

天灾地变与防灾减灾 ——从台湾“9·21”大地震说起

颜 正 平

(台湾中兴大学水土保持学系 台湾台中市)

摘 要: 台湾因受板块挤压,以致岩石破碎、地质脆弱且坡度陡峻、表层岩层土砂堆积不易稳定,顺向崩积层及断层带等地质不佳因素,加以地震频仍,山崩、地滑、土石流等灾害不断。1999 年 9 月 21 日凌晨 1 时 47 分 12.6 秒,以集集地区为震央,发生芮氏震度规模为 7.3 级之台湾百年大地震,天灾地裂,天摇地动,山河变貌,残垣断壁,死逾 2 000 人,伤逾万人,房屋倾倒者近 2 万栋,造成严重灾害。虽然地质骤然大规模断层滑动无法预知,此即大自然存在之不确定,但可确定者为调查断层之确实位置及撤离断层,或为可能减少灾难之方法。灾害防治之基本原则为预防、避开、缓冲、替代、限制、监测、维护等,亦即防灾减灾之基本方法,注动其原则与方法,即可使灾害减轻至最少。

关键词: 活动断层; 浅层地震; 土壤液化; 土石流; 地滑

中图分类号: P315.9

文献标识码: B

文章编号: 1005-3409(2001)01-0002-05

Climatic Disasters and Earth Movements VS. Disaster Prevention and Minimization

——Examining the Aftereffect of the “9·21” Quake in Taiwan

YAN Zheng-ping

(Department of Soil and Water Conservation, Chung-Hsing University, Taiwan)

Abstract: Situated in a region of active ground plate activities, Taiwan sits on a host of punishing geographical factors, ranging from fragmented rock formation, fragile geography interlaced with steep slopes, unstable surface rock formation and soil/sand deposits, peripheral drops and fault zones, resulting in the constant threats of earthquakes, landfall, landslide, mudslide. The millennial quake disaster, recorded at 7.3 on the open-ended Richter Scale, struck at 1:47AM, September 21, 1999, with the epicenter in the central Chi-Chi area, shattered the earth in violent shakes, eradicating everything in sight over an expansive radius, distorting the face of the earth, disrupting the course of many rivers along the way. The unprecedented casualty ran high at a staggering 2 000 in death toll and tens of thousand injured to various degrees, left many homeless as nearly 20 000 houses were flattened. Despite that there is no way of foretelling when a large-scale of disruption to the ground plates is going to happen, the uncertainty that all of us have to live with under the power of the nature, what can be certain is that by diligent surveying of the precise locations and effective evacuation from potential fault zones are ways to minimize the damages and losses when and if should disasters hit. The paragon behind disaster prevention lies in prevention, evacuation, distance, substitution, restriction, monitoring and maintenance among related measures, which are the essential means of disaster prevention and minimization, and a smart maneuver of the right groundwork and methods can effectively reduce the impacts of disasters to a minimum sustainable level.

* 收稿日期: 2000-11-20

作者简介: 颜正平,男,台湾中兴大学水土保持学系教授,中兴大学水土保持研究所所长。

Key words: active fault zones; surface quakes; soil liquefaction; mudslide; landslide

1 前 言

土地上记载着人类生活史迹, 凡晓得土地语言者, 可从残留痕迹中, 读出一个民族、一个朝代或是一种文化盛衰兴亡之经过。

人类企图征服土地之史实, 清清楚楚记载于土地上, 就如一册翻开之历史, 从残垣废墟视之, 证明人类经年累世之努力, 失败之记录远超过成功, 换言之, 善用土地资源者, 朝代兴盛, 否则即衰亡, 历史可得到明证。

台湾多山, 以台湾有限土地面积, 山坡地就占 2/ 3, 而人密度更高居世界第二位。以仅占世界陆地面积 2. 4/ 万之地狭人稠之先天条件, 生活水准之不断提高, 其活动范围乃快速趋向都市边缘山坡地发展。以台湾坡地地形陡峻, 地质脆弱, 土壤松软, 降雨强度特大之天然特性, 加以人为不正当开发, 难免洪水泛滥, 一震成灾, 其天然灾害问题乃应运而生。

台湾地区由于位在太平洋板块、欧亚板块及菲律宾板块之交界面上, 受板块挤压, 以致岩层破碎, 地质脆弱, 且坡度陡峻、表层岩层土砂堆积不易稳定、顺向崩积层及断层带等地质不佳因素, 故地震频仍, 山崩、地滑、土石流等灾害不断。台湾西部之山麓地带即通称为阿里山山脉, 其由台湾北端之基隆山地开始延长至屏东旗山山脉为止, 成一个长带状分布, 其地质主要以中新世至更新世岩层为主, 在经过造山运动后, 岩层折皱, 且被纵向大断层截切, 形成

覆瓦状构造。

1999 年 9 月 21 日凌晨 1 时 47 分, 以集集地区为震央, 发生芮氏震度规模为 7. 3 级之台湾百年大地震, 天灾地裂, 天摇地动, 山河变貌, 残垣断壁, 死逾 2 000 人, 伤逾万人, 房屋倾倒者近 2 万栋, 造成严重灾害。本文即以此天然灾害, 土地利用与保育之关系, 土地承受人口与负荷压力之限制, 由其先天条件、自然灾害及资源保育等情况, 探讨其兴亡荣枯在历史文化上之意义。

2 台湾之地震

2. 1 各种地震震度分级及震动程度

表 1 各种地震震度分级及震动程度表		
震度	名称	震 动 程 度
0	无感	地震仪有纪录, 人体无感觉
1	微震	人静止时, 或对地震敏感可感觉到
2	轻震	门窗摇动, 一般人都可感觉到
3	弱震	房屋摇动, 门窗格格有声, 悬物摇摆, 盛水动荡, 静止汽车明显摇动
4	中震	房屋剧烈摇动, 不稳固物倾倒, 较重家具会移动, 可能造成轻微灾害
5	强震	墙壁龟裂、牌坊烟囱倾倒、驾驶汽车者可感地震, 重家具可能翻倒, 设计不良的建物有相当损坏, 大多数人因惊吓而不安
6	烈震	房屋倒塌、山崩地裂、地层断层、重家具翻倒、井水发生变化、地面明显裂开、地下导管破裂、建筑物基础可能破坏、铁轨可能弯曲
注: (1) 以规模区分, 规模小于 3 者称微震, 规模 3 至 5 者称小地震, 5 至 7 者称中地震, 规模 7 以上者称为大地震 (2) 此次南投地震, 规模属大地震, 多数地区震度达 5 至 6, 属于强震或烈震。资料来源: “中央气象局” 1999		

2. 2 台湾百年来大地震及其灾情

表 2 1900 年以来台湾地区规模 7 以上地震及其灾害统计表

发生时间	震央	震源深度 / km	规模	死亡人数	受伤人数	合计	房屋毁损	备 注
1906 年 3 月 17 日	嘉义县民雄	浅	7. 1	1 258	2 385	3 463	20 987	梅仔坑北方屋民雄长 13 km 断层
1909 年 4 月 15 日	台北附近	80	7. 3	9	51	60	1 172	
1910 年 4 月 12 日	基隆东方近海	200					72	
1920 年 6 月 5 日	花莲东方近海	无	8. 3	5	20	25	1 530	新竹、台中烈震、狮潭、屯子脚断层
1922 年 9 月 2 日	苏澳近海	浅	7. 6	5	7	12	175	
1922 年 9 月 15 日	苏澳近海	浅	7. 2	无	5	5	413	
1935 年 4 月 21 日	竹县关刀山附近	10	7. 1	3 276	12 053	15 329	54 688	
1935 年 9 月 4 日	台东南 50 km 绿岛附近	浅	7. 2				114	
1936 年 8 月 22 日	恒春东方 50 km	浅	7. 1	无	3	3	甚多	嘉义烈震、草岭山崩、山崩地裂、铁路弯曲下沉
1941 年 12 月 17 日	嘉义市东南 10 km 中埔附近	10	7. 1	358	733	1 091	15 606	
1951 年 10 月 22 日	花莲东南东 15 km	0	7. 3	68	856	932	2 382	
1951 年 10 月 22 日	花莲东北东 30 km	20	7. 1					山崩
1951 年 11 月 25 日	台北方 30 km	5	7. 3	17	326	343	1 598	
1957 年 2 月 24 日	花莲	30	7. 3	11	12	23	108	
1959 年 4 月 27 日	与那国	30	7. 7	1	无	1	13	苏花公路塌方、横贯公路山崩
1963 年 2 月 13 日	宜兰东南方 50 km	10	7. 3	15	3	18	12	
1972 年 1 月 25 日	台东东偏南 120 km	70	7. 3	1	1	2	6	
1999 年 9 月 21 日	南投明潭西方 12. 5 km	1	7. 3	逾 1 712	4 005	逾 5 171	尚难统计	截至 9 月

注: 为震灾最严重的一次, “中央气象局”, 1999。

2.3 台湾之天然灾害

台风与地震均属于天灾, 任何人均无法抗拒或改变, 故此于灾害威胁, 系属于台湾之宿命, 且是与生俱来, 但如何减低其灾害之最少, 安全保障做到最大, 舍救复建做到最快, 系应为思考及努力之方向。

2.3.1 台风灾害 每逢夏秋季节台湾通常有台风侵袭, 豪雨与强风, 造成低洼临海地区, 时有海水倒灌或淹水情形, 高山或山坡地区, 则有水土流失及洪水泛滥现象。

2.3.2 地震灾害 台湾处于太平洋板块地带, 地震频繁, 目前仍无法精确预测, 但强烈地来临时, 顷刻间桥断屋毁路损, 伤亡无数, 所造成之地震症候群, 难以抚平及疗养止痛, 系一无形之伤害。

2.4 地震灾情

2.4.1 “9·21 地震” 就以 1999 年 9 月 21 日所发生之地震, 截止 1999 年 9 月 28 日 22 时得到伤亡及灾情报告列如表 3~4。

2.4.2 “9·21”地震报告

表 3 “9·21”大地震立即报告表	
发震时间	1999 年 9 月 21 日 1 时 47 分 12.6 秒
震央位置	北纬 23.85 ° 东经 120.78 °
震源深度	1.0 km
规 模	7.3
相对位置	日月潭西南方 6.5 km

资料来源: 1999 年 9 月 21 日 “中央气象局”报告。

2.4.3 “9·21”地震各地震度级(最大地动加速度 gal、方向)

南投地区最大震度 6 级	台中地区最大震度 6 级	嘉义地区最大震度 5 级
日月潭 6 (989, EW)	台中市 6(221, EW)	嘉义市 5
名间 6 (921, EW)		
新竹地区最大震度 5 级	台南地区最大震度 5 级	宜兰地区最大震度 5 级
竹北 5(81, NS)	永康 5 (87, EW)	宜兰市 5(81,)
	东山 4(53,)	
台东地区最大震度 4 级	屏东地区最大震度 4 级	澎湖地区最大震度 4 级
兰屿 4(49, NS)	九如 4 (38, EW)	马公 4(36,)
成功 4(48, EW)	小琉球 4(32,)	
台东市 4 (29, EW)	枋寮 3 (23, EW)	
大武 3(10, NS)	恒春 3(22,)	
	垦丁 3(14,)	
高雄地区最大震度 4 级	台北地区最大震度 4 级	花莲地区最大震度 3 级
高雄市 4 (32,)	台北市 4	花莲市 3(24,)
苗栗地区最大震度 3 级		
三义 3(19, NS)		

表 4 “9·21”地震灾情统计表

县市	救出人数	被埋困人数	道路抢通脱困人数	交通阻绝受困人数	受伤送医人数	失踪人数	死亡人数	房屋全倒 / 栋数	房屋全倒 / 户数	房屋半倒 / 栋数	房屋半倒 / 户数
台北市	134	40			309		56	3	76	23	387
新竹市						4			2	5	5
台中市	155				1112	1	113	496	10366	516	13720
嘉义市	19				10			1	28		
台北县	190	8			145		38	1	44	2	80
桃园县					84		3	2	4	9	11
新竹县					4			1	1	1	1
苗栗县					196		6	136	136	221	221
南投县	2144	42	872	40	2441	1	806	4190	待查	3509	待查
台中县	1356	47	1750	93	3606		988	2175	待查	1208	待查
彰化县	274	12			388		16	27	84	2	2
云林县	587	13	450		399	12	53	226	568	187	187
嘉义县			1327		5	4	2	4	4	16	16
台南县					1		1			1	1
宜兰县					7			5	5		
合计	4859	162	4399	133	8711	18	2084	7272		5695	

资料来源: “中央气象局”在地震发生后一周内报告资料, 1999。

3 震灾主因

3.1 浅层地震

地震震源深度在 0 ~ 70 km 者称为浅层地震, 在 71 ~ 300 km 之者为中层地震, 301 ~ 700 km 者称为深层地震。此次集集大地震之震源深度为 1 km, 系属于浅层地震。地震系一种能量释出, 以震波形式向四方扩散, 若属浅层地震, 能量释较快, 震区较小, 但震度强, 造成灾害亦较大, 一般而言, 地震规模每增一单位, 所释出能量约增大 30 倍。台湾西部地区之地震活动虽不如东部地区频繁, 但其震源较浅, 且多发生于陆地, 均属浅层地震, 故其伤害较重, 此次集集大地震所造成之灾情如此严重, 即其原因。

3.2 活动断层

3.2.1 台湾断层之分布 台湾地形东高西缓, 由于台湾东部受菲律宾海板块挤压力量最大, 向西则逐渐减弱, 东部因之褶皱厉害, 西部较缓。台湾受挤压力量由东向西, 故隆起山脉亦南北走向而平行, 又因菲律宾海板块挤进欧亚板块之力量集中东北部, 结果平行之皱褶就产生弯曲。断崖所见之弯曲, 有的为水平形, 有的则呈倾斜形, 地层呈皱纹状之弯曲, 即称为褶曲。地层产生裂痕即产生不相连接, 称为断层。若由上往下错开之断层就称为正断层。若由下往上错开之断层就称为逆断层。此次集集大地震, 即属于逆断层。

台湾地区活动断层多达 51 处, 故台湾可谓处在地震断层带上, 因此在地质断层调查及在断层带与土质敏感地带, 界定其范围禁辟限建, 有谓在断层带两侧 50 ~ 100 m 禁建, 实有其必要。

3.2.2 台湾活断层分类

(1) 全新世活动断层: 即 1 万年内曾发生错移之断层包括狮潭断层、神卓山断层、屯子脚断层、梅山断层、新化断层、美仑断层、奇美断层、玉里断层、池上断层等九处断层。

(2) 更新世晚期活动断层: 为 10 万年来曾发生错移之断层, 包括双连坡断层、杨梅北断层、杨梅南断层、大坪地断层、新城断层、斗焕坪断层、三义断层、大甲断层、大甲东断层、车笼埔断层、大尖山断层、触口断层、六龟断层、鹿野断层、利吉断层等 15 处断层。

(3) 存疑性断层: 如金山断层、崁脚断层、台北断层、新店断层、南嵌断层、枫树坑断层、新竹断层、香山断层、柑子崎断层、竹东断层、清水断层、横山断

层、彰化断层、员林断层、田中断层、新社断层、大茅埔断层、双冬断层、木屐寮断层、六甲断层、后甲里断层、左镇断层、小冈山断层、旗山断层、潮州断层、凤山断层、大梅断层、恒春断层等 27 处断层。

3.2.3 两断层能量北推 ‘9·21’集集大地震之断层带, 为长达 80 km 之车笼埔断层逆街摇晃剧烈, 及东边之双冬断层同时释放能量, 能量集中向北推进, 两条断层同时活动, 造成台中县东势、石冈、丰原等地震灾惨重之原因。

而由南边之云林县桶头往北, 至台中县丰原向东南转 70 至苗栗卓兰; 长达 80 km, 可谓为世界级之地震断层带, 丰原以南是逆冲断层上盘冲挤下盘不断释出能量, 丰原以东为逆冲及平移, 造成台湾板块移动剧烈, 因此其破坏性大。

车笼埔断层东侧之双冬断层在释放能量, 两断层间之震度激烈, 造成台中市大坑、台中县太平、车笼埔、雾峰、南投县草屯、名间、竹山等地区受创严重, 而双冬断层沿线之台中县东势、南投县国姓、中寮、集集等地区则更为严重, 是故两个断层能量向北推挤, 系造成北侧台中县东势、石冈、丰原地区灾情惨重之原因。

3.2.4 断层活动聚焦地区 集集地区近 300 年来, 从未有大规模地震发生纪录, 花东地区地震频仍, 为一地震容易发生之地区, 但因台湾断层 51 条, 可说遍布全台, 但下列地区系被列为关切地区。

(1) 嘉南地区: 因近三、四百年来台湾大地震均集中于本地区, 如 1904 年嘉义地区、1906 年嘉义民雄地区、1941 年嘉义中埔地区、1964 年台南白河地区等。且有梅山、新化、九弯坑、触口、木屐寮、六甲、左镇、古坑等断层。

(2) 冈山地区: 有右昌、六龟、潮州、仁武、凤山、小冈山、旗山等断层, 地层活动频繁。

(3) 台北盆地: 因土层松软, 地层深度可达 679 m, 而岩盘顺山脚断层下滑, 岩盘易下陷, 易造成大地震。

3.2.5 土壤液化 土壤由原先态情况转变为液体状态, 为导致基础破坏之主因, 由土壤所引起之灾害其多, 如地滑、土石流、边坡稳定及崩坍等。此次集集大地震受损之建筑结构物中, 并全非由于结构本身设计或施工瑕疵所造成亦有部分原因系由土液化, 系基础破坏所导致的。

3.2.6 地震余震 1999 年 9 月 21 日凌晨 1 时 47 分发生 7.3 级地震后 6 天又发生 3 次 6.8 级余震,

而截止第 10 天后其余震记录已达 1 万次以上, 而其余震震央多位于日月潭东方约 10 km 处, 其原因或为车笼埔断层错动造成之主震诱发附近断层活动, 导致大余震之可能性。

4 讨 论

4. 1 断层大规模滑动无法预测

地震学家长久以来, 从星球相对位置及以动物跳跃为观察对象设计, 均无法准确预测地震之发生。因为地质骤然大规模断层滑动无法预知, 此即大自然存在不确定性, 但是可确定者为调查断层确实位置及撤离断层, 或为可能减少灾难之方法。

4. 2 建物结构坚固可减低危险

此次集集大地震房屋倒塌者已逾 2 万栋, 交通水利设施之公共建设尚不计其数。若能有一套详细之地震危险地图, 将地质活动及活跃断层带巨细靡遗记入标识, 虽非绝对准确, 但至少可减低灾害程度, 并切实考虑下列观念及做法:

- (1) 骑楼式建筑。常因骑楼柱支撑力不足而倾塌。
- (2) 施工草率。支撑柱力不足, 钢筋箍筋绑扎不足等均是为人为原因造成。
- (3) 建筑物伸缩缝。其留设伸缩缝不足, 内部弹性材质不够。

- (4) 结构强度。混凝土强度、钢筋材料、建物抗震性、剪力破坏等不足。
- (5) 挑高设计规定。易造成基层软弱层。
- (6) 设计等之承受规定应提高。
- (7) 建筑物临时补强及重建等规定有待补强。

5 结 论

- (1) 1939 年美国水土保持专家劳德米勒在其所著《征服土地七千年》中曾言: “当世代相传的保持土壤资源及其生产力, 若有违反土地管理律者, 子孙永不得昌盛, 若非生活于贫苦之中, 便是从地面上消灭”。
- (2) 地震是最后的审判, 无论在何处, 在何时, 看不到的, 看得到的, 若有违良心者, 地震将很公平的将所犯错误呈现在世人面前。
- (3) 大地反扑及地牛翻身。
- (4) 断层带上无一幸免。
- (5) 防震教育、救灾设备及救援人员培训与加强。
- (6) 构造具有历史文化风格与特色之城乡建设。
- (7) 控制灾害防治之基本原则为预防、避开、缓冲、替代、限制、监测、维护等, 注动其原则与方法, 即可使灾害减轻至最少。

参考文献:

[1] 牛顿出版社. 地震大解剖[M]. 牛顿出版股份有限公司, 1999. 1~ 24.
[2] 阿部胜征, 马国凤. 大地震[M]. 农星出版社, 2000. 1~ 253.
[3] 洪如江. 坡地灾害防治[M]. 台湾大学, 1999. 1~ 63.
[4] 连永旺. 大地裂痕[M]. 飞虎文化事业股份有限公司, 1999. 1~ 150.
[5] 许坤南, 等. 日本阪神大地震勘灾访问报告[K]. 建筑情报杂志社, 1999. 1~ 129.
[6] 朱大建, 等. 走可持续发展之路[M]. 上海科学普及出版社, 1997. 1~ 315.
[7] 联合报编辑部. 震殇- 九二一集集大地震[N]. 联合报社, 1999. 1~ 275.
[8] 刘继纯. 人类灾难全纪录[M]. 兵器工业出版社, 上, 1999. 1~ 420, 下 1~ 422.
[9] 颜正平. 生活环境学[M]. 中兴大学校务基金出版社, 2000. 146~ 155.