

三维声纳渗流探测技术在深基坑工程中的应用

——以湖北宜昌庙嘴长江大桥锚碇基坑工程为例

朱 敏, 郭晓刚, 董志超

(长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉 430010)

摘要:为了在深基坑开挖前提前判断基坑侧壁渗漏点的具体位置,以紧邻长江边的深基坑为工程背景,简要介绍了三维声纳渗流探测的原理,侧重论述了声纳探测技术的实施方法及具体施工布置要求。通过对基坑地连墙外各观测孔声纳渗流检测数据的计算分析、类比和评估,较为全面掌握了基坑在内外水头作用下的渗流情况。在实际开挖过程中,通过现场观测,声纳探测的渗漏点与现场情况基本一致。总结了声纳探测技术的优缺点,从应用需求上指出了下步应探索的领域。

关 键 词:深基坑; 三维声纳探测技术; 渗漏检测

中图分类号: TV551.4

文献标志码: A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.17.011

随着国民经济和城市建设的快速发展,我国各大城市大型地下空间开发进展迅速,涌现出大量复杂的基坑工程建设项目,其开挖规模和深度都日渐加大。在开挖过程中,不仅需要保障基坑的稳定安全,紧邻基坑周边的建(构)筑物安全和正常使用亦作为重要控制因素,其中地下水的控制是影响工程安全的第一因素,因此地下水的控制是设计、施工的重点^[1-3]。

地下连续墙作为目前大规模使用的一种基坑支护结构,具有良好的止水性能、较大的刚度以及较好的控制变形能力,但其薄弱环节在于地连墙接缝的处理,虽然在设计过程中可以采取各种措施以加强地连墙的止水效果,然而在实际施工过程中,施工机械、作业人员、工程地质及水文地质等各种因素均可能影响到最终的止水效果。一般情况下只有在土方开挖过后,地连墙侧壁的渗漏点才能暴露出来,但此时基坑已在高水头作用下,渗漏点的暴露将对基坑和周边各类建(构)筑物的安全产生极大的不利影响。如果在基坑开挖前,提前判断基坑侧壁渗漏点的具体位置,以便采取相应的应对措施提前对渗漏点进行处理,将对基坑工程的安全施工带来极大便利。

三维声纳渗流探测技术是一种专门针对基坑工程渗漏隐患探测的专利技术,能够对地下连续墙渗漏点

的渗漏量、渗漏流速、坐标位置进行准确的定位测量,从而能够提前判断基坑侧壁渗漏点的具体位置,以便能够在开挖前进行渗漏预处理,并为基坑工程的各类止水结构优化设计、施工和预测预报变为可能,可实现科学与管理上的创新^[4-6]。

本文以宜昌庙嘴长江大桥西坝锚碇基坑工程为例,详细介绍三维声纳探测技术在该工程中的应用情况。通过对地连墙结构施工质量的渗流声纳探测,对可能出现的渗漏点进行准确的预测预报,防患于未然。通过对比实际开挖渗漏点,总结了声纳探测技术的优缺点,以期为类似工程提供借鉴与参考。

1 工程概况

宜昌庙嘴长江大桥西坝锚碇基坑工程距离长江约200 m,该基坑开挖深度为22.0 m,局部开挖深度为24.5 m,基坑平面为直径60 m的圆,基坑支护采用了1.2 m地下连续墙加环形钢筋混凝土内衬结构。基坑开挖采用逆筑法施工,分层开挖土(岩)体、分层施工内衬,基坑剖面如图1所示。

西坝为河漫滩沉积层地貌单元,地层分布情况如下:①层为素填土(层厚1.0~4.0 m);②₁层为粉质黏土(层厚3.9~6.3 m);③层为卵石夹漂石(层厚9.1

~18.0 m),卵石粒径一般 2~10 cm,大者 17~30 cm,卵石含量 65%~95%,夹漂石,根据地表调查及钻孔揭露,其粒径一般 20~50 cm,含量一般约 5%~15%。卵漂石成分以花岗岩、灰岩、石英砂岩为主,磨圆度较好,以亚圆形为主。基岩主要为中细砂岩、泥质粉砂岩、砾岩、疏松砂岩及泥岩,中厚层-厚层状交错发育,其中全-强风化带厚度小,分布零星,均匀性较差;中风化-微风化带基岩软硬相间,强度和空间分布上均有较大差异,均匀性较差,但中下部中、微风化中细砂岩、砾岩力学强度高,工程性质较好。

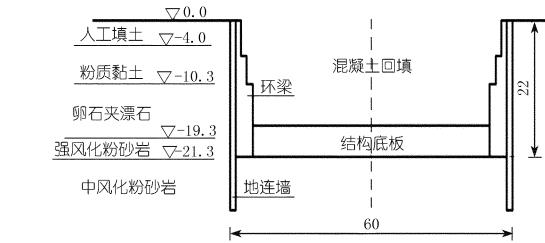


图 1 基坑地质剖面示意(单位:m)

本场区内的地下水主要为松散岩类孔隙水、基岩裂隙水。松散岩类孔隙水主要含水岩组为第四系卵石类土;基岩裂隙水主要含水岩组为白垩系五龙组砾岩、中粗砂岩、砂岩、泥质砂岩岩组。该基坑位于西坝江心洲,覆盖层较厚,且中上部分主要为卵石、卵石夹漂石等强透水性地层。根据相关试验,其岩土体透水性评价如表 1 所示。

表 1 锚碇区岩土体透水性评价

土层	状态	渗透系数/ (cm·s ⁻¹)	透水率/ Lu	透水性
①素填土	松散	×10 ⁻⁴ ~×10 ⁻⁵	/	弱至中等透水性
② ₁ 粉质黏土	可塑	×10 ⁻⁵ ~×10 ⁻⁶	/	弱-微透水性
② ₂ 粉土	稍密	×10 ⁻⁴	/	中等透水性
③卵石夹漂石	稍密-密实	×10 ⁻¹ ~×10 ⁻²	/	强透水性
④粉质黏土混碎石	可塑-硬塑	×10 ⁻⁴ ~×10 ⁻⁵	/	弱至中等透水性
中-微风化岩	/	/	0.27~0.81	微透水性

2 声纳探测技术

2.1 声纳探测原理

声纳渗流探测技术,主要利用声波在水中的优异传播特性实现对水流速度场的测量。当被测水体存在渗流时,将在渗漏点附近产生渗流场。通过布置若干个声纳探测点,从而形成声纳探测器阵列,以便精细地探测出声波在流体中能量传递的大小与分布,依据阵列测量数据的时空分布,即可显示出渗流声源发出的方向;同时利用渗流声源方向上声纳探测器的距离和相位之差,建立连续的渗流场水流质点流速方程。

$$U = - \frac{L^2}{2X} \left(\frac{1}{T_{12}} - \frac{1}{T_{21}} \right)$$

式中, L 为声波在传感器之间传播路径的长度; X 为传播路径的轴向分量; T_{21} 、 T_{12} 为从传感器 t_{12} 到传感器 t_{21} 和从传感器 t_{21} 到传感器 t_{12} 的传播时间; U 为流体通过传感器 t_{12} 、 t_{21} 之间声道上平均流速。

2.2 声纳探测方法及施工布置要求

“三维流速矢量声纳测量仪”由测量探头、电缆和电脑 3 部分组成。仪器测量之前,通过室内标准渗流试验井,进行渗流参数标记后才能进行现场渗流测量。基坑三维声纳探测测量的顺序是自上而下,从地下水位水面线以下开始测量,测量点的密度为 1 m,1 个测点上的测量时间为 1 min,测量完成后数据自动保存在电子文档中,再进行下一个点的测量,直到测量至孔底。

声纳正式探测时,测量孔的位置选定在地下连续墙迎水面一侧的接缝处。启动基坑内降水井的抽排水,以便形成基坑内外水头差,渗漏点在内外水头差的作用下将形成渗漏路径,通过检测不同平面位置、不同高度测量孔内的渗流场,得到不同的检测数据。

(1) 测孔布置。① 平面布孔要求:在容易发生管涌渗漏的拐角处和正对槽段接缝位置的迎水面一侧,尽量贴近止水接缝处布置钻孔。② 竖向布孔要求:测量孔的垂直钻孔深度与地连墙的设计深度一致,测量其地连墙止水结构的质量优劣与渗漏量的对应关系。

(2) 施工要求。① 测孔的要求与水文地质成孔的要求基本一致;② 成孔内径大于 90 mm,管材选用壁厚 5 mm 的 PVC 塑料管;③ 钻孔的井斜不得大于 3 度,孔内不得发生堵孔和卡孔;④ 花管深度为地下水位以下至测孔底部,测孔深度同地下连续墙深度,孔底部需采取封堵措施;⑤ 测孔内布置的花管要求通畅,接头不能有错位和掉节的现象;花管的孔隙率要求大于 20%,且花管的孔洞应布置规范、均匀、对称;花管外采用 2 层 100 目的沙窗网布包裹过滤,沙布外滤料采用粗砂填砾;⑥ 成孔后应洗孔至出清水,孔内不得有沉淀物,并确保达到设计深度;⑦ 所有测孔的孔口应采用孔盖拧紧保护。

3 测量内容及数据分析

基坑渗流检测时间为枯水期,测量孔数为 8 个,分别布置于基坑圆周外侧,间隔角度为 45°。基坑内布置了 4 个抽水井,测量时基坑内处于降水过程,坑外观测井地下水位为 12~14 m,坑内降水水位深度 18 m,基坑内外水位差为 4~6 m。具体测量数据包括:原位测量孔内每米渗透流速、渗流方向、渗漏流量及渗透系

数的分布数据。

(1) 渗漏量流速矢量。图 2 为基坑 8 个测量孔的流速矢量平面分布图,图中的箭头指向是水流方向,箭头的长度是流速的大小。

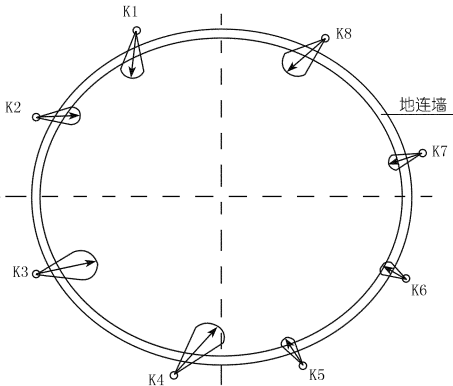


图 2 各测量孔渗漏流速矢量平面分布示意

(2) 单孔渗漏量分布。图 3 为基坑各测量孔渗漏量柱状分布图。图中显示超过 $3.5\text{ m}^3/\text{d}$ 的测量孔的排序为: K4 ($4.36\text{ m}^3/\text{d}$)、K3 ($3.8\text{ m}^3/\text{d}$)、K8 ($3.5\text{ m}^3/\text{d}$), 基坑总的渗流量是 $25\text{ m}^3/\text{d}$ 。

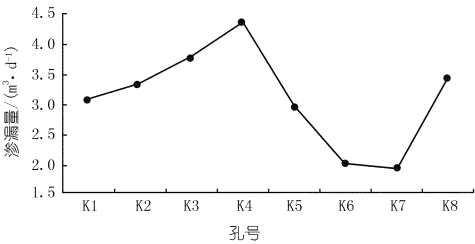


图 3 各测量孔渗漏流量分布

(3) 渗漏量流速分布。图 4 为基坑 8 个测量孔渗漏流速沿测量深度的分布曲线,单点渗漏流速大于 0.15 m/d 的有 5 个测量孔,分别是 K1 (0.17 m/d), K3 (0.17 m/d), K4 (0.22 m/d), K5 (0.15 m/d), K8 (0.23 m/d)。

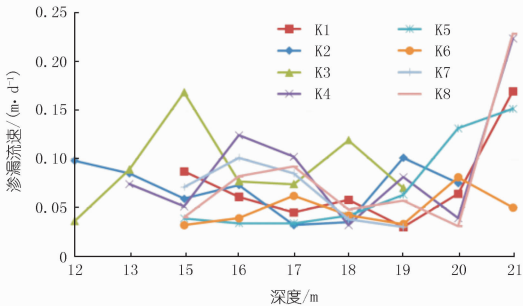


图 4 各测量孔渗漏流速沿深度变化曲线

(4) 各测量孔渗透系数。图 5 全面反映了基坑 8 个测量孔从地表以下 $0\sim 20\text{ m}$ 的地连墙穿过卵石加漂石透水层时的渗透特征。各孔最大的渗透系数值均出现在地表以下 -20 m 的高程位置,具体分布为 K8 (k

$= 3.3 \times 10^{-5}\text{ cm/s}$)、K4 ($k = 2.6 \times 10^{-5}\text{ cm/s}$)、K1 ($k = 2.4 \times 10^{-5}\text{ cm/s}$)、K5 ($k = 2.2 \times 10^{-5}\text{ cm/s}$), 此类测孔最大值均出现在漂石层与基岩风化层的交接面上。

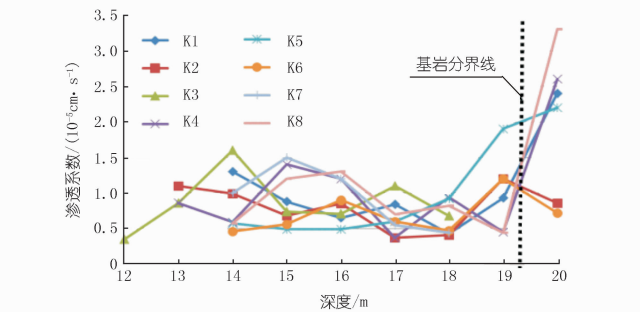


图 5 基坑各测孔渗透系数沿高程分布曲线

4 结论与建议

通过对基坑地连墙外各观测孔声纳渗流检测数据的计算、分析、类比和评估,可以较为全面得知基坑在内外水头差作用下的渗漏情况。在实际开挖过程中通过现场观测,声纳探测的渗漏点与现场情况基本一致,该技术在本工程上的成功应用可以为类似工程作为借鉴参考。但在实际应用过程中,尚存在以下不足:

(1) 由于实际渗漏点未能布置于地连墙的各个接缝处,该技术仅能总体上评估基坑渗漏状况,如发现局部渗漏量较大时,可通过加密探测孔进行精确平面定位。

(2) 本工法检测的是基坑未开挖时止水结构的防渗效果,而地连墙接缝处易残留沙袋、泥浆皮等难以清除的施工缺陷,在开挖过程中可能遭到破坏,容易造成止水措施失效,这种情况下三维声纳渗流将无法检测。

(3) 由于该基坑安排在枯水期开挖,开挖前针对基坑渗漏采用的声纳探测技术未能全面反映高水头作用下基坑渗漏情况,下一步应论证高水头条件下声纳探测技术的准确性。

参考文献:

[1] 刘国彬,王卫东. 基坑工程手册(第二版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
[2] 丛谨森. 多层地基深基坑的渗流稳定问题探讨[J]. 岩土工程学报,2009,28(10).
[3] 裴桂红,吴军,刘建军,等. 深基坑开挖过程中渗流-应力耦合数值模拟[J]. 岩石力学与工程学报,2004,(2).
[4] DL/T 5251-2010 水工混凝土建筑物缺陷检测和评估技术规程[S].
[5] JGJ120-2012 建筑基坑支护技术规程[S].
[6] 吴林高. 基坑工程降水案例[M]. 北京:人民交通出版社,2009.

(编辑:徐诗银)

4 结 语

本文介绍了根据新华滑坡的地质条件设计的变形监测系统概况(包括 GNSS 自动化系统的组成及各模块的功能),提出了基准点检验的方法,仪器安装、埋设的技术要求和变形测点的观测技术指标。可供类似工程项目借鉴和参考。

参考文献:

[1] 徐绍铨,程温鸣. GPS 在大坝和滑坡安全监测中应用的研究[J]. 水力发电,2003,29(1).
[2] 王川,杨姗姗. GNSS 监测系统在小湾拱坝安全监测中的应用[J]. 水电自动化与大坝监测,2013,20(1).
[3] 李征航. GPS 定位技术在变形监测中的应用[J]. 全球定位系统, 2001,26(2).

(编辑:赵凤超)

Design of GNSS automatic monitoring network of Xinhua Landslide in Dagangshan Reservoir area

SHI Jianzhou, HUA Boshen, CHEN Xugao, LI Jun

(HydroChina Chengdu Engineering Corporation Limited, Chengdu 610072, China)

Abstract: To monitor the stability of Xinhua Landslide in Dagangshan Reservoir area in real – time, the design of GNSS automatic monitoring network is carried out. The necessarily of the monitoring work is demonstrated by consideration of the geological condition and stability of the slope body. The automatic monitoring method is compared with the conventional method, and the pros and cons are analyzed. The composition frame of the automatic system and the function and connection of the sub – systems are introduced. Combining with the practical situation of Xinhua Landslide, the datum mark test method, installation of the device, technical requirement of burial and technical index of deformation points monitoring are put forward.
Key words: landslide monitoring; GNSS; base staion; monitoring precision; automatic system; Xinhua Landslide; Dagangshan Reservoir

(上接第 45 页)

Application of 3D sonar seepage detecting technology in deep foundation pit projects: case of anchorage base of Miaozi Yangtze River Bridge at Yichang, Hubei

ZHU Min, GUO Xiaogang, DONG Zhichao

(Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China)

Abstract: Taking a deep foundation pit projects near to Yangtze River as a case, we applied 3D sonar seepage detecting method to master the side wall seepage condition before the pit excavation. The principle of 3D sonar seepage detecting is introduced, especially the detecting procedure as well as the detail construction layout are discussed. By analyzing and comparing the sonar detecting data outside the diaphragm wall of foundation pit, we understood the overall condition of pit seepage under the influence of outside – inside water head. In the later foundation pit excavation, the detecting results provided by sonar detecting were in accordance with the measured data. Finally, the pros and cons of sonar detecting technology are summarized, and the next exploration field is pointed out in terms of application requirement.
Key words: deep pit; 3D sonar detecting technology; seepage detecting

