

提高闽南地区农村房屋抗震能力的探讨

蔡志灵¹ 林树枝²

(1. 厦门大学建筑与土木工程学院 厦门 361005; 2. 厦门市建设与管理局 厦门 361003)

摘要:本文从农村房屋震害分析入手,针对闽南地区农村房屋结构特点及在抗震设防中存在的问题,提出了改善农村房屋抗震性能的具体措施。本文还就新建农村房屋的抗震设防及既有农村房屋的加固改造提出相关建议。

关键词:农村房屋 抗震设防 加固建议

中图分类号:TU352.1

文献标识码:A

文章编号:1004-6135(2009)08-0083-04

Some Discusses on Enhancing the Seismic Capacity of Buildings in rural Areas of Southern Fujian

Cai Zhiling¹ Lin Shuzhi^{1,2}

(1. School of Architecture & Civil Engineering, Xiamen U., Xiamen 361005;

2. Xiamen Construction and Administration Bureau, Xiamen 361003)

Abstract: In this paper, the damage analyses of buildings in rural areas during earthquake are mentioned in details. The existing seismic problems of buildings are discussed according to the structural characteristics in rural areas of southern Fujian. Some suggestions on enhancing the seismic capacity of those buildings are proposed.

Key words: Rural Buildings Seismic Fortification Strengthening Suggestion

1 引言

地震具有突发性强,波及面广,比较难以预测等特点。防御和减轻地震灾害,不仅事关人民群众的生命财产安全,而且事关经济社会的可持续发展和社会稳定。地震灾区倒塌和损毁的房屋中,农村房屋占的比例非常大,因此,切实提高农村房屋的抗震能力,最大程度地减轻农村地震灾害损失,就显得非常重要。

闽南地区地处亚欧板块与太平洋板块的交界,地震活动非常活跃,农村房屋的抗震设防问题就显得尤为突出。本文从农村房屋震害分析入手,针对闽南地区农村房屋结构特点及在抗震设防中存在的问题,提出了改善农村房屋抗震性能的具体措施。

2 农村房屋的典型震害分析

在我国的历次大地震中,处于高烈度地区的农村房屋基本上被夷为平地,在一些烈度较低的地方,农村房屋的破坏也极其严重,未经过抗震设计的房屋即使是在较低等级的地震面前也非常脆弱。汶川地震后,作者赴灾区从事灾害调查^[1-3],收集了不少农村房屋破坏的资料,下面就各类农村房屋在国内几次地震中的损坏原因做一下分析。

2.1 木构架承重房屋

(1)木构架承重房屋大多由于强度不足,或梁柱连接截面削弱过大,导致破坏。

(2)门式和三角形构架的梁柱间、屋架间无斜撑,仅靠卯榫

和檩条连接,不能形成刚性节点,稍有松动就成为铰节点,整个构架是一个集合可变的不稳定结构,地震来临时会发生倾斜或者倒塌。

(3)由于木构件破坏造成屋顶全部破坏(图1)。



图1 屋顶破坏(汶川地震)

2.2 石结构房屋

大部分石砌房屋没有设置圈梁、构造柱等抗震措施,其破坏主要易发生在纵横墙交接处、外墙转角处、楼梯间以及山墙等部位。主要表现为墙体的斜向、竖向、交叉裂缝,楼板处的水平裂缝,以及石梁板断裂等。

2.3 砖砌体房屋

(1)砌体结构的房屋,常会出现内外墙交界处拉裂,外墙向外倾斜或倒塌,内墙歪斜或出现竖向裂缝。

(2)房屋端部、转角处纵横连接不好。在房屋端部、转角的纵横墙连接或靠近连接处容易出现竖向裂缝或齿向裂缝。裂缝轻重不一,甚至墙体脱开、外闪或成片倒塌。

(3)墙体强度不够。因墙体强度不够而造成的破坏主要表现为水平裂缝、交叉裂缝和斜裂缝(或阶梯形斜裂缝),多出现在山墙、窗间墙、楼梯间的承重横墙上。

(4)构造柱混凝土剪切破碎,钢筋剪断或压屈外鼓。

(5)局部突出部位破坏。出屋面的小烟囱、女儿墙等局部突出部位,由于鞭梢效应的影响,地震时易首先破坏。

2.4 引起房屋破坏的其他原因



作者简介:蔡志灵,1984年10月出生,男,在读硕士研究生,结构工程专业。

收稿日期:2009-04-08

2.4.1 由建筑场地震害引起的

建筑场地震害主要表现为地裂缝、地塌陷或隆起、喷水冒砂等,以及地震次生地质灾害如滑坡、崩塌、泥石流等,本文作者已在文献4和5中做了详细论述^{[4][5]}。

2.4.2 因结构布置不合理引起的

各种结构类型的农村房屋,都存在因结构布置不合理引起破坏的共性问题。有以下几种:

(1)房屋体形不规则,平面凹凸曲折,立面高低错落,使连接处受力集中,容易产生扭转破坏。

(2)门窗洞口不合理,门窗过多过大,窗间墙太窄,有的门窗开在承重墙上,削弱了墙体刚度,也降低了抗震能力。或因过分追求采光效果,正面除用几个砖柱承重外全部布置为门窗,而后墙不开洞,地震时容易遭受破坏。

(3)房屋横隔墙间距过大,削弱了房屋的抗震能力。地震时,纵墙容易沿窗口外闪倾倒(图2)。

(4)因阳台和雨篷的悬挑长度过长,地震时容易倾覆,造成房屋局部倒塌。

3 闽南地区农村房屋抗震设防存在的问题

闽南地区农村房屋有历史悠久的木结构,有近代典型的石结构,还有上世



图2 纵墙破坏(汶川地震)

纪80年代后建成的砖混结构、框架结构等。结构间的差异很大,抗震性能也差别较大。由于抗震意识不强等多方面的原因,闽南地区农村房屋的抗震设防存在很大的缺陷。

3.1 闽南地区农村房屋结构类型分布

文献6调查了厦门市海沧区的贞庵、鳌冠、渐美、温厝、钟山、海沧、锦里、青礁和石塘等9个行政村共9000多栋房屋,大致得出了闽南地区农村房屋结构类型的分布。

闽南地区农村房屋结构类型主要有砖混结构、石结构、石加砖混结构(在石结构上加建砖混结构)、石砖木结构、钢筋混凝土框架结构和其他类型结构等6种结构类型。文献6的调查结果揭示了不同结构类型的房屋数量分布如表1。从表1可以看出,在多种结构类型当中,砖混结构和石砖木结构占了很大的比例。

表1 结构类型数据统计表^[6]

结构类型	砖混结构	石加砖混结构	石结构	石砖木结构	钢筋混凝土结构	其他结构	房屋总数
数量(栋)	4905	737	829	1858	172	129	8630

3.2 典型结构的抗震设防问题

(1) 砖混结构

砖混结构类型有单层砌体结构、多层砌体结构、底层(局部)框架等类型。除早期建设的单层砌体结构房屋外,目前民房屋层数基本为2~6层,楼盖均采用现浇钢筋混凝土楼板。

基础一般采用条形毛石基础,砂浆采用水泥砂浆或水泥粘土混合砂浆。墙体主要为240mm厚和180mm厚的粘土实心砖,部分房屋水平向设有圈梁,竖向设有构造柱,楼板为现浇钢

筋混凝土结构。

存在的主要问题是有一大部分房屋没有设置圈梁、构造柱。承重墙经常会出现因砂浆强度不足引起的裂缝。部分房屋外墙损毁,窗间墙及窗下墙开裂。

(2) 石结构

由于闽南地区花岗岩石材丰富,易于开采,在上世纪70年代以前,村镇住宅多为纯石结构。石材本身具有抗压强度高、耐久性好、吸水率低以及美观大方等优点,因此石砌体房屋遍及闽南各地,具有鲜明的建筑特色和悠久的历史。

石材因自重大,刚度大,对于台风的抵抗能力强。但是,在抗震性能方面,同样由于自重大,刚度大,相应地其地震作用也大,而且变形能力又很小,抗拉、抗剪、抗扭等受力性能也很差,这就决定了石砌体结构的抗震能力先天不足。

(3) 石加砖混结构

上世纪70年代末,在住宅需求增加的情况下村镇住宅进行了大量的扩建,多数村民在原有纯石砌体结构上加建砖混结构(图3)。

从抗震的角度,这种加层结构很不合理。首先,对于干砌建成的石结构,本身的承载能力有限,如果再加层,自身的安全性更难保证。其次,在石结构上加建砖混结构,若砖墙砌在没有石墙的地方,比如外廊、门庭檐口梁上,就意味着在本来就不适合受弯的石梁上再增加荷载,雪上加霜,进一步增加了石梁发生脆断的危险。再次,大部分的砖墙只是简单的砌筑在原有石砌体之上,没有任何拉结措施,相互之间传力不可靠,整体性差,在地震作用下,砖墙容易被甩出。

(4) 砖木或石木结构

该类结构在闽南地区所有结构类型中历史最悠久。墙体由砖或石砌体做成,柱子、梁、屋盖由木结构做成(图4)。

木结构屋盖自重轻,有利于抗

震。但该类房子由于建造年代久远,材料性质恶化,墙面空鼓、开裂、剥蚀等现象严重,墙体有效受力截面普遍受到削弱,木屋架也因漏雨、白蚁等原因腐蚀严重,这些都大大降低了该结构的抗震性能。因此,对于不适于居住的砖木或石木结构应作拆除处理,以防止地震来临后大量此类建筑倒塌。

3.3 其他方面的问题

(1) 抗震意识不强。农民建房时更多地考虑外观及使用功能,对抗震设防考虑不足或者干脆不设防。

(2) 在一些经济欠发达的部分农村,比如漳州的某些山区,土墙结构仍大量存在。这类结构抗震能力差,历次地震中先是外墙闪出,接着屋顶塌落。

(3) 农村住宅通常在宅基地内建满,左邻右舍靠得很近,间距不足,地震来临时易产生“多米诺”骨牌效应,致使大片房屋倒塌。

(4) 选址及地基基础问题。农民建房对场地的选择不大重



图3 石加砖混结构房屋
(厦门海沧区西边村)

视,这个问题在闽南地区尤为严重。在漳州及厦门的一些农村山区,房屋直接建在容易产生滑坡的山上或者山脚下。厦门市同安区的一些靠海农村,房子建在填平的海滩等软弱地基上。还有在一些农村地区,基础的设置极其简单,直接用石条做基础,没经过承载力验算。



图4 砖木结构房屋(厦门翔安区大嶝)

(5)施工质量差^[7]。闽南地区农村工匠的施工水平较低,对施工的工艺质量控制也不好。农民建房大部分聘请当地工匠,以祖传或师传徒等方式学艺者较多,没有系统掌握施工技术,因此施工质量往往很不符合要求,如砌体结构中构造柱与墙体不做拉结,也不留马牙搓等等。

(6)建材质量不合格。墙体用不符合要求的砂浆砌筑,有些用石灰掺土代替砂浆,砂浆配合比不符合要求,还有一部分房屋选用旧砖、劣质砖或新旧砖混杂砌墙,使墙体强度明显降低。

4 提高农村房屋抗震能力的措施及建议

4.1 新建房屋的抗震设防要求

针对闽南地区农村房屋抗震设防存在的问题,对新建房屋,建议采取以下措施来提高农村房屋的抗震能力:

(1)在一些经济较不发达的农村地区,为了降低造价,可按《镇(乡)村建筑抗震技术规程》^[8]进行抗震设计。但在一些经济较宽裕的地方,应执行《建筑抗震设计规范》^[9]。

(2)正确选择建设场地。闽南地区山多,软弱土层也多。建设场地宜选择地势在比较开阔平坦、土质坚硬均匀的场地。应尽量避免不利于建房的场地,如河流、湖泊、池塘岸边,山顶、陡崖、斜坡,软弱或不均匀土层等等。在软弱土层等不利地段建房,基础沟槽必须宽厚,槽底均匀铺设灰土层并分层夯实后,用水泥浆砌砖或石料混凝土做好基础,还可用复合桩基等技术加固地基。

(3)房屋体形要合理。设计房屋时,要避免立面上突然变化,平面形状也宜简单、规则,墙体布置宜均匀、对称。

(4)屋顶上不要做笨重的附属物。屋顶上的附属物,如女儿墙、高门脸等,既笨重又不稳定,地震发生时这些构件最易破坏。所以,应当尽量不做或少做这类装饰性的附属物,如果必须建造时,就必须采取一定的固定方法(图5)。

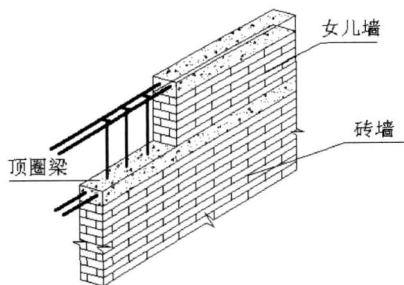


图5 女儿墙的固定方法

(5)确保施工质量。对于一般居住房屋,保证施工质量是指砖石的砌筑质量以及混凝土浇筑和养护质量要好,夯土墙坚

实,各构件之间的连接可靠等。施工时要做到墙、柱错缝咬砌,砖石块体错缝咬砌,内外墙同时砌筑。砖要浸水,砂浆要均匀、饱满。构造柱、圈梁的配筋要符合规范要求。

4.2 既有房屋的抗震加固建议

砌体结构的抗震加固方法主要有构造柱加圈梁及钢拉杆方法、钢筋混凝土板墙方法、粘钢法等。就其抗震效果来说,构造柱、圈梁及钢拉杆方法效果最佳,钢筋混凝土板墙加固次之,粘钢加固再次之。如果从造价上来衡量,钢筋混凝土板墙加固法造价最低、施工也较方便。另外,外加扁构造柱的情况造价也较低、施工也方便。从适用及经济的角度考虑,农村既有房屋的加固,建议采取以下方法^[10]:

4.2.1 外加扁构造柱加固

用外加扁构造柱加固墙片时,往往在构造柱之间加钢拉杆,此时极限抗剪承载力应由墙、柱和拉杆三部分组成。当达到极限荷载时,墙片沿临界裂缝产生较大滑移,构造柱在拉杆约束作用下,与墙体共同工作,拉杆只是简单承受水平荷载,而柱是通过拉杆约束直接承受水平荷载,因此,加固墙片的抗剪承载力主要由两部分组成:墙体本身的抗剪承载力和构造柱的弹性恢复力。外加扁构造柱加固的做法如图6。

4.2.2 钢筋混凝土板墙加固

钢筋混凝土板墙加固,指在砖墙外层另加钢筋混凝土面层,由于两种材料在弹性模量和延性方面差距较大,在地震作用下,砖墙率先破裂,丧失部分抗剪承载力,大部分地震剪力将由钢筋混凝土面层承担。钢筋混凝土板墙加固的做法如图7。

4.2.3 加固时应注意的几条原则

抗震加固除了结构加固外,还应从构造措施上加强其整体抗震能力和防倒塌能力。

(1)加固旧建筑结构之前,要全面分析结构的受力机理及原有结构在构造、承载力方面的不足,加固时应综合考虑,防止加固后产生新的薄弱层和新的薄弱部位。

(2)对砌体结构房屋的加固,既要考虑提高墙体的抗剪强度,更应考虑提高房屋的整体延性。

(3)抗震加固应尽可能与建筑装修、设备改造同时进行。应避免由于建筑装修或设备改造,削弱房屋主体结构的抗震能力。

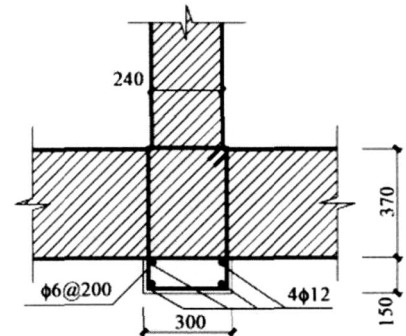


图6 外加扁构造柱加固

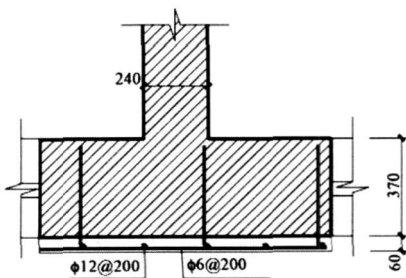


图7 钢筋混凝土板墙加固

(下转第110页)

转体顺序按照以下进行: 施工准备; 试转调试; 正式转体就位; 就位调整跨中合拢焊接; 封盘; 封焊拱脚。

整个转体操作时, 不设风缆, 在就位合拢焊接后, 于 1/4 拱跨位置对称张拉 4 14mm 风缆, 以降低骨架受风载震动。

3.3 扣索张拉与松索实现受力转换

转体主拱墩墩高为 30m, 利用原设计主墩, 采用增加背索方式满足施工期间受力要求, 劲性钢骨架在张拉扣索时需防止出现轴线偏移, 各根扣索张拉顺序应合理安排, 就位合拢后, 在松索的同时, 实现骨架受力体系由扣索拉力向拱桥自重情况下的转换, 为保证转换中骨架受力的平稳及扣索的受力, 应严格按照设计要求安排松索程序。

3.4 钢管混凝土的灌注施工

大桥劲性钢管骨架结构主弦杆为 377mm 无缝钢管, 为充分发挥其受力性能, 在骨架转体完成后, 钢管内应灌注 C55 微膨胀混凝土。因弦杆为曲管、管径小, 只能采用顶升法施工。根据劲性骨架的受力要求, 顶升按照先下弦, 后上弦对称分批的原则进行。

3.5 加载灌注拱圈混凝土施工

拱圈结构劲性钢骨架法施工其底模必须利用吊挂方式固定。为保证混凝土灌注质量, 减少施工接缝, 同时便于检查调整底模的轴线线形, 采用整个拱圈范围满挂方式灌注施工, 按照四环六面法原则, 共分为底板、下腹板、上腹板、顶板四环, 每环各分九段, 按先后顺序进行施工。混凝土灌注过程中, 不进行预加载。

3.6 施工中应力、变形监测控制

从劲性骨架拼装开始到全桥桥面板施工完毕, 有 16 次大的工况荷载变化, 均会引起拱轴线形的变化, 如何使最终成桥拱轴线符合要求, 结构各点应力符合要求, 施工中必须建立一套完整的应力、变形监控体系, 对异常情况加以调整, 确保施工的安全及质量。

3.7 桥梁刚度控制

铁路大跨度拱桥对整个桥梁刚度控制至关重要, 刚度不够会产生钢轨附加应力或造成脱轨。

该桥虽然在设计时对整个桥梁在荷载下的桩基弹性变形、拱座的纵向位移、拱肋和梁的挠度及横向变形、墩顶的水平位移均做了检算, 但在施工时对进场材料质量做了严格的控制, 对使用的钢材及混凝土试块的弹性模量做了测试并与设计参数对照、施工缝严格按照设计要求处理以保证每个构件和这个桥梁有足够的刚度和耐久性。

该桥竣工后对桥梁在静载和活载作用下的整个桥梁挠度、纵向横向的变形进行了检测, 满足设计要求。

焊缝检测及应力、变形监控由第三方独立进行。

4 施工中出现技术问题的解决

吊钟岩特大桥的技术攻关活动中, 参建方除了进行大量调查研究掌握有关劲性骨架混凝土拱桥施工技术的情况外, 还针对本桥的现场情况, 通过一些必要的试验手段, 获得一些现场所需数据, 在此基础上, 制定完善了该桥的施工控制措施。主要解决的施工技术问题包括:

4.1 进行了现场焊缝焊接质量的试验研究

因现场焊接的条件所限, 全部焊接均采用手工电弧焊, 在正式施焊前, 除进行正常的焊件检测外还利用 X 光拍片检测分析, 制定在多种焊接形式中保证焊缝等级的措施。随后在正式施焊时推广运用, 经实测检查均符合设计要求。

4.2 劲性骨架安装施工优化及调试

经过认真的方案优化比选, 该桥施工中就五个方面做了大胆的改进并取得了成功。虽然在设计阶段已就转体的纵、横向稳定性进行了分析计算, 但由于受现场地形及其他条件控制, 背索、平衡重及施工荷载都做了相应的调整, 轴心结构位置重新做了精确的计算; 采用增加橡胶垫层的轴心结构, 减少加工精度及加快了合拢调整速度; 减化了牵引装置调整。

4.3 小管径钢管内灌注混凝土施工技术

该桥的小管径钢管的混凝土灌注因是曲管, 且管内有衬管及受地形所限混凝土泵送距离远, 弯道多, 泵送压力损失较大, 根据实验结果选择泵送设备、混凝土配合比, 严格控制混凝土的和易性、骨料的最大粒径及初凝时间。

4.4 运用计算机软件分析监控施工

从劲性骨架张拉脱架开始, 桥架结构产生多大的变形, 每一次的变形数据必须算出理论值, 与现场数据比较分析。再根据分析结果, 选定拱圈加载过程。

5 结束语

根据对质量控制过程的分析, 本工程所采用的平面转体施工工艺最大限度的发挥了其特点, 使桥梁质量、工期、安全得到有效的控制。且工程造价低, 经济效益和社会效益明显。由于平面转体施工工艺在铁路桥梁施工中属新工艺, 在此次的施工质量控制中遇到很多问题并得到相应的解决, 这为同类工程施工质量控制积累了一定的经验和数据, 该项目也获得了国家科技成果奖。

参考文献

- [1] 张联燕, 程懋方, 谭邦明, 陈俊卿. 《桥梁转体施工》[M]. 人民交通出版社, 2005.
- [2] 孙亦环. 《铁路桥涵》[M]. 中国铁道出版社, 2000.
- [3] 中铁三局集团有限公司. 《铁路桥涵工程施工质量验收标准》(TB10415 - 2003 J286 - 2004)[S].

(上接第 85 页)

参考文献

- [1] 林树枝, 汶川地震灾区房屋抗震加固及设计的几点建议[J], 工程抗震与加固改造, 30(2008), No. 4, 83 - 87 页.
- [2] 林树枝, 汶川地震灾区学校建筑的震害分析[J], 福建建筑, 2008 年第 10 期, 63 - 66 页.
- [3] 林树枝, 廖文彬, 汶川地震灾区部分房屋的施工质量分析[J], 福建建筑, 2008 年第 10 期, 66 - 69 页.
- [4] 林树枝, 蔡志灵, 地震次生灾害的分析及防治对策[J], 福建建筑, 2009 年待发表.
- [5] 林树枝, 黄建南, 防御地震次生地址灾害的对策——以厦

门为例[J], 福建建设科技, 2009 年待发表.

- [6] 刘阳等, 闽南地区农村住宅安全性现状及防灾建议[N], 华侨大学学报, 2007 年第 1 期, 69 - 73 页.
- [7] 蔡辉腾等, 福清市高山镇农村建筑抗震性能调查[J], 工程抗震与加固改造, 30(2008), No. 1, 105 - 108 页.
- [8] JGJ 161 - 2008, 镇(乡)村建筑抗震技术规程[S], 北京: 中国建筑工业出版社, 2008 年出版.
- [9] GB50011 - 2001, 建筑抗震设计规范[S], 北京: 中国建筑工业出版社, 2001 年出版.
- [10] 段树金等, 村镇房屋抗震加固浅议[J], 工程抗震与加固改造, 2004 年第 6 期, 63 - 65 页.