

# 玉树 4.14 地震钢筋混凝土框架震害调查与分析

尹保江<sup>1</sup> 罗开海<sup>1</sup> 薛彦涛<sup>1</sup> 荣维生<sup>1</sup> 叶列平<sup>2</sup> 陆新征<sup>2</sup> 冯鹏<sup>2</sup>

(1. 中国建筑科学研究院, 北京 100013; 2. 清华大学土木工程系, 北京 100084)

**摘要** 青海玉树 4.14 地震发生后, 建设部震害调查专家组于次日紧急赶往灾区进行抗震救灾与震害调查。在对有关建筑工程及供水、供电、交通、通讯等生命线工程的震害情况进行调查的基础上, 针对其中钢筋混凝土框架结构的震害情况进行了总结分析, 并提出了今后新建设和加固改造中应注意的问题和改进建议。

**关键词** 玉树地震 钢筋混凝土框架 震害调查

## Seismic Damage Investigation and Analysis on RC Frames In Yushu 4.14 Earthquake

Yin Baojiang<sup>1</sup>, Luo Kaihai<sup>1</sup>, Xue Yantao<sup>1</sup>, Rong Weisheng<sup>1</sup>, Ye Lieping<sup>2</sup>, Lu Xinzheng<sup>2</sup>, Feng Peng<sup>2</sup>  
(1. China Academy of Building Research, Beijing, 100013; 2. Tsinghua University, Beijing, 100084)

**Abstract:** Yushu 4.14 Earthquake made serious damage to buildings. Sent by Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the P.R. China, authors made an investigation on the seismic damage of buildings in Yushu autonomous county, and special investigation was made on the damage condition and characteristic of RC frame buildings. Some suggestions are proposed in this paper.

**Keywords:** Yushu earthquake; frame structure; seismic damage investigation;

2010 年 4 月 14 日 7 时 49 分, 青海省玉树藏族自治州发生里氏 7.1 震级地震, 震中北纬 33.1°, 东经 96.7°, 震源深度 14km。此次地震是汶川地震后中国大陆发生的又一次强烈地震。玉树位于青藏高原腹地, 平均海拔 4000 米以上。灾害发生后, 党中央国务院高度重视, 笔者有幸作为建设部派出的第一批建筑抗震专家工作组, 于次日紧急赶赴灾区, 开展建筑震后快速应急评估与震害调查, 掌握了不同结构类型建筑破坏情况的第一手资料, 为后续规范的修订与研究提供了大量实例依据, 并为灾后恢复重建提出了建议。

### 1、R. C. 框架结构震害情况调查

由于玉树州经济不发达, 框架结构的比例较少。现场调查了多栋框架结构, 总的来说, 严格

按照新规范设计施工、计算模型与实际情况接近的建筑, 震害较轻; 建造年代较久或非正规设计施工的建筑, 破坏较为严重, 甚至倒塌。

#### 1.1 框架梁柱震害情况

玉树州建设局对面的四层框架刚建成, 没有填充墙, 基本无外围护墙, 结构比较规则, 实际情况与计算模型比较吻合, 震害表现在一层围护墙窗口角部出现斜向裂缝, 主体框架基本完好。



照片 1 州建设局对面四层框架

玉树州人民医院门诊楼为六层 R. C. 框架结

构，地震发生时主体结构基本完工。震害表现为个别柱根部箍筋间距过大导致主筋压曲、混凝土保护层剥落；底层柱顶保护层混凝土压溃，边跨梁端开裂；由于没有砌筑填充墙，框架地震反应与计算分析接近，框架基本完好。



照片 2 州人民医院新门诊楼



照片 3 框架柱根箍筋间距过大，主筋压曲



照片 4 底层柱端保护层混凝土压溃



照片 5 框架边梁端“X”形斜裂缝

玉树州农发行为四层框架结构，正在装修阶

段，地震造成二层柱端混凝土酥碎、主筋压曲，楼梯梁板破坏，填充墙严重开裂。



照片 6 州农业发展银行办公楼二层柱端混凝土酥碎主筋压曲

玉树州藏医院办公楼为新建三层（局部四层）框架结构，地震造成照片中右侧底层三根柱上端混凝土酥碎、主筋压曲，底层混凝土空心砌块填充墙破坏。



照片 7 州藏医院底层柱端砼酥碎、钢筋压曲

玉树州康巴宾馆为四层框架结构，地震造成半地下室和底层柱上端混凝土酥碎，底层混凝土空心砌块填充墙破坏。



照片 8 康巴宾馆底层角柱柱端破坏

州烟草专卖局办公楼为五层框架结构,地震造成个别底层梁柱节点混凝土剪切破坏和底层填充墙开裂,除此以外主体结构基本完好。



照片 9 州烟草专卖局办公楼底层梁柱节点破坏

水上公园违章建筑为三层框架结构,一、二层临街一侧无围护墙,其余三面均有围护墙,造成一二层平面刚心和质心偏差较大,三层和下层侧向刚度差别较大,导致一层完全倒塌,二层柱部分折断、部分出现塑性铰,严重侧移,并伴随扭转现象,三层混凝土空心砌块填充墙开裂。



照片 10 底层倒塌二层侧移并扭转

### 1.2 框架楼梯震害情况

与汶川地震震害相同,楼梯踏步板出现水平裂缝,钢筋压曲,楼梯梁端和跨中破坏,个别引起相邻框架梁端的破坏。现浇楼梯在框架中起了“K”形支撑的作用,反复的水平地震作用使得框架结构的楼梯梁和板出现了不同程度的损坏。

随着楼层的增高,楼梯的破坏程度逐渐减轻。



照片 11 州医院楼梯相邻框架梁端斜裂缝



照片 12 州医院楼梯踏步板破坏,主筋压曲



照片 13 州农发行楼梯梁破坏

### 1.3 填充墙震害情况

由于填充墙数量、沿平面和竖向位置的不确定性、砌筑质量差异等因素,导致目前的做法很难合理的考虑和解决填充墙的问题,填充墙部分参与了主体结构的抗震,但由于其强度较低、刚度较大、延性较差,造成地震作用下大量破坏。

## 2 结论

通过对框架结构震害的现场调查分析,可以得出如下结论:

(1) 按照规范正规设计和施工的框架结构基本完好或轻微破坏, 个别柱和节点震害严重;

(2) 框架结构的楼梯震害情况较重, 表现为楼梯梁中部和端部破坏、楼梯板在 1/3 跨处破坏; 随着楼层的增加, 震害逐渐减轻。楼梯作为一种侧向支撑, 参与主体结构的水平抗震, 其影响应予以重视。



照片 20 州农发行填充墙严重开裂



照片 21 州藏医院底层填充墙破坏

(3) 填充墙的震害情况、对主体结构的影响, 与其砌筑质量、拉接措施、填充墙布置的数量和位置等密切相关, 破坏程度不一。未布置填充墙或填充墙沿平面对称布置、沿竖向上下连续

的情况, 主体结构破坏轻微; 填充墙沿平面偏于一侧置、沿竖向上下不连续等, 导致主体结构发生扭转破坏和柔底层形式破坏, 甚至倒塌。

### 3 启示

通过上述调查和分析, 可以得到如下启示:

(1) 结构抗震体系应有多道抗震防线, 以保证结构“大震不倒”设防目标和更高的性能化要求的实现。

(2) 虽然部分计算软件能考虑楼梯参与主体结构的抗震作用, 但是按照目前的设计方法和构造措施, 仍然无法避免地震时楼梯的破坏, 影响了地震逃生, 震后修复难度也较大。

借鉴国外的一些作法, 可以在楼梯与框架之间设变形缝、或将楼梯踏步板一端设置成滑动支座, 或是在楼梯间的两侧设置剪力墙、支撑等抗侧力构件, 以消除楼梯的不利影响。

(3) 框架结构中, 由于填充墙数量、平面和竖向布置位置的不确定性, 无法真实反应填充墙的影响。鉴于此, 建议将外围护墙采用与梁板现浇、与框架柱设构造缝脱开的方法, 用油膏等弹性材料嵌填构造缝, 内部隔墙采用预制轻质墙板, 与主体结构柔性连接, 这样可以避免计算模型与实际情况的较大差异, 保证结构与非结构构件的安全。

作者简介: 尹保江 (1972.12 - ), 男, 研究员, 一级注册结构工程师, 主要从事工程抗震研究工作。

通讯地址: 北京市北三环东路 30 号 邮政编码: 100013 联系电话 010-64517454, E-Mail: bjyin@sina.com