

# 天河体育西路商业公寓结构设计

吴国翔 李英 陈谦 董斌 陈作勤

**【提要】**天河体育西路商业公寓是一座设备先进、管理现代化的高级公寓式写字楼，93年开始施工，96年5月封顶，97年建成使用。本文总结了此工程在结构设计及施工中采用的新技术、新材料和新方法，重点介绍了无粘结预应力宽扁梁、钢-砼组合结构以及新型无机铝盐防水剂等的的应用。

**关键词：**无粘结预应力 钢-砼组合结构 刚性防水剂 新型墙体 钢筋套管联接

## 一、工程简介

### 1、工程概况

该工程为广州市城市建筑开发总公司办公大楼，位于广州天河体育中心西侧，由广州市房地产开发设计院设计。该工程地下两层深9.0m，为战时人防地下室；地上二十八层，出屋顶四层，共计三十四层，其中裙楼四层，一至三层为商场，四层为写字楼使用的多功能大厅及其它房间，五层为设备层及屋顶平台花园，六至二十八层为标准写字楼。屋顶上四层分别为设备用房和高位水池。占地面积6343.75m<sup>2</sup>，总建筑面积72290m<sup>2</sup>，标准层面积为1559.5m<sup>2</sup>，大楼总高度122.1m。标准层平面及剖面简图见图1、2所示。

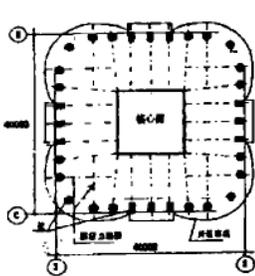


图1 标准层平面及  
预应力扁梁布置简图

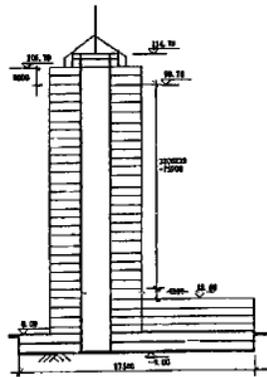


图2 剖面图

### 2、地基与基础

根据地质勘查报告，该工程地质自上而下分为两部分，上部为第四系的人工堆积、冲击、残积土层，下部为白垩系上统大朗山组黄花岗段的沉积基岩，其岩性可分为粉砂质泥岩（含砾）、泥质粉砂岩、砾岩等，基岩部分的一般规律是随

着深度增加而风化程度减弱，岩面强度增大。微风化带岩体较完整，整体稳定性可靠，一般埋深20.30~30.20m，桩端承载力标准值约5.0MPa。据此，结合本工程的荷载要求，采用人工挖孔桩基础，以微风化岩为持力层，周边采用一柱一桩，核心筒采用大底板加群桩，最大桩径为Φ3000。

### 3、结构及施工方法

结构按7°地震设防，筒体与框架的抗震等级为二级，地基类别II类，基本风荷0.45kN/m<sup>2</sup>。本工程主楼采用框架和筒体协同工作体系（框-筒结构），主楼中部（楼梯间和电梯间）纵横向剪力墙组成能抵抗纵横向剪力的核心筒。裙房采用框架结构，在主楼和裙房间加后浇带。地下室至五层为普通砼梁板结构，六至二十八层受层高限制，采用后张无粘结预应力宽扁梁结构，二、三、四层4100、5500悬臂梁采用后张无粘结预应力，预应力筋采用高强低松弛钢绞线，锚具采用OVM群锚锚固体体系，规格为OVM15.24-5，楼板为普通钢筋砼板。本工程结构计算程序采用TBSA4.2软件。

## 二、结构设计新技术

### 1、后张无粘结预应力宽扁梁结构

本工程结构设计的最大特点是在七至二十九层采用了后张无粘结预应力宽扁梁结构，其布置见标准层平面图1，设计思路如下：

#### (1) 设计原则

a、无粘结预应力筋主要用于平衡楼板和扁梁自重，并满足梁的抗裂度及变形要求。

b、为保证构件延性，按照《无粘结预应力

吴国翔 李英 陈谦 董斌 陈作勤  
广州市房地产开发设计院

砼结构技术规程》，梁内配置适当普通钢筋。

c、耐火极限为两小时，无粘结预应力筋的保护层厚度不小于40mm。

(2) 计算模型

楼板厚150mm，扁梁尺寸 $b \times h = 1000 \times 500$  (1500×500)，计算模型取柱与扁梁组成的刚架，并假定扁梁与内筒连接为固接，扁梁截面为T形，见图3。

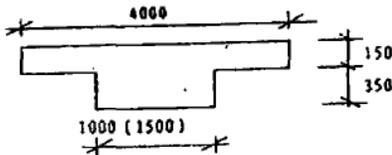


图3

(3) 预应力设计

楼板、扁梁的砼为C35，扁梁采用无粘结预应力砼结构体系，无粘结预应力筋为7Φ5钢丝束，抗拉强度标准值为1570MPa，普通钢筋采用II级螺纹钢，锚固体系采用中国建筑科学研究院的无粘结预应力锚固体系。张拉控制应力取 $\sigma_{con} = 0.7 \times 1570 = 1099\text{MPa}$ ，张拉时超张拉到 $1.03 \sigma_{con} = 1132\text{MPa}$ ，同时采用张拉力与伸长值双控制。

抗裂验算根据《无粘结预应力砼结构技术规程》要求，扁梁按二级抗裂等级设计，适当放松；强度验算中，外荷载在扁梁内产生的弯矩取TBSA程序内力组合结果并考虑预应力产生的次弯矩。

当对扁梁施加预应力时，柱中的轴向压力很小，因此对柱子要进行大偏压或纯弯强度验算，并在柱子强度设计的荷载组合中考虑次内力的影响。

扁梁采用单根无粘结预应力筋张锚体系QMU，张拉端为夹片式锚具，固定端为挤压锚具。任取一根典型扁梁，配筋如图4所示。

(4) 经济效益

取标准层一层作为计算单元，将无粘结预应力宽扁梁结构与普通钢筋砼梁结构相比较，前者砼用量(包括柱、梁和砼墙)及钢筋用量(不包括预应力筋)增加约20%左右，但从整体来看，由于采用无粘结预应力宽扁梁可以降低层高，虽

然建筑物高度受到限制不允许提高，却可以增加层数，也就是增加了建筑面积，有很现实的经济意义，本工程原设计标准层层高3.6m，因为规划高度限制100m，因此仅能建26层，现采用无粘结预应力宽扁梁结构后，标准层层高3.3m，则可以建28层。

2、型钢砼在普通钢筋砼中的应用

五层楼面即裙楼天面，其建筑使用功能较多，有层顶花园、光棚、游泳池及更衣室等，楼面标高变化多、荷载大。另外分别有两根16M跨和两根20M跨框架梁，由于承受荷载很大，经TBSA程序计算，梁端弯矩过大，按普通钢筋配已严重超筋。为解决这个难题，经研究决定将这四根梁改为型钢砼梁，由此梁两端的柱相应也改为型钢砼柱，以便于梁柱节点连接；普通砼中局部采用型钢砼组合结构，给设计和施工带来了一定的麻烦，但我们最终成功地解决了这再两者之间复杂的节点构造。下面列出典型的大样图。

图5、6为型钢砼梁与型钢砼框架梁的节点连接大样图，非常复杂，纵筋、箍筋和腰筋交错，而且框架梁1与型钢砼梁与型钢柱顶面标高不同，如果按原设计框架梁1的纵筋全部焊接在型钢柱的翼缘上，纵筋过于密集，将造成框架梁1的纵筋施工无法顺利进行，达不到设计强度要求，所以我们将框架梁1的截面由原来的300×800改为500×800，顶部的纵筋全部超过型钢柱焊接在型钢梁的翼缘上；对底部的纵筋，如果焊在型钢柱的翼缘上，为仰焊，且此节点钢筋密集，不方便焊接施工，质量很难保证，所以在底部纵筋与型钢柱连接处焊接一块钢托，纵筋直接平

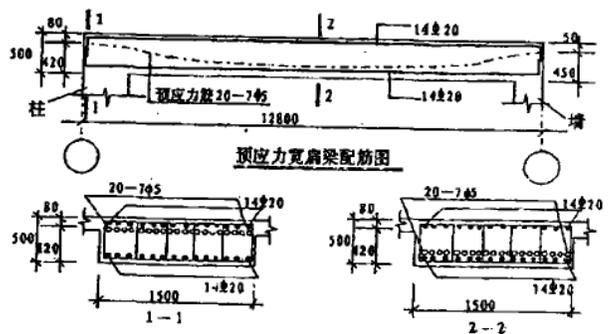
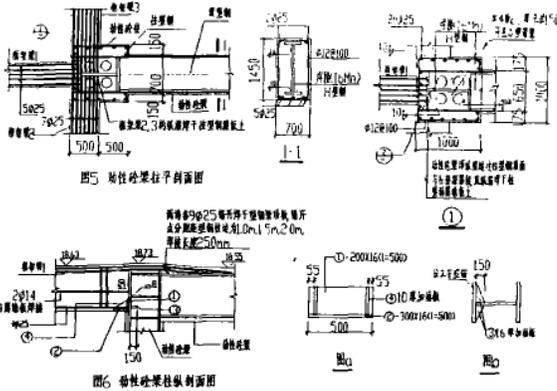


图4

焊在钢托上即可,如图6所示。为防止与钢托焊接处,型钢受削弱,在此处增设三角形加劲板,见图b,加劲板与框架梁1的底纵筋平齐。



### 三、新材料

#### 1、新型防水材料

地下室防水工程中,改变了传统的柔性防水做法,采用了建设部、国家科委1993年、1995年国家级科技成果重点推广的新型刚性防水材料:无机铝盐防水剂(广西产),达到了刚性防水的目的。该产品具有微膨胀、减水、缓凝、提高抗压强度,节约水泥用量,降低水化热等功能。本工程采用的无机铝盐防水剂BS II型,是一种砼结构自身防水材料,特点如下:

(1) 材料性能好,施工工艺简便。使用时,只需在砼中掺入水泥用量百分之三的无机铝盐防水剂BS II型,即可使普通砼坍落度由5~6提高到14~16左右,缓凝时间可延长4~6小时、微膨胀达到万分之三点八左右,抗压强度在同等水泥用量的情况下可提高20%以上;比按照普通砼施工可节约10~12%水泥用量,砼不透水性由S6可提高到S12,抗渗率提高了100~200%,使结构自身具有较好的防水性和防裂效果。

(2) 防水效果好。两层地下室底板,侧墙只有30cm厚,但从完工使用后的观察来看,内墙体和底板干燥无水迹,防水效果很好。

(3) 经济造价低。采用新型无机铝盐防水剂,按照水泥用量的百分之三加入,可节约10~12%水泥用量。经计算,采用这种防水剂比采用柔性材料每平方米可节约造价20元左右,这还不包括柔性材料施工费和结构砼其它外加剂费用。

#### 2、新型墙体材料

本工程标准层内隔墙采用预制件轻质嵌板,该墙板设计独特,质量和工艺技术指标均符合国际标准和要求且符合国家测试标准。其表层为高强度纤维水泥板,内含高强度水泥及聚苯乙烯发泡珠作蕊材,蕊实而质轻,特有企口及凹凸槽位,易于安装接合。它可作固定或活动的功能间隔,具有防火、防水、耐冲击、隔声、隔热等特点。在安全轴心上,每米可承受52kN荷载,而重量比一般同等厚度的砖墙轻一半以上,可替代传统的砖、轻质砌块墙、石膏板及其它轻质材料中空间墙。

#### 四、新型施工工艺

六层楼面(转换层)周围转换大梁底面受力钢筋由通长密集 $\Phi 40$ 钢筋组成,闪光对焊连接直径40mm的钢筋,目前几乎办不到,对大截面钢筋只有机构连接才可靠;再由于为加强建筑物刚性,所有钢筋拉通于梁内(包括弯钢筋),接头处连接困难。基于以上原因,最后采用香港的“BAR-TEC”钢筋套筒联接方案来解决难题。

钢筋套筒联接技术是近几年研制和发展起来的一种新型钢筋对接工艺,其特点是将钢筋端部加工成螺纹,然后旋于带有螺纹的套筒中,从而将两根钢筋连接起来。“BAR-TEC”钢筋联接器强度及螺纹强度都有实验保证,试验下全部是钢筋破坏,钢筋绞螺纹采用先将钢筋冷加压加大钢筋头截面,再绞螺纹,故钢筋截面保持不变。此联接器价格相对于焊接较高,但使用中有很多优点:质量严格保证;施工简易,设备简单;联接器体积小,给砼浇捣提供更大的空间;因接头强度远高于钢筋强度,所以接头位置随意,可尽量避开节点不便处,同时最大效率使用钢筋。

#### 参考文献

- 1、多层及高层建筑结构空间分析程序,中国建研院高层技术开发部,1993年。
- 2、无粘结预应力混凝土结构技术规程, JGJ/T92-93, 1993年。
- 3、陶学康 无粘结预应力混凝土设计与施工,地震出版社,1995年5月。