

瑞里地震勘災與檢討

孫一鴻、廖志中、陳誠直、黃安斌
國立交通大學土木工程系暨防災工程研究中心

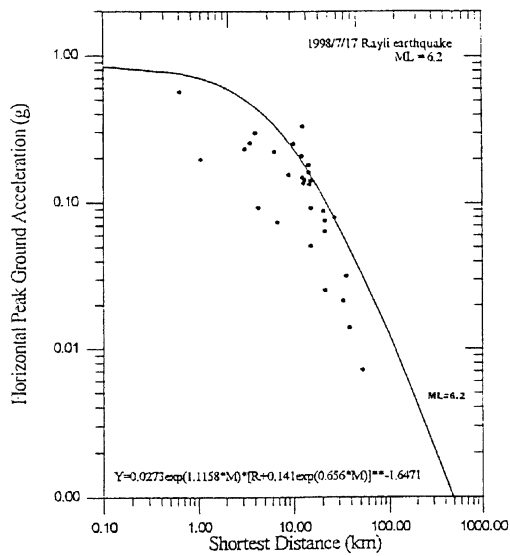
前言

繼1996年8月賀伯風災造成了台灣山區公路嚴重受損，及1997年7月汐止林肯大郡社區災變造成二十八人喪命後，當各單位還在思考、檢討及規畫如何強化台灣地區對於天然災害的防災和救災體系時，在1998年7月17日12時51分14秒於嘉義縣發生了規模6.2的瑞里地震。地震的震央位於阿里山以西14.2公里處，而震源深度僅500公尺。震央附近的震度達到了6級，也就是中央氣象局震度分級的最高級。

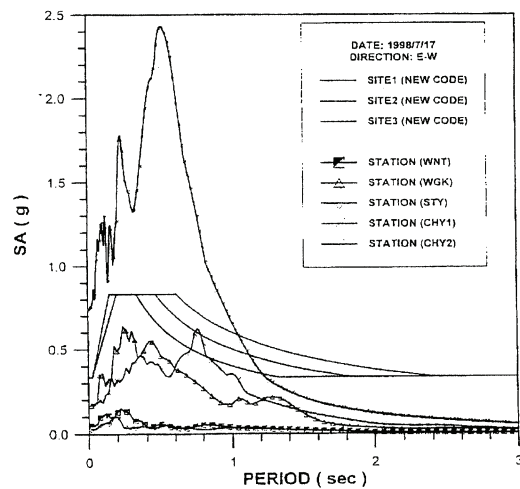
此突如其來的地牛翻身，造成了雲林、嘉義山區的地層開裂、道路落石坍方中斷，民房倒塌，中高層與低層混凝土建築物的嚴重損壞。地震除了造成了人民生命及財產的直接損失外，更讓活在地震頻繁地區的人民，常年生活在地震的恐懼中。以現階段的科學技術，我們並不能防止地震的發生，也無法準確地預測地震發生的時間與地點。土木工程師在地震工程中所扮演的角色，就是要在符合工程經濟的前提下，設計並建造在強震作用下仍能保障人民生命的結構物，也就是所謂的『不俟敵之不來，俟吾有已待之』。而設計的依據就是耐震設計規範，它代表從歷年的地震震災中，觀察、統計、分析、研究後整理出來的經驗，而且會不停地自每一次新的震災中持續的學習並改進。基於此理由，交大土木工程系防災中心在地震後的第三天，即組織一勘災隊深入山區進行災後勘查。勘災隊的成員包括工程地質師，大地工程師，以及結構工程師。初步的勘災結論曾報導於隔日的自由時報，廖志中教授並接受中廣新聞網的專訪，進一步闡述如何以其發展的『類神經網絡及可靠性分析』，來降低天然災害。以下是該次勘查報告的節錄。

強震地動特性

氣象局在距離震央30公里的範圍內，共有21個強震網站錄到瑞里地震。最近的測站（培英國小）距離震央僅2.5公里，錄到的最大水平加速度為0.72g。由於震央較淺，因此強震地動隨距離的增加也衰減的較快，此點可由錄到的地震記錄與現有強震衰減經驗式的比較看出（圖一）。幸運的是因為強震地動衰減的較快，所以瑞里地震的災區相當小而且集中。現有的強震衰減經驗式，雖然對估計淺層地震略嫌保守，但是考慮到地震的不確定性，適當的保守仍然是妥當的。然而培英國小所錄到的加速度和地震反應譜，卻高出台灣地區耐震設計規範對強震區要求的0.33g甚多，如圖二所



圖一 台灣地區加速度衰減公式與瑞里地震比較



圖二 台灣耐震設計反應譜與瑞離地震比較

示。瑞里地震的其它強震紀錄顯示在距離斷層超過10公里以上時，方能落在耐震設計規範要求的範圍以內。由此點出發，斷層兩側10公里以內的耐震設計，應考慮強震地動可能超出規範要求。尤其是需要肩負在地震後維持正常運作責任的結構物，例如：醫院、救災中心、國道、和通訊樞紐等等，耐震設計應該根據場址的特定地震危害度分析結果，而不是套用區域性的規範設計值。

道路與邊坡

地震後，通往瑞里的三條主要聯外道路—由梅山至瑞里的162甲，由石卓至瑞里的169及由竹崎經交力坪至瑞里的嘉122（或由162甲經交力坪），全部受到地震所產生的效應而引致包含崩坍、落石、表層滑動、地龜裂縫及下陷（路基缺口）等型態之地盤破壞所阻斷，且阻礙災害之搶救。

觀察路段未見大規模之地滑，亦無明顯之順向滑動跡象，造成道路受阻或人員傷亡的崩坍主要皆屬掉落型態，依其掉落物種類及其規模可區分為落石、表層崩落（或滑動），及落石與表層崩落之複合型。落石大多發生於裸露之凸坡或平直坡（圖三），除平常可見之0.2至0.5公尺直徑之石塊外，亦存在甚多直徑3公尺以上巨石（圖四）。沿線所見的表層崩落又比落石狀況為多。此二者主要之差異乃在地質條件，後者邊坡大多為薄表土覆蓋，而前者一般為裸露之岩盤。

路面龜裂及下陷於道路沿線處處可見（圖五），最常發生於各道路腹地較寬廣處，其龜裂處除於路肩外，並有甚多擴及至路面中心，雖然路基下方大多無擋土結構物以保護路基，雖龜裂處處可見，但未見下邊坡滑動造成之大規模路基缺口。仔細觀察各路面之龜裂及下陷狀況，附近地形、道路線形及植生狀況，大略發現，大部份之路面



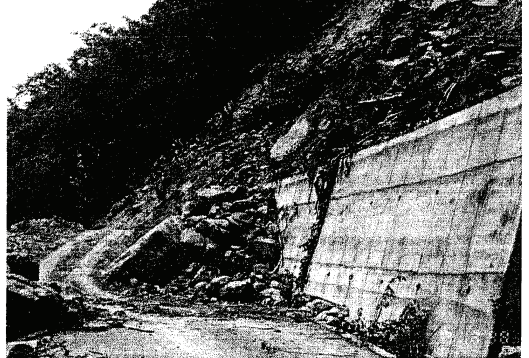
圖三 落石與表層崩落



圖四 滾落之巨石



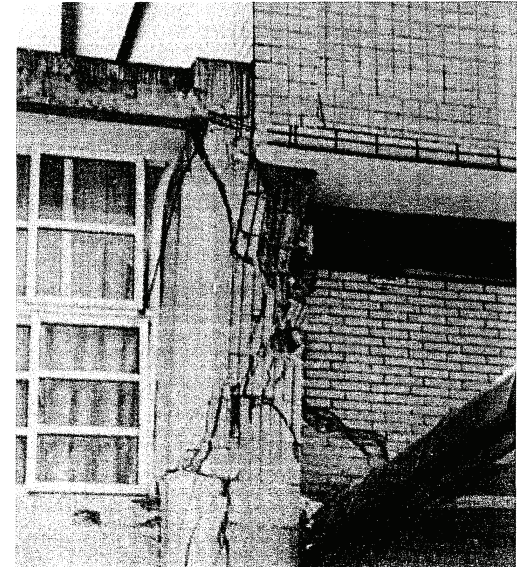
圖五 道路因填方介面滑動而龜裂



圖六 重力式擋土牆上方土石滑動

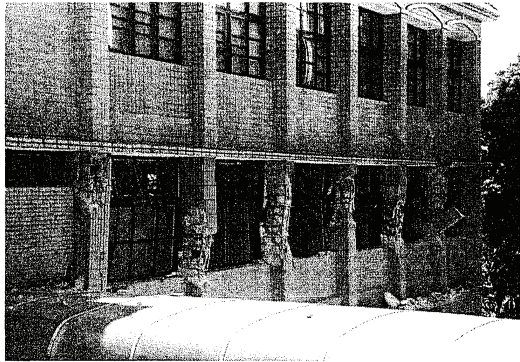


圖七 蛇籠式柔性擋土設施



圖八 比鄰結構物碰撞

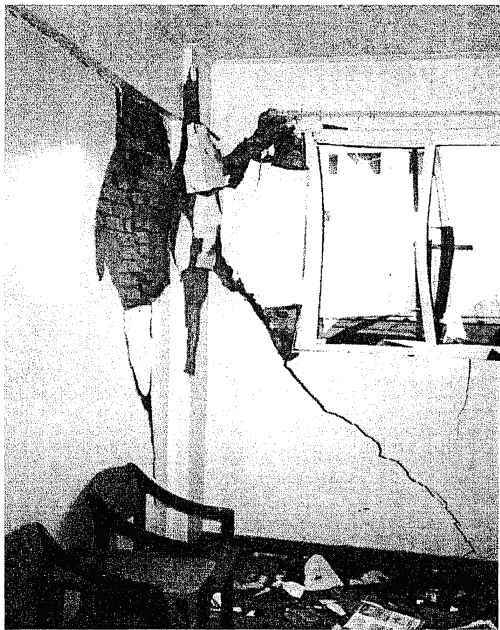
主題探討 372



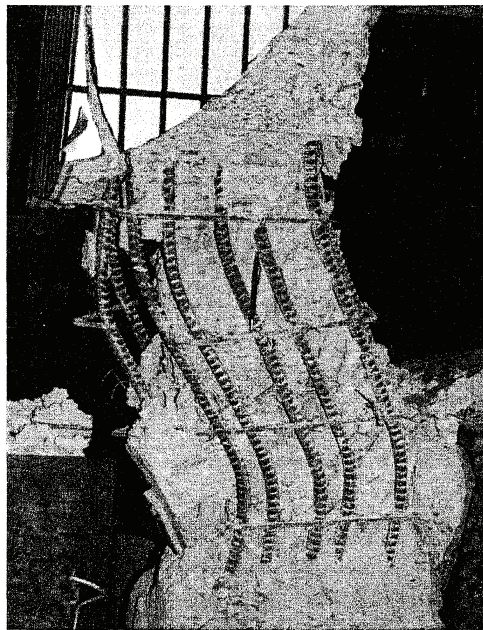
圖九 短柱效應



圖十 軟弱層效應



圖十一 柱破壞



圖十二 箍筋彎鉤脫落與斷裂

龜裂形成於挖填方界面。沿線多處使用重力式擋土牆於上邊坡，雖然擋土牆未有移動之現象，但因擋土牆頂的護坡不佳，崩落的土石依然阻隔了交通生命線(圖六)。一般柔性擋土設施，如蛇籠，在這次地震中表現良好(圖七)。

■ 交 大 友 聲 10 結構物破壞

本次地震的震災，主要為結構物所造成。而受損的結構系統大致可分為：鋼筋混凝土(含鋼骨混凝土)，和磚、木、竹混合結構。此次災區民間建築構造物，大多為磚木竹混合建造之低層自用建築。此類建築的正面多為磚造，但側面卻常為泥竹版牆。由於此類建築多未經工程設計，且施工品質差，加上脆弱的泥竹版側牆毫無抗剪

能力，因此在這次地震中受損嚴重，並無太大意外。但是，對於在這次地震中，多處報導有受損嚴重的鋼筋混凝土構造物，的確有些意外，也有深入瞭解的必要。

這次地震中，主要受損的鋼筋混凝土結構物多數是中小學校舍。而究其原因，大致可分為以下幾類：一、比鄰相接碰撞效應。也就是新建校舍與老校舍比鄰相接，由於新建校舍通常較高，與低矮的老校舍有不同的震動模態，因此地震發生時相互碰擊造成損壞（圖八）。二、短柱效應。教室結構的長向通常開有窗戶，窗戶的下方則多為磚砌窗台。由於磚砌窗台與承重柱之間未留空隙，使得有效柱長變短。在地震時，造成應力集中在窗台以上的短柱而形成破壞（圖九）。三、軟弱層效應。太興國小新建的四層樓教員宿舍的一樓為開放空間，因此除樓梯間外無外牆與隔間牆，這使得一樓的結構勁度與側向抗震力大為降低。在地震來襲時，一樓產生大量位移，造成一樓柱頂與二樓梁接頭的破壞（圖十）。四、柱破壞效應。在勘驗諸多受損的鋼筋混凝土結構物後，發現一般的破壞大都出現在承重柱而非樑（圖十一）。此與耐震設計要求的強柱弱樑正好相反，所幸本次地震的歷時短，否則結構物崩塌的案例與人員傷亡將更高。在柱的破壞方面，最常見的是柱端彎矩破壞與柱剪力破壞，柱內箍筋之破壞則為90度彎鉤的脫落與轉彎處的斷裂（圖十二）。

致謝

本次勘災隊伍，能在極短的時間內組成並成行，多賴交大土木工程系與防災工程研究中心同仁的支援與協調，特此致謝。在震災現場，承蒙自由時報張致源先生的嚮導，方能在有限的時間內，完成勘災任務，在此一併致謝。

小啓

電子資訊博物館徵求古董電子產品

母校博愛校區擬成立「電子資訊博物館」，若您擁有或知道具歷史價值的電子產品，敬請熱心捐贈、告知。您的貢獻，將成為交大永遠的驕傲。

聯絡專線：03-5731789 王小姐