

短肢剪力墙在工业建筑结构设计中的运用分析

胡五兵¹, 尹宏志²

(1. 山东省环能设计院股份有限公司, 山东 济南 250101;

2. 山东齐诚工程技术有限公司, 山东 济南 250100)

摘 要 短肢剪力墙是具备灵活空间布局与高效抗震性能的结构构件, 其在工业建筑结构设计领域的应用价值随产业升级不断提升。本文结合工业建筑带有结构承载、空间利用、抗震等级的特殊要求, 同时结合现代工业建筑的功能需求提出优化设计策略, 分析短肢剪力墙的力学特性与适用场景, 探讨其在工业建筑结构设计中的截面选型、布置原则、荷载计算方法, 指出实际应用中存在的技术难点与解决路径, 以期为促进工业建筑结构设计的轻量化、高效化发展提供参考。

关键词 短肢剪力墙; 工业建筑; 结构设计; 荷载计算

中图分类号: TU27

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.31.017

0 引言

工业建筑作为承载生产活动的核心场所, 其结构设计需满足设备安装、工艺流程、荷载承受、抗震安全等多方面要求。随着工业生产设备的精密化、生产流程的自动化发展, 工业建筑对结构的承载精度、振动控制、空间利用率提出更高要求。短肢剪力墙在结构设计中的应用需结合这些新需求进行技术优化, 其在工业建筑领域的应用研究也需进一步深化, 以推动工业建筑结构体系的升级与完善。

1 短肢剪力墙的技术特性与工业建筑结构设计的适配性

1.1 短肢剪力墙的核心技术特性

短肢剪力墙通常指截面高度与厚度比值在 5~8 之间的剪力墙构件, 其带有与工业建筑结构需求高度契合的技术特性。在空间利用上, 短肢剪力墙的截面厚度通常控制在 200~300 mm, 较普通剪力墙减少 30%~40% 的占用空间, 能为工业建筑内部设备安装、管线布置预留更多灵活空间, 尤其适配现代工业车间对大开放区域与灵活分区的需求。在力学性能上, 其抗侧移刚度介于框架结构与普通剪力墙之间, 既能通过合理布置满足工业建筑对抗震、抗风荷载的基本要求, 又不会因刚度过大导致结构自重增加, 符合工业建筑轻量化设计的发展趋势。此外, 短肢剪力墙可与框架柱、连梁协同设计形成混合结构体系, 这种体系具备的受力协同性能有效分散工业建筑中常见的集中荷载, 减少局部结构出现的应力集中现象, 进一步提升整体结构的稳定性, 适配工业建筑对结构安全的核心需求^[1]。

1.2 与工业建筑结构设计需求的适配性

现代工业建筑结构设计需重点关注承载能力、空间布局、抗震性能三个核心需求, 短肢剪力墙在这些需求上展现出显著适配性。在抗震性能方面, 短肢剪力墙通过合理控制剪跨比、优化截面配筋, 可满足不同区域工业建筑的抗震设防要求, 尤其在多层工业建筑中, 其具备的抗侧移性能能有效减少地震作用下的结构变形, 保障生产设备与人员的安全; 在空间布局方面, 短肢剪力墙可根据工业生产流程的调整需求灵活布置, 墙体间距可调整范围较普通剪力墙更大, 能适配不同尺寸生产设备的安装与后期调整需求, 减少固定结构对生产流程优化的限制; 在承载能力方面, 其截面可通过配置纵向受力钢筋与箍筋优化整体承载性能, 针对工业建筑中常见的集中荷载, 可采用短肢剪力墙与暗柱结合的设计形式增强局部承载能力, 适配多样化荷载类型的承载需求^[2]。

2 短肢剪力墙在工业建筑结构设计中的关键应用要点

2.1 截面选型与参数设计

短肢剪力墙的截面选型需结合工业建筑带有荷载特性与空间需求的双重条件确定, 常见的截面形式包含矩形、T 形、L 形等。在单层或多层轻型工业建筑中, 若主要承受均布荷载与轻型设备荷载, 矩形截面短肢剪力墙是更优选择, 其截面高度与厚度需根据荷载大小与空间限制确定, 这种截面形式具备施工简便、受力明确的特点, 能适配轻型工业建筑对结构实用性的需求; 在承受集中荷载或存在墙体交接的区域 (如设

备基础附近、车间分区交界处),可采用T形或L形截面,通过增加翼缘长度提升截面惯性矩,增强局部承载能力,翼缘长度需控制在合理范围,避免因翼缘过长导致施工难度增加。

在参数设计中,轴压比与剪跨比的计算是核心环节。轴压比需控制在合理区间,避免因轴压比过高导致墙体出现脆性破坏,影响结构整体安全性;剪跨比需结合工业建筑的层高与墙体布置间距确定,确保剪跨比达到特定数值,以此提升墙体的延性,减少地震作用下的剪切破坏风险。钢筋配置需以荷载计算结果为依据,纵向钢筋配筋率需满足结构承载要求,箍筋间距需控制在规定范围,在墙体两端与洞口附近需适当加密箍筋,增强局部抗剪性能,确保墙体在受力过程中不会出现局部剪切破坏,保障结构受力的完整性^[3]。

2.2 结构布置原则

短肢剪力墙在工业建筑结构中的布置需遵循均匀对称、协同受力的原则,同时兼顾生产流程与设备安装需求,确保结构设计与工业生产功能需求高度适配。

在平面布置上,需确保短肢剪力墙沿建筑平面的两个主轴方向均匀分布,避免因布置集中导致结构刚度分布不均,尤其在工业建筑的大跨度区域(如装配车间、仓储区域),需通过增加短肢剪力墙的数量或调整截面尺寸平衡结构刚度,短肢剪力墙的间距需根据跨度大小确定,确保结构的抗侧移刚度满足规范要求,避免因刚度不足导致结构在风荷载或地震荷载作用下出现过大大变形。

在竖向布置上,短肢剪力墙需保持上下连续贯通,避免在楼层处出现墙体中断,若因设备安装需求需在墙体上开设洞口,洞口宽度需控制在墙体高度的一定比例内,洞口两侧需设置暗柱,暗柱截面尺寸需满足受力要求,确保洞口附近墙体的受力连续性,避免因洞口存在导致局部结构受力薄弱。短肢剪力墙与框架柱的协同布置需考虑设备运行产生的振动荷载,在振动荷载较大的区域(如机床车间、压缩机房),需增加短肢剪力墙与框架柱的连接节点强度,采用刚性节点设计,减少振动传递对结构的影响,保障结构在振动环境下的稳定性,适配工业生产设备的运行需求。短肢剪力墙结构的设计一定要满足抗震相关规范的要求,保证结构在地震作用下的安全性以及稳定性。设计时需要着重考虑地震作用下的内力分布,合理配置剪力墙的数量,使结构整体刚度可以均匀分布,充分发挥每一面墙体的作用,达到安全性与经济性并存的目标^[4]。

2.3 荷载计算与力学分析

在工业建筑结构设计,短肢剪力墙的荷载计算需全面涵盖永久荷载、可变荷载与偶然荷载三类,确

保荷载计算的完整性与准确性。永久荷载包含墙体自重、设备基础自重、楼面面层重量等,计算时需结合工业建筑的楼面活荷载标准值,将永久荷载与活荷载组合后确定短肢剪力墙的竖向荷载,为结构承载设计提供依据;可变荷载包含吊车运行荷载、风荷载、温度变化产生的荷载,吊车运行荷载需根据吊车的额定起重量与工作级别确定,采用动力系数进行荷载放大,风荷载计算需结合工业建筑的高度与所在区域的基本风压,高度较高的工业建筑需考虑风振系数,避免因风荷载作用导致结构出现不稳定;偶然荷载主要为地震荷载,需根据建筑所在区域的抗震设防烈度与设计基本地震加速度,采用反应谱法计算短肢剪力墙的水平地震作用,确保结构在多遇地震下处于弹性工作状态,在罕遇地震下具备足够的延性,保障结构抗震安全。

在力学分析环节,需通过有限元软件建立结构模型,模拟短肢剪力墙在不同荷载组合下的应力分布与变形情况,重点关注墙体根部、洞口附近、节点连接处的应力集中现象,这些区域是结构受力的关键部位,易出现应力超标问题。若模拟过程中发现应力超标,需通过调整截面尺寸或增加配筋进行优化,确保短肢剪力墙在各种荷载工况下的受力均满足规范要求,避免因局部应力过大导致结构破坏,保障工业建筑结构的长期安全稳定。剪力墙的布置需综合考虑建筑功能需求和结构受力特点,避免出现刚度突变或应力集中的现象。通过优化布局,在保证整个结构稳定的前提下,提高建筑物内部空间利用效率^[5]。

3 短肢剪力墙在工业建筑结构设计中的实际应用与优化方向

3.1 典型应用场景分析

在多层轻工业厂房设计中,短肢剪力墙的应用可有效提升空间利用率,适配多层轻工业厂房对空间灵活性的需求。多层轻工业厂房通常需布置多条生产线与精密检测设备,对空间灵活性与振动控制要求较高,设计中可采用短肢剪力墙与框架柱结合的混合结构体系,短肢剪力墙的截面形式与布置间距需根据生产设备的尺寸与布局确定,墙体之间通过连梁连接,连梁截面尺寸需满足抗震与受力要求。这种布置方式能为厂房内部预留足够的柱网间距,满足自动化生产线的布置需求,同时短肢剪力墙的抗侧移刚度能有效控制结构在风荷载下的层间位移,使其符合规范限值,抗震性能也能满足所在区域的设防要求。在使用过程中,厂房可根据生产需求调整设备布局,短肢剪力墙占用空间小的特点为管线布置预留充足空间,设备运行产生的振动通过短肢剪力墙与地基的协同作用被有效吸收,确保结构振动符合精密设备的运行要求,保障生产活动的稳定开展。

在重型工业车间设计中,短肢剪力墙可通过与型钢混凝土的结合提升承载能力,适配重型工业车间对高承载的需求。重型工业车间需承受重型机床的自重荷载与运行时的动荷载,设计中可采用型钢混凝土短肢剪力墙,在墙体内部配置型钢,型钢与混凝土之间通过抗剪栓钉连接,增强协同工作性能。型钢的截面尺寸与墙体的截面尺寸需根据荷载大小确定,确保短肢剪力墙的竖向承载力与水平抗剪承载力满足要求,能够抵抗机床运行时产生的各类荷载。在实际应用中,需控制车间地面沉降量,确保结构变形符合规范要求,短肢剪力墙的布置需避免对机床安装与操作造成限制,同时型钢混凝土的组合形式需提升结构的耐久性,以适应车间内特殊的环境条件(如潮湿、多粉尘),延长结构使用寿命。

3.2 应用中的技术难点与解决路径

短肢剪力墙在工业建筑结构设计应用中存在两个主要技术难点:一是在大跨度工业建筑中,短肢剪力墙的抗侧移刚度易不足,导致结构层间位移超标;二是在承受集中荷载时,短肢剪力墙的局部应力易集中,可能引发墙体开裂,这两类问题均会影响结构的安全性与稳定性,需针对性提出解决路径。

针对大跨度工业建筑中抗侧移刚度不足的问题,可采用短肢剪力墙与支撑结构结合的设计方案。在建筑跨度较大的区域,沿跨度方向设置钢支撑,支撑与短肢剪力墙通过节点板连接,形成短肢剪力墙一支撑协同抗侧体系。这种体系能有效提升结构抗侧移刚度,使层间位移控制在规范限值以内,确保结构在风荷载与地震荷载作用下的稳定性,解决大跨度区域结构刚度不足的问题,适配大跨度工业建筑的设计需求。

针对承受集中荷载时局部应力集中的问题,可采用短肢剪力墙与暗梁、暗柱结合的加强设计,在集中荷载作用点下方设置暗柱,暗柱截面尺寸需比墙体截面适当增大,纵向钢筋配筋率需提升至一定水平,同时在荷载作用区域的墙体顶部设置暗梁,暗梁截面高度需根据墙体高度确定。通过这种加强设计,可分散集中荷载作用下的应力,降低集中荷载作用区域的应力值,避免墙体开裂,保障结构局部受力安全,解决集中荷载作用下的应力集中问题。

3.3 基于现代工业需求的优化方向

随着工业建筑向智能化、绿色化发展,短肢剪力墙在结构设计中的应用需结合现代工业需求进行优化,以提升结构设计的先进性与适用性,主要可从三个方向推进优化工作。

1. 轻量化设计。结合高性能混凝土技术,采用强

度等级较高的高性能混凝土制作短肢剪力墙,在保证承载能力的前提下减少截面尺寸,使结构自重降低,减少建筑整体荷载,同时高性能混凝土的耐久性需提升,以适应工业建筑的长期使用需求,减少后期维护成本,符合绿色建筑对低能耗、长寿命的要求。

2. 模块化设计。将短肢剪力墙与预制构件结合,在工厂预制短肢剪力墙模块,模块之间通过预埋件连接,现场拼装施工。这种方式可缩短工业建筑的施工周期,减少现场施工对周边环境的影响,同时能保证结构质量的稳定性,避免现场施工因环境因素导致的质量波动,尤其适用于装配式工业厂房的建设,提升工业建筑建设的效率与质量,适配现代工业建筑对快速建造的需求。

3. 智能化设计。结合 BIM 技术建立短肢剪力墙的参数化模型,在设计阶段模拟不同荷载工况下的结构性能,优化截面尺寸与布置方案,确保设计的合理性与经济性,避免设计冗余或设计不足。同时将模型与工业建筑的设备布置、管线设计相结合,实现结构设计与生产需求的协同优化,减少设计冲突,提升设备安装精度,降低管线碰撞风险,为工业建筑的智能化运营奠定基础,适配现代工业建筑对智能化设计的需求。

4 结束语

短肢剪力墙具备的截面小、刚度适中、受力协同性强的特点,能够适配工业建筑对承载、抗震、空间利用的多方面需求。短肢剪力墙的抗震性能强且占地面积小,可在保证结构安全的前提下尽可能满足建筑专业对内部空间的需求。结构设计过程中应注重抗震概念设计、结构布局优化和材料选择,保证结构的安全性与经济性。施工过程中需要采用高精度模板,严格控制钢筋绑扎以及混凝土浇筑过程,采取一系列质量保证方法,保证工程质量。

参考文献:

- [1] 陈煌. 高层建筑短肢剪力墙结构设计与施工要点分析[J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(08): 22-24.
- [2] 粟文桃. 民用建筑结构设计中短肢剪力墙技术的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2021(04): 441.
- [3] 吴月磊, 张玉华, 巩亚. 短肢剪力墙技术在建筑结构设计中的应用分析[J]. 模型世界, 2025(13): 109-111.
- [4] 许洲. 高层建筑短肢剪力墙力学性能试验研究[J]. 江西建材, 2024(11): 175-177.
- [5] 刘影, 李秋实, 赵军. 混凝土短肢剪力墙新型模板加固技术研究与应用[J]. 建筑技术开发, 2025, 52(09): 33-35.