

# Discussion on the Reinforced Concrete Structure Reinforcement Technology

Xiaofei Sui Senmiao Zhang

Patent Examination Cooperation Jiangsu Center of the Patent Office, CNIPA, Suzhou, Jiangsu, 215163, China

## Abstract

This paper mainly introduces the reasons for the reinforcement of reinforced concrete structure, and the targeted reinforcement measures that can be taken if not meeting the safe use requirements or users, and mainly introduces five common reinforcement methods, and various methods have their own applicable scenarios and construction characteristics.

## Keywords

reinforced concrete; reinforcement; method

## 钢筋混凝土结构加固技术概述

隋晓飞 张森淼

国家知识产权局专利局专利审查协作江苏中心, 中国·江苏 苏州 215163

## 摘要

论文主要介绍钢筋混凝土结构需要进行加固原因, 以及在不足安全使用要求或用户使用要求的情况下, 可以采取的针对性加固措施, 并主要介绍五种常用加固方法, 以及各种方法存在各自的适用场景、施工特点。

## 关键词

钢筋混凝土; 加固; 方法

## 1 引言

在建筑业步入后发展阶段, 建筑用地的扩张使得社会对新建筑的需求和拓展逐渐减小, 发展的冲势就落脚于对已损建筑、超过使用年限建筑、不符合现有规范的建筑和一些古建筑的加固改造上, 随着时代的发展, 建筑业的秤杆也在倾斜, 加固改造所耗费的资产在建筑总工程量的占比要大于新建筑新建的占比<sup>[1]</sup>。

20 世纪 80 年代的英国, 新型建筑的需求量比较大, 但是加固改造的投资量依旧占比巨大, 在英国整个建筑工程量占比 1/3; 与此时英国相距三年左右的瑞典, 在加固改造上的需求更是庞大, 总耗资占工程总资产的一半; 80 年代的德国, 大规模对厂房进行改建加固, 所耗资产占建筑总投资的 3/5; 90 年代初美国建筑物维修加固投资占总投资的 1/2; 前苏联第九个和第十五个五年计划中维修加固业投资占建筑总投资的 2/3。

中国自改革开放政策下达后, 建筑业进入飞速发展的阶段, 出现了大量新建筑和标志性建筑, 同时社会对维修加固的投资也越来越大。建筑物在建设使用的过程中, 由于内在因素诸如施工、材料、人为损坏等, 以及外在因素诸如自然、环境等, 导致了材料老化、构件强度降低、结构安全

储备不足等诸多问题, 使得建筑物的安全性无法得到保证。在设计方面, 包括抗震设计以及非抗震设计不当、最初设计状态临界, 后因施工缺陷或者设计规范要求提高等种种原因造成结构的承载能力、刚度等无法达到建筑结构刚度、强度及耐久可靠性等标准要求。迄今为止, 1950~1960 年代的民用建筑和工业建筑已经超过设计基准期, 再加上中国建筑规范和地区政策的改变, 中国将面临大量建筑的检测与加固工作; 城市化的发展带动了大批建筑和基础设施的建设, 但同时也因房屋老龄化带来了更多的维修加固需求, 因此目前中国建筑业的发展点将着重落脚于加固改造的量度和力度上, 量度在于高效全面的检测和加固工作, 力度在于加固技术和加固方法的改进。因此, 在中国建筑加固越来越重要, 已成为建筑业的主流趋势之一<sup>[2]</sup>。

工程结构加固的发展方向主要有两个: 一是加固技术、工艺的发展; 二是加固材料的发展。技术与材料的关系是相辅相成的, 技术工艺方面发展的路线是: 粘结、植筋锚固、植筋加大截面、裂缝灌胶、预应力应用; 材料方面的发展路线是结构胶、结构用钢材、纤维复合材料。目前国际上已较为成熟的工程结构加固方法有近 20 种, 分别用来应对不同的被加固对象。对钢筋混凝土结构加固最初的, 迄今为止仍被广泛使用的方法是粘钢加固, 该方法最早是由南非学者佛

莱明和金在 1967 年研究和使用的,他们试验了素混凝土梁外粘钢板代替钢筋,用钢板和环氧树脂(EPOXY)直接粘贴在建筑物的混凝土结构上,该项试验是现代结构加固理论及应用的开端<sup>[1]</sup>。同一时期美国生产了一种玻璃纤维(GFRP)复合材料用于保护和加强沿海地区受氯盐侵蚀的钢筋混凝土结构,这也是如今纤维增强复合材料(Fiber Reinforced Plastics, 简称 FRP)研究和应用的起点。

从 20 世纪 70 年代末起,FRP 材料就已广泛地应用于一般工程结构的加固,到 80 年代初,FRP 增强材料逐步扩大到了特殊结构性能要求的应用中,如受严重化学侵蚀的工业厂房、海洋构筑物及桥梁结构等。

## 2 建筑加固方法分类

### 2.1 增大截面加固法

增大混凝土截面加固法是通过增加构件的配筋在原混凝土构件外叠浇新的钢筋混凝土,从而加大原构件的混凝土截面,以期达到提高构件的承载力等性能并降低柱子长细比等目的。该方法是一种比较传统的混凝土结构加固方法,该方法成本较低,主要适用于混凝土柱、梁等承受压力或者弯曲荷载的钢筋混凝土构件加固补强。混凝土结构增大截面加固法,其关键技术点是必须解决好新、旧两部分结构在加固后能否共同受力整体工作。

### 2.2 粘贴纤维增强复合材料加固法

粘贴纤维增强复合材料结构加固技术是指在混凝土结构表面用高性能粘接剂粘贴纤维布,使两者共同工作提高结构构件的抗弯、抗剪承载力,达到加固、补强建筑物的目的。

纤维增强复合材料(Fibre Reinforced Polymer, 简称 FRP)具有抗拉强度高、材质轻、抗高温、施工简便,可以弯折为任何形状粘贴于各种断面上对结构进行补强。按照材料组成的不同纤维增强聚合物可大致分为三种,即玻璃纤维(Glass Fiber)、碳纤维(Carbon Fiber)、凯夫拉纤维(Kevlar, 美国杜邦公司研制的一种芳纶纤维材料)。通常纤维增强复合材料由三种基本成分组成:纤维(Fiber Reinforce)、基材(Matrix)、纤维-基材界面(Interface)<sup>[4-6]</sup>。

纤维增强复合材料结构加固技术已广泛使用于钢筋混凝土结构的加固上。采用纤维复合材料加固法与其他加固方法相比有很多区别及优点。由于纤维复合材料和混凝土两种材料的性质不同,纤维复合材料加固法加固的关键在于保证加固后的纤维材料和原构件能够协调受力共同工作。该加固法发展过程中的关键点一直是对于两者间界面的研究,另外一个妨碍其发挥出最大加固效果的因素是纤维材料的高强度低弹性模量。

### 2.3 外包钢加固法

外包钢加固法通常采用型钢或者钢板包裹在原结构四角、两侧或者表面,并且在中间缝隙间灌注砂浆或树脂等填充材料,同时增加横向连接件,提高整体承受荷载的能力。

一般在混凝土构件截面的四角,沿构件的某一段或通长设置角钢,用螺栓套箍或箍板将角钢横向连接,形成外包于构件的钢构架整体。加固后,外包钢构架可以部分或完全替代原构件进行工作,从而达到对原结构的加固补强目的。外包钢加固混凝土法经常用来对柱、梁进行加固。该方法可以在不显著增加结构界面尺寸的前提下,大幅度提高结构承载能力,而且该方法施工量小,施工后结构整体性好、受力稳定可靠,在实际工程中应用广泛。

钢筋混凝土外包钢加固法有两种,分为干式及湿式。通常干式外包钢加固是直接于原构件之外包以型钢,或虽有水泥砂浆填充于其中,但剪力通过结合面无法有效地传递。由于原构件与干式外包钢构架各自单独承受荷载,在加固设计时,原构件与外包钢构架首先按刚度比分配所承受的荷载,之后对原构件承载力进行验算,最后进行钢构架的设计。虽然干式外包钢的加固施工与较湿式法相比更为简便,但其加固效果不及后者。湿式外包钢加固法,是留一定空隙在原构件与型钢之间,并填灌环氧砂浆、乳胶水泥浆或细石混凝土等能有效传递剪力的填充物于其间,使其黏结成整体以保证二者协同工作。湿式外包钢加固,用型钢骨架来约束原构件混凝土的横向变形,同时原构件混凝土在发生横向变形时侧向挤压型钢,此时型钢的承载力因其处于压弯状态而降低。型钢的承载力也与加大截面加固法一样,因其存在着一定的应力滞后现象而不能得到充分利用。

### 2.4 粘钢加固法

粘钢加固法是在钢筋混凝土构件承载能力不足的区域表面采用高性能粘接剂粘贴薄钢板,使薄钢板与混凝土在加固后整体协同工作,利用钢板的抗拉强度来增强原结构的强度和刚度。

粘钢加固法有许多独特的先进性和优点,主要有:坚固耐用、简洁轻巧、灵活多样、施工快速、经济合理等。该方法应用于承受静载的受拉和受弯构件已有可靠的理论及试验保证,常用于施工漏放钢筋加固、钢筋焊接点断裂加固、混凝土强度等级达不到设计要求、提高结构强度加固、加层抗震加固、楼面集中荷载加固、混凝土柱牛腿断裂加固、桥式吊车梁加固、提高悬挂式吊车梁荷载加固、薄腹梁断裂加固、爆炸冲击波破坏梁体加固、梁柱混凝土火灾后烧坏加固、减震加固、梁柱受化学腐蚀加固、旧房改造综合加固等粘贴钢板加固法<sup>[7]</sup>。

### 2.5 植筋法

钢筋植入是一种加固补强钢筋混凝土结构的新技术,它是根据结构的受力特点,在需植筋的旧混凝土构件上确定所需的钢筋位置,然后钻孔、清孔、注入植筋胶插入钢筋,通过结构胶使钢筋与混凝土可靠粘结,再新浇筑混凝土使新、旧钢筋混凝土有效连接,达到整体受力、共同作用的目的。植筋技术锚固结构的整体性能良好具有施工简便、工作面小、适应性强、造价低等优点,被广泛应用于混凝土工程

结构加固补强。在实际工程中原结构构件如梁、板、柱、墙等,其承载力由于承受荷载的增加、使用功能的改变或因事故损伤等原因导致不足,要扩大原构件的截面而新增钢筋,或因建筑布局的改变需新增梁、板、柱、墙等,相较于其他方式采用植筋技术具有快速简便的施工效果。

### 3 结语

根据不同的加固方法采用不同的加固材料,有不同的对应要求,其一般原则为:相比原结构的各项力学指标及能力,新加部分要较高。此外设计时应充分考虑材料的其他性能,如混凝土的收缩性、钢材的比例极限、化学灌浆或胶粘剂的粘结性等。结构加固部分与未加固部分在外形上应相对协调,以保证结构外观在加固后的一致性;结构加固后新增的材料对于不同的加固方法,力的传递路径要合理;新增部分的加固材料细部构造,如圆角、焊接、搭接、弯折等要满足特定的要求;粘接纤维材料、钢板的宽度也要满足特定的要求。目前建筑结构的加固需求越来越多,施工场景越来越复杂,按照建筑结构的实际状况选用合适的加固方法,使其承载能力满足标准要求,确保建筑结构的安全可靠是非常必要的。

### 参考文献

[1] 王伟涛.钢筋混凝土梁增大截面法加固前后的可靠度分析[D].西

安:西安建筑科技大学,2013.

- [2] 姜仲洋.增大截面法加固钢筋混凝土构件数值研究[D].无锡:江南大学,2021.
- [3] FLEMING C J, KING G E M. The development of structural adhesives for three original uses in South Africa. RILEM International Symposium, Synthetic Resins in Building Construction[C]. Paris, 1989:75-92.
- [4] SHIN YEONG-SOO, LEE CHADON. Flexural behavior of reinforced concrete beams strengthened with carbon fiber-reinforced polymer laminates at different levels of sustaining load[J]. ACI Structural Journal, 2003, 100(2):231-239.
- [5] NORRIS TOM, SAADATMANESH HAMID, MOHAMMAD R, et al. Shear and flexural strengthening of R/C beam with carbon fiber sheets[J]. Journal of Structural Engineering, 1997, 123(7):903-911.
- [6] 王文炜. FRP加固混凝土结构技术及应用[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2007.
- [7] 卫龙武, 吕志涛, 朱万福. 建筑物评估、加固与改造[M]. 南京:江苏科技出版社, 1993.