

既有建筑改造中的结构鉴定与加固设计研究

王 君 庞桂彬

北京紫衡轩建筑工程检测有限公司, 北京 102499

[摘要]伴随着城市化的快速发展,对既有建筑进行改造也是城市更新的一个重要方面,在此之中,结构鉴定以及加固设计是十分重要的一个过程,它有利于保证建筑的安全,提高使用年限,改善结构性能。文中主要针对既有建筑改造中结构鉴定与加固设计问题进行了探讨,介绍了结构鉴定的方法与步骤,加固设计的原则与方法,目的是给既有建筑改造起到一定的借鉴意义。

[关键词]既有建筑改造;结构鉴定;加固设计

DOI: 10.33142/ucp.v3i2.19993

中图分类号: TU71

文献标识码: A

Research on Structural Identification and Reinforcement Design in Existing Building Renovation

WANG Jun, PANG Guibin

Beijing Zihengxuan Construction Engineering Testing Co., Ltd., Beijing, 102499, China

Abstract: With the rapid development of urbanization, renovating existing buildings is also an important aspect of urban renewal. Among them, structural identification and reinforcement design are very important processes, which are conducive to ensuring the safety of buildings, improving their service life, and enhancing their structural performance. The article mainly discusses the issues of structural identification and reinforcement design in the renovation of existing buildings, introduces the methods and steps of structural identification, and the principles and methods of reinforcement design, with the aim of providing some reference for the renovation of existing buildings.

Keywords: renovation of existing buildings; structural identification; reinforcement design

引言

在我国城市化进程加快及建筑使用寿命越来越长的情况下,现有建筑的安全性、适用性和耐久性问题越来越多。由于建筑老化,设计标准提高或改变用途,很多现有建筑出现承载能力不够、局部损坏、耐久性差的问题,对人们生活造成很大影响。针对上述情况,进行既有建筑的结构检测与加固设计是保证建筑安全、延长建筑寿命、增加建筑经济效益的有效途径。结构检测是对原有建筑设计文件、施工方法、建筑材料及现状损伤状况进行详细调查后得出的一种判断,从而合理评估建筑的承载能力和安全性,以便为加固设计奠定坚实基础。而加固设计是在满足结构安全的前提下,根据实际情况考虑材料、施工和技术经济要求,合理地进行加固设计,达到提高结构性能、改善使用功能的目的。近年来,在信息技术、智能化检测技术和绿色建材的发展下,建筑物的改造与加固设计的方法和技术越来越多样化、先进化,使得加固设计由传统的经验型逐渐转变为科学、数据驱动、可持续发展的方向。本文以现有建筑结构检测与加固设计作为研究内容,对结构检测、加固设计的原则、对策以及智能化进行分析和总结,

以期对现有建筑改造起到一定的指导作用,同时也对建筑的的安全管理和可持续利用有一定的借鉴意义。

1 结构加固设计原则与方法

1.1 既有建筑加固设计的基本原则

既有建筑加固设计是一项复杂而又受到诸多条件限制的工作,其核心准则是遵循合理的工作流程。根据《既有建筑鉴定与加固通用规范》要求,既有建筑的鉴定和加固必须做到“先检测、鉴定,后加固设计、施工及验收”,检测是鉴定的基础,而鉴定又成为加固设计的前提条件,在此基础上,设计尚需综合考虑加固后的使用功能、环境条件及后续工作年限等因素,为后续计算提供依据。设计时应重点关注新旧结构的协同工作性能,并采取有效措施确保新增部分与原结构可靠连接,形成整体共同受力,以避免因刚度突变产生新的薄弱环节。同时还要优化设计方案,增强结构的整体稳定性,减小承载力与刚度的突变;在确保结构安全的前提下,兼顾成本控制与施工便捷性。

1.2 加固材料与技术

1.2.1 钢结构加固技术

钢结构加固技术是处理各种不同受力问题及提高结

构性能方法的总称,它包括改变结构体系加固、增大截面加固、粘贴钢板加固、外包钢筋混凝土加固、钢管构件内填混凝土加固和预应力加固等多种方法。增大截面法是最常用的一种方法,不管是用焊接还是高强度螺栓连接,都必须保证加固件与原构件一起工作,板件不能有较大变形并具有一定的刚度。采用粘贴钢板进行加固适用于受弯、受拉或者受压实腹式构件,在加固之前构件表面需用喷砂法处理,同时粘贴在钢构件上钢板,最外面一层以及每一层钢板边缘处均要做出防锈措施^[1]。对于钢管,可以利用内部填充混凝土的方法形成钢管混凝土组合结构件,在这种情况下混凝土强度等级宜控制在 C30~C80 之间;另外,在任何情况下都不能使用以不饱和聚酯或醇酸树脂为主的胶粘剂。

1.2.2 混凝土结构加固技术

混凝土结构加固方式按受力机理分为直接加固和间接加固两大类,主要包括增大截面法、外包型钢法、粘贴钢板法、粘贴纤维复合材法以及预应力加固法等。对新增构件与现有结构之间的连接,常用的方法是植筋,在规范中规定,若采用植筋的方式、新增构件为悬挑结构构件,则原构件混凝土强度等级不低于 C25;若新增构件为其他类型的结构构件,则原构件混凝土强度等级不低于 C20,同时不能在素混凝土上进行植筋;还有就是承重结构所使用的机械锚栓必须是有锁键作用的后扩底锚栓,严禁采用膨胀锚栓作为承重结构的连接件。

1.2.3 FRP 加固技术

FRP 加固方法是利用高强度碳纤维、玻璃纤维等纤维材料与树脂结合形成片状或板状,将其粘贴到结构上以增加结构的承载能力和延性的一种方法。FRP 具备重量轻、强度大、耐腐蚀、施工方便等特点,其密度仅为钢的 1/6~1/4 而强度为钢的 10~20 倍。此法可用于对混凝土结构、砌体结构、钢结构、木结构进行抗弯、抗剪、抗震加固,一般分为外贴法和预应力法。根据《纤维增强复合材料工程应用技术标准》GB 50608-2020 的要求,本规范适用于纤维增强复合材料在结构加固和新建筑的应用。

1.2.4 预应力加固技术

预应力加固是积极加固的一种形式,就是在结构外附加预应力筋或者拉杆,给结构施加一个与外荷载相反的预加力,以抵消一部分荷载引起的内力,改善结构的工作条件。它的最大优点就是加固的同时卸荷,并能改变结构内力,适合大跨度结构的加固,以及用传统的方法加固困难或者加固效果很差的高应力状态下的大型结构的加固。而且它可以很好地克服传统的被动加固方法中新添加的材料出现的滞后变形的的问题,使得新老材料可以一起工作^[2]。

预应力加固根据预应力筋与结构之间的关系可以分为体外预应力加固以及体内预应力加固,而体外预应力即是在混凝土体外布置预应力筋对混凝土施加预应力。

1.3 加固方案设计流程与计算方法

在既有建筑改造中,加固方案设计过程以及计算方法是保证结构安全、经济以及施工可行的重要组成部分,在此过程中需要根据结构鉴定结果,了解建筑原结构承载力、变形能力和可能出现的问题,同时还要考虑建筑的功能以及改造目标来明确加固的需求。其次,要对各种可能的加固材料和技术进行比选,再根据建筑受力特点、荷载情况以及现场施工条件拟定一个大致加固方案。方案选定之后,要进行大量的工作,如截面承载力验算,构件受力变形计算以及整个体系的安全稳定计算等,必要时建立有限元模型,对一些复杂的结构进行受力分析,以保证加固方案的可行性。计算中应遵循国家标准,结合工程实际预留安全储备,并统筹考虑经济性、施工可行性及材料供应等要求。

1.4 安全性、经济性与施工可行性分析

在既有建筑结构加固设计时,安全性、经济性和施工可行性是衡量一个加固方案好坏的重要标准,三者之间互相影响,互相制约。首先,安全性是进行加固工作的基础条件,在保证结构的原有用途及改造后要求下,要有足够的承载能力、抗震能力和耐久性,同时要保证整个结构的安全可靠,所以在设计时要考虑到材料性质、结构受力状况以及可能存在的缺陷等问题,根据规范和受力分析使各部分以及整个结构有足够的余量承受外力而不发生破坏或者失效等现象。其次,在经济性方面,即在材料选取、施工方法以及工程造价方面都尽可能节约开支,在确保安全的前提下尽量减少改造费用,充分利用原有结构条件,优先选用成本低、施工方便并且具有较好耐久性的加固方法,以免造成浪费及返工。

2 结构改造与加固的优化策略

2.1 改造方案优化原则

对现有的建筑进行结构改造时,改造方案优化的原则就是既要保证结构的安全可靠、又要满足使用功能的要求以及尽可能地降低改造成本,还要考虑施工方便性和环境的影响。首先,要以安全为根本,对原来的建筑物进行全面检查,了解它现在的承载力大小、损坏情况以及可能的危害等,然后有针对性地进行加固或者改造,使经过改造以后的建筑物能够承受各种外力而不发生破坏。其次,要从经济上考虑,尽量采用最经济的方法来改造建筑物,充分利用原有的条件,尽量采用造价低、施工简单、材料易得的改造方法,还要考虑到后期的维修保养等问题,使得

改造后的建筑有较好的耐久性。其次,方案优化要考虑到施工可行性和现场情况,要考虑施工场地大小、工期长短、施工安全以及对建筑物正常使用造成影响等,在方案实施过程中不能有操作难度大或者影响使用情况发生。另外,优化的原则也要做到绿色、环保,采用绿色材料,低耗能施工工艺,降低施工对环境造成的污染。

2.2 加固方案优化方法

在既有建筑结构加固中,加固方案优化是根据对问题充分认识基础上所采取相应措施,在保证安全、经济的前提下找到最合理加固方案。优化首先要进行结构性能评价及分析损伤程度,对原有结构抗力、变形及存在问题等进行量化,以便找到加固部位和需要加固内容。其次,从加固材料及加固方法的选择上,要充分考虑到材料的特点、施工方便程度以及经济性,尽量选用高效、耐用而且施工便捷的加固方法,如钢板粘贴、FRP 加强法、外包混凝土或预应力加固等,还要根据结构受力情况及荷载作用位置,合理确定加固件大小、位置以及连接方式等,从而更好地发挥加固效果和经济性^[3]。在方案制定过程中,需通过计算分析、有限元软件仿真及多种方案对比等方式,对各种加固方案进行受力分析、成本比较以及施工可行性分析,在不断调整和完善的基础上,选择最符合工程实际需要、材料节约最多、施工最简单的方法。

2.3 智能化与信息化手段在加固设计中的应用

在既有建筑加固设计过程中,智能化和信息化的应用已经成为提高设计方案合理性、准确性以及施工效率的有效途径。利用 BIM 建模、有限元分析以及结构健康监测系统可以使得结构三维可视化、构件参数数字化以及受力模拟成为可能,在此基础上可对各种不同的加固方法进行比较。智能化还可以在线获取应力、应变、位移等检测信息以指导设计工作并利用信息化手段管理现场施工、物资以及质量管理从而减少施工过程中的风险。同时,基于多方案对比及优化方法,可迅速选出最优方案,兼顾安全、经济以及施工可行性,在一定程度上实现了加固设计从凭经验到以数据为依据、科学合理并且可追溯的过程转变,有利于今后运营管理。

表 1 智能化与信息化手段在加固设计中的应用对比

技术手段	主要功能	优势	应用实例
BIM 建模	三维可视化设计、参数数字化	可提前模拟施工、优化加固方案	钢筋布置优化、构件碰撞检测
有限元分析软件	结构受力模拟与计算	精准评估加固效果、预测结构性能	加固梁柱受力分析
结构健康监测系统	实时监测应力、应变、位移	提供数据支持、动态调整加固方案	桥梁或厂房加固过程监测
优化算法与数据分析	多方案比选、经济性评价	快速筛选最优方案、减少材料浪费	加固方案方案迭代优化

2.4 可持续性与绿色加固设计理念

在既有建筑结构改造及加固设计过程中,可持续性和绿色加固理念不仅仅是技术手段,更是一种思维方式,它是基于保证结构安全可靠以及提高使用功能的基础上对如何最大限度地节约资源、降低负面影响而提出的一种方法论。相比于新建项目而言,既有建筑改造本身就是一种很好的节约资源行为,通过对原有建筑主体结构有效利用可以大大减少因拆除重建而造成的大量废弃物以及能耗,从而带来很大的环保效益,在此基础上绿色加固设计应考虑在整个项目中的各个方面,包括材料的选择、构造的设计、施工方式以及后期的管理等。从材料角度出发,应该首选高强度、高耐久性、低碳排放加固材料,比如高性能混凝土、再生骨料混凝土、可回收钢材以及高效复合材料等,以提高结构承载力的同时减少材料使用量以及对环境影响;其次考虑加固材料耐久性问题,尽量避免后期需要频繁进行维护造成浪费^[4]。对于构造设计,要充分利用加固件位置以及受力方向,节约材料,防止过度加固与重复施工,做到“精确加固”。施工中要践行绿色施工理念,合理组织施工流程,使用低噪音、低扬尘、低能耗施工方法,在施工现场做好环境保护工作,以免对周围环境及原有使用功能造成不良影响。

3 结语

从已有的建筑结构鉴定及加固设计的研究来看,准确无误的鉴定是进行合理的加固设计的基础,而合理的加固设计方案又是保证建筑物的安全性以及延长建筑物的使用寿命的有效措施之一。本文介绍了结构鉴定的方法、加固设计的原则及常用的加固技术等,提出了优化建议以及智能化的应用,同时指出安全性、经济性及施工可行性的重要性。研究证明,在加固设计中采用先进的技术和绿色环保的理念不仅可以使加固设计更合理有效还可以给旧建筑的翻新带来一定的借鉴作用,对于城市的升级改造以及对建筑的管理起到积极作用。

[参考文献]

- [1]颜井路.既有建筑改造中结构鉴定及加固设计研究[J].陶瓷,2025(7):142-145.
 - [2]张红歌.BIM 技术在既有建筑改造中应用研究[D].四川:西南交通大学,2016.
 - [3]蒋挺.城市更新背景下的既有建筑绿色改造研究[J].中华建设,2026(2):45-47.
 - [4]蒋挺.城市更新背景下的既有建筑绿色化改造方法探讨[J].中华建设,2026(2):45-47.
- 作者简介:王君(1986—),毕业于石家庄铁路职业技术学院城市轨道交通工程技术专业,当前就职于北京紫衡轩建筑工程检测有限公司,鉴定事业部经理。