

钢筋混凝土结构不同加固方法分析

李赵鑫

新疆工程学院土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 钢筋混凝土结构是建筑结构领域内应用最为广泛的结构形式, 而随着结构使用年限的增加和外界环境的侵蚀, 其承载能力会有所下降, 为了使结构满足使用年限内的承载力要求, 必须对结构进行加固。文中首先详细介绍了现存钢筋混凝土结构的加固方法, 包括传统加固方法、粘贴纤维增强复合材料加固方法、预应力加固技术、高性能水泥基复合材料加固技术和钢筋混凝土结构体系加固技术。之后根据不同加固方法的特点给出了与之相匹配的应用场景, 最终分析了发展加固技术的必要性, 以期今后的加固工程提供参考。

[关键词] 混凝土结构; 加固技术; 加固技术应用

DOI: 10.33142/ec.v7i8.12966

中图分类号: TU5

文献标识码: A

Analysis of Different Reinforcement Methods for Reinforced Concrete Structures

LI Zhaoxin

School of Civil Engineering, Xinjiang University of Engineering, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Reinforced concrete structures are the most widely used structural form in the field of building structures. However, as the service life of the structure increases and the external environment erodes, its bearing capacity will decrease. In order to meet the bearing capacity requirements within the service life, it is necessary to reinforce the structure. The article first provides a detailed introduction to the reinforcement methods of existing reinforced concrete structures, including traditional reinforcement methods, fiber-reinforced composite material reinforcement methods, prestressed reinforcement technology, high-performance cement-based composite material reinforcement technology, and reinforced concrete structural system reinforcement technology. Subsequently, corresponding application scenarios were provided based on the characteristics of different reinforcement methods, and the necessity of developing reinforcement technology was ultimately analyzed, in order to provide reference for future reinforcement projects.

Keywords: concrete structure; reinforcement technology; application of reinforcement technology

引言

在土木工程建设领域中, 钢筋混凝土结构是目前应用最为广泛、最常见的结构形式。现存已建成的钢筋混凝土结构由于时间的推移以及外界环境侵蚀的影响, 会发生一定程度的磨损, 导致结构的承载能力有所下降。在建筑结构的服役年限内, 结构发生的破坏会导致原有结构无法满足承载力的要求, 因此需要采用加固技术增加原有结构的承载力。而在不同的环境下, 钢筋混凝土结构的不同构件所适用的加固方法也不尽相同。文中将对目前的加固技术进行较为全面的总结, 并且根据不同加固方法的特点, 给出应用场景的建议。

1 钢筋混凝土结构加固研究

1.1 传统加固方法

目前在实际工程中应用较多的加固方法主要是增大截面法、粘钢法和植筋法。增大截面法是通过在待加固的截面浇筑新的混凝土, 增加构件原有的截面积来提高结构的承载力, 采用此方法存在现场湿作业量大, 修复速度慢等问题; 粘钢法是利用环氧树脂等黏结剂将型钢固定在待加固构件的周围, 提高原结构各方面性能, 该方法用钢量大且对于施工时的温度条件要求较高; 植筋法是在结构待

加固的位置进行分析、定位之后, 将钢筋植入结构当中, 虽能够提高结构的各项性能, 但是操作复杂且需要后浇混凝土, 湿作业量大。可见, 传统加固方法虽然能够提高结构性能, 但是普遍存在施工复杂和施工周期长的问题, 因此需要将新的加固技术合理运用到施工现场中。

1.2 粘贴纤维增强复合材料加固

自 20 世纪 60 年代以来, 纤维增强复合材料 (FRP) 被逐渐应用在结构加固中, 如今已成为较为常见的加固方法。纤维增强复合材料 (FRP) 是以纤维为增强体, 与陶瓷、金属或聚合物等基体经过缠绕、模压或拉挤等成型工艺而形成的复合材料^[1]。目前, 国内外研究学者针对基体和增强体的材料进行了大量研究, 出现了许多新型 FRP 材料, 根据增强材料的不同, 有碳纤维增强复合材料 (CFRP)、芳纶纤维增强复合材料 (AFRP)、玻璃纤维增强复合材料 (GFRP) 以及玄武岩纤维增强复合材料 (BFRP)。FRP 与传统钢和混凝土加固材料相比, 具有更轻的质量和更高的强度, 对水、化学品和其他环境因素有更高的耐腐蚀性, 并且 FRP 的易加工性优于传统加固材料。综合 FRP 的各项性能和优点, 将 FRP 应用于钢筋混凝土结构的加固工程当中具有较好的前景。

在加固工程当中,通常是将 FRP 制作成为片状材料粘贴在结构表面,或者编织成网与其他材料结合在一起对结构进行加固。影响 FRP 片材加固性能的主要因素是其与结构的锚固方式,化学黏结是较为常用的锚固方式,但易发生剥离。为了克服易剥离的问题,学者们提出了 U 型锚固、机械锚固 (MF-FRP)、FRP 锚和混合粘贴锚固 (HB-FRP) 的锚固方式,其中 HB-FRP 的锚固性能最好^[2]。采用 FRP 加固法具有质量轻、适用面广、施工简便和强度高优点,但是 FRP 的耐火性较差,在湿度较大的环境中易发生老化,在温度过低的环境易脆断,且若施工不当易与结构发生剥离,影响加固效果。

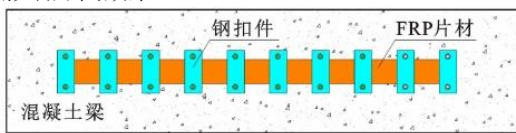


图1 HB-FRP 锚固

1.3 预应力加固技术

近年来,许多学者将预应力技术运用到加固当中,研究了采用预应力纤维布、预应力钢绞线、预应力钢箍以及预应力钢带等对结构进行加固的方法。利用预应力对混凝土施加横向约束,使混凝土处于三向受力状态,约束混凝土的横向应变,提高构件的延性。

仅采用 FRP 布对结构构件进行约束时,无法充分发挥 FRP 的抗拉性能,因此可以采用自锁式锚固装置预先对 FRP 布施加预应力,可以避免 FRP 纤维布应力滞后,充分发挥 FRP 布的高强性能^[3]。同理,预应力钢带加固技术是采用气动打包机将高强度钢带缠绕至梁、柱及节点四周的一种加固方法。利用气动打包机的空压机调节预应力大小,在钢带两端接头处采用闭式锁扣连接,降低预应力损失,以保证加固质量^[4]。采用预应力钢带加固技术能有效约束混凝土的横向应变、提高构件延性、施工简便、耐久性好,但是采用钢带加固需将构件环箍起来以达到加固目的,对于可加固构件的局限性较大且加固质量主要取决于预应力的施加,对施加预应力的质量要求较高。



图2 预应力钢带加固技术

1.4 高性能水泥基材料加固技术

目前,许多学者以水泥为基体,研究了多种高性能水泥基材料,并且将这些材料应用于加固工程当中。目前将其作为加固材料进行研究的主要有高性能水泥基复合材料、超高

性能混凝土、高韧性混凝土、聚氨酯水泥等。基于高性能水泥基材料良好的流动性和可塑性,采用此类材料加固时,便于填充形状复杂的加固位置和结构当中的细小缝隙,加固施工过程更加灵活。但是采用高性能水泥基材料进行加固施工时,需考虑所用材料与原混凝土的兼容性,且需按照要求制备加固材料,以保证加固效果和结构的安全性。

此外,许多研究学者将高性能混凝土材料与纤维增强复合材料结合在一起对结构进行加固,将纤维材料制作成为纤维网,采用高延性水泥基复合材料、高延性混凝土等作为粘结材料对结构进行加固。将两种类型的加固材料结合在一起使用,可以充分发挥两种材料的优良性能,提高结构的整体性,并且具有高强、高耐久性的优势。但是两种材料的兼容性问题是不容忽视的,并且施工技术要求较高,所需材料的成本较高,因此,采用两种材料相结合的加固方式时,需要充分考虑施工条件和施工技术。

1.5 钢筋混凝土结构体系加固技术

对于抗震性能要求较高的结构,采用加固构件的方法较复杂且对于抗震性能的提高有限,因此考虑对结构体系进行加固以满足抗震需求。常用加固结构体系的方法有增设减震阻尼器、安装自复位装置和附加子结构等。目前对于结构体系的抗震加固多采用增加耗能装置、减小输入结构的能量或改善原结构的变形模式的方法来提高结构的整体性,从而提高待加固结构的抗震性能。减震阻尼器是通过增设阻尼器增加建筑物的耗能能力,能够作为第一道防线保护建筑物不受地震损害;安装自复位装置可以使结构在震后恢复原位,减小结构的残余变形,提高结构的抗倒塌能力;附加子结构是在建筑外部增加支撑、摇摆墙和框架等,可以不入户加固,对于建筑本身布局影响不大,且可以边使用边加固。对于抗震需求不太大的钢筋混凝土结构加固工程来说,附加子结构是最为方便有效的加固方式,若钢筋混凝土结构的抗震性能需要大幅提高,可将减小输入地震能量和附加子结构结合起来使用。

2 钢筋混凝土结构加固技术应用

待加固钢筋混凝土结构的使用性质、所处的环境、需加固构件的受力情况、加固成本等都对加固方法的选择存在影响。在实际工程当中,技术人员应在综合考虑各方面因素的影响之后,选择适当的加固方法。

在传统的加固方法当中,增大截面法和植筋法由于其提高柱、梁和板承载力的可靠性较高,是目前工程中惯用的加固方法,但加固时的湿作业量大,周期长,施工时无法保证结构空间的正常使用。因此,增大截面法和植筋法适用于结构构件的承载力下降幅度较大,结构可暂不投入使用的工程中。陆祺宏^[5]以始建于1992年的老旧商场加固项目为例,分析了加固的过程。该建筑的结构柱因截面尺寸无法满足现行规范,经过计算确定增大的截面尺寸之后,对原结构进行清理、修正并且植入新钢筋,最后支模并浇筑新混凝土。从此例可以发现,加固过程的施工周期较长且现场湿作业量大,

施工时结构无法正常使用。因此,增大截面法和植筋法适用于加固承载力降低过大,原本就无法投入使用的结构。

粘钢法与粘贴纤维增强复合材料加固法的原理相似,粘钢法适用于受弯和受拉构件加固,但加固后对建筑结构的外部观感有所影响,且环境温度不应高于 60℃。因此粘钢法适用于可忽略外部观感,且不作为高温生产作业空间的构件。外贴纤维增强复合材料与钢板相比,质量轻,柔软度高,抗拉强度高,施工简便,与结构的贴合度高,适用于要求工期短的项目,尤其适用于小部位加固。利用纤维增强复合材料的诸多优良性能,可将其用于加固工程的抗弯和抗剪当中,借助 FRP 的抗拉能力增强受弯构件的承载力,将片材布置于梁侧面,提升梁的抗剪承载力和刚度。

预应力加固技术利用预应力对加固部位的混凝土施加主动约束力,可以更好地发挥加固材料的优良性能。例如,仅采用粘贴 FRP 加固混凝土时,FRP 片材存在严重的应力滞后,而在对 FRP 施加环向预应力后,圆形截面混凝土柱的轴心受压承载力和延性均发生明显提高。类似地,在待加固构件周围等间距布置钢带,通过拉紧钢带,对混凝土施加横向约束,研究表明,采用此法可有效提高混凝土柱的抗压强度并且延缓混凝土裂缝开展^[6]。由此可见,预应力加固技术是对待加固构件主动施加约束的过程,适用于需大幅提高承载力和变形能力并且操作空间大的构件,尤其对于圆形截面柱的加固效果更为显著。

高性能水泥基材料与普通混凝土相比具有更高强度和耐久性,且与其他加固材料相比具有更好的可塑性,因此可直接将其涂抹于待加固构件的表面增加构件的整体性。例如,可采用喷射高韧性混凝土的方式对拱形等非平面结构进行加固,于鹏等以浙江省某高速公路隧道衬砌结构为原型,设计了 4 个缩尺比为 1:11 的二次衬砌拱结构试件,研究结果表明,在内表面喷射 10mm 高韧性混凝土后,可明显改善模型试件的各阶段承载力,有效限制其径向变形,且可以有效改善模型试件的破坏模式^[7]。聚氨酯水泥与其他高性能混凝土材料相比具有质量轻、黏结性能好的优点,余虹研制了聚氨酯混凝土并将其应用于快速修补水泥路面工程,修补效果较好^[8],王剑琳使用聚氨酯水泥复合材料加固空心板梁桥并介绍了施工流程,研究结果表明,此种加固方法不仅能提高桥梁的承载力,而且施工时桥梁可正常投入使用^[9]。综上可知,采用高性能水泥基材料对结构加固时,需进行湿作业,但适用范围广,对于结构复杂的结构也有较好的加固效果且对于增强抗震性能有一定的帮助。另外,对于仅需局部加固的结构来说,加固过程中不影响结构的正常工作,采用高性能水泥基喷涂的方法尤其适用于对桥梁路面等需要增加延性且快速施工的结构进行加固。

虽然加固构件对于提升结构的抗震性能有一定的帮助,但是对未经过严格抗震设计的老旧建筑来说,若需继续投入使用,需要对构件进行大范围加固,不仅工程量大,

而且严重影响结构的使用。此时,对结构体系进行加固是行之有效的加固方式。采用加固构件的方式施工复杂且经济性差,而采用附加子结构的方式仅需从结构外部完成施工,即可从结构体系层面提升结构的抗震性能。王毅以增加老旧单层工业厂房抗震性能为背景,以单跨排架结构为例,分析了增设普通支撑和减震阻尼器对结构抗震性能的影响情况。结果表明,普通支撑造价低且可根据需求选择尺寸和增设位置,适用于柱配筋按现行规范计算有余量但需要改善柱顶位移的结构,增设黏滞阻尼器可以有效减震,减震率可达 30%~39%。

3 结论

目前,在现存的建筑结构当中,钢筋混凝土结构仍然是占比最多的结构形式,因此发展钢筋混凝土结构加固技术是保证现存钢筋混凝土结构安全性的必要方式。发展钢筋混凝土加固技术不仅能够提高结构的抗灾能力,延长使用寿命,还能够推动建筑技术的进步,促进相关材料、工艺和设备的创新。文中总结了近年来较为常用的钢筋混凝土结构加固技术,根据不同加固方式的特点给出了与之相匹配的应用场景,能够对实际工程起到一定的指导作用。但文中并未对各种加固技术的施工方式进行详细介绍,不同加固技术的施工方式和检测加固效果的方法还需进一步分析和总结。

[参考文献]

- [1]王汉民.纤维增强复合材料在土建结构加固工程中的应用[J].合成材料老化与用,2022,51(4):135-137.
- [2]梅葵花,王凤轩,孙胜江.纤维增强复合材料加固混凝土桥梁结构研究进展[J].建筑科学与工程学报,2024,41(1):31-51.
- [3]周长东,白晓彬,赵锋,等.预应力纤维布加固混凝土圆形截面短柱轴压性能试验[J].建筑结构学报,2013,34(2):131-140.
- [4]王婷,张磊,崔鹏艳.预应力钢带加固技术研究现状[J].安徽建筑,2022,29(11):56-57.
- [5]陆祺宏.增大截面法加固框架柱施工技术[J].建筑技术开发,2022,49(4):43-46.
- [6]杨勇,李少语,刘义,等.预应力钢带约束混凝土轴心抗压强度试验研究[J].工业建筑,2015,45(3):1-5.
- [7]于鹏,邢伟,王激扬,等.喷射高韧性混凝土加固拱结构的力学性能试验研究[J].混凝土,2023(4):158-163.
- [8]王剑琳,刘贵位,叶李水.利用 MPC 复合材料进行空心板梁桥加固的应用技术研究[J].公路,2013(8):39-43.
- [9]王毅,宋宜濛,冯知夏,等.附加子结构加固方法在单跨横向排架结构中的应用研究[J].建筑结构,2023,53(2):1586-1590.

作者简介:李赵鑫(1997.3—),毕业院校:西安建筑科技大学,所学专业:结构工程,当前就职单位:新疆工程学院土木工程学院,职务:专任教师,职称级别:助教。