11. 汶川地震后都江堰市砌体结构震害调查及修复建议

刘岸雄　苗启松　李文峰　李兴旺

（北京市建筑设计研究院，北京　100045）

摘　要：汶川地震后，作者于5月14日～22日对都江堰市区和附近村镇进行了应急评估和震害调查工作。本文分类列举了都江堰地区的砌体结构震害，分析了震害发生的原因，并针对典型震害给出了修复建议。

关键词：汶川地震；砌体结构；震害调查；修复建议

1　引言

汶川地震发生后，本文作者前往灾区进行抗震救灾和调查工作。本文主要根据作者2008年5月14日～22日在都江堰市区和附近村镇砌体结构的震害调查的结果整理和分析而成。分三个部分进行论述，第一部分为多层砌体结构，第二部分为底层框架结构，第三部分为加固砌体结构。根据现行建筑抗震规范规定，都江堰地区抗震设防烈度7度，基本地震加速度值为0.10g。

目前我国关于建筑物性能鉴定的标准有：《建筑抗震鉴定标准》、《危险房屋鉴定标准》、《民用建筑可靠性鉴定标准》[1~3]等。由于此次地震破坏力大、波及面广，大量建筑物急需尽快进行鉴定和修复；同时，这些地区在较长时间内仍存在遭受较大余震的危险。因此，本文依据这些规定和震害的实际情况，针对此次地震受损砌体房屋提出了针对性的结构修复建议。

2　多层砌体结构

2.1　震害调查分析

通过对都江堰市多层砌体结构在汶川大地震后的震害调查发现，多层砌体结构的震害有如下几种情况：①完全倒塌或部分倒塌，如聚源中学；②墙体出现明显的X形裂缝（图1）或斜裂缝、局部酥碎、个别墙体出现水平裂缝，大多数多层砌体结构的震害属于此种情况；③部分墙体出现轻微裂缝；④墙体完好或个别墙体出现轻微裂缝；大概有15%左右的多层砌体结构的震害属于第三或第四种情况。此次没有见到纵横墙连接处出现竖向裂缝的情况。

完全倒塌或部分倒塌、破坏非常严重的建筑物一般有如下几方面的原因：①未按《建筑抗震设计规范》[4]设置圈梁、构造柱；②砂浆强度低；③施工质量差。

例如图3所示的倒塌教学楼，从震害调查的结果分析，造成此教学楼完全倒塌的原因

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

有如下几个方面：①纵墙开洞多，窗间墙宽度仅 1.2m 左右，纵向抗震能力较弱，而地震震动方向刚好沿教学楼的纵向；②未按《建筑抗震设计规范》要求设置构造柱；③砂浆强度低；④预制板的胡子筋没有锚入花篮梁现浇部分。

此次地震还验证了构造柱对砌体的约束作用，使之有较高的变形能力，能加强砌体结构的抗倒塌能力。例如图 4 所示的教学楼，位于平武县平通镇，按 7 度设防，遭遇烈度 9～10 度，虽然破坏相当严重，但因为设置了圈梁、构造柱，所以在遇超烈度大震后并没有倒塌。

从震害调查的结果看，设计符合规范要求、施工质量有保证的建筑物一般能实现“小震不坏，中震可修，大震不倒”的抗震设防目标。



图 1 砌体结构窗间墙 X 形裂缝



图 2 砌体结构构造柱破坏



图 3 完全倒塌的教学楼（纵横墙交接处无构造柱）



图 4 严重破坏的教学楼（有构造柱）

2.2 震害鉴定

进行鉴定时，震害调查包括如下几方面内容：

(1) 房屋的结构布置方案：纵墙承重、横墙承重、纵横墙承重。

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

(2) 结构是否发生了整体倾斜以及整体倾斜的程度。

(3) 圈梁、构造柱的设置情况及破坏情况 (图 2)。

(4) 墙体 (不包括窗下墙) 的破坏程度：根据墙体的最大裂缝宽度可将墙体划分为基本完好、轻微损坏、中等破坏、严重破坏四个等级。基本完好：墙体无可见裂缝；中等破坏：1.5mm＜墙体的最大裂缝宽度≤5.0mm；严重破坏：墙体的最大裂缝宽度＞5.0mm。然后分别按纵横墙统计各种破坏程度的墙体所占的比例。

(5) 砖或砌块和砌筑砂浆的强度、风化或粉化程度。

2.3 修复建议

根据调查结果，针对不同的破坏情况，建议采用如下不同的措施进行处理：

(1) 结构发生了整体倾斜，可根据整体倾斜的程度分两种情况进行处理：一、结构顶点高度 H≤10m 时顶点侧向位移大于 40mm、结构顶点高度 H＞10m 时顶点侧向位移大于 $H/250$ 或大于 90mm，建议拆除；二、顶点侧向位移小于以上限值，需结合圈梁、构造柱和墙体的情况，经技术、经济评估后再作选择。

(2) 墙体基本完好或 5%以下的墙体轻微损坏，砖或砌块和砂浆强度较好，圈梁、构造柱的设置符合国家现行设计规范的要求，一般不需加固可继续使用。

(3) 墙体基本完好或 5%以下的墙体轻微损坏，砖或砌块和砂浆强度较好，但圈梁、构造柱的设置不符合国家现行设计规范的要求。虽然这类建筑物在此次汶川地震中震害轻微，但存在严重的安全隐患，也需进行整体加固。

(4) 砖或砌块和砂浆强度很低，砖或砌块已大范围风化或砂浆已大范围粉化，圈梁、构造柱的设置不符合国家现行设计规范的要求。这类建筑物已无加固价值，应拆除，而且此类建筑物在此次汶川地震中震害一般很严重。

(5) 横墙承重方案的房屋，当仅在首层、二层出现严重破坏的墙体，每一楼层 10%以下的横墙严重破坏、30%以下的横墙中等破坏、纵墙中等破坏和严重破坏之和所占的比例在 50%以下时，可进行加固，否则应对加固和拆除两方案作经济评估后再作选择。

(6) 纵墙承重方案的房屋，当仅在首层、二层出现严重破坏的墙体，每一楼层 10%以下的纵墙严重破坏、30%以下的纵墙中等破坏、横墙中等破坏和严重破坏之和所占的比例在 50%以下时，可进行加固，否则应对加固和拆除两方案作经济评估后再作选择。

(7) 纵横墙承重方案的房屋，当仅在首层、二层出现严重破坏的墙体，每一楼层 10%以下的墙体严重破坏、30%以下的墙体中等破坏时，可进行加固，否则应对加固和拆除两方案作经济评估后再作选择。

(8) 30%以上的圈梁、构造柱破坏时，建议拆除。

2.4 具体加固方法

具体加固方法可根据不同情况采用如下几种：

(1) 对于需进行整体加固的建筑物可采用钢筋混凝土腰箍及钢拉杆加固法。该方法在建筑物外侧，砖墙转角处和纵横墙交接处设钢筋混凝土附墙柱，屋顶板及楼板下设钢筋混凝土腰箍，再于横墙的一侧或两侧设钢拉杆，用花篮螺栓拧紧。此方法适用于圈梁、构造柱的设置不符合国家现行设计规范的要求和因地震引起的纵横墙交接处多处有裂缝的建筑物。

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

（2）对于不需要进行整体加固的建筑物只需采用合适的方法对裂缝进行修补。裂缝（包括需整体加固的建筑物的裂缝）修补方法可采用压力灌浆补缝法和外包加固法。压力灌浆补缝法是由灰浆泵将水玻璃胶泥或掺有其他胶合材料的水泥砂浆、水泥浆灌入裂缝内，把砌体重新胶结成为整体。外包加固法是在最外边裂缝处再加宽 50cm 的矩形范围内的墙体两侧贴 ϕ6～8 的钢筋网，然后在墙的两侧抹 3～4cm 厚的水泥砂浆。局部酥碎部位可采用拆砖重砌法处理。

3 底层框架结构

3.1 震害调查分析

都江堰市底层框架结构的破坏可分为三种情况。第一种情况是底层框架和上部砌体结构都基本完好（图 5）。从周围建筑物的破坏程度看本局部地区的地震烈度较小。第二种情况是底层框架破坏（图 6、图 7）。造成此种破坏的原因是底层没有沿纵横两方向设置足够数量的抗震墙，使得第二层与底层侧向刚度的比值过大，底层成为薄弱层；框架柱柱端箍筋数量及直径不足。另外底层框架出现塑性铰后对上部砌体结构能起到一定程度的隔震作用。第三种情况是底层框架柱、梁基本完好或轻微损坏，上部墙体出现明显的 X 形裂缝或斜裂缝（图 8），甚至严重破坏或局部倒塌（图 9）。造成上部砌体结构严重破坏或局部倒塌的原因是上部砌体结构未按《建筑抗震设计规范》设置圈梁、构造柱，砂浆强度低，施工质量差。



图 5 底层框架结构基本完好



图 6 底层框架结构底层框架破坏



图 7 底层框架结构框架柱破坏

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

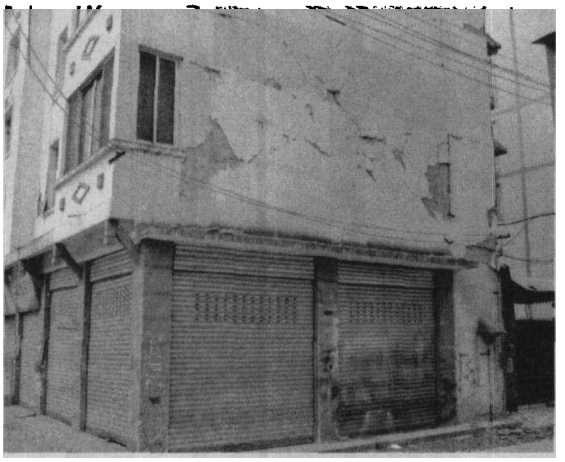


图 8 底层框架结构上部墙体出现明显的 X 形裂缝



图 9 底层框架结构上部结构局部倒塌

3.2 震害鉴定

进行鉴定时，应分别对底层框架和上部砌体结构进行震害调查。

(1) 对底层框架进行震害调查包括如下几方面内容：

1) 建筑物是否因底层框架的破坏而发生了整体倾斜、底层框架是否存在层间残余变形。

2) 框架梁柱破坏情况：是否出现裂缝及开裂程度、混凝土是否压酥、钢筋是否压屈。

3) 底层抗震墙的破坏程度。

(2) 对上部砌体结构进行震害调查内容同多层砌体结构。

应着重检查底层框架柱和承重墙体。

3.3 修复建议

根据调查结果，针对不同的破坏情况，建议采用如下不同的措施进行处理：

(1) 底层框架已丧失大部分侧向承载力，框架柱两端或节点区破坏十分严重，底层抗震墙破坏十分严重，且建筑物价值不很高，则建议直接拆除。例如图 6 所示的建筑，底框柱破坏严重，上部墙体严重开裂，建议拆除。

(2) 底层框架仍有一定的侧向承载力，框架柱两端或节点区破坏严重，部分混凝土压酥，钢筋明显压屈，但仍有部分承载力，底层抗震墙中等破坏。建议对这类建筑进行大修。置换柱端压酥的混凝土，拆除严重破坏的底层抗震墙，再采用加大框架柱截面、加固中等破坏的底层抗震墙或（及）重新设置一定数量的抗震墙的方法进行加固。

(3) 底层框架轻微破坏或基本完好，梁裂缝宽度小于 0.3mm，柱混凝土无压酥现象，柱钢筋无压屈现象，则采用各种裂缝修补措施对裂缝进行修补即可。

(4) 对上部砌体结构的修复建议及具体加固方法同多层砌体结构。

4 加固砌体结构

本次调查中发现，几个加固砌体结构震后基本完好。图 10 所示建筑物为宁江中学老教学楼，图 11 所示建筑物为宁江幼儿园，该两栋建筑都于 1973 年建成，当时没有抗震设防，1992 年采用钢筋混凝土腰箍及钢拉杆加固法进行整体加固。该两栋建筑在此次汶川

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

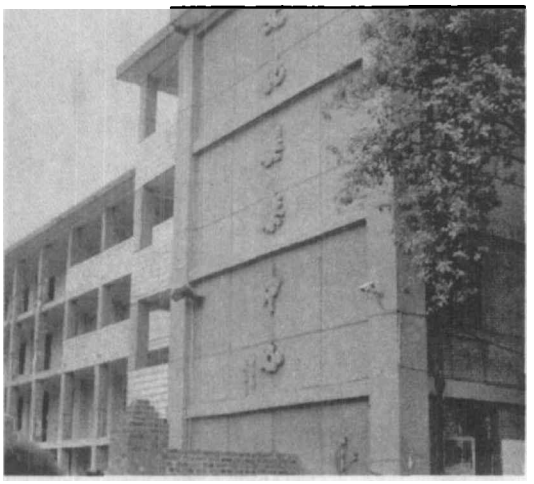


图 10 宁江中学老教学楼



图 11 宁江幼儿园

大地震后基本完好。图 12 所示建筑物在加固前已鉴定为危楼，没有抗震设防，地震前采用钢筋混凝土腰箍加固法进行整体加固，墙体采用外包加固法进行加固，地震发生时加固施工刚完工。该建筑在此次汶川大地震后没有倒塌。几个加固后的砌体结构在汶川大地震后的震害表明，没有按规范要求进行抗震设防的工程，进行抗震加固后也能实现“小震不坏，中震可修，大震不倒”的抗震设防目标。

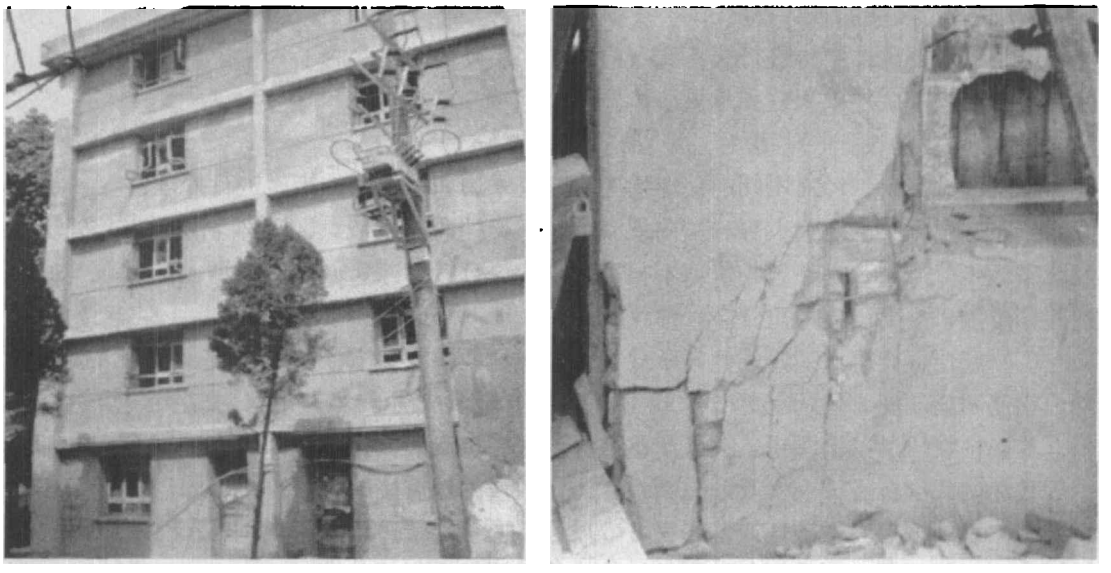


图 12 某危楼整体加固

5 结论

（1）现行规范关于砌体结构抗震计算和抗震构造措施的规定是合理的、有效的。

（2）砌体结构震害离散性很大。总体而言，2000 年后新建的砌体结构多数表现相对较好，破坏轻微，某些房屋甚至完好无损。20 世纪 80、90 年代建筑表现差别较大，主要

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

取决于实际的砂浆强度和是否采取了规范规定的抗震构造措施。

(3) 底层框架结构应保证底层的刚度，应在底层沿纵横两方向设置一定数量的钢筋混凝土剪力墙。

(4) 应加强施工过程中的质量管理，尤其是对砂浆强度的控制。

(5) 采用合适加固措施加固后的砌体结构能实现“小震不坏，中震可修，大震不倒”的抗震设防目标。

(6) 只要采取合理的构造措施，楼、屋盖采用预制板是可行的，预制板与结构震害程度无直接相关性。

参 考 文 献

[1] 危险房屋鉴定标准 (JGJ 125—99). 北京：中国建筑工业出版社，1999.

[2] 建筑抗震鉴定标准 (GB 50023—95). 北京：中国建筑工业出版社，1996.

[3] 民用建筑可靠性鉴定标准 (GB 50292—1999). 北京：中国建筑工业出版社，1999.

[4] 建筑抗震设计规范 (GB 50011—2001). 北京：中国建筑工业出版社，2001.

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