

承载力不满足安全使用要求,另外二层-七层楼板承载力均不满足安全使用要求。该区域为单跨框架外加单侧悬挑走廊结构形式,拉筋伸入填充墙内长度未全长拉通,评定该建筑物实验楼区域整体结构抗震性能不满足7度抗震设防对乙类建筑物的要求。

2 总体设计思路

在加固设计中如何选择应有针对性的加固方案成为至关重要的问题。本项目加固设计的原则就是“在确保结构安全前提下优化工程成本”,成本控制的设计理念应始终贯穿在加固设计中,主要体现在以下几个方面:

(1)多方面权衡各种加固施工方案,选择最优设计方法:目前可供选择的加固手段较多,以混凝土结构构件加固为例,常用的加固方法有普通混凝土加大截面、粘贴碳纤维、粘贴钢板、外包钢结构等。

(2)施工措施的影响因素:工程成本除了施工直接成本费用外,还包括施工措施费用及不可预见费用等“边缘成本”,这些“边缘成本”有时可对整个工程成本产生直接影响。以楼板加固为例,当需加固楼板面积较小时,与粘贴碳纤维或粘贴钢板等加固方法相比,普通混凝土叠合加固虽然施工工艺直接成本较低,但是如果将混凝土运输、小批量商品混凝土成本等“边缘成本”考虑在一起,混凝土加固方法的整体成本将会超过粘贴碳纤维或粘贴钢板的成本。

(3)其它专业的影响因素:对学校校舍进行结构加固的时候,必然会涉及到其它专业如建筑、水、电及消防等,采用不同的加固方法或者加固范围将会影响到这些专业破损和恢复的工程量,也将直接影响到整个工程的造价。以框架柱加固为例,用普通混凝土增大截面加固和外包角钢加固均能取得较好的加固效果,但是对于外

墙框架柱加固而言,外包角钢加固需要将柱周边部分墙体拆除后才能进行施工,待角钢安装完毕后再将墙体恢复。整个加固工程就会涉及至外墙立面的改动、恢复,甚至导致整个外墙立面重新恢复,包括外墙装饰、外墙节能保温等,工程造价陡然增加。

(4)灵活运用规范,对结构体系加固优于构件加固:许多学校校舍建于上世纪80年代,当时采用的结构设计规范为74版设计(包括抗震设计),而按照目前抗震鉴定规范的要求及安全水准的提高导致旧建筑物安全性和抗震性能无法满足现行规范要求。对于这类学校的加固,由于加固涉及构件种类和数量较大,如果偏重于每根承重构件的加固,往往会造成工程成本居高不下,此时对结构体系进行加固能收到事半功倍的效果。以一栋主体结构为框架的学校建筑物为例,如果在建筑物合适部位增设几道剪力墙,将结构体系改为框架-剪力墙结构,将改善结构体系的受力性能,也就意味着部分构件的受力将会降低以至于不需进行抗震加固处理,这样结构加固成本将会大大降低。

(5)强调加固方案可行性:目前加固技术发展较快,新的加固材料、加固工艺层出不穷,在设计中应用这些新的加固方法时必须考虑可行性。如(预应力)钢丝绳聚合物水泥砂浆加固方法可以大幅提高梁、板构件承载力,是一种较好的加固方法。但目前市场上这类加固材料来源较少,价格也非常昂贵通常为普通钢筋网价格的10倍以上,不宜大规模应用。

3 常用构件加固方法及优缺点比较

3.1 柱加固方法比选

针对个别柱轴压比超限,部分一层柱承载力不足及个别柱混凝土强度低于C20的情况,选择了三种方法进行比选。具体见表1。

表1 框架柱适用加固方法比选

项目	增大截面法	外包钢法	粘贴碳纤维布法
方法简述	增大原构件截面面积或增配钢筋,以提高其承载力和刚度。	对柱外包型钢、扁钢焊成构架并灌注结构胶粘剂,以达到整体受力,共同约束原构件要求。	利用树脂类材料把碳纤维粘贴于结构或构件表面,形成复合材料体 CFRP,通过其与结构或构件的协同工作,达到对结构构件补强加固及改善受力性能的目的。
主要优点	施工技术要求较低,适应性强,易于保证施工质量,可以使原砼构件的承载力提高40%以上,能有效降低轴压比,加固费用较低。	受力可靠,能显著改善结构性能,对使用空间影响小,施工简便,现场工作量较小,工期较短,对周边环境影响较小。	性能高、不增加构件自重及体积、施工方便快捷。
主要缺点	现场施工的湿作业时间长,对教学和工作有一定的影响,且加固后的建筑物使用面积有一定的减小,在加大截面的同时占用室内空间,无法与安装通风管道、消防管道及电气施工同时进行。	用钢量较大,外露钢件应进行防火防腐处理。	不得直接暴露于阳光中,需增加耐火防护措施,不得在加固后的构件上钻孔等。
与本工程适用性	能有效提高承载力及轴压比,由于湿作业时间长,且加大截面后,外廊线管钢槽需移位,工期较长,但造价较低,能够最大限度保留建筑外立面装修。	能有效提高承载能力,有助于降低轴压比,工期较短,施工便捷,对周边环境及设施影响较小,但造价略高(加固数量不大)。	能提高承载力,但对轴压比无改善,工期较短,施工便捷,对周边环境及设施影响较小。

3.2 梁加固方法比选

三种方法进行比选。具体见表 2

针对部分梁存在支座承载力不满足的情况, 选择了

表 2 框架梁适用加固方法比选

项目	增大截面法	外包钢法	粘钢板法
方法简述	增大原构件截面面积或增配钢筋, 以提高其承载力和刚度。	对梁外包型钢、扁钢焊成构架并灌注结构胶粘剂, 以达到整体受力, 共同约束原构件要求。	在构件承载力不足区段表面粘贴钢板, 以提高被加固构件的承载力。适用于承受静力作用且处于正常湿度环境中的受弯或受拉构件的加固。
主要优点	施工技术要求较低, 适应性强, 易于保证施工质量, 可以使原砼构件的承载力提高 40% 以上, 加固费用较低。	受力可靠, 能显著改善结构性能, 对使用空间影响小, 施工简便、现场工作量较小, 工期较短, 对周边环境影响较小。	施工快速, 干净简洁; 施工方法较简单, 工期较短, 对结构的正常使用基本不影响; 加固后对原结构外观无显著影响, 传力简单明确, 耐久性较好; 基本不增加结构的质量, 基本不改变结构的外观。性价比较高, 能节省材料和工期, 加固费用较低。
主要缺点	现场施工的湿作业时间长, 对教学和工作有一定的影响, 且加固后将降低空间的利用高度, 对室内设施影响较大。	用钢量较大, 外露钢件应进行防火防腐处理。	加固效果受胶粘工艺与操作水平影响较大。
与本工程适用性	能有效提高承载能力, 由于湿作业时间长, 且需拆除板底吊顶, 对室内设施影响较大, 降低使用净空, 工期较长。	能有效提高承载能力, 施工便捷, 对周边环境及设施影响较小, 但造价较高。	仅在梁面进行加固, 针对性强, 能有效提高承载力, 工期较短, 施工便捷, 费用较低。

3.3 楼板加固方法比选

择了两种方法进行比选。具体见表 3

针对大部分楼板存在板底承载力不满足的情况, 选

表 3 楼板适用加固方法比选

项目	叠合板法	增设钢梁法
方法简述	通过增强板底配筋以达到满足承载力要求。	通过增设钢梁改变板跨大小达到减小板底弯矩以满足承载力要求。
对原结构的影响	需对整个楼板进行施工, 涉及钢筋工程、混凝土工程等影响较大的作业, 并需在板周边梁上采用植筋等方法锚固钢筋, 增加楼板重量。	仅需在板跨中位置锚固钢梁。
对装修的影响	需拆除全部吊顶, 搬空家具及设备, 部分天花板电路及灯具等需拆除。	仅需拆除跨中局部吊顶, 可避开灯具等, 无需搬空家具及设备。
施工工效	涉及钢筋工程、混凝土工程及植筋锚固等工程, 施工复杂, 工期长。	操作简便, 工期短。
综合工程造价	由于对建筑物装修影响较大, 工期较长, 综合费用较高。	对装修影响较小, 工期短, 综合费用较低。

4 最终确定方案简述

4.1 单跨框架抗震加固方案

在结构体系方面, 在综合楼区域和实验楼区域结构端部共增设 4 道落地剪力墙, 结构形式由框架改为框架剪力墙, 将框架结构抗震等级由原来二级降为三级, 改善了原有框架柱梁地震荷载作用下的受力性能。采取上述措施对结构体系进行加固后结构整体受力性能有了很好的改善。

4.2 填充墙体拉接钢筋抗震加固方案

采用墙体双面挂钢丝网批抹高标号砂浆的方法对填充墙体进行加固处理, 加强墙体自身和与框架结构连接的整体性能。尤其注重墙体与框架结构连接部位的节点设计, 方案中采用角钢和钢板作为连接节点板, 通

过化学螺栓与框架构件可靠连接, 使加固钢丝网将填充墙体和框架构件连接的整体性加强, 自身的整体性也大大提高。另外加固砂浆层作为墙体装饰面层做法的一部分, 节约了加固成本。

4.3 地基基础改造设计

由于新增 4 道落地剪力墙, 需增设剪力墙的基础, 同时对周边原有地基基础进行处理。新增剪力墙基础经过筛选最终决定充分利用上部土层承载能力, 基础方案采用地基注浆补强加固 + 条形扩展基础。加固后地基承载力提高至 140kPa 可以满足新增剪力墙基础对地基承载力的要求。

4.4 框架柱加固设计

经过技术经济权衡, 采用普通混凝土加大截面方法加固框架柱, 既能解决承载力不足的问题, 也能通过增

大截面面积减小地震荷载作下的轴压比,同时该加固方法工程造价较低,对建筑外立面基本没有影响,基于各方面综合考虑,框架柱加大截面加固是最优方案。

4.5 框架梁加固设计

该建筑物在加固方案的选择上,由于走廊和室内楼面存在标高高差,导致常用的框架梁两侧粘贴钢板或碳纤维纤维的方法不可行;如果采用普通混凝土加大截面,会导致建筑使用高度降低。最终选择钢板粘贴和机械锚栓混用的加固方案。

4.6 楼板加固设计

加固楼板的工程量非常巨大,楼板加固方案的选择将会极大的影响工程成本。从现场装修情况来看,板底布设钢梁的加固方法工期最短,同时成本最低,可以有效的保留原建筑的管线及装修。

4.7 新增剪力墙与原有框架结构连接节点

新旧混凝土连接节点的常见做法都是依靠植筋连接,虽然做法简单,但是植筋工程量较大,施工成本较高。本次设计在考虑新增剪力墙与原框架构件连接节点时,以钢筋焊接连接为主,植筋连接为附,将植筋量减少了 30%,如图 2 所示。

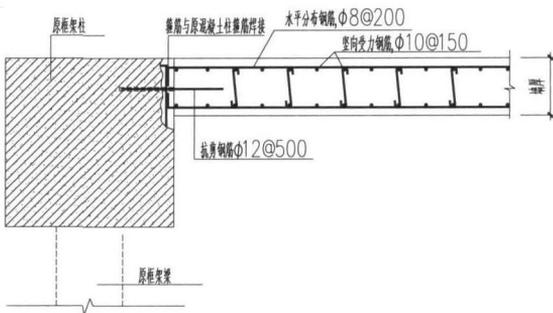


图 2 新增剪力墙与框架柱连接大样

5 项目关键技术问题总结

(1)通过上面加固设计方案分析,加固设计需充分反映建筑物现状及改造后的变化情况,加固设计必须处理好管线、加固造成的破坏修复、楼体外观等实际问题,要解决好上述问题,应从加固方案选择、加固范围确定和设计图纸表达三方面入手。

(2)如何在安全前提下寻找安全、成本最佳平衡点,可以从两方面入手:首先在设计过程中,通过技术方案优化力争降低工程造价。二是整个加固工程成本中所占比重大的其实并非结构加固土建工程,而是建筑平、立面装饰工程和设备专业工程,为此设计单位与甲方、学校等部门进行充分沟通,尤其在设计前期将会同这些部门制订统一的建筑装修和设备标准,这样可以大大降低工程成本,并且加快设计速度。

6 结束语

既有建筑的加固设计工作相对于新建建筑设计具有一定的特殊性,目前,我国在该方面的规范相对偏少,希望能够通过本文对所有从事加固设计工作的技术人员有所帮助,让广大师生们能够在真正安全的校舍中安心工作和学习。

参考文献:

- [1] GB 50023-2009, 建筑抗震鉴定标准 [S].
- [2] GB50011-2001, 建筑抗震设计规范 [S].
- [3] GB 50292-1999, 民用建筑可靠性鉴定标准 [S].
- [4] GB50367-2006 混凝土结构加固设计规范 [S].
- [5] JGJ116-2009, 建筑抗震加固技术规程 [S].

Discussion of Anti-seismic Strengthening Design for a School Reconstruction

ZHANG Zhe

(Shenzhen Building Research Co. Ltd, Shenzhen 518049 China)

Abstract The earthquake made great casualties and property losses. Countless students, faculty and staff casualties were devitalized by collapsing houses, which gave rise to a wider scope and a higher degree of concern with seismic performance of under construction and existing building. In this paper, we analyzed the problems encountered in our strengthening projects and gave the summaries and suggestions in the end.

Key words primary and secondary school reconstruction; seismic strengthening; design method; discussion