

# 珠海市三海大厦塔楼无粘结 预应力技术应用与增层设计

杨宗放 冯明源 文 术

## 一、工程概况

珠海市三海大厦位于情侣北路, 濒临大海, 环境优美。原设计地下两层、地上裙楼四层, 其上有三幢塔楼各28层, 共计32层, 总建筑面积为9.8万 $m^2$ 。1994年, 因资金问题在裙楼结构完成后停工。1997年, 金城公司准备复工, 为弥补因停工造成的损失, 要求加层来扩大面积。经试算, 标准层每层的自重荷载2kN/ $m^2$ , 可增加六层。考虑到原设计裙楼主体结构尚有强度储备, 最后决定将裙楼增加两层、塔楼增加四层, 总计38层, 总高度128m, 总面积为13.4万 $m^2$ 。该工程建筑平面见图1。

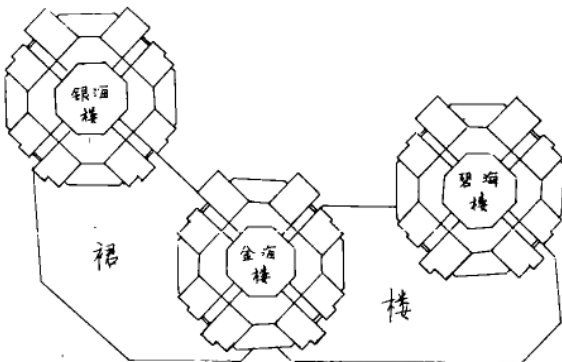


图1 三海大厦建筑平面

该工程由东北金城集团房产开发公司投资, 江苏省建筑设计院设计, 中建三局一公司珠海分公司施工, 东南大学华东预应力中心珠海分部与柳州欧维姆工程有限公司参与预应力施工。1999年塔楼进入施工高潮。

## 二、无粘结预应力技术在加层设计中的应用

裙楼由原四层增至六层, 重新在六层裙楼顶

设置转换大梁, 以承托塔楼剪力墙。转换大梁采用无粘结预应力技术, 其截面尺寸减至700mm $\times$ 1200mm, 配置32 $\phi$ 15.2无粘结预应力筋。

裙楼的长度为121m, 宽度约50m。为了解决不设伸缩缝的问题, 其顶面的梁板均配置无粘结预应力筋。顶板的厚度也由250mm减至160mm。整个转换层(大梁与顶板)的自重减轻了50%, 对加层非常有利。

塔楼标准层减轻自重的途径有二: (1) 采用无粘结预应力平板, 板厚从180mm减至140mm; (2) 提高混凝土强度等级和配筋率, 墙厚从250mm减至200mm。本文重点阐述标准层无粘结预应力平板应用中的几个问题。

## 三、平板无粘结预应力筋布置方式

根据有限元(SUPER SAP91)计算分析, 平板无粘结预应力筋需双向配置 $\phi$ 15.2钢绞线@500~600( $f_{ptk}=1860$ MPa), 普通钢筋需双向配置: 底筋 $\phi$ 10@200, 面筋 $\phi$ 12@200。混凝土为C40。

塔楼标准层的平面形状复杂, 每层8户。如无粘结预应力筋按常规布置, 则筋的长度短、根数多、施工麻烦、价格贵等。经我们反复研究, 采取多跨空间曲线布筋方式(见图2), 取得了较好的效果。其布置特点: (1) 1#与2#筋均为三跨空间曲线筋, 该两筋的中跨分别跨过客厅与阳台平面而曲线方向相反, 水平力相互抵消;

(2) 3#短筋仅配在A与D大户型端头; (3) 4#筋为客厅与阳台主要受力筋; (4) 5#筋将相邻两区连接起来, 即2#筋与5#筋将标准层整个平面

箍紧,对加强标准层整体性有利;(5)2#、4#与5#筋为主要受力筋,采取双筋布置,施工方便。

标准层无粘结预应力筋的总数为174根,总长度为2785m,平均每根长度为16m。

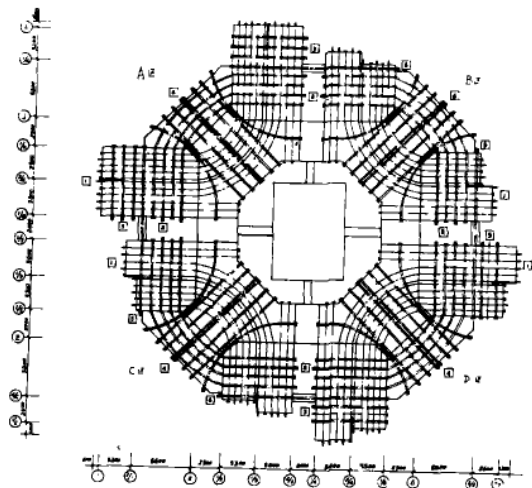
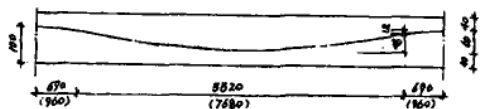


图2 标准层无粘结预应力筋布置方式

#### 四、平板无粘结预应力曲线筋坐标控制

平板无粘结预应力筋的曲线坐标,见图3。由于平板的厚度薄,无粘结筋的曲线坐标误差应严格控制在±5mm以内。其具体措施:(1)普通钢筋与预应力筋均为双向铺设,变四层为三层,中间层钢筋与预应力筋并列,该层预应力筋应为主要受力筋,见图4;(2)严格控制张拉端、反弯点、跨中点、中支座或固定端等处无粘结预应力筋坐标高度;(3)对普通钢筋铺设高度,应加强检查,以确保无粘结筋的坐标高度;(4)板面钢筋铺设后,再调整无粘结筋的位置与标高;(5)在隐蔽工程验收前,量测无粘结筋的坐标高度并作出记录,对误差较大的筋应及时纠正,对难调的误差在下层铺设时应避免发生。



1-模板面; 2-垫块; 3-钢筋; 4-无粘结预应力筋  
图3 无粘结预应力筋曲线坐标

#### 五、三跨空间曲线筋一端张拉问题

原设计空间曲线筋1#与2#为两端张拉。由于张拉作业条件差和施工进度要求快,现修改为一端张拉,主要解决预应力损失问题。

首先,取6根1#筋,测定孔道摩擦损失=0.03(取 $k=0.003$ )。重新计算时, $\mu$ 值放大,取0.05,得出1#预应力筋沿长度方向的应力变化,见图5;张拉端锚固后建立的应力为1163MPa,固定端为1086MPa。

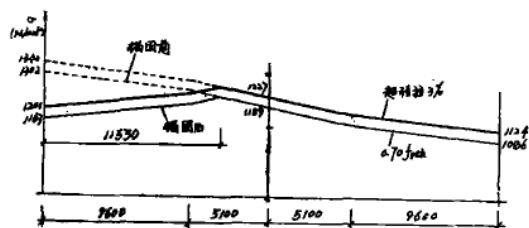


图5 1#空间曲线筋沿长度方向的应力变化

为了使修改后的一端张拉与原设计的两端张拉建立的应力等值,采取两点措施:(1)将张拉端交错设置在预应力筋两端;(2)超张拉。其超张拉值= $(1163-1086)/2=38\text{MPa}$ (即超张3%),张拉控制力应修改为 $1302+38=1340\text{MPa}$ 。经复算,扣除各项预应力损失后,在板内预应力筋的有效预应力可控制在 $0.6f_{pk}$ 。

#### 六、塔楼标准层荷载试验

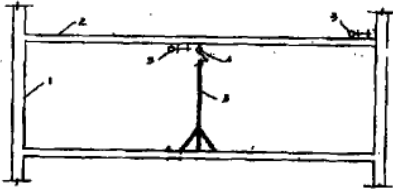
塔楼标准层无粘结预应力混凝土平板的厚度仅140mm。为验证该平板是否安全可靠,进行了荷载试验。试验内容:满负荷状态下楼板的挠度、裂缝及混凝土应力。

测试对象选择银海楼第九层D区东向单元卧室及客厅两部分双向板,采用红砖加载。卧室加载卸载后,第二次进行客厅加载。测试仪表布置见图6。



图4 无粘结筋与普通钢筋铺设层次关系

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。