

叠合板脱模吊装验算相关问题

岳阳

装配式结构设计时叠合板的脱模吊装验算是设计师比较关注的问题。本文从规范的相关规定结合盈建科软件的实现方法，对常见问题进行阐述。

一、叠合板脱模吊装验算的计算依据

由于《装配式混凝土结构技术规程》（JGJ1-2014）未对叠合板脱模吊装验算方法进行详细说明，盈建科叠合板脱模吊装验算计算书依据《装配整体式叠合剪力墙结构技术规程》（DG/TJ 08-2266-2018）附录 A 编写。

二、软件如何考虑《混凝土结构施工规范》（GB50666-2011）9.2.3-2 叠合板正截面边缘的混凝土法向拉应力验算。

2 钢筋混凝土和预应力混凝土构件正截面边缘的混凝土法向拉应力，宜满足下式的要求：

$$\sigma_{ct} \leq 1.0 f'_{tk} \quad (9.2.3-2)$$

式中： σ_{ct} ——各施工环节在荷载标准组合作用下产生的构件正截面边缘混凝土法向拉应力（MPa），可按毛截面计算；

f'_{tk} ——与各施工环节的混凝土立方体抗压强度相应的抗拉强度标准值（MPa），按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2010 表 4.1.3-2 以线性内插法确定。

盈建科软件计算混凝土允许开裂弯矩是混凝土抗拉标准值乘以截面抵抗矩得到的，然后弯矩值与允许开裂弯矩进行对比判断是否满足要求，等同考虑了规范 9.2.3.-2 的规定；同时考虑了脱模时混凝土强度达到设计值 75% 的折减。软件在计算截面抵抗矩 W_0 时考虑了桁架钢筋的作用。

(1) 叠合板混凝土开裂容许弯矩(考虑桁架筋的等效组合梁截面)

1) 叠合板混凝土开裂容许弯矩

$$M_{ct} = W_0 * f_{tk}$$

带入相关值求得 $M_{ct} = 425174.45 * 2.0060 * 1.0e-6 = 0.8529 \text{KN}\cdot\text{m}$

2) 脱模时叠合板混凝土开裂容许弯矩(脱模时混凝土强度达到设计值的 75%)

$$M_{ct} = 0.75 * W_0 * f_{tk}$$

带入相关值求得 $M_{ct} = 0.75 * 425174.45 * 2.0060 * 1.0e-6 = 0.6397 \text{KN}\cdot\text{m}$

三、《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010）条文 9.7.6 规定对于 HPB300 级钢筋的吊环钢筋实际允许拉应力不大于 $65 \text{N}/\text{mm}^2$ ，软件是如何考虑的？

9.7.6 确定吊环钢筋所需面积时，钢筋的抗拉强度设计值应乘以折减系数。在折减系数中考虑的因素有：构件自重荷载分项系数取为 1.2，吸附作用引起的超载系数取为 1.2，钢筋弯折后的应力集中对强度的折减系数取为 1.4，动力系数取为 1.5，钢丝绳角度对吊环承载力的影响系数取为 1.4，于是，当取 HPB300 级钢筋的抗拉强度设计值为 $f_y=270\text{N}/\text{mm}^2$ 时，吊环钢筋实际取用的允许拉应力值约为 $65\text{N}/\text{mm}^2$ 。

作用于吊环的荷载应根据实际情况确定，一般为构件自重、悬挂设备自重及活荷载。吊环截面应力验算时，荷载取标准值。

1. 首先介绍规范对于 HPB300 级钢筋的吊环钢筋实际允许拉应力不大于 $65\text{N}/\text{mm}^2$ 的原因。吊环钢筋的允许拉应力是根据抗拉强度设计值连除规范 9.7.6 条文说明中的各项系数得到的。

$$270/1.2/1.2/1.4/1.5/1.4=64\text{N}/\text{mm}^2$$

2. 接下来介绍一下盈建科软件中的取值。

脱模和吊装包络后吊钩承载力验算总重量：20.73KN
采用桁架腹杆兼做吊杆形式，腹杆直径为 6 mm，钢筋等级 HPB300，每个吊钩按 4 个截面计算，材料强度取 $114.8\text{N}/\text{mm}^2$ ，单个吊钩承载力： $4*28.26*114.8/1000 = 12.98\text{KN}$
采用 4 吊点吊装，吊点总承载力： $12.98*3 = 38.93\text{KN}$
吊钩承载力验算结果：满足
注：此处吊钩承载力验算按混凝土设计规范 GB50010-2010 第 9.7.6 条进行。根据混凝土设计规范 GB50010-2010 第 9.7.6 条文说明钢筋计算强度取值为 $f_y/\text{分项系数}/\text{钢筋弯折折减系数}/\text{钢丝绳角度折减系数}=\underline{f_y}/1.2/1.4/1.4$ 。

截图中可以看到软件对于钢筋的允许拉应力取值为 $114.8\text{N}/\text{mm}^2$ ，这是因为允许拉应力取值仅考虑了分项系数 1.5、钢筋弯折折减系数 1.4 和钢丝绳角度折减系数 1.4。

3. 那为什么计算吊环拉应力时未考虑动力系数 1.5 及吸附作用引起的超载系数 1.2？

因为动力系数 1.5 及吸附作用引起的超载系数 1.2 软件在计算荷载的时候考虑了；所以为了避免重复就没有在计算吊环拉应力的时候考虑连除。

4. 叠合板吊装脱模验算时荷载是如何取值的？

《装配式混凝土结构技术规程》（JGJ1-2014）6.2.2 条规定预制构件在翻转、吊运、运输等短暂工况下的施工验算，等效静力荷载取构件自重标准值乘以动力系数，动力系数软件取 1.5 和 1.2。6.2.3 条规定预制构件进行脱模验算时，等效静力荷载应取构件自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和，动力系数不宜小于 1.2，脱模吸附力不宜小于 $1.5\text{KN}/\text{mm}^2$ ，且不宜小于构件自重标准值的 1.5 倍。

6.2.2 预制构件在翻转、运输、吊运、安装等短暂设计状况下的施工验算，应将构件自重标准值乘以动力系数后作为等效静力荷载标准值。构件运输、吊运时，动力系数宜取 1.5；构件翻转及安装过程中就位、临时固定时，动力系数可取 1.2。

6.2.3 预制构件进行脱模验算时，等效静力荷载标准值应取构件自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和，且不宜小于构件自重标准值的 1.5 倍。动力系数与脱模吸附力应符合下列规定：

- 1 动力系数不宜小于 1.2；
- 2 脱模吸附力应根据构件和模具的实际状况取用，且不宜小于 1.5kN/m^2 。

软件对于吊装荷载取构件自重标准值乘以动力系数 1.5；脱模荷载取构件自重标准值乘以动力系数与脱模吸附力之和，动力系数取 1.2，脱模吸附力取 1.5kN/mm^2 ，并且与构件自重标准值的 1.5 倍取大值；最终的荷载取吊装荷载与脱模荷载的较大值。

板面积 $S = 5.777\text{m}^2$

板体积 $V = 0.347\text{m}^3$

板自重 $G_k = 10.05\text{KN}$

脱模荷载 $T_1 = \max(G_k * 1.2 + S * 1.5, G_k * 1.5) = 20.7\text{ KN}$

吊装荷载 $T_2 = G_k * 1.5 = 15.1\text{ KN}$

综合脱模、吊装验算荷载 $T = 20.7\text{ KN}$

总结：

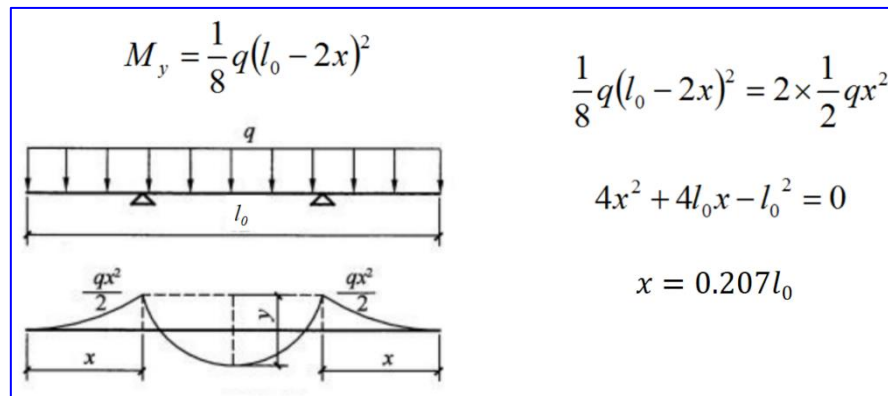
1. 软件叠合板脱模吊装验算计算书依据《装配整体式叠合剪力墙结构技术规程》（DG/TJ 08-2266-2018）附录 A 编写。
2. 软件考虑《混凝土结构施工规范》（GB50666-2011）9.2.3-2 叠合板正截面边缘的混凝土法向拉应力验算；考虑了脱模时混凝土强度达到设计值 75% 的折减；考虑了桁架钢筋的作用。
3. 软件对于钢筋的允许拉应力取值为 114.8N/mm^2 ，考虑了规范中折减系数；动力系数和脱模系数在荷载中考虑了。

四、常见问题

1. 问：为什么吊点参数中吊点与上下（左右）板边距离默认值为 0.2？

叠合板预埋件设计参数	
吊点设计	
吊点类型	<input checked="" type="radio"/> 桁架筋兼作吊点 <input type="radio"/> 吊环
吊环钢筋直径	8
叠合板详图是否绘制吊点	<input checked="" type="checkbox"/>
吊点距离按标准图集采用	<input type="checkbox"/>
吊点与上下板边距离	0.2
吊点与左右板边距离	0.2
板标志跨度不小于多少时，采用3列吊点	4200
板标志宽度不小于多少时，采用3行吊点	3000
脱模验算动力系数	1.2

答：如图所示软件考虑吊点处弯矩与吊点之间板跨中弯矩相等时认为吊点所在位置最合理；所以取得吊点位置 0.2 倍的板宽；当吊点采用吊环时，吊点位置严格按照 0.2 倍的板边尺寸；当吊点采用桁架兼做吊点时，吊点位置按照 0.2 倍的板边尺寸，就近取在波峰位置。



2. 问：手核吊装验算吊点位置及跨中最大弯矩时，负弯矩计算与计算书结果相符，但正弯矩与结果相差较大，请帮校核下差距在哪？

最大负弯矩 $M'1 = 0.5 * 0.77 * 0.77 * 1.86 = 0.551$

$M'2 = 0.5 * 0.65 * 0.65 * 1.86 = 0.393$

最大正弯矩 $M = 1.86 * 1.6 * 1.6 / 8 - (0.551 + 0.393) / 2 = 0.123$

吊件种类	桁架腹杆兼做吊杆
吊点个数	4
单排吊点位置 (mm)	650, 1600, 770

• (2) 容许弯矩、剪力验算

等效组合梁计算宽度为 $B = 539\text{mm}$

脱模吊装验算均布荷载 $T = 24.96 / 7.25 = 3.44\text{KN/m}^2$

线荷载 $T_0 = 3.44 * 0.54 = 1.86\text{KN/m}$

根据吊点形式可得，组合梁等效宽度内最大正弯矩 $M = 0.202$ ，最大负弯矩

$M' = 0.551$ ，最大剪力为 $V = 1.599$

答：软件计算最大正弯矩时取的是两端负弯矩的较小值，这样取值计算的最大正弯矩较不利。

最大负弯矩 $M'1 = 0.5 * 0.77 * 0.77 * 1.86 = 0.551$

$M'2 = 0.5 * 0.65 * 0.65 * 1.86 = 0.393$

最大正弯矩 $M = 1.86 * 1.6 * 1.6 / 8 - 0.393 = 0.202$