

预制混凝土框架快装结构体系关键技术与应用研究

郭孝存 马良 刘天航 汪飞
安徽金鹏建设集团股份有限公司
DOI: 10.12238/jpm.v4i8.6157

[摘要] 《“十四五”建筑业发展规划》明确,要大力发展装配式建筑,完善适用不同建筑类型装配式混凝土建筑结构体系,加大高性能混凝土、高强钢筋和消能减震、预应力技术集成应用。研究针对框架结构体系的关键技术部分,并结合配件生产技术及安装施工工艺、技术经济政策来进行预制混凝土建筑的技术集成与示范应用。最终结果表明:同传统后张预应力现浇混凝土体系相比,预制混凝土框架结构快装体系不仅可以很好地适应物流建筑大跨度、重承载、平面结构单元尺寸大的特点,并且该体系施工过程中,施工安全风险低,施工成本低,施工速度快,可以有效减轻项目各参与方的压力。**[关键词]** 装配式建筑,框架结构体系,预制混凝土,快装体系

Research on the key technology and application of fast loading structure system of precast concrete frame

Guo Xiaocun, Ma Liang, Liu Tianhang, and Wang Fei
Anhui Jinpeng Construction Group Co., LTD., Chuzhou, 239000

[Abstract] "Fourteenth Five-year" construction industry development plan " is clear, to vigorously develop prefabricated buildings, improve the application of different building types of prefabricated concrete building structure system, and increase the integrated application of high performance concrete, high strength steel bar and energy dissipation and shock absorption, prestress technology. Study the technical integration and demonstration application of precast concrete building based on the accessory production technology, installation and construction technology, technology and economic policy. Final results show that: compared with the traditional after prestressed cast-in-place concrete system, precast concrete frame structure fast loading system can not only well adapt to the logistics building large span, heavy bearing, the characteristics of large unit size, and the system in the process of construction, construction safety risk is low, low construction cost, construction speed, can effectively reduce the pressure of the participants in the project.

[Key words] prefabricated building, frame structure system, precast concrete, fast loading system

1 引言

预制混凝土结构因其在建造品质、建造效率以及节省材料、减少能源消耗和人工、降低排放和污染等方面的优势,在全世界范围内得到越来越广泛的应用。预制混凝土框架结构和预制混凝土剪力墙结构是目前预制混凝土结构中最主要的结构体系。预制混凝土框架结构快装体系主要包括原位大钢模现浇柱+预制预应力主梁、次梁+PK3型板,该系统固定模台生产效率、施工现场无支撑、成本比现浇低、工期比现浇短、品质优。

2 工程概况

金鹏装配式三期厂房项目建筑占地面积 36607.7 m²,地上建筑面积 73388.26 m²,整体共两层,第一层层高 12m,第二层层高 7m。项目采用先张法预应力预制整浇建造方案,包含厂房

一层柱以及二层楼面,固定模台生产效率高,施工现场无支撑,成本比现浇低,工期比现浇短,且品质优。预制混凝土框架快装结构体系实现了施工技术的改进,运用该体系不仅减少了施工成本也缩短了工期,同时工程质量、安全上也全过程可控,相应节约了大量能源。

3 预制混凝土框架快装结构体系关键技术分析

3.1 新型钢筋砼预制整浇房屋结构体系

该体系包括楼板、叠合梁、以及柱,其中叠合梁分为主梁和次梁,柱包括柱体和通长钢管,在钢管与主梁的连接处的钢管侧壁上设置连接构件,叠合梁包括预应力预制梁和现浇部分,其中预应力预制梁包括梁体和预应力钢绞线,梁体的端部设置有型钢,型钢的部分埋置于梁体内,其余部分露置于梁体的端部,其中预制预应力主梁的型钢与柱上的连接构件固定在

一起，预制预应力次梁和平行次梁的预制预应力主梁的梁体上沿纵向设置有多个支模孔。

3.2 钢管桁架预应力混凝土叠合板

钢管桁架预应力混凝土叠合板简称 PK3 型叠合板，是指采用了“灌浆钢管桁架”为加肋的先张预应力混凝土预制底板，在工地现场拼装完成后，然后在预制底板上配筋，并现场后浇混凝土形成的叠合楼板。钢管桁架预应力混凝土叠合梁技术（简称 PKL 型叠合梁）是 PK3 型板的应用延伸，可与 PK3 型板等多种产品“共线生产”。由 PK3 型叠合板技术和 PKL 型叠合梁技术共同组成的“新型装配式整体式先张预应力楼盖体系”是装配式建筑领域极具性价比的水平结构技术体系。PK3 型板下部受拉区采用性价比最高的抗拉材料“高强预应力钢筋”、中部采用传力效率最高的机构“三角形空间桁架”、上部受压区采用性价比最高的抗压材料“灌浆钢管”，从而达到了完美的受力性能。同时，PK3 型板通过调整桁架高度、密度以及钢管的直径和壁厚，还能实现“刚度适中、无撑少撑、适用面广、灵活选用”（图 1，图 2）。

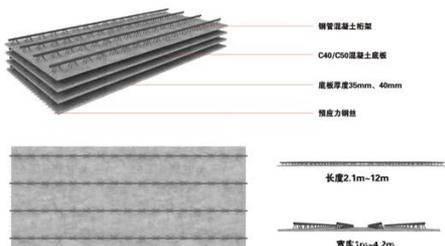


图 1 PK3 型板构造图

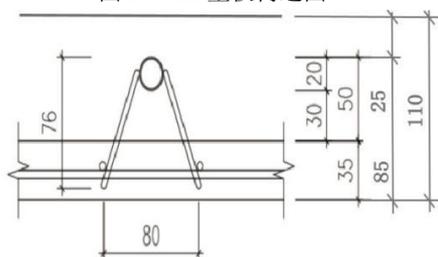


图 2 钢管桁架剖面图

在设计阶段，该技术遵循“等同现浇”的设计原则，真正实现了叠合类楼板与现浇楼板在性能与成本上的对接；由于 PK3 型板技术可实现“不出筋与并板缝”，从而实现了“设计标准化、模数化”，这是“降本增效”的关键。在生产阶段，该技术充分展现了“无预应力不经济”的实践共识，用钢量与混凝土用量均减少约 40%，全过程机械自动化操作、无模具摊销，实现了多种产品的“共线生产”，提升效率、减少用工。在施工阶段，该技术实现了“免模无撑或少撑”，显著提升质量、提高效率、降低措施费用。

3.3 体系优势

1) 降低造价 70~300 m²。省去高支模架，楼面施工取消了支模架和木模板，可大幅降低施工成本。层高超过 8m 的楼面，可节约支模成本 200 元/m² 以上；节约钢筋，采用先张法预应力技术，用强度是普通钢筋 4 倍（价格仅为 1.2 倍左右）的高强

钢绞线代替普通钢筋，充分发挥高强材料抗拉性能，大幅降低梁主筋用钢量；降低模具摊销成本，用组合式大钢模代替木模，重复使用利用率高，摊销成本低；大幅降低人工费，大量采用机械代替人工，专业分工流水作业，施工效率大大提高，有效降低人工成本。

2) 工期缩短 30% 以上。省去支模架搭设时间，预制梁搁置在柱帽或承重型钢模上，楼板直接搁置在次梁上，省去了搭设支模架的时间，从而缩短工期；柱梁同步施工立体交叉作业，预制梁、板加工制作的同时，框架柱可同步施工。柱子施工完成就可以开始进行吊装，吊装速度快；因无支模架，上下层可提前进入立体交叉作业；高效制造预制构件，构件供应是施工工期的主导，快速高效的构件制造工艺结合工地或就近工厂生产方式，能有效缩短工期。

3) 减小梁高。梁采用先张法预应力技术预制，可降低梁高 30% 以上，高跨比可达 1/15~1/20。如梁高不变的前提下，可减少柱子数量，从而增大跨度，使建筑使用功能更加灵活。

4) 搭配 PK3 型板成本更低，效率更高，品质更优且有保障。PK3 型板能减少约 40% 的钢筋和混凝土用量，其采用预应力技术有效地降低预制板的厚度，同时避免了开裂；构造形式更薄，减轻了主体结构自重，节能节材，减碳环保；PK3 的刚度大、免模少撑或无撑，可实现多层流水作业；PK3 型板是目前世界上最薄的混凝土叠合板，密拼后无需后浇带，全面提升生产、运输与安装效率。

4 预制混凝土框架快装结构体系应用实践

4.1 一层柱施工

在进行实际工程应用时，一层柱采用带柱帽整体式大钢模进行施工，一层柱与基础的连接采用规范允许的预留孔插筋法连接，基础施工时需根据一层柱配筋按规范锚固长度或搭接长度要求预埋镀锌波纹管。一层柱施工时，柱钢筋笼在柱边进行绑扎，柱主筋位置需按相应柱基础预埋波纹管定位图进行定位，柱帽钢筋同步绑扎。钢筋绑扎完成后，用汽车吊将柱钢筋笼吊装至一片钢模内，后将另一片钢模反扣在钢筋笼上并用螺栓连接固定。最后整体起吊并将下部预留柱主筋原位插入已经灌浆完成的波纹管内。吊装立好后，采用在大钢模四面拉结钢丝绳风绳的方法进行大钢模调直及加固，后浇筑柱混凝土。待混凝土达到一定强度后，用汽车吊配合分左右两片拆除大钢模。



图 3 带柱帽原位现浇柱

4.2 二层预制梁施工

二层预制梁均采用先张法预应力预制混凝土叠合梁，利用了项目拟建的堆场位置作为临时预制场地设置张拉台座。张拉台座施工时，张拉端采用可重复利用的钢结构进行组装，台座预制梁台面采用 C50 混凝土进行浇筑，到一定强度后再在台面上固定槽钢为宽预制梁底模，预制梁侧模则采用底部可开合的可移动箱型钢模以便进行流水施工。预制梁施工前，按照图纸对每一根预制梁进行深化编号，并根据台座张拉线长度和单体施工顺序将各根预制梁排入台座张拉线内，即绘制预制梁生产排版图。预制梁施工时，与常规现浇混凝土体系不同的是底筋采用了钢绞线进行替代进行张拉，并在混凝土达到一定强度后才能进行放张。预制梁放张后，将预制梁间钢绞线切断，并采用龙门吊吊离台面至场内运输车，后运输至库内合理堆放以便后期吊装就位，同时开始清理台座底模及进行后续的预制梁施工。一层柱及梁垫达到 75%强度 (7~10 天)采用 85t 履带吊吊装二层预制梁顺序按柱流水施工顺序，单跨退吊。



图4 预制预应力主梁吊装



图5 预制预应力次梁吊装

4.3 二层 PK 板施工

PK3 板及上部钢结构布置 2 台塔吊吊装，在梁吊装 1~2 跨(3~5 天)即可开始二层 PK 板施工，顺序随梁。采用 PK3 型板，其支撑少或免支撑的特点可以节约安装措施费，并能为后续工作提供作业面。Pk3 型板无板缝间后浇带，节约模板和措施费，可以有效提高安装效率。施工时单向出筋或不出筋，不影响梁钢筋排布，安装效率高管线穿行容易。且幅宽大、自重轻，安装效率高，塔吊起重吨位要求低，节省租赁费用。

5 结语

本文介绍了先张法预应力预制整浇混凝土体系在大型物流仓库框架结构的实际应用，开展预制混凝土框架快装结构体系关键技术与应用研究是建筑业生产方式的多样化之选，顺应绿色发展的理念。该体系适用于大开间、重荷载、使用性能要求高的装配式建筑，采用高强预应力筋技术，实现了装配式混凝土结构建造方式，达到了“四节一环保”和“两提两减”的施工目标，符合绿色环保的理念，在助推国家建筑业转型升级的战略发展和建筑工业化发展上起到了积极作用。应用实践表明该体系能较好地控制建设成本、施工工期、工程质量及降低施工过程的安全风险，达到国内领先、国际先进水平，是预制预应力结构领域发展的影响者、技术引领者，具有较强的竞争力和广泛的应用前景，具有很好的推广价值，并且可以不断更新积累关键技术，形成规范标准，为后续研发奠定技术基础。

[参考文献]

- [1]钟修华,杨基亮.先张法预应力预制整浇结构体系在多层物流仓库中的应用实践[J].安徽建筑,2020.
- [2]郭健,吉成,金如元,董嘉林.预应力混凝土钢管桁架叠合板的研究与应用[J].混凝土与水泥制品,2021.

作者简介：郭孝存（1982-），男，江苏徐州人，毕业于中国矿业大学，项目管理专业，硕士，副总工程师。专业方向：建筑工程技术。