

装配式叠合板结构与受力分析

李宗杨

九易庄宸科技(集团)股份有限公司 河北 石家庄 050000

摘要: 在建筑工业化与绿色建筑浪潮的推动下,装配式建筑凭借其高效、环保、质量可控等优势,已成为现代建筑领域的重要发展方向。本文聚焦装配式叠合板,围绕其结构与受力分析展开研究。阐述了装配式叠合板的基本概念,详细论述了结构设计要点,涵盖尺寸设计、接缝构造设计、钢筋布置设计以及材料选择。同时,深入分析了装配式叠合板在施工阶段和使用阶段的受力情况,并提及有限元模拟分析,为装配式叠合板的工程应用提供理论依据。

关键词: 装配式; 叠合板; 结构设计; 受力分析

引言: 随着建筑工业化进程的加速,装配式建筑因其高效、环保等优势备受关注,装配式叠合板作为装配式建筑结构体系中的关键构件,应用日益广泛。装配式叠合板结合了预制构件与现浇混凝土的优点,既能保证施工效率,又可满足结构整体性和抗震性能要求。然而,其结构与受力性能复杂,涉及多阶段、多因素的耦合作用。合理的结构设计是确保叠合板安全可靠、经济适用的前提,而准确的受力分析则能为设计提供科学依据。因此,深入研究装配式叠合板的结构设计与受力分析具有重要的理论意义和工程应用价值,有助于推动装配式建筑技术的进一步发展。

1 装配式叠合板的基本概念

装配式叠合板是装配式建筑结构体系中的重要组成部分,它是一种由预制混凝土底板和后浇混凝土叠合层通过可靠连接方式组合而成的整体受力结构构件。从构造上看,预制混凝土底板在工厂提前预制生产,其表面通常带有一定形式的粗糙面或键槽,这有助于增强与后浇混凝土叠合层之间的粘结性能,使两者能够协同工作,共同承受荷载。后浇混凝土叠合层则在施工现场浇筑,与预制底板紧密结合,形成完整的楼板结构。装配式叠合板具有诸多优点。在施工方面,预制底板可实现工厂化批量生产,质量稳定且生产效率高,能大幅缩短现场施工周期,减少模板使用和脚手架搭设,降低施工成本和劳动强度。在结构性能上,叠合板结合了预制构件和现浇混凝土的优势,既有预制部分保证施工阶段的刚度和稳定性,又有现浇层提高结构整体性和抗震性能。根据受力特点和工作性能的不同,装配式叠合板可分为单向叠合板和双向叠合板。单向叠合板主要沿一个方向传递荷载,双向叠合板则可沿两个方向传递荷载,在实际工程中,需根据建筑的使用功能和结构受力要求

合理选择叠合板类型^[1]。

2 装配式叠合板的结构设计要点

2.1 尺寸设计

2.1.1 预制板厚度

依据《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2021,叠合板预制板厚度不宜小于60mm。若采用空心板,板端空腔需封堵。从结构性能看,60mm厚度能保证预制板在运输、吊装及施工阶段承受自重与施工荷载,避免开裂破坏。如跨度大于3m的叠合板,采用桁架钢筋混凝土叠合板时,60mm预制板与桁架钢筋协同工作,可有效抵抗弯矩和剪力。同时,该厚度便于工厂标准化生产,提高生产效率,保证预制板质量稳定。

2.1.2 后浇混凝土叠合层厚度

后浇混凝土叠合层厚度不应小于60mm。这一厚度能保证叠合层与预制板良好结合,形成整体受力结构。叠合层需布置上部钢筋和预埋管线,60mm厚度可满足钢筋保护层要求和管线铺设空间。例如,考虑管线交叉时,叠合层预埋管线层需20-40mm,加上顶部钢筋层和保护层,60mm厚度能保证各部分尺寸合理,使叠合层充分发挥传递荷载、增强结构整体性的作用,满足结构安全和使用功能要求。

2.1.3 跨度与板型选择

跨度是选择叠合板型的关键因素。跨度大于3m宜采用桁架钢筋混凝土叠合板,桁架钢筋可提高预制板刚度和抗裂能力,增强与叠合层界面抗剪性能,适应较大跨度受力需求。跨度大于6m时,宜采用预应力混凝土预制板,预应力可有效控制挠度,满足大跨度结构变形要求。板厚大于180mm时,宜采用混凝土空心板,减轻楼板自重,节约材料,且空心结构刚度大、抗裂性好、保温隔音性能优,适用于对结构性能和经济性要求较高的

建筑。

2.2 接缝构造设计

2.2.1 单向板接缝构造

单向板接缝构造设计需充分考虑其受力特点,即荷载主要沿一个方向传递。常见的接缝形式有密拼式和整体式。密拼式接缝是将相邻预制板边缘紧密拼接,在接缝处设置附加钢筋,增强接缝抗剪能力,适用于对防水要求不高、荷载较小的工程。整体式接缝则是在接缝处浇筑混凝土,使相邻预制板形成整体,通过设置连接钢筋保证传力可靠,能更好地适应较大荷载和变形要求。设计时,要精确计算接缝处钢筋的配置,确保其能承受单向板传递的剪力和弯矩,同时保证接缝的密封性,防止渗漏,满足建筑使用功能。

2.2.2 双向板接缝构造

双向板接缝构造相对复杂,因其荷载沿两个方向传递。通常采用整体式接缝,在接缝处设置后浇带,将相邻预制板连接成整体。后浇带宽度需根据板的尺寸、荷载大小等因素确定,一般不小于200mm。接缝内要合理布置双向钢筋,钢筋的规格、间距和锚固长度需经严格计算,保证双向板在两个方向上都能有效传递荷载。此外,为提高接缝的抗裂性能,可在接缝处设置抗裂钢筋网。设计时还要考虑施工的便利性,确保接缝施工质量和结构整体性,使双向板能安全可靠地承受各种荷载作用。

2.3 钢筋布置设计

2.3.1 桁架钢筋布置

桁架钢筋在装配式叠合板中起着关键作用,它不仅能增强预制板的刚度,减少预制板在施工阶段的变形,还能提高叠合板整体受力性能。布置时,桁架钢筋应沿预制板的主要受力方向均匀分布,其间距需根据板的跨度、荷载大小等因素确定,一般不宜大于600mm。桁架钢筋的上弦钢筋应位于预制板顶部,下弦钢筋位于底部,通过腹杆钢筋连接形成稳定的三角形桁架结构。在预制板与后浇混凝土叠合层界面处,桁架钢筋的腹杆钢筋能有效增强两者的粘结力,使叠合板在受力时能更好地协同工作,共同抵抗弯矩和剪力。

2.3.2 纵向受力钢筋布置

纵向受力钢筋是叠合板承受弯矩的主要构件,其布置直接影响叠合板的承载能力。对于单向叠合板,纵向受力钢筋沿板的短跨方向布置,根据计算确定钢筋的直径、间距和数量,以满足板的抗弯承载力要求。在支座处,纵向受力钢筋应伸入支座一定长度,保证锚固可靠。对于双向叠合板,两个方向均需布置纵向受力钢筋,且两个方向的钢筋应相互垂直。在板的角部,两个

方向的钢筋应重叠布置,以提高角部的抗裂性能。同时,纵向受力钢筋的保护层厚度应符合设计要求,保证钢筋不被锈蚀,确保叠合板的结构耐久性。

2.4 材料选择

2.4.1 混凝土材料

装配式叠合板中,混凝土材料的选择至关重要。预制板混凝土需具备较高的早期强度,以便能尽快承受施工阶段的荷载,减少临时支撑的使用数量和周期,加快施工进度。一般选用强度等级不低于C30的混凝土,其收缩和徐变较小,可降低因混凝土变形对叠合板产生的不利影响。后浇混凝土叠合层混凝土要与预制板良好粘结,形成整体受力,宜采用与预制板相同或相近强度等级的混凝土,且应具有较好的流动性与和易性,便于浇筑施工,保证叠合层密实,无蜂窝麻面等缺陷,从而提高叠合板的结构性能和耐久性。

2.4.2 钢筋材料

钢筋是叠合板承受荷载、保证结构安全的关键材料。纵向受力钢筋和桁架钢筋通常选用热轧带肋钢筋,其与混凝土之间的粘结性能良好,能有效传递应力。根据叠合板的受力情况和设计要求,合理选择钢筋的强度等级,一般采用HRB400级钢筋,其强度高、延性好,能满足叠合板在不同阶段的受力需求。对于有特殊要求的工程,如处于腐蚀环境中的叠合板,可选用不锈钢钢筋或进行防腐处理的钢筋,以增强钢筋的耐腐蚀性能,延长叠合板的使用寿命,确保结构长期安全可靠^[2]。

3 装配式叠合板的受力分析

3.1 施工阶段受力分析

3.1.1 临时支撑设置与受力

在装配式叠合板施工阶段,临时支撑的设置至关重要,它直接关系到施工安全和结构质量。临时支撑需根据叠合板的跨度、自重以及施工荷载等因素进行合理布置。通常,对于跨度较小的叠合板,可设置单排临时支撑;跨度较大时,则需设置双排或多排支撑,以确保支撑体系的稳定性。临时支撑主要承受叠合板在施工过程中的自重以及施工人员、施工设备等产生的荷载。在受力分析时,需考虑支撑的反力分布情况。一般来说,支撑反力在叠合板跨中较小,靠近支座处较大。同时,要确保临时支撑具有足够的承载能力和刚度,避免在受力过程中发生过大的变形或破坏。此外,还需考虑支撑的拆除时间和顺序,拆除过早可能导致叠合板变形过大甚至开裂,拆除过晚则会影响施工进度。因此,精确计算临时支撑的受力,合理设置和拆除支撑,是保证装配式叠合板施工阶段安全的关键。

3.1.2 预制板受力

施工阶段, 预制板作为叠合板的重要组成部分, 承受着多种荷载作用。预制板不仅要承受自身的重力, 还要承受施工过程中人员、材料和设备等产生的施工荷载。在这些荷载作用下, 预制板会产生弯矩和剪力。对于单向板预制板, 其受力特点类似于简支梁, 弯矩和剪力主要沿板的短跨方向分布。在跨中区域, 弯矩达到最大值, 而剪力在支座处最大。对于双向板预制板, 其受力更为复杂, 弯矩和剪力在两个方向上均有分布。在受力分析时, 需考虑预制板的弹性变形和塑性变形, 以及可能出现的裂缝开展情况。同时, 要确保预制板的配筋能够满足施工阶段的受力要求, 防止因配筋不足导致预制板破坏。

3.2 使用阶段受力分析

3.2.1 抗弯性能分析

使用阶段, 装配式叠合板的抗弯性能是保障结构安全的关键。叠合板由预制板和后浇混凝土叠合层组成, 二者协同工作共同抗弯。在弯矩作用下, 叠合板受拉区混凝土先开裂, 随后拉力主要由钢筋承担。预制板中的钢筋和叠合层新增钢筋通过可靠连接形成整体受力体系。计算抗弯承载力时, 需考虑预制板和叠合层混凝土的强度、钢筋的配筋率等因素。依据相关规范, 采用平截面假定进行内力分析, 确定受压区高度, 进而计算极限弯矩。通过合理设计预制板厚度、叠合层厚度以及钢筋布置, 可提高叠合板的抗弯能力。

叠合板能协同抗弯的核心前提是预制层与后浇层界面不发生相对滑移或剥离。规范要求: 预制底板表面需做“粗糙处理”(如拉毛、压痕、预留键槽), 界面粘结强度 $\geq 1.5\text{MPa}$ (C30混凝土); 当叠合层厚度较薄 ($< 100\text{mm}$) 或承受较大集中荷载时, 需增设“界面抗剪钢筋”(如预制底板预留胡子筋、叠合层内设置抗剪栓钉), 避免界面剪切破坏先于截面抗弯破坏。

3.2.2 抗裂性能分析

叠合板在使用阶段的抗裂性能直接影响其耐久性和正常使用功能。裂缝的产生主要与混凝土收缩、温度变化以及荷载作用等因素有关。混凝土收缩会在板内产生拉应力, 当拉应力超过混凝土抗拉强度时, 就会产生裂缝。为提高抗裂性能, 可从材料和构造两方面采取措施。材料上, 选用低收缩、低水化热的水泥, 控制混凝土的水灰比和骨料级配, 减少混凝土收缩。构造上, 合理布置钢筋, 如在板面配置温度钢筋, 增强板面抗裂能

力; 设置合理的伸缩缝和后浇带, 释放混凝土收缩应力。同时, 通过有限元分析等方法, 预测叠合板在不同工况下的裂缝分布和开展情况, 为优化设计和施工提供依据, 确保叠合板在使用阶段裂缝控制在允许范围内。

3.2.3 抗剪性能分析

叠合板在使用阶段需具备良好的抗剪性能, 以抵抗剪力作用, 防止发生剪切破坏。叠合板的剪力主要由预制板和叠合层之间的界面粘结力以及钢筋的销栓作用来承担。界面粘结力是保证叠合板整体性的关键, 其大小与混凝土强度、界面粗糙度等因素有关。在设计中, 需确保界面具有足够的粘结强度, 可通过设置抗剪钢筋或键槽等方式增强界面抗剪能力。钢筋的销栓作用也能有效抵抗剪力, 桁架钢筋和纵向受力钢筋在剪力作用下会产生销栓力, 阻止叠合板发生相对滑动。通过理论计算和试验研究, 确定叠合板的抗剪承载力计算公式, 合理设计钢筋布置和界面构造, 可提高叠合板的抗剪性能, 确保叠合板在使用过程中不发生剪切破坏, 保证结构的安全可靠。

3.3 有限元模拟分析

对于预制板与后浇混凝土叠合层之间的界面, 采用合适的接触模型来模拟其粘结滑移行为。借助有限元软件, 可模拟叠合板在不同荷载工况下的应力、应变分布, 直观呈现裂缝的开展过程和破坏形态。通过与理论计算和试验结果对比验证, 能修正模型参数, 提高模拟的准确性^[1]。

结束语

装配式叠合板作为现代建筑工业化发展的重要成果, 其结构设计与受力分析至关重要。通过科学合理的尺寸、接缝、钢筋布置及材料选择等结构设计要点, 可确保叠合板在施工和使用阶段的稳定性与可靠性。而深入的受力分析, 涵盖施工与使用阶段的抗弯、抗裂、抗剪性能以及有限元模拟分析, 能精准把握叠合板的力学特性, 为设计优化提供有力支撑。

参考文献

- [1] 郑佚隽. 基于BIM技术的装配式建筑叠合板施工技术研究[J]. 居业, 2021(3): 59-60.
- [2] 陈晓林. 浅谈装配式建筑叠合板施工技术及管理控制要点[J]. 建设监理, 2021(3): 73-76.
- [3] 黄欢, 吴亚丽. 装配式建筑叠合板施工技术及管理控制要点[J]. 住宅与房地产, 2021(7): 144-145.