

滨海潮间带砂石层止水帷幕施工实践

金成文, 张庆玉, 陈 平

(青岛地质工程勘察院, 山东 青岛 266071)

摘 要:在全面分析了青岛东海饭店露天游泳池的工程地质、环境条件和试验成果后,对该工程的防渗帷幕施工方案进行了合理的设计,在施工过程中进行了合理的优化和尝试,并取得了良好的防渗效果,达到了预期的目的。

关键词:滨海潮间带;砂石层;止水帷幕;防渗

中图分类号:TU473.1⁺4 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)03-0033-03

在沿海城市存在着较多的滨海填海区,填料多以砂石为主,在这种地层中进行帷幕施工有 3 大难点:一是难成孔,孔壁坍塌严重,无法钻进,有时似在钻进,而实际上只是钻具往地层里挤,提钻后又恢复原样,难以形成钻孔;二是漏浆、冒浆严重,浆液从砂石层中的空隙漏失或从孔口流失,造成帷幕体的不连续性,止水效果差;三是潮汐影响强烈,每天两次的涨潮落潮,水位变化大,地下迳流紊乱,宏观上使帷幕施工不能连续进行,易留下施工缝,微观上使浆液不易在原处凝固,造成帷幕体整体性和连续性差。

我院完成的青岛东海饭店露天游泳池止水帷幕工程,其施工地层即为滨海潮间带砂石层,根据该工

程具体情况和防渗要求,经反复试验、研究、讨论,最终大胆地采用了深层水泥土搅拌法与压力注浆法相结合的施工工艺,取得了较为理想的效果。

1 工程概况

拟建游泳池位于青岛市东海饭店西北部潮间带上(见图 1),拟建场地原为一小型码头,根据工程设计,拟利用原防波堤改建为露天游泳池,要求涨潮时海水漫过游泳池边缘进入池内,退潮时留在池中,因此为防止游泳池内海水从坝底及侧边渗漏,必须对游泳池进行防渗处理。

设计要求:宏观上游泳池蓄水后漏水量 < 0.30

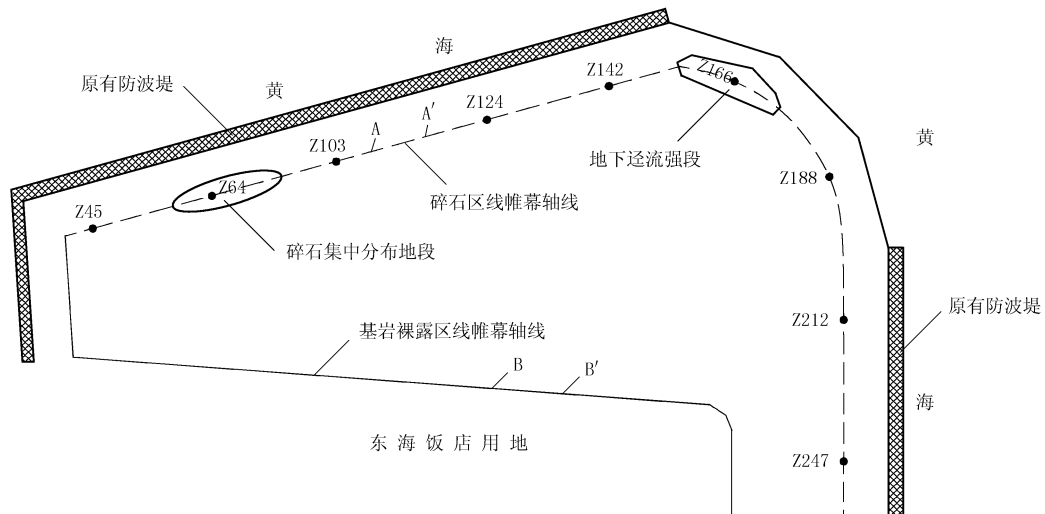


图 1 东海饭店露天游泳池位置示意图

m/日,微观上帷幕体的渗透系数 $\geq 10^{-4}$ cm/s。

2 施工条件

2.1 场地条件

拟建游泳池位于滨海潮间带,东侧为东海饭店用地,南、北侧和西侧为原有防波堤,西北侧有弧形缺口,池内地势南高北低,最大高差 2.80 m。

2.2 地质条件

收稿日期:2006-09-26

作者简介:金成文(1974-),男(汉族),山东安丘人,青岛地质工程勘察院工程师,水文地质与工程地质专业,从事岩土工程勘察与施工管理工作,山东省青岛市徐州路 79 号,(0532)85823666,zhzqh590926@126.com。

拟建场地内地层在原防波堤附近以砂石为主,厚3.0~7.0 m,碎石成分复杂,粒径以10~20 cm为主,局部夹有50~70 cm的块石,中粗砂充填,在池底以中细砂为主,在东侧有花岗岩基岩出露。

2.3 水文条件

拟建场地位于潮间带,因此地下水与海水有密切水力联系,水位变化与潮汐活动密切相关,涨潮时场区全部被海水覆盖,水深1.0~4.0 m,退潮后场区全部出露。

影响场区的潮流为往复流,属正规半日潮,涨潮时流向左旋,落潮时流向紊乱。

3 施工方案

根据场地的工程地质条件及拟建游泳池的防渗要求,综合考虑地层、潮水等各类影响因素,确定采用水泥土搅拌法(湿法)与压力注浆法相结合的防渗帷幕施工方案,并在正式施工前选择有代表性的地段(A-A'段和B-B'段,见图1)进行试验。

A-A'段位于西侧防波堤下,地层以砂石为主,试验时先采用水泥土搅拌法施工搅拌桩帷幕,后在搅拌桩帷幕上钻孔进行压力注浆。

B-B'段位于基岩基本裸露区,在该段进行取心分析和压水试验,测定花岗岩基岩节理裂隙发育程度和渗透系数,判定是否需要对其进行压力注浆。

3.1 试验结果

3.1.1 A-A'段

试验结果表明:在固化剂水灰比保持不变的条件下,搅拌桩帷幕体质量(帷幕体质量:试验过程中为便于比较确定的一定性指标,将帷幕体连续、与基岩不存在接触性缝隙设定为100,帷幕体基本不成形设定为0)与搅拌桩排数呈现线性变化关系(见图2):搅拌桩由1排增至3排,帷幕体质量迅速提高,3排以后,帷幕体质量虽随搅拌桩排数增加而提高,但提高量已很小,即3排以后依靠增加搅拌桩排数来提高帷幕体质量的作法已无意义。

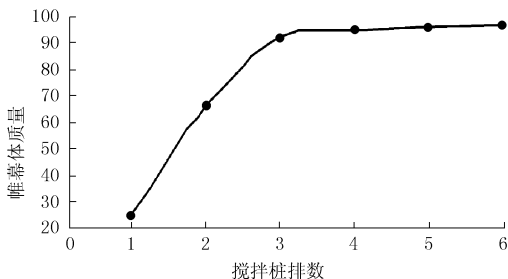


图2 搅拌桩排数与帷幕体质量关系曲线

在保持搅拌桩排数不变的条件下,搅拌桩帷幕体质量与固化剂水灰比呈一定的函数关系(见图3)。水灰比小于0.40时,水灰比越小、浆液越稠,搅拌桩施工过程中输浆管和喷嘴越易堵塞,连续施工难度和搅拌桩的连续性也愈差;相反,水灰比大于0.70时,水灰比愈大,浆液越稀,浆液越易被地下径流带走,搅拌桩帷幕质量也越差。在同等条件下加入2%水玻璃,水灰比小于0.40时,输浆管和喷嘴更易堵塞,帷幕体质量更差,水灰比大于0.70时,加入水玻璃前后帷幕体质量提高量微小。

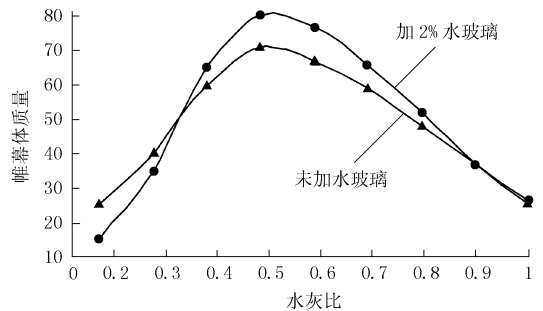


图3 水灰比与帷幕体质量关系曲线

根据A-A'段试验结果,经分析、论证,确定砂石层止水帷幕的施工方案见图4,施工参数如下。

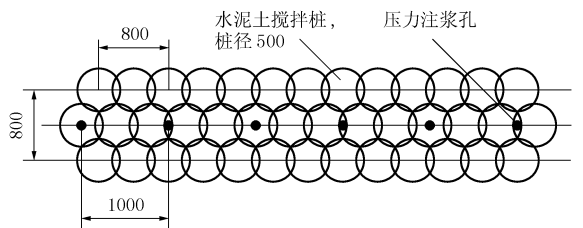


图4 止水帷幕施工方案图

(1)水泥土搅拌桩:排数3排,桩径500 mm,桩间距400 mm,固化剂为P. O32. 5R 普通硅酸盐水泥,固化剂掺入量20% (质量比),固化剂水灰比0.50,添加2%的水玻璃。

(2)压力注浆:孔间距1000 mm,孔深为进入花岗岩500~1000 mm,孔口封闭注浆法,注浆材料为P. O32. 5R 普通硅酸盐水泥,浆液水灰比为1:0.50,注浆压力为0.50 MPa,停止注浆标准为注浆量≤1~2 L/min时,加密次序为Ⅲ级加密(见图5)。

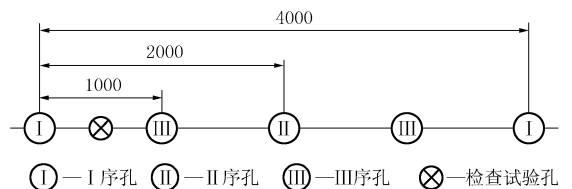


图5 压力注浆孔施工工序图

注浆在搅拌桩施工完毕 7~10 日后进行。

3.1.2 B-B'段

B-B'段的钻探和压水试验结果表明,基岩裸露区的花岗岩风化程度轻,节理少,岩心完整、光滑,压水试验结果表明其渗透系数小于设计要求。

根据 B-B'段的试验结果,分析、论证后认为,基岩裸露区的花岗岩岩体完整,渗透性达到设计要求,不必进行帷幕施工。

4 施工情况

施工参数确定以后,我院即对搅拌桩机进行改造,将操纵台和卷扬机等重要设备架高,便于其高于最高潮水位,以适用“涨潮时将搅拌桩机停放海水中,退潮后立即施工”的施工要求,节省施工时间,确保施工质量

施工期间启用一台 SJB-40 型搅拌桩机,一台 XY-1 型工程钻机和一台注浆泵,共完成水泥土搅拌桩 5148.65 延米,帷幕体注浆 2276.6 延米,共计使用水泥 525 t。

5 施工质量

帷幕体施工结束后,为检查帷幕体的连续性和完整性,评价帷幕体的防渗质量,在帷幕体上布置了一系列的检查、试验工作,检查方法包括开挖、钻孔取心、压水试验等。

5.1 帷幕体连续性和完整性

帷幕体施工结束后,采用开挖、钻孔取心的方式检查帷幕体的连续性和完整性,分段开挖情况表明,水泥土搅拌桩桩体完整,搭接情况良好,无蜂窝状空洞,不存在施工缝隙;钻探取心时取心率 90% 以上,岩心致密、均匀,帷幕体厚度大于该点基岩埋深,帷幕体竖向完整性良好,帷幕体与基岩间不存在接触性缝隙。

5.2 帷幕体渗透性

帷幕体施工结束后,在帷幕墙体上间隔 10.0~20.0 m、施工质量相对较差的部位选取了 9 个点进行压水试验测定帷幕体的渗透系数,试验结果见表 1,帷幕体的防渗要求达到了设计目标,防渗效果良好。

表 1 帷幕体渗透性检查结果表

参数 试点	基本参数				试验结果		帷幕体特征
	试段长度 L/m	试验压力 P/kPa	稳定流量 Q /(L·min ⁻¹)	钻孔半径 r /mm	单位吸水量 ω/ (×10 ⁻² L·min ⁻¹ ·m ⁻²)	渗透系数 k /(×10 ⁻⁴ cm·s ⁻¹)	
Z64	7.00	19	1.130	70	8.50	0.70	1.帷幕体连续性好,桩与桩之间搭接效果好; 2.墙体完整,与花岗岩岩体结合好,不存在接触性缝隙; 3.帷幕体中含有等价开度小于 0.1 mm 的裂隙,局部含有等价开度 0.5 mm 的裂隙; 4.渗透系数 ≤ 10 ⁻⁴ cm/s(设计目标)
Z45	5.00	20	0.853	50	8.53	0.97	
Z103	7.10	23	0.545	71	3.34	0.41	
Z124	7.20	18	0.640	72	4.90	0.61	
Z142	7.20	18	0.566	72	4.40	0.50	
Z166	4.50	25	0.857	45	7.60	0.82	
Z188	6.00	18	0.210	60	1.90	0.23	
Z212	5.00	20	0.200	50	2.00	0.23	
Z247	5.00	15	0.087	50	1.20	0.14	

5.3 游泳池宏观漏水情况

游泳池投入使用后渗漏量 < 15 cm/日,渗漏量达到预期目标,防渗效果良好。

5.4 总体评价

通过对帷幕体进行的上述一系列检查、试验结果表明,采用水泥土搅拌法与压力注浆法相结合的施工方法形成的帷幕体整体性和连续性良好,与花岗岩基岩间不存在接触性缝隙,渗透系数 > 10⁻⁴ cm/s,防渗质量达到预期目标。

6 施工中遇到的问题及对策

6.1 碎石层集中分布地段搅拌桩帷幕连续性差

压力注浆过程中发现,在碎石集中分布的地段水泥土搅拌桩帷幕不连续或连续性差,帷幕体上存

在较多漏洞、未与花岗岩基岩连为一体,压力注浆时地层吃浆量特别大,浆液在碎石层中流动的声音也清晰可闻,帷幕体难以封闭,为解决这个难题,保证帷幕体质量并节省材料,采用下列对策:

- (1) 先用水泥砂浆灌注,减小碎石层中空隙;
- (2) 降低水泥浆水灰比,并添加适当的水玻璃,缩短水泥浆的初凝时间,使水泥浆尽快在碎石层中凝结;
- (3) 增加注浆加密次序,并延长相邻孔序间的时间间隔,将Ⅲ级加密增为Ⅳ级加密,让水泥浆充分凝固,减少后序施工对碎石层中水泥浆的冲击破坏;
- (4) 各个注浆孔进行多次注浆,分段延长帷幕体,直至与基岩连为一体。

(下转第 38 页)

丰沙线35号桥原基础为沉井基础,3号墩原沉井深约12m(由围堰面向下计算),施工沉井时有木质、铁质器材掉入井周土体内,本次施工4号墩钻遇木方、铁板、铁器数次,钻遇障碍物使钻进效率极度下降,很容易损坏滚刀硬质合金齿和挤偏钻头。

钻透地下障碍物最关键的工艺原则是:

(1)及时发现障碍物所处钻杆空间位置;

(2)耐心减压磨削障碍物,使钻头体基本铅垂通过障碍物;

(3)磨削障碍物时要及时检查钻头底边保径硬质合金刃齿和滚刀切削刃齿是否完好,必要时更换保径刃齿和滚刀以提高钻磨障碍物的进度;

(4)定期提钻检查钻杆及连接螺栓是否有裂纹、松动和损坏,防止孔内事故发生。

本次施工4号墩1号孔至8.4m处钻遇铁器磨削长达2天未检查钻具,发生钻头粗径连接杆折断事故,经多次处理无效,后发现钻头被障碍物挤偏0.5m,迫使孔位变更,造成了较大的经济损失。

4.4 施工效率

本次施工与2001年该桥施工的钻孔灌注桩相比,成孔质量与效率均大幅度提高,主要表现在以下几个方面:

(1)成孔扩径率极大减小。2001年采用的钻头为厂家平底钻头,加重为3t,扩径处最大达2.2m(设计桩径1.5m),经多次抽水与支模修补孔壁后

钻进至设计孔深。本次施工扩径率一般在1.2~1.3(从水下灌注混凝土量得出),成桩质量优良。

(2)成孔效率极大提高。由于本次采用的底锥角为12°的锥形滚刀钻头阶梯式破岩效率较高,加之5~7t钻头体铅垂力作用和底锥钻头找中性好,实现了良好的孔直度和较理想的扩径率,得以成孔纯钻效率大幅度提高。除遇障碍物失败一次,其它8孔一次性成孔,未进行一次机械或人工修孔。纯钻效率和纯钻率的提高,促使本次施工综合台效成倍提高,2001年平均台月效率为14m,本次台月效率可达26m。

5 结语

(1)上覆滚石、漂石下伏基岩嵌岩钻孔灌注桩在其他工程条件限制下采用回转滚刀钻进,注浆胶结松散层及采用高粘度泥浆维持孔壁规则度和稳定性是非常重要的工序和工艺。

(2)底锥滚刀钻头加适当的配重是保证钻孔孔直度和提高钻效的关键技术,这一认识已在2个工地施工验证,效果极佳。应在此基础上不断总结和改进,以便进一步提高钻进质量和效率。

(3)孔内钻遇障碍物极易造成孔轴线偏斜,应耐心纠偏钻进,并定期检查钻具,即时修补破损处,杜绝孔内折杆事故发生和压缩成孔时间。

(上接第35页)

采用上述对策施工后,帷幕体的渗透系数降为 0.7×10^{-4} cm/s(表1中Z64点),达到了预期的目的。

6.2 地下迳流强地段搅拌桩整体性差

压力注浆过程中发现,在拟建游泳池圆弧部分的西端,水泥土搅拌桩的整体性差,其顶部0.0~4.0m效果较好,其下至基岩间的2.5~3.5m基本无帷幕体存在,进行压力注浆时地层吃浆量大(孔口无冒浆现象发生),但帷幕体在竖向上延长不大,经分析认为是地下迳流强、紊流所致,采用下列对策:

(1)注浆施工前,在其上游侧(涨潮期间在帷幕外侧、落潮期间在帷幕内侧)挖深坑并抽取海水,改变砂中海水的迳流方向;

(2)操作方式同6.1的(2)~(4)。

采用上述对策施工后,帷幕体的渗透系数降为 0.82×10^{-4} cm/s(表1中Z166点),达到了预期的目的。

7 结语

生产实践证明,水泥土搅拌法与压力注浆法相结合的施工工艺对解决滨海潮间带砂石层帷幕施工难的问题有良好的效果,该工艺施工简洁、快速,压力注浆过程同时也是质量自检过程,施工质量易于控制,且成本较低。

该工艺的成功实施,既为建设单位节约了资金,又提高了我院的知名度,取得了较好的经济效益和社会效益,为以后施工同类工程积累了丰富的经验,值得在同类地区推广应用。