

鄂尔多斯机场停车楼工程预应力设计与施工

李俊安¹, 李忠盛², 杜 权¹, 朱 帅¹

(1 中国京冶工程技术有限公司, 北京 100088; 2 中国建筑设计研究院中旭公司, 北京 100037)

[摘要] 介绍了预应力技术在鄂尔多斯机场停车楼工程中的应用; 给出了梁上预留洞口时, 预应力筋的线形布置方法、洞口防崩裂的措施; 给出了异形板非正交配筋时的承载力验算方法; 借助 AutoCAD 的三维建模, 对板中两方向预应力筋的编网给出了解决办法。

[关键词] 预应力; 异形板; 防崩裂

1 工程概况

鄂尔多斯机场停车楼工程位于鄂尔多斯市伊金霍洛旗乌兰木伦镇境内, 已建鄂尔多斯机场改扩建工程新航站楼工程东北侧, 阿大线公路西南侧。工程地上 1 层, 总建筑面积 32594m², 另人行及车行桥建筑面积 478m², 平面见图 1。主体结构为预应力钢筋混凝土框架结构, 雨篷为钢结构。为了满足建筑效果需求, 工程中的水管、电管、消防用的管道及以后改造用预留管道均从梁高范围内穿过, 因此梁施工时, 梁内预留洞口。

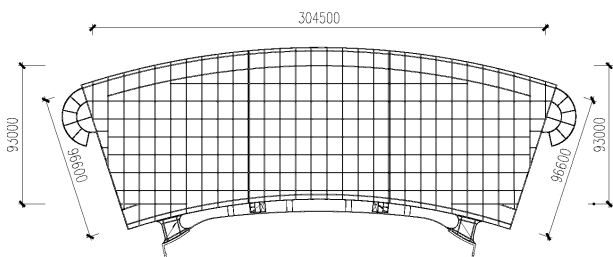


图 1 鄂尔多斯机场停车楼工程平面图

工程横向主梁主要跨度为 10.5m, 纵向主梁主要跨度为 12m。为了降低梁截面尺寸, 改善梁受力性能, 梁内采用缓粘结预应力筋。考虑到各种管道要从梁高范围内穿过, 没有布置次梁。板两个方向的尺寸同两方向主梁的跨度, 即板尺寸为 10.5m×12m。为了减轻板自重, 改善板正常使用性能, 本工程采用无粘结预应力空心板。

2 设计和施工中遇到的难点及解决办法

2.1 梁上预留洞口使预应力筋无法采用常规线形

预应力筋的线形应与构件弯矩图在形式上一致, 通常情况下, 框架梁连续跨内预应力筋常采用四段相切的抛物线组成的 C4 线形。由于工程中梁预留洞口的影响, 预应力筋只能绕过洞口。若洞口对预应力筋影响不大, 预应力筋从单侧绕过洞口。若从一侧绕过洞口对预应力筋的线形影响较大, 可使预应力筋平均分成两束, 一束从洞口上方绕过, 一束从洞口下方绕过。应尽量做到改变后的预应力筋线形在承载力及平衡荷载两方面和常规线形的作用相同或近似 (图 2)。

2.2 预应力筋平衡荷载给洞口周边混凝土带来安全隐患

曲线布置预应力筋对混凝土产生平衡荷载, 为了防止预应力筋的平衡荷载造成洞口周围混凝土崩裂破坏, 减少预应

力筋曲率大造成的预应力损失增大, 对洞口附近预应力筋的曲率半径和预应力筋的保护层厚度应有一定限制。

《无粘结预应力混凝土结构技术规程》(JGJ92—2004) 5.3.12 条规定, 板内预应力筋绕开洞口时, 预应力筋的构造规定如图 3 所示。《后张预应力混凝土结构施工图表示方法及构造详图》(06SG429) 对预应力混凝土防崩裂构造给出了具体建议, 如图 4 所示。

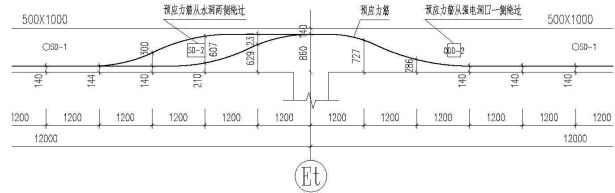


图 2 预应力筋绕过梁上预留洞口

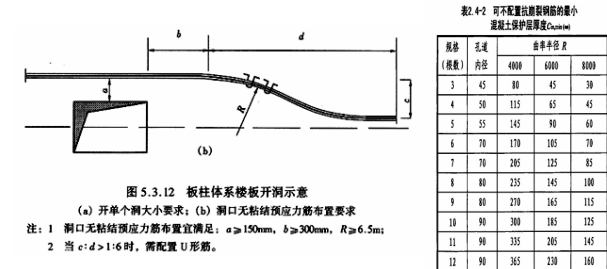


图 3.12 板柱体系楼盖板开洞示意

(a) 开单个洞大小要求; (b) 洞口无粘结预应力筋布置要求

注: 1 洞口无粘结预应力筋布置宜满足: $a \geq 150\text{mm}$, $b \geq 300\text{mm}$, $R \geq 6.5\text{m}$;
2 当 $c/d > 1/6$ 时, 需配置 U 形筋。

表 2.4-2 不可配置抗拉钢筋的最小混凝土保护层厚度 $C_{\text{min}}(\text{mm})$

层数 (层数)	类型	当非保护层厚		
		400	600	800
3	45	80	45	50
4	50	115	65	45
5	55	145	50	60
6	70	170	105	70
7	70	205	125	85
8	80	235	145	100
9	80	270	165	115
10	90	300	185	125
11	90	335	205	145
12	90	365	230	160

图 3 预应力筋绕过板中洞口时的构造 图 4 锚固区防崩裂构造

取洞口数量及洞口尺寸最不利的一跨作为研究对象, 建单根单跨框架三维实体模型, 混凝土用弹性六面体单元来模拟, 预应力筋用等效荷载来代替, 并扣除预应力筋孔道的体积。计算模型如图 5, 6 所示。模型的计算荷载取梁自重、板传来的荷载及预应力筋的等效荷载, 结构自重及外荷载取设计值, 预应力筋的等效荷载取扣除应力损失后的有效值。由于预应力筋端头的集中力等效荷载部分传给梁、部分传给板和柱, 定量计算较麻烦。为了简化计算, 传给梁的集中力等效荷载按最大值 (即梁承担预应力筋的全部集中力等效荷载) 和最小值 (即梁不承担预应力筋的集中力等效荷载) 两种情况分别考虑。

两种荷载下的承载力极限状态验算结果表明, 洞口周边预应力筋的保护层范围内, 只有局部应力集中区域主拉应力达到 6.5MPa 左右, 其余区域主拉应力最大不超过 4MPa。

作者简介: 李俊安, 硕士, 助理工程师, Email: lijunanrwx@qq.com。

按最大应力换算出最大拉力来配置抗裂钢筋,即可满足设计要求。

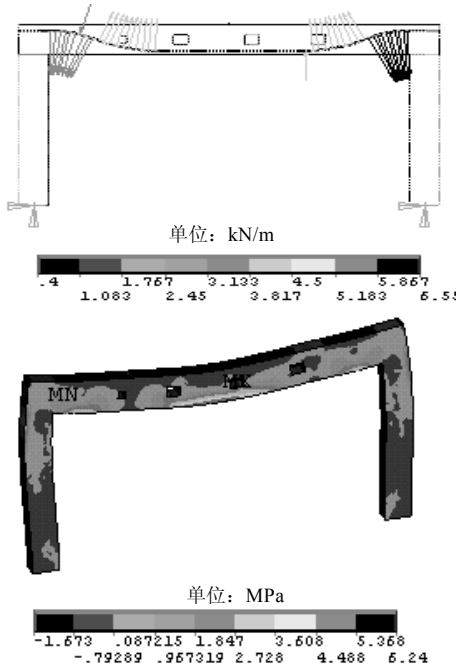


图5 无梁端压力时的模型及主拉应力

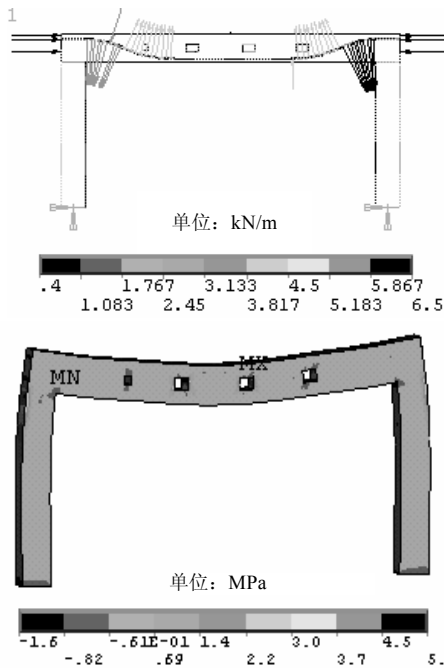


图6 有梁端压力时的模型及主拉应力

2.3 异形板非正交配筋给设计计算带来困难

工程预应力空心板大部分为规则的矩形板,部分区域为非规则区域,如图7所示。考虑到施工可行性,非规则区域两个方向肋斜交布置,两个方向钢筋也斜交。由此造成钢筋没有布置在主弯矩方向,配筋时要考虑扭矩的影响。由乔汉生屈服准则^[1,2]知,板在任意方向上的抗弯承载力都应大于相应方向上的弯矩设计值。

如图8所示配筋, α 方向的抗弯承载力为:

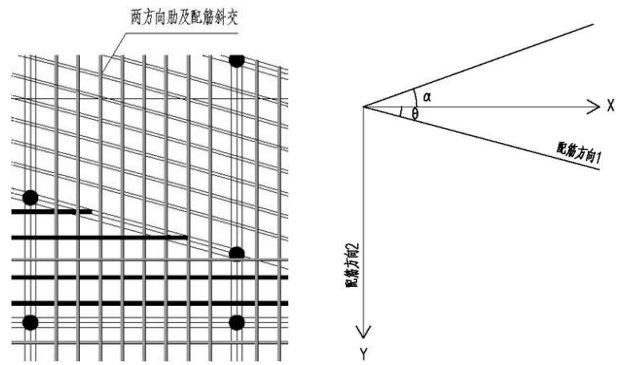


图7 异形板肋及配筋斜交

图8 配筋方向及内力坐标系

$$m_{\alpha} = m_{u1} \cos^2(\alpha + \theta) + m_{u2} \cos^2(\alpha + 90)$$

其中: m_{u1} , m_{u2} 分别为两个配筋方向单位宽度上的抗弯承载力。

α 方向的弯矩设计值为:

$$m_{\alpha} = m_x \cos^2 \alpha + m_y \sin^2 \alpha + m_{xy} \sin 2\alpha$$

其中: m_x , m_y , m_{xy} 分别为 X 方向单位宽度板的弯矩值、Y 方向单位宽度板的弯矩值及两方向单位宽度板的扭矩值。若 α 值在 0° 到 360° 之间变化时, $m_{\alpha} - m_{\alpha}$ 恒大于等于零,则配筋满足承载力要求。据此约束条件,可得到配筋量的最小值。工程设计时,考虑整块板统一配筋,先估算出两个方向的配筋,再用上述公式验算配筋是否满足要求。由于板的形状不规则,一般采用有限元计算板的最大内力。

2.4 板内两方向预应力筋编网给施工带来了困难

由于工程预应力空心板两个方向布置预应力筋,且预应力筋的矢高处处变化,造成两个方向的预应力筋类似编网一样交错变化。理论上讲,若将预应力筋的定位筋提前绑好,穿预应力筋时根据定位筋的高度就可判断两个方向预应力筋的上下关系。而实际施工时简便可行的办法是先把预应力筋穿进肋内,再将预应力筋的矢高调整到位。若穿筋时将预应力筋的上下位置弄错,要调整必须将整根预应力筋抽出来重新穿,改正非常麻烦。因此必须事先排出预应力筋的上下关系。

借助 AutoCAD 的三维建模功能,首先将横向预应力筋

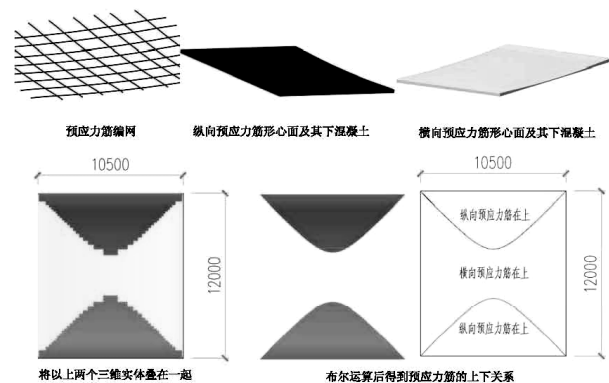


图9 两方向穿预应力筋时, 预应力筋的高度上的相对关系

(下转第 27 页)

(上接第 30 页)

及纵向预应力筋形心所在的曲面及其下混凝土建模,并采用不同的颜色区分开,然后将两个三维实体按相对位置摺在一起,从俯视图所看到的颜色即可区分出两个方向预应力筋的上下关系。最后利用三维实体的布尔运算,对两个实体做差集,就可得到预应力筋编交差变化位置。如图 9 所示。

3 结论

对鄂尔多斯机场改扩建停车楼工程预应力设计和施工过程中遇到的难点进行了介绍,并给出了解决办法。通过分析可得到以下几条结论。

(1) 梁上预留洞口时,预应力筋应绕开洞口,并使预应力筋的线形尽可能与常用的 C4 线形接近。洞口附近的预应力筋应根据相关规范采取构造措施。若满足不了规范的要求,可采用有限元软件对洞口周围混凝土进行内力分析,并根据内力分析结果采取措施。

(2) 非正交配筋或按非主弯矩方向配筋时,须考虑扭矩的影响。应按照乔汉生准则验算各个方向的抗弯承载力。

(3) 对于板内两方向都穿预应力筋的情况,为了便于指导施工、提高施工效率,可利用 AutoCAD 的三维建模功能,事先排除两方向预应力筋的矢高关系。

参考文献

- [1] 派克 R, 根勃尔 W L. 钢筋混凝土板[M].上海:同济大学出版社, 1992.
- [2] 尚仁杰, 李俊安, 吴转琴, 等. 现浇混凝土筒支异形板最优配筋方法研究[J]. 建筑结构, 2011(1):68-70.
- [3] 徐芝纶. 弹塑性力学[M]. 北京:石油工业出版社, 1989.