

# 筏板中单柱独立基础剪力设计值的计算

王晓可

近期有用户在计算筏板中单柱独立基础抗剪验算时,对独立基础剪力设计值的计算提出了疑问:独基受剪的结果是如果得到的?与单元剪力是什么关系?

因为有限元承台(除规范算法)的剪力设计值与单元剪力有关,是通过单元剪力进行积分得到,所以,用户提出了疑问,独立基础的剪力设计值是否也和承台一样,与单元剪力有关?本文以筏板中单柱独立基础为例,求解其剪力设计值。

## 一、计算原则

我们首先看一下规范上对独立基础剪力设计值是如何规定的,《地规》8.2.9条,对于规范算法,独立基础的剪力设计值是阴影面积与基底平均净反力的乘积,即:

$$V_s = P_j * A_{阴} \quad (1-1)$$

$P_j$ ——阴影面积上基底平均净反力(压力)(kpa);

$A_{阴}$ ——计算截面到对应基础边缘的面积( $m^2$ )。

**8.2.9 当基础底面短边尺寸小于或等于柱宽加两倍基础有效高度时,应按下列公式验算柱与基础交接处截面受剪承载力:**

$$V_s \leq 0.7\beta_{hs}f_tA_0 \quad (8.2.9-1)$$

$$\beta_{hs} = (800/h_0)^{1/4} \quad (8.2.9-2)$$

式中:  $V_s$ ——相应于作用的基本组合时,柱与基础交接处的剪力设计值(kN),图8.2.9中的阴影面积乘以基底平均净反力;

$\beta_{hs}$ ——受剪切承载力截面高度影响系数,当 $h_0 < 800mm$ 时,取 $h_0 = 800mm$ ;当 $h_0 > 2000mm$ 时,取 $h_0 = 2000mm$ ;

$A_0$ ——验算截面处基础的有效截面面积( $m^2$ )。当验算截面为阶形或锥形时,可将其截面折算成矩形截面,截面的折算宽度和截面的有效高度按本规范附录U计算。

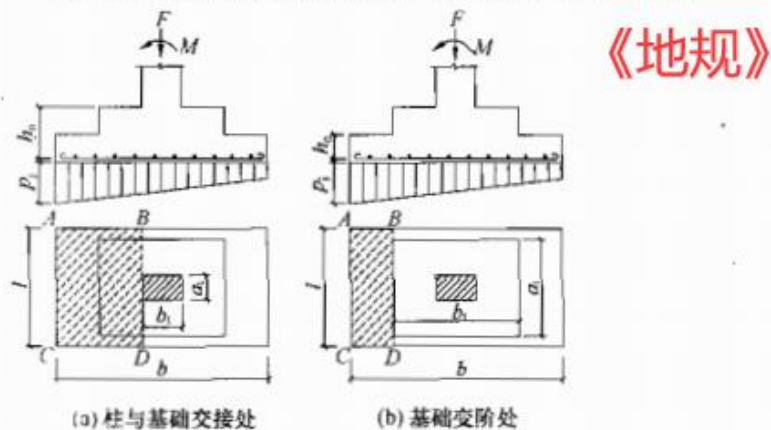


图 8.2.9 验算阶形基础受剪切承载力示意

这是针对刚体基础的,对于有限元基础应该如何计算呢?刚体基础与有限元基础都采用《地规》8.2.9条公式验算剪力设计值,区别是:刚体基础基础自重、覆土重、板面荷载与地基反力就地平衡,所以采用**基底净反力**计算剪力设计值,即公式(1-1);有限元基础不

能就地平衡，所以采用**基底总反力**计算剪力设计值，最后再扣除基础自重、覆土重、板面荷载所产生的剪力，公式如下：

$$V_s = P * A_{阴} - V_G \quad (1-2)$$

$P$ ——阴影面积上基底平均反力(压力)，包括自重、覆土重、板面荷载产生的基底压力(kpa)；  
 $V_G$ ——基础自重、覆土重、板面荷载在计算截面上产生的剪力设计值(kN)。

有限元基础如果勾选了高级参数中“柱(墙)均在构件轮廓内的多柱(墙)承台、独基按规范方法计算”，对独立存在的、没有筏板连接的多柱(墙)独基，仍按刚体基础计算，即通过基底净反力求解剪力设计值。需要注意的是，此参数只对不在筏板内以及不与地基梁连的基础有效；对于筏板内及与地基梁连的独立基础，这个参数不起作用，仍是有限元基础，按基底总反力求剪力设计值。

**高级参数-承台/独基设计**

筏板/防水板设计  
 地基梁/拉梁/砌体条基设计  
 承台/独基设计  
 冲切/剪切/局部受压验算  
 沉降计算  
 有限元分析求解  
 其他参数

**承台/独基设计**

**两桩承台设计**

跨高比小于5的承台梁：

按深受弯构件计算，按“纵筋+分布筋”方式配筋

按深受弯构件计算，按“纵筋+箍筋”方式配筋

按普通梁设计

按梁/板配筋的长宽比界限值

墙段超出承台轮廓时按梁设计

**三桩承台设计**

等边、等腰控制尺寸(mm)

矩形三桩承台按三向配筋

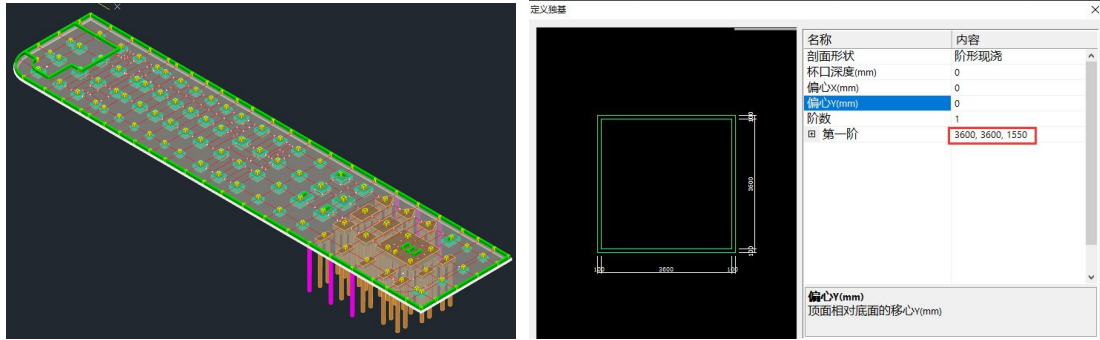
**其他**

**柱(墙)均在构件轮廓内的多柱(墙)承台、独基按规范方法计算**

一字型承台(桩数≥3)按梁设计(跨高比小于5时，配筋形式同两桩承台)

## 二、算例

以下工程为例(基础形式是筏板+独立基础+承台+桩)，求解筏板中单柱独立基础剪力设计值。独立基础构件信息如下：独立基础的尺寸是 3600mmx3600mmx1550mm(宽 x 高 x 厚)，柱子尺寸是 700mmx700mm，保护层厚度 40mm，有效高度 1500mm。板面均布恒荷载 5kN/m<sup>2</sup>，覆土重为 0。



### 五、受剪验算

\*-----\*

\* 以下输出柱(墙)与基础交界处或变阶处4个方向的受剪验算结果 \*  
 \* 依据规范: 建筑地基基础设计规范GB50007-2011第8.2.9条 \*  
 \* 验算公式:  $V_s \leq 0.7 * \beta_{hs} * f_t * A_0$  \*  
 \*  $\beta_{hs} = (800/h_0)^{0.25}$  \*  
 \* STEP: 剪切面包含的台阶数目, 柱墙边缘截面对应总台阶数 \*  
 \* Direct: 受剪截面的法线方向 (X+, X-, Y+, Y-) \*  
 \* Comb: 最大剪力对应的组合号 \*  
 \* Vs: 相应于作用的基本组合时, 柱与基础交接处的剪力设计值 (kN) \*  
 \*  $\beta_{hs}$ : 受剪切承载力截面高度影响系数 \*  
 \* A0: 验算截面处基础的有效截面面积 (mm\*mm) \*  
 \* h0: 截面有效高度 (mm) \*  
 \* ft: 混凝土轴心抗拉强度设计值 (MPa) \*  
 \* ftk: 混凝土轴心抗拉强度标准值 (MPa) \*  
 \* Dist: 柱(墙)边缘或台阶边缘到独基边缘的距离 (mm) \*  
 \* 对一阶独基, \*  
 \* (1) 当基础底面短边尺寸大于柱宽加两倍基础有效高度时, 不验算受剪承载力 \*  
 \* (2) 当独基和柱不对中, 4个方向(x+, x-, y+, y-)的Dist都>h0时不验算受剪承载力 \*  
 \* 对多阶独基, 柱和台阶边缘分别判断, 当各方向Dist/h0都大于1.0时不验算受剪承载力 \*  
 \* 依据混凝土结构设计规范11.1.6条规定, 地震组合下斜截面受剪承载力除以0.85 \*  
 \*-----\*

方向	b	bc	h0	验算结果		
x	3600	700	1500	$b \leq bc + 2 * h_0$	$Dist[x+] \leq h_0$	$Dist[x-] \leq h_0$
y	3600	700	1500	$b \leq bc + 2 * h_0$	$Dist[y+] \leq h_0$	$Dist[y-] \leq h_0$

截面号	STEP	Direct	Comb	Vs	$\beta_{hs}$	A0	h0	ft (k)	Dist/h0	R/S	验算结果
No. 1	1	x+	(30)	4145.9	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.23	满足
No. 2	1	x-	(30)	4304.8	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.18	满足
No. 3	1	y+	(30)	3849.8	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.32	满足
No. 4	1	y-	(30)	4599.2	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.11	满足

### 1. 验算是否需要剪切计算



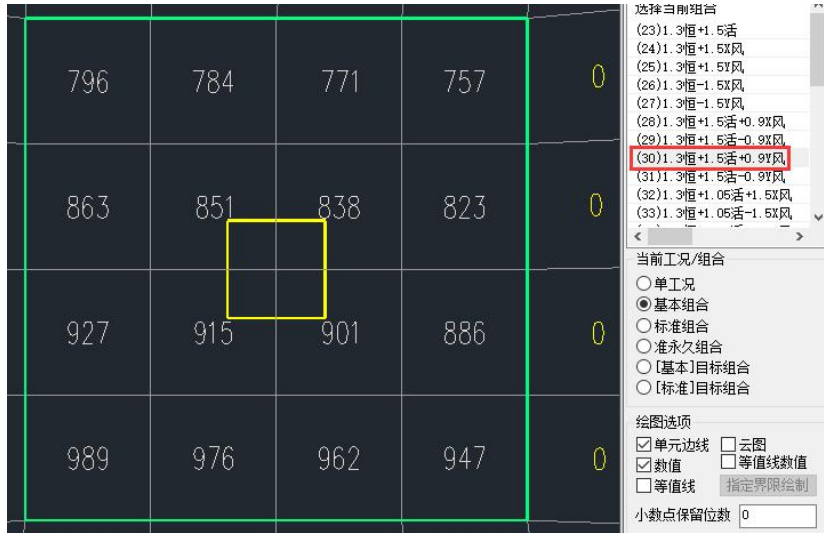
对于一阶独立基础, 计算截面在柱边。以计算截面法向 x-为例, 计算截面到对应基础边缘距离是 Dist, 则  $Dist/h_0 = (3.6 - 0.7) / 1.5 = 0.97 < 1$  需要受剪验算, 与构件信息一致。

控制工况是 30 工况: 1.3 恒+1.5 活+0.9Y 风, 下面考察 30 工况下的剪力设计如何计算。

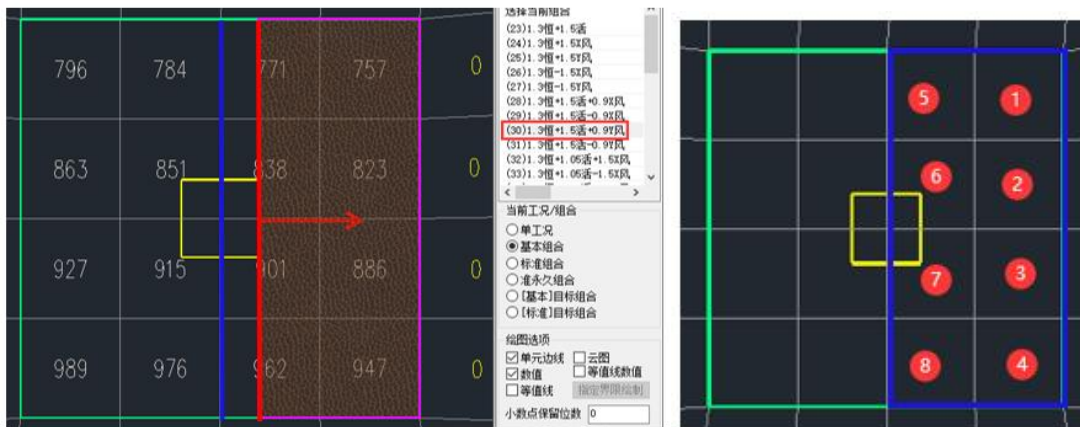
## 2. 剪力设计值的计算（计算截面 x+方向）

### (1) 阴影区域总剪力 $V_s'$

读取 30 工况下基底压力，如下图。



计算截面 x+方向，是指计算截面在柱右边缘（下图红色线处），其法线方向是 x 轴正向。阴影面积  $A_{阴}$  如下图粉色框内填充区域。蓝色线为基础中线。基础一半面积上有 8 个单元，单元编号如下图。



计算截面、阴影面积示意图

独立基础一半面积及其单元编号示意图

独立基础一半面积 ( $A_{1/2}$ ) 上的基底压力  $P_{1/2}$ :

$$P_{1/2} = \sum_{i=1}^n p_i A_i = \sum_{i=1}^8 p_i A_i \quad (2-1)$$

$P_{1/2}$ ——独立基础一半面积上基底压力 (kN)；

$p_i$ ——单元基底压力 (kPa)；

$A_{1/2}$ ——基础一半面积 ( $m^2$ )；

$A_i$ ——单元面积 ( $mm^2$ )；

$i$ ——单元编号。

阴影面积上的基底压力:

$$P_{阴} = \frac{A_{阴}}{A_{1/2}} \cdot P_{1/2} = \frac{A_{阴}}{A_{1/2}} \cdot \sum_{i=1}^n p_i A_i \quad (2-2)$$

$P_{阴}$ ——阴影面积上的基底压力（kN）。

按公式（2-1）将一半面积上的单元基底压力、单元尺寸、单元基底压力统计到表 1 中。得到一半面积上总压力  $P_{1/2}=5576.85\text{kN}$ ，基础一半面积为  $A_{1/2}=3.6\times 3.6/2=6.48\text{m}^2$ ，阴影区域面积  $A_{阴}=3.6\times (3.6-0.7)/2=5.22\text{m}^2$ ，按公式（2-2）得到

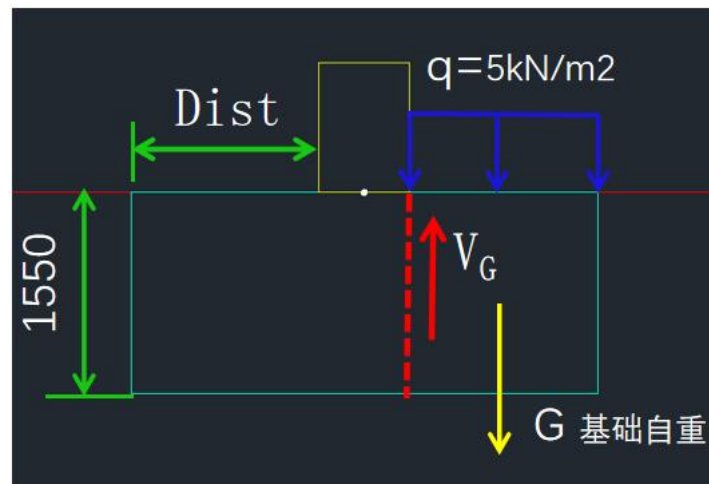
$$P_{阴} = \frac{A_{阴}}{A_{1/2}} \cdot P_{1/2} = \frac{A_{阴}}{A_{1/2}} \cdot \sum_{i=1}^n p_i \cdot A_i = \frac{5.22}{6.48} \times 5576.85 = 4492.46 \text{ kN}$$

即阴影区域总剪力设计值  $V_s'=P_{阴}=4492.46\text{kN}$ 。

表 1 一半面积上 ( $A_{1/2}$ ) 单元基底压力统计表

单元号	单元基底压力 $p_i$ (kpa)	单元宽度 $b_x$ (mm)	单元高度 $b_y$ (mm)	X+一侧单元基底压力 $P_i=p_i*b_x*b_y$ (kN)
1	757	900	900	613.17
2	823	900	900	666.63
3	886	900	900	717.66
4	947	900	900	767.07
5	771	900	900	624.51
6	838	900	900	678.78
7	901	900	900	729.81
8	962	900	900	779.22
合计 ( $P_{1/2}$ )				5576.85

(2) 基础自重、板面荷载产生的剪力设计值  $V_G$



独立基础上的板面荷载、自重如上示意图，独基  $3600\times 3600\times 1550$ （宽  $\times$  高  $\times$  厚，单位 mm），柱  $700\times 700$ （ $\text{mm}\times\text{mm}$ ）， $\text{dist}=(3600-700)/2=1450\text{mm}=1.45\text{m}$ ，则计算截面上的剪力：阴影区自重产生的剪力标准值  $G_k=25\times 1.45\times 1.55\times 3.6=202.275 \text{ kN}$

板面恒载产生的剪力标准值  $G_{qk}=5\times 1.45\times 3.6=26.1 \text{ kN}$

30 工况(1.3 恒+1.5 活+0.9Y 风)下，恒载分项系数是 1.3，故基础自重、板面荷载产生的剪力设计值  $V_G=1.3\times (202.275+26.1)=296.89 \text{ kN}$ 。

(3) 扣除自重、板面恒载的剪力设计值  $V_s$

将上述所求的阴影区域总剪力设计值  $V_s'$  扣除自重、板面恒载产生的剪力设计值  $V_G$ ，即：  
 $V_s = V_s' - V_G = 4492.46 - 296.89 = 4195.57 \text{ kN}$  与构件信息中 4145.9kN 一致。

方向	b	bc	h0	验算结果		
x	3600	700	1500	$b \leq bc + 2 \cdot h_0$	$\text{Dist}[x+] \leq h_0$	$\text{Dist}[x-] \leq h_0$
y	3600	700	1500	$b \leq bc + 2 \cdot h_0$	$\text{Dist}[y+] \leq h_0$	$\text{Dist}[y-] \leq h_0$

截面号	STEP	Direct	Comb	$V_s$	$\beta h_s$	A0	h0	ft(k)	Dist/h0	R/S	验算结果
No. 1	1	x+	(30)	4145.9	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.23	满足
No. 2	1	x-	(30)	4304.8	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.18	满足
No. 3	1	y+	(30)	3849.8	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.32	满足
No. 4	1	y-	(30)	4599.2	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.11	满足

### 3. 其余三个方向计算截面剪力设计值

#### (1) x-方向计算截面的剪力设计值

控制工况下基底压力、剪力设计求解过程及软件构件信息如下图表。



表 2 x-方向计算截面的剪力设计值

单元号	单元基底压力 $p_i$ (kpa)	单元宽度 $b_x$ (mm)	单元高度 $b_y$ (mm)	X+一侧单元基底压力 $P_i = p_i \cdot b_x \cdot b_y$ (kN)
1	796	900	900	644.76
2	863	900	900	699.03
3	927	900	900	750.87
4	989	900	900	801.09
5	784	900	900	635.04
6	851	900	900	689.31
7	915	900	900	741.15
8	976	900	900	790.56
合计 ( $P_{1/2} = \sum p_i b_x b_y$ )				5751.81
阴影区域总剪力设计值 $V_s' = \frac{A_{\text{阴}}}{A_{1/2}} \cdot P_{1/2}$				4633.4025
自重、板面恒载产生的剪力设计值 $V_G$				296.89
扣除自重、板面恒载的剪力设计值 $V_s = V_s' - V_G$				4336.515
软件计算的剪力设计值 $V_{s\text{计算}}$				4304.8
与构件信息中的误差 $(V_s - V_{s\text{计算}}) / V_s$				0.73% < 5%

表 2 x-方向计算截面的剪力设计值

方向	b	bc	h0	验算结果		
x	3600	700	1500	$b \leq bc + 2 \cdot h_0$	$\text{Dist}[x+] \leq h_0$	$\text{Dist}[x-] \leq h_0$
y	3600	700	1500	$b \leq bc + 2 \cdot h_0$	$\text{Dist}[y+] \leq h_0$	$\text{Dist}[y-] \leq h_0$

截面号	STEP	Direct	Comb	Vs	$\beta_{hs}$	A0	h0	ft(k)	Dist/h0	R/S	验算结果
No.1	1	x+	(30)	4145.9	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.23	满足
No.2	1	x-	(30)	4304.8	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.18	满足
No.3	1	y+	(30)	3849.8	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.32	满足
No.4	1	y-	(30)	4599.2	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.11	满足

(2) y+方向计算截面的剪力设计值

控制工况下基底压力、剪力设计求解过程及软件构件信息如下图表。



表 3 y+方向计算截面的剪力设计值

单元号	单元基底压力 pi (kpa)	单元宽度 bx(mm)	单元高度 by(mm)	X+一侧单元基底压力 Pi=pi*bx*by (kN)
1	796	900	900	644.76
2	784	900	900	635.04
3	771	900	900	624.51
4	757	900	900	613.17
5	863	900	900	699.03
6	851	900	900	689.31
7	838	900	900	678.78
8	823	900	900	666.63
合计 ( $P_{1/2} = \sum p_i b x b y$ )				5251.23
阴影区域总剪力设计值 $V_s' = \frac{A_{\text{阴}}}{A_{1/2}} \cdot P_{1/2}$				4230.1575
自重、板面恒载产生的剪力设计值 $V_g$				296.89
扣除自重、板面恒载的剪力设计值 $V_s = V_s' - V_g$				3933.27
软件计算的剪力设计值 $V_{s\text{计算}}$				3849.8
与构件信息中的误差 $(V_s - V_{s\text{计算}}) / V_s$				2.12% < 5%

方向	b	bc	h0	验算结果		
x	3600	700	1500	$b \leq bc + 2 \cdot h_0$	$\text{Dist}[x+] \leq h_0$	$\text{Dist}[x-] \leq h_0$
y	3600	700	1500	$b \leq bc + 2 \cdot h_0$	$\text{Dist}[y+] \leq h_0$	$\text{Dist}[y-] \leq h_0$

截面号	STEP	Direct	Comb	Vs	$\beta_{hs}$	A0	h0	ft(k)	Dist/h0	R/S	验算结果
No.1	1	x+	(30)	4145.9	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.23	满足
No.2	1	x-	(30)	4304.8	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.18	满足
No.3	1	y+	(30)	3849.8	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.32	满足
No.4	1	y-	(30)	4599.2	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.11	满足

(3) y-方向计算截面上的剪力设计值

控制工况下基底压力、剪力设计求解过程及软件构件信息如下图表。



表 4 y-方向计算截面的剪力设计值

单元号	单元基底压力 pi (kpa)	单元宽度 bx(mm)	单元高度 by(mm)	X+一侧单元基底压力 Pi=pi*bx*by (kN)
1	989	900	900	801.09
2	976	900	900	790.56
3	962	900	900	779.22
4	947	900	900	767.07
5	927	900	900	750.87
6	915	900	900	741.15
7	901	900	900	729.81
8	886	900	900	717.66
合计 ( $P_{1/2} = \sum p_i b x b y$ )				6077.43
阴影区域总剪力设计值 $V_s' = \frac{A_{阴}}{A_{1/2}} \cdot P_{1/2}$				4895.7075
自重、板面恒载产生的剪力设计值 $V_6$				296.89
扣除自重、板面恒载的剪力设计值 $V_s = V_s' - V_6$				4598.82
软件计算的剪力设计值 $V_{s\text{计算}}$				4599.2
与构件信息中的误差 ( $V_s - V_{s\text{计算}}$ ) / $V_s$				8.26E-3% < 5%

方向	b	bc	h0	验算结果		
x	3600	700	1500	$b \leq bc + 2 \cdot h_0$	$\text{Dist}[x+] \leq h_0$	$\text{Dist}[x-] \leq h_0$
y	3600	700	1500	$b \leq bc + 2 \cdot h_0$	$\text{Dist}[y+] \leq h_0$	$\text{Dist}[y-] \leq h_0$

截面号	STEP	Direct	Comb	Vs	$\beta_{hs}$	A0	h0	ft(k)	Dist/h0	R/S	验算结果
No.1	1	x+	(30)	4145.9	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.23	满足
No.2	1	x-	(30)	4304.8	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.18	满足
No.3	1	y+	(30)	3849.8	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.32	满足
No.4	1	y-	(30)	4599.2	0.85	5400000	1500	1.57	0.97	1.11	满足



### 三、结论

(1) 独立基础剪力设计值与基底压力有关，剪力设计值等于计算截面对应的阴影面积与基底反力（压力）的乘积，其中刚体基础采用基底净反力求解剪力设计值；有限元基础采用基底总反力求解剪力设计值，再扣除自重、覆土重、板面荷载所产生的剪力；

(2) 高级参数中勾选了“柱（墙）均在构件轮廓内的多柱（墙）承台、独基按规范方法计算”，有限元独立基础（在筏板中及与地基梁连的除外）按规范算法，即基底净反力求解剪力设计值；筏板中及与地基梁连的独立基础不能采用规范算法。

(3) 扣除自重、覆土重、板面荷载产生的剪力设计值时，需要考虑分项系数。