

用码阻力系数评价水下码成桩的可行性探讨

赵子云 (原地矿部华北石油局第九普查勘探大队 山西榆次 030600)

孟庆梅 (原地矿部西北石油局科技处 乌鲁木齐 830011)

周培荣 (原地矿部华北石油局第九普查勘探大队 山西榆次 030600)

姚 林 (原地矿部西北石油局科技处 乌鲁木齐 830011)

提 要 分析了水下码用坍塌度测定的弊病与不足,介绍了码阻力系数的测定方法,建立了码阻力系数数学模型。用阻力系数和坍塌度来综合评价水下码的质量,将有利于水下码质量向更高层次发展。

关键词 码 阻力系数 坍塌度 流动性 动量定律

第一作者简介 赵子云,男,1961年生,1981年毕业于长春地质学校钻探专业,现为九普建设工程有限公司桩基公司主任工程师,主要从事岩土工程的技术管理及研究工作。

1 码阻力系数的引入

钻孔灌注桩水下码灌注过程中,码的阻力系数是一个重要的因子,它对水下码的可灌性、钢筋笼上浮以及与成桩相关的其它诸因素都有很大影响,而制码的水泥品种、水灰比、石子粒径与级配、附加剂、砂子的模度等级都会影响码的流动度,从而影响阻力系数。就码本身而言,如果流动度大,相应的码阻力就小。码的工作性包括了混合料所具有的流动性、可塑性、稳定性和易密性,而在施工中这4种性能既互相联系又互相矛盾。例如要求稳定性好,码应具有较高的内聚力,而易密性则要求码具有较小的内聚力,引入码阻力系数就是为了解决相互间的矛盾,从而使码的上述工作指标达到统筹兼顾。目前定量上普遍用坍塌度来评价水下码的质量不能尽如人意,笔者认为如果用阻力系数和坍塌度来综合评价码的质量,将有利于水下码质量向更高层次发展。

2 用坍塌度测定的弊病与不足

无可非议,码坍塌度是码流动性测量的重要参数,但目前普遍使用的坍塌度筒(仪)及测定码坍塌度之方法规定只限0.5~15.0 cm,这是通过大量的工作得出的结果,

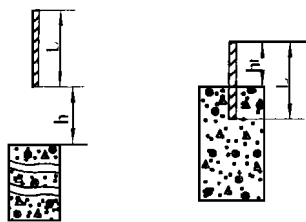
是具有科学性的。而钻孔灌注桩之水下码坍塌度均超过此规定的上限值,一般在16~22 cm之间,且在坍塌度筒(仪)和测定方法上并未作特殊说明。从这一点上说,水下大坍塌度码之值的严密性和反映其性能的精确性方面有待进一步探讨。

就码坍塌度本身来说,因其在多项因素影响下测得,从定性、定量上而言,定量则显得存在许多不足。同一批混合料,不同的试样,测试值可能差别较大,受试验条件和测试人员的熟练水平影响较明显,同时细砂码混合料比粗、中砂码混合料测量得的坍塌度变化小。有人做过试验,对于同一种码拌合物,若在空气中的坍塌度为21 cm,在水中坍塌度则降为16.5 cm,在密度为1.20 kg/L的泥浆中,坍塌度则进一步降为14 cm。由此可见,坍塌度不是令人满意的工作指标。

3 码阻力系数的测定方法

用一个高800 mm、直径400 mm的铁桶作取样试筒,取按配合比计量配制的现码一次性装满取样筒至上顶口,多余部分的码用铁棒刮平。备一段表面光滑的金属棒(长度 $L=600$ mm,直径 $d=16$ mm,端部磨

圆)。将金属棒悬吊在取样试筒上方 h 高度 ($h < 400 \text{ mm}$), 然后让其自由下落于砵中, 那么通过量得的取样试筒外之金属棒上余量高度 h_1 , 便知水下砵的阻力系数, 见附图。



4 原理分析及数学模型的建立

4.1 金属棒落入砵前的动量分析

当金属棒开始自由下落, 接触到砵表面时它的瞬时速度 V_0 为:

$$V_0 = \sqrt{2gh}$$

而此时金属棒所具有的动量 $P_1 = mV_0$, 因

$$m = \pi d^2 L \rho / 4$$

$$\text{则 } P_1 = \pi d^2 L \rho \sqrt{2gh} / 4 \quad (1)$$

式中: d ——金属棒直径, m; L ——金属棒长度, m; ρ ——金属棒密度, kg/m^3 ; g ——重力加速度, m/s^2 ; h ——金属棒离试筒上顶部高度, m

4.2 金属棒落入砵后的动量分析

当金属棒依靠上述动能冲入砵后, 量出上部分剩余的长度 h_1 , 则冲入砵中长度为 $(L - h_1)$, 设此后它以自由沉降速度 V_2 下沉, 则此时的金属棒动量为:

$$P_2 = m V_2 = \pi d^2 L \rho V_2 / 4 \quad (2)$$

因金属棒落入砵中属于减速运动, 那么其平均速度可表示为:

$$\bar{V} = (V_0 + V_2) / 2 = (\sqrt{2gh} + V_2) / 2$$

则落入砵 $(L - h_1)$ 距离所需时间:

$$\begin{aligned} t_1 &= (L - h_1) / \bar{V} \\ &= 2(L - h_1) / (\sqrt{2gh} + V_2) \end{aligned} \quad (3)$$

据动量定理得:

$$F t_1 = P_2 - P_1 \quad (4)$$

式中: F ——金属棒在动量作用下向下的冲力, N

将 (1)、(2)、(3) 式代入 (4) 并整理得:

$$F = \pi d^2 L \rho (V_2^2 - 2gh) / 8(L - h_1) \quad (5)$$

4.3 数学模型的建立

根据流体运动力学知, 金属棒落入砵受到的运动阻力 F_1 为:

$$F_1 = C S \bar{V} \rho / 2g^2$$

式中: C ——砵的阻力系数; ρ ——砵的密度, kg/m^3 ; S ——金属棒插入砵的正面积, m^2 , $S = \pi d (L - h_1)$; $\bar{V}$ ——金属棒落入砵中的平均速度, m/s

则:

$$F_1 = C \pi d \rho (L - h_1) (\sqrt{2gh} + V_2)^2 / 8g^2 \quad (6)$$

由力学性质可知: F_1 和 F 是一对大小相等、方向相反的作用力。故有: $F_1 = -F$, 即:

$$\begin{aligned} & - \pi d^2 L \rho (V_2^2 - 2gh) / 8(L - h_1) \\ & = C \pi d (L - h_1) (\sqrt{2gh} + V_2)^2 / 8g^2 \end{aligned}$$

整理得:

$$\begin{aligned} C &= d L \rho g^2 (\sqrt{2gh} - V_2) / \\ & (L - h_1)^2 \rho (\sqrt{2gh} + V_2) \end{aligned} \quad (7)$$

4.4 关于对自由沉降速度 V_2 的求解分析

从式 (7) 中可以看出, 在求 C 中, 其它数值很容易得到, 关键问题是如何确定 (求解) 自由沉降速度 V_2 , 有了 V_2 , 便可求得阻力系数 C 。下面分析求解的两种方法。

4.4.1 观察法

所谓观察法, 就是当金属棒依靠动量冲入砵后, 从此时开始计时, 观察一段时间 t_2 后, 量出上部剩余长度 h_2 , 则在 t_2 段时间下降的平均速度为 (即自由沉降速度):

$$V_2 = (h_1 - h_2) / t_2 \quad (8)$$

其实这种沉降速度是比较复杂的, 从理论上说, 它随着深度的增加, 下降的速度减慢。因深度增加, 它与砵的侧摩擦力增大。同时受砵的“浮力”也增大。故它也可能是一种

匀减速运动 因此,为精确反映 V_2 的大小, $(h_1 - h_2)$ 越小越好。

4. 4. 2 取舍法

我们在做金属棒落入砣中的实验时,对测得的数据统计分析整理后,可以发现金属棒依靠动量落入 $(L - h_1)$ 段砣所用的时间极短 $(0.254 \sim 0.2685 \text{ s})$ 。从而相对应的速度即落入 $(L - h_1)$ 段砣的平均速度 $\bar{V}$ 较大 (1.1414 m/s) 。而通过观察法得,在 5 min 内两次测得 $(h_1 - h_2)$ 分别为 0.015 m 和 0.01 m ,即用公式 (8)求得相对的自由沉降速度 V_2 为 0.00005 m/s 和 0.00003 m/s 。从得出的 $\bar{V}$ 和 V_2 相比较看: $\bar{V} \gg V_2$,因此可近似得出:

$$\bar{V} \approx \sqrt{2gh} / 2$$

$$t_1 \approx 2(L - h_1) / \sqrt{2gh}$$

$$\text{而 } \sqrt{2gh} - V_2 \approx \sqrt{2gh} + V_2$$

那么:

$$C = dg^2 L d/d(L - h_2)^2 \tag{9}$$

令: $K = dg^2 d/d$ 故有

$$C = KL / (L - h_1)^2 \tag{10}$$

由此可见,阻力系数 C 仅与金属棒长度及下落试筒后的上余量有关。只要测得上余量,便不难求得水下砣的阻力系数。同时也可根据上余量的大小,直接判定砣工作性的好坏。

5 结论

砣的阻力系数能够反映砣的几种工作性能。对刚刚搅拌好的砣,不难想象水灰比小、粗骨料大、易密性好、阻力系数大,反之水灰比大、流动性好、阻力系数小。砣工作性能的好坏,直接影响阻力系数的变化。应当说,砣阻力系数的引入并不是对传统的或现场习惯的砣坍落度概念的挑战,而是对衡量水下砣性能好坏的补充和完善。用砣的坍落度和阻力系数来综合评价水下砣的可灌性和成桩性,将使水下砣更趋于合理和实用,减少或避免灌注事故的发生。通过进一步的工作和实验,一个适合于钻孔灌注桩水下砣灌注的阻力系数范围必将得到科学的论证,从而使水下砣灌注产生一个质的飞跃。

Appraisal of The Feasibility of The Underwater Concrete Pile Using The Concrete Resistance Co-efficient

Zhao Ziyun

(No. 9 Reconnaissance Survey Brigade, North China Petroleum Bureau, M GMR Yuci, Shanxi 030600)

Meng Qingmei

(North-west Petroleum Bureau, M GMR Wulumuqi 830011)

Zhou Peirong

(No. 9 Reconnaissance Survey Brigade, North China Petroleum Bureau, M GMR Yuci, Shanxi 030600)

Yqo Lin

(North-west Petroleum Bureau, M GMR Wulumuqi 830011)

Abstract The problems present with the measurement of the concrete slump height underwater are analyzed; the measuring method of the concrete resistance factor is introduced; and the mathematical model for the concrete resistance co-efficient is set up. It will help to improve the underwater concrete quality to comprehensively appraise the underwater concrete quality using both the resistance co-efficient and the slump height.

Key words concrete, resistance co-efficient, slump height,