



JIANZHUJIEGOU
ZHENHAI
FENXI JI DUI CE

建筑结构震害 分析及对策

王威 苏三庆 编著

陕西出版传媒集团
陕西科学技术出版社

建筑结构震害分析及对策

王 威 苏三庆 编著

陕西出版传媒集团
陕西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构震害分析及对策 / 王威, 苏三庆编著. —西安:
陕西科学技术出版社, 2013. 10

ISBN 978-7-5369-5976-7

I. ①建… II. ①王… ②苏… III. ①建筑结构—抗震结构—结构设计 IV. ①TU352.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013) 第 261378 号

内容提要

本书首先简明扼要地介绍了地震成因及烈度、地震的破坏作用,强调了房屋抗震设计的重要概念与基本要求,论述了如何大概判断房屋的结构类型及专业界定。然后主要对不同结构类型的建筑震害进行分析,并提出具体抗震对策。结合目前抗震结构检测与鉴定技术的发展,介绍了现有房屋的抗震加固方法,并对房屋隔震与消能减震新技术作了特别的阐述。本书适用于关注地震及房屋抗震的读者,以及与土木工程相关的工程技术人员。

建筑结构震害分析及对策

出 版 者 陕西出版传媒集团 陕西科学技术出版社

西安北大街 131 号 邮编 710003

电话(029) 87211894 传真(029) 87218236

http: // www. snstp. com

发 行 者 陕西出版传媒集团 陕西科学技术出版社

电话(029) 87212206 87260001

印 刷 西安市建明工贸有限责任公司

规 格 787mm × 1092mm 16 开本

印 张 7.75

字 数 150 千字

版 次 2013 年 10 月第 1 版

2013 年 10 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5369-5976-7

定 价 16.00 元

版权所有 翻印必究

前言

为总结房屋建筑结构的震害经验,时刻提醒人们加强抗震设防意识,最大限度地做到科学设防、防患于未然,充分应对下一个可能发生的大地震,集所有的力量来避免严重灾害的重演,特别编写本书。

多年来,虽然世界各国一直致力于抵抗地震灾害,但是在一次又一次的地震灾害中仍遭受着惨痛的损失。究其原因,有3方面的问题值得重视:

(1) 缺乏地震防灾的社会意识。与台风、雪灾等灾害相比,地震虽然破坏性极大,但由于地震的发生具有不可预知性,一些地区短则数十年、长则数百年甚至上千年才发生1次大地震,因而人们容易忘记地震,“好了伤疤忘了疼”,或抱有侥幸心理,认为地震离自己很远,没有必要太紧张。在购买住房或建造自居住房时,大部分人关心的是房子的价格和环境,而对房子是什么结构,是否抗震却很少顾及。

(2) 抗震设防的科技水平亟待提高。建筑物的抗震设防标准,是依据科学统计分析而获得的地震危害程度,并综合考虑经济与风险等因素而制定的。但是,现在普遍存在着这样一个问题,就是在极端情况的大规模地震下,实际地震烈度有可能超过建筑物的抗震设防标准。因此,在灾害发生前,还需要进一步分析地震究竟会造成多大的震害,以及进一步研究应该采取什么等级的合理设防措施。

(3) 经济发展水平制约抗震设防能力。在社会经济条件较差的年代,许多房屋的建造往往是能省则省,抗震安全问题只作为次要因素。目前这种情况在许多地区依然是较为突出的问题。尽管大家十分清楚抵御地震灾害必须加强抗震设防,可是设防工作增加建设成本,是一项需要全社会共同努力的长期任务,没有一定的经济实力作支撑,抗震设防工作将难以做好。

据统计,世界上极少有成功预报地震特别是大地震的先例,而且震害中95%以上的人员伤亡都是因为建筑物受损或倒塌所引起的。因此,科学设防是抵御地震灾害的最直接、最有效的方式。事实证明,通过建筑物的抗震设防,完全可以避免或最大限度地减轻灾害。当前,必须从以下几个方面加强建筑的抗震设防。

(1) 科学的选址和规范设计。房屋建设应避开不利地段,选择有利于抗震的场地,以防止地震及次生灾害可能造成的破坏。一些地区在建筑体型、平面布置上追求新奇,形成了一些设计很不规则的复杂建筑。理论和实践证明,房屋的外形设计越不规则便越不利于抗震,特别是那些附属突出构件,地震时最容易伤人毁物。因此,房屋设计在追求美观的同时,更要将安全放在首位。

(2) 严格执行抗震设防标准。在 2008 年汶川特大地震中,按照抗震设防标准设计和施工的建筑受损普遍较轻,这进一步证明严格执行抗震设防标准的重要性和必要性。因此,我们一定要把抗震设防管理纳入工程审批、规划、勘察、设计、施工、验收等各个环节中,重点加强管理住宅和大型公共建筑设施以及超过抗震设计规范适用范围的工程,准确把握可能存在的安全隐患,严格按照抗震设防标准进行设计和施工。要加大抗震设防标准实施和监督检查力度,严格执行工程建设技术标准规定的最基本安全要求。

(3) 重视全寿命周期质量安全。在做好新建工程质量管理的同时,还要定期对在设计使用年限内的房屋进行使用维护,重点对超过了设计使用年限的房屋开展全面检查,做到科学鉴定和及时维修,确保建设工程在合理的年限中安全使用。尤其是在大地震后,要对那些早期建造、抗震设防不足的房屋认真进行检测和鉴定,对达不到抗震标准的,应尽早进行抗震加固,防患于未然。

(4) 加强村镇建设工程管理。近几年,地震灾害使村镇建筑遭受了很大的损失。农民的经济条件相对较弱,加之抗震设防的意识不强,因此要重点加强对民居工程建设的管理,做好抗震设防技术服务。要逐步提高农村民居的抗震、抗风和抵御其他自然灾害的设防水平,对现有农村民居进行必要的抗震加固,逐步提高村镇综合抗震防灾能力。

(5) 正确处理抗震设防与经济水平的关系。房屋建筑的抗震设防,要严格执行国家的法律、法规和强制性技术标准,同时应该根据我国的国情和各地经济发展水平,因地制宜、量力而行,要防止不讲科学、过高设防造成的浪费。农村民居建设,可采用砖石结构并辅以必要的抗震措施;有的地方还可以充分利用本地的有利资源,采用竹、木等环保结构材料。

为此,本书首先简明扼要地介绍了地震成因及烈度、地震的破坏作用,强调了房屋抗震设计的重要概念与基本要求,论述了如何大概判断房屋的结构类型及专业界定。然后主要对不同结构类型的建筑震害进行了分析,并提出了具体抗震对策。结合目前抗震结构检测与鉴定技术的发展,介绍了现有房屋的抗震加固方法,并对房屋隔震与消能减震新技术作了特别的阐述。

本书承蒙西安建筑科技大学梁兴文教授审阅,提出了不少宝贵意见,在此深表感谢。本书出版得到了陕西省教育厅自然科学研究项目(12JK0913),国家自然科学基金(No. 51208416, No. 51378413),西安建筑科技大学土木工程学院学科建设基金的资助,在此一并致谢。

限于作者水平和时间的关系,书中不足之处恳望读者批评指正。

王 威

2012 年 6 月于美国俄亥俄州立大学

目 录

第1章 地震及抗震术语简介	(1)
1.1 地震简介	(1)
1.2 抗震术语	(5)
1.3 小结	(6)
第2章 地震的破坏作用	(8)
2.1 直接灾害与次生灾害	(8)
2.1.1 直接灾害	(8)
2.1.2 次生灾害	(11)
2.2 对中国地震灾害的基本认识	(12)
2.3 小结	(13)
第3章 房屋的抗震设防标准与抗震设计的基本要求	(14)
3.1 房屋的抗震设防标准	(14)
3.2 三正常三水准与性能化设计	(14)
3.3 房屋抗震设计的基本要求	(16)
3.3.1 对建筑形体及其构件布置的规则性的要求	(16)
3.3.2 对结构体系的要求	(16)
3.3.3 对非结构构件的要求	(16)
3.3.4 对结构材料与施工的要求	(17)
3.3.5 具体要求	(17)
3.4 不同房屋结构高度及总层数限值	(21)
3.5 混凝土结构防连续倒塌设计要求	(21)
3.6 小结	(22)
第4章 房屋的结构类型及常见抗震隐患分析	(23)
4.1 房屋的结构类型	(24)
4.2 建筑结构常见抗震隐患分析	(30)
4.3 小结	(31)
第5章 砌体结构震害分析及对策	(32)
5.1 砌体结构的震害情况	(32)
5.2 砌体结构的震害规律	(39)
5.3 砌体结构抗震启示	(40)

5.3.1	必须坚持砌体结构抗震设计的一般原则·····	(40)
5.3.2	应注意的几个重点抗震问题·····	(40)
5.4	砌体结构抗震对策·····	(42)
5.5	小结·····	(43)
第 6 章	框架结构震害分析及对策 ·····	(44)
6.1	框架柱和梁柱节点的破坏·····	(44)
6.2	“强梁弱柱”震害及未能实现“强柱弱梁”的原因 ·····	(47)
6.3	填充墙震害·····	(48)
6.4	框架结构抗震对策·····	(51)
6.5	小结·····	(51)
第 7 章	钢结构震害分析及对策 ·····	(52)
7.1	钢结构震害情况·····	(52)
7.2	钢结构震害规律·····	(59)
7.3	钢结构抗震对策·····	(59)
7.4	提高钢结构抗震性能的新途径·····	(60)
7.5	小结·····	(61)
第 8 章	工业厂房结构的震害分析及对策 ·····	(62)
8.1	厂房结构震害的共同点·····	(62)
8.1.1	屋盖构件破坏·····	(63)
8.1.2	柱及支撑破坏·····	(67)
8.1.3	围护墙震害·····	(70)
8.1.4	地基破坏·····	(73)
8.2	结构缝·····	(74)
8.3	工业建筑结构的震害特征·····	(74)
8.4	工业厂房结构设计对策 ·····	(75)
8.5	工业厂房结构加固对策·····	(76)
8.6	小结·····	(76)
第 9 章	建筑楼梯震害分析及对策 ·····	(78)
9.1	砌体结构的楼梯间震害分析·····	(78)
9.2	框架结构楼梯的震害分析·····	(79)
9.3	框架剪力墙结构的楼梯间震害分析·····	(82)
9.4	不同结构形式楼梯间的震害特征·····	(82)
9.5	建筑楼梯抗震启示·····	(83)
9.6	建筑楼梯设计改进建议·····	(83)
9.7	框架结构楼梯参与抗震作用的有限元算例·····	(86)

9.8 建筑楼梯的抗震对策·····	(87)
9.9 小结·····	(87)
第 10 章 特种结构及文物建筑震害分析及对策·····	(89)
10.1 烟囱震害分析及对策 ·····	(89)
10.2 水塔震害及对策 ·····	(91)
10.3 文物建筑震害分析及对策 ·····	(92)
10.3.1 古塔建筑震害分析及对策 ·····	(92)
10.3.2 木结构古建筑震害分析及对策 ·····	(95)
10.3.3 教堂建筑震害分析及对策 ·····	(96)
10.4 小结 ·····	(98)
第 11 章 房屋的抗震加固·····	(99)
11.1 房屋抗震加固的必要性 ·····	(99)
11.2 抗震加固的基本步骤 ·····	(100)
11.3 常用的抗震加固方法 ·····	(101)
11.4 混凝土结构加固方法与技术 ·····	(103)
11.4.1 混凝土结构加固方法 ·····	(103)
11.4.2 与混凝土结构加固改造配套使用的技术 ·····	(104)
11.5 砌体结构加固方法 ·····	(105)
11.6 小结 ·····	(106)
第 12 章 房屋抗震新技术·····	(107)
12.1 隔震技术 ·····	(107)
12.2 消能减震技术 ·····	(109)
12.3 小结 ·····	(112)
参考文献 ·····	(113)

第 1 章 地震及抗震术语简介

地球是一个近似圆形的球体,平均半径为 6400km,主要由地核、地幔和地壳组成(图 1-1)。其中地壳最薄,由各种不均匀的岩石组成,厚度仅有 30 ~ 40km,大多数破坏性地震就发生在这个薄薄的地壳层内部。

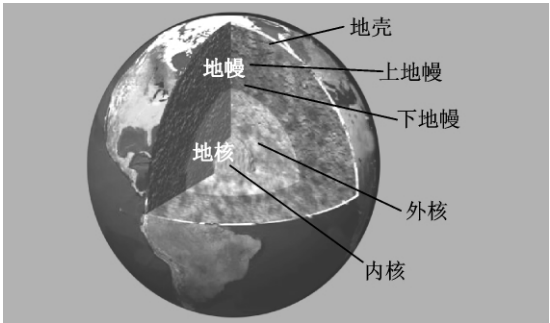


图 1-1 地球组成的结构图

1.1 地震简介

(1) 地震的发生

地震与风、电一样,是一种自然现象。地震的成因有多种,根据不同成因,人们将地震分为构造地震、火山地震、塌陷地震以及诱发地震等。在地球的不断运动中,来自天体(如太阳、月亮)以及地球内部和外部等的各种能量,综合作用在地壳的不同部位,产生了应力和应变,积累了大量的应变能量,当应变超过某一极限时,在地壳比较脆弱的部位便会突然发生破裂,释放出大量的能量,其中一部分以地震波的形式传播开来,于是地震就随之发生了,我们称之为构造地震。世界上 90% 以上的地震都属于构造地震。火山地震是因火山活动时岩浆喷发或热力作用而引起的,通常只对局部地区产生破坏。塌陷地震是指因地下出现空洞,造成岩石和土层崩塌陷落而引起的地震,易发于采矿地区。诱发地震和人类活动有着密切的关系,大都是由于水库蓄水、油田注水等活动所引发的。

(2) 地震三要素

地震有 3 个要素:震震时间、震级、震源位置(经纬度和深度)。地震发生后,

地震观测台网应能很快定位,报告这 3 个参数。

(3) 地震波的传播

断裂带所释放的能量以波的形式从震源向各个方向传播,人们称之为地震波。地震波分为体波和面波。体波在地下传播,分为纵波和横波。纵波传播得快,先到地面,引起地面物体做上下振动;横波传播得慢,传到地面使物体左右摇晃。面波沿地球表面传播,使地面物体颠簸扭摆。地震波在传播过程中使地面产生剧烈振动,这是导致房屋破坏的主要原因。

(4) 地震震级与地震烈度

每次地震(包括主震和余震)都有一个震级,通常称为里氏震级。地震的发源地称为震源,用地球的经纬度表示。震源在地球表面上的投影称为震中,从震源到震中的距离称为震源深度,地面上某一处到震中的距离称为震中距,见图 1-2 所示。震源深度在 0~30km 范围的地震属浅源地震,浅源地震对地面上的建筑物破坏较大。发生在 2008 年 5 月 12 日的汶川大地震的震源深度约为 14km,破坏性大,属于浅源地震。

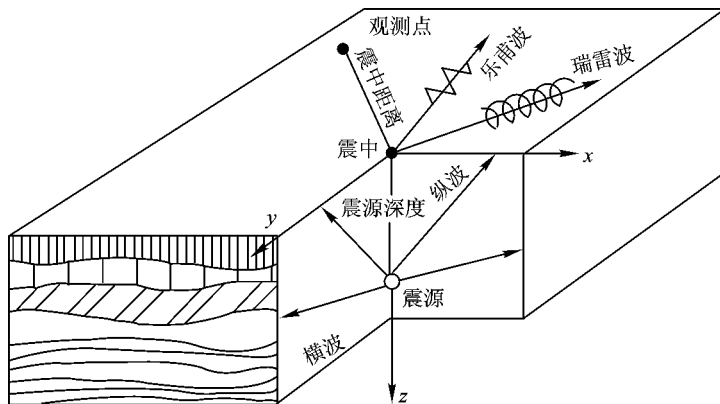


图 1-2 震源、震中距、震源深度示意图

震级表示一次地震的大小,是一次地震释放出来的总能量。震级越大,表明地面振动的幅度越大。地震震级每增大 1 级,地震释放出来的能量就增大约 32 倍;地震震级每增大 2 级,能量增大约 1000 倍。对一般浅源地震来说,4 级以上的地震就会造成地面上房屋的破坏。世界上曾记录到的陆地地震的最大震级为 8.9 级,于 1960 年发生在南美洲的智利境内。我国境内的最大地震是 1920 年发生于宁夏海原的 8.5 级地震。

震级的大小由地震仪的记录来推算确定。

烈度,又称影响烈度,表示地震对房屋、工程设施和地形地貌的破坏程度。一次地震在不同地区所造成的烈度是不同的。一般来说,离震中愈近,烈度愈高。震级和烈度是不同的概念。一次地震的震级只有一个,而烈度大小与震中距、区

域地质、地形等有关。震中处的烈度最高,叫震中烈度。随着震中距的增加,烈度会逐渐衰减。汶川大地震中,在震中地区的烈度高达 11 度,而离震中较远的成都市区的烈度则只有 6 度左右。当震源深度为 10 ~ 30km 时,震级和震中烈度大体有表 1-1 所示的对应关系。

表 1-1 震级与震中烈度的关系

震级	2	3	4	5	6	7	8	8 ~ 8.9
震中烈度/度	1 ~ 2	3	4 ~ 5	6 ~ 7	7 ~ 8	9 ~ 10	11	12

我国把地震烈度划分为 12 度:1 ~ 3 度,人无感觉,只有精密的地震仪才能测量出来;从 4 度起,人就有感觉了,挂灯摇晃;6 度时房屋可能出现损坏;8 度以上,房屋的破坏就比较严重了。相应的震感或震害见表 1-2 所示。

表 1-2 中国地震烈度与相应震感或震害

烈度	震感或震害
1	人基本上没有感觉
2	室内个别处于静止状态的人会有感觉
3	室内少数静止中的人有感觉,门、窗轻微作响,悬挂物微动
4	室内多数人、室外少数人有感觉,门、窗作响,悬挂物明显摆动,器皿作响
5	室外多数人有感觉,室内多数人梦中惊醒;门窗、屋顶、屋架颤动作响,灰土掉落,抹灰出现微细裂缝,檐瓦掉落,个别屋顶烟囱掉砖;不稳定器物摇动或翻倒
6	多数人站立不稳;墙体出现裂缝,檐瓦掉落,少数屋顶烟囱出现裂缝并掉落;河岸和松软土出现裂缝,饱和沙土层出现喷砂冒水;器皿倾倒
7	大多数人惊逃户外;建筑物局部破坏、开裂,小修或不需要修理可继续使用;河岸出现塌方;饱和砂层常见喷砂冒水,松软土地上裂缝较多
8	多数人摇晃颠簸,行走困难;建筑物破坏,需修复才能使用;干硬土上亦出现裂缝;大多数独立砖烟囱严重破坏;树梢折断
9	人坐立不稳,行动的人摔倒;建筑物墙体龟裂,局部倒塌,修复困难;干硬土上出现裂缝;滑坡、塌方常见;砖烟囱倒塌
10	骑自行车的人会摔倒,处于不稳状态的人会摔离原地,有抛起感;建筑物大多数倒塌;山崩和地震断裂出现,拱桥破坏;烟囱从根部破坏或倒毁
11	建筑物普遍倒塌,地震断裂延续很长,发生大量的山崩滑坡,拱桥破坏
12	毁灭性破坏,地面剧烈变化,山河改观

(5) 地震带

全世界的地震,主要发生在 2 个地震带上:

一个是环太平洋地震带,包括中国台湾、日本、菲律宾、印度尼西亚及南北美

洲的西海岸(美国、墨西哥、秘鲁、智利等)。这个地震带的活动最为强烈,世界上约 80% 的地震都发生在这里。

另一个是亚洲中部至地中海地震带,包括我国西南、中东、近东和地中海地区。这一带的地震约占世界地震的 15%。

我国地处这两大主要地震带的交汇部位,属地震频发地区。我国的地震记载已有几千年的历史,自有记载以来,除贵州、浙江外,我国境内其他省份都发生过 6 级以上地震,60% 的省份发生过 7 级以上地震。20 世纪以来,在我国境内发生的地震占全球大陆地震的 33%,地震死亡的人数近 60 万。

历史上,我国境内的地震主要发生在以下几个地区:

- 1) 台湾地区: 包括台湾海峡。
- 2) 西南地区: 主要在云南中部和西部、四川西部、西藏东南部。
- 3) 西北地区: 主要在甘肃河西走廊、宁夏、天山南北麓。
- 4) 华北地区: 主要在汾渭河谷、晋东北、京津地区、河北平原、山东中部至渤海。
- 5) 东南地区: 主要在福建和广东的沿海。

表 1-3 所示为按名称、时间、震级、死亡人数来统计的近百年来世界各地大地震的破坏情况。

表 1-3 近百年来世界各地大地震的破坏统计

序号	名称	时间	震级	死亡人数
1	意大利墨西拿大地震	1908 年 12 月 18 日	7.5 级	7.5 万人
2	中国宁夏海原地震	1920 年 12 月 16 日	8.5 级	23 万人
3	日本关东大地震	1923 年 9 月 1 日	8.2 级	13 万余人
4	中国甘肃古浪地震	1927 年 5 月 23 日	8.0 级	4 万余人
5	中国甘肃昌马地震	1932 年 12 月 25 日	7.6 级	7 万人
6	中国四川茂县地震	1933 年 8 月 25 日	7.5 级	2 万人
7	土耳其大地震	1939 年 12 月 27 日	8.0 级	5 万人
8	智利大地震	1960 年 5 月 21 日	8.9 级	1 万人死亡或失踪
9	中国云南通海地震	1970 年 1 月 5 日	7.7 级	1.56 万人
10	秘鲁大地震	1970 年 5 月 31 日	7.6 级	6 万多人死亡
11	中国唐山大地震	1976 年 7 月 28 日	7.8 级	24.2 万人
12	墨西哥大地震	1985 年 9 月 19 日	7.8 级	3.5 万人
13	伊朗大地震	1990 年 6 月 21 日	7.3 级	5 万人
14	日本神户大地震	1995 年 1 月 17 日	7.2 级	5400 多人
15	印度洋地震海啸	2004 年 12 月 26 日	8.9 级	30 万人

续表

序号	名称	时间	震级	死亡人数
16	中国汶川地震	2008 年 5 月 12 日	8.0 级	69226 人死亡、失踪 17923 人
17	印尼苏门答腊地震	2009 年 9 月 30 日	7.9 级	1115 人死亡、近 210 人失踪
18	海地大地震	2010 年 1 月 12 日	7.3 级	约 30 万人
19	智利康塞普西翁省大地震	2010 年 2 月 27 日	8.8 级	497 人
20	日本大地震	2011 年 3 月 11 日	9.0 级	死亡 13000 余人， 失踪 14000 余人

1.2 抗震术语

(1) 抗震设防烈度 seismic precautionary intensity

是指按国家规定的权限批准作为一个地区抗震设防依据的地震烈度。一般情况,取 50 年内超越概率 10% 的地震烈度。抗震设防烈度是一个地区的设防依据,不能随意提高或降低。

《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 规定: 抗震设防烈度为 6 度及以上地区的建筑,必须进行抗震设计。抗震设防烈度必须按国家规定的权限审批,按颁发的文件(图件) 确定。抗震设防烈度和设计基本加速度值的对应关系见表 1-4 所示。

表 1-4 抗震设防烈度和设计基本地震加速度值的对应关系

抗震设防烈度	6	7	8	9
设计基本地震加速度值	0.05g	0.10(0.15) g	0.20(0.30) g	0.40g

“设计基本地震加速度值”的定义: 50 年设计基准期超越概率 10% 的地震加速度的设计取值。7 度取 0.10g, 括号中的 0.15g 表示 7.5 度; 8 度取 0.20g, 括号中的 0.30g 表示 8.5 度; 9 度取 0.40g。

(2) 抗震设防标准 seismic precautionary criterion

抗震设防标准是衡量抗震设防要求高低的尺度,由抗震设防烈度或设计地震动参数及建筑抗震设防类别确定。它是一种衡量对建筑抗震能力要求高低的综合尺度,既取决于建筑地点预期地震影响强弱的不同,又取决于建筑抗震设防分类的不同。《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 中所规定的设防标准是最低的要求,具体工程的设防标准可按业主要求适当提高。

(3) 地震动参数区划图 seismic ground motion parameter zonation map

地震动参数区划图是以地震动参数(以加速度表示地震作用强弱程度) 为指

标,将全国划分为不同抗震设防要求区域的图件。在《中华人民共和国防震减灾法》中,明确规定了“地震动参数区划图”这个术语。“地震动参数”是“以加速度表示地震作用强弱程度”的,“区划图”是将国土“划分为不同抗震设防要求区域的图件”。

(4) 地震作用 earthquake action

地震作用是指由地震动引起的结构动态作用,包括水平地震作用和竖向地震作用。结构上地震作用的含义,强调了其动态作用性质,不仅包括多个方向地震加速度的作用,还包括地震动的速度和动位移的作用。

(5) 设计地震动参数 design parameters of ground motion

主要指抗震设计用的地震加速度(速度、位移)时程曲线、加速度反应谱和峰值加速度。

(6) 设计基本地震加速度 design basic acceleration of ground motion

是指 50 年设计基准超越概率 10% 的地震加速度的设计取值。

(7) 设计特征周期 design characteristic period of ground motion

是指抗震设计用的地震影响系数曲线中,反映地震震级、震中距和场地类别等因素的下降段起始点对应的周期值,简称为特征周期。

(8) 场地 site

是指工程群体所在地,具有相似的反应谱特征。其范围相当于厂区、居民小区和自然村或不小于 1.0km^2 的平面面积。

(9) 建筑抗震概念设计 seismic concept design of buildings

是指根据地震灾害和工程经验等形成的基本设计原则和设计思想,进行建筑和结构总体布置并确定细部构造的过程。

(10) 抗震措施 seismic measures

是指除地震作用计算和抗力计算以外的抗震设计内容,包括抗震构造措施。

(11) 抗震构造措施 details of seismic design

根据抗震概念设计原则,一般不需要计算而对结构和非结构各部分必须采取的各种细部要求。抗震构造措施只是抗震措施的一个组成部分。

《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 中包括一般规定、计算要点、抗震构造措施、设计要求等,其中的一般规定及计算要点中的地震作用效应(内力及变形)调整的规定均属于抗震措施,而设计要求中的规定可能包含抗震措施和抗震构造措施。

1.3 小结

地震的发生是一种自然现象,不可抗拒。通过国家规范定义的有关术语,厘清了平时人们认知上的一些模糊概念。地震以地震波的形式传递能量。震级是

衡量一次地震所释放出来的能量大小的指标,一次地震只有 1 个震级。而地震烈度是指地震时某一地点地面和建(构)筑物等遭受地震影响的强烈程度。地震带是地震活动最为强烈的地球板块交汇地带。

第2章 地震的破坏作用

地震引起的灾害分为直接灾害和次生灾害。直接灾害包括建(构)物和工程设施的破坏,山体滑坡、塌方、泥石流,河流堰塞,地面开裂、隆起、塌陷,海啸等;次生灾害包括由地震引发的火灾、爆炸、水灾、煤气毒气泄漏、瘟疫等。

2.1 直接灾害与次生灾害

2.1.1 直接灾害

(1) 建筑物破坏

地震发生时,大地强烈震动,直接造成房屋破坏或倒塌。一场地震过后房屋受损的程度不同,有完全倒塌的,有部分倒塌的,有倾斜而未倒塌的。图2-1所示为1976年唐山大地震后震中区的惨状,几乎所有建筑物全部倒塌或接近倒塌。

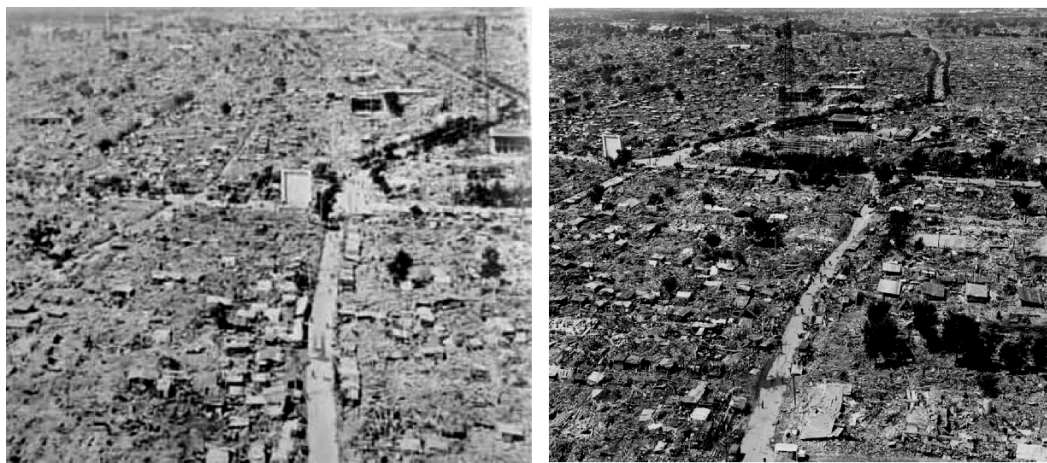


图2-1 唐山大地震震中区房屋倒塌情况

(2) 山体滑坡和塌方

山体滑坡是指斜坡上某一部分岩土在重力作用下,沿着一定的软弱结构面(带)整体向下方移动的现象。滑坡的产生取决于土石体的内在性质和结构,雨水、地震、人为扰动等是滑坡的诱发因素。图2-2所示为汶川地震中北川地区的

一处滑坡体。房屋如果建在斜坡上或坡脚处,山体滑坡会将成片的房屋掩埋。

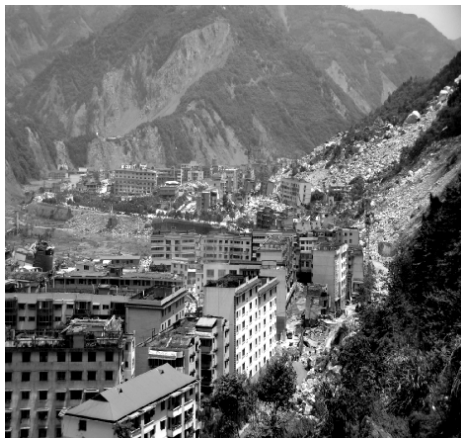


图 2-2 北川县地震滑坡掩埋楼房

地震后,如遇到大雨或暴雨,山体滑坡形成的大量松散土石体便可转变成泥沙的河流,即地震引起的泥石流。泥石流所经之处房屋会遭到冲毁甚至掩埋,这样的灾害几乎无法抗拒。地震时,剧烈的震动使山体破碎,造成大面积塌方,落石砸坏房屋及路上的车辆,伤及行人。地震还会使相邻的山体相互挤压撞击,造成大面积塌方,威力巨大。

大家经常听说的“堰塞湖”,是由火山熔岩流或由地震活动等原因引起的大规模山体滑坡,河水冲击泥土、山石而造成堆积,截堵河谷或河床后储水而形成的湖泊。在地震发生之后,堰塞湖的水位可能会迅速上升,在流水冲刷、侵蚀、溶解、崩塌等的作用下,堰塞湖的堵塞物可能会崩溃决口,对下游形成洪峰,引发次生灾害。我国 2008 年汶川地震造成北川部分地区被湖水淹没,图 2-3 所示为地震中山体滑坡堵塞河道形成的唐家山堰塞湖,当时对下游城市绵阳等造成了很大威胁,后经疏导降低堰塞湖水位,险情得以解除。



图 2-3 山体滑坡形成的唐家山堰塞湖