

# 商业建筑预制装配式结构设计

刘浩

湖南恒创建筑设计有限责任公司

**摘要：**本文以商业广场建筑特性为研究切入点，选取典型的装配式建筑结构作为研究案例，按照受力特性，该建筑结构为框架形式，主要材料为钢筋混凝土，为了提高建筑结构跨度，首次尝试使用了预应力双T型板结构形式，经项目实践检验，其远期综合效益良好。本文依托项目PC设计，进行了装配式施工方案的比选，并就预应力双T型板的应用范围和构件连接设计进行深入分析，为后续的同类工程设计及施工提供了参考。

**关键词：**商业建筑；装配式结构；框架结构；双T板

## 一、项目概况

本文提及的商业建筑地产项目主体结构为错层形式，主体结构为4层建筑，局部为5层，属于典型的大型综合商业建筑。建筑主体外墙高度为21.9m，建面约65000m<sup>2</sup>，建筑结构分地上和地下两部分，地上结构建面占比约68%，地下结构建面占比约32%。主体结构为钢筋混凝土框架形式。其中预制构件包括：预应力双T型板、钢桁架、层合楼板、层合梁及预制楼梯等，构件分设于2-4层中，结构整体工厂化预制比重超过30%。

## 二、装配式结构技术方案

基于开发商提出的以建筑工程结构质量、安全及经济性为基本准则，项目承建人提出了几种可供选择的装配式设计及施工方案，包含：承重柱、主梁、楼板及楼梯等工厂化预制构件，建筑主材为钢及钢筋混凝土，通过设计及施工方案比选，最终选定了以现浇钢筋混凝土承重柱、预制钢筋混凝土梁、预应力双T型板、预制楼梯为主的结构方案。装配式建筑结构设计方案如图1所示。双T型板构件截面有效高度较大，截面抗弯刚度高。

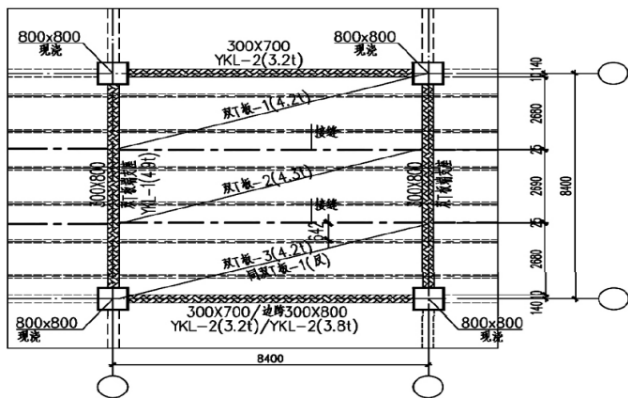


图1 装配式结构设计方案图

## 三、装配式结构设计概述

该项目使用装配式钢筋混凝土框架结构，抗震设防等级为二级，框架承重柱均为钢筋混凝土现浇结构，框架梁采用预制、层合现浇等形式，节点连接使用混凝土现浇方式。根据《装配式混凝土结构技术规程》（JGJ 1—2014），为了保证构件之间的连接质量，预制构件之间及预制构件和混凝土结构接缝位置，均选用连接筋刚性连接，接缝位置的构件混凝土应凿毛处理，保证接缝现浇混凝土与原混凝土之间的良好连接性能。该结构分析方法与混凝土现浇结构相同。

在该商业建筑项目中，框架梁、预应力双T型板及楼梯结构为预制构件，部分异形区域构件选用层合板或预制次梁。在工程设计及施工过程中，由于预制构件均可实现工厂化生产，其质量总体可控，因此，结构连接位置的设计及施工则成为装配式建筑结构的关键。

### （一）双T板在装配式大型商业项目中的应用分析

#### 1. 商业业态调整的基本规律

在大型商业建筑结构中，商铺招商及销售工作一般在主体结构施工完毕后进行，开发商根据建筑结构的总体布局特点，对招商方式进行动态调整。通常情况下，一般先固定洗手间的位置，再固定非餐饮类商铺、精品店及步行街等，最后再确定餐饮类店铺的布局，餐饮商铺通常集中分布在商场地下一层或者顶层，其他层则有少量分布在商场侧面。

#### 2. 可布置双T板的平面区域

双T型板应避免开餐饮区、卫生间、楼梯井和管线竖井区域，剩余空间内应尽量使用预应力双T型板，尤其是需要大跨径通过的区域，双T型板的优势则更加显著。

#### 3. 双T板选用及布置示意

结合标准设计图纸《预应力混凝土双T板》（09SG432-2），基于标准图纸尺寸要求，再结合本建筑工程项目实际情况，微调设计尺寸，设计满足本建筑结构跨度的预应力双T型板。

#### 4. 双T板后期改造的具体处理

1) 后续商场经营业态的动态调整，第一，通过设计方荷载校核后，建议使用加劲肋或者底部粘贴钢板或者碳纤维的方式处治；第二，在主梁非肋板区域，开孔直径不大于800mm时，应根据《预应力混凝土双T板》（09SG432-2）做好开孔位置的结构增强。预应力双T型板表面应植入水平抗剪钢筋，并同层合板共同构成层合楼板构件，且T型梁表面应经凿毛处治，确保二者之间的良好贴合性；第三，切肋改造，与肋板正交方向将混凝土肋板、混凝土主体结构和双T型板整体浇筑，后浇筑梁充当双T肋板的支撑梁。

### （二）预制构件的连接设计

该项目涉及的主要连接节点如下：双T型板与层合梁连接、主梁和次梁之间的连接、层合板与层合梁之间的连接、楼梯连接。现详细做以下论述：

#### 1. 双T板与叠合梁的连接

预应力双T型板端部和支撑梁之间选用焊接方式可靠连接，预制双T型板支撑梁选用层合倒T框架结构形式，少部分选用现浇混凝土框架结构，详见下图2~3所示。

#### 2. 预制主次梁的连接

主梁和次梁连接可依靠后浇筑段实现，后浇筑段可布置在主梁或者次梁主体上，详见下图4所示。

（1）若在主梁主体上预留后浇筑段，主梁钢筋应保持连接状态，混凝土应断开，钢筋连接的目的是为了保证次梁钢筋能够顺利通过锚固区。若主梁和次梁的截面抗弯刚度差异较大时，混凝土材料可保持部分断开状态，并配合预留槽道的方式满足钢筋穿透。

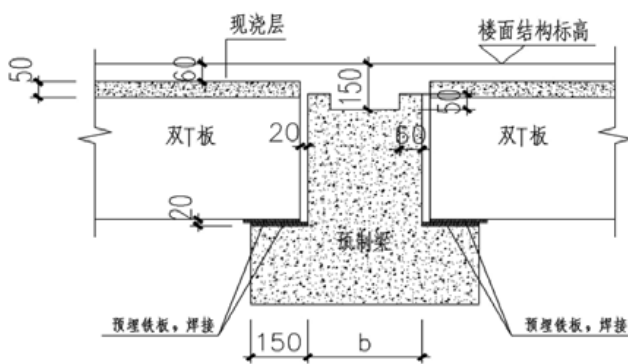


图2 双T板板端与叠合梁连接节点

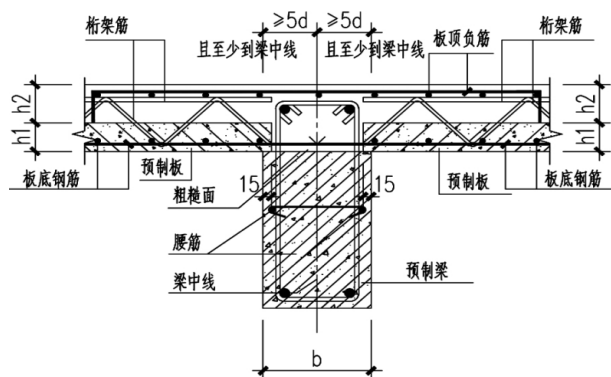


图5 叠合楼板与叠合梁的连接节点图

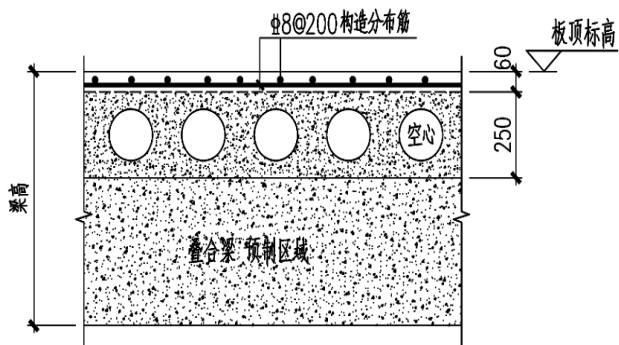


图3 双T板板侧与叠合梁连接节点

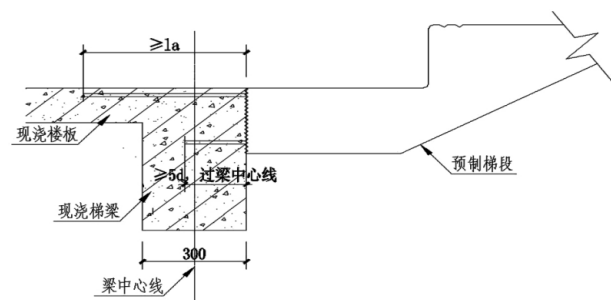


图6 端部链接节点图

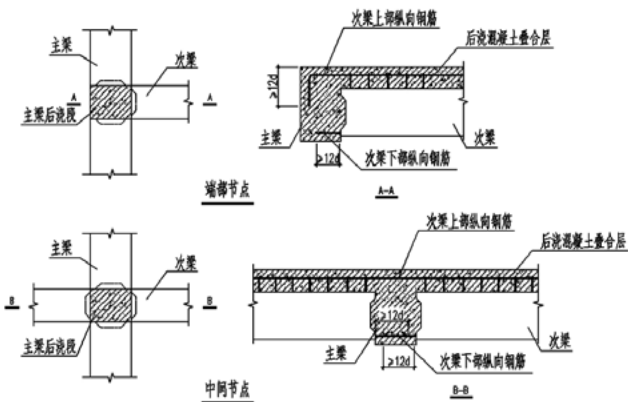


图4 主梁与次梁的连接

(2) 若在次梁主体上预留后浇筑段, 应在主梁上预置和次梁的连接钢筋, 预置钢筋和次梁内的钢筋在后浇筑段内依靠灌浆筒完成连接。预制梁端部应预留槽道, 以满足后浇筑混凝土段的连接要求。

(3) 层合板和层合梁的连接: 层合板厚度12cm, 为了保证预制板的截面刚度和抗剪承载性能满足拆模和承载要求, 应在预制板内增设钢筋桁架。施工过程中, 校核预制板的刚度及承载能力时, 可适当考虑钢筋桁架的分担效应, 从而降低预制板的临时

支撑数量。预制层合板钢筋应延伸到主梁中心线位置, 层合板钢筋骨架形式如下图5所示。

(4) 预制楼梯结构连接: 预制楼梯结构选用固定支座支撑, 详见下图6所示, 预制楼梯端部支设在梯梁上, 且端部钢筋应与支座锚接, 以保证连接位置的刚度满足设计要求。

#### 四、结论

(一) 双T型板构件目前已在装配式建筑中得到广泛推广, 本文所述的大型商业建筑结构案例首次使用了双T型板, 通过工程实践检验, 该设计方案完全可行;

(二) 使用双T型板代替原主梁和次梁及楼板结构, 其在激振荷载的传递方面优势突出, 能够快速传递和扩散主体结构的水水平荷载。

(三) 使用双T型板构件, 承载柱构件的内肋高度仅为450mm, 极大地节省了承载柱网格内部的空间;

(四) 本设计案例中全面分析了梁、板、楼梯等预制构件的参数化拆分问题, 提高了施工模板的周转利用率, 施工总成本得到有效控制。

#### 参考文献

[1] 装配式混凝土结构技术规程: JGJ 1—2014 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.  
 [2] 装配整体式混凝土公共建筑设计规程: DGJ-08-2154—2014 [S]. 上海: 同济大学出版社, 2014.  
 [3] 预应力混凝土双T板(平板, 宽2m、2.4m、3.0m): 09SG432—2 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2010.