

桩底后压浆浆液扩散问题研究

彭仕奇

(江苏经贸职业技术学院,江苏 南京 211168)

摘要:采用钻探取样方法,对渗透性地层中桩底后注浆浆液扩散及固结状态进行检验。实物样品表明,在相对均匀的地层中,浆液扩散呈现出向下、向侧、向上不同的渗透能力:向下最强,向侧次之,向上最弱。在粗细交互地层中,颗粒越粗,渗透更好,扩散更远;水泥浆的含量更高。在同一地层中,距注浆出口越近,水泥浆含量越高。取样结果还表明:在桩底,压力、温度不同于地表,特别是有丰富地下水的环境下,水泥浆的凝结固化时间延迟非常显著。

关键词:桩底注浆;钻探取样;浆液凝固;浆液扩散规律;渗透性地层

中图分类号:TU473.1⁺4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)06-0073-04

Study on Grout Diffusion of Pile-bottom Post Grouting/PENG Shi-qi (Jiangsu Institute of Economic & Trade Technology, Nanjing Jiangsu 211168, China)

Abstract: In permeable formation, the diffusion and consolidation states of pile-bottom post grout were inspected with the sampling method. The practicality samples showed that in relatively homogeneous strata, grout diffusion were with different downward, sideward and upward penetration ability, each was the strongest, the second place and the weakest. In the alternating strata of coarse and fine particles, more coarse was the particle, the better was the permeability, the farther was the diffusion and the higher was the cement content; and in the same strata, the nearer to the grout outlet, the higher was the cement content. The sampling also indicates that the pressure and temperature at the pile bottom are different from the surface; especially in the environment with plentiful groundwater, the time delay for cement slurry condensation curing was very obvious.

Key words: pile bottom grouting; drilling sampling; slurry solidification; law of grout diffusion; permeable formation

0 引言

桩底后压浆具有适用性强,操作方便,有效提高钻孔灌注桩的承载力、减少桩基工程量、缩短工期、降低工程造价等优点,近些年在建筑、交通、水利等部门中得到了广泛应用,取得了良好的社会效益。然而,由于地质条件的复杂性,预先精确设定浆液配方、注浆压力、注浆量难度很大,到目前仍然还是主要依据经验。《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-2008)^[1]给出的仅是参考值。《公路桥涵施工技术规范》(JTG TF 50-2011)^[2]只做了原则规定。2个规范中都要先进行试验。因此,桩后注浆通常都只是在常规设计难以满足要求的特殊情况下采用。从这项技术的诸多优点看,并未充分发挥其潜能。

近年来,不少学者对该项技术进行了研究^[3-7],其主要研究方向和重点是水泥浆不同水灰比所属流型、流动形态、扩散半径、对地层加固的作用机理、以及扩散半径与地质条件、水灰比、注浆压力、注浆时间等的相联关系。主要的研究手段是室内模拟试验。在渗透性地层条件下,水泥浆的扩散状态,对桩

基承载力起决定性的作用,对此进行的研究,方向无疑是准确的。其成果对注浆设计有指导意义。但是,室内模拟有很大的局限性,原因在于地下是一个开放的系统,而室内试验做不到;其次地下是承压的,并且不同深度压力也不同;地下是有压力水的,水泥浆向上、向侧、向下受到的压力是不一样的,对水泥浆的扩散形态有决定性的影响;再次,地下的地层往往是变化的,是不均质的。上述因素对水泥浆的扩散都有重大影响。而这些条件在室内试验中很难进行模拟。笔者在苏通大桥二期试桩中,对6根桩进行注浆效果钻探取样检测,现场实物样品显示,地面试验结果和地下实际状况存在很大差异。

1 钻探取样说明

苏通大桥二期试桩总共钻进9孔,其中3个只成孔,不灌注砼,做成孔工艺研究。6孔灌注成桩,进行注浆试验并钻探取样检测注浆效果,见表1。

钻探取样孔的布置为:工艺桩2和SZ4桩只布设桩底孔,预先将PVC管随钢筋笼下入桩孔内。其

收稿日期:2013-02-07

作者简介:彭仕奇(1955-),男(汉族),湖南湘潭人,江苏经贸职业技术学院高级工程师,探矿工程专业,从事探矿工程、地基处理、基坑工程等岩土工程的施工与研究,江苏省南京市江宁大学城龙眠大道180号,sqczpb@163.com。

表1 苏通大桥二期试桩钻探取样一览

编号	直径/m	桩长/m	取样孔数
SZ2	2.5	125	5
工艺桩 2	2.5	125	1
SZ3	2.5	110	4
工艺桩 4	2.5	110	5
SZ4	2.5	125	1
工艺桩 6	2.5	125	5

它桩除桩底孔,沿桩周四个方向布设4个钻探孔,分

表2 地层工程地质特征表

地层编号	层顶标高 /m	岩性描述	含水量 W/%	密度 ρ /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	孔隙比 e	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	标贯击数 N	压缩系数 a_{1-2}	压缩模量 e_{1-2}
⑤ ₁	-49.72	粉细砂;局部为粉砂与亚粘土互层	26.0	1.91	0.770			37.7	0.13	14.8
⑤ ₂	-58.09	亚粘土;软塑,局部流塑	28.5	1.91	0.836	12.2	0.82	12.3	0.33	5.49
⑥ ₁	-68.27	中粗砂;含砾石,局部含砾细砂	14.9	2.04	0.542			41.8	0.08	18.6
⑥ ₂	-73.31	细砂、粉砂;密实,局部夹中粗砂	20.7	1.97	0.645			53.6	0.11	16.5
⑦	-82.41	粉细砂;含少量小砾石	21.6	1.98	0.651			57.9	0.11	16.5
⑧ ₁	-87.65	中粗砂;含卵砾石,局部含砾砂、细砂	13.8	2.02	0.507			66.6	0.09	17.8
⑧ ₂	-101.50	粉细砂;局部夹粗砂	22.4	1.99	0.653			65.1	0.11	15.7
⑨	-129.10	亚粘土、粘土;硬塑	22.5	2.06	0.628	17.9	0.24	38.0	0.13	14.1

2 浆液在桩底的固结状态

钻探取样总计21个钻孔,从注浆完成7天后开始施工,76天后结束,取心总长度为208.9m。大部分钻孔取出的样品未固结硬化,用手捏即碎。只有少部分孔取上了部分固结的样品。具体数据见表3。

表3 取得固结样品探孔统计

桩号	桩底	0.5 m	1 m	2 m	4 m	合计
SZ2	√	√				2
工艺桩 2						
SZ3	√	√	√	√		4
工艺桩 4						
SZ4						
工艺桩 6	√					1

计有3根桩,7个取样孔见有固结样品,占取样孔的30%。而每孔固结样品占该孔样品总量的20%~30%。未固结样品在地面自然条件下12~24h后固结硬化。

钻孔取样从6月21日开始施工,从开工日保守计算,最先取上固结硬化样品SZ2孔为8月12日,与钻探取样开工时间已经过去52天,最迟的为SZ3,时间是9月4日,距开工已经过去76天。尽管SZ3四个钻孔都取上了固结样品,但其数量仅约为该桩所取样品的30%。

苏通大桥二期试桩的桩底注浆,是由3家公司各自单独设计配方、制定注浆量、注浆压力等工艺参数,并施工完成的,相互间并没有交流和参照。很吻

别距离桩周边0.5、1、2、4m。SZ3桩距桩周边4m处钻孔为注浆前施工,做CT测试用。

在工程勘察报告中,地层分层较为粗略,因此在钻探取样的同时,对地层的构造进行详细分层。大部分桩底实际地层构成属于粉细砂、细砂、粗砂、含砂粗砂、砾砂交互地层,地层变化较大。但均属于明确的可渗透地层。地层情况见表2。

合的是,3根取上有固结样品的桩,分属3家公司。

其中固结最好的SZ3桩和工艺桩4为同一家公司施工,浆液配方如下:水灰比 $W/C=0.5\sim 0.55$,U型膨胀剂为水泥用量的4%,膨润土为水泥用量的1%,高效减水剂为水泥用量的5‰。

浆液的主要性能指标:初凝时间3~4h;浆液稠度20s;7天强度 ≥ 10 MPa。

显然,样品显示的结果与地表试验差异巨大。然而,这个配方完全符合文献[1]要求,也是现在注浆设计和施工中的常用配方,但工艺桩4仍出现桩底水泥浆长时间未固结,可见这种情况在目前桩底注浆中不是个案。笔者以往在对深层搅拌桩进行钻探取样中,绝大多数也出现水泥土尚未固结的现象。

目前桩底注浆的常用水泥浆配方,在地面实验室测试出的初凝、终凝时间、强度等指标,在有压力、温度、特别是有地下水的桩底都是不可靠的。由于桩基的承载力测试达到设计要求,以及桩底注浆很少使用钻探取样的检测手段,所以这一事实未引起人们的充分认识和足够重视。

这对我们有2点启示:

(1)这是一个尚待研究解决的问题。如果水泥浆在孔底长时间未能初凝,那么所有以此为前提的工艺设计就失去了依据,成为多余甚至有害,比如分次注浆规定。因为二次注浆间的注水替浆,会因此稀释注入的浆液,进一步影响浆液的凝固。

(2)对桩底后注浆的侧阻、端阻、极限承载力的

测试,是在桩底浆液并未完全固结、桩底地层胶结体强度远低于浆液终凝后的数据,并不意味最终结果。因此,有可能桩底后注浆的巨大潜力尚未真正认识并深入发掘。同时,也突显出对此项技术进行深入研究具有更大的潜在价值。

3 浆液在桩底的扩散状态

6 根桩的钻探地层分层及浆液扩散分布见图 1~6。浆液在孔底的扩散有如下规律。

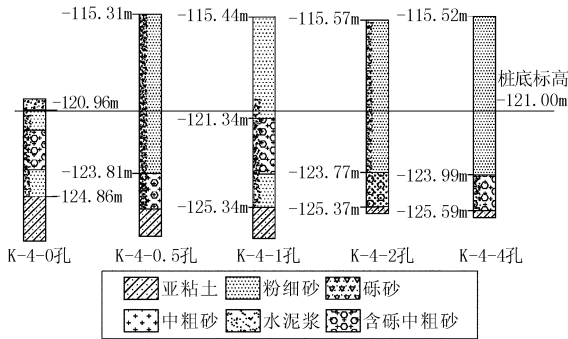


图 1 工艺桩 6 钻孔取样剖面图

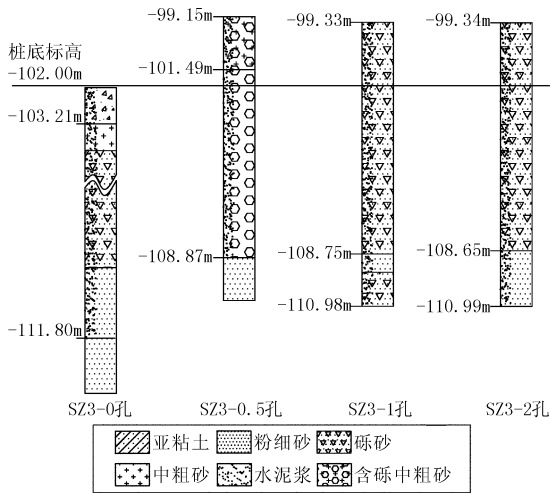


图 2 SZ3 桩钻孔取样剖面图

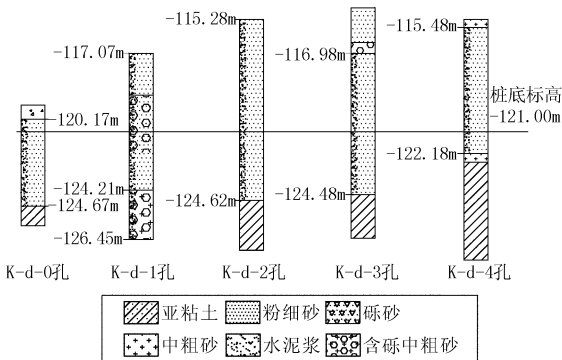


图 3 工艺桩 4 钻孔取样剖面图

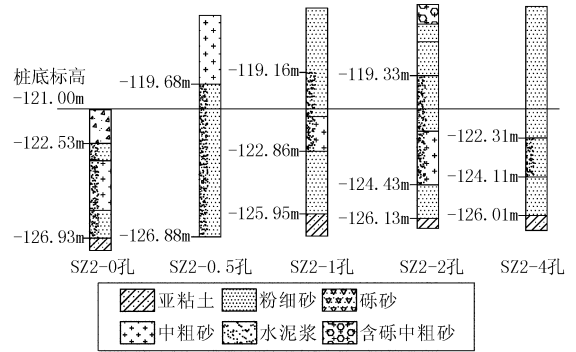


图 4 SZ2 桩钻孔取样剖面图

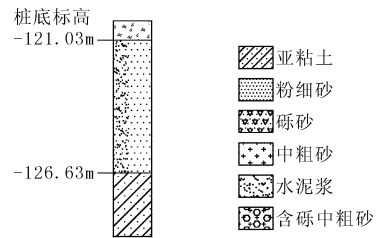


图 5 SZ4 桩钻孔取样剖面图

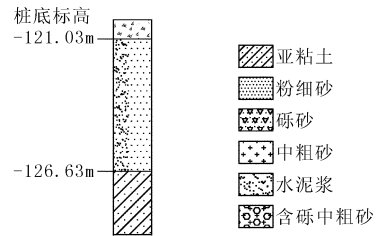


图 6 工艺桩 2 钻孔取样剖面图

(1) 在相同地层中,浆液的扩散规律是向下渗透最佳、向侧其次、向上最差。如 SZ3 桩(图 2),位于桩底的 SZ3-0 孔,地层上部为砾砂、下部粉细砂,水泥浆侵入至粉细砂层,深达 9.8 m。距桩周边 0.5、1、2 m 的钻探孔,地层为含砾中粗砂、砾砂,其渗透性明显强于粉细砂,但水泥浆侵入还不到 3 m,而向下侵入达到将近 9 m,其向下与向上的比例约为 3:1。由于水泥浆液在桩底有压力下的扩散规律,因此桩底注浆对端阻的提高要明显高于侧阻的提高。

(2) 浆液在桩底扩散受很多条件影响,其中受地层条件的影响最为明显。在有地层变化的情况下,地层组成成分颗粒越粗、孔隙率越大,水泥浆扩散越容易,扩散范围越大。据此,期待控制注浆浆液参数达到控制浆液的扩散半径是不现实的。更可行的方法是对地层做细致的勘察,根据浆液的扩散规律,科学选择桩基底部深度,不做无效的控制,但可以做到准确预测浆液的扩散范围。

(3) 从样品中水泥浆含量看,离注浆管出浆处

越近水泥浆含量越高,越远含量越少;地层组成颗粒越粗,水泥浆含量越多。中粗砂和砾砂地层水泥浆含量明显高于粉细砂。

(4)水泥浆沿桩间壁上返高度。上返高度对桩侧阻的提高有重要意义。但是,钻探取样很困难,无法实证。但从现有的研究成果分析,桩间壁水泥浆的上返高度与成孔方法有相联关系:反循环成孔比正循环成孔的孔壁更规则;使用高分子泥浆处理剂,泥皮薄而坚韧,孔壁更光滑;自然造浆成孔,泥皮厚而松散,都会对浆液上返高度有一定影响。但与上返高度相关性最大的是桩底地层条件,也是决定性的。如果桩底的地层侧向和向下的地层松散,渗透性较好,浆液上返的高度就差,如果侧向、特别是向下的地层渗透性差,浆液上返的高度就更好。工艺桩6(图1)与工艺桩4(图3)由于孔底往下5 m即为不可渗透的亚粘土层,使得浆液向上扩散,浆液上返高度是所有桩中最多的,但也仅为5 m。

4 结论

(1)在可渗透性地层中,按常规配比的浆液,在桩底不同于地表的压力、温度、地下水的环境下,凝结固化时间比室内试验延迟数天至数十天。因此不能单凭室内试验数据来制定相应工艺方案。而在灌注几天后进行的承载力测试很可能不是最终结果。

(2)在相似均质地层中,浆液扩散有明显的规律:向下与向上扩散的比例约为3:1,向侧居二者

之间。

(3)在交互地层中,浆液扩散的规律是:颗粒越粗,孔隙越大,渗透性就越好,则扩散越远、含量越多。地层条件对扩散效果起决定作用。

(4)浆液在向上、向侧、向下的三维空间扩散上,由地层条件决定,无法人为控制。只有将注浆地层勘察清楚,才可能准确预测浆液的扩散状态,从而制定科学的注浆方案。

(5)现在业内主要研究浆液扩散半径。这种研究主要采用室内试验,由于没有考虑并模拟地下复杂环境,因此其成果更适于帷幕注浆。而对于桩底注浆,水泥浆在孔底的扩散形态的研究更具实际意义。

参考文献:

- [1] GJ 94-2008,建筑桩基技术规范[S].
- [2] JTG TF 50-2011,公路桥涵施工技术规范[S].
- [3] 刘卫卫,姜鹏飞,等.东升水电站导流墙固结灌浆施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(9):71-74.
- [4] 潘宏雨,孙芳.钻孔灌注桩后注浆技术实践及其效果分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(7):56-58.
- [5] 彭仕奇.苏通大桥超长桩桩底后压浆试验及效果[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(11):54-58.
- [6] 李粮纲,唐平,何维山,等.深矿钻孔帷幕灌浆的数值模拟与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(12):36-40.
- [7] 麦荣强,曾宪斌.帷幕灌浆技术在桥墩施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(8):66-68.

(上接第72页)

可对坑外监测孔进行透水灵敏度试验,根据不同地层的水位复原时间,检验水位监测孔是否合格。

城市深基坑工程中,应该重视并加强坑外水位监测,建议相关部门出台并完善深基坑地下水位监测规范规程,对抗外水位监测孔的设计、施工做出明确要求,制定监测孔的检验标准,解决目前深基坑监测中地下水位监测的混乱状况。

参考文献:

- [1] GB 50479-2009,建筑基坑工程监测技术规范[S].
- [2] YB 9258-97,建筑基坑工程技术规范[S].
- [3] SL 183-2005,地下水监测规范[S].
- [4] HJ/T 164-2004,地下水环境监测技术规范[S].
- [5] JGJ 120-99,建筑基坑支护技术规程[S].
- [6] JGJ/T 111-98,建筑与市政降水工程技术规范[S].
- [7] SL 60-94,土石坝安全监测技术规范[S].
- [8] CJJ/T 76-98,城市地下水动态观测规程[S].
- [9] 车灿辉,刘实,刘静.深基坑工程结构类型与安全监测要素[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(4):60-64.
- [10] 刘清文,车灿辉.长江漫滩复杂地层条件下超大超深基坑降水设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):54-59.