

# 我国高层建筑中预应力 混凝土楼盖体系的应用

杨宗放

## 一、概述

在房屋建筑中,多少层和多么高的建筑算是高层建筑,在相当长的一段时间内,不同的国家和地区有不同的理解。而且从不同的角度,如结构、消防和运输来看待这个问题,也会得出不同的结论。直至1972年召开的国际高层建筑会议,才对这个问题有了统一的认识,即9层和9层以上者为高层建筑,高度在100m以上者为超高层建筑。

我国的近代高层建筑是在50年代后期起步的,直至80年代初期才开始蓬勃的发展。当时,在北京地区,为了解决开间较大、抗震要求较高的高层建筑楼盖形式问题,开始研制、推广预制预应力叠合板与无粘结预应力现浇板。1983年,北京西苑饭店(23层)首次采用预制预应力叠合板。1985年,北京饭店贵宾楼(10层)首次在高层建筑中采用无粘结预应力平板。由于无粘结预应力筋的商品化供应,且施工方便,该项新技术推广较快。1989年,广东国际大厦63层楼盖全部采用无粘结预应力扁梁平板体系,为全国之最。此外,1988年,北京市建筑设计院科研楼(12层)采用装配式整体预应力板柱结构体系;1989年,上海同济大学图书馆(12层)采用悬挑结构体系等。上述工程实例为我国高层建筑中采用预应力楼盖体系奠定基础。

90年代,随着我国高层建筑的迅猛发展,预应力混凝土在高层建筑结构中的应用有很大发展。尤其是无粘结预应力平板和扁梁用于高层建筑的楼盖,具有降低层高、节约钢材、简化模板、加快施工等明显效果,受到建筑、设计和施

工单位的普遍欢迎。截至1998年底止,根据初步统计,我国已建成的高层建筑中采用预应力楼盖体系的约200幢。本期《OVM通讯》‘资料窗’列出了我国已建成的100幢预应力高层建筑,其中超高层建筑为60幢,占超高层建筑混凝土结构总数约16%。从表中可以看出:预应力楼盖体系,除无粘结预应力平板与扁梁占多数外,还有变截面板、密肋板、密肋梁、预制梁叠合板、有粘结框架梁与悬挑梁,最近又出现有粘结扁梁与平板等。

在高层建筑中,预应力混凝土除用于楼盖外,还可用来解决大跨度、大空间部位柱网变换时的转换梁、转换桁架以及复杂柱网情况下的转换板等,这些预应力转换层结构留待专文阐述。

## 二、预应力混凝土楼盖体系

根据高层建筑结构体系、平面形状及尺寸等特点,可供选用的预应力楼盖结构体系有以下几种。无论采用那种预应力楼盖体系,都可不同程度地降低楼层高度。

### 1、无粘结预应力平板体系

预应力平板体系的主要优点是:楼板厚度最小,板底平整,支模简单,无粘结预应力施工方便,楼层施工速度快等。广泛应用于剪力墙、框剪、框筒、筒中筒等结构体系,可最大限度地降低层高。但平板的混凝土厚度比梁板体系的混凝土折算厚度大,增加了建筑物总重量,且跨度也受到限制。

无粘结预应力平板,按受力性能不同可分为单向板(如青岛中银大厦)与双向板(如南京金丝利大厦),其经济跨度与跨高比为:对预应力单向板分别为6.6~10m与35~45;对预应力双向板

分别为7~10m与40~50。对跨度大于10m的楼板,可采用变截面单向板(如武汉世贸大厦)或四周支承的双向板(如上海沪东金融大厦)。

## 2、无粘结预应力扁梁体系

扁梁是指梁宽较大、高度较小的宽梁。这种楼盖体系可减少结构高度,预应力筋用量比平板省,施工也较方便,在框筒及框剪结构体系中采用较多。当扁梁的间距较小时,楼板无须施加预应力,如新上海国际大厦。在工程实践中,常将扁锚体系与平板体系结合使用,以改善受力性能,如广东国际大厦、厦门海光大厦等。

无粘结预应力扁梁的经济跨度为8~15m,跨高比为22~28。扁梁凸出无粘结预应力平板下的高度一般不超过板厚,扁梁的宽度为梁高的3~6倍。

## 3、无粘结预应力密肋楼盖体系

密肋楼盖体系按受力性能不同,可分为单向密肋梁体系(如武汉国贸中心)和双向密肋板体系(如济南华联商厦,20层)。这种楼盖体系,尤其是密肋板,可减少结构高度,节省混凝土及钢筋用量,且不影响结构整体刚度;但支模复杂,可采用重复使用的模壳或一次使用的填芯块解决。

无粘结预应力密肋梁板的经济跨度为9~15m,跨高比:对密肋梁为22~30,对密肋板为25~35。

## 4、预制预应力叠合梁板楼盖体系

这种预应力楼盖体系根据其构造与施工方式不同,可分为预制预应力叠合板、预制预应力叠合肋梁、预制预应力叠合梁板等。

预制预应力叠合板是由预制预应力薄板与现浇叠合层组成,80年代在北京地区推广较多,工程实例主要有西苑饭店(单向叠合板)、昆仑饭店(双向叠合板)、中国金融大厦(跨度最大8m)等。

预制预应力叠合肋梁楼盖是在该肋梁安装后,其上浇筑混凝土板而成。工程实例主要有厦门国际金融大厦、厦门国贸中心等工程,其跨度为8~15m。

预制预应力叠合梁板体系与现浇预应力楼盖比较,可节省模板与支撑60%,减少现浇混凝土50%,也不用锚具,施工速度快,整体性好。但由于当前高层突击性多,构件非标准化,妨碍了这类预制楼盖体系的推广应用。

## 5、大跨度有粘结部分预应力框架结构体系

该体系是80年代在多层建筑中发展起来的,90年代运用到高层建筑中,工程实例如下:

上海广播电视国际新闻大厦主楼平面为正三角形,采用内框外筒结构,共17层,高100m。有粘结预应力框架梁的跨度为17m。截面尺寸500mm×1000~1500mm。

苏州八面风商厦平面为矩形,采用框剪结构,共21层,高83m。第1~10层采用24m预应力框架梁,截面尺寸500mm×1200mm,采用有粘结后张法施工。

中国银行新疆分行主楼平面为八边形,采用框剪结构,共38层。其平面中部采用2根21m有粘结预应力大梁,梁宽1200mm,梁高1300(营业厅)~900mm(写字楼)。

综合以往多层及高层建筑工程实践经验,部分预应力混凝土框架梁的经济跨度为15~24m,跨高比宜为14~20。

## 6、有粘结预应力悬挑结构体系

该体系是由一个中央芯筒与四面挑出的悬臂结构组成,工程实例如下:

上海同济大学图书馆的中央芯筒尺寸为8.3m×8.3m,采用预应力空腹悬挑桁架,四面挑出7.65m,共计12层。该悬挑结构有两座,在对角线处连接。

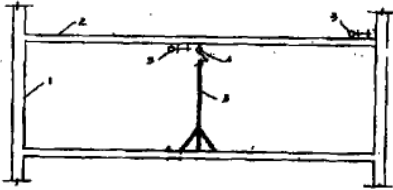
长沙中山商业大厦塔楼为单筒体悬挑结构,由14.5m方形筒及四面悬挑7.5m预应力大梁组成。该大梁每隔5层设置一道,分阶段施加预应力。

## 三、几点看法

1、在高层建筑中采用预应力混凝土楼盖体系,有以下优点:①大开间、大进深、灵活隔断

(下转第7页)

加载计算: 静载=(楼板自重 $3.5\text{kN/m}^2$ ) $\times 1.2=6.96\text{kN/m}^2$ ; 活载= $1.5\times 1.4=2.1\text{kN/m}^2$ , 总计为 $6.96+2.1=9.06\text{kN/m}^2$ 。扣除楼板自重 $3.5\text{kN/m}^2$ , 实际加载 $5.56\text{kN/m}^2$ 。



1-墙; 2-双向板; 3-千分表装置; 4-百分表; 5-支架  
图6 标准层荷载试验的仪表布置

卧室大开间面积 $46.2\text{m}^2$ , 总加载为 $256.9\text{kN}$ 。每块砖重为 $24\text{N}$ , 共需 $10700$ 块, 约为 $9$ 皮。客厅大开间加载算法相同。每加载二皮砖, 读一次量测挠度的百分表与量测混凝土应变的千分表。

测试数据: (1)卧室与客厅挠度分别为 $1.89\text{mm}$ 及 $2.18\text{mm}$ (注:张拉时测得的反拱值约 $1.0\text{mm}$ )。荷载卸除后弹性恢复良好, 残余应变仅 $0.6\text{mm}$ ;  
(2)实测混凝土拉应力, 卧室跨中底面与支座

顶面分别为 $3.58$ 与 $5.56\text{MPa}$ , 客厅均为 $4.6\text{MPa}$ , 不会出现裂缝; (3)实际观察平板顶面与底面均无裂缝。

### 七、无粘结筋端头防腐蚀措施

三海大厦塔楼濒临大海, 为了加强无粘结筋端头防腐蚀措施, 在钢绞线端头与夹片处涂油并套塑料帽, 以达到全密封要求。

### 八、结束语

(1)在三海大厦加层设计中, 采用无粘结预应力技术来减轻楼面自重是可行的。

(2)该工程 $140\text{mm}$ 厚的无粘结预应力双向板是国内最薄的。从荷载试验的数据分析得出: 挠度很小(仅 $2\text{mm}$ )、无裂缝, 说明该楼安全可靠。

(3)该工程双向板预应力筋采取多跨连续空间曲线布置方式是一种创新, 使标准层张拉阶段受力性能好, 施工方便, 具有国内领先水平。

(上接第4页)

②室内无梁, 视觉效果好; ③降低层高 $0.2\sim 0.4\text{m}$ , 可节约墙体及装饰费用; ④节约钢材。预应力施工费用为 $70\sim 90\text{元/m}^2$ 。如在总高度不变的情况下, 增加层数, 则可获得显著的综合经济效益。预计今后会有更广阔的发展前景。

2、当前, 在高层建筑设计中, 建筑师往往仍停留在传统手法, 有些平面布置对采用现代预应力楼盖体系不适应, 即使勉强采用, 经济效益也不明显。今后应加强对典型工程实例的

宣传, 对可能做预应力楼盖的工程, 应在建筑师作初步设计时就融入预应力概念。

3、在高层建筑预应力楼盖体系中, 采用无粘结预应力技术仍是主流。但考虑到市场的变化, 房屋的更新改造、开洞等, 有粘结预应力平板就有这方面优势, 值得探索与试点。

4、在高层建筑中, 各类预应力混凝土楼盖体系的技术经济指标, 目前仅是零星的, 有待于进一步系统分析与制定。