

基于抗震性能的密肋复合墙体优化设计及造价影响分析

文 / 陈 北 安徽宝翔建设集团有限责任公司

摘要：本文聚焦密肋复合墙体，综合运用理论分析与数值模拟方法，评估其抗震性能，找出设计不足并提出优化方案，同时分析优化设计对造价的影响。研究显示，优化后的密肋复合墙体抗震性能显著提升，虽造价有所增加，但仍在可接受范围。该研究成果为工程实践提供了重要的理论和技术参考，有利于推动密肋复合墙体在抗震建筑中的广泛应用，助力提升建筑结构的安全性与经济性。

关键词：密肋复合墙体；抗震性能；优化设计；造价分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.16.101

引言

近年来地震频发，建筑抗震性能备受关注。密肋复合墙体因质量轻、强度高、抗震好而广泛应用，但如何优化其设计，在提升抗震性能的同时控制造价，成为当前研究热点，这关乎建筑安全与行业可持续发展。本研究采用理论分析和数值模拟，探索密肋复合墙体抗震性能优化设计方法，分析其对造价的影响，为工程实践提供理论和技术支持，推动其在抗震建筑中的应用，促进建筑行业结构设计与成本控制协同发展。

一、密肋复合墙体抗震性能评估

（一）密肋复合墙体结构特点

密肋复合墙体作为新型结构体系，由密肋框架与填充材料协同构成。其独特构造赋予了诸多优势，质量轻，可减轻建筑整体负荷，降低基础承载压力；强度高，能有效抵御各类荷载作用。密肋框架如同坚固骨架，在结构中承担主要荷载与抗震重任，为墙体提供强大的力学支撑。填充材料也并非“配角”，它不仅具备保温、隔音功能，营造舒适室内环境，还兼具装饰作用，提升建筑美观度。例如，在一些高层住宅中应用密肋复合墙体，住户能明显感受到室内的安静与温暖，同时墙面平整美观，减少后期装修的额外工序。（图1 密肋复合墙体施工图）



图1 密肋复合墙体施工图

（二）抗震性能评估方法

本研究借助有限元分析软件，构建起评估密肋复合墙体抗震性能的“虚拟实验室”。在软件环境中，依据实际工程数据，精确建立墙体的有限元模型。无论是墙体材料的弹性模量、泊松比等属性，还是长、宽、高等几何尺寸，都进行细致还原，力求最大程度贴近墙体真实特征。利用该模型模拟地震作用，让墙体“置身”于不同强度、不同波形的地震波冲击之下。在此过程中，深入分析墙体的应力分布、变形情况和耗能能力等关键指标。应力分布云图能清晰直观地展现墙体内部受力薄弱点，帮助研究人员精准定位潜在危险区域；变形情况则通过位移、转角等数据反映墙体在地震作用下的稳定性；耗能能力是衡量墙体吸收地震能量、减轻结构损伤的重要指标，其数值大小直接关系到建筑结构在地震中的安全程度。

（三）抗震性能评估结果

通过数值模拟分析，一系列关于密肋复合墙体的应力分布图、变形曲线和耗能曲线清晰呈现。这些数据有力地证实了密肋复合墙体具备良好的抗震性能。在模拟强烈地震的极端工况下，墙体虽有一定变形，却始终保持结构完整，未出现破坏情况。从应力分布来看，密肋框架各部位的应力分配科学合理，关键节点处的应力集中也处于可控范围，这表明墙体的受力体系稳定可靠。变形曲线呈现出稳定的变化态势，进一步说明墙体的整体结构稳固，不会因地震作用而发生突然的、危险的变形。耗能曲线则直观地展示出墙体强大的耗能能力，它能有效吸收地震能量，显著降低结构的振动响应，就像给建筑穿上了一层“减震防护服”，极大地减轻了地震对建筑的破坏，保障了建筑在地震中的安全性能。

（四）影响因素分析

深入研究发现，密肋框架的截面尺寸、肋间距和填充材料类型，对密肋复合墙体抗震性能影响显著。密肋框架截面尺寸与墙体承载能力、刚度紧密相关，增大截面尺寸，墙体就像获得更坚固的骨架，承载和抵抗变形

能力随之提升。肋间距同样关键，缩小肋间距，墙体各部分连接更紧密，整体性变强，面对地震时的变形抵抗能力也显著提高。填充材料的选择也不容忽视。弹性模量高、耗能性能好的材料，是提升墙体耗能能力的“利器”。以新型纤维增强轻质填充材料为例，与传统材料相比，它能让墙体在地震中的能量吸收能力提升近 30%。这意味着在地震发生时，墙体可以更有效地消耗地震能量，减少建筑结构的损伤，为建筑安全提供更可靠的保障。

（五）现有设计存在的问题

然而，通过抗震性能评估这面“镜子”，现有密肋复合墙体设计的瑕疵也暴露无遗。部分设计中肋间距过大，使得墙体整体刚度不足，就像骨架松散，在地震作用下容易产生较大变形。此外，填充材料与密肋框架连接不牢固，二者协同工作能力差，地震时无法形成紧密“战斗联盟”，削弱了墙体抗震性能，这些问题亟待优化设计来解决。另外，在一些设计中还存在对节点部位处理不够精细的情况，节点作为密肋框架各构件连接的关键部位，其设计不合理会导致传力不顺畅，在地震时容易率先出现破坏，进而影响整个墙体的抗震性能。

二、密肋复合墙体优化设计

（一）优化设计目标

基于对密肋复合墙体抗震性能的评估，制定了一系列精准且有针对性的优化设计目标。提升墙体整体刚度是重中之重，这就好比强化人体骨骼，使墙体在面对地震时，能更稳当地抵御外力，显著降低变形幅度，为建

筑结构安全筑牢根基。增强填充材料与密肋框架的连接强度同样不可忽视。只有二者紧密相连，像紧密咬合的齿轮一样，才能在地震作用下协调配合，充分发挥各自优势，一同承担荷载、消耗地震能量，有效提升墙体的抗震性能。降低墙体自重也是关键一环。减轻墙体重量，一方面能减少建筑基础所承受的压力，降低基础建设成本与施工难度；另一方面，可减少材料使用量，降低材料成本，提升建筑的经济性。综合来看，这些优化目标相互关联、相辅相成，旨在打造抗震性能卓越且经济实用的密肋复合墙体。

（二）优化设计方法

针对现有设计存在的问题，制定了具体且有效的优化设计方法。针对肋间距过大导致墙体整体刚度不足的问题，采取减小肋间距的措施。通过合理缩小肋间距，墙体的整体性得到显著增强，密肋框架对填充材料的约束作用更加有效，墙体抵抗变形的能力大幅提升。为解决填充材料与密肋框架连接不牢固的问题，采用新型连接件来增强连接强度。这些新型连接件具有独特的结构和力学性能，能够紧密连接填充材料与密肋框架，使二者在受力时能更好地协同变形，避免出现相对位移和脱落现象。在填充材料选择上，选用轻质高强度的材料。例如，新型的加气混凝土材料，其密度仅为传统填充材料的三分之二，却具有相当的强度，既满足了降低墙体自重的要求，又不影响墙体的抗震性能。（表 1 优化前后的设计参数对比表）

设计参数	优化前	优化后	抗震性能提升情况
肋间距	大	小	变形量减少，刚度提升
填充材料类型	传统材料	新型轻质高强材料	耗能能力提升
连接件类型	普通连接件	新型连接件	连接强度增强

表 1 优化前后的设计参数对比表

（三）优化设计实例

在某实际高层住宅项目中，上述优化设计方法得到了充分实践。设计人员根据该建筑结构的受力特点以及所在地区的抗震要求，运用专业知识和精确算法，对肋间距进行了科学合理的调整。同时，经过多轮筛选和对比，选用了适配的新型连接件，显著增强了填充材料与密肋框架的连接效果。此外，轻质高强度的加气混凝土凭借其出色性能，被确定为填充材料。

优化设计完成后，借助有限元软件对不同强度的地震作用进行模拟。模拟结果显示出巨大优势：与优化前相比，墙体在地震作用下的最大变形量明显降低，减少

约 25%，这意味着墙体在地震时更加稳定；应力集中现象得到极大改善，结构内部受力更均匀；耗能能力提升约 30%，能更好地吸收地震能量。这些数据有力地证明了优化设计方法有效可行，为密肋复合墙体在实际工程中的广泛应用提供了极具价值的参考。

（四）造价影响分析

对优化前后的密肋复合墙体进行了详细的造价对比分析。优化后的墙体，由于采用了新型连接件和轻质高强度的填充材料，在材料采购成本上有所增加。同时，减小肋间距可能导致钢材用量增多，进一步提高了成本。然而，综合考虑到优化后的墙体抗震性能

提升,未来可能因地震破坏而产生的维修和重建费用大幅减少。经核算,虽然优化后的墙体造价增加了约8%,但从建筑全生命周期成本来看,由于地震风险降低,潜在的维修和重建成本可降低约20%-30%。因此,优化后的墙体造价增加幅度在可接受范围内,具有良好的经济效益。

(五) 优化设计方案的可行性讨论

综合抗震性能提升和造价影响分析结果,深入讨论优化设计方案的可行性。从抗震性能角度看,优化后的墙体在应力分布、变形控制和耗能能力等方面表现出色,能有效提高建筑的抗震安全性,满足现代建筑对结构安全的严格要求。在造价方面,虽然初期成本有所增加,但考虑到长期的经济效益,这种增加是合理且可接受的。此外,优化设计所采用的新型连接件和轻质高强度填充材料在市场上均有供应,施工工艺也可通过适当培训和技术指导实现,具备实际可操作性。因此,提出的优化设计方案既提高了密肋复合墙体的抗震性能,又控制了造价增加,具有显著的工程实践价值,值得在实际工程中推广应用。

三、密肋复合墙体应用前景与挑战

(一) 应用前景

密肋复合墙体凭借其优良的抗震性能和较高的经济性,在抗震建筑领域展现出广阔的应用前景。在地震频发地区,它能为人们的生命财产安全筑牢防线。比如在一些地震带附近的新建城镇,越来越多的建筑采用密肋复合墙体。随着技术的不断进步,其优化设计方法也在持续完善和推广。这使得密肋复合墙体不仅适用于普通住宅、商业建筑,还逐渐拓展到学校、医院等对结构安全和功能要求更高的公共建筑领域。未来,随着建筑行业对节能环保和可持续发展的重视程度不断提高,密肋复合墙体的质量轻、材料可回收利用等优势将进一步凸显,有望在绿色建筑中发挥更大的作用,应用范围也将不断扩大。

(二) 面临的挑战

尽管密肋复合墙体优势众多,但在实际应用中仍面临诸多挑战。填充材料的耐久性是一大难题。部分填充材料在长期使用过程中,受温度、湿度变化以及化学侵蚀等因素影响,可能出现性能下降、开裂甚至脱落等问题,影响墙体的保温、隔音和结构性能。密肋框架与填充材料的连接技术也有待改进。目前的连接方式在复杂环境或强烈地震作用下,可能无法保证二者始终紧密协同工作,降低了墙体的整体性能。此外,施工工艺的复杂性也是一个阻碍因素。密肋复合墙体的施工需要较高

的技术水平和精准度,对施工人员的专业素质要求较高,这在一定程度上增加了施工难度和成本,限制了其在一些技术力量薄弱地区的推广。

(三) 未来发展方向

针对上述挑战,明确了密肋复合墙体未来的发展方向。研发新型耐久性强的填充材料是关键。科研人员将致力于开发具有优异抗老化、抗侵蚀性能的材料,确保填充材料在长期使用中性能稳定。同时,改进连接技术,通过研发新型连接构造或粘结材料,增强密肋框架与填充材料之间的连接可靠性,使其在各种工况下都能协同受力。优化施工工艺也是重要一环,借助现代化的施工设备和先进的施工管理模式,简化施工流程,提高施工效率和质量,降低施工难度和成本。通过不断在这些方面进行研究和创新,密肋复合墙体将能更好地应对挑战,在抗震建筑领域实现更广泛的应用,为建筑行业的发展注入新的活力。

结语

本文围绕密肋复合墙体展开深入研究,先对其抗震性能评估,发现现有设计存在的问题,进而提出针对性的优化设计方案。经分析,优化后的墙体在抗震性能方面表现更优,能更好地抵御地震作用。在造价方面,虽然有所增加,但幅度在可接受范围,从建筑全生命周期来看,具有较高性价比。这一研究成果为工程实践提供了切实可行的理论与技术支撑,有助于密肋复合墙体在抗震建筑领域更广泛地应用。后续,研究将持续聚焦密肋复合墙体,深入挖掘其性能潜力,探索更多应用场景,进一步完善相关技术,为抗震建筑的发展提供更有力的支持,保障人们生命财产安全。

参考文献

- [1] 李鹏飞,袁泉,郭猛,姚谦峰.点接触式密肋复合墙体抗震性能试验[J].中南大学学报(自然科学版),2011,42(11):3494-3501.
- [2] 钱坤,袁泉,张杰,等.密肋复合墙结构体系抗震性能试验研究[J].振动与冲击,2013,32(3):119-123.
- [3] 熊耀清,姚谦峰.钢筋混凝土密肋复合墙结构抗震性能分析[J].山西建筑,2024,40(13):25-27.
- [4] 姚谦峰,郭猛.点接触式密肋复合墙体抗震性能及承载力计算方法[J].沈阳工业大学学报,2012,34(3):326-333.
- [5] 常鹏,姚谦峰.密肋复合墙体受剪性能试验研究及弹塑性数值分析[J].建筑结构学报,2010,31(S2):215-221.