

Application research of chemical slurry wall formation technology

Mi Su

China Communications Construction First Highway Engineering Co., Ltd., Xiamen, Fujian, 361000, China

Abstract

In recent years, the rapid advancement of engineering construction in our country has placed higher standards on bridge pile foundation construction. It is necessary to improve hole formation efficiency while ensuring pile foundation quality. Under complex geological conditions, borehole collapse frequently occurs, significantly increasing the difficulty of pile foundation construction. At this point, the rational selection and performance control of slurry become critical for construction. This paper takes an actual project in the western Sichuan plain as a research object, delving into the specific usage process of chemical slurry for rotary drilling pile foundation construction. The discussion covers aspects such as slurry preparation, injection timing, and circulation management. Through multi-dimensional data including hole formation rate, borehole collapse rate, and pile foundation integrity testing, the practical effectiveness of chemical slurry for wall protection is quantitatively evaluated, aiming to explore efficient pile foundation construction techniques suitable for complex geological conditions.

Keywords

chemical slurry; rotary drilling; gravel layer; pile foundation construction

化学泥浆护壁成孔技术的应用研究

苏蜜

中交一公局厦门工程有限公司, 中国·福建 厦门 361000

摘要

近年来,我国工程建设高速推进,桥梁工程桩基施工面临更高标准,既要提升成孔效率,又要保障桩基质量。在复杂地质条件下,塌孔问题频发,极大增加了桩基施工难度,此时,泥浆的合理选用与性能把控成为施工关键。本文以川西平原地区某实际工程为研究对象,深入剖析旋挖钻桩基施工中化学泥浆护壁的具体使用流程,从泥浆配制、注入时机到循环管理等环节展开探讨,并通过成孔速率、塌孔率、桩基完整性检测等多维度数据,量化评估化学泥浆护壁的实际效果,旨在探索契合复杂地质的高效桩基施工工艺。

关键词

化学泥浆; 旋挖钻; 圆砾土夹层; 桩基施工

1 引言

随着基础建设的规模在我国的快速发展,各项施工方法也在不断精进。桩基施工作为公路工程中的重要一环,选择更科学、有效的施工工艺才能有更好的施工效果。旋挖钻孔灌注桩技术在公路工程施工中技术优势明显,在我国公路工程施工中使用率较高。在一些特殊地质条件下,使用普通粘土泥浆进行旋挖钻孔施工的塌孔率高,无法满足施工需要,使用化学泥浆可以降低塌孔率,提高施工质量。

2 工程概况

某公路工程全长 36.24km,桥梁共计 58 座(含人行天

桥),桩基直径 1.2 ~ 2.2m,桩基总数量为 980 根,均为摩擦桩,桩长总长 21181m。在该公路工程中,桩基施工均采用旋挖钻孔灌注技术,并使用化学泥浆作为护壁。

2.1 地质条件

该公路工程位于川西平原地貌区,地形宽缓,相对高差 10 米左右,地势整体西北高、东南低,为一向东南平缓倾斜的复合冲积扇平原。

设计勘测地层主要为第四统全新统(Q_4):粉质粘土、淤泥质粉质粘土、中粗砂、卵砾石、碎块石土。第四统上更新统(Q_3^{al}):粉质黏土、黏土、中粗砂、圆砾、角砾。第四统中更新统(Q_2^{al}):褐黄色含砂粘土质碎石层、网纹状黏土层、黄色钙质结核黏土。

对桩基施工区域进行现场勘察,发现杂填土层下的圆砾土夹层地质结构松散,且含泥量高。

【作者简介】苏蜜(1986-),男,中国湖北荆门人,本科,中级经济师,从事道路与桥梁工程研究。

2.2 水文条件

调查区地下水的类型分为松散堆积砂砾石层(Q)孔隙水和红层砂岩、泥岩(K、J)基岩裂隙水两大类,且以红层砂岩、泥岩(K、J)孔隙裂隙水分布最广。

砂砾石层中孔隙水在四川盆地广布,且普遍含水丰富,使用普通粘土泥浆作为护壁进行旋挖钻施工过程中发现工作至砂砾石层时有地下孔隙水出水量大,导致泥浆比重不能满足要求,出现塌孔的现象。

3 施工工艺

(1)准备好施工所需人、机、料,对施工场地进行平整,整理好施工平台,对施工平台进行压实处理。(2)测量员按实际桩位进行测量放样,施工人员按测放出的桩位设置十字护桩,并保护桩位在施工过程中不受破坏。(3)进行钢护筒埋设。钢护筒采用15mm壁厚,护筒直径大于桩径200mm。经现场勘查,护筒埋设深度内地层为修建公路时所回填素填土层,土质疏松,孔隙率大,应采取适当加深护筒埋深的方法降低塌孔概率。施工过程中采用旋挖钻头进行挖孔,钢护筒底脚应该与土层紧密结合,并在底脚处用粘土回填压实,回填全过程由测量监控,防止护筒跑位。

表 3-1 钢护筒下放偏差允许值

项目	桩位平面位置	桩顶标高	倾斜率
允许偏差	±30mm	±10mm	1.0%

(4)泥浆的制备。①胶体的配制。于试验室中用“沸腾碱法”水解稀释聚丙烯酰胺粉剂:将水和聚丙烯酰胺进行充分的搅拌,获得聚丙烯酰胺胶体,浓度为1%,然后加适量NaOH,并将该混合物加热至沸腾。约三小时后,NaOH与聚丙烯酰胺进行充分的化学反应,此时聚丙烯酰胺粉剂的水解度可达到理想的30%左右(试验室经过多次试验研究,聚丙烯酰胺水解度约30%时吸附效果最佳,用量也最小)。水解聚丙烯酰胺胶体通过桶装到施工现场待用^[1]。②基浆制作。考虑到经济性与便利性,黏土泥浆中的黏土于现场就地取材,选用水化能力较好、造浆效果尚可的网纹状黏土(施工现场由原地面往下10m左右均为网纹状黏土层)。现场实际的制浆配比为:水:网纹状黏土:纯碱=100:45:0.25,纯碱的添加可以提升泥浆的pH值,使得黏土中的颗粒变得更为分散,显著提高黏性颗粒的负荷并加大水化膜的厚度。黏土泥浆的制备方法为搅拌机搅拌法,在基浆罐中按照制浆配比将泥浆搅拌好后,泵入桩孔内。造浆过程中随机对泥浆的性能进行抽查检验,具体抽查的为以下三项指标,比重控制在为1.05~1.1,黏度控制在18~20Pa.s,含砂率控制在2.5%~4%。

网纹状黏土的添加量一般控制在泥浆总体积的8.5~11%,纯碱的添加量一般控制在泥浆总体积的0.35~0.5%,聚丙烯酰胺粉剂的添加量一般为泥浆总体积的0.25~0.5‰。

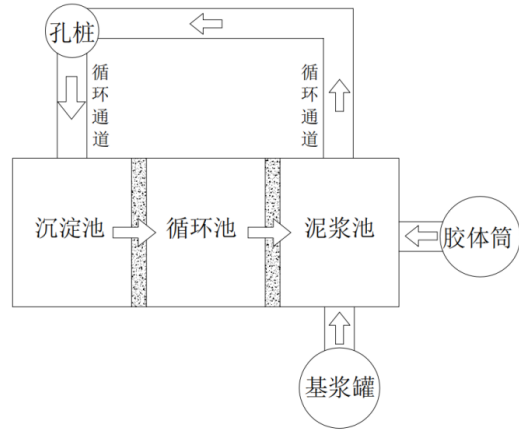


图 3-2 泥浆循环系统布置图

③) 布置泥浆循环系统。泥浆循环系统由泥浆池、沉淀池、循环池、循环通道、基浆罐、聚丙烯酰胺胶体筒等组成,布设情况如图3-2所示。

网纹状黏土泥浆由泥浆池中泵入泥浆池内,聚丙烯酰胺胶体从胶体筒中输送入泥浆池,两者在桩孔内按一定的比例搅拌均匀,然后通过旋挖钻钻头进行搅拌均匀。钻机钻进时,随着钻头将钻渣混合物不断从孔内提出,泥浆亦需不断补充,以保证桩孔内泥浆液面稳定,平衡地层的压力,从而达到良好的护壁效果。孔内泥浆于灌注水下混凝土时延预先设置好的泥浆循环通道排泄到沉淀池进行沉淀,循环通道设置为宽35cm,深度25cm,长度不小于20m,使泥浆有足够的沉淀过程和时间,槽底纵坡应使泥浆流速不大于10cm/s,坡度一般不宜大于1%。相邻两个墩台共用一个泥浆池。施工过程中应及时清除粗大钻渣,再用泥浆泵泵送沉淀后的混合泥浆,从而使泥浆能在泥浆池中循环,循环过程中应测定泥浆的相对密度、粘度、胶体率、含砂率和失水率等性能指标,评估泥浆的性能和质量后,性能合格的泥浆可在泥浆池中重复使用,性能较差的泥浆可通过添加新基浆和聚丙烯酰胺胶体进行调节,调节后的泥浆性能指标达到要求,可重复使用。对性能指标不适合再使用的泥浆进行无害化处理,处理后将这部分泥浆处理后排入排水管道。沉淀池、循环池、泥浆池的设计平面尺寸均为4m×5m,深度2~2.5m,并用砂袋分隔成沉淀池、循环池、泥浆池三部分^[2]。

(5) 旋挖钻钻孔。钻孔施工中采用履带式人岩旋挖钻机进行钻进,钻进系统采用液压力头驱动钻杆。钻杆采用伸缩方式,无需装拆。钻进时,采用电子控制(钻机装有电子控制和显示系统)及人工观察两方面确保钻杆垂直度,以确保成孔垂直度。同时,利用深度计数器以及测绳对钻孔深度进行控制。旋挖斗钻头沿顺时针方向转动钻进过程中底板上切削板与筒体翻板后侧面对齐。钻屑进入桶体,装满一斗后(一般填满斗体的三分之二为宜,多了容易出现埋钻,糊钻等事故,少了对进度和费用都是不利的),钻头逆时针旋转,底板被定位块定位并封死底部开口,然后,将钻头抬起

至地面卸土。

开始钻进时应保持低速钻进，主卷扬机钢丝绳承受不少于钻杆及钻具重量总和 20% 的重量，确保孔位不会出现偏差。钻至护筒底以下 3m 位置后，可适当提高钻进速度。

在钻进过程中，应根据地质条件控制好钻进速度，从硬岩层到软弱层时，可适当提高钻进速度；当软弱层变为硬

岩层时，应放慢钻进速度，减慢钻进；在钻进至易缩层时，应适当增加扫孔数量，避免缩孔；硬塑层采用快速钻进，提高钻进效率，砂砾层则采用低速钻进，防止塌孔。

实际钻孔过程中，随着钻孔深度的不断加深，地质情况不断变化，化学泥浆的控制指标也需随之做出相应的改变。具体控制指标如下表。

表 3-2 泥浆性能控制指标表

地质情况	网纹状黏土	圆砾土	中粗砂	岩层
聚丙烯酰胺含量 %	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.5	0.2~0.3
相对密度	1.02~1.09	1.08~1.13	1.1~1.15	1.02~1.09
粘度 /s	20~25	25~30	30~35	20~25
含砂率 %	≤4	≤6	≤8	≤4
胶体率 %	≥94.5%	≥96.5%	≥97.5%	≥94.5%
失水量 / (ml/30min)	≤25	≤22.5	≤20	≤25

孔深达到设计要求后，通过第三方检测机构用超声波检测法对成孔质量进行检测。主要检测指标有孔深、孔径、垂直度以及沉渣厚度，由聚丙烯酰胺化学泥浆法进行钻孔的 86 根桩基，沉渣厚度最大为 36mm，满足规范要求的 ≤300mm。

4 桩身完整性检测

经业主委托的第三方机构采用超声波检测法检测桩身完整性，太从路分离式立交及螺蛳坝枢纽互通已完成的 86 根桩基均为 I 类桩基。桩底沉渣情况良好，均远小于规范要求最大沉渣厚度。

5 泥浆性能分析

5.1 聚丙烯酰胺泥浆优点

(1) 作为泥浆具有较为良好的护壁效果。由于聚丙烯酰胺为高分子材料，形成的泥浆比重较小，且能与圆砾土夹层形成较好的絮凝作用，在圆砾土层形成稳固的泥皮，有效改善圆砾土遇水易崩解的现象，从而做到防止塌孔的目的。

(2) 钻孔效率高。聚丙烯酰胺化学泥浆具有触变性，在旋挖钻进行钻进时其稠度降低，停止钻进时稠度又升高。可提高机械工作的效率。

(3) 环保友好，节约能源。聚丙烯酰胺化学泥浆具有选择性絮凝的效果，并且在钻渣清除后，达到性能要求的泥浆还可以循环利用，做到资源的重复利用，节约能源。同时聚丙烯酰胺具有改良土壤性能的作用，可以对土壤的团粒性结构进行一定程度的改变。聚丙烯酰胺材料自身无毒性，且造浆过程中不产生有毒物质，对环境影响较小。

(4) 经济性较好。由于聚丙烯酰胺钻进效率高，塌孔情况少，对机械效率有明显提升，减少了机械台班及人工。聚丙烯酰胺泥浆可重复利用，重复利用率高于 60%，所以虽然其材料本身价格不低，但是结合机械效率及成孔率的提升，综合下来成本有所降低。

5.2 聚丙烯酰胺化学泥浆缺点

(1) 对场地要求较高。由于涉及造浆的泥浆池及泥浆循环，使用聚丙烯酰胺泥浆需要有较好的场地条件，一些山区或水中的场地不适宜使用该方法。

(2) 泥浆性能的把控难度较大。聚丙烯酰胺化学泥浆作为一种多原料组成的混合物，在施工现场要让严格按比例及工序进行造浆，如果原材料出现品质不稳定，如黏土的含水率不均匀等，容易出现泥浆性能难以把控^[1]。

6 总结

通过对聚丙烯酰胺化学泥浆护壁旋挖钻成孔施工技术的研究，可以得出使用该化学泥浆有成孔效率高、护壁效果好、节能环保等特点，在川西平原存在砂砾层夹层的地质情况下，使用该泥浆进行护壁能有效提升施工效率，同时对施工环境没有较大污染，做到了经济和效益双提高。

参考文献

[1] 赵志迁,李纪忠. 市政地铁明挖车站技术方式及其旋挖桩施工技术[J]. 中国水利水电第七工程局成都水电建设工程有限公司, 2018.
 [2] 黄政聪. 某工程桩基施工工艺分析[J]. [1]广西南宁, 2013.
 [3] 杨少华. 复杂水文地质条件下的桥梁水上基础施工技术研究[D]. 重庆交通大学, 2011.