

建筑结构设计材料选型对结构性能影响研究

杜虹茜

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]建筑结构设计中材料选择对结构性能、建筑质量和造价起着至关重要的影响。本文介绍了材料选择对于结构设计的重要性, 分析目前建筑结构材料选择中存在的问题如: 选型不合理、性能匹配差、新材料应用少、成本控制困难以及管理不到位等问题。针对上述问题, 从完善选材标准、优化材料组合设计、推广高性能绿色建材、构建全过程质量管控体系、提升材料智能化应用水平五个维度提出针对性优化对策, 以期为建筑结构设计材料科学选型、兼顾建筑安全、耐久与经济环保提供参考借鉴。

[关键词]建筑结构设计; 材料选择; 结构性能; 高性能材料; 质量控制

DOI: 10.64635/ja.2026.1199

中图分类号: TU318

文献标识码: A

Research on the Influence of Material Selection on Structural Performance in Building Structural Design

Du Hongqian

Hebei Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050000, China

Abstract: Material selection in building structural design has a crucial impact on structural performance, construction quality, and project cost. This paper introduces the importance of material selection in structural design and analyzes existing problems in the selection of building structural materials, such as unreasonable material selection, poor performance matching, limited application of new materials, difficulty in cost control, and inadequate management. In response to these problems, targeted optimization measures are proposed from five dimensions: improving material selection standards, optimizing material combination design, promoting high-performance green building materials, establishing a whole-process quality control system, and enhancing the intelligent application of materials. The aim is to provide reference for the scientific selection of materials in building structural design while balancing building safety, durability, economy, and environmental protection.

Keywords: building structural design; material selection; structural performance; high-performance materials; quality control

引言

建筑结构设计离不开对材料的理解与应用, 材料是结构承载力的基础, 也是保证建筑物的安全性、经济性和耐久性的前提条件。在建筑物越来越高、结构越来越复杂的今天, 材料的选择对结构设计至关重要。在我国加快落实“双碳”目标、推动城乡建设绿色低碳转型的过程中, 钢结构由于其高效、环保、可循环的特点已经成为建筑业转型升级的一个重要选择。但是钢结构上下游企业之间缺乏有效合作、钢材质量不能满足设计要求、成本优化路径不清晰等都阻碍了行业的进一步发展。对于结构工程师而言, 如何结合工程工况, 筛选力学性能优异、耐久性良好、经济合理且施工便捷的建筑材料, 规避材料浪费与安全隐患, 是现阶段结构设计工作需要重点解决的核心问题。

1 材料选型在结构设计中的作用

1.1 力学性能与结构安全

材料选取对建筑结构安全性与受力特性有着至关重要的作用。不同材料在强度, 弹性模量, 塑性, 耐久性和耗能性等的力学性能差别很大, 进而影响着结构的承载力大小、变形程度和抗震能力。当前部分工程存在材料布置不合理的问题, 大多数结构采取的是全截面均质钢布置形式, 忽略了弯矩作用下构件截面上下应力的不对称分布特性, 构件截面上部以受压荷载为主, 而混凝土具备优异的抗压性能, 可有效替代部分钢材承担受压荷载, 但传统设计理念未充分发挥钢、混凝土材料的性能互补优势, 导致高价钢材浪费, 大幅提升工程建设成本。同时材料的选择也会影响到整个结构的抗震性能。在延展性较好的钢结构

和高性能混凝土的应用之下可以使构件更好的吸收能量,降低脆断的可能性。选用高强钢筋、高强混凝土、高强钢材既可以减少截面尺寸又可以减轻整个建筑的质量负担,同时增加整体的承载能力和稳定性,为复杂的高层建筑、大跨度工程提供更多的安全保障。

1.2 经济效益与耐久性能

材料费用占建筑工程总造价的40%以上,材料选型是决定项目经济效益与全生命周期成本的关键因素。在满足结构安全的前提下,科学选型可有效降低工程造价、提升投资回报率。使用高强材料可以减少钢筋、混凝土等主材用量,同步缩减材料运输、施工、人力成本等,加快工程施工进度,实现短期经济效益优化。从建筑全生命周期来看,材料的防锈蚀、抗老化、抗冻害能力直接决定建筑物的使用寿命及后期养护费用开支。在海边或者高湿重盐碱地区以及化工厂周边等环境下,如果材料耐久度不够好,就很容易产生钢筋锈蚀、混凝土碳化以及裂缝脱落的现象,不仅需要大量的维修资金还会对建筑物的安全造成威胁。因此,现代结构设计应立足全生命周期成本,兼顾初始建设投入与后期运维支出,优先选用高耐久性建材并配套防护措施。根据行业现行标准,400MPa及以上受力钢筋为高钢筋,标号C50及以上为高强混凝土,Q345及以上钢材为高强钢。适当应用此类高质量的材料并结合耐久性设计和防潮等手段,可以使建筑结构整体性能得到大幅提高,延长房屋寿命,做到安全、经济、环保三者兼顾。

2 建筑结构材料选型存在的问题

2.1 材料选型不合理问题

材料选用不当是建筑结构设计中普遍的问题。部分设计人员对各类建材的适配性能掌握不全面,过度依赖传统设计经验,忽视新型建材的对比分析与优化应用,导致所选材料无法匹配结构荷载、工况环境等实际需求。在构件截面设计与材料布置中,混凝土良好的抗压能力未能用于上部受压区以替代一部分钢,造成材料使用不合理。同时,配筋设计单纯控制总用钢量,忽视合理的截面配筋布置对提升结构性能的影响,易出现材料浪费的情况^[1];另外一些施工单位为压缩建设成本而采用不合格材料,为结构长期安全埋下重大隐患。

2.2 材料性能与结构需求不匹配问题

材料性能和结构需要不一致问题在钢结构建筑中尤其明显。目前存在的问题是:设计院想要用高性能材料保证结构的安全性和耐久性,钢铁企业生产的新型钢材,在

规格、核心性能上难以适配建筑设计的精细化要求而无法被采纳。除了一些规格方面的差异外,“性能”的差异对于一个具体的项目来说更加隐蔽。以明光村钢结构住宅项目为例,设计院的专业人士拟采用免涂装耐候钢,但钢铁企业无法书面保证所生产钢材50年内不生锈,加之采购以及价格的原因,最终项目被迫改为混凝土结构。同时,行业技术研究滞后于材料更新速度。高强钢在建筑中疲劳荷载的研究尚处于空白状态,使得结构的安全性无法得到保证,导致设计人员对超高强钢材“不敢用、不会用”,制约了高性能钢材的推广落地。

2.3 新型材料应用不足问题

新型绿色、高性能建材的工程应用占比偏低,成为制约建筑结构性能升级的重要瓶颈。纤维增强复合材料(FRP)具备高强度、低密度、耐腐蚀等优势,可有效解决传统钢筋锈蚀导致的混凝土结构耐久性不足问题,适用于混凝土结构配筋、老旧建筑钢结构加固等场景。某些特定钢结构加固中,也可使用碳纤维网栅布,碳纤维网栅布具有抗老化、耐潮湿、耐腐蚀性等优势,广泛适用于老旧钢结构加固中,增加安全性的同时有效减轻了结构自重。

2.4 材料成本控制困难问题

材料成本难以把控是建筑结构设计无法绕开问题。虽然钢结构建筑从整个寿命周期来看有良好的节能减排经济性,在后期运行阶段也有一定优势,但初始建设投入较高,成为制约其普及的核心因素。材料成本管控是结构设计的重难点问题。一些工程为了减少初始投资而使用劣质材料;而另一些工程由于不能准确把握对结构的要求而导致采用过高标准材料造成不必要的浪费^[2]。设计方面改进对于降低成本非常重要,在构件标准化基础上进行大批量生产、根据不同位置选取不同钢种、优化节点连接降低焊接难度等都需要设计师与材料研究人员积极配合。

2.5 材料质量管理不到位问题

建材全流程管理漏洞会直接影响结构性能可靠性。在供应链的各个节点缺乏有效监督,一些施工单位重盈利轻质量,低价采购一些地下小炼铁厂、黑工厂生产的不合标准的螺纹钢或圆钢,甚至从废旧物资回收站购买已生锈钢材而导致钢结构强度及韧性不足。进场材料检查走过场,在施工现场管理较为随意的情况下,材料堆放、存储以及用料混乱现象十分普遍。目前土木工程建设过程中,对于材料选取参差不齐,在不同批次材料质量有较大差别时缺少相应鉴别方法。另外,材料可追溯性的管理也有漏洞,在出现问题之后无法查明原因,对结构的安全造成隐患。

3 建筑结构材料选型优化对策

3.1 完善结构材料选型标准

完善结构材料选型标准是根本上解决材料选择问题的有效方法。在政策方面，绿色建筑评价标准已对材料选择做出规定：混凝土结构中 400MPa 及以上高强度钢筋使用率需≥85%，竖向承重结构中 C50 及以上高强混凝土占

比需超 50%，钢结构中 Q355 及以上高强钢材应用比例需过半，为设计人员选材提供了基础依据。在标准建设上，应把材料绿色性能作为材料选择的重要依据，不仅要考虑其碳排放量大小以及是否易于回收再利用，还要考虑到整个寿命周期内的经济性问题，在此基础上给出如表 1 所示的各种不同建筑材料性能对比结果以供设计师参考使用。

表 1 常见建筑结构材料关键性能对比

材料类型	代表牌号/等级	强度特点	适用场景	耐久性特征	经济性
普通热轧钢筋	HRB400/HRB500	屈服强度 400~500MPa，延性良好	一般混凝土结构受力筋	易锈蚀，需保护层	价格适中
高强钢材	Q460C/Q690	屈服强度 460~690MPa，强度高	大型场馆、超高层钢结构	耐腐蚀性需涂装保护	单位成本高，但用钢量低
高强混凝土	C50~C80	抗压强度 50~80MPa	高层竖向承重构件	密实度高，耐久性好	材料成本略高，但截面可减小
FRP 复合材料	GFRP/BFRP	抗拉强度高，弹性模量偏低	沿海防腐建筑、结构加固	耐腐蚀性极佳，不锈蚀	初期投入较高，全寿命成本有优势

3.2 优化结构材料组合设计

遵循“材尽其用、性能互补”原则，优化多材料组合设计，是适配结构受力需求、杜绝资源浪费的关键。在组合结构及构件的设计中，应当采用构造简洁、便于施工、满足工业化生产要求的结构、构件及节点形式。设计中应贯彻“各尽所能”的原则，在不同的受力部位使用适合的材料。对钢-混凝土组合结构而言，需要考虑到钢材、混凝土和复合材料之间不同的线膨胀系数、弹性模量等因素的影响。对于组合楼盖系统，要把混凝土楼板和钢梁看成一个整体受力的组合梁板，在竖向荷载、水平地震作用和水平风荷载作用下，楼板与钢梁之间有相互作用^[3]。建筑组合结构体系分析计算模型需考虑不同的材料、构件或者体系进行组合后所具有的共同作用特点，在设计中需要通过选取合适构件以及对结构进行校核反复调整，以便更好地发挥各种材料的作用。

3.3 推广高性能与绿色建筑材料

推广高性能及绿色建筑材料是提高结构性能、响应绿色建筑发展需求的方向。高性能材料如 FRP 筋、高延性水泥基材料以及超高性能混凝土（UHPC）已逐渐应用于实际工程。FRP 筋钢纤维混凝土相比于普通混凝土开裂荷载、极限荷载均有所提升，FRP 筋钢纤维体积分数为 0.2%、0.4%、0.6%、0.8% 的混凝土开裂荷载依次增长 19.1%、28.1%、57.4%、35.2%；而采用复合配筋方式可以有效改善仅用 FRP 筋作为受力钢筋的脆性破坏模式，在保证承载力的基础上增强结构延性和适应性。在绿色建材方面，《工业和信息化部等十部门关于推进绿色建材产

业高质量发展的指导意见》提出要根据低碳零碳负碳工程建设与绿色低碳施工需要，积极研发新型低碳胶凝材料、低（无）挥发性有机物含量材料、相变储能材料、固碳材料、全固废胶凝材料等新型绿色建材。而由于其高效、环保、可循环的优点，钢结构建筑也是绿色建造的重要发展方向。

3.4 加强材料质量全过程管理

加强材料质量全过程管理是保证结构设计意图实现的基础。在采购过程中要制定合格供方名单并对其提供的产品质量证明文件以及生产厂家资质进行审查，防止不合格产品进入施工现场。在进场检验阶段，要根据相关规定对每批进场材料实施见证取样复试，主要测试其力学性能、化学成分及耐久性等。在施工阶段利用 BIM 技术可以实现精确计算，以模型中构件尺寸及相关工程量为基础核算出各种材料需求量，从而便于成本控制及材料采购等工作开展。材料应做好防水、防锈等工作，在施工过程中按照设计规定的配合比以及养护条件进行施工，保证材料的质量符合设计的要求。并且要设置材料追溯体系，利用现代化技术对材料从购买到使用的过程进行跟踪，做到有据可查。

3.5 提高材料智能化应用水平

推动材料选型与管理智能化、数字化升级，是现代结构设计高质量发展的重要支撑。在材料选取上，利用 BIM 软件连接多种材料数据库，在软件内可随时查阅各种材料相关技术经济性能进行比较选择及优化；而在施工过程中，基于详细精确 BIM 模型进行各专业间相互协调检查，

发现设计图中存在的管线位置矛盾以及空间布置不合理等问题以避免后期出现不必要的变更和返工工作^[4]。BIM技术的应用不仅在材料管理上起到很大作用,在材料跟踪上也有着积极影响,在给所有构件编号的基础上建立数据源表,在数管平台上以不同颜色表示构件的不同状态,显示当前构件所处的工作流程,为材料管理以及质量检查提供了直观参考;而在运营期,把材料信息加入到建筑信息模型当中,形成整个建筑物的材料数字化记录,为以后对建筑物进行检测、维护及翻新等工作奠定坚实的数据基础。

4 结语

建筑结构设计材料选择对于结构性能影响贯穿整个结构设计、施工建设和运营管理过程。本文以材料选择在结构设计中起到重要作用为切入点,探讨目前建筑结构设计材料选择中存在的问题包括:材料选择不当、性能不符合要求、新型材料使用较少、造价较高等问题,并提出改进

措施:即完善材料选择标准、优化材料组合设计、推广高性能和绿色材料、加强质量全方面管理以及提升智能化水平等方法来解决上述问题。未来,随着材料科学以及信息技术的发展,建筑结构材料的选择会越来越合理、精确并且环保,从而对建筑结构的安全可靠性和经济性起到更好的促进作用。

【参考文献】

- [1]何小雄.建筑结构设计中的问题与解决对策分析[J].住宅与房地产,2019(06):78.
- [2]聂一铨.绿色建筑材料在建筑节能改造中的应用[J].建材发展导向,2026,24(09):133-135.
- [3]任翠云,刘志萍,孙强.绿色环保建筑材料在住宅建筑中的应用要点分析[J].居舍,2026(13):33-35.
- [4]王元龙,王海强,许一杰.住宅建筑工程中混凝土材料的应用及温湿复合控制研究[J].居舍,2026(12):53-55.