文章编号:1007-6069(2011)04-0096-06

玉树州红旗小学建筑物震害调查

谭 皓,李 杰,张电吉,张泽强,章国成
(武汉工程大学 环境与城市建设学院,湖北 武汉 430074)

摘 要:根据玉树地震灾区玉树州红旗小学建筑物震后破坏情况,结合现场图片对其破坏形态及原因进行了分析。提出了对砖混结构教学楼抗震设防的若干建议:(1)限制采用悬挑外廊式单跨多层砖混结构,最好在外走廊的外侧边加设一排钢筋混凝土柱;(2)优先采用现浇混凝土楼面板、屋面板。(3)每层设圈梁,多设构造柱;(4)建筑平面、立面布置应该规则、对称,不宜局部突出;(5)教学用房的层数应该加以限制,小学不超过4层;(6)外走廊宽度应该适当增宽;(7)在学生中普及地震应急和救生知识,每年定期开展地震灾害的应急、救生演习;(8)在学校建筑物基础与上部结构之间设置叠层橡胶支座,以减小建筑物的地震反应。

关键词:玉树;红旗小学;建筑物;震害;调查
中图分类号:P315.9 文献标志码:A

Earthquake damage investigation on Red Flag Primary School buildings in Yushu Autonomous Prefecture

TAN Hao,LI Jie,ZHANG Dianji,ZHANG Zeqiang,ZHANG Guocheng
(School of Environmental and Civil Engineering,Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074,China)

Abstract: According to the damage situation showed by spot pictures after the Yushu earthquake,the failure modes and causes of the buildings in Red Flag Primary School in Yushu Autonomous Prefecture were analysed. Some suggestions on seismic fortification of masonry construction of teaching buildings are put forward as follows:(1) The cantilever veranda style architecture of single span multilayer masonry structure is forbidden. The advice is that a series of reinforced concrete columns should be set on the outside of the veranda;(2) The cast-in-place concrete floor and roof should be preferred;(3) Ring beam should be set in each floor and more constructional columns will be set in the masonry building;(4) Symmetric and regular layout of structures should be adopted in plan and elevation diagram.(5) The stories of the teaching building should be limited,which are not higher than four stories for the primary school;(6) The width of lanai should be increased properly;(7) The knowledge of earthquake and life-saving should be popularized among the students and earthquake emergency lifesaving drill should be carried out regularly in each year;(8) Laminated rubber bearing could be set between the foundation and the superstructure of the building to decrease the seismic response on the building.

Key words: Yushu; Red Flag Primary School; building; earthquake damage; investigation

引言

2010年4月14日青海省玉树藏族自治州玉树县发生里氏7.1级大地震,玉树地区人民的生命和财产

收稿日期:2011-01-14; 修订日期:2011-05-12
作者简介:谭 皓(1966-),男,副教授,主要从事工程结构抗震研究. E-mail: ttan_3@163.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

损失严重。根据我国抗震规范的规定，该地区地震烈度 7 度，设计基本地震加速度为 0.15g，设计地震分组为第一组[1]。玉树州红旗小学位于地震震中结古镇，其建筑物受到了比较严重的损坏。文中就玉树州红旗小学部分建筑的破坏情况，并结合震后现场拍摄的图片进行震害分析。

1　震害调查分析

1.1　结构类型及破坏分类

玉树州红旗小学的教学楼、艺科楼为底层框架结构，电教楼为砖混结构。这些楼房均带有外廊，采用 240 砖墙。砖混结构由于材料的脆性性质决定了其抗剪、抗拉、抗弯强度均很低。而教室进深、开间比较大，门、窗比较多，是抗震能力相对薄弱的建筑。

小学建筑有以下缺陷: (1) 结构的抗侧刚度全靠教室周边的横墙和纵墙提供; (2) 开间和进深比较大，其抗侧移刚度相对比较小，整体刚度比较差; (3) 其破坏特征表现为脆性破坏，以斜裂缝和“X”裂缝为主，损坏主要集中在底层和 2 层。以下对玉树州红旗小学艺科楼、电教楼、教学楼等震害进行分析。

1.2　局部损坏

玉树州红旗小学的艺科楼为 3 层底层框架结构。该楼为单跨大开间和大进深的教学楼。该楼 2 层的部分教室窗框塌落，见图 1。外楼梯栏杆、门框塌落，见图 2。由于门窗、外楼梯栏杆与房屋整体连接较差，在地震作用下发生破坏而坍塌。但该楼结构构造相对完好，各层均设有圈梁，窗间墙宽度大于 1m，所有纵横墙连接处有构造柱，笔者认为该楼经过修复、采用喷射混凝土板墙将砖墙夹在中间加固之后可以继续使用。



图 1　艺科楼 2 层部分窗框坍塌

Fig. 1　Collapsed partial window-frames of second story of skill section building



图 2　艺科楼外楼梯栏杆、门框坍塌

Fig. 2　Collapsed balustrades of exterior stair and door frame of skill section building

1.3　局部严重破坏

玉树州红旗小学的教学楼为 5 层底层框架结构。该楼结构布置有外廊，是单跨大开间大进深的教学楼。该楼墙体破坏比较严重，当墙体中垂直荷载和水平地震作用引起的主拉应力超过砌体的主拉应力时，与地震力方向平行的墙体产生斜裂缝[2]。在地震力反复作用下，两方向的斜裂缝形成“X”裂缝。在玉树大地震中，教学楼内横墙出现 45°斜裂缝，见图 3。教学楼门窗口发生斜裂缝，见图 4。教学楼竖向窗间墙出现“X”形裂缝，见图 5。内窗下墙出现“X”形裂缝，见图 6。教学楼面向走廊的窗口发生八字形裂缝，见图 7。教学楼内窗上口部分砌体被压碎塌落，见图 8。

玉树州红旗小学的职工宿舍为 6 层砖混结构。该楼墙体竖向窗间墙也出现“X”裂缝，见图 9。有的窗口处出现八字形裂缝，见图 10。

现场观察这两栋楼圈梁、构造柱设置基本满足现行规范要求，达到抗震设计“大震不倒”的要求，但多处承重墙体裂缝严重，此两栋楼属于局部严重破坏，不宜进行抗震加固而需要重建。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



图3 教学楼横墙45°斜裂缝

Fig. 3 Inclined crack at an angle of 45° on transverse wall of teaching building



图4 教学楼门窗口的斜裂缝

Fig. 4 Appearance of inclined cracks on doors and windows of teaching building



图5 教学楼竖向窗间墙“X”形斜裂缝

Fig. 5 X-shaped cracks on spandrel wall of teaching building

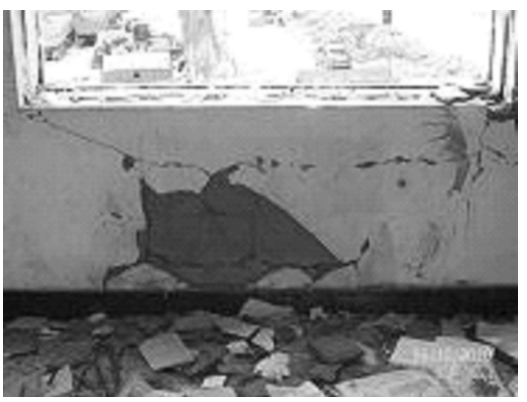


图6 教学楼内窗下墙“X”形斜裂缝

Fig. 6 X-shaped cracks on the window tower wall of teaching building



图7 教学楼内横墙的八字形裂缝

Fig. 7 Splayed cracks on transversal walls of teaching building



图8 教学楼内窗口部分砌体压碎塌落

Fig. 8 Crushed pieces and collapse of partically masonry wall around window aperture of teaching building

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



图 9　宿舍楼竖向窗间墙上“X”形裂缝

Fig. 9　X-shaped cracks on spandrel wall of dormitory building



图 10　宿舍楼楼梯间窗上口八字形裂缝

Fig. 10　Splayed cracks on staircase wall of dormitory building

1.4　局部倒塌

玉树州红旗小学的电教楼，为 3 层砖混结构房屋。2 层窗下墙体部分出现跨塌，见图 11。2 层窗间墙体部分破损严重，见图 12。电教楼边门处雨篷坍塌，见图 13。电教楼中门处雨篷坍塌，见图 14。虽然该楼没有整体倒塌，但承重墙体多处坍塌、削弱，该楼需要重建。



图 11　电教楼窗下墙跨塌

Fig. 11　Collapsed window spandrels of audio-visual teaching building



图 12　电教楼窗间墙严重破损

Fig. 12　Serious damaged spandrel wall columns of audio-visual teaching building



图 13　电教楼边门雨篷坍塌

Fig. 13　Collapse of side door awning of audio-visual teaching building



图 14　电教楼中门雨篷坍塌

Fig. 14　Collapse of the middle door awning of audio-visual teaching building

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1.5 其它

玉树州红旗小学围墙门柱发生倒塌，见图15。围墙上出现“X”裂缝，见图16。门房墙上门窗上部出现倒八字裂缝，见图17。教学楼前台阶发生破损，见图18。它们均需要进行修复。



图15 围墙门柱发生倒塌

Fig. 15 Collapse of fence doorpost



图16 围墙上出现“X”裂缝

Fig. 16 Appearance of X-shaped crack on fence



图17 门房墙上出现倒八字裂缝

Fig. 17 Appearance of splayed cracks on doorman walls



图18 教学楼前台阶发生破损

Fig. 18 Destroyed step of stairs in front of teaching building

玉树州红旗小学教学楼均没有完全垮塌，地震时学生们撤出了教学楼，但有部分小学生出校后靠街边行走，被街边建筑物掉落的碎块掩埋。这反映小学生们在发生地震时自我保护知识不足，今后应该加强地震应急和救生知识的普及教育。

2 结语

今后，在新建小学建筑的设计中，应充分吸取这次玉树地震的教训，在设计理念上做相应的调整。

(1) 小学建筑应该采用抗震性能好的结构体系，限制采用悬挑外廊式单跨多层砖混结构，最好在外走廊的外侧边加设一排钢筋混凝土柱。

(2) 优先采用现浇混凝土楼面板、屋面板。

(3) 小学建筑物要求每层设置圈梁，多设置构造柱，构造柱与圈梁形成“弱框架”，对墙体产生较大的约束。

(4) 建筑平面、立面布置应该规则、对称，不宜局部突出，建筑设计应该符合抗震概念设计的要求。

(5) 教学用房的层数应该加以限制，7度及8度建议砖混结构不超过4层。

(6) 外走廊宽度应该适当增加，以便在发生险情时，能够有效组织学生疏散。

(7) 在学生中普及地震应急和救生知识，每年定期开展地震灾害的应急、救生演习。

(8) 在学校建筑物基础与上部结构之间设置叠层橡胶支座，来减小建筑物的地震反应。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

参考文献

[1] GB50010—2001 建筑抗震设计规范(2008 年版) [S] .
GB50010—2001 Code for Seismic Design of Buildings [S] .

[2] 柳炳康，沈小璞. 工程结构抗震设计 [M] . 武汉: 武汉理工大学出版社，2005.
NIU Bingkang, SHEN Xiaopu. Seismic design of engineering structures [M] . Wuhan: Wuhan University of Technology Press, 2005.

[3] GB50003—2001 砌体结构设计规范 [S] .
GB50003 - 2001 Code for Design of Masonry Structure [S] .

[4] 赵　统，张新培，田志鹏. 汶川地震中中小学砖混结构教学楼震害特征分析 [J] . 世界地震工程，2009，25(3) : 150 - 158.
ZHAO Tong, ZHANG Xinpei, TIAN Zhipeng, Analysis of earthquake damage to masonry school buildings in Wenchuan earthquake [J] . World Earthquake Engineering. 2009，25(3) : 150 - 158.

[5] 王社良. 抗震结构设计 [M] . 武汉: 武汉理工大学出版社，2008.
WANG Sheliang. Antiseismic structure design [M] . Wuhan: Wuhan University of Technology Press，2008.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net