhoff 大道消防隊)

- (2) Sylmar (洛杉磯郡醫院)
- (3) Newhall (洛杉磯郡消防隊)
- 2. NSMP(National Strong-Motion Program)
 - (1) Sepulveda V. A.醫院
 - (2) Jensen 廠
- 3. Los Angeles Department of Water and Power Strong Motion Network
 - (1) Rinaldi 接收站
 - (2) Sylmar 轉接站(SCS)
 - (3) Sylmar 轉接站東側(SCSE)

這些測站之地表運動資料列於表 2-9 中，只有自由場之資料才列入，這些測站距斷層之最近距離估計為儀器位置與主震斷層面之距離，考慮主震斷層面估計之不確定性，因此斷層距是以接近 5 公里之倍數來計算。

表 2-9 之紀錄可相當程度的代表北嶺地震之強地動程度，由表中可看出大約距斷層 5 公里處之地表加速度水平分量，其 PGA 值約為 0.7g，此遠超過設計反應譜之 EPA = 0.4g 之水準。評估近斷層地震之一種比較有意義之方法為直接比較反應譜之大小，此可對影響結構反應提供較佳的資訊。

圖 2-3 為三個 CDMG 在 Arleta, Sylmar 及 Newhall 設置測站之 ADRS 反應譜比較圖。圖中反應譜值係水平二分量之平均，並與設計反應譜比較，平均之效果平滑了每一分量之尖值，但卻失去方位變化上之訊息，一般而言，垂直斷層面方向上之分量比平行斷層面方向要強很多。如表 2-9 所示，Arleta 站是這三個站當中最靠近震央的站(10 公里)，但卻是離斷層最遠的站(15 公里)，而 Sylmar 與 Newhall 站雖離震央較遠，但是卻離斷層較近(5 公里)，在比較其反應譜之後發現距離震距之遠近反應譜會有差異，Arleta 站之反應譜在主要週期之內只有規範值之 1/2 至 3/4 而已，而 Sylmar 及 Newhall 站之反應譜卻約為規範值之 1.5 至 2 倍，圖 2-4 為綜合 Sylmar/Newhall 站之反應譜與規範作一比較，圖中包括平均反應及尖峰包絡反應，由圖中可看出平均反應譜在 0.5 秒至 3.0 秒之間約為規範設計值之 1.5 至 2 倍，而尖峰包絡反應譜值約為規範之 2 至 2.5 倍。

1994 Northridge Earthquake Spectra (Average of Two Horizontal Components)

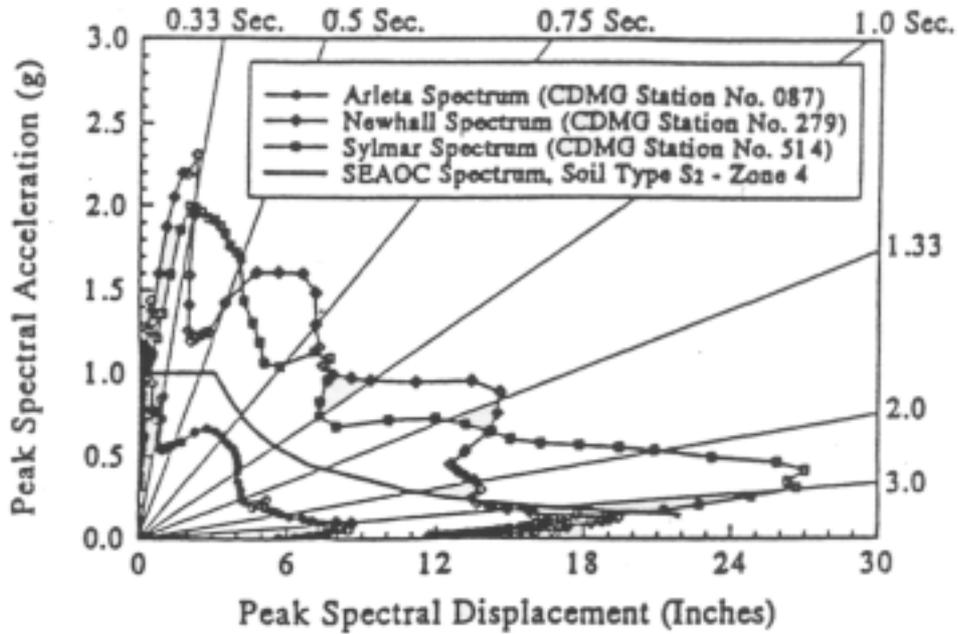


圖 2-3 北嶺地震三個測站 ADRS 反應譜比較

1994 Northridge Earthquake Spectra (Composite - Sylmar/Newhall Records)

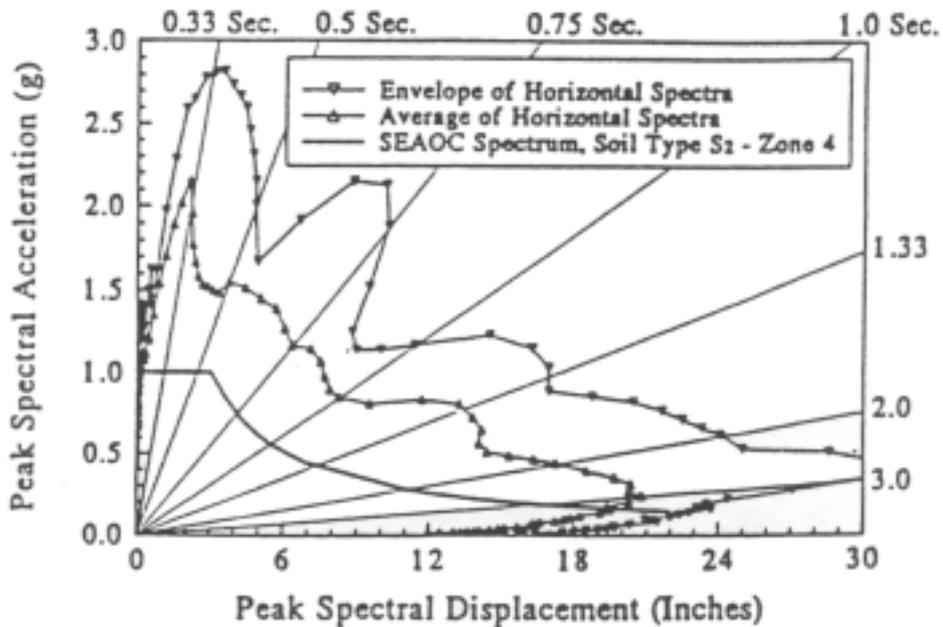


圖 2-4 北嶺地震綜合 ADRS 反應譜

由以上之討論可以得知，因為地表振動隨著斷層距之遠離而衰減，故建築物距離斷層之距離為一重要參數，圖 2-5 表現週期為 1.0 秒反應譜值，隨斷層距衰減之情形，其他之週期也有類似之情況。在圖中用以比較之反應譜值衰減律公式係基於 Boore 等人(1993)之研究，Boore 等人之距離定義為與斷面水平投影之距離，此與最近距離不同，土層種類為 B/C 類土層，相當於中等土層(SEAOC 土壤型態 S2)，在圖中提供地震規模 $M_w = 6.7$ 及 $M_w = 7.1$ 之衰減值，其範圍從中度至 $+1\sigma$ 標準差值，預測之範圍很大，此反映所統計之資料相當離散。如圖 2-5 顯示，經驗公式之反應譜值隨距離顯著衰減，圖中並顯示表 2-9 中 6 個測站之近斷層紀錄反應譜值，6 個當中有 5 個(Rinaldi, Newhall, Sylmar, SCS 及 SCSE)約距斷層 5 公里，而另一個 Arleta 站為距斷層 15 公里。圖中規範值對於 S2 土壤地震四區之值為 0.6g，而地震三區之值為 0.45g，如圖所示，規範值在 10 或 15 公里內為低估。

Ground Motion Attenuation from Source (1-Second Response, Soil Sites)

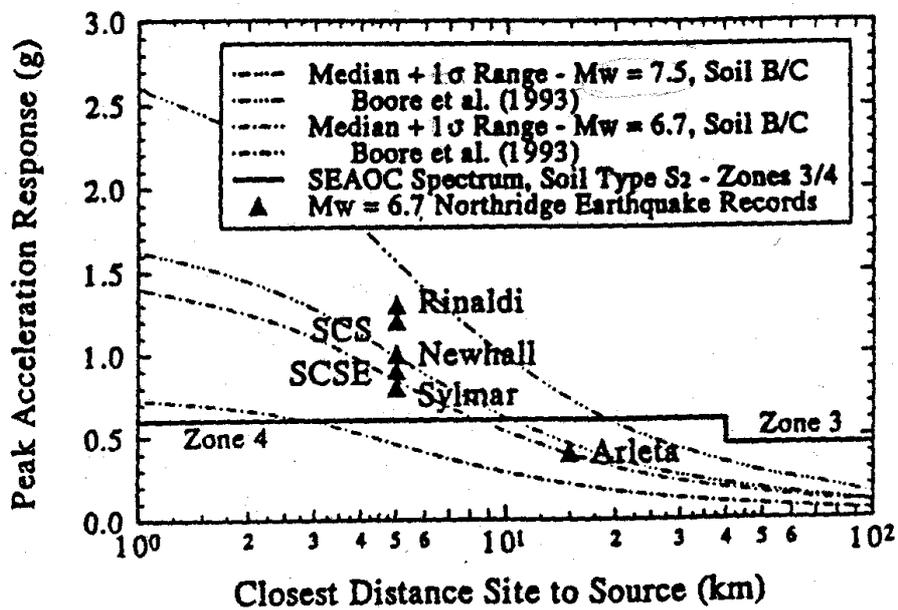


圖 2-5 北嶺地震之地表運動衰減

除了斷層距 10 公里內之情況外，一般垂直地表運動均假設為水平運動值之三分之二，在 10 公里內，垂直運動之 PGA 幾乎等於水平運動之 PGA。北嶺地震之地震資料也毫無例外的反映此事實，在表 2-9 中之自由場測站，平均垂直 PGA 約為 0.6g，稍比水平 PGA 之 0.7g 為小，最重要的情況為當兩者

都很大的時候，北嶺地震儀器所錄到之垂直 PGA 比規範值(水平 0.4g 之 2/3 倍)超過 2 倍，大的垂直 PGA 有時並不那麼影響顯著。一般而言，垂直運動最強的時段是傾向於在水平主要振動之前先搖動建築物。評估垂直地震振動影響之最重要事項就是決定建築構件對於此運動之易損性(vulnerability)，有些結構物具有長且垂直方向柔軟之跨度，例如停車場影響特別顯著，從一些近斷層測站之垂直分量尖峰值顯示其範圍約為 1g 至 2g 之間，這些高之加速度值約發生於 0.1 至 0.5 秒週期之間。當考慮結構物自重之後，會對上述構件產生短延時之向上作用力，此約為向下作用力之三倍。建築物對於承受峰值較大且短延時之垂直加速度而不致損壞，有相當寬裕的範圍。

表 2-9 1994 北嶺地震近斷層強震紀錄

測 站			場址地質	距離(km)		最大加速度	
名 稱	業 主 (儀器編號)	位置		震央距	斷層距	分量	PGA(g)
Sepulveda VA 醫院	VA (NSMP)	地表		7	10	360°	0.94
						Up	0.48
						270°	0.74
Rinaldi 接收站	LADWP (5968)	自由場	沈積土	10	5	318°	0.48
						Up	0.85
						228°	0.84
Areta Nordhoff 大道消防隊	CDMG(CSMIP 24087)	地表	沈積土	10	15	90°	0.35
						Up	0.59
						360°	0.29
Jensen 廠	MWD (NSMP)	地表		12	5	022°	0.56
						Up	0.52
						292°	0.98
Sylmar 轉接站(SCS)	LADWP (306-3)	自由場	沈積土	12	5	052°	0.61
						Up	0.64
						142°	0.90
Sylmar 轉接站東側(SCSE)	LADWP (6273)	自由場	岩石	13	5	015°	0.83
						Up	0.38
						285°	0.49
Sylmar LA 郡醫院	CDWG (CSMIP24514)	自由場	沈積土	16	5	360°	0.91
						Up	0.60
						90°	0.61
Newhall LA 郡消防隊	CDMG (CSMIP24279)	地表	沈積土	20	5	90°	0.63
						Up	0.62
						360°	0.61

北嶺地震之強地動的延時均相當短，與一個規模 $M_w=6.7$ 之地震所預期之延時相當一致。由強震資料顯示，有二個主要之子事件(subevent)發生，其間隔約為 2 至 3 秒接著為一個小事件。因此，斷層破裂之延時約為 6 至 8 秒，此與一般近斷層 5 公里處最強之地震紀錄一樣，其時間歷時一般均含有 1 至 2 個強速度脈衝，此種現象嚴重響長週期建築物之反應。

2.7 UBC97 規範有關之衰減律公式

UBC97 規範中相關之衰減律公式有二種，分別為

1. Boore, Joyner 及 Fumal 公式(1993, 1994a, 1994b)
2. Sadigh, Chang, Abrahamson, Chiou 及 Power 公式(1993)

以下分別介紹這些衰減律公式

1. Boore 等人之公式用來預估不同土層條件之 PGA 及加速度反應譜值之衰減關係，其公式如(2.5)式所示用來預估一個剪力波速為 $V_s = 760\text{m/sec}$ 之土壤之地震動中值，剪力波速為 760m/sec 之土層是土層種類為 B 之剪力波速下限值。

$$\log_{10}(SD) = B_{SA} + a_{SS} \cdot G_{SS} + a_{RS} \cdot G_{RS} + b(M-6) + c(M-6)^2 + d\left(\sqrt{r^2 + h^2}\right) + e\left[\log_{10}\left(\sqrt{r^2 + h^2}\right)\right] + f(2.881 - \log_{10} V_B) \quad (2.5)$$

其中 SD : 為 PGA 或 S_A (以 g 為單位)

M : 地震力矩規模

R : 從場址至斷層破裂面投影之水平最近距離(以 km 為單位)

B_{SA} : 將譜速度(cm/sec)轉換為譜加速度(g)之轉換係數

a_{SS} , a_{RS} : 分別為平移及逆斷層之係數(見表 2-10)

G_{SS} , G_{RS} : 對於平移斷層 $G_{SS} = 1$ ，其餘為 0；對於逆斷層 $G_{RS} = 1$ ，其餘為 0。

b, c, d, e, f : 為由表 2-10 所給出之係數。

H : 為由表 2-10 所給出之有效震源深度值。

V_B : 為由表 2-10 所給出之有效剪力波速值

B_{SA} , a_{SS} , a_{RS} , b , c , d , e , f , h 及 V_B 之係數值用以預估 5% 阻尼比之隨機地表振動水平分量之反應譜值，其值見表 2-10。

表 2-10 BJF1994 係數 美國西部地區衰減律

週期	B_{SA}	a_{SS}	a_{RS}	b	c	d	e	f	h	V_B
S _A 係數(5% 阻尼比反應譜)										
0.3	-1.670	1.930	2.019	0.334	-0.070	0.000	-0.893	-0.401	5.94	2130
1.0	-2.193	1.701	1.755	0.450	-0.014	0.000	-0.798	-0.698	2.90	1410
PGA 係數										
0.0	0.0	-0.136	-0.051	0.229	0.000	0.000	-0.778	-0.371	5.57	1400

注意 BJF1994 公式(2.5 式)適用於規模範圍為 5.5 M 7.7 之間，同時震源距小於 100 公里之內。

- Sadigh 等人之公式用以預估岩石地盤之 PGA 及 5% 阻尼比加速度反應譜值之衰減關係。其公式如(2.6)及(2.7)式所示

$M < 6.5$:

$$\ln(SD) = a_{SS} \cdot G_{SS} + a_{RS} \cdot G_{RS} + 1.0 \cdot M + b(8.5 - M)^{2.5} + c \ln[R + \exp(1.29649 + 0.25 \cdot M)] + f \cdot \ln(R + 2) \quad (2.6)$$

$M \geq 6.5$:

$$\ln(SD) = a_{SS} \cdot G_{SS} + a_{RS} \cdot G_{RS} + 1.0 \cdot M + b(8.5 - M)^{2.5} + c \ln[R + \exp(-0.48451 + 0.524 \cdot M)] + f \cdot \ln(R + 2) \quad (2.7)$$

其中 SD : 為 PGA 或 SA(以 g 為單位)

M : 地震力矩規模

R : $R^2 = r^2 + d^2$, r 為破裂面投影最近距, d 為破裂面投影距地表之最近距

a_{SS} , a_{RS} : 分別為走向滑移及逆向滑移斷層之係數(見表 2-11)

G_{SS} , G_{RS} : 對於平移斷層 $G_{SS} = 1$, 其餘為 0; 對於逆斷層 $G_{RS} = 1$, 其餘為 0。

b, c, d, e, f : 為由表 2-11 所給出之係數。

表 2-11 Sadigh 1993 係數 美國西部地區衰減律

週期	a_{SS}	a_{RS}	b	c	f
地震規模 $M < 6.5$					
PGA	-0.624	-0.442	0.0	-2.100	0.0
0.3	-0.057	0.125	-0.017	-2.028	0.0
1.0	-1.705	-1.523	-0.055	-1.800	0.0
地震規模 $M \geq 6.5$					
PGA	-1.274	-1.092	0.0	-2.100	0.0
0.3	-0.707	-0.525	-0.017	-2.028	0.0
1.0	-2.355	-2.173	-0.055	-1.800	0.0

注意 Sadigh 1993 公式之應用限制地震規模 $M \leq 8.0$ 。

第五章 台灣活動斷層之研究概況

行政院國家科學委員會之研究報告(87.10) “台灣的活動斷層研究規劃報告書”由成大宋國城教授主持，規劃未來台灣地區的活斷層研究，以掌握活斷層及其相關地震的基本資料將分三個階段完成：

一、近程目標(一年)

1. 彙編 1/500,000 台灣(陸海域)活斷層分佈圖及說明書
2. 規劃台灣活斷層資料庫

二、中程目標(二~五年)

1. 建立活斷層調查模式
2. 分年分區調查活斷層之分佈與特性(1/25000)
3. 選擇示範區評估活斷層之活動度與地震潛勢分析

三、遠程目標(五~十年)

1. 編製 1/25000 台灣活斷層分佈圖及說明書
2. 建立台灣活斷層資料庫供網站諮詢
3. 活斷層長期監測
4. 活斷層活動機制之研究

經濟部中央地質調查所為政府主管機關負責調查活斷層及建立全國活斷層資料庫之機構。今將該報告中之重要部份摘要述出，未來相關之斷層資料應洽中央地質調查所及國科會自然處索取。

本世紀以來，台灣地區共有 5 次地震顯著伴隨地震斷層發生。分別為 1906 年 3 月 17 日梅山地震伴隨梅山、陳厝寮地震斷層；1935 年 4 月 21 日新竹-台中地震伴隨獅潭、屯仔腳地震斷層；1946 年 12 月 5 日新化地震伴隨新化地震斷層；1951 年 10 月 22 日花蓮地震伴隨米崙地震斷層，1951 年 11 月 25 日台東地震伴隨玉里、池上地震斷層。表 5-1 所示，為 1898-1997 之台灣地震斷層一覽表。

有關台灣活斷層之研究可參考報告之附錄各篇，在國內，活斷層的綜合性評估首推 Bonilla(1975, 1977)的工作。Hsu 等(1979)亦曾發表台灣的第四紀斷層分佈圖。

表 5-1 台灣地區地震斷層一覽表(1898-1997)

編號 地震名稱	發震時間 (120°E) 年月日時分	震央位置		震源深 度公里	地震規 模 M1	人員傷亡		房屋損毀		地震斷層
		北緯	東經			死	傷	全毀	破損	
1.梅山地震	190603170642	23-33.00	120-27.00	6.0	7.1	1,258	2,385	6,772	14,218	梅山斷層 陳厝寮斷層
2.新竹-台中地震	193504210602	24-21.00	120-49.20	5.0	7.1	3,276	12,053	17,907	36,781	獅潭斷層 屯仔腳斷層
3.新化地震	194612050647	23-04.20	120-19.80	5.0	6.1	74	482	1,954	2,084	新化斷層
4.花蓮地震	195110220534	23-52.50	121-43.50	4.0	7.3					米崙斷層
	195110221129	24-04.50	121-43.50	1.0	7.1	68	856	*	2,382	
	195110221343	23-49.50	121-57.00	18.0	7.1					
5.台東地震	195111250247	23-06.00	121-13.50	16.0	6.3	17	326	1,016	582	玉里斷層 池上斷層
	195111250250	23-16.50	121-21.00	36.0	7.3					

*原始料僅記載全倒與破損合計為 2382 間，故無法區分全倒與破損的詳細數字。

張徽正等(1998)的台灣活斷層佈圖附有說明書，說明活斷層分類的準則及各活斷層分類所依據的資料，但該圖比例尺為五十萬分之一，不符應用之需求。蔡義本等(1997)的活斷層分佈圖之底圖為二萬五千分之一，但無各活斷層的詳細說明書。

5.1 活斷層調查之分工與整合

為整合各部會的研究資源並加速進行活斷層調查研究起見，國科會自然處於八十六年六月二十六日召開會議，協調經濟部中央地調所與學術界之間對台灣活斷層研究之整合與分工。會中獲得下列共識：

1. 自然處八十七年度進行之台灣活斷層研究，第一年應蒐集活斷層相關資料，協助中央地調所完成現有活斷層調查圖幅之確認及分類工作，作為規劃未來主要工作架構及研究內容之參考。
2. 自然處與中央地調所應增加協調及溝通，使活斷層之調查能達到分工合作，相輔相成之功效。
3. 活斷層的調查應設訂近程、中程及遠程目標，並應對防災及社會民生做出貢獻。

5.2 活斷層調查研究之細部規劃

規劃小組成立迄今，共召開八次規劃會議及一次活斷層研討會。其間並廣邀中央地調所、中國石油公司台灣油礦探勘總處、海域及海外石油探勘處、探採研究所、工研院能資所以及工程顧問公司相關人員參與規劃與研討，逐漸凝聚共識如下：

1. 經濟部中央地質調查所應為活斷層認定與資料管理之主管機構。
2. 活斷層的調查與研究應採產、官、學、各界分工合作方式進行。中央地質調查所職司全島活斷層之調查與資料庫管理；學術界著重調查方法之研發與評估模式之建立。產業界則協助解決活斷層探挖工作中所遭遇之工程技術問題。
3. 中國石油公司願協助進行台灣周邊海域的活斷層研究，共同完成台灣地區活斷層分佈圖。

5.3 現階段台灣活斷層之綜合性研究成果

在活斷層的綜合性研究方面，目前已有 Bonilla(1975, 1977)、徐鐵良等 (Hsu, et.al., 1979)、蔡義本(1997)與張徽正(1998)四種版本的活斷層分佈圖。前兩者為小比例尺之分佈圖，後二者提供五十萬分之一或更大比例尺之分佈圖。蔡義本等人(1997)對活斷層之分佈有明確的地理座標依據，但對斷層位置之判斷仍以地形的現象為準。張徽正等人(1998)則綜合過去的文獻對每一條活斷層的特性有詳細的討論，但對各斷層的位置則無明確的釐清其分佈。尤其，上述研究對於活斷層之認定均有不同的標準，因此各版本的活斷層分佈圖自然有所差異。

5.4 活斷層(活動斷層)之定義及分類

活斷層(活動斷層)是晚更新世(12.5 萬年)以來，有證據顯示活動過，未來可能再度活動的斷層。

活動層的分類：

- 一級活斷層(全新世活斷層)：一萬年以來曾發生錯移的斷層。
- 二級活斷層(晚更新世活斷層)：不屬於一級活斷層，但過去十二萬五千年曾發生錯移的斷層。

以未來之趨勢而言，活斷層之分類應以斷層之活動度為準(圖 5-1)，但目前國內所掌握之斷層資料還不足以達到這樣的需求。故活斷層的分類仍採活動時間為準，分為一級和二級活斷層。

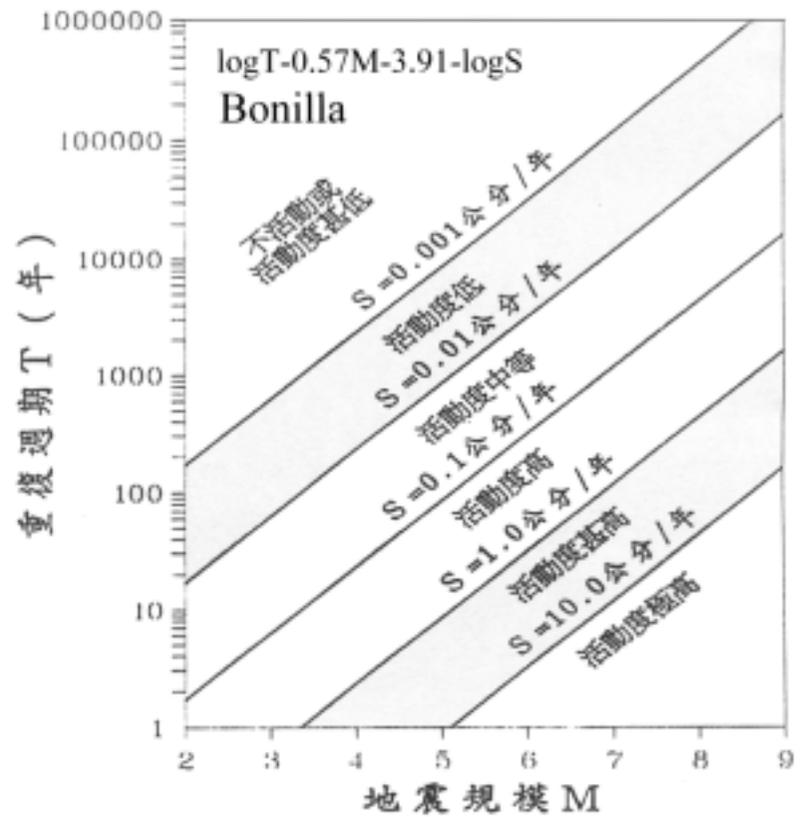
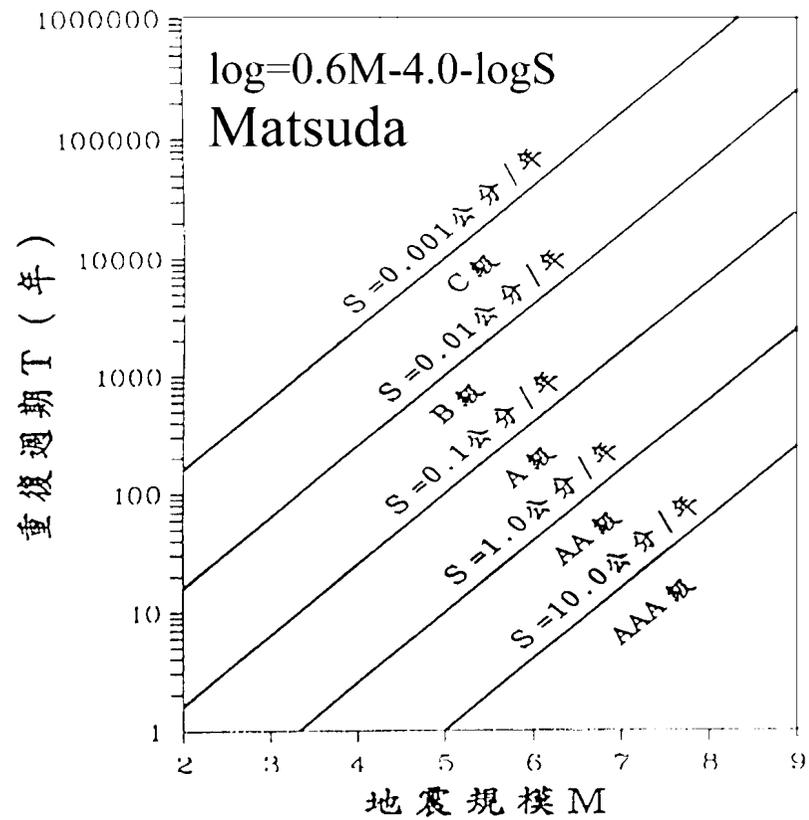


圖 5-1 斷層滑移速率、再現週期與地震規模關係圖(S：滑移速率)

5.5 活斷層之認定準則

在實際作業上，若無確切之定年資料可作依據時，則下列現象仍可作為判斷活斷層分類之參考(參考文獻)：

1. 一級活斷層(全新世活斷層)

凡符合下列任一項者皆可視為一級活斷層

- (1) 將現代結構物錯移之斷層
- (2) 伴隨地震發生之斷層(又稱地震斷層)
- (3) 將全新世地層或階地錯移之斷層
- (4) 地形監測證實具有潛移活動之斷層
- (5) 經精密定位，確與規模六以上之地震發生有關聯之斷層
- (6) 伴隨有全新世噴砂、土壤液化、搖變等現象之斷層

2. 二級活斷層(晚更新世活斷層)

凡未符合一級活斷層之認定準則，但符合下列任一項者皆可視為二級活斷層：

- (1) 將晚更新世地層或台地錯移之斷層
- (2) 經精密定位，確有持續微震密集現象之斷層
- (3) 與上述活斷層具有構造關連，以致該活斷層的運動可能導致在地表或近地表發生運動的關聯斷層

3. 存疑活斷層

凡未符合一級活斷層及二級活斷層之認定準則，但有下列任一項疑慮或其他理由可懷疑其可能具有活動性者皆可視為存疑活斷層：

- (1) 將第四紀地層錯移之斷層
- (2) 將紅土緩起伏面錯移之斷層
- (3) 斷層沿線具有活斷層地形特徵，但仍缺少其他地質佐證者
- (4) 確有較大規模地震被定位在斷層附近，但其定位精密程度尚未被確認者

5.6 台灣活斷層分佈圖

台灣活斷層研究規劃報告共收錄四種活斷層分佈圖

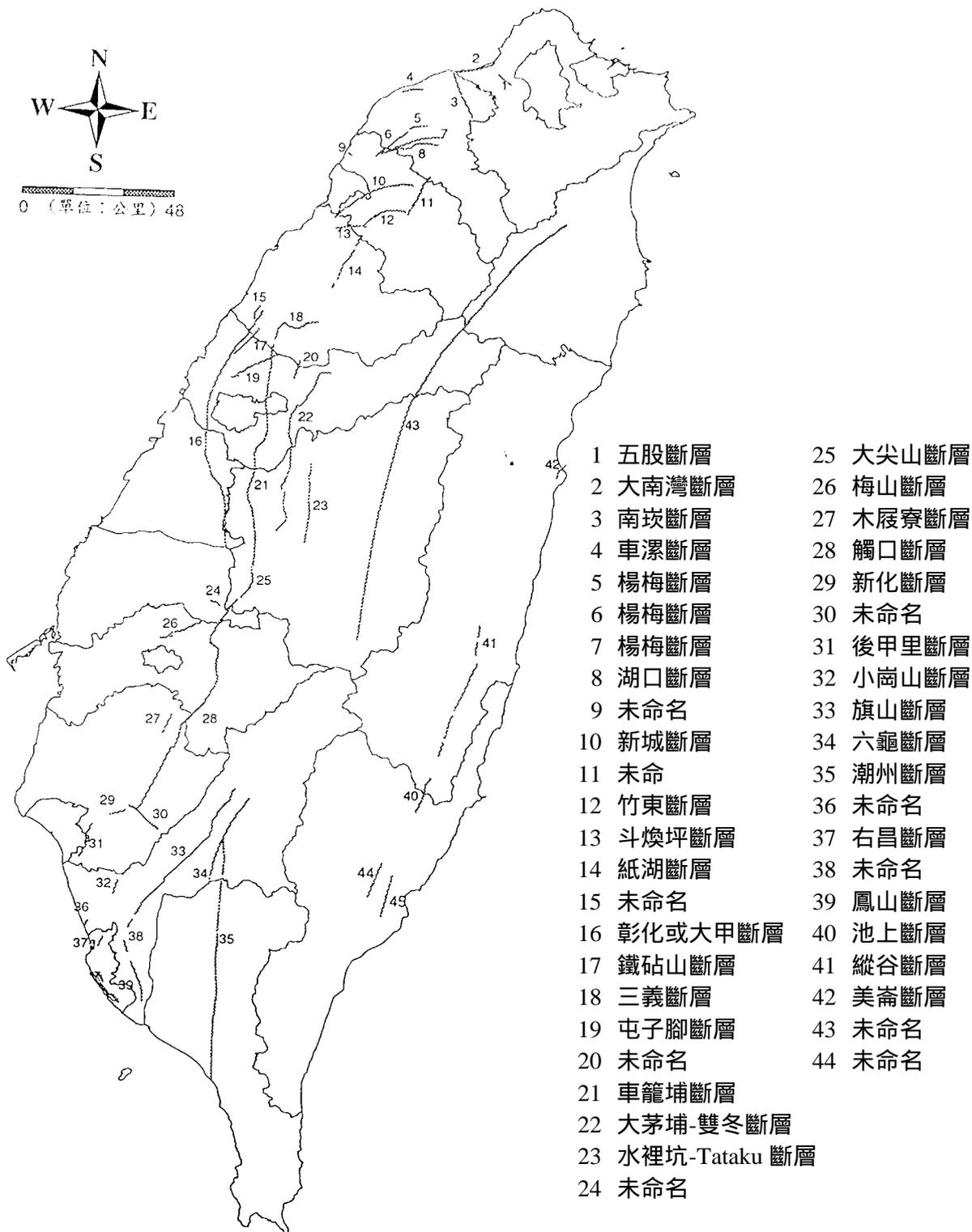


圖 5-2 台灣第四紀斷層分佈圖(Bonilla, 1975, 1977)

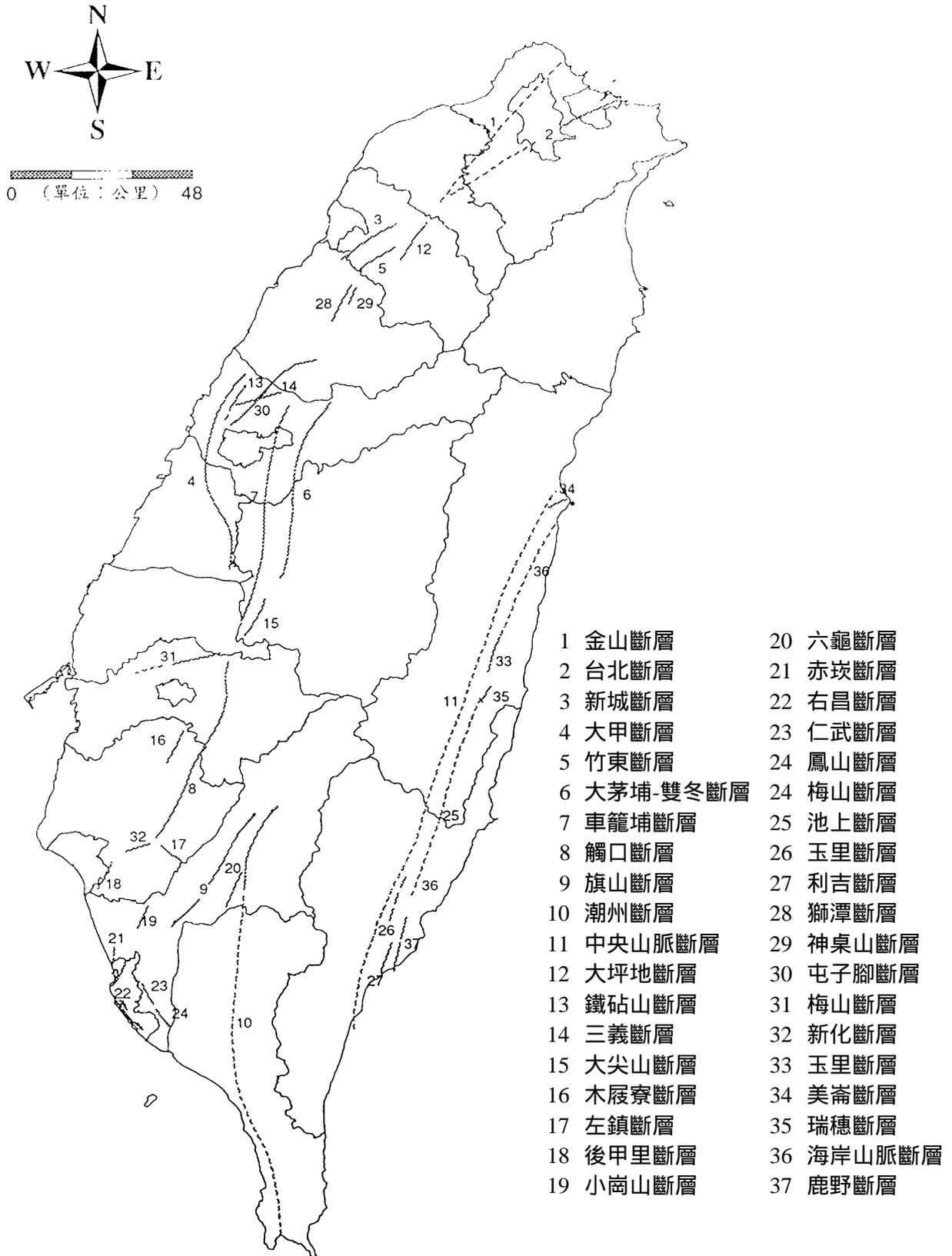


圖 5-3 台灣第四紀斷層佈圖(Hsu&Chang, 1979)

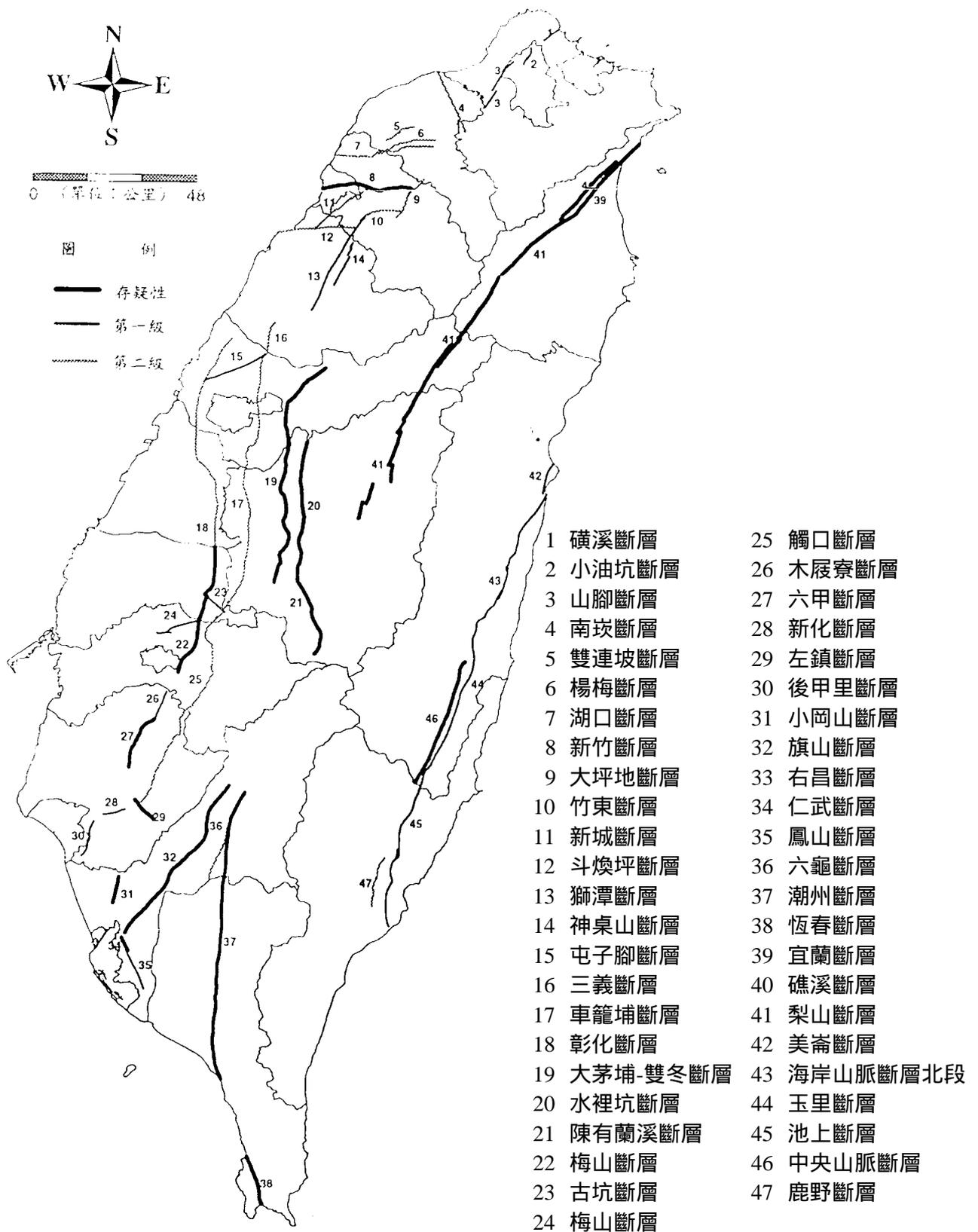


圖 5-4 台灣活斷層分佈圖(中央應用地質所, 蔡義本等, 1997)

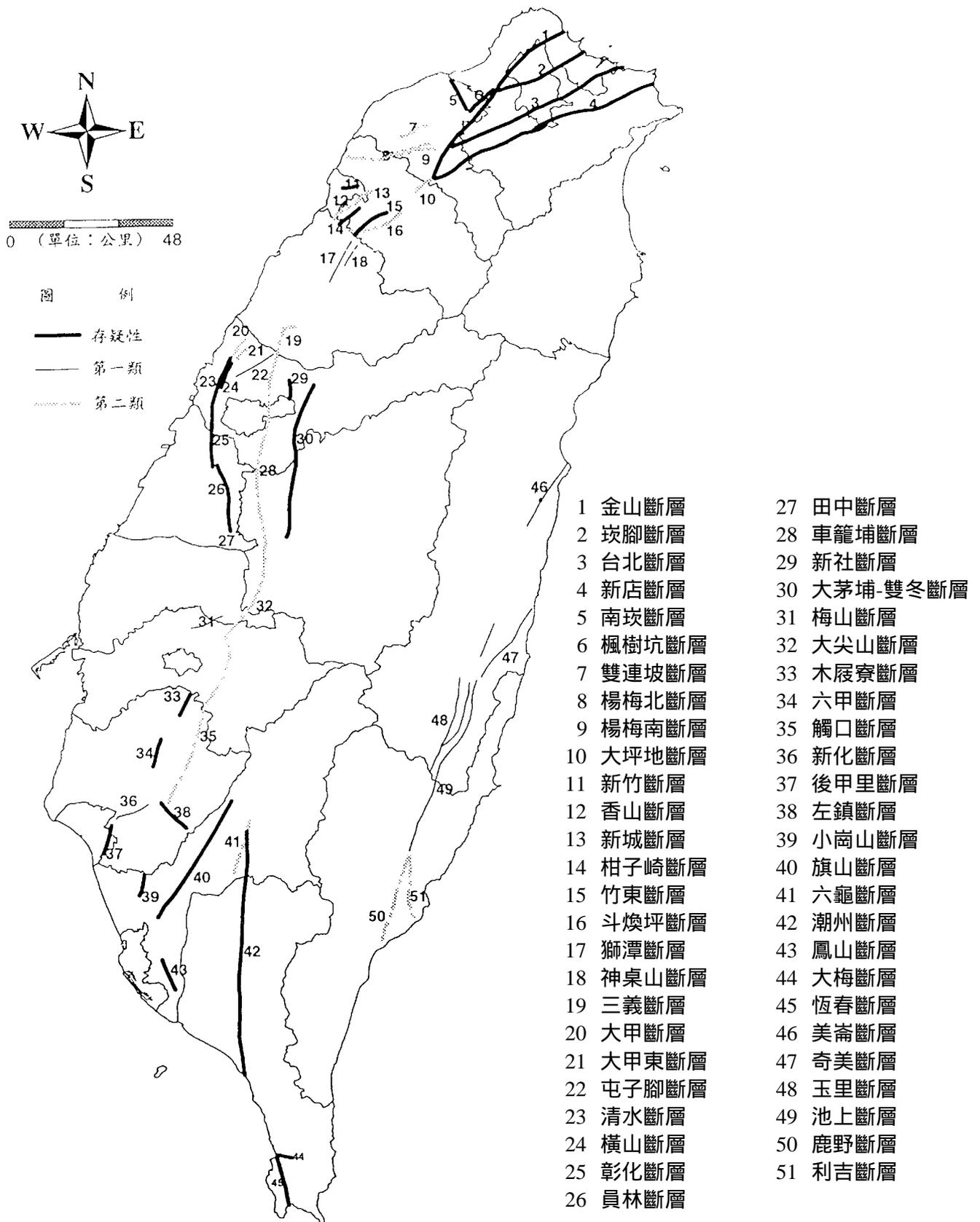


圖 5-5 台灣活斷層分佈圖(中央應用地質所, 張徽正等, 1998)

未來將會有台灣的活斷層資料庫，以提供使用者來使用，其初步架構如圖 5-6 所示，可提供參考，應避免在活斷層附近從事重大之工程建設。相關之活斷層研究資料仍請參考國科會自然處及中央地質調查所之報告。該報告並對歷年之台灣活斷層有詳細的整理並列出供參考。

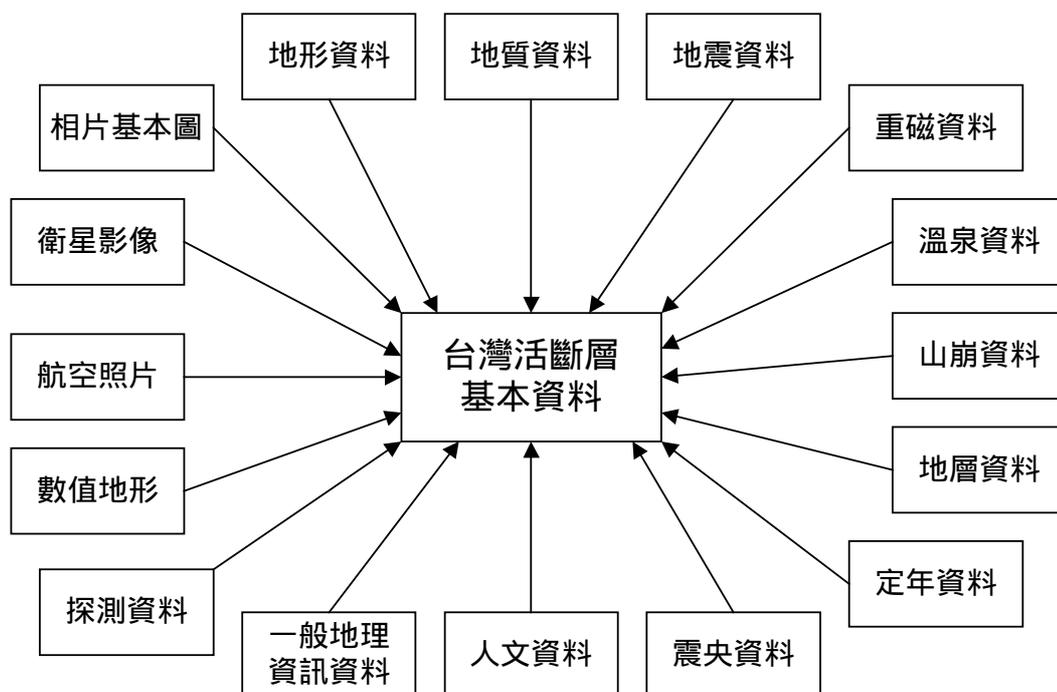


圖 5-6 台灣活斷層資料庫資料內容架構示意圖

參考資料

1. “台灣的活斷層研究規劃報告書”，(1998.10)，行政院國科會專題研究成果報告 NSC87-2119-M-006-002，計畫主持人：宋國城教授。
2. “台灣活動斷層概論” (1997.7)，經濟部中央地質調查所，張徽正，林啟文，陳勉銘編著。

第六章 實施近斷層設計地震力之建議與對策

台灣目前極缺乏近斷層地震記錄之資料，其原因不外乎有兩種，第一個原因為過去歷史上雖然曾經發生過有貫穿地表之淺層近斷層地震，但是因當時缺乏地震儀之設置，故未能記錄本土近斷層地震之地表運動特徵；第二個原因是台灣目前雖然設置了很多強震觀測網，但並非恰巧在產生近斷層地震之震央附近。基於上述原因，必須藉助於國外之經驗以及數值模擬方法之輔助。目前有關近斷層地震之波源機制研究已漸趨成熟，不同地區產生之近斷層地震，只是地震規模、斷層破裂長度、斷層傾角、錯動滑移量、破裂速度、破裂模型以及地盤波傳性質等因素在控制，因此可用數值模擬之方式，進行境況模擬(earthquake scenario)，確定反應譜加速度隨距斷層距離之詳細衰減情形(如第四章所示)，同時可作為減災策略、近斷層現有建築之評估補強措施以及耐震設計規範修訂之依據。

6.1 台灣目前實施近斷層設計地震力之當務之急

由第三章近斷層地震地表運動之數值模擬，知道近斷層距離之定義比震央距離確實較能反映出近斷層地表運動之特徵。故建議將此近斷層距離之定義納入耐震設計規範中，至於設計反應譜於不同近斷層距離之修正方案，已於第四章中說明。

目前實施近斷層設計地震力之盲點則為：(1) 迄今對於活斷層詳細位置與傾斜角之地質調查不夠徹底，故無法確認近斷層距離，(2) 對活斷層之地震潛勢與年滑移率之調查不夠徹底，故無法確認斷層種類。因此，若在近斷層距離與斷層種類無法確認的情況下，即冒然實施近斷層地震力之調整(需視斷層種類與近斷層距離而定)，勢必引起諸多爭議。惟針對重要工程結構物，則必須將此因素詳予考慮。

基於以上考量，目前實施近斷層設計地震力之當務之急，在於

1. 針對有穿透地表之斷層，因其引致地震時可能產生較高 PGA 值，同時也較易確定位置，應優先加以監測並依年滑移率做適當分類。尤其是屬於高地震潛勢地區，如嘉南平原內之活斷層更應優先加以監測，確認其位置與

傾斜角，並預估可能發生地震之最大規模與回歸期。

2. 由於確定斷層破裂長度、滑移量大小等參數時，均利用其與地震力矩規模 (moment magnitude) 之經驗關係式，故必須建立本土地震力矩規模與芮氏規模之關係式。此需統計本地之歷史地震資料，並正確推估該次地震之力矩、應力降 (stress drop) 等參數方能建立。同時，必須建立本土地震規模、斷層年滑移率與回歸期三者間之經驗公式。
3. 對於近斷層附近之既有建築物，因依據原有耐震設計規範設計，其抵抗近斷層地震之耐震能力明顯不足，尤其是通常屬於短週期之校舍建築物更為明顯。因此，近斷層建物耐震能力之評估與補強，其迫切性比針對新建物實施近斷層設計地震力為高，故應優先考量。

6.2 短期與長期因應對策之建議

由於台灣島內陸上並無像美國加州那麼大且活動度高之內陸活斷層 (如 San Andreas fault)，意即短期內並無可能發生規模相當大且又貫穿地表之淺層大地震。因此，經濟有效的短期因應對策為針對幾條明顯且具高地震潛勢之活斷層，先行實施近斷層設計地震力之規定。至於活斷層之種類與近斷層距離之認定，宜由專家學者們共同商議訂定。

長期因應對策則為

1. 積極調查活斷層之地震潛勢與年滑移率，以確認活斷層種類並建立資料庫。
2. 進一步發展數值方法，以模擬近斷層地表運動。利用此數值模擬方法，並依據實測地震記錄，反算斷層之幾何參數、破裂機制及地質參數。確認各參數後，即可製造人工地震記錄，彌補地震測站不足之缺憾，並從而建立適用於台灣地區諸如衰減律與地震力矩規模等各種經驗公式。同時，可將人工地震記錄用於境況模擬，評估近斷層附近既有建築物之耐震能力，以利後續補強措施。
3. 若未來能收錄適當之近斷層地震記錄，使得統計資料增加，可進一步檢討本計劃所建議之方案，作為日後修正並建立適用於台灣地區之近斷層因子，釐清其適用範圍，使更能合理估計近斷層設計地震力。

附錄 A 半無限域表面荷重位移解

在二維共平面問題中，位移場之 x 與 z 分量可藉由壓力波位勢 (potential) ϕ 以及剪力波位勢 ψ 表示為

$$\mathbf{u} = \begin{cases} \partial\phi/\partial x - \partial\psi/\partial z \\ \partial\phi/\partial z + \partial\psi/\partial x \end{cases} \quad (\text{a1})$$

假設 ϕ 與 ψ 具有 $e^{i\omega t}$ 之時間函數 (ω 為圓周頻率)，則 ϕ 與 ψ 將滿足 Helmholtz 方程式

$$\begin{aligned} \nabla^2\phi + k_p^2\phi &= 0 \\ \nabla^2\psi + k_s^2\psi &= 0 \end{aligned} \quad (\text{a2})$$

其中， ∇^2 為 Laplacian 運算子， k_p 與 k_s 分別為縱波與橫波波數，表示為

$$k_p = \frac{\omega}{V_p} \quad ; \quad k_s = \frac{\omega}{V_s} \quad (\text{a3})$$

而 V_p 與 V_s 則為縱波與橫波波速，滿足

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad ; \quad V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (\text{a4})$$

其中， λ 與 μ 為等向彈性體之 Lamè 常數，而 ρ 為密度。當半無限域自由表面承受水平線荷重作用於座標原點時，邊界條件將滿足

$$\sigma_{zx}(x, z=0) = -\delta(x) \quad ; \quad \sigma_{zz}(x, z=0) = 0 \quad (\text{a5})$$

而當自由面承受垂直線荷重作用於座標原點時，邊界條件則變為

$$\sigma_{zx}(x, z=0) = 0 \quad ; \quad \sigma_{zz}(x, z=0) = -\delta(x) \quad (\text{a6})$$

其中， $\delta(x)$ 為脈衝函數 (Dirac delta function)。

藉由座標 x 與水平波數 k 之傅立葉轉換及逆轉換，可求得半無限域表面水平及垂直線荷重引致之 Lamb 問題積分型式奇異解之通解為

$$\begin{aligned} G_{\alpha x}(x, z; 0, 0) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left(-ik B^\alpha e^{-\nu z} + \nu' D^\alpha e^{-\nu' z} \right) e^{-ikx} dk \\ G_{\alpha z}(x, z; 0, 0) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left(-\nu B^\alpha e^{-\nu z} - ik D^\alpha e^{-\nu' z} \right) e^{-ikx} dk \end{aligned} \quad (\text{a7})$$

其中，參數 α 可為 x 或 z ，分別表示半無限域表面承受水平作用力 ($\alpha = x$) 或垂直作用力 ($\alpha = z$)，而 ν 與 ν' 分別定義為

$$\nu = \sqrt{k^2 - k_p^2} \quad ; \quad \nu' = \sqrt{k^2 - k_s^2} \quad (\text{a8})$$

係數 B^α 與 D^α 則可分別由(a5)式 ($\alpha = x$) 與(a6)式 ($\alpha = z$) 之邊界條件求解，其解為

$$B^x = -\frac{2ik\nu'}{\mu F(k)} \quad ; \quad D^x = \frac{2k^2 - k_s^2}{\mu F(k)} \quad (\text{a9})$$

與

$$B^z = -\frac{2k^2 - k_s^2}{\mu F(k)} \quad ; \quad D^z = -\frac{2ik\nu}{\mu F(k)} \quad (\text{a10})$$

式中之 $F(k)$ 為雷利函數，表示為

$$F(k) = (2k^2 - k_s^2)^2 - 4k^2\nu\nu' \quad (\text{a11})$$

將(a9)、(a10)式代入(a7)式，可求得積分形式奇異解

$$\begin{aligned} G_{xx}(x, z; 0, 0) &= \frac{1}{2\pi\mu} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{F(k)} \left\{ (-2k^2\nu')e^{-\nu z} + (2k^2 - k_s^2)\nu'e^{-\nu'z} \right\} e^{-ikx} dk \\ G_{zx}(x, z; 0, 0) &= \frac{1}{2\pi\mu} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{F(k)} \left\{ 2ik\nu\nu'e^{-\nu z} + (2k^2 - k_s^2)(-ik)e^{-\nu'z} \right\} e^{-ikx} dk \\ G_{xz}(x, z; 0, 0) &= \frac{1}{2\pi\mu} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{F(k)} \left\{ (2k^2 - k_s^2)(ik)e^{-\nu z} + (-2ik\nu\nu')e^{-\nu'z} \right\} e^{-ikx} dk \\ G_{zz}(x, z; 0, 0) &= \frac{1}{2\pi\mu} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{F(k)} \left\{ (2k^2 - k_s^2)\nu e^{-\nu z} + (-2k^2\nu)e^{-\nu'z} \right\} e^{-ikx} dk \end{aligned} \quad (\text{a12})$$

當表面荷重施加於座標點為 $(x_s, 0)$ 處時，其引致之位移解可由(a12)式改寫為

$$\begin{aligned} G_{xx}(x, z; x_s, 0) &= \frac{1}{2\pi\mu} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{F(k)} \left\{ (-2k^2\nu')e^{-\nu z} + (2k^2 - k_s^2)\nu'e^{-\nu'z} \right\} e^{-ik(x-x_s)} dk \\ G_{zx}(x, z; x_s, 0) &= \frac{1}{2\pi\mu} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{F(k)} \left\{ 2ik\nu\nu'e^{-\nu z} + (2k^2 - k_s^2)(-ik)e^{-\nu'z} \right\} e^{-ik(x-x_s)} dk \\ G_{xz}(x, z; x_s, 0) &= \frac{1}{2\pi\mu} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{F(k)} \left\{ (2k^2 - k_s^2)(ik)e^{-\nu z} + (-2ik\nu\nu')e^{-\nu'z} \right\} e^{-ik(x-x_s)} dk \\ G_{zz}(x, z; x_s, 0) &= \frac{1}{2\pi\mu} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{F(k)} \left\{ (2k^2 - k_s^2)\nu e^{-\nu z} + (-2k^2\nu)e^{-\nu'z} \right\} e^{-ik(x-x_s)} dk \end{aligned} \quad (\text{a13})$$

附錄 B

赴紐西蘭考察建築防震計畫

壹、參訪人員：

- 內政部建築研究所工程技術組組長葉祥海
- 台灣科技大學營建技術系兼任副教授級專家洪思閔(台灣大學土木工程研究所教授葉超雄因身體健康問題由計畫協同主持人代為參訪)

貳、時程：民國八十七年十月十六日上午抵達

民國八十七年十月廿八日返國

參、參訪地點：奧克蘭、威靈頓、基督城及相關地點

肆、參訪單位、主題

一、紐西蘭地震工程學會

1. 瞭解建築物耐震設計施工、法規、管理制度。
2. 瞭解建築物防震技術研究發展。
3. 隔震消能使用情形及相關規範。
4. 近斷層建築物設計地震力之規定。
5. 搜集相關資料。

二、奧克蘭大學，土木工程系

1. 瞭解建築物耐震研究發展之重點及趨勢。
2. 參訪相關實驗室及設備。
3. 搜集相關資料。
4. 近斷層建築物設計地震力之規定。
5. 搜集相關資料。

三、拜會相關公會團體。

1. 瞭解高層建築耐震設計課題、策略。

2. 商討建築資訊合作交流事宜。
3. 參觀建築物隔震設備生產工廠，生產製造狀況。
4. 參觀建築物安裝隔震設備狀況，瞭解隔震效益。
5. 近斷層建築物設計地震力之規定。
6. 蒐集建築物耐震有關資料。

註：10月15日由台北飛奧克蘭 16日至奧克蘭

10月19日奧克蘭大學

10月21日威靈頓紐西蘭地震工程學會

10月23日基督城坎特伯利大學

10月26日皇后鎮

10月28日返國

伍、資料蒐集

附錄一 紐西蘭隔震技術的應用

附錄二 紐西蘭之住宅工業簡介

附錄三 紐西蘭房屋研究協會(BRANZ)簡介

中華民國地震工程學會接受內政部建築研究所委託
專案研究計畫研究人員赴紐西蘭考察地震工程計畫

支出項目		單價	人數	小計	備註
機票及手續費		43,000 元	1 人	43,000 元	機票、機場服務費
補助成員出國旅費及雜支	生活費	187 美元×8 天 = 1,496 元 (奧克蘭) 114 美元×4 天 = 456 元 (基督城)	1 人	63,440 元	匯率以 1:32.5 計算
	辦公費	20 美元/天×14 天 = 280 美元		9,100 元	
合計				115,540 元	

註：超過原先經費部份由研究案雜項費用支出。

日期	行 程
87/10/15	台北 奧克蘭
87/10/16	
87/10/17	週休二日
87/10/18	
87/10/19	奧克蘭(奧克蘭大學)
87/10/20	奧克蘭 威靈頓
87/10/21	威靈頓(紐西蘭地震學會)
87/10/22	威靈頓 基督城
87/10/23	基督城(坎特伯利大學)
87/10/24	週休二日
87/10/25	
87/10/26	基督城 皇后鎮
87/10/27	皇后鎮 基督城
87/10/28	奧克蘭 台北

【附錄一】

紐西蘭隔震技術的應用

資料來源：“An Introduction to Seismic Isolation” R. I. Skinner, W. H. Robinson, G. H. McVerry, John Wiley and Sons. (1993), “工程隔震概論”謝禮立，周雍年，趙興權譯校，地震出版社(1996)

A.1 引言

隔震結構在強烈地震作用下的性能，在紐西蘭，所有的隔震建築物和橋梁中只有朗杰提凱河上的特特科(Te Teko)橋經受過一次大的地震，這就是1987年3月發生的芮氏6.3級、MM9度、震央在大橋以北9km處的埃奇克姆(Edgecumbe)地震。大橋南面11km處的強震加速度儀所測得的地面水平加速度峰值為0.33g，這座大橋是現代抗震技術產生良好抗震性能的一個例證，其基底隔震採用的是鉛芯橡膠支承(Dowrick, 1987)。然而，從而脫離了原來的位罝，無法支撐橋面(Skinner and Champman, 1987)，因此橋的減震效果並不理想。

為了使隔震方法確實有效，必須使各個環節，如設計、製造和使用隔震結構的人真正負起責任，以保證良好運行，尤其是要保護好抗震縫。抗震縫隙不能被廢物堵塞，並且在建築物隨後的裝修工程中依然要注意這一點。抗震縫在任何時候都必須保在阻礙狀態，使得結構在其使用壽命期內，在突然遇到的持續15s左右的強震作用下可以作必要的移動。

因為隔震是一項新技術，因此如何加強教育顯然是個嚴峻的問題，一個對隔震技術陌生的管理人員可能會錯誤地使用抗震縫，以至使隔震系統無法發揮作用。建議在抗震縫上或在附近位置設置一塊永久性的布告牌，說明抗震縫的重要性，要求工程師和檢查人員對抗震縫的安全給予特別的關注。

A.2 紐西蘭的隔震結構

A.2.1 引言

在紐西蘭，隔震的方法很多，有可以控制基底提離的橫向擺動運動系統，水平柔性彈性支承和柔性套管樁基礎。阻尼是利用各種裝置中的鋼或鉛在塑

性變形過程中耗散滯變能來提供的。這些裝置有鋼彎曲梁阻尼器和鋼扭梁阻尼器，有或不帶有鉛芯的彈性支承以及鉛擠壓阻尼器。

在紐西蘭的隔震方法中，隔震系統中加入了耗能機制，以減小隔震支承所需承受的位移，進一步減輕地震荷載，削弱地震動中偶然的強低頻分量的作用，滯變耗能器的綜合屈服力約為結構重量的 3%~15%，其典型值為 5%。對於埃爾森特羅(EL Centro)或嚴重程度類似的地震動。阻尼器經受的位移約為 100~150mm；而對帕柯瑪壩上的記錄來說，該位移可達 400mm 左右。在設計地震水平上，結構反應應限制在彈性範圍內，採用隔震方法可以節省高達 10%的結構造價且結構的抗震性能可以達到預期的改善效果。McKay 等(1990)曾論述過一些隔震系統在紐西蘭的應用情況。

本節闡述紐西蘭建造的結構和橋梁。表 A-1 給出了建築結構中採用的各種隔震技術，其中威靈頓的威廉克雷頓大樓是世界上第一座使用鉛芯橡膠支承的結構。它始建於 1978 年、1981 年竣工。本節將討論這座建築和其他幾個結構。

表 A-1 紐西蘭的隔震建築

建築物	層數及高度	總建築面積/m ²	隔震系統	竣工年份
威靈頓威廉克雷頓大樓	四層, 17m	17000	鉛芯橡膠支承	1981
奧克蘭工會大廈	十二層, 49m	7400	柔性樁和鋼阻尼器	1983
威靈頓中心警察局	十層	11000	柔性樁和鉛擠壓阻尼器	1990
佩托尼印刷廠印刷機房	四層, 14m	950	鉛芯橡膠支承	1991
威靈頓國會大廈	五層, 19.5m	26500	用合成橡膠支承和鉛芯膠支承加固	原建於 1921; 已加固完成
威靈頓國會圖書館	五層, 16m	6500	用合成橡膠支承和鉛芯膠支承加固	原建於 1883/1899; 建議加固

表 A-2 表明，鉛芯膠支承隔震是橋梁建造中受歡迎的隔震技術。鉛芯膠支承特別適用於橋梁隔震，這是因為由疊層鋼板和鉛製成的彈性支承由於能適應橋梁的熱膨脹而已成為一種實用的技術。這樣，通過進一步放鬆約束，保證大位移空間，並加入適當鉛芯以增大滯變阻尼，即可在花費不多的情況下達到隔震效果。

表 A-2 紐西蘭的隔震橋梁

	橋梁名稱	上部結構類型	長度/m	隔震系統	建造年份
1	莫圖橋	鋼桁架	170	U 型鋼彎曲梁	1973
2	南朗杰提凱高架橋	PSC 箱形梁	315	鋼扭樁/搖擺橋墩	1974
3	波爾頓街橋	工字鋼梁	71	鉛擠壓阻尼器	1974
4	奧洛拉街橋	工字鋼梁	61	鉛擠壓阻尼器	1974
5	托伊托伊橋	鋼桁架	72	鉛芯橡膠	1978
6	愛德華國王大街橋	PSC 箱形梁	52	鋼懸臂梁	1979
7	克羅姆韋爾橋	鋼桁架	272	鋼彎曲梁	1979
8	克萊德橋	PSC U 形梁	57	鉛芯橡膠	1981
9	懷烏圖科普納橋	鋼桁架	44	鉛芯橡膠	1981
10	奧哈基橋	PSC U 形梁	83	鉛芯橡膠	1981
11	芒阿塔普橋	PSC 板	46	鉛芯橡膠	1981
12	斯坎潘唐橋	箱形鋼梁	85	鉛芯橡膠	1982
13	加利弗橋	鋼桁架	36	鉛芯橡膠	1983
14	唐內橋	鋼桁架	36	鉛芯橡膠	1983
15	旺阿帕勞阿橋	PSC 工字梁	125	鉛芯橡膠	1983
16	卡拉卡圖韋羅橋	PSC 工字梁	105	鉛芯橡膠	1983
17	德弗爾斯橋	PSC U 字梁	26	鉛芯橡膠	1983
18	上奧雷雷橋	鋼桁架	64	鉛芯橡膠	1983
19	朗伊泰基(特特科)橋	PSC U 型梁	103	鉛芯橡膠	1983
20	恩加帕里卡橋	鋼桁架	76	鉛芯橡膠	1983
21~24	希科威 1~4 號橋(加固)	鋼板梁	76~92	鉛芯橡膠	1983~1984
25	奧萊提橋	PSC 工字梁	220	鉛芯橡膠	1984
26	拉皮茲橋	PSC 工字梁和 U 型梁	68	鉛芯橡膠	1984
27	塔馬基橋	PSC 工字梁	40	鉛芯橡膠	1985
28	迪普喬奇橋	鋼桁架	72	鉛芯橡膠	1984
29	雙洞隧道橋	PSC 工字梁	90	鉛芯橡膠	1985
30	塔拉韋拉橋	PSC 工字梁	63	鉛芯橡膠	1985
31	蒙夏橋	PSC U 字梁	168	鉛芯橡膠	1985
32	馬卡里卡 2 號橋(加固)	鋼板梁	47	鉛芯橡膠	1985
33	馬卡托坦橋(加固)	鋼板梁	87	鉛芯橡膠	1986
34, 35	科普羅拉 1、4 號橋(加固)60	鋼板梁	25、55	鋼懸臂梁	1986~1987
36, 37	格萊公路鐵路兩用橋	PSC T 型梁	60	鋼懸臂梁	1987
38	格拉夫頓 4 號橋	PSC T 型梁	50	鉛芯橡膠	1987
39	格拉夫頓 5 號橋	PSC 工字梁	80	鉛芯橡膠	1987
40	北懷奧魯橋	PSC 工字梁	492	鉛芯橡膠	1987
41	特歐里歐里的羅馬漢加橋	PSC U 型梁	116	鉛芯橡膠	1987
42	梅泰(納爾遜)橋	PSC 工字梁	93	鉛芯橡膠	1987
43	班諾克勃橋	鋼桁架	147	鉛芯橡膠支承和鉛擠壓阻尼器	1988

	橋梁名稱	上部結構類型	長度/m	隔震系統	建造年份
44	哈里尼橋	PSC 板	62	鉛芯橡膠	1988
45	利姆沃克斯橋	鋼桁架	72	鉛芯橡膠	1989
46	溫加瓦橋	PSC U 型梁	135	鉛芯橡膠	1990
47	芒阿內橋	鋼桁架	52	鉛芯橡膠	1990
48	波里魯阿國家公路橋	PSC T 型梁	38	鉛芯橡膠	1992
49	波里魯阿河橋	PSC T 型梁	84	鉛芯橡膠	1992

A.2.2 公路橋

1973 以來，紐西蘭有 48 座公路橋和 1 座鐵路橋採用了隔震(表 A-3)，其中包括 4 座用隔震系統加固來提高抗震性能的橋梁。

到目前為止，橋梁隔震系統最常見的形式是鉛芯橡膠支承，通常安裝在橋梁上部結構與橋墩或橋台之間。每個鉛芯橡膠支承兼有隔震和耗能的功能，同時它們還支承著上部主體結構的重量，並提供彈性恢復力，彈性支承中心的鉛芯在水平荷載下承受剪切變形，並且在強震作用下屈服時耗散巨大的能量。對隔震橋梁來說，鉛芯橡膠支承是一種非常經濟的隔震裝置。

紐西蘭未隔震的橋梁是在上部結構與支座間採用彈性支承來適應熱膨脹變形的。對這些標準的橋梁結構，為了加進鉛芯以作成隔震支承，除了放鬆某些約束，提供抗震縫以適應地震荷載作用下可能增大的上部結構位移外，只要作簡單的改動就可以了。鉛芯不僅在大位移運動中耗散了能量，而且在緩慢的橫向力作用下還能增大支座的抗力，直至其達到屈服點為止，以此來降低風荷載和交通荷載產生的位移(Robinson, 1982)

有關紐西蘭第一座隔震橋梁是莫圖大橋，建於 1973 年。170m 長的鋼桁架輕型橋面由鋼筋混凝土薄腹橋墩支承。上部結構採用滑動支承隔震，隔震系統的阻尼由垂直型懸臂梁鋼柱提供。圖 A-1、A-2 展示了採用鉛芯橡膠支承的橋梁實例，即蒙夏(Moonshine)大橋、該橋為 168m 長的預應力曲線橋，位於上哈特(Upper Hutt)公路上。



圖 A-1 紐西蘭上哈特蒙夏橋

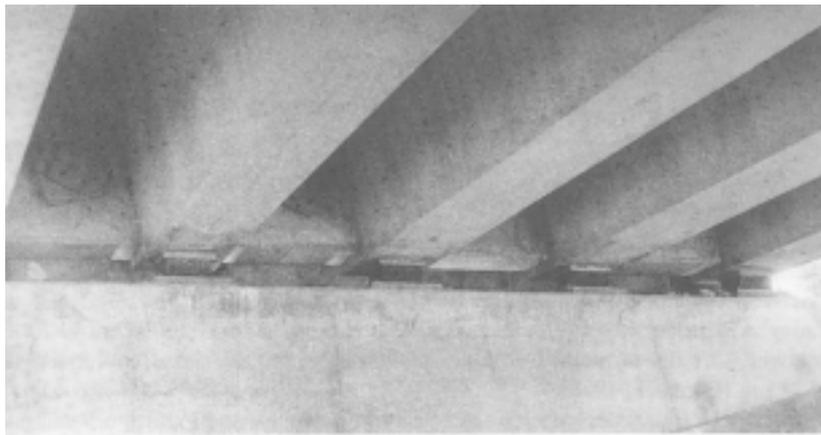


圖 A-2 上哈特蒙夏橋、照片示出了梁下面的鉛芯橡膠支承和限位器



圖 A-3 威靈頓的奧洛拉(Aurora)交叉橋

圖 A-3 示出的是威靈頓公路上的一座橋。在較低的橋墩上裝有鉛擠壓阻尼器。該橋是通過安裝滑動支承進行隔震的兩座斜橋中的一座。恢復力由鋼柱提供。擠壓阻尼器的優點是下行重型車輛剎車時橋台比較平穩，而在地震動荷載下則允許橋體移動。熱膨脹力可以通過擠壓阻尼器的蠕變得到釋放。可以預料，在強震作用後，橋梁將不再會有理想定位的抗震縫。此時，如果必要，可以用千斤頂將橋梁頂回到合適的位置上，或者通過柔性鋼柱的恢復力，使其慢慢地回復原位。

A.2.3 南朗杰提凱高架橋

南朗杰提高架橋於 1981 年通車，該橋是通過控制橫向擺動下的基底提離來實現隔震的一個例子。橋高 70m，有 6 跨預應力混凝土空心支架梁，總長 315m(Cormack, 1988)。

圖 A-4 是搖擺提升式隔震系統的簡圖，圖 A-5，圖 A-6 是建設中的大橋和第一列火車通過時的照片。

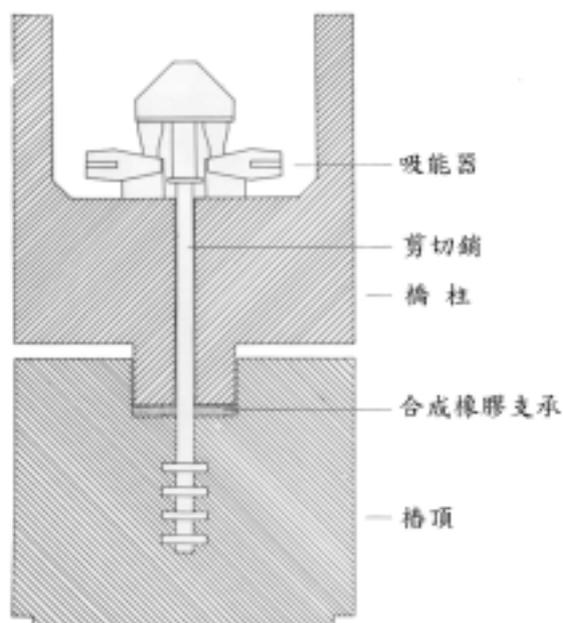


圖 A-4 南朗杰提凱高架橋搖擺提升式橋墩基底示意

地震荷載作用下傳遞到細長鋼筋混凝土 H 型型橋墩上的應力，是通過橋墩兩個柱底的交替升降，使橋墩可以做橫向擺動進行控制的。墩柱搖擺提升及相應橋台面橫向位移的範圍用扭轉屈服鋼梁阻尼器的變能量耗散加以限制。該阻尼器聯結搖擺提升式墩柱的底部與大剛度支承樁的頂部之間採用的 E 型鋼阻尼器)。



圖 A-5 建造中的南朗杰提凱高架橋



圖 A-6 南朗杰提凱高架橋上的通車典禮列車

通過對 1940 年埃爾森特羅南北分量輸入計算，與固定橋墩對比，在最高的幾個橋墩中，搖擺提升效應可以使最大拉力減小 $3/4$ ，且在強震作用下基礎水平上的荷載幾乎沒有什麼增加。阻尼器可以將位移減小到大約是無阻尼器情形的一半，最大位移出現次數減少到只有原來的 $1/4$ 弱。對於有阻尼的搖擺提升式橋梁，橋面最大位移只比固定墩柱橋的最大位移大 50% 左右(Beck and Skinner, 1974)。

24 個耗能器的額定作用力為 450kN，設計沖程為 80mm。墩柱的最大提離被限位器限定在 125mm 內，橋在靜止狀態下的重量並未由阻尼器承受，而是通過很薄的疊層橡膠支承傳遞到基礎上。該支承的基本功能是允許每根沒有升降的墩腳可以轉動，並將荷載分配到墩 樁帽界面上。

搖擺提升作用對這座橋減輕地震荷載是非常有效的，因為這座橋的重心很高，因此非隔震設計主要為墩腳處的傾覆力矩所控制。因樁帽剛度相對較大，估計搖擺提升機構自身的阻尼很低。所以搖擺提升過程中滯變阻尼的效果相當明顯。克賴斯特徹奇機場的一個煙囪也安裝了搖擺提升式基底隔震系統，其總費用節省了約 7%(Sharpe and Skinner, 1983)。

A.2.4 威廉克雷頓大樓

威爾頓的威廉克雷頓大樓是世界上第一座採用鉛芯橡膠支承隔震的建築，1978 年由紐西蘭工程與發展部建造，1981 年完工。

安裝在這幢大樓的鉛芯橡膠支承的詳細結構見圖 A-7。80 個支承被安裝在這幢四層的鋼筋混凝土框架建築的每根柱子下面，在結構 97cm×40cm 的建築平面上，長軸方向有 13 跨，短軸方向有 5 跨，每個支承承受 $(1\sim 2)\times 10^6\text{N}$ 的豎向荷載。允許水平位移為 $\pm 200\text{mm}$ 。Meggett(1978)和 Skinner(1982)曾對該結構作過詳細描述。圖 A-8、A-9 分別是該建築建設中和完成後的情況。

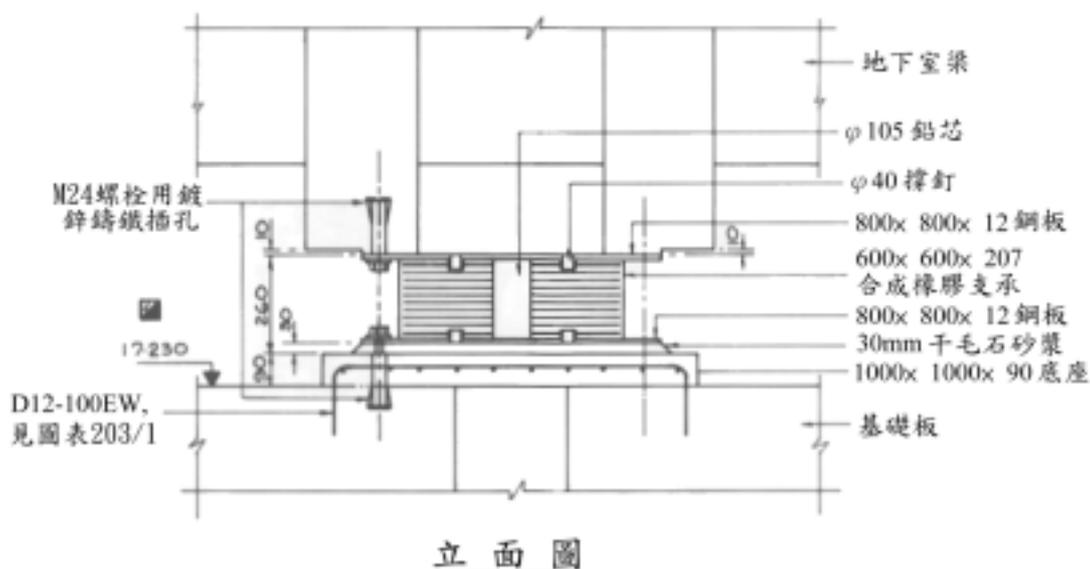


圖 A-7 威靈威廉克雷頓大樓中鉛芯膠支承的細部圖



圖 A-8 建造中的威廉克雷頓大樓，注意鉛芯膠支承



圖 A-9 建成使用的威廉克雷頓大樓

由於該建築的開創性和它位於活動的威靈頓斷層上，因此要求結構設計偏於保守。設計地震動採用 1.5 倍的 1940 年埃爾森特羅南北分量，由此計算出的基底最大動剪力為結構總重量 W 的 0.20 倍，這個數據被選為結構靜力設計的基礎剪力值。人造地震記錄 A1 表示一個 8 級地震斷層附近的運動，可以作為最大可信地震動，由此計算出的最大基底剪力為 $0.26W$ 。儘管在設計地震動作用下算得的隔震結構的反應基本上在彈性範圍內，但由於需要設計成高延性，因此採用了能力設計方法。

支承的大小和鉛芯的直徑是經過詳細動力分析後選取的。Meggett(1978) 詳細討論過這個設計，並發現加速度，層間位移和最大基底剪力由於使用了隔震系統而幾乎減少一半。他指出，彈性支承的剪切剛度和鉛的屈服剛度的

合理值應該是

$$K_b(r)/W = 1 \sim 2m^{-1} \quad (A.1)$$

由此得出

$$T_{b2} = 2.0 \sim 1.4s \quad (A.2)$$

且

$$Q_y/W = 0.04 \sim 0.09 \quad (A.3)$$

事實上，在 1.5 倍埃爾森特羅地震作用下，支承上測得 $K_b(r)/W = 1.1m^{-1}$ ， $Q_y = 0.07W$ 。

在擋土牆與基礎側壁之間預先留有 150mm 的間隙。這一間隙與由 A1 地震動記錄算出的支座最大位移相一致，而在 1.5 倍埃爾森特羅記錄作用下算出的位移為 105mm。凡是抗震縫上的煤氣和上、下水管道以及外部樓梯和滑動柵門等均須經詳細設計，使之能適應隔震器產生的 150mm 位移。

這樣，鉛芯橡膠支承使結構的頻率從構架結構本身原來的 0.3s 延長到鉛芯未產生屈服時的 0.8s 和鉛芯完全屈服時的 2.0s(由結構質量與支承屈服後剛度算得)。計算得到的所有支承與鉛芯的組合屈服力大概是結構靜荷載和地震活荷載和地震活荷載總和的 7%。

按 1.5 倍埃爾森特羅記錄算得的隔震結構的最大基底剪力是 0.2W，而未隔震時結構的基底剪力是 0.38W，即為前者的 2 倍。而未隔震時結構的基底剪力是 0.38W、即為前者的 2 倍。隔震結構僅頂梁屈服，轉角延性率小於 2，但並未產生塑性鉸。無論對 1.5 倍埃爾森特羅記錄還是 A1 記錄，隔震結構的層間位移約為 10mm，近似為層高的 0.002 倍，且沿建築物高度均勻分佈。對於未隔震結構，層間位移隨建築物的高度而增大，最大可達 52mm。顯著減小了的層間位移能將隔震結構中的二次破壞降低到最小程度，且大大簡化了對隔間牆和玻璃窗的細部處理要求。

作為建築物隔震中第一次採用鉛芯橡膠支承的嘗試，威廉克雷頓大樓的設計無疑提供了一些啟示。該設計偏於保守，如果現在再能重新設計一次的

話，抗震設計中可能會更好地利用隔震方法所具有的節省造價的優點。但不管怎樣，設計分析表明，通過對合適的結構進行隔震，確實可以改善建築物的抗震性能。而且，從來對鉛芯橡膠支承的一系列試驗結果來看，只要簡單地將基底側壁間隙增大到 200~250mm，這種支承原則上可推廣用來抗禦極大的地震。

A.2.5 工會大樓

1983 年建成的十二層工會大樓(Boardman et al., 1983)是採用孔隙套管中的柔樁實現其隔震柔性要求的。該大樓位於懷特曼塔(Waitemata)港邊的奧克蘭。該地上部淺層土壤條件很差，由天然海洋淤泥和抽水後填築的土組成，為此採用了長端承樁，打到距地面 10~13m 深的砂岩內達 2.5m，使其能承受結構的重力，儘管奧克蘭是在中等活動性的地震區內，仍考慮到它有可能受到規模高達 8.5、震央距為 200km 或更遠的處於太平洋和印度 澳洲板塊附近的普倫堤(Plenty)灣和東凱普(Cape)地區強震的影響，這樣的地震會使建築場地下的軟土地基產生強烈振動。

每個樁端安有抗彎矩的銷子，使樁具有橫向柔性來達到隔震目的。樁與圍套管之間有 $\pm 150\text{mm}$ 的間隙使其可作該值範圍內的相對運動，從而將結構與上部土層可能發生的有害地震運動分開，並為基礎準備了隔震所需要的較大的位移空間。在與地面同一高度的樁頂安裝了一錐形懸壁鋼梁阻尼器的有效隔震系統。安裝阻尼器能耗散能量，並控制變形。結構外部採用交叉鋼斜撐，以大結構的剛度和強度(圖 A-10)。結構剛度的加大改善了在地震作用下的反應，即減小了層間位移，建築物半高處的剪力鼓凸和樓板反應譜值。另外，交叉支撐以較低的花費增大了所需的結構橫向強度。結構柔性雖然有所減小，但配以阻尼效應很好的隔震器仍能獲得充實的隔震效果。阻尼器安裝在支承上部結構的樁頂以及結構上分離的地下室和結構底層之間，後者直接支承在上部土層上。

由於奧克蘭位於預期只發生中等烈度地震的區域內，因此對工會大樓的抗震設計要求比其他許多隔震結構的要低。阻尼器最大位移在最大可信地震動 埃爾森特羅記錄作用下為 150mm，在設計地震動作用下為 60mm。隔震結構的有效周期約為 2s，最大層間位移在可信地震動作用下為 10mm，在設計地震動作用下為 5mm。



圖 A-10 奧克蘭工會大廈，注意外部的交叉斜撐

工會大樓是中等強度地震區內經濟地採用隔震系統的範例。為了利用由隔震方案所提供的降低地震力，柔性要求和結構變形的優點，選擇了一種合適的結構形式。本身較剛硬的交叉斜撐對隔震來說能較好地適合剛性上部結構的需要。反過來，隔震也使得交叉斜撐實用化，因為主結構要求低延性。但是，如果要求樓板譜的值很小，可能還是需要採用較符合線性速度阻尼器。這種隔震系統設計的個主要參數是樁 套管頂部相對於樁固定端所需要的允許位移量。

在初步設計階段，也曾研究過其他的結構形式，如雙向混凝土框架、筒形混凝土框架和一個懸臂剪切中心部分。交叉斜撐的隔震結構外觀寬敞、明亮，並能最大限度地使用預制構件。這一隔震方案使整個工程造價(6.6 百萬紐西蘭元)節省了 7%，並且縮短了工期 3 個月。

A.2.6 威靈頓中心警察局

1991 年建成的威靈頓新中心警察局(Charleso et al., 1987)與工會大樓設計原理相似。十層高的塔式建築由長樁基礎支承，樁基貫入地下 15m 直到風化岩上。接近地表的土層是淤泥和軟填土。

同樣，樁基包在尺寸較大的套管內，它們之間間隙允許樁頂相對於地面產生相當大的位移。能量耗散由鉛擠壓阻尼器提供(Robinson and Greenbank,

1976)，該阻尼器連接於樁頂以及結構上分離的埋入地下室之間(圖 A-11)。具有交叉斜撐的鋼筋混凝土框架構成了剛度很大的上部結構(圖 A-12)。柔性樁和鉛擠壓阻尼器形成了基本上具有彈塑性力 位移隔震特性的隔震系統，從而限制力傳遞到主結構上。

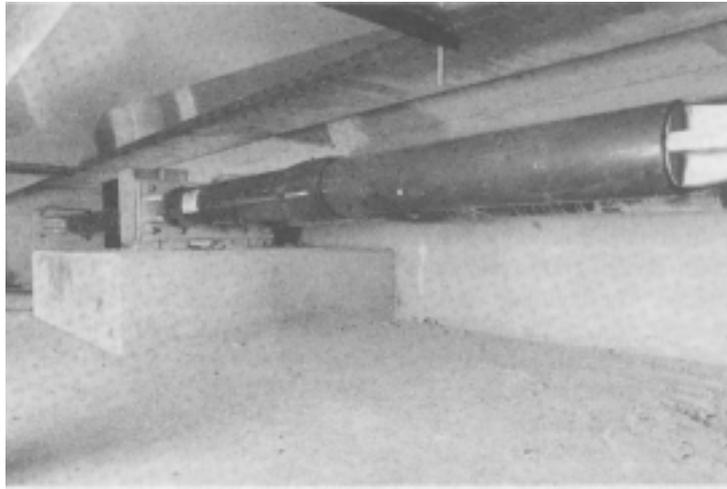


圖 A-11 威靈頓中心警察局地下室的鉛擠壓阻尼器



圖 A-11 威靈頓中心警察局，注意外部交叉斜撐

威靈頓中心警察局的設計要求比奧克蘭工會大樓更嚴格。警察局具有重要的民防指揮部作用，要求強震後仍能正常工作。紐西蘭的荷載法要求對重

要設施的危險系統在 $R = 1.6$ 。該建築距活動的威靈頓斷層只有幾百米遠，並且距離其他幾個主要斷層也不到 20km。

功能要求抗禦橫向荷載的結構應位於整個建築物的周邊。考慮了三種結構方案：斜撐構架、抗彎構架和隔震斜撐構架。最初覺得後一種選擇是很有吸引力的，因為地基條件要求採用樁基礎，但最終還是選擇了周邊抗彎構架。

設計要求在 450 年一遇的強震作用下結構處於彈性反應階段，這種強震相當於 1.4 倍 1940 年埃爾森特羅強震記錄。建築物在地震作用下必須保持功正常和僅有少量的非結構破壞。將層間位移減小到 10mm 左右，即可保證這一點。如果採用接近於彈塑性力 位移特性的隔震系統，且系統屈服力只有建築物地震荷載的 0.035 倍，則可以發現，即便是輸入千年一遇的地震動，也就是相當於 1.7 倍 1940 年埃爾森特羅或帕柯依瑪壩上的記錄，結構上的最大內力也只有適度的增加。增加的內力值基本上在分別與設計荷載和極限荷載相應的可信強度和可能強度之間的增量範圍內。在這種強震作用下，結構可能會出現一些屈服，但對結構的延性要求並不高，因此沒有必要作過細的考慮。採用帕柯依瑪壩上的記錄來檢驗隔震系統、這個要求是比較苛刻的，因為它不僅有很大的加速度值，且有看來是“斷層錯滑”分量的長周期強脈沖。對於許多常規結構來說，按帕柯依瑪記錄設計的延性要求過於苛刻。

在這些非常強烈的地震作用下，要使結構反應處於彈性範圍內，這就要求隔震系統在樁頂與地面之間能夠作較大的相對位移。該結構在 800mm 直徑的樁與其套管之間留有 375mm 的間隙，使得在最大計算位移外能留有合理的裕量。在 450 年一遇的地震作用下，樁頂的計算位移值為 355mm，還考慮了當達到更大地震時，採用可以適當變形的制動柱頂地下室結構上，以有控制的方式來吸收過大的地震能量。

為耗散地震能量，要求隔震系統須承受大變形，並具有非線性，因而該結構選用了鉛擠壓阻尼器，而不是工會大樓選用的鋼梁阻尼器。總共使用了 24 個屈服力為 250kN、沖程為 ± 400 mm 的鉛擠壓阻尼器，它們是將紐西蘭以前用在幾座橋梁上的這類阻尼器放大製成的。橋梁中使用的阻尼器的屈服力為 150kN、沖程為 ± 200 mm。對這種新型阻尼器已經做了大量的試驗，以保證其具有所需要的性能。

與抗彎構架方案相比，隔震方案估計可以節省 10% 的結構造價。另外，隔震結構能大大提高抗震能力，而大震後修復的費用也很低。更重要的是大

震過後隔震結構完全能夠正常使用。

A.3 紐西蘭兩座歷史建築物的隔震加固

威靈頓市中心有兩座具有歷史價值的磚石建築物，即舊議會大廈和議會圖書館。對這兩座易受地震損壞的建築的改造更新工作包括了隔震加固。花費了數年工夫才將它們恢復到原來狀態，1995年11月2日由英國女皇伊麗莎白二世陛下主持了開放儀式。

加固工作包括在建築物支座中安裝鉛芯橡膠支承和大阻尼橡膠支承，以及在500mm厚的混凝土牆上切割出一條抗震縫。地震時對兩座建築物可以在水平面的任何方向移動最大可達300mm。

到1995年1月，已對鉛芯膠隔震系統的全部514個支承完成測試工作。圖A-13為所得到的滯迴曲線疊加圖。軸向荷載為1.6MN(160t)，6次循環的循環速率為0.1Hz。圖中裏面的迴線是高阻尼橡膠支承的迴線，而外面的是鉛芯橡膠支承的迴線。這兩座建築的全部514個加固用支承均在總的質量管理規定指標的±5%誤差範圍內。

對隔震效果的計算表明，基本周期從0.45s增至2.5s[詳細情況可參看R.A.Poole和J.E. Clendon,「紐西蘭議會建築物：用基底隔震進行抗震保護」,紐西蘭地震工程學會會刊25(3):147~160(1992)]。

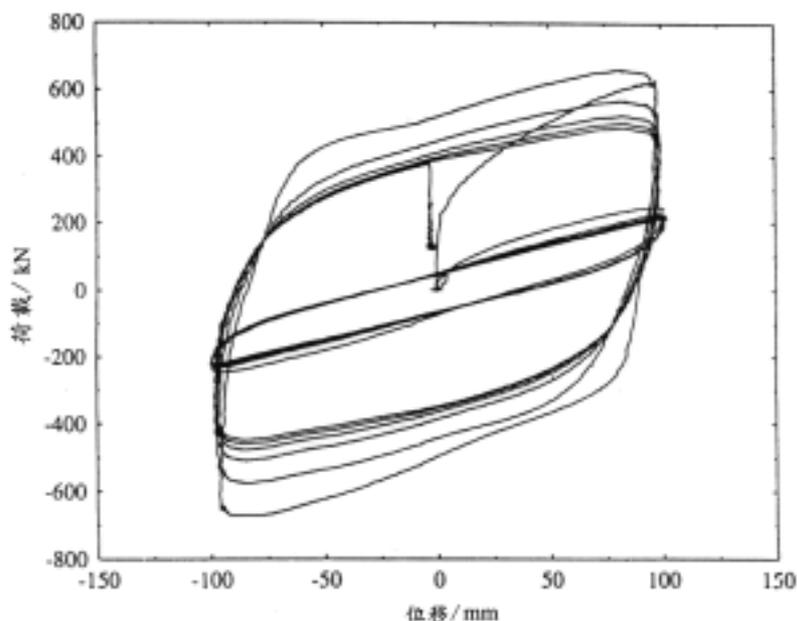


圖 A-13 威靈頓議會大廈所用支承的滯迴曲線

A.4 紐西蘭博物館的隔震

從 1993 年 6 月開始,在威靈頓市中心臨水建造一座大型新建築 紐西蘭博物館。這座 190m×104m 的三角形平面建築物採用 142 個鉛芯橡膠支承和在剪切牆下面安裝聚四氟乙烯滑移支承進行隔震(圖 A-14)。該博物館有六層,總樓層面積 35000m²,高 23m。

該建築物不是按規範設計,而是按如下要求進行設計的,即在發生重現期為 250 年的地震時無破壞,在發生重現期為 2000 年的地震不倒塌。(更詳細的情況參看 P.R. Boardman 和 T.P. Kelly, 『紐西蘭博物館的抗震計』,紐西蘭地震工程學會技術會議,1993.3.p.80)

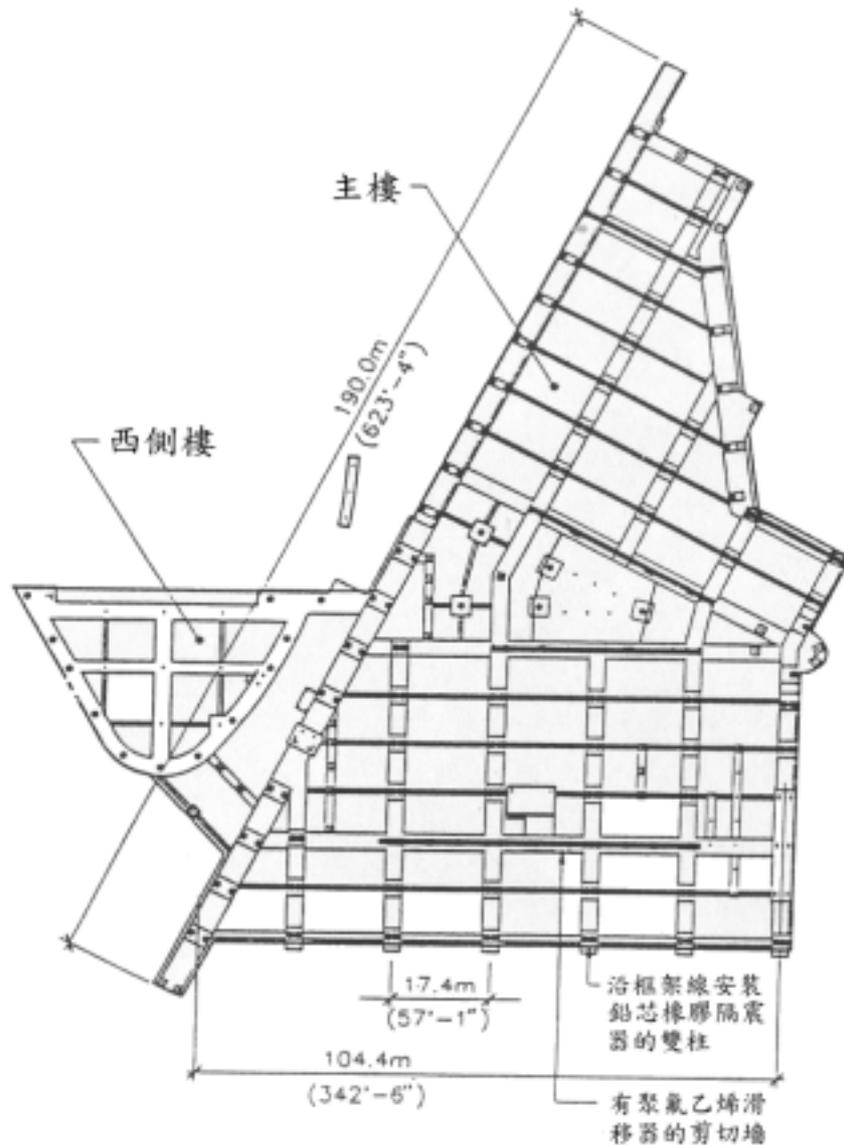


圖 A-14 紐西蘭博物館平面圖(引自 Boardman 和 Kelly)

對 250 年一遇的地震，計算出固定基底和基底隔震時的最大樓板加速度分別為 1.02g 和 0.33g，對 2000 年一遇的地震，這兩種情況的最大樓板加速度分別為 1.69 和 0.48g。這清楚說明了隔震的優越性。

圖 A-15 中畫出了對破壞損失的估計值。圖中結果說明，如果博物館採用隔震技術，破壞損失將大大減少。

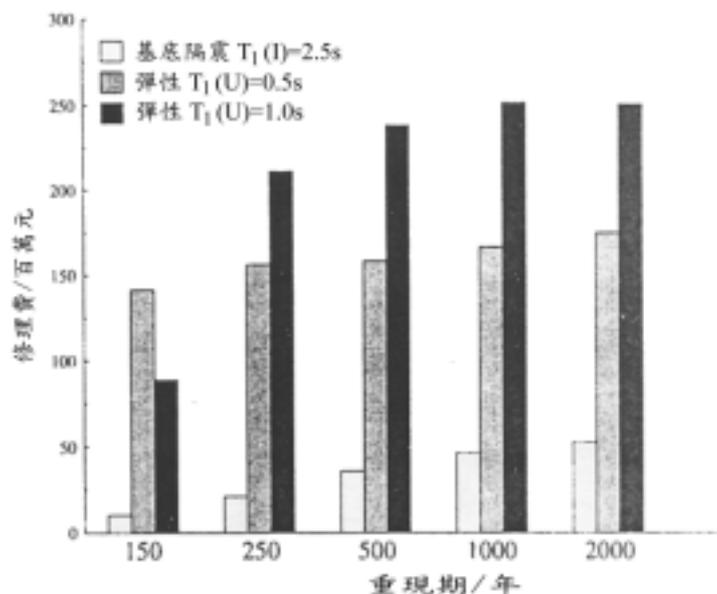


圖 A-15 紐西蘭博物館估計的地震破壞損失費(根據 Boardman 和 Kelly 的計算)

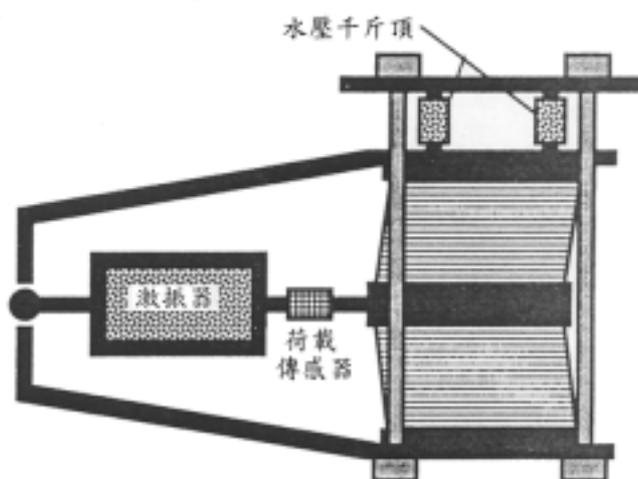


圖 A-16 紐西蘭博物館鉛芯橡膠支承測試設備的示意圖

估計的隔震結構周期很長，為 2.5s，這解決了場地方面存在的問題，因為該場地是從海岸線向外填築的。

對隔震建築模型用四種輸入運動作了非線性分析，它們是：頻率標定後的 1940 埃爾森特羅地震記錄，用 1940 埃爾森特羅記錄，1978 年伊朗塔巴斯地震和 1985 年智利羅利歐地震的基岩露頭記錄對建築物作一維等效線性化分析後計算得出的地面加速度反應。對 250 年一遇的地震，上述四種加速度輸入時隔震器所樓層的最大位移分別為 247mm、209mm、258mm 和 241mm，2000 年一遇的地震，上述四種輸入時的隔震器樓層面最大位移分別為 484mm、452mm、516mm 和 421mm。

為確保隔震系統有合適的性能，已對所有的鉛芯橡膠支承作了測試，圖 A-16 為試驗設備的示意圖。

【附錄二】

紐西蘭之住宅工業簡介

B.1 住的問題(Housing)

住宅佔紐西蘭國內經濟之重要地位，一個高水準之住宅與教育及保健是同樣的重要，它不但提供個人或家庭一個安全及棲身的場所，更能滿足完成各類社會角色。住宅建築也提供工商界各種就業之機會。

根據 1996 年公定調查記錄，全紐西蘭公私共擁有之住宅有 1,283,994 棟，其中 1,276,332 為私人住宅，這其中有 864,060 棟係有貸款或無貸款之住宅。另外，有 292,347 棟係供出租之住宅。住宅中 95% 設有電話。

1996 年結婚之家庭佔總家庭之 74%，一個典型之家庭包含夫妻倆外加一小孩的家庭約佔總家庭數之 37%。依據 1996 年之統計結果，平均每個家庭大約有 2.8 人。82% 超過 65 歲以上之人擁有自己之住宅，相對的 68% 低於 65 歲之人擁有自己之住宅。

B.1.1 房屋銷售(House Sales)

依據統計，1997 年全紐西蘭共有 75,743 批之銷售量，這數值較 1996 年之 77,872 批減少的 2.7%，這銷售量中有 80% 是經過市場上之自由交易成交，另外之 20% 係屬於強迫拍賣、贈予或其它。

B.1.2 住宅價格(Residential Prices)

1997 年住宅之銷售價格平均為 \$181,372 元(紐幣)比起 1996 年之價格 \$170,379 元約漲 6.5%。

由紐西蘭價值協會(Valuation New Zealand)所編製之城鄉房地產價值指數係用來量度住宅區每半年房地產平均價格之變化情形。

表 B-2 係至 1997 年 6 月底前 5 個連續半年之房價指數。

表 B-1 RESIDENTIAL PRICES (住宅價格)

Average sale price (平均售價)	December year				
	1993	1994	1995	1996	1997
Sections	47,923	55,049	59,920	68,787	76,410
Houses	125,609	141,506	154,758	170,379	181,372
Owner-occupier flats	111,806	126,312	138,716	154,077	166,679

表 B-2 House Price Index^{1,2} (房價指數)

Locality	1993	1994	1995	1996	1997
Whangarei District	1067	1158	1225	1328	1533
Auckland Area ³	969	1094	1316	1613	1756
Hamilton City	1118	1223	1329	1475	1599
Tauranga district	1103	1216	1361	1438	1609
Rotorua district	1037	1139	1270	1400	1556
Gisborne District	1309	1499	1620	1720	1730
Napier City	1253	1420	1493	1517	1549
Hastings District	1371	1526	1533	1578	1575
New Plymouth District	1314	1369	1441	1481	1441
Wanganui District	1168	1180	1186	1191	1193
Palmerston North City	1145	1179	1213	1216	1206
Masterton District	1082	1118	1126	1098	1077
Wellington Area ⁴	947	963	1018	1073	1161
Nelson City	1274	1358	1416	1457	1485
Christchurch City	1220	1281	1404	1507	1620
Timaru District	1273	1342	1390	1425	1443
Dunedin City	1340	1384	1447	1496	1460
Invercargill District	1286	1361	1372	1375	1345
Total New Zealand	1081	1171	1310	1478	1588

1. Base : Half-year ended December 1989=1000.

2. Half-year ended June.

3. Auckland includes North Shore City, Waitakere City, Manukau City, Papakura District and Auckland City.

4. Wellington includes Porirua City, Upper Hutt City, Wellington City, Hutt City.

Source : Valuation Zew Zealand

B.2 房屋貸款(Housing Loans)

1997 年房屋貸款之成長率較之於 1995 及 1996 年呈現衰退之現象。至 1998 年元月份止，1997 年之成長率為 11%，1995 年及 1996 年平均為 13% 及 14%。至 1997 年底，私人住宅之貸款佔所有經銀行，金融機構及具它團體所承辦之房屋貸款之一半以上。

表 B-3 所列之數據係至 1997 年底之細目，其中包含相當數目為房貸利率降低時再貸款之房貸。

表 B-3 Housing Loan Drawdowns (房貸明細表)

Quarter	Life insurance offices		M3 institutions		Total	
	no	\$(m)	no	\$(m)	no	\$(m)
1995-						
March	286	24	47,689	2,956	47,975	2,979
June	306	26	52,616	3,416	52,922	3,442
September	374	33	67,672	4,208	68,046	4,241
December	340	27	69,946	4,692	702,869	4,718
1996-						
March	322	26	67,740	4,566	65,062	4,592
June	375	36	55,817	4,110	56,192	4,146
September	433	44	49,404	3,212	49,837	3,256
December	679	78R	59,909	4,277	60,588	4,355
1997-						
March	521R	61R	54,244R	4,212R	54,765R	4,273R
June	435R	35R	61,267R	4,731R	61,702R	4,766R
September	285R	33R	69,825R	5,358R	70,110R	5,391R
December	303R	35R	71,552R	5,615R	71,885R	5,650R

Source: Reserve Bank of New Zealand Monthly M3 Statistical Return & Life Office Asset Quarterly Survey

B.2.1 出租房屋：

至 1997 年 6 月止，消費者物價指數顯示出租房屋上漲 4.4%(一年內)，政府最近付之實施之市場租房政策促使紐西蘭住宅局之出租房屋數量大增，至 1997 年 6 月底，一年內住宅局之出租量增加 4.4%，相對的由私人機構出租量僅增加 3.6%。

B.2.2 住宅補助及政府住宅相關機構(Housing Assistance and Government Housing Agencies)

1. 住宅補助：

住宅補助係由社會福利部 (Department of Social Welfare) 於 1993 年 7 月 1 日發佈實施，所有低收入之家庭均可申請補助，是一種現金性補助，至 1997 年 6 月 30 日止，共有 297,134 家庭接受補助。

2. 紐西蘭住宅公司(Housing Corporation of New Zealand)

紐西蘭住宅公司係 1974 年成立，從 1974 年至 1992 年中負責出租房屋之服務及住宅政策之顧問工作。從 1992 年 7 月起經改組後，僅負責管理已存在之房貸業務。紐西蘭住宅公司提供低收入家庭之房屋貸款，下列表格係紐西蘭住宅公司於 1995~96 年間售於其它機構之房貸數量。

表 B-4 Housing Corporation Loan Approvals and Sales

Programme (year ending June)	Number				Value			
	1994	1995	1996	1997	1994	1995	1996	1997
	\$(million)							
Home loans	1,334.0	1,392.0	300.0	77.0	42.0	25.8	11.4	3.7
Housing New Zealand sales-HCNZ	-	130.0	240.0	142.0	-	8.9	15.9	8.9
Suspensory	-	343.0	610.0	459.0	-	2.8	5.3	3.9
Papakainga	23.0	46.0	16.0	7.0	0.9	1.8	1.1	0.4
Community lending	14.0	3.0	-	7.0	1.9	0.5	-	0.2
Rural lending	-	-	53.0	69.0	-	-	2.9	4.7
Total	1,371.0	1,914.0	1,219.0	761.0	44.7	39.8	36.6	21.8

Source: Housing Corporation

3. 社區住宅公司(Community Housing Limited)

社區住宅公司係紐西蘭住宅公司之分公司，其任務在提供適當之住宅給需住宅之社區團體及殘障人士，本公司目前約出租 1,000 單位之住宅給殘障人士及受虐之婦女及兒童。

4. 紐西蘭住宅有限公司(Housing New Zealand Limited)

紐西蘭住宅有限公司係 1992 年成立，它擁有及管理約 65,000 棟房屋，它的租房對象係低收入家庭，它同時提供低收入家庭購屋之機會，表 B-5 係從 1993 年至 1997 年紐西蘭住宅有限公司之業務情況。

表 B-5 Housing New Zealand Activity

Year ended 30 June	1993	1994	1995	1996	1997
Standard rental units	70,234	70,104	68,977	67,031	652,811
Number of allocations (new tenancies)	13,335	15,567	14,333	16,751	-
needs	-	-	-	2,766	2,637
Community houses provided ²	652	588	713	924	-
Percentage of allocation to low income households	94	93 ³	91.3	84 ³	84 ³
Property disposals ⁴				2,150	2,273

1 Includes Home Lease Properties.

2 Community Housing Ltd. was sold in August 1996.

3 Income of \$350 a week or less (of new tenancies who stated their income).

4 Including Home Buy sales.

Source: Housing New Zealand

5. 住宅部(Ministry of Housing)

住宅部成立於 1992 年 7 月 1 日，它的主要功能在提供政府有關住宅方面之顧問工作及租佃公債之有效實施，並調解糾紛事宜，自成立至 1997 年 6 月，共受理 43,862 件調解案件。

B.3 房屋及營建工業(Building and Construction Industry)

房屋及營建工業是紐西蘭經濟之重要一環，至 1997 年 3 月 31 日止，一年內共有 100 億(10 Billions)紐幣之投資在房屋及營建方面至 1996 年 3 月底受僱於此方面之員工共有 111,400 人佔紐西蘭受僱員工之 6.7%，除此之外，在相關之材料供應，製造業及運輸業方面更有成千上萬之受僱員工，1990 年代以來，由營建所促成之生產毛額(GDP)更逐年增加，已從 1992 年之 4.3% 增至 1997 年之 4.9%，預拌混凝土之產量從 1993 年 1997 年共增加 48%，材料之產量於同一期間亦增加 13%。

紐西蘭最常用之房屋結構為木結構，混凝土結構用於多層之建築物，工業廠房多採用輕鋼構，由於營建法規之及發展及營建方法之改進，及局部市場木料之缺乏，輕鋼構已漸受的普遍使用。

B.3.1 營建法規(Construction Law)

房屋工業區是管理房屋建築及制定營建法規之機構，營建法規制定一房屋建築之主要規範以確保屋使用者之生命財產安全，營建法規之主要求包含建築物之耐久性、方便進出及節省能源，營建法規每五年修正一次，建物之

衛生及安全係房屋工業區之主要目標，尤其是防火、防地震及殘障人士進出方便是所有建物必需考慮之項目。

房屋工業局之經費來自房屋許可之稅收，通常超過\$20,000之建物徵收率為每1,000元收0.65，兀故1997年6月30日止，一年內之稅收約3.3百萬元。

B.3.2 房屋授權(Building Authorizations)

紐西蘭主要官方之房屋統計資料來自紐西蘭統計(Statistics New Zealand)每月之有關房屋授權及角季之價值分析報告，這些資料之來源主要是各地區房屋許可(Building Consents)之發放。房屋授權之價值通常代表建物起建時之合約價值或預估建造費用。

表 B-6 所示為至 1997 年 3 月止，為期 5 年內之各類房屋建築之授權價值

表 B-6 VALUE OF BUILDING CONSENTS ISSUED

Type of building	Year ended 31 March				
	1993	1994	1995	1996	1997
	\$(million)				
Residential-					
New dwellings	1,851.30	2,172.10	2,864.10	2,741.90	2,927.37
Alterations/additions and outbuildings	433.50	507.60	576.70	619.00	635.19
Total residential buildings	2,284.80	2,679.70	3,440.80	3,360.90	3,562.56
Non-residential (includes additions and alterations)					
Hostels, boardinghouses	17.30	31.00	11.20	34.50	16.20
Hotel, motels, etc.	30.80	37.90	207.80	194.00	126.85
Hospitals and nursing homes	71.50	80.70	64.40	94.30	165.94
Education buildings	94.50	190.50	231.50	261.20	315.86
Social, cultural, religious and recreational	117.90	223.90	250.30	246.00	243.58
Shops, restaurants, taverns	173.00	207.50	314.10	270.60	291.26
Office and administrative	280.80	196.40	253.10	295.60	381.09
Storage buildings	57.70	61.10	105.50	150.60	226.26
Factories and industrial	145.80	252.70	316.30	334.50	422.28
Farm buildings	69.10	90.10	108.10	100.70	98.61
Miscellaneous and multi-purpose buildings	30.20	78.40	137.60	215.00	41.67
Total non-residential buildings	1,088.50	1,450.10	1,999.90	2,197.00	2,329.59
Total all buildings	3,373.20	4,129.70	5,440.70	5,558.00	5,892.15

Source: Statistics New Zealand

表 B-7 LOCATION AND VALUE OF BUILDING AUTHORISATIONS 1997¹

	Number		Res. Value (\$)		Non resval (\$)		Tot bldval (\$)	
	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997
Whangarei	158.0	275.0	18.2	29.8	27.2	29.6	48.9	64.3
Auckland (main) urban area	6,985.0	7,491.0	1,047.3	1,090.5	800.8	866.4	2,041.8	2,160.8
Northern Auckland zone	2,140.0	1,869.0	339.6	324.4	120.6	160.7	512.1	542.7
Western Auckland zone	1,220.0	1,287.0	157.8	167.0	54.3	63.4	236.5	258.1
Central Auckland zone	1,742.0	2,154.0	288.6	306.2	420.0	390.4	797.1	785.0
Southern Auckland zone	1,883.0	2,181.0	261.3	292.8	205.8	251.9	496.1	575.0
Hamilton	768.0	1,007.0	98.4	132.7	80.8	73.8	194.9	224.8
Tauranga	1,270.0	1,458.0	151.3	178.7	40.6	44.8	207.1	235.2
Rotorua	216.0	203.0	20.7	23.7	25.6	19.4	51.9	49.3
Gisborne	102.0	73.0	11.7	8.4	12.4	8.5	27.7	19.6
Napier	274.0	216.0	35.8	28.2	17.9	30.1	59.5	63.5
Hastings	143.0	222.0	18.8	20.6	39.3	55.1	65.3	82.2
New Plymouth	163.0	136.0	19.3	16.4	22.0	14.3	49.6	38.0
Wanganui	80.0	71.0	9.0	9.0	18.5	13.5	31.7	26.2
Palmerston North	316.0	176.0	41.0	24.1	39.8	48.3	90.5	80.6
Wellington (main) urban	894.0	1,052.0	118.8	128.5	146.1	172.6	320.6	363.2
Upper Hutt Valley zone	51.0	77.0	8.9	7.3	13.2	6.1	24.9	16.2
Lower Hutt Valley zone	123.0	133.0	19.2	18.5	27.1	29.4	56.5	60.6
Porirua Basin zone	130.0	108.0	19.7	17.5	10.2	24.6	34.0	46.2
Wellington City zone	590.0	734.0	70.9	85.3	95.5	112.4	205.2	240.2
Nelson	372.0	399.0	42.5	45.0	32.9	52.4	82.5	104.0
Christchurch	2,338.0	2,148.0	268.6	264.2	247.5	253.6	563.1	561.0
Timaru	80.0	69.0	9.5	7.9	15.4	18.4	27.4	28.5
Dunedin	314.0	254.0	34.7	28.7	41.1	85.3	90.2	126.2
Invercargill	115.0	72.0	15.5	9.0	35.6	25.4	56.1	38.5
Total	22,467.0	23,865.0	3,127.6	3,264.4	2,590.5	2,850.6	6,371.5	6,789.3

¹ Year ended 31 March.

Source: Statistics New Zealand

表 B-8 TYPES O BUILDING AUTHORISATIONS 1997^{1,2}

Type of building	Type of applicant					
	Producer enterprises	Financial intermediaries	General government	Private non-profit organisation	Households and	Total
	\$(000)					
Total dwellings	691,666	420	4,242	25,024	2,841,208	3,562,560
Hostels, homes, boarding houses	5,445	-	7,324	3,436	-	16,205
Hotels, motel, etc.	123,366	-	823	2,487	168	126,845
Hospitals, nursing homes	46,161	185	80,262	39,327	-	165,935
Education buildings	13,118	-	286,707	15,995	35	315,856
Social, cultural, etc.	113,723	1,000	68,030	60,832	-	243,584
Shops, taverns and restaurants	268,674	12,235	5,402	4,736	217	291,265
Offices and administration	319,427	17,795	37,304	6,551	12	381,089
Warehouses	223,818	1,011	1,107	320	-	226,256
Factories, powerhouses, etc.	371,062	2,638	39,235	9,327	15	422,277
Farm buildings	97,907	50	475	95	80	98,607
Miscellaneous buildings	32,317	640	8,112	591	10	41,670
All buildings	2,306,684	35,974	539,025	168,722	2,841,745	5,892,150
Total for 1996	1,584,280	28,464	462,663	138,437	3,344,115	5,557,959

1 Year ended 31 March.

Source: Statistics New Zealand

2 Includes alterations and additions.

表 B-9 BUILDING AUTHORISATIONS

Year ended 31 March	New dwellings			buildings (including outbuildings) ¹	All buildings ¹
	Units	Value	Floor area		
	no	\$(million)	(000) sq m	\$(million)	
1992	17,653.0	1,704.1	2,465.6	2,117.9	2,943.8
1993	17,905.0	1,851.3	2,746.7	2,284.8	3,373.3
1994	19,361.0	2,172.1	3,101.7	2,679.7	4,129.7
1995	23,681.0	2,864.1	3,937.5	3,440.8	5,440.7
1996	21,256.0	2,741.9	3,646.9	3,360.9	5,558.0
1997	22,418.0	2,927.4	3,820.4	2,562.6	5,892.1

1 Includes alterations and additions.

Source: Statistics New Zealand

【附錄三】

紐西蘭房屋研究協會—BRANZ (The Building Research Association of New Zealand)簡介

紐西蘭房屋研究協會係由工業界所組成有關房屋建造及獨立性研究之機構，它成立於 1969 年，其經費來自附加於營建業新建物及增建或修改建物之稅收，通常超過\$20,000 元之建物約為 0.1%。

在過去 25 年中，BRANZ 在房屋材料、防水、通風、節約能源、防震、防火方面之研究，試驗及顧問工作已具國際聲名。

1997 年主要之研究方針之一項為研究有關建物對外圍環境之影響，此項研究加重營造業對再生資源之利用。

其它明年度重要研究計劃包含房屋覆蓋材料可燃性之研究，住宅防水偵測器功效之研究，風力及地震力對木造房屋之影響，房屋能源應用電腦模擬，及水泥鋪面熱能效應之研究等。

另外，BRANZ 還提供個人或工商團體有關營建方面之技術顧問、試驗、及出版等工作。

C.1 能源及環境方面之問題(Emphasis on energy and Environmental issues for buildings)

能源之有效使用與環境問題密切關聯，故為 BRANZ 研究計劃重點之一，目前政府之政策注重房屋能源有效利用之提昇，故營建業必須配合此需求，故於 1997 年在 BRANZ 機構中專設有一能源及環境之部門，在此部門中，目前進行之工作如下：

1. 能源使用之改進計劃(Refinement of the Home energy End Use Project)

此計劃研究每一住家如何使用能源，收集之資料將用來解決如何改進房屋建造之需求。

2. 評估住家能源有效使用之方法。

3. 集各項建築材料對環境之影響。
4. 究如何減少廢棄物及廢棄物之再使用

C.2 綠色住宅之實施(Green Homes Launched)

BRANZ 於去年推出綠色住宅的計劃，這是一種用來評估環境影響之新住宅設計，在此計劃中考慮到能源之使用，建地所在位置之選擇再生物料之使用、材料之組合及室內空氣之品質等，BRANZ 並訓練一些建築師，設計師及房屋營商以便能於房屋設計階段考慮到環保問題。

C.3 完工數量(Work Put in Place)

紐西蘭統計(Statistics New Zealand)每季進行之房屋完工調查資料如表

C-1

表 C-1 WORK PUT IN PLACE

Year ended 31 March	Dwellings			Subtotal
	New dwellings		Alterations additions and outbuildings	
	Government	Other		
	\$(million)			
1992	57.9	1650.5	462.4	2,170.8
1993	23.6	1808.1	486.0	2,317.1
1994	1.4	2229.2	561.0	2,791.7
1995	1.9	2892.0	614.4	3,508.3
1996	6.8	3005.0	658.9	3,670.7
1997	16.4	3393.4	687.4	4,097.2

Year ended 31 March	Non-residential buildings (including alterations and additions)							Subtotal	Total
	Hotel, boarding houses and nursing homes	Hospitals and industrial buildings	Factories	Commercial buildings ¹	Education buildings	Miscellaneous ² and multi-purpose ³			
	\$(million)								
1992	32.3	91.2	171.8	565.4	128.3	214.3	1,203.4	3,374.2	
1993	39.6	115.1	167.0	480.3	106.8	244.1	1,152.9	3,470.6	
1994	76.3	113.2	288.9	600.2	189.8	330.5	1,598.8	4,390.5	
1995	141.1	77.9	358.1	809.9	212.0	513.8	2,112.7	5,621.0	
1996	275.1	96.5	400.9	958.2	315.9	715.5	2,762.1	6,432.9	
1997	244.4	183.9	473.0	753.6	378.2	837.7	2,870.8	6,968.0	

1 Includes shops, restaurants, taverns, offices, administrative buildings and storage buildings

2 Includes social, cultural, religious, recreational and farm buildings

3 Includes shop/offices, office/warehouses, and shop/office/warehouses.

Source: Statistics New Zealand

C.4 工業統計(Industrial Statistics)

紐西蘭統計(Statistics New Zealand)週期性對營業的調查提供了營建業完整之經濟資料，這些資料每年修改一次，資料中含蓋所有 ANZSIC DIVISION E 所指定之工業

表 C-2 為一份調查資料之結果

表 C-2 BUILDING AND CONSTRUCTION :
STATISTIVCAL SUMMARY ANZSIC Division E

Statistical item	1995-95	1995-96	Percentage change
<i>Stocks-</i>	\$ (m)	\$ (m)	
Closing	660.20	799.80	21.10
Opening	550.30	667.10	21.20
<i>Income-</i>			
sales of goods and services	10,156.80	11,417.20	12.40
Interest etc received	46.20	56.00	21.20
Government grants and subsidies	4.20	2.70	-35.7
All other income	52.30	24.90	-52.3
Total sales and other income	10,259.40	11,500.70	12.10
Adjusted for change in stock values	10,369.40	11,633.40	12.20
<i>Operation expenditure-</i>			
Salaries and wages paid to employees	1,508.40	1,629.20	8.00
redundancy and severance	4.70	4.50	-4.3
Salaries and wages to working proprietors (SW to WPs)	476.00	523.10	9.90
Levies paid to ACC	85.60	103.70	21.20
Employer contributions to superannuation schemes	9.80	13.70	39.70
Fringe benefit tax	9.50	9.40	-1
Purchases and other operation expenses	7,052.50	7,828.00	11.00
Interest, bad debts, etc	145.50	174.60	20.00
Indirect taxes (excluding FBT)	43.50	44.80	3.10
Depreciation	230.50	269.50	16.90
All other operation expenditure	25.60	15.20	-40.6
Total operating expenditure	9,586.80	10,611.30	10.70
Net profit before tax, after deducting extraordinaries and SW to W	1,231.90	1,535.50	24.60
Net profit before tax, after deducting SW to WPs	1,258.60	1,545.20	22.80
<i>Fixed tangible assets-</i>			
Purchases of plant, machinery, etc	412.20	481.40	16.80
Purchases of land and land improvements	16.00	38.20	139.30
Purchases of buildings and other construction	37.60	68.20	81.30
Total purchases of fixed tangible assets	465.80	587.80	26.20
Sales of fixed tangible assets	133.40	139.90	4.90
<i>Balance Sheet:</i>			
Shareholders funds, etc	1,914.40	1,962.90	2.50
Current liabilities	2,413.30	2,720.20	12.70
Other liabilities	722.40	1,051.80	45.60
Total capital and liabilities	5,050.10	5,734.90	13.60
Fixed tangible assets	1,765.00	1,983.90	12.40
Current assets	2,833.70	3,278.20	15.70
Other assets	450.90	472.00	4.70
Total assets	5,050.10	5,734.90	13.60
Total income per FTE	\$ 121,459.00	\$ 125,018.00	
Net profit per FTE	\$ 14,584.00	\$ 16,692.00	
<i>Ratios:</i>			
Current ratio	117.40%	120.50%	
Quick ratio	90.10%	91.10%	
Profit margin on sales	12.10%	13.40%	
Return on equity	64.30%	78.20%	
Return on total assets	24.40%	26.80%	
Liabilities structure	37.90%	34.20%	

Source: Statistics New Zealand

統 一 編 號
002244880617