



北京理正软件设计研究院
BEIJING LEADING INSTITUTE OF SOFTWARE DESIGN CO., LTD.

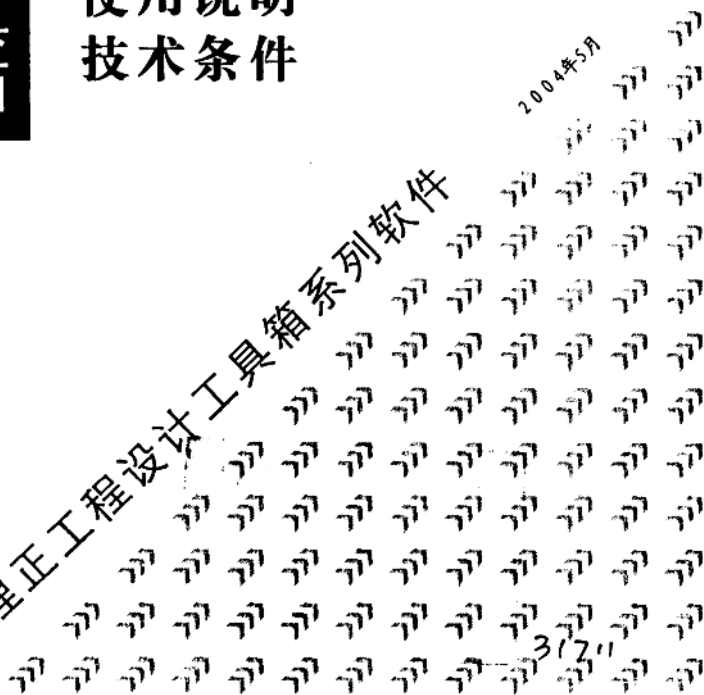
异形板计算

工具箱

使用说明
技术条件

2004年5月

理正工程设计工具箱系列软件



前 言

欢迎您使用《异形板计算工具箱》，本手册主要讲述《异形板计算工具箱》的使用方法和编制原理，同时您可以通过阅读《理正工具箱总说明》来了解理正工具箱 5.0 版的“家族”构成和全新特点。

本手册分 3 部分：操作说明、编制原理、附录。

第 1 章为操作说明，简要地介绍了软件的主要功能、交互界面、参数取值等内容，如果了解详细的软件功能阐述以及安装、培训等信息，请查阅《理正工具箱总说明》。

第 2 章为编制原理，详细介绍了软件编制的依据、适用范围以及软件涉及的专业技术条件。

在附录部分，给出了异形板计算例题，把软件计算的结果与笔算的结果做了详细的比较，二者的计算结果是一致的。

目 录

目 录.....	1
1 操作说明.....	1
1.1 功能概述.....	1
1.2 操作流程.....	1
1.3 交互界面.....	2
1.4 参数取值范围.....	4
1.5 参数联动.....	5
1.6 修改验算.....	5
2 编制原理.....	6
2.1 编制说明.....	6
2.2 荷载及荷载组合.....	7
2.3 有限元方法计算内力.....	8
2.3.1 有限元平衡方程.....	8
2.3.2 弯矩的方向规定.....	9
2.3.3 配筋方向的弯矩计算.....	9
2.4 异形板正截面抗弯承载力计算.....	10
2.4.1 配筋说明.....	10
2.4.2 异形板配筋计算.....	10
2.4.3 受拉钢筋的最大、最小配筋率.....	13
2.4.4 选筋.....	14
2.5 变形计算.....	15
2.5.1 裂缝计算.....	15
2.5.2 挠度计算.....	17
附录 1 典型例题.....	19
附录 2 技术支持.....	27

附录 3 意见反馈表.....	29
附录 4 理正计算机辅助设计系列软件.....	30

1 操作说明

1.1 功能概述

本软件适用于混凝土和非混凝土的异形板设计。主要实现异形板的正截面承载力、裂缝和挠度的计算，输出人性化的图形结果与计算书。异形板计算模块主要包括以下内容：

- (1) 荷载计算；
- (2) 内力计算；
- (3) 正截面受弯计算；
- (4) 自动选筋；
- (5) 配筋修改；
- (6) 裂缝和挠度的计算；
- (7) 生成人性化的计算书。

注意：

1. 非混凝土材料的异形板不进行配筋、选筋和挠度的计算；
2. 有关软件总体风格、操作方法与特点以及相关功能介绍请参见《工具箱 5.0 总说明》。

1.2 操作流程

本程序的基本操作流程如下图 1.2-1 所示：

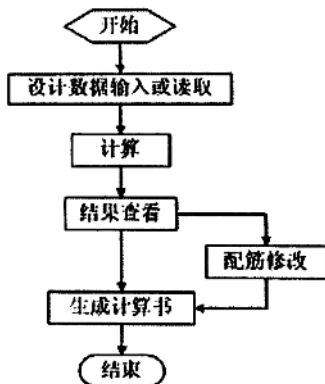


图 1.2-1 异形板计算模块操作流程

异形板设计操作流程的主线是计算设计。

计算设计：输入数据→程序计算→结果查看→生成计算书。

注意：非混凝土材料的异形板不进行配筋修改的操作步骤。

1.3 交互界面

本模块有两个主要界面：数据交互界面和结果查询界面。

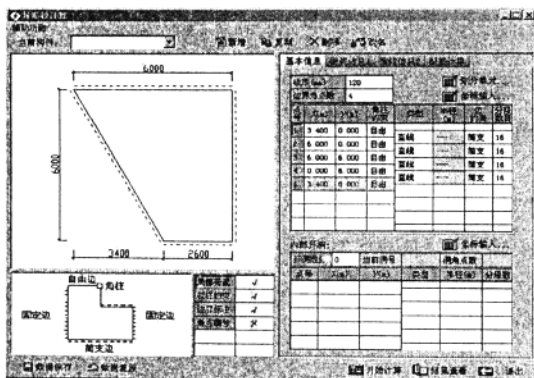


图 1.3-1 异形板计算模块数据交互界面

在输入异形板角点信息、洞口角点信息以及荷载分布范围的角点信息时，除了可以直接输入这些角点的直角坐标，本模块还提供了相对极坐标的输入方式，可以方便地交互各种形状的异形板。

此外，用户还可以设定划分有限元网格的尺寸从而满足一定的计算精度。

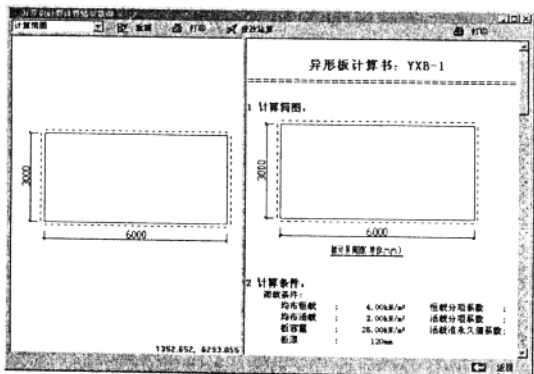


图 2.2-2 异形板计算模块结果查询界面

1.4 参数取值范围

程序中参数的取值范围如下表所示。

参数取值范围

表 1.4-1

参 数	取值范围
基 本 信 息	
板厚(mm)	50~500
边界角点数(个)	2~20
内部开洞数目(个)	0~5
开洞角点数(个)	2~20
荷 载 信 息	
均布恒载标准值(kN/m^2)	0~5000
均布活载标准值(kN/m^2)	0~5000
板容重(kN/m^3)	0~100
恒载分项系数	0~10
活载分项系数	0~10
活载准永久值系数	0~1
局部均布荷载个数(个)	0~5
局部均布荷载数值(kN/m^2)	0~5000
局部集中荷载个数(个)	0~5
局部集中荷载数值(kN)	0~5000
局部线荷载个数(个)	0~5
局部线荷载数值(kN/m)	0~5000
配 筋 计 算 信 息	
混凝土强度等级	C15~C80
纵筋种类	HPB235、HRB335、HRB400、RRB400
钢筋保护层厚度(mm)	5~200
支座配筋调整系数	0.5~2.5
跨中配筋调整系数	0.5~2.5
跨中配筋方向与X轴夹角	0~90度
纵筋直径的最小值、最大值、最优值	由计算与绘图参数设置中“235及以上钢筋的界限直径”、纵筋种类共同决定

1.5 参数联动

程序中某些参数之间存在联动关系。如果交互的数据不满足要求，程序会自动将其改为合理的数值。

参数联动关系 表 1.5-1

参 数	联动关系
纵筋直径的最小值、最大值、最优值	$D_{\min} \leq D_{you} \leq D_{\max}$
板的范围、开洞范围	开洞必须在板内

1.6 修改验算

用户可以对程序计算的配筋结果进行修改。程序根据修改的配筋结果重新计算裂缝和挠度，计算书中输出修改后的配筋、裂缝和挠度的计算结果。

注意：有关操作方法与特点介绍请参见《工具箱 5.0 总说明》。

2 编制原理

2.1 编制说明

主要内容

- (1) 荷载及荷载组合;
- (2) 有限元方法计算构件内力;
- (3) 异形板正截面抗弯承载力计算 (截面配筋计算);
- (4) 异形板正常使用极限状态计算 (裂缝和挠度计算)。

编制依据

- (1) 《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2002)
- (2) 《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2001)

适用范围

适用于任意多边形异形板在多种荷载作用下的内力、配筋以及挠度和裂缝的计算,并给出计算图形结果及图文并茂的计算书。适用范围主要有以下几方面:

- (1) 板边的类型:直线板边和圆弧板边;
- (2) 板边的支撑形式:自由、简支和固定;
- (3) 角点的支撑形式:自由、简支和固定;程序根据角点和角点所在的相邻两边的约束情况,按优先级顺序(优先级由高到低:固接—简支—自由)来确定其角点约束类型,即:角点与其相邻两边的约束类型的最高级即为角点的最终约束。
- (4) 作用的荷载类型:屋面满布恒载、屋面满布活载、集中荷载、局部均载、局部线荷载;
- (5) 板内部的洞口形式:直边和弧形边的任意多边形;
- (6) 材料类型:钢筋混凝土、非混凝。当为混凝土板时,程序计算板的内力、配筋、挠度和裂缝;当为非混凝土材料时,交互弹性模量及泊松比,计算输出弯矩、变形值(变形值为设计荷载下的弹性位移计算结

果)。

计算流程

异形板计算流程如图 2.1.4-1 所示。

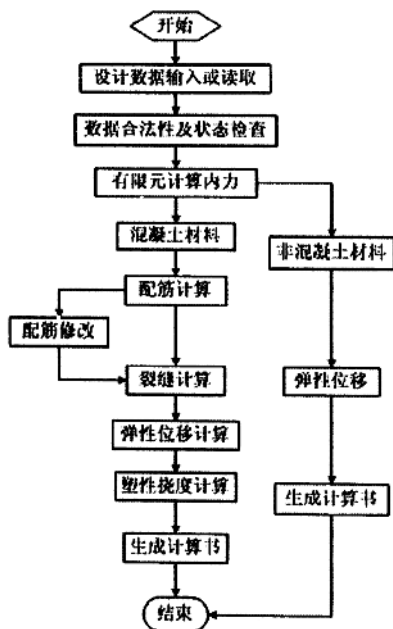


图 2.1.4-1 异形板计算流程图

2.2 荷载及荷载组合

界面交互荷载的标准值；

荷载形式：楼面满布恒载、楼面满布活载、集中荷载、局部均载、局部线荷载；

根据承载能力极限状态和正常使用极限状态做不同的荷载组合进行计算。

1. 基本组合：

$$q_1 = \gamma_G q_{GK} + \gamma_Q q_{QK} \quad (2.2-1)$$

2. 标准组合

$$q_2 = q_{GK} + q_{QK} \quad (2.2-2)$$

3. 准永久组合

$$q_3 = q_{GK} + \psi_q q_{QK} \quad (2.2-3)$$

式中：

q_1 —— 荷载组合设计值；

q_2 —— 荷载组合标准值；

q_3 —— 荷载组合准永久值；

q_{GK} —— 恒载标准值，由用户交互；

q_{QK} —— 活载标准值，由用户交互；

γ_G —— 恒载分项系数，由用户交互；

γ_Q —— 活载分项系数，由用户交互；

ψ_q —— 活载准永久值系数，由用户交互。

2.3 有限元方法计算内力

2.3.1 有限元平衡方程

本软件采用有限元分析方法计算异形板的内力，把异形板划分为新型三角形广义协调有限单元。

计算方程

$$[K]\{\alpha\} = \{P\} \quad (2.3.1-1)$$

式中:

$\{\alpha\}$ ——总结点位移矩阵;

$\{P\}$ ——总结点力矩阵;

$[K]$ ——总刚度矩阵。

总刚度矩阵由单元刚度矩阵组装而成。

2.3.2 弯矩的方向规定

弯矩: 使板的下边缘受拉为正, 使板的上边缘受拉为负。

2.3.3 配筋方向的弯矩计算

有限元直接计算出来的内力结果有三个弯矩: 平行用户输入的方向、垂直用户输入的方向和跨中范围内的最大弯矩。

在配筋计算时, 需要根据板边或跨中配筋的方向 θ , 分别求出垂直和平行配筋方向上的弯矩 M_V 和 M_H , θ 由用户交互输入。

$$M_H = M_x \cos^2 \theta + M_y \sin^2 \theta + 2M_{xy} \cos \theta \sin \theta \quad (2.3.3-1)$$

$$M_V = M_x \sin^2 \theta + M_y \cos^2 \theta - 2M_{xy} \cos \theta \sin \theta \quad (2.3.3-2)$$

式中:

M_x ——x 方向的弯矩 (kN·m/m);

M_y ——y 方向的弯矩 (kN·m/m);

M_{xy} ——x 方向和 y 方向的扭矩 (kN·m/m)。

程序输出跨中范围内的最大弯矩及相关位置。

注意：程序输出的最大弯矩值是异形板内部各点（除板边点）正弯矩的最大值；如果板内各点的弯矩均为负值，则程序输出的最大弯矩值为第一点的弯矩值。

2.4 异形板正截面抗弯承载力计算

2.4.1 配筋说明

用户交互跨中弯矩与 X 轴的夹角 θ ，即给出了跨中的计算配筋方向。

本系统一共进行下列三种情况配筋选筋计算：

- (1) 每个板边左中右三个截面的垂直板边方向上的配筋计算。
- (2) 跨中配筋方向和垂直跨中配筋方向上弯矩最大值处的配筋计算。
- (3) 板边为自由约束时，左中右三个截面的平行板边方向的配筋计算。

配筋计算采用现行《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2002) 的相应公式。

本系统未计算异形板的冲切和剪切问题；

配筋单位为 mm^2/m ，即为每米宽度上的配筋面积。

2.4.2 异形板配筋计算

配筋计算按《混凝土结构设计规范》(GB50010-2002) 中的规定进行计算。

基本公式：

$$M \leq \alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_y' A_s' (h_0 - a_s') \quad (2.4.2-1)$$

$$\alpha_1 f_c b x \leq f_y A_s - f_y' A_s' \quad (2.4.2-2)$$

$$h_0 = h - a_s \quad (2.4.2-3)$$

$$a_s = c + 5 \quad (2.4.2-4)$$

式中:

- f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm^2);
- f_y —— 钢筋抗拉强度设计值 (N/mm^2);
- α_1 —— 系数。当混凝土强度等级不超过 C50 时, α_1 取为 1.0; 当混凝土强度等级为 C80 时, α_1 取为 0.94, 其间按线性内插法确定;
- f_y' —— 钢筋抗压强度设计值 (N/mm^2);
- M —— 截面作用弯矩设计值 ($\text{kN}\cdot\text{m}$);
- A_s —— 受拉区纵向钢筋计算截面面积 (mm^2);
- A_s' —— 受压区纵向钢筋截面面积 (mm^2);
- b —— 截面宽度 (mm), 这里取单位 1000 mm;
- h_0 —— 截面有效高度 (mm);
- h —— 计算截面处的截面高度 (mm)。
- a_s —— 受拉钢筋的重心到截面受拉区外边缘的距离 (mm);
- x —— 截面受压区高度 (mm);
- c —— 受拉纵筋混凝土保护层 (mm), 由用户交互。

按单筋矩形截面计算:

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b h_0^2} \quad (2.4.2-5)$$

$$\alpha_{s\max} = \xi_b (1 - 0.5 \xi_b) \quad (2.4.2-6)$$

若 $\alpha_s < \alpha_{s\max}$:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} \quad (2.4.2-7)$$

$$A_s = \frac{\xi \alpha_1 f_c b h_0}{f_y} \quad (2.4.2-8)$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} \quad (2.4.2-9)$$

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \epsilon_{cu}}} \quad (2.4.2-10)$$

$$\epsilon_0 = 0.002 + 0.5(f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \quad (2.4.2-11)$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} b h \quad (2.4.2-12)$$

比较计算配筋面积与构造最小配筋面积的大小，两者取大，即：

$$A_s = \max[A_s, A_{s,min}] \quad (2.4.2-13)$$

式中：

α_s —— 截面抵抗矩系数；

$\alpha_{s,max}$ —— 最大截面抵抗矩系数；

ξ —— 相对受压区高度；

x —— 混凝土受压区高度 (mm)；

ξ_b —— 界限相对受压区高度；

E_s —— 钢筋弹性模量 (N/mm²)；

β_1 —— 系数。当混凝土强度等级不超过 C50 时， β_1 取为 0.8，当混凝土强度等级为 C80 时， β_1 取为 0.74，其间按线性内插法确定；

ϵ_{cu} —— 正截面的混凝土极限压应变，当处于非均匀受压时，按以上公式计算，如果计算的 ϵ_{cu} 值大于 0.0033，取为 0.0033；当处于轴心受压时取为 ϵ_0 ；

ϵ_0 —— 混凝土压应力达到轴心抗压强度设计值时的压应变，当计算小于 0.002 时，取为 0.002；

$A_{s\min}$ ——按最小配筋率计算得到的受拉钢筋面积 (mm^2);

$\rho_{\min}$ ——受拉钢筋最小配筋率, 按第 2.4.3 节受拉钢筋最小配筋率取值。

若 $\alpha_s > \alpha_{s\max}$, 表示单筋不够, 有超筋信息提示, 应加大截面尺寸或提高混凝土强度等级。

2.4.3 受拉钢筋的最大、最小配筋率

1. 最大配筋率

受拉钢筋的最大配筋率

$$\rho_{\max} = \xi_b \alpha_1 f_c / f_y \quad (2.4.3-1)$$

ξ_b ——界限相对受压区高度;

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \varepsilon_{cu}}} \quad (2.4.3-2)$$

式中:

f_y ——钢筋的抗拉强度设计值 (N/mm^2);

β_1 ——系数。当混凝土强度等级不超过 C50 时, β_1 取为 0.8, 当混凝土强度等级为 C80 时, β_1 取为 0.74, 其间按线性内插法确定;

ε_{cu} ——正截面的混凝土极限压应变;

E_s ——钢筋弹性模量 (N/mm^2)。

2. 最小配筋率

受拉钢筋的最小配筋率

$$\rho_{s\min} = \max(0.2\%, 45 f_t / f_y \%) \quad (2.4.3-3)$$