

# 中國四川汶川地震勘災報告

柴駿甫、林主潔  
國家地震工程研究中心

2008年5月12日下午2時28分，中國四川省汶川縣發生規模8.0之地震，其震央位於東經103.258°、北緯31.119°，距離成都市西北西方約90公里。依據中國民政部統計，截至6月2日12時為止，已造成共69019人死亡，368545人受傷，18830人失蹤，緊急轉移安置達1514.74萬人，累計受災人數共4555.3萬人。且地震資料顯示，截至6月1日，共監測到餘震9710次，其中規模達4.0以上之餘震計167次，規模達5.0以上者計26次，6.0以上者計5次，而最大之餘震則為5月25日發生於青川縣規模達6.4之餘震；主震位置與餘震分布之區域範圍如圖一所示。

若按地級(含副省級)行政區劃分，四川省境內下轄1個副省級城市(成都市)、17個地級市(自貢市、攀枝花市、瀘州市、德陽市、綿陽市、廣元市、遂寧市、內江市、樂山市、南充市、眉山市、宜賓市、廣安市、達州市、雅安市、巴中市、資陽市)以及3個自治州(阿壩藏族羌族自治州、甘孜藏族自治州、涼山彝族自治州)，其分布如圖二所示；按縣級行政區劃分，則包括43個市轄區、14個縣級市、120個縣以及4個自治縣。此次汶川地震造成重大災害之縣市集中在鄰近震央的阿壩藏族羌族自治州、成都市、德陽市、綿陽市以及廣元市等地級行政區，而這些重災區內的縣級行政區如表一所示。

為能蒐集此次汶川地震之震災資訊，國家地震工程研究中心特別派遣柴駿甫與林主潔兩位研究人員，與台灣工程界共同組團前往四川災區進行考察。基於安全與交通條件之考量，考察團在四川省科學技術協會以及四川省各級台辦的安排下，住宿於成都市區四川省人大會議中心的大成賓館，每天由成都市區出發前往各個重災區進行考察，走訪之地區包括成都市轄區內的都江堰市與彭州市，德陽市下轄綿竹市的遵道、九龍、武都與漢旺等鄉鎮，並經由國道213線以及沿岷江兩岸臨時搶通之道路抵達震央汶川縣之漩口鎮與映秀鎮(屬阿壩藏族羌族自治州)，實地考察岷江兩岸之山崩以及建物(民宅、學校與醫院)與橋梁之震損情形。圖三為此行所考察市鎮之相關位置，而有關建物、橋梁與山崩等勘查紀錄則依行政區域與交通路線敘述如下：

## □ 五月二十九日：都江堰市

在四川省科學技術協會以及省台辦的帶領下，我們於五月二十九日搭乘小巴士經由成灌高速公路抵達都江堰市。我們首先考察新建小學，進入校園後映入眼簾的是一堆廢墟與一棟四樓教室的斷垣殘壁(圖四)，檢視廢墟中的建材與仍懸吊在危樓上的混凝土樓版得知，其結構係以未加強磚造之非韌性牆柱作為承重系統，並搭配鋼筋混凝土梁支撐中空之預鑄混凝土樓版。由於結構沒有任何抗側力構材，故其磚造之非韌性牆柱在地震中崩垮，而預鑄混凝土樓版也因失去支撐而直接墜落在教室中的學童身上，造成學童極大的傷亡。校園另一側為一層樓的校舍，同樣為未加強磚造之牆柱承重系統，而屋頂則是以木材構成之橫梁支撐磚瓦，在地震中或是磚瓦掉落，或是整個屋頂連同木材與磚瓦砸落至教室之內(圖四)。四川地區典型的校舍結構系統大都與新建小學內的教室類似，同樣是以未加強磚造之非韌性牆柱作為承重系統，搭配鋼筋混凝土梁支撐預鑄混凝土樓版，故師生死亡人數在此次汶川地震中佔了相當大的比例，極為慘重！。

事實上，除了校舍之外，一般都市內的樓房也是採用相同的結構系統，如圖五中正在拆除的中國銀行及鄰近的民宅，都呈現類似的破壞機制。然而，若結構係為鋼筋混凝土造之構架系統，或是雖以未加強磚造之非韌性牆柱作為承重系統，但其牆的數量較多，則有較佳之耐震能力，在地震中仍能屹立不搖，或僅於牆面產生交叉之剪切裂縫但不致倒塌(圖六)。

車行沿路所見，街道兩側全倒或半倒的樓房已開始以重機械進行拆除工作。最後，考察團在台辦帶領下，參觀都江堰市的「幸福家園賑災居民安置點」(圖七)，災民在此已能跳脫帳篷時期而住進過渡安置的活動板屋之中。

#### □ 五月三十日：綿竹市

五月三十日，考察團在四川省科協以及台辦的帶領下，經由成綿高速公路前往德陽市轄區內的綿竹市，沿路考察綿竹市區、遵道、九龍、武都與漢旺等鄉鎮的災損情形。綿竹市盛產磷礦，且綿竹年畫與名酒「劍南春」使綿竹市成為四川省境內富庶的縣級市之一。然而，經過此次汶川大地震的侵襲，農村房舍幾乎全垮，市區樓房也不堪使用。初步統計，全市約 70% 的房舍嚴重受損或崩塌而需拆除重建，20% 的房舍中度受損需進行加固補強。

綿竹市區以及前往漢旺鎮途經各鄉鎮的房舍損毀情形與都江堰市極為類似，因其結構系統與破壞機制均大致相同。在前往漢旺鎮的途中經過棚花村，其原為綿竹市發展年畫產業的模範農舍，但在汶川大地震中所有房舍幾乎全毀，多年心血毀於一旦(圖八)。圖九為途經九龍鎮時發現的一所崩塌小學校舍，圖十則為武都鎮受損之醫療院所與廟宇。

最後，考察團終於抵達漢旺鎮，但由於安全因素，台辦安排我們停靠在東方汽輪機廠前的鐘樓，附近建物的典型受損情形如圖十一所示，而鐘樓的時鐘由於地震瞬間停擺，其指針永遠指著慘痛記憶的那一刻「2 時 28 分」(圖十一)。此外，位在鐘樓對街的綿竹第三醫院受損情形非常嚴重，完全喪失其醫療功能(圖十二)；而且，又是因其結構以未加強磚造之非韌性牆柱作為承重系統，搭配鋼筋混凝土梁支撐預鑄混凝土樓版惹的禍。

#### □ 五月三十一日：彭州市

五月三十一日，考察團經由成彭高速公路來到彭州市。彭州市區以及通往小魚洞的道路兩側，其建物仍然是以未加強磚造牆柱搭配木樑、預鑄樓板與磚瓦屋頂之結構系統為主(圖十三)。

在路途中，我們恰好發現武警與民工正在路旁的一大片空地上，協助居民搭建過渡安置用的活動板屋。如圖十四所示，民工先將空心磚塊以混凝土堆砌在事先挖掘的溝渠之上形成地基，然後在地基上架設鋼構架；接著，將分配至各單元之板牆與屋頂嵌入鋼構架之中，再以預力斜撐加固，即完成活動板屋之組裝，可供居民過渡安置之用。

考察團在四川省科協以及台辦的帶領下，來到小魚洞大橋，該橋於地震中嚴重受損並發生落橋。小魚洞所在位置已入山區，可發現附近山崩與巨石滑落之情形非常嚴重；同時，離小魚洞大橋不遠處已搭設便橋供人車通行(圖十五)。小魚洞大橋為四拱之拱橋，其破壞後之狀況如圖十六所示，橋台處鋼筋混凝土斜拱之上下端點均產生嚴重之挫



屈現象；橋面沿車行方向之兩側陷落，橋面上之伸縮縫被拉伸開裂約 10cm，並在靠近對岸的兩拱產生落橋之嚴重損壞。

令當地居民原有農舍大多損毀，目前以木板搭配布篷居住，有一位村民很興奮的拿出一顆震後母雞生的雞蛋，比一般雞蛋大了約三倍之多(圖十七)；很可能是因為母雞在地震中受到驚嚇，腎上腺發作所致，而當地居民蔚為奇觀。

#### □ 六月一日：汶川縣映秀鎮

六月一日，當考察團之其他團員已陸續返台之際，本中心柴駿甫與林主潔兩位研究人員仍繼續留在四川深入考察災情。由於最近幾天並無下雨，且國道 213 線之百花大橋已於 5 月 28 日爆破拆除以維持都汶生命線之暢通，故在四川省科協之安排帶領下，決定於今日換乘四輪傳動之休旅車，向震央所在之汶川縣映秀鎮挺進。

車行穿越都江堰市後，轉接國道 213 線沿岷江前往映秀鎮，行經紫坪鋪大壩後，車子已開始在搶通的道路上顛簸前進，沿路到處可見被山石砸毀的車輛(圖十八)。圖十九為成汶高速公路橫跨岷江之大橋(施工中)，其中有一跨橋台於地震時震落，而鄰近橋柱的支承卻僅有輕微損傷。沿著國道 213 線前往映秀鎮必須經過馬鞍山隧道、友誼隧道與白雲頂隧道，行經隧道時，發現除了友誼隧道路面稍有開裂成高低交錯兩部分外，所有隧道之主體結構均安然無恙，通行無阻(圖二十)。穿越白雲頂隧道後，回望漩口鎮，可由高處遠眺漩口鎮之地震損毀情形(圖二十一)。事實上，國道 213 線仍因山石不斷滑落而必須隨時搶通，我們就在前往百花大橋替代道路上遇到正在搶通道路之士兵，待其搬運清除落石後，我們才又繼續前進(圖二十二)。

國道 213 線之百花大橋介於漩口鎮與映秀鎮之間，係穿越岷江岸邊之山谷而興建之一座橋梁，地震時在靠近漩口側發生嚴重之落橋災情，交通因而中斷。為能維持都汶生命線之暢通，救難指揮中心決定直接於橋下之岷江沿岸開鑿臨時道路，但為避免殘餘橋體在餘震中再度發生落橋意外，故決定於 5 月 28 日爆破拆除殘餘的橋體(圖二十三)。因此，當我們來到此間時，只見爆破後的橋柱與橋面傾倒於岷江沿岸，觀察因爆破使保護層脫落的橋柱，可發現其主筋與箍筋完整，應屬韌性設計之橋柱，但其結構系統行為有待進一步之調查與研究(圖二十四)。

由百花村遠眺映秀鎮漩口中學(圖二十五)，表示映秀鎮已經不遠了；經過一路顛簸，巨石擋道的艱辛過程，終於抵達映秀鎮(圖二十六)。首先看到的是斷垣殘壁的漩口中學，其校舍平面圖、地震後空拍圖，以及此次考察拍攝之各棟校舍損毀情形如圖二十七所示。在學校後方之空地，已著手協助災民搭建過渡安置之活動板屋(圖二十八)。

原本預計繼續前往映秀鎮內考察建物損毀情形，但在進入鎮區的橋前被武警擋下，告知映秀鎮已管制，即將進行爆破拆除鎮內所有三層樓以上之危樓。事實上，該橋梁原有結構已受損，而是在橋面上臨時修建鋼橋，供小車限速通行；同時，橋頭旁之道路班房舍也幾乎完全倒塌(圖二十九)，圖三十則為自橋頭向鎮內望去，坐落在橋旁兩側之三層樓以上危樓。

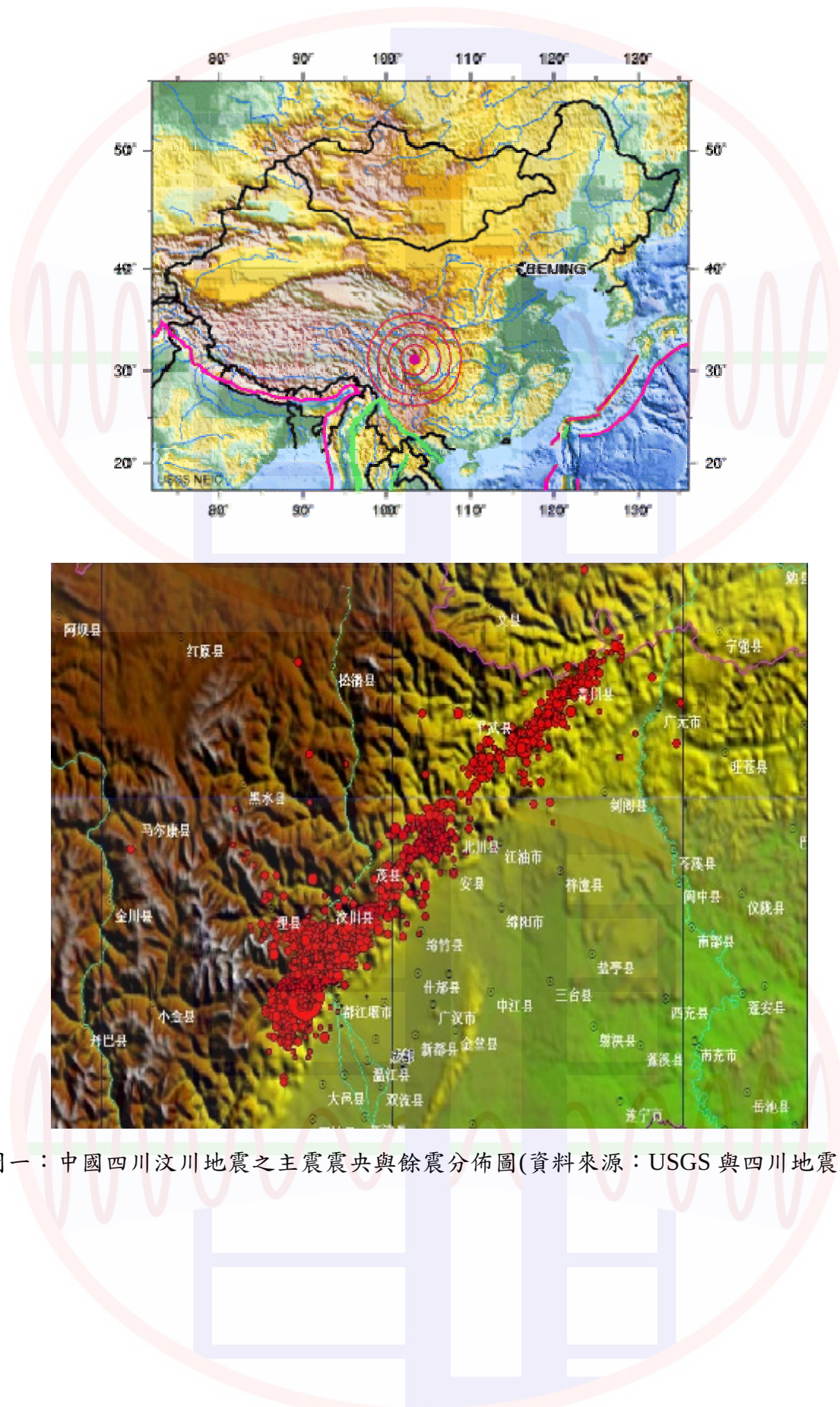
## □ 後記：緊急應變、生活安置與重建規劃

經過此次汶川地震之勘災考察結果發現，雖然災區民眾遭受了地震無情的打擊，但全國各地的解放軍、武警與醫療人員均於第一時間火速趕赴四川災區，搶通因山崩而受阻的道路，深入叢山峻嶺的山間鄉鎮搶救受困民眾，協助維持社會秩序。各單位均提供必要援助，替無家可歸的倖存者搭設帳棚，如圖三十一所示，其中藍色帳篷為民政單位提供，而白色帳篷則為紅十字會提供；軍警與民工也聯手搭建過渡安置用的活動板屋以安置災民。為能維持救災人員與賑災物資之運送順暢，在成都或災區通往高速公路的主要交通幹道均設立緊急應變專用道，進行交通控管。同時，為了避免爆發狂犬病疫情，災區內的犬隻均需注射疫苗，而沒有疫苗供應站的鄉村居民只好忍痛處死愛犬(圖三十二)；為避免傳染病之蔓延，離開重災區的人車也必須於管制站進行消毒作業(圖三十三)。

考察團在川期間，發現居民於震後半個月已逐漸恢復原有之生活型態，城鎮中設置了臨時的醫療、郵局與電信通訊服務點(圖三十四)，農民已開始插秧從事農作生產(圖三十五)，城鎮也出現了市集交易活動(圖三十六)。依照中國政府之規劃，將在三個月內完成約 3000 萬民眾的過渡安置作業，搭設每戶約 20 m<sup>2</sup>之活動板屋供其居住 2-3 年；並在三個月內完成災區重建規劃，預計於三年內完成災區重建工作。

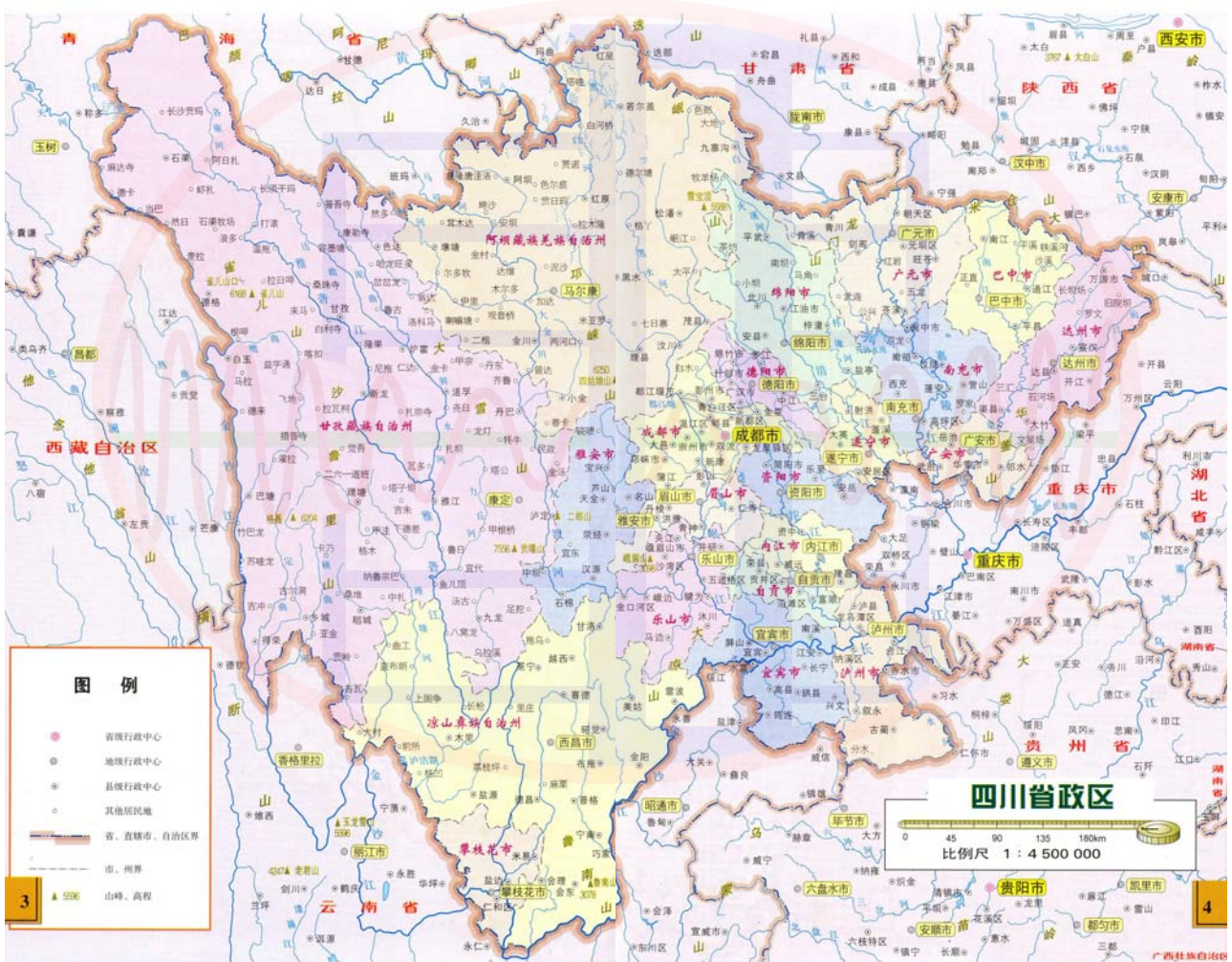
最後，再次強調，地震災區大部分的學校與民宅等建物，係以未加強磚造之非韌性牆柱作為承重系統，並搭配鋼筋混凝土梁支撐中空之預鑄混凝土樓版，或是以木梁支撐磚瓦形成屋頂。由於這種結構系統並沒有任何抗側力構材，故其磚造之非韌性牆柱很容易在地震中崩垮，而讓預鑄樓板與磚瓦直接掉落在建物內的學童或居民身上，造成極大的傷亡。因此，在進行重建規劃時，必須特別注重結構耐震設計，選用較佳的結構系統，有效提升建物的耐震性能。





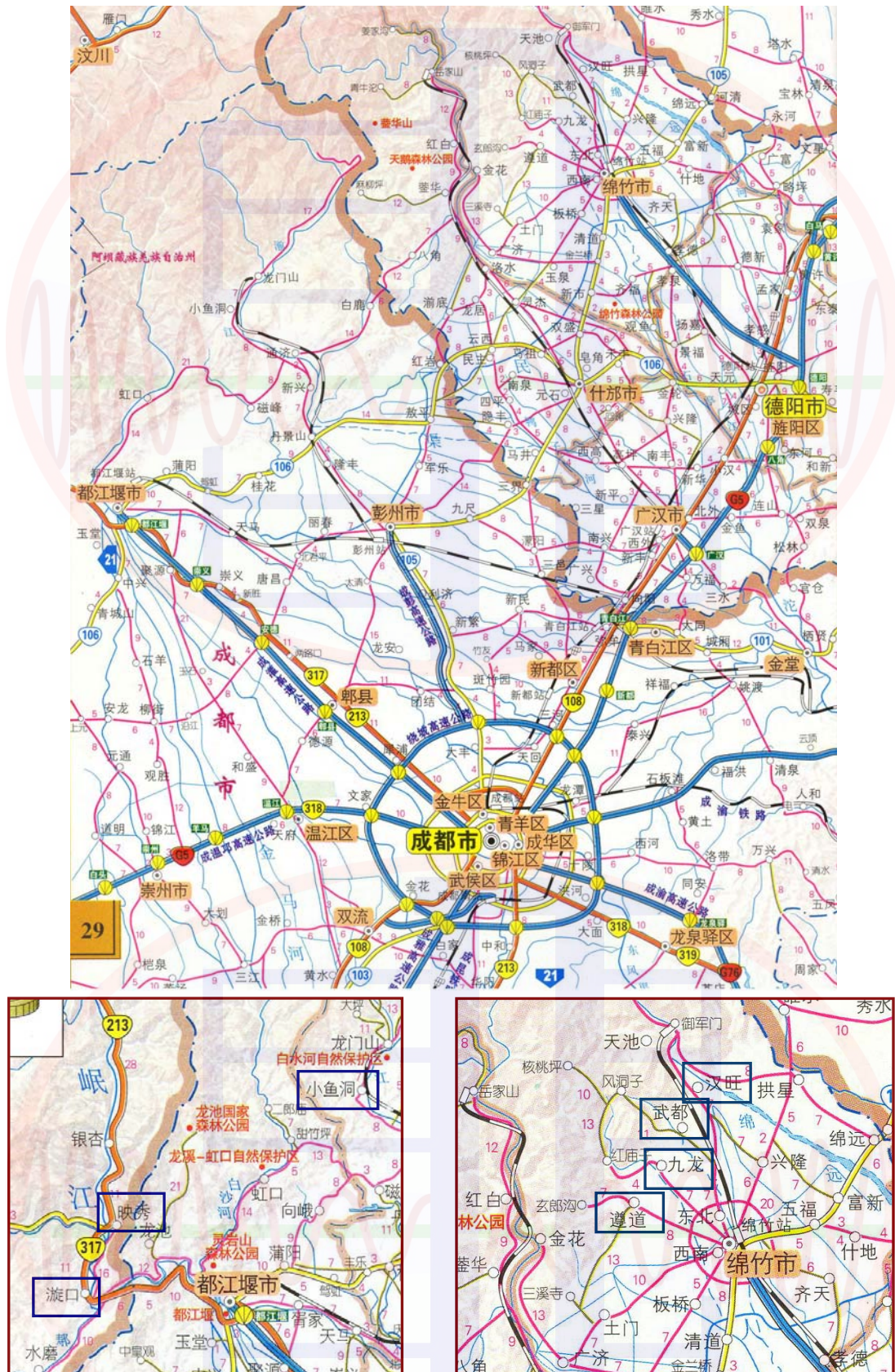
圖一：中國四川汶川地震之主震震央與餘震分佈圖(資料來源：USGS 與四川地震局)





圖二：四川省境內下轄之地級市與縣級行政區域分布圖  
(地圖資料來源：四川省交通圖冊/成都地圖出版社)





圖三：考察鄉鎮分佈圖：成都市的都江堰市與彭州市，德陽市下轄之綿竹市的遵道、九龍、武都與漢旺等鄉鎮，阿壩州汶川縣之漩口鎮與映秀鎮，  
(地圖資料來源：四川省交通圖冊/成都地圖出版社)





圖四：都江堰市新建小學震毀之校舍結構



圖五：都江堰市正在拆除的中國銀行及鄰近震毀之民宅





圖六：都江堰市輕微受損之公安廳舍與產生剪切裂縫但未倒塌之民宅



圖七：都江堰市幸福家園賑災居民安置點



圖八：綿竹棚花村原為發展年畫之模範農舍，但於地震中全村毀於一旦



圖九：九龍鎮崩塌之小學校舍



圖十：武都鎮受損之醫療院所與廟宇





圖十一：漢旺鎮東方汽輪機廠前的鐘樓以及附近建物的典型受損狀況



圖十二：漢旺鎮綿竹第三醫院因建物倒塌而喪失其醫療功能



圖十三：彭州市區以及通往小魚洞之道路兩側的典型建物及其破壞型態



圖十四：過渡安置用活動板屋之組合過程





圖十五：小魚洞大橋附近山崩與巨石滑落之情形非常嚴重，鄰近已搭設便橋供人車通行



圖十六：彭州小魚洞大橋之破壞情形



圖十七：彭州小魚洞大橋附近之臨時農舍，以及震後受驚嚇母雞所生的雞蛋，比一般雞蛋大了約三倍之多



圖十八：國沿道 213 線前往映秀鎮，行經紫坪鋪大壩後，車子已開始在搶通的道路上顛簸前進，沿路到處可見被山石砸毀的車輛



圖十九：成汶高速公路橫跨岷江之大橋(施工中)震損情形





圖二十：國道 213 線上之馬鞍山、友誼與白雲頂隧道均安然無恙



圖二十一：由國道 213 線遠眺漩口鎮之建物震毀情形





圖二十二：國道 213 線仍因山石不斷滑落而必須隨時搶通



圖二十三：國道 213 線之百花大橋於地震時發生落橋嚴重損傷，殘餘之橋體已於 5 月 28 日爆破拆除(空拍照分別取自新華網與華西都市報)





圖二十四：由爆破後百花大橋之橋柱主筋與箍筋可知其橋柱應為韌性設計



圖二十五：由百花村遠眺映秀鎮漩口中學



圖二十六：順著巨石阻撓之顛簸道路終於來到映秀鎮





圖二十七：映秀鎮漩口中學各棟校舍之倒塌損毀情形(右上角之空拍照取自新華網)





圖二十八：已著手於漩口中學後方空地搭建過渡安置之活動板屋



圖二十九：通往映秀鎮內之臨時搭建橋梁，以及橋頭旁損毀之道路班廳舍



圖三十：自橋頭向對岸映秀鎮內望去之三層樓以上危樓





圖三十一：災區內搭設供居民暫時居住之帳篷(藍色為民政單位提供，而白色為紅十字會提供)



圖三十二：為了避免爆發狂犬病疫情，災區內的犬隻均需注射疫苗(彭州市)，沒有疫苗供應站的鄉村居民只好忍痛處死愛犬(漩口鎮)



圖三十三：離開重災區的人車也必須於管制站進行消毒作業



圖三十四：震後半個月，城鎮已設置臨時之醫療、郵局與電信通訊服務點



圖三十五：農民已開始插秧從事農作生產





圖三十六：城鎮已出現市集交易活動

表一：重災地區內的縣級行政區域

| 地級行政區     | 縣級行政區  |                                                      |
|-----------|--------|------------------------------------------------------|
| 成都市       | 9 個市轄區 | 青羊區、錦江區、金牛區、武侯區、成華區、龍泉驛區、青白江區、新都區、溫江區                |
|           | 4 個縣級市 | 都江堰市、彭州市、邛崃市、崇州市                                     |
|           | 6 個縣   | 金堂縣、郫縣、新津縣、雙流縣、蒲江縣、大邑縣                               |
| 德陽市       | 1 個市轄區 | 旌陽區                                                  |
|           | 3 個縣級市 | 廣漢市、什邡市、綿竹市                                          |
|           | 2 個縣   | 羅江縣、中江縣                                              |
| 綿陽市       | 2 個市轄區 | 涪城區、遊仙區                                              |
|           | 1 個縣級市 | 江油市                                                  |
|           | 5 個縣   | 鹽亭縣、三台縣、平武縣、安縣、梓潼縣                                   |
|           | 1 個自治縣 | 北川羌族自治縣                                              |
| 廣元市       | 3 個市轄區 | 利州區、元壩區、朝天區                                          |
|           | 4 個縣   | 青川縣、旺蒼縣、劍閣縣、蒼溪縣                                      |
| 阿壩藏族羌族自治州 | 13 個縣  | 馬爾康縣、九寨溝縣、紅原縣、汶川縣、阿壩縣、理縣、若爾蓋縣、小金縣、黑水縣、金川縣、松潘縣、壤塘縣、茂縣 |