

预制装配式混凝土叠合楼板的受弯性能与施工阶段应力控制

叶胜禧

江西正恒建筑工程有限公司 江西赣州 341400

摘要：预制装配式混凝土叠合楼板凭借施工高效、质量可靠、绿色环保等优势，成为装配式建筑的核心构件之一。本文围绕预制装配式混凝土叠合楼板的受弯性能与施工阶段应力控制展开研究，首先阐述叠合楼板的受弯性能，包括叠合面抗剪性能与整体工作机理、两阶段受力特征与破坏模式及关键影响因素；进而分析施工阶段叠合楼板的应力状态，重点探讨预制底板受力状态、施工荷载影响及叠合层混凝土硬化前的应力控制需求；最后提出施工阶段应力控制技术措施，涵盖临时支撑体系设置、施工荷载优化限制及混凝土浇筑时序与养护要求。研究旨在为预制装配式混凝土叠合楼板的设计与施工提供理论支撑，保障工程结构安全与质量，推动装配式建筑技术的持续发展。

关键词：预制装配式；叠合楼板；受弯性能；施工阶段

引言

装配式建筑作为建筑工业化的重要载体，在提高施工效率、减少资源消耗、降低环境污染等方面具有显著优势，已成为建筑业转型升级的重要方向。预制装配式混凝土叠合楼板由预制底板和后浇混凝土叠合层组成，结合了预制构件的工业化生产优势与现浇混凝土的整体受力特点，在住宅、公共建筑等领域得到广泛应用。受弯性能是叠合楼板的核心力学性能，直接决定其承载能力和使用安全性。叠合楼板的受力过程具有明显的两阶段特征，预制底板在施工阶段单独承受荷载，后浇叠合层硬化后与预制底板形成整体共同工作，这种特殊的受力模式使其受弯性能更为复杂。同时，施工阶段是叠合楼板应力产生的关键时期，预制底板在临时支撑、施工荷载、混凝土浇筑等作用下易产生应力集中，若控制不当可能导致裂缝产生，影响结构安全和使用功能。当前，关于叠合楼板受弯性能的研究已取得一定成果，但在施工阶段应力控制的针对性和系统性方面仍需完善。部分工程因施工阶段应力控制不到位，出现预制底板开裂、叠合面剥离等质量问题，制约了叠合楼板的推广应用。

一、预制装配式混凝土叠合楼板的受弯性能

（一）叠合面的抗剪性能与整体工作机理

叠合面的抗剪性能是保障叠合楼板整体工作的关键，直接影响其受弯承载力和变形性能。叠合楼板通过叠合面的剪力传递，使预制底板与后浇叠合层形成协同工作的整体，共同承受外部荷载。叠合面的抗剪能力主要取决于界面的物理粘结和机械咬合作用，物理粘结源于混

凝土之间的粘结力和摩擦力，机械咬合则通过在预制底板表面设置粗糙面、键槽、抗剪钢筋等构造措施实现。

粗糙面处理是提升叠合面抗剪性能的基础措施，通过对预制底板顶面进行拉毛、凿毛等处理，增加界面接触面积和摩擦力，增强粘结效果。键槽构造则通过在预制底板顶面设置梯形、矩形等形状的键槽，后浇混凝土填充后形成机械咬合，显著提高叠合面的抗剪承载力。抗剪钢筋的设置进一步强化了叠合面的剪力传递，当叠合面产生相对滑移趋势时，抗剪钢筋能够承受横向剪力，阻止滑移发生，确保整体工作性能。叠合面的抗剪性能需满足设计要求，若抗剪能力不足，易导致叠合面剥离或滑移，使叠合楼板无法充分发挥整体受力优势，降低受弯承载力。

（二）两阶段受力特征与破坏模式

预制装配式混凝土叠合楼板的受力过程分为两个阶段，施工阶段和使用阶段，不同阶段的受力特征和破坏模式存在显著差异。施工阶段，后浇叠合层混凝土尚未硬化，预制底板单独承受自身重量、施工人员、施工机械等荷载，此时预制底板的受力状态与单向板相似，主要承受弯矩和剪力作用，可能出现跨中弯曲裂缝。这一阶段的受力对预制底板的强度和刚度提出了较高要求，需通过合理设置临时支撑等措施控制变形和裂缝发展。

使用阶段，后浇叠合层混凝土硬化后，与预制底板形成整体，共同承受使用荷载。此时叠合楼板的受力呈现整体协同工作特征，受弯承载力显著提高。在荷载作用下，裂缝首先在预制底板的受拉区出现，随着荷载增加，裂缝逐渐向上延伸至后浇叠合层，最终因受拉钢筋

屈服或受压区混凝土被压碎而破坏。常见的破坏模式包括适筋破坏、超筋破坏和少筋破坏，适筋破坏是设计追求的理想破坏模式，表现为受拉钢筋屈服后，受压区混凝土逐渐压碎，破坏前有明显预兆，延性较好；超筋破坏则因受拉钢筋配置过多，受压区混凝土先被压碎，破坏突然发生，延性较差；少筋破坏因受拉钢筋配置不足，裂缝出现后迅速开展，构件瞬间破坏，安全性极差^[1]。

（三）影响受弯性能的关键因素

预制装配式混凝土叠合楼板的受弯性能受多种因素影响，主要包括预制底板性能、后浇叠合层强度、叠合面构造、配筋率等。预制底板的强度和刚度是基础，高强度的预制底板能够在施工阶段承受更大荷载，减少裂缝产生，为后续整体工作提供保障。预制底板的厚度也影响受弯性能，厚度越大，刚度越大，变形越小，受弯承载力越高。

后浇叠合层的强度等级对受弯性能有重要影响，较高强度的后浇混凝土能够提高叠合楼板的整体抗压能力和粘结性能，增强受弯承载力。叠合层的厚度需合理设计，过薄会导致整体受力性能不足，过厚则增加结构自重，影响经济性。叠合面构造措施直接影响整体协同工作效果，如前所述，粗糙面、键槽、抗剪钢筋等构造的合理设置能够显著提升受弯性能，反之则可能导致整体工作失效。

配筋率是影响受弯承载力和破坏模式的关键因素，受拉钢筋配筋率过低，易发生少筋破坏；配筋率过高，可能导致超筋破坏；只有配筋率在合理范围内，才能实现适筋破坏，充分发挥材料性能。此外，钢筋的布置方式、间距等也会影响受弯性能，合理的配筋布置能够使内力分布更加均匀，提高承载能力和延性^[2]。

二、施工阶段叠合楼板的应力状态分析

（一）预制底板在施工阶段的受力状态

施工阶段是叠合楼板应力产生的主要时期，预制底板作为此阶段的主要受力构件，其应力状态直接关系到结构安全。预制底板在施工阶段承受的荷载包括自身重力、后浇叠合层混凝土的重量、施工人员及设备重量、施工振动等。这些荷载使预制底板产生弯曲变形，跨中区域受拉，支座区域受压，相应产生弯曲应力和剪应力。

预制底板的跨中受拉区是应力集中区域，易出现弯曲裂缝，裂缝宽度若超过限值，会影响结构的防水性能和耐久性。支座区域的受压应力若过大，可能导致混凝土局部压碎。此外，预制底板的边角部位因应力集中，也可能出现剪切裂缝或边角破损。预制底板的应力分布

与支撑条件密切相关，临时支撑的数量、位置和刚度会改变应力分布状态，合理的支撑设置能够有效分散应力，降低局部应力集中，控制裂缝产生和发展。

（二）施工荷载对预制底板应力的影响

施工荷载是导致预制底板产生附加应力的重要因素，其大小、分布和作用时间均会影响应力状态。施工人员、施工机械等活荷载具有不确定性，荷载值可能超出设计预期，导致预制底板应力骤增。若施工过程中存在超载现象，如集中堆放建筑材料、大型施工机械长时间停留等，会使预制底板跨中受拉应力显著增大，极易引发裂缝。

施工荷载的分布不均匀也会加剧应力集中，例如荷载集中作用于预制底板的跨中或边角部位，会使局部应力远超平均应力，增加裂缝产生的风险。施工振动荷载同样不可忽视，混凝土振捣、施工机械运行等产生的振动会对预制底板产生反复冲击，导致应力交替变化，加速裂缝扩展。因此，施工过程中需对荷载进行严格控制，避免超载和集中荷载作用，减少振动影响，确保预制底板应力在允许范围内。

（三）叠合层混凝土硬化前的应力控制需求

叠合层混凝土硬化前，预制底板处于单独受力状态，此时的应力控制尤为关键，直接影响叠合楼板的后续使用性能。若此阶段预制底板产生过大变形或裂缝，即使后续叠合层混凝土硬化，也难以完全恢复，会影响整体结构的刚度和承载力。应力控制的核心是将预制底板的应力和变形限制在设计允许范围内，防止裂缝产生和发展。

应力控制需满足强度和耐久性要求，强度方面，预制底板的应力需小于其抗拉强度设计值，避免出现结构性裂缝；耐久性方面，需控制裂缝宽度，防止水分、有害物质等侵入，腐蚀钢筋，影响结构使用寿命。此外，应力控制还需考虑施工工艺的可行性，通过合理安排施工流程、优化支撑设置、控制荷载等措施，实现应力的有效控制，为叠合层混凝土硬化后形成整体受力结构奠定良好基础^[3]。

三、施工阶段的应力控制技术措施

（一）临时支撑体系的合理设置

临时支撑体系是施工阶段控制预制底板应力和变形的核心措施，其设置的合理性直接影响应力控制效果。临时支撑的数量和位置需根据预制底板的跨度、厚度、荷载情况等综合确定，确保支撑能够有效分散荷载，均匀传递应力。对于大跨度叠合楼板，应适当增加支撑数量，缩小支撑间距，降低跨中弯矩和应力，例如某跨度6米的叠合楼板项目，通过在跨中及两侧设置三道临时支

撑,使预制底板跨中应力降低了35%,有效控制了裂缝产生。

临时支撑的刚度需满足要求,采用刚度足够的支撑材料和构件,避免支撑变形过大导致预制底板应力重新分布。支撑材料可选用钢管支撑、木支撑等,钢管支撑具有刚度大、稳定性好等优势,应用较为广泛。支撑的安装精度也至关重要,支撑顶面需保持水平,确保与预制底板紧密接触,避免局部受力不均。临时支撑的拆除时间需严格控制,需待后浇叠合层混凝土强度达到设计强度的75%以上,且满足受力要求后,方可分层、对称拆除,防止过早拆除导致预制底板应力骤增。

(二) 施工荷载的优化与限制

施工荷载的优化与限制是控制预制底板应力的关键手段,需从荷载管理、施工流程等方面采取措施。首先,制定严格的荷载控制标准,明确施工过程中各类荷载的限值,禁止超载作业。建筑材料应分散堆放,避免集中堆放在预制底板的跨中区域,可采用分区堆放、随用随运的方式,减少集中荷载影响。例如某住宅项目在叠合楼板施工中,将钢筋、模板等材料分散堆放在支座附近区域,且堆放高度不超过0.5米,有效降低了跨中应力。

施工机械的使用需进行严格管控,选择轻型施工机械,避免大型重型机械直接在预制底板上行驶或停留。若必须使用大型机械,需铺设钢板、方木等扩散荷载,增大受力面积,降低局部应力。施工人员的数量也应合理控制,避免过多人员集中在同一区域作业。此外,优化施工流程,合理安排各工序的施工顺序和时间,减少不同工序荷载的叠加作用,降低瞬时应力峰值,确保预制底板应力始终在允许范围内^[4]。

(三) 混凝土浇筑时序与养护要求

混凝土浇筑时序与养护质量对施工阶段应力控制具有重要影响,合理的浇筑时序能够减少温度应力和收缩应力,良好的养护则能提高混凝土强度,增强结构抗裂能力。浇筑顺序应遵循分层、对称、均匀的原则,避免从一端向另一端连续浇筑,导致预制底板承受过大的不均匀荷载和温度应力。可采用分段浇筑、从中间向两侧扩展的方式,使荷载和温度变化均匀分布,减少应力集中。

浇筑速度需严格控制,避免过快浇筑导致后浇叠合层混凝土对预制底板产生过大的冲击荷载和侧压力,增加预制底板的应力。在浇筑过程中,应加强对预制底板的变形监测,若发现变形超过限值,及时调整浇筑速度

或暂停浇筑,采取加固措施。混凝土浇筑完成后,需及时进行养护,养护时间不少于14天,确保混凝土强度稳步增长。养护过程中,保持混凝土表面湿润,避免温度骤升骤降,减少收缩裂缝产生。通过合理的浇筑时序和养护措施,能够有效控制温度应力和收缩应力,保障叠合楼板的施工质量和结构安全^[5]。

结语

预制装配式混凝土叠合楼板作为装配式建筑的核心构件,其受弯性能和施工阶段应力控制直接关系到工程结构的安全与质量。通过对叠合楼板受弯性能、施工阶段应力状态及控制技术的系统研究,明确了叠合面抗剪性能、两阶段受力特征是影响受弯性能的核心,施工荷载、支撑条件等是导致应力变化的关键因素。临时支撑体系的合理设置、施工荷载的优化限制、混凝土浇筑时序与养护要求等技术措施,能够有效控制施工阶段的应力和变形,避免裂缝产生,保障叠合楼板的整体工作性能。这些研究成果为预制装配式混凝土叠合楼板的设计与施工提供了科学依据,有助于提升工程质量和安全性。预制装配式混凝土叠合楼板的应用与发展符合绿色建筑和建筑工业化的趋势,通过不断优化设计方案、完善施工技术、加强质量管控,能够进一步发挥其优势,推动装配式建筑行业持续健康发展。在工程实践中,应结合项目具体情况,灵活运用相关技术措施,确保叠合楼板的受力性能和施工质量,为建筑业的转型升级贡献力量。

参考文献

- [1]殷海龙,王仕军,姜山,等.预制装配式混凝土叠合板施工技术[J].智能城市,2020,6(6):2.DOI:CNKI:SUN:ZNCS.0.2020-06-100.
- [2]沈志平.预制装配式叠合梁板施工技术分析[J].华东科技(综合),2020(12):76-76.
- [3]杨正俊.轻质装配式叠合楼板拼接处受力性能试验研究[J].混凝土与水泥制品,2020(2):6.DOI:10.19761/j.1000-4637.2020.02.065.06.
- [4]柏星宇.复材-钢筋混凝土叠合板力学性能研究[D].东南大学,2022.
- [5]刘学春,王玥,邓玉萍.高度可调节的装配式钢筋桁架叠合楼板受弯性能试验研究[J].工业建筑,2020,50(4):9.DOI:CNKI:SUN:GYJZ.0.2020-04-003.