

城市深基坑工程地下水位监测问题的研究

李卫华¹, 车灿辉²

(1. 中国铁建南京青奥轴线地下工程指挥部, 江苏 南京 210019; 2. 安徽水文地质工程地质公司南京分公司, 江苏 南京 210019)

摘要: 简要论述了城市深基坑工程地下水监测的重要性, 介绍了目前城市深基坑工程地下水位监测中存在的主要问题: 对地下水位监测不重视、监测孔设计及施工不合理等。并借鉴和引用水利、地质等部门的规范, 对水位监测孔质量检验提出一些建议。对规范城市深基坑工程地下水位监测具有重大的意义。

关键词: 深基坑; 地下水位监测; 监测孔; 透水灵敏度

中图分类号: TU46; TU473.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2013)06-0070-03

Study on the Problems of Groundwater Level Monitoring in Deep Foundation Pit Engineering in Urban Area/LI Wei-hua¹, CHE Can-hui² (1. The Underground Engineering Headquarters of CRCC Nanjing Youth Olympic Axis, Nanjing Jiangsu 210019, China; 2. Anhui Hydrogeology and Engineering Geology Corporation Nanjing Branch, Nanjing Jiangsu 210019, China)

Abstract: The paper discusses the importance of groundwater monitoring in deep foundation pit engineering in urban area and introduces the problems of groundwater monitoring: not enough attention to the groundwater monitoring, unreasonable design and construction of monitoring hole and so on. By taking the reference from some standards of water conservancy and geological industries, some suggestions are presented to the quality inspection of water level monitoring hole.

Key words: deep foundation pit; groundwater monitoring; monitoring hole; water penetration sensitivity

0 引言

随着城市建设的发展, 基坑也向着大深度、大面积方向发展, 深者已达 40 余米, 基坑周边环境也更加复杂, 环境的保护要求也越来越高, 同时, 基坑深度的增加, 面临的地下水位问题也越来越严重, 据不完全统计, 基坑事故中, 75% 是由于地下水引发的。

由于地质条件、水文地质条件、施工环境的复杂多变性, 基坑工程往往含有许多不确定性因素, 在施工过程中往往会引起周围土体变形、地下水位下降、地面沉降、地下设施变化、邻近建筑物变形等。深基坑监测已成为基坑工程必不可少的重要环节, 是指导正确施工的眼睛。地下水位监测是深基坑监测中不可缺少的一项内容, 笔者参与并调查了大量的深基坑工程, 发现在基坑地下水位监测项目上存在许多问题。

1 深基坑工程地下水位监测的意义

深基坑工程地下水位的监测包括基坑内地下水位监测和基坑外地下水位监测。通过坑内地下水位监测可以判断基坑降水是否满足设计要求, 是否达到基坑开挖条件, 即基坑开挖面位于含水层中时, 坑

内地下水位需要控制在开挖面以下 1 m; 开挖面以下存在承压含水层, 且开挖面以下有不透水层时, 承压水位需要控制在安全水位以下, 满足抗突涌要求。

施工过程中, 大家往往容易忽视基坑外地下水位的监测, 认为坑内水位满足了基坑开挖要求即可。其实不然, 尤其在周边环境复杂、地下水位高的软土地区, 坑外地下水位的监测尤为重要。

(1) 分析判断降水对周边环境的影响。不少深基坑工程止水帷幕往往难以进入含水层下部的隔土层中, 常采用悬挂式止降结合方式控制坑内地下水, 坑内水位的降低必然引起坑外地下水位的下降, 从而导致地表沉降变形, 特别是在软土地区, 地层的压缩沉降与地下水位之间具有密切的关系。通过监测坑外水位变化情况, 可以及早发现并判断其对周边环境影响的程度及范围, 及时采取有效的控制措施(坑外回灌、重要建筑物地基加固等)。

(2) 可以判断止水帷幕渗漏情况, 及时采取补救措施。止水帷幕出现缺陷后, 随着坑内外水位差的加大, 易造成基坑管涌或流砂潜蚀事故, 通过坑外水位的监测及数据分析, 可以及时发现问题并采取措。若事故发生, 也可以通过对坑外水位数据分

收稿日期: 2013-06-01

作者简介: 李卫华(1971-), 男(汉族), 河南人, 中国铁建南京青奥轴线地下工程指挥部高级工程师, 水文地质专业, 从事隧道与地下工程施工技术管理工作, 江苏省南京市建邺区富春江东街 69 号方中大厦 17 楼, lwh126126@126.com。

析,判断出止水帷幕的渗漏位置。如南京地铁某深基坑发生管涌后,管涌点附近的观测井水位下降了 3 m 多。

由此可见,获取真实可靠的坑外地下水位对深基坑工程监测具有重要的意义。

2 深基坑工程地下水位监测现状

深基坑施工时,各方对坑内地下水位均较为关注,且坑内地下水位多由专业降水单位根据其设计的观测兼备用井观测获得,能较准确地反映基坑内的地下水位。而坑外地下水位多由监测单位施工的小口径水位监测孔观测获得,存在许多问题,有些甚至无法反映真实地下水位。本文就坑外水位监测展开讨论。

2.1 对抗外地下水位监测的不重视

主要是建设单位为节约成本、缩减投资不要求坑外水位监测;或者是虽设置了一些水位监测孔,但数据不足且可靠性难以验证;或不重视坑外水位观测数据,形同虚设;对抗外水位监测孔保护不到位,破坏现象严重;现有规范对抗外地下水位监测(包括监测孔布置、结构、质量检验)所做要求较少。

2.2 水位监测孔设计不合理

主要包括监测孔平面布置设计、结构设计的不合理。

(1)实际基坑监测中,仅沿基坑周围布置一圈数量较少的水位观测孔,对需要保护的建筑物附近往往不设置水位监测孔;只注重场区的地下水位监测,忽视场区外的地下水位监测。

(2)大多数深基坑工程同时受潜水和承压水的影响,但坑位水位监测孔深度过浅,只设置在潜水含水层中,即使有进入承压含水层的,也因未做分层止水,监测到的是潜水与承压水的混合水位;有些监测单位甚至不知道观测的数据反映的是哪层地下水位,经常以潜水观测数据去评价降压井的减压效果。

2.3 水位监测孔施工质量差

为节约成本,坑外水位监测孔具有成孔泥孔径小、监测管孔径小等特点。现场施工时,为保证成孔不坍塌,多采用泥浆钻进,下入监测管前并未进行冲孔换浆;监测管多采用 $\varnothing 50$ mm 左右的 PVC 管,滤管段人工钻少量孔后外包土工布;滤料多回填至地表,不考虑分层止水问题;成孔不进行洗井。

此种工艺施工的水位监测孔往往不能真实反映地下水位,有些甚至是“死孔”,施工现场经常可见坑外水位监测孔的水位与孔口相平。南京长江过江

隧道明挖基坑工程中,采用坑外降水的方式控制地下水位,用于观测兼备用的降水井观测到的地下水位位于基坑下数米,而其附近由监测单位施工的地下水位监测孔的水位大部分都高出备用观测井数米,有些水位甚至仅略低于地面。此种现象在许多深基坑监测中普遍存在,如长三角地区的南京、苏州、无锡及杭州等城市。

造成此种原因除了对地下水位监测不重视外,现有的城市深基坑规范规程^[1]也并未对水位监测孔的施工技术、检验标准作出规定,缺乏指导依据,导致水位监测孔质量上满足不了要求。

3 坑外水位监测孔的设计、施工及质量检验标准

3.1 监测孔的设计、施工

现有的《建筑基坑工程监测技术规范》(GB 50479-2009)^[1]中虽对抗外地下水位监测点的布置做了一些要求,但不尽详细,特别是未对监测孔的结构做要求。

3.1.1 水位监测孔的平面布置

除在基坑四周有序布置外,还应该在重点保护对象周边布置,并在垂直基坑方向上布设 2 条以上监测断面,每条监测断面上布置 3~5 组水位监测孔,用于监测分析坑外地下水位降落漏斗扩展范围及对环境影响的范围。

对需要监测多层地下水位时,应该分组布置水位监测孔,以便对比各层水位变化。如在长江漫滩地区,对基坑工程有影响的含水层为上部由淤泥质粉质粘土组成的潜水含水层以及下部由粉砂组成的承压含水层,应分别对两含水层设置水位监测孔,如图 1。

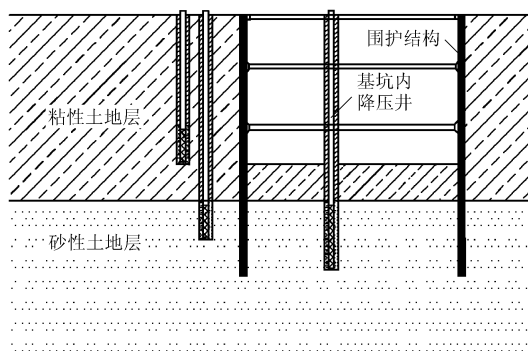


图 1 分层水位监测示意图

3.1.2 监测孔的结构及施工

(1) 监测孔的口径

现有的监测孔水位管一般为 $\varnothing 50$ mm 左右的硬质塑料管,能够满足水位观测要求,为保证填滤料的

厚度,泥孔径应该大于 100 mm。

(2) 滤管结构

人工钻孔时,应该保证滤管段有足够的孔隙率,可沿管壁钻出 6~8 列 $\varnothing 6$ mm 左右的透水孔,纵向间距 5~10 cm,呈梅花状布置。滤管段外包 60~80 目的尼龙滤网,不可用土工布代替滤网。

(3) 监测孔深度

滤管应进入所监测的目标含水层中,对于潜水含水层,水位监测孔的深度应位于最低水位以下;对于承压含水层,应该做好隔离止水工作,以便观测到分层水位。

(4) 洗井

洗井是保证监测孔数据可靠的一个重要保证。对于小口径的 PVC 监测孔可采用空压机洗井的方式,直至孔内水洗清,达到验收要求。

3.2 水位监测孔的检验标准

前面提到,目前基坑地下水位监测中,得到的水位往往不是真实的水位,且缺乏检验标准。若换用大口径的观测井去替代监测孔,因其口径大、洗井方便、施工质量可控,观测到的水位一般可以反映地下水真实水位,但将增加成本,使得监测费用也大大提高。因此,有必要规范一种方法来检验水位监测孔的质量,使其能满足地下水位监测需求。

水利、地质等部门对于观测井(孔)的检验曾有过明确的规定:

(1)《地下水监测规范》(SL/T 183-96)2.5.1 条以及《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2004)(2.4.2.5 条)规定:“滤水段透水性能良好,向井内注入灌水段 1 m 井管容积的水量,水位复原时间不超过 10 min。”

(2)《地下水监测规范》(SL 183-2005)(2.0.6 条)术语:“透水灵敏度试验:指向井孔内灌水,所灌水量引起孔内水位的上升并自然向含水层渗漏,建立灌水后井孔内水位恢复到灌水前井孔内水位与时间之间的关系的试验。”

(3)《土石坝安全监测技术规范》(SL 60-94)中附录 D1.5 灵敏度检验:“试验前先测定管中水位,然后向管内注清水。若进水段周围为填土料,注水量相当于每米测压管容积的 3~5 倍;若为砂粒料,则为 5~10 倍。注入后不断观测水位,直至恢复到或接近注水前的水位。对于粘壤土,注入水位在五昼夜内降至原水位为灵敏度合格;对于砂砾土,1~2 h 降至原来水位或注水后水位升高不到 3~5 m 为合格。”

因此,在基坑水位监测孔检验中,可以引入“透水灵敏度”方法,但是 10 min 的水位复原时间只有在透水性很好的地层中才能达到,可以对《土石坝安全监测技术规范》(SL 60-94)中的判断标准进行修正作为基坑水位监测孔的判断标准。

若监测孔施工质量合格,则影响其透水灵敏度的最大因素为含水层透水性能,卵砾石含水层灵敏度最高,淤泥质粉质粘土灵敏度最低。笔者根据工程经验及现场试验,提出水位监测孔检验方法及透水灵敏度参考值(表 1),供广大岩土工程师作参考。

表 1 透水灵敏度参考值

序号	地层岩性	渗透系数参考值/($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$)	注水量 N 倍	灵敏度 /min	试验城市
1	卵砾石	30~200	5~10	<10	南京、杭州
2	中粗砂、粉细砂	12~22	3~5	10~20	南京长江两岸,其他沿江城市
3	粉土	0.5~5	2~3	30~120	杭州、苏州、无锡、南京
4	淤泥质粉质粘土	0.1~0.001	1~2	1440	南京、杭州

水位监测孔检验方法:试验前先测出管中水位标高或埋深,然后向管内注清水,根据地层情况,注水量相当于 N 倍每米观测孔的容积,观测水位恢复至原水位或接近原水位所需的时间 T ,满足表 1 中规定的时间,则可认为该监测孔是合格的,监测的水位可以真实可靠地反映地下水位。其中卵砾石地层及中粗砂地层中注水后,水位升高不到 1~3 m 也可以认为合格。

实际基坑工程中也可根据场地地质及水文地质条件制定符合该基坑工程的透水灵敏度值。方法是:利用经过充分洗井的基坑降水井,特别是经过一段时间抽水的降水井,向井内注入灌水段 1 m 井管容积的水,观测其水位复原时间,得到的时间可以作为判断水位监测孔的透水灵敏度标准值。

4 结论与建议

基坑监测中,坑外地下水位的监测对基坑工程具有重要的意义,真实可靠的地下水位监测数据可以预估降水的影响范围和影响程度,推断围护结构隐蔽缺陷的位置。

坑外水位监测孔不应该只局限于基坑一周布置,远离基坑也应布置适量的水位监测孔,了解坑外地下水降落漏斗的发展形式;对于多层地下水位观测时,应该做好隔离止水工作,以便准确获取各层地下水位。

(下转第 76 页)

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.