

921 集集大地震 建築物震害調查 初步報告



內政部建築研究所

中華民國八十八年十一月

目 錄

表目錄.....	I
圖目錄.....	III
第一章 緒論.....	1
1.1 調查作業方式及內容.....	1
1.2 地震與災情概述.....	2
1.3 初步調查及統計分析成果.....	3
第二章 依行政區劃分損壞程度.....	7
2.1 全國建築物損壞概況.....	7
2.1.1 全國.....	7
2.1.2 南投縣.....	7
2.1.3 台中縣.....	8
2.1.4 台北縣.....	8
2.2 全國建築物損壞統計分析.....	8
2.2.1 依損壞程度別.....	9
2.2.2 依樓層別.....	9
2.2.3 依構造別.....	10
2.2.4 依建造年代別.....	10
2.2.5 依用途別.....	11
2.2.6 依平面形狀別.....	11
2.2.7 依立面形狀別.....	12
2.3 南投縣建築物損壞統計.....	12
2.3.1 依樓層別.....	12
2.3.2 依構造別.....	13
2.3.3 依建造年代別.....	13
2.3.4 依用途別.....	14
2.3.5 依平面形狀別.....	14
2.3.6 依立面形狀別.....	14
2.3.7 依損壞程度別.....	14
2.4 台中縣建築物損壞統計.....	15
2.4.1 依樓層別.....	15
2.4.2 依構造別.....	16
2.4.3 依建造年代別.....	16

2.4.4	依用途別	17
2.4.5	依平面形狀別	17
2.4.6	依立面形狀別	17
2.4.7	依損壞程度別	18
2.5	台北縣建築物損壞統計	18
2.5.1	依樓層別	19
2.5.2	依構造別	19
2.5.3	依建造年代別	20
2.5.4	依用途別	20
2.5.5	依平面形狀別	21
2.5.6	依立面形狀別	21
2.5.7	依損壞程度別	21
2.6	車籠埔斷層經過之行政區建築物受損情形	22
第三章	依構造類別之建築災害調查統計分析	23
3.1	鋼筋混凝土構造之調查統計分析	23
3.1.1	建築物損害程度之分析	23
3.1.2	依樓層別之建築物損害分析	23
3.1.3	依建造年代別之建築物損害分析	24
3.1.4	依用途別之建築物損害分析	25
3.1.5	依平面形狀別之建築物損害分析	26
3.1.6	依立面形狀別之建築物損害分析	26
3.2	磚造建築物之調查統計分析	26
3.2.1	建築物損害程度之分析	26
3.2.2	依建造年代別之建築物損害分析	27
3.2.3	依用途別之建築物損害分析	27
3.2.4	依平面形狀別之建築物損害分析	28
3.2.5	依立面形狀別之建築物損害分析	28
3.3	土塊厝建築物之調查統計分析	28
3.3.1	建築物損害程度之分析	28
3.3.2	依樓層別之建築物損害分析	29
3.3.3	依建造年代別之建築物損害分析	29
3.3.4	依用途別之建築物損害分析	30
3.3.5	依平面形狀別之建築物損害分析	30
3.4	鋼結構建築之調查統計分析	30
3.4.1	建築物損害程度別之分析	30
3.4.2	依樓層別之建築物損害分析	31

3.4.3	依建造年代別之建築物損害分析	31
3.4.4	依用途別之建築物損害分析	32
3.4.5	依平面形狀別之建築物損害分析	32
3.4.6	依立面形狀別之建築物損害分析	32
3.5	其他構造建築物之調查統計分析	33
3.5.1	鐵皮屋結構調查統計之分析	33
3.5.2	木造結構調查統計之分析	33
第四章	全國受損建築物分佈	35
4.1	全國各行政區受損建築物分佈	35
4.1.1	全國分區之受損建物分佈	35
4.1.2	全國分類受損建物分佈	36
4.2	南投縣受損建物分佈	37
4.2.1	南投縣地形和受損建物分佈關係	38
4.2.2	南投縣行政分區和受損建物分佈	38
4.3	台中縣受損建物分佈	38
4.3.1	台中縣地形和受損建物分佈關係	39
4.3.2	台中縣行政分區和受損建物分佈	39
4.4	車籠埔斷層經過之行政區建築物損害分佈	39
4.4.1	苗栗縣卓蘭鎮	39
4.4.2	台中縣東勢鎮	40
4.4.3	台中縣石岡鄉	40
4.4.4	台中縣豐原市	40
4.4.5	台中市北屯區	40
4.4.6	台中縣太平市	41
4.4.7	台中縣霧峰鄉	41
4.4.8	南投縣草屯鎮	41
4.4.9	南投市	41
4.4.10	南投縣名間鄉	41
4.4.11	南投縣竹山鎮	42
第五章	結論與建議	43
5.1	震害原因探討	43
5.1.1	地震的強度	43
5.1.2	建築物的基地特性	43
5.1.3	建築物的體質	44
5.2	建議	51

附錄一	依行政區域劃分之建築損害照片	145
附錄二	依構造別之建築損害照片	167
附錄三	參與調查人員名錄	173

表目錄

表 1.1	集集大地震建築物震害調查分工表	63
表 1.2	建築物震害調查表	64
表 1.3	建築物受損程度判別基準表	65
表 1.4	集集大地震各主要測站測得之震度及最大地表加速度值	66
表 2.1.1	南投縣建築物損壞統計表	67
表 2.1.2	台北縣建築物損壞統計表	67
表 2.2.1	依樓層別全國建築物損壞統計表	68
表 2.2.2	依構造類別全國建築物損壞統計表	68
表 2.2.3	依建造年代別全國建築物損壞統計表	69
表 2.2.4	依用途別全國建築物損壞統計表	69
表 2.2.5	依平面形狀別全國建築物損壞統計表	70
表 2.2.6	依立面形狀別全國建築物損壞統計表	70
表 2.3.1	依構造類別南投縣建築物損壞統計表	71
表 2.4.1	依構造類別台中縣建築物損壞統計表	71
表 2.5.1	依構造類別台北縣建築物損壞統計表	72
表 2.6.1	車籠埔斷層經過之鄉鎮市建物損壞統計表	72
表 3.1.1	鋼筋混凝土構造依樓層別之損害統計表	73
表 3.1.2	鋼筋混凝土構造依建造年代別之損害統計表	73
表 3.1.3	鋼筋混凝土構造依用途別之損害統計表	74
表 3.1.4	鋼筋混凝土構造依立面形狀別之損害統計表	74
表 3.2.1	磚構造依建造年代別之損害統計表	75
表 3.2.2	磚構造依用途別之損害統計表	75
表 3.5.1	木構造依用途別之損害統計表	76
表 3.5.2	木構造依平面形狀別之損害統計表	76

圖目錄

圖 1.1	集集大地震最大地表加速度等值線圖—東西向.....	77
圖 1.2	集集大地震最大地表加速度等值線圖—南北向.....	78
圖 1.3	集集大地震最大地表加速度等值線圖—垂直向.....	79
圖 1.4	集集大地震後主要餘震分佈圖.....	80
圖 1.5	車籠埔斷層及雙冬斷層與震央位置平面關係圖.....	81
圖 1.6	車籠埔斷層及雙冬斷層與震央位置剖面關係圖.....	81
圖 2.1.1	全國建物損害分佈（百分比與棟數）.....	82
圖 2.1.2	南投縣建物損害分佈（百分比與棟數）.....	82
圖 2.1.3	台中縣建物損害分佈.....	83
圖 2.1.4	台北縣建物損害分佈.....	83
圖 2.2.1	依損壞程度別全國建物損壞統計.....	84
圖 2.2.2	依樓層別區分全國建物損害統計.....	84
圖 2.2.3	依構造類別全國建物損壞統計.....	85
圖 2.2.4	依年代區分全國建物損害統計.....	85
圖 2.2.5	依用途別全國建物損壞統計.....	86
圖 2.2.6	依平面形狀別全國建物損壞統計.....	86
圖 2.2.7	依立面形狀別全國建物損壞統計.....	87
圖 2.3.1	依樓層別南投縣建物損壞統計.....	87
圖 2.3.2	依構造種類南投縣建物損壞統計.....	88
圖 2.3.3	依建造年代南投縣建物損壞統計.....	88
圖 2.3.4	依用途南投縣建物損壞統計.....	89
圖 2.3.5	依平面形狀南投縣建物損壞統計.....	89
圖 2.3.6	依立面形狀南投縣建物損壞統計.....	90
圖 2.3.7	依破壞程度南投縣建物損壞統計.....	90
圖 2.4.1	依樓層別台中縣建物損壞統計.....	91
圖 2.4.2	依構造種類台中縣建物損壞統計.....	91
圖 2.4.3	依建造年代台中縣建物損壞統計.....	92

圖 2.4.4	依用途台中縣建物損壞統計.....	92
圖 2.4.5	依平面形狀台中縣建物損壞統計.....	93
圖 2.4.6	依立面形狀台中縣建物損壞統計.....	93
圖 2.4.7	依破壞程度台中縣建物損壞統計.....	94
圖 2.5.1	依樓層台北縣建物損壞統計.....	95
圖 2.5.2	依構造種類台北縣建物損壞統計.....	95
圖 2.5.3	依建造年代台北縣建物損壞統計.....	96
圖 2.5.4	依用途台北縣建物損壞統計.....	96
圖 2.5.5	依平面形狀台北縣建物損壞統計.....	97
圖 2.5.6	依立面形狀台北縣建物損壞統計.....	97
圖 2.5.7	依破壞程度台北縣建物損壞統計.....	98
圖 2.6.1	車籠埔斷層經過之鄉鎮市建物損害統計.....	99
圖 2.6.2	車籠埔斷層位置.....	100
圖 3.1.1	鋼筋混凝土構造之損壞百分比.....	101
圖 3.1.2	鋼筋混凝土構造依樓層之損害分析.....	101
圖 3.1.3	鋼筋混凝土構造依建造年代之損害分析.....	102
圖 3.1.4	鋼筋混凝土構造依用途之損害分析.....	102
圖 3.1.5	鋼筋混凝土構造依平面形狀之損害分析.....	103
圖 3.1.6	鋼筋混凝土構造依立面形狀之損害分析.....	103
圖 3.2.1	磚構造之損壞百分比.....	104
圖 3.2.2	磚構造依建造年代之損害分析.....	104
圖 3.2.3	磚構造依用途之損害分析.....	105
圖 3.2.4	磚構造依平面形狀之損害分析.....	105
圖 3.2.5	磚構造依立面形狀之損害分析.....	106
圖 3.3.1	土塊厝之損壞百分比.....	106
圖 3.3.2	土塊厝之樓層與損害分析.....	107
圖 3.3.3	土塊厝之建造年代與損害分析.....	107
圖 3.3.4	土塊厝之用途與損害分析.....	108
圖 3.3.5	土塊厝之平面形狀與損害分析.....	109

圖 3.3.6	土塊厝之立面形狀與損害分析.....	109
圖 3.4.1	鋼構造之損壞百分比.....	110
圖 3.4.2	鋼構造之樓層與損害分析.....	110
圖 3.4.3	鋼構造之建造年代與損害分析.....	111
圖 3.4.4	鋼構造之用途與損害分析.....	111
圖 3.4.5	鋼構造之平面形狀與損害分析.....	112
圖 3.4.6	鋼構造之立面形狀與損害分析.....	112
圖 3.5.1	鐵皮屋之損壞程度百分比.....	113
圖 3.5.2	鐵皮屋之建造年代與損害分析.....	113
圖 3.5.3	鐵皮屋之用途與損害分析.....	114
圖 3.5.4	木造建築之損壞程度百分比.....	114
圖 4.1.1	全國各行政區建物受損程度分佈.....	115
圖 4.1.2	北台灣地區建物受損程度分佈.....	116
圖 4.1.3	台北地區建物損壞程度.....	117
圖 4.1.4	中台灣地區建物受損程度分佈.....	118
圖 4.1.5	南台灣地區建物受損程度分佈.....	119
圖 4.1.6	依樓層全國建物損害分佈.....	120
圖 4.1.7	依構造別全國建物損壞分佈.....	121
圖 4.1.8	台北地區各構造種類建物受損狀況.....	122
圖 4.1.9	依建造年代全國建物損壞分佈.....	123
圖 4.1.10	依用途別全國建物損壞分佈.....	124
圖 4.1.11	依形狀種類全國建物損壞分佈.....	125
圖 4.2.1	南投縣地形與建物受損分佈.....	126
圖 4.2.2	南投縣各鄉鎮市建物受損程度分佈.....	127
圖 4.3.1	台中縣地形與建物受損關係.....	128
圖 4.3.2	台中縣各鄉鎮市建物損壞程度分佈.....	129
圖 4.4.1	苗栗縣卓蘭鎮部分建物損害分佈.....	130
圖 4.4.2	東勢鎮部分建物損害分佈.....	131
圖 4.4.3	台中縣石岡鄉部分建物損害分佈.....	132

圖 4.4.4	台中縣豐原市部分建物損害分佈.....	133
圖 4.4.5	台中縣北屯區建物損害分佈.....	134
圖 4.4.6	台中縣太平市與大里市建物損害分佈.....	135
圖 4.4.7	台中縣霧峰鄉部分建物損害分佈.....	136
圖 4.4.8	南投縣草屯鎮部分建物損害分佈.....	137
圖 4.4.9	南投市建物損害分佈.....	138
圖 4.4.10	南投縣名間鄉建物損害分佈.....	139
圖 4.4.11	南投縣竹山鎮部分區域建築物損害分佈.....	140

第一章 緒論

民國 88 年 9 月 21 日凌晨 1 時 47 分於台灣中部地區發生芮氏規模 7.3 的強烈地震「921 集集大地震」，在中部及北部地區造成嚴重的災情，不僅因為道路、橋樑破壞，致使眾多民眾需等待外界的救援外，更因為數以萬計的房屋毀損、倒塌，奪走了二千多個寶貴的生命。在國際及民間救難隊伍展開救援行動之時，內政部建築研究所與國家地震工程研究中心隨即規劃災區建築物之震害調查，除供作探討建築物毀損情形及因素外，並將做為日後重新檢視台灣居住環境與建築工程品質的重要參據，以確保民眾生命財產安全。

1.1 調查作業方式及內容

內政部建築研究所於集集大地震發生後，隨即派員並會同專家學者趕赴各災區勘查，且即刻籌劃建築物震害調查作業，同時配合行政院國科會國家地震工程研究中心之分工，負責建築物震災調查組之分組工作，期望能經由普查方式，瞭解此次震災中建築物之損壞情形、特性、數量及分佈概況，做為建築防震對策與相關法規制度之後續研究與探討使用。

本項普查作業係依據災區分佈及建築物毀損之初步統計數量等資訊，以鄉鎮市為單位，將調查區域劃分為 18 個分區，邀集中央大學、中原大學、中華技術學院、中興大學、台北科技大學、台灣大學、台灣科技大學、

成功大學、交通大學、高雄第一科技大學、逢甲大學、雲林科技大學及朝陽科技大學(依筆劃順序)等國內 13 所大專院校參與調查工作(如表 1.1)，並與專家學者共同研議確定本次主要調查內容，將調查項目分為基本資料、損害資料及軟弱層破壞描述等三部份(調查表格式如表 1.2)；而受調查之建築物以「棟」為單位，因此獨棟、連棟或集合住宅之公寓大廈等，皆只列為一筆調查資料。另一方面，為使調查人員對建物損壞程度之判斷有一致性，因此訂定建築物受損程度判別基準(如表 1.3)，同時決定將調查重點界定在受輕度破壞以上之建築物。作業方式為一張調查表填列一筆調查資料，並配合拍攝三至四張相片解說，同時於地圖上標示建築物所在位置。各校於民國 88 年 9 月底展開現地調查工作，總計動員師生千餘人次，完成蒐集之受損建築物資料共計 8733 棟(筆)。各校隨後為配合統計分析應用，將蒐集所得之資料建置為電子資料；又為瞭解震災建築物之分佈情況，配合國家地震中心作業，將蒐集所得之建築物位置建置成 1/5000 比例之地理資訊系統資料，使調查紀錄與地理資訊整合，而達到有效分工與迅速處理大批調查資料之目的。

1.2 地震與災情概述

依據中央氣象局地震測報中心發佈之第 043 號有感地震報告之修訂版指出，921 集集大地震震央位置為北緯 23.85° ，東經 120.81° ，在日月潭西南方約 12.5 公里處，即南投縣集集鎮附近，震源深度約 8.0 公里，地震

規模達 7.3；由各測站收錄之最大地表加速度，分別依東西向、南北向及垂直向繪製而成之等值線示於圖 1.1 至圖 1.3，而主要測站測得之震度及最大地表加速度值如表 1.4 所示；由地表加速度歷時紀錄，經過頻譜分析後顯示，本次主震週期約為 0.2 秒至 1.0 秒之間。主震發生後之有感餘震共萬餘次，且分別於 9 月 21 日 2 時 16 分、9 月 22 日 8 時 14 分及 9 月 26 日 7 時 52 分發生芮氏規模達 6.8 之餘震，各主要餘震之分佈情形如圖 1.4 所示。

本次地震主要為車籠埔斷層帶錯動所引發之淺層地震(詳圖 1.5 及圖 1.6)，因屬逆衝斷層型態，使斷層東側地區之地震力額外激烈，並使震央附近之南投縣及台中縣市等地區造成嚴重的災情，部份地區亦因而發生土壤液化現象；而位於台灣北端的台北縣市，在這次地震中亦無法倖免，部份大樓於地震中倒塌損壞，造成嚴重之生命財產損失。依據內政部消防署統計資料指出，死亡人數總計達二千餘人，同時有八千餘人受傷，而全倒與半倒房屋亦達萬餘棟，許多民眾於驚嚇之餘，紛紛逃離住屋，只能另擇空曠處所，搭建臨時棚架暫時棲身。

1.3 初步調查及統計分析成果

本次普查所蒐集之受損建築物資料共計 8773 棟(筆)，除以鄉鎮市(或村里)為單位，將原始調查資料及附屬相片分別整理成冊外，各分組依照本所開發之程式，將調查資料逐筆建置成電腦資料庫，同時依據國家地震中

心提供之 1/5000 電子地圖，將建築物位址點繪成地理資訊系統。在資料庫建置完成後，本所即分別依照行政區域別、樓層別、構造別、建造年代別、用途別、平面形狀別及立面形狀別等，進行建築物震害單項統計分析與交叉分析，並可於電子地圖上，依照損毀建築物之構造別及損壞程度等，瞭解其分佈情形及其與斷層帶之關係。然而調查過程中，由於建造年代需以訪談方式得知、平面尺寸多以目測或步測獲得、部份建築物因倒塌或已拆除等因素，致使部份調查表內之多項資料無法完全填列，因此供做各項統計分析的有效樣本數會有差異存在。

依樓層及構造別之統計結果顯示，三層樓以下之建築物受損情況嚴重，約佔總調查筆數之 80%，在扣除土塊厝、木造及磚造等老式建築後，其比重仍有約 40%，顯示國內長久以來，低矮建築物之基地調查及結構設計較常被一般人忽視，因而導致其耐震能力不足。若由建造年代之統計結果則發現，民國 63 年以前完工之建築物，在本次地震中損毀者佔有效樣本數之 42%，當時國內尚無耐震設計規定；63 年以後，國內已陸續修訂耐震設計規定，然而損毀建物比例在 64 至 71 年間佔 24%，72 至 86 年間佔 28%，86 年以後佔 6%，除部份歸咎於本次地震最大地表加速度高於當時之規範外，對於結構體之耐震設計、監造及施工等規定是否確實執行，起造人、設計、監造及施工者應予深切警惕，亦為日後建築技術及管理制度應予痛下針砭之處。此外，從建築震害分布圖之觀察發現，大部分受損建

築物分布在車籠埔及雙冬斷層兩側各約六公里範圍內，至於離該斷層較遠且受損嚴重之埔里、員林及台北地區，可能肇因於盆地效應或土壤液化所致，應可做進一步之探討。

在個別建物的調查過程中發現，除土塊厝、木造及磚造等老式建築，因早期耐震設計技術與規範不足而嚴重毀損、倒塌以外，眾多含騎樓之加強磚造及低樓層 RC 建築物，在此次地震中，因單向耐震能力不足而側傾、倒塌損壞，未來設計者在設計類似建築構造時應特別留意。另外，新近完工之建築物，尤其是具底層挑高高層建築，其損壞狀況更突顯出國內耐震系統設計之缺陷及監造、施工品質不良等現況；然而在設計監造費用及工程預算普遍偏低，以及營造廠低價搶標的情形下，國內工程之品質倍受考驗。日後如何能扭轉此一頹勢，化危機為轉機，並進一步確保國人居住之安全，應是當今政府與民間業者共同努力的方向。

第二章 依行政區劃分損壞程度

2.1 全國建築物損壞概況

921 集集大地震後，政府及各相關民間單位均投入大量人力從事救援調查與重建的工作，本次災後調查工作目前已有 8773 筆建築物損害資料，所調查的資料雖以筆數統計，但每筆資料可能為獨棟建築物或是一個範圍包括整批相鄰數棟建築物，因此實際受損建築物所牽涉之總戶口數量，相信已經過這個數字。以下將依全國及南投縣、台中縣、台北縣等分區概略說明建築物損壞調查結果，相關照片請參考附錄一。

2.1.1 全國

本次震災以南投縣災情最為嚴重，由圖 2.1.1 可知，其受損建築物超過 4500 棟，佔全國受損建築物的 53%，其次為台中縣受損建築物超過 2800 棟，佔全國 32%，此外，台北縣及苗栗縣建築物損壞數也各超過了 300 棟，以下將對災情較嚴重的南投縣及台中縣做進一步的資料統計，另外台北縣情況較特殊也有更進一步的資料統計結果。

2.1.2 南投縣

本次地震震央在集集附近，南投縣首當其衝，地震後的調查顯示南投縣是所有行政區中建築物受損最嚴重的區域，其中南投市有 900 多棟建築物受損，而草屯鎮及中寮鄉也各有超過 800 棟的建築物受到震害損傷，詳

細資料如圖 2.1.2 及表 2.1.1 所示，而南投縣內車籠埔斷層或其附近的城市，如草屯鎮、南投市、名間鄉及竹山鎮，均屬於災情較嚴重的區域，其建築物破壞程度較大大致上與緊鄰斷層所在位置有關。

2.1.3 台中縣

台中縣緊鄰南投縣，再加上台中縣居住人口密集，震害所造成的災情也相當嚴重，其中以東勢鎮、石岡鄉、豐原市、新社鄉最為嚴重，四個鄉鎮市的建築物損壞數量約佔全縣之 85%，其東勢鎮與石岡鄉建築物損壞數量合計更超過全縣的 50%，詳細資料如圖 2.1.3 所示。

2.1.4 台北縣

台北地區因盆地效應，在耐震設計規範中是屬於較特別的區域，其設計地震力之計算有別於其他行政區，921 地震震央在南投縣集集鎮附近，若單就距離而言，台北縣應該不至於有太多的建築物受損，然而由震後的調查結果顯示，台北縣不但災情慘重，且嚴重的程度僅次於鄰近震央的行政區，台北縣的建築物損壞以新莊市與中和市最多合計超過全台北縣 50%，如圖 2.1.4 及表 2.1.2 所示。

2.2 全國建築物損壞統計分析

以下將依建築物損壞調查基本資料，進一步提供調查結果，可分為 (1) 依損壞程度別、(2) 依樓層別、(3) 依構造別、(4) 依建造年代別、(5)

依用途別、(6) 依平面形狀別、(7) 依立面形狀別，七種不同分類方式，以期提供全國建築物損壞調查的概略結果。需注意在本報告完成前，調查資料中可能仍有些微誤差，但相信這些誤差比例不大且目前正在積極修正中。

2.2.1 依損壞程度別

在調查中，損壞程度共可分為五種大小不同等級，依嚴重性排列依次為 1.整體或部分塌陷、2.整體或部分傾斜、3.嚴重破壞、4.中度破壞、5.輕度破壞，其中 1.2.項屬於完全毀壞。

全國各行政區震害損壞程度如圖 2.2.1 所示，以南投縣最嚴重，南投縣是以塌陷居多，其次是嚴重破壞，損壞程度第二嚴重的台中縣也是以塌陷居多，其他災情較嚴重的行政區，如台北縣、苗栗縣則以輕度破壞居多，整體而言全國建築物損壞程度以塌陷最多，嚴重破壞居次，主要由南投縣與台中縣建築物損壞佔大多數，主導全國損壞程度趨勢。

2.2.2 依樓層別

調查結果以 1 至 3、4 至 6、7 至 11、12 至 14 樓區分 15 樓以上不再區別，依樓層區分全國建築物損壞統計，如圖 2.2.2 所示，在 921 地震中以 1 至 3 層樓之建築物損壞最多，約佔所有損壞建築物中之 85%，其中包含大量土塊厝及磚造屋，除台北縣與台北市是以 4 至 6 層的建築物損壞居多外，其餘各行政區皆以 1 至 3 層樓之建築物損壞居多，詳細資料如表 2.2.1 所

列。

2.2.3 依構造別

國內目前之建築物構造類別以 RC（鋼筋混凝土）最多，在本次大地震後的調查中，顯示出在全國損壞建築物當中亦以 RC 構造類別為最多，但依據統計資料不能妄下定論說 RC 構造之建築物耐震能力不佳，事實上設計良好的 RC 建築物會有很好的韌性與耐震能力，在受過這次震災的嚴厲考驗後，結構安全的 RC 建築物仍佔多數，歸納起來，RC 構造的普及是造成該種構造損壞數量龐大的原因之一，而受損建築物中數量僅次於 RC 的構造為磚造，土塊厝居第三，如圖 2.2.3 所示。磚造屋及土塊厝的損壞集中在南投縣及台中縣，其中土塊厝在農村地區是頗為普遍的舊式建築種類，其建造未經過結構工程設計可能是造成大量損壞的原因之一，全國各構造類別建築物損壞詳細數據如表 2.2.2 所列。

2.2.4 依建造年代別

國內建築耐震設計之規定，於民國 63 年以後才正式規定於建築技術規則中，之後在民國 71 年曾做過大幅修正，民國 78 年亦曾做過小幅度修改，直到民國 86 年才又有大幅度的變動，所以建築物損壞調查結果將依這幾個重要的年份劃分，依建造年代區分全國建築物在震災中受損情形，對於未來規範的修訂方向可有明顯的意義。由圖 2.2.4 及表 2.2.3 中可看出，雖然全國損壞建築物數量是隨建造年代遞減，即較新的建築物損壞情形較

少，但由統計表中顯示出，除南投與台中等建築物損壞情況較嚴重之行政區按照趨勢變化，其餘有些縣市如台北縣在民國 72 至 78 年建造的建築物損壞數量反而比民國 79 年後的建築物損害情形少，這可能是與該地區在 79 年以後的建築興建總量遽增有關，但這個問題也值得相關單位與專家學者審慎的思考以追查出真正的原因。

2.2.5 依用途別

全國建築物當中住宅佔了 70% 以上，在全國損壞建築物中其數量也超過其他用途別的建築物，由圖 2.2.5 及表 2.2.4 可知損壞建築物中以住宅與住商混合用途之損壞數量最多，而南投縣的醫院、學校、政府機關等較重要之建築物，可能由於有斷層明顯經過的原因，相較於其他行政區其受損情形相對的較為嚴重。

2.2.6 依平面形狀別

平面形狀是可用以判斷建築物是否為平面規則結構的方法之一。在災後的調查中，因為考慮調查人員的安全，僅能以外觀的形狀做資料的統計，調查資料中顯示損壞建築物中平面形狀以矩形損壞最多，在損壞建築物當中佔了約 80%，其次為 U 形與 L 形（詳細資料參考圖 2.2.6 及表 2.2.5），其他平面形狀的建築物損壞情形，相對而言數量較少，平面矩形的建築物在全國建築物的比例中佔大多數，相對的其損壞數量也比其他不同平面形狀的建築物來的多。

2.2.7 依立面形狀別

立面形狀是判斷建築物是否為立面規則結構的方式之一，在災後調查中，依有騎樓、底層挑高、二樓以上懸臂、二樓以上退縮等類別分別統計，由圖 2.2.7 及表 2.2.6 所示全國損壞之建築物中，立面形狀以有騎樓之建築物數量最多，若不計其他立面形狀的受損建築物，南投縣與台北市是以有騎樓最多其次為二樓以上懸臂及底層挑高的建築物，台中縣與台北市是以有騎樓情形為最多其次為底層挑高及二樓以上懸臂的建築物。

2.3 南投縣建築物損壞統計

南投縣是本次 921 大地震中，建築物損壞最多的地區。經過初步的調查，其損壞棟數高達 4000 棟以上，尤其以南投市、中寮鄉、草屯鎮等地最為嚴重。為了明瞭其破壞的原因，本章節將分別針對建築物的樓層別、構造種類、建造年代、用途、平面形狀、立面形狀和破壞程度等項目，比較各鄉鎮市建築物之受損情況。

2.3.1 依樓層別

如圖 2.3.1 所示，南投市是整個南投縣中建築物破壞最多的地區。其中，1-3 樓高的建築物損壞最多，而 4-6 樓高的建築物損壞數量居次。但是從南投縣實際的建築物分佈情況來分析，可以發現南投縣大多數的建築物多是 1-3 樓，所以其破壞數量自然最多。在 4-6 樓的建築物中，南投市、

埔里鎮及草屯鎮破壞最多，這可能也是和其都市發展程度較高，較高層建築物較多的情形有關。

2.3.2 依構造別

本次地震中，各種構造種類的建築物皆有破壞。如表 2.3.1 所示，在整個南投縣地區，RC（鋼筋混凝土）建築物的破壞數量是最多的，其次是磚造建築物，而調查到的土塊厝受損數量亦超過 500 棟。圖 2.3.2 也可看出，南投市、草屯鎮、埔里鎮的 RC 建物受損數量佔了其破壞總數之半以上；中寮鄉、名間鄉等地區則以磚造建築物受損最嚴重；而集集鎮和國姓鄉等地區則以土塊厝受損最為嚴重。另外，木造的房屋雖然在南投縣受損數量較少，但在鹿谷鄉、中寮鄉、竹山鎮卻造成了不少的破壞。

2.3.3 依建造年代別

南投縣在這次地震中受損的建築物大多是較老舊的建物，尤其以民國 63 年以前興建的最多，而民國 70 年以前興建的建物則佔了總損壞數量的六成。若由圖 2.3.3 觀察各鄉鎮市的受損情況分佈，可發現皆是越新的建築物受損數目越少，但埔里鎮卻是以民國 64-71 年的建築物受損最為嚴重，而非民國 63 年以前者；而草屯鎮於民國 79-86 年間興建之建築物受損情形也較民國 72-78 年者嚴重，這都是值得研究的問題。

2.3.4 依用途別

若按照用途來分類，可以從圖 2.3.4 看出，住宅用建築物的破壞數量最多，其次是住商混合和商業用途的建物。在政府機關中，以南投市受損最嚴重；在學校建築方面，以草屯鎮、埔里鎮、國姓鄉受損數量最多；而在商店方面，則以竹山鎮損壞最為嚴重。

2.3.5 依平面形狀別

由圖 2.3.5 可以發現，平面形狀為矩形的建築物佔南投地區總受損建築物數量的九成，其次是ㄇ形和 L 形。受損最為嚴重的南投市和草屯鎮皆是以矩形最多，ㄇ形居次，但在埔里鎮和國姓鄉卻是 L 形多於ㄇ形建物。由此看來，平面形狀和建築物受震反應的關係，可能是未來值得研究的課題。

2.3.6 依立面形狀別

從立面形狀的關係來看，有騎樓是這次南投地區大部分受損建築物普遍的共同點。從圖 2.3.6 可以看出，各種立面形狀中，以有騎樓、二樓以上懸臂的建築物損壞最多；當然，不屬於調查項目中的其他立面形狀建物，受損亦是相當嚴重，佔有一定比例。

2.3.7 依破壞程度別

本調查主要是針對一定程度破壞的建築物進行分析，太過輕微的破壞

情況並不在本研究的範圍。故本研究的輕度破壞，是指柱、剪力牆、RC 次要牆有出現輕微損傷、裂縫。如圖 2.3.7 所示，在南投縣的受損房屋中，以整體塌陷者居多，其次是嚴重破壞和中度破壞。在受害建築物最多的南投市，以受輕微破壞者最多；而中寮鄉、埔里鎮、集集鎮和草屯鎮則是以整體塌陷者最多。

由這次的調查發現，南投縣的損壞程度、破壞建築物數量都是全國最多、最嚴重的。由我們以上的比較分析可以歸納出一些結構物破壞的共同特性，相信這些資訊都會是未來作深入研究的重要基礎。

2.4 台中縣建築物損壞統計

台中縣是本次 921 集集大地震中，建築物損壞次多的地區。經過初步的調查，其損壞棟數約有 3000 棟，尤其以東勢鎮、石岡鄉、豐原市和新社鄉等地最為嚴重。為了明瞭其破壞的原因，本章節將分別針對建築物的樓層別、構造種類、建造年代、用途、平面形狀、立面形狀和破壞程度等項目，比較台中縣各鄉鎮市建築物之受損情況。

2.4.1 依樓層別

如圖 2.4.1 所示，東勢鎮是整個台中縣建物受震破壞最多的地區，其中，1-3 樓的建築物損壞最多，佔了八成以上，而 4-6 樓的建築物損壞數量亦超過 100 棟；在石岡鄉、新社鄉等地，則幾乎都是 1-3 樓的低矮樓房

受到震害；而在都市化程度較高的大里市、豐原市，則有許多 7 樓以上的中高層樓房受損害。

2.4.2 依構造種類別

本次地震中，各種構造種類的建築物皆有破壞。如表 2.4.1 所示，在整個台中縣地區，RC（鋼筋混凝土）建築物的破壞數量是最多的，其次是磚造建築物，而土塊厝的受損數量亦佔相當大的比例，這樣的情形和鄰近的南投縣極為類似。圖 2.4.2 也可看出，豐原市、霧峰鄉、大里市的 RC 建物受損數量佔了其破壞總數之一半以上；石岡鄉、東勢鎮的磚造建築物和 RC 建築物受損情形都很嚴重；而新社鄉等地則以土塊厝受損最為嚴重。此外，石岡鄉的木造房屋和豐原市的鋼造結構物亦有破壞的情況發生。

2.4.3 依建造年代別

台中縣在這次地震中受損的建築物大多是較老舊的建物，尤其以民國 63 年以前興建的最多。若由圖 2.4.3 觀察各鄉鎮市的受損情況分佈，可發現皆是越新的建築物受損數目越少，但太平市、豐原市、霧峰鄉卻是以民國 64-71 年興建的建築物受損最為嚴重，而非民國 63 年以前者；而大里市於民國 79-86 年間興建之建築物受損情形也較民國 72-78 年者嚴重，這些和整體趨勢不同的現象，都是未來值得研究的問題。

2.4.4 依用途別

若按照用途來分類，可以從圖 2.4.4 看出，住宅用建築物的破壞數量最多，其次是住商混合、學校和工廠用途的建物，這點和南投地區有很大的不同。在政府機關方面，以豐原市受損最嚴重；在學校建築方面，以東勢鎮、霧峰鄉、大里市受損數量最多；而在商店方面，則以東勢鎮和石岡鄉損壞最為嚴重。值得注意的是，在南投和台中縣其它地區損壞不多的工業用建築物，在豐原市卻造成了很大的損壞，佔該市總損壞建物之 9%。

2.4.5 依平面形狀別

由圖 2.4.5 可以發現，平面形狀為矩形的建築物佔台中地區總受損建築物數量的大多數，其次是ㄇ形和 L 形。受損最為嚴重的東勢鎮、豐原市和石岡鄉皆是以矩形最多，ㄇ形居次。但是要特別說明的是，在全國的建築物中，矩形平面的建物本來就佔了大多數，因此破壞量自然最多。有關平面形狀和建築物是否耐震的關聯性，需要再做進一步的分析探討。

2.4.6 依立面形狀別

從立面形狀的關係來看，各種形狀的建築物都有受損的情況發生。從圖 2.4.6 可以看出，各種立面形狀中，以不屬於調查項目中的其他形狀和有騎樓的建築物損壞最多。這個結果和南投縣幾乎都是有騎樓的建築物受損的情形相異，值得繼續研究。若從各鄉鎮市來分類，可以發現東勢鎮、霧峰鄉、大里市還是以有騎樓的建物損壞較多；而石岡鄉則以其他形式的

立面形狀建物受損較嚴重。

2.4.7 依破壞程度別

本調查主要是針對一定程度破壞的建築物進行分析，太過輕微的破壞情況並不在本研究的範圍。故本研究的輕度破壞，是指柱、剪力牆、RC次要牆有出現輕微損傷、裂縫。如圖 2.4.7 所示，在台中縣的受損房屋中，以整體塌陷者居多，其次是嚴重破壞和中度破壞。台中縣受震害較嚴重的各鄉鎮市也幾乎都是以整體塌陷為主，有一半以上的受損建物都至少是嚴重破壞；只有豐原市，約有一半的受損建物只是輕微或中度破壞。

由這次的調查發現，台中縣的損壞程度、破壞建築物數量在全國各行政區中，可以說是非常嚴重的。由我們以上的比較分析可以發現一些結構物破壞的共同特性，但顯然有一些和南投地區的情況不同，這可能都是未來要繼續研究的。

2.5 台北縣建築物損壞統計

這次的 921 集集大地震規模極大，釋放之能量也很多，但由於震源位在中部，中部地區之震度較大，建物損壞也較嚴重。在台灣的北部和南部，建築物受損的情況大多屬輕微破壞；但遠在北端的台北市和台北縣的情況卻不是這樣。台北地區的建築物受損數量非常多，不少於中部的苗栗、雲林。這樣子的結果，除了是因為台北地區地質、地形的特殊性，施工品質、

結構特性可能也都有影響。基於客觀說明的原則，在這個章節中，我們先不作下結論，只針對實際調查的結果作一番說明。

經過初步的調查，台北縣建築物（不含台北市）損壞程度在輕微以上者，數量約有 300 棟以上，尤其以新莊市和中和市等地最為嚴重。為了明瞭其破壞的原因，本章節將分別針對建築物的樓層別、構造種類、建造年代、用途、平面形狀、立面形狀和破壞程度等項目，比較台北縣各鄉鎮市建築物之受損情況。

2.5.1 依樓層別

由於台北縣是都會區，都市化程度較高，普遍來說，建築物的高度也較南投、台中地區高。如圖 2.5.1 所示，台北縣建築物受損最多的並非 1-3 樓的建物，而是 4-6 樓的建物，其次是 1-3 樓、15 樓以上的建物。新莊市是這次台北縣受震害最嚴重的地區，按照初步調查的結果，其損壞的房屋竟然高達 100 棟以上；若再分析樓層數的影響，可以發現 4-6 層樓的房屋受損最多，12-14 樓者居次，15 樓以上者亦有 20 棟。受損也很嚴重的中和市，則以 1-3 樓和 12 樓以上的建物佔最多。由這麼多高樓損壞的情況看來，這些高層大樓的耐震效果顯然不如預期，需要進一步研究。

2.5.2 依構造種類別

本次地震中，各種構造種類的建築物皆有破壞，但在台北縣各鄉鎮市，這次的調查卻幾乎沒有木造、磚造、土塊厝的建築物受損，這可能是因為

這幾類構造在台北縣本來就不多。另一方面，鋼構造建築物、SRC（鋼骨鋼筋混凝土）建築、鐵皮屋亦幾乎沒有發現有損壞情況。如表 2.5.1 所示，在整個台北縣地區，RC（鋼筋混凝土）建築物的破壞數量是最多的，尤其是新莊市更調查到了近 100 棟的 RC 房屋受損。各鄉鎮市詳細的破壞情況，可以見圖 2.5.2。

2.5.3 依建造年代別

台北縣在這次地震中受損的建築物並非皆是較老舊的建物，反倒是以民國 79-86 年間興建的最多。若由圖 2.5.3 觀察各鄉鎮市的受損情況分佈，可發現新的建築物受損數目比舊的建築物多。在人口最多的板橋市中，雖然建物受損不是很嚴重，但卻都集中在民國 86 年以後興建者，也就是說，板橋市主要受損的房屋幾乎都是完工不到 4 年的新屋。這樣子的結果和現代工程技術進步、新建築規範實施等趨勢，似乎背道而馳。

2.5.4 依用途別

若按照用途來分類，可以從圖 2.5.4 看出，住宅用建築物的破壞數量最多，其次是住商混合的建物。在震災最嚴重的新莊市，工廠破壞的數量亦不少，而中和市也有工廠損壞；至於政府機關、歷史性建築物等種類，在北縣幾乎都沒有較嚴重的損壞情況發生。

2.5.5 依平面形狀別

由圖 2.5.5 可以發現，平面形狀為矩形的建築物佔台北地區總受損建築物數量的大多數，其次是冂形和 L 形。受損最為嚴重的新莊市亦是以矩形最多，冂形居次。在中和市，L 形建築物的破壞棟數卻是略多於冂形。由此看來，有關平面形狀和建築物是否耐震的關聯性，有必要再做進一步的分析探討。

2.5.6 依立面形狀別

從立面形狀的關係來看，各種形狀的建築物都有受損的情況發生。從圖 2.5.6 可以看出，各種立面形狀中，以有騎樓的建築物損壞最多。這個結果和南投縣幾乎都是有騎樓的建築物受損的情形相同，而和台中縣以其他形狀建物破壞為主不同，值得繼續研究。若從各鄉鎮市來分類，可以發現新莊市、中和市、板橋市和三重市都是以有騎樓的建物損壞較多；而新莊市、中和市也有許多底層挑高的建物受損。

2.5.7 依損壞程度別

本調查主要是針對一定程度破壞的建築物進行分析，太過輕微的破壞情況並不在本研究的範圍。故本研究的輕度破壞，是指柱、剪力牆、RC 次要牆有出現輕微損傷、裂縫。在南投縣和台中縣的受損房屋中，以整體塌陷者居多，其次是嚴重破壞和中度破壞。如圖 2.5.7 所示，在台北縣受震害較嚴重的各鄉鎮市幾乎都是以輕度破壞為主為主，但是新莊市中度破

壞以上的房屋卻也佔了受損建物的 25%，受害情況遠較其他鄉鎮市嚴重許多。

由這次的調查發現，台北縣的損壞程度、破壞建築物數量在全國各行政區中，也可以說是很嚴重的。尤其和中部其他災區縣市相比，台北縣都會發展程度較高，其樓房建築形式也有所不同，因此破壞情況格外值得注意。希望能藉由這些調查的資料，來作比較分析，以供未來國內其他建築設計施工的參考。

2.6 車籠埔斷層經過之行政區建築物受損情形

本次 921 集集大地震是由車籠埔斷層所引起，因此震災後的調查資料特別將車籠埔斷層經過的各鄉鎮市損壞情況列出，以利於比較。車籠埔斷層經過的範圍廣大，向南延伸至觸口斷層，在地震後的地質調查顯示，地震後地表有明顯地層滑動區域包括苗栗縣、台中縣、台中市及南投縣，共 12 個鄉鎮市，這些鄉鎮市為卓蘭鎮、東勢鎮、石岡鄉、豐原市、潭子鄉、北屯區、太平市、霧峰鄉、草屯鎮、南投市、名間鄉及竹山鎮，詳細建築物損壞統計如圖 2.6.1 及表 2.6.1 所示，顯出災情極為慘重，這些區域建築物損壞數量為 5088 棟，約佔總調查數量的 58%，比較值得注意的是卓蘭鎮、石岡鄉及東勢鎮，在震災前的有限斷層資料中並無明顯斷層經過，地震後斷層明顯經過這三個鄉鎮市(如圖 2.6.2 所示)。

第三章 依構造類別之建築災害調查統計分析

以下將對各種構造類別進行詳細的統計分析，而其相關照片可參閱附錄二。

3.1 鋼筋混凝土構造之調查統計分析

3.1.1 建築物損害程度之分析

在當今的建築中，鋼筋混凝土的結構是一種很常被利用的元素。而就台灣而言，以鋼筋混凝土為主體之結構，伴隨著現代化的腳步，在所有的建築物中已佔了絕大的比重，但由這次九二一集集大震所造成的影響，可以發現有許多的鋼筋混凝土所構成的建築物遭到損毀，總計遭到破壞的數量，達四千三百二十五棟。

而由圖 3.1.1 中，我們可以看出整體或部分塌陷佔全部的百分之十五，整體或部分傾斜佔百分之十，嚴重破壞達百分之二十三，因此在鋼筋混凝土建物中達嚴重破壞以上竟佔全部的百分之四十八。這個結果是令人吃驚的，所以我們有必要對此做詳細的統計調查來明瞭各個層面對鋼筋混凝土建築物損壞的影響。

3.1.2 依樓層別之建築物損害分析

在這次的集集大震受損最嚴重的地區為南投、台中地區，而低矮的房

屋在此地區分佈極廣，大部分是屬於是住宅用的透天厝，因此樓層數低的鋼筋混凝土建築在這次地震破損的很多。

根據樓層別之統計分析(見表 3.1.1)顯示，一到三層的建築物破壞佔的比例最高，達到全部破壞的四分之三，且遭嚴重破壞以上程度的建築物佔其中的百分之五十二，可謂破壞得極為嚴重。由圖 3.1.3 中顯示其破壞的數量依樓層逐次遞減，四到六樓的比例佔百分之十七，其他樓層佔的比例極微。雖然高層建築佔的比例甚小，但其每一棟卻影響了數十戶居民的安全，而由調查結果可以看出，十二樓以上的建物約有兩百餘棟損壞，對這種經過工程設計的建築物卻沒有想像中的耐震，是值得注意的地方。

3.1.3 依建造年代別之建築物損害分析

為了明瞭建築物的建造年代之遠近，對建築物損壞的影響，以下我們將對此項變因進行統計分析。但為了使統計更具其意義與價值，因此利用新舊各種不同規範實施的日期時程（六十三年以前、六十四至七十一年、七十二至七十八年、七十九至八十六年、八十六年以後五個時期）作為分類的依據，以明瞭其新舊規範對建物造成之影響。

在建造年代與損害程度之統計分析圖表（見圖 3.1.3 與表 3.1.2）中，可以看到民國六十三年前所建造的破壞的很少，這可能是在民國六十三年前興建的鋼筋混凝土的建物本來就較少。但六十四年到七十一年興建的建築物破壞的最多，佔了百分之三十，而隨著建造年代愈靠近現代，所造成

的損壞愈少，八十六年以後興建的建物只佔了百分之九點六，可見建築規範的演進的確對結構的抗震能力有正面的影響。但值得一提的是，七十九年到八十六年建物的損壞並沒有按照此一趨勢降低，而有突然增高的情形產生。

3.1.4 依用途別之建築物損害分析

就台灣之建築物使用目的而言，其中大部分均是用做為住宅的用途。另外，商店和住商混合的情形也佔了一定之比例。而做為其他用途諸如歷史建築、醫院、辦公室等就相對少很多。

由圖 3.1.4 及表 3.1.3 中可知住宅破壞佔的比例最高，達百分之六十五，主要是因為在災區中大部分的建築物是住宅，所以破壞佔的比例很高，不一定表示住宅比較脆弱。而在被破壞的住宅中，其中竟有百分之五十達到嚴重損害以上的程度，對民眾生活影響至為巨大。在破壞中佔第二位的是所謂的住商混合的建築物，佔了五分之一強。此外，就數量而言，商店用途的建物比學校多，但在這次地震的威脅下，由統計圖表得知，學校佔統計破壞總量大小的數量超過作為商店用途之數量，可見學校損壞之嚴重，若從其損壞情形來看，嚴重破壞以上程度者竟佔其總破壞之百分之六十以上，實在是非常驚人。再來，諸如工廠、辦公室、醫院、歷史建築等用途之建築物數量上本來就較少，其損害均無如此嚴重。

3.1.5 依平面形狀別之建築物損害分析

在現存的鋼筋混凝土構造中最常見的平面形狀是矩形，不但因其施工容易，且因其規則形狀能有較高之抗震能力。當然為了某些目的，可能也建成某些形狀如十形、門形、H形等。

由圖 3.1.5 顯示矩形破壞最多，佔全部破壞的百分之九十以上，達三千七百四十五棟，但這並不表示矩形的建築效果較差，而是本來大部分的建築物均屬於矩形建物，可能需從另一方面去對損壞程度作分析才可。

3.1.6 依立面形狀別之建築物損害分析

在台灣的建築環境下，因為陰雨的緣故，所以有騎樓的建築特別多，而成了地方的一大特色。而在此次地震中，可以看到很多有騎樓的鋼筋混凝土的建築物受到程度不一的損害。

由統計數字來看（見圖 3.1.6），有騎樓的建築物所佔總破壞的比例高達百分之八十四，達兩千棟以上。而在有騎樓的建物中（見表 3.1.4），其損害達嚴重破壞程度以上者佔損害的百分之四十五，幾佔一半以上的數量。其他立面損害佔的總比例均較少，諸如底層挑高僅佔百分之七，二樓以上懸臂僅佔百分之六，二樓挑高僅佔百分之一點五等。

3.2 磚造建築物之調查統計分析

3.2.1 建築物損害程度之分析

在台灣尚處於農業社會之時，因為製磚之材料取得容易，兼其價格便宜，所以磚造建築在台灣之早期建築佔了很大的一部份。而這次的集集地震中因磚構造建築之耐震性不佳，遭到極大的損壞，總計遭到破壞的數量，達二千零一四棟，僅次於鋼筋混凝土構造之損壞。

而由磚造建築之損害分析圖（見圖 3.2.1）中得知，整體或部分塌陷佔全部的百分之三十八，整體或部分傾斜佔百分之七，嚴重破壞達百分之二十五，因此在磚造建物中達嚴重破壞程度以上者佔全部損害之百分之七十以上，其數量達到一千四百二十八棟。我們可以說是這次地震的發生將磚造結構物的抗震能力不足的缺失完全暴露出來。只要較大的地震一發生，磚造建築物無可避免地會遭到嚴重的損壞。

3.2.2 依建造年代別之建築物損害分析

不同年代建造對建築物影響有別，以下我們將對建造年代此項變因進行統計分析。在建造年代與損害程度之統計分析圖表（見圖 3.2.2 及表 3.2.1）中，我們可以看到民國六十三年前所建造的破壞的很多，達一千一百一十一棟，而隨著建造年代愈靠近現代，所造成的損壞愈少，六十四至七十一年有三百八十四棟，到八十六年後的建築物損害僅有二十二棟。

3.2.3 依用途別之建築物損害分析

由圖 3.2.3 可以看出磚造建築物大部分被當作住宅來使用，其比例占

整個破壞情形甚高。另外，由表 3.2.2 可以看出破裂的數目達一千六百九十六棟，佔了全部比例之百分之八十六。而在被破壞的住宅中，達到嚴重損害以上的程度之建築物達到百分之七十，對民眾之生命財產威脅不可謂不小。其他用途的建築物在破壞中所佔的比例均甚小。諸如佔第二位的住商混合建築物僅佔百分之五，而商店僅佔百分之三。

3.2.4 依平面形狀別之建築物損害分析

磚造房屋就平面形狀而言，大部分以矩形為主，也有些鄉村的院落將房子蓋成門字形，因此就數量而言，以這兩種形狀佔絕大多數，而這次地震受到損害也以此兩種為主。

由圖 3.2.4 可以看出矩形的建築物破壞在這次的地震中破壞最多，達一千六百一十五棟，佔全部破壞的百分之八十四點九五，而門字形則佔百分之十點二五，其他種類占的比例極少，只佔百分之一或二而已。

3.2.5 依立面形狀別之建築物損害分析

就立面形狀而言，磚造房屋損壞最嚴重的是有騎樓的建築（見圖 3.2.5），其他所占的數量均甚少。

3.3 土塊厝建築物之調查統計分析

3.3.1 建築物損害程度之分析

在過去的農村社會中，建築耐震技術及材料較不發達，因此取得容易

的黏土，就成為理所當然的建築材料，樓層數則是幾乎為一層樓。在當時建築並沒有防震的觀念，只要可以遮風避雨不會倒塌即可，所以土角厝在結構上並沒有耐震的設計，因此當地震來襲時，則難以避免崩塌或損壞情形發生。

從這次九二一集集大地震中，可以發現沒有防震設計過的土塊厝，損壞的情形相當嚴重，全國總計損壞數目達一千零九十九棟，僅次於鋼筋混凝土構造及磚造，排名第三，而由圖 3.3.1 中可得知，其中整體或部分塌陷者，就佔了總數的百分之七十五以上，整體或部分傾斜佔百分之五，嚴重破壞佔百分之十二，而達嚴重破壞以上者更是佔全部的百分之九十二以上，由此可知，土塊厝這種結構形式是非常脆弱的。

3.3.2 依樓層別之建築物損害分析

土塊厝因材料、結構關係，其樓層數皆為一至三層，而由圖 3.3.2 中可得知，其中整體或部分塌陷者總計有八百三十一棟，佔全部的百分之七十五以上，而達嚴重破壞以上者更是佔全部的百分之九十二以上，土塊厝這種結構形式之脆弱可見一般。

3.3.3 依建造年代別之建築物損害分析

土塊厝屬老舊之結構形式，於近代已不多見，而由圖 3.3.3 中可得知，在建造年代的分佈上，民國六十三年以前即佔百分之九十一以上，因此其

損壞情形分佈及分析與前相仿。

3.3.4 依用途別之建築物損害分析

土塊厝多為鄉村之農舍，一般做為自家住宅使用，而由圖 3.3.4 中可得知，住宅佔總數的百分之九十七以上，因此其損壞情形分佈及分析與前相仿。

3.3.5 依平面形狀別之建築物損害分析

土塊厝主要為獨棟或四合院形式，因此其平面形狀以矩形最多，門形、L形居次，而由圖 3.3.5 中可得知，無論在何種平面形狀，其破壞情形皆以整體或部分塌陷者最多，幾乎佔百分之七十五左右，而達嚴重破壞以上者更是佔全部的百分之九十左右，顯見土塊厝結構是非常脆弱的。

3.4 鋼結構建築之調查統計分析

3.4.1 建築物損害程度別之分析

近年來，都市發展快速，造成大量人口向都市湧進，形成都市土地價格高漲，居住密度增加。傳統的磚造、木造等結構方式漸遭淘汰，取代的是鋼筋混凝土結構的高樓建築，但隨著時代及材料的進步，目前建築物要求具有大跨度的空間，且耐震性強，柱、樑的結構斷面要求最小，因此以鋼結構為主體的建築漸漸取代鋼筋混凝土結構成為建築主流。

從這次九二一集集大地震中，由表格中可以發現僅有極少數的鋼結構

建築物遭到損害，但事實上鋼結構建築並無災情傳出，可能是在這次勘災中所使用的調查表格中，起先並沒有鐵皮屋這個項目，讓調查人員在調查時，將鐵皮屋列為鋼結構建築，因而造成統計表格有誤。但根據過去美日的大地震調查報告中顯示，鋼結構建築受強震後，經常會在梁柱接頭部分造成焊道或母材開裂，然而要檢查其損害，需先經由去除鋼骨防火被覆等複雜繁瑣的工作，因此要確實調查鋼結構建築受損情形，實為不易，因此筆者認為對於鋼結構建築之破壞詳情，必須經由更深入且詳細的調查方能肯定。

3.4.2 依樓層別之建築物損害分析

根據樓層與損害程度之統計圖(圖 3.4.2)顯示，幾乎都是一到三層的建築物破壞，其損害程度以嚴重破壞以上者偏多，佔全數的百分之七十二。而四到六樓僅一棟嚴重破壞，十五層以上僅有一棟輕度破壞，損壞程度較為輕微，但筆者認為對於鋼結構建築之破壞分析，仍須經由更深入且詳細的調查，才可定論。

3.4.3 依建造年代別之建築物損害分析

在建造年代與損壞程度的統計圖(圖 3.4.3)中，我們可以看到在民國六十三年前所建造的，嚴重破壞以上的數量不少，但隨著建造年代愈靠近現代，鋼結構建築物的數量漸增，而其損壞程度則漸形輕微，但筆者認為對

於鋼結構建築之破壞分析，仍須經由更深入且詳細的調查，才可定論。

3.4.4 依用途別之建築物損害分析

依用途與損害程度統計圖(圖 3.4.4)中，可得知工廠破壞所佔的比例達百分之三十八，而住宅、商店及住商混合則大致相同，約佔百分之二十，但從其損壞情形來看，上四述者其嚴重破壞以上者竟均佔其總破壞之百分之七十以上。再者，除學校有一棟輕度受損外，辦公室、醫院、政府機關及歷史建築均無損害，但筆者認為對於鋼結構建築之破壞分析，仍須經由更深入且詳細的調查，才可定論。

3.4.5 依平面形狀別之建築物損害分析

從平面形狀與損害程度統計圖(圖 3.4.5)中，可以清楚的看出矩形是受損最嚴重的平面形狀，主要是因為大部分的建築物平面都是矩形，其損害情形自然較多，並不能代表矩形平面比其他平面脆弱。但從其損害程度來看，嚴重破壞以上者竟佔百分之七十五，值得注意，但筆者認為對於鋼結構建築之破壞分析，仍須經由更深入且詳細的調查，才可定論。

3.4.6 依立面形狀別之建築物損害分析

根據立面形狀與損害程度之統計圖(圖 3.4.6)顯示，僅有騎樓與底層挑高的建築物有破壞的情形，其中有騎樓建築有一棟嚴重破壞、四棟輕度受損，底層挑高建築僅一棟嚴重破壞，但筆者認為對於鋼結構建築之破壞分

析，仍須經由更深入且詳細的調查，才可定論。

3.5 其他構造建築物之調查統計分析

3.5.1 鐵皮屋結構調查統計之分析

在這次調查中鐵皮屋發現有損壞者有六十七棟，其損壞程度的統計可參見圖 3.5.1，其損壞程度依建築年代的分佈可由圖 3.5.2 看出來。而由統計資料顯示（見圖 3.5.3）以工廠使用倒塌最多，因為鐵皮屋大部分也是做為工廠使用。

3.5.2 木造結構調查統計之分析

在鄉村地區除了磚造結構與土塊厝結構，佔了絕大多數外，木造的結構的房屋也佔了一小部分，而在這次的大地震中木造的房屋也有一些倒塌，約為一百二十一棟，其中達到嚴重損壞以上程度的約佔百分之八十一，其損害情況可參見圖 3.5.4。

木造結構的樓層大約在一到三層之間，其建造年代大部分在六十三年以前，在用途方面大部分以住宅或商店（見表 3.5.2）為主，其平面形狀則以矩形為主（見表 3.5.3）。

第四章 全國受損建築物分佈

4.1 全國各行政區受損建築物分佈

這次的地震在全國各縣市造成很大的災害，尤其是中部各縣市。由圖

4.1.1 可以看出，建築物的損壞主要集中在中部災區，還有北部的台北縣市。

但是值得注意的是，中部地區的建築物損壞以塌陷、嚴重破壞為主，而北部或其它地區的建築物大多只是輕微損壞，而且數量沒有中部這麼多。

4.1.1 全國分區之受損建物分佈

以下將以台灣北區、中區、南區的建物受損程度分佈圖來說明各縣市房屋的損壞情形。

（一）台灣北區

如圖 4.1.2 所示，北部地區的建物損壞，主要在台北縣市、新竹縣，而其它地區的建物損壞較少。如圖 4.1.3 所示，台北縣的新莊市、中和市，以及台北市，都有不少房屋達到嚴重破壞以上的程度，對當地居民的生命財產造成了很大的危害。

（二）台灣中區

如圖 4.1.4 所示，中部地區在這次地震中受創極為嚴重，尤其是南投縣、台中縣、台中市和苗栗縣更是災情慘重。由圖中可以看出，台中縣、

南投縣在此次調查的受損建物中，大部分的破壞程度都是嚴重毀損以上，尤其以南投市、草屯鎮、中寮鄉、東勢鎮、卓蘭鎮、新社鄉、石岡鄉等地最為嚴重。

（三）台灣南區

如圖 4.1.5 所示，南部地區在這次地震中受損較輕微。在本研究的調查建物中，南部各縣市的建物損傷並不嚴重。但是必須特別說明的是，本研究只針對一定程度以上破壞的建築物進行調查，由於南部地區在本次地震中災情相對較不嚴重，因此南部有許多地區並不在本研究的調查範圍內。

4.1.2 全國分類受損建物分佈

這次的地震對建築物造成了很大的損壞，為了找出其破壞的原因，我們在第 2 章中曾試著利用各種分類方式，來找出受損建物的共同點。在本節中，我們將按各種分類方式，將受損建物的位置標示出來，希望能藉此分析各類建築物的特性和地區的關係。

（一）依樓層高度

如圖 4.1.6 所示，中部地區以低層樓建築物破壞最多，而北部地區則以 2-7 樓建築物受損害較多。

（二）依構造種類

如圖 4.1.7 所示，中部地區以鋼筋混凝土造、磚造、土塊厝房屋受損最多，而北部地區則以鋼筋混凝土造的房屋損壞最嚴重，由圖 4.1.8 台北地區建物損壞圖即可看出。

（三）依建造年代

如圖 4.1.9 所示，中部地區以民國 63 年前興建的樓房損壞最多棟，而北部地區則大多是興建不到 10 年的房屋受到損害。

（四）依用途別

如圖 4.1.10 所示，全國各區都是以住宅用的建築物損害最多，其次是商店、住商混合等用途的建物。

（五）依平面形狀

如圖 4.1.11 所示，在各種平面形狀中，以矩形建物損壞最多棟，其次是 L 形、ㄇ形建築物。

4.2 南投縣受損建物分佈

921 集集大地震在南投縣造成了很大的災害，根據本研究的調查，南投市、中寮鄉、草屯鎮等地都有很多建物受到震害，災情十分慘重。根據內政部建築研究所和國科會國家地震工程研究中心提供的資料，我們可以

將南投縣受損建物的分佈情形和南投縣的地形圖、鄉鎮市分區圖結合在一起，作比較分析。

4.2.1 南投縣地形和受損建物分佈關係

一般來說，建築物的地震災害原因和地震特性、地質、地形、施工品質等都有關聯。南投縣的地形、斷層和這次地震受損建物分佈，可由圖 4.2.1 看出，其相關性極高。

4.2.2 南投縣行政分區和受損建物分佈

如果要比較各鄉鎮市建物受損的程度，可由圖 4.2.2 看出，南投縣的受損建物以塌陷和嚴重破壞最多，而受到中度破壞的建築物亦佔有一定比例。

4.3 台中縣受損建物分佈

這次的地震在台中縣造成了很大的災害，根據本研究的調查，新社鄉、東勢鎮、石岡鄉等地都有很多建物受到震害，災情十分嚴重。而根據內政部的統計，台中縣是全國建築物全倒、半倒數量第二多的區域。由國科會國家地震工程研究中心和內政部建研所提供的資料，我們也可以將台中縣受損建物的分佈情形和台中縣的地形圖、鄉鎮市分區圖結合在一起，作進一步的比較分析。

4.3.1 台中縣地形和受損建物分佈關係

如前節所言，建築物的地震災害原因和地震特性、地質、地形、施工品質等都有關聯。台中縣的地形、斷層和這次地震受損建物的分佈情形，可由圖 4.3.1 看出，受損建物係沿著車籠埔斷層兩側分佈，且受損程度和距斷層距離有很大的關係。

4.3.2 台中縣行政分區和受損建物分佈

由圖 4.3.2 看出，台中縣各鄉鎮的受損建物以塌陷和嚴重破壞最多，而受到中度破壞的建築物亦佔有相當大的比例。

4.4 車籠埔斷層經過之行政區建築物損害分佈

這次的 921 集集大地震，主要原因由車籠埔斷層所引起，車籠埔斷層由北向南通過 12 個鄉鎮市，造成生命與財產上損失慘重，其中台中縣潭子鄉建築物損壞災情較輕不另外討論，其他行政區建築物損壞分佈情形如下所述。

4.4.1 苗栗縣卓蘭鎮

圖 4.4.1 列出卓蘭鎮建築物受損較嚴重區域的損害分佈，可看出卓蘭鎮建築物受損情況集中，幾乎苗栗縣百分之九十以上的災情是由卓蘭鎮傳出，在配合圖 2.6.2，車籠埔斷層北邊末端破碎的斷層帶，似乎是造成卓蘭鎮受創的原因之一。

4.4.2 台中縣東勢鎮

東勢鎮在這次地震中是受損最嚴重的市鎮之一，人口密集且建築物破壞程度是屬於較嚴重的地區，圖 4.4.2 列出東勢鎮局部建築物損壞分佈圖，斷層經過圖面範圍的北方，而整個東勢鎮的建築物損害程度可由這張圖中略窺一二。

4.4.3 台中縣石岡鄉

在圖 4.4.3 中可看出石岡鄉有明顯的斷層經過，而斷層附近建築物的損害以塌陷及傾斜最多，然而建築物無損的也有，而距離斷層較遠處的建築物可能由於建築物較多也有不小的災情，以完全毀壞的情形居多。

4.4.4 台中縣豐原市

由圖 4.4.4 很明顯的看出建築物損壞的情形幾乎沿著斷層線分佈，並且以塌陷與傾斜的情況最多，向外距離越遠建築物損害程度越輕，甚至也有建築物完好無損。

4.4.5 台中市北屯區

台中市北屯區也是斷層經過的行政區之一，由圖 4.4.5 看出斷層附近並無太多建築物，實為不幸中的大幸，但不可避免的在市區人口密集處，仍有建築物損壞的災情傳出，建築物損壞程度以輕度、中度與嚴重破壞居多。

4.4.6 台中縣太平市

太平市沿斷層附近並無太多建築物損壞，反而鄰近太平市的大里市建築物損壞災情較嚴重，由圖 4.4.6 可看出，在大里市的建築物破壞程度以塌陷傾斜與嚴重破壞居多。

4.4.7 台中縣霧峰鄉

霧峰鄉斷層經過處建築物數量龐大，建築物損壞之嚴重可想而知，調查結果顯示建築物損壞程度多在嚴重破壞以上，如圖 4.4.7 所示。

4.4.8 南投縣草屯鎮

如圖 4.4.8 所示為草屯鎮局部地圖，沿斷層線建造之建築物損壞程度以嚴重破壞以上居多，但也有在斷層旁建築物安全或僅輕度破壞的，就全鎮而言，以草屯鎮南方斷層線旁的建築物損害情況最多。

4.4.9 南投市

圖 4.4.9 是南投市建築物損壞分佈情形，沿著斷層線的建築物數量不算多，但損害程度多為嚴重破壞以上，幾乎整個南投市，建築物較密集的地區，都有建築物嚴重破壞以上的災情傳出，不限於斷層經過與否。

4.4.10 南投縣名間鄉

由圖 4.4.10 名間鄉建築物在斷層線附近的不算多，在名間鄉南方濁水

車站附近建築物損壞災情算是較嚴重的地區，建築物損壞情形從輕度破壞到塌陷都有，以中度破壞及嚴重破壞最多。

4.4.11 南投縣竹山鎮

竹山鎮沿著斷層的建築物數量不多，但由圖 4.4.11 可知斷層附近建築物損害情形慘重，分佈情形沿著主要道路兩旁的建築物大都有受損，就竹山鎮整體而言建築物損壞多在嚴重破壞以上的等級。

第五章 結論與建議

5.1 震害原因探討

本次地震中建築物倒塌的主要原因可歸納為三類，第一類為地震的強度、第二類為建築物的基地特性、第三類為建築物本身的體質。大體而言，上述第一及第二類因素屬於自然原因，第三類原因則涉及人為因素。

5.1.1 地震的強度

地震發生時不同地區所感受到的震動程度，或謂震度，常因地震的規模、震央位置、震源深度、以及盆地地形對地震波的放大效應而有差異。依據我國中央氣象局之震度分級，最強烈之震度為地表加速度達 250 gal 以上的六級烈震，其所產生之地震力通常會造成山崩地裂、房屋倒塌、地層斷陷、地面顯著裂開及建築基礎破壞等。然而本次地震在南投日月潭及名間鄉新街國小所測得之最大水平加速度分別高達 989 gal 及 983 gal，最大地表加速度顯已大於過去假設之最大值，因此附近建築物遭受破壞誠屬難以避免。

5.1.2 建築物的基地特性

建築物基地特性包括基地之地質狀況、地形條件、土壤性質及是否有斷層經過等因子。大地震中斷層兩側地層常產生大幅相對滑動，造成地表建物的破壞，例如本次地震中有重大災情的南投縣竹山、名間、南投、草

屯，台中縣霧峰、太平、潭子、豐原及台中市大坑等地均位於車籠埔斷層帶附近，而南投縣集集、鹿谷、中寮及台中縣東勢、新社等地則位於雙冬斷層附近。依據調查分布圖顯示，在車籠埔斷層地層錯動，斷層兩側六公里地區建築物受損分布密集，約佔總調查數量六成，足見斷層經過是造成建築物崩塌的重要原因，參見照片 1.48 至 1.52。

此外，地層劇烈搖晃常導致基地土壤液化，承载力隨之消滅，而使建築物陷落坍塌，如照片 2.14 與 2.16 所示。本次地震中員林百果山麓、大里市區域內即有大批建築物因土壤液化而破壞。另因為盆地效應，在台北地區並因地盤軟弱，雖遠離震央 150 公里，震度達五級，且仍然有 300 餘棟建築物損壞。同時埔里鎮距震央 20 公里，震度高達六級，建築物損壞嚴重，依地理環境觀之，亦可能有盆地效應。

目前低層建築建造前多未先行作地質鑽探，無法探知基地地盤特性；高層建築在規劃設計階段雖須按規定提供地質鑽探報告，但卻常有不夠確實與不夠詳細之處，結構審查過程中恐不易發現，因而影響結構設計結果的安全性。另外，鄰近河川及廢河道之建築物，地震時也容易產生基礎沈陷。

5.1.3 建築物的體質

建築物之耐震能力與其本身體質關係密切。影響建築物體質之人為因素包括：政府部門訂定的建築法與建築技術規則等相關耐震設計規範，專

業技師的職責與管理制度，施工營造廠商對建築物材料、工法與營建管理制度的選擇，以及使用者對建築物內部結構、隔間增改建之程度與維護管理等。而本次地震中導致的建築物倒塌的主要人為因素可歸納如下：

(一) 規劃設計方面

1. 老舊建築

根據本次建築物損壞調查，民國 63 年以前建造者約佔總調查數之四成，民國 64 年至 71 年建造者約佔總調查數之二成，兩者所佔比率合計高達六成。早期由於建築耐震專業知識與技術不足，相關之設計施工法規要求遠不及目前的規範水準，造成地震中大部分木造、磚造、土塊厝等老舊建築因缺乏耐震能力而毀損（如照片 2.15、2.17 至 2.21 所示）。低層老舊加強磚造及 RC 建築，因其韌性較差，且高度較低，結構振頻較高，振動加速度反應約等於地表加速度，其損壞情形依該地區地表加速度大小不同而差異。

2. 相鄰建築物之碰撞

老市街建築物因地籍分割較細，建築時期先後不一，且高低參差不齊，面寬狹扁、新舊雜陳且未相連結，地震時因建築物之振幅與方向不一，造成相鄰建築物互撞損害或傾斜，如員林鎮上市街之店舖住宅等，參見照片 1.88。

3. 軟弱層結構

所謂軟弱底層即是因底樓為騎樓或挑高，且牆壁量較其上部樓層少，致其勁度或強度相對於其上一樓層較小，強烈地震時使底層產生大變形而破壞（如照片 1.7、1.9、1.11、1.18、1.63、1.67 與 1.98 所示）。另外，不少一樓挑高為開放空間之大樓倒塌或嚴重損壞，係軟弱第一層長短柱共存，而造成電梯間或樓梯間周圍短柱先行碎裂剝落。一樓留設騎樓、店面牆面且常用來做為商業用途，辦公廳(如鄉鎮公所)常採用挑高開放空間型式，為出入接待空間，或被使用者敲除，牆壁量因而比樓上少。部分地下室為增設停車空間或休閒設施，梁柱可能被減少而造成軟弱結構坍塌損壞情形普遍。

4. 短柱效應

本次集集地震及以往歷次地震中，學校教室損壞短柱效應現象極為明顯，窗台將其中間柱束制，使柱原有抗彎矩的有效長度變短，受地震力時，柱被迫承受大量剪力而破壞，即形成短柱效應（如照片 1.8 與 1.31 所示）。此種破壞現象，於其他建築物損壞案例中亦常發現，在設計時應考慮牆(含非承重牆)對柱子的束制作用，計算對應之剪力以避免產生短柱剪力破壞的情況，或牆與柱之間保留伸縮縫空隙，使柱子發揮設計時應有之抵抗彎矩之能力。

5. 非結構牆的影響

在災區中發現許多建築物受非結構牆的影響，而造成重大災情，此乃由於建築物實際情況與設計情形不盡相同。結構物自然震動週期與受震反應，實際上會因非結構牆的存在而與假設只有梁柱系統分析所得不同，若結構物底層為開放空間而且較無牆存在，實際受震反應會使主要變形集中在底層，而與設計時認為各樓層均勻變形的情況不符，設計時由於忽略非結構牆，所以未能對結構物的實際行為精確掌握，實為致災的重要原因。目前建築技術規則對於具非結構牆之建築物，規定須採用較大設計地震力，並未要求精確考慮非結構牆的效應。在尚未有更進一步的規範條文產生之前，建議結構設計者在設計時，將非結構牆所造成的效應列入分析，謹慎評估非結構牆的效應，或是將主體結構與非結構牆分離，確實移除非結構牆對結構可能造成的影響。

6. 設計不良

建築結構設計不良，概可歸類如下：

- (1) 結構設計不良的情形包括：耐震結構系統不良，有平面、立面不規則情形，高寬比太大，部份樓層有軟弱層，有礙水平剪力的傳遞與分布（如照片 2.13 所示）。
- (2) 柱斷面太小，不利鋼筋排列和搭接，與混凝土澆置施工。有些新蓋低層鋼筋混凝土 RC 建築，為了美觀經常將柱寬縮小至 1B 寬牆的寬度，造成建物的一向抗震能力特別軟弱。
- (3) 柱主筋排列太密或其搭接處間距太密，造成混凝土與鋼筋之握裹力

無法發揮。

- (4) 進行結構分析時，忽略了非結構 RC 牆或磚牆及窗台之存在，造成實際結構行為與結構模型式分析結果有所差距。
- (5) 店舖住宅與學校建築在平行騎樓或走廊方向之牆壁量太少，易使一樓成為軟弱層，而於強震時折損。
- (6) 五樓以下之建築物多只經建築師之建築設計與套圖配筋，未經由專業技師之結構設計分析，常未有周全的耐震設計要求。
- (7) 採用懸臂式走廊，二樓以上樓層較多時，即有重心不穩狀況，地震時易發生傾倒或損害一樓牆柱(如照片 1.97 所示)。
- (8) 柱中埋置管線管徑過大或偏心，導致有效柱斷面積減小，且降低鋼筋與混凝土之握裹力，而使承载力降低，導致地震時柱體破裂折斷(如照片 2.8 所示)。
- (9) 為了考量停車位的增設或車道的通行，於地下樓層取消部份核心牆壁或使其上層之剪力牆中斷，使之耐震能力無法有效傳遞或分配。
- (10) 開放空間的第一層較為軟弱，部份由上而下之耐震牆並未連續接至基礎，第一層之抗震勁度與強度均較其上層為小。
- (11) 大樓兩側不對稱剪力牆開孔，造成嚴重剪力破壞。

(二) 施工監造方面

1. 施工品質不佳

- (1) 未按圖施工，柱之主筋搭接長度不足，搭接位置應位於樓層中間，而不是在梁柱接頭附近處，並且搭接高程應錯開。例如新莊市「博士的家」(如照片 1.80 與 2.10 所示)，及台中市西區昇平街與中興街口之建築物，主筋搭接在同一斷面，柱之主筋在同一斷面搭接，造成鋼筋握裹力不足，顯見搭接方式不夠確實，未按規定交錯搭接，未配置緊密箍筋等。在受到地震力作用後主筋整體拉出，造成建築物倒塌。
- (2) 樑柱端部彎矩較大，規範中規定箍筋彎鉤需達 135 度，但實際上施工上仍多常採用 90 度彎鉤取代，無法達到耐震的要求(如照片 2.7 所示)。許多破壞顯示柱之箍筋間距太大，平均約在 20~30cm 左右，未依規定紮緊，易造成主筋向外挫屈(如照片 2.6 所示)。另外箍筋多未採用 135° 彎鉤，易造成箍筋暴開脫落，圍束力不足，柱體缺乏韌性易破裂。梁柱接頭區亦多數未配箍筋。
- (3) 鋼筋之混凝土保護層厚度不足，握裹不良，造成鋼筋銹蝕，地震時剝落。
- (4) 柱之保護層過厚，使柱核心面積減少，承载力與韌性嚴重折減。
- (5) 混凝土澆置前未清除模內之雜物，因而使梁柱斷面有雜物。混凝土

強度不足，可能在澆置時加水或拌合後時間太久，已經初凝，仍然使用，參見照片 2.12。

(6) 樓梯沒有以鋼筋或小梁與牆壁連接，造成地震時斷裂，住戶無法逃生。

(7) 裝飾材誤用軟底工法黏貼，未用釘鉤在混凝土上，致整片脫落，參見照片 2.4 與 2.5。

(8) 擋土牆系統與主結構體（柱）間未保持距離導致龜裂。

2. 監工不實

監工之專業知識或經驗不足，或營造廠向技師借牌，專任技師不負責，且未參與營造廠之施工技術指導，廠商偽造施工簽證，監工未落實，建築師監造職責未發揮，致結構施工品質不良。

(三) 使用管理方面

1. 建築物變更使用類別

住宅變更為營業場所，供做公共使用，不僅增加建築物之活載重，在使用前變更原有的建築配置及構體，如進一步破壞原結構及隔間，造成樓層間結構系統剛性與強度差異太大，形成軟弱層，易致震災，參見照片 1.90。

2. 違建普遍

頂樓違法加蓋，增加原有建築物承載負擔，或形成重心偏移，地震時造

成扭力破壞。例如在草屯與新社地區的建築震害中，不難發現違章加建後所造成的嚴重倒塌，這顯示一般民眾之無知與建築管理缺失，在中興新村亦多棟毀損案例，參見照片 1.17。

5.2 建議

國內建築法規與建築技術規則參考國內及世界各地地震工程資料與法規，歷經數次修訂，對於建築物之耐震能力已有大幅提昇，並與美、日等先進國家之水準同步；此次震災後，建築相關耐震設計法規與技術規則或尚有檢討改進之處，惟如何從根本上強化專業技師設計、監造與審核之責任，落實營造廠商之施工管理與品質管制，並更正國人任意更動建築物內部結構、隔間與不當使用之行為，以維護建築物耐震能力，當為政府與全體國人未來因應地震發生，減少地震傷亡與財產損失的努力方向。

一、管理法規制度

(一) 土地利用方面

1. 限制近斷層地區土地之建築使用

本次調查發現近斷層地區建築物受災分布較密，限制其土地使用，並提高建築耐震設計乃有必要；惟目前除本次地震之車籠埔斷層可清楚研判外，台灣地區五十一條之活動斷層標示不夠明確，有待地質調查單位儘速調查公佈大比例尺之斷層圖，俾土地利用以及建築之管制。在斷層線上應避免建築使用，斷層線附近地區可利用都市計畫手段，以土地使用分區方法，限制土地使用類別與使用強度；在建築上並可提高近斷層地區建築耐震設計之安全係數。

2. 落實地質調查，限制液化地區建築

地質資料係為不變的基本資料，但國內均未全面建之資料庫，致現行都市計畫對計畫範圍內地盤地質狀況均未能清楚陳述，土地使用規劃不能反應地盤承受能力，部分建築於軟弱地質上，如易液化區，地震時因之

易受傾倒破壞。建議利用有關公共建設及高層建築之地質鑽探資料，建置地質料庫，提供資源共享，限制液化地區建築使用強度，並供土地利用之計畫之參據。

3. 山坡地應避免高層建築及大量開挖使用

山坡地地質較為鬆軟，水土保持不易且有大面積之整地，填方部分持續沉陷時間甚長，地震豪雨時易造成建築物或擋土設施等構造物災害，特別是高層建築物對地盤承載大或施工品質不佳，且一有損害救援不易，如去年瑞里震災瑞里飯店，本次集集地震日月潭地區之天廬飯店等。建議山坡地土地，包括山區內之風景區都市計畫，應規定禁止較高層之建築(如七樓以上)，及於填方上之建築使用。

(二) 規劃設計方面

1. 實施行政與技術分立政策，強化權責分工

政府行政人力有限，不易周延主管各項建築實務，民間人才濟濟。建議行政與技術分立，建管行政部門負責管理申請案件之備案發照，與施工使用期間之會勘督察；技術部分由執業的專業技術人員負責，包括規劃設計、施工、監造，非屬專業人員應無執行之權責，如學校之行政人員，即不得為建築之監工人員。

2. 建立建築規劃設計專業責任保險制度

目前只有建築施工時，有部分投資業者投保營建保險，而建築規劃設計之良窳影響施工與住戶使用之安全至鉅，建議建築物設計者亦應投保專業責任保險，即建築師、專業技師應為其所設計的建築物投保責任險，以確保建築物所有人和使用人的權益，並從根本上強化建築師、專業技師對於設計、審核、監造之審慎責任；同時亦可由保險業之介入，以監督專業者之執業精神與要求。

3. 加強學校及公有建築規劃設計之審查

重要公有建築物在天災時仍然必須維持應有的機能，以救濟大眾，故建

築技術規則耐震設計之標準要比民宅建築物高出 25%至 50%，但本次震災中，學校、鄉鎮市公所廳舍等公共建築物坍塌損壞比率卻較民間一般建築嚴重（據教育部統計資料，921 及 1022 兩次大地震，全國共有八百四十一所學校校舍受損，一千九百五十八間校舍毀損而需予拆除）。主要係大多數早期建築都未有現行耐震設計規定之水準，且此類建築五層以下部分未經專業技師結構設計分析，常有短柱現象或軟弱層情形，建議應建立公有建築設計諮詢審查制度或結構設計之外審，以確保公共建築安全。

4. 加強建築結構簽證及結構外審制度

按本次九二一集集大震災中，十層以上的建築物倒塌損壞為數甚多，且部分建築規避結構外審、或因設計不當及設計施工未能有效配合所致。建議參考日本建築結構設計審查作業方式，應將審查作業指定由單一窗口辦理，以均衡審查作業標準，並將須審查之建築物高度酌予降低。

5. 五樓以下建築仍應進行結構耐震設計

依建築法第十三條規定，五層以下非供共公眾使用之建築物由建築師設計即可，得免由專業技師之結構設計；本次集集大地震即發現有許多此類之建築損壞傾倒，建議應予從嚴限制，規定此類建築仍需由專業技師進行妥善的耐震設計，以確保人民生命財產安全之基本要求。

6. 結構分析用電腦程式納入審查

按建築技術規則建築構造編第七條規定：「使用電子計算機程式之結構計算…，所用電子計算機程式必須先經省或直轄市主管建築機關備案。」惟最近監察院調查指出，部分省或直轄市主管建築機關未曾接受有關結構計算用電子計算機程式備案。為維護公共安全，應落實該類程式之備案，並應予以審核。建議參考日本建築技術審查制度，結構分析用電腦程式亦需審查其邏輯之正確性，並且設法防止誤用，以推廣及鼓勵正當使用電腦作結構分析，評估項目如下：

(1) 在程式適用範圍，是否會影響結構分析結果之邏輯，或撰寫錯誤情

形。

- (2) 程式或分析結果被不正確使用之可能性，避免此情況發生之方案，及提出警訊之對策。
- (3) 在程式被不明者使用之情況下，程式設計者、執行使用者之關係，責任之分擔。

(三) 施工監造方面

1. 加強營造業管理，並引進保險制度

營造業管理規則自八十二年修訂迄今國內營造廠商，由三千餘家驟增至九千餘家，素質參差不齊，營造業為辦理設立登記，所置專業技師或工地主任有租用證書，且未在職者，專業人員未投入。建築投資業者興建之大樓工程亦有借用營造廠商牌照為建造人，而自行發小包，施工管理責任不清。建議儘速制定營造業法，加強營造業管理；並引進施工保險制度，由保險業者介入，全面加強施工品質安全檢查管理。

2. 徹底禁止營造業及專任工程人員借牌

營造廠規定應設有專任工程人員，而部分主任技師，或工地主任係出租證書予營造廠登記，並未落實負責施工責任，應嚴予查禁技師或工地主任借牌現象，此可由工地主任或技師資料與其納稅資料校核比對查出是否兼任，進而嚴格處分。此外，少數營造業借牌使用，營造廠未擁有一定程度的工作機具，及相對的施工能力，以致工程層層轉包分包，工程品質低落，亟需儘速徹底禁止，建立營建秩序，提供一個健全的營造環境，以提昇工程品質。

3. 落實施工監造責任，由業主委託公正第三者實施建築施工查核

現行建築法第十三條規定建築工程由建築師負責設計、工程監造，惟建築師監造之責任，常因實際上業務繁忙，無法經常進行監造。為落實施工監造，應研究建立施工監造另行委託第三者之開業建築師或開業技師辦理機制，推行專案營建管理制度，強化施工管理品質保證之功能。

(四) 使用管理方面

1. 加強建築物裝修作業管理，及施工查核工作

國人對於建築使用常有擅自拆除隔間或變更設計之情事，或甚至破壞梁柱，嚴重影響結構行為及耐震能力。建議任何裝修變更原有建築型態者，應經申請並由專業執業人員設計簽證確認其結構之安全，並加強建築物裝修作業管理，及施工查核工作。

2. 查辦違規使用及違章建築

建築物違法或不當之增建，或違法使用，均會增加原有建築物梁、柱和基礎的負擔，或產生重心偏移現象，在地震水平力作用下，很容易形成強大的扭力破壞。建議在執法上應從嚴限制不當的變更使用與裝修、增建，加強取締違法建築與違法使用，並應予以嚴處。

3. 強化民眾對住宅正確使用維護知識

建議在公寓大廈管理條例施行細則，或消保法相關子法中規定。要求建商提供「房屋使用維護手冊」予每位購屋者，並將之列為不動產買賣契約的「應記載事項」，同時應提供竣工之建築圖、結構圖、水電圖…等給公寓大廈之管委會，以利建築物之安全維護使用。此手冊平日可供房屋使用維修時參考，一旦發生災難，對緊急救難及補強修復工作則有很大幫助，民眾藉此亦可獲得對住宅使用維護正確之知識，以避免擅自改裝而破壞建築物結構之安全。

(五) 其他

1. 加強建築投資業管理及營建流程管制

制訂建築投資業管理法規，規定建立投資營建流程管制報告，公開揭示參與建築設計施工廠商之資訊與信譽，提供住戶購屋之品質保證書與長期售後服務保證，及住戶使用手冊。

2. 合理提高政府及學校等公共建築之預算與單價

政府及學校等公共建築係為天然災害救災庇護之場所，其耐震設計要求比一般民間建築要高，故其建造費應比一般建築更高，但政府公共建築採購以最低價得，得標廠商為謀取最低利潤常有偷工減料之嫌，施工管理困難。建議政府及學校等公共建築應以合理價格編列預算，促進設計施工品質之提昇。

3. 引進第三機構，加強公共安全查核

公共安全檢查過去多由政府部門辦理，由於行政人力不迨，除防火安全檢查外，未來仍應加強結構安全檢查。建議在查核制度上，可引進第三者法人機構，與保險機制結合，由政府賦予代檢機能，查報不良案件交由政府處分，並公告週知，俾以改善。

4. 落實地質鑽探作業，釐清土壤液化區土地

整合利用經濟部已建立國土資訊系統—工程地質探勘資料庫，台灣省建設廳之「台灣省重要都會區環境地質資料庫」；並將高層建築之地質鑽探資料統一建檔管理，提供資料共享，俾利鄰近建築擬新建個案之規劃設計階段參考與核對，避免重新鑽探之浪費與未經鑽探作假。並建立液化潛能區之鑽探調查資料庫，包括液化潛能評估及改善對策建議。

5. 儘速增修訂土木建築相關法規

(1) 制訂工程法與營造業法

工程法目前由公共工程委員會研訂中，應記取本次教訓，重視專業人員之投入參與，與工程品質保證。營造業法研議已久，在現行營造業管理規則法律地位不足（僅為行政命令）之際，亟需加緊立法頒行，以強制規範營建行為準則。

(2) 技師法修正

技師分支太細，不符先進國家模式，如土木類相關技師有土木、大

地、結構等技師，專長相近，而執業相爭，建議修法僅設土木技師(如醫師)，分科執業則由公會考核技師分工。

(3) 依據專業領域，釐清設計、施工、監造、審查等之權責

設計、施工、監造、監工、審查涉及專業層面甚廣，參與專業人員甚多，分工而不合作，爭權、爭錢而不負責等現象，於餘震後明顯突現。建議立法建立合作組織機制，予以專業規模分級、減少分工界面。如醫療體系有大型「醫院」與小型「診所」之分；使大型有能力的組織得全程辦理大型建築設計、施工、監造之業務，小型的組織應予界限其同一時間之執業容量，及得以負責之樓層高度與規模。

(4) 頒佈實施技術顧問管理法

國內技術顧問公司眾多，目前尚無相關專業法律管制，以致良莠不齊。建議頒佈實施技術顧問管理法，以其專門執業之人力與架構之完整性，規範技術顧問公司執業範疇，杜絕其不當承攬非能力所及之工程設計與施工之顧問。

二、建築技術相關規則規範部份

(一) 檢討耐震設計規定

1. 活動斷層禁限建應合理規劃，於近斷層區增訂耐震設計規範

建築技術規則除建築設計施工編第十三章山坡地建築，其中第二百六十二條第三款對於活動斷層兩側不得開發建築之範圍，有明確之規定外，尚無其他較明示之規定。目前台灣地區除本次車籠埔斷層較為明顯外，其餘活動斷層地質資料未有較大比例尺之地圖可以明確標示，不利於禁限建範圍之宣告。為考量近斷層對建築物的威脅性較大，於法規修訂時，建議增訂耐震設計之安全係數，以達到強震不倒的目標。

2. 檢討調整震區劃分及設計地表加速度係數

本次地震受災最嚴重地區在震區劃分上為中震區而非強震區，乃因目前

台灣地區之震區劃分，係根據該地區以前曾經發生過之最大地震資料及再發生同樣地震之可能性進行分析評估劃分。(本次受災最嚴重地區，根據該地區百年來之地震文獻記載，並未曾發生過如此大之地震。)建議：

- (1) 暫時性措施：先以行政命令將台中縣、市及南投縣地震分區劃分為地震一甲區（強震區），以提高該地區耐震設計要求。
- (2) 經常性措施：依據理論及資料蒐集，並考量公共安全，耐震設計增加社會經濟成本，及衡量行政執行之可行性，重新決定震區劃分，同時就其設計地表加速度係數及計算公式酌予調整。

3. 修訂加強磚造與混凝土工程之設計及施工規範

現行建築技術規則建築構造編加強磚造與混凝土構造編不合時宜，應儘速修訂，設計方面，建議修訂耐震規範時，除了提高設計地震力，應(1)考慮磚牆與隔間牆對梁柱構體抗震能力之正負面影響，(2)建築房屋裝潢與維修等規則與制度，(3)對於矮牆及牆開孔之限制與補強規定更嚴格。施工方面，建議應規定混凝土產製、輸送、泵送及澆置由同一單位負責，俾責任分明，例如對於混凝土試體之取樣處改為澆置點。

4. 制訂建築物隔震消能系統規範

減震隔震元件如鉛心橡膠支承墊、高阻尼橡膠支承墊、磨擦單擺支承墊等均能消滅地震之地表運動，而減小傳遞至建築物之上部結構之能量。此類設計在美國、日本、紐西蘭等國已有許多成功應用案例。國內亦已研訂建築物隔震消能系統規範草案，建議於國內加強提倡推廣採用，如以重要之建築物為示範案例，將可帶動民間建築之仿效採行，以提高建築物之抗震能力。

5. 制訂建築設備耐震規範

建築設備於地震時倒塌損害甚為普遍，亦易造成人命之傷亡及財物之損失，或破害整棟建築屋之使用機能。過去規劃設計者及施工者對於建築

設備耐震安全常予忽略，建議儘速制訂建築設備耐震規範，以改善建築設備之耐震安全。

6. 增訂耐震設計理念宣示性條文

建築技術規則耐震設計之條文規範多偏重於計算設計的規定，對於坡地建築，建築樓層中有軟弱層，非承重牆對柱體破壞的影響，不規則性建築等，對建築耐震均為不利，應予研擬增訂耐震設計理念宣示性條文，予以規範，如研訂一定高度以上之建築物，禁用會造成軟弱層之騎樓、開放空間等。

(二) 探討高層建築技術

1. 高層建築應採用鋼骨結構興建

依據本次調查資料顯示，地震倒塌損壞的建物，鋼筋混凝土的建築高達四千餘棟，佔總調查數一半以上，而採用鋼構造建築超高層鋼骨大樓則尚無明顯災害。建議參照日本經驗，限制十層以上之大樓不予採用鋼筋混凝土建築，否則應經由專案結構審查（包括結構設計與施工）。相對的，高層建築同時應鼓勵採用韌性較強之鋼骨結構興建，並加強其建築技術規範之宣導。

2. 一定高度以上之建築物，禁用會降低耐震能力之夾層屋、樓中樓、騎樓、開放空間等

調查統計中發現有騎樓之建築破壞數量約有兩千棟，約佔總調查數之四分之一，顯示有必要詳細檢討這類系統的有效震害防治方案。夾層屋造成建築物的載重不均情形，其支撐在牆壁上或樑柱上可能不牢靠，也會影響結構體的行為，地震時地震力對建築物較不利。樓中樓或一樓挑空者可能造成樑、柱或樓版之不連繫之情況，或造成細長柱（或稱軟腳），或造成牆壁從上至下不連續性。此等可能影響建築物的抗震行為者，除非設計上認真考慮加強，或施工時特別小心留意，不然對建築物都有較不利的影響。建議一定高度以上之建築物，應禁用會降低耐震能力之夾

層屋、樓中樓、騎樓、開放空間等；或予以納入結構設計外審。

三、其他

1. 制定相關法律，推動現有建築物耐震評估補強

舊有建築物因早期耐震技術與知識不足，法規要求標準較低，至其抗震能力較低，為減免震害，應予補強或改修。建議制定既有建築物耐震改修促進條例，強制具有防災救災功能之公有建築物，及在一定規模以上供不特定大眾公共使用之建築物，率先辦理建築物耐震評估補強。並訂定鼓勵措施，促進民間建築辦理耐震補強，以策公共安全。並且對公有及學校建築之預算單價應予檢討，合理提高，並加強施工監督責任。

2. 土壤液化區之建築應審慎規定辦理

由於土壤液化現象係因飽和之疏鬆砂性土壤受到地震時強裂震動所引致，增訂建築行為須依建築規範有關規定，審慎進行土壤液化調查分析、防治設計，並應在適當土質改良及結構設計下，始得建築使用。

3. 改善現有學校建築物設計與施工

修正現有學校建築設計標準圖，如走廊的形式應避免目前普遍採用之懸臂式。校舍上部結構之平面形狀、極短柱、垂直構材載重比、長向壁量比等亦均待改善。並且，不同地震分區應有不同校舍單價標準。在非結構構材及設施方面，過去規劃設計者及施工者對於耐震安全很少做考慮，因此非結構構材及設施之耐震安全亦待改善。此外，建請教育主管機關研訂「既有學校建築耐震能力評估補強實施計畫」，酌列經費，據以推動以既有學校建築之耐震能力評估與補強。

4. 推廣鋼筋續接器，規範檢測其使用性能

強震使得樑柱產生很大的拉應力，易導致混凝土破碎或與鋼筋分離，鋼筋續接處因搭接太密集，而失去混凝土之握裹力作用，或鋼筋接續點的接合力不夠，使得柱體因而斷裂。鋼筋如改以續接，續接器之使用應通

過性能測試，始得依其容許使用性能使用，以策工程品質安全。

5. 加強施工的品管及施工人員再教育

施工人員常承襲以往工法，以致新的耐震設計施工之要求尚未全面落實，建議今後配合法規制度更新，對負責施工管理之工程人員應強制施行必要之訓練，並予定期再教育。

6. 加強專業倫理職業道德教育

只有專業者、工人、建管官員每人各在其位，各司各職，各自發揮所長，才能讓一棟建築按步就班，紮紮實實完成。從根本上強化專業技師設計、監造與審核之責任，落實營造廠商之施工管理與品質管制。

7. 強化各專業公會之自治監督

公會規範執業會員應適時參與政府或相關公會專業訓練及研討會，以增進其執業新知與智能，並在一定期限取得應有受訓時數證明，始得繼續執業。整頓技師分科太細之爭權與不合作負責問題，使各專業公會積極自治，各種分科辦事由公會考核會員之經驗能力並予頒證（如醫師之分科執業）；將長期滯留在國外之會員，或另有專業而非申請開業之執業者，或有違法借牌謀利者剔除，違法之執業者並向行政主管機關及司法單位檢舉，嚴於處罰。

8. 建議推廣鋼骨結構

鋼骨結構的耐震力及韌性確實比一般鋼筋混凝土結構大。雖同一高度的建築物，鋼骨構造之建造成本較鋼筋混凝土構造稍高，基於安全與環保之考量，目前辦公大樓採用鋼骨的比率漸高，值得推廣；惟其營造技術與鋼筋混凝土構造不同，承攬鋼構建築從業之營造廠商公司資格仍應予分級辦事。

9. 鑑識結構系統耐震能力較差之建築，提供住戶注意改善

一般常見的校舍排列是東西向長條型，以避免西曬，在同一面向上有很

多窗子、門，沒有整片的牆來抵抗地震力，加上柱子邊留設門窗，方便學生出入和採光，也易出現「短柱效應」。鄉公所一樓為一大片無隔間的辦公空間，樓上為隔間的辦公室，會議室等，易出現「軟弱結構」。都些都不是好的防震結構系統。店鋪住宅與學校建築係同一類型的結構，在平行騎樓與走廊方向很少牆壁是它們共同的缺點。應推廣多道耐震防線的二元結構系統，研究提昇新建標準校舍及店鋪住宅的抗震能力。

10.建議學校建築由工務單位辦理

各直轄市、縣市政府教育局應儘速成立一個由業界、教育主管單位、工務單位與專家學者所組成之學校建築諮詢委員會。國內外學校建築震害實例均顯示學校建築之耐震安全與規劃設計階段考慮是否周詳有密切之關係，因此規劃設計過程中不論是上部結構、基礎及地盤、校舍間之聯結關係、以及非結構構材及設施都必須做周詳的考慮，所以學校建築規劃在設計階段即可交由諮詢委員會審查。

表 1.1 集集大地震建築物震害調查分工表

召集人：蕭所長江碧			
副召集人：丁副所長育群、許教授茂雄、蔡教授克銓			
總連絡人：葉組長祥海			
區 域	鄉 鎮 市	負責學校	分組負責人
台北地區		中華技術學院	徐一榕
台中縣	豐原市	台灣科技大學	陳正誠
	東勢鎮	交通大學	劉俊秀
	新社	台灣大學	蔡克銓
	石岡	中央大學	莊德興
	大里、霧峰	朝陽科技大學	潘吉齡
	太平、后里、大雅、神岡、潭子、梧棲、清水、沙鹿、大甲、大肚、烏日、龍井、和平等	中興大學	林其璋
台中市(含大坑)		中興大學	林其璋
南投縣	南投市	台北科技大學	彭添富
	名間鄉、中寮鄉	逢甲大學	李秉乾
	草屯鎮	台灣大學	蔡克銓
	埔里鎮、國姓鄉、魚池	成功大學建築系	許茂雄
	集集、水里	高雄第一科技大學	王慶忠
	竹山鎮、鹿谷鄉	成功大學土木系	方一匡
	信義、仁愛	雲林科技大學	吳文華
彰化、雲林、嘉義	員林、斗六、古坑、草嶺、民雄、嘉義	雲林科技大學	吳文華
桃園、新竹、苗栗		中原大學	簡秋記

註：參與人員名單詳附錄三

表 1.2 建築物震害調查表

一、基本資料 調查時間：88 年 月 日/調查人員：_____

建物位置	建物名稱：_____ / 縣(市) _____ 鄉(鎮、市、區) _____	
	村(里) _____	路(街) _____ 段 _____ 巷 _____ 弄 _____ 號 _____
樓層數	地上 _____ 層，地下 _____ 層	相片編號：_____
構造類別	☐ 鋼筋混凝土造 ☐ 鋼構造 ☐ 磚造 ☐ 木造 ☐ 鋼骨鋼筋混凝土造 ☐ 其他 _____	
抗橫力系統	☐ 立體抗彎矩剛構架 ☐ 具斜撐 ☐ 具剪力牆 ☐ 具磚牆 ☐ 其他 _____	
建造年代	☐ 民國 63 年前(25 年以上) ☐ 民國 64 年~71 年(15~25 年) ☐ 民國 72 年~78 年(10~15 年) ☐ 民國 79 年~86 年(4~10 年) ☐ 民國 86 年以後(4 年以內) ☐ 不詳	
用途	☐ 住宅 ☐ 商店 ☐ 住商混合 ☐ 辦公室 ☐ 醫院 ☐ 學校 ☐ 政府機關 ☐ 工廠 ☐ 歷史性建築 ☐ 其他 _____	
平面形狀	☐ 矩形 ☐ L 形 ☐ 門字形 ☐ 十形 ☐ H 形 ☐ 其他形狀 _____	
平面尺度	_____ 公尺 x _____ 公尺(單層樓地板面積 _____ 平方公尺)	
立面形狀	☐ 有騎樓 ☐ 底層挑高 ☐ 二樓以上懸臂 ☐ 二樓以上退縮 ☐ 其他形式 _____	
周圍地形	☐ 鄰近河川、沼澤或溝渠，距離 _____ 公尺 ☐ 鄰近山崖，距離 _____ 公尺	

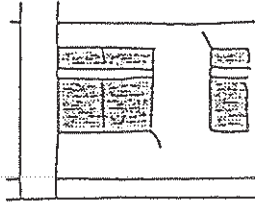
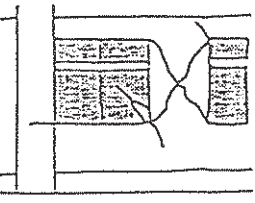
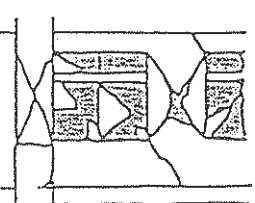
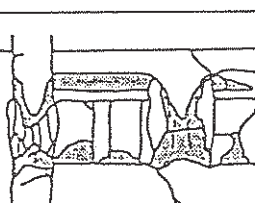
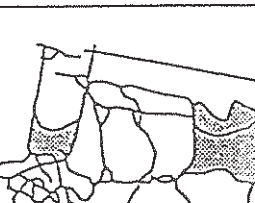
二、損害資料(依外觀判定即可，本資料僅供參考，調查人員不負任何法律或舉證責任)

損壞程度	1. 完全毀壞： ☐ 整體或部分塌陷、 ☐ 整體或部分傾斜 2. ☐ 嚴重破壞(補強或拆除) 3. ☐ 中度破壞(可修復或補強) 4. ☐ 輕度破壞(可修復)
損壞位置	倒塌層：第 _____ 層，傾斜層：第 _____ 層，傾倒方向： ☐ 路 ☐ 鄰房、 ☐ 東 ☐ 西 ☐ 南 ☐ 北
有無下列損壞狀況	☐ 柱剪力破壞 ☐ 柱彎矩破壞 ☐ 短柱破壞 ☐ 樑剪力破壞 ☐ 樑彎矩破壞 ☐ 短樑破壞 ☐ 剪力牆開裂 ☐ 樓板開裂 ☐ 樓板部份或全部塌陷 ☐ 基礎沉陷 ☐ 基礎隆起 ☐ 基礎滑動 ☐ 地面開裂 ☐ 鄰屋碰撞 ☐ 頂樓損壞 ☐ 箍筋不足(間距、數量) ☐ 搭接不良(長度、位置) ☐ 混凝土保護層不夠 ☐ 磁磚剝落 ☐ 磚牆或 RC 牆開裂 ☐ 磚牆或 RC 牆倒塌 ☐ 天花板掉落 ☐ 瓦斯管破裂 ☐ 水管破裂 ☐ 其他 _____
附置物的損壞	☐ 招牌廣告 ☐ 樹立廣告 ☐ 水箱 ☐ 違建加蓋 ☐ 其他 _____
補充說明	_____

三、軟弱底層破壞描述(具底層破壞者才須填寫)

底層樓高：	☐ 3.5 m 以下 ☐ 3.5 m~5 m ☐ 5 m~6 m ☐ 6 m~7 m ☐ 7 m 以上
其他樓層平均高度：	☐ 3.0 m 以下 ☐ 3.0 m~3.5 m ☐ 3.5 m~4.0 m ☐ 4.0 m 以上
底層與其他層牆量比(%)	☐ 0 ☐ 0~20 ☐ 20~40 ☐ 40~60 ☐ 60~80 ☐ 80 以上
☐ 正面和背面不具磚牆	
騎樓內縮量與建物總深度比(%)	☐ 0~10 ☐ 10~20 ☐ 20~30 ☐ 30~40 ☐ 40 以上
補充說明	_____

表 1.3 建築物受損程度判別基準表

項目 程度	1. RC 柱及牆受損情況	示 意 圖	2. 整體最大 沉量 S (m)	3. 整體 (或底 層) 最大斜 度 θ (rad)	綜合觀點
受損輕微	柱、剪力牆、RC 次要牆之損傷輕微或大體上無損傷。(單向裂縫)		$S = 0$	$\theta = 0$	維修即可
輕度破壞	柱、剪力牆有輕微損傷、RC 次要牆、樓梯間轉折部位可見剪斷裂縫。(雙向裂縫)		$S \leq 0.2$	$\theta \leq \frac{1}{100}$	補修 (無明顯層間變位)
中度破壞	柱產生典型之剪力裂縫。剪力牆明顯可見剪力裂縫；RC 次要牆以及非結構體明顯損壞。(網狀裂縫，且梁柱有裂縫)		$0.2 \leq S \leq 1$	$\frac{1}{100} < \theta \leq \frac{3}{100}$	補修或補強需 進一步評定(有 小層間變位)
嚴重破壞	柱遭剪壞或彎壞後鋼筋外露或挫屈。剪力牆發生大的裂縫，抗剪能力明顯降低。(網狀裂縫，且梁柱鋼筋外露)		$S > 1$	$\frac{3}{100} < \theta \leq \frac{6}{100}$	補強或拆除需 進一步評定 (較強餘震有崩 塌趨勢)
完全毀壞	柱、剪力牆嚴重破壞，建築物整體或一部份崩塌。			$\theta > \frac{6}{100}$	

註：1. 受損輕微者不做調查。

2. 受損情況具有所列其中一項即可判別。

3. 沉陷量、傾斜度僅供參考。

表 1.4 集集大地震各主要測站測得之震度及最大地表加速度值

站碼	縣市	鄉鎮市區	震度 (級)	震央距 (km)	垂直向 (gal)	南北向 (gal)	東西向 (gal)
TCU078	南投縣	水里鄉	6	5.31	171.00	302.48	439.70
TCU084	南投縣	魚池鄉	6	9.66	311.76	422.82	989.22
TCU129	南投縣	名間鄉	6	13.43	344.96	610.76	983.00
TCU071	南投縣	草屯鎮	6	15.33	415.54	639.00	517.82
TCU076	南投縣	南投市	6	15.35	275.38	420.02	340.10
TCU074	南投縣	埔里鎮	6	19.58	270.18	368.40	585.94
TCU072	南投縣	國姓鄉	6	21.53	274.66	370.50	465.30
TCU065	台中縣	霧峰鄉	6	26.30	257.80	563.22	774.42
TCU110	彰化縣	員林鎮	5	27.65	116.28	187.52	178.24
TCU067	台中縣	大里鄉	6	28.45	230.58	312.66	488.86
CHY028	雲林縣	古坑鄉	6	31.94	335.50	749.90	624.16
TCU055	台中市	南區	6	35.51	153.30	208.16	256.90
TCU082	台中市	北區	5	35.82	129.26	182.50	221.08
TCU052	台中市	北屯區	6	39.31	193.98	438.68	348.66
TCU051	台中市	西區	5	38.17	109.70	230.70	156.84
CHY006	嘉義縣	梅山鄉	6	39.74	211.02	351.46	348.00
TCU102	台中縣	豐原市	6	45.25	173.28	168.98	298.36
TCU070	台中縣	龍井鄉	5	46.88	76.20	157.38	248.58
TCU068	台中縣	石岡鄉	6	47.71	519.42	361.94	501.60
CHY046	嘉義市	東區	5	54.50	79.86	186.20	142.66
TCU128	苗栗縣	三義鄉	5	63.00	90.38	162.94	141.04
CHY088	台南縣	白河鎮	5	68.02	41.92	207.20	148.10
TCU045	苗栗縣	獅潭鄉	6	77.37	353.08	511.72	463.32
TCU042	苗栗縣	苗栗市	5	78.12	81.94	207.98	247.52
TCU047	苗栗縣	三灣鄉	6	86.30	261.04	399.38	291.66
ILA067	宜蘭縣	大同鄉	5	86.74	94.32	168.32	194.88
TCU095	新竹縣	峨眉鄉	6	95.49	250.80	684.52	366.54
TCU015	新竹市	茄冬里	5	101.32	65.62	122.14	128.12
ILA013	宜蘭縣	宜蘭市	5	135.19	39.72	146.60	134.16
TAP032	台北縣	中和市	5	144.17	57.36	112.16	108.26
TAP017	台北縣	新莊市	5	148.09	33.92	97.20	110.66
TAP014	台北市	松山區	5	153.13	28.24	69.08	106.82
TAP090	台北市	南港區	5	155.83	28.78	87.74	135.96
TAP095	台北市	北投區	5	158.23	46.78	91.46	138.24
TAP104	基隆市	中山區	4	172.41	17.76	32.60	37.02

資料來源：中央氣象局

表 2.1.1 南投縣建築物損壞統計表

鄉(鎮市區)	損壞建築物棟數	比例(%)
中寮鄉	823	17.75
水里鄉	91	1.96
名間鄉	255	5.5
竹山鎮	404	8.71
南投市	1134	24.46
埔里鎮	451	9.73
草屯鎮	846	18.24
國姓鄉	182	3.92
魚池鄉	74	1.6
鹿谷鄉	173	3.73
集集鎮	204	4.4
合計	4637	100

表 2.1.2 台北縣建築物損壞統計表

(鎮市區)	損壞建築物棟數	比例(%)
八里鄉	12	3.57
三重市	20	5.95
三峽鎮	2	0.6
土城市	10	2.98
中和市	66	19.64
五股鄉	11	3.27
永和市	12	3.57
汐止鎮	7	2.08
板橋市	19	5.65
泰山鄉	16	4.76
淡水鎮	8	2.38
新店市	23	6.85
新莊市	122	36.31
樹林鄉	2	0.6
蘆洲鄉	5	1.49
鶯歌鎮	1	0.3
合計	336	100

表 2.2.1 依樓層別全國建築物損壞統計表

縣(市)	1~3樓	4~6樓	7~11樓	12~14樓	15樓以上	合計
台北市	22	49	29	43	14	157
台北縣	83	92	29	65	68	337
台中市	74	9	6	16	5	110
台中縣	2502	223	45	31	14	2815
南投縣	4163	413	44	13	4	4637
桃竹苗	361	12	14	5	8	400
彰雲嘉	268	30	8	5	6	317
合計	7473	828	175	178	119	8773

表 2.2.2 依構造類別全國建築物損壞統計表

縣(市)	RC	鋼構造	磚造	木造	SRC	土塊厝	鐵皮屋	其他	合計
台中市	67	1	28	3	1	6	1	0	107
台中縣	1337	16	688	43	4	514	49	144	2795
台北市	138	0	3	0	2	0	0	8	151
台北縣	264	0	3	0	3	0	0	16	286
南投縣	2291	25	1069	67	9	555	16	399	4431
苗栗縣	173	0	125	8	1	21	1	19	348
桃園縣	12	1	0	0	0	0	0	0	13
雲林縣	51	1	72	3	0	12	0	17	156
新竹市	21	0	2	0	1	0	0	0	24
新竹縣	13	0	1	0	0	0	0	1	15
嘉義市	2	0	0	0	0	0	0	0	2
嘉義縣	6	0	0	0	0	0	0	1	7
彰化縣	81	5	55	0	0	5	0	6	152
合計	4456	49	2046	124	21	1113	67	611	8487

表 2.2.3 依建造年代別全國建築物損壞統計表

縣(市)	63年以前	64~71年	72~78年	79~86年	86年以後	不詳	合計
台中市	33	8	6	22	4	27	100
台中縣	1181	585	365	322	108	218	2779
台北市	12	61	45	19	4	10	151
台北縣	7	50	46	98	70	12	283
南投縣	1396	796	475	376	183	405	3631
苗栗縣	135	75	34	52	26	26	348
桃園縣	0	3	3	5	1	1	13
雲林縣	89	28	14	15	4	6	156
新竹市	5	1	1	5	12	0	24
新竹縣	2	1	2	7	3	0	15
嘉義市	0	1	0	1	0	0	2
嘉義縣	3	1	1	2	0	0	7
彰化縣	52	31	17	31	12	9	152
合計	2915	1641	1009	955	427	714	7661

表 2.2.4 依用途別全國建築物損壞統計表

縣(市)	住宅	商店	住商 混合	辦公室	醫院	學校	政府 機關	工廠	歷史 建築	其他	合計
台中市	46	2	45	0	0	6	0	2	1	3	105
台中縣	2240	45	239	21	2	68	17	93	5	48	2778
台北市	64	3	56	16	2	6	3	0	0	2	152
台北縣	137	5	108	6	1	5	0	15	0	6	283
南投縣	3286	175	519	24	15	88	67	61	10	140	4385
苗栗縣	329	4	0	0	1	4	0	3	0	7	348
桃園縣	7	2	4	0	0	0	0	0	0	0	13
雲林縣	138	4	7	1	0	1	1	1	2	1	156
新竹市	7	2	12	0	0	1	2	0	0	0	24
新竹縣	8	0	1	0	0	3	0	1	1	1	15
嘉義市	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
嘉義縣	3	0	0	1	0	0	0	1	1	1	7
彰化縣	107	14	23	1	0	0	0	6	0	1	152
合計	6373	256	1015	70	21	182	90	183	20	210	8420

表 2.2.5 依平面形狀別全國建築物損壞統計表

縣(市)	矩形	L 形	門形	十形	H 形	其他	合計
台中市	80	4	7	0	1	2	94
台中縣	2284	117	260	1	2	78	2742
台北市	124	6	7	0	2	9	148
台北縣	192	18	36	2	3	11	262
南投縣	3666	143	313	1	2	81	4206
苗栗縣	269	27	48	0	1	3	348
桃園縣	8	0	2	0	1	2	13
雲林縣	142	3	9	0	0	2	156
新竹市	19	0	1	0	0	4	24
新竹縣	9	5	1	0	0	0	15
嘉義市	2	0	0	0	0	0	2
嘉義縣	7	0	0	0	0	0	7
彰化縣	138	1	9	0	0	4	152
合計	6940	324	693	4	12	196	8169

表 2.2.6 依立面形狀別全國建築物損壞統計表

縣(市)	有騎樓	底層挑高	二樓以上懸臂	二樓以上退縮	其他形狀	合計
台中市	32	8	3	2	0	45
台中縣	376	53	29	11	653	1122
台北市	69	10	13	4	16	112
台北縣	136	72	16	10	6	240
南投縣	1325	56	89	16	188	1674
苗栗縣	39	0	11	4	294	348
桃園縣	0	0	0	0	13	13
雲林縣	31	3	1	0	1	36
新竹市	0	0	0	0	24	24
新竹縣	0	0	0	0	15	15
嘉義市	1	0	0	0	0	1
嘉義縣	2	1	0	0	3	6
彰化縣	26	1	0	0	0	27
合計	2037	204	162	47	1213	3663

表 2.3.1 依構造類別南投縣建物損壞統計

鄉(鎮市區)	鋼筋混凝土造	鋼構造	磚造	木造	鋼骨鋼筋 混凝土造	土塊厝	鐵皮屋	其他	合計
中寮鄉	217	4	291	12	2	80	3	178	787
水里鄉	56	0	14	1	0	2	0	18	91
名間鄉	60	1	68	2	1	50	0	53	235
竹山鎮	292	3	44	10	2	0	2	17	370
南投市	761	3	234	6	3	13	1	41	1062
埔里鎮	326	4	69	2	0	30	3	14	448
草屯鎮	372	3	199	3	1	231	7	13	829
國姓鄉	58	1	45	3	0	63	0	7	177
魚池鄉	37	1	11	0	0	19	0	4	72
鹿谷鄉	57	2	62	19	0	2	0	16	158
集集鎮	55	3	32	9	0	65	0	38	202
合計	2291	25	1069	67	9	555	16	399	4431

表 2.4.1 依構造類別台中縣建物損壞統計

鄉(鎮市區)	鋼筋混凝土造	鋼構造	磚造	木造	鋼骨鋼筋 混凝土造	土塊厝	鐵皮屋	其他	合計
大肚鄉	7	0	2	0	0	3	0	1	13
大里市	92	0	7	0	0	2	0	6	107
太平市	111	2	33	0	0	3	1	1	151
石岡鄉	203	2	190	26	0	196	15	21	653
東勢鎮	365	3	248	8	2	74	3	62	765
烏日鄉	7	0	4	0	0	0	0	0	11
神岡鄉	5	0	0	0	0	5	0	0	10
新社鄉	71	0	110	6	0	191	1	11	390
潭子鄉	4	0	1	0	0	3	0	0	8
豐原市	345	9	83	3	2	37	29	29	537
霧峰鄉	127	0	10	0	0	0	0	13	150
合計	1337	16	688	43	4	514	49	144	2795

表 2.5.1 依構造類別台北縣建物損壞統計

表 2.5.1 依構造類別台北縣建物損壞統計

鄉(鎮市區)	鋼筋混凝土造	鋼構造	磚造	木造	鋼骨鋼筋 混凝土造	土塊厝	鐵皮屋	其他	合計
八里鄉	9	0	1	0	0	0	0	1	11
三重市	15	0	0	0	1	0	0	0	16
三峽鎮	0	0	1	0	0	0	0	1	2
土城市	9	0	0	0	0	0	0	0	9
中和市	59	0	0	0	0	0	0	5	64
五股鄉	8	0	0	0	0	0	0	0	8
永和市	9	0	0	0	0	0	0	1	10
汐止鎮	7	0	0	0	0	0	0	0	7
板橋市	13	0	0	0	0	0	0	1	14
泰山鄉	12	0	1	0	0	0	0	1	14
淡水鎮	4	0	0	0	0	0	0	2	6
新店市	14	0	0	0	0	0	0	0	14
新莊市	97	0	0	0	2	0	0	3	102
樹林鄉	1	0	0	0	0	0	0	1	2
蘆洲鄉	5	0	0	0	0	0	0	0	5
鶯歌鎮	1	0	0	0	0	0	0	0	1
合計	264	0	3	0	3	0	0	16	286

表 2.6.1 車籠埔斷層經過之鄉鎮市建物損壞統計

縣(市)	鄉(鎮市區)	損壞建築物棟數
苗栗縣	卓蘭鎮	345
台中縣	太平市	159
	石岡鄉	653
	東勢鎮	756
	潭子鄉	8
	豐原市	537
	霧峰鄉	151
台中市	北屯區	37
南投縣	名間鄉	255
	竹山鎮	404
	南投市	937
	草屯鎮	846
合計		5088

表 3.1.1 鋼筋混凝土構造依樓層別之損害統計表

樓層	整體或部份 塌陷	整體或部份 傾斜	嚴重 破壞	中度 破壞	輕度 破壞	合計
1~3層	503	386	752	715	796	3152
4~6層	130	47	204	169	188	738
7~11層	18	7	18	38	79	160
12~14層	11	2	27	52	79	171
15層以上	4	1	5	19	75	104
合計	666	443	1006	993	1217	4325

表 3.1.2 鋼筋混凝土構造依建造年代別之損害統計表

建造年代	整體或部份 塌陷	整體或部份 傾斜	嚴重 破壞	中度 破壞	輕度 破壞	合計
63年以前	65	23	70	58	58	274
64~71年	186	91	282	261	263	1083
72~78年	112	84	175	187	205	763
79~86年	98	83	159	186	281	807
86年以後	35	31	69	77	139	351
不詳	79	64	107	68	59	377
合計	575	376	862	837	1005	3655

表 3.1.3 鋼筋混凝土構造依用途別之損害統計表

用途	整體或部份 塌陷	整體或部份 傾斜	嚴重 破壞	中度 破壞	輕度 破壞	合計
住宅	362	335	608	664	664	2633
商店	25	7	33	23	23	111
住商混合	133	56	205	182	182	758
辦公室	9	2	8	14	14	47
醫院	2	0	3	8	8	21
學校	35	9	64	32	32	172
政府機關	12	3	21	16	16	68
工廠	27	7	15	15	15	79
歷史建築	3	0	2	0	0	5
其他	39	14	21	17	17	108
合計	647	433	980	971	971	4002

表 3.1.4 鋼筋混凝土構造依立面形狀別之損害統計表

立面形狀	整體或部份 塌陷	整體或部份 傾斜	嚴重 破壞	中度 破壞	輕度 破壞	合計
有騎樓	276	195	471	491	640	2073
底層挑高	25	9	27	41	85	187
二樓以上懸 臂	14	14	48	33	38	147
二樓以上退 縮	3	6	7	7	16	39
立面其他	0	0	0	0	0	0
合計	318	224	553	572	779	2446

表 3.2.1 磚構造依建造年代別之損害統計表

建造年代	整體或部份 份塌陷	整體或部份 份傾斜	嚴重 破壞	中度 破壞	輕度 破壞	合計
63年以前	485	71	286	173	96	1111
64~71年	107	24	101	84	64	380
72~78年	38	13	26	32	22	131
79~86年	18	3	5	13	7	46
86年以後	5	2	3	8	4	22
不詳	57	13	41	18	18	147
合計	710	126	462	328	211	1837

表 3.2.2 磚構造依用途別之損害統計表

用途	整體或部份 份塌陷	整體或部份 份傾斜	嚴重 破壞	中度 破壞	輕度 破壞	合計
住宅	664	110	406	315	201	1696
商店	21	6	15	5	7	54
住商混合	37	6	49	11	6	109
辦公室	1	0	1	2	0	4
醫院	0	0	0	0	1	1
學校	1	1	2	3	1	8
政府機關	2	0	0	0	1	3
工廠	12	4	4	3	3	26
歷史建築	3	0	4	0	0	7
其他	18	4	14	9	8	53
合計	759	131	495	348	228	1961

表 3.5.1 木構造依用途別之損害統計表

用途	整體或部份 塌陷	整體或部份 傾斜	嚴重 破壞	中度 破壞	輕度 破壞	合計
住宅	35	11	17	11	8	82
商店	9	6	3	1	0	19
住商混合	3	1	0	0	0	4
辦公室	0	0	0	0	0	0
醫院	0	0	0	0	0	0
學校	1	0	0	0	0	1
政府機關	1	0	0	0	0	1
工廠	3	0	0	0	0	3
歷史建築	1	0	0	0	0	1
其他	2	0	0	0	0	2
合計	55	18	20	12	8	113

表 3.5.2 木構造依平面形狀別之損害統計表

平面形狀	整體或部份 塌陷	整體或部份 傾斜	嚴重 破壞	中度 破壞	輕度 破壞	合計
矩形	51	17	21	12	8	109
L形	2	0	0	1	0	3
門形	1	1	0	0	0	2
十形	0	0	0	0	0	0
H形	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	1	0	1
合計	54	18	21	14	8	115

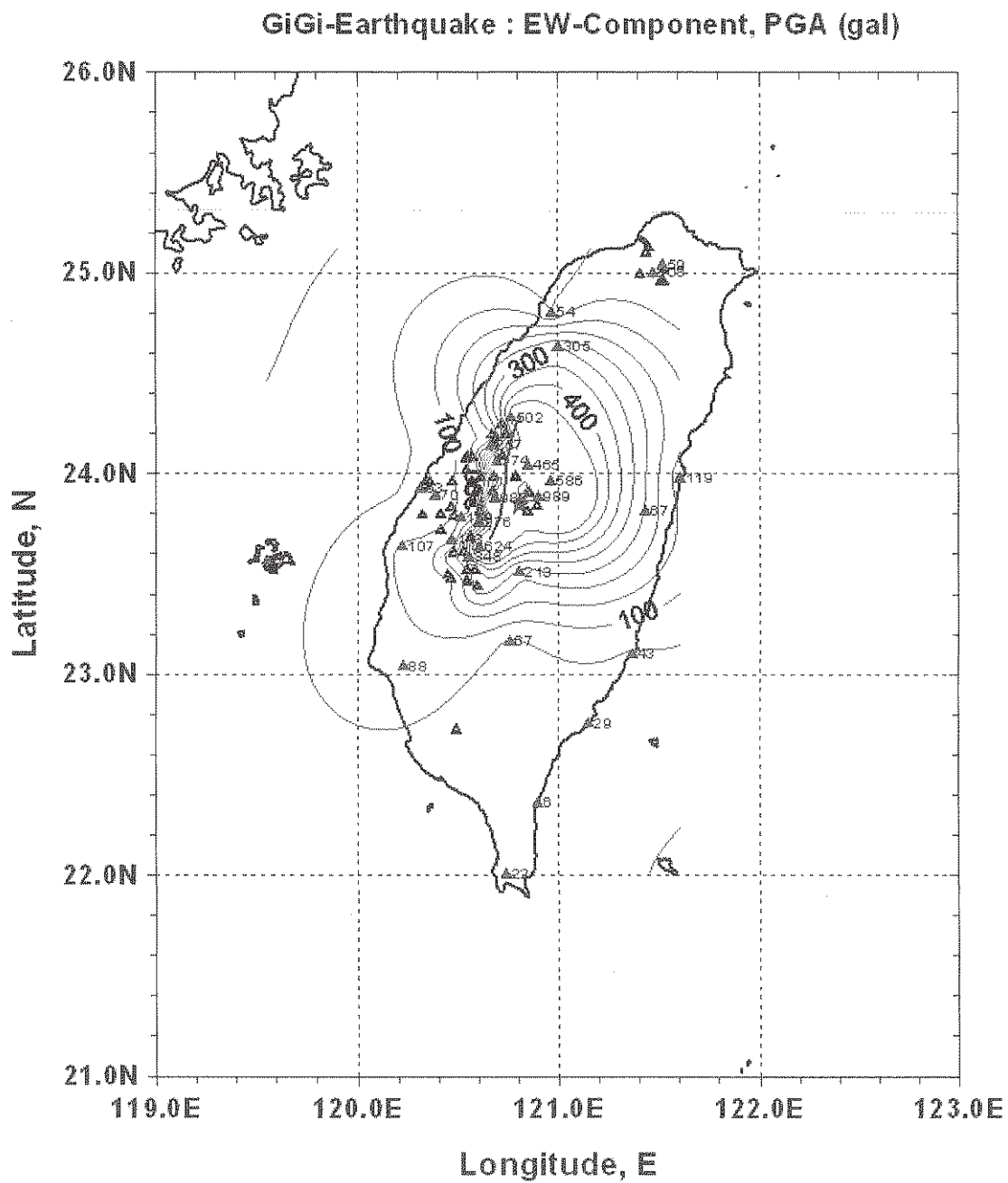


圖 1.1 集集大地震最大地表加速度等值線圖—東西向

(資料來源：國家地震工程研究中心，網址<http://921.ncree.gov.tw>)

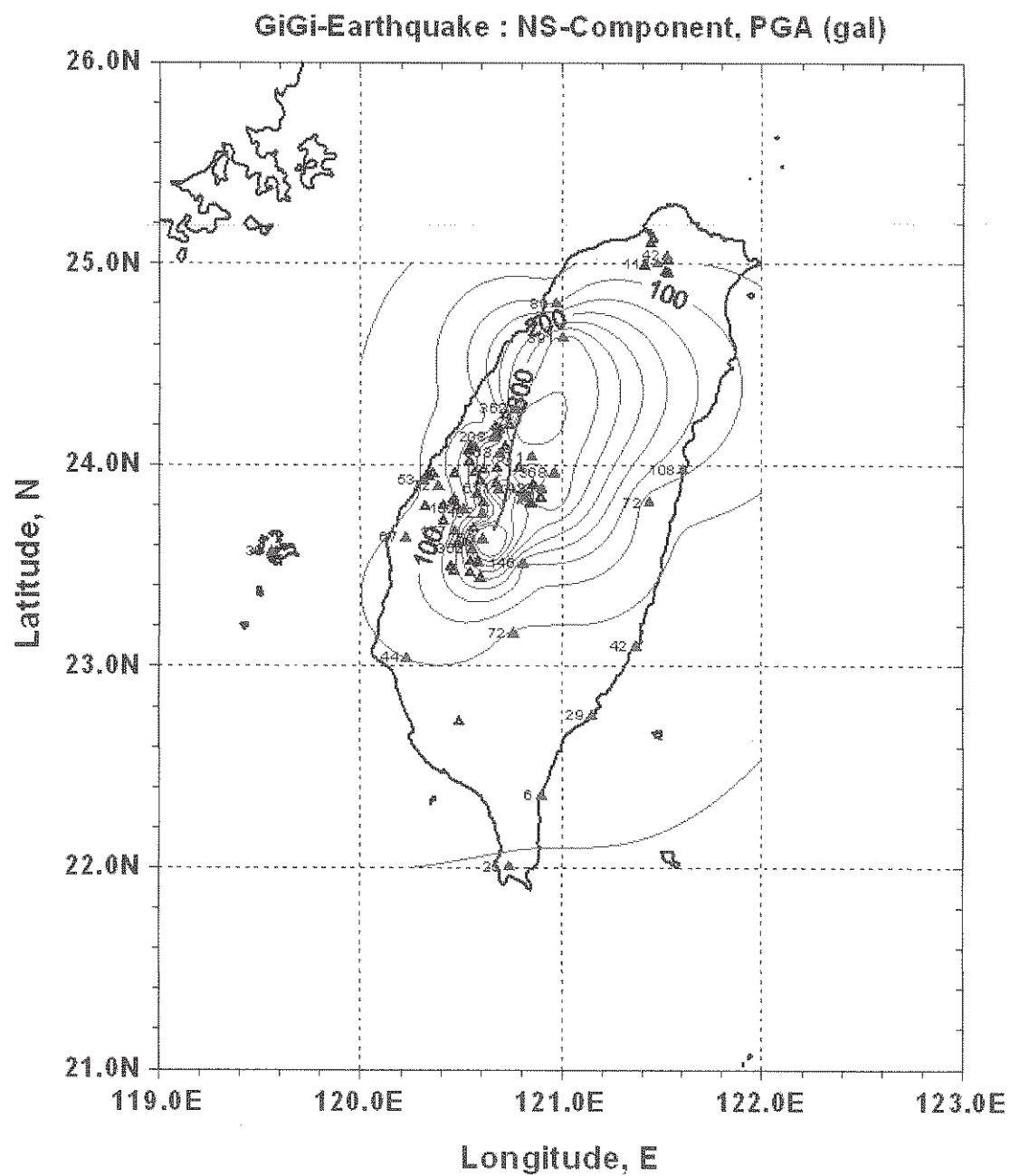


圖 1.2 集集大地震最大地表加速度等值線圖—南北向

(資料來源：國家地震工程研究中心，網址<http://921.ncree.gov.tw>)

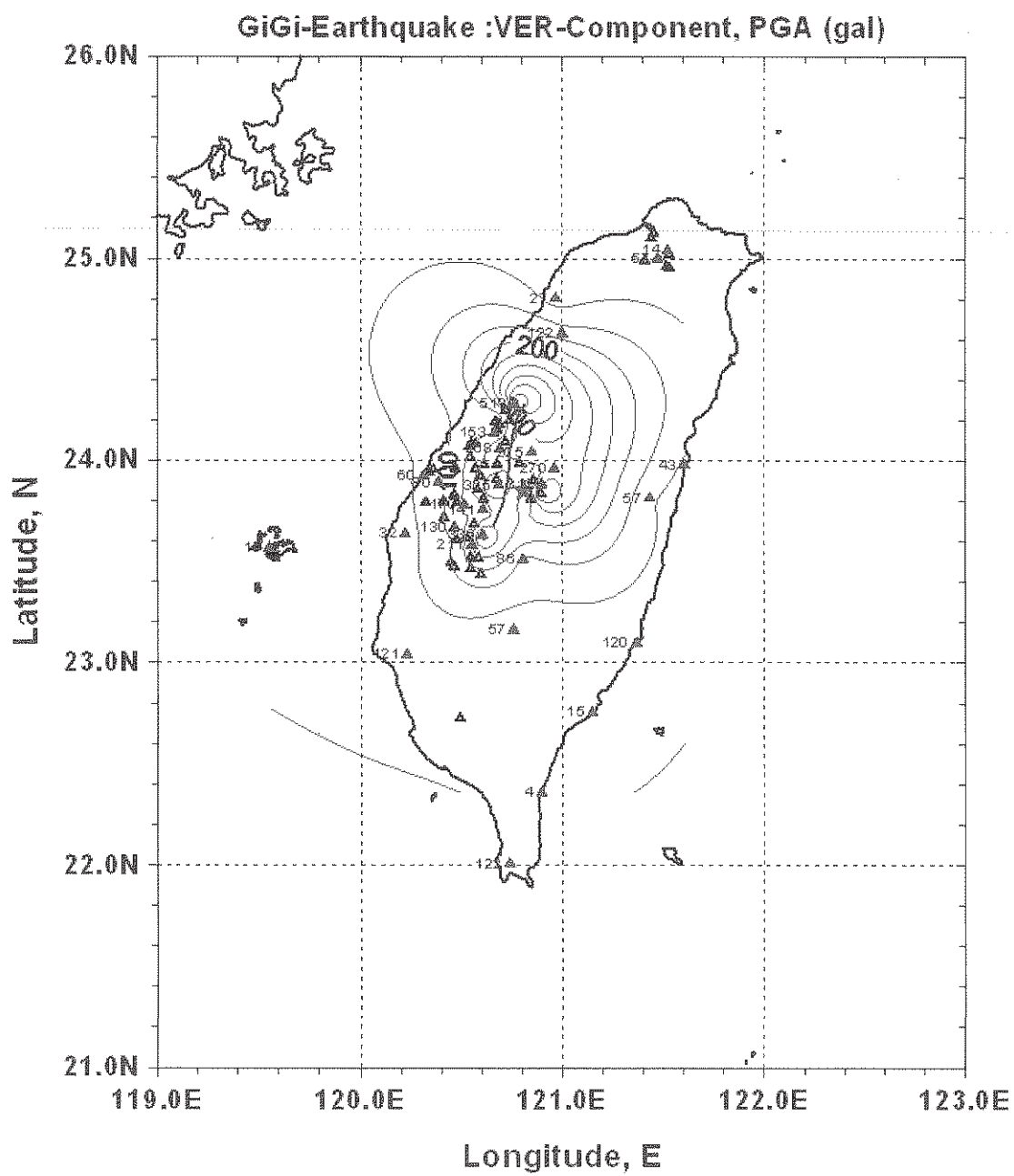
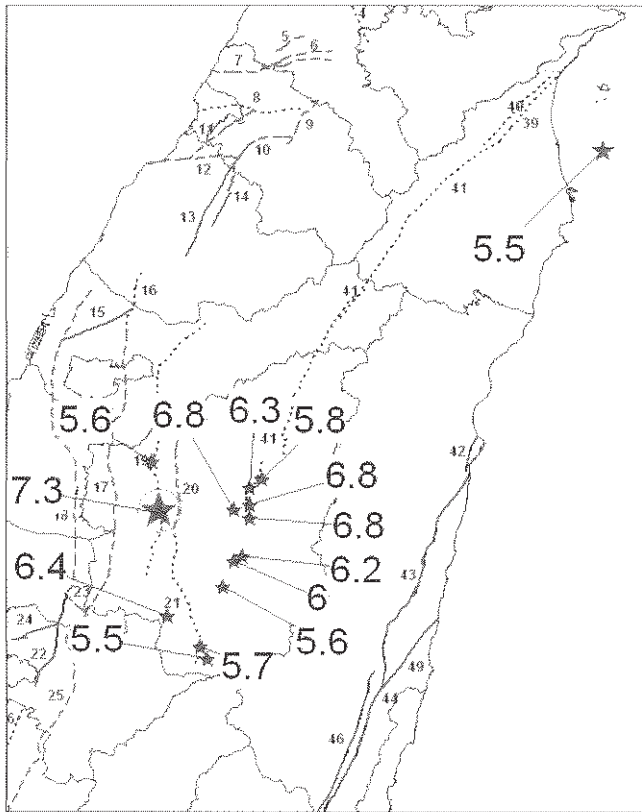


圖 1.3 集集大地震最大地表加速度等值線圖－垂直向

(資料來源：國家地震工程研究中心，網址<http://921.ncree.gov.tw>)



Major Aftershocks (ML $\geq$ 5.5)
As of time 1999/09/30
18:00 GMT+8

Data Source:
Central Weather Bureau

主要餘震規模 (ML $\geq$ 5.5)
至當地時間 09/30 18:00 止
資料來源: 中央氣象局

- 17.車籠埔斷層(Chelungpu fault)
- 18.彰化斷層(Changhua fault)
- 19.大茅埔-雙冬斷層
(Tamoupu-Hsuangtung fault)
- 20.Shuilikeng fault
- 21.Chenyulanchi fault
- 22.Chiuchiungkeng fault
- 23.古坑斷層(Kukeng fault)
- 24.梅山斷層(Meishan fault)
- 41.梨山斷層(Lishan fault)

圖 1.4 集集大地震後主要餘震分佈圖

(資料來源: 國家地震工程研究中心, 網址 <http://921.ncree.gov.tw>)

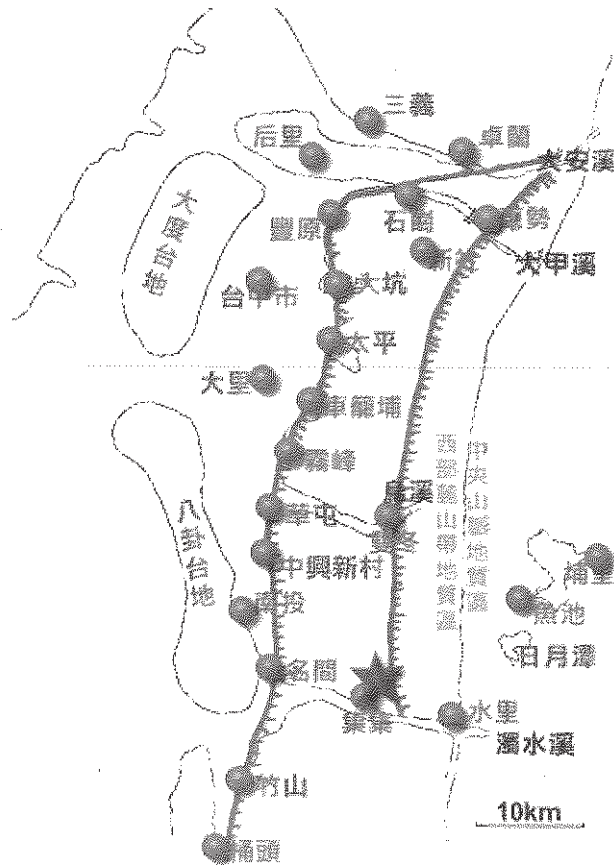


圖 1.5 車籠埔斷層及雙冬斷層與震央位置平面關係圖

(資料來源：中央大學地球物理研究所，網址 <http://oc0.gep.ncu.edu.tw>)

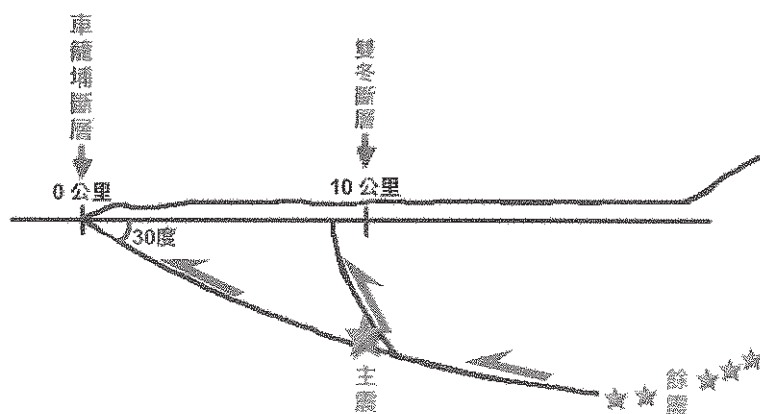
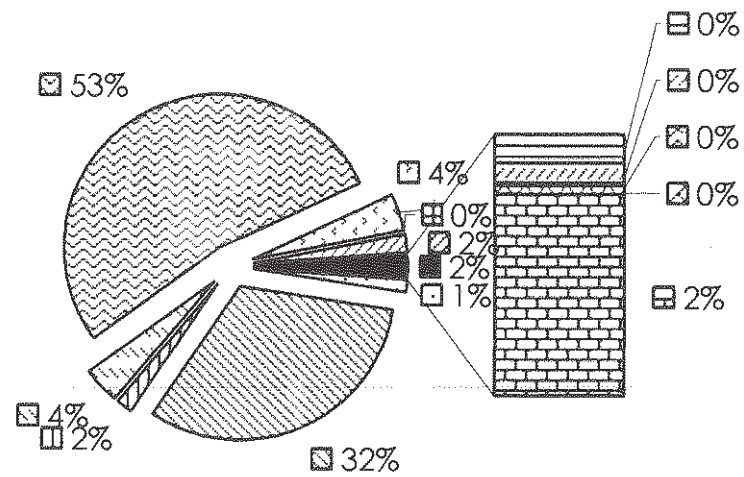


圖 1.6 車籠埔斷層及雙冬斷層與震央位置剖面關係圖

(資料來源：中央大學地球物理研究所，網址 <http://oc0.gep.ncu.edu.tw>)



台中市 (110)	台中縣 (2815)	台北市 (157)	台北縣 (337)
南投縣 (4637)	苗栗縣 (348)	桃園縣 (13)	雲林縣 (156)
新竹市 (24)	新竹縣 (15)	嘉義市 (2)	嘉義縣 (7)
彰化縣 (152)			

圖2.1.1 全國建物損害分佈(百分比與棟數)

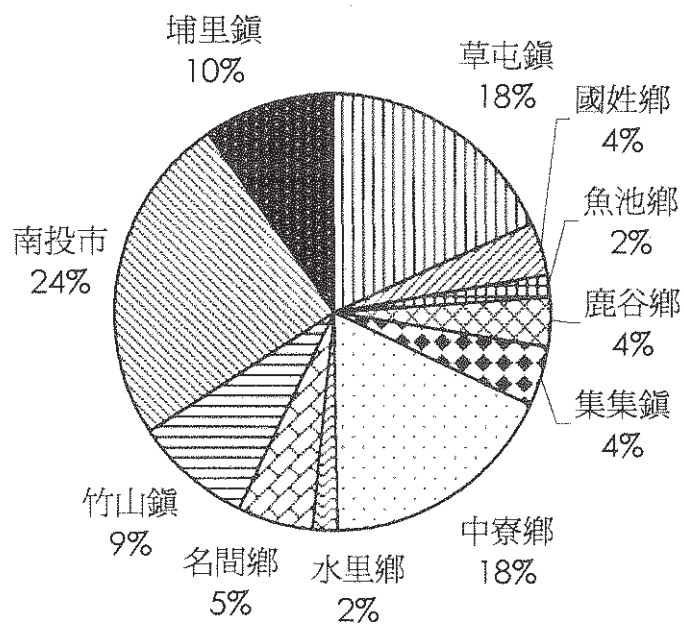


圖2.1.2 南投縣建物損害分佈

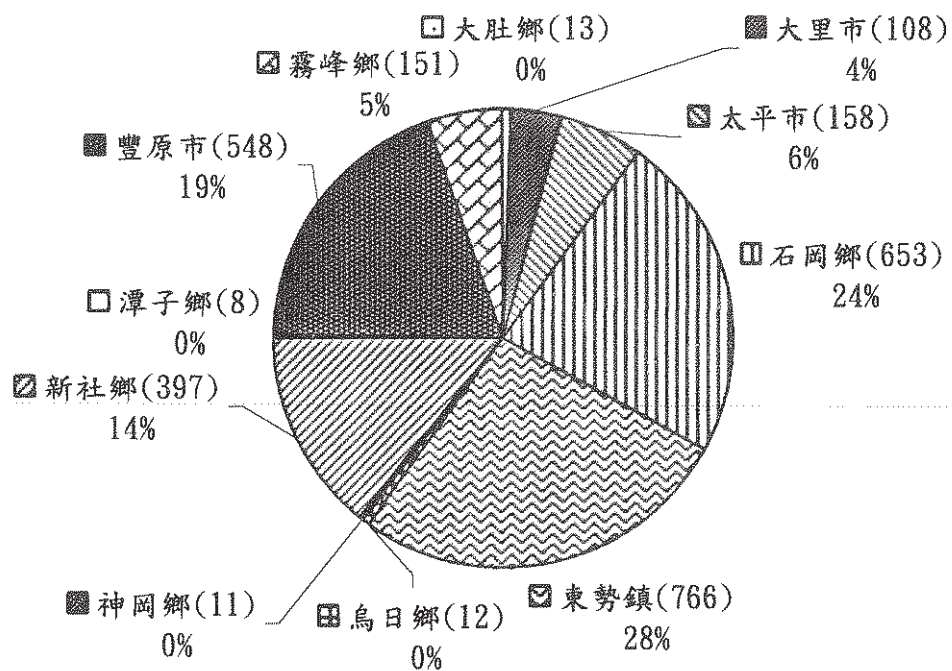


圖2.1.3 台中縣建物損害分佈（百分比與棟數）

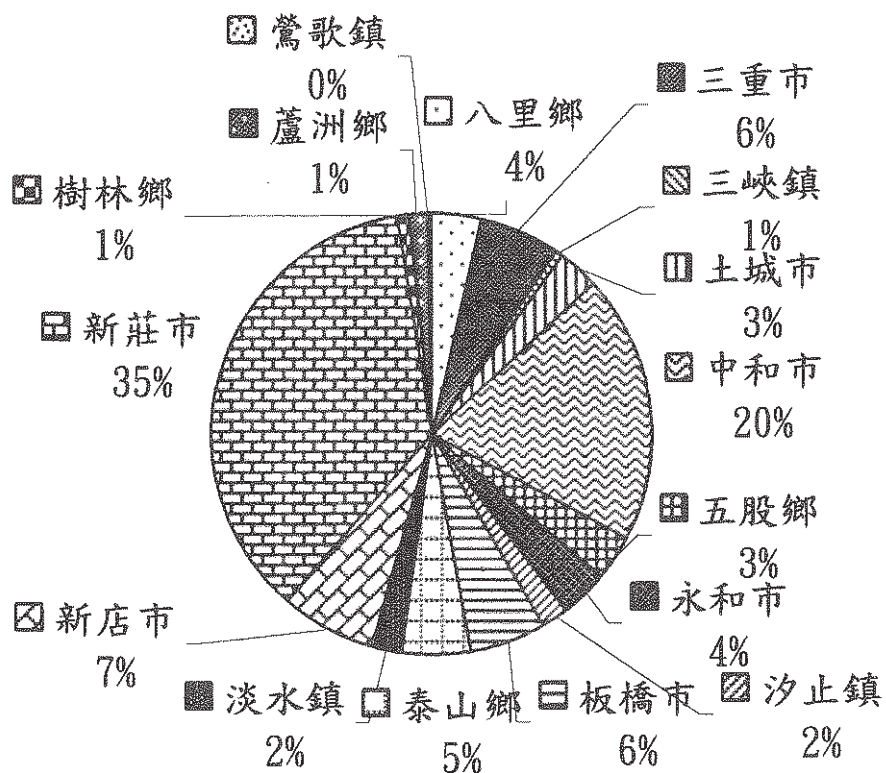


圖2.1.4 台北縣建物損害分佈

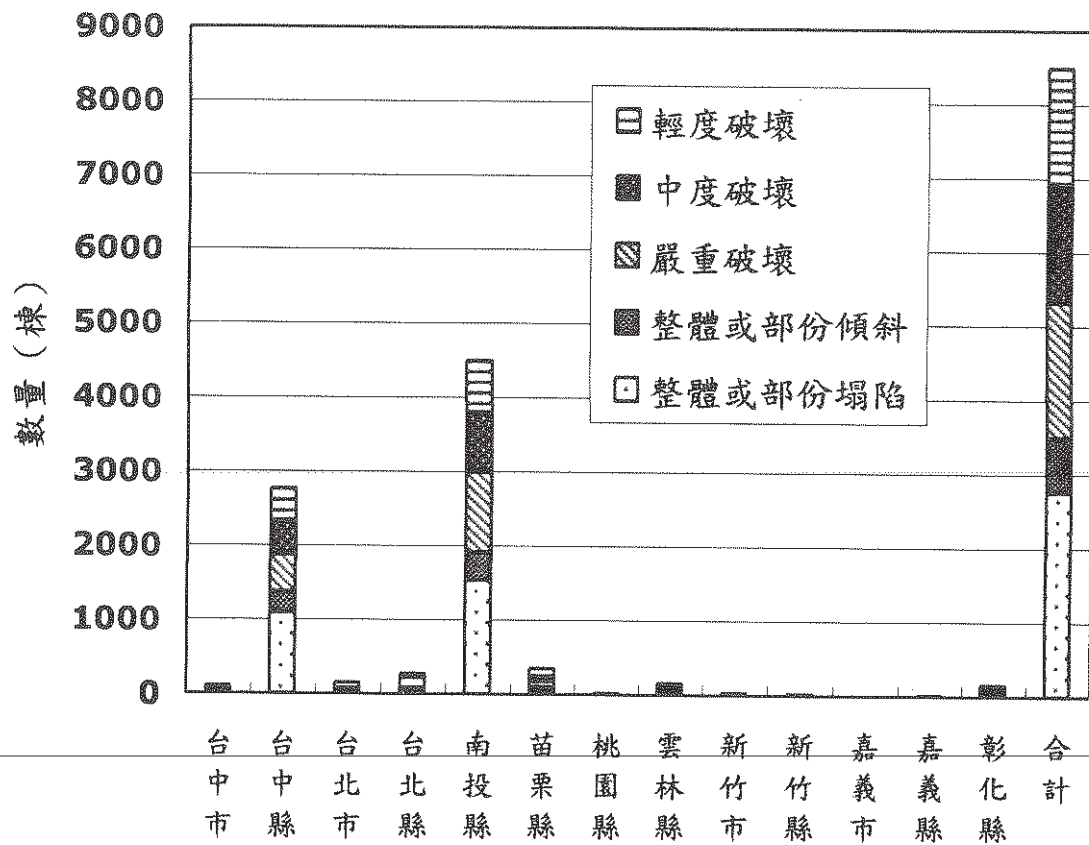


圖2.2.1 依損壞程度別全國建物損壞統計圖

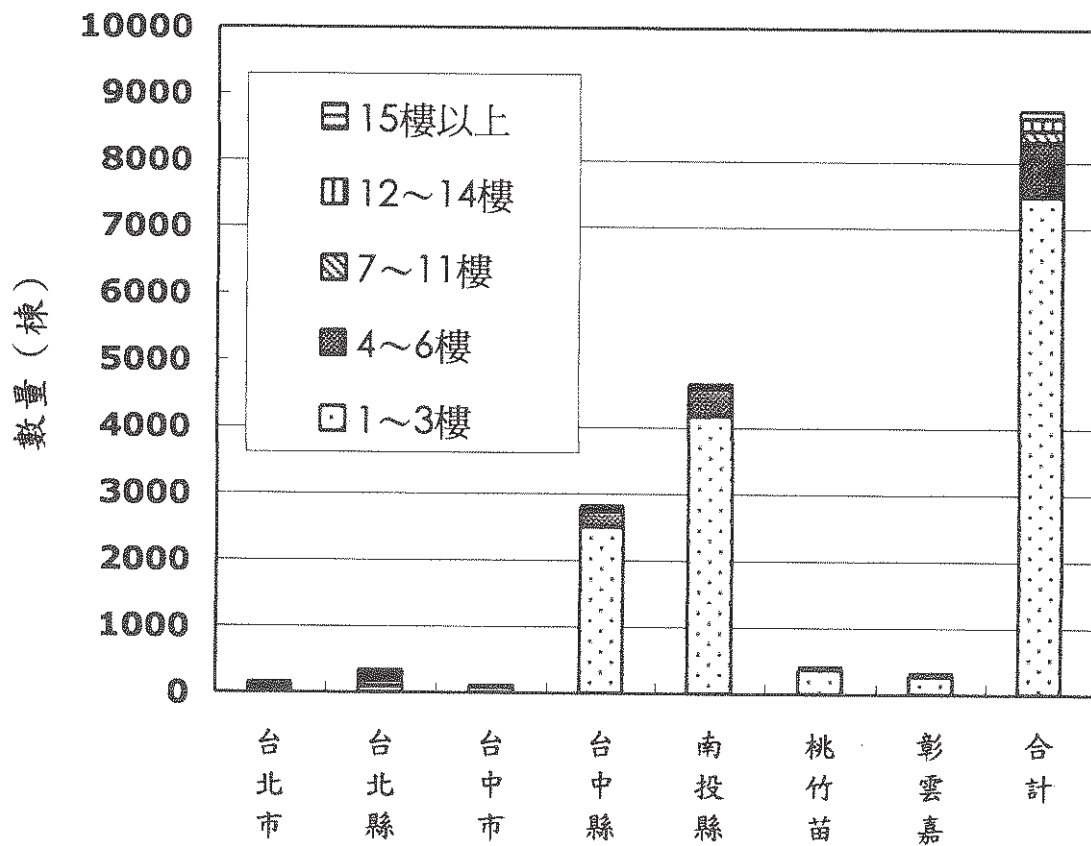


圖2.2.2 依樓層區分全國建物損害統計圖

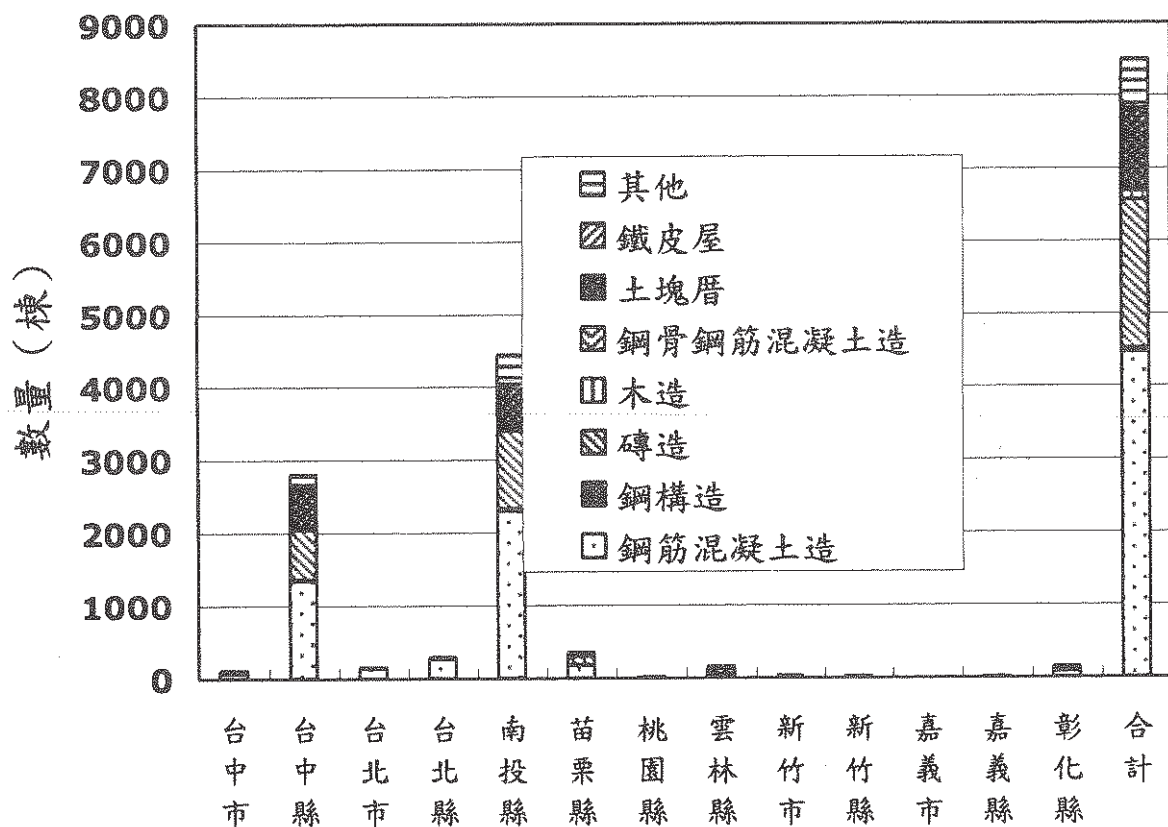


圖2.2.3 依構造類別全國建物損壞統計圖

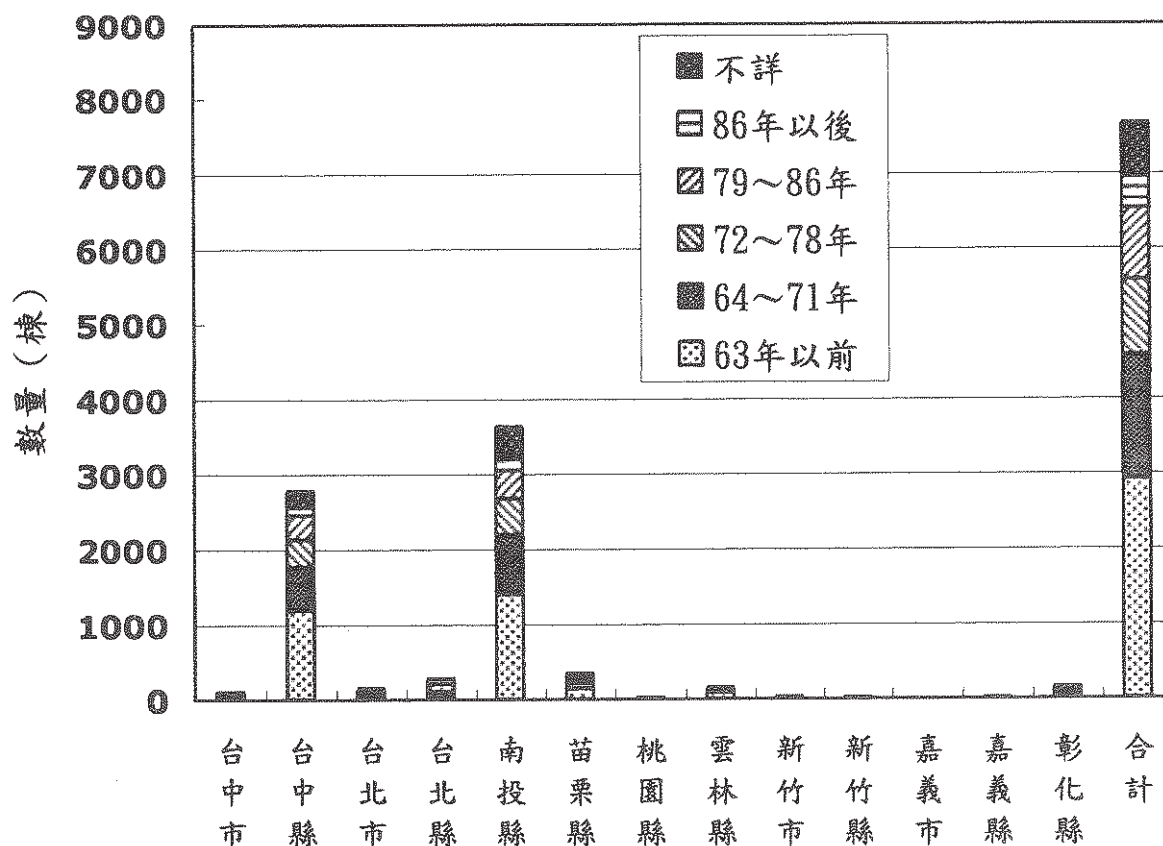


圖2.2.4 依年代區分全國建物損害統計圖

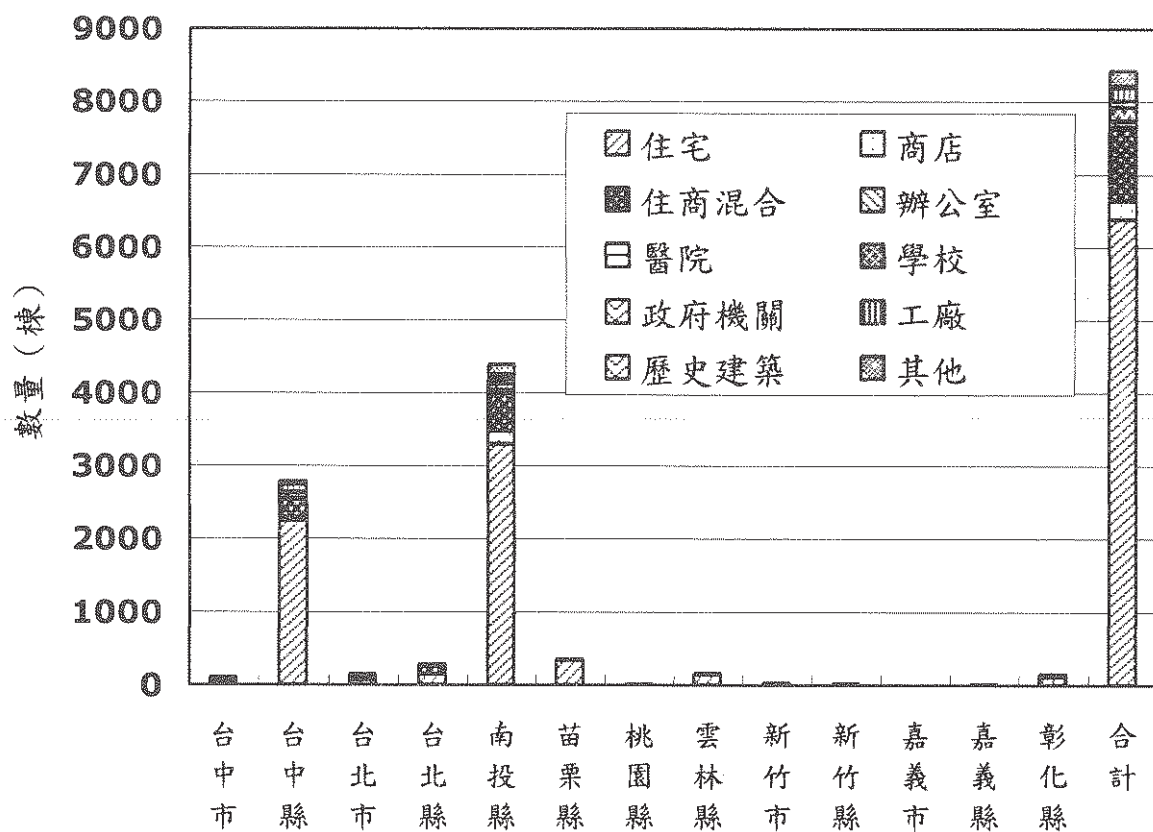


圖2.2.5 依用途別全國建物損壞統計圖

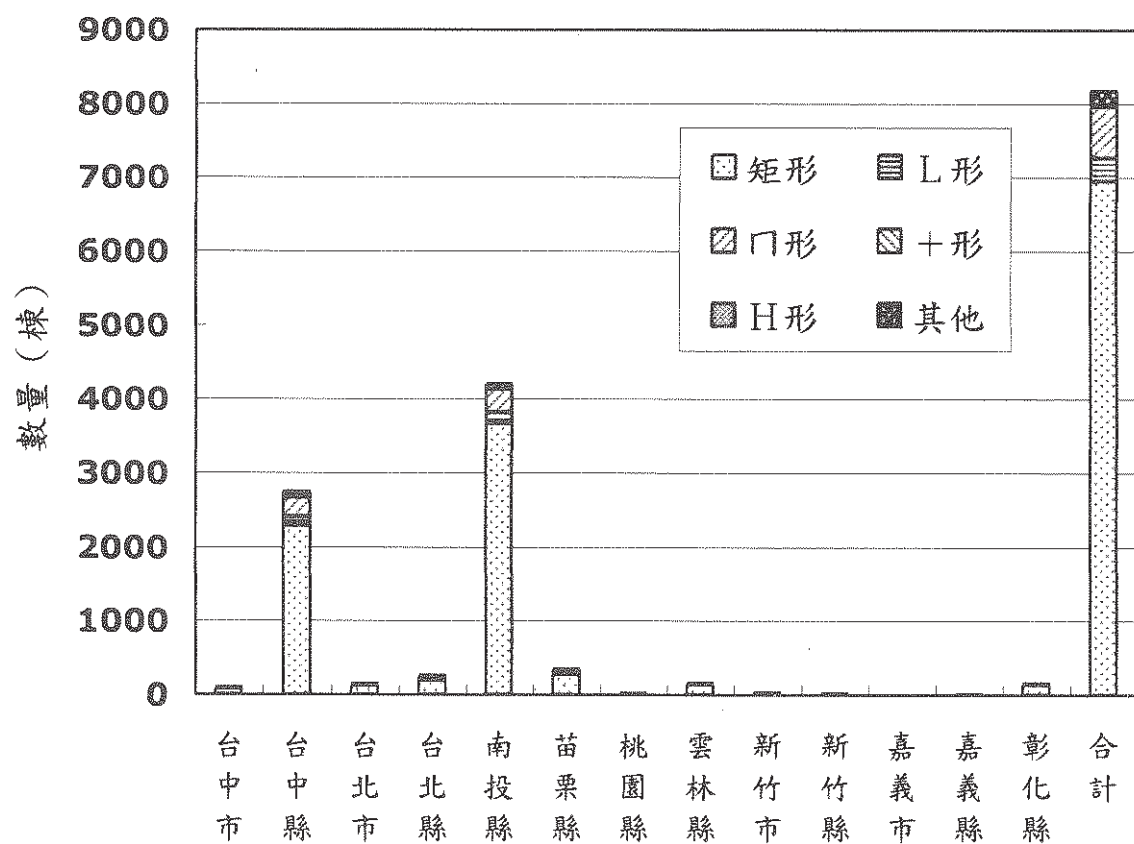


圖2.2.6 依平面形狀別全國建物損壞統計圖

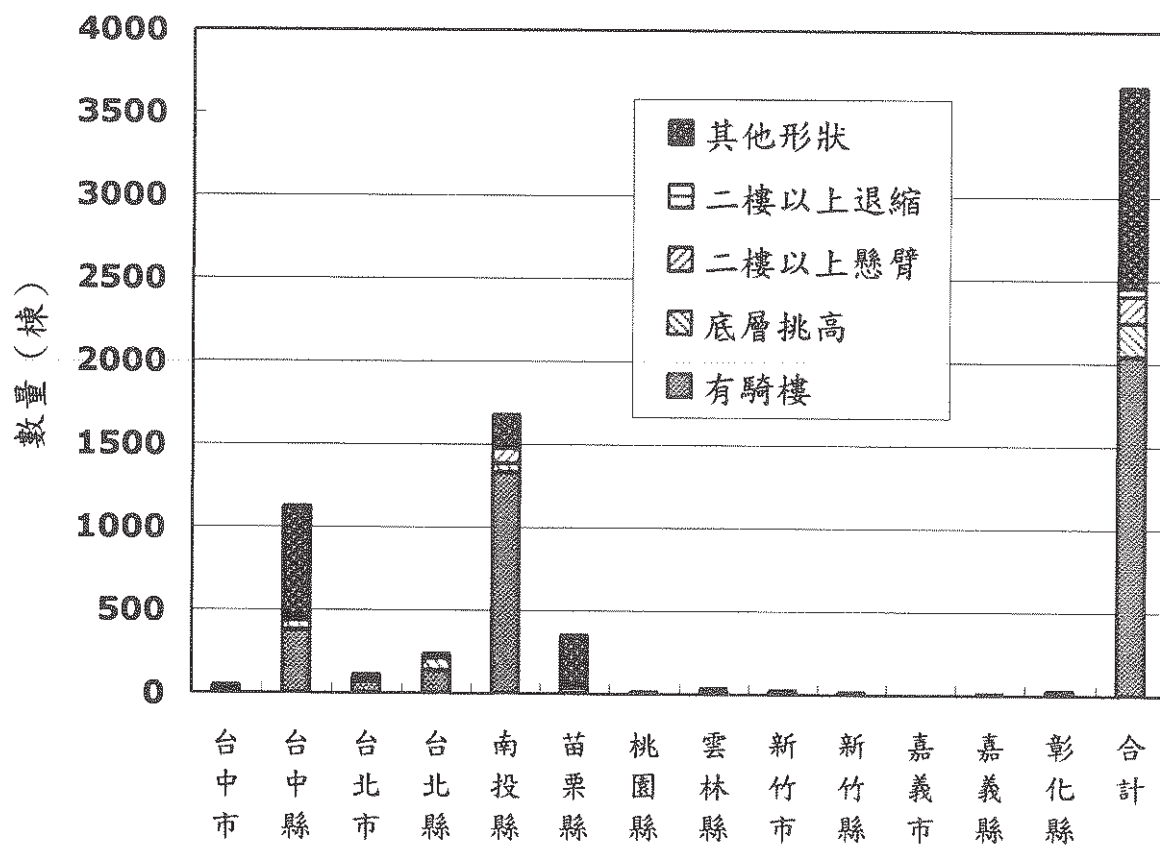


圖2.2.7 依立面形狀別全國建物損壞統計圖

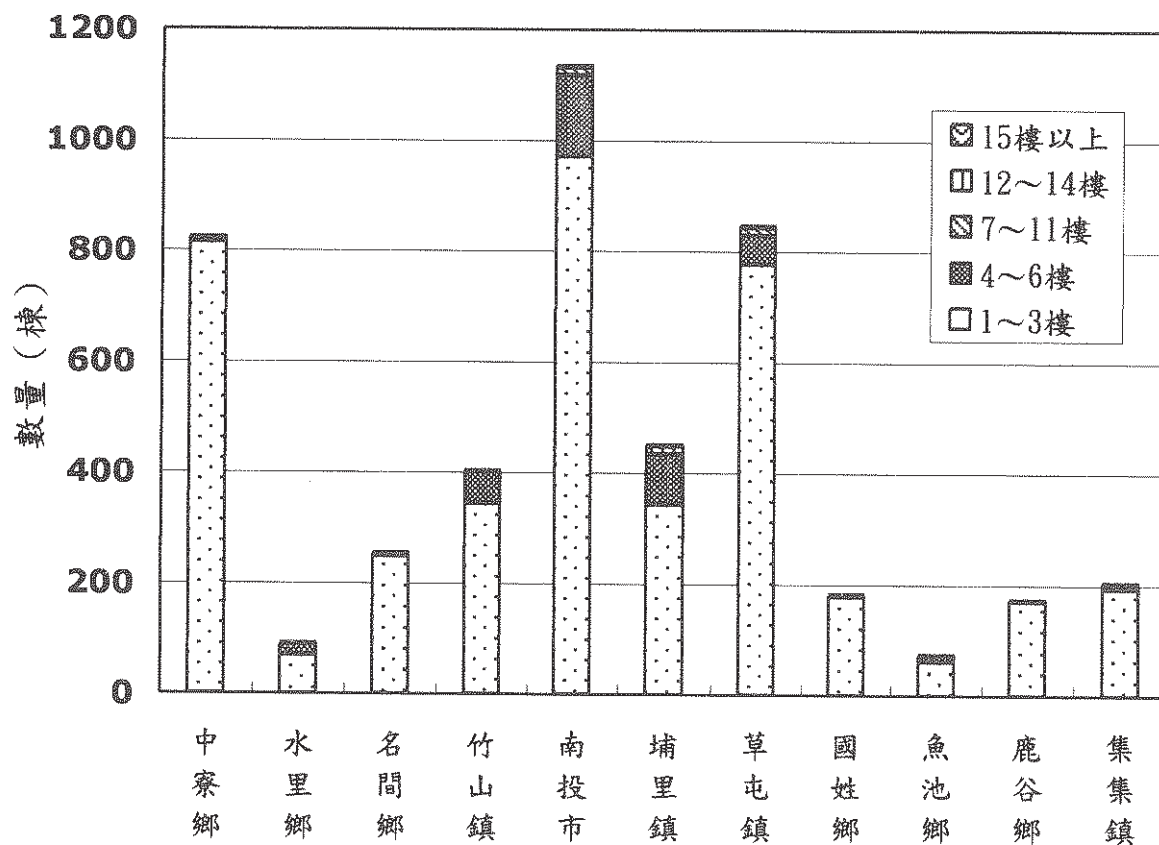


圖2.3.1 依樓層別南投縣建物損壞統計

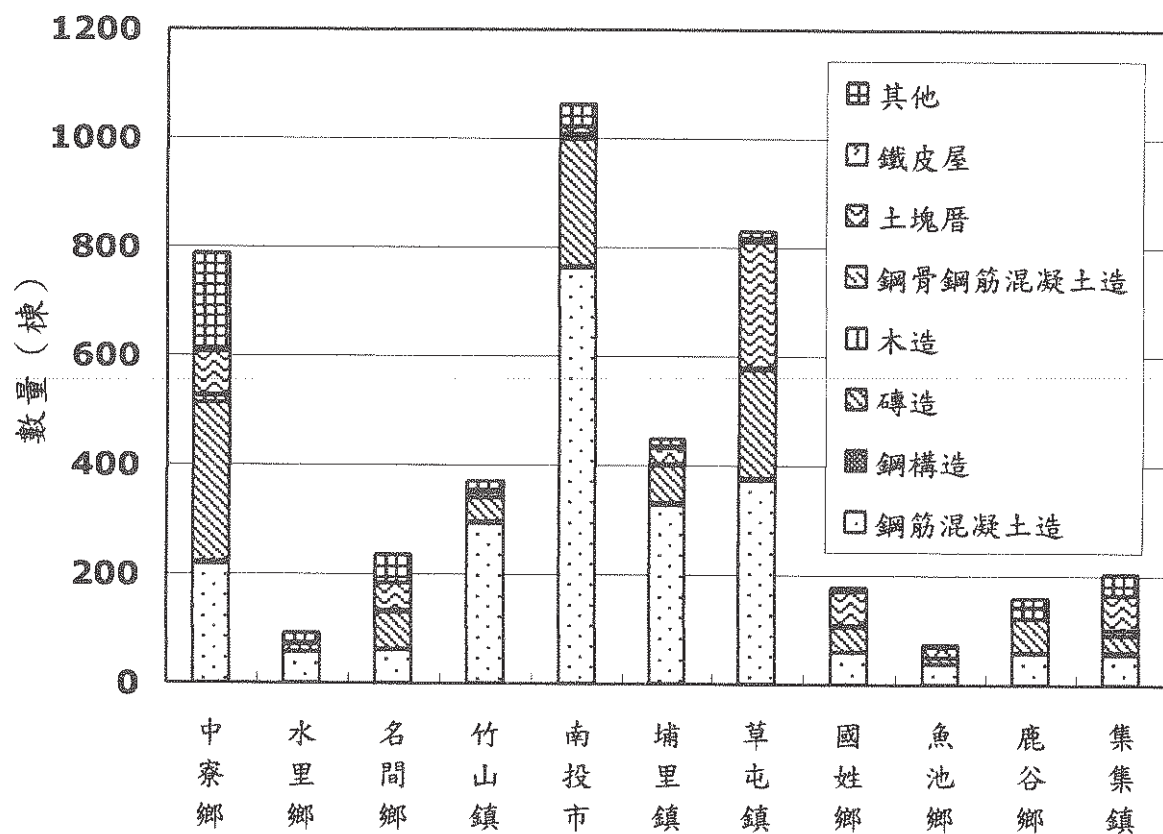


圖2.3.2 依構造種類南投縣建物損壞統計南投縣統計

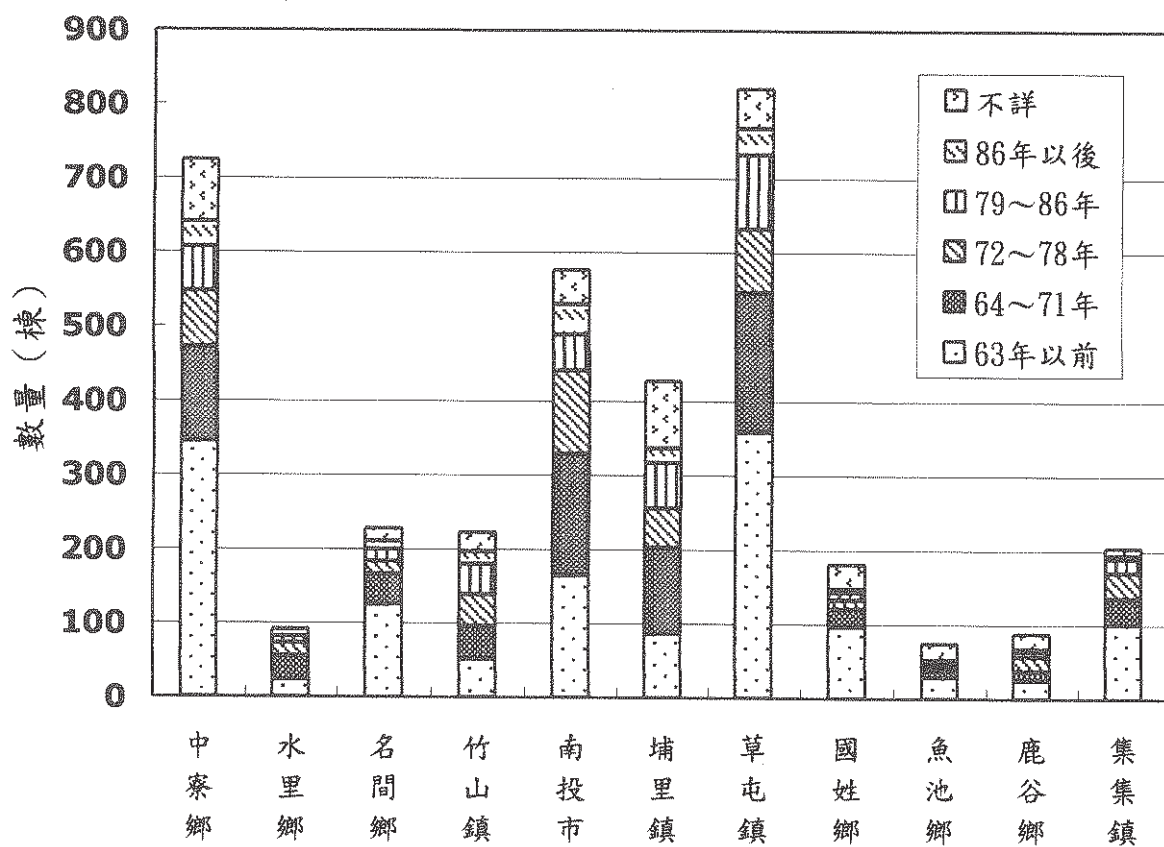


圖2.3.3 依建造年代南投縣建物損壞統計

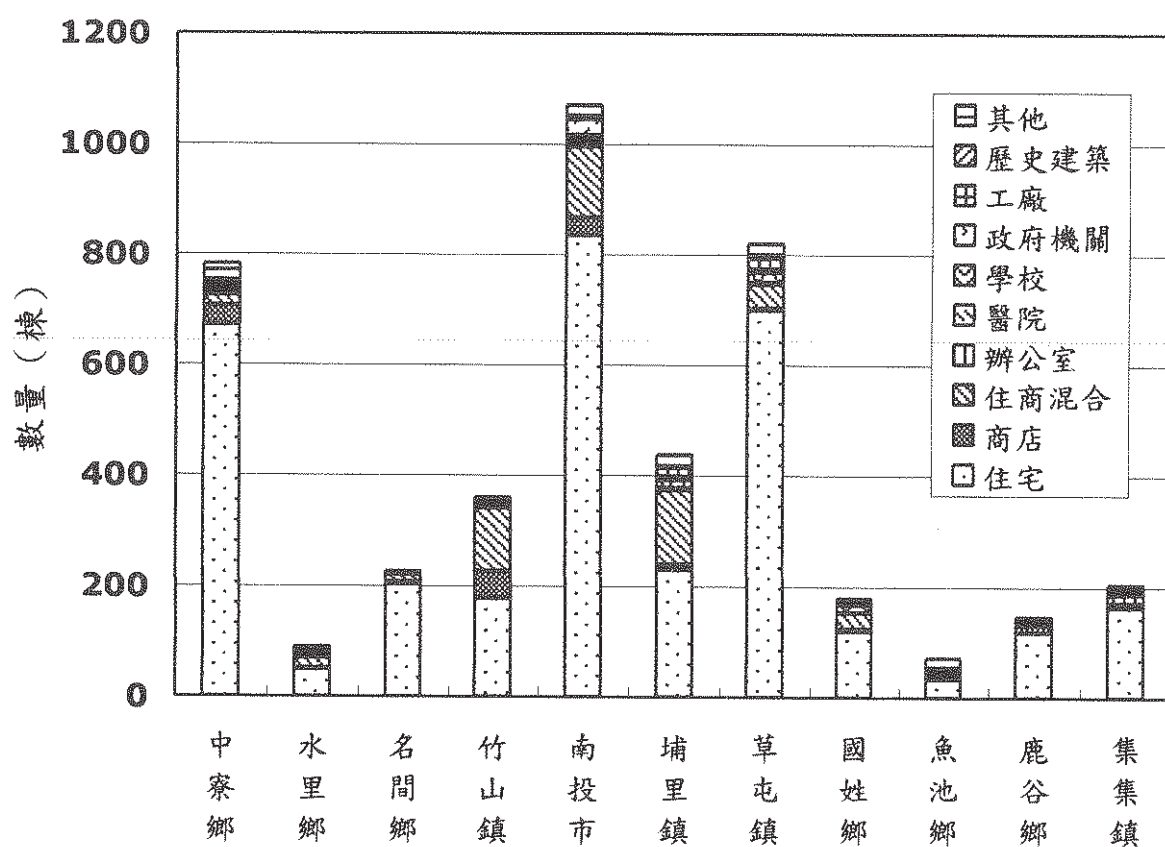


圖2.3.4 依用途南投縣建物損壞統計

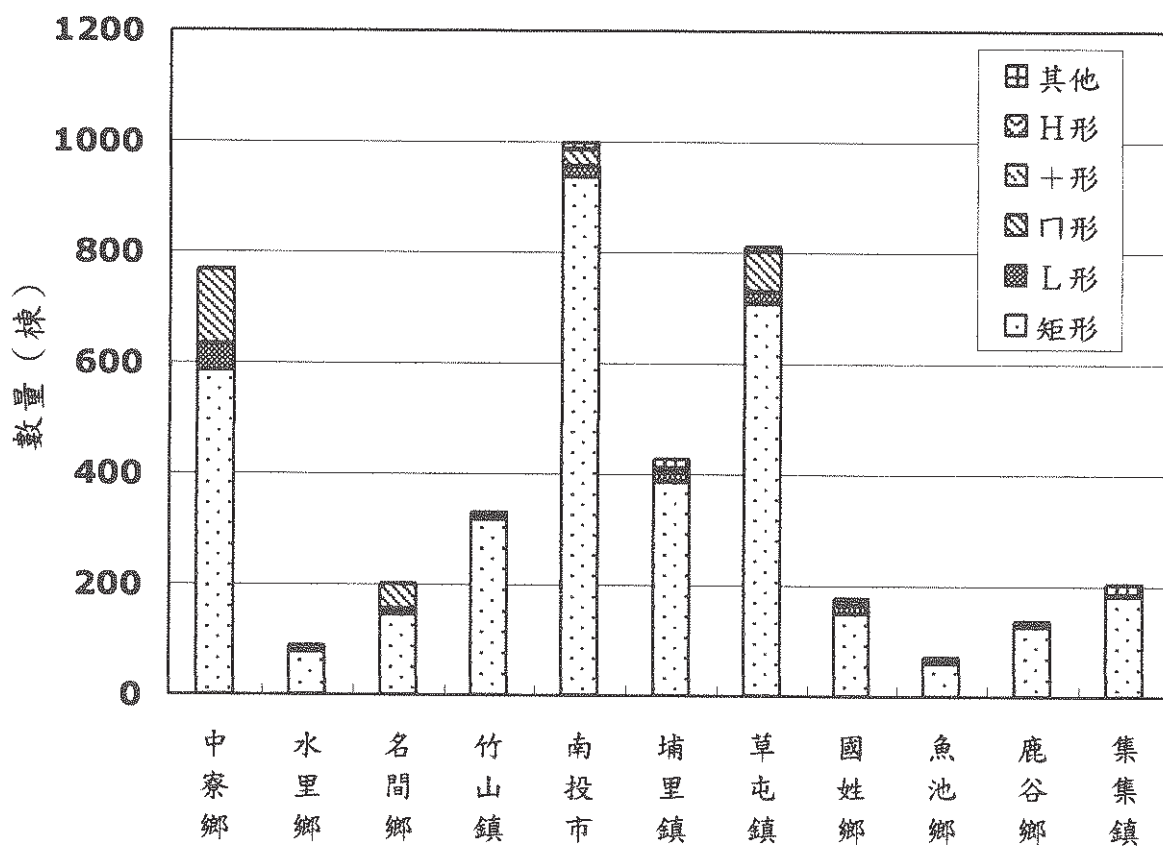


圖2.3.5 依平面形狀南投縣建物損壞統計

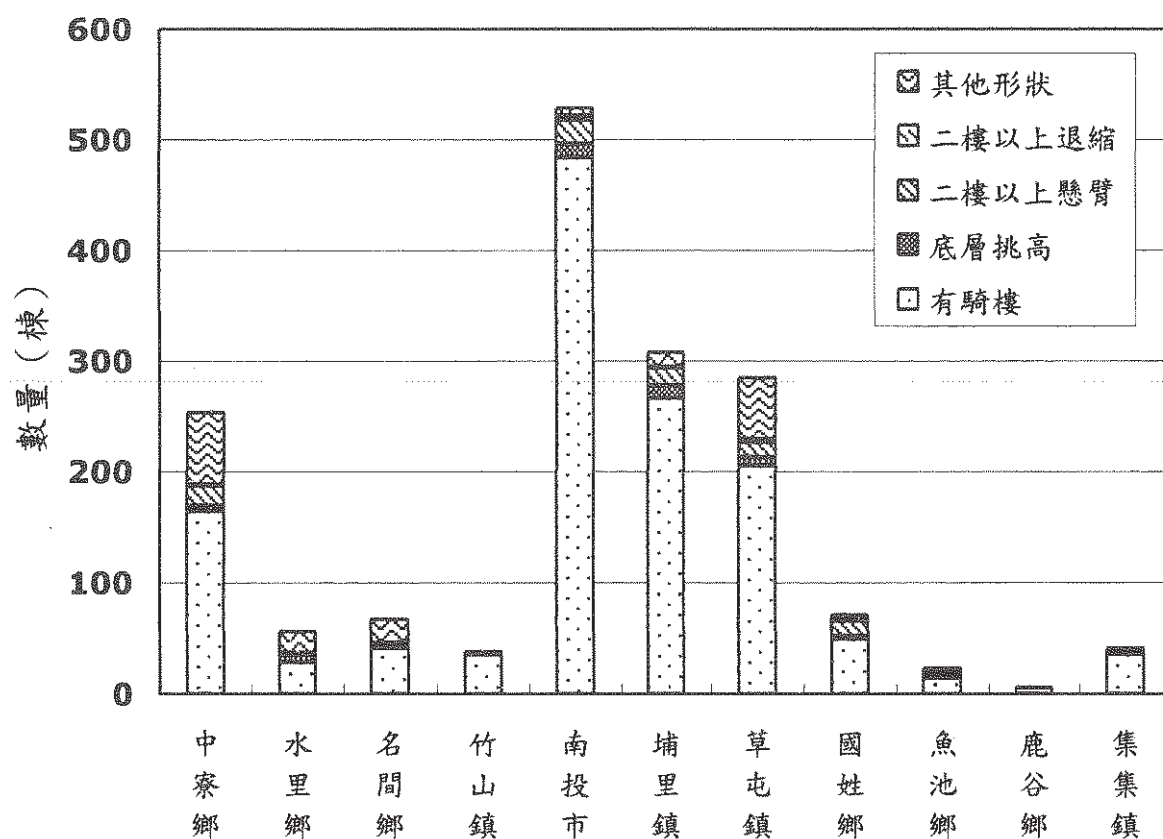


圖2.3.6 依立面形狀南投縣建物損壞統計

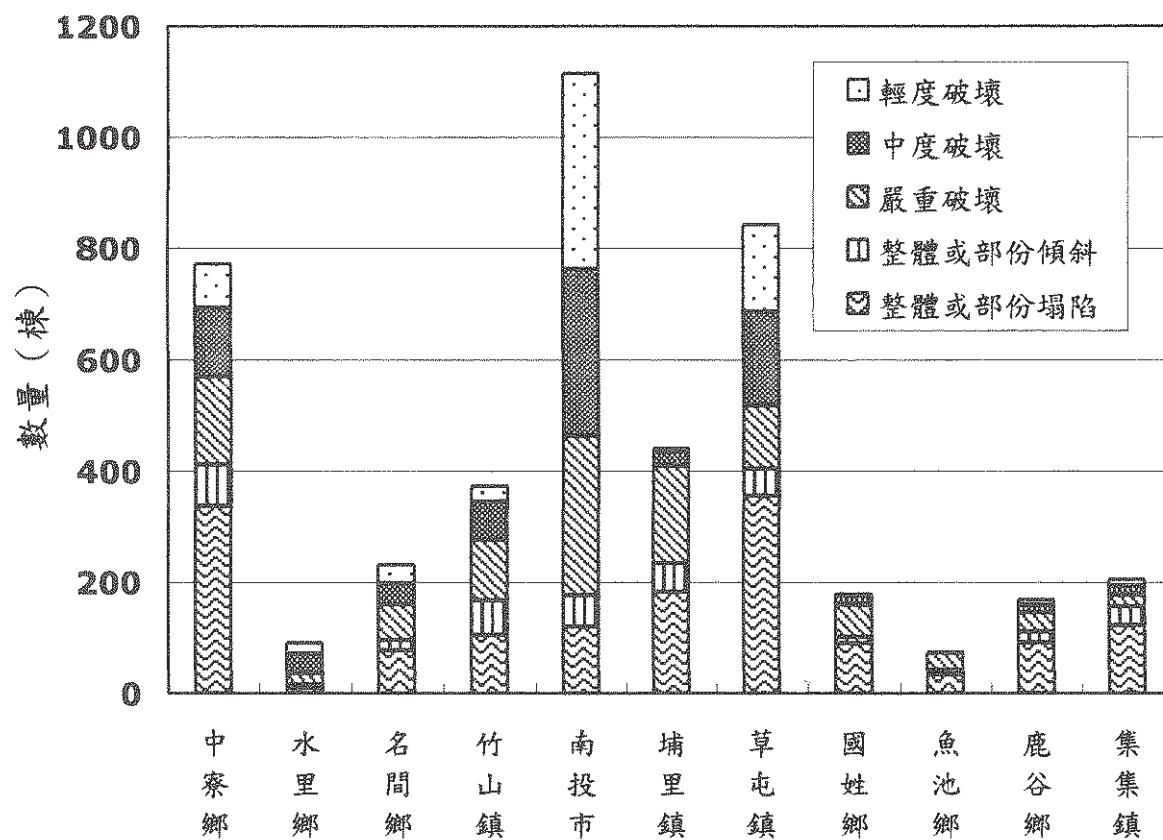


圖2.3.7 依破壞程度南投縣建物損壞統計

誌 謝

本調查籌備期間成大許教授茂雄提供統籌規劃與調查分工之建議，台大蔡教授克銓對調查方式、電子資料建檔及報告撰寫提供意見，國家地震工程研究中心葉博士錦勳協助調查表格之設計，使本案調查作業與後續之統計分析順利可行，居功厥偉，特此表示最大之謝忱。於實地調查作業期間，則特別要感謝各校所有參與的師生，他們在災情不明且餘震頻傳之狀況下即深入災區，逐戶檢視建築物受害情形，其後更犧牲課餘時間傾力彙整調查資料，協助建立資料庫，提供震害調查之心得與建議，使調查報告能於最短時間內完成。

其次，本所施研究員文和負責發展統計分析之資料庫電腦程式，對報告內容之提昇有卓著之貢獻。在報告的撰寫方面，除本所工程技術組同仁全力投入之外，國家地震工程研究中心王聖銘博士協助電子地圖之製作，台大土木系結構組研究生王宏遠、孫維隆、陳垂欣、陳界宏等人負責資料統計分析與圖表的製作，備極辛勞，於此表示由衷的感謝。

本次調查作業工作浩繁，所需經費不貲，除由國家地震工程研究中心提供部分經費支援，謹此致謝外，本所全體相關同仁不辭辛勞全力參與調查並提供必要之行政及專業支援，使調查團隊無後顧之憂，得以順利完成預定之任務，亦併此表示誠摯的謝意。

內政部建築研究所

所長 

民國八十八年十一月

摘 要

民國 88 年 9 月 21 日於台灣南投縣的集集鎮附近發生芮氏規模 7.3 的強烈地震，在中部及北部地區造成嚴重的災情，因此內政部建築研究所與國家地震工程研究中心於地震發生後，隨即派員趕赴各災區勘查，同時邀集國內 13 所大專院校師生參與調查工作。完成調查之受損建築物資料共計 8773 棟。本報告係依調查統計結果進行分析，包括（1）全國行政區建物損壞統計，（2）依構造分類之調查統計，（3）全國受損建築物分佈。若依行政區劃分，全國建物受損最嚴重的區域為南投縣和台中縣市。如依構造分，損壞最多依次為鋼筋混凝土、磚造房屋與土塊厝；鋼結構在初步調查中雖無損壞，但仍需進一步探討。此外由統計得知立面形狀為騎樓或底層挑高破壞較多。此報告中還進行建築物震害單項統計分析與交叉分析，且繪出損毀建築物之分佈情形及其與斷層帶之關係的電子地圖，以供後續研究之用。探究本次地震中建築物倒塌的原因，除地震強度過大與建築物位於斷層上，可歸因於自然因素外，建築物設計、施工監造與管理之問題等人為因素也為破壞重要原因。如何從根本上強化專業技師設計、監造與審核之責任，落實營造廠商之施工管理與品質管制，以維護建築物耐震能力，當為政府與全體國人未來因應地震發生，減少地震傷亡與財產損失的努力方向。

921 集集大地震 建築物震害調查

初步報告

召集人：蕭 江 碧

副召集人：丁 育 群

許 茂 雄

蔡 克 銓

總連絡人：葉 祥 海

調查分組負責人

方一匡
林其璋
陳正誠
蔡克銓

王慶忠
徐一榕
彭添富
簡秋記

吳文華
張嘉祥
劉俊秀

李秉乾
莊德興
潘吉齡

本所成員

王文傑
李台光
曹源暉
鄒本駒

王順治
林谷陶
梁若暉
謝舜傑

王鵬智
林碧亮
梁漢溪

呂文弘
張志斌
陶其駿

報告總編輯

葉祥海、蔡克銓

主辦單位：內政部建築研究所
國家地震工程研究中心

執行單位：內政部建築研究所

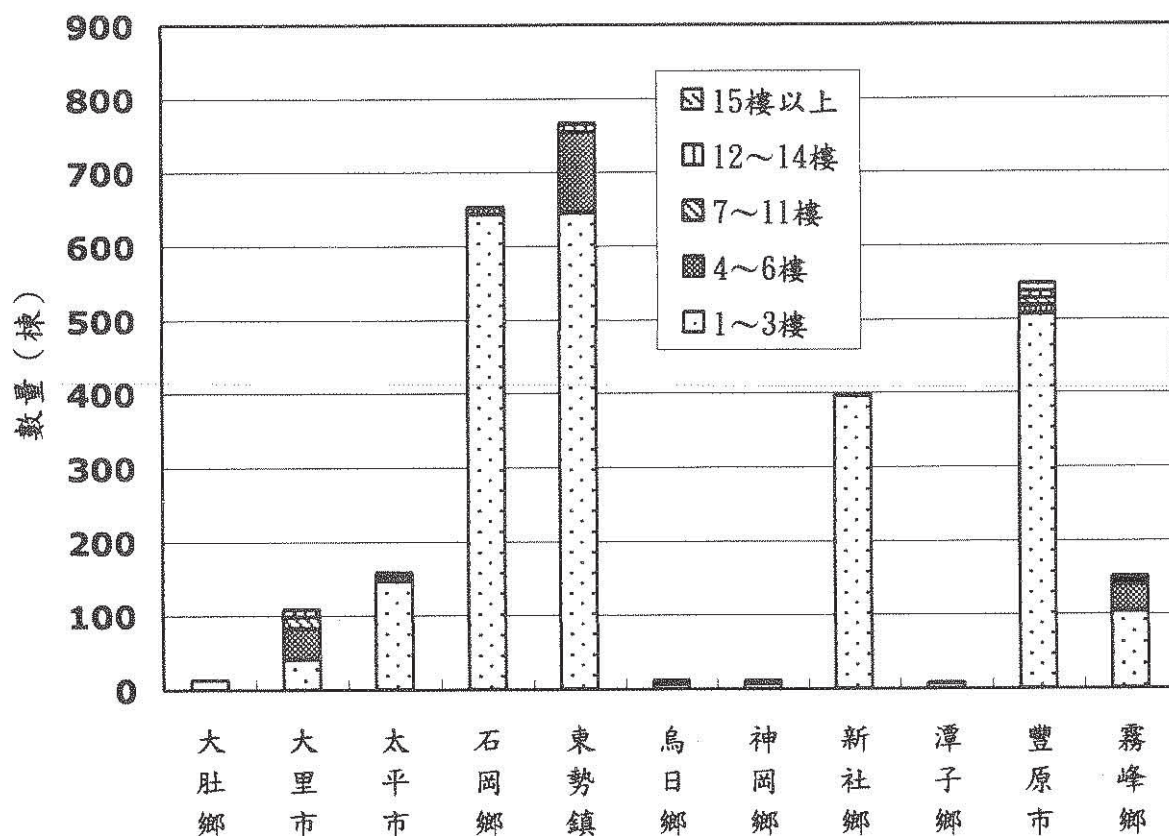


圖2.4.1 依樓層別台中縣建物損壞統計

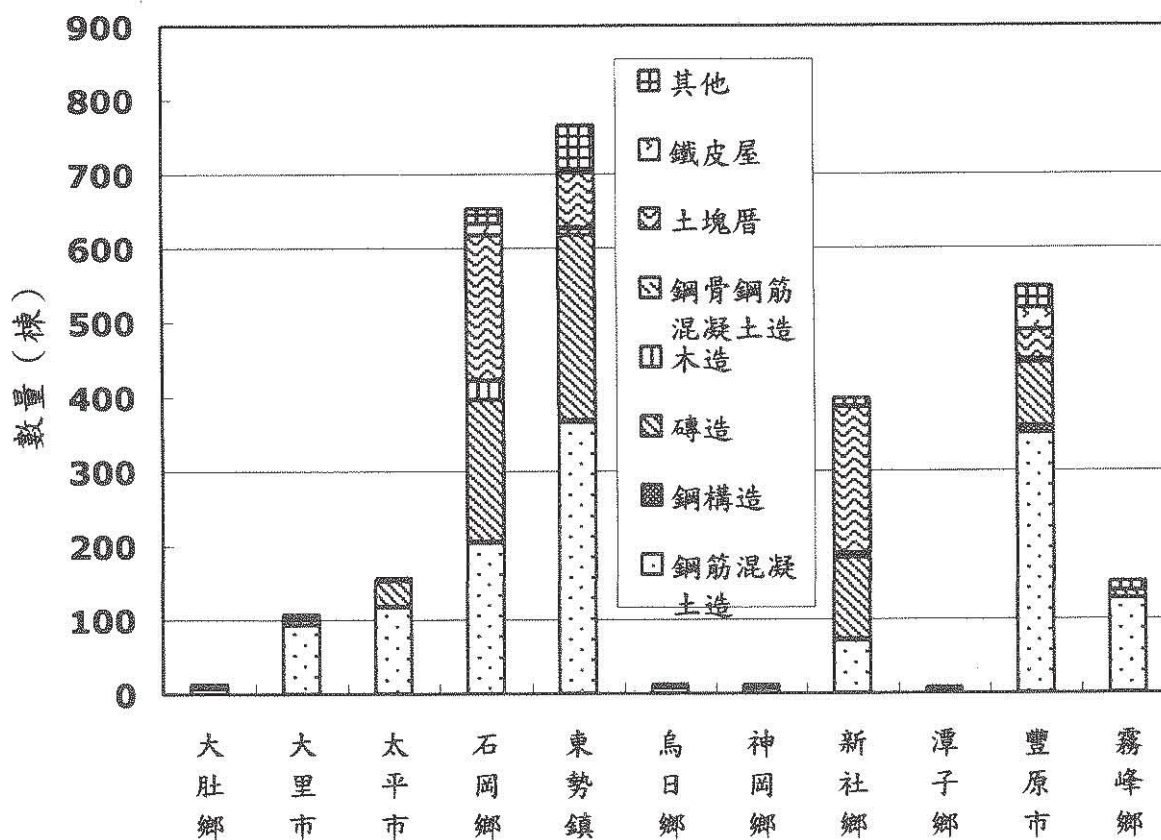


圖2.4.2 依構造種類台中縣建物損壞統計

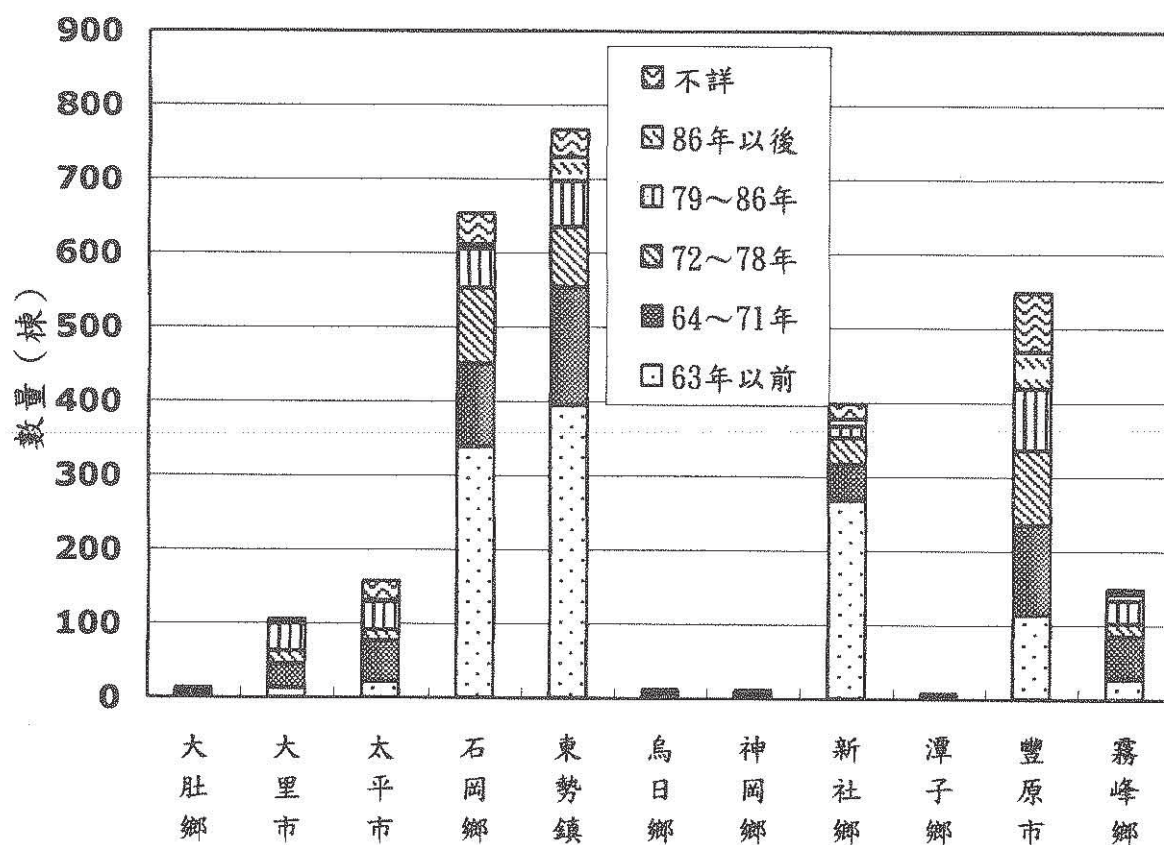


圖2.4.3 依建造年代台中縣建物損壞統計

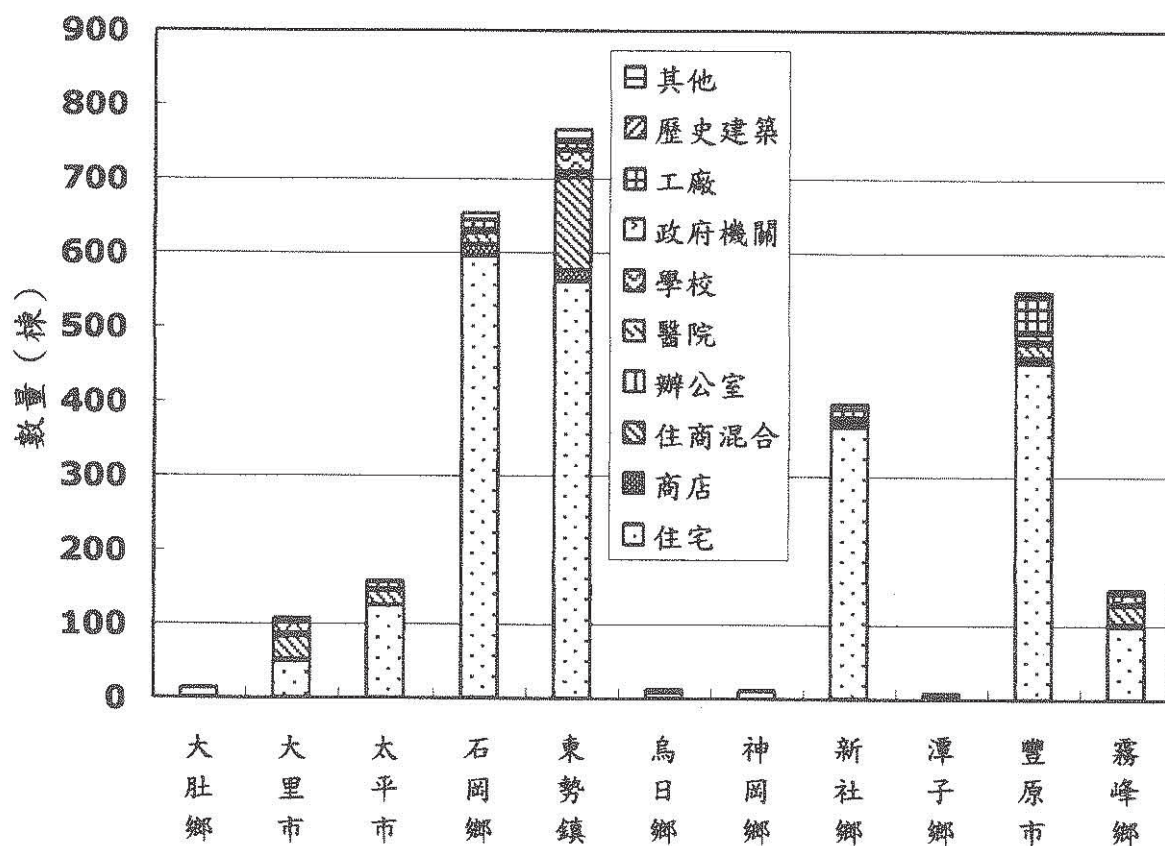


圖2.4.4 依用途台中縣建物損壞統計

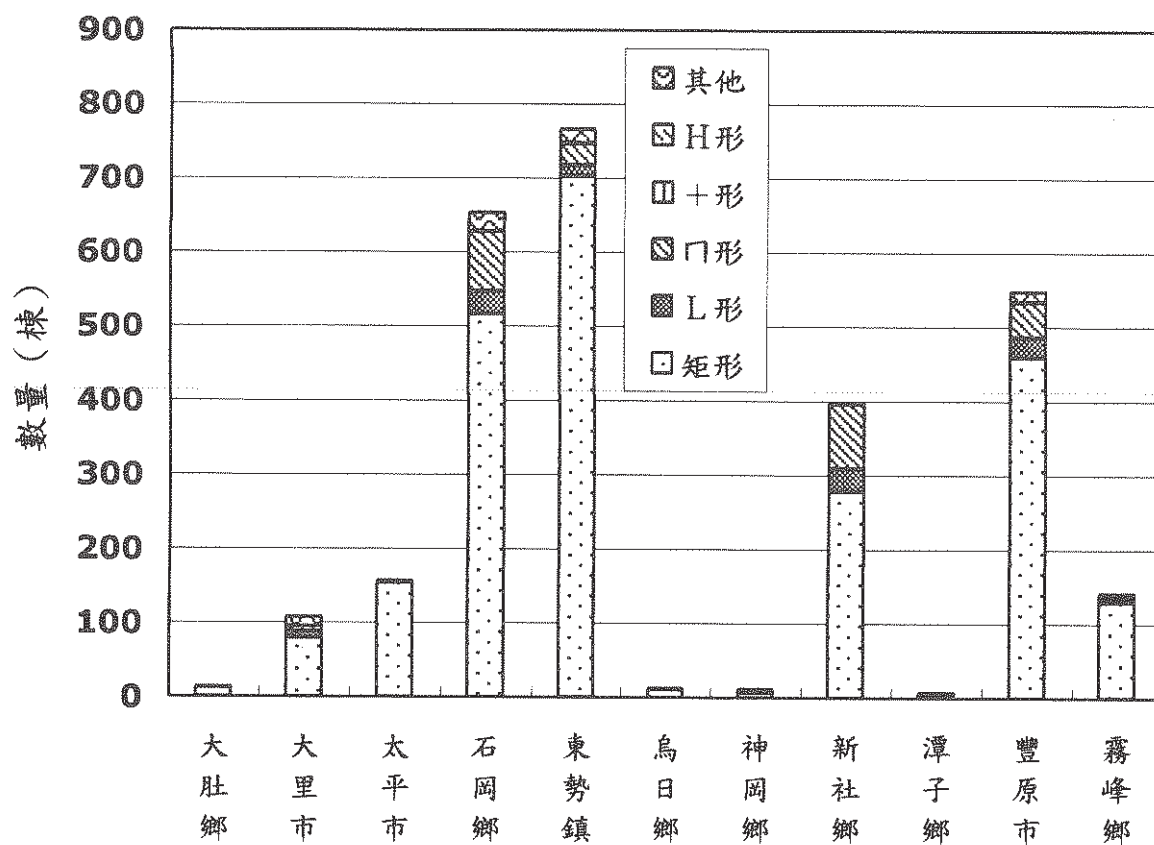


圖2.4.5 依平面形狀台中縣建物損壞統計

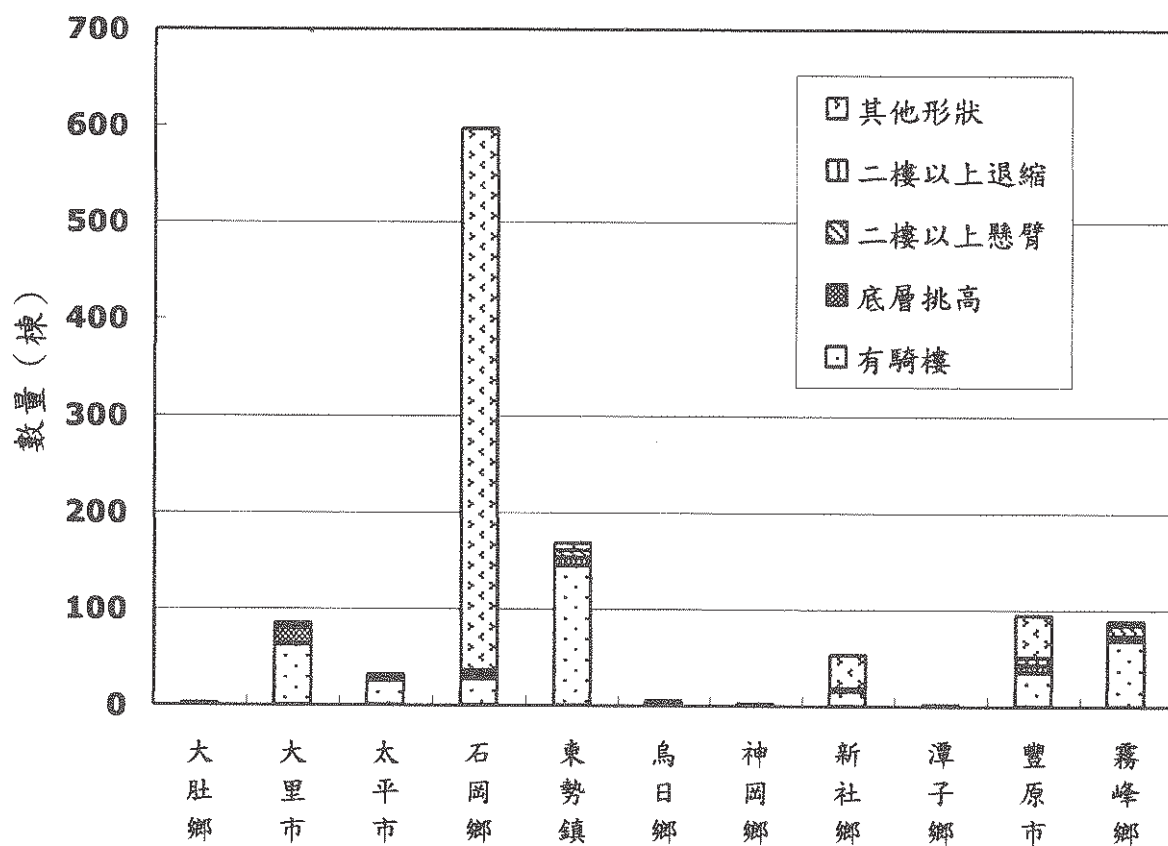


圖2.4.6 依立面形狀台中縣建物損壞統計

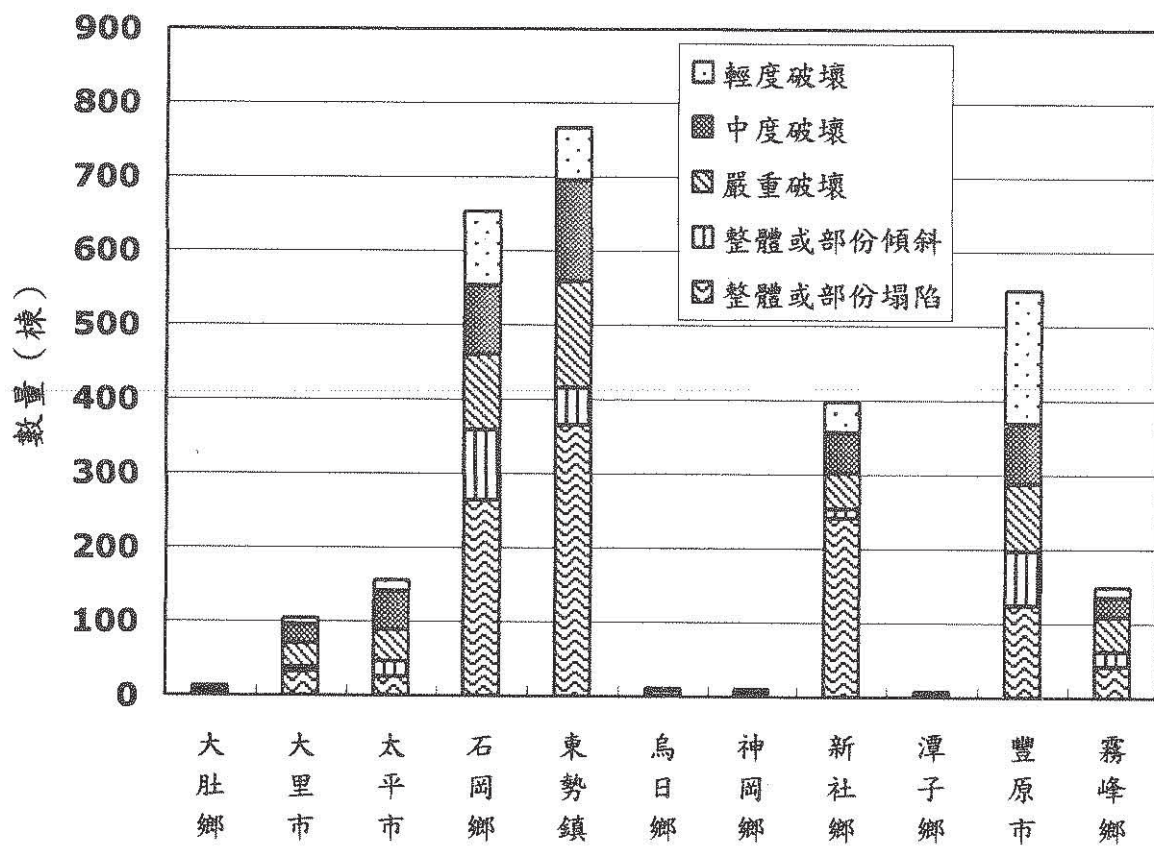


圖2.4.7 依破壞程度台中縣建物損壞統計

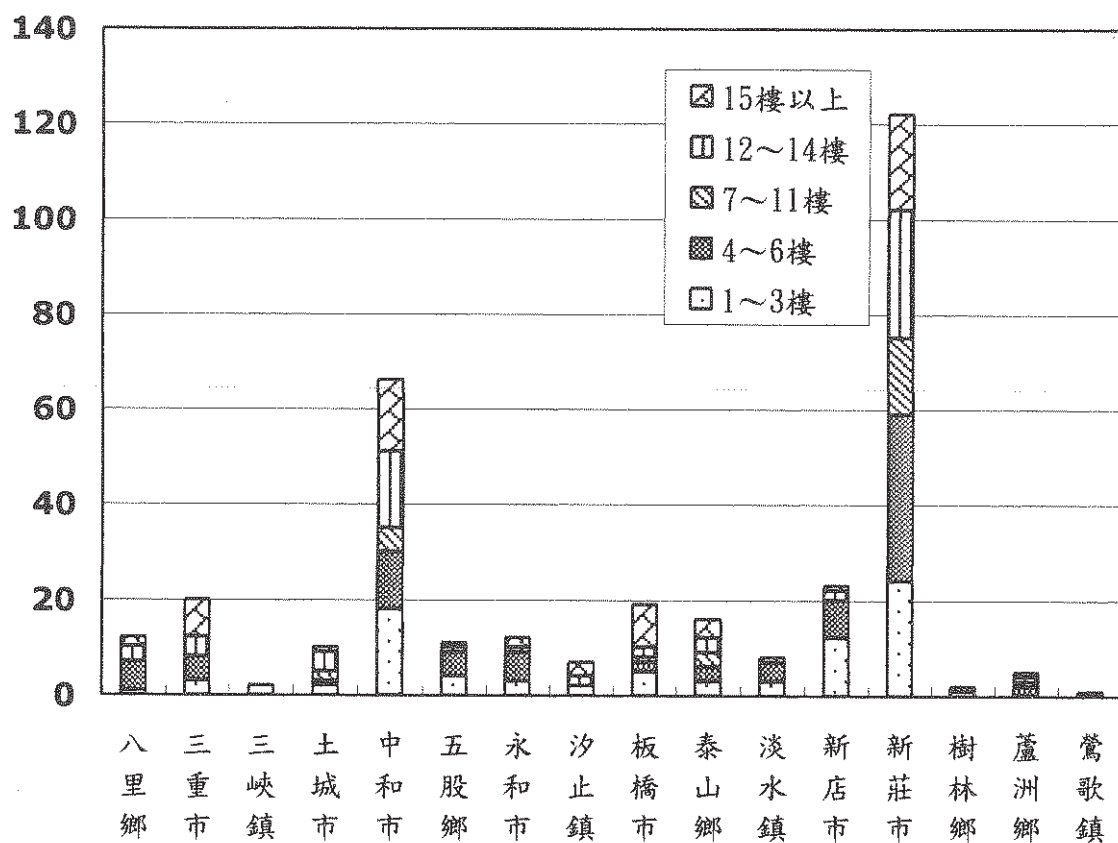


圖2.5.1 依樓層台北縣建物損壞統計

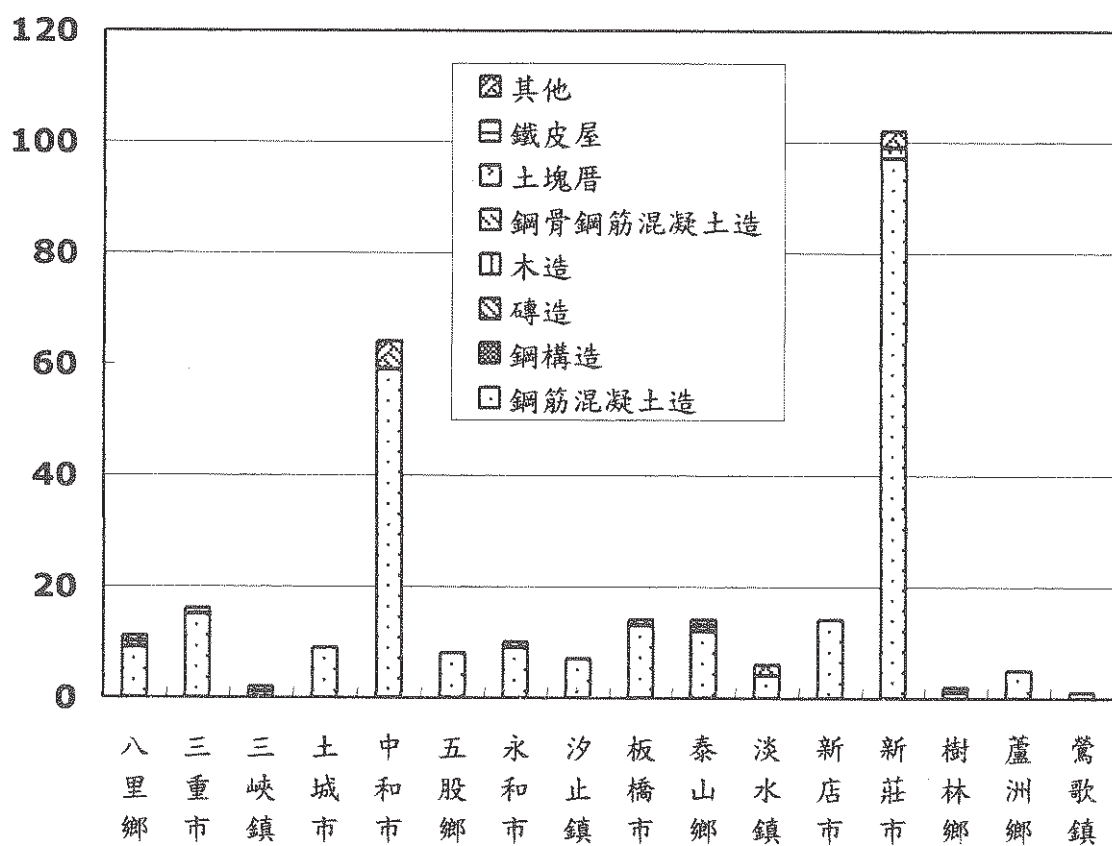


圖2.5.2 依構造種類台北縣建物損壞統計

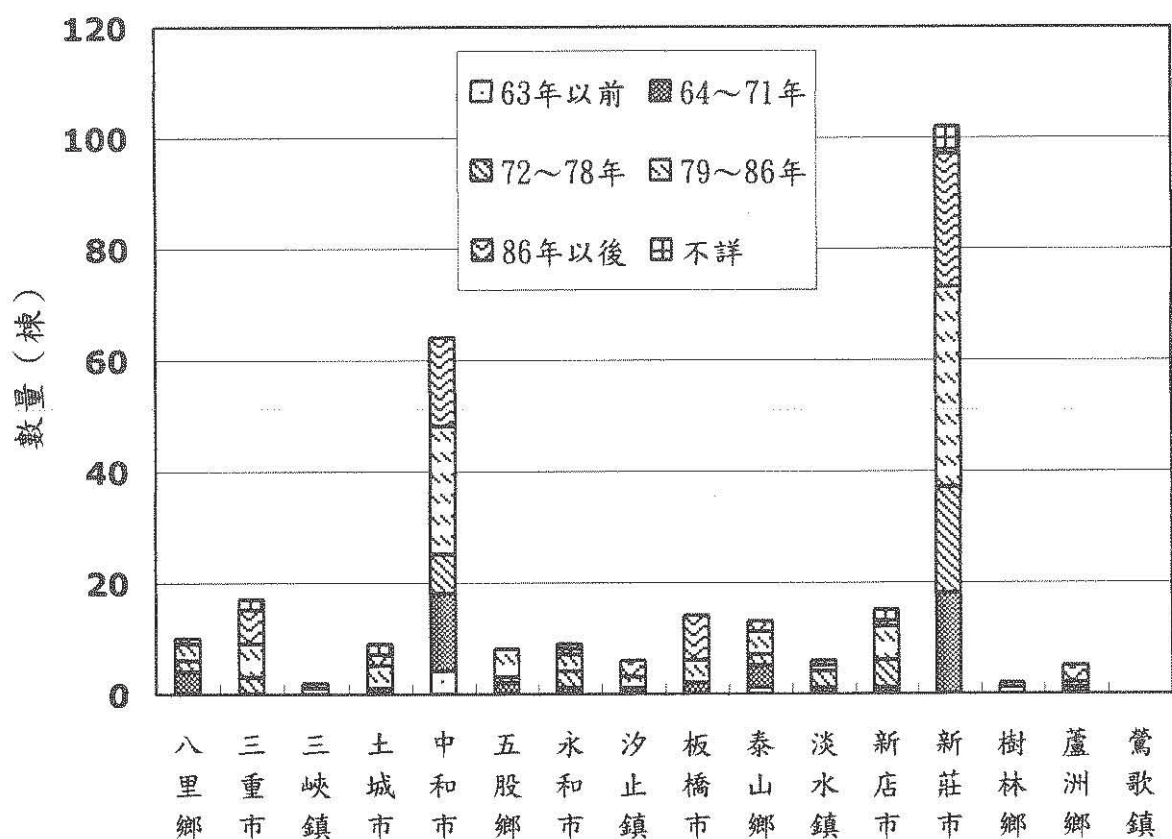


圖2.5.3 依建造年代台北縣建物損壞統計

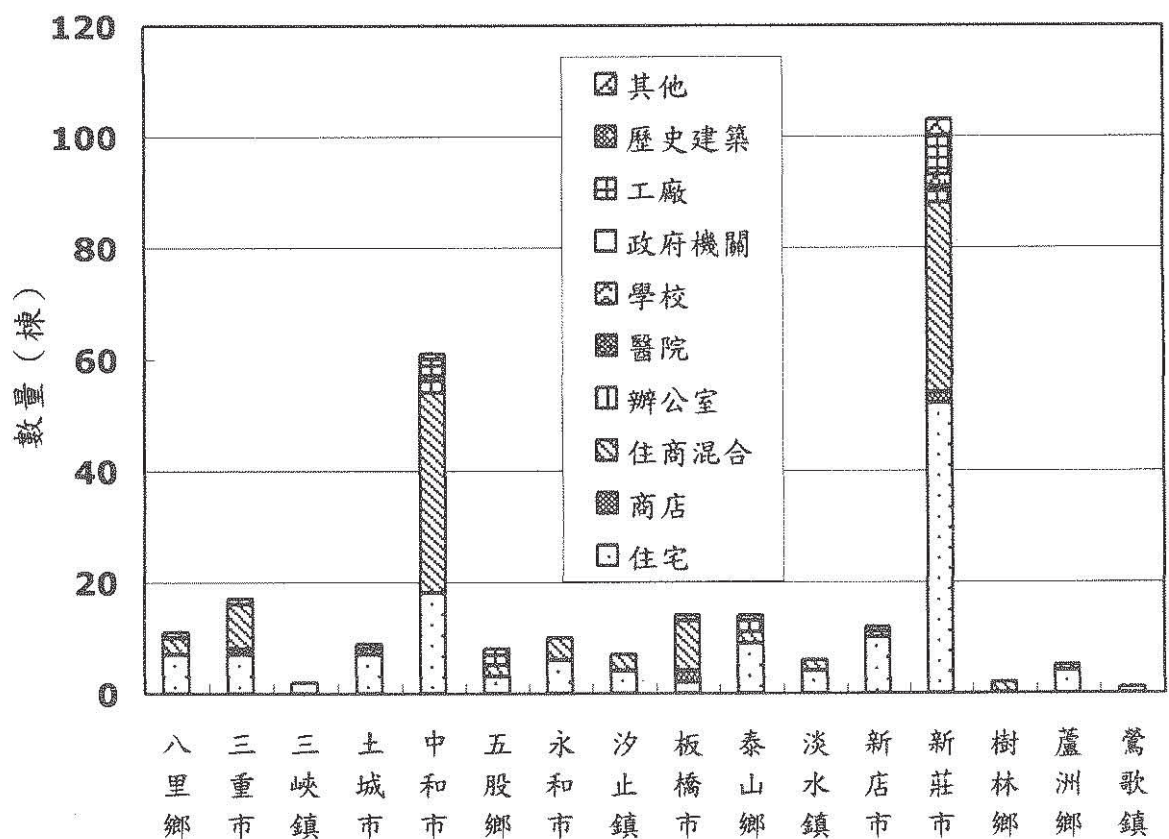


圖2.5.4 依用途台北縣建物損壞統計

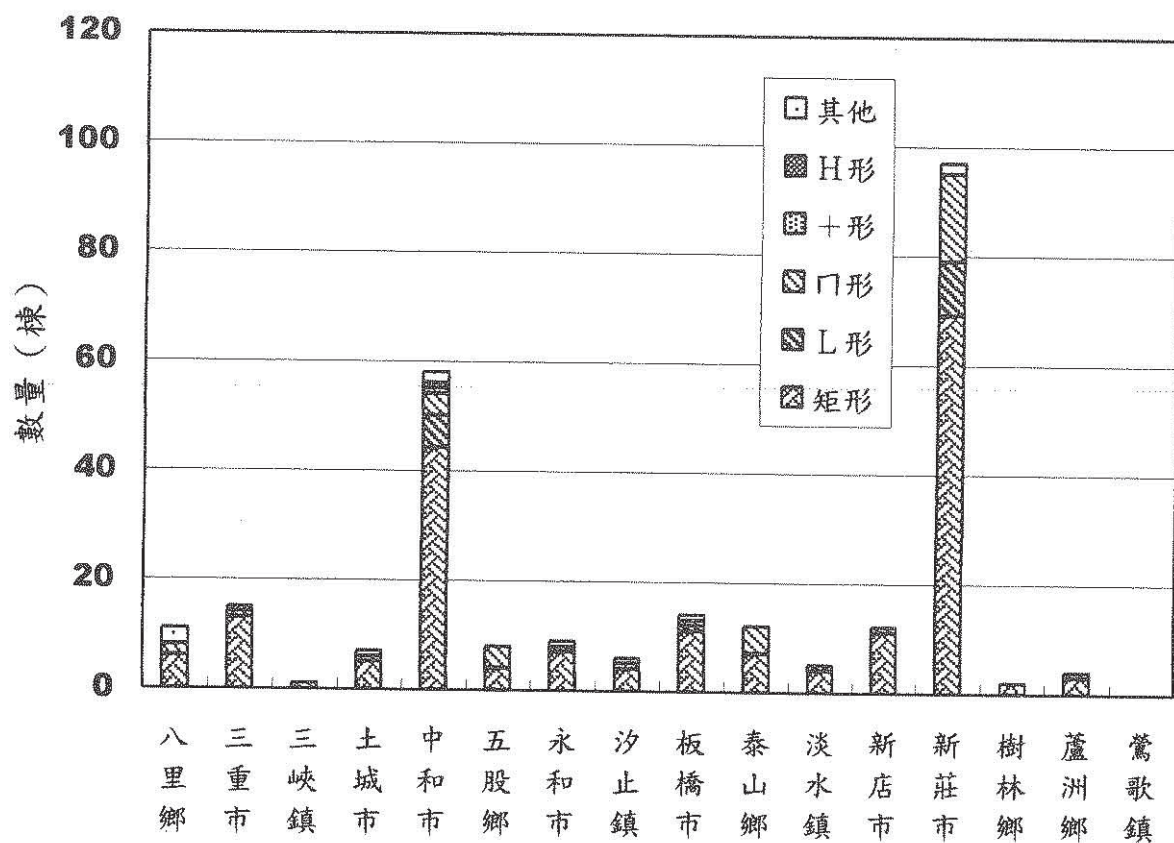


圖2.5.5 依平面形狀台北縣建物損壞統計

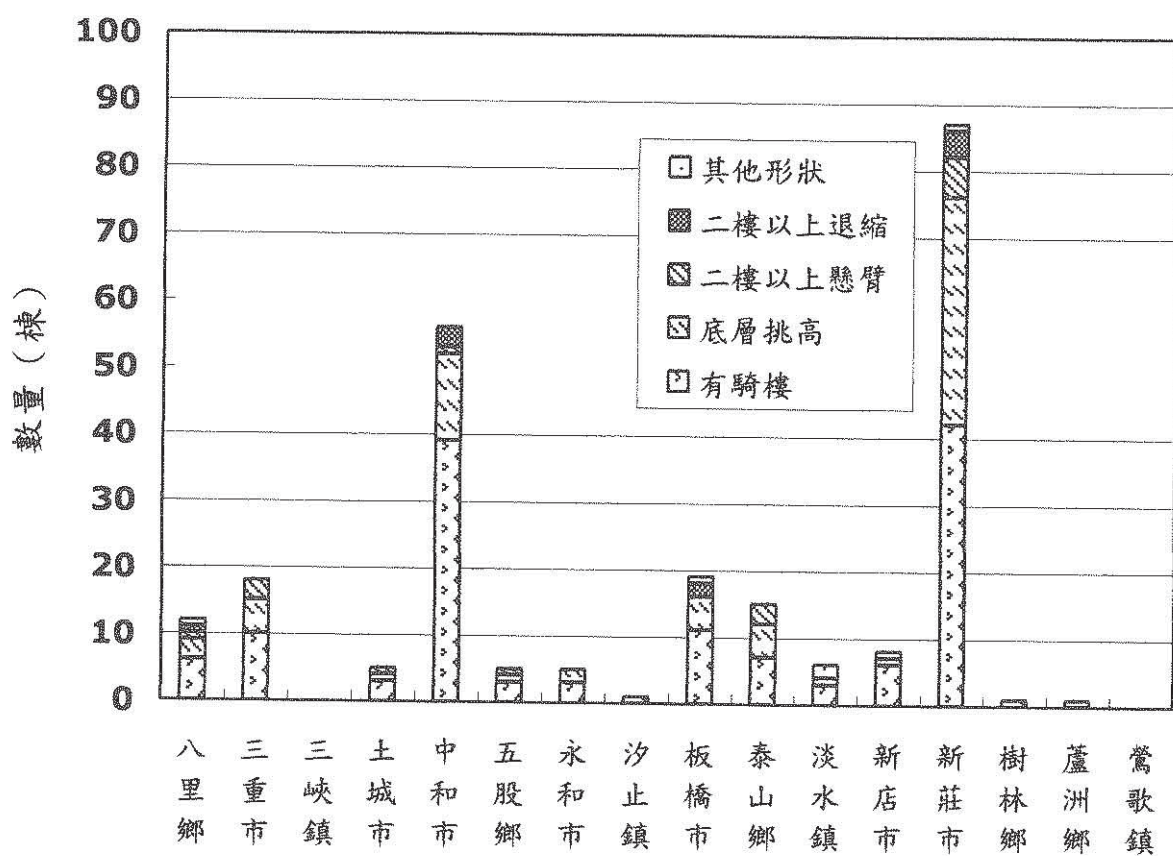


圖2.5.6 依立面形狀台北縣建物損壞統計

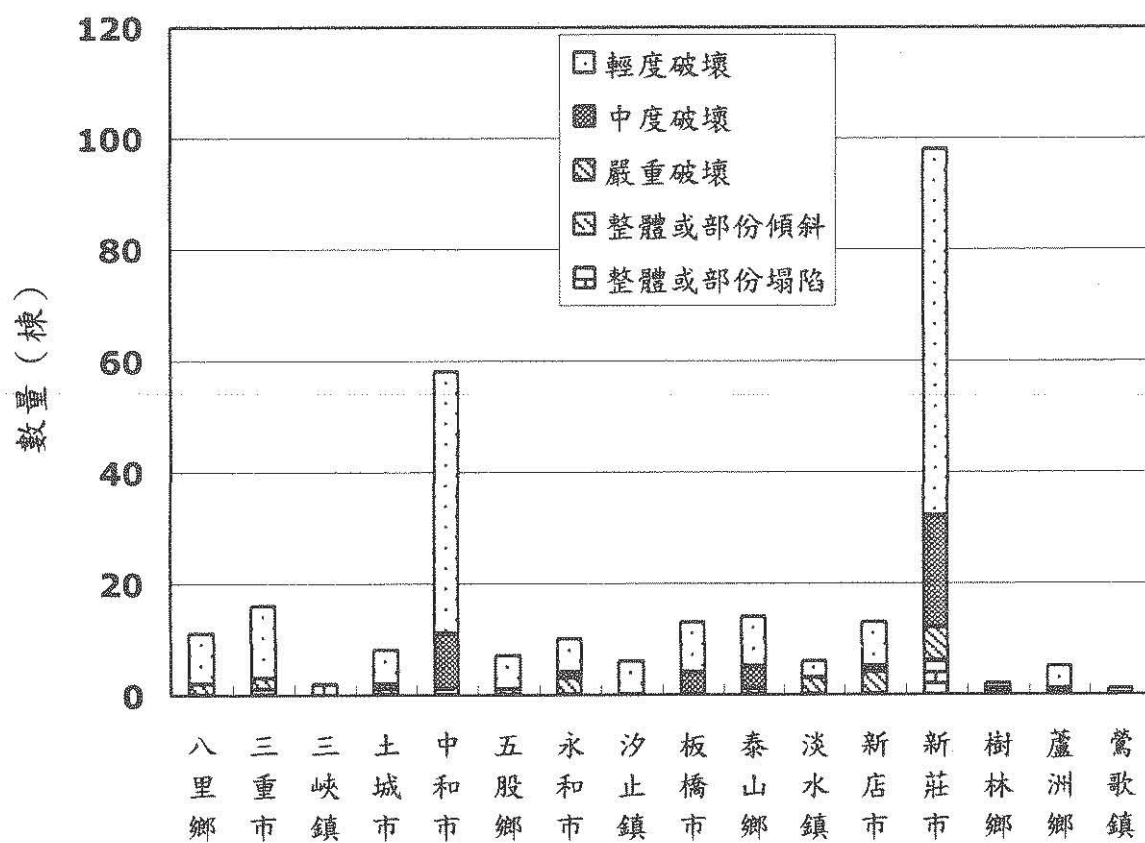


圖2.5.7 依破壞程度台北縣建物損壞統計

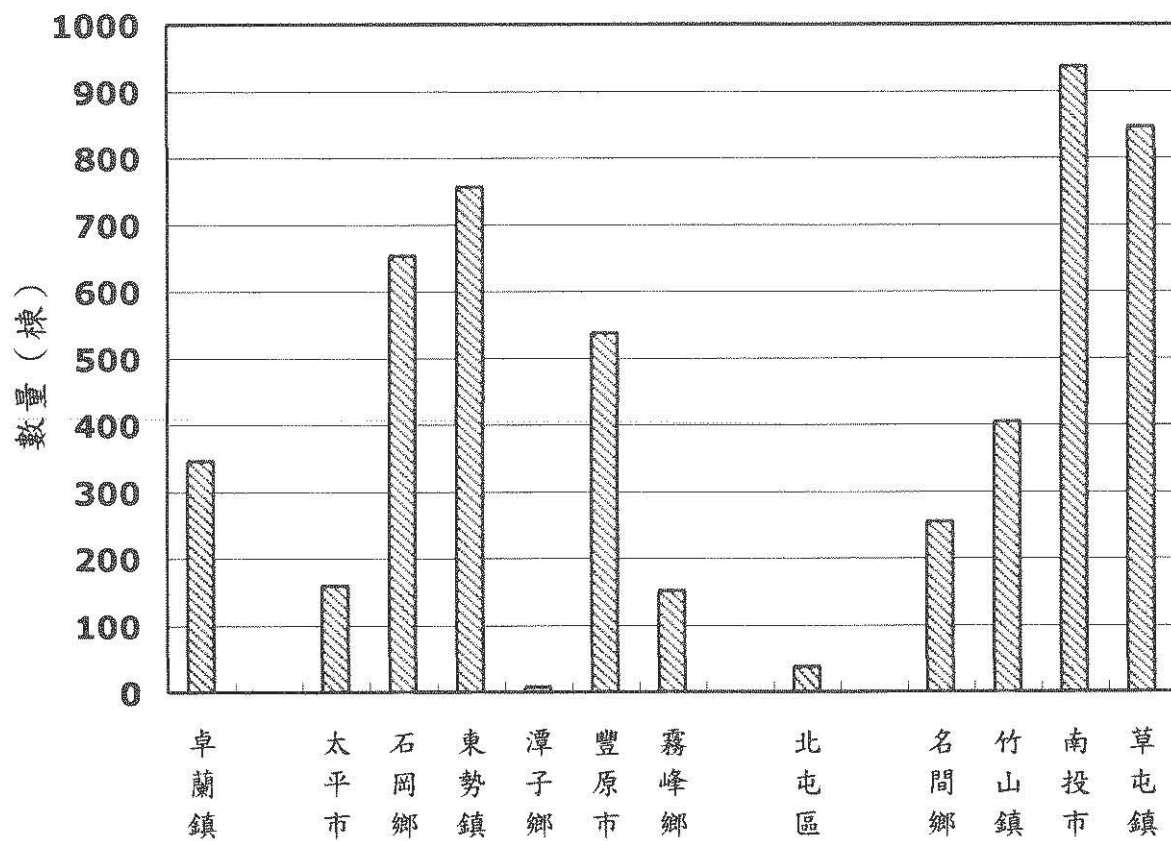


圖2.6.1 車籠埔斷層經過之鄉鎮市建物損害統計圖

This is a detailed administrative map of Taichung City and its surrounding regions in Taiwan. The map shows the city's boundaries, including districts like Xitun, Wufeng, and Taichung City proper. Major roads and highways are indicated by thick lines. Surrounding areas like Taichung County and Nantun County are also shown. The map is labeled with various place names in Chinese characters.



100

鋼筋混凝土損壞關係圖（資料共4325棟）

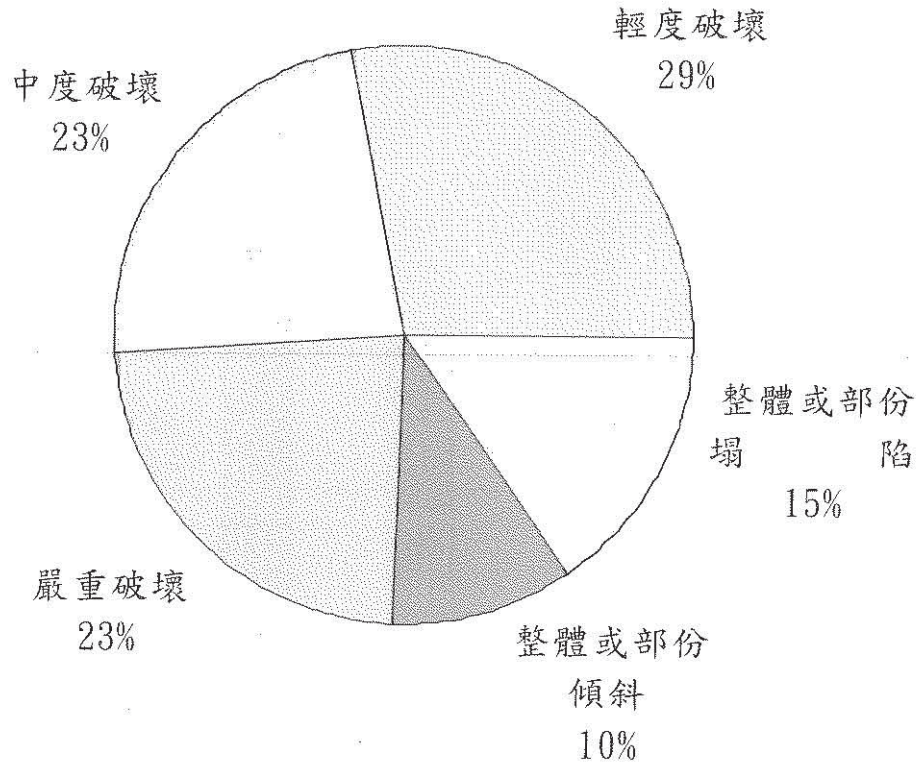


圖 3.1.1 鋼筋混凝土構造之損壞百分比

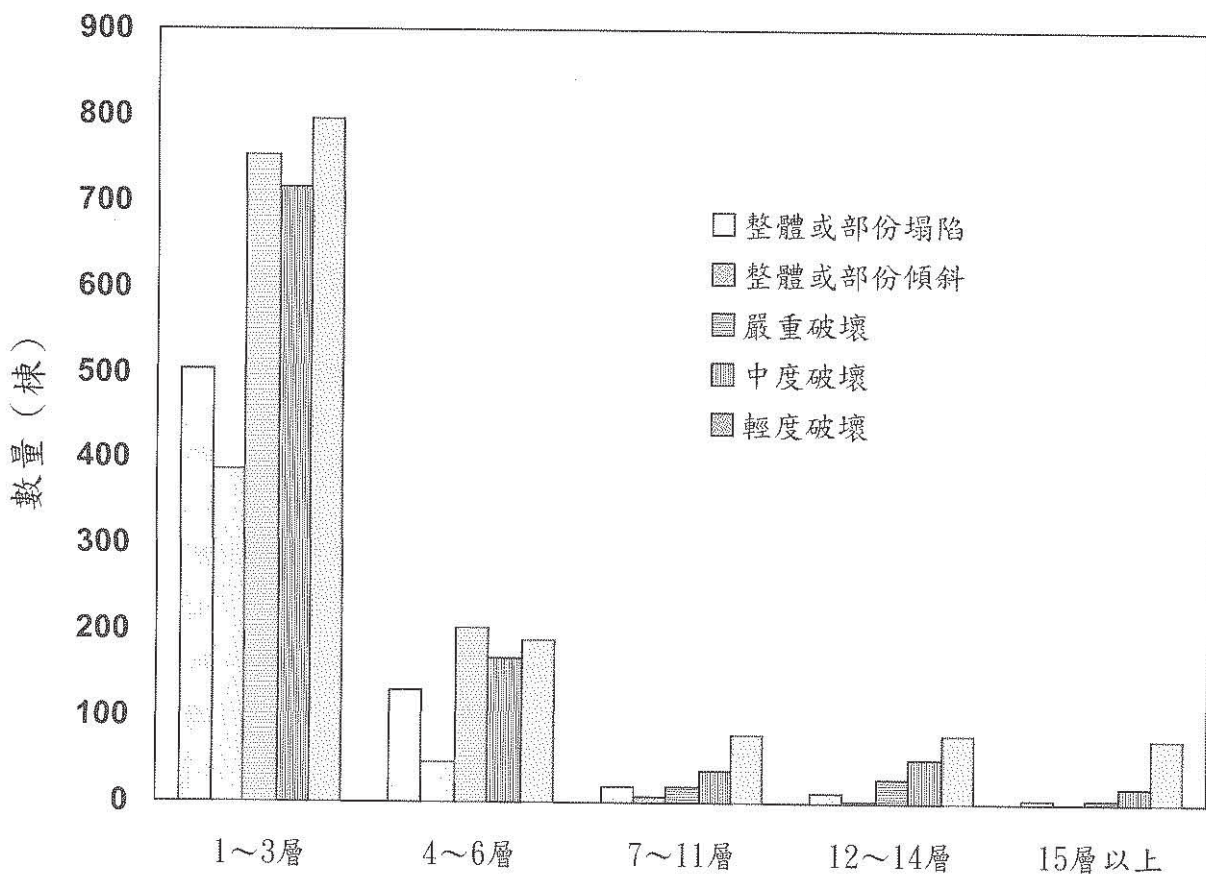


圖 3.1.2 鋼筋混凝土構造依樓層別之損害分析

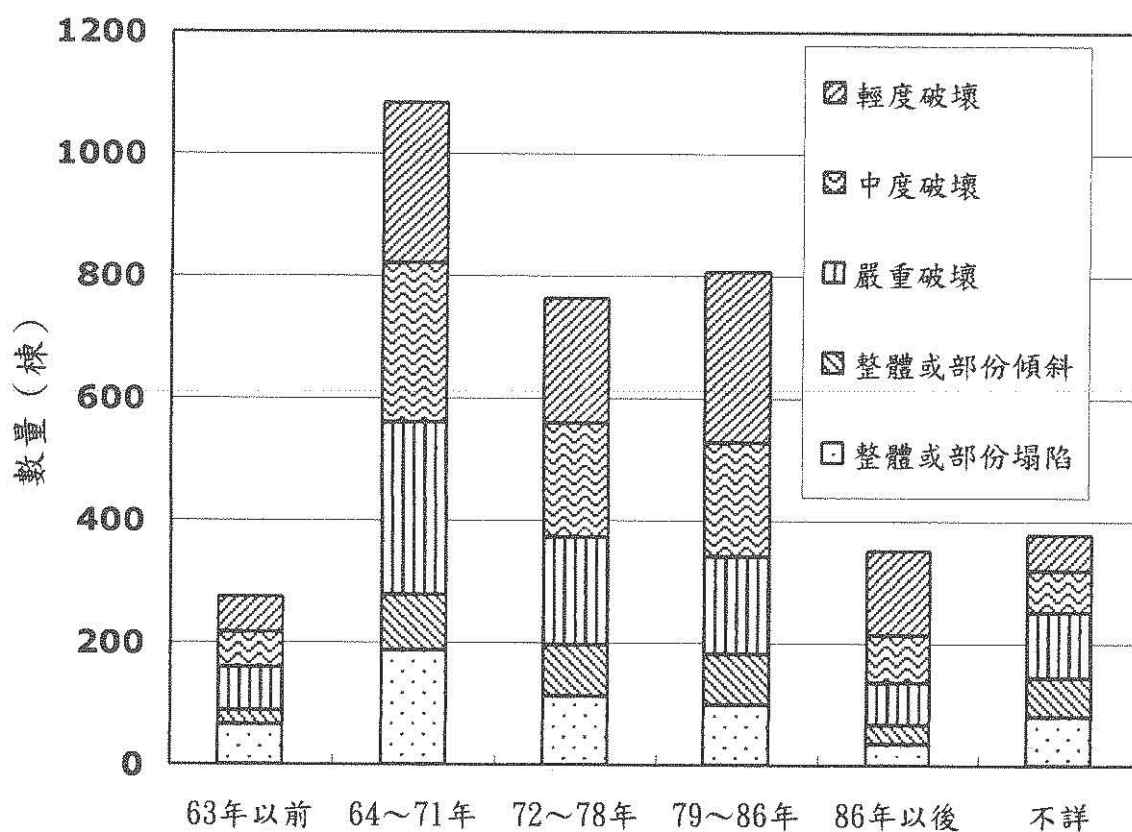


圖3.1.3 鋼筋混凝土構造依建造年代別之損害分析

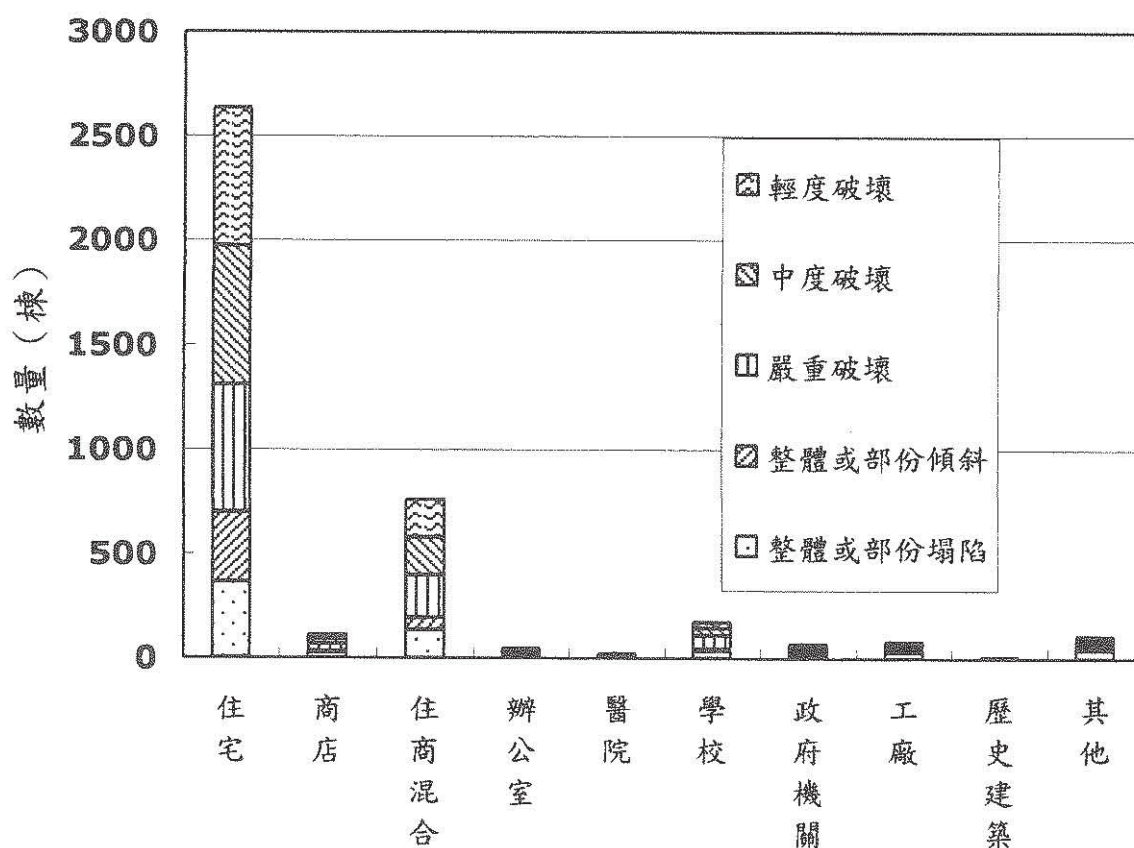


圖3.1.4 鋼筋混凝土構造依用途別之損害分析

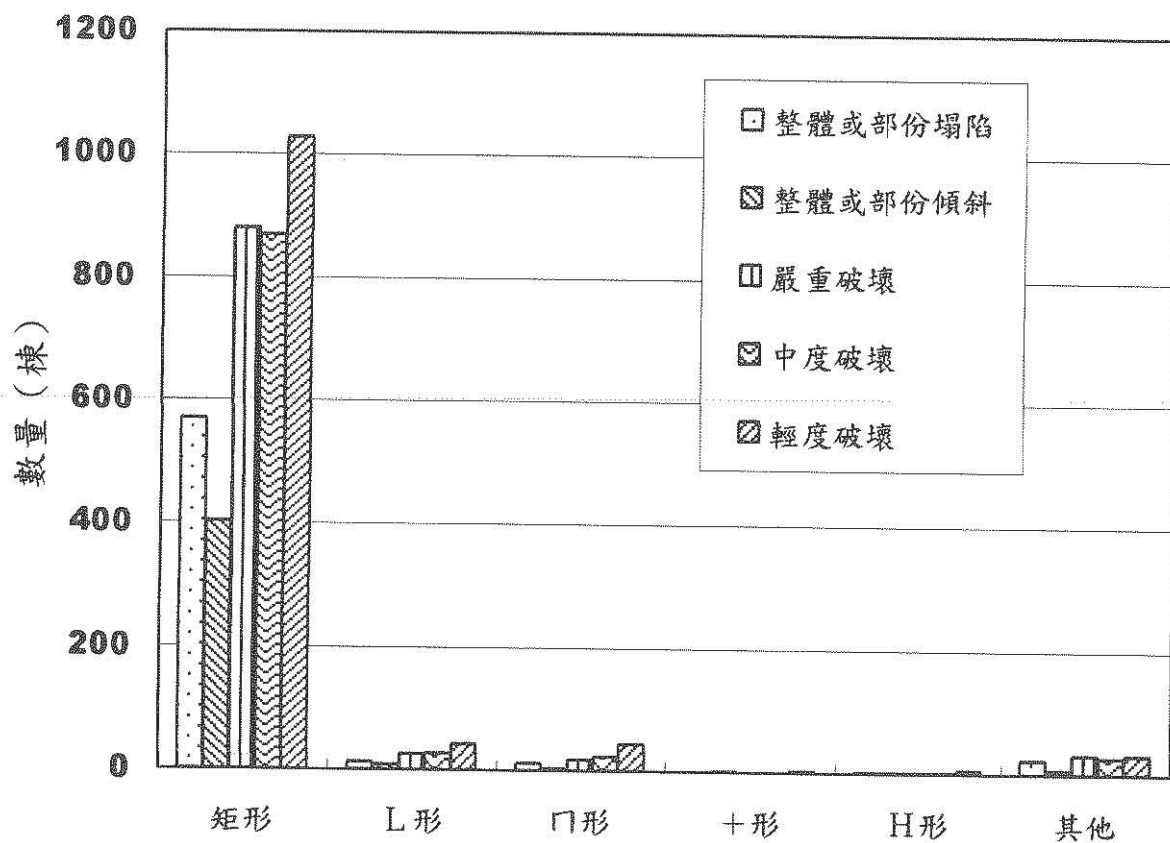


圖3.1.5 鋼筋混凝土構造依平面形狀別之損害分析

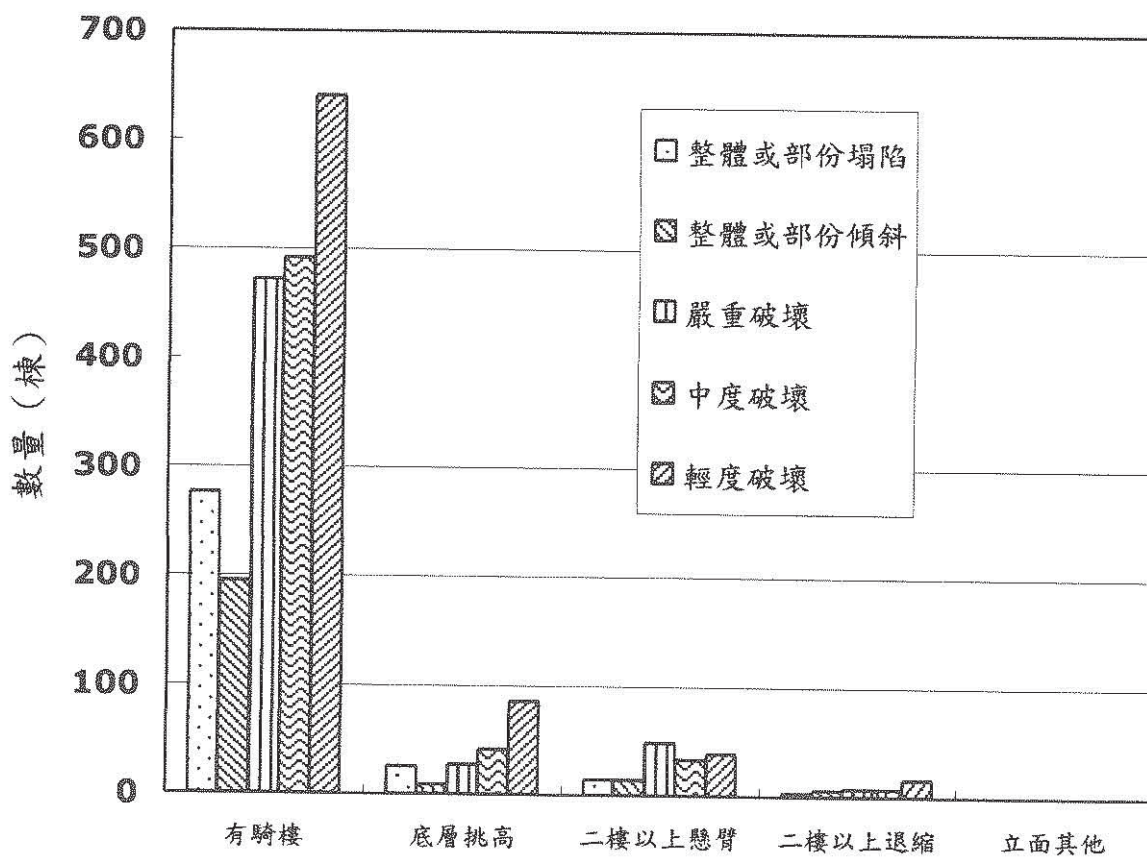


圖3.1.6 鋼筋混凝土構造依立面形狀別之損害分析

磚構造損壞關係圖（資料共2014棟）

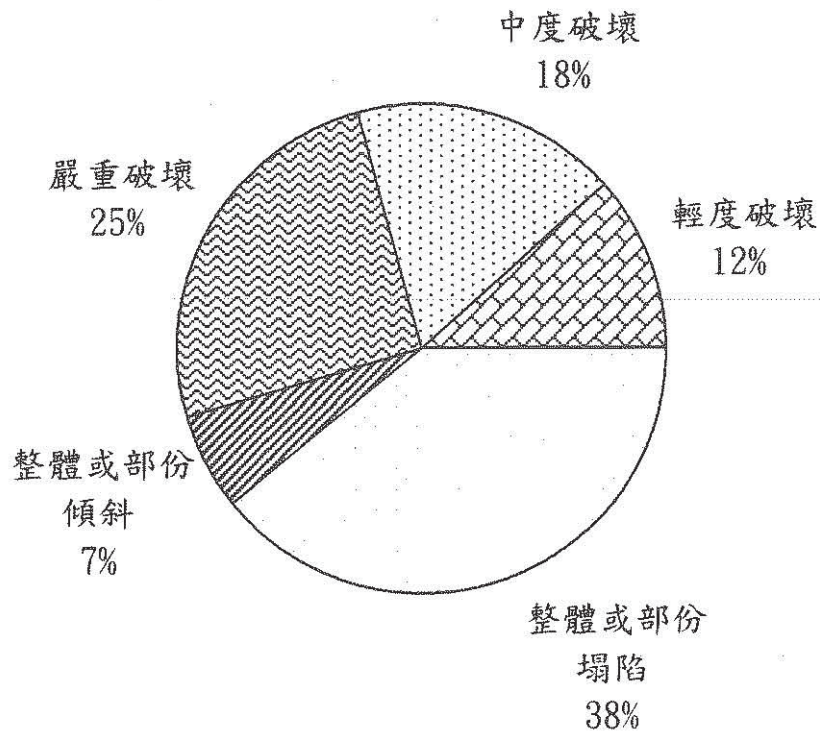


圖3.2.1 磚構造之損壞百分比

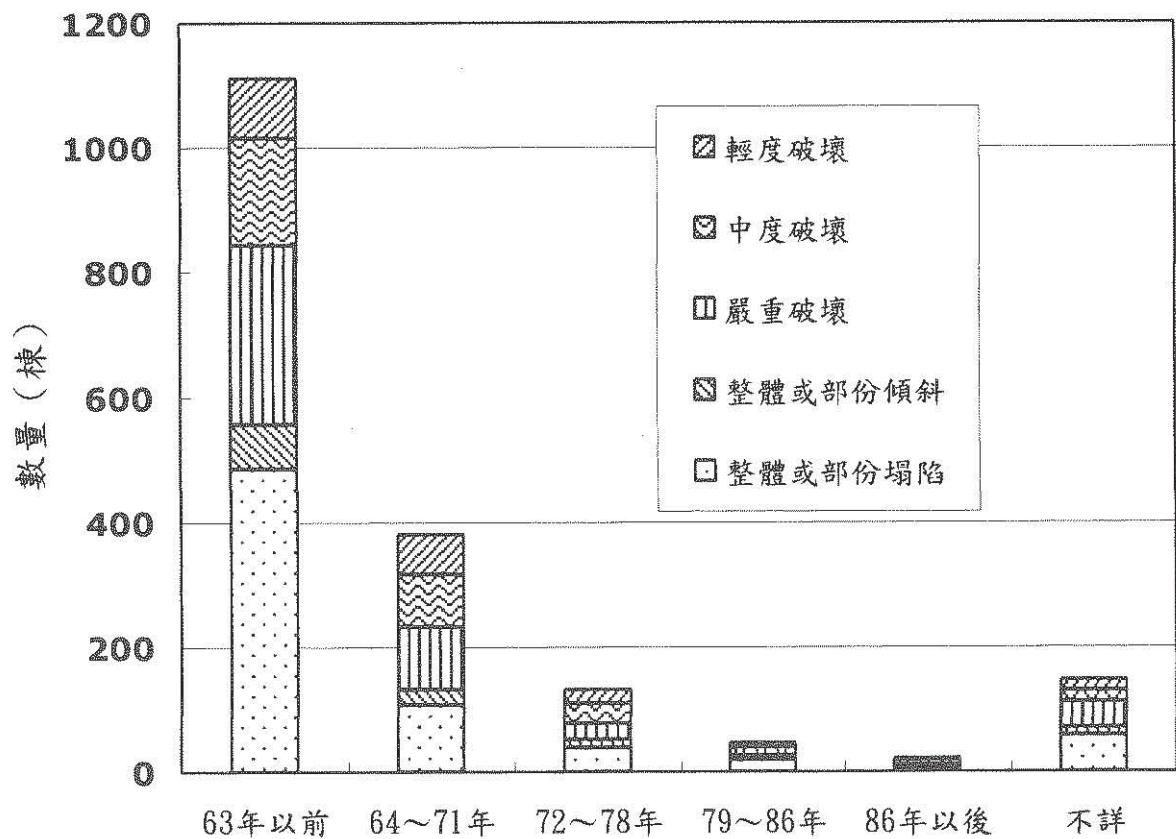


圖3.2.2 磚構造依建造年代別之損害分析

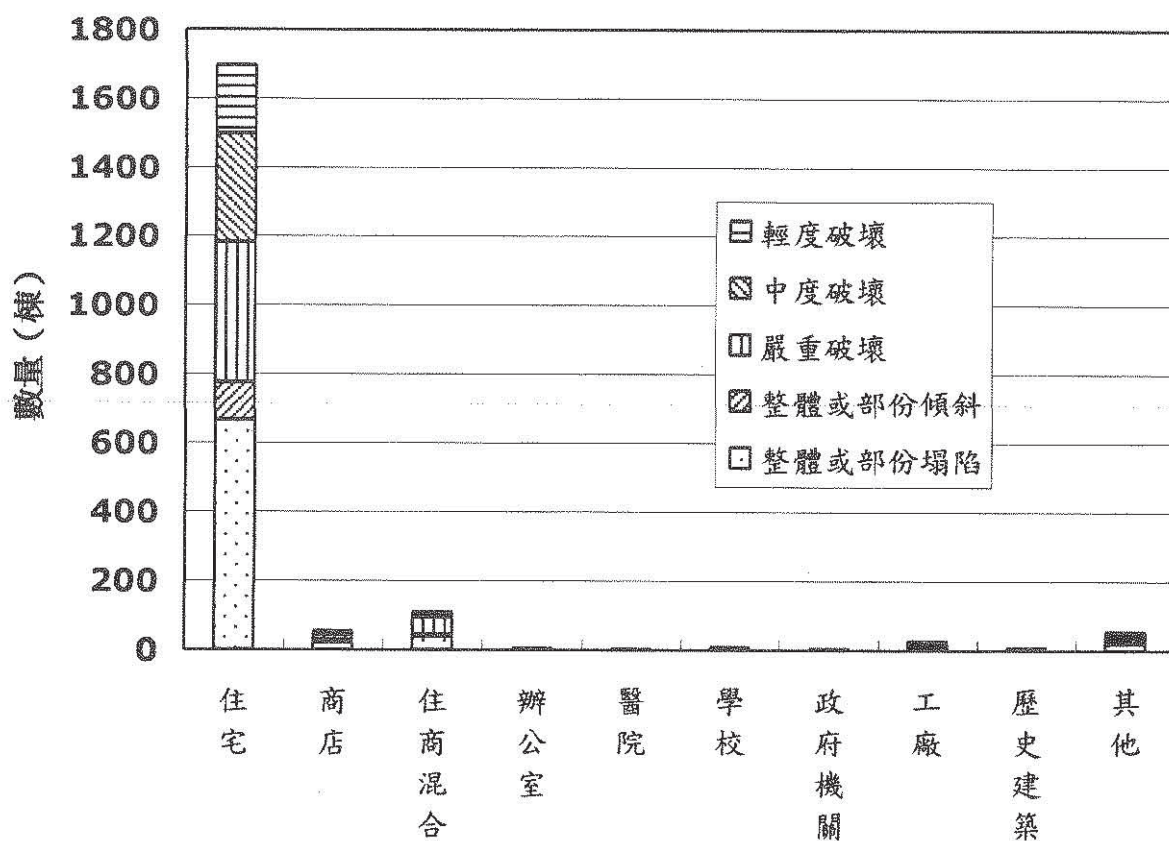


圖3.2.3 磚構造依用途別之損害分析

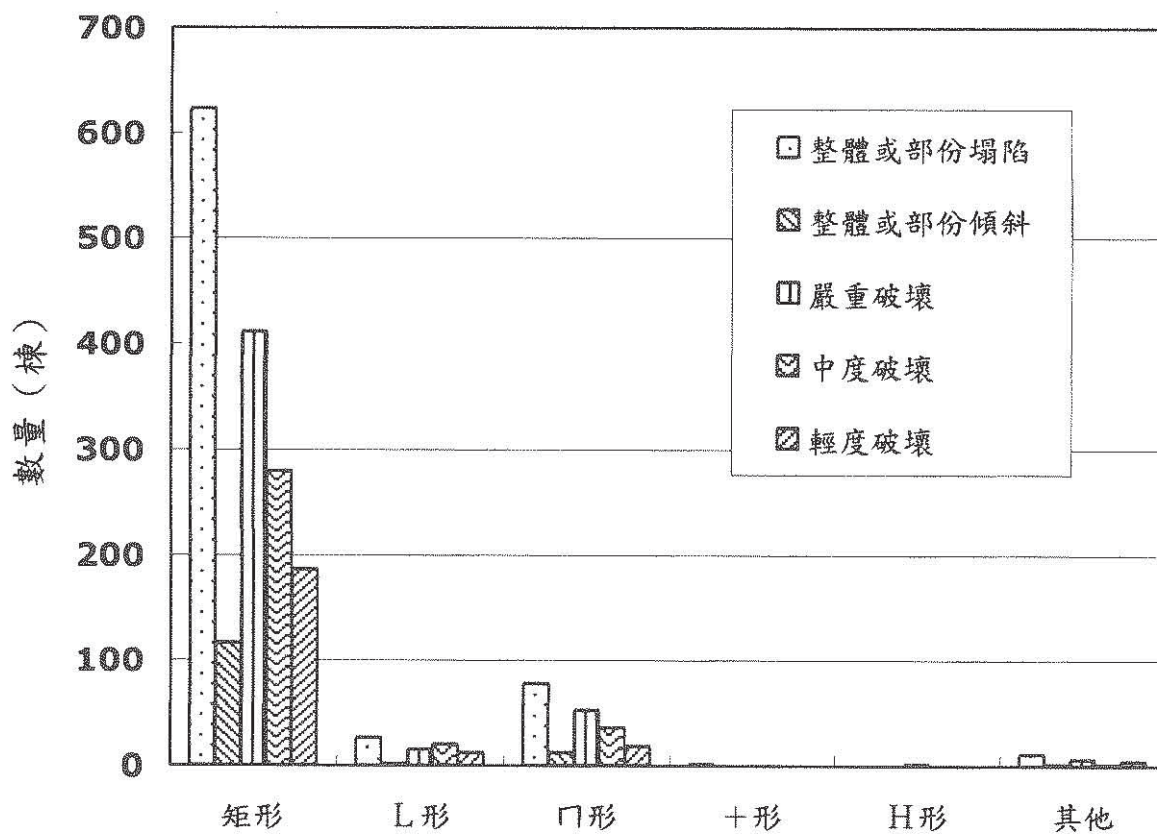


圖3.2.4 磚構造依平面形狀別之損害分析

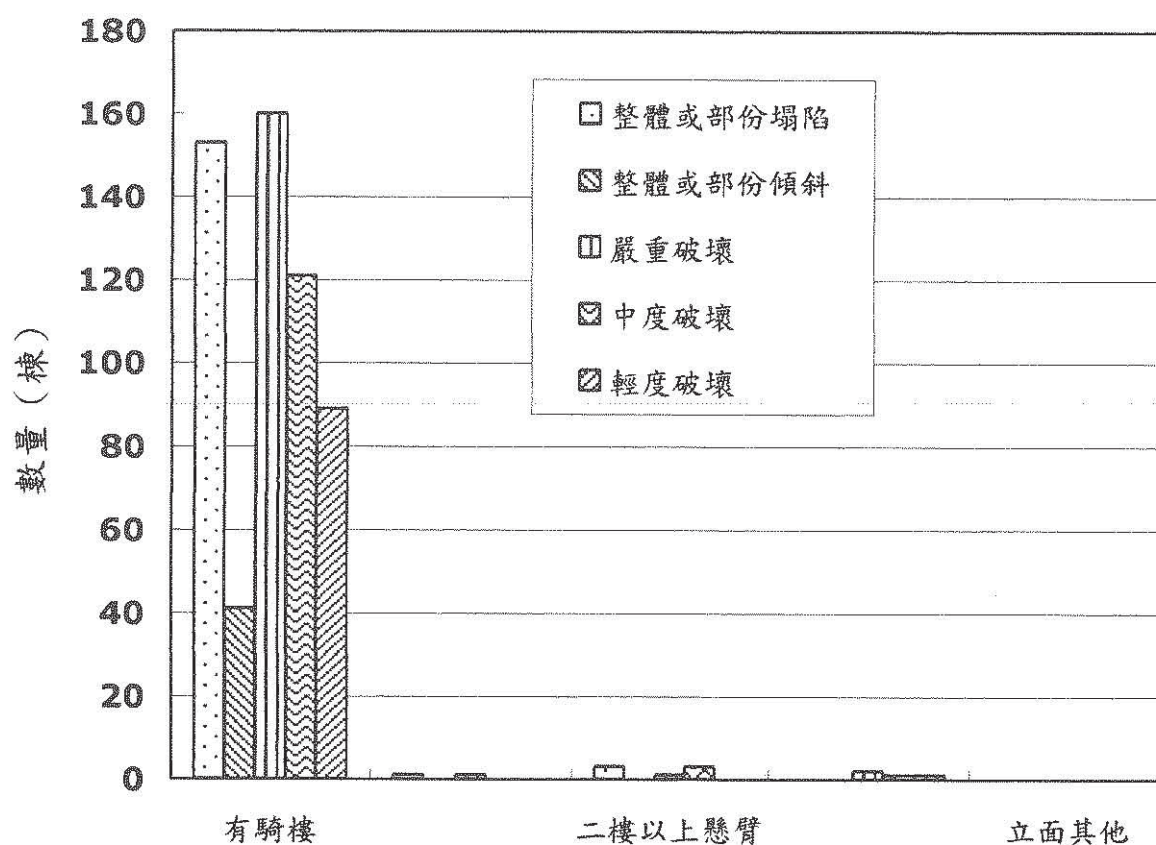


圖3.2.5(A) 磚構造依立面形狀別之損害分析

磚構造有騎樓損壞關係圖(資料共564棟)

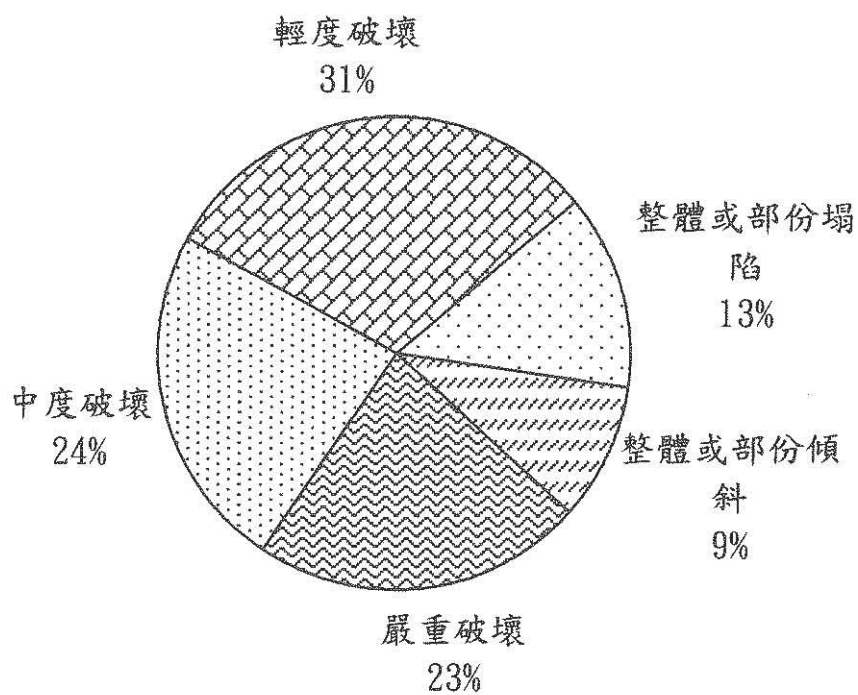


圖3.2.5(B) 磚構造有騎樓損壞百分比

土塊厝之損壞關係圖（資料共1099棟）

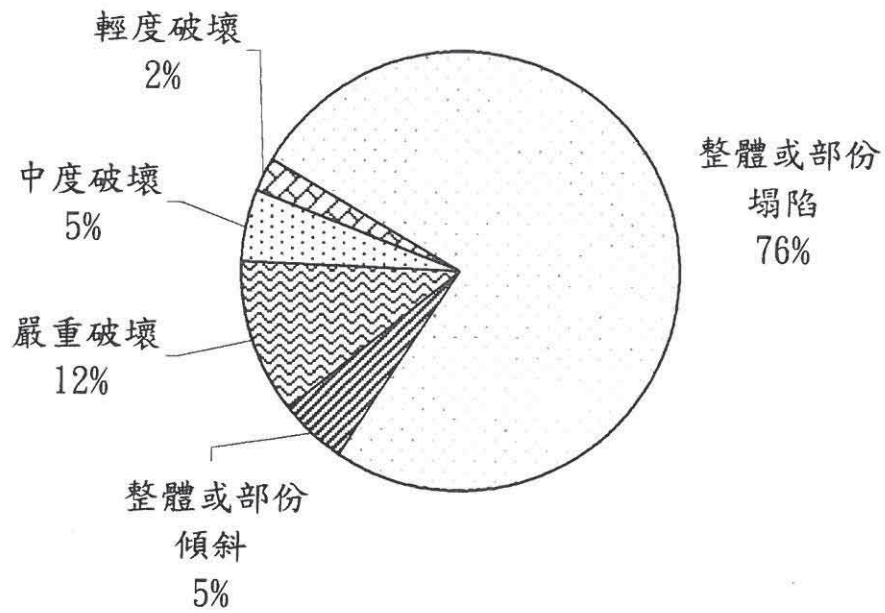


圖3.3.1 土塊厝之損壞百分比

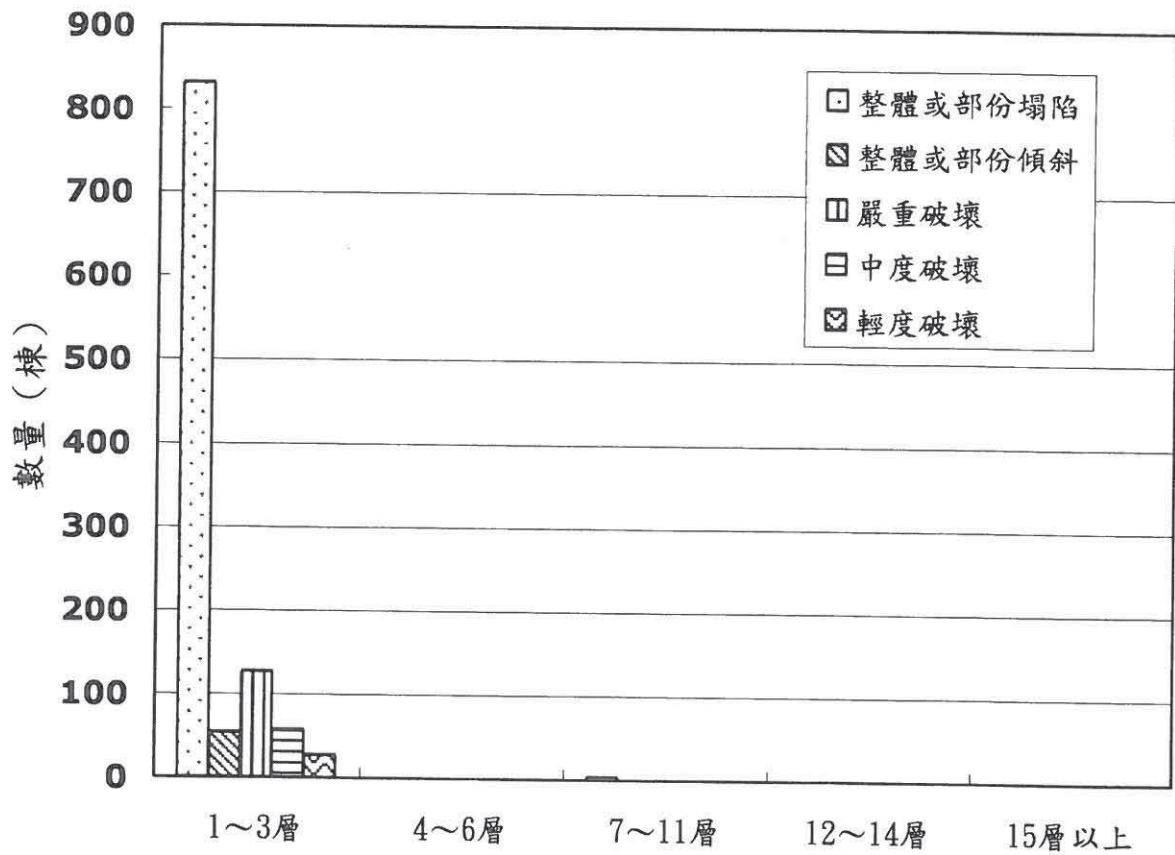


圖3.3.2 土塊厝之樓層與損害分析

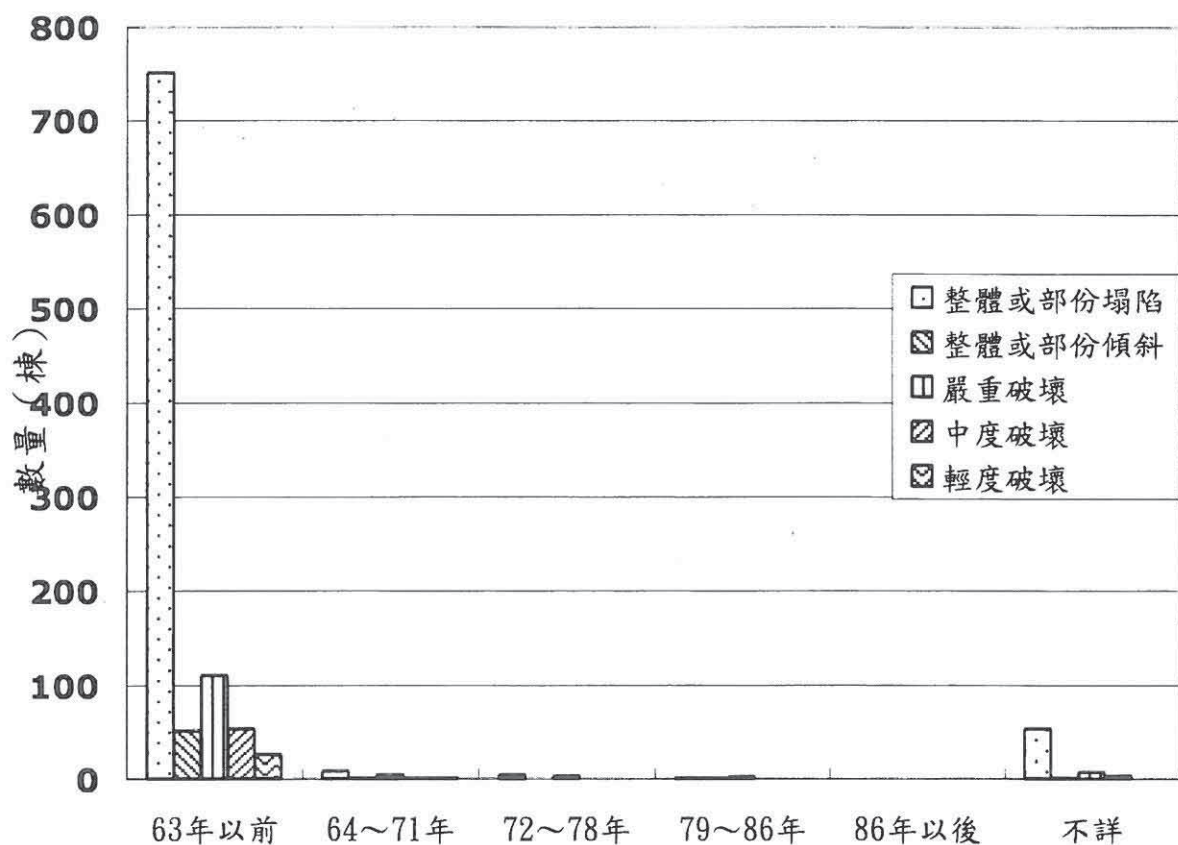


圖3.3.3 土塊厝之建造年代與損害分析

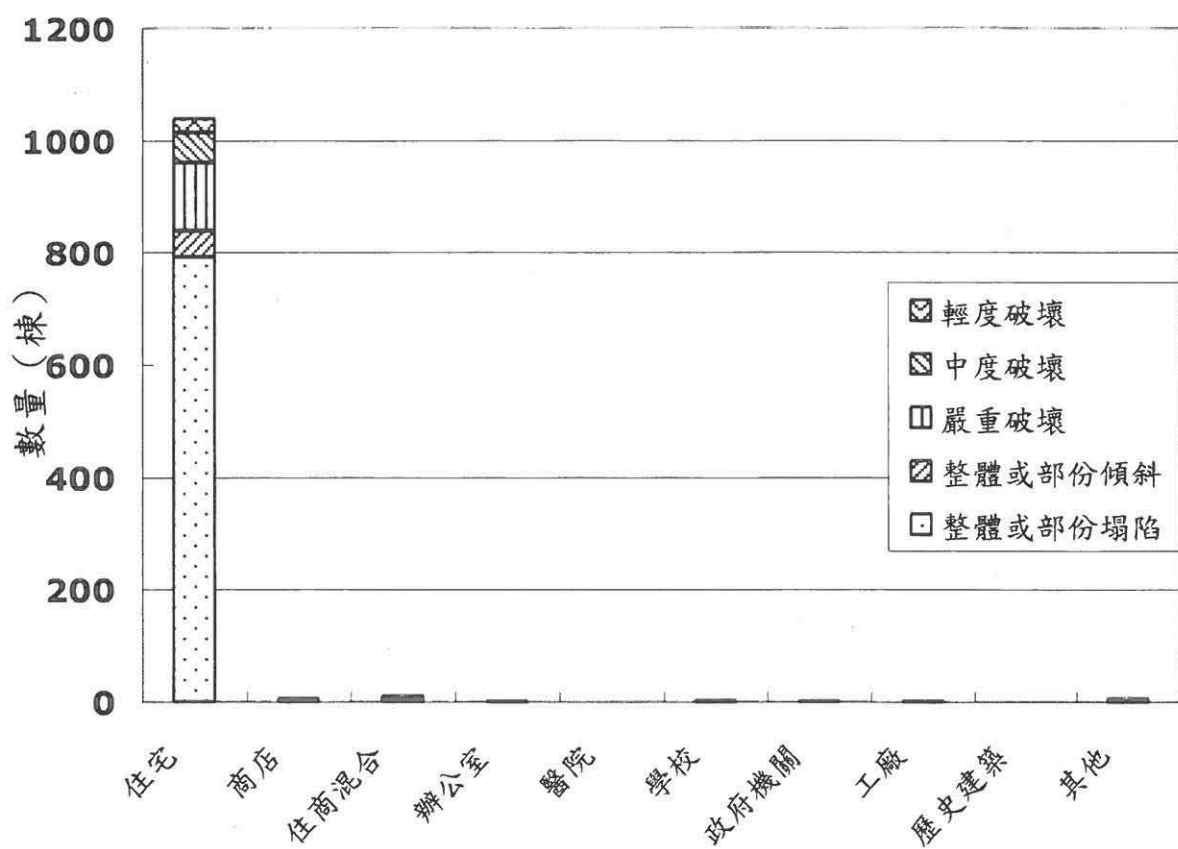


圖3.3.4 土塊厝之用途與損害分析

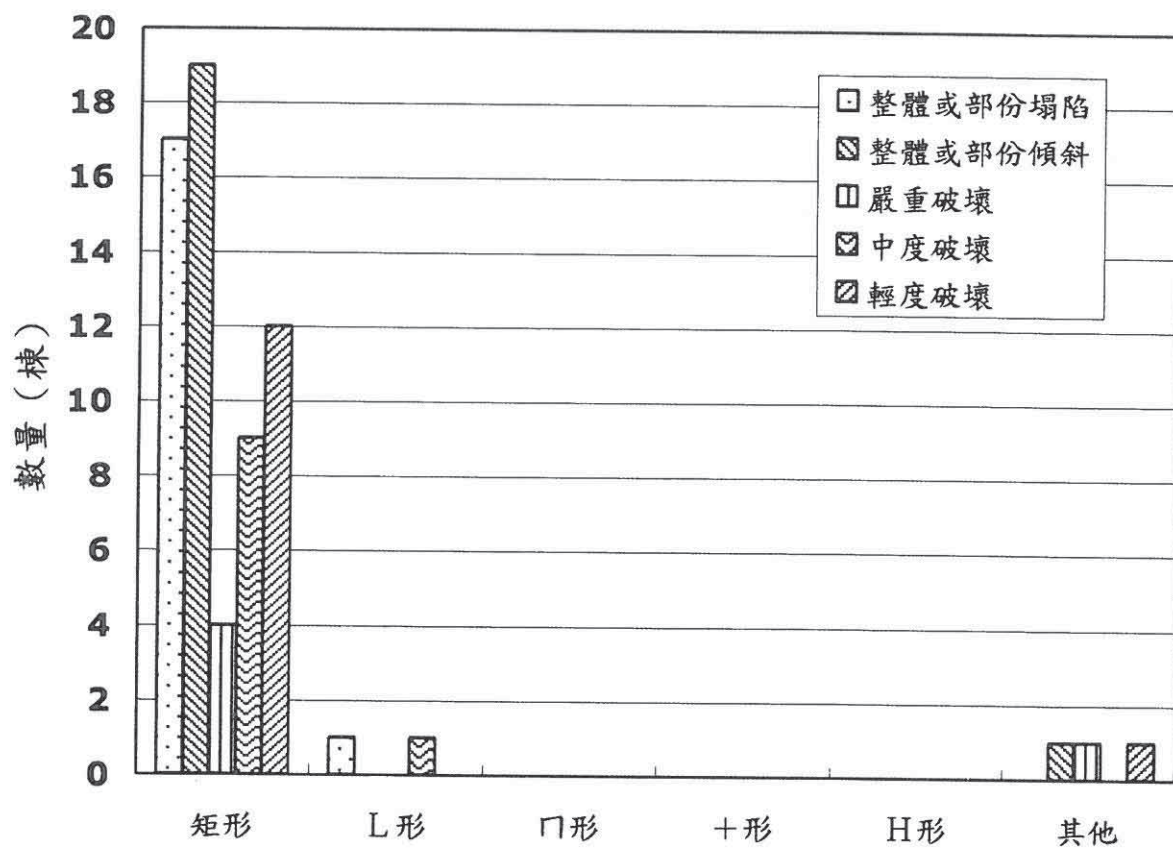


圖3.3.5 土塊厝之平面形狀與損害分析

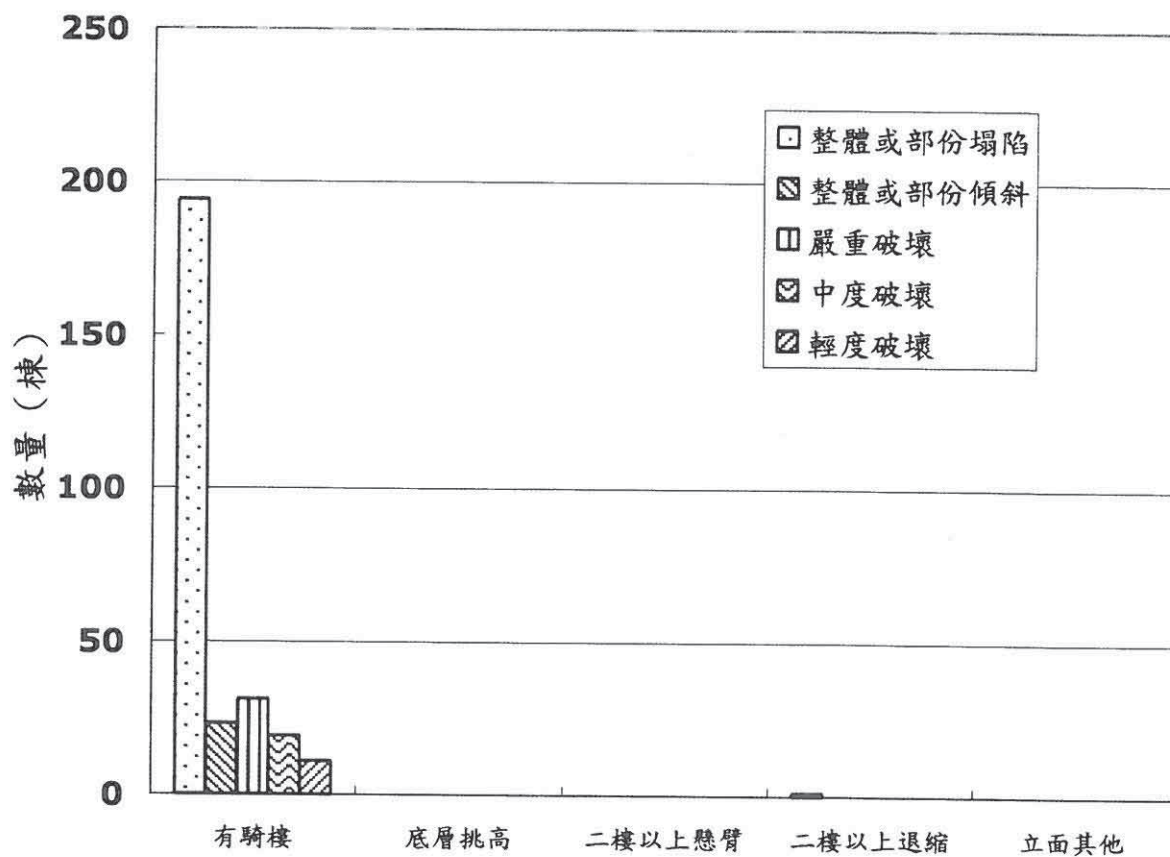


圖3.3.6 土塊厝之立面形狀與損害分析

鋼構造之損壞關係圖（資料共45棟）

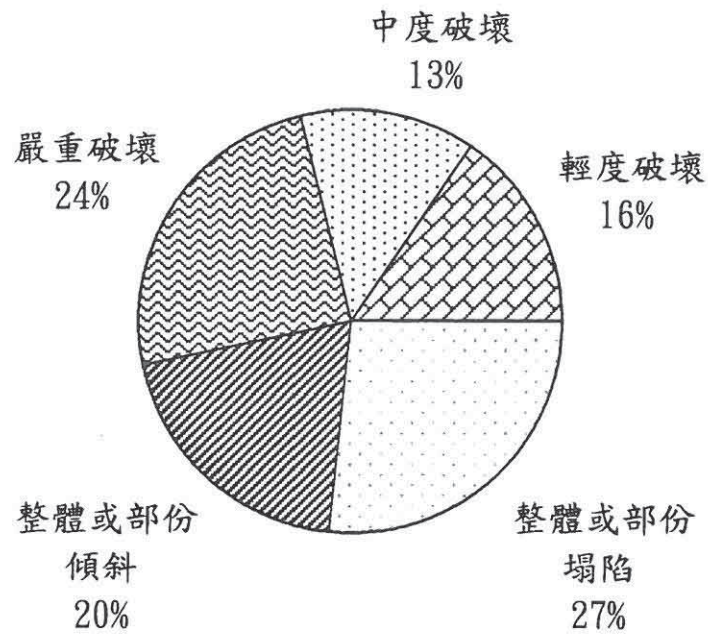


圖3.4.1 鋼構造之損壞百分比

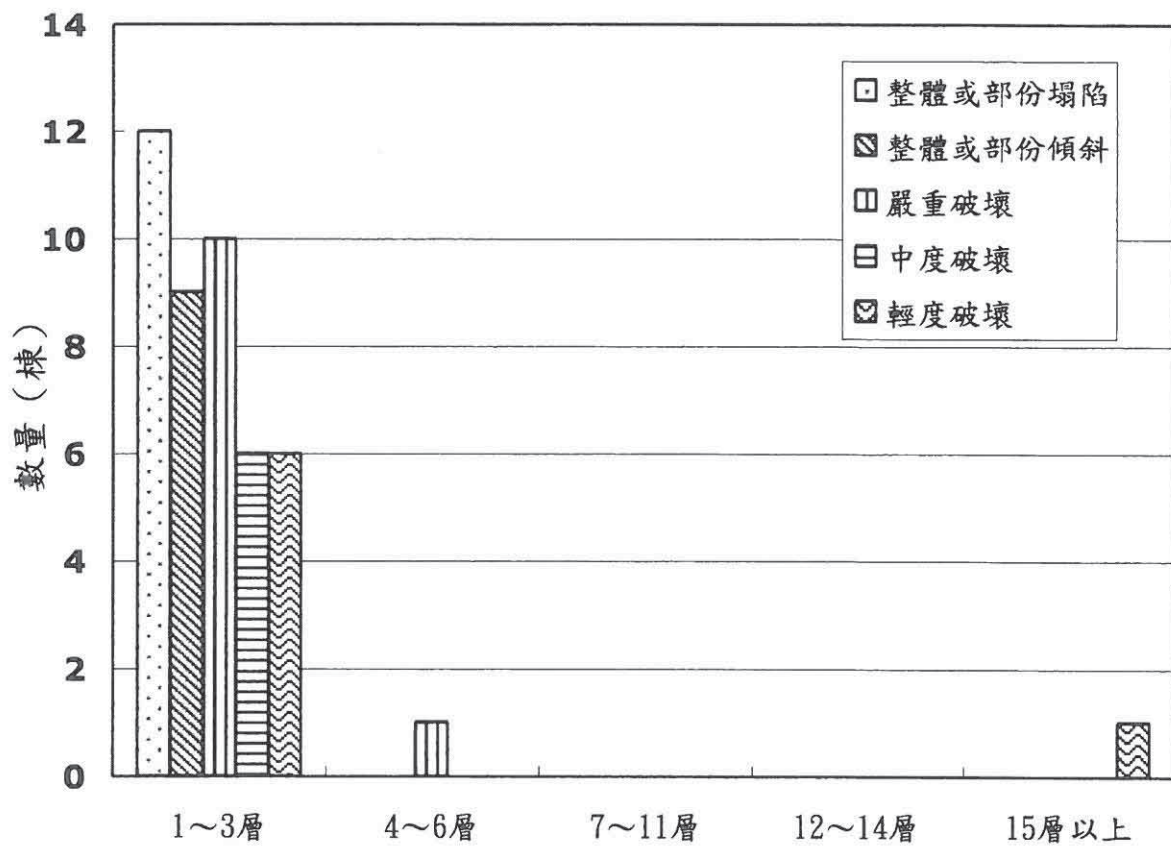


圖3.4.2 鋼構造之樓層與損害分析

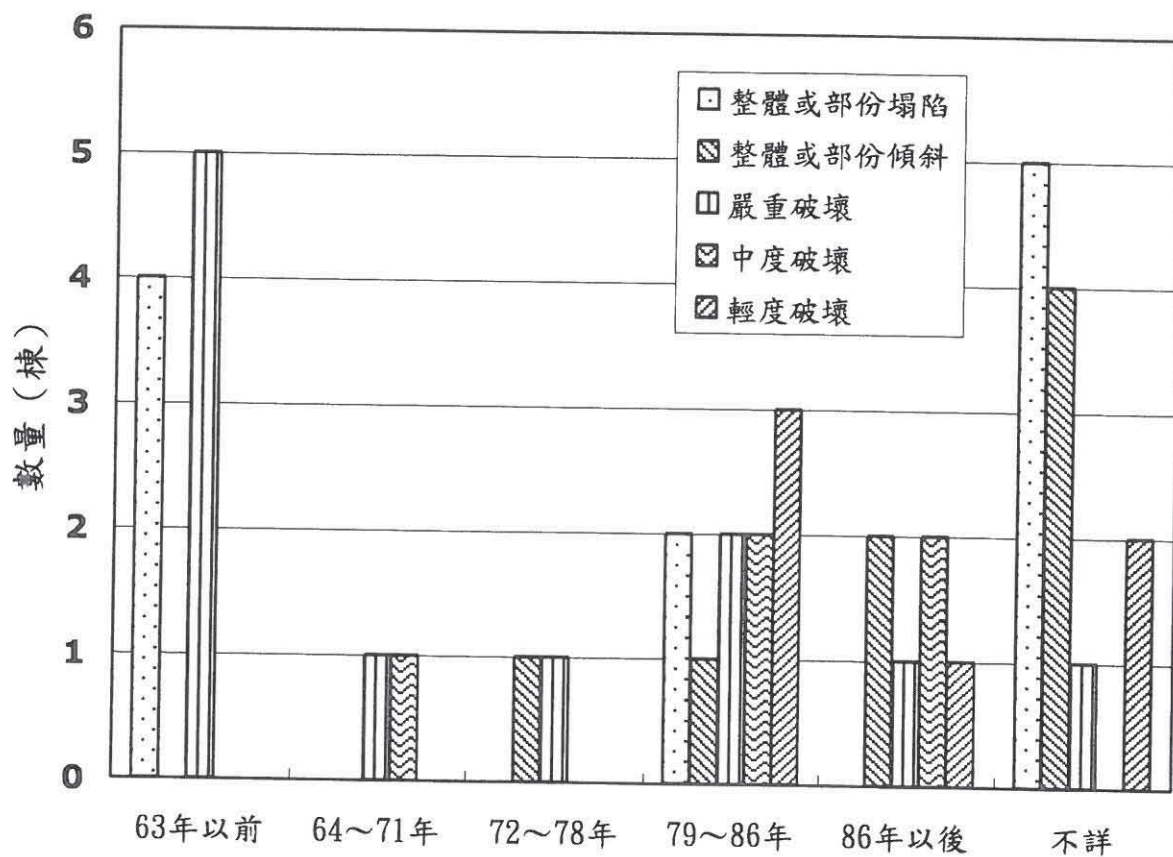


圖3.4.3 鋼構造之建造年代與損害分析

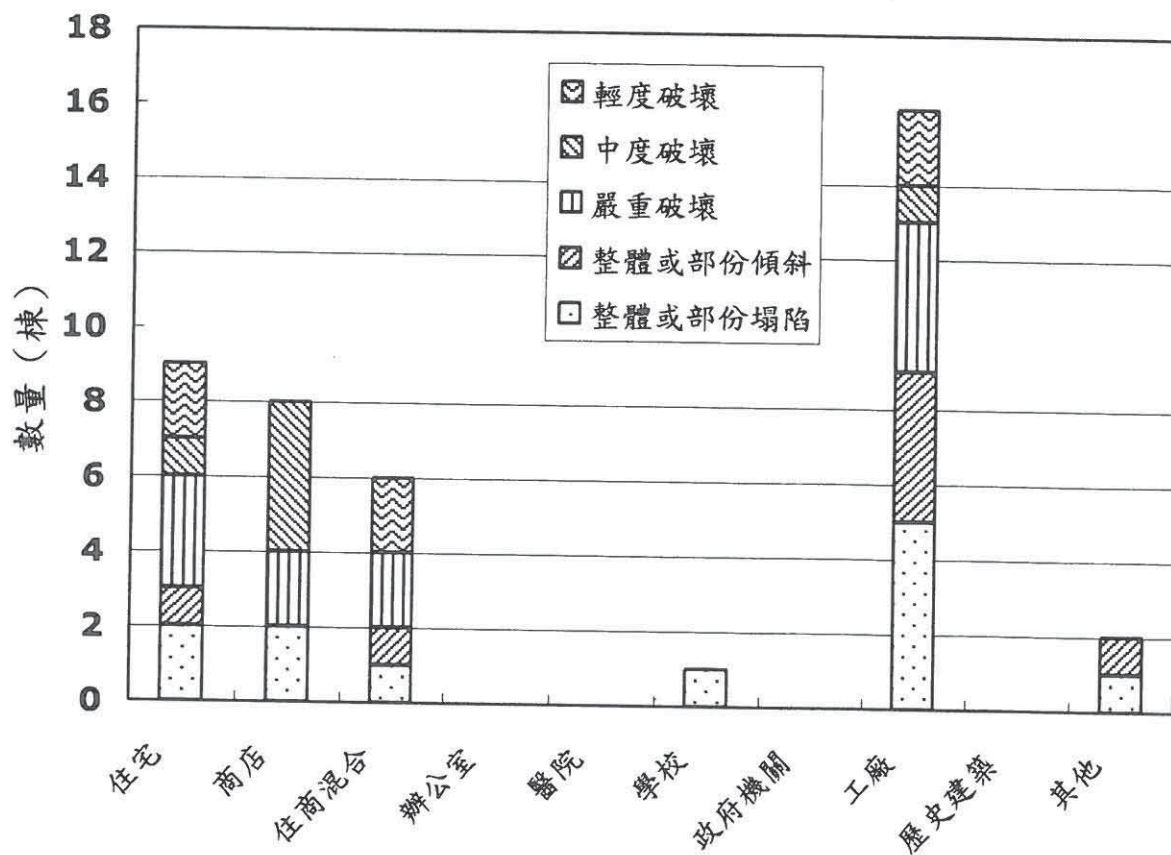


圖3.4.4 鋼構造之用途與損害分析

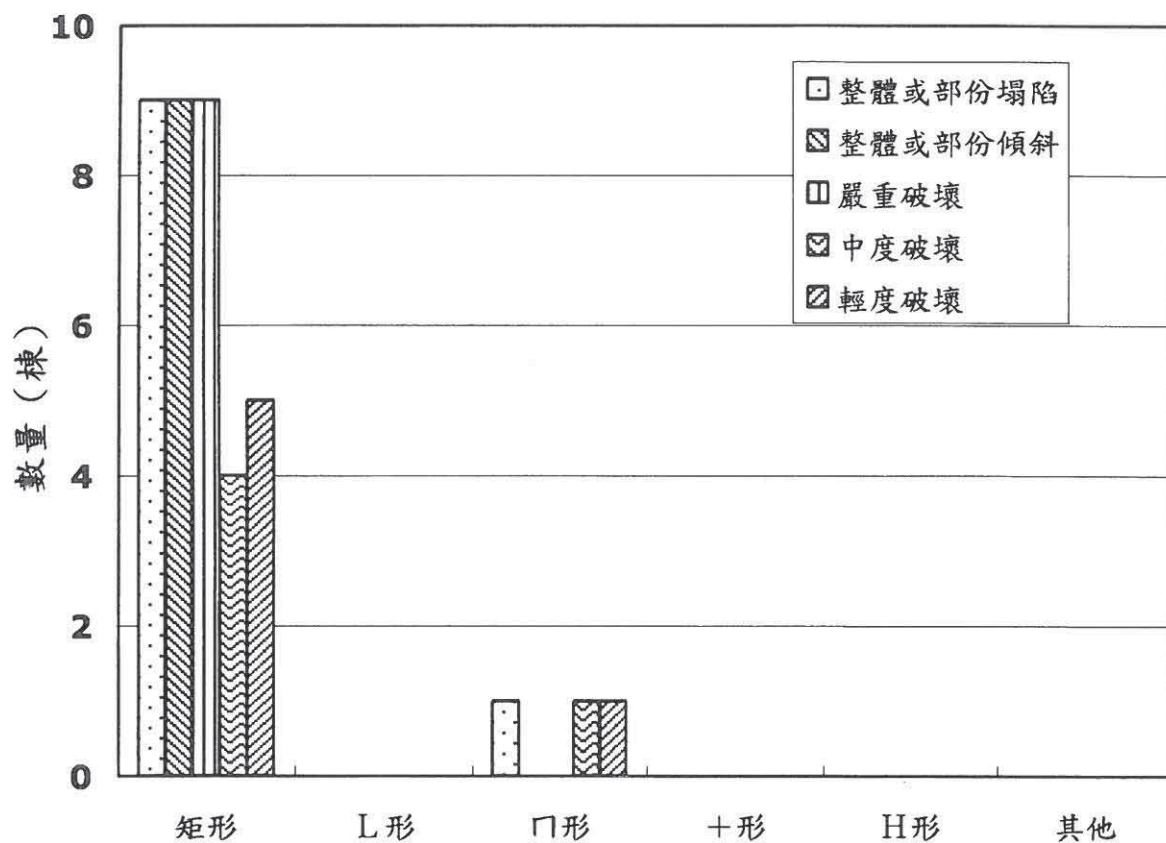


圖3.4.5 鋼結構之平面形狀與損害分析

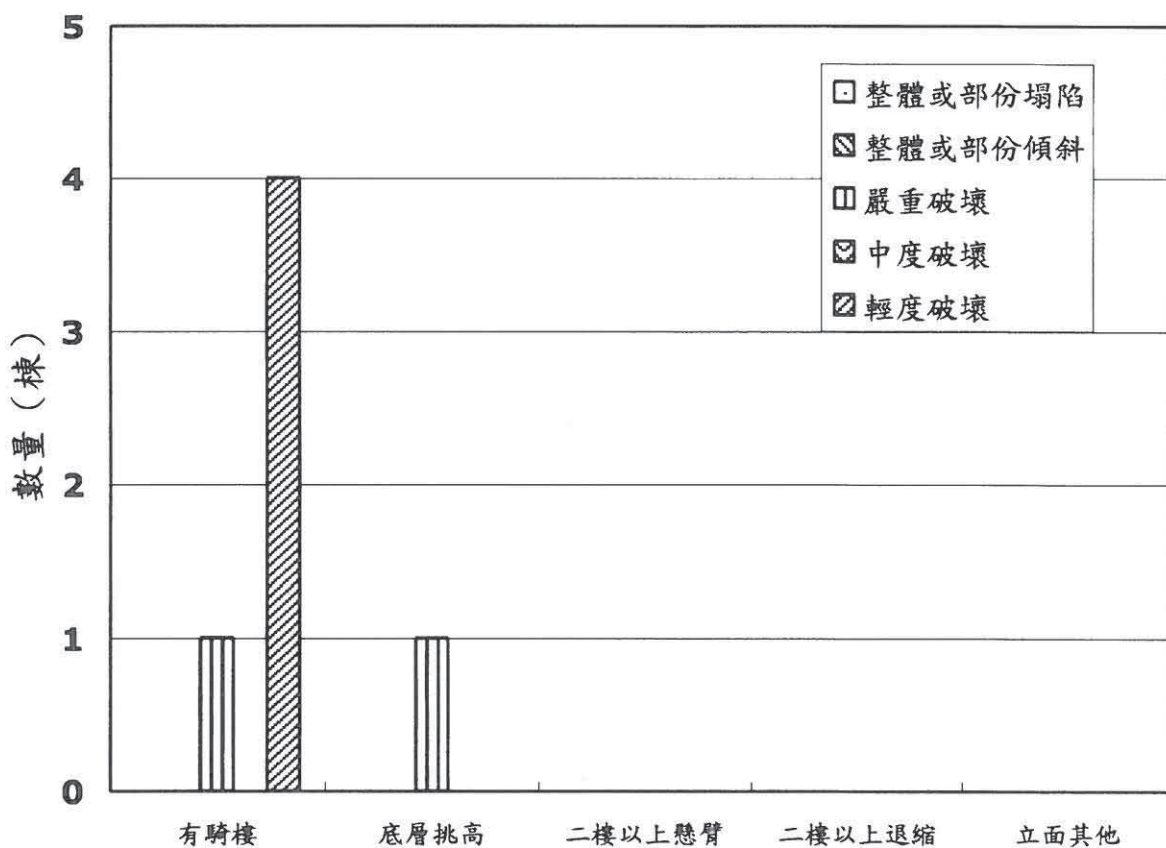


圖3.4.6 鋼構造之立面形狀與損害分析

鐵皮屋之損壞關係圖（資料共67棟）

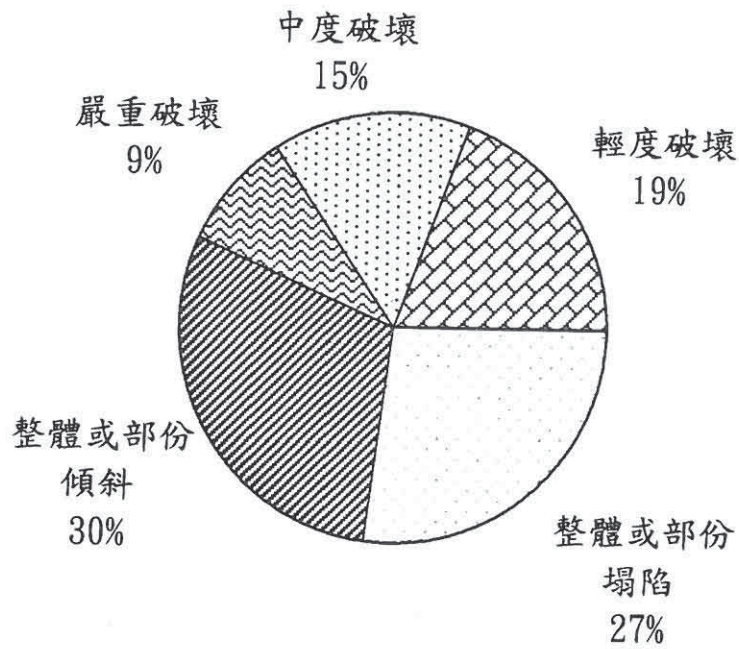


圖3.5.1 鐵皮屋之損壞程度百分比

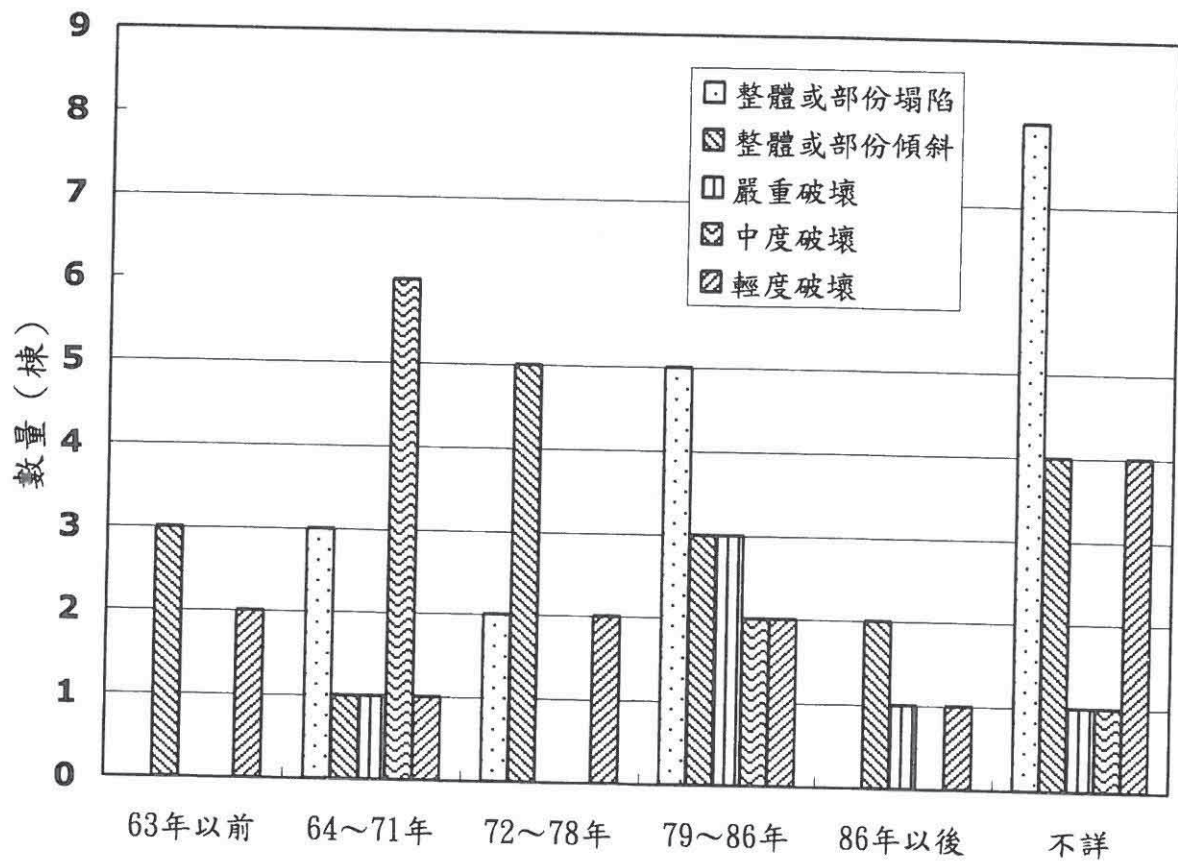


圖3.5.2 鐵皮屋之建造年代與損害分析

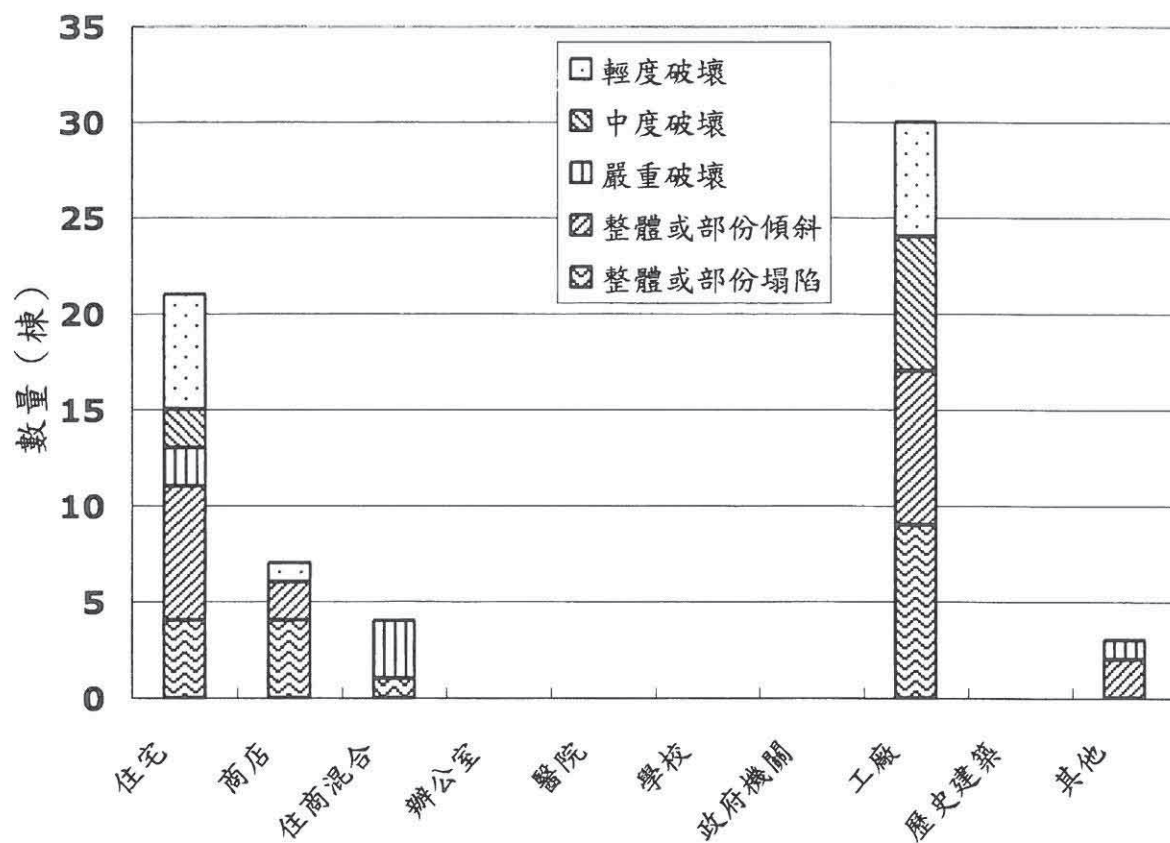


圖3.5.3 鐵皮屋之用途與損害分析

木造建築之損壞關係圖 (資料共2014棟)

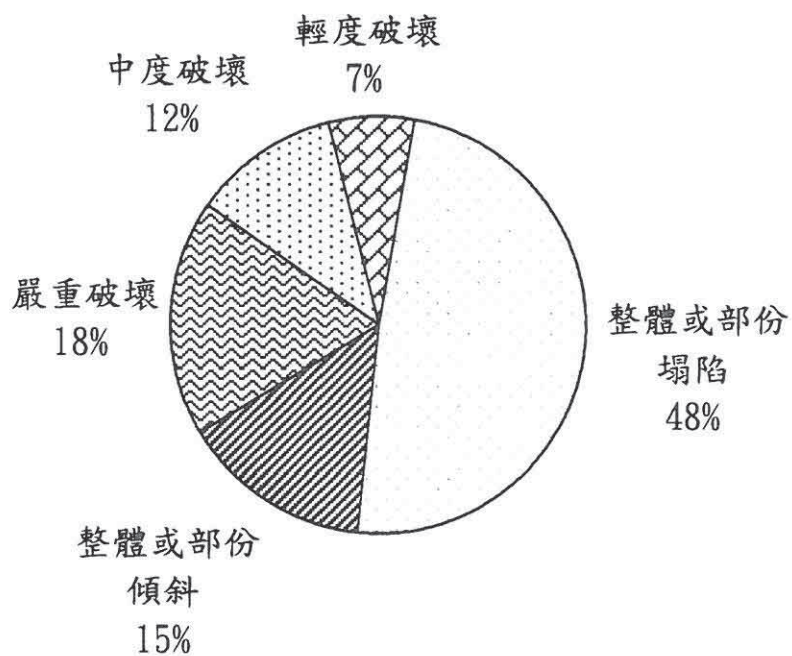


圖3.5.4 木造建築之損壞程度百分比

全國各縣市建物受損程度

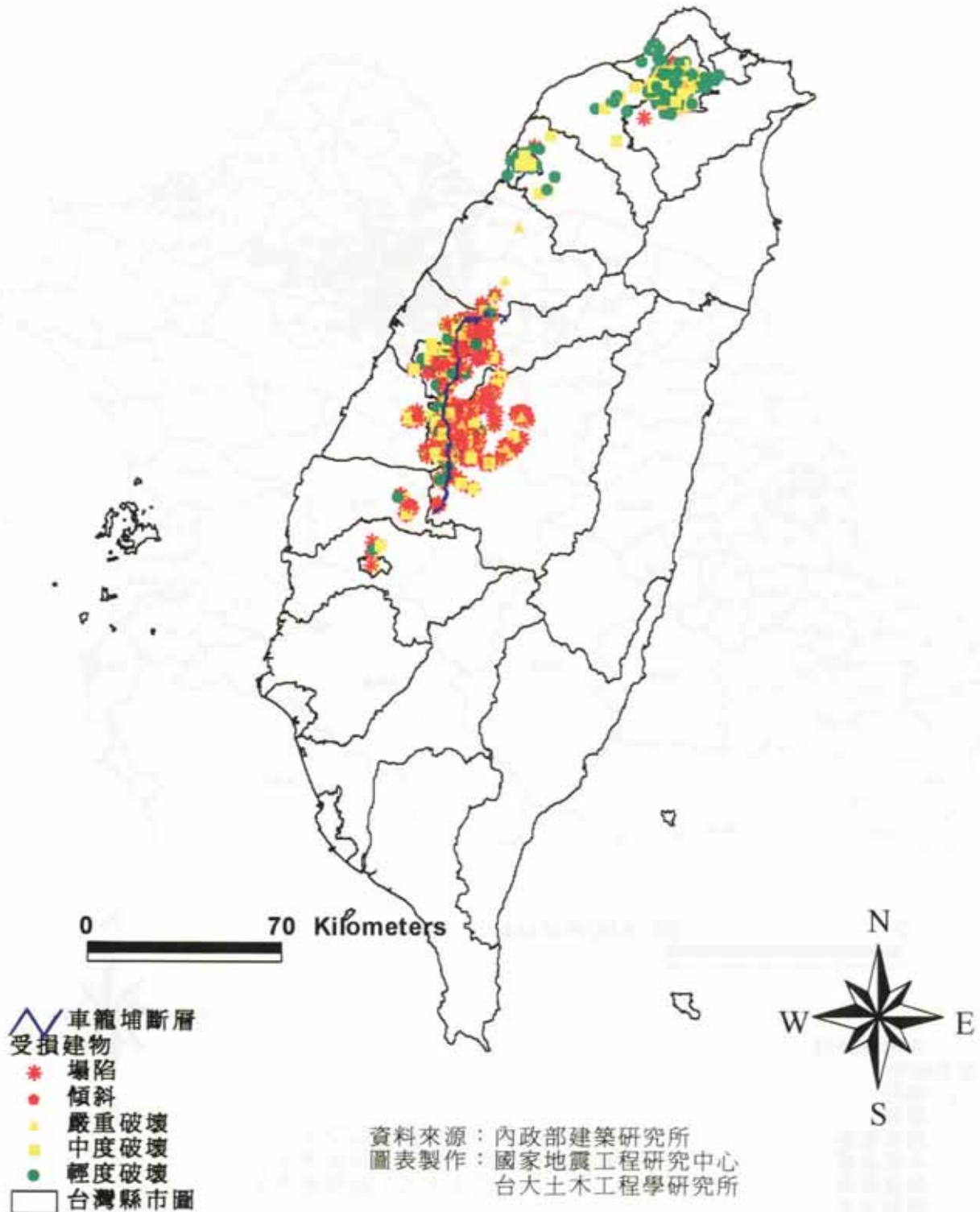


圖 4.1.1 全國各行政區建物受損程度分佈圖

北台灣建物受損程度圖

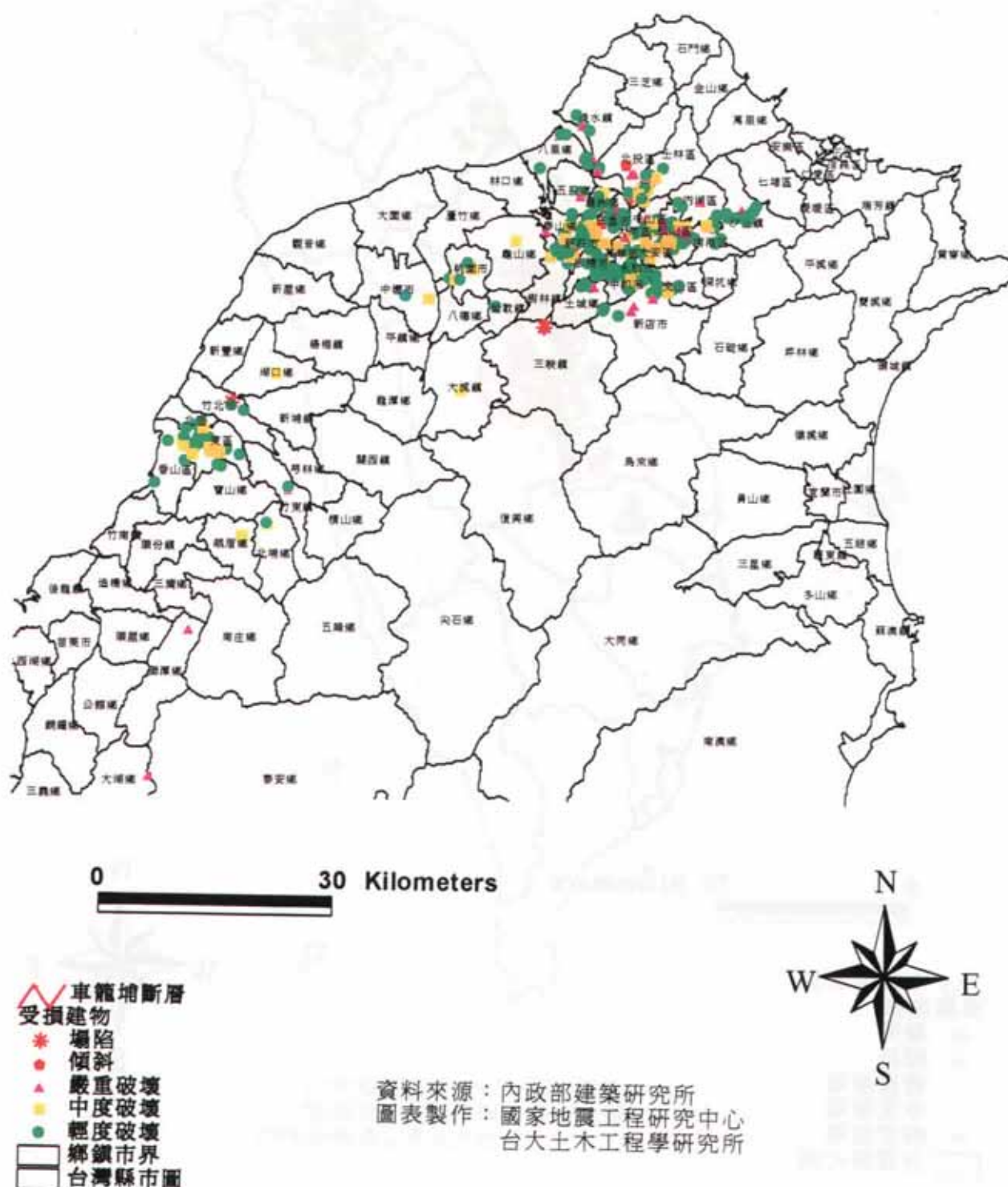


圖 4.1.2 北台灣地區建物受損程度分佈圖

台北地區建物損壞程度

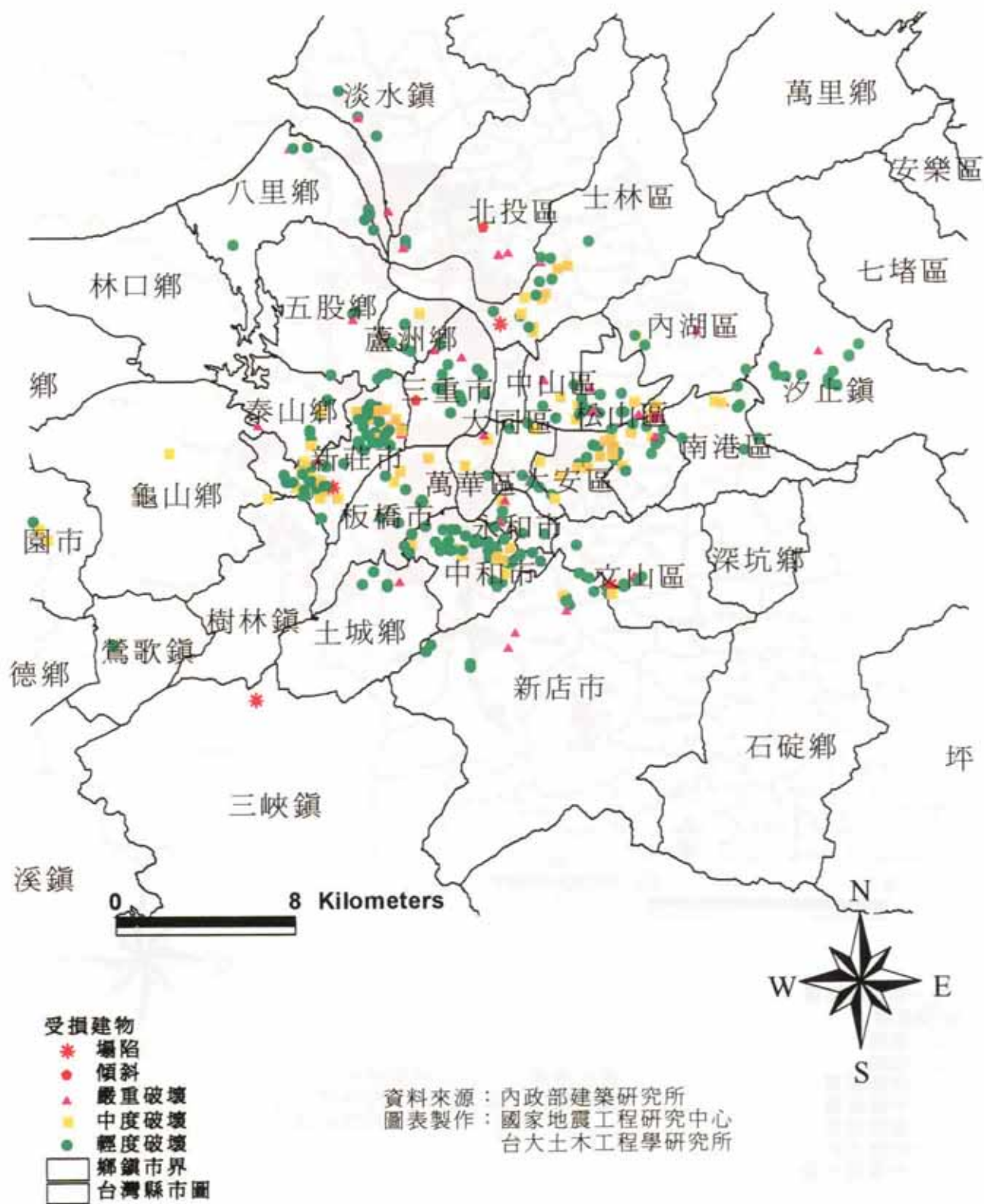


圖 4.1.3 台北地區建物損壞程度圖

中台灣建物受損程度圖

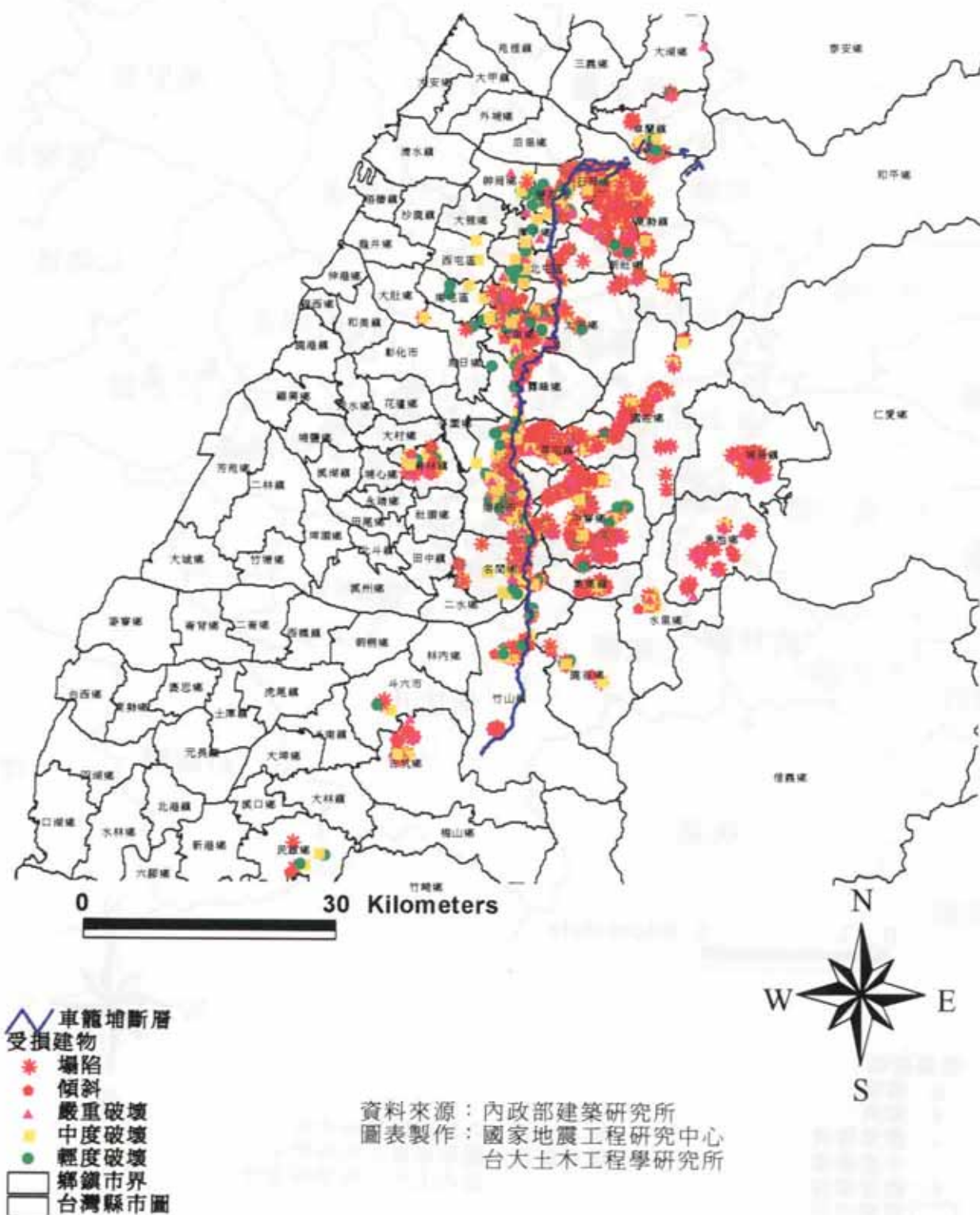


圖 4.1.4 中台灣地區建物受損程度分佈圖

南台灣建物受損程度圖

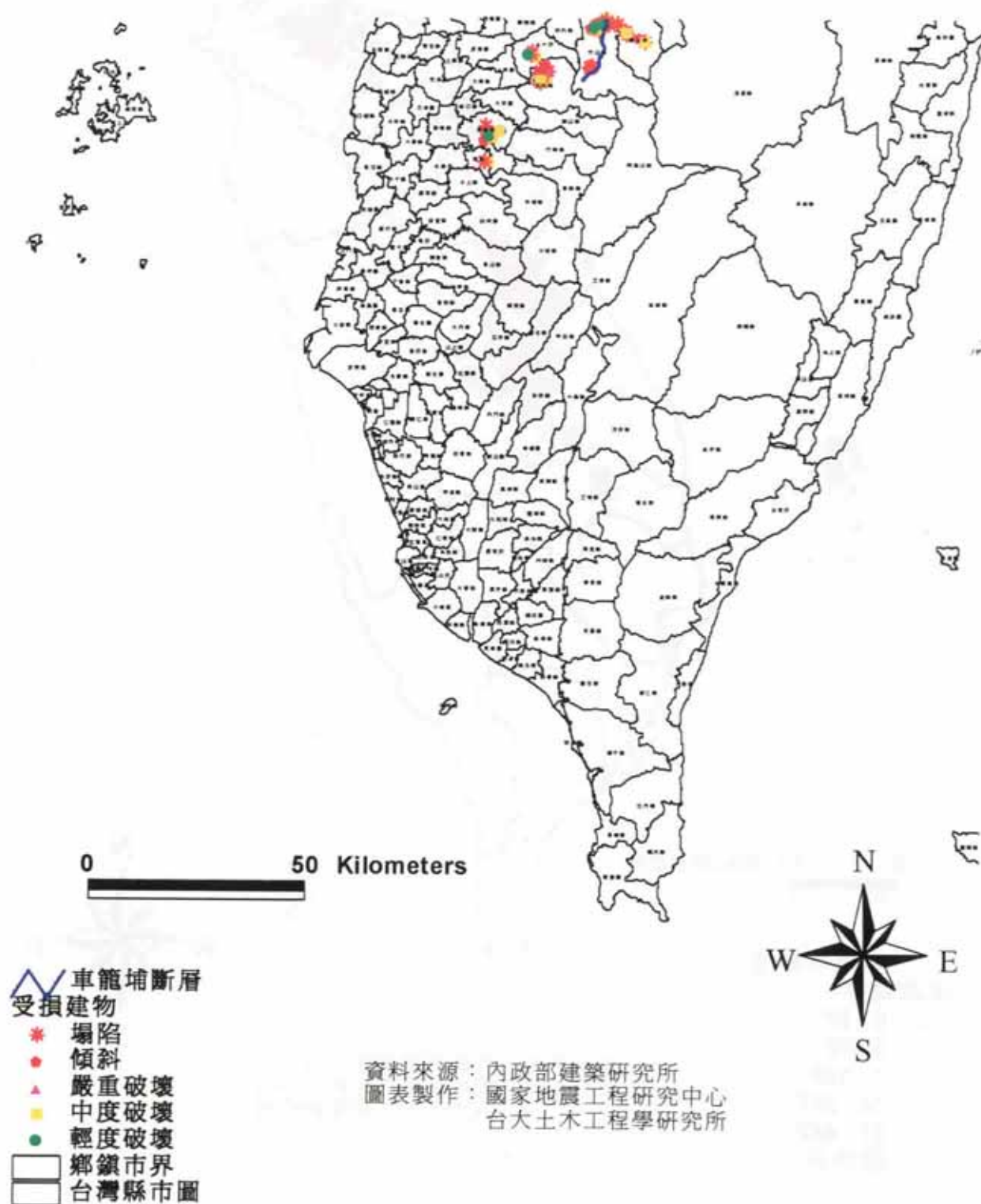


圖 4.1.5 南台灣地區建物受損程度分佈圖

依樓層高度全國建物受損分佈

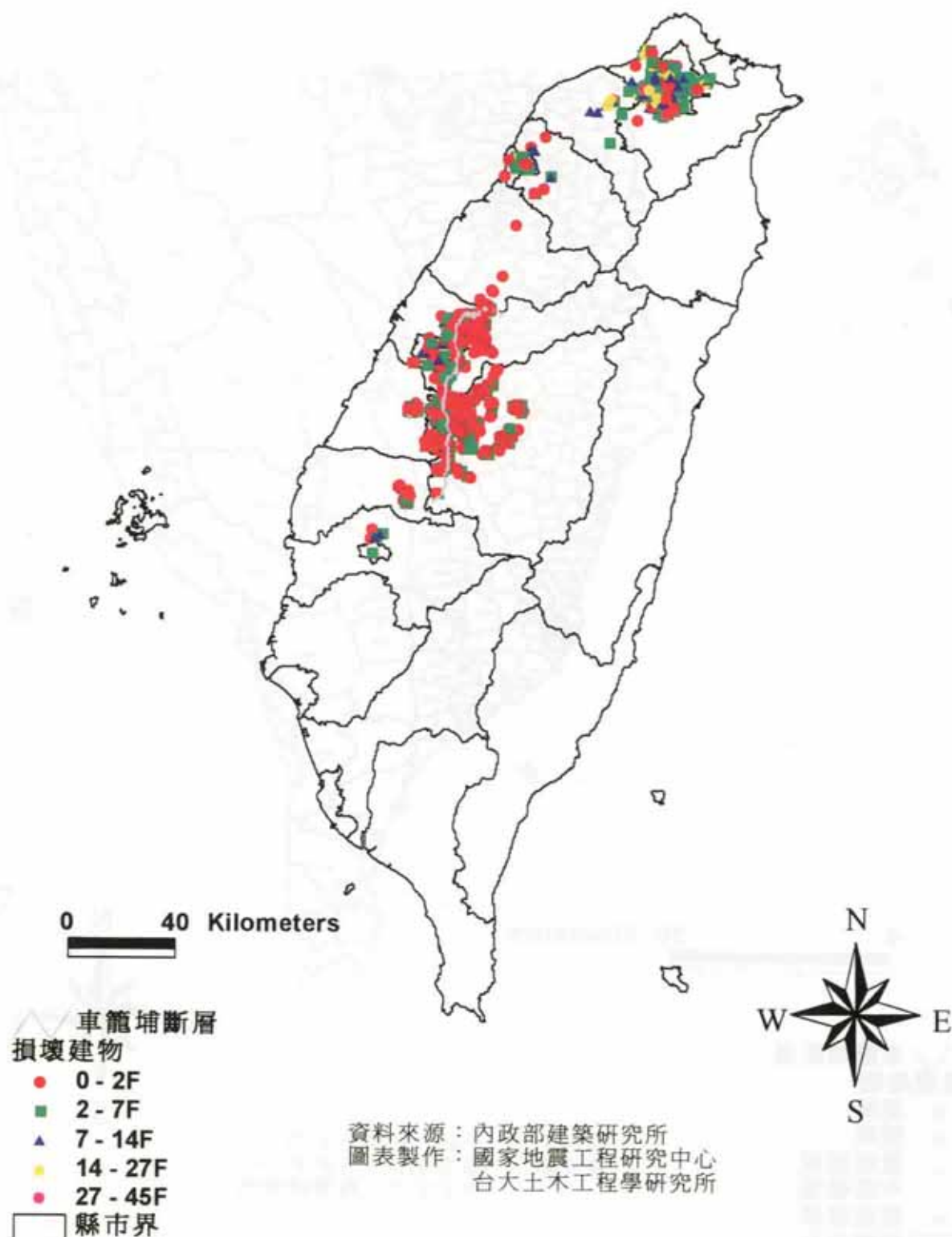


圖 4.1.6 依樓層全國建物損害分佈圖

依構造種類全國建物受損分佈

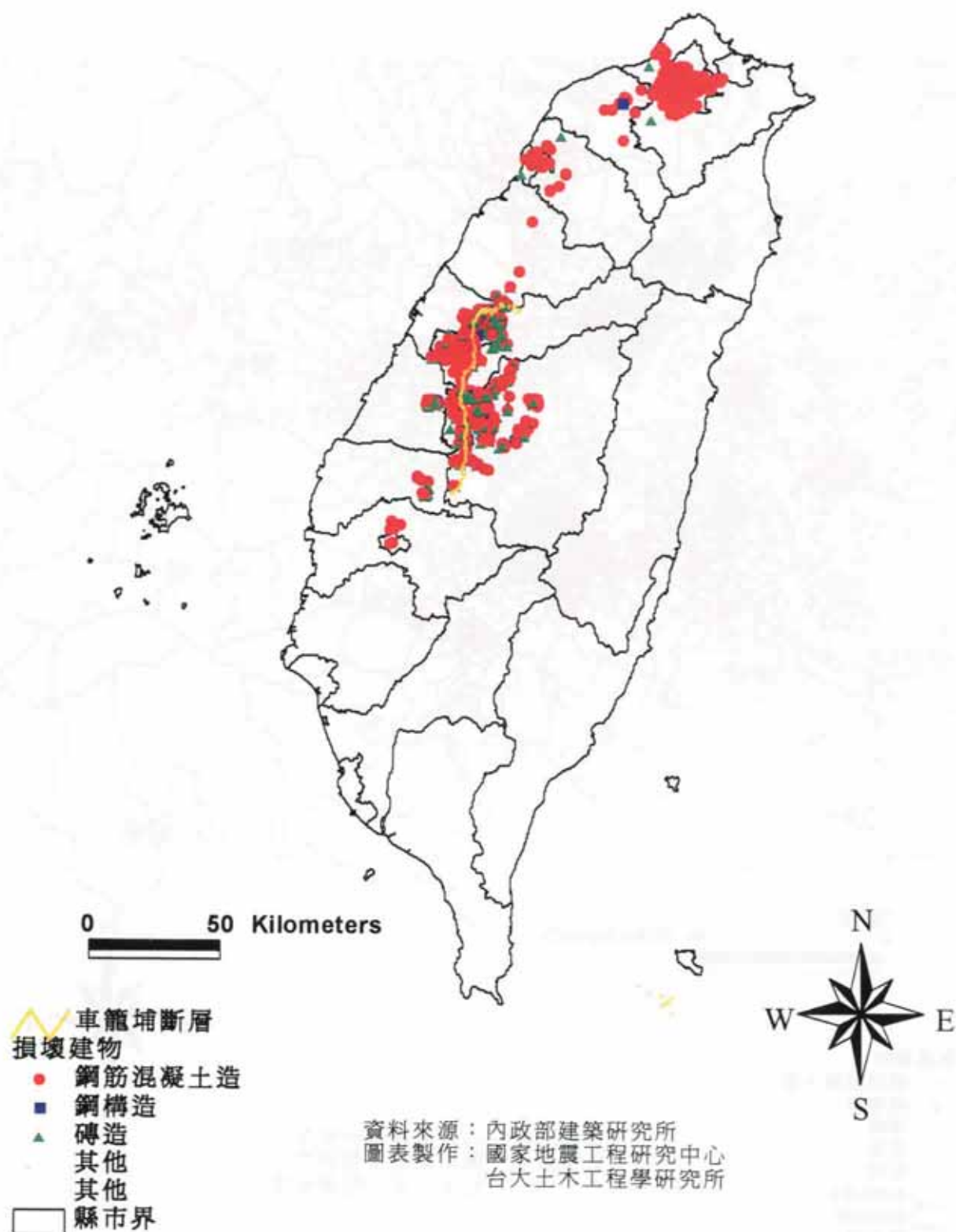


圖 4.1.7 依構造別全國建物損壞分佈圖

台北地區各構造種類建物受損狀況

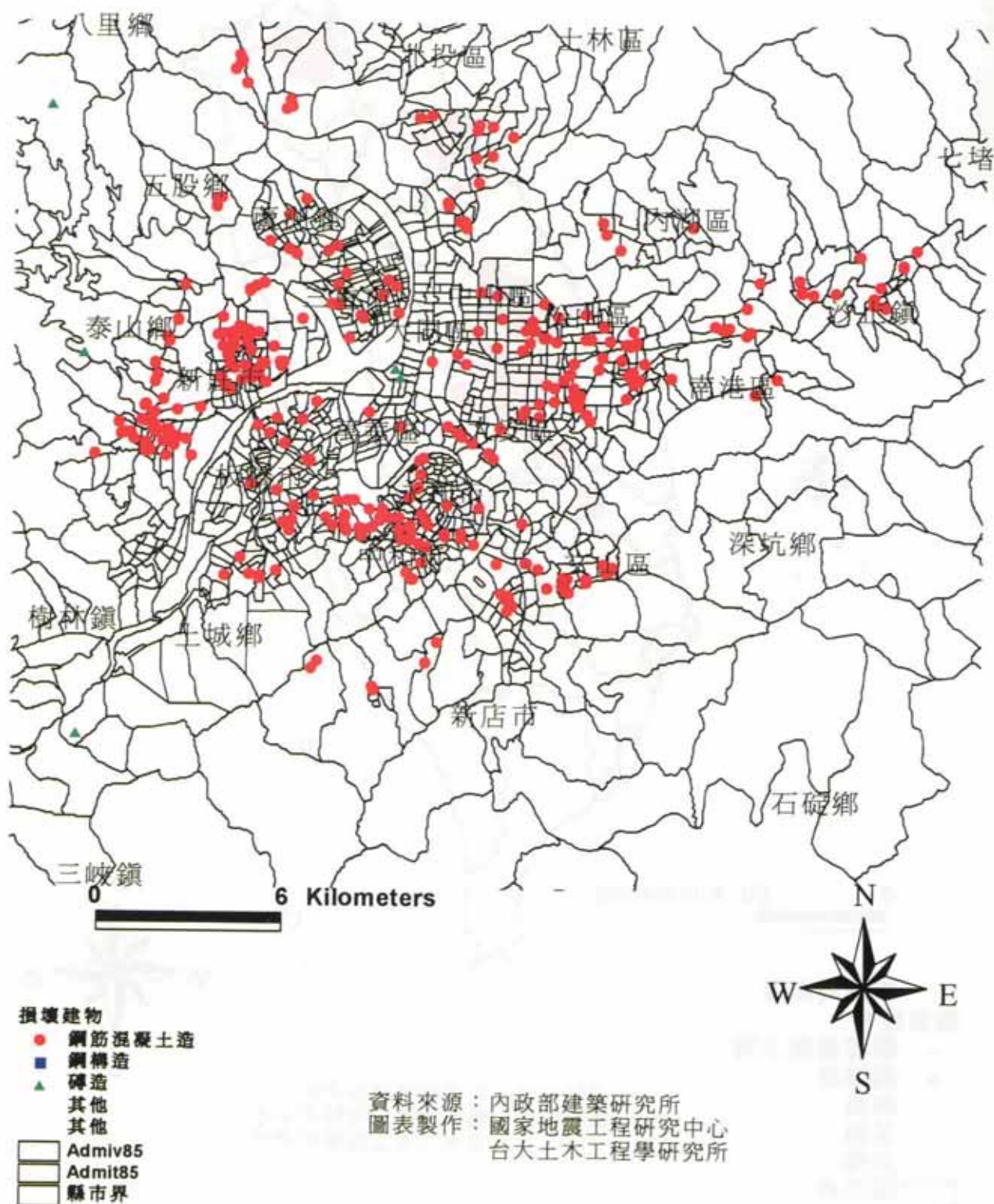


圖 4.1.8 台北地區各構造種類建物損壞圖

依建造年代全國建物受損分佈

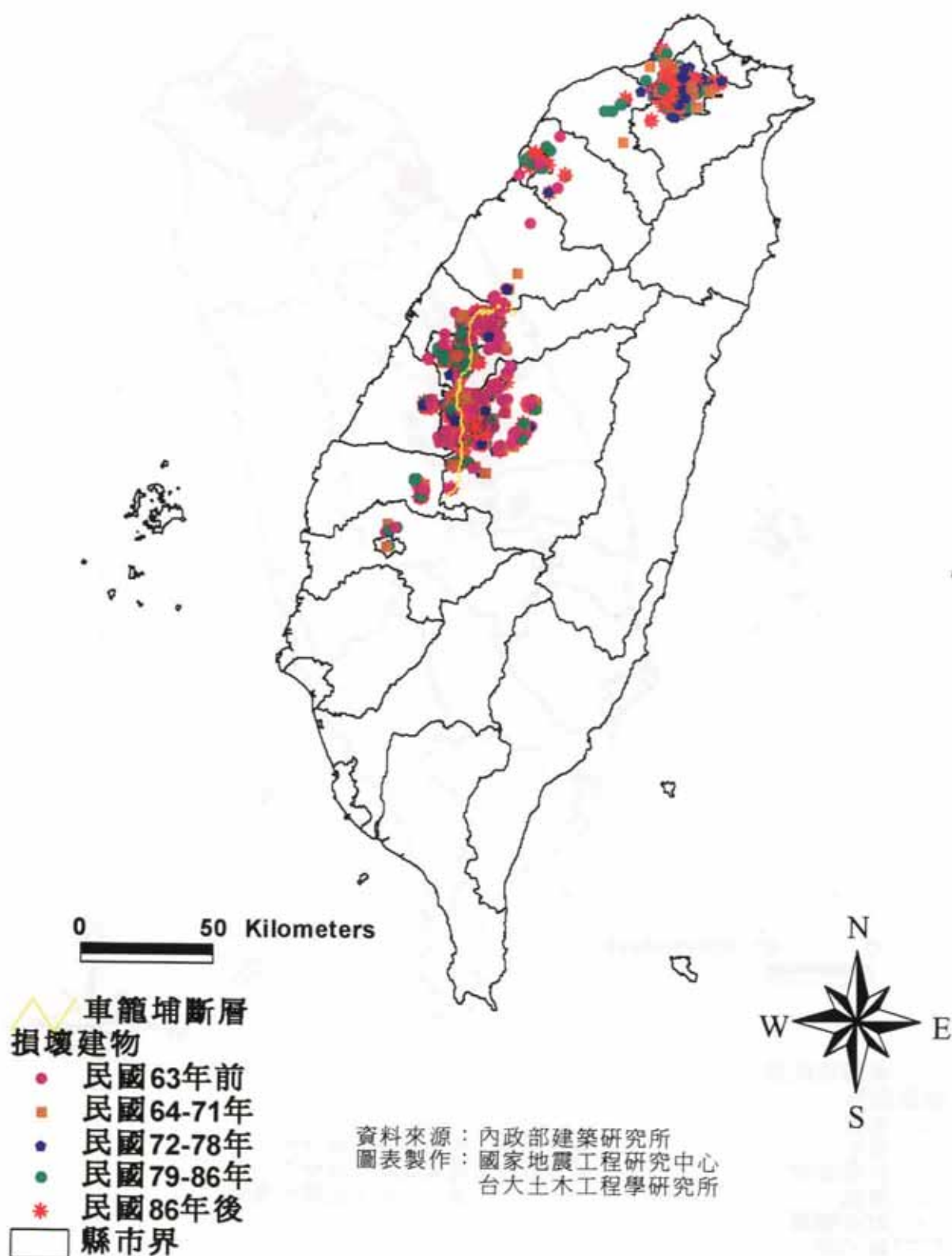


圖 4.1.9 依建造年代全國建物損壞分佈圖

依用途別全國建物受損分佈

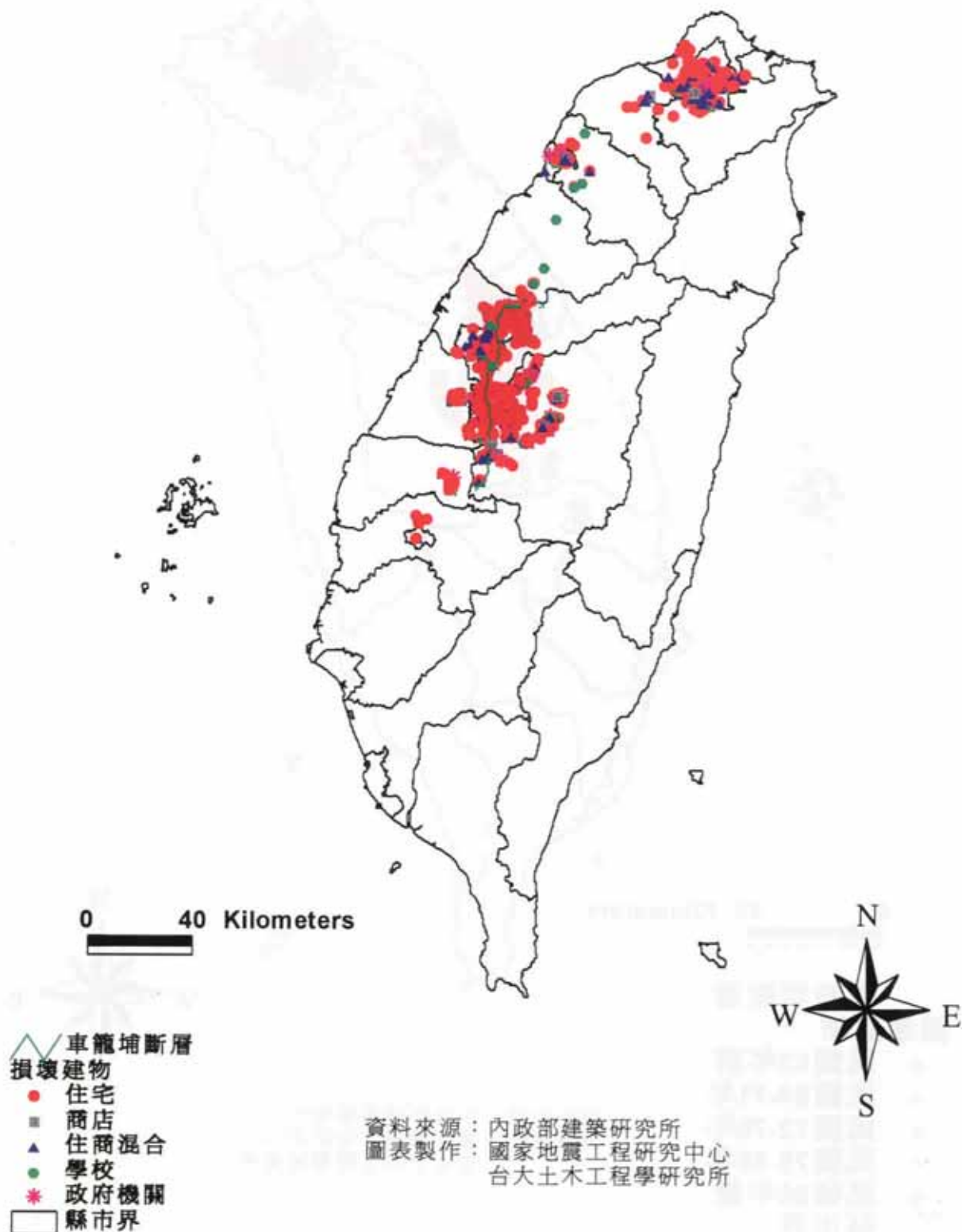


圖 4.1.10 依用途別全國建物損壞分佈圖

依平面形狀區全國建物受損分佈



圖 4.1.11 依形狀種類全國建物損壞分佈圖

南投縣地形與受損建物分佈

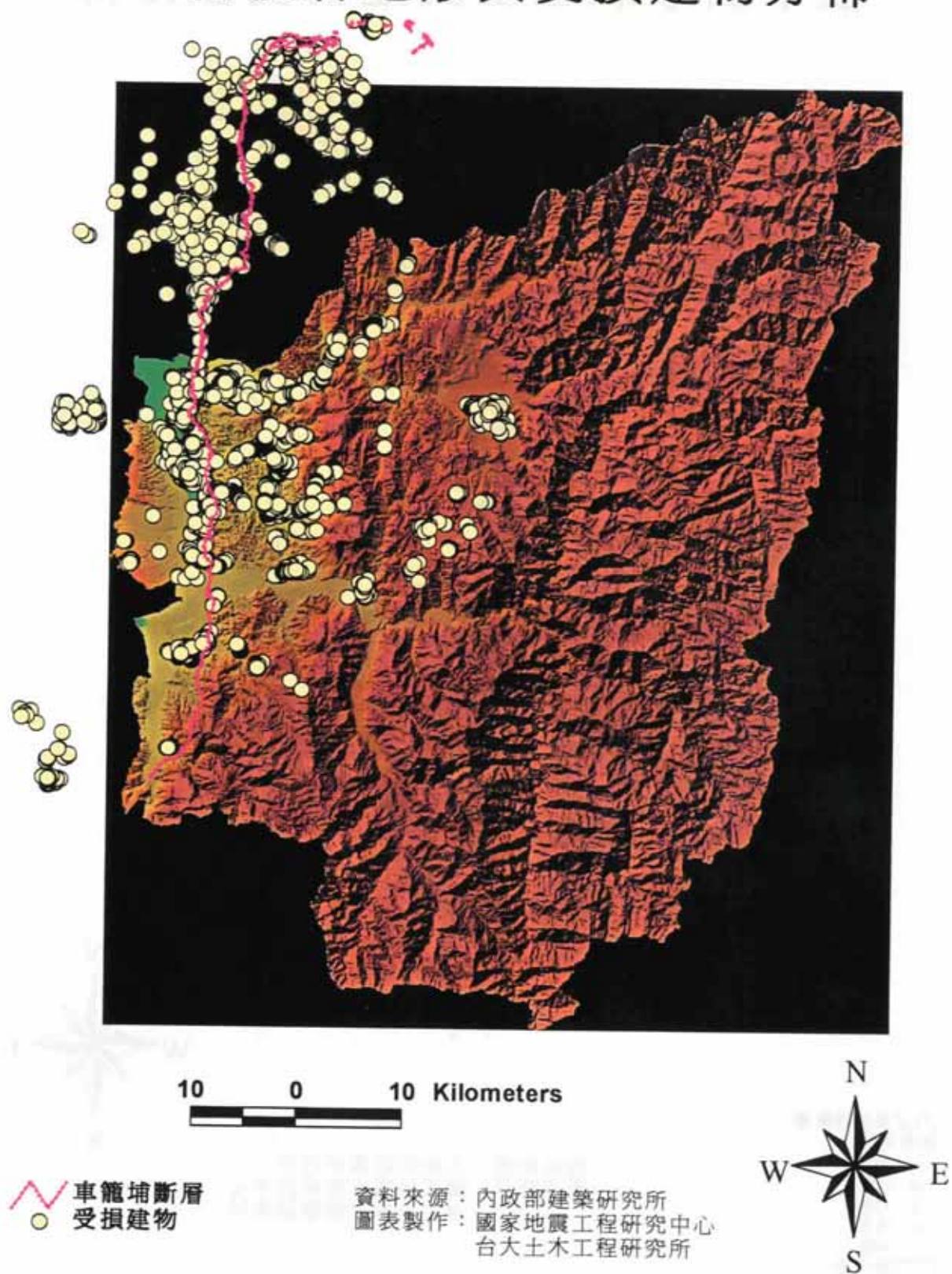


圖 4.2.1 南投縣地形與建物受損分佈圖

南投縣建物受損程度分佈

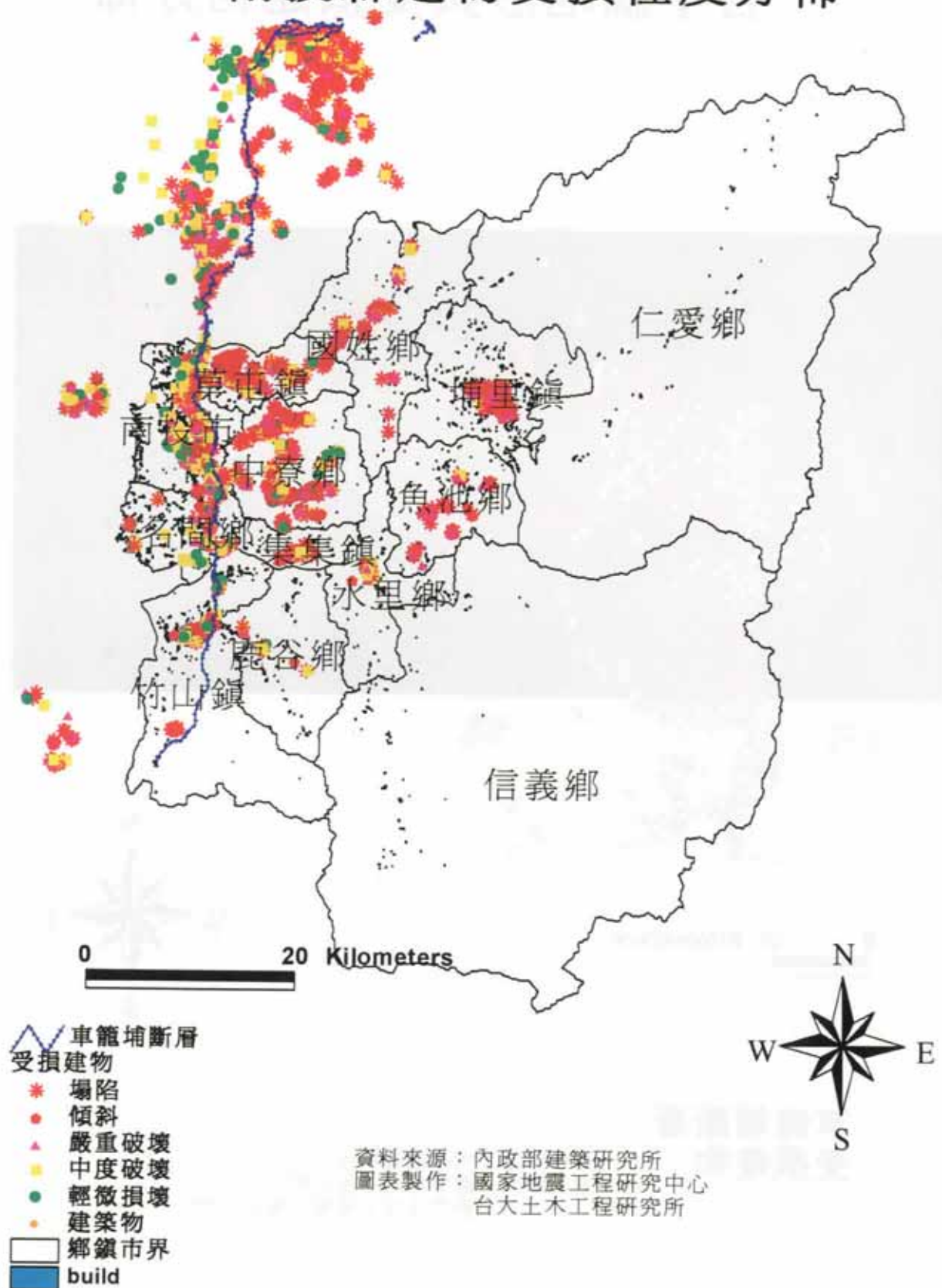


圖 4.2.2 南投縣各鄉鎮市建物受損程度分佈圖

台中縣地形與受損建物分佈



圖 4.3.1 台中縣地形與建物受損關係圖

台中縣建物受損程度分佈

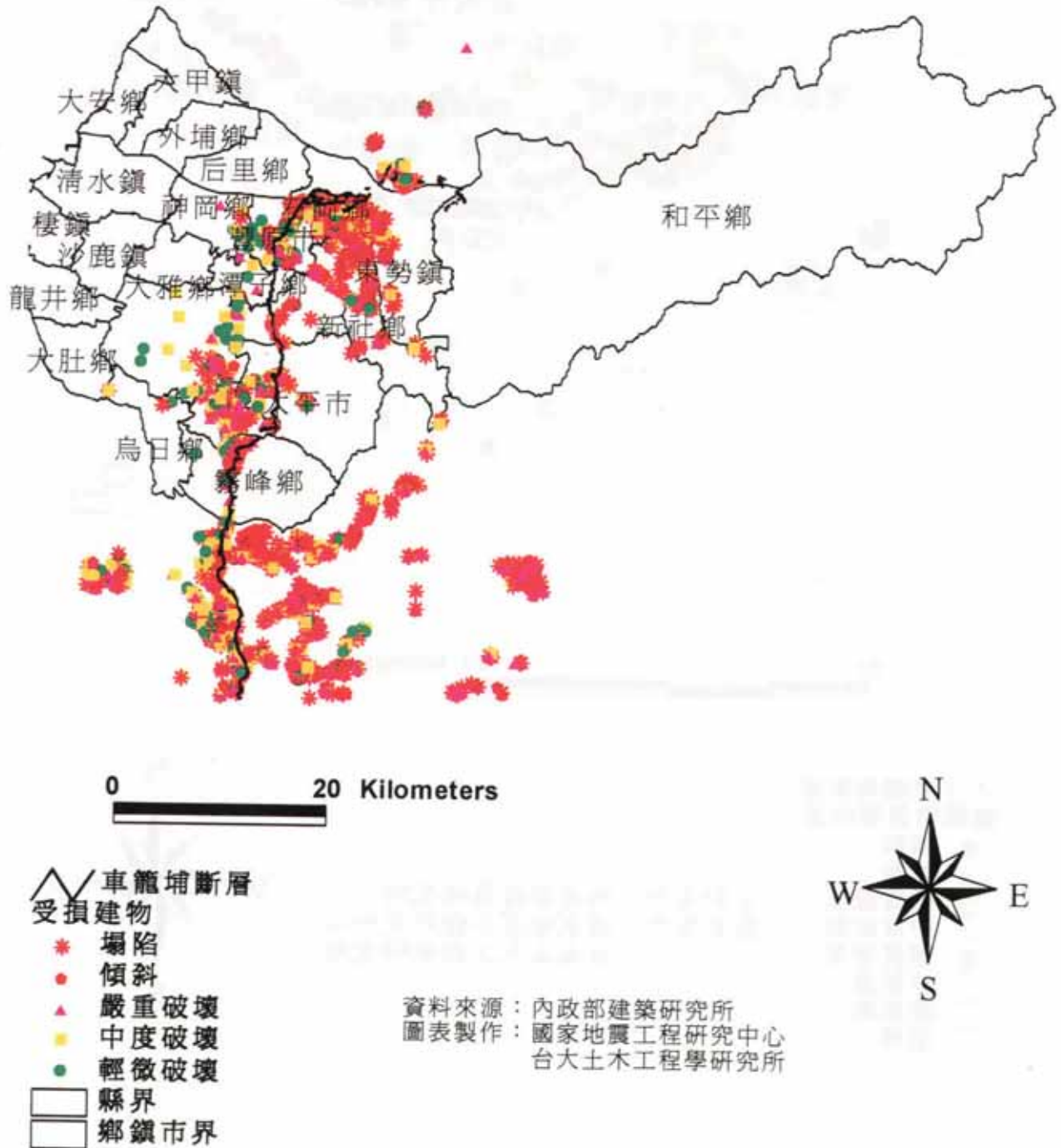


圖 4.3.2 台中縣各鄉鎮市建物損壞程度分佈

苗栗縣卓蘭鎮部分建築物損壞分佈

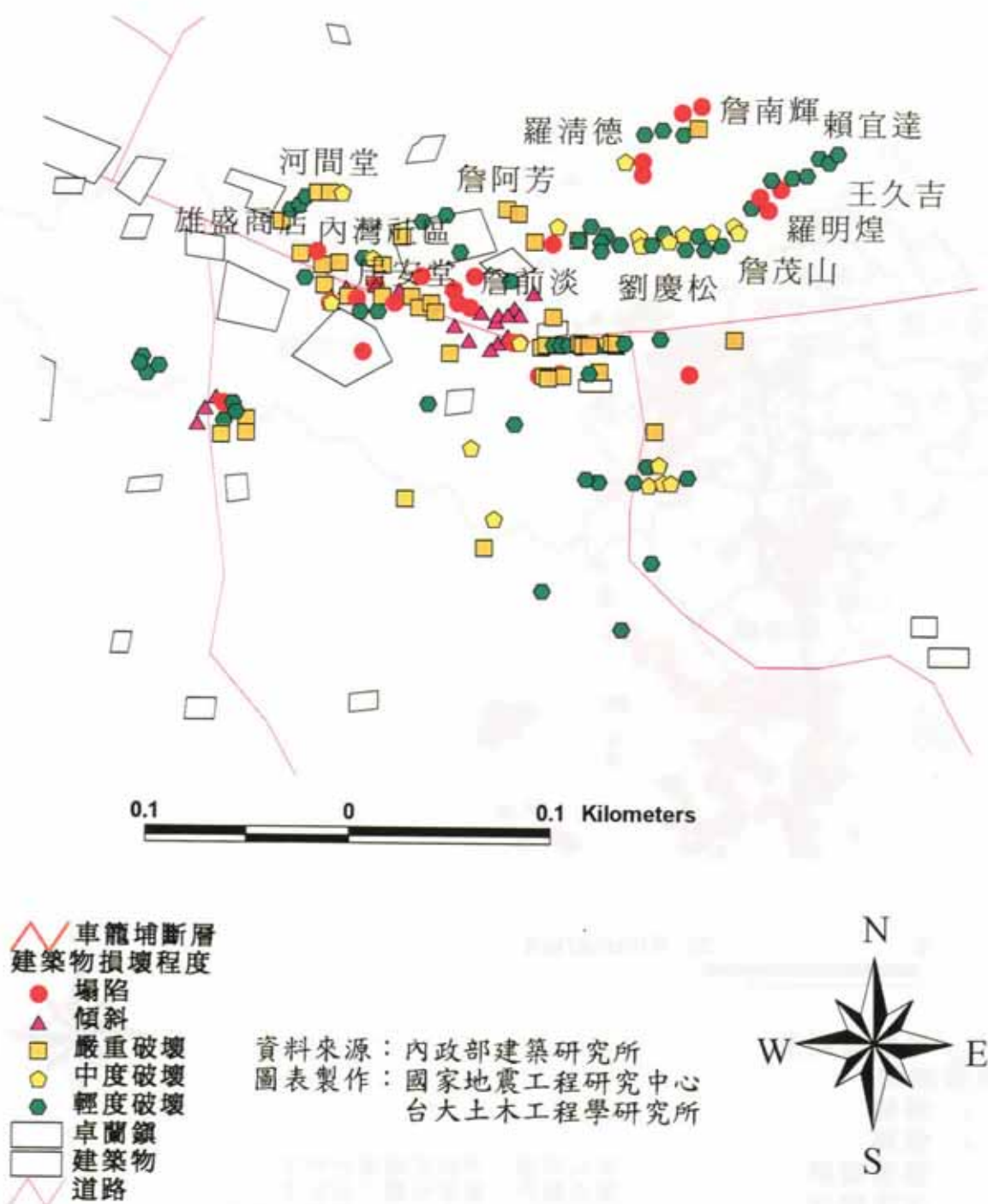


圖 4.4.1 苗栗縣卓蘭鎮部分建物損害分佈圖

東勢鎮部分建物損壞情形分佈

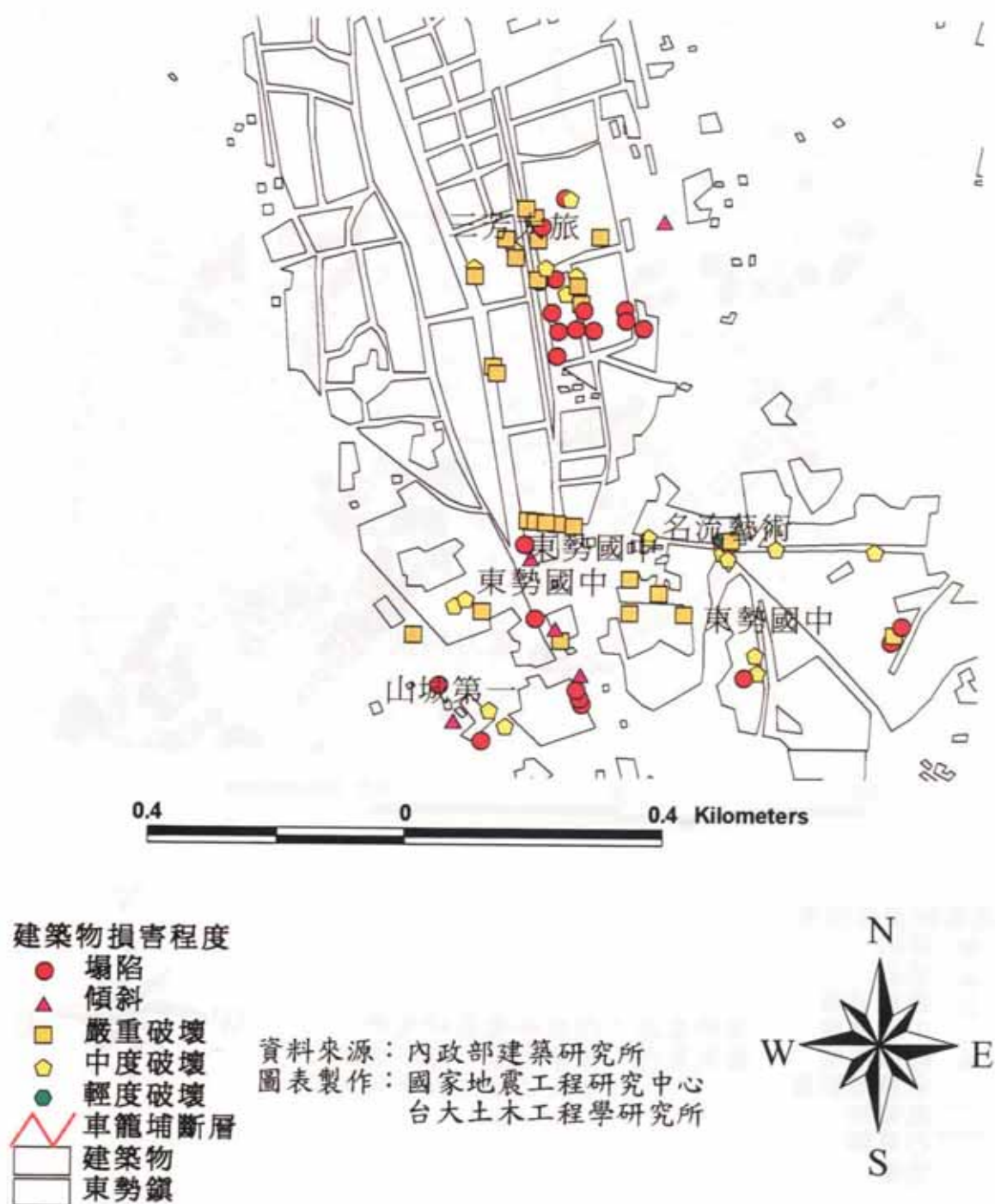


圖 4.4.2 東勢鎮部分建物損害分佈圖

台中縣石岡鄉部分建築物損壞分佈

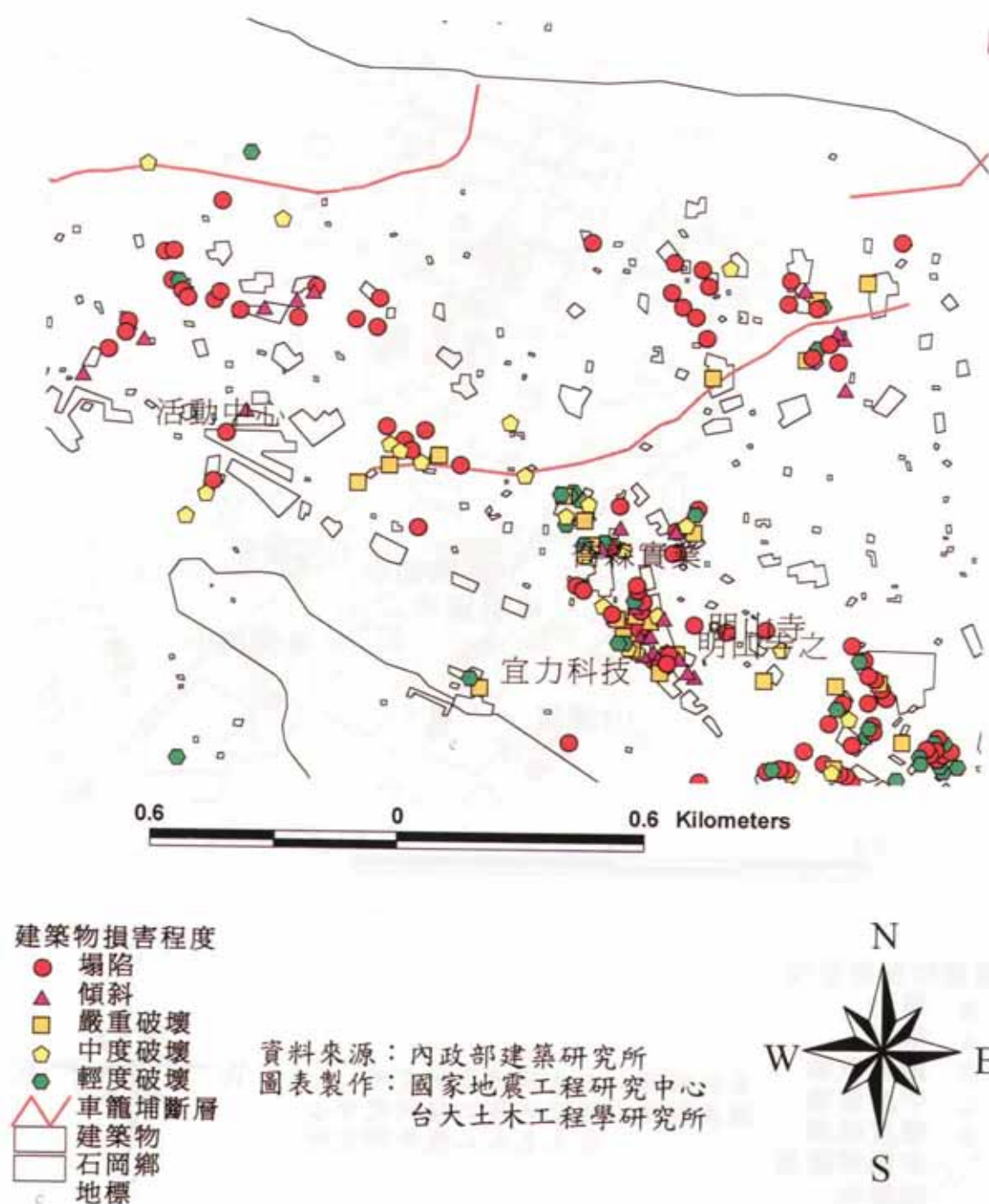


圖 4.4.3 台中縣石岡鄉部分建物損害分佈圖

豐原市部分建築物損害分佈

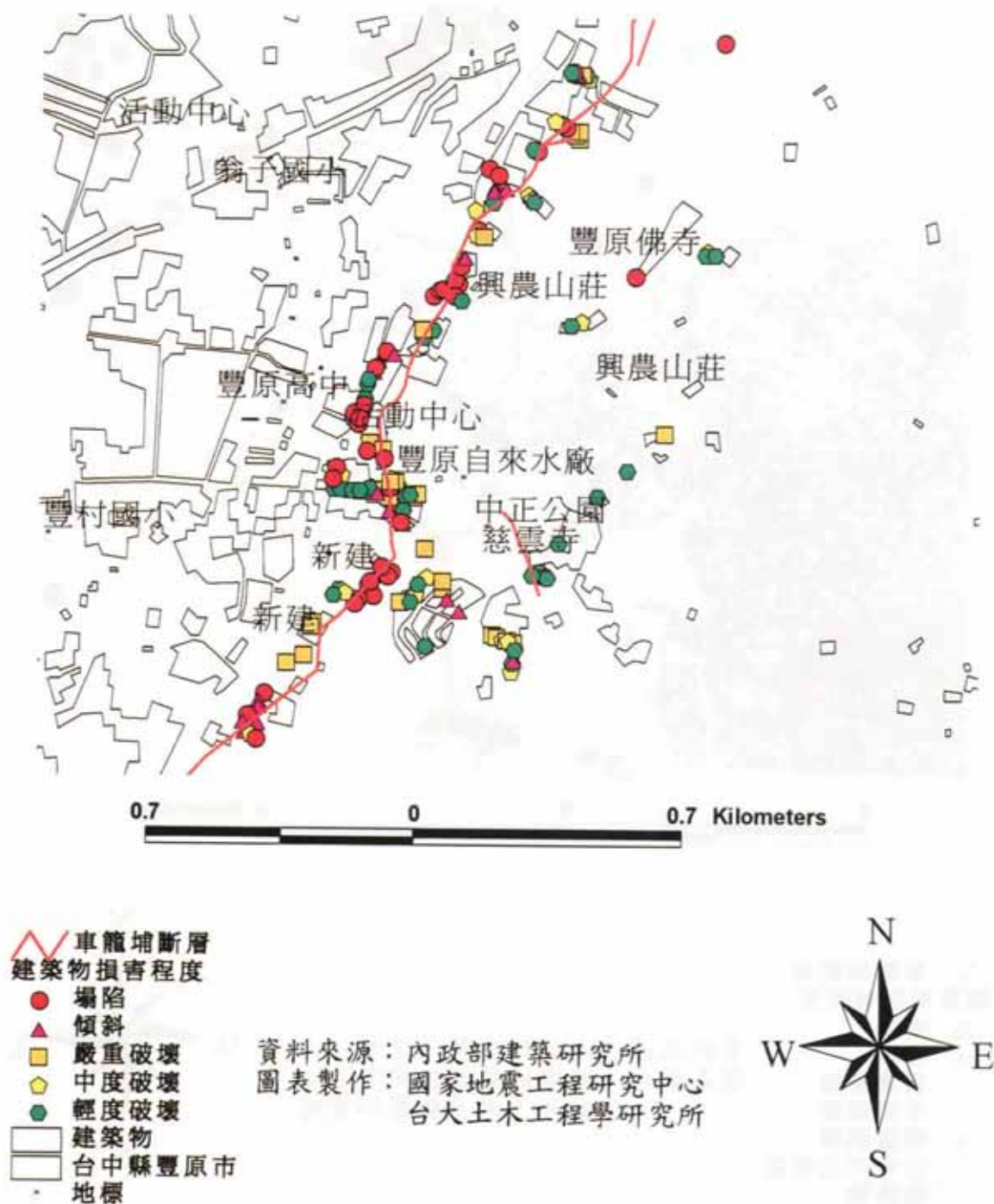


圖 4.4.4 台中縣豐原市部分建物損害分佈圖

台中市北屯區建築物損壞情形分佈

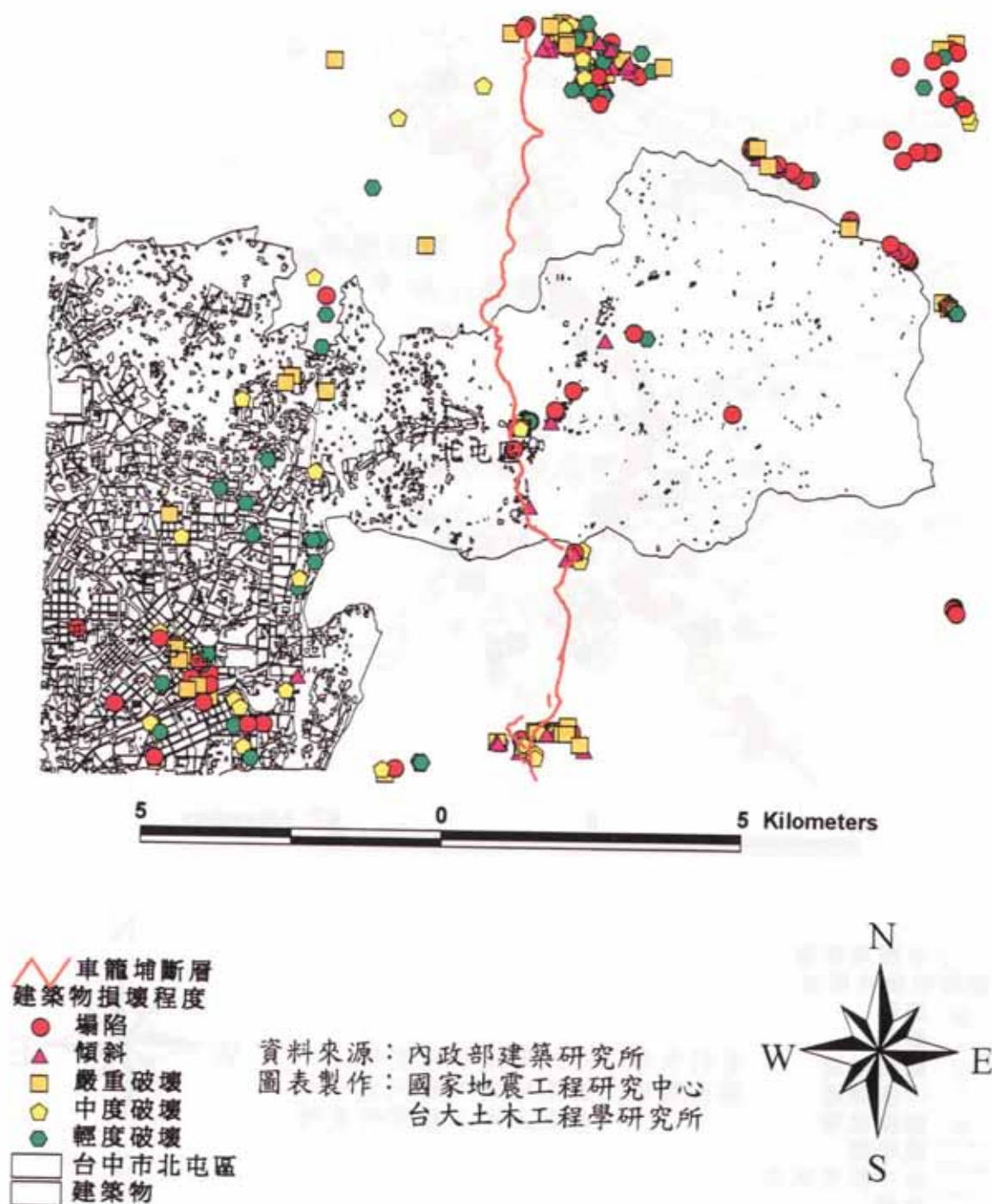


圖 4.4.5 台中縣北屯區建物損害分佈圖

台中縣霧峰鄉部分結構物損壞分佈

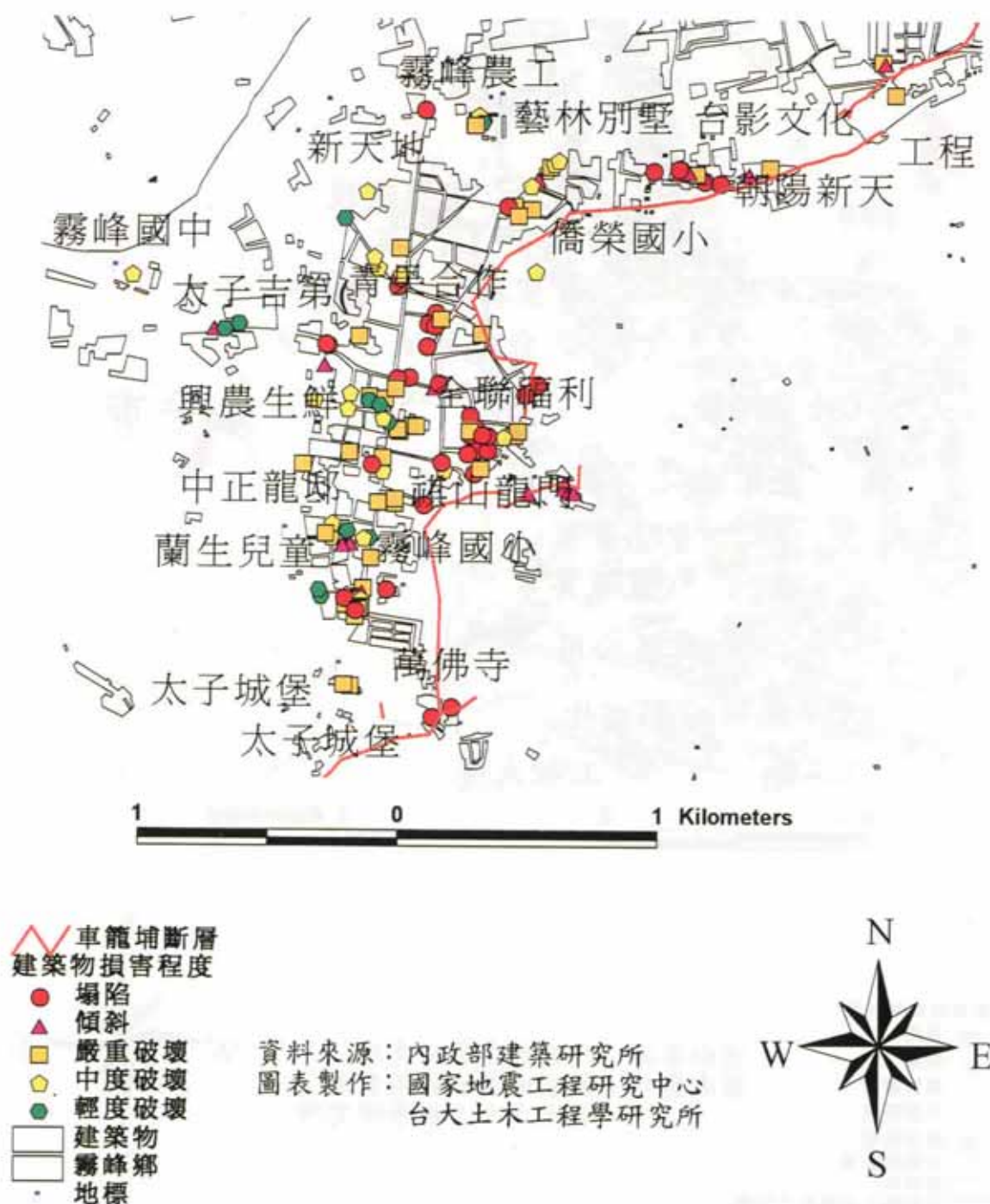


圖 4.4.7 台中縣霧峰鄉部分建物損害分佈圖

草屯鎮部分建築物損壞分佈

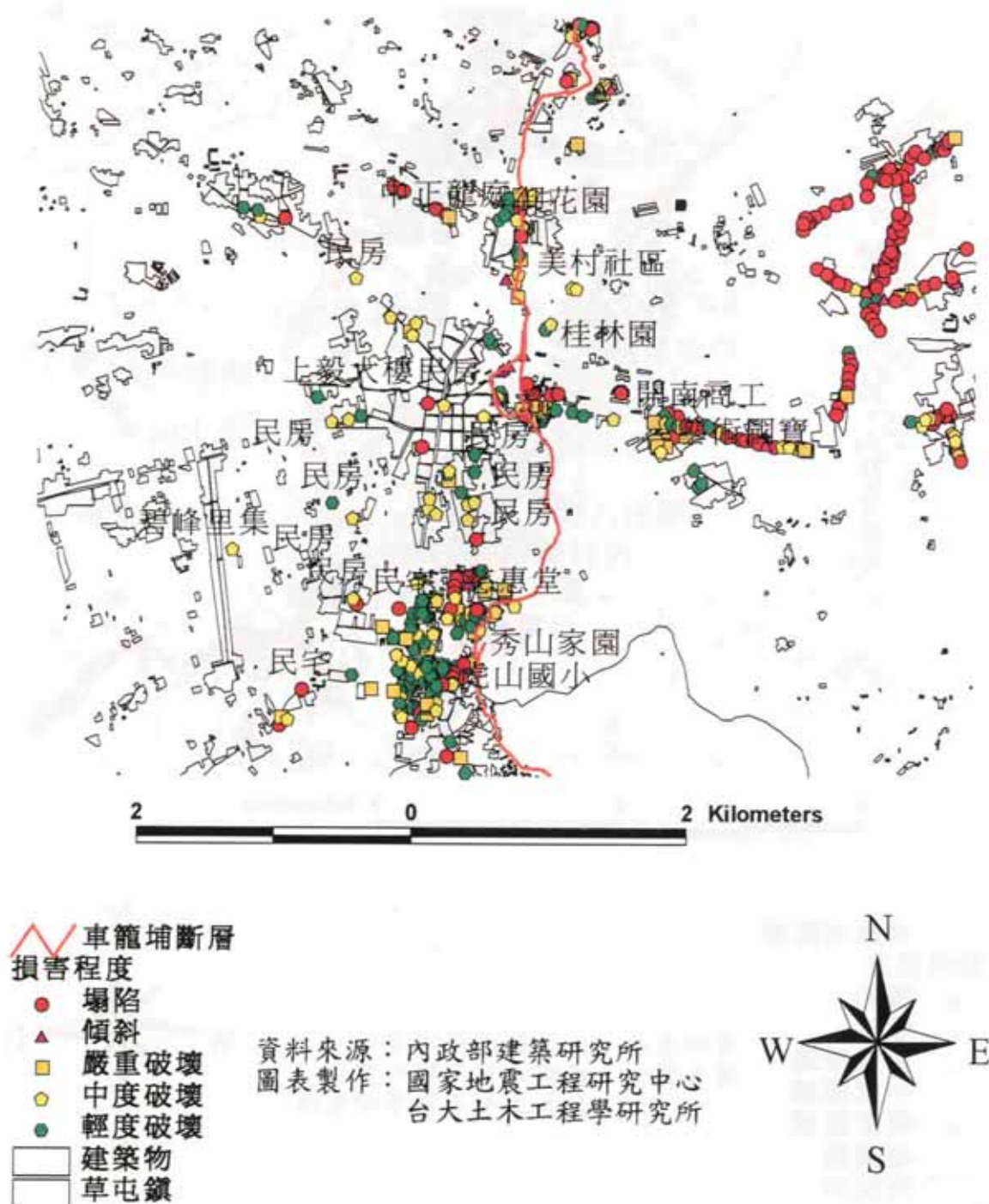


圖 4.4.8 南投縣草屯鎮部分建物損害分佈圖

南投市建築物損壞分佈

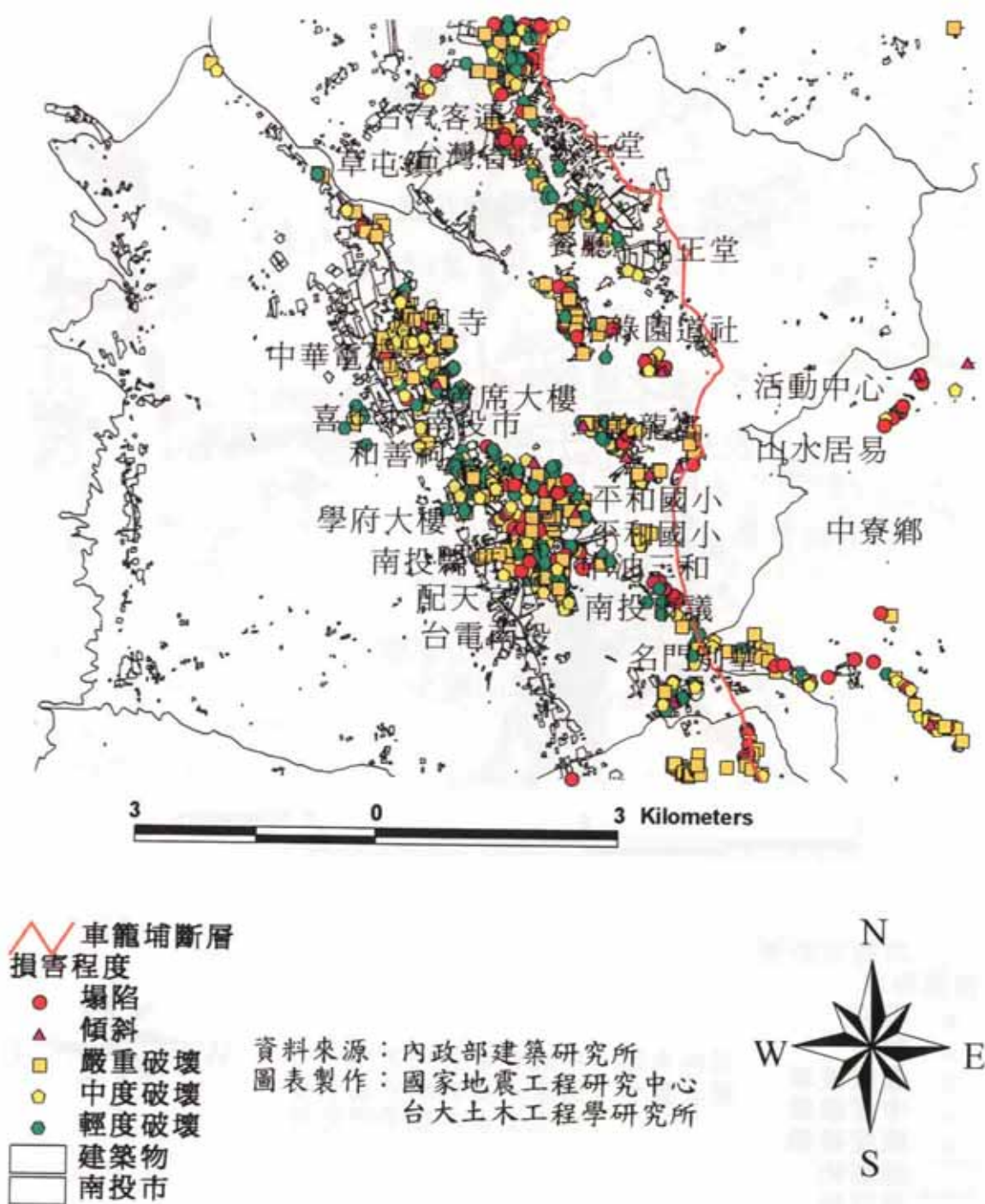


圖 4.4.9 南投市建物損害分佈圖

名間鄉濁水車站附近建築物損壞分佈

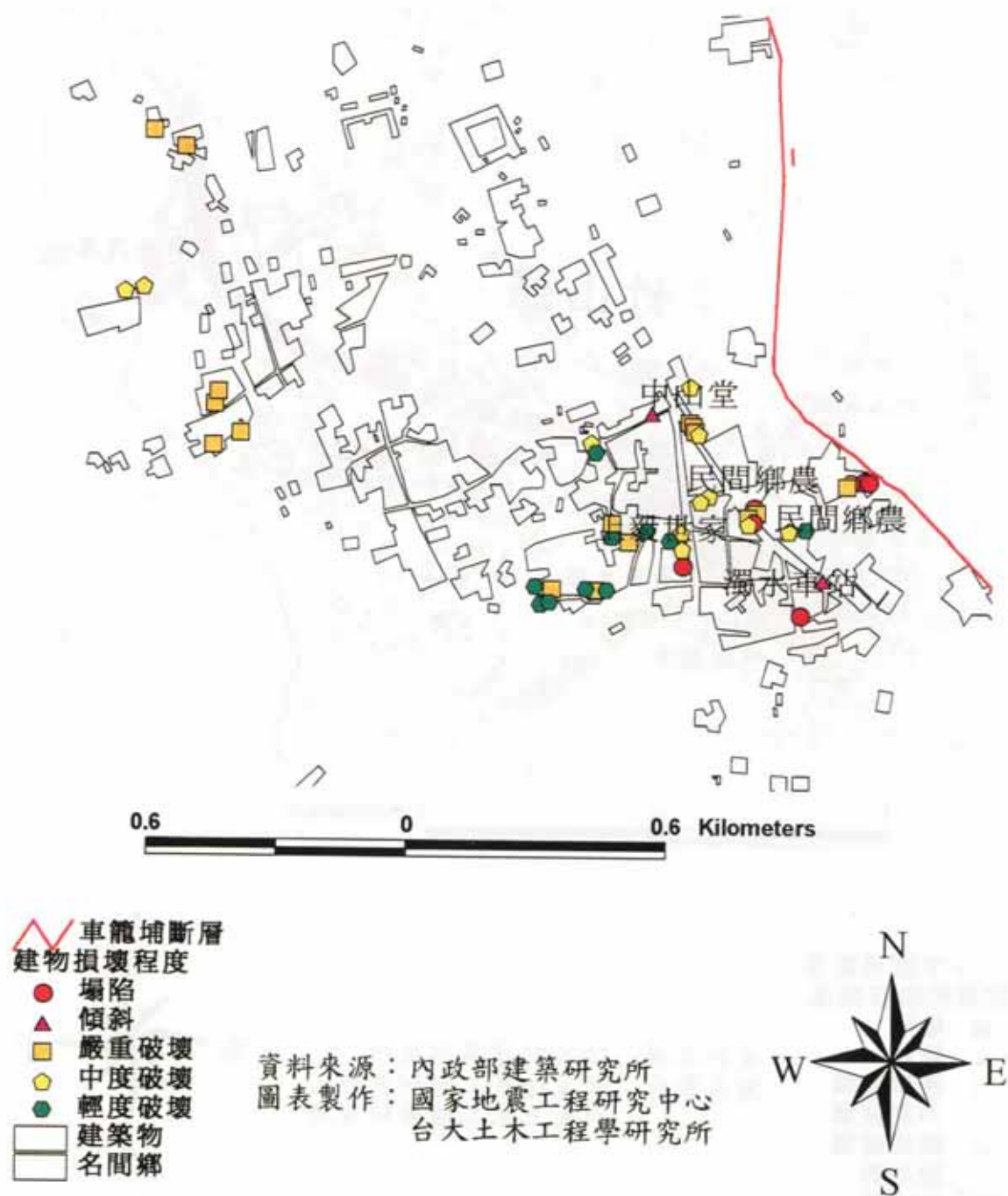


圖 4.4.10 南投縣名間鄉部分建物損害分佈圖

竹山鎮竹山國小附近建築物損害分佈

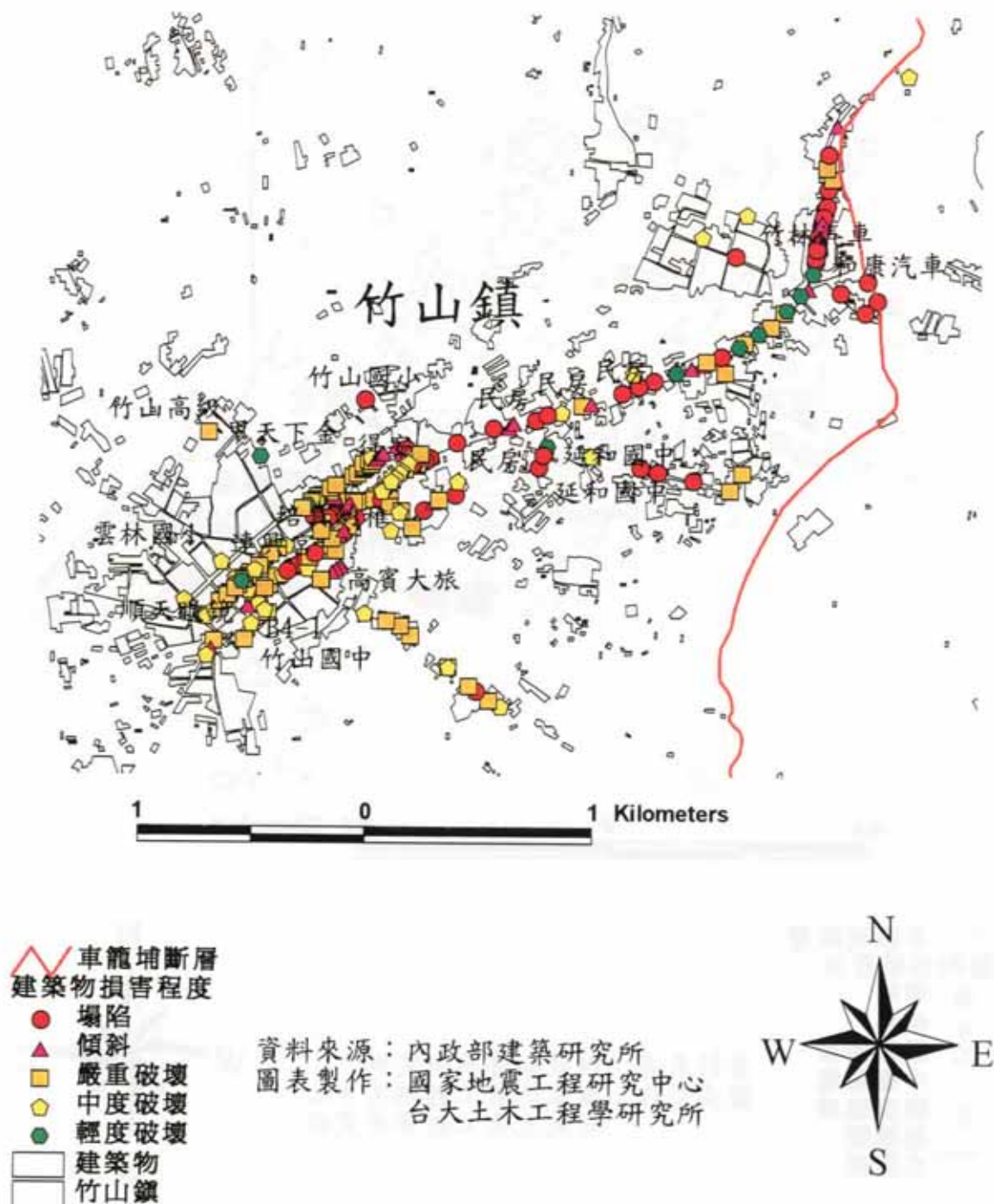
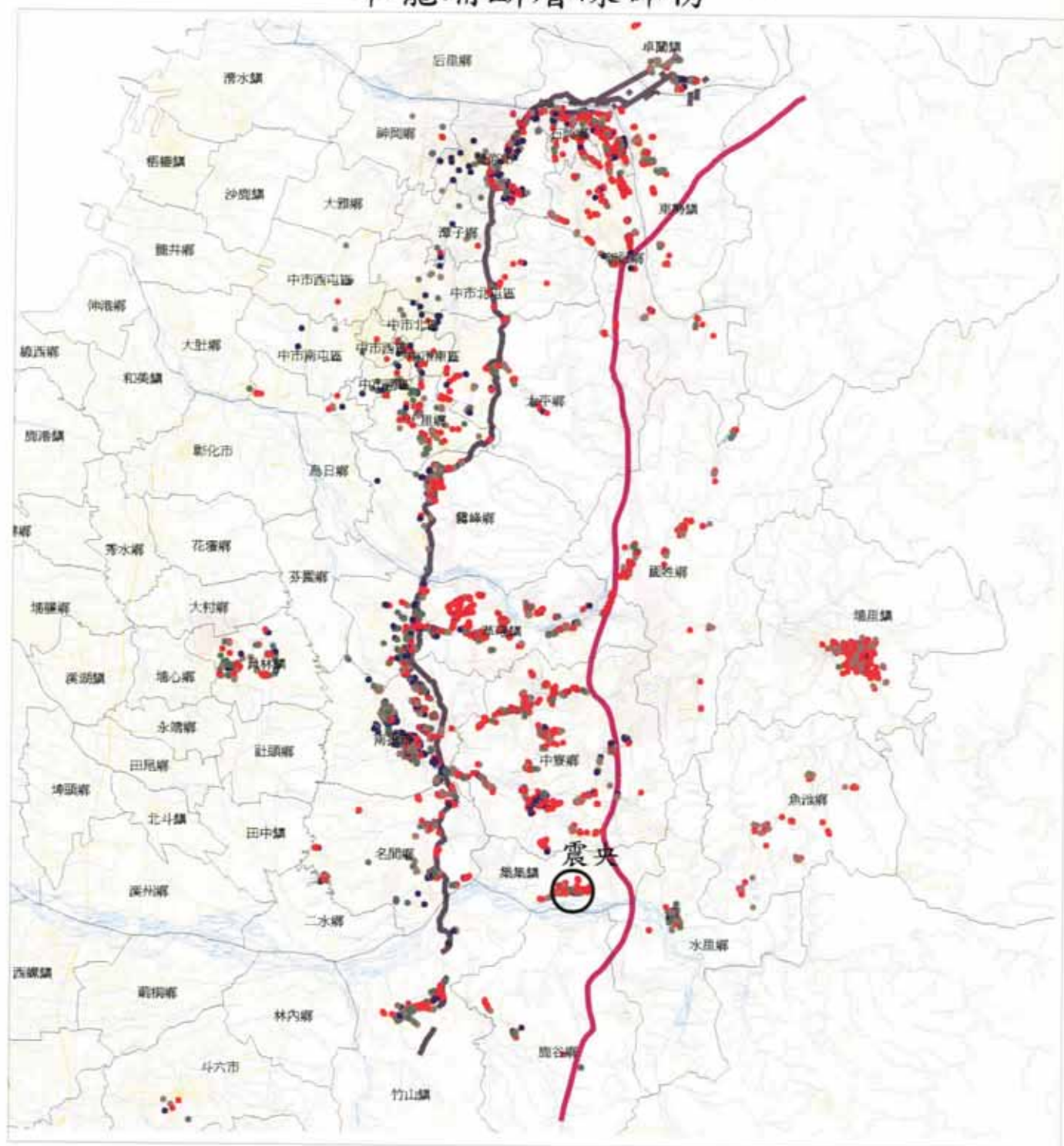


圖 4.4.11 南投縣竹山鎮部分區域建築物損害分佈圖

921集集大地震建築物破壞狀況分佈圖(損害別)

— 車籠埔斷層線部份 —



損壞程度

- 建築物完全毀壞
- 建築物嚴重毀壞
- 建築物中度毀壞
- 建築物輕度毀壞



行政區界圖
雙冬斷層線
車籠埔斷層線(新測)
路網圖
水文圖

5 0 5 10 Kilometers

資料製作：內政部建築研究所

資料提供：內政部建築研究所

國家地震工程研究中心

製作日期：中華民國八十八年十一月五日

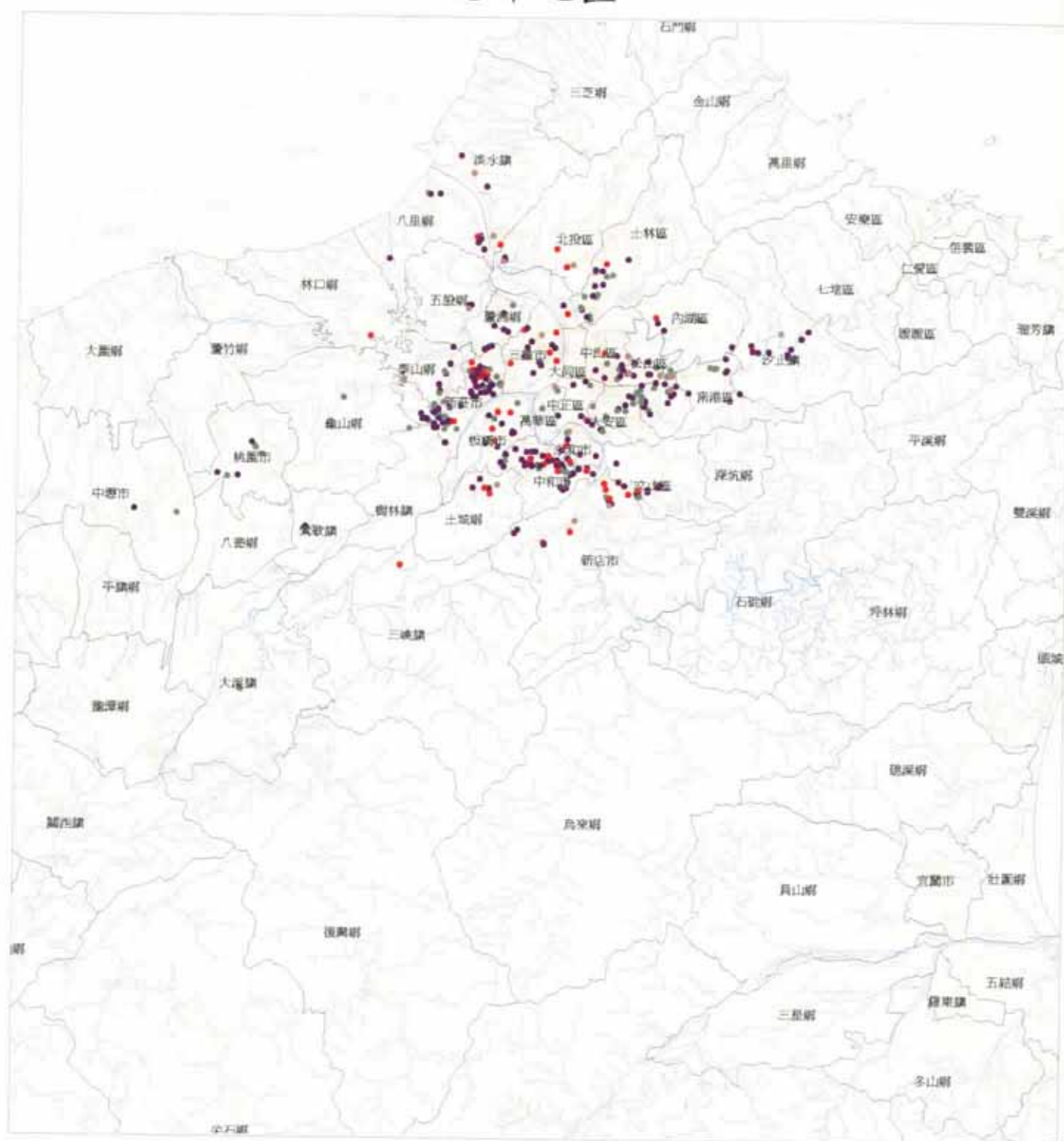
— 車籠埔斷層線部份 —



資料製作：內政部建築研究所
資料提供：內政部建築研究所
國家地震工程研究中心
製作日期：中華民國八十八年十一月五日

921集集大地震建築物破壞狀況分佈圖(損害別)

— 北部地區 —



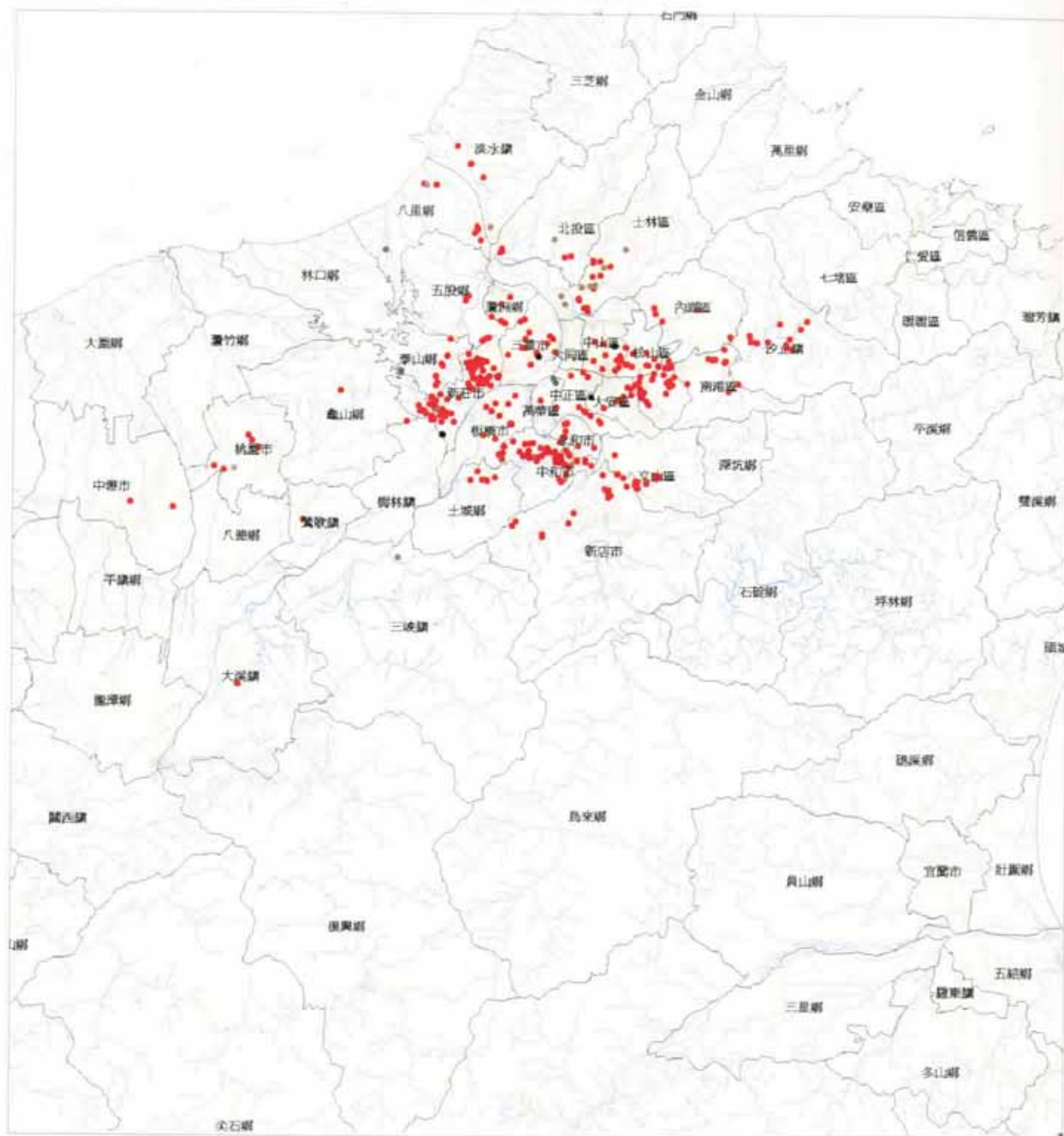
- 損壞程度
- 建築物完全毀壞
 - 建築物嚴重毀壞
 - 建築物中度毀壞
 - 建築物輕度毀壞
 - 行政區界圖
 - 水文圖
 - 路網圖

5 0 5 10 Kilometers

資料製作：內政部建築研究所
 資料提供：內政部建築研究所
 國家地震工程研究中心
 製作日期：中華民國八十八年十一月五日

921集集大地震建築物破壞狀況分佈圖(構造別)

— 北部地區 —



構造類別

- 鋼筋混凝土造
- 鋼構造
- 磚造
- ▲ 木造
- ◆ 鋼骨鋼筋混凝土造
- △ 土塊層
- 鐵皮屋
- 其他
- 行政區界圖
- 路網圖
- 水文圖

5 0 5 10 Kilometers

資料製作：內政部建築研究所
 資料提供：內政部建築研究所
 國家地震工程研究中心
 製作日期：中華民國八十八年十一月五日

附錄一 依行政區域劃分之建築損害照片

在本附錄中，將依據行政區域劃分，利用照片說明在此次地震中具有代表性的建築災害，照片係由內政部建築研究所及參與調查的大學院校共同提供，期由這些災害照片中，切實檢討現行建築法規及施工制度的缺失，以做為未來改進的重要參考依據。此次地震災害以南投縣與台中縣受創最為嚴重，故對上述的兩地區，將針對受損較嚴重之鄉(鎮)個別介紹，而對於其他的縣(市)，則概略介紹較具代表性的建築震災。

南投縣：

- (1)南投市：較具代表性的建築損害有上穀城堡、美滿大廈、新建圖書館、青少年活動中心、水土保持局第三工程隊辦公室、國民黨部三層辦公建築與老人會等建築；另外中興新村原省府辦公廳舍亦受創嚴重，參見照片 1.1 至 1.18。
- (2)埔里鎮：國立暨南大學受創較輕；埔里酒廠受創嚴重，參見照片 1.19 至 1.23。
- (3)魚池鄉：日月潭風景區受損嚴重，參見照片 1.24 至 1.25。
- (4)國姓鄉：一般民房受創情形，參見照片 1.26 至 1.27。
- (5)集集鎮：集集國小與集集警察局在此次地震中受損嚴重，參見

照片 1.28 至 1.31。

(6)名間鄉：較具代表性的建築為上穀世家，大部份為老舊磚造或土塊厝倒塌，參見照片 1.32 至 1.36。

(7)草屯鎮：一般民房倒塌情形，參見照片 1.37 至 1.42。

(8)中寮鄉：一般民房倒塌情形，參見照片 1.43 至 1.46。

台中縣：

(1)豐原市：位於車籠埔斷層附近的建築發生嚴重的破壞，參見照片 1.47 至 1.56。

(2)大里市：損害最嚴重的建築有台中王朝、台中奇蹟及金巴黎等社區大樓，參見照片 1.57 至 1.64。

(3)霧峰鄉：較著名的建築損害為省議會後萬佛寺，參見照片 1.65 與 1.66，另外含騎樓建築亦發生一樓軟弱破壞，參見照片 1.67 至 1.68，因車籠埔斷層經過光復國中校舍亦發生嚴重破壞，參見照片 1.69 至 1.70。

(4)東勢鎮：最為嚴重的損壞建築有東勢王朝與東勢王朝二期，參見照片 1.71 至 1.73；另外多棟連棟含騎樓的商舖住宅發生一樓倒塌與老舊民房倒塌，參見照片 1.74 至 1.76。

(5)新社鄉：大部份為老舊土塊厝的倒塌，參見照片 1.77 至 1.78。

台北縣：震害最嚴重的建築為新莊博士的家大樓，參見照片 1.79 至 1.82。

台北市：震害最嚴重的建築為八德路東星大樓，參見照片 1.83 與 1.84；另外景美女中有一間教室倒塌，參見照片 1.85 與 1.86。

彰化縣：震害最嚴重的建築為員林鎮龍邦富貴名門與名泰聯合診所，參見照片 1.87 至 1.91。

雲林縣：以斗六市受創最重，參見照片 1.92 至 1.94；另古坑鄉建築亦有受損，參見照片 1.95 與 1.97。

嘉義市：力行市場倒塌的情形，參見照片 1.98。



照片編號1.1 上穀城堡為高層集合住宅，一層部份騎樓柱頭剪力破壞



照片編號1.4 南投青少年活動中心二樓層間位移，四周外牆明顯龜裂



照片編號1.2 美滿大廈為12層連棟集合住宅，一樓部分騎樓柱爆裂



照片編號1.5 水土保持局第三工程隊辦公室，一樓完全壓垮



照片編號1.3 南投新建圖書館圓形轉角部分剪力破壞，磁磚剝落，後半部損害輕微大致完好



照片編號1.6 南投縣國民黨辦公建築破壞情形



照片編號1.7 南投市老人會一層挑空軟弱層，整體壓毀傾倒



照片編號1.10 國泰人壽大樓不均勻沉陷，傾倒後樓板外牆破壞情形



照片編號1.8 南投縣政府辦公大樓，內部部分柱產生短柱效應造成破壞



照片編號1.11 臨街轉角之騎樓建築整體傾倒壓毀，為本次地震災區之破壞現象



照片編號1.9 某轉角店舖住宅一樓整體壓陷



照片編號1.12 南投市一般低層透天的店舖，一樓中間轉折樓梯及磚牆破壞，為受損建物常見現象



照片編號1.13 南投市一般低層之店舖住宅，一樓地坪隆起、柱腳沉陷破壞



照片編號1.16 省立中興醫院位置地層隆起，造成建築損害



照片編號1.14 某轉角診所嚴重損害情形



照片編號1.17 原省府法規會頂樓增建一樓整體壓毀破壞



照片編號1.15 某連棟住宅騎樓柱頭嚴重破壞，並已扭曲傾斜



照片編號1.18 臺汽客運中興站一樓開放空間壓毀破壞



照片編號1.19 國立暨南大學某教學大樓外牆受剪力破壞情形



照片編號1.22 埔里鎮上「三角窗」民宅傾倒情形



照片編號1.20 埔里酒廠老舊建築荷重太大震害嚴重



照片編號1.23 埔里鎮中山路兩側民宅倒塌嚴重



照片編號1.21 埔里酒廠部份場陷側傾情形



照片編號1.24 日月潭天廬大飯店崩塌



照片編號1.25 日月潭教師會館傾倒



照片編號1.28 集集國小教室柱端破壞情形
(高科大KFUI3036C)



照片編號1.26 國姓鄉街角民宅側傾



照片編號1.29 集集國小走廊柱頭破壞(高科大KFUI3036d)



照片編號1.27 國姓鄉民宅一樓塌陷情形



照片編號1.30 集集警察局內柱剪力破壞(高科大KFUI3017c)



照片編號1.31 集集警察局後側外柱短柱效應（高科大 KFUI3017d）



照片編號1.34 斷層帶通過，房屋往西移約4m，且平均隆起約1.5m，房屋本身仍完整



照片編號1.32 上穀世家於921主震中騎樓柱破壞情形，又未緊急支撐，已於926餘震中完全倒塌



照片編號1.35 房屋在斷層旁。典型鄉村住宅型式，迴廊柱之柱頭、柱基及柱樑交接均損壞



照片編號1.33 斷層帶通過，房屋往西移約4m，且平均隆起約1.5m，房屋本身仍完整



照片編號1.36 房屋在斷層旁。典型鄉村住宅型式，迴廊柱之柱頭、柱基及柱樑交接均損壞



照片編號1.37 草屯民宅（一樓含騎樓），一樓完全倒塌（台大草032）



照片編號1.40 地層隆起，房屋傾斜，並嚴重損壞（台大NTU25010-2）



照片編號1.38 軟弱底層，一樓柱完全壓碎（台大草032）



照片編號1.41 一樓頂端產生塑鉸（台大NTU25009-3）



照片編號1.39 地層隆起，房屋傾斜，並嚴重損壞（台大NTU25010-1）



照片編號1.42 廚房後加建部分，因地層隆起，結構物下滑並嚴重損壞（台大NTU25009-4）



照片編號1.43 地盤基礎隆起，房屋傾斜



照片編號1.46 土塊層傾倒，牆壁裂開，隨時有倒塌之虞



照片編號1.44 地盤基礎隆起，房屋傾斜（近照）



照片編號1.47 位於豐原市山區之豐原佛寺，在 921 大地震中全部倒塌，並造成鄰棟靈骨塔存放之骨灰罈架傾倒



照片編號1.45 土塊層傾倒，牆壁裂開，隨時有倒塌之虞



照片編號1.48 台中縣豐原市高爾夫球場，亦因遭斷層通過，造成新高山莊及周邊房舍倒塌



照片編號1.49 台中縣豐原市民宅因斷層經過，地層受擠壓而隆起，造成地面嚴重破裂，建築物基礎外露



照片編號1.52 台中縣豐原市水源路民宅，因斷層通過地表受擠壓隆起，導致建築物傾斜而毀壞



照片編號1.50 台中縣豐原市水源路68巷因斷層經過，導致建築物傾斜或嚴重破壞



照片編號1.53 台中縣豐原市尊龍大樓，樑柱接合處破壞情形



照片編號1.51 台中縣豐原市水源路部份路段，因受斷層通過而路面隆起



照片編號1.54 台中縣豐原市德川家康大廈牆面，產生水平裂縫



照片編號1.55 台中縣豐原市向陽永照大樓傾倒情形



照片編號1.58 台中王朝傾斜，建築緊急補強，以免危及鄰棟



照片編號1.56 台中縣豐原市部份民宅，建築物一、二樓場陷毀壞



照片編號1.59 台中奇蹟建物因場陷而傾倒



照片編號1.57 台中王朝建築傾倒，危及鄰棟安全



照片編號1.60 台中奇蹟一樓RC隔間牆破壞



照片編號1.61 金巴黎損壞建築拆除後之景象



照片編號1.64 裝飾石材之剝落



照片編號1.62 金巴黎損壞建築拆除時之景象



照片編號1.65 霧峰萬佛寺整體倒塌



照片編號1.63 大里市騎樓式建築，一樓軟弱層崩塌



照片編號1.66 萬佛寺地基隆起



照片編號1.67 霧峰騎樓建築，一樓產生破壞(一)



照片編號1.70 光復國中校舍崩塌情形



照片編號1.68 霧峰騎樓建築，一樓產生破壞(二)



照片編號1.71 東勢王朝傾倒



照片編號1.69 車籠埔斷層通過霧峰光復國中運動場造成1.5米左右之隆起



照片編號1.72 東勢王朝二期一樓柱毀壞



照片編號1.73 東勢王朝二期因部分一樓柱破壞，造成立面產生側移傾斜



照片編號1.76 東勢老舊土塊厝建築破壞



照片編號1.74 東勢老舊建物破壞



照片編號1.77 新社民宅土塊厝耐震能力不足，整體倒塌（台大NTU02509-1）



照片編號1.75 東勢鎮騎樓建築，一樓產生破壞



照片編號1.78 老舊建築——土塊厝倒塌近照



照片編號1.79 台北縣新莊博士的家，建築物傾頽損及鄰房，建築物內發生火災



照片編號1.82 救災人員進行搶救之情形(博士的家)



照片編號1.80 博士的家一樓柱於柱主筋搭接處脫離，建築物倒傾



照片編號1.83 台北市東星大樓低樓層壓毀，高樓層傾頽



照片編號1.81 博士的家倒塌後建物內發生火災



照片編號1.84 台北市東星大樓內發生火災



照片編號1.85 台北市景美女中老舊教室破壞



照片編號1.88 員林龍邦富貴名門建築物崩塌



照片編號1.86 台北市景美女中體育館外牆龜裂



照片編號1.89 龍邦富貴名門高層集合住宅，後棟大樓1-8樓壓毀，整體傾倒



照片編號1.87 員林民宅碰撞



照片編號1.90 員林國宅旁一棟綜合用途大樓倒塌



照片編號1.91 員林國宅旁10層樓建築物，一樓斷裂整體傾倒破壞



照片編號1.94 斗六漢記觀邸傾倒



照片編號1.92 斗六漢記辦公大樓傾斜



照片編號1.95 古坑鄉公所損壞情形



照片編號1.93 斗六漢記中山國寶傾倒



照片編號1.96 古坑民宅毀壞



照片編號I.97 古坑鄉立圖書館柱損壞情形



照片編號I.98 嘉義力行市場因軟弱底層崩塌



Figure 1. The book cover of the book.



Figure 2. A person sitting on a chair, looking down at a book or document.

附錄二 依構造別之建築損害照片

在本附錄中，將依據構造別呈現在此次地震中具有代表性的建築災害照片，照片係由內政部建築研究所及參與調查的大學院校共同提供，期由這些災害照片中，切實檢討現行建築技術法規及施工制度的缺失，以做為未來改進的重要參考依據。目前國內鋼筋混凝土構造建築佔總建築量百分之九十以上，此次亦以鋼筋混凝土構造建築損壞最多，因此將針對鋼筋混凝土造建築探討其震害之現象，而對於其他構造則多因建築老舊抗震性不佳而產生破壞。

鋼筋混凝土造：

- (1)一樓軟弱層建築毀壞：參見照片 2.1 與 2.2。
- (2)非結構構材的破壞：參見照片 2.3 至 2.5。
- (3)橫向鋼筋間距及彎鉤角度不符合規範耐震要求：參見照片 2.6 與 2.7。
- (4)短柱效應：參見照片 2.8。
- (5)鋼筋續接器品質不良：參見照片 2.9。
- (6)鋼筋搭接不符合規範之規定：參見照片 2.10。
- (7)樑柱接頭之破壞：參見照片 2.11。
- (8)混凝土品質不良：參見照片 2.12。

(9) 立面形狀不規則：參見照片 2.13。

(10) 基地土壤液化：參見照片 2.14。

磚造：多屬老舊建築耐震性能差與基地土壤液化所致，參見照片 2.15
與 2.16。

木造：多屬老舊建築耐震性能差，參見照片 2.17 至 2.18。

土塊厝：多屬老舊建築耐震性能差，參見照片 2.19 至 2.21。



照片編號2.1 一樓軟弱層(騎樓)



照片編號2.4 裝飾石材之剝落



照片編號2.2 一樓軟弱層(開放空間)



照片編號2.5 裝飾材之剝落



照片編號2.3 磚牆之破壞



照片編號2.6 箍筋間距太大



照片編號2.7 箍筋彎鉤角度不符規定



照片編號2.10 新莊博士的家柱主筋於同一處搭接



照片編號2.8 短柱效應



照片編號2.11 樑柱接頭之破壞



照片編號2.9 鋼筋續接器品質不良



照片編號2.12 混凝土品質不良



照片編號2.13 台中德昌新世界立面形狀不規則



照片編號2.16 員林鎮員水路屋內嚴重沙湧



照片編號2.14 員林鎮崙雅巷建築物因土壤液化而沉陷



照片編號2.17 老舊木造建築(集集火車站)



照片編號2.15 老舊磚造建築破壞情形



照片編號2.18 老舊木造建築毀壞情形



照片編號2.19 土塊層破壞情形(一)



照片編號2.20 土塊層破壞情形(二)



照片編號2.21 土塊層破壞情形(三)

附錄三 參與調查人員名錄 (依筆劃順序)

內政部建築研究所

邱昌平	顧問					
王文傑	王順治	王鵬智	呂文弘	李台光	林谷陶	林碧亮
張志斌	梁若暉	曹源暉	梁漢溪	陶其駿	鄒本駒	謝舜傑

中央大學

土木系教授

吳瑞賢	李釗	李崇正	張惠文	盛若盤	莊德興	許協隆
陳慧慈	黃偉慶	黃榮堯	謝定亞			

研究生

江英群	吳俊岳	李中正	李建輝	柯孝勳	紀伯松	徐文杰
高昇敬	梁禮麟	莊佳霖	廖偉民	熊大綱		

中原大學

土木系教授

何仲明	林炳昌	金鵬	張正博	張達德	莊清鏘	陳振華
馮道偉	葛德治	簡秋記				

研究生

石逸清	朱崧豪	吳智偉	李正信	李宜娟	周明輝	林志峰
侯宏佳	洪偉勝	張哲維	許銘卿	陳文第	陳育賢	陳信宏
陳冠志	陳彥因	陳振堦	楊鎮山	廖峰震	翟慰宗	蔣信雄
蔡谷興	鄧子榆	蘇信華				

中華技術學院

建築系、土木系教授

王敏順	何中華	吳可久	吳昱謙	邱世仁	洪志評	徐一榕
曹文琥	陳俊傑	陳冠雄	黃志勇	楊柳青	廖克弘	劉素惠
鄭聰儒	謝宗榮					

研究生

王文揚	王麗環	古欽方	朱奕璋	呂怡蓉	宋豪杰	李淑婉
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

林彥孝	柯怡如	徐見銘	徐嘉欣	張文進	張炳堯	張鈞逸
郭能君	陳怡榮	陳柏全	陳國威	陳淑芬	黃和國	黃勝駿
葉人豪	葉瑞修	潘明宏	蔡佩珊	鄭富籍	蕭吉田	謝昕盎
謝育霖	謝國立	蘇兆林				

中興大學

土木系教授

呂東苗	林義雄	林樹根	翁駿民	張明添	蕭伯聰
-----	-----	-----	-----	-----	-----

研究生

古宗權	余心權	呂明威	李文志	李豐勝	林威宏	林政毅
金高微	張信鴻	張勝豐	張嘉峰	郭世芳	陳世超	陳君璽
陳厚文	陳國倫	陳鉅昌	曾志漢	黃宗勇	黃國禎	楊蔚洲
劉建宏	潘銘棋	蔡政欣	龍忠義	顏嘉成	龔宇翔	

台北科技大學

土木系教授

吳傳威	李有豐	林至聰	張資榮	陳偉堯	彭添富	溫渭洲
劉博濟	韓茂樹					

研究生

吳泓勳	呂元宏	李俊宏	張書銓	郭品宏	傅國華	曾世賢
賀子潔	黃哲群	黃聖龍	蔡育忠	鄭育祥		

台灣大學

土木系教授

吳賴雲	洪宏基	高健章	郭斯傑	陳永祥	詹穎雯	蔡克銓
謝尚賢						

國家地震工程研究中心

葉錦勳

研究生

吳光澈	王宏遠	王遠志	朱書賢	何仲騏	何曜宇	吳吉峰
吳俊達	吳崇弘	吳博智	吳瑞洲	李佳諭	周邗穎	周慧瑜
林文山	林正偉	林克強	林志嘉	林益源	林敏郎	林詠彬
施並昌	洪崇嚴	孫維隆	馬齊文	張俊傑	張國緯	梁玉璋

許志揚	許昌軍	郭逸宏	陳育聖	陳俊龍	陳冠中	陳垂欣
陳威成	陳彥睿	陳界宏	陳漢屏	陸景文	彭煥琦	黃彥超
黃銘昌	黃燕輝	楊元森	楊承道	楊金龍	楊政憲	楊國經
葛家豪	鄒人傑	廖東輝	劉文福	鄭華如	鄭瑞濱	鄭錦聰
賴彥魁	譚業成					

土木系技術人員

許信嵩 陳鴻文

相關人員

黃立宗

台灣科技大學

營建系教授

陳正誠	陳舜田	陳瑞華	黃世建	黃慶東	鄭 繁	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	--

研究生

方朝俊	王存偉	吳志明	李明利	李濠吉	周文陽	林文淵
林文意	林正豐	林佳煜	林宗瑜	林庚達	林建勳	林晉禾
紀翔和	徐建稷	許庭偉	郭苗宜	郭毓鎮	陳世玄	陳威志
陳建中	黃再發	黃鈺琳	楊閔隆	楊謙和	葉永信	熊開平
劉如濡	劉明鑫	蔡宜宏	蔡岳良	蔡幸致	蔡欣宏	簡志勇
顏貽振	蘇慶泯	鍾清松				

成功大學

建築系教授

姚昭智	張嘉祥	許茂雄	曾俊達	黃 斌	劉玉文	賴榮平
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

魏浩揚 劉白梅(高苑技術學院)

謝育穎(高苑技術學院)

陳嘉基(台南女子技術學院)

土木系教授

方一匡	朱聖浩	邱耀正	洪李陵	倪勝火	常正之	郭振銘
陳建旭	陳培麟	陳景文	黃忠信	黃景川	蕭志銘	顏俊峰

顏榮記

建築系研究生

王貞富	余振銘	吳宗憲	呂國維	李昌庭	杜怡萱	周大雅
邱瑜燕	張家彰	張紋韶	曹榮生	許毓哲	郭心怡	郭耕杖

陳奕信	陳建發	陳義宏	陳震宇	劉守禮	蔣敬三	蔡國廷
鄧世雄	薛仲惠	謝永宏	謝宏仁	鍾育霖	藍百圻	龔峰祥
土木系研究生						
王偉鍵	吳秉宸	李吉龍	杜柏儀	邱已豪	邱浩然	莊承鑫
許家程	許舜雄	陳永淦	陳克明	陳裕欽	劉原彰	蔡信輝
鄭聿鳴						

交通大學、中華大學

土木系教授

王彥博	李錫霖	林昌佑	洪士林	翁正強	陳誠直	彭釗哲
彭耀南	黃世昌	楊朝平	趙文成	劉俊秀	鄭復平	
研究生						
王文豪	呂正安	李建銘	李銘哲	李豐彥	周偉弦	涂宗廷
張俊鴻	張堅銘	梁立忠	許育嘉	陳永蒼	陳堉照	陳豐山
黃心怡	黃吉瑞	黃絲珮	楊志強	鄧敏政	賴家龍	賴駿仁
嚴子翔	蘇志雄					

高雄第一科技大學

營建系教授

王慶忠	施明祥	鄭錦銅	盧煉元			
研究生						
江政興	呂高豐	李政杰	林志忠	林志鴻	林衍宏	林錦隆
洪東甲	許慶鏞	陳益源	黃柏軒	楊智雄	董翰友	鍾文鐘

逢甲大學

土木系教授

王起平	江篤信	李秉乾	林慶昌	康裕明	許澤善	陳廣祥
黃逸萍	詹次澤	廖為忠	蔡崇興	蘇人輝		

水利系教授

石朝雄	李漢鏗	林秋裕	林朝福	許少華	許正元	連惠邦
陳昶憲	廖清標	鄭仙偉				

建築系教授

曾亮	鄭明仁	鄭聰榮
----	-----	-----

研究生

方耀民	王郁傑	朱伯晟	何主安	何佳倫	吳正川	吳岱祐
吳煥崇	吳銘順	吳燦文	吳曜丞	呂曉佳	巫文凱	李孟勳
李宗澤	李政隆	林士斌	林伯聰	林依汎	林明正	林肯鴻
林逸英	林毓芃	邱顯介	施慶忠	柯昱濠	常志強	張皓中
張穎慶	陳又任	陳弘仁	陳永欣	陳克明	陳協良	陳建逸
陳政宏	陳昭璋	陳柏任	陳晉照	陳浩華	陳淵竣	陳富強
陳貴麒	陳毓嶸	單亦暘	黃俊凱	楊森閔	董建宏	詹振浩
劉子明	劉文聖	劉建榮	劉家棋	劉淑秀	劉銘偉	蔡協良
蔡雅怡	盧耿逸	蕭陽銘	謝文鐔	嚴慧美	蘇火同	蘇宏維

雲林科技大學

營建系教授

江健仲	吳文華	張睦雄	蔡佐良	賴國龍	蘇南
-----	-----	-----	-----	-----	----

研究生

王俊文	李文浩	林瑛傑	張庭璋	張國濠	許坤煌	郭治平
陳承胤	陳玠文	陳信龍	彭士修	黃百逸	黃憲弘	賴國雄

朝陽科技大學

營建系教授

干裕成	王淑娟	伍勝民	江支弘	余志鵬	李明君	林商裕
林基源	徐松圻	許世宗	彭瑞麟	楊明德	潘乃欣	潘吉齡
蔡佩勳	鄭家齊	鄭道明	賴俊仁			

研究生

王丞達	江本鈞	何崇銘	吳獻堂	李春明	林煜融	邱秀珠
柯義峰	洪卿玲	馬曉峰	張乾龍	張銘枝	張錦銘	梁瑞盛
郭芷伶	陳主文	黃東森	黃培松	楊順能	劉文勝	劉俊顯
劉祐權	蔡孟奇					

...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...

...

...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...

...

...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...

統一編號

002244881100



內政部建築研究所

台北市敦化南路二段333號十三樓

電話：(02)2736-2389 傳真：(02)2378-0355

ISBN 957-02-5234-0