

王挺, 叶佳宁, 陈修吾. 粤东地区农村民居抗震能力初步分析[J]. 华南地震, 2015, 35 (4): 43–51. [WANG Ting, YE Jianing, CHEN Xiuwu. Preliminary Analysis of the Seismic Capacity of Rural Buildings in East Guangdong Region[J]. South china journal of seismology, 2015, 35 (4): 43–51.]

粤东地区农村民居抗震能力初步分析

王挺^{1, 2, 3}, 叶佳宁^{1, 2, 3}, 陈修吾^{1, 2, 3}

(1. 广东省地震局, 广州 510070; 2. 中国地震局地震监测与减灾技术重点实验室, 广州 510070;

3. 广东省地震预警与重大工程安全诊断重点实验室(筹), 广州 510070)

摘要: 结合地震科技星火计划项目“粤东地区现有农居抗震性能分析”现场抽样调查资料, 选取了汕头、潮州和河源3个地市具有代表性的典型农居结构进行建模并开展抗震计算分析, 通过分析找出了现有农居的抗震薄弱部位, 为提高新建农居的抗震能力提供了科学合理的建议。

关键词: 农村民居; 抗震能力; 粤东地区

中图分类号: P315.925 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662 (2015) 04-0043-09

DOI: 10.13512/j.hndz.2015.04.07

Preliminary Analysis of the Seismic Capacity of Rural Buildings in East Guangdong Region

WANG Ting^{1, 2, 3}, YE Jianing^{1, 2, 3}, CHEN Xiuwu^{1, 2, 3}

(1. Earthquake Administration of Guangdong Province, Guangzhou 510070, China; 2. Key Laboratory of Earthquake Monitoring and Disaster Mitigation Technology, CEA, Guangzhou 510070, China; 3. Key Laboratory of Earthquake Early Warning and Safety Diagnosis of Major Project, Guangzhou 510070, China)

Abstract: Combining with field sampling data of science for earthquake resilience program “seismic performance analysis of existing rural buildings in east Guangdong region”, the paper selects the representative typical rural buildings structure of Shantou, Chaozhou and Heyuan to carry out seismic modeling and computational analysis, and identifies the weak parts of anti-seism of the existing rural buildings by analyzing, which provides scientific and reasonable suggestions for improving the seismic capacity of the new rural buildings.

Keywords: Rural buildings; Seismic capacity; East Guangdong region

收稿日期: 2014-11-12

基金项目: 地震科技星火计划项目(XH14040Y)资助; 广东省破坏性地震应急技术研究中心项目资助

作者简介: 王挺(1984-), 男, 工程师, 主要从事地震应急和震害评估工作.

E-mail: 281005351@qq.com.

0 引言

20 世纪全球 1/3 的破坏性地震发生在我国,死亡人数高达 60 万人,占全球死亡人数的一半以上。而我国超过 80% 的 5 级以上地震发生在农村地区,地震造成的死亡人数中近 60% 为农村人口。农村地区社会和经济水平相对较低,防震减灾意识较为淡薄,大多数房屋都是根据需按照传统的方法自行建造,未经正规设计和施工,部分房屋甚至还处于完全不设防状态,抗震能力普遍低下,地震时将直接危及村民的生命财产安全。地震造成的房屋倒塌也是农村地区人员伤亡较重的直接原因,而地震造成农村经济损失的 70%~98% 也是来自房屋的破坏。“小震成灾、中震大灾、大震巨灾”是我国农村地区地震灾害的显著特点。2008 年汶川地震倒塌房屋中近 81.33% 的都在农村地区,2010 年玉树地震震区结古镇将近 90% 的房屋倒塌,2013 年庐山、岷县地震和 2014 年鲁甸、景谷地震也都造成了农村地区大量房屋倒塌,因房屋倒塌而引发的人员伤亡和经济损失也十分巨大。因此,切实提高农村民居的抗震能力对最大限度减轻地震灾害损失具有十分重大的现实意义。

1 粤东地区农村民居现状分析

粤东地区是广东省东部地区的简称,包括汕头、潮州、揭阳、汕尾、梅州和河源 6 个地级市,总面积 47 825 km²,其中约 67% 的面积处于地震基本烈度Ⅵ度区,约 25% 为Ⅶ度区,汕头大部分地区和潮州为Ⅷ度区,约占总面积的 8%。粤东地区位于东南沿海地震带的东端,是高地震活动区,有历史记载以来,共发生过 6 次破坏性地震事件,造成了巨大的人员伤亡和财产损失,这 6 次破坏性地震事件分别是 1067 年潮州附近的 6 级地震、1600 年南澳附近 7 级地震、1641 年揭阳附近 5 级地震、1895 年揭阳附近 6 级地震、1918 年南澳附近 7.3 级地震及 1962 年河源 6.1 级地震^[1]。粤东地区的粤闽交界地带多年来也一直被划为地震危险区和危险性值得注意地区,存在着发生破坏性地震的可能性,而农村地区的抗震设防意识又很薄弱,一旦发生强烈地震,将会造成重大人员伤亡和财产损失。因此,大力推进粤东地区农村民居的抗震设防工作就显得尤为重要。

粤东地区农居建筑多具潮汕和客家文化特色,形式较为丰富。农居结构类型主要为砖混结构、框架结构和砖木结构,较少土(石)木房。农村民居建筑情况统计见表 1^[2]。

表 1 粤东地区农村民居建筑情况统计表

Table 1 Statistics of rural buildings situation in east Guangdong region

主要结构类型	主要建造年代	建造方式	基本造价/(元/m ²)
单层砖混结构	1980-1990 年(多) 1990 年以后(较少)	农村工匠设计施工	300
多层砖混结构	1960-1990 年(少) 1990 年以后(较多)	农村工匠设计施工	550
框架结构	1990 年以后	正规设计施工	700
砖木(瓦)结构	1960-1990 年	农村工匠设计施工	200
土(石)木结构	1960-1980 年	农村工匠设计施工、自行设计施工	100

对粤东地区农村民居进行初步统计,砖混结构约占总量 60%,其中 2000 年以后建造的大多数砖混结构都采取了不同程度的抗震构造措施,如增加圈梁、构造柱等;砖木(瓦)结构农居约占 28%,多为 1980 年代之前所建,房屋抗震性能较差;框架结构农居约占 12%,抗震性能较好,且主要集中于城郊地区。

根据建设部《关于加强村镇建设工程质量安全管理若干意见》要求^[3-4],当前,广东各地对村镇公共建筑工程或工程投资额在 30 万元以上或

建筑面积在 300 m² 以上的所有村镇建设工程已基本纳入强制性监管,但农村地区大多数村民自建房屋规模较小,资金投入也少,均未能纳入工程质量规范化管理的范畴,房屋的抗震设防工作难以展开。现阶段农村民居的建设方式主要有以下 4 种^[5-6]:①村民根据当地建房习惯自行设计施工建造,且多数是边设计边建造,无施工图纸,随意性大,一般为结构简单的一层或两层住宅;②委托村建筑工匠进行建造,无正规施工图纸,大多数农居建设选用这种方式;③由村里统一规划,

限制每户住宅房屋外型和层数(或提供若干种设计方案供农民选择), 工程建设交由农民自己实施, 村建筑工匠建造, 多数有可参考的施工图纸; ④集体收入高, 经济条件好的农村作为分红的一种方式全额出资或承担大部分建设资金, 委托有关资质单位统一进行新村规划、建筑设计和施工, 有正规设计图纸和施工队伍。

汶川地震后, 全国人民的防震减灾意识有了普遍的提高, “十一五”期间, 在广东省地震局的大力推动下, 粤东地区各地市也相继启动了“农村民居地震安全示范工程”建设项目, 通过建设抗震示范亭, 发放防震减灾宣传资料, 开展农居抗震设防知识培训, 使农民在一定程度上了解了一些好的抗震措施, 同时也增强了农民的抗震防灾意识, 但由于缺少科学合理的设计图纸和施工指导, 实际建设过程中仍然存在较多问题, 如砖混结构承重墙厚度不够、圈梁不封闭、构造柱做法不规范、墙体砌筑方法不正确、随意开设窗洞、门窗洞口过梁支承长度不够等; 框架结构柱截面尺寸较小、混凝土强度等级较低、梁柱布局不合理、房屋整体性差等, 这些因素很大程度上削弱了房屋的抗震能力, 震时可能会造成房屋的严重破坏甚至倒塌。

2 粤东地区农村民居抗震能力分析

地震科技星火计划项目“粤东地区现有农居抗震性能分析”对粤东地区 6 个地市的农居结构进行了现场抽样调查, 获取了大量的施工图纸和

农居特征数据, 本文以此为基础选取了汕头、潮州和河源 3 个地市具有代表性的典型农居结构, 采用专业结构设计软件盈建科(YJK)对典型农居结构进行建模并开展抗震计算分析(限于文章篇幅, 只给出不满足《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)(以下简称《抗震规范》)要求的结构楼层计算结果简图), 通过分析找出了农居的抗震薄弱部位, 为进一步加强农居抗震设防工作提供了科学合理的建议。

2.1 汕头市

2.1.1 澄海区

澄海区抗震设防烈度为Ⅷ度(0.2g), 设计地震分组为第一组。所选典型农居位于东里镇南社村, 为四层框架结构(图 1), 建筑高度 15.10 m, 各层层高分别为: 4.0 m、3.6 m、3.6 m、3.6 m, 室内外高差 0.30 m, 总建筑面积约 440 m², 抗震等级为二级, 基础为钻孔灌注桩基础。框架柱截面主要为 250×250 和 350×350, 框架梁截面主要为 200×500 和 250×550。框架柱、梁、板混凝土强度等级均为 C20。场地类别为Ⅲ类。

通过对计算结果的分析(图 2~4), 可以得出以下结论:

- (1) 结构的第一振型的扭转因子为 0.24, 小于 0.5, 结构的扭转效应不明显。
- (2) 首层在 X 向地震作用下的最大层间位移角为 1/195, 远大于规范允许的弹性层间位移角限值 1/550, 结构刚度不足。因此, 在多遇地震下, 非结构构件(围护墙、内外装饰等)有可能发生过

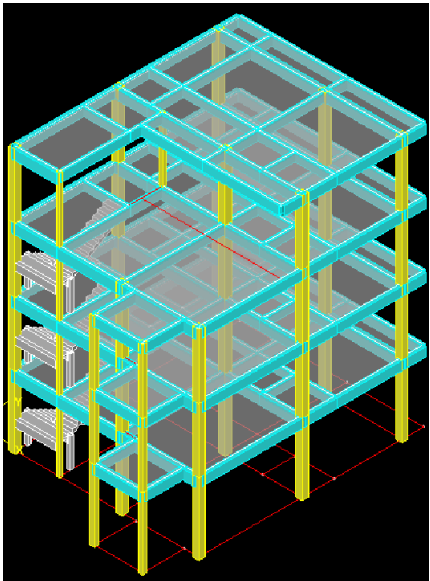


图 1 房屋轴测图

Fig.1 Axonometric drawing of building

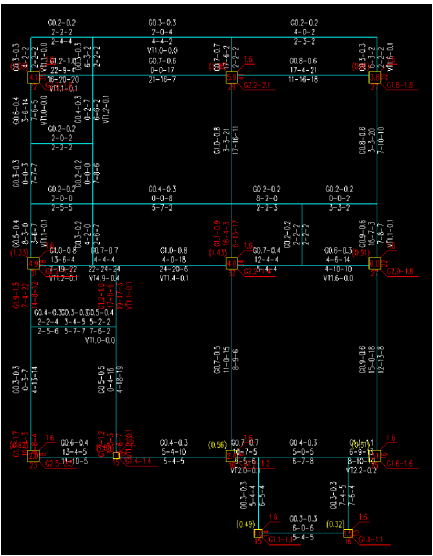


图 2 一层计算结果

Fig.2 Calculation results of the first floor

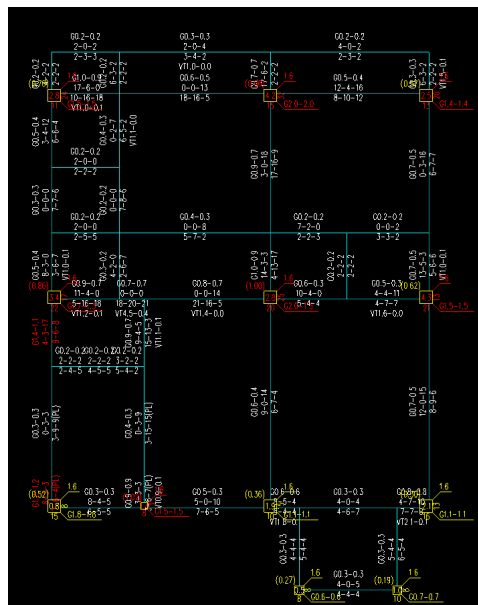


图3 二层计算结果

Fig.3 Calculation results of the second floor

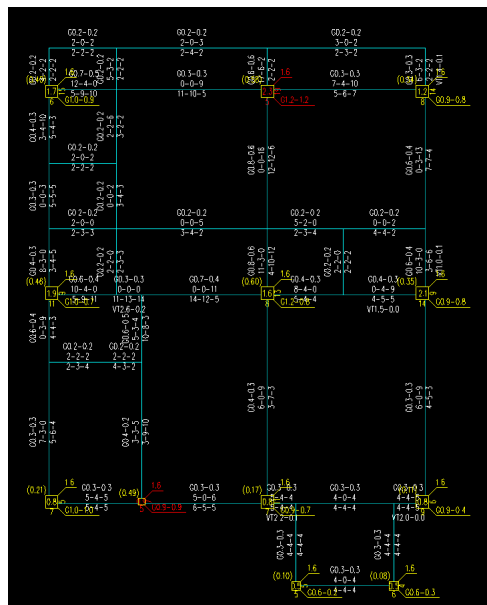


图4 三层计算结果

Fig.4 Calculation results of the third floor

重破坏, 导致人员伤亡。

(3) 一层、二层、三层的框架柱、及部分框架梁的截面抗剪承载力已经不满足现行规范的要求, 在多遇地震作用下, 框架梁柱的节点核心区会发生破坏, 有可能导致建筑物的倒塌。

(4) 宜设置地梁层, 减小首层框架柱的计算高度, 增加结构的整体刚度。

2.1.2 南澳县

南澳县抗震设防烈度为Ⅷ度(0.2 g), 设计地震分组为第一组。所选典型农居位于深澳镇圆山

村, 为三层框架结构(图 5), 建筑高度 10.10 m, 各层层高分别为: 3.4 m, 3.2 m, 3.2 m, 室内外高差 0.30m, 总建筑面积约 360 m², 抗震等级为二级, 基础为柱下独立基础。框架柱截面为 300×300 和 240×300, 框架梁截面主要为 200×400 和 180×400。框架柱、梁、板混凝土强度等级均为 C20。场地类别为Ⅱ类。

通过对计算结果的分析(图 6~8), 可以得出以下结论:

(1) 结构的第一振型的扭转因子为 0, 结构发

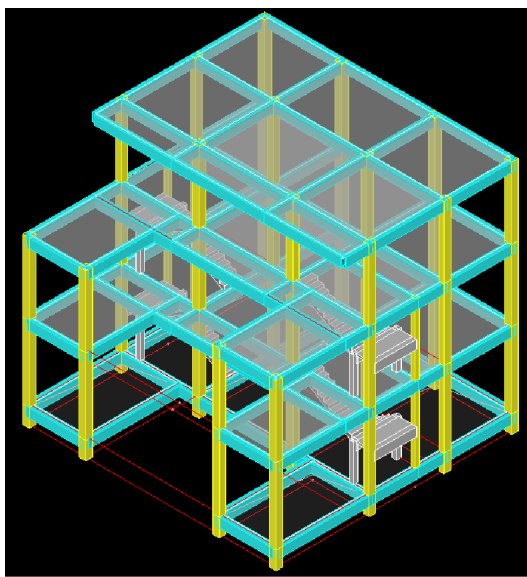


图5 房屋轴测图

Fig.5 Axonometric drawing of building

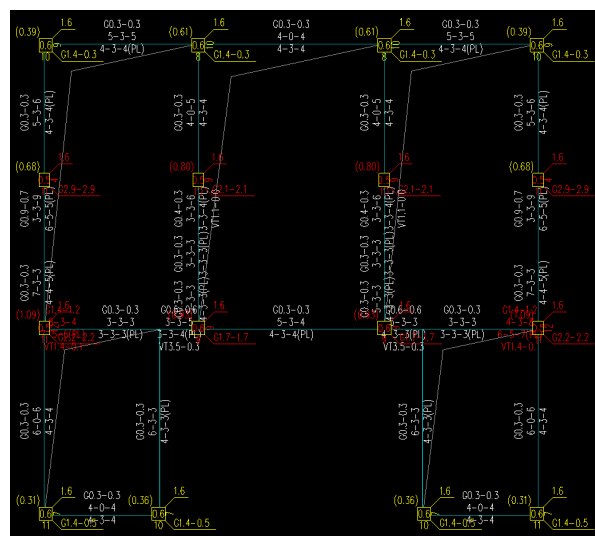


图6 地梁层计算结果

Fig.6 Calculation results of the girder layer

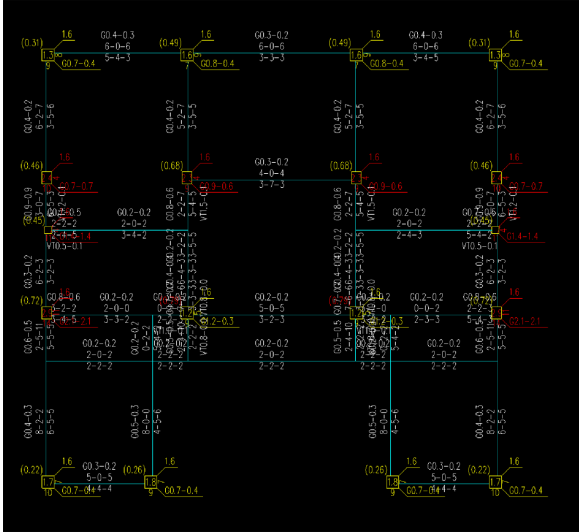


图 7 一层计算结果

Fig.7 Calculation results of the first floor

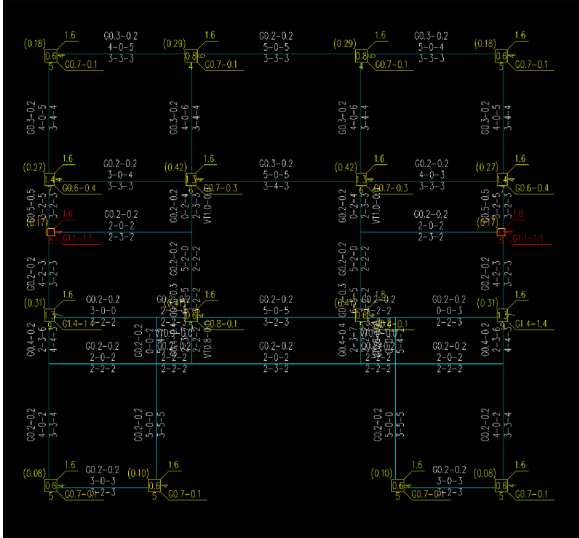


图 8 二层计算结果

Fig.8 Calculation results of the second floor

生沿 Y 方向的平动。

(2) 首层在 Y 向地震作用下的最大层间位移角为 $1/499$, 略大于规范允许的弹性层间位移角限值 $1/550$, 结构刚度不足。因此, 在多遇地震下, 非结构构件(围护墙、内外装饰等)有可能发生破坏。

(3) 一层、二层的框架柱、及部分框架梁的截面抗剪承载力已经不满足现行规范的要求, 在多遇地震作用下, 框架梁柱的节点核心区会发生严重破坏, 有可能导致建筑物的倒塌。

2.2 潮州市

2.2.1 潮安县

潮安县抗震设防烈度为Ⅷ度 (0.2 g), 设计地震分组为第一组。所选典型农居位于浮洋镇陇美

村, 为三层框架结构(图 9), 建筑高度 11.3 m , 总建筑面积约 300 m^2 , 抗震等级为二级, 基础采用柱下条形基础。框架柱截面为 300×400 和 350×400 , 框架梁截面主要为 200×600 和 250×550 。框架梁、板、柱混凝土强度等级均为 C25。场地类别为Ⅲ类。

通过对计算结果的分析(图 10), 可以得出以下结论:

(1) 楼梯间不宜设置在建筑的角部, 设置在角部以后由于楼梯间的刚度较大, 导致结构第二振型的扭转因子为 0.48 , 已经很接近 0.5 , 结构的扭转效应已较明显。

(2) 首层在 X 向地震作用下的最大层间位移角为 $1/250$, 远大于《抗震规范》允许的弹性层间位移

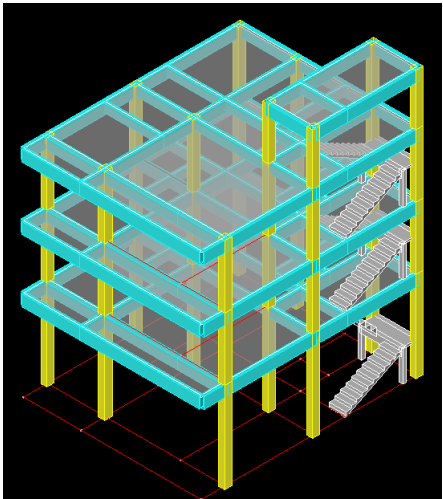


图 9 房屋轴测图

Fig.9 Axonometric drawing of building

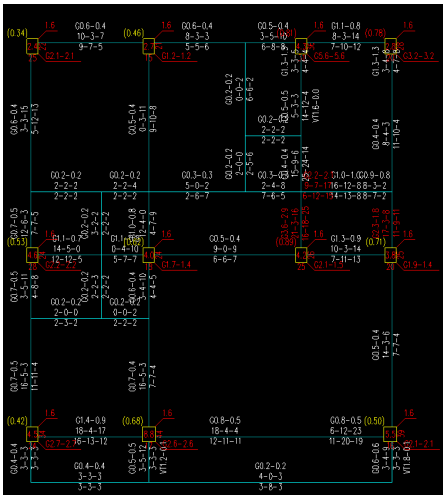


图 10 首层计算结果

Fig.10 Calculation results of the first floor

角限值 $1/550$ 。因此,在多遇地震下,非结构构件(围护墙、内外装饰等)有可能发生严重破坏,导致人员伤亡。

(3) 首层框架柱、及部分框架梁的截面抗剪承载力已经不满足《抗震规范》的要求,在多遇地震作用下,框架梁柱的节点核心区会发生破坏,可能导致建筑物的倒塌。

(4) 宜设置地梁层,减小首层框架柱的计算高度,增加结构的整体刚度。

2.2.2 饶平县

饶平县抗震设防烈度为Ⅶ度(0.15 g),设计地震分组为第一组。所选典型农居位于汤溪镇大门坑村,为三层砖混结构(图 11),建筑总高度 9.98 m ,各层层高分别为: 3.4 m , 3.2 m , 3.2 m ,室内外高差 0.18 m ,总建筑面积约为 300 m^2 ,基础为墙下条形基础。场地类别为Ⅱ类^[7]。考虑到农村地区的施工水平有限,故砖混结构施工质量控制等级按 C 级、烧结砖强度等级按 MU7.5,水泥砂浆强度等级按 M 2.5 考虑。

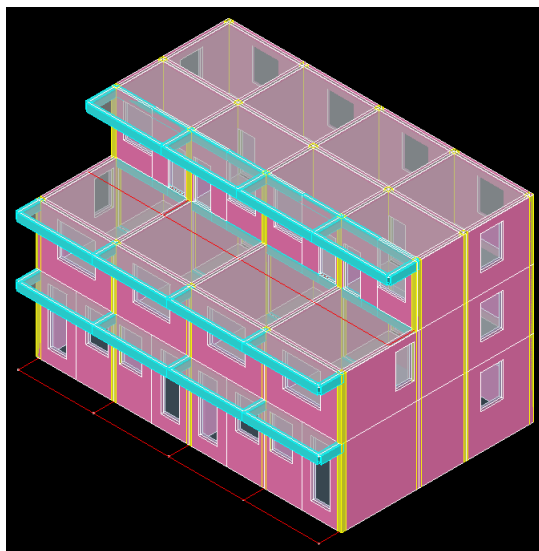


图 11 房屋轴测图

Fig.11 Axonometric drawing of building

通过对计算结果的分析(图 12~13),可以得出以下结论:

(1) 由于纵向抗震墙间距较大(最大间距 6.5 m),数量相对较少(三道),在 X 向多遇地震作用下,结构抗力小于地震作用效应,建筑物纵墙有可能发生严重破坏,影响结构抗震安全度。

(2) 本结构楼梯间构造柱设置数量不足。在历次地震中,楼梯间的破坏较为严重,严重危害人们的生命财产安全。依据《抗震规范》7.3.1 条表 7.3.1,Ⅶ度区三层房屋,楼梯斜梯段上下端对应的墙体处,应设置构造柱,与在楼梯间四角设置的构造柱合计有八根构造柱,与在楼层半高的钢筋混凝土带等可组成应急疏散安全岛。

(3) 依据《抗震规范》7.1.6 条表 7.1.6,7 度区承重窗间墙最小宽度不宜小于 1 m ,防止在较大地震作用下,因较小墙垛的破坏,造成整栋结构的破坏甚至倒塌。同时该建筑的正立面的两个门之间墙垛只有 0.6 m 宽,小于《抗震规范》要求的最小限值。

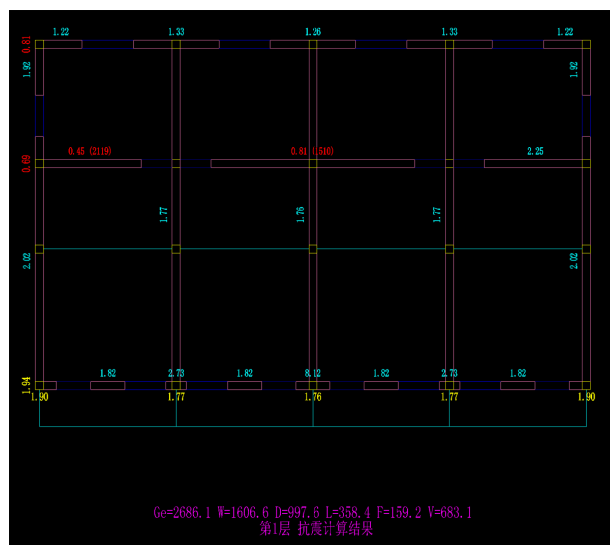


图 12 首层抗震计算结果

Fig.12 Seismic calculation results of the first floor

2.3 河源市

2.3.1 东源县

东源县抗震设防烈度为Ⅵ度(0.05 g),设计地震分组为第一组。由于Ⅵ度设防的建筑,其地震作用往往不属于结构设计的控制作用,按Ⅵ度计算结构在多遇地震作用下的反应,往往难以找到结构的抗震薄弱部位。故按Ⅶ度(0.1 g)考虑结构在多遇地震作用下的地震反应,以便于分析结构

的抗震性能。所选典型农居位于顺天镇滑滩村,为三层砖混结构(图 14),局部楼梯间出屋面,建筑总高度 6.70 m ,各层层高分别为: 3.3 m , 3.1 m , 2.5 m ,室内外高差 0.30 m ,总建筑面积约为 310 m^2 ,基础为墙下条形基础。场地类别为Ⅱ类。考虑到农村地区的施工水平有限,故砖混结构施工质量控制等级按 C 级、烧结砖强度等级按 MU7.5,水泥砂浆强度等级按 M2.5 考虑。

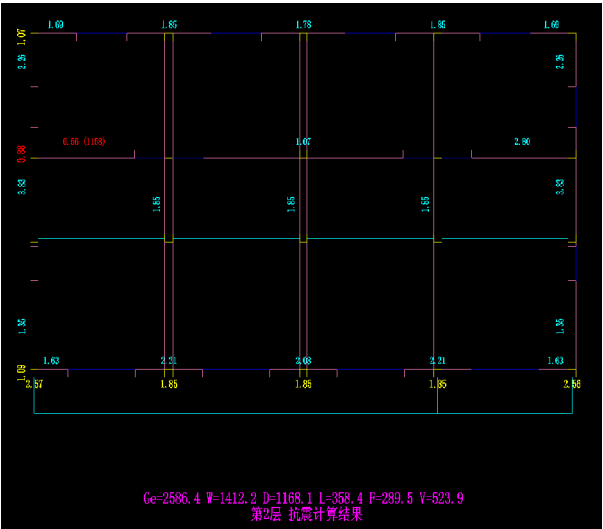


图 13 二层抗震计算结果

Fig.13 Seismic calculation results of the second floor

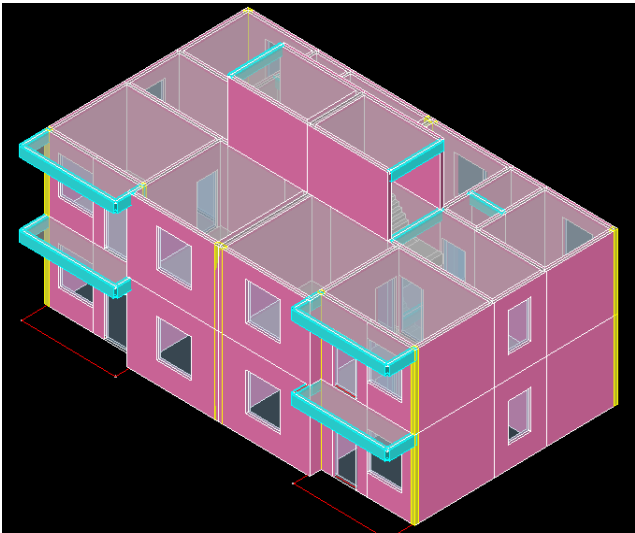


图 14 房屋轴测图

Fig.14 Axonometric drawing of building

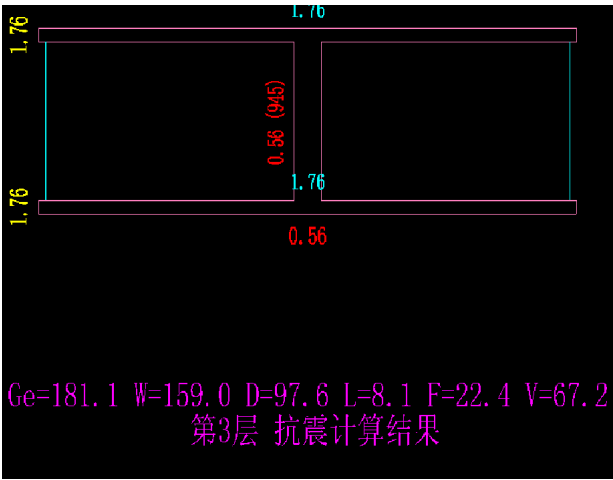


图 15 局部楼梯间抗震计算结果

Fig.15 Seismic calculation results of partial staircase

通过对计算结果的分析 (图 15), 可以得出以下结论:

(1) 由于地震作用较小, 结构除局部出屋面的楼梯间外, 均未发生结构抗力不足的情况, 说明在遭遇高于设防烈度一度的地震时, 该建筑仍具有较好的抗震能力。

(2) 局部出屋面的楼梯间, 在地震作用下, 由于鞭梢效应, 同时由于只有一道出屋面的楼梯间横墙, 仍然有可能发生较严重的破坏。应当加强构造措施, 尽量避免出屋面的楼梯间取消一道横墙或纵墙。

(3) 由于窗间墙墙段长度较小(只有 0.50 m), 远小于《抗震规范》7.1.6 条规定的 1 m, 此处轴向压应力较大, 在大震作用下, 可能产生较严重破坏, 导致建筑物倒塌。

3 粤东地区农居抗震设防建议

通过梳理分析汕头、潮州、河源 3 个地市典型农居结构抗震计算结果, 对粤东地区常见的框架结构和砖混结构提出以下抗震设防建议, 新建农居尤其是高烈度区应结合本文所提建议和实际情况对房屋的抗震设计和施工环节进行完善, 切实提高房屋的抗震能力, 确保房屋在多遇地震作用下不会发生严重破坏。

3.1 框架结构抗震设防建议

(1) 粤东地区框架结构框架柱截面较小 (300×400), 框架柱、框架梁的混凝土强度等级较低, 这直接导致了结构的抗震性能严重不足, 在多遇地震下, 房屋很可能发生倒塌。建议加大框架柱的截面, 至少增加至 400×400, 同时提高框架柱、框架梁的混凝土强度等级, 至少应提高至 C30。

(2) 抗震计算考虑楼梯刚度的影响时, 无论是规则结构还是不规则结构, 第一振型都有可能发生较严重的扭转效应, 这对结构的抗震能力非常不利。历次震害也表明, 楼梯间的破坏往往比较严重, 甚至与楼梯间相邻的框架柱也发生严重破坏, 导致建筑物倒塌。建议采用国标图集《11G101-2》上的楼梯滑动支座构造, 这样楼梯的刚度可不参与整体结构计算, 地震时可避免楼梯对结构的破坏。

(3) 针对框架结构, 建议在-0.10 m 的标高处设置地梁层, 以减小首层框架柱的计算高度, 增

加结构的整体刚度,在多遇地震作用下,满足规范对弹性层间位移角限值的要求。

(4) 依据《混凝土异形柱结构技术规程》(JGJ 149-2006) 3.1.2 条,Ⅷ度(0.2g)区,框架结构的限高为 12 m。汕头市的部分框架结构采用异形柱,且高度超过 12 m,通过计算可以发现,此类建筑的抗震性能很差,在地震作用下,容易发生倒塌破坏。建议在高烈度地区(Ⅷ度,Ⅶ度(0.15g))尽量不要采用异形柱结构。如若必须采用,需谨慎设计,异形柱的截面、混凝土强度等级等必须增大,必须满足《抗震规范》的相关设计要求。

(5) 依据《抗震规范》6.1.5 条,高度不大于 24 m 的丙类建筑不宜采用单跨框架结构。单跨框架结构安全储备低,在地震作用下,往往容易发生倒塌。

(6) 依据《抗震规范》6.3.9 条,一级、二级框架的角柱,箍筋全高加密。粤东地区的Ⅷ度(0.2g)、Ⅶ度地区高度大于 24 m 的房屋,均需要采取此措施加强房屋的抗震能力。“

(7) 粤东地区农村框架结构房屋大多为了追求造型美观和使用方便,平立面布置也就各式各样。震害表明,平立面布置不规则的框架结构地震时容易产生过大的扭转反应和应力集中而导致严重破坏。因此,框架结构平面布置应力求简单、规则、均匀对称,尽量避免较大的凸出与凹进,以保证良好的整体性;立面和竖向剖面宜规则,避免突然变化。

3.2 砖混结构抗震设防建议

(1) 结构局部窗间墙墙段长度应达到《抗震规范》7.1.6 条规定的 1m 要求,此处轴向压应力较大,在大震作用下,容易发生严重破坏甚至倒塌。

(2) 粤东地区Ⅶ度、Ⅷ度区,楼梯间构造柱设置数量普遍已经不能满足现行《抗震规范》的要求。在历次地震中,楼梯间的破坏较为严重,严重影响人们的生命财产安全。依据《抗震规范》7.3.1 条表 7.3.1,Ⅶ度区层数大于等于三层的房屋,Ⅷ度区层数大于等于二层的房屋,楼梯斜梯段上下端对应的墙体处,均应设置构造柱,与在楼梯间四角设置的构造柱合计有八根构造柱,与在楼层半高的钢筋混凝土带等可组成应急疏散安全岛,尽量提高楼梯间在地震时的安全度。

(3) Ⅶ度和Ⅷ度区房屋构造柱的箍筋间距不

应大于 250 mm,且上下两端各 500 mm 范围内箍筋应加密成间距为 100 mm;圈梁的箍筋间距分别不应大于 250 mm 和 200 mm^[8]。箍筋绑扎时,应做成封闭式且末端应做成 135°弯钩,弯钩末端平直段长度不应小于箍筋直径的 10 倍。

(4) 砖混结构构造柱主要是通过水平拉结筋和墙柱结合面的马牙槎来约束砖墙。但粤东地区农村砖混结构房屋构造柱与墙体结合面大多未做成马牙槎,而且拉结钢筋一般也只设一根,这很大程度上削弱了构造柱的约束作用。砖混结构构造柱的施工顺序是:立构造柱钢筋→砌筑构造柱两侧墙体→安构造柱模板→浇构造柱混凝土。设置水平拉结筋的正确方法是砌筑墙体时沿墙高每隔 500 mm 设两根直径为 6 mm 的拉结钢筋与构造柱相连接,且每边伸入墙内不小于 1 m。

(5) 一般情况下,Ⅶ-Ⅷ度区砖混结构门窗过梁在墙体一端的搭接长度不小于 240 mm,Ⅸ度区不小于 360 mm,大跨度过梁伸进砌体内的长度则更长^[9]。但粤东地区农村砖混结构房屋过梁搭接长度往往不足,需要根据要求加以改进。

(6) 粤东地区农村房屋普遍采用 180 墙承重,且未采取抗震加强措施,地震时很容易发生倒塌。为提高墙体的抗震能力,必须按规范要求采取加强措施。Ⅶ-Ⅸ度区房屋外墙转角处、纵横墙交接处和长度大于 7.2 m 的大房间墙角,从层高 0.5 m 标高开始向上,应当沿墙高每隔 0.5 m 设置 2 根直径 6 mm 的拉结钢筋,拉结钢筋每边伸入墙内的长度不宜小于 1 m 或伸至门窗洞边。后砌的非承重隔墙应沿墙高每隔 0.5 m 设置 2 根直径 6mm 的拉结钢筋与承重墙或构造柱拉结,每边伸入墙内不小于 0.5 m。

4 结语

粤东地区的强震背景和复杂的震情形势决定了其提升农居抗震能力的重要性和紧迫性。通过分析粤东地区典型农居结构抗震计算结果,可以看出,现有农居在设计和施工环节仍存在较多突出问题,这些问题震时可能就会造成房屋的严重破坏甚至倒塌。因此,粤东地区各级政府仍需持续加大农居抗震设防工作的投入,强化农居建设的指导和监管,切实提高农居的抗震能力,最大限度减轻地震灾害造成的损失。

参考文献:

- [1] 张志中, 潘华, 王健, 等. 粤东地区的历史地震研究[J]. 中国地震, 2008, 24 (3): 278-287.
- [2] 李宏志, 康建国, 陈华云, 等. 广东省农村民居地震安全示范工程实施现状分析[J]. 灾害学, 2010, 25 (4): 84-89.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ 161-2008 镇(乡)村建筑抗震设计规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [4] 何萍, 王挺. 基于抗震性能普查数据的城区群体建筑震害预测初探[J]. 华南地震, 2014, 34 (1): 21-25.
- [5] 苏小妹, 苏小娟. 安徽农村民居地震安全问题调查研究[J]. 灾害学, 2008, 23 (3): 140-144.
- [6] 苏小妹, 苏小娟. 安徽省农村民居地震安全的问题剖析与对策研究[J]. 华南地震, 2008, 28 (3): 56-62.
- [7] 张守洁, 朱泽, 哈辉, 等. 我国农村震害及农居地震安全工程典型案例分析 [J]. 地震工程学报, 2013, 35 (4): 936-944.
- [8] 聂树明, 黄志东. 地震信息社会服务与地震安全探讨[J]. 华南地震, 2014, 34 (3): 1-5.