

# 替代化学植筋自锁锚杆设计

## 案例一：锚杆受拉（钢筋接长）

如图 1，初始条件为：

- (1) 混凝土强度为 C30,  $f_{cu, k}=30\text{N/mm}^2$ ;
- (2) 自锁锚杆直径 20mm, 有效面积  $A_0=245\text{mm}^2$ ;
- (3) 接长受力钢筋直径 20mm, 截面面积  $A_1=314\text{mm}^2$ ;
- (4) 自锁锚杆材质为 8.8 级碳素钢,  $f_{yk}=640\text{N/mm}^2$ ;
- (5) 接长受力钢筋为 HRB400,  $f_{yk}=400\text{N/mm}^2$ ,  $f_y=360\text{N/mm}^2$ 。

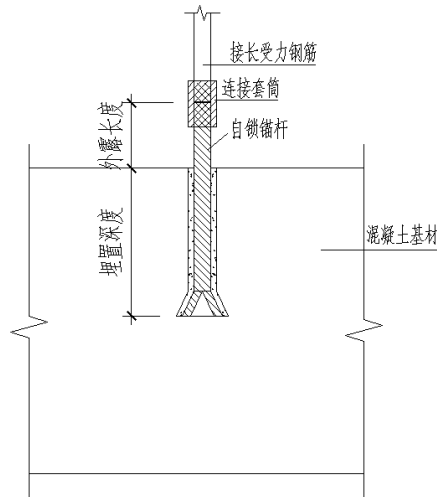


图 1 钢筋接长示意图

1、计算接长钢筋承载力设计值  $N_1=A_1 \times f_y=0.001 \times 314 \times 360=109.4\text{kN}$

2、根据公式： $N_{s,d} \leq N_d$ ， $N_d \leq A_s f_y / K_s$

式中： $N_{s,d}$  —— 锚杆拉力设计值（kN）；

$N_d$  —— 锚杆抗拉承载力设计值（kN）；

$f_{sk}$  —— 锚杆杆体材料抗拉强度标准值（kPa），对普通锚杆， $f_{sk}=f_{yk}$ ；

$A_s$  —— 锚杆杆体有效截面面积（ $\text{m}^2$ ）；

$K_s$  —— 锚杆杆体受拉破坏安全系数，对于结构构件取 1.3，对于非结构构件取 1.2。

自锁锚杆杆体承载力设计值  $N_d \leq A_s f_{sk} / K_s = 0.001 \times 245 \times 640 / 1.3 = 120\text{kN}$

$> N_{s,d} = N_1 = 109.4\text{kN}$ ，承载力满足要求。

## 案例二：拉剪受力

如图 2，初始条件为：

- (1) 混凝土强度为 C30,  $f_{cu,k}=30\text{N/mm}^2$ ;
- (2) 选用自锁锚杆直径 20mm, 有效面积  $A_0=245\text{mm}^2$ ;
- (3) 自锁锚杆材质为 8.8 级碳素钢,  $f_{yk}=640\text{N/mm}^2$ ;
- (4) 假设预埋件及锚杆构造均满足要求, 通过外荷载作用于埋件上, 传递至单根锚杆上的最大拉力  $N=90\text{KN}$ , 剪力  $V=35\text{KN}$ 。
- (5) 锚杆直孔段: 锚固段注浆体与混凝土的粘结强度标准值  $f_{mck}=2.85\text{MPa}$ ; 锚固段注浆体与锚杆体的粘结强度标准值  $f_{msk}=6.0\text{MPa}$ 。
- (6) 锚固段直孔孔径  $D=25\text{mm}$ , 底部扩大锥直径  $D_+=38\text{mm}$ 。

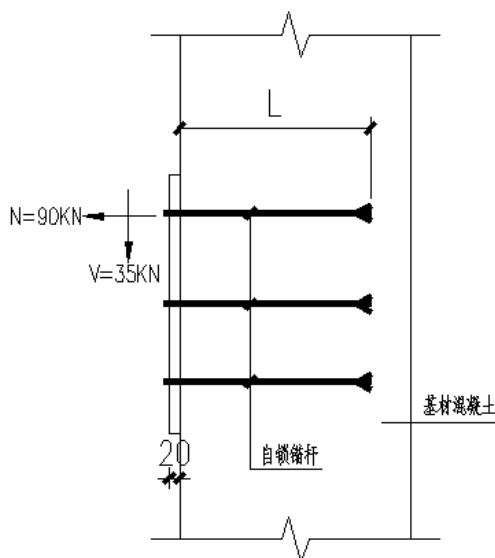


图 2 预埋件锚杆受力示意图（暂不考虑拉力、剪力组合效应）

### 1、锚杆规格选用：

根据单根锚杆最大拉力和剪力值并参照产品手册，选取直径 20，材质为 8.8 级自锁锚杆（ $N_d=120\text{KN}$ ， $N_{vd}=48.3\text{KN}$ ）。

### 2、锚杆基本锚固深度计算：

考虑充分利用材料强度根据规程公式

$$H = \sqrt[3]{\frac{(\Psi_c N_d)^2}{9.8^2 f_{cu,k}}}$$

式中： $H$ ——混凝土锚杆的基本锚固深度；

$N_d$ ——锚杆抗拉承载力设计值 (kN);

$\Psi_c$ ——混凝土锥体破坏受拉承载力安全系数, 取 2;

$f_{cu, k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值 (kPa), 当  $f_{cu, k} > 45\text{N/mm}^2$  时, 应乘降低系数 0.95。

代入初始条件中相关计算参数, 可知锚杆计算基本锚固深度  $H=271\text{mm}$ , 实际取值  $H=360\text{mm}$

$$H = \sqrt[3]{\frac{(\Psi_c N_d)^2}{9.8^2 f_{cu, k}}} = \sqrt[3]{\frac{(2 \times 120)^2}{9.8^2 \times 30}} = 271\text{mm}$$

3、扩孔自锁锚杆的锚固段承载力应按下式计算:

$$N_d \leq N_{t1} + N_{t2}$$

式中:  $K_c$ ——锚杆承载力计算安全系数, 对于结构构件取 2, 对于非结构构件取 1.7;

$N_{t1}$ ——锚固段中的直孔段注浆料的粘结锚固力设计值 (kN);

$N_{t2}$ ——内锚头的自锁锚固力设计值 (kN)。

锚固段中的直孔段注浆料的粘结锚固力设计值为下列两个公式中的较小值:

$$N_{t1} = \pi D f_{mck} \Psi L_a / 2$$

$$N_{t1} = \pi d f_{msk} \Psi L_a / 2$$

内锚头的自锁锚固力设计值为:

$$N_{t2} = 1.8 \beta_c \beta_l f_{ck} A_{ln}$$

式中:  $d$ ——锚杆杆体直径 (m),  $d=20\text{mm}$ ;

$D$ ——锚固段直孔孔径,  $D=25\text{mm}$ ;

$D_+$ ——底部扩大锥直径,  $D_+=38\text{mm}$ ;

$f_{mck}$ ——锚固段注浆体与混凝土的粘结强度标准值 (kPa);

$\Psi$ ——锚固长度对粘结强度的影响系数, 混凝土锚杆  $\Psi$  值可取 1。

$A_{ln}$ ——混凝土局部受压垂直投影面积 ( $\text{m}^2$ ),

$$\text{此处 } A_{ln} = [\pi(D_0)^2 - \pi(d)^2] / 4 = 3.14 \times [(38)^2 - (20)^2] / 4 = 819.54\text{mm}^2;$$

$\beta_c$ ——混凝土强度影响系数, 当混凝土强度等级不超过 C30 时, 取 1.0;

当混凝土强度等级为 C60 时, 取 0.6; 期间采用线性内插法确定。

$\beta_l$ ——局部受压时的强度提高系数, 取 3。

$$N_{t1} = \pi D f_{mck} \Psi L_a / 2 = 3.14 \times 25 \times 2.85 \times 10^3 \times 360 \times 10^{-3} / 2 = 40.27\text{KN}$$

$$N_{t1} = n \pi \xi d f_{msk} \Psi L_a / 2 = 3.14 \times 1.0 \times 20 \times 6 \times 10^3 \times 360 \times 10^{-3} / 2 = 67.8\text{KN}$$

取二者较小值  $N_{t1} = 40.27\text{KN}$

$$N_{t2} = 1.8 \beta_c \beta_l f_{ck} A_{ln} = 1.8 \times 1.0 \times 3 \times 20.1 \times 10^3 \times 819.5 \times 10^{-6} = 88.95\text{KN}$$

$$N_d = 120\text{KN} \leq N_{t1} + N_{t2} = 40.27 + 88.95 = 129.22\text{KN}$$

承载力满足要求，自锁锚杆强度由杆体强度控制。

4、混凝土锚杆杆体受拉承载力应按下式计算：

$$N_{s,d} \leq N_d$$

$$N_d \leq A_s f_{sk} / K_s$$

式中： $N_{s,d}$  —— 锚杆拉力设计值（kN）；

$N_d$  —— 锚杆抗拉承载力设计值（kN）；

$f_{sk}$  —— 锚杆杆体材料抗拉强度标准值（kPa），对普通锚杆， $f_{sk} = f_{yk}$ ；对预应力锚杆， $f_{sk} = f_{pyk}$ ；

$A_s$  —— 锚杆杆体有效截面面积（ $\text{m}^2$ ）；

$K_s$  —— 锚杆杆体受拉破坏安全系数，对于结构构件取 1.3，对于非结构构件取 1.2。

抗拉承载力设计值  $N_d = A_s f_{sk} / K_s = 0.001 \times 245 \times 640 / 1.3 = 120\text{KN} > N_{s,d} = 90\text{KN}$ ，抗拉承载力满足要求。

5、扩孔自锁锚杆抗剪承载力计算：

考虑群锚效应，扩孔自锁锚杆抗剪承载力标准值  $N_{vk} = 0.5 \times 0.8 \times K_s \times N_d$ ，抗剪承载力设计值  $N_{vd} = 0.5 \times 0.8 \times N_d$ ；对于断后伸长率不大于 8% 的锚杆，抗震设计时应乘以 0.8 的降低系数。

抗剪承载力设计值  $N_{vd} = 0.5 \times 0.8 \times N_d = 0.5 \times 0.8 \times 120 = 48\text{KN}$ ，抗剪承载力满足要求故选取杆体材质强度承载力满足要求。