

50-52

钻孔灌注桩水下灌注时砼在环空中 流动阻力计算方法的探讨

TU 473.14

张泽业

(成都理工学院·成都·610059)

A

采用直升导管法进行水下(泥浆下)灌注施工时,确定灌注工艺参数的难点是如何确定砼在环空中的流动阻力,砼在环空中的流动阻力可以通过室内模拟实验结合施工现场的实测来确定;本文拟应用流体力学和砼的流变特性的原理,从理论上探讨砼在环空中流动阻力的计算方法。

关键词 钻孔灌注桩, 砼, 流动阻力, 计算方法

水下灌注



图 1 灌注桩施工示意图

1 砼在环空中流动阻力的计算方法

砼在环空中流动阻力主要由以下 4 种阻力构成:桩孔超径后的阻力;导管联接部位的附加阻力(比如采用法兰盘一螺栓联接);钢筋笼的阻力;孔壁的不规则性的附加阻力。

为简化计算,根据流体力学中的当量代换原理,作以下假设。

(1)以与环空过流截面过流能力相当的圆管流道代换环空流道,其当量半径为 R_c 。

$$R_c = R - r$$

式中: R ——桩孔半径, (m); r ——导管半径, (m)。

(2)环空中砼面以上泥浆柱高以砼柱高代换,其当量高度为:

$$W \frac{\gamma_w}{\gamma_c}, \quad (C = L + W \frac{\gamma_w}{\gamma_c})$$

式中: γ_w 、 γ_c ——分别为泥浆和砼的重度 (N/m^3); C ——导管内平衡环空中砼柱和泥浆柱压力所需砼柱高, (m); L ——导管埋深,

(m); W ——环空中泥浆柱高, (m)。

1.1 桩孔超径后的阻力计算

任何钻进成孔方法,不论其钻进工艺技术如何精良,都会有不同程度的超径(相对于设计桩径而言),难于用一个“超径系数”来表征实际成孔直径的大小,但桩孔直径大小应受“规范”规定的灌注充盈系数 K 的限制,即 $K = 1.1 \sim 1.3$ 。

$$\therefore K = \frac{D_2^2}{D_1^2}$$

式中: D_1 、 D_2 ——分别为设计桩径和实际桩孔的平均直径。

$$\text{则有: } \sqrt{1.1} D_1 \leq D_2 \leq \sqrt{1.3} D_1$$

$$1.048 D_1 \leq D_2 \leq 1.14 D_1$$

成孔直径应在上式限定的范围内,为统一计算标准,可按 $D_2 = 1.14 D_1$ 进行计算。

$$\text{这样 } T_1 = 2\pi R_c \cdot \tau_c \cdot C$$

式中: T_1 ——桩孔超径后的阻力, (N); R_c ——实际桩孔环空的当量圆管半径, $R_c = R - r$; τ_c —— R_c 处的切应力, (N/m^2)。

据砼的流变特性有:

$$\tau_c = \frac{4}{3} \tau_f \left[1 - \left(\frac{r}{R_c} \right)^3 \right] + \tau_r \left(\frac{r}{R_c} \right)^3$$

式中: τ_f ——砼的屈服切应力, (N/m^2);

本文 1996 年 4 月收到,王梅编辑。

τ_r ——砼在导管内流动时 r 处的切应力, (N/m²)。

据实测资料, $w/c=0.5\sim0.55$, $s/a=0.44$, $T=18\sim20\text{cm}$ 的高流动性砼, 其 τ_f 值在 $75\sim100\text{N/m}^2$, 相应的 τ_r 在 $112.5\sim150\text{N/m}^2$ 范围内。

1.2 导管联接部位的附加阻力计算

砼流过环空导管联接部位(法兰盘—螺栓联接)的附加阻力相当于其当量圆形流道中设置有“孔板”的阻力, 如图 1 所示, 根据流体力学中圆形等截面流道中“孔板”附加阻力的计算方法:

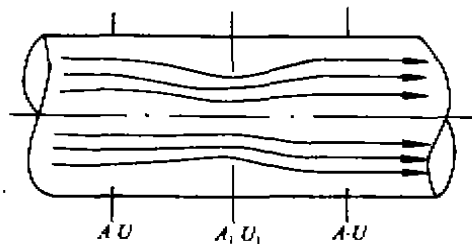


图 1

$$T_2 = N \cdot \xi \cdot \mu^2 \Delta p$$

式中: T_2 ——砼流过导管接头部位的阻力, (N); N —— C 长度砼柱流过导管联接部位的个数; ξ ——砼流过导管联接部位的阻力系数, $\xi = \left[\frac{A}{A_1 \cdot \alpha} - 1 \right]^2$, A 、 A_1 分别为当量圆形流道的截面积和导管联接部位的当量圆形流道的截面积, $A = \pi R_e^2$, $A_1 = \pi (R_e - \delta)^2$, δ 为法兰盘的宽度, (m), $\alpha = 0.63 + 0.37 \left(\frac{A_1}{A} \right)^3$; μ ——流量系数, 其值为 0.61; Δp ——推动砼在灌注系统流动的压差, (N), $\Delta p = \pi r^2 B \gamma_1 - 2\pi r B \tau_r = \pi r B (\gamma_1 - 2\tau_r)$

1.3 砼流过钢筋笼的阻力计算

砼流过钢筋笼的阻力计算是以构成钢筋笼的主筋、箍筋、加劲筋在砼流动方向的流面乘以该处的切应力而得, 即:

$$T_3 = \beta \cdot \pi \tau_x \cdot C \left[d_1 \cdot n + 2(R_e - b) \frac{d_2}{m_1} + 2(R_e - b + d_3) \frac{d_3}{m^2} \right]$$

式中: T_3 ——砼流过钢筋笼的阻力, (N); β ——钢筋笼节点的附加阻力系数, 其值为 1.2; n ——为主筋数; d_1 、 d_2 、 d_3 ——分别为主筋、箍筋、加劲筋直径, (m); m_1 、 m_2 ——分别为箍筋、加劲筋间距, (m); b ——为主筋砼保护层厚度, (m); τ_x ——钢筋笼直径处的切应力, (N/m²)。

根据砼在圆形流道中切应力的分布规律, 如图 2 所示, 有:

$$\tau_x = \tau_e \frac{R_e - b}{R_e}$$

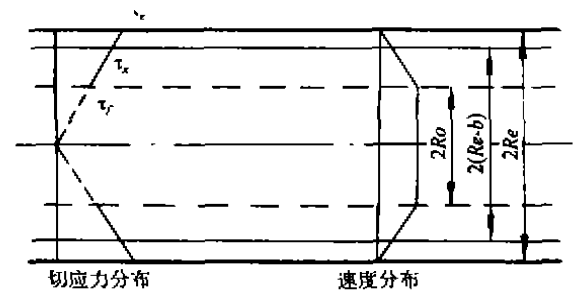


图 2

1.4 桩孔壁不规则性的附加阻力计算

桩孔壁不规则性可用流体力学中流道管壁的“粗糙度” ε 值来表征, 如图 3 所示, 砼流动的层流区厚度为 $R_e - R_0$, 从图中可知, “粗糙度”的下边界限总是在砼流动的层流区间范围内, 即孔壁的“绝对粗糙度”总是完全淹没在砼流动的层流边层之中, 根据流体力学原理, 在这种情况下, 对砼流动的“塞流”区的流动影响极小。因此, 这部分附加阻力可以忽略不计。

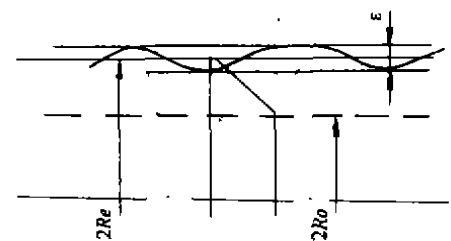


图 3

这样砼在环空中流动的总阻力为

$$T = T_1 + T_2 + T_3$$

2 实例

桩孔深 13m;设计桩径 0.6m,导管直径 0.2m,导管埋深 6m, $C=9.3\text{m}$, $B=5.77\text{m}$, 砼的坍落度为 20cm, $d_1=0.01\text{m}$, $d_2=0.008\text{m}$, $d_3=0.01\text{m}$, $b=0.05\text{m}$, $\delta=0.03\text{m}$, $n=6$, $m_1=0.2\text{m}$, $m_2=2\text{m}$,计算砼在环空中的流动阻力。

$$T_1=2\pi R_c \cdot \tau_r \cdot C$$

$$R_c=R-r=0.242\text{m}$$

$$\tau_r=\frac{4}{3}\tau_f\left[1-\left(\frac{r}{R_c}\right)^3\right]+\tau_s\left(\frac{r}{R_c}\right)^3$$

$$\tau_f=100\text{N/m}^2; \tau_s=150\text{N/m}^2$$

$$\tau_r=\frac{4}{3}\times 100\left[1-\left(\frac{0.1}{0.242}\right)^3\right]+150\left(\frac{0.1}{0.242}\right)^3=134.5\text{N/m}^2$$

$$\therefore T_1=2\times 3.14\times 0.242\times 134.5\times 9.3=1901.95\text{N}$$

$$T_2=N\cdot\xi\cdot\mu^2\cdot\Delta\rho$$

$$N=1$$

$$\alpha=0.63+0.37\left(\frac{A_1}{A}\right)^3$$

$$A=\pi R_c^2=0.05856\pi$$

$$A_1=\pi(R_c-0.03)^2=0.04494\pi$$

$$\alpha=0.63+0.37\left[\frac{0.04494\pi}{0.05856\pi}\right]^3=0.80$$

$$\xi=\left(\frac{A}{A_1\cdot\alpha}-1\right)^2=\left(\frac{0.05856\pi}{0.04494\pi\cdot 0.80}-1\right)^2=0.395$$

$$\Delta\rho=\pi r B(r\cdot\gamma_c-2\tau_r)$$

$$\therefore T_2=1\times 0.395\times 0.61^2\times 3.14\times 0.1\times 5.77(0.1\times 23544-2\times 150)=547.35(\text{N})$$

$$T_3=\beta\cdot\pi\cdot\tau_r\cdot C\left[n\cdot d_1+2(R_c-b)\frac{d_2}{m_1}+2(R_c-b+d_1)\frac{d_3}{m_2}\right]$$

$$\tau_r=\tau_s\frac{R_c-b}{R_c}=134.5\times\frac{0.242-0.05}{0.242}=106.71\text{N/m}^2$$

$$\therefore T_3=1.2\times 3.14\times 106.71\times 9.3$$

$$\left[6\times 0.01+2(0.242-0.05)\frac{0.008}{0.2}+2(0.242-0.05+0.01)\frac{0.01}{2}\right]=290\text{N}$$

环空中砼流动的总阻力

$$T=T_1+T_2+T_3$$

$$=1901.95+547.35+290=2739.30\text{N}$$

现场实测数据为 2785N。

3 结论和建议

(1)应用上述计算方法,计算阻力与实测阻力十分接近,但需更多的现场实测资料进行验证;

(2)为减少砼在环空中的流动阻力,应视施工条件,尽可能将最下部导管设计得长一些,这样可减少砼柱长度流动时所遇导管联结点数,以减少砼的流动阻力,从而达到尽可能灌注在更大的埋深状态下进行。

参考文献

- 1 江见鲸等,混凝土力学,铁道出版社,1991.
- 2 贾崇基等,工程流体力学,原成都地质学院出版发行组,1985.
- 3 庄礼贤等,流体力学,中国科技大学出版社,1991.

A METHOD FOR CALCULATING THE FLOW RESISTANCE OF CONCRETE IN CIRCUMAIR AT GROUTING UNDERWATER

Zhang Zeye

Under construction of grouting underwater (undermud) by conduct, the difficulty to determine the technological parameter of grouting is how to decide the flow resistance of concrete in circumair, which can be defined by indoor simulated test and combining with practical survey on worksites. In this paper, the author uses the fundamentals of hydromechanics and concrete rheologic feature to study the methods for calculating the flow resistance of concrete in circumair.

Key words: drill hole pile grouting, concrete, flow resistance, calculation method