

后张有粘结预应力混凝土楼盖体系的应用

孟少平 吴京 朱晓霞

一、概述

五十年代后期,北美的高层建筑中的楼盖体系开始采用后张无粘结混凝土平板及扁梁结构。由于这种楼盖结构中的无粘结预应力筋可象普通钢筋一样铺设,不需要灌浆,并采用单根小型手持式千斤顶张拉,占用工期少,这种结构在北美、澳大利亚及亚太地区得到了推广。从八十年代中期起,我国的高层预应力混凝土楼盖体系中,主要采用无粘结预应力体系。随着市场需求的变化,新的公司不断建立,要求改变建筑物的固有功能,为此,设计者必须使他们所设计的建筑具有足够的灵活性,以满足该建筑不同使用者的各种需求,适应房屋的更新改造、开洞隔断等变化。因而,有粘结后张预应力楼盖体系近十年在远东地区多项著名的高层建筑中又得到采用。

尽管预应力技术是在西欧发明、发展和推广应用,并在西欧建立了许多著名的国际预应力集团公司。如德国的迪伟达,法国的弗涅西奈,瑞士的威胜利等。这些公司获得了世界预应力工程的大部分份额,但无粘结预应力混凝土楼盖结构在这些国家至今应用很少。这些国家的工程师注意到西欧与北美及远东的差距,认识到后张预应力混凝土楼盖的优点,已开始积极的推广。FIP13届大会西欧各国提供的论文中都有预应力砼结构在房屋建筑中的应用示例,如预应力转换梁、预应力筏板基础、预应力楼盖结构。但他们更注意有粘结预应力混凝土结构的应用,特别是用扁波纹管(包括塑料波纹管PT-PLUS及金属波纹管)制成的扁平预应力束在房屋建筑中的应用。

二、后张有粘结预应力混凝土楼盖体系

后张有粘结预应力混凝土楼盖体系一般采用

扁型波纹管、扁锚具及至多五根 $\Phi 13$ 或 $\Phi 15$ 的钢绞线。每根钢绞线分别独立张拉、锚固,张拉后在扁波纹管内压浆。压浆的作用有两点,一是钢绞线的防腐蚀,二是钢绞线与周围混凝土粘结,使钢绞线与砼共同工作。

设计参数如下:

金属波纹管的尺寸,用于4 $\Phi 13$ 及5 $\Phi 13$ 预应力筋的为25×80mm,用于4 $\Phi 15$ 及5 $\Phi 15$ 预应力筋为25×90mm。塑料扁形波纹管的摩擦损失在不同的钢绞线及不同结构中变化较大,视钢绞线的表面状况、导管的类型、安装方法而有所区别。一般设计时摩擦系数可按表1确定。

表1

导管类型	k	μ
金属波纹管	0.0015	0.25
塑料波纹管	0.001	0.15

张拉端可采用OVM的扁锚体系。该锚固体系由内凹型穴模,锚环、夹片、锚座(承压板)灌浆管、扁形波纹管组成;张拉端的锚具如图1所示。

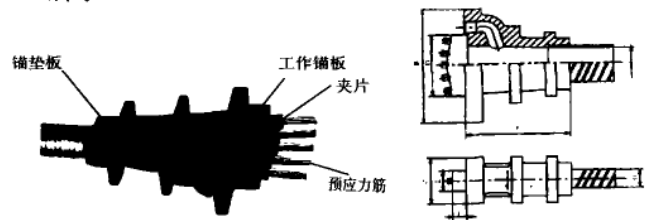


图1 OVM扁锚体系

固定端采用压花锚或挤压锚,压花锚价格便宜,但预应力筋锚入混凝土内的长度为挤压锚的两倍以上,在锚固区内预应力的建立方式也有所区别。

三、有粘结楼盖与无粘结楼盖相比的优点

与后张无粘结预应力混凝土楼盖相比,有粘结预应力混凝土楼盖有如下优点:

孟少平 东南大学华东预应力中心
吴京 东南大学华东预应力中心
朱晓霞 景德镇建筑设计院

1、有粘结预应力混凝土结构的最危险截面在最大弯矩处,破坏时临界截面的预应力筋一般能达到 f_{py} 。而无粘结筋楼盖临界截面预应力筋的应力为 $\sigma_{pe} + \Delta\sigma_p$,在高跨比较小时, $\Delta\sigma_p$ 趋于0。故有粘结预应力承载力比无粘结预应力混凝土结构要高20%左右。

2、无粘结预应力楼盖,特别是单向无粘结预应力结构,为防止由锚具失效、火灾、基跨承受较大的冲击荷载引起连续倒塌事故,美国PCI要求匹配非预应力筋的数量较大,而有粘结预应力结构仅需少量的非预应力筋来分布荷载,抑制温度和收缩裂缝,若受拉区砼在外载及预应力共同作用下,砼拉应力很小,甚至可不需配非预应力筋。

3、有粘结预应力筋的固定端可使用压花锚,费用很低,而无粘结的固定端由于预应力筋上面的油脂无法洗净,故必须采用挤压锚。

4、有粘结预应力砼楼盖对今后楼盖的更新、改造、增设洞口没有无粘结预应力砼那样麻烦,有粘结预应力筋的切割不会引起钢绞线的飞出。

5、对于内筒外框的高层预应力结构,采用有粘结预应力楼盖,内筒可采用滑模先行施工,只需将非预应力筋留出即可。

有粘结扁波纹管中预应力筋与管内壁之间空隙很小,必须采取切实的措施,保证灌浆密实。加入某种超塑化剂的水泥浆,水灰比可降到0.3,有很高的流动性及很高的泌水率,不需要多大压力就能达到普通水泥浆灌浆的效果。VSL公司最近采用真空辅助吸浆技术对保证灌浆质量有较好的效果。

最近,由荷兰及美国工程师组成的研究小组对一座80年代初建成的28层无粘结预应力混凝土楼盖进行了调查,结果表明:

1、无粘结筋存在油脂干枯,受腐蚀严重的问题,主要是端部密封不密实所致。

2、对这栋楼普遍调查表明,腐蚀严重的预应力筋数量不超过总量的10%。

3、由于楼盖设计安全度普遍很高,即使有10%的无粘结预应力筋失效还没有对结构安全性

造成危害。

4、施工质量不高的无粘结预应力结构中的预应力筋腐蚀问题应给予重视。

四、有粘结预应力混凝土楼盖在房屋建筑的应用实例

(一) 成都海发商厦预应力结构设计特点及实施

成都市海发商厦位于成都市中心繁华区,建筑总面积约10万余平方米,共33层,其中地下层为汽车停车场及设备用房,裙房共12层,第12层为餐馆娱乐用房,其余楼层均为商业营运楼层。13层以上为标准层,可作为写字、办公用房,顶层有一停机坪。

1、结构平面布置

在结构平面中,综合考虑到建筑功能、经济及技术等方面的因素,采取了梁板结构体系。12m±0.00层结构平面布置如图2所示。

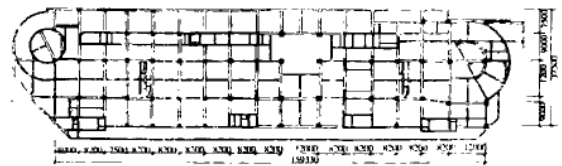


图2 ±0.00层结构平面布置图

柱距梁的高度直接制约了整层结构层所占的高度,在满足建筑净空要求的前提下,将12m跨梁设计为 $b \times h = 700 \times 600\text{mm}$ 的宽扁梁;对于纵向,尽管梁的跨度一般在7.5~8.2m,但纵向总长为150余米,远远超出规范对设置伸缩缝的要求,为满足建筑上不留伸缩的要求,在结构上除采取结合沉降缝留设二道后浇带外,还考虑使用预应力配筋来抵抗温度应力的影响,减少温度可能对结构产生的影响。

2、高层框架结构全部采用有粘结预应力技术

在高层建筑中,如采用无粘结预应力技术,可达到方便施工的目的。海发商厦工程由于在梁中采用预应力,框架梁作为重要的受力构件,对预应力体系的可靠性及延性要求均较高,同时,无粘结预应力技术由于自身的特点,预应力筋的强度不易得到充分发挥,从而使得结构的用钢量

较大,因而本工程选择了有粘结预应力体系。

3、扁形波纹管的应用

扁梁波纹管在我国桥梁工程中已广泛应用,但在房屋建筑中,由于通常梁截面宽度较窄、高度较高而很少采用扁管作为预留孔道的手段。海发商厦工程的梁截面宽度较宽而高度较矮,若采用圆管则对梁的有效高度相对影响较大。尤其对于纵向框架梁,由于纵横向预应力预留孔道的交叉对 h_0 的相对影响更大,根据强度及抗裂要求进行的测算表明:采用扁管较圆管可平均减少预应力钢材用量5%左右。

在施工上由于结构纵向较长而跨数较多,横向梁跨度差别又较大,因此必需对梁中的预应力筋进行分段锚固张拉,有相当部分的张拉槽需要设置在梁上,若采用普通圆管则垫板尺寸较大。设备所需的张拉空间要求较深,大约需在250mm左右,对梁的削弱较大,而采用扁管后,梁顶面的张拉开槽深度可控制在150mm以内,在张拉上亦可采用单根张拉的方式进行张拉,使施工进一步简化。基于以上二点,在设计上采用扁形波纹管。

4、预应力张拉与灌浆

由于扁形波纹管的采用,使预应力钢绞线在孔内不交错,有利单根钢绞线的张拉,张拉选用23t前卡式千斤顶,由于设备体积小、重量轻、便于搬动,能适应于高层建筑的张拉操作。

在张拉垫板的顶部设置灌浆管,可以减小张拉板的尺寸,锚固端的排气孔选择橡胶管,使埋设时便利,所取长度按埋设时固定端的位置现场取用,减少加工制作环节。灌浆管及排气管在梁面上,便于设备的搬动。

(二) 捷克布拉格商务管理中心

布拉格商务管理中心是一多层办公建筑,结构体系采用钢筋砼柱、预应力混凝土楼盖体系,地震作用主要由两侧的电井筒承担。该建筑分为三个部分,其中间部分为9层地上、2~3层地下建筑,两侧井筒之间 $40 \times 15\text{m}$ 办公区仅设置6根双柱支撑楼盖。柱网尺寸为10m,楼板后张预应力双向板。

该工程原设计采用300mm厚的无粘结预应力

空心板,留孔尺寸为160mm高的矩形孔。在两孔之间的肋中采用单根无粘结预应力筋体系。最后总承包商及业主采用了另一修改方案,将空心板改为220mm厚的实心平板,在横向轴线上采用300mm厚、3m宽的扁梁,尽管砼材料用量有一定的增加,但与劳动力及芯模的节省费用相比仍然是节省的。留孔采用有粘结扁金属波纹管体系,4根 $\Phi 15$ 钢绞线组成一束,横向预应力筋主要集中在柱轴线上的扁梁内,扁梁之间的板内横向束仅有三束。纵向预应力束为均匀布置,如图3所示。张拉端为VSL S06-4型锚具,固定端为压花锚。根据防火要求预应力筋的保护层厚度为30mm。

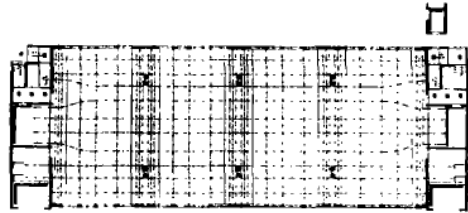


图3 纵向预应力束布置图

施工中,预应力筋的铺设要与总包单位一道保证相应的标高,预应力筋的铺设、锚固端的安装、张拉灌浆均由预应力分包商完成,主要目的是保证工程质量。预应力筋铺设完成后,由设计人员检查以保证与设计图纸一致,当砼达到C30时张拉,张拉完成后拆除底模。长的扁波纹管的灌浆除了象通常需要微膨胀剂之外,还需采用超级塑化剂,应经专门设计灌浆才能保证密实。

该工程采用有粘结扁波纹管楼板系统的优点是:(1)波纹管、锚具的承压板可与普通钢筋一起铺设,短束可在工厂预先组装,长束现场铺设,预应力钢绞线可逐根由人工穿束,这种预应力体系所需的普通钢筋数量将大大减少,最小用量由当地规程控制,模板系统简单,张拉后即可拆除。采用有粘结体系后,可方便今后楼面改造,楼板开洞要比无粘结预应力楼盖方便得多。

注:华东预应力技术联合开发中心主任杨宗放教授指导了本文的工作