

回顶法灌注混凝土浆成桩工艺^①

汪健元

(中南工业大学地质系, 长沙 410083)

摘要 探讨了回顶法灌注混凝土浆的成桩工艺, 分析了影响混凝土浆灌注质量的主要因素, 并给出了相应的技术参数和措施。

关键词 灌浆管 埋深 漏斗高度 初灌量

随着国民经济建设的高速发展和大量高层建筑、重型设备、桥梁码头等的兴建, 作为深基础的钻孔桩得到很快的发展。回顶法灌注混凝土浆成桩技术就是钻孔桩成桩的重要手段之一, 由于它不需预先制作和运输, 适用于交通不便地区; 也没有预制桩打桩时的振动和噪音, 又适用于高楼林立、人口密集的大城市, 因而得到广泛的应用。

但是由于基础工程的隐蔽性, 增加了灌注施工的难度, 一旦处理不当, 可使钻孔灌注桩出现断桩、缩径、夹层和沉渣过厚等质量问题, 将给工程留下隐患或造成事故。统计表明, 桩基工程造价通常占基础工程总造价的25%以上, 可见, 质量问题造成的经济损失也是相当严重的。因此, 正确掌握混凝土浆灌注成桩工艺是保证钻孔桩质量的关键。

浆凝固后, 即形成具有强大承载力的钻孔桩。据该技术的施工特点, 由图1混凝土浆灌注示意图可见, 不仅灌浆管有关参数选择合理与否将影响灌注的成败, 而且下入孔内的灌浆管至孔底的距离(h_1)、灌注过程中灌浆管在混凝土浆中的埋深(h_2)、灌注漏斗离地面高度(h)以及首批灌注用混凝土浆量或初灌量(Q_c)等工艺参数的合理确定, 亦是灌浆成功的关键。

1 影响灌注混凝土浆成桩质量的工艺因素

回顶法灌注混凝土浆成桩技术是指: 在预先钻成的钻孔内, 下入钢筋笼和灌浆管, 然后将混凝土浆由管口上端的漏斗连续注入管内, 依靠混凝土浆势能产生的冲击力, 逐渐由下而上充填整个钻孔; 与此同时由上升中的混凝土浆将孔内原有的泥浆顶出孔外, 待孔内混凝土

图1 混凝土浆灌注示意图

① 收稿日期: 1995- 10- 23; 修回日期: 1996- 02- 13 汪健元, 男, 46岁, 副教授(硕士)

2 灌浆管的选择

灌浆管是灌注混凝土浆的重要工具,其内径和密封性能对灌注质量有一定的影响。灌浆管内径(d)的选择应根据桩孔直径(D)和通过混凝土浆的能力而定。由于在连续灌注过程中,每斗混凝土浆的容量是基本相同的,因此内径过小,不利于混凝土浆的通过,易造成中途堵塞,使灌浆失败;内径过大,将降低灌浆管内混凝土柱的压力,不利于环状空间内混凝土浆的顶升,同时易降低混凝土浆的致密性。常用灌浆管内径与桩孔直径的级配如表1。

制备混凝土浆的粗骨料最大直径一般限于40 mm,由表可见它小于灌浆管内径的1/4,因此能保证顺利通过灌浆管而不造成堵塞。

此外,灌浆管应具有足够的强度和刚度,通常采用壁厚为4~6 mm的钢板卷制管或无缝钢管制作,内壁要光滑、平整。灌浆管的分节长度应便于装拆和搬运,中间节长一般可取2 m,下端节可加长至4~5 m,漏斗下部可配0.3~1.0 m节长的短管,以便调节灌浆管的总长。灌浆管应有足够的备用量。

联接好的灌浆管下入孔内后,在灌注过程中将承受钻孔中泥浆柱的压力。如果它的密封性能不好,产生漏水,势必稀释混凝土浆,降低混凝土浆固化以后的强度,严重时甚至使混凝土浆难以固化。因此,灌浆管各节之间的联接部位必须密封可靠,不漏水、不漏气。通常可优先选用带止口的法兰盘或螺纹接头联接,联接处侧面可选用 $d4\sim 6$ mm的“O”型密封圈,这种密封方法性能可靠,能保证施工的要求。灌浆管的联接要对正,其轴线偏差不能超

表1 灌浆管规格与桩孔直径的级配关系

桩孔直径 /mm	灌浆管内径 /mm	通过混凝土的能力 / $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$
400~500	168~200	8~10
600~1200	200	10
800~1800	230~250	15~17
>1500	300	25

过总长的0.1%,并定期进行压力充水实验,检查联接部位的密封性。

3 灌浆管出口端至孔底距离(h_1)

从有利于混凝土浆灌注质量的角度考虑,灌浆管出口端至孔底的距离应该尽可能小,这样首次灌入的混凝土浆才不易遭受孔内泥浆的稀释。但实际施工中,该距离受到两种因素的制约:即隔水塞高度和孔内沉渣厚度。首次灌浆前,灌浆管中充满了泥浆,为防止混凝土浆下落过程中和管内泥浆混合,需从管子上端置入一个隔水塞。隔水塞的直径略小于灌浆管的内径(d),其高度一般为 $h' = d + 50$ mm。

此外,灌浆桩孔成孔以后,孔内将产生大量沉渣,按规范要求必须清孔,其清孔的质量标准按GBJ202-83规定。在灌注混凝土浆前,对于以摩擦阻力为主的桩,孔底沉渣厚度(h'')不得大于300 mm;对于以端承力为主的桩,孔底沉渣厚度(h'')不得大于100 mm。由此可知,灌浆管出口端离孔底距离偏小,隔水塞将难以排出管内,无法进行正常灌注。如该距离太大,首批灌入的混凝土浆易遭孔内泥浆的稀释,直接影响灌注质量。实际施工中,考虑各种因素的影响,可取 $h_1 = k_1(h' + h'')$ 。在此, k_1 为安全排出系数,可取 $k_1 = 1.1\sim 1.2$ 。

灌浆管下入孔内应持居中位置,以防损坏钢筋笼。入孔深度和实际孔深必须准确测量,以保证灌浆质量。

4 灌浆管埋深(h_2)的确定

在连续灌注混凝土浆的过程中,孔内灌浆管在混凝土浆中的埋深是变化的,合理控制灌浆管埋深,关系到灌注的成败。

4.1 灌注中混凝土浆的流动和扩散规律

要想合理控制灌浆管埋深,必须了解灌注过程中混凝土浆的流动、扩散规律。如前所述,这一施工过程具有隐蔽性,为了便于观

察,采用透明有机玻璃模型进行模拟实验,分别以几何缩比(桩的长径比)为50: 1、25: 1和16: 1的三种模型模拟钻孔的实际条件,实验的结果基本一致。现以25: 1模型为例加以说明,该模型尺寸为圆筒高1 000 mm(桩长),直径40 mm(桩径),灌浆管选直径16 mm;模型内泥浆比重 $\gamma_m = 1.05$,灌注用水泥浆的水灰比 $c = 0.5$ 、容重 $\gamma_c = 1.8$ 。

通过实验可以观察到:灌浆管底部混凝土浆的流动、扩散可分为三种不同状态。开始时,由于灌浆管底部距孔底约20~ 30 mm,最初冲出灌浆管的混凝土浆呈放射状流向孔底,充填空间(如图2(a))。随着灌注的进行,灌浆管开始被混凝土浆埋没,水泥浆的流动受到模型周边(即孔壁)的约束,阻力增大,改向靠近灌浆管的斜上方流动(如图2(b))。最后由于灌浆管埋深的增大,从管口流出的新水泥浆变为垂直向上顶升(如图2(c))。这也是混凝土浆在水下灌注过程中的流动、扩散规律。

图2 混凝土浆的流动、扩散规律

4.2 灌浆管埋深(h_2)

由模拟实验可知,当混凝土浆处于第一种流动、扩散状态时,它势必和孔底的泥浆产生一定程度的混合,固化后将降低混凝土浆的力学性能,此阶段灌浆管的埋深可看作为零。当混凝土浆处于第二种流动状态时,它也可能或多或少地将已灌注混凝土浆和泥浆接触带上的混合物搅入水泥浆内部,影响了混凝土的质量,此阶段灌浆管埋深大约在1 m 以内。当混凝土浆的流动处于垂直顶升状态时,始终保持初灌混凝土浆与泥浆面接触,避免了泥浆混入混凝土浆中,保证了混凝土的质量,这是灌注过程中

最佳的流动扩散状态,此阶段相当于灌浆管埋深在2 m 以上。选择合理的灌浆管埋深,对于水下混凝土浆灌注成桩十分重要,灌浆管埋深太小,将直接影响成桩的质量,严重时可造成报废;灌浆管埋深太大,混凝土浆难以克服流动、扩散过程中的阻力,会造成堵管现象甚至被迫提前终止灌注,一般灌浆管最大埋深不宜超过6 m。考虑到施工部门对混凝土浆的水灰比、坍落度以及提升高度等的具体要求,不同孔径、不同规格的灌浆管在灌注中的埋深可参考表2予以确定。

表2 灌浆管埋深参考值

桩孔直径 / mm	灌浆管 内径/ mm	初灌埋深 / m	连续灌注埋深/ m	
			正常埋深	最小埋深
400~ 500	168~ 200	1. 2~ 1. 5	3. 0~ 4. 0	2. 0~ 2. 5
600~ 1 200	200	1. 0~ 1. 5	2. 5~ 3. 5	2. 0~ 2. 5
800~ 1 800	230~ 250	1. 0~ 1. 5	2. 5~ 3. 5	1. 5~ 2. 0
≥ 1 500	300	0. 8~ 1. 2	2. 0~ 3. 0	1. 5~ 2. 0

当灌浆管的埋深超过正常埋深2 m 时,即应及时提升和拆除一节(2 m)灌浆管。绝对禁止盲目提升和超过6 m 埋深仍不提管。

5 灌注漏斗高度(h) 设置

灌注漏斗高度通常是指灌注漏斗至地面的距离,它对后期灌注混凝土浆成桩,特别是接近桩顶部位的混凝土桩质量有较大影响。如果灌注漏斗高度不足,混凝土浆就可能灌不到设计高度;如果漏斗高度太高,又给地表灌注施工操作带来不必要的麻烦。因此需要一个合理的高度设置。

如图3所示,设桩孔直径 $D = 1\text{ m}$ 、灌浆管内径 $d = 0.2\text{ m}$ 、最末斗混凝土浆待灌注高度 $h_0 = 2\text{ m}$,此时灌浆管埋深 $h_4 = 2\text{ m}$ 则灌浆管内外混凝土浆高差 $h_5 = h_0\gamma_m/\gamma_c = 2 \times 1.5/2.4 = 1.25\text{ m}$ (取泥浆容重 $\gamma_m = 1.5$,混凝土浆容重 $\gamma_c = 2.4$)。 h_5 段混凝土浆容量 $q = \pi d^2 h_5 = 0.785 \times 0.2^2 \times 1.25 = 0.04\text{ m}^3$ 。最末一斗待灌混凝土浆容积 $Q = \pi D^2 h_0 - q = 0.785 \times 1^2 \times 2 - 0.04 = 1.57 - 0.04 = 1.53\text{ m}^3$ 。考虑到

桩顶表面的稀释,可取 $Q = 1.6 \text{ m}^3$ 。换言之,最后一斗灌注以后,要将原孔内近似等量的混凝土浆升高 2 m 。按能量转换规律,应有 $m_1 gh = m_2 gh_0$ (m_1 —待灌混凝土浆质量, m_2 —孔内处于 h_4 段混凝土浆质量), 因为 $m_1 \approx m$, 所以 $h \approx h_0 = 2 \text{ m}$ 。即不考虑任何阻力因素,将孔内原处于 h_4 段的混凝土浆升高 2 m , 漏斗的高度就应达到 2 m 。如果加上混凝土浆在内管和环空中流动过程中产生的阻力,实践表明,灌注漏斗的高度应达到 3 m 才能满足施工要求。

h_1 — 灌浆管底端至孔底距离, m ;
 h_2 — 灌浆管底端在混凝土浆中埋深, m ;
 h_3 — 达到要求埋深后, 灌浆管内混凝土柱平衡孔内泥浆柱压力所需高度, $h_3 = \gamma_m(H - h_1 - h_2) / \gamma_c$, m ;
 K — 桩孔扩径系数, 常取 $K = 1.10 \sim 1.20$;
 γ_m — 孔内泥浆容重, t/m^3 ;
 γ_c — 混凝土容重, t/m^3 ;
 H — 桩孔深度, m

图3 漏斗高度设置

6 初灌量(Q_c) 确定

初灌量是指首批混凝土浆的灌注量。它也是影响灌注质量的一个重要因素。初灌量一般要求应能达到迅速填满孔底空间,并使灌浆管底端达到初灌埋深的要求,以保证灌浆管底部完全隔水,有利于后续灌注的混凝土浆实现垂直顶升的流动状态,确保灌注成功。初灌量的确定可参考图1,按以下公式计算:

$$Q_c = K [1/4\pi D^2(h_1 + h_2) + 1/4\pi d^2 h_3] \quad (1)$$

式中 Q_c — 首批混凝土浆灌注量, m^3 ;

D — 桩孔直径, m ;

d — 灌浆管内径, m ;

7 结论

(1) 根据灌浆孔的实际孔径,选择内径为 $200 \sim 300 \text{ mm}$ 的灌浆管能满足现场施工的要求;灌浆管节间联结一定要严格密封,并定期检查,以确保灌浆的成功。

(2) 最初下入孔内的灌浆管与孔底之间应保持一定的距离,其值可略大于孔底沉渣厚度和隔水塞高度之和。在连续灌浆过程中,为使混凝土浆始终处于最佳的垂直顶深状态,灌浆管的埋深应控制在 $2 \sim 4 \text{ m}$ 的正常范围内。

(3) 为保证后期灌注质量,灌注漏斗的高度应达到一定的高度(一般为 3 m 左右);但为给地表灌注施工操作带来方便,前期灌注中,漏斗的高度可略高于孔口地面。

(4) 首批混凝土浆的灌注量应能达到初灌埋深 $0.8 \sim 1.2 \text{ m}$ 以上的要求,以保证后续灌浆的质量,初灌量可按式(1)算出。

参考文献

- 1 李世京等. 钻孔灌注桩施工技术. 北京: 地质出版社, 1990.
- 2 段新胜等. 桩基工程. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994.
- 3 上海市建筑工程局. 地基与基础工程施工及验收规范 (GBJ202-83). 上海: 中国建筑工业出版社, 1985.

PILE BUILDING THROUGH BACK-FILLING THE CONCRETE PASTE POURED DOWN VIA STEEL TUBES

Wang Jianyuan

Department of Geology,

Central South University of Technology, Changsha 410083

ABSTRACT The technology of pile building through back-filling the concrete paste poured down via steel tubes has been investigated. The main factors which affect the quality of the concrete paste back-filling were analyzed, and the corresponding technical parameters and measures were provided.

Key words pouring tube buried depth funnel height first filling quantity

(编辑 吴家泉)

(上接140页)

油品的退火性能,同时使油品的润滑性能亦有明显提高。

(3) 针对 Somentor₄₃油品所提出的改进措施是成功的。它的实施不仅提高了产成品的质量,而且延长了原用油的使用寿命,节省资金

一百多万元。

参考文献

- 1 谭建平. 中南矿冶学院学报, 1994, 25(1): 86-89.
- 2 毛大恒. 中南矿冶学院学报, 1994, 25(3): 364-369.

STUDY ON IMPROVING PROPERTY OF LUBRICATION OIL USED IN 1400 COLD-ROLLING MILL

Mao Daheng, Li li

College of Mechanical and Electrical Engineering,

Central South University of Technology, Changsha 410083

Dang Zhimao, Wang Heping, Li Maochun

Aluminium Subfactory of Qinchuan Mechanical Factory

ABSTRACT Aiming at the problems of lubrication oil in 1400 cold-rolling mill, the constituent of the oil was analyzed and its performance figures were determined. Then, based on the surface adsorption theory, some new opinions of improving lubrication property, eliminating anneal oil spot and prolonging lubrication oil life were proposed. Large benefit has been gotten in industrial application of this work.

Key words aluminium rolling lubrication oil auxiliary additive

(编辑 何学锋)