

既有建筑结构加固改造技术及工程应用研究

王向阳

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]我国城镇化已由外延式粗放规模扩张转变为内涵式集约品质提升,现有建筑结构加固改造成为城市建设的重要技术支撑。文章对既有建筑结构加固改造设计的必要性进行了介绍,详细讲解了加大截面加固法、置换混凝土加固法、粘结外包型钢加固法以及粘贴纤维加固法等四类常用技术的技术特征及其适用场合,在原有结构分析与利用、局部与整体均衡、改造范围及方式、加固程度等方面归纳总结了其加固设计原则并以实例阐述各方法的应用情况及其效果。加固设计合理与否直接影响到建筑物的安全以及城镇化的质量和成效。

[关键词]既有建筑; 结构加固; 加固技术; 改造设计; 工程应用

DOI: 10.33142/sca.v9i5.19749

中图分类号: TU746.3

文献标识码: A

Research on Reinforcement and Renovation Technology and Engineering Application of Existing Building Structures

WANG Xiangyang

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Chinese urbanization has shifted from extensive scale expansion to intensive quality improvement, and the reinforcement and renovation of existing building structures have become important technical support for urban construction. The article introduces the necessity of reinforcement and renovation design for existing building structures, detailing the technical characteristics and applicable scenarios of four commonly used techniques: enlarged section reinforcement method, replacement concrete reinforcement method, bonded outer steel reinforcement method, and bonded fiber reinforcement method. The article summarizes the reinforcement design principles in terms of original structure analysis and utilization, local and overall balance, renovation scope and methods, and reinforcement degree, and illustrates the application and effects of each method with examples. The rationality of reinforcement design directly affects the safety of buildings and the quality and effectiveness of urbanization.

Keywords: existing buildings; structural reinforcement; reinforcement technology; renovation design; engineering application

引言

我国的城市发展也已经步入了从“大拆大建”到“绣花功夫”的新时代。住房和城乡建设部统计数据显示,截至2020年底,全国各地开展的城市更新项目已经达到6万余个,累计完成投资2.6万亿元,其中既有建筑改造面积达78亿 m^2 、城镇老旧小区改造开工5.37万个,加装电梯3.6万部。目前,我国既有建筑总量超过600亿 m^2 ,其中有将近190亿 m^2 的建筑不符合抗震要求,又有大约46亿平方米的既有建筑抗震能力较差。在这种情况下,大量的旧房已经不再适应当下的安全及使用标准,必须要进行加固改造以提高使用年限与结构性能等。2025年,中共中央办公厅、国务院办公厅出台的《关于扎实推进城市更新工作的意见》文件中,首次在全国范围内提出“一

屋一策”的既有建筑修复思路,在文件中指出要对涉及保护文物古迹、历史文化名城等文物保护单位的房屋,则要依法依规进行“一屋一策”的修缮。在我国政策不断推进的情况下,既有建筑加固技术的研究及应用有着非常大的理论意义和工程价值。

1 既有建筑结构加固改造设计的重要性

既有建筑结构加固改造设计属于城市更新过程中的关键技术之一,在保证安全、经济以及可持续绿色发展等方面具有重要意义,从安全性方面分析,我国的城市住宅结构正在逐步老化,很多现有的建筑物都已超出设计使用寿命年限,存在缺乏足够的安全余量的情况,如果不加以处理就会出现结构上的危险因素,《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021-2021中规定:对于已经过设计年限

需继续使用的、改建扩建移位的、原设计未作抗震考虑或者抗震等级提高的、遭受过自然灾害或者意外事故等情况下的原有建筑物都需要对其进行检测。从经济效益上说,相比拆除重建,加固改造可以节省大量的材料及废弃物,据计算,加固改造比拆除新建可以节约投资 50%以上。从城市更新上看,加固改造还包括改造建筑物的使用功能,把旧厂房改建为文创园,老旧办公楼改造成为租赁房等,都需要借助结构加固的技术手段来进行使用功能承载力的增强。再加上老旧建筑的加固必须同时进行承载能力和抗震性能的加固,而且要达到恢复建筑的安全使用功能、延长建筑的工作寿命的目的,所以合理可行的设计方案不仅要考虑安全也要体现城市发展可持续发展的思想方法。

2 既有建筑结构加固设计常用技术

2.1 加大截面加固法

加厚截面加固办法是增加了原有结构构件截面尺寸及附加钢筋量,通过增加构件截面尺寸与增设钢筋来增强结构承受能力以及构件的刚度和耐磨损性的一种传统加固手段,其施工操作简易,适用于各种类型的结构物,梁、板、柱等均可施用此种加固技术,按照《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021-2021 要求,对于通过加大截面进行加固的受弯、受压构件,加固后的构件接缝及粘合强度需符合整个截面受力的条件。规定钢筋混凝土构件加大截面加固时,新增加的混凝土层厚度:板不小于 40mm,梁、柱不小于 60mm。加固用的钢筋选用热轧带肋钢筋,增补的新受力钢筋及原有钢筋之间的净距离不得小于 25mm 并应采取短钢筋或者箍筋焊接的方式连接,在实际工程应用中加强之后梁的正截面抗弯能力通常能够增长到原有水平的 35%左右,抗剪能力可增加到原来的 25%,但是这种方法缺点是增加了结构重量,占用了建筑物内部空间,工期也相对较长,但是对于变形大的构件以及既要求增强承载力又要求增强刚度的构件有着无可比拟的作用。

2.2 置换混凝土加固法

置换混凝土加固即在原有构件内把强度不足或者存在较大缺陷的部分劣质混凝土去除,用强度大、质量好的优质混凝土代替,使结构的承载力得到恢复或提高的一种方法。《混凝土结构加固设计规范》GB 50367-2013 规定,置换混凝土加固法适用于承重结构受压区混凝土强度偏低或有局部严重缺陷的加固,主要用于新建工程浇筑混凝土质量不符合要求的返工处理,还用于对既有混凝土结构遭受火灾损伤、化学侵蚀以及地震、台风、人为因素破坏以后的修复。使用置换法加固梁类构件时,必须进行支撑。

在进行加固柱、墙等部分时,对于原有结构以及构件在整个施工期间的工作情况需通过计算分析、检测及监控加以把控,置换界面位置混凝土不能产生拉应力,否则控制不了就需要设置临时支撑之类的卸载方式来解决^[1]。此法要点就是新老混凝土接合面间紧密结合要靠性能好且黏接力强的一种结构界面剂才能实现同步受力,在选择界面剂时一定要慎重考虑,需要选购可靠的产品并让厂家提供合格证明书。该法的优点是不影响结构截面尺寸大小,适合那些对使用空间有着较为严格限制条件的工程应用,缺点就是施工技术要求高并且受限于拆解程度。

2.3 粘结外包型钢加固法

粘结外包型钢加固法分为有粘结外包型钢(湿式外包钢)及无粘结外包型钢(干式外包钢)。利用外包型钢来提高钢筋混凝土构件的承载能力以及抗震性能的一种方法,《既有建筑鉴定与加固通用规范》明确指出干式外包钢加固后钢架承载力及外加荷载分担情况应根据各自的截面刚度比例进行划分;湿式外包钢加固后承载力及截面刚度应视为整体共同工作来处理。规范对湿式外包钢加固提出了要沿梁、柱纵向用缀板+角钢焊接,在梁柱节点部位要加密的要求,间距不宜超过 20 倍单个角钢截面的最小回转半径,且不得小于 500mm。施工时应注意防止结构胶被加热焊接所烫伤,在外附钢板的角钢尾端 600mm 处胶层宽度控制为 3mm~5mm。此方法能够大大提升结构的荷载能力,使得型钢和原有结构共同构成组合截面同时受力,整体抗地震性能优异,但是耗材较多,成本较高,适用荷载要求较高的梁、柱节点部位加固。



图 1 柱包钢加固施工

2.4 粘贴纤维加固法

贴纤维加固法是采用纤维增强复合材料片材用结构胶黏结在结构件受拉区上,与原有结构协同工作,以增强

表 1 四种常用加固方法对比

加固方法	适用构件	主要优点	主要不足
加大截面加固法	梁、柱、板、基础	工艺简单、承载力提升显著	增大自重、占用使用空间
置换混凝土加固法	受压区构件	不改变截面尺寸	施工周期长、界面处理要求高
粘结外包型钢加固法	梁、柱	承载力高、抗震性能优良	用钢量大、造价较高
粘贴纤维加固法	受弯、受拉、大偏压构件	轻质高强、不增自重	耐火性差、对粘结要求高

结构件的抗弯、抗剪、抗拉强度。依据《混凝土结构加固设计规范》GB 50367-2013 的规定此种方法只适用于钢筋混凝土受弯、受拉、轴心受压和大偏心受压构件的加固而不宜用于加固小偏心受压构件,这是因为纤维增强复合材仅可承受拉应力的作用,而小偏心受压构件的纵向受拉钢筋不能达到屈服程度,使用贴纤维复合材加固会造成大量的材料浪费。此方法不适合用于素混凝土结构以及配筋率小于现行规范规定最小配筋率构造值的构件的加固^[2]。规范要求固定在混凝土表面的纤维增强复合材不能直接接触阳光或有害物质,表面需做保护措施,以免因长时间受到阳光直射或介质侵蚀而导致材料老化、缩短服务年限。通过此种方式加固的结构,长期使用环境下温度不宜超过 60℃。此方法重量轻强度高、无附加结构重量、方便快捷等特点明显,在桥梁建筑等既有结构修复中有越来越多的应用。

3 加固设计的要点分析

3.1 原有结构的合理分析及利用

加固方案的第一步就是对现状结构进行彻底检查及评价,了解现状结构的真实受损程度及余载情况,在做旧有建筑物时要对安全性和抗震性一并评估;旧有的结构构件材料强度等级和力学性能标准值,需要根据原有的图纸以及现场实际测量的情况来确定,对于由于高温、潮湿、冻融循环、化学侵蚀、振动等原因造成的旧有结构破坏,则要在加固措施的设计上采取相应的解决方法并对上述问题加以处理后再考虑加固措施。既有建筑的加固设计需结合具体的施工工艺进行,在确保新添加件及附件可靠地与原有结构相连接的同时,使新增加部分与原有部分之间可靠地结合成为一个整体来共同承担荷载的作用,同时也不能使新增部分对地基基础以及未处理的部分产生不良的影响。加固时要充分利用原有结构尚存的承载力,防止一味增设构件与材料而增大投入、加大施工难度等问题的发生。非替换部分混凝土强度等级的选择,应以实测为依据而不应小于该混凝土结构设计当时的强度等级。

3.2 局部与整体的平衡

既有建筑加固改造一般是先从局部节点加固着手来

进行的,但是在施工的时候要站在整个建筑的角度去考量。对结构整体加固设计方案的选择必须依据具体建筑物类型来考虑,要从结构体系、抗震构造措施、抗震承载力、易倒易损构件等角度进行分析之后再加以选择。如果增加了加固构件或者改变了传力途径,则需要对相关的结构、构件及其地基基础重新进行计算复核,避免加固后的结构新增薄弱环节或者引起结构受力不平衡。如仅仅是对某一个楼层进行外包钢加固而忽略了上下层之间刚度协调问题,在发生地震的时候该楼层会因为层间刚度过大而产生较大的剪力峰值,从而造成新的应力集中点,降低了结构整体抗震能力。对于 A、B 类建构筑物,进行加固以后,每个楼层的综合抗震能力指数不应低于 1.0。而在加固过程中,缺乏经验的技术工程师比例过大是很常见的事情,导致加固过程中顾此失彼的情况时常出现^[3]。所以在局部加固的时候,必须把局部的加固考虑进整个受力系统中来综合考虑,兼顾结构安全可靠、抗震性以及施工难易程度来进行平衡调节,这样才能达到理想的加固目的。

3.3 合理选择改造范围和加固方法

合理选择加固范围与加固方式是设计的核心工作。加固一般分为构件加固、局部结构加固以及整体加固三类,要依据检测报告及使用情况来定。用置换混凝土法加固梁式构件时,在加固之前应该对被加固构件施加有效的支撑,保证置换过程是在已全部卸除荷载的状态下完成,这样也有利于加固结构能够更加均匀地承受力的作用。对于使用粘贴纤维复合材料加固的话,要采取措施尽量卸除,目的是降低二次受力影响,也就是减小了纤维复合材料的滞后性应变,从而使加固后的结构更好地利用到纤维材料的强度。对于那些承载力严重不足的结构,则可选用外包型钢或者增大截面的方法等。对于局部混凝土质量缺陷,更换混凝土是最优的选择;对于需要减轻施工荷载的情况,粘贴纤维增强是最有利的方式,在无锡通过扩大截面积加强柱、增加剪力墙联合钢桁架顶换设计策略下,无支撑式施工技术以待报废柱体为支撑结构,采取静力割断工艺方法,大幅度减少了施工的干扰以及时间,节省了成本。加

固区间的选择要在确保安全的基础上尽可能少地影响到结构以及使用功能,达到安全可靠和经济合理以及施工便利的有机结合。

3.4 确定合理的加固程度

加固程度直接影响到工程安全余量以及经济利益,过强的加固既浪费资金又加大了施工难度,还会造成刚性的突变从而留下新的薄弱环节;加固设计需确定结构加固后的功能、环境及设计使用寿命,在规定的使用寿命内严禁擅自改变加固后结构的功能和环境^[4]。对于钢筋混凝土受弯构件进行增大截面加固时,这种加固方式增加了截面的配筋率与受压区域的高度,容易使得构件的延性有所降低。

《规程》中规定加固计算中的受压区域的高度不得超过规范中的最大限制,并且在加固之后所获得的增强能力不要超过原构件的百分之四十左右。对待原有结构进行抗震加固,则应该重新验算结构的抗震水平,保证加固之后的结构能满足抗震要求;科学地选择合理的加固量也需要考虑很多方面,比如结构的安全余量以及经济方面的投入、后期的使用年限等等,在加固施工中当无法对柱子或者墙体这样的重要承重结构做到全部支撑的情况下,则可以借助验算以及观测的方式对整个工程过程进行把控,验算及监测的内容由设计单位提出确定,但必须包含对相应结构、构件受力状态的计算监测。

4 结语

既有建筑结构加固改造是城市更新背景下建筑业的发展方向之一。伴随着中办、国办《关于持续推进城市更

新行动的意见》的出台,“一户一策”的改造理念进一步推进,未来的既有建筑加固改造将会拥有更大的发展空间。中央财政对入围的城市进行定额补助,入围城市编制城市更新工作计划,综合运用中央和地方资金,创建城市更新可复制推广的经验与模式。本文较为全面地对加大截面加固法、置换混凝土加固法、粘结外包型钢加固法以及粘贴纤维加固法几种常见技术的技术特点、适用性以及设计要求进行了探讨,在加固设计过程中应注重结构分析的应用、局部与整体的协调、方法适用性的选择、加固效果的要求这些方面的统一。今后需进一步做好旧构件材料精细化检测评价、新型高性能材料的应用开发、全寿命设计方法的研究工作等几个方面的工作,在此基础之上不断提高加固工程标准水平、智能化水平、绿色化水平等,从而更好地服务于城市更新和可持续发展事业。

[参考文献]

- [1]张永超.结构加固技术在既有建筑改造工程的应用研究[J].工程机械与维修,2024(2):206-208.
- [2]陈晨,王金涛.房屋建筑工程结构加固改造技术的应用分析[J].中国设备工程,2022(10):195-197.
- [3]苏晓明.建筑工程结构加固改造技术应用探讨[J].门窗,2019(15):52-55.
- [4]潘叶.建筑工程结构加固改造技术应用研究[J].门窗,2019(9):69.

作者简介:王向阳(1993—),男,汉族,毕业于河北工程大学,现就职于河北建筑设计研究院有限责任公司。