

膨胀土临时边坡坡比优化的应用

余仲军

长江勘测规划设计研究有限责任公司工程咨询公司 湖北武汉 430010

摘要: 采用650t履带吊进行PCCP管道安装施工,可以较大的提高PCCP管道安装施工进度。同时,也对膨胀土临时高边坡的稳定性提出了更高的要求。结合现场施工实际情况,通过现场试验得出膨胀土临时边坡优化坡比试验成果,在工程PCCP管道安装土方边坡开挖中进行应用,在正常情况下,采用650t大型履带吊进行PCCP管道安装施工时,采用优化后的开挖坡比减少了三管同槽开挖管道安装的宽度,为PCCP管道安装创造了便利条件,并确保了大型设备、人员的施工安全。验证现场施工区段膨胀土临时边坡坡比优化是合理的、经济的,为后期类似工程开展边坡技术研究奠定了基础,同时也积累了膨胀土临时边坡优化试验研究及边坡防护的相关经验。

关键词: 膨胀土; 临时边坡; 坡比优化; 应用

Application of temporary edge slope ratio optimization in expansive soil

Zhongjun Yu

Engineering Consulting Company of Changjiang Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430010

Abstract: Using a 650t crawler crane to install and construct the PCCP pipeline can greatly improve the installation and construction progress of the PCCP pipeline. At the same time, it also puts forward higher requirements for the stability of the expansive soil's temporary high slope. Combined with the actual situation of field construction, the optimized slope ratio test results of expansive soil temporary slope are obtained through field test, which can be applied in the excavation of the earth slope of PCCP pipeline installation. Under normal conditions, when using a 650t large crawler crane for PCCP pipeline installation and construction, the optimized excavation slope ratio reduces the width of the installation of three pipes in the same groove excavation pipeline, creating convenient conditions for the installation of PCCP pipeline, and ensuring the construction safety of large equipment and personnel. It is proved that the optimization of the temporary edge slope ratio of expansive soil in the construction section is reasonable and economical, which lays a foundation for the research on slope technology of similar projects in the later period and also accumulates relevant experience on the optimization test of expansive soil temporary slope and slope protection.

Keywords: Expansive soil; Temporary slope; POE optimization; application

一、概述

鄂北地区水资源配置工程全长269.34km,其中倒虹吸长度约72km,设计流量 $38.0\text{m}^3/\text{s}$,PCCP管道工作压力 $0.4 \sim 0.6\text{MPa}$ 。采用三根DN3800的PCCP埋地式并列同槽布置,三根管道中心距为6.1m。管间净距1.5m。两侧管外宽度均为0.8m,开槽底宽18.4m。膨胀土临时边坡开挖高度为 $7 \sim 15\text{m}$,土方开挖工程量约1600万 m^3 。PCCP标准管单管重量约66t,PCCP管道内径为3800mm,

单管长5m,主要采用650t履带吊将PCCP吊运入基坑并直接安装到位。650t履带吊布置在临时边坡基坑上口边坡上,为保证650t履带吊安装作业的安全,同时也确保膨胀土临时边坡在安装施工情况下临时高边坡的安全稳定,按照规范要求保证650t履带吊中心位置距离边坡开口线位置大于10m以上。

二、工程膨胀土边坡的分布特征

工程PCCP管线安装约72km,根据规范结合现场实

际地质情况管道沿线膨胀土潜势等级为弱膨胀土。工程区膨胀土存在明显的垂直分带特征,在膨胀土临时边坡开挖边坡高度超过15m的边坡区段,PCCP管道安装沿线的地层主要有上第三系(N)半成岩和第四系松散堆积物,其中第四系松散堆积物主要包括全新统(Q₄)、上更新统(Q₃)和中更统(Q₂)等地层。施工开挖膨胀土临时边坡主要由更新粘性土组成,此粘性土层均具有弱膨胀性。膨胀土临时边坡为中更新统洪山头组冲积层(Q_{2h}^{al})灰褐色,基坑边坡地层主要是中更新统阎庄组(Q_{2y}^{dl})粘土。

三、膨胀土临时边坡坡比优化

国内外对膨胀土边坡的研究,主要侧重于永久性边坡的设计、施工与防护。本工程PCCP管道基坑开挖后,采用650t大型履带吊吊装PCCP管至基坑底部,组装、试压完成后用砂土、粘性土回填基坑。施工速度较快,基坑暴露在大气中一般不超过14天,不存在永久边坡的稳定问题,主要涉及到临时边坡的稳定性问题。

根据引江济汉工程的施工经验来看,膨胀土临时开挖边坡的坡比有优化的余地,特别本工程基坑边坡暴露在大气中的时间短,只要不影响基坑安全及正常的施工,临时边坡允许有局部变形破坏。在保证基坑安全及正常的施工作业的前提下,尽可能陡的膨胀土临时边坡坡比设计是本课题研究的重点,本工程穿越膨胀土区线路长,施工方式独特,膨胀土基坑暴露在大气中的时间较短,在不同的地貌特征段、地下水活动段、临近地表水对边坡的影响段及边坡坡高段,通过现场膨胀土临时边坡开挖对比试验研究,采取不同的、合适的开挖边坡坡比,将节省工程投资,加快施工进度。

四、PCCP安装时临时边坡稳定性分析

4.1 边坡稳定计算方法

工程PCCP管道安装约72km,根据现场实际条件和类似工程施工经验,采用650t履带式布置在管道基坑边坡上,为保证650t履带吊安装作业的安全,同时也确保膨胀土临时边坡在安装施工情况下高边坡安全稳定,按照规范要求将650t履带吊中心位置距离边坡开口线位置大于10m。在管道膨胀土临时边坡开挖后,进行PCCP管道安装时分两种工况,一种是边坡高度小于8m时为标准工况;另一种边坡高度为最大值15m时为超起工况。分别对两种工况条件下的边坡稳定性进行验算。

现场采用极限平衡法对安装施工情况下的膨胀土临时边坡进行安全稳定性计算,该方法计算比较简单,运用起来也比较方便。简化毕肖普法在理正边坡分析软件

中也可以选择运用,可以通过计算比较直观的反映膨胀土临时边坡的安全稳定系数。计算公式4-1和公式4-2所示如下:

$$F_s = \frac{\sum^i m_{ai} [c_i + b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \varphi_i']}{\sum W_i \sin \alpha_i + \sum Q_i \frac{c_i}{R}} \quad (4-1)$$

$$m_{ai} = \cos \alpha_i + \frac{\operatorname{tg} \varphi_i' \sin \alpha_i}{F_s} \quad (4-2)$$

式中 F_s ——安全系数;

m_{ai} ——第*i*个条块的计算系数;

α_i ——第*i*条块底面与水平面的夹角(以水平线为起始线,逆时针为正角,顺时针为负角)(°);

W_i ——第*i*条块重量(KN);

c_i ——第*i*条块的粘聚力(KN);

u_i ——第*i*条块的孔隙水压力;

b_i ——第*i*条块的长度(m);

φ_i ——第*i*条块的有效内摩擦角(°);

Q_i ——第*i*个条块所受的水平向作用力(KN);

e_i ——第*i*个条块所受的沿法向条间力;

R ——滑面半径(m)。

4.2 计算参数

PCCP管道安装时沿线临时边坡开挖边坡高度大多在8~15m范围内,故选择具有代表性的两种安装工况,一种是膨胀土临时边坡坡高8m(标准吊装工况);第二种膨胀土临时边坡颇高15m(超起吊装工况),分别计算这两种工况下的临时边坡安全系数。

PCCP管道安装时,膨胀土临时边坡安全稳定性还会受到边坡荷载的影响,边坡上会临时存放PCCP管道,650t履带吊在基坑右侧进行管道安装。结合现场PCCP管道安装的施工情况主要考虑650t大型履带吊的自重及PCCP管道重量,在两种工况下进行PCCP安装时,标准工况(边坡高度8m)和超起工况(边坡高度15m)下计算膨胀土临时边坡安全系数,都要考虑履带吊重量、PCCP重量及边坡土体自重因素。在工程安装线路上对膨胀土选取具有代表性的点进行取样,经试验检测得出主要的力学性能指标,膨胀土的容重约为19.6kN/m³,凝聚力为30kPa,变形模量为7.22MPa,摩擦角为14°。

4.3 计算结果

在650t履带吊超工作情况下,加上配重履带吊整体的自重将达780t,履带吊和PCCP管道重量一起传到到两块路板上。650t履带吊标准起吊PCCP进行安装时,650t履带吊中心位置距离边坡开口线最少为10.0m。

在PCCP管道安装的标准吊装、超起吊装两种工况下,膨胀土临时边坡稳定计算成果见表4-1。

表4-1 膨胀土临时边坡稳定计算成果表

工况	计算安全系数	允许安全系数
标准	1.22	1.15 ~ 1.20
超起	1.20	1.15 ~ 1.20

在PCCP管道安装的标准吊装、超起吊装两种工况下,通过理论计算表明,按650t履带吊吊装PCCP管道时,膨胀土临时边坡稳定安全系数是满足规范要求的。同时,在PCCP管道安装施工期间,在膨胀土临时高边坡处设置测斜孔,对施工期间的膨胀土临时边坡进行安全监测,以验证膨胀土临时边坡稳定情况。

五、现场施工时膨胀土临时边坡情况

在PCCP管道安装最大坡高15m区段长300m采用650t履带吊进行安装作业时,按膨胀土临时边坡优化的开挖坡比1:1.25进行放样开挖,能够满足650t履带吊正常吊装作业,且膨胀土临时边坡基本安全稳定见图5-1。



图5-1 坡高15m处650t履带吊安装作业时边坡状况图

六、安全监测成果分析

PCCP管道安装施工期间15m膨胀土临时边坡深层水平位移监测情况见图6-1。

从测斜孔监测成果来看,15m膨胀土临时边坡变形较小,临时边坡基本处于稳定状态,未发生严重滑坡现象。

七、结语

根据试验区段边坡优化试验研究成果及PCCP管道现场安装施工时膨胀土临时边坡的安全稳定性情况,结合PCCP管道现场施工期间边坡安全监测数据成果对比分析,由原边坡设计坡比1:1.5优化设计为坡比1:1.25,可以为650t履带吊安装作业施工提供便利,优化后的膨胀土临时边坡安全稳定性是满足规范及现场施工要求的。目前PCCP管道已经顺利安装完成约50km,未发现影响施工边坡破坏稳定的问题,从PCCP管安装施工影响来看,对施工影响均较小,验证了膨胀土临时边坡坡比优化是可行的、合理。验证现场施工区段膨胀土临时边坡坡比优化是合理的、经济的,为后期类似工程开展边坡

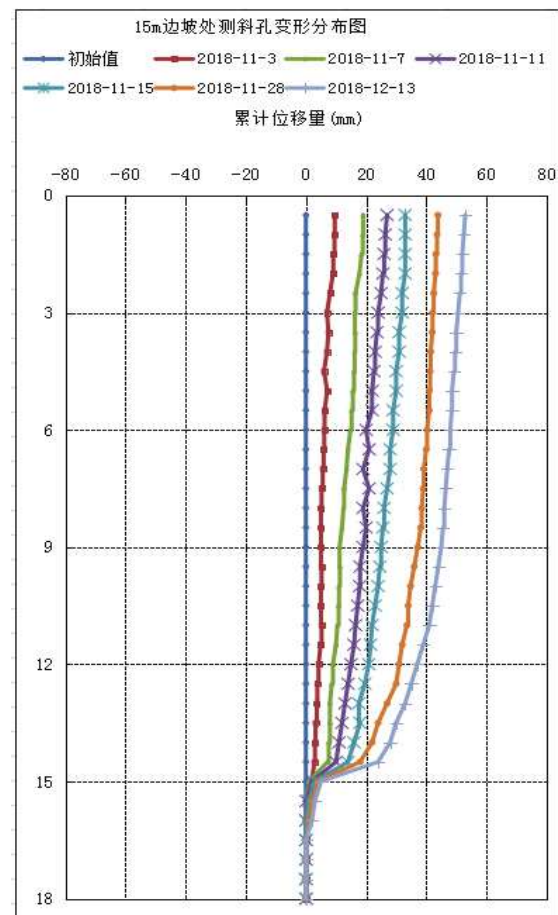


图6-1 15m临时边坡测斜孔变形分布图

技术研究奠定了基础,同时也积累了膨胀土临时边坡优化试验研究及边坡防护的相关经验。

参考文献:

- [1]王万鹏.南水北调特大型PCCP安装的质量控制探讨.南水北调与水利科技,2008.
- [2]蔡耀军.膨胀土渠坡破坏机理及处理措施研究[J].人民长江,2014.
- [3]毛天尔.鄂北膨胀土的微组构特征试验[J].土木工程与管理学报,2010.
- [4]龚壁卫,周晓文.南水北调中线工程中的膨胀土研究[J].人民长江,2001.
- [5]钮新强,蔡耀军等.南水北调中线膨胀土边坡变形破坏类型及处理[J].人民长江.2015年2月.
- [6]黄淦成.2017.膨胀土对边坡稳定的影响及处理方案研究[J]:[硕士].武汉.武汉工程大学,3-11.
- [7]董忠萍,黄定强等.引江济汉工程渠道膨胀土分类及工程处理[J].南水北调与水利科技,2012.
- [8]董忠萍,陈汉宝等.引江济汉工程区膨胀土工程特性研究[J].人民长江,2010.