

定向钻穿越对大清河堤防的影响研究

朱永涛¹ 赵建学² 李 然¹

- (1. 河北省水利科学研究院,河北 石家庄 050051;
2. 廊坊市公路管理处,河北 廊坊 062550)

【摘要】 定向钻施工技术具有施工工期短、不受季节影响等优点,但在施工过程中会对地层造成管涌、沉降和裂缝等隐患。本文根据大清河穿越工程检测结果,分析定向钻穿越引发的沉降,并结合有限元模拟,进一步分析定向钻穿越前后及堤防高喷墙防护后的堤防浸润线、等势线渗流量等情况。实践证明,将定向钻与高喷墙技术相结合,保证了穿越工程的顺利完成。

【关键词】 定向钻穿越;沉降;堤防

中图分类号: TV871.1

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2018)06-033-04

Research on the influence of directional drilling crossing the embankment of Daqing River

ZHU Yongtao¹, ZHAO Jianxue², LI Ran¹

- (1. Hebei Institute of Water Resources Science, Shijiazhuang 050051, China;
2. Langfang Highway Management Office, Langfang 062550, China)

Abstract: Directional drilling technology has the advantages of short construction period and no influence by season, etc. However, the technology can produce piping effect, settlement, crack and other influence during construction. The settlement caused by directional drilling crossing is analyzed through project monitoring on the basis of Daqing River crossing project. Meanwhile, finite element simulation is combined, the dyke seepage line, equipotential line, seepage flow, etc. before and after directional drilling crossing as well as protection on embankment are further analyzed. Practice proves that the combination of directional drilling and high blast wall technology ensures smooth completion of the crossing project.

Key words: directional drilling crossing; settlement; embankment

随着经济的快速发展,中国兴建了一系列大口径长距离输送管道工程,用于输送水、石油、天然气等紧缺资源。然而长输管线不可避免地要穿越已有建筑和天然屏障。在诸多穿越技术中,定向钻施工技术具有施工周期短,对周围环境影响小,穿越方向灵活等优点,因此在管道穿越工程中应用广泛,尤以穿越河道最为常见。管道过河后,管壁与孔壁间极易形成渗流通道,使堤基产生沉降、裂缝、管涌等隐患。因此,定向钻

穿越技术必须与堤防防护措施相结合,才能减少该技术对堤防工程的不利影响。

陕京三线输气管道工程是继陕京二线之后,又一个自西部长庆气区榆林至北京的输气管道,管线全长820km,管径1016mm,沿线穿越子牙河、大清河两大流域的17条河流。大河流域的中亭河是沿东淀北大堤南侧的一条排涝河流,输气管道穿越中亭河工程位于霸州市境内,设计防洪标准为100年一遇,中亭河南

侧为护麦埝,北侧为东淀北大堤。而东淀北大堤为大清河流域防洪体系的重要组成部分,直接承担着保卫天津市防洪安全的重要任务,该工程为大型穿越。本文根据对穿越工程的监测及模拟,分析定向钻穿越对堤防的影响,同时提出相应的防护措施。

1 定向钻施工对大清河堤防的沉降影响

由于定向钻施工过程中对堤防可能产生沉降和渗流的影响,因此在大清河穿河工程未施工前选定基准点并对其进行监测,监测点布置图及最终监测结果见图1及表1。

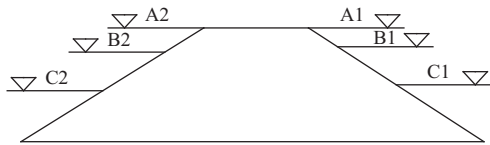


图1 监测点布置示意图

表1 陕京三线天然气管道穿越大清河北大堤高程观测 (单位:mm)

位置	高程(施工前)	高程(施工一年后)	变形
A1	9400	9382.2	17.9
A2	9400	9382.0	18.0
B1	9000	9018.1	18.1
B2	8500	8481.5	18.5
C1	5000	4979.1	20.9
C2	4500	4479.6	20.4

由高程观测表可以看出,沉降值随距离管道轴线

正上方距离的增加而减小。北大堤堤顶沉降值最大为18.0mm。由于定向钻施工关于堤顶沉降方面尚无具体规范规定,并且公路与堤防均为对沉降敏感的建筑物,因此参考《给水排水工程顶管技术规程》中“顶管造成的地面沉陷不应造成道路开裂,公路沉陷量小于或等于20mm”这一规定^[4],该工程的堤顶沉降量在允许范围内。

目前常用的用于预测沉降的公式为 Peck 公式,即:

$$S_{\max} = \frac{V_s}{i \times \sqrt{2\pi}}$$

式中 S_{\max} ——地表最大沉降量,m;

V_s ——单位长度地层损失的体积, m^2/m ;

i ——沉降槽半宽度,m。

V_s 的计算公式为:

$$V_s = k \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2)$$

式中 D_1 ——最后一级扩孔直径,m;

D_2 ——管道直径,m;

k ——底层随时折算系数,取0.6~0.7。

根据该公式对穿越处上方不同深度的土层沉降值进行计算,穿越处 k 取0.65, i 根据文献资料取值为: $i = 0.48z + 1.55$ 。式中 z 为管道轴线埋深,即离管道轴线正上方的距离,m。

沉降值计算表及预测图见表2及图2。

表2 离管道轴线正上方不同距离时的沉降量计算

距离/m	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
沉降量/mm	146.8	129.4	104.6	87.9	75.7	66.5	59.3	53.5	48.7	44.8	41.4	38.5	35.9	33.7	31.8	30	28.5
距离/m	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	27.5	28	29	30	30.5	
沉降量/mm	27	25.8	24.6	23.6	22.6	21.7	20.9	20.1	19.4	18.7	18.1	17.8	17.5	17	16.5	16.2	

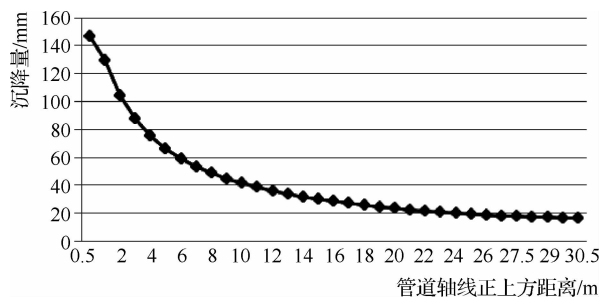


图2 管道轴线正上方不同距离沉降量预测

从计算表和预测图可以看出,随着距堤顶深度的增加,沉降量逐渐增大,在孔壁附近0.5m处沉降量最大值,约为147mm。虽然堤顶沉降在允许范围内,但随着深度的增加,沉降值越来越大,这极可能会在下部地层中由于沉降过大而产生深层裂缝。这些裂缝在汛期很可能形成渗流通道,引发管涌等渗流破坏。综合考虑裂缝、环形空间及施工中形成的夹砂泥浆层或泥浆

缝隙等对堤防稳定不利的因素,因此,在穿河工程中必须对堤防工程采取防护措施。

2 大清河工程渗流稳定分析

2.1 计算参数选择

根据地质资料,大清河段中亭河各地层主要物理性质指标建议采用值如表3所列:

表3 大清河各地层及高喷墙渗透系数建议采用值

层号	土层名称	渗透系数/ (cm/s)	层号	土层名称	渗透系数/ (cm/s)
1	素填土	6×10^{-5}	6	粉质黏土	5×10^{-5}
2	粉质黏土	6×10^{-5}	7	粉土	5×10^{-4}
3	粉土	6×10^{-4}	8	粉质黏土	5×10^{-5}
4	细砂	6×10^{-3}	9	粉土	5×10^{-4}
5	粉质黏土	5×10^{-5}	10	高喷墙	1×10^{-6}

定向钻穿越堤防后对原地层的影响由施工质量及周围土层的物理性质共同决定,在施工后不经试验无法获得管道周围土体的各项参数,只能通过拟定。参考西气东输工程管道穿越建筑物结构稳定及渗透研究

中对于该情况的处理方法,拟定管道穿越对其周围的影响范围为二分之一管径。对于有较强透水层的土层,影响范围内的土体渗透系数取为管道所经过的土层中渗透系数最大者;如果不存在较强透水层,渗透系数将按所经过最主要土体的渗透系数增加两个数量级取得。考虑到施工过程中的不定因素影响及钻孔勘察地下土层的局限性,本文中采取更为保守的方法,加大管道穿越对土层的影响范围,取为一倍管径。堤防沿纵向断面变化不大,可取穿越处上下游30m的高喷墙防护范围内的堤防,且堤防断面相同。由于在管道周围,影响最为严重,渗流计算中取穿越管道断面为典型断面进行计算。

2.2 不同工况下的渗流分析

东淀北大堤按50年一遇洪水标准进行整治,管道穿越处设计水位为9.3m,堤顶高程为10.74m,主要对东淀北大堤穿越前、穿越后、施加高喷墙防护措施后的渗流稳定进行计算对比分析。建立的渗流模型有限元网格划分如下图3~图5所示。

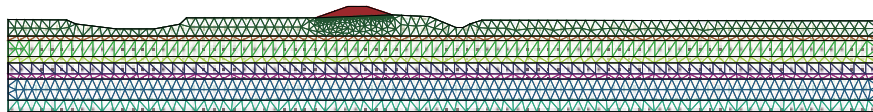


图3 穿越前土层网格划分

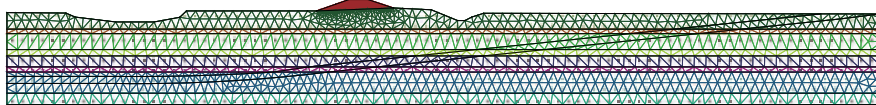


图4 穿越后土层网格划分

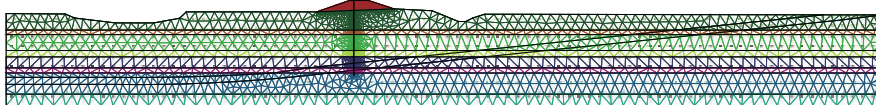


图5 防护后土层网格划分

大堤经管道穿越前、穿越后及防护后在设计洪水情况下浸润线、等势线如图6~图8所示。

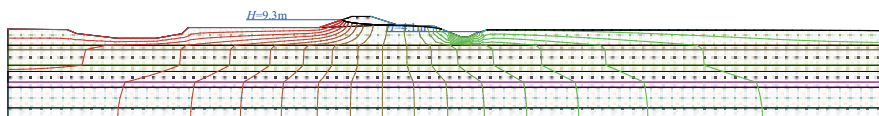


图6 穿越前断面浸润线、等势线(%)

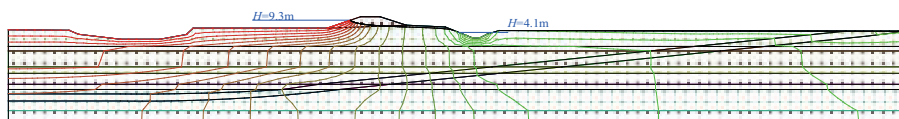


图7 穿越后断面浸润线、等势线(%)

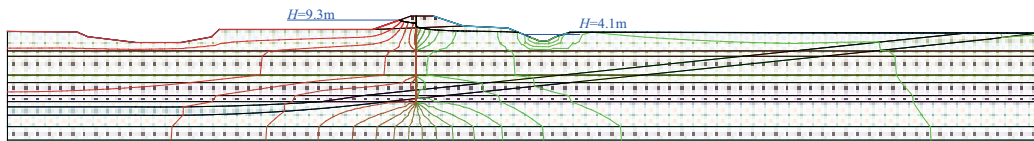


图8 高喷墙防护后断面浸润线、等势线(%)

表4 细砂层最大水力坡降与允许水力坡降对照

时间段	出渗点 高程/m	细砂层水平段 最大水力坡降	细砂层水平段 允许水力坡降	单宽渗流量/ (m^3/s)
穿越前	5.25	0.028	0.070	1.249×10^{-5}
穿越后	5.25	0.067	0.070	1.655×10^{-5}
防护后	4.84	0.0003	0.070	0.684×10^{-5}

通过穿越前后地层中的渗流等势线图可以看出,管道穿越区域周围的等势线变化明显,说明穿越对管道周围地层的渗流产生了一定的影响。细砂层是渗透变形的薄弱层,在水平段允许水力坡降为0.07,穿越前最大水力坡降为0.028,穿越后,最大水力坡降增长至0.067,接近临界水力坡降,极可能构成潜在的渗流隐患。此外,穿越后单宽渗流量增加为原来的1.33倍,再次说明定向钻穿越对地层产生的影响。

从采用高喷墙作为防护措施后的等势线图可以得出,在高喷墙体内等势线密集,其他范围内的等势线较穿越后的相同位置的等势线稀疏,浸润线在高喷墙内发生突降,出渗点高程下降0.41m,说明进行防护后很大程度地削弱了定向钻施工对渗流产生的不利影响。高喷墙下游的全部区域的水力坡降均下降至0.0003以下,远远小于细砂层的允许水力坡降,大大提高了地层的抗渗安全性。虽然高喷墙内部等势线密集,水力坡降大大增加,但高喷墙的材料不同于土层,其允许水力坡降在80以上,远大于高喷墙内的最大水力坡降20.2,所以高喷墙不会发生渗透破坏。此外单宽渗流量由穿越后的 $1.655 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$ 下降为 $0.684 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$,下降近60%。综上所述,高喷墙的防渗效果突出,在定向钻穿越后增加高喷墙作为防护措施,可使地层的抗渗安全性大大提高。

3 结论

a. 由实际沉降观测可以看出,定向钻穿越引起了堤基的沉降,且随着距堤顶深度的增加,沉降量逐渐增大,在孔壁附近0.5m处达最大值,沉降量约147mm。因此,在过河工程中必须对堤防工程采取防护措施。

b. 通过穿越前后地层中的渗流等势线图可以看出,水力坡降和渗流量均有所增加,且水力坡降接近临界水力坡降,说明了穿越对管道周围地层产生的渗流影响。

c. 从采用高喷墙作为防护措施后的等势线图可以得出,做防护后,水力坡降与渗流量均大大降低,堤基及高喷墙内的最大水力坡降均远小于允许水力坡降。验证了在定向钻穿越后采取高喷墙作为防护措施,可大大提高堤防的抗渗安全性,降低定向钻穿越对堤防的不利影响。

4 工程实施及效果

陕京三线输气管道工程穿越中亭河采用定向钻穿越技术,工程在距离汛期仅两个月的情况下开始动工,并在短期内完成管道铺设工作,使得施工进度未受汛期影响,保证了陕京三线输气管道工程的顺利全线贯通,同时保证了大堤的完整性,因此无需修复大堤或另行修筑水工保护措施,减少了大量额外的投入。此外,定向钻施工技术与高喷墙技术的结合,不仅保证了穿越工程的顺利完成,同时对原有堤防实现了加固,保证了堤防及两岸人民的生命财产安全。◆

参考文献

姜西忠. 简析输水管道定向穿越的质量控制[J]. 水利建设与管理, 2017, 37(5): 1-3 + 7.