

$$= \left[\frac{\cos 35^\circ}{\sqrt{\cos 11.67^\circ - \sqrt{\sin(35^\circ + 11.67^\circ) \cdot \sin 35^\circ}}} \right]^2$$

$$= 5.68$$

$$K_p - K_a = 5.68 - 0.27 = 5.41$$

由线荷载 $P = 94.4 \text{ kN/m}$ 的附加土压力 $\triangle E$:

$$\theta_a = 45^\circ + \frac{\varphi}{2},$$

$$\triangle E = P \cdot \sqrt{K_a}$$

$$= P \cdot \tan(45^\circ - \frac{35^\circ}{2})$$

$$= 49.14 \text{ kN}$$

$\triangle E$ 的作用点距地面的距离为 h

$$h = b \times \tan \varphi + \frac{b \cdot \tan(45^\circ + \frac{\varphi}{2}) - b \cdot \tan \varphi}{2}$$

$$= 0.5 \tan 35^\circ + \frac{0.5 \tan(45^\circ + \frac{35^\circ}{2}) - 0.5 \tan 45^\circ}{2}$$

$$= 0.66 \text{ m}$$

3.2 计算桩长

$$\mu = \frac{e_a}{(K_p - K_a) \cdot \gamma} = \frac{\gamma \cdot H \cdot K_a}{(K_p - K_a) \cdot \gamma} = \frac{4.3 \times 0.27}{5.41}$$

$$= 0.22 \text{ m}$$

$$\ell = H + \mu = 4.3 + 0.22 = 4.52 \text{ m}$$

$$E_1 = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a = \frac{1}{2} \times 18 \times 4.3^2 \times 0.27$$

$$= 44.93 \text{ kN}$$

$$E_2 = \frac{1}{2} \times 0.22 \times (18 \times 4.3 \times 0.27) = 2.30 \text{ kN}$$

主动土压力合力:

$$\Sigma E = \triangle E + E_1 + E_2$$

$$= 49.14 + 44.93 + 2.30$$

$$= 96.37 \text{ kN}$$

其主动土压力的合力中心距地面的距离为 a

$$a = \frac{\triangle E \cdot h + E_1 \cdot \frac{2}{3} H + E_2 (H + \frac{1}{3} \mu)}{\Sigma E}$$

$$= [49.14 \times 0.66 + 44.93 \times \frac{2}{3} \times 4.3 + 2.30$$

$$(4.3 + \frac{1}{3} \times 0.22)] \div 96.37$$

$$= 1.78 \text{ m}$$

$$m = \frac{6 \Sigma E}{(K_p - K_a) \cdot \gamma \cdot \ell^2}$$

$$= \frac{6 \times 96.37}{5.41 \times 18 \times 4.52^2} = 0.29$$

$$n = \frac{6 \Sigma E \cdot a}{(K_p - K_a) \cdot \gamma \cdot \ell^3}$$

$$= \frac{6 \times 96.37 \times 1.78}{5.41 \times 18 \times 4.52^3} = 0.11$$

查 BL_{um} 曲线或解 $\xi^3 = m(1 + \xi) - n$ 方程得:

$$\xi = 0.73$$

$$x = \xi \cdot \ell = 0.73 \times 4.52 = 3.30 \text{ m}$$

故插入深度

$$t = \mu + 1.2x$$

$$= 0.22 + 1.2 \times 3.30 = 4.18$$

桩长 $L = t + H$

$$= 4.18 + 4.3 = 8.48 \text{ m}$$

实际桩长取 $L = 9.0 \text{ m}$

3.3 计算桩身最大弯矩 M_{\max}

剪力为零处弯矩最大,图3中,设从D往下 X_m 处剪力为零,则被动土压力等于 ΣE ,即:

$$\Sigma E - \frac{1}{2} \gamma \cdot X_m^2 (K_p - K_a) = 0$$

$$X_m = \sqrt{\frac{2 \Sigma E}{(\gamma \cdot (K_p - K_a))}} = \sqrt{\frac{2 \times 96.37}{5.41 \times 18}} = 1.41 \text{ m}$$

$$M_{\max} = \Sigma E \cdot (\ell + X_m - a) - \frac{(K_p - K_a) \cdot \gamma \cdot X_m^3}{6}$$

$$= 96.37(4.52 + 1.41 - 1.78) -$$

$$\frac{5.41 \times 18 \times 1.41^3}{6} = 354.44 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

因桩间距为 1.75 m

$$\text{则 } M_{\max} = 1.75 \times 354.44 = 620.27 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

4 计算桩身配筋

通常,悬臂式支护桩的配筋计算是按规范中沿周边均匀配置钢筋的圆形截面混凝土偏心受压构件进行的。事实上,护坡桩主要承受土的主动土压力,其弯矩是定向的。因此,其纵向钢筋不必沿周边均匀布置,而应尽量布置在邻土面,即桩的受拉区,以充分发挥钢筋的作用。

下面,对这两种配筋计算方法进行比较,以便从中选择最优方案。

4.1 方案一 沿周边均匀布置钢筋

根据混凝土结构设计规范 GBJ10—89,按圆形受弯构件计算,沿周边均匀配置钢筋。

设支护桩的混凝土等级为 C_{25} ,受力钢筋为 II 级,配筋 $16\phi 28$ 。

$$\text{则 } f_{cm} = 13.5 \text{ N/mm}^2 \quad f_y = 290 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_s = 345\text{mm}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times 800^2 = 502\,655\text{mm}^2$$

$$A_s = 9\,844.8\text{mm}^2$$

根据 GBJ10—89 第 4.1.11, 4.1.19 条, 在公式 (4.1.19—1) 中令 $N=0$ 得:

$$\alpha \cdot f_{cm} \cdot A \left(1 - \frac{\sin 2\pi\alpha}{2\pi}\right) + (\alpha - \alpha_1) f_y \cdot A_s = 0$$

$$\text{式中 } \alpha_1 = 1.25 - 2\alpha$$

$$\text{令 } b = \frac{f_y A_s}{f_{cm} \cdot A}$$

$$= \frac{290 \times 9844.8}{13.5 \times 502655} = 0.42 \text{ 代入上式得}$$

$$\alpha = \frac{1}{1+3b} \left(1.25b + \frac{\sin 2\pi\alpha}{2\pi}\right)$$

$$= \frac{1}{1+3 \times 0.42} \left(1.25 \times 0.42 + \frac{\sin 2\pi\alpha}{2\pi}\right)$$

$$= 0.23 + 0.07 \sin 2\pi\alpha$$

$$\text{计算得: } \alpha = 0.30$$

$$\alpha_1 = 1.25 - 2 \times 0.30 = 0.65 \text{ 代入规范公式}$$

(4.1.19—2) 中得:

$$M = \frac{2}{3} f_{cm} \cdot A \cdot \gamma \cdot \frac{\sin^3 \pi\alpha}{\pi} + f_y \cdot A_s \cdot \gamma_s \cdot \frac{\sin \pi\alpha + \sin \pi\alpha_1}{\pi}$$

$$= \frac{2}{3} \times 13.5 \times 50\,2655 \times 400 \times \frac{\sin^3 54^\circ}{\pi} + 290 \times$$

$$9\,844.8 \times 345 \times \frac{\sin 54^\circ + \sin 117^\circ}{\pi}$$

$$= 838.00\text{kN} \cdot \text{m} \geq 1.2M_{\max} = 744.32\text{kN} \cdot \text{m}$$

4.2 方案二 采用不对称配筋

为简化计算, 将支护桩视为受弯构件, 忽略支护桩自重的影响。

根据单筋梁正截面强度计算公式, 首先假定圆形截面受压区混凝土的应力采用等效矩形应力, 其取值为 f_{cm} 。

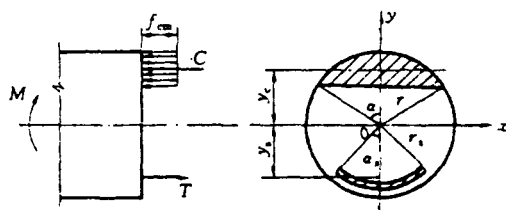


图 4 圆形截面受弯构件计算简图

图 4 所示为受力构件的截面。其半径为 γ , 受

拉钢筋的面积为 A_s , 分布于沿半径 γ_s , 圆心角 $2\alpha_s$ 的范围内的圆周上。

受弯构件的受压区为弓形, 其弓矩面积为

$$s = \frac{\gamma^2}{2} (2\alpha - \sin 2\alpha), \text{ 则受压区混凝土的合力 } C$$

及其形心离 X 轴的距离 y_c 为:

$$C = f_{cm} \cdot s = f_{cm} \cdot \frac{\gamma^2}{2} (2\alpha - \sin 2\alpha)$$

$$y_c = \frac{4\gamma}{3} \times \frac{\sin^3 \alpha}{2\alpha - \sin 2\alpha}$$

$$\text{令 } \kappa = \frac{2\alpha - \sin 2\alpha}{2} \quad \kappa_1 = \frac{4}{3} \times \frac{\sin^3 \alpha}{2\alpha - \sin 2\alpha}$$

$$\text{则 } c = \kappa \cdot f_{cm} \cdot \gamma^2 \quad \text{①}$$

$$y_c = \kappa_1 \cdot \gamma \quad \text{②}$$

受拉区钢筋的合力离 x 轴的距离为 y_s

$$y_s = \frac{\gamma_s \sin \alpha_s}{\alpha_s} \quad \text{令 } \kappa_2 = \frac{\sin \alpha_s}{\alpha_s}$$

$$\text{则 } y_s = \kappa_2 \cdot \gamma_s \quad \text{③}$$

由《混凝土结构设计规范》GBJ10—89 第 4.1.5 条公式 4.1.5—1、4.1.5—2 得:

$$M \leq C \cdot (y_c + y_s) \quad C = T = f_y \cdot A_s$$

将式①②③代入并整理得

$$M = \kappa \cdot f_{cm} \cdot \gamma^3 (\kappa_1 + \kappa_2 \frac{\gamma_s}{\gamma}) \quad \text{⑤}$$

$$\kappa f_{cm} \cdot \gamma^2 = f_y \cdot A_s \quad \text{⑥}$$

$$\text{令 } m = \kappa (\kappa_1 + \kappa_2 \frac{\gamma_s}{\gamma}) \quad \text{⑦}$$

$$\text{则式⑤ } M = m \cdot f_{cm} \cdot \gamma^3$$

$$m = \frac{M}{f_{cm} \cdot \gamma^3}$$

$$= \frac{1.2 \times 620.27 \times 10^6}{13.5 \times 400^3} = 0.86$$

令受拉钢筋均匀布置在正对圆心角 $2\alpha_s = 100^\circ$ 的半径为 $\gamma_s = 400 - 55 = 345\text{mm}$ 的圆周上。

$$\kappa_2 = \frac{\sin \alpha_s}{\alpha_s} = \frac{\sin 50^\circ}{50^\circ \times \frac{\pi}{180}} = 0.86$$

$$\text{则由式⑦得 } \kappa (\kappa_1 + 0.86 \times \frac{345}{400}) = 0.86$$

$$\text{将 } \kappa = \frac{2\alpha - \sin 2\alpha}{2} \quad \kappa_1 = \frac{4}{3} \cdot \frac{\sin^3 \alpha}{(2\alpha - \sin 2\alpha)} \text{ 代入}$$

上式得

$$0.6667 \sin^3 \alpha + 0.3795 (2\alpha - \sin 2\alpha) = 0.86$$

$$\text{解之得 } \alpha = 58.85^\circ$$

$$\kappa = \frac{2\alpha - \sin 2\alpha}{2}$$

$$= \frac{58.85 \times 2 \times \frac{\pi}{180} - \sin 2 \times 58.85^\circ}{2}$$

$$= 0.58$$

设钢筋直径 $d > 25\text{mm}$ $f_y = 290\text{N/mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{由式⑥得 } A_s &= \frac{\kappa \cdot f_{cm} \cdot \gamma^2}{f_y} \\ &= \frac{0.58 \times 13.5 \times 400^2}{290} \\ &= 4320\text{mm}^2 \end{aligned}$$

为保证钢筋的间距 $s \geq 100\text{mm}$

$$\text{钢筋根数应满足 } n \leq \frac{2\alpha_s \cdot \pi}{180 \cdot s} \cdot \gamma_s$$

$$= \frac{\pi}{180} \gamma_s = \frac{\pi}{180} \times 345 = 6.02$$

再进行验算,由 GBJ10—89 公式 4.1.3—1 得:

$$\xi_b = \frac{0.8}{1 + \frac{f_y}{0.0033E_s}} = \frac{0.8}{1 + \frac{290}{0.0033 \times 2 \times 10^5}}$$

$$= 0.556$$

$$x = \gamma(1 - \cos \alpha) = 400(1 - \cos 58.85^\circ)$$

$$= 193.09\text{mm}$$

$$\xi_b h_0 = 0.556(400 + 345) = 414.22\text{mm}$$

$$x \leq \xi_b h_0$$

由式(4.1.4—1)得

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \frac{f_y}{\xi_b - 0.8} \left[\frac{\gamma(1 - \cos \alpha)}{\gamma + \gamma_s \cos \alpha_s} - 0.8 \right] \\ &= \frac{290}{0.556 - 0.8} \left[\frac{400(1 - \cos 58.85^\circ)}{400 + 345 \cos 50^\circ} - 0.8 \right] \\ &= 581.72\text{N/mm}^2 \geq f_y = 290\text{N/mm}^2 \text{ 可} \end{aligned}$$

故选用 6Φ32 ($A_s = 4826\text{mm}^2$), 纵向构造钢筋为 5Φ16, 即采用 6Φ32 排放于正圆心角 $2\alpha = 100^\circ$, 半径为 $\gamma_s = 345\text{mm}$ 的圆周上, 其余桩身沿圆周配

5Φ16 通长钢筋。

4.3 二种方案比较

由表可看出,采用单侧布置钢筋(即不对称配筋)的钢筋混凝土支护桩,每根桩可节约钢筋 40.78%。因此,本设计采用方案二。

序号	方案	配筋	单根桩纵筋用钢量
1	沿周边均匀布置钢筋	16Φ28	695.52kg
2	单侧布置钢筋	6Φ32 + 5Φ16	411.84kg

5 结论和建议

5.1 对于定向作用弯距的圆形截面构件,其配筋不必沿周边均匀布置,而应尽量布置在受拉区,即采用不对称配筋。可比均匀布置钢筋节约钢筋 40.13%。

5.2 在本设计中设置圈梁只是作为一种安全储备,没有考虑圈梁对桩身受力的影响。而实践表明,圈梁可改变支护桩的受力和变形,起到减小桩顶位移和桩身弯距的作用。

5.3 建议在设计中考虑圈梁的空间效应,根据桩位采用不同的配筋形式,以降低工程造价。

5.4 深基坑支护工程能否与结构设计相结合,利用基础桩作为挡土桩,扩大挡土桩的技术经济效果。比如,在四周紧靠现有建筑物、场地狭小、土质较差的条件下,利用基础桩作为挡土桩是开挖深基坑的一种有效手段。

(收稿日期:2000—9—6)

(上接第9页)把工务专用器具检定设在怀化工务段,为总公司所有工务系统服务。

3.3 现已承担了向总公司工务部门负责检定轨温计钢轨探伤仪、列车测速仪、道尺、支距尺标准器等检定任务,并准备与外局驻怀单位承担项目内检定任务,统一负责各工务系统的器具检定任务,确保设备器具状态完好。

3.4 建标后设备得到充分利用,减少了劳力浪费。

一是提高经济收入;

二是增强了检定员的责任心,解决当前检定员工作不饱和及缺乏责任心状况;

三是有利于检定员专业水平检定质量的提高。

这样既符合市场经济发展的需要,也符合向高技术发展的需要。

当然,要搞好计量工作是一个值得探讨研究深层次的问题,计量工作人员要树立全心全意为党的事业无私奉献精神。在当前市场经济形势下,计量工作已逐步走向社会,工作近年来得到实质性的进展。任何事情都是通过人去做,只有加强领导,调动计量人员的积极性,才能搞好计量工作,使计量工作在安全生产中发挥应有的作用。

(收稿日期:2000—6—6)