

深基坑电信号示踪法渗漏检测的应用研究

胡 欣

天津大学建筑设计规划研究总院有限公司 天津 300192

摘 要：在中国沿海或沿河地区，地下水位较高，大量深基坑均需设置止水帷幕或地连墙隔断基坑内外地下水水力联系，保证工程正常施工。但隔断结构往往出现渗漏，导致地面塌陷、管线破坏以及建筑物倾斜，因此深基坑的提前渗漏检测是深基坑工程的重点及难点。电信号示踪法是基于人工激发电场，在基坑一侧（通常是外侧）发射电信号，另一侧（通常是里侧）接收电信号，止水帷幕或地连墙出现渗漏时渗漏处会“引导”电信号进入基坑内，通过基坑内网格布布置的传感器捕捉异常的电信号，从而判定渗漏的平面位置。本文通过实际案例介绍电信号示踪法在深基坑工程中的应用。

关键词：深基坑；电信号示踪法；渗漏检测

引言：青岛地区地质条件比较复杂，场地内分布有安山岩，自上至下特征分别为强风化、中风化以及微风化。深基坑开挖深度达到15m以上时，需开挖至中风化甚至微风化岩层，此时 止水帷幕或地连墙等隔水结构无法施工，那么在基坑开挖过程中就有可能引发渗漏水。渗漏水来源主要以岩层裂隙水为主，水量一般较大。电信号示踪法可以提前检测裂隙水渗漏位置，为后期基坑开挖提前做好渗漏水位置预判及应对渗漏突发的抢险物资准备。

1 项目概述

青岛某地铁基坑位于青岛市天山一路和规划新城二

路，沿规划新城二路敷设，东 西向布置，远期与23号线通道换乘为地下三层岛式站台车站。地质情况：车站主要位于第四系土层、强、中、微风化安山岩层中，车站顶板埋深 3.5~4m；中风化安山岩为Ⅳ级软质岩，微风化安山岩为Ⅴ级次坚石，中风化岩石饱和单轴抗压强度为19.35~28.52MPa，平均强度23.28MPa，微风化岩石的单轴饱和抗压强度为25.73~70.97MPa，平均值为35.08MPa。水文情况：地下水为第四系孔隙潜水和基岩裂隙水，第四系孔隙潜水主要赋存于素填土、砂土中，富水性强；基岩裂隙水主要赋存于节理、裂隙和构造破碎带中，富水性差，连通性差如图1。

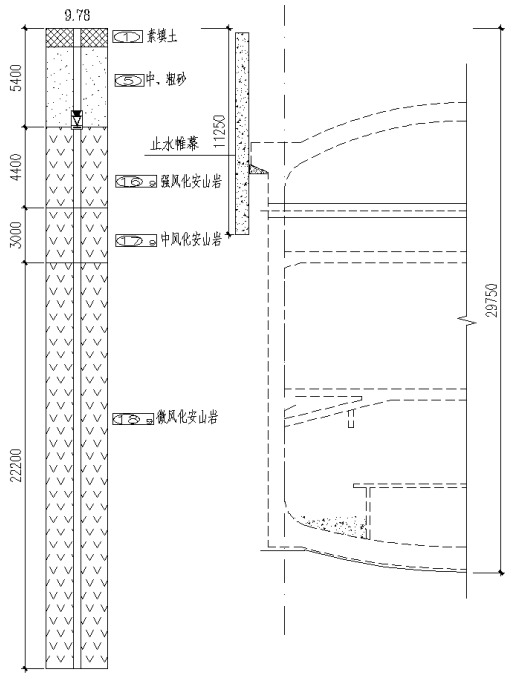


图1 基坑开挖剖面图

基坑止水帷幕则采用 CSM 双轮铣深搅工艺, 仅能施工至中风化安山岩内约 2m 左右, 此时距离坑底还有 16~18m 深无帷幕止水, 此段以微风化安山岩为主, 经勘察, 局部有裂隙, 基坑开挖过程中, 可能导致裂隙水涌入坑内, 对基坑开挖造成不良影响, 基坑开挖前需探明渗漏风险区域并提前防范。车站主体结构基坑长度约 159.8m, 宽约 24.3~29.3m, 深约 29.5m。基坑整体结构采用明挖法施工, 基坑采用钻孔灌注桩吊脚+锚索支护, 下部采用钢管桩+锚索+锚杆支护。

2 建模及计算

基本原理: 采用电信号示踪法(人工电场)探测地下土体或结构物的电信号差异。基坑止水帷幕的渗漏检测基本操作如下:

(1) 在基坑外侧的降水观测井内设正极, 内侧降水井内设负极, 供电后形成稳定的人工电场。在基坑内侧布设探测电极, 探测电场等位线分布。(2) 电流通过止水帷幕由正极流向负极, 当帷幕均匀连续时其电阻基本

一致, 电场中等位线呈规则分布, 当帷幕有渗漏时, 渗漏点处电阻异常, 等位线出现相应变化, 由此判断渗漏点的位置和渗漏的严重程度^[1]。

采用 Ansys Maxwell 多场耦合模型进行分析, Ansys Maxwell 是 Ansys 公司开发的一款专业电磁场仿真软件, 主要用于低频电磁场分析(如静电场、静磁场、涡流场、瞬态场等)。它通过有限元法(FEM)求解麦克斯韦方程组, 广泛应用于电机、变压器、传感器、电磁阀、无线充电系统等设备的电磁设计与性能优化。

在基坑内外人工激励电场, 形成球形电场分布, 当基坑边界处出现渗漏时, 基坑内部距离渗漏点最近的传感器接收到的电信号则会出现异常, 由此判定渗漏点平面位置。

找出渗漏点的平面位置, 判别渗漏大小并提出处理建议, 根据现场采集的数据, 将检测对象渗漏特征划分为 3 个类别: I 类: 微小渗漏, 正常开挖; II 类: 较小渗漏, 注意观察; III 类: 较大渗漏, 建议修补如图 2。

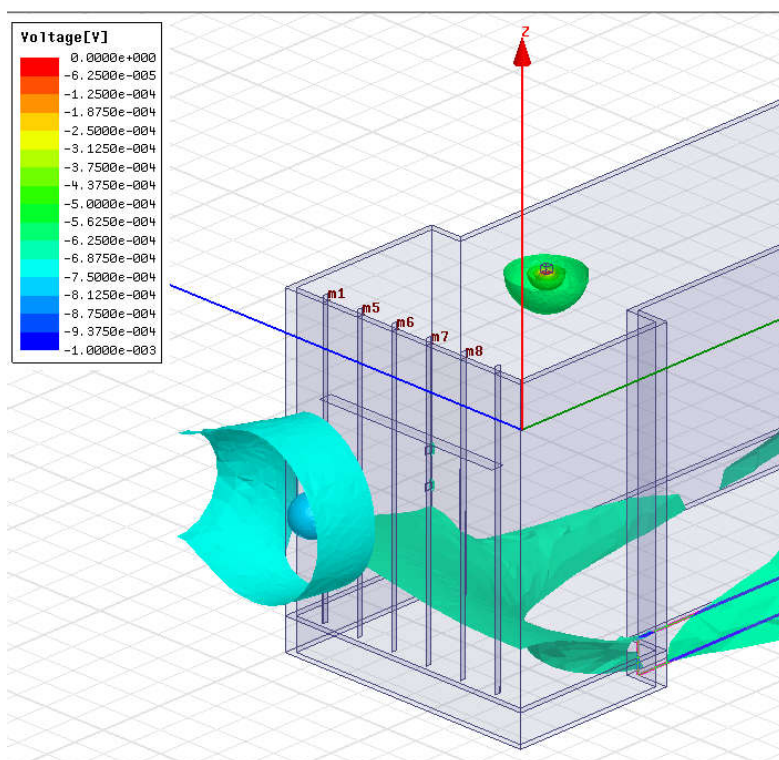


图2 三维可视化模型(人工电场球形分布)

3 工程实例

本次渗漏检测主要检测基坑东端头井附近, 根据地质资料, 此处岩层裂缝高发。检测区域共划分为 2 个测段, 测段长度 22~30m; 每个测段外侧需施工 1 口观测井作为发射正极使用。观测井直径 50mm, 深度 14~30m,

内置 PVC 管防止塌孔, PVC 管壁打花眼, 孔径 10mm, 间距 200mm, 梅花形布置。传感器位于基坑内靠近围护结构内侧, 传感器下为原状土(无杂土、石块、金属等), 且浇水使其保持湿润; 负极位于基坑内, 与坑外观测井内正极形成球形电场, 覆盖检测区域的传感器^[2]。

渗漏检测设备采用多通道超电法勘探系统开放而成,可以用于电信号示踪法(人工电场)探测渗漏异常。主要设备包括:(1)仪器主机;(2)便携式计算机;(3)电缆;(4)电极;(5)数据采集控制软件;(6)数据处理和反演成像系统。

检测流程包括以下步骤:(1)根据检测方案确定所需设备数量,填写设备单。(2)根据检测方案摆放设备,连接所有设备。(3)准备相机,拍摄现场检测情况包括检测段起始点、发射极、接收极、传感器放置情况。(4)每个检测段的起始和终止位置在现场用喷漆标志,并在检测图纸中精确标识,确保检测成果的精确度。(5)记录检测开始时间、持续时间、天气、场地概况等。(6)摆放传感器需要传感器紧密接触场地土,若土较干燥加水保持湿润状态。(7)发射极线、接收极线、传感器接线需使用万能表检测,防止电线断开影响检测质量。(8)检测完毕后应对检测孔进行保护防止堵塞,以便渗漏修补后复测使用。

技术要求及注意事项包括:(1)传感器布置在埋埋物表面时,应浇水保持表面潮湿。(2)传感器避免在块状物上,检测时如发现传感器异常,可以微调传感器位置,并浇水保持潮湿状态。(3)正极放置的位置应进行试测,保证正极的调能传感器均能有所响应^[3]。(4)形成的电场必须覆盖检测区域,根据检测区域范围确定传感器放置位置。检测现场需要提供 220V 交流电源、水和照明。(5)采集数据期间现场不可有电焊机工作如图 3、图4。

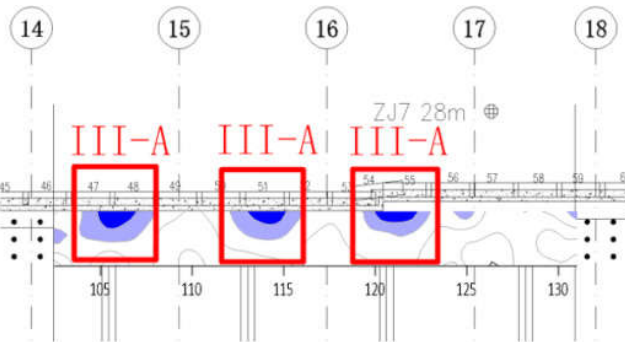


图3 渗漏点平面图(III类渗漏)



图4 渗漏点开挖出现渗漏水

结束语

根据现场采集的数据,本次检测目标体(CSM 水泥土搅拌桩)渗漏特征为:III类:较大渗漏(建议修补),并在后期开挖过程中得到验证。测段未标识部分可能会出现相对更小渗漏,并不代表无渗漏,施工时均应注意观察。渗漏检测结果只反映检测时目标体的渗漏状态,后期由施工或地质灾害等原因引起的渗漏状态变化应另行探测。

基坑在开挖之前提前对渗漏风险进行检测,对基坑安全施工至关重要。本文通过实际案例分析,在基坑可能存在风险的区域进行电信号示踪法检测,成功检测出电信号异常点位,由此推断为基坑渗漏风险点。后经过开挖验证,检测渗漏点处确实出现不同程度的裂隙水涌出现象,由此可知,电信号示踪法在基坑渗漏风险检测中是可行的。电信号示踪法目前仅可以定位渗漏点的平面位置,无法判别渗漏点的深度位置,在往后的研究中应继续实验及研究,寻找方法技术可以准确判别渗漏深度位置。

参考文献

[1]姚天强,石振华. 基坑降水手册[M]. 北京:中国工业出版社,2006。
[2]李鹏飞. 基于流场拟合法的基坑渗漏探测仪设计[D]. 吉林大学,2013。
[3]周大永,陈健,李长作. 微测井电法在地下连续墙渗漏检测中的应用研究[J]. 施工技术,2018, 47(03): 96-100。