

高层住宅建筑抗震加固施工技术

郑小东

中交路桥北方工程有限公司

摘要：随着我国城市化进程的加速，高层住宅建筑的数量不断增加。结合地震频发的实际，高层住宅抗震工程已成为当前防灾减灾的一大亮点。主要是对房屋结构进行加固，使其抗震性能得到提高，减少地震灾害造成的损失。本文依托罗庄一期、罗庄二期项目及结合实际施工，通过文献资料分析和比较，总结了国内高层住宅建筑抗震加固施工技术的研究现状并探讨了相关技术与效果。

关键词：高层住宅抗震加固；建筑施工技术；效果；地震灾害

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.09.034

一、引言

（一）研究背景

随着城市化进程的加快和人口数量的增加，人们对高层住宅的关注度越来越高。但是，由于地震等自然灾害，高层住宅的抗震能力就显得格外重要。对保护公众生命财产安全极为重要的高层住宅抗震加固技术研究具有极其重要的意义。

（二）研究意义

通过研究高层住宅抗震加固技术，提高房屋抗震能力，降低安全隐患，从而达到保护人民群众生命财产安全的目的。同时，研究也能为提高建筑工程施工质量、促进城市化进程、推动科学技术发展等方面做出积极贡献。

（三）研究内容

本文研究的内容主要包括裂缝易发生部位抗震加固施工技术、梁柱抗震加固施工技术、构造柱和圈梁抗震加固施工技术、剪力墙抗震加固施工技术，由于地震横向波往往破坏力较大，通过高层住宅地基情况及基础形式提出改进措施，根据结构的总变形能力和抗震能力综合协调，总结出一套适合高层住宅建筑的抗震加固技术。

（四）研究方法

旨在通过综合研究、理论分析等多种研究方法，对高层住宅的抗震加固技术进行全面分析，对现有技术进行总结归纳，制定出适合高层住宅使用的抗震加固方案。

二、高层住宅抗震加固技术综述

（一）高层住宅抗震加固技术的研究现状

目前，中外学者都对高层住宅的抗震加固提出了不同的见解和研究思路。国内主要研究机构有中国建筑科学研究院、哈尔滨工业大学、同济大学等，而国外包括美国、日本、韩国等。

现状研究主要包括加固材料、加固构件、加固方案和加固效果等方面，总体上，加固效果仍需优化，并需要进一步研究加固方案的可行性。

（二）抗震加固技术的分类和特点

针对高层住宅建筑的抗震加固技术，主要可以分为裂缝易发生部位的加固、梁柱的加固、构造柱和圈梁的加固、剪力墙的加固等几类。裂缝易发生部位的加固方案，一般采用钢筋混凝土套筒加固、碳纤维加固、钢板加固等方法。对裂缝易发生的部位梁柱的加固方案主要有钢板加固、预应力加固等多种方式的加固方案；构造柱和圈梁一般采用钢筋混凝土包裹、预应力加固等方法对构造柱、圈梁进行加固的方案。剪力墙的加固方案，则主要是采用增加剪力墙数量、扩大剪力墙截面尺寸以及加强剪力墙与结构的连接等方法。

（三）研究现状的不足和问题

加固方案的选择与设计需要精细化，目前在抗震加固方案的选择与设计上，还需要更为科学的分析和研究，充分考虑不同加固方案的特点和实际情况，以提高整体加固效果。实际效果考核有待提高，目前强化效果考核以静力测试和模拟分析为主，存在项目实际情况反映不完全的问题，需要更加可靠、真实的考核方式。市场上存在大量未经过实验验证、性能未经过规范检验、甚至操作不规范的加固产品，以及进一步规范产品开发应用。

三、抗震加固施工技术研究裂缝易发生部位

（一）裂缝易发生部位的特点

高层住宅建筑中的裂缝易发生部位包括梁柱交界处、钢筋混凝土板和墙体交界处、地下室墙体与上部结构等。这些部位的共同特点是抗震性能较弱，质量不均匀，加之地震力作用下会形成大的剪力和弯曲力，因此易于产生裂缝。裂缝易发生部位加固的主要目的是提高抗震性能，加强承载能力，减少裂缝的产生和扩大。

（二）抗震加固施工技术分析

裂缝易发部位的加固方案主要有钢筋混凝土套筒加固、碳纤维加固、钢板加固等几种方案。钢筋混凝土套筒加固是指向结构中的柱、墙、梁等部位套上混凝土的方法，以改善结构承载能力和抗震性能。碳纤维加固是指使用具有高强度、高模量和耐腐蚀性能的碳纤维布或纱进行加固，可以在强度和耐久性方面提高结构的性能。钢板加固方案适用于各种结构形式，且适用性更广泛，采用不同厚度、宽度和长度的钢板对结构进行加固，可增强钢筋混凝土结构的刚性和强度。

（三）试验设计与结果

试验设计主要包括：选择加固部位、选取加固机制、确定加固方案、开展工程试验。工程实际执行过程中，具体操作步骤包括验收、清理表面、喷漆、布置纤维布、进行计量、加固形式和施工方法如需加强应密切关注。在试验中，根据不同的加固方案，采取了相应的试验方法，如施加不同的荷载、进行振动试验、检测变形和应力等。试验结果表明，不同的加固方案可以显著提高结构的抗震性能和承载能力，减少了裂缝产生和扩大，同时也对工程实际施工具有一定的指导意义。

四、梁柱抗震加固施工过程技术研究

（一）梁柱抗震加固的原理和目标

通过增加结构刚度和强度来提高抗震性能，是梁柱抗震加固的原理。以提高结构的总体性能和安全性为目标，以保证人民群众的生命财产安全为目的，减少地震对结构造成的损害和损失。

（二）抗震加固施工技术的应用

梁柱抗震加固施工技术包括增加受力钢筋数量和截面积、预应力加固、钢板加固等方法。增加受力钢筋数量和截面积是梁柱加固最为常见的方法，通过加固梁柱的受力钢筋数量和截面积，增加结构的强度和刚度，提高其承载能力。预应力加固则通过在结构内加压预应力钢束的方法，消除结构中的缺陷和压力，提高结构的承载能力和抗震性能。

在梁柱抗震加固施工过程中设计了一种实用新型专利《一种可增加梁柱抗震能力的结构》（申请号：202320232281.8）。该装置（如下图1、图2）通过设有固定机构可方便对梁柱和支柱进行固定连接，而设有垫片可避免刚性连接，可在发生振动时配合缓冲组件小幅度的晃动，对产生的振动进行缓冲消能，而通过设有支撑组件可方便在日常使用时对梁柱进行支撑固定，可保证在使用时的稳定，保证固定效果避免出现松动的情况。

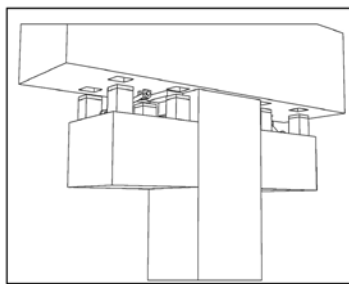


图1 装置正面图

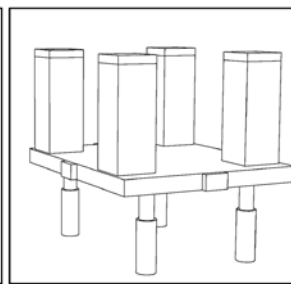


图2 装置细部加固图

（三）梁柱抗震加固试验分析

梁柱抗震加固试验的方法主要包括拉压试验、振动试验、应力测试和变形测试等。试验结果表明，梁柱抗震加固方法可以有效提高结构的抗震性能和承载能力，减少建筑物受地震破坏的概率，同时也为实际施工提供了一定的指导和借鉴，对于提高我国高层住宅的抗震性能具有重要意义。然而，施工中还需注意一些问题，如增加受力钢筋数量和截面积时，可能会出现梁向下弯曲的情况，需要加强梁柱的连接处；预应力加固需要注意施工质量控制，如灌浆才能实现预应力钢束的加压；钢板加固需要保证施工工序的准确性和钢板与梁柱之间的紧密连接。

五、建筑构造柱和圈梁抗震加固建设技术研究

（一）构造柱和圈梁抗震加固的原理和设计思路

构造柱和圈梁抗震加固是指通过加固构造柱和圈梁的强度、刚度、稳定性等措施，提高结构的抗震性能。设计原理是通过动力分析和受力分析，找出结构中存在的问题和缺陷，然后有针对性地制定加固计划，力争在充分发挥结构潜力的同时，满足抗震安全的要求。

（二）抗震加固施工技术的实施方法

构造柱和圈梁抗震加固施工技术的方法主要包括增加钢筋数量和截面积、缩短柱和圈梁的长度、增加填充材料、加固主筋连接等。增加钢筋数量和截面积是构造柱和圈梁加固最为常见的方法，通过加固钢筋数量和截面积来增加结构的强度和刚度，提高其抗震能力。缩短柱和圈梁的长度可以减少弯矩和剪力对结构的影响，增加其刚度。增加填充材料也是一种加固方法，通常采用聚苯板等材料填充到构造柱和圈梁的空腔中，以提高结构的质量和强度。加固主筋连接通过加固主筋，增加了构造柱与圈梁的连接强度，增强了稳定性。

在构造柱和圈梁抗震加固施工过程中设计了一种实用新型专利《一种构造柱加固装置》，目前该实用新型专利正在申请中。本装置（如图3）用来解决现有技术利用木板、钢管、钢钉以及步步紧等部件在墙体交接处

组装围合构造柱浇筑空腔麻烦或拆除麻烦的问题，并且避免了在围合构造柱浇筑空腔过程中在墙体上打孔，避免了对墙体结构造成损伤。

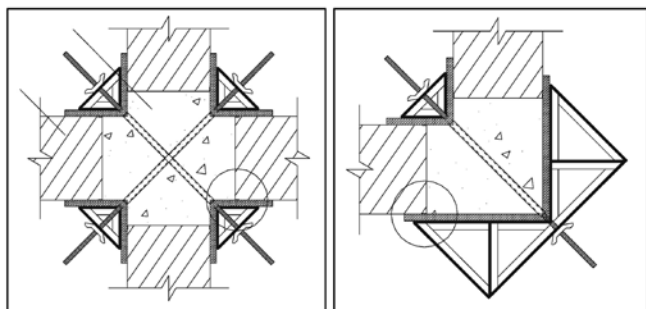


图3 装置加固构造柱立面图

(三) 试验结果和分析

构造柱和圈梁抗震加固的试验方法包括拉压试验、振动试验、应力测试和变形测试等。测试显示，采用了不同的加固方法能使结构的承载力和抗震性均有显著提高，结构柱和圈梁的强度、刚性、稳定性均有明显改善。此外，在实际施工中还需注意确保加固方案的合理性，施工质量的控制，加固材料的使用和施工工艺的选择等问题。

整体而言，研究构造柱和圈梁抗震加固技术，对提高房屋抗震性能和安全性，降低地震破坏率，促进我国地震安全建设意义重大。

六、抗震加固剪力墙施工技术研究

(一) 剪力墙的作用和抗震加固原则

剪力墙是一种可以承受水平荷载的墙体结构，其主要作用是通过墙体受力，将建筑物的水平荷载转移到地基上。通过加固剪力墙，增强剪力墙的力量、刚性和稳定性，从而提高结构的抗震性能，是抗震加固的原则，具体的抗震加固原则包括增加墙体的厚度、增加墙体长度、加强墙的加密度等。

(二) 抗震加固施工技术的实施方法和效果

抗震加固施工技术的实施方法主要包括增加剪力墙厚度、加固墙体连接处、加固墙体钢筋等方法。增加剪力墙厚度是一种常见的加固方法，同时加固墙体连接处也是较为重要的一环，需要提高其连接强度和稳定性。加固墙体钢筋是另一种重要的加固方法，在加强剪力墙强度和刚度的同时，也可以增加结构的稳定性，以提高建筑物的抗震性能。抗震加固的效果表现在增加承载能力、提高抗震性能、减少建筑物的震动等方面。

本次抗震加固剪力墙施工中发明了一种高层住宅房屋抗震建筑用专利《一种高层住宅房屋抗震建筑及其施工方法》，目前该发明专利正在申请中。本专利（如图

4）包括安装板、钢索、质量球、固定环一，固定环一下端设置有惯性球，惯性球下方依次固定安装有连接块、液压杆，液压杆滑动安装有横向减震座，横向减震座下端限位滑动有竖向减震座，横向减震座的侧端固定安装有液压杆二的输出轴，两个液压杆二对称固定安装在竖向减震座内部，横向减震座上端固定安装有凸块，凸块内嵌有第二永磁体，横向减震座上端中心位置开设有限位槽，用于液压杆的输出轴限位滑动，连接块的侧端内嵌安装有第一永磁体，并与第二永磁体同极设置；惯性球的加装能改善质量球的空气摩擦，增强质量球本身的减震效果，使得结构对地震和强风的抗震性能大大提高，能增强结构的稳定性、适应性和耐久性。

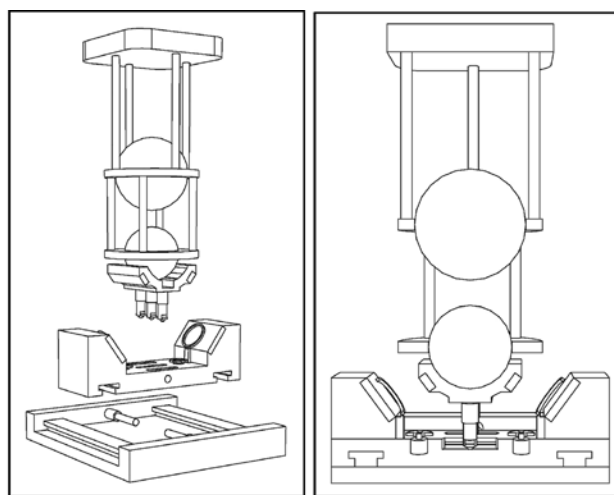


图4 发明专利立体图

(三) 相关试验研究和分析

剪力墙抗震加固试验主要包括模型试验、结构试验、数值模拟等方法。试验结果表明，剪力墙抗震加固方法可以有效地提高墙体的抗震性能和稳定性，减少地震对建筑物造成的影响，保障人们的生命安全和财产安全。不过，在实际施工中需注意施工工艺和加固质量的控制，以保证加固效果的实现和持久性的保持。同时，剪力墙抗震加固技术在特殊环境下可能存在一些局限性，需针对具体情况进行判断和分析。

七、高层住宅建筑地基改进措施研究

(一) 高层住宅建筑地基情况及基础形式分析

高层住宅建筑地基本身承载较大的荷载，其稳定性和强度是保证建筑物安全的重要因素。但是，一些地质条件不良的地区，如软弱黏性土、沼泽地带、岩石断层带等，会给高层住宅建筑带来较大的安全风险和经济损失。常见的基础形式包括扩展基础、深基础和表层基础等。基础形式与地基情况密切相关，在选择基础形式时，需要充分考虑地基的承载能力、基础结构的安全性

和经济性等因素。

（二）地震横波对高层住宅的作用和影响

地震横向波是一种常见的地震灾害类型，会对高层住宅建筑造成严重的影响。横向波作用会增加建筑物的水平荷载，导致建筑物振动和变形，进而影响其稳定性和安全性。高层住宅建筑的结构以柱、梁、框架为主，在地震横向波作用下，容易形成剪力变形，从而降低整体结构的抗震性能。此外，要注意减少结构设计受到的水平移位、变形等影响，使房屋的稳定性、安全性得到保障。

（三）改进措施及实施效果

改进措施主要包括改善地基土工性质、加固地基、合理选择基础形式、增加结构钢筋等。这些措施的实施能够增强地基的承受力，加强基础结构的安全性、稳定性，提高抗震能力，提高整体结构的安全性。具体做法包括：对基础动土进行加固、土壤改良等方法，能增强基础的稳定性和承受力；通过加装隔震装置、锚杆加固等方式，提高结构稳定性，提高抗震能力。在实施改进措施时，需要考虑工艺技术、成本和效果等因素，并进行合理的综合考虑。同时，也需要注意在改进地基的同时，保护生态环境和人民群众的财产安全等问题。

八、高层住宅抗震加固技术的总结应用

（一）抗震加固技术的总结和归纳

抗震加固技术是提高高层住宅建筑抗震性能的重要手段，随着科学技术的不断发展和完善，抗震加固技术也不断地得到提高和优化。常见的抗震加固技术有剪力墙的加固，框架的加固，钢筋水泥的加固，加装隔震器材等。在选择具体的加固技术时，需要充分考虑建筑物的设计特点与受力情况，并综合利用各种加固手段，以提高整体结构的稳定性和抗震能力。

（二）针对性的抗震加固方案综合应用

针对性的抗震加固方案是针对不同的建筑物结构、地质条件、环境因素和施工要求，制定具体的加固方案。在制定综合加固方案时，需要充分考虑加固措施的协调性和完整性，以及施工工艺的可行性和操作性。同时，也需要对加固效果和成本预算进行综合评估和分析。

（三）抗震加固效果和经济性评价

抗震加固的效果可以通过震动试验、应变测试、结构分析等方法来进行评估和测试，以验证加固效果的合理性和可行性。同时，经济性评价也是重点考虑因素之一，应保证加固措施具有一定的经济效益和可行性。具

体的经济评价标准包括加固成本、加固周期、加固持久性、加固效果等。在实施经济评价时，还应考虑加固与重建工程的代价比较和社会经济效益等问题，以选择最优的抗震加固方案。

结论

综合考虑高层住宅建筑的地基情况、结构形式、交通运输等因素，我们认为采用合适的抗震加固技术是提高高层住宅建筑抗震能力的必要手段。具体的加固方案应根据实际情况综合选择，在保证稳定性和安全性的前提下，尽量降低加固成本和影响施工周期。此外，应建立健全的抗震体系，并加强相关法律法规和行业标准的制定和实施，保证高层住宅建筑的抗震安全性，并加强社会的防震意识和防震科普力度。

随着工程技术不断发展和完善，抗震加固技术将会得到更广泛的应用。在高层住宅建筑抗震加固技术中，各种先进的加固技术将进一步应用和完善，提高建筑物的抗震安全性。

同时，随着社会防震意识的不断加强，政府和社会各方面会进一步加强对抗震工程的技术支持和投入，促进抗震工程的发展和应用，推动建筑业向安全、环保、节能等方面不断发展。

参考文献

- [1] 山东建勘集团有限公司. 泰安市东平县东平街道罗庄村城市棚户区改造建设项目（一期、二期）岩土工程勘察报告[R]. 济南：山东建勘集团有限公司，2020.
- [2] 廉智君，邓文博，等. 自愈性高性能混凝土在高层住宅抗震加固中的应用[J]. 工程建设与设计. 2019；（05）：170-173+182.
- [3] 杨伟生. 高层住宅建筑抗震加固施工技术的研究与应用[J]. 现代城市家庭. 2018；（20）：190-191.
- [4] 孙剑，贺琼，等. 钢筋混凝土高层住宅抗震加固技术研究[J]. 福建建筑. 2018；（09）：18-21.
- [5] 李伟，赵怡然，等. 高层建筑结构抗震加固方案设计与技术应用[J]. 工业建筑. 2019；（04）：57-61.
- [6] GB 50011-2010，建筑抗震设计规范[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2010.

作者简介：

郑小东（1990—），男，湖南省郴州市，大学本科，工程师，研究方向为铁路与桥梁、建筑工程施工技术。