

四川省南江县校舍抗震鉴定总结

徐珂, 王昌兴

(北京清城华筑建筑设计研究院, 北京 100083)

[摘要] 2008年9~10月对四川省南江县88个乡镇中心学校校舍进行了抗震鉴定,并对其中235栋建筑物出具安全鉴定报告,结合鉴定工作对校舍现状进行了分析总结,认为该县校舍普遍存在结构体系不合理、抗震构造措施不足、施工质量较差等问题,影响校舍安全性能。该县校舍情况在一定范围内具有普遍性,可作为汶川地震中校舍倒塌原因的辅助解释。

[关键词] 汶川地震; 学校建筑; 抗震鉴定; 结构体系; 施工质量; 抗震措施

Appraisal summary of earthquake resistance of school buildings in Sichuan Nanjiang County

Xu Ke, Wang Changxing

(Beijing THCA Architectural Design & Consulting Institute, Beijing 100083, China)

Abstract: From September to October in 2008, the earthquake resistance appraisal to the center school buildings of 88 villages and towns in Sichuan Nanjiang County was carried on, and which issued 235 building safety appraisal reports. The analysis was carried on according to the appraisal work. The fact of unreasonable structure systems, inadequate seismic fortification measures, and poor construction quality and so on affected the safety of school buildings. The instances of these schools in the county are universal to a certain extent, which can be used to explain the reasons for the collapse of the schools in Wenchuan Earthquake.

Keywords Wenchuan Earthquake; school buildings; earthquake resistance appraisal; structure system; construction quality; seismic fortification measures

0 引言

受5·12汶川地震影响,四川省南江县校舍出现不同程度的震害表现,严重影响学校师生安全。为了解结构综合安全状况,南江县教育局于2008年9~10月间,委托北京清城华筑建筑设计研究院对该县88个乡镇中心校及以上学校校舍的结构安全状况进行鉴定。

1 地理位置及地震作用

南江县位于四川省东北部,按照抗震规范^[1],南江县抗震设防烈度为6度,设计地震分组为第一组。根据中国地震局2008年8月发布的“汶川8.0级地震烈度分布图”可知,在本次地震中,南江县实际烈度东半部为6度区,西半部为7度区,呈现从西到东逐步减弱、南北变化不明显的格局,实际烈度等于或高于设防烈度,属于中震至大震范畴;抗震规范2008年修订版中,该县抗震设防烈度仍为6度,但所属的设计地震分组修订为第二组,在地震作用计算上予以提高。

2 校舍建设的基本情况

(1)地震时南江县有公办学校96所,民办学校37所,村级教学点434个。在校学生约14.7万人,教职工4431人;学校占地面积3221.9亩,学校建筑总面积约58.76万m²。

(2)建筑设计多数教室采用单面外走廊悬挑形式;小学教室的开间为6m×8m,横向开间梁间距2.7m;中

学教室的开间为7m×9m,开间梁间距3.0m。

(3)校舍以砌体结构为主,具体结构形式和建筑面积见表1。县、镇等重点学校的结构形式和施工质量明显优于乡级学校,抗震性能较好的框架类校舍多集中于县级学校内。已使用很长时间的土坯墙木楼盖、砌体墙木楼盖类校舍普遍存在于乡、村级学校里,并作为主要服役校舍使用。

(4)1992年6月30日以前建设的校舍多为1,2层房屋,土坯墙木楼盖、砌体墙木楼盖类校舍较多,砌体材料包括手工制粘土砖、灰砂砖、条石、泥土,其中砖或砌块强度多在MU5以下,砌筑砂浆以石灰砂浆、泥土砂浆为主,砂浆强度较低,现场抽检推定值多低于0.4MPa。砌体墙内一般无构造柱、圈梁等抗震构造措施,开间梁下多以石柱、砖柱为主,与墙体间无拉结筋构造。门窗上部采用砖拱过梁或部分钢筋砖过梁。楼面板采用预制空心板、预制槽形板以及木板楼面,屋面为木屋架加瓦屋面或预制板上做防水层。这些校舍基本无勘察、设计、施工资料存档。由于使用时间较长及缺少维修,日常损坏和地震灾害严重。

(5)1992年7月1日至2002年12月31日期间建设的校舍多为砌体结构,土坯墙木楼盖、砌体墙木楼盖

作者简介:徐珂,工程师,Email: arch100@126.com。

校舍结构形式 表 1

校舍结构形式	框架	砌体墙混凝土楼盖	砌体墙木楼盖	土坯墙木楼盖	合计
建筑面积 m ²	34 133	364 772	92 329	96 384	587 618
所占比例 %	5.8	62.1	15.7	16.4	100.0

校舍比例减少。砌体材料包括手工制粘土砖、混凝土小型空心砌块、灰砂砖、页岩砖,砌筑砂浆普遍使用混合砂浆,大部分混凝土空心砌块在施工中未设芯柱。这个阶段开始在大开间教室的部分横向轴线设置框架,即横向开间梁与梁下混凝土柱形成局部框架结构,纵向砌体墙与柱混合承重,但柱与砌体墙间没有明确的拉结措施,混凝土构件设计强度普遍为 C20,部分房屋设有少量构造柱,多数设置圈梁。楼面板普遍采用混凝土预制空心板,屋面板多数采用钢筋混凝土现浇屋面。这一时期建设的校舍依然存在无勘察、设计、施工资料或资料丢失的问题,在可查到的设计图纸中,多数缺少设计标准说明。由于 89 版规范中没有列出南江县的抗震设防烈度,所以当地设计单位普遍认为该县属于非抗震设防区,因此图纸中没有明确抗震设计要求,仅以满足竖向荷载日常使用要求为标准。

(6) 2003 年 1 月 1 日以后建设的校舍仍以砌体结构为主,少量 5 层以上的校舍开始采用双向框架结构及底部框架-抗震墙结构。墙体材料以灰砂砖、页岩砖为主,建筑材料的质量相比前期有一定提高,砌体结构中开始注意设置圈梁和构造柱等抗震构造措施。大开间砌体教室的横向轴线上大多设置了上条提到的局部框架,其横向抗震性能有所提高。设计图纸根据 2002 版抗震规范要求按 6 度抗震设防,但对规范中“抗震设防烈度为 6 度时,可不进行地震作用计算”的理解有偏差,导致对抗震构造措施重视不够,多数设计图纸未达到 6 度设防标准,或在图纸要求施工时结合相关图集按非抗震标准施工。这一时期的校舍一般有勘察、设计、施工资料存档,但存在资料不全、任意施工问题。

3 汶川地震中校舍表现

该县在地震后依据四川省发布的《建筑地震破坏等级划分标准》^[2]进行应急鉴定工作,将建筑在地震后破坏程度划分为五个等级,评级结论见表 2。

该县校舍有以下特点: 1) 倒塌、严重破坏的校舍主要是服役时间超过 25 年的土坯墙木楼盖、砌体墙木楼盖类房屋; 2) 基本完好的校舍主要是框架类房屋; 3) 该县下午上课时间为 2:30 或 3:00, 午间休息时间一般不

应急鉴定结论 表 2

鉴定结论	倒塌	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好	合计
房间数量/栋	46	5 983	1 571	4 412	—	—
面积 m ²	1 685	255 786	60 645	193 456	76 046	587 618
所占比例 %	0.3	43.5	10.3	32.9	12.9	100.0

允许学生在教室里停留,地震发生时教室内人员较少,教室楼面活荷载远未达到满负荷状态,地震作用相应较小,全县没有发生学生死亡事件; 4) 部分校舍在 5·12 地震时未表现出明显破坏特征,但在余震及复课的影响下,开始出现破坏特征。

4 鉴定工作范围及目的

鉴定工作的范围是该县乡、镇中心校及以上学校提出鉴定委托的校舍,其他如村级教学点、地震中已倒塌的建筑、地震发生时正在建设的房屋、非国家投资学校不在鉴定工作范围内。由于前期进行过应急鉴定工作,部分校舍已确定拆除、停止使用、更改使用功能等,实际鉴定并出具报告的校舍情况见表 3,这部分面积约占全县学校总面积的 42.9%。未鉴定的部分主要是 400 多所村级教学点校舍,这些建筑多数建成年代较早,一般由各个村自行建造,建筑材料多样化,以土坯墙、砌体结构为主,缺少抗震构造措施及必要的日常维修,比本次鉴定的校舍存在更多安全隐患。鉴定工作主要参考文[3]~[6]标准。

鉴定校舍使用时间统计 表 3

校舍使用时间	0~10年	10~20年	20~30年	30~40年	40年以上	合计
数量/栋	59	64	84	19	9	235
建筑面积 m ²	87 314	59 107	89 302	8 108	8 496	252 327
建筑面积比例/%	34.6	23.4	35.4	3.2	3.4	100.0

5 校舍的结构体系分类

鉴定校舍的结构形式分类见表 4。

(1) 框架结构一般有正规设计图纸,柱间采用实心砖作为填充墙,墙体自重较大,未采用顶部斜砌顶紧做法。楼层多采用预制楼板,与梁间无可靠连接。地震中主体破坏不严重,震害表现为框架与砌体间、预制板与梁间、预制板与预制板间出现裂缝。

(2) 框架与砌体混合承重结构在设计上采用双向框架结构形式,但施工中采用先砌筑墙体、后浇注框架柱的施工顺序。砌块多为实心砖,墙体砌筑到框架梁下时,经常作为梁底模板使用,形成框架与砌体共同工

鉴定校舍的结构形式统计 表 4

校舍结构形式	数量/栋	建筑面积/m ²	建筑面积比例/%
框架结构(先浇柱后砌墙)	5	9 293	3.7
框架和砌体混合结构(先砌墙后浇柱)	10	23 072	9.1
横向局部框架和纵向砌体混合承重结构	31	44 834	17.8
砌体墙混凝土楼盖结构(教室类)	70	71 556	28.4
砌体墙混凝土楼盖结构(非教室类)	56	58 725	23.3
底部框架 砌体抗震墙结构	8	16 500	6.5
砌体墙木楼盖结构	39	20 699	8.2
土坯墙木楼盖结构	16	7 648	3.0
合计	235	252 327	100.0

作的结构形式,砌体起到了抗震墙效果,框架起到了约束砌体效果,地震中破坏不严重。从图1可以看出,部分砌体裂缝延伸至混凝土构件上,由于混凝土强度不足形成连通性裂缝。

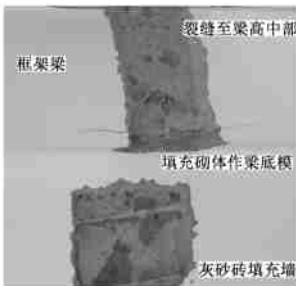


图1 砌体墙裂缝延伸至混凝土构件上

(3) 横向局部框架和纵向砌体混合承重结构主要用于单面外挑走廊的单跨大开间教室,其平面布置见图2。教室间横墙为砌体承重墙,教室开间梁与边柱Z1设计成单跨框架结构,纵向外墙与柱混合承重或为自承重砌体墙,墙上设联系梁,或以楼层圈梁代替联系梁,地震后纵墙砌体多出现砌体剪切破坏的裂缝。框架由于双向砌体保护,基本没有破坏迹象。

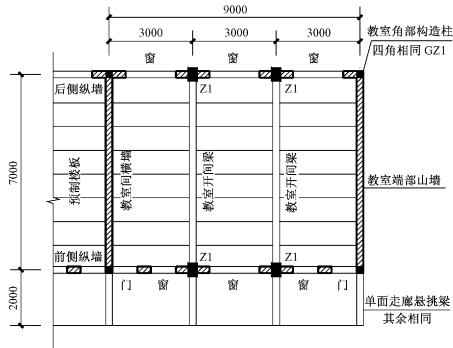


图2 单面走廊的单跨教室平面图

(4) 砌体墙混凝土楼盖结构分为大开间教室用房和小开间非教室类用房。大开间教室(图2)只是开间梁下Z1为砌体柱,材料包括石材、实心砖、预制实心混凝土块。部分教室不设砌体柱,仅在梁下与墙体同宽的构造柱。由于砌体施工质量较差,震害表现主要为窗间墙水平剪切裂缝、X形剪切裂缝等。小开间建筑在地震中的表现好于大开间教室。

(5) 底部框架-砌体抗震墙结构主要用于宿舍用房,为了满足首层商业使用要求,纵向仅在后侧设置砌体抗震墙,使底层成为相对薄弱层。层2以上的后侧外纵墙(图3中轴①处)与下部框架(轴②处)错开,部分建筑前后侧均采用这种错开形式。过渡层楼板采用预制板,没有任何加强措施。地震中底层抗震墙多出现剪切破坏裂缝。

(6) 土坯墙木楼盖结构的校舍建设时期较早,层数多为1层,少量校舍为层1小开间用房,层2设大开间教室,楼板采用木梁、板支承,图4所示建筑为两层土坯墙木楼盖结构,纵墙在木屋架下已出现宽度大于5mm的竖向通高裂缝,该建筑原为教室,后因楼板变形

严重改为宿舍,为减少重量,学生直接睡在木板上。这类校舍一般年久失修,多存在虫蛀、锈蚀、腐烂、变形过大等问题。有的砌体墙仅为单砖墙,高厚比严重不足。该县倒塌的校舍多是这类房屋。

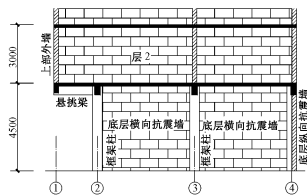


图3 底部框架-抗震墙结构竖向关系



图4 土坯墙木楼盖学生宿舍

6 典型危险点分析

6.1 砌筑砂浆强度低

现场抽检推定砌筑砂浆强度值多数处于0.5~3.0MPa,砌体结构整体承载能力较低,原因为:1) 砂浆配合比不良,含杂质较多,部分砌体甚至采用泥土加草根作为粘结剂;2) 施工中往砂浆中添加外加剂,竣工检测时强度很高,满足设计要求,投入使用后强度迅速降低;3) 砂浆不饱满现象较为普遍,个别墙段出现无砂浆情况,形成结构薄弱部位,施工质量不能满足控制标准要求;4) 外墙不进行建筑面层保护,或不作勾缝保护处理,砂浆直接处于风吹雨淋环境,出现粉化、脱落状况。

6.2 砌块材料使用

烧制砌块存在烧制不彻底问题,导致块体强度不足,在墙体出现裂缝时,出现砂浆裂缝延伸至块体并贯通的情况。由于建设资金不足,造成校舍建设时断时续、周期很长,施工时根据市场情况砌筑不同砌块,并且在建设间隔期间,不对结构进行有效保护,楼层间墙体质量参差不齐。图5所示墙体,下部为条石,层2局部采用手工制砖,层3为灰砂砖。而该楼另一侧山墙的层1,2为条石,层3为灰砂砖。

混凝土小型空心砌块承重墙体不按构造要求进行插筋、灌芯,不设置水平拉结钢筋,上下层砌块间仅靠非孔洞处砂浆粘结。图6所示3层教学楼在地震后评为“中等破坏”,在余震中不断出现墙体贯穿性竖向裂缝,并导致山墙倾斜。

6.3 混凝土构件不符合质量验收标准要求

(1) 蜂窝、麻面现象较为普遍。钢筋保护层厚度不足,导致钢筋直接外露、锈蚀。

(2) 骨料级配不良,粗骨料骨径过大,细骨料所占比例较低,鉴定中发现质量最差的梁,外观描述为“钢筋笼里装了一堆鹅卵石”,完全不能起到梁构件作用。

(3) 施工时混凝土搅拌不均匀,造成混凝土构件质量不统一。外观质量总体上柱好于梁构件,楼层梁好于屋面梁,反映施工中偷工减料行为有一定针对性。图7为较为典型的梁构件,这类梁在竣工时就出现梁



图5 不同材料的墙体

图6 空心砌块建成的教室拆除

身裂缝,地震作用加剧其破坏表现。

(4) 校舍建设中断期,对钢筋及结构预留部分保护不够,钢筋直接受雨水侵蚀。施工时不进行有效除锈处理,建成使用一段时间后,出现铁锈膨胀挤裂混凝土保护层现象。

(5) 钢筋定位不准降低混凝土构件的工作性能,图8为大开间教室角部构造柱,截面尺寸为 240×240 ,实测纵筋保护层厚度大于50,造成构件有效截面较小,箍筋实测间距大于300,影响约束混凝土效果。

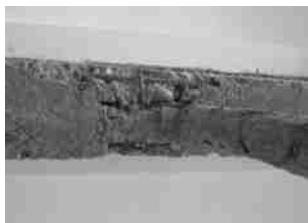


图7 不符合质量要求的梁构件



图8 抽查构造柱配筋情况

(6) 上人屋面活荷载值为 2.0 kN/m^2 。很多校舍的屋面因防水质量问题及夏季隔热要求,在屋面上铺设200~400厚种植土,实际荷载值超过设计值。

7 抗震措施与分析

(1) 抗震结构体系不明确。例如框架结构采用先砌后筑的砌体施工方式,实际表现既有框架结构变形大的特点,又有砌体结构剪切破坏的情况。又如教室与办公室一体的校舍,教室为框架结构,办公室为砌体结构,地震作用下存在地震作用差异。教室采用横向局部框架和纵向砌体混合承重结构时,框架按普通柱加普通梁的形式进行设计。图9所示大开间砌体教学楼,原设计为上下4层教室,后改为上部小开间用房,由于该县地处山区,轻质建筑墙体材料造价较高,小开间分户墙体采用承重砌块,并且为了使用要求,改变上部门窗洞口与下层竖向对应关系,现场抽检中未见明显结构加强措施。

(2) 底层框架-抗震墙结构设计不满足规范强制性条文要求。采用砌体抗震墙,常规情况允许建不超过5层建筑,该县这类建筑普遍为7~9层,最高至11层,

框架层建到3~5层,设计中未见针对性加强处理。

(3) 框架结构未按相应抗震等级进行构造措施设置,如箍筋间距、纵筋搭接锚固、梁柱节点做法普遍不执行抗震规范要求。



图9 纵墙门窗洞口错位布置



图10 建筑物间没有防震缝宽度

(4) 砌体结构对楼梯间不采取抗震措施,将楼梯间设置在端部或主体之外,形成抗震薄弱区;外置楼梯与主体结构间不进行可靠连接,梯梁处不设置构造柱,楼梯间纵墙采用花格造型削弱墙体。

(5) 建筑物间防震缝宽度过小或不留缝,造成地震中楼体间互相碰撞破坏。图10是学校综合楼与民宅相邻情况,右侧建筑的角部直接顶在左侧综合楼墙体内,汶川地震中左右侧楼体猛烈撞击,造成外墙破坏。

(6) 砌体与构造柱间拉结措施设置不足或未进行设置,降低设置构造柱提高延性的目标。

(7) 构造柱和圈梁设置数量和范围不满足抗震规范要求。校舍一般设有圈梁,但经常楼层内不封闭或仅在顶层设置。构造柱出现上下层不连续情况。混凝土施工质量影响圈梁、构造柱的实际抗震性能。

(8) 砌体墙段局部尺寸不满足限值要求,规范建议6度区窗间墙宽度、外墙末端至门窗距离不宜小于1.0m,防止这些部位失效而造成整栋结构破坏。砌体大开间教室为了满足采光要求,纵墙墙段长度很难满足这个要求;小墙肢抗剪截面不足,砂浆实际强度低,图11的纵墙在窗顶或窗底出现贯穿性水平剪切裂缝。



图11 小墙肢水平裂缝

(9) 楼层普遍采用预应力空心板,设计、施工中未将预制板与墙梁进行可靠拉结,降低了结构的整体抗震性能。图12是推荐的硬架支模施工方法与震害现场做法对比,两者都设置了圈梁,但硬架支模法有预制板胡子筋锚固,并且推荐在预制板上设置50厚现浇楼层加强做法,抗震性能不可相提并论。

(10) 非承重构件缺少抗震措施,女儿墙、阳台栏板无构造柱和压顶,楼梯间出屋面层无设计、施工要求。

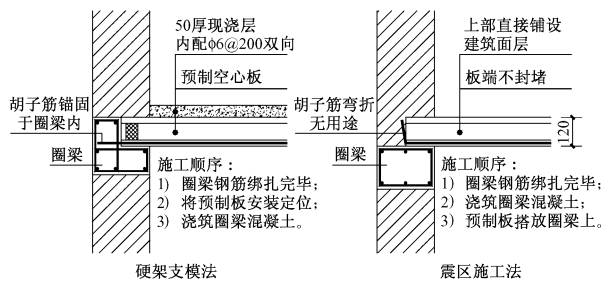


图 12 预制空心板施工方法对比

校舍使用时间与鉴定结论关系(面积比/%) 表 6

使用时间		0~ 10年	10~ 20年	20~ 30年	30~ 40年	40年以上
危房 结论	A 级	3.2	1.2	0	0	0
	B 级	78.7	56.1	14.6	2.4	0
	C 级	17.5	39.4	76.2	41.7	25.3
	D 级	0.6	3.3	9.2	55.9	74.7
综合 结论	加固维修	87.4	40.8	11.6	0	0
	适修性差	9.3	24.2	33.3	10.3	10.2
	拆除更新	3.3	35.0	55.1	89.7	89.8

结构体系与鉴定结论关系(面积比/%) 表 7

结构形式		框架 结构	底框架 抗震墙	局部框 架砌体	砌体混 凝土盖 结构	木楼盖 结构
危房 结论	A 级	6.7	0.0	0.0	1.0	0.0
	B 级	72.7	63.6	63.8	39.3	4.9
	C 级	20.6	36.4	35.0	54.1	52.4
	D 级	0.0	0.0	1.2	5.6	42.7
综合 结论	加固维修	82.4	62.6	62.8	35.0	0.4
	适修性差	11.2	31.3	27.1	24.6	3.1
	拆除更新	6.4	6.1	10.1	40.4	96.5

注: 框架结构包括先砌后筑的混合结构。

8 校舍鉴定结论与分析

(1) 鉴定工作首先根据结构破坏程度确定危房等级, 依据《危险房屋鉴定标准》^[4] 进行房屋危险性评定, 其中评定为 D 级的土坯墙木楼盖、砌体墙木楼盖类校舍使用时间较长, 多数缺少抗震措施, 鉴定报告中不再对其抗震性能进行评价, 建议“拆除更新”。其他危房等级的校舍, 依据《建筑抗震鉴定标准》^[5]、《民用建筑可靠性鉴定标准》^[6] 对其进行抗震性能评估后给予综合的适修性建议。对构件危险点少、具有抗震构造措施、适修性好及尚好的校舍给出“维修加固”的结论和改造建议, 对适修性极差的校舍给予“拆除更新”或“更改使用功能”的建议, 总体情况见表 5。

当校舍构件危险点较多, 虽可进行加固维修, 但需降低或限制原有使用功能, 或改造所需费用较多时, 给出“适修性差”的结论和改造建议。部分宿舍类建筑因局部破损严重, 建议拆除顶部若干层或局部楼段, 进行少量抗震构造设置, 即可达到很好的安全使用状况, 因牵涉可使用面积问题也定为“适修性差”的结论。对有文物价值的校舍, 需通知文物部门后确定处理结论。

总体鉴定结论 表 5

		数量/栋	建筑面积/m ²	面积比例/%
危房 鉴定 结论	A 级	3	3 517	1.4
	B 级	87	115 250	45.7
	C 级	115	113 643	45.0
	D 级	30	19 917	7.9
综合 鉴定 结论	维修加固	116	87 612	34.7
	适修性差	43	53 856	21.3
	拆除更新	76	110 859	44.0
合计		235	252 327	100.0

(2) 表 6 数据显示, 校舍使用时间越长, 可维修改造后继续使用的可能性越小, 已使用 0~ 20 年的校舍正好是 89 抗震规范实施阶段的建成品, 设计、施工中开始设置并完善抗震构造措施, 抗震效果、加固改造的可能性优于 20 年以上的校舍。

(3) 由表 7 知, 框架结构的安全性与抗震性能明显优于其他结构形式, 其危险点主要为砌体裂缝、非承重构件损坏, 适修性评价也具优势。底层框架-抗震墙结

构、横向局部框架和纵向砌体混合承重结构的建设时期基本相同, 施工方法类似(先砌后筑), 统计结果接近。

(4) 表 8 数据显示, 砌体大开间教室抗震性能劣于另两类校舍, 教室中设置框架结构可以有效提高抗震性能, 震后加固使用的可能性也大为提高。小开间房屋多为宿舍, 地震中学生正在午休使用, 活荷载处于使用中, 但鉴定结论好于大开间砌体结构。

砌体类校舍与鉴定结论关系(面积比/%) 表 8

结构形式		框架砌体混合 大开间教室	砌体结构 大开间教室	砌体结构 小开间房屋
危房 鉴定 结论	A 级	0.0	1.8	0.0
	B 级	68.7	31.1	49.5
	C 级	30.5	63.0	42.9
	D 级	0.8	4.1	7.6
综合 鉴定 结论	加固维修	69.5	24.4	48.0
	适修性差	23.4	27.2	22.0
	拆除更新	7.1	48.4	30.0
	面积/m ²	67 320	72 656	55 824

注: 框架砌体混合结构含先砌后筑框架和横向局部框架。

9 非结构危险点

部分学校只有一个疏散通道, 发生火灾或地震时可能会阻挡救援工作进行。都江堰新建小学在汶川地震中, 仅有的一个疏散通道因高度不能通过救援车辆, 拖延了救援最佳时机。

多数校舍仅设置一部疏散楼梯, 部分楼梯宽度不能满足建筑规范要求。楼梯间墙体贴瓷砖, 如在地震时脱落, 会在楼梯间内形成滑梯效果。什邡市洛水小学倒塌教学楼中, 部分学生已逃生至楼梯间, 因瓷砖脱

(下转第 71 页)

2.3 框架楼梯损坏情况分析

这次地震中楼梯损坏比例较大,究其原因在于设计中未将楼梯纳入框架作整体抗震分析,我国抗震规范在构造上也未明确其抗震要求,因此,楼梯实际上是未进行抗震设防的。考虑到地震中楼梯是最重要的逃生通道,因此,设计中应给予充分重视。目前,我国新修订的抗震规范(2008年版)已明确将楼梯纳入框架作整体抗震分析,但未明确其抗震构造措施。

根据表4,A类楼梯中平台板损坏比例最大,但多为轻微损坏,而梯板、平台梁、平台柱则多为严重损坏。因此,梯板及平台梁、柱应是抗震设防的重点,建议在充分研究后明确其抗震构造要求。B类楼梯未设平台柱,而将平台梁直接搁置在楼梯间墙上,属于明显的设计不合理,工程中应杜绝B类楼梯的出现。

3 结论

(1) 框架损坏比例以柱为最大,其次为楼梯。

(2) 受损框架薄弱层是底部两层且主要是由柱损坏导致。柱端是柱的薄弱部位。柱端与节点损坏主要原因是箍筋加密区箍筋间距不满足要求及锚固失效,其次为混凝土产生斜裂缝及保护层混凝土剥落。

(3) 按7度抗震设防的异形柱框架在承受0.20g地震峰值加速度时,震害轻微,表明异形柱框架的抗震性能是有保证的。

(4) 框架梁损坏以梁端混凝土轻微剪切损坏为主。

(5) 楼梯损坏原因在于未将其纳入框架作整体抗震分析,抗震构造措施也不到位。

(6) 建议适当减小底部两层柱轴压比限值;进一步发展改善箍筋锚固能力的新措施以及便于工程技术人员分析判断强柱弱梁、强剪弱弯、强节点强锚固的实用技术措施;明确楼梯抗震构造措施;在填充墙腰带梁及半截填充墙处,柱身箍筋局部加密。

参 考 文 献

- [1] GB50011—2001 建筑抗震设计规范(2008年版) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [2] GB50010—2002 混凝土结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [3] JGJ149—2006 混凝土异形柱结构技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [4] 李国强, 李杰, 苏小卒. 建筑结构抗震设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.

(上接第66页)

落致摔倒踩踏,造成楼梯间不能疏散的后果。

教室内学生数量普遍超过国家额定人数。小学额定人数为45~50人,中学额定人数为50~55人。由于缺少足够的教室及授课老师,教室内学生数量平均在65~75人,最多的一间教室里有124名高中生。

房屋建成后缺乏日常检查维修,任由结构构件带伤工作。屋面建筑防水质量差,造成承重构件长期处于潮湿侵蚀状态,降低了结构构件承载能力。

10 结语

通过本次鉴定可知,南江县校舍普遍存在结构体系不合理、抗震构造措施不足、建成品质质量差、缺少日常维护等问题,是其在5·12汶川地震中出现较多震害表现、影响校舍安全的主要原因。结合我院多项灾区震后调查,笔者认为南江县校舍建设情况在灾区一定范围内具有普遍性,可作为汶川地震中极震区大量校舍倒塌原因的辅助解释。

参 考 文 献

- [1] GB50011—2001 建筑抗震设计规范(2008年版) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [2] 建筑地震破坏等级划分标准[S]. 四川省建设厅地震应急办公室, 1990.
- [3] DB51/D0509 四川省建筑抗震鉴定与加固技术规程(2008年版) [S]. 四川省建设厅, 2008.
- [4] JGJ125—99 危险房屋鉴定标准(2004年版) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [5] GB50023—95 建筑抗震鉴定标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995.
- [6] GB50292—1999 民用建筑可靠性鉴定标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.

(上接第126页)

设计要求后,再填入干硬性混凝土,形成载体;6) 放置钢筋笼,灌注混凝土,并利用振捣棒进行振捣。

工程质量由化工部基础工程研究检测中心检测,共做三组荷载试验,最大沉降量10.54mm,均未破坏, $Q-s$ 曲线见图3。桩身完整性检测结果显示I类桩占94.7%,II类桩5.3%,无III、IV类桩。工程质量满足要求。

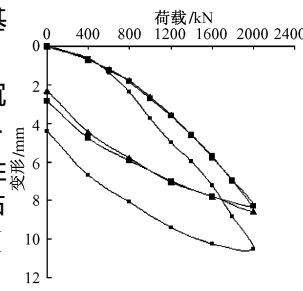


图3 载体桩 $Q-s$ 曲线

5 经济分析

两种基础形式造价分析结果见表2。从表可以看出,采用载体桩基础和采用天然地基加筏板基础相比,±0.00以下可节约造价37.3%,具有显著的经济效益。

两种基础方案经济分析对比 表2

基础类型		混凝土 /m ³	钢筋 /t	造价 /万元	±0.00以下 造价/万元
筏板基础	筏板基础	879.9	110.8	77.5	83.3
	基础垫层	190.5	—	5.8	
载体桩基础	载体桩+检测	216.8	11.3	25.6	52.2
	承台+梁+垫层	351.3	26.8	27.6	

参 考 文 献

- [1] 王继忠. 载体桩技术的诞生与发展[J]. 建筑结构, 2008, 38(4): 118-119.
- [2] JGJ/T135—2007 载体桩设计规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.