

抗震理论·技术·实践

山东省城乡建设和工程建设抗震防灾优秀论文集

山东省勘察设计协会 编



中国海洋大学出版社

抗震理论·技术·实践

山东省城乡建设和工程建设抗震防灾优秀论文集

山东省勘察设计协会 编

中国海洋大学出版社

· 青岛 ·

图书在版编目(CIP)数据

抗震理论·技术·实践:山东省城乡建设和工程建设
抗震防灾优秀论文集/山东省勘察设计协会编. —青岛:
中国海洋大学出版社,2009.1

ISBN 978-7-81125-264-4

I. 抗… II. 山… III. 建筑结构—抗震设计—
文集 IV. TU352.104-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 006408 号

出版发行 中国海洋大学出版社
社 址 青岛市香港东路 23 号
网 址 <http://www.ouc-press.com>
电子信箱 cbslxl@ouc.edu.cn
订购电话 0532—82032573(传真)
责任编辑 李学伦
印 制 青岛双星华信印刷有限公司
版 次 2009 年 1 月第 1 版
印 次 2009 年 1 月第 1 次印刷
成品尺寸 185 mm×260 mm
印 张 15.5
字 数 320 千字
定 价 49.00 元

邮政编码 266071

电 话 0532—85902387

抗震理论·技术·实践

山东省城乡建设和工程建设抗震防灾优秀论文集
编辑委员会

名誉主任委员	杨焕彩	山东省建设厅党组书记、厅长
主任委员	万利国	山东省建设厅党组副书记、副厅长
副主任委员	顾发全	山东省建设厅勘察设计处处长
编委	万利国	顾发全 邢念国 王相夏 窦 骞
	柴宝贵	康会亭 张维汇 傅传国 张 鑫
	张祖陆	王笃文 韩克胜 闫兴利 李玉琳
	孙 淦	单宝艳
主 编	顾发全	单宝艳

序

2008年5月12日,四川省汶川地区发生了里氏8.0级地震,造成了重大人员伤亡和严重经济损失。这次地震及历次地震表明,地震造成人员伤亡的主要原因是建筑物的倒塌,因此,震前做好城乡建设和工程建设的抗震防灾工作是预防和减轻地震灾害的最有效途径。

山东省全境均为抗震设防区,地震基本烈度7度及7度以上地区占全省总面积的54%,抗震防灾形势严峻,任务艰巨。吸取汶川地震教训,做好抗震防灾工作是各级政府主管部门的责任,也是社会各界和广大人民群众关注的热点问题。为了交流抗震防灾经验与技术,更好地做好我省的抗震防灾工作,做到防患于未然,省建设厅组织开展了城乡建设和工程建设抗震防灾优秀论文征集和评选工作,共评出一等奖6篇,二等奖10篇,三等奖24篇。本次获奖论文涉及面较广,内容涵盖抗震加固、抗震结构设计、抗震防灾规划、抗震审查、抗震管理等各个方面。既有对传统抗震设计的改进,也有隔震、减震等新技术的应用;既有对抗震设防先进技术与成功经验的系统总结,也有对抗震前沿课题的最新研究成果;既有对抗震防灾工作中常见问题的突破性解决方案,也有应用GIS、GPS等先进方法和技术的成功案例。获奖论文观点明确,论证充分,技术先进,理论性强,在许多方面有所突破和创新,有些经济技术指标达到国内或省内先进水平,是一笔宝贵的抗震经验和技術财富,具有较强的推广应用价值。现将获奖论文编辑出版,以期交流推广抗震先进技术和经验,为我省城乡建设和工程建设的抗震防灾工作提供理论指导和技术支持。

城乡建设和工程建设的抗震防灾工作是一项系统工程,涉及方方面面。我们要统筹兼顾,切实抓好各项抗震防灾工作:要切实抓

好城乡抗震防灾规划的编制和实施工作,从源头上防御和减轻地震灾害;要认真抓好既有建筑的抗震加固,不断提高建筑的抗震性能;要着重抓好新建工程抗震设防工作,确保工程抗震质量;要加强村镇的抗震防灾工作,不断提高村镇的综合抗震防灾能力;要做好抗震科研,为抗震工作提供技术支持;要积极开展抗震知识普及和抗震宣传活动,增强人民群众的防灾意识和地震应急能力。力争通过一系列扎实有效的工作,全面提升城乡的综合抗震防灾能力,将地震灾害减轻到最低限度。

抗震防灾工作关系到广大人民群众的生命和财产安全,功在当代,利在千秋。我们要以科学发展观为指导,以对党、对人民、对社会高度负责的精神,切实做好城乡建设和工程建设的抗震防灾工作,为全省经济社会的持续、健康、稳定发展作出应有的贡献。

山东省建设厅党组副书记、副厅长 一利国

2008年10月

前 言

我国是遭受地震灾害最严重的国家之一。1976年的唐山7.8级地震,死亡24.2万人;今年的汶川8.0级地震,造成6.9万多人遇难、1.7万多人失踪,令人触目惊心。面对地震灾害,工程技术人员、管理人员和广大人民群众不断总结经验,积极研究探索行之有效的抗震对策。人们普遍认识到,城乡的综合抗震防灾能力,不仅取决于单体工程的抗震性能,而且取决于城乡各个系统的合理规划布局,关键环节的抗震增强,薄弱环节的抗震改造,以及有效有序的抗震保障和应急救援。

随着我国城市化、现代化进程的加快,人口、财富、生产高度集中,抗震防灾工作面临许多新的问题,要求我们采取一切有利措施,不断增强城乡的综合抗震防灾能力,保障城乡建设和国民经济建设的可持续发展。

山东是多震省份之一,地震具有分布广、震源浅、强度大等特点。全省全部为地震基本烈度6度及6度以上地区,7度及7度以上的有12个地级市、57个县(市)。抗震防灾形势十分严峻,抗震防灾任务艰巨而紧迫。抗震加固工作量大面广,我省尚存大量达不到现行抗震设防要求的建筑,亟需对既有建筑尤其是学校、医院、重要生命线工程、次生灾害源工程等重点工程进行抗震普查与鉴定,并针对具体工程提出加固措施。

城市抗震防灾规划的编制和修编工作任务繁重。我省虽然已经完成了绝大部分县(市、区)的抗震防灾规划编制工作,但均未按照最新颁布的抗震防灾规划编制标准进行修编,亦未采用GIS等先进技术进行编制和管理。因此下一步的修编工作任务非常繁重。新建工程抗震设防管理工作需要进一步加强,要在抗震概念设计、抗震设防专项审查、施工图审查等各个环节积极探索新思路,切实

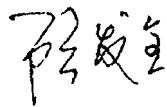
把好抗震关。抗震新技术的科学研究需要有所突破,尤其是减震、隔震技术、新型结构体系、抗震防灾规划信息系统和决策支持系统等方面要有新的进展。村镇抗震防灾工作任重道远;破坏性地震应急预案的编制与演练需有序开展;抗震知识的普及和宣传亟需加强,等等。一系列抗震防灾工作需要我们从讲政治的高度,以科学的态度,认真负责地抓好。

为总结交流抗震经验与技术,我省组织开展了全省城乡建设和工程建设抗震防灾优秀论文评选工作,并将本次评出的40篇获奖论文编辑出版。获奖论文对以上工作从不同角度作了深入的研究和探索,希望通过本次获奖论文的出版,能对抗震防灾工作有所启迪、指导和帮助。

本次优秀抗震论文的评选及本书的出版,得到了省建设厅党组书记杨焕彩厅长、党组副书记万利国副厅长的支持和指导。山东省城乡规划设计研究院院长柴宝贵研究员、山东建筑设计研究院副院长康会亭研究员、结构总工张维汇研究员,山东建筑大学傅传国教授、张鑫教授,山东师范大学张祖陆教授、山东省交通规划设计研究院副总工王笃文研究员、济南同圆建筑设计院有限公司总工韩克胜研究员等专家对论文进行了评审,并对论文的出版和今后的抗震防灾工作提出了建设性意见,在此一并致谢。

虽然本书出版的为获奖论文,也得到了不少领导和专家的指导和帮助,但限于作者和编者的学识和水平,疏漏和错误在所难免,恳请各位专家、学者不吝指正。

山东省建设厅勘察设计处处长



2008年10月

目 次

抗震防灾优秀论文一等奖(6 篇)

对目前建筑抗震设计的思索.....	张维汇	王润晓	王宝峰(1)
基于动力有限元法的地铁隧道抗震分析	赵焕军	张甫田	王利伟(10)
浅谈剪力墙连梁的配筋率			万奎元(18)
橡胶支座隔震结构的扭转效应分析	付德宗	王 辉	孙长征(22)
城市抗震防灾规划决策支持系统研究			单宝艳(30)
组合结构抗震设计探讨			范夕森(38)

抗震防灾优秀论文二等奖(10 篇)

多层砌体结构房屋抗震设计探讨	王玮桦	谢志敏(43)	
菏泽银东家广场结构设计及抗震分析	韩振林	苏光学	李 军(48)
基础隔震设计中若干问题的探讨	韩振林	苏光学	蔡 静(55)
基于小波包能量相关性分析损伤识别方法的初步试验研究	周 强	段忠东	胡日琪(60)
临沂市城乡建设防震减灾研究报告			魏传炜(72)
木结构古建筑抗震性能研究	辛海亮	宿天彬	孙文东(78)
浅析青岛市地区桥梁抗震设计	边 慧	麻广林	任 强(83)
安丘市尚庄水库大坝抗震加固设计研究	耿灵生	程素珍	孙俊华(88)
水平地震作用下高层建筑的扭转效应分			于 涛(93)
质量就是生命——汶川地震后的思考	隋玉武	柴方芳	王世建(99)

抗震防灾优秀论文三等奖(24 篇)

中小学教学楼抗震设计中的相关问题探讨·····	彭亚萍	闫玉本(108)	
农村民居防震保安工作初探·····	梅学彬	姜民秀	李典龙(114)
关于灾后重建钢筋混凝土框架结构设计的几个问题·····			黄昌厚(117)
浅谈剪力墙连梁超筋的处理·····			万奎元(121)
土石坝砂壳抗震加固技术应用·····	耿灵生	王光辉	孙俊华(125)
城市发展中应对灾害的策略研究·····	李传斌		裴春光(129)
基于 ANSYS 分析等截面空间薄壁结构动力稳定性·····	施 晋		巩俊松(136)

基于 GIS 和 GPS 的地震应急救援指挥系统的设计与实现

.....	蔡 菲	崔 健	孙英君(141)
多层、小高层建筑主导结构体系的趋向	隋术前	武 峰	魏晓东(150)
建筑抗震设计的规则性探讨.....	王 辉	宋士军	王瑞鹏(153)
抗震住宅的空间设计.....	刘士杰	郭井芝	张 文(161)
抗震设防区划与城市建设.....	张 峰	董立芳	(166)
损伤定位向量法在测试自由度不完备时的损伤识别性能研究及改进	周 强	段忠东	胡日琪(173)
某小型斜拉桥的纵向抗震分析.....	赵焕军	岳章胜	蒋 发(181)
波纹钢腹板 PC 箱梁桥地震反应初步研究	赵焕军	石 成	(187)
浅析底层框架上部砖混结构抗震设防中常见问题及防治措施.....	赵孝民		(193)
浅议弹性时程分析法在结构设计中的应用.....	马向群	张怀金	郭宏伟(197)
浅谈结构抗震的概念设计.....	孙长征	王 辉	付德宗(200)
砌体结构设计浅谈.....	郭廷武	董淑君	(205)
群桩复合地基承载性状的有限元分析.....	施 晋	吴继国	王维良(209)
诸城汽车厂培训中心抗震加固改造设计.....	曹明利	陈 翔	李世璘(217)
钢桁架拱结构地震响应数值模拟及基于损伤性能的抗震分析	吴泽家	张 浩	吴洪柱(223)
预制板用于抗震建筑的几个问题.....	储亚慧	房泽民	(228)
半刚性连接钢管混凝土框架结构的动力性能研究.....	孙修礼		(232)

对目前建筑抗震设计的思索

张维汇* 王润晓 王宝峰

(山东省建筑设计研究院)

摘 要 通过对汶川大地震的震害实例研究,分析了造成震害的原因,提出了设计对策。墙体斜裂缝是地震中最典型的裂缝形式。地震时建筑物底层框架柱破坏严重,应有意识地加强。底框砌体结构破坏严重,应该尽量少用。女儿墙等附属构件宜采用混凝土构件。按照现行规范正常设计与施工的建筑物,基本能够达到抗震规范所确立的“小震不坏,中震可修,大震不倒”的抗震设防目标。规范规定的抗震设计原则和抗震措施是建筑物抗震能力的有效保证。砌体结构通过正确的设计、构造和施工,能够保证足够的抗震能力。应通过采用新技术,提高建筑物的抗震能力。

关键词 地震 结构设计 框架柱 砌体 抗震措施 整体性

1 前言

5.12 汶川大地震,给灾区人民造成了极大的生命财产损失,也引起所有结构工程师与地震工作者的深刻反思。震后,作为援川队伍中的一员,我们参与了山东省支援四川灾区建设工作,对灾区房屋的破坏进行了考察,取得了大量的一手资料。以下通过部分地震破坏实例,对抗震设计的原则以及应注意的问题做以下阐述。

2 地震破坏实例及原因分析

2.1 建筑因为选址问题引起的破坏

本次地震引起的建筑物破坏,有许多是因为山体滑坡、滚石塌落,引起建筑物的破坏。部分建筑物被山体滑坡掩埋,由于滑坡土方量巨大,根本没有抢救的机会,由此造成的破坏是毁灭性的。图1所示是北川县部分地区山体滑坡的情况,图中白色部分都是因为山体滑坡引起的土层裸露。

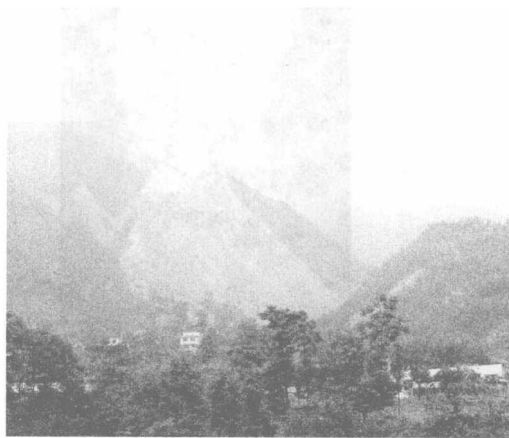


图1 震区山体滑坡情况

* 作者简介:张维汇,1964年出生,山东省建筑设计研究院研究员,从事建筑结构设计。

2.2 墙体或连梁的斜裂缝破坏

地震产生的水平作用,使建筑物墙体或连梁出现交叉斜裂缝而破坏。这种裂缝是典型的地震破坏裂缝,在灾区量大面广,无论是砖混结构,还是框架填充墙或剪力墙连梁,都有所表现。图2是砌体结构交叉斜裂缝,图3是剪力墙连梁交叉斜裂缝。由于地震作用引起的砌体填充墙交叉斜裂缝也大量存在。



图2 砌体交叉斜裂缝

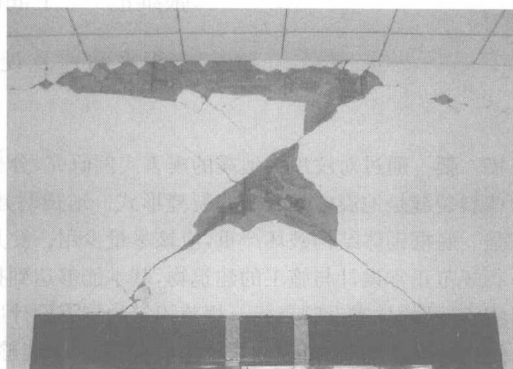


图3 连梁交叉斜裂缝

2.3 框架结构节点破坏

地震作用使得框架结构的柱子钢筋屈服,引起建筑物的破坏,严重的导致建筑物坍塌。特别是建筑物的底层,相对于上部结构楼层破坏更加严重。图4是底层框架柱底节点的破坏,图5是底层柱上节点的破坏。另外,框架柱遇填充墙时形成短柱,产生震害,如图6所示。从图中可以看出,柱端箍筋配置都存在的问题。

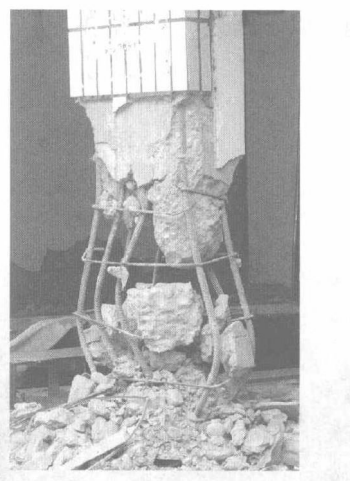


图4 柱底节点破坏



图5 柱上节点破坏

2.4 底部为框架的砌体结构,在地震中表现不好

底部框架抗震墙的砌体结构,由于自身刚度突变,以及材料延性的不同,在地震中的表现比其他结构体系要差。图7所示为底框结构的底层破坏情况。图中可见,底层框架柱上下节点均产生破坏,砌体抗震墙也发生破坏。在离震中较远的某镇,总体破坏程度相对轻一些,但有的底层框架房屋的框架柱与抗震墙也发生了比其他砌体结构严重的裂缝。另外,底部框架结构的过渡层(上一层),有的也发生了破坏,如图8所示。

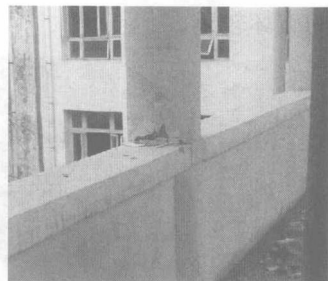


图6 框架短柱震害



图7 底框结构底层破坏



图8 底框结构过渡层破坏

2.5 填充墙施工质量不好引起的破坏

按照规范,框架中的填充墙应与框架柱及上部梁板有较好的拉结。震害显示,有许多填充墙在这一方面做得不好,地震时施工质量问题暴露无遗。图9是填充墙与上部梁无拉结措施引起的破坏。有的建筑物施工时留下的施工洞口,后期处理不好在震后可以看到很明显的顺原洞口周边的裂缝。



图9 填充墙与梁拉结不当引起的破坏

2.6 砖砌女儿墙倒塌

震区女儿墙倒塌现象比较普遍,这其中也包括一些其他建筑造型。图10所示是彭州

一新建房屋的女儿墙倒塌图片,该地区建筑破坏情况较轻,但从该图片看出该栋房屋女儿墙的破坏较重。



图 10 砖砌女儿墙倒塌

2.7 变形缝两侧墙体破坏或建筑饰面普遍掉落

地震发生时,建筑物产生水平位移,有的超过变形缝的宽度,导致变形缝两侧的墙体发生挤碰,产生破坏。有一些变形缝清理不彻底,缝内填充碎砖等硬物将墙体挤碎。一些变形不大的房屋墙体饰面材料掉落,特别是干挂石材掉落威胁群众的生命安全。

2.8 楼梯间震害严重

楼梯间在结构抗震中属于薄弱部位。无论是砌体结构还是钢筋混凝土结构,震区破坏严重的房屋大部分都伴有楼梯间的破坏。破坏主要表现在墙体自身开裂,楼梯梁下墙体裂缝,梯梁或梯板的断裂。

2.9 由于地表开裂或错动引起建筑物开裂或破坏

地震引起的地形变化,导致基底土层错位,使得基础撕裂导致建筑物破坏。图 11 是建于断裂带上的房屋垮塌情况,地面出现严重破裂、房屋向一侧严重倾斜。



图 11 断裂带上房屋的垮塌

3 对现阶段抗震设计的评价

现行抗震规范的设防目标是“小震不坏,中震可修,大震不倒”。大震基本比设防烈度高一度左右。5.12 汶川大地震断裂带上的几个县设防烈度都是 7 度,这次地震最大烈度达 11 度,破坏较为严重的几个县城烈度也超过 8 度。但这几个县城仍有很多房屋虽然破

坏严重已失去保留价值,但尚未倒塌,能够保证人员撤出。这些房屋已经满足了大震不倒的目标要求。灾区的大量房屋倒塌,与现阶段我国对地震的研究、设计技术、施工质量等许多方面有关,更重要的是这次地震的震级远远超过了建筑物满足预定抗震能力的地震条件。可以得出结论,按照现行规范系统正常设计与施工的建筑物,在遭遇预定的地震(与设防烈度相匹配的大中小震)时,基本能够达到抗震规范所确立的“小震不坏,中震可修,大震不倒”的抗震设防目标,并且在高烈度区的表现也是可以得到肯定的。

4 震害对当前抗震设计的启迪

本次去四川灾区由于工作任务繁重,没有专门时间进行震害调查。但通过灾区看到的和其他渠道收集来的资料,对于广大结构设计人员仍有很好的借鉴作用。

4.1 建筑物选址要重视

抗震规范 3.3.1 条对建筑物选址作了明确规定。本次大地震重灾区都在龙门山断裂带上,造成了破坏如此巨大的惨状。震后重建时国家决定北川县城迁移的决策无疑是非常正确的。建筑物必须避开地震

时可能发生滑坡、崩塌、地裂、地表错位等危险地带。山东省五月份出台的《山东省普通中小学基本办学条件标准(试行)》对中小学建设的选址作了具体规定,对建筑物的选址起到了很好的示范作用。以前房屋建设时对建筑物选址重视不够,通过这次地震应该对此引起足够的重视。

4.2 抗震设计的基本原则应继续得到贯彻执行

“平面规则,刚度均匀、竖向连续不突变”是抗震设计的重要原则。凡是不符合这些原则的建筑物,地震时相对于其他建筑破坏要严重一些。同样是砌体结构,底层框架抗震墙的砌体结构相对于其他砌体结构破坏要严重得多,究其原因主要有三点:上下刚度不均匀,竖向传力构件不连续,结构材料性质不同使得对地震反映也有差异。因此这种房屋中的底层框架和过渡层的墙体均产生破坏。

平面狭长结构虽然对称,但由于其长宽比较大,地震时扭转效应过大,可能引起破坏。图 12 所示建筑墙角裂缝就是此原因。因此,控制结构长宽比应引起重视,必要时应设置剪力墙。



图 12 长宽比大的建筑物墙角裂缝

由于建筑物底层层高一般比上层大,加上基础对柱子的嵌固作用有差异,导致结构的竖向刚度也有一定的变化,使得建筑物的底层破坏较严重。图 4 和图 5 中框架柱的破坏应该与此有关。震区有许多建筑,底部一层或两层破坏严重甚至垮塌,而上面几层破坏轻微或基本完好,破坏程度有突变。图 13 所示的建筑物底层完全垮塌。因此,对底部一二层柱的设计措施应该再加强一些。



图 13 某建筑物底部垮塌情况

建筑物应保证各层楼面刚度。四川地区的民房大部分屋面是木结构铺瓦。这种屋面刚度很差,地震发生时变形很大,不仅导致屋面坍塌,也使得顶层墙体失去支撑变成悬臂构件,引起倒塌。日常设计中经常发现,有的建筑物采光井顶部采用钢结构,有时该钢结构某个方向上的刚度很小,或者是两边支撑或三边支撑,此时该层的结构竖向构件应该引起足够的重视。必要时应作为高女儿墙对待。

4.3 基本的抗震措施对保证建筑物的抗震能力至关重要

抗震规范中的抗震措施,特别是砌体结构中的措施,对保证结构在地震中的安全性至关重要。

高的女儿墙或者建筑造型宜采用混凝土构件。即便采用砖砌体,也一定要设置必要的构造柱和压顶梁,保证墙体的整体稳定和受力。

砌体结构中构造柱与圈梁的设置应严格按照规范执行。图 14 所示的房屋没有发现构造柱或圈梁。如果该房屋设置必要的构造柱和圈梁,就不会发生如此严重的破坏。

由于填充墙使得部分框架柱成为短柱(图 6),设计中应采取加强措施,特别是箍筋的配置。

无论是砌体结构还是混凝土结构,楼梯间构造措施应加强,防止楼梯间墙体倒塌伤人,保证地震时楼梯能够正常使用。

砌体结构大梁下应根据规范要求设置梁垫、墙垛或构造柱,避免墙体局部破坏。这种情况在地震中也有许多实例。



图 14 抗震措施不力房屋破坏情况

4.4 应设法增加建筑物的整体性

在任何房屋的设计中加强结构单元整体性都是至关重要的。结构设计中的超静定结构实际上包含了整体性的理念。毫无疑问,整体性好的建筑物抗震能力高。现浇结构由于整体相连,在一部分破坏时尚有可能使结构不致倒塌,这一点从图 4 中可以得到很好的印证。如果该房屋整体性不好,中间柱破坏程度如此之大,房屋早就应该坍塌。

在砌体结构中,对整体性的要求更加强烈。砌体结构房屋应该通过构造柱、楼面梁板、圈梁的紧密联系,有效地约束墙体,使其变形能力得到一定的提高。在地基变形较大时,通过这些构件形成非常弱的框架,从而提高砌体结构的抗倒塌能力。此时,基础圈梁的作用能够得到更好的体现。

4.5 施工质量问题

施工企业应该严格管理,保证质量。从地震后的报道我们可以看出,施工质量好的建筑物破坏相对轻一些。此外,有些建筑物本身主体结构破坏轻微,但填充墙破坏严重。如图 9 中填充墙与主体连接不好导致墙体破坏,有的建筑物变形缝中填有碎砖导致墙体挤压破坏。虽然保证了人员的安全,但后期修复的费用很高。

5 对现行抗震设计的几点建议

5.1 抗震设防能力提高的问题

本次地震中,学校师生伤亡惨重。震后社会上对学校的抗震设计提出了更高的要求。按照现行的抗震设防分类标准,仅对人数较多的幼儿园、小学的低层教学楼,划为乙类建筑。主要是考虑这部分人群的逃生、自救能力较差。但是学校人员集中是其一大特点。因此对人员集中、人员自身逃生自救能力差、需要保证震时使用功能的建筑物,其设防分类应该重新梳理一遍,适当提高。包括各类学校、幼儿园、福利院、养老院、医院、影剧院、展览中心、会议中心、交通枢纽、百货商场等建筑。虽然抗震分类标准中已经将一些建筑划为乙类,但这些建筑涵盖的范围仍有欠缺,本次地震中学校破坏情况严重就是一例。结构设计人员在设计这类建筑时,应灵活掌握。其结构体系、结构分析结果、抗震措施等应