

# 汶川地震中教学楼倒塌调查分析

——5·12 汶川地震三周年祭

徐有邻<sup>1</sup>, 巩耀娜<sup>2</sup>

(1. 中国建筑科学研究院, 北京 100013; 2. 建研凯勃建设工程咨询有限公司, 北京 100013)

**摘要:** 根据对汶川地震中村镇地区教学楼破坏情况的实地调查, 详细介绍了倒塌现象并进行了深入分析。研究表明: 结构方案缺陷、整体稳固性不足是造成倒塌的根本原因; 构件间连接构造措施缺失导致结构解体; 而结构材料的脆性和施工质量失控造成结构综合抗力不足。具体表现为: 结构体系头重脚轻, 刚度不均; 传力途径单薄, 缺乏冗余约束; 关键传力部位严重削弱, 缺乏抵抗水平作用的能力; 墙体缺乏圈梁-构造柱约束; 预制板没有任何连接构造措施; 材料(混凝土、砌体、冷加工钢筋)强度不足或延性很差; 任意加层改造等。历史造成的管理缺失和不遵守有关的标准、规范是人为方面的原因。因此, 加强管理和遵守标准规范至关重要。

**关键词:** 教学楼; 倒塌; 震害分析

中图分类号: TU312.3 文献标志码: A

## Investigation of collapse of teaching buildings during the Wenchuan Earthquake: third anniversary memorial of 5·12 Wenchuan Earthquake

XU Youlin<sup>1</sup>, GONG Yaona<sup>2</sup>

(1. China Academy of Building Research, Beijing 100013, China;

2. CABR Construction Consulting Co., Ltd, Beijing 100013, China)

**Abstract:** Based on the on-the-spot investigation of the damages to teaching buildings of schools in rural areas during the Wenchuan Earthquake, the collapse phenomena was introduced and analyzed in depth. Research results indicate that the deficiency of the conceptual design of the structure, i. e. the insufficient whole structural robustness, is the fundamental cause. The dismantle of the structure is attributed to the deficient connection construction measures. The brittleness of the construction material and the uncontrollable construction quality leads to the inadequate overall resistance of structure. The collapses of structures were also due to the following reasons: the top-heavy structural system, uneven distribution of stiffness, inadequate load transfer path, lack of redundant constraint. Critical components of load path severely weakened, lack of horizontal load resistance, lack of ring beam-structural column restraint, precast slab without any connection measures, insufficient strength and ductility of materials such as concrete, masonry, and cold steel. Arbitrarily added stories, and etc. As a result of historic reasons, the poor management and violation of standards are human related factors. Consequently, it is important to strengthen management and the compliance with standards and codes.

**Keywords:** teaching building; collapse; seismic damage investigation

## 0 引言

汶川地震中村镇地区学校教学楼多有倒塌,师生伤亡惨重。媒体报导后舆论哗然,“教学楼倒塌”问题成为公众舆论的焦点。见诸媒体和网上的意见很多,加上某些境外敌对媒体企图歪曲和丑化我国形象,这就使事情更加复杂。作为参加现场救灾的专业人员,不能让感情的因素左右自己而作情绪化的判断。作者曾专门对教学楼倒塌问题做过实地调查研究,结论与当时的普遍看法不尽相同。但在当时情势下讲实话很困难,只能保持沉默而更加努力地工作以总结教训。现在公众的心态已从冲动中恢复平静,有条件通过本文表达作者的观点,供公众明鉴。文中详细介绍了教学楼倒塌的调查情况,并深入分析了倒塌的原因及应吸取的教训。

## 1 概述

### 1.1 倒塌的地域和时代特点

调查中发现倒塌的教学楼具有明显的地域规律和时代特征。龙门山山区、山前区的村镇学校倒塌较多,而川西平原及城市中的学校则结构基本完好。上世纪早期教学楼占倒塌的85%以上,而本世纪新建的校舍则基本经受住了地震的考验。

### 1.2 倒塌原因分析

地震发生后对“教学楼倒塌”的最多的指责是“豆腐渣工程”,并要求追究责任、严惩有关人员;争议的焦点主要有:砌体结构抗震性能差,要求限制使用该结构形式;预制圆孔板是造成伤亡的主要原因,应取消预制构件和装配式结构……。通过调查分析和研究,作者认为结构方案、传力途径、连结构造措施不当才是造成教学楼倒塌的根本原因。

## 2 村镇教学楼结构型式及破坏形态

### 2.1 教学楼的要求及布置

我国对教学楼的设计,根据国情相应规范规定,每班40~50人,每间教室长约9~10m,宽约7m。考虑交通和疏散要求,必须前后开门。根据采光和通风要求还须有3m以上的净空和较大的开窗面积。此外南方多雨地区教室外还应设置宽度2m以上的雨棚;对于多层教学楼的走廊和楼梯宽度不低于2m;楼梯间与最远教室的距离一般不超过3间教室。

### 2.2 砖木结构平房教室

上世纪70年代及以前的农村校舍,教室结构多为砖墙-木屋架平房加雨棚的结构形式(图1a)。地

震中这些房屋大多数结构因墙体倾覆而倒塌(图2a);而采用木柱-屋架形式的房屋则由于结构具有“矮、轻、柔”的特点而多未倒塌。这类房屋现存很少,且多作为仓库等辅助用房,损失不大。

### 2.3 二层教学楼

80年代随着教育发展,教学楼多改造为一楼一底的二层楼房形式。教学楼体形虽未改变,但室外雨棚直接作为外走廊。为满足交通和上、下楼的功能,还增设了楼梯间。竖向结构均采用砖砌墙体或立柱承重,水平则为预制预应力圆孔板装配成的楼盖,但未采取任何连接构造措施。屋盖一般仍为木屋架(图1b)。这类楼房大多在地震中严重受损或倒塌(图2b)。但由于数量不多,且多为辅助用房(实验、音乐、办公、库房等),伤亡不大。

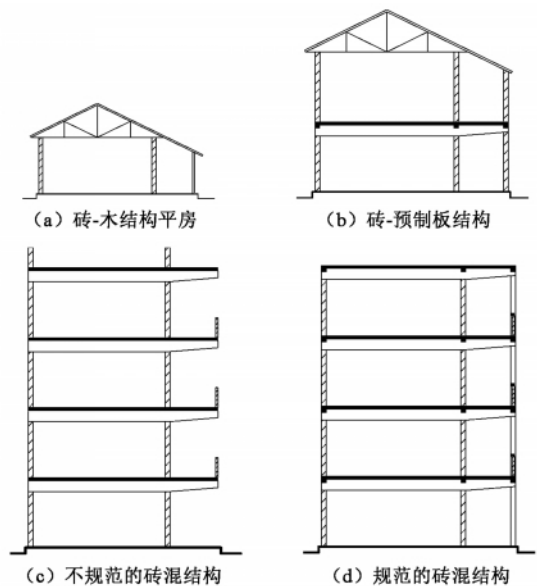


图1 教学楼结构型式的演变

Fig. 1 Evolution of structural forms of teaching building

### 2.4 不规范的砖混结构多层教学楼

上世纪90年代后经济条件改善,普遍建起三、四层的教学楼,多采用砖砌墙体和预制梁-板装配式楼盖的结构形式,但多未经正规设计、施工。结构没有设置圈梁-构造柱以及梁垫、砖加筋等构造措施;预制圆孔板端部和板侧也未做任何连接构造(图1c)。此类楼房中有些是在前述二层楼房上增层改造而成。由于没有正规的设计、施工和验收,地震中这类楼房大多倒塌。由于是村镇教学楼最普遍的结构形式,因此造成了大量伤亡(图2c)。

### 2.5 按规范建造的砖混结构教学楼

本世纪四川教育部门为普及九年制义务教育(普九工程),按规范设计、施工、验收而建造的教学楼都是装配式楼盖砖混结构楼房(图1d)。由于按规范采取了必要的构造措施,基本没有倒塌。例如中国建筑西南设计研究院为“普九”而设计建造的二百

多栋村镇教学楼,有65栋就处在强震区,地震后无一倒塌,仅有轻微损伤(图2d)。



(a) 砖-木结构平房倒塌(通济学校)



(b) 砖-预制板结构二层楼房严重受损(通济学校)



(c) 不规范砖混结构教学楼倒塌(聚源学校)



(d) 断层边规范建造的砖混结构教学楼未倒塌(白鹿学校)

图2 不同结构形式教学楼的破坏形态

Fig. 2 Failure patterns about different structural forms of teaching building

### 3 结构方案不合理

#### 3.1 横向头重脚轻,传力途径单薄

一般教学楼的教室前后为单砖横墙,中间布置两根高650~700mm的钢筋混凝土梁,梁长超过9m,其中一侧约7m跨长支承于窗间墙,另一侧则悬臂2m以上,以支撑外走廊及栏杆。图3为教学楼结构的

横剖面图。由图中可以看出,教学楼横向为单独大跨(教室)加悬臂(外走廊)的多层结构,整个结构体系竖向传力途径只有底层两片纵向墙体,为典型的强梁-弱(薄)墙形式,结构体系软弱。楼层荷载向下传递,大多由底层走廊墙承受。只要底层墙体任何一处出现问题,由于没有多余的备用传力途径,便会立刻塌垮。此外,由于整个房屋头重脚轻,刚度不匀,整体稳固性很差,在地震作用下结构就容易失效,甚至倒塌。

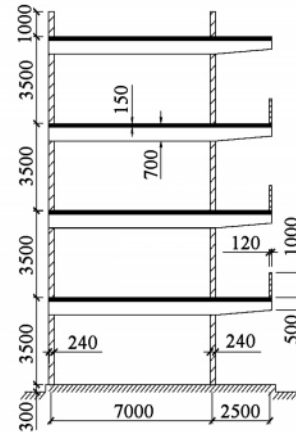


图3 教学楼横向头重脚轻

Fig. 3 Top-heavy structural form of teaching building

#### 3.2 关键构件严重削弱

教学楼结构体系中承担最大荷载的底层走廊墙是传力途径中最关键的部位,砖砌墙体单砖厚240mm、高约3500mm,由于门窗开洞过多而变得支离破碎。仅有1m多宽的单砖窗间墙体,支撑着大跨度钢筋混凝土梁及绝大部分上层荷载。而且即使这样单薄的底层窗间墙,支撑的大梁往往还偏心而造成传力不畅,并在砖砌体墙中引起次应力(图4)。这样受到严重削弱的传力构件一旦失效,不可避免地会引起连续倒塌。

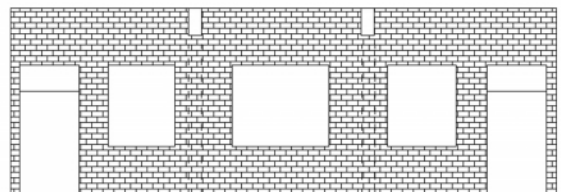


图4 关键传力构件走廊墙受到严重削弱

Fig. 4 Corridor wall, as key force-transfer part, was severely weakened

#### 3.3 纵向缺乏可靠的依托

教学楼一般沿纵向排列6间左右的教室,每间教室三个开间,教室前后为高约3.5m的单砖承重横墙,而中间则布置两根大梁。如此空旷的空间,地震时仅依靠教室两侧的纵墙承担纵向水平作用力,缺

乏纵向可靠的依托。图5为教学楼结构纵剖面图。由图中可以看出,墙体在纵长方向上缺乏可靠的依托,结构体系脆弱。由于所有的横墙都与楼盖(现浇或装配整体楼板)连成一体,只要其中的一片横墙倒塌,就可能因拉结作用而引发连续倒塌。

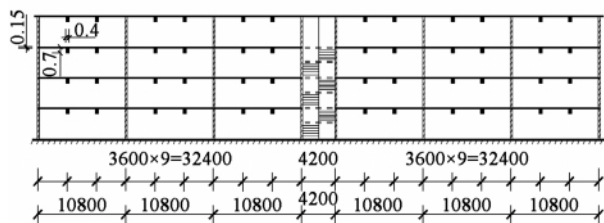


图5 教学楼结构纵向缺乏可靠依托

Fig. 5 Lack of vertical load resistant capability in teaching building structure

### 3.4 楼梯间为薄弱环节

教学楼通常在其中间位置布置楼梯间,故削弱了结构的整体性。楼梯间造成楼盖缺口而形成蜂腰瓶颈,容易产生应力集中而成为相对薄弱的区域。此外由于梯段板在竖向造成的结构错位,地震引起水平力通过梯段和休息平台作用于砖墙腰部,极易引发墙体倒塌。因此作为多层砖混结构的楼梯间,也是引发倒塌的薄弱环节。

### 3.5 任意加层改变结构形式

此次地震引发的教学楼倒塌有相当多是在原建筑上加层扩建而成。调查中发现,有些倒塌的教学楼曾任意加层。最严重的是原二层的楼房分别加了1~2层而变成3~4层的楼房。而且这种加层建造是在既无设计,又无正规施工的情况下进行的。早期教学楼本身就安全度不足,再增加其荷载,就更加头重脚轻,不堪重负而塌垮。

### 3.6 结构整体稳固性差

归纳以上分析,可以看出教学楼的结构方案存在着根本性的缺陷,结构的整体稳固性(robustness,鲁棒性)严重不足,这是造成倒塌的根本原因。构件承载力仅控制截面屈服或局部破坏;而结构整体稳固性则涉及结构体系的破坏或倒塌,两者不属结构安全的同一层次。结构整体稳固性是结构安全的最重要因素。

## 4 连接构造薄弱导致结构解体

### 4.1 墙体缺乏圈梁-构造柱的围箍约束

唐山大地震以后,我国规范规定地震设防区砖混结构的砌体墙中必须设置完整的圈梁-构造柱体系。即每层必须有封闭交圈的钢筋混凝土圈梁;纵横墙交叉及拐角处必须设置通高的钢筋混凝土立

柱。由于砖砌体是脆性材料,除可受压外其它力学性能极差,很容易破碎、倾覆、倒塌。采用圈梁-构造柱体系对其进行围箍约束,受力性能才能得到改善。

调查中发现,凡是倒塌的教学楼都没有设置圈梁-构造柱体系;有些虽有圈梁但不设构造柱,砖墙仍未受到有效约束。脆性的墙体没有围箍,难以抵抗水平地震作用所引起的拉、弯、剪、扭等内力,破坏和倒塌成为必然。图6为无圈梁-构造柱教学楼的倒塌。



图6 无圈梁-构造柱教学楼的倒塌(汉旺镇学校)

Fig. 6 Collapse of teaching buildings without ring beam-structural column (school in Hanwang Town)

### 4.2 砖墙缺乏必要的连接构造措施

砌体规范中要求集中力作用处的砖墙应加混凝土垫块以分散压力,避免局部承压破坏;在墙体的重要部位和交叉处还应在灰缝中加配构造钢筋(砖夹筋)以改善受力性能(延性)和整体性;在与混凝土构件交界处还应设置拉结筋(胡子筋)以加强连接和共同受力。但在调查中发现,大多数梁下均无垫块,在倒塌废墟的残墙中也未见砖夹筋和拉结筋。显然这种连接构造上的缺失,也是造成砖墙倒塌的原因。图7为连接构造措施缺失造成窗间墙的破坏状态,图8为没有拉结筋而造成女儿墙、走廊栏杆板等砌体塌落的情况。



图7 底层窗间墙严重受损濒临倒塌(小渔洞学校)

Fig. 7 Wall between windows badly damaged and was on verge of collapse (school in Xiaoyudong)

### 4.3 底层窗间墙及楼梯间未加强

混合结构的楼梯间和窗间墙等关键受力部位应通过构造措施予以加强,例如采用框架结构形式或有完整的圈梁-构造柱体系。图7所示的底层窗间墙不仅没有构造柱、拉结筋、梁垫、砖夹筋,而且支托的





图8 无拉结筋的女儿墙、栏杆塌落(通济学校)  
Fig. 8 Collapse of parapet wall parapet and railing without binding rebar (Tongji Middle School)

大梁还偏向一边放置,致使墙体开裂破碎而濒于压溃。未予加强的楼梯间在地震中大多倒塌,而以圈梁-构造柱局部加强后却在楼层倒塌的情况下楼梯间并未倒塌(图9)。



图9 局部加强后的楼梯间并未倒塌(聚源中学)  
Fig. 9 Stairwells local strengthened did not collapse (Juyuan Middle School)

#### 4.4 预制板侧无咬合围箍

按规范和标准图规定,预制板板侧应做成齿槽形,在预制板安装灌缝以后,依靠灌缝混凝土的键齿咬合作用,可以实现板间传力。再加上圈梁的围箍作用,装配式楼盖可具有良好的整体受力性能。但灾区的所有预制圆孔板侧均为斜平边,很多板侧拼缝中未见到混凝土,而且周边还没有围箍的圈梁。未形成整体楼盖的单板分散受力状态,在地震时坠物撞击或意外荷载作用下很容易折断、解体、坠落而造成伤亡(图10)。

#### 4.5 预制板端浮搁无锚固措施

按规范和标准图规定,预制板板端还必须伸出锚固钢筋(胡子筋)互相连接(扭接或焊接)并与圈梁钢筋连接。同时圆孔板孔端一定深度范围内还须设置堵头,并浇筑灌缝混凝土牢固连接,形成可靠的装配整体式楼盖。而在灾区预制板普遍只浮搁在砖墙或梁顶上,所有用于锚固的钢筋紧贴板端弯起,未起到锚固作用。板端没有灌缝混凝土,或者只用强度极低的砂浆填塞。无锚固连接的散板拼装而成的楼盖,经不住地震的水平往复作用就会板端脱落,板体下坠而造成伤亡(图11)。



图10 板侧无灌缝咬合整体性差而坠落(聚源中学)  
Fig. 10 Falling board without irrigation side seams (Juyuan Middle School)



图11 预制板端无连接锚固措施而坠落(聚源中学)  
Fig. 11 Falling board without connection anchorage measures at block ends (Juyuan Middle School)

#### 4.6 墙体倾覆引起楼盖破坏

汶川地震中坠落的预制板造成了严重人员伤亡,因此装配式楼盖结构形式受到质疑,有些地方行政主管部门还准备用强制手段取缔预制圆孔板,推行现浇混凝土楼盖。事实上,导致倒塌的根本原因是竖向构件(墙体)的倾覆,预制板坠落只是因此而引起的次生效应。图12为采用圈梁-构造柱约束的墙体经地震反复作用后,虽已破碎但未倒塌,其上支承的预制装配式楼盖基本完好,这与大量因墙体倾覆而引起的楼盖破坏和预制板坠落(图6)形成鲜明的对比。



图12 下部墙体采用圈梁-构造柱约束的装配式楼盖未破坏(小渔洞商场)

Fig. 12 Well walls can prevent destroy of fabricated floors (Xiaoyudong Mall)

#### 4.7 竖向构件倒塌是引起伤亡的根本原因

墙、柱等竖向构件倒塌引发楼盖坠落,而且后果更加严重。图13为某现浇混凝土框架倒塌的状况。

厚重现浇楼盖在地震作用下的巨大水平惯性力是造成倒塌的重要原因,而叠压在一起的整体楼盖使其其中的人员绝少有生还的可能。而比邻建造轻巧得多的预制装配式楼盖砖混结构楼房却经历了地震的考验。因此装配式结构未必不安全而现浇结构未必可靠,问题在于按现行规范采取必要的连接构造措施就可确保结构安全,大量“普九教学楼”无一倒塌的事实就是例证。



图 13 混凝土框架倒塌后楼盖叠压的情况 (薛延涛提供)

Fig. 13 Overlapping of floors after concrete frame collapsed (from Xue Yantao)

节材、环保要求和建筑产业化进程的发展,用钢量和混凝土成倍减少的装配整体式楼盖还将得到长足发展,关键在于必须严格按现行规范和标准建造。

## 5 材料性能施工缺陷造成抗力不足

### 5.1 砌体强度不足、脆性破碎

在灾区倒塌或严重受损的砖混结构教学楼中,可以看到砖砌墙体裂缝、破碎、酥裂的痕迹(图 14)。由于现场检测手段有限,在经历地震作用后已很难测定其原有的强度。但可能存在砌体强度不足问题,以及在许多关键受力部位可能未设置“砖夹筋”和“拉结筋”构造措施,致使地震时墙体发生脆性破坏,甚至压溃、倾覆、倒塌。



图 14 砖墙的开裂、破碎(汉旺镇)

Fig. 14 Cracks of brick wall (Hanwang Town)

### 5.2 豆腐渣混凝土问题

在灾区倒塌教学楼的废墟中,确实可以看到状如豆腐渣的破碎混凝土构件(图 15)。但是结构混凝土在遭受远超过设防的罕遇强震反复作用而产生裂缝、房屋倒塌时结构的撞击、抢救被埋人员时的翻倒……这些意外作用而造成的“豆腐渣状态”并不能证明原结构混凝土的强度不足。



图 15 状如豆腐渣的破碎混凝土构件(聚源中学)

Fig. 15 Broken concrete component like 'bean curd residue' (Juyuan Middle School)

### 5.3 卵石混凝土及施工缺陷

虽然结构混凝土的强度很难测定,但施工质量较差的混凝土却可从外观上加以判断。图 16 为施工质量极差的“蜂窝混凝土”,图 17 为填塞了大量卵石的“卵石混凝土”。前者是施工质量失控的结果,后者是上世纪非正规建筑队为节省而在施工中填塞河卵石的结果。这些质量低劣的混凝土严重影响了结构混凝土的性能,也是造成结构破坏的原因。



图 16 施工质量极差的“蜂窝混凝土”(汉旺镇)

Fig. 16 Honeycomb concrete with poor construction quality (Hanwang Town)



图 17 倒塌结构中的“卵石混凝土”(聚源中学)

Fig. 17 'Pebble concrete' in collapsed structure (Juyuan Middle School)

### 5.4 冷加工预应力钢筋断裂造成结构解体

热轧钢筋具有良好的延性,在地震作用下产生



大变形仍保持不断裂。图 18 为配置连续热轧钢筋圈梁在支承墙体倒塌后,仍能以悬索机构支撑房屋而未倒塌。但对钢筋进行冷加工后,强度虽有提高但延性大幅度损失。因此,国外从无用冷加工钢筋作预应力配筋的做法。我国在物资匮乏,经济困难时期曾有使用冷拔低碳钢丝预应力圆孔板的历史,造成冷拔低碳钢丝预应力圆孔板的普遍断裂(图 10、11),因此将冷加工钢筋用作预应力钢筋易脆性断裂。

目前,我国钢产量已能满足基建要求的情况下,仍大力推广冷轧带肋钢筋用于预应力配筋,造成安全隐患。汶川地震中大量近期生产的冷轧带肋钢筋预应力圆孔板断裂、下坠造成伤亡惨重,这种血的教训应该认真反思。图 19 为冷轧带肋钢筋圆孔板断裂后悬挂的状况。采用冷轧扭钢筋配筋的部分楼梯板也有断裂的现象(图 20)。



图 18 配置连续热轧钢筋圈梁的结构未倒塌(汉旺镇)

Fig. 18 Ductility of components reinforced with hot-rolled steel (Hanwang Town)



图 19 冷轧带肋钢筋圆孔板断裂(汉旺镇)

Fig. 19 Fracture of round orifice plate with cold-rolled ribbed reinforcement (Hanwang Town)

### 5.5 冷加工钢筋质量不稳定

对钢筋进行冷加工(冷拉、冷拔、冷轧、冷扭等)以后,强度提高不多而延性大幅度损失。表现为伸长率以及屈强比的大幅度减小,因此冷加工钢筋很容易在变形不大时脆断,造成构件解体。为此,冷加



图 20 冷轧扭钢筋楼梯板断裂(冯远提供)

Fig. 20 Fracture of stair board with cold-rolled and twisted bars (from Feng Yuan)

工钢筋必须加强管理,谨慎使用。但近年冷轧带肋钢筋在推广过程中失去控制,特别是作坊式生产的冷轧带肋钢筋质量极不稳定,造成普遍的结构隐患。在汶川地震中大量配置冷轧带肋钢筋的预应力圆孔板断裂、下坠引起了人员伤亡。

对于结构安全,传统观念多重视强度。但地震作用实际是一种强迫位移,因此影响更大的是材料延性。上述失去围箍约束的砖墙和变形性能极差的冷轧带肋钢筋都发生脆性破坏,导致竖向构件(墙体)的压溃、倾覆和水平构件(楼板)的断裂、解体,造成教学楼结构的倒塌。因此,结构材料的延性(伸长率、强屈比)应在设计中受到高度重视。

## 6 启示

### 6.1 规范标准的作用

本文详细介绍了教学楼倒塌的技术原因,更深层次地分析限于篇幅将另文专述。从唐山地震以来,我国抗震工程学科从无到有得到迅速发展,并已提出许多适合国情的有效抗震措施。这些成果已明确地反映在有关的设计、施工、验收规范中。唐山地震使整个城市夷为平地,而这次地震所造成的损失却相对较小。即使在重灾的青川、都江堰及汉旺等地,严重受损的房屋约占 50%,倒塌的不足 10%。而这些倒塌建筑和普遍倒塌的农村房屋,是按规范设计建造的非正规房屋。所有到现场调查的专业人士都认为:设计规范在抗震减灾、保护人民生命财产安全方面的作用非常明显。

### 6.2 汶川地震的教训

造成生命财产惨重损失的根本原因是“天灾”和“人祸”。不可抗拒的罕遇特大地震是“天灾”,但近年智利、新西兰地震的伤亡却小得多,这促使我国工程技术人员不得不作更深刻的反思。由于历史的原

因造成龙门山区农村较为贫困,迫使其因陋就简地建造校舍,以及不重视科学技术、不遵守标准、规范,造成了那个时代农村校舍的质量低劣。几十年前种下的祸根至今才得以暴露出来,因此要追究现在的“贪官”或“奸商”并无实际意义。而由于历史原因造成的“贫困”和“愚昧”才是“人祸”的真正原因。因此吸取教训,深刻反省和批判不重视标准、规范的行为,才是避免今后重蹈复辙的根本举措。

## 7 结语

汶川地震的阴霾逐渐散去,人们已从悲伤和沉重中逐渐恢复过来。但从灾区回来以后,作为终生从事结构研究的技术人员,深感肩负责任的沉重。现在我国已基本实现小康,令人担心的不再是“贫困”和“愚昧”,而是“侥幸心理”和“诚信缺失”。

汶川地震已过去三年了,现时结构设计中的“低价竞标”又十分盛行。实际在建筑造价中结构的材料费用所占比例很小,每平方米几十元的用钢量足以提高一个安全等级。但抱着天灾只偶然发生的侥幸心理,还要千方百计地克扣,完全无视结构安全和人

的生命、财产安全。

此外近年“诚信缺失”已成为市场经济的毒瘤,建筑业无疑是重灾区。出于唯利是图目的的偷工减料行为相当普遍,除“豆腐渣”材料以外,“瘦身钢筋”(即将钢筋超限拉长为冷拉钢筋)或“抽筋师”(抽掉现场配筋而获取非法利润)又是例证。层出不穷的造假行为已很难用规范、标准加以制约。如不坚决整顿建筑市场,形成行业的潜规则以后就难以收拾了。

上述种种不良行为所造成的结构缺陷,尽管由于规范、标准的安全余量暂时还不致暴露出来,但潜伏在房屋中终为隐患。在未来漫长使用期内,如再发生天灾(地震、洪水、台风、冰雪等)或人祸(爆炸、撞击、火灾等),难免再次发生房倒屋塌的惨剧。

值此汶川地震三周年之际,撰写此文以祭奠逝者,并作为对世人的警示。

### 参 考 文 献

- [1] 徐有邻. 汶川地震震害调查及对建筑结构安全的反思[M]. 北京: 中国建筑工业出版社 2009.
- [2] 中国建筑科学研究院. 2008年汶川地震建筑震害图片集[M]. 北京: 中国建筑工业出版社 2008.