

地震次生地质灾害的分析及防治对策

林树枝^{1,2} 蔡志灵²

(1. 厦门市建设与管理局 361003; 2. 厦门大学建筑与土木工程学院 361005)

摘要:本文基于对5.12汶川大地震灾后现场灾情以及灾后抢险、恢复重建工作等方面的调查,分析了地质灾害及造成这些地质灾害的原因,并通过分析,提出防治地质灾害的措施。本文还就减轻地质灾害、提高规划选址水平、增强防灾意识等提出建议,供今后在工程建设时参考。

关键词:汶川地震 地质灾害 防治对策

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

文章编号: 1004 - 6135 (2009) 06 - 0006 - 04

The Analysis and Prevention for Geological Disasters induced by Earthquake

Lin Shuzhi^{1,2} Cai Zhiling²

(1. Xiamen Construction and Administration Bureau 361003;

2. School of Architecture & Civil Engineering, Xiamen U. 361005)

Abstract: Based on the disaster investigation upon 5.12 Wenchuan Earthquake, the reason for geological disaster during earthquake is analyzed, and several prevention methods for geological disaster are proposed. Some suggestions for decreasing the probability of geological disaster, enhancing the level for urban planning and raising the awareness of disaster prevention are also proposed in this paper.

Keywords: Wenchuan Earthquake Geological Disaster Disaster Prevention

1 引言

根据灾害引起与被引起的关系,地震灾害可以分为原生灾害、次生灾害以及诱发灾害三种类型。原生灾害是指地震造成的建筑物、工程设施的破坏以及由此引起的人员伤亡和财产损失^[1-3],其破坏主要表现为房屋倒塌、桥梁与道路破坏、地裂缝



图1 房屋倒塌

图2 桥梁破坏

等(图1、2、3)。次生灾害是指由于强烈地震使山体崩塌,形成滑坡、泥石流、堰塞湖;水坝河堤决口造成水灾;震后流行瘟疫;易燃易爆物的引燃造成火灾、爆炸或由于管道破坏造成毒气泄露以及细菌和放射性物质扩散对人畜生命威胁等^[6]。汶川地震震害分析表明,地震中出现的山体崩塌、滚石(图4)、滑坡(图5)、泥石流(图6)、堰塞湖等地质灾害是这次地震中最为严重的次生灾害,对灾区生命财产安全构成严重的威胁。本



图3 地裂缝

图4 滚石

文在对原生灾害作相关研究的基础上^[4,5],着重就地质灾害进行分析,并提出相关的防治对策。



图5 山体滑坡

图6 泥石流

2 地质灾害的分布及特点

2.1 地质灾害的分布

“5.12汶川地震重灾区的分布,从地貌上看,主要分为两部分:龙门山高山峡谷区和四川盆地深丘区,浅丘与平原所占范围极小^[7]。”5.12汶川地震的发震构造是龙门山断裂(中



作者简介:林树枝,男,1963年5月出生,工学博士、教授级高工、教授、硕士生导师,总工程师。长期从事高层建筑结构、结构抗震、结构优化设计、地基基础及建筑节能研究。

收稿日期: 2009 - 01 - 20

央断裂带和前山断裂带),其后不断的余震也主要是沿龙门山断裂带发生的。地震次生灾害的分布与龙门山断裂带的关系极为密切。

由于龙门山特殊的地质地貌条件,地震除直接造成各种建筑物的破坏和众多的人员伤亡外,还引发了大量山体滑坡、崩塌、滚石等次生地质灾害,滑坡和崩塌还堵塞山区河道,形成为数众多的堰塞湖。可见,由地震引发的众多地质灾害,也是导致灾情特别严重的重要原因。

在地震强震区,地震次生地质灾害具有沿主河及其支流河谷发育与分布的特点,典型的有沿岷江上游干流(都江堰-映秀-汶川-茂县段)及其支流河谷、青川青竹江河谷等等。这些河道两侧,由于山坡坡度陡,切割深,斜坡岩石破碎,在地震时发育了大量的崩塌、滑坡、滚石,造成河道堰塞成湖,形成了大量的次生地质灾害(表1)。

表1 地震重灾区部分河流段次生地质灾害遥感判译统计^[7]

河流名称	所在地	判译段总长度 (km)	地质灾害数量 (处)
茶坪河(上游)	安县	9	18
绵远河(上游)	绵竹县	12	16
青竹江	青川县	13	14
三洞水	平武县	4	14
岷江(上游)	都江堰至茂县	138	209

2.2 地质灾害的特点

汶川地震中,由地震直接激发的次生地质灾害类型主要有崩塌、滑坡、滚石及由滑坡、崩塌体堵塞河道形成的堰塞湖;地震后,因降雨作用于沟道内堆积的大量松散泥沙石块,导致了大规模泥石流灾害;而堰塞湖内大量积水后,除淹没湖区各种设施外,突然溃决在山区可产生巨大的山洪灾害,进入山前平坝地区则可形成超常规洪水,产生严重的淹没和冲刷灾害^[8]。

地震先是造成崩塌和滚石、滑坡,接着由于这些地质灾害的影响,进而引发泥石流和堰塞湖,因此,这些地质灾害都是一环扣一环的,具有连续性。且崩塌、滑坡等灾害造成江河及其支流中泥沙含量增加,推移质增多,抬高了河水位,在汛期极易加大山洪危害,除了在上游形成高含沙山洪,增大山洪灾害范围外,还会把大量泥沙带入下游山前平原区。

2.2.1 滑坡(landslide)

滑坡是指斜坡上的土体或者岩体,受河流冲刷、地下水活动、地震及人工切坡等因素影响,在重力作用下,沿着一定的软弱面或者软弱带,整体地或者分散地顺坡向下滑动的自然现象。产生滑坡的基本条件是斜坡体前有滑动空间,两侧有切割面。汶川地震灾区,地处西南丘陵山区,地形地貌特征是山体众多,山势陡峻,沟谷河流遍布于山体之中,与之相互切割,具有众多滑动斜坡体和切割面。

地震的强烈作用使斜坡土石的内部结构发生破坏和变化,原有的结构面开裂、松弛,加上地下水也有较大变化,特别是地下水位的突然升高或降低对斜坡稳定很不利。另外,地震还伴随着上千次余震,在地震力的反复振动冲击下,斜坡土石体就更容易发生变形,最后就会发展成滑坡。不利的地形条件造成这些地区持续不断的山体滑坡(图7、8)。

2.2.2 崩塌(collapase)

崩塌是从较陡斜坡上的岩、土体在重力作用下突然脱离山

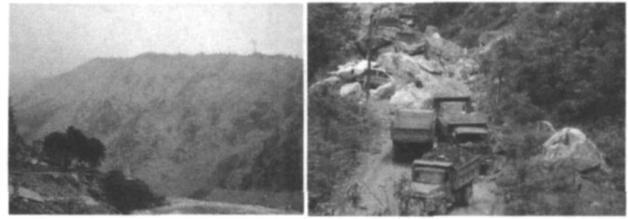


图7 山体滑坡(映秀镇)

图8 山体滑坡(安县)

体崩落、滚动,堆积在坡脚(或沟谷)的地质现象。

汶川地震中诱发了大量的崩塌(图9),据不完全统计,在有人居住区和公路沿线初步统计就达2-3万个,实际的崩塌数量应该远远超过此数。在灾害严重的区县,平均灾害点密度达到29处/百平方公里。特别是极震区,崩塌延绵成片,尤其是公路两侧,由于山坡较陡,崩塌特别密集,堆积物覆盖数公里甚至数十公里,使得后续的应急救援工作受到极大影响。



图9 山体崩塌

汶川地震诱发崩塌滑坡影响面积超过10万 km^2 ,主要是沿发震断裂带分布,最远影响到甘肃省合水县,造成了惨重的人员伤亡和经济损失。地震诱发崩塌滑坡掩埋了几乎整个北川县老县城,青川县多个村庄被崩塌滑坡埋葬。

2.2.3 泥石流(debris flow)

除了山体滑坡外,泥石流也是此次地震中破坏力极强的灾害。泥石流是山区沟谷中,由暴雨、冰雪融水等水源激发的,含有大量的泥砂、石块的特殊洪流。其特征往往突然暴发,浑浊的流体沿着陡峻的山沟前推后拥,奔腾咆哮而下。在很短时间将大量泥砂、石块冲出沟外,在宽阔的堆积区漫流堆积(图10、11)。



图10 泥石流(北川县城)

图11 泥石流(擂鼓镇)

山体滑坡常常伴着泥石流的出现,它们是一对引出与被引出的关系。山体滑坡造成土体、砂石的下落,这些掉落物在雨水、河水等水源的冲击下便形成泥石流。据不完全统计,此次地震在受灾地区形成15,000个左右的滑坡和泥石流。

2.2.4 堰塞湖(barrier lake)

地震活动使山体岩石崩塌、山崩、滑坡体堵截山谷,引起河谷或河床水位上涨,便形成堰塞湖。地震直接激发的滑坡、崩塌在地震重灾区的山区河道形成了132个堰塞湖(仅安县茶坪河上游肖家桥段约10km长河道内,就形成8个堰塞湖),湖区



图 12 唐家山堰塞湖

图 13 堰塞湖坝体

面积达 5.67km²,其中 35个具有危险性(四川境内 34个,甘肃境内 1个)。而且极高危险级的有 1个(北川县唐家山),高危险级的有 6个(安县肖家桥、平武南坝、青川石板沟、绵竹小岗剑电站上游、北川老鹰岩、甘肃省徽县嘉陵江),中危险级和低危险级的各 11个,对下游人民群众生命财产安全和各种设施的安全,构成极大威胁。唐家山堰塞湖是汶川地震后形成的最大堰塞湖(图 12),库容为 1亿 m³,顺河长约 803m,横河最大宽约 611m,顶部面积约 30万 m²。坝体由石头和山坡风化土组成(图 13)。构造极为复杂,有的地方是石头,有的地方是泥土,还有的地方是空隙,一旦溃坝决口后果极其严重。

3 地质灾害的防治措施

地震表明,次生灾害造成的损失往往比地震本身造成的损失大。唐山地震发生在平原地区,而汶川地震主要发生在山区,因此,崩塌、滚石、滑坡等次生地质灾害要比唐山地震严重得多。此外,山体崩塌、滑坡等形成的堰塞湖也是唐山地震所没有的。

减轻地质灾害的主要对策有:

1.震前预防:重点是工程设防、抗震加固、次生灾害监测等;

2.震后救治:重点是制止次生灾害的蔓延,迅速抢救由次生灾害所造成的伤亡,并有效地治理由次生灾害所造成的环境破坏。

3.1 滑坡的防治

防治措施有:

1.排水:排水可分为地表水和地下水的排除。排除地表水,可在滑坡体的集汇水部位修建排水沟,在滑坡体后缘及两侧修环形截水沟,在滑坡体上修排水沟,或顺坡向修排水沟。排除地下水,可采用钻孔(打垂向孔、斜向孔、水平孔等)排水。通过排除滑坡体上的地表水及地下水,可使斜坡土体保持干燥状态,增大抗滑力,减小下滑力;

2.削坡减载护坡:对于那些因坡角太陡,而形成重力卸荷型的土体滑坡可采用此方法,将滑坡体后缘土体削去一部分,使斜坡的坡角变缓,同时使上部重量减轻。斜坡的坡面可采用浆砌骨架或三维网(如:土工格栅等)进行防护,这样可保持斜坡稳定;

3.挡土墙:对于某些规模小,因切蚀斜坡前缘而形成的滑坡体,可采取修建挡墙的方法,并在斜坡上修排水沟;

4.抗滑桩:对某些规模较大的土质斜坡,在挡土墙难以抵挡的情况下,可在滑坡体的前缘或其它适当部位设置桩,或采用桩墙结合的方法,实现挡土效果;

5.其他支护形式:对于比较重要的边坡,可采用土钉墙喷锚或预应力锚索支护。

山体滑坡的防治可以采用上述的一种方法,或几种方法并

用,以达到使滑坡体稳定的目的。此外,还应禁止在滑坡体上建设建筑物。对于某些治理不经济,或其它原因不能实施治理的滑坡点,可进行搬迁,将居民异地安置。总之,倘若处理难度较大,且治理费用高,一时难以治理的,应加强监测预报,一旦出现险情,再予以迅速搬迁撤离。

3.2 崩塌的防治

由于崩塌跟滑坡在形成及破坏机理上有很多相似的地方,因此防治滑坡的措施也可以用作防治崩塌的措施,除了滑坡的防治措施外,崩塌还可以有以下几种防治措施:

1.遮挡:即遮挡斜坡上部的崩塌物。这种措施常用于中、小型崩塌或人工边坡崩塌的防治中,通常采用修建明硐、棚洞等,在铁路工程中较为常用。

2.镶补沟缝:对坡体中的裂隙、缝、空洞,可用片石填补空洞,水泥砂浆沟缝等以防止裂隙、缝、洞的进一步发展。

3.清除危岩:较陡斜坡上的危岩从裂缝变形到发生崩塌,需要较长的时间,在这个期间对危岩的变形进行观测,并对观测资料进行分析,就可做出中短期发生崩塌可能性的预测。若在近期有可能发生崩塌,则应实施危岩清除。

3.3 泥石流的预防

泥石流往往与山体滑坡、崩塌同时发生。当出现山体滑坡时,大量降雨汇集后夹带泥土顺沟冲下,威胁人民生命财产安全。防止泥石流的主要方法有:1.搞好山坡绿化,避免水土流失;2.对汇水面较大的山坡实施地表排水截水;3.禁止随意在边坡、沟谷堆放采矿弃渣、或建筑废土;4.避免在沟谷山脚建设建筑物。

3.4 堰塞湖的处理

堰塞湖由于山谷范围广,形状复杂,防治重点在事后处理,而不在事前预防。堰塞湖有三种溃决:瞬时全溃、瞬时部分溃、逐步溃决,逐步溃决危险性不大,瞬时全溃危险性最大。堰塞湖的处理,岩土性质的判断非常重要。堆积体以灰岩为主则相对比较稳定,而以松散土为主则相对容易溃决。对于岩土较为稳定的堰塞湖,最好的处理办法是逐步降低水位,形成控制性泻洪,并且以人工爆破的方法拓开溢流口,增大泻流量。

4 几点思考



图 14 山体滑坡造成学校破坏(北川)

在汶川地震中,除了大部分建筑物直接遭受到地震力的破坏外,仍有一部分建筑物由于处于不利的地形或者位于易发生地质灾害的山脚而遭受比直接灾害更为严重的破坏(图 14),且范围广、破坏力大(图 15)。因此,防止建筑物遭遇地质灾害,应引起足够重视。为减轻地质灾害,在工程建设之前,应未雨绸缪,事先做好城市建设用地的适宜性评价。在规划选址中,应避开地质灾害易发地段。对已经存在的边坡和高挡墙,应有监控措施。

(下转第 11 页)

在绿色奥运方面,“鸟巢”的观众席等处充分利用自然通风和自然采光,尽量减少人工的机械通风和人工光源带来的能源消耗,对场内用房的维护结构的传热系数进行控制,优化保温、隔热设计。同时,对大面积窗户也将做外遮阳处理,以全面提高建筑物的节能水平。“鸟巢”通过推广和应用幕墙、地源热泵、雨虹系统等多项新技术、新材料、新工艺,大大节约了能源,减少了材料浪费和消耗,社会效益和环保效益非常显著。“鸟巢”的6个雨水收集池,容积为12000m³,年处理能力达到5.8万t雨水,供“鸟巢”场内草坪灌溉、场外花草树木绿化、空调水冷却、冲厕、洗车、消防等用。地源热泵系统利用场内8000m²草皮下土壤资源,为国家体育场的冬季采暖和夏季制冷提供了空调系统的冷热源。“鸟巢”顶层采用双层膜结构,上层为透明膜,下层采用半透明吸音膜,使光线在照射到体育场内后成为散光,钢结构投影成散射状,不会影响运动员发挥。由于体育场四周是通透的,观众可在习习的微风中观看运动员比赛。在广场等室外照明中尽可能地采用太阳能光伏发电照明系统。建筑材料、装修材料及制成品均选用节能环保型产品,以尽可能减少对市内外环境的污染。

在科技奥运方面,“鸟巢”拥有多个令人骄傲的世界之最:目前世界上规模最大、用钢量最多、技术含量最高、结构最为复杂、施工难度空前的超大型钢结构体育设施工程。“鸟巢”应用新技术和科技创新50多项,取得巨大经济效益,多项科技成果填补国内空白,达到国际先进或国际领先水平。其中“鸟巢”钢结构使用Q460E高强钢材的成功研发填补了我国特殊

钢材的国内空白,高强厚板钢结构焊接技术、复杂异形钢结构综合安装技术等达到国际领先水平。

“人文奥运”是三大奥运理念的核心,它要求奥运场馆建设处处以人为本,细微之处彰显人文关怀。强化人性化的设计,尽可能让运动员、教练员、裁判员和广大观众感受到方便与舒适,充分体现对各类人群特别是残障人士的关怀。“鸟巢”整个建筑通过巨型网状结构联系,内部没有一根立柱,看台是一个完整的没有任何遮挡的碗状造型,如同一个巨大的容器,赋予体育场以不可思议的戏剧性和无与伦比的震撼力。这种均匀而连续的环形也将使观众获得最佳的视野,带动他们的兴奋情绪,并激励运动员向更快、更高、更强冲刺。在这里,人,真正被赋予中心的地位。“鸟巢”在人文奥运方面还表现在观众与车辆分流,车辆走零层进入通道,观众全部是步行进入各个看台层次,一层设有多个楼梯能够直达观众席层面,多个导视路标使观众很容易就能找到座位,无障碍设施使残疾人能够直接进入一层看台等。

“鸟巢”这座凝聚了众多设计师和建设者们心血的建筑中所蕴涵的顶尖科技、绿色环保理念以及充满人文关怀的各种服务细节,一定会让所有第一次走进“鸟巢”的人们永远将这座“伟大”和“震撼”的建筑定格在自己的脑海中。

参考文献

[1] 李兴钢,新理念、新材料、新技术、新方法在国家体育场设计中的运用,《建筑创作》[J],2007年07期。

(未完待续)

(上接第8页)

4.1 用地适宜性评价

城市建设用地应进行适宜性评价,在用地总体规划中应明确哪些地方能建、哪些地方不能建,哪些地方适合建设高层建筑、哪些地方适合建设多层建筑、哪些地方适合作为公园绿地;列出边坡、高挡墙的一般危险区、中度危险区和高危险区,并进行相应的监测和预警体系建设。

4.2 规划选址

在选择建筑场地时,应根据工程需要,掌握地震活动情况、工程地质和地震地质的有关资料,做出综合评价。建设场地应避免地震危险地段和地质条件复杂地段,避开存在安全隐患的不适合居住的区域;宜选择抗震有利地段,避开不利地段,无法避开时候,应采取有效措施^[9]。

抗震有利地段,一般是指稳定基岩、坚硬土或开阔、平坦、密实、均匀的中硬土等地段;不利地段,一般是指软弱土、液化土、条状突出的山嘴、高耸孤立的丘,非岩质的陡坡,河岸和边坡的边缘,平面分布上成因、岩性、状态明显不均匀的土层(如古河道、疏松的断层破碎带、暗埋的沟谷和半填半挖地基)等地段;危险地段,一般是指地震时可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流及发震断裂带上可能发生地表错位的部位等地段。

汶川地震中,不少遭受地质灾害破坏的建筑物建在危险地段,滑坡、崩塌、泥石流对这些建筑物危害极大。

参考文献

[1] 林树枝,汶川地震灾区房屋抗震加固及设计的几点建议[J].工程抗震与加固改造,30(2008),No.4,83-87页。

[2] 林树枝,汶川地震灾区学校建筑的震害分析[J].福建建筑,2008年第10期,63-66页。

[3] 林树枝,廖文彬,汶川地震灾区部分房屋的施工质量分析[J].福建建筑,2008年第10期,66-69页。

[4] 林树枝,黄建南,汶川地震后应急避难场所建设的对策研究[J].福建建筑,2008年第10期,69-72页。

[5] 林树枝,张鹏程,汶川大地震后城乡防灾和救灾探讨[J].福建建筑,2008年第10期,72-75页。

[6] 柳春光等,生命线地震工程导论[M].大连:大连理工大学出版社,2005。

[7] 谢洪等,“5·12”汶川地震次生山地灾害的分布与特点[J].山地学报,26卷第4期,2008。

[8] 张信宝,有关汶川地震及次生山地灾害研究的一些科学问题[J].山地学报,26卷第4期,2008。

[9] 郭继武,建筑抗震疑难释义[M].中国建筑工业出版社,2003。