

Analysis of Jacking Force and Discussion on Friction Resistance of Artificial Pipe Jacking in Sand Gravel Stratum

Quanfeng Zhao

Chengdu Hydropower Construction Engineering Co., Ltd., China Seventh Engineering Bureau of Water Resources and Hydropower, Chengdu, Sichuan, 611130, China

Abstract

This paper introduces the construction technology of artificial pipe jacking construction in sand gravel stratum in Xindu District of Chengdu, China, the causes of deviation and corrective measures, and analyzes the jacking force calculation of artificial pipe jacking construction in sand gravel stratum, and obtains good results.

Keywords

artificial pipe jacking in sandy gravel formation; influencing factors; jacking force analysis

砂砾石地层人工顶管施工顶力分析以及摩阻力探讨

赵全峰

中国水利水电第七工程局成都水电建设工程有限公司, 中国·四川成都 611130

摘要

论文介绍了中国成都新都区人工顶管施工砂砾石地层施工工艺技术、产生偏差的原因以及纠偏措施, 并对砂砾石地层人工顶管施工顶力计算进行分析, 取得了良好效果。

关键词

砂砾石地层人工顶管; 影响因素; 顶力分析

1 引言

人工顶管即手握式顶管是最早发展起来的一种顶管施工工艺, 由于它采用了一定的辅助措施后便具有施工操作简便、设备少、施工成本低、可同时进行多个工作面、施工进度快等优点。论文介绍了中国成都市新都区具有明显代表性的砂砾石地层人工顶管施工技术。虽然不断有先进的顶管技术被运用, 且效果很好, 但是手握式顶管施工仍在被广泛运用。这是因为手握式顶管法具有顶管的普遍优点, 即土方开挖少、作业人员少、建设公害少、文明施工程度高、不影响交通及其上构(建)筑物、不需拆迁、覆土深时节省投资等, 而在地下障碍较多且较大的条件下, 手握式顶管法是首选方式。

2 工程概况与特点

三河片区 3# 线(金河湾小区片区管线)主要收集货运大道绕城立交至万石路连接线污水及金河湾小区污水, 起点为金河湾小区西南侧现状污水检查井, 沿货运大道绕城立交至万石路连接线旁绿化带敷设, 经金河湾小区外绿化带, 在宝成铁路上游约 132m 处垂直下穿毗河, 最后排入斑竹园污水处理厂。污水管网工程在下穿毗河后至斑竹园污水厂范围(24#~31#井段), 埋深约 5.1m~8.2m, 设计采用顶管施工, 管径 DN800, 钢筋混凝土钢承口 III 级管, 全长共 285m, 最大顶进长度 56m, 最小顶进长度 16m, 根据地勘资料管道主要穿越砂卵石地层, 结合现场实际情况, 根据经验采用人工手握式顶管进行施工, 24#~31#顶管施工位于毗河流域左岸,

地下水丰富，沿线布置 8 处降水井全过程进行降水。

2.1 施工总平面布置图

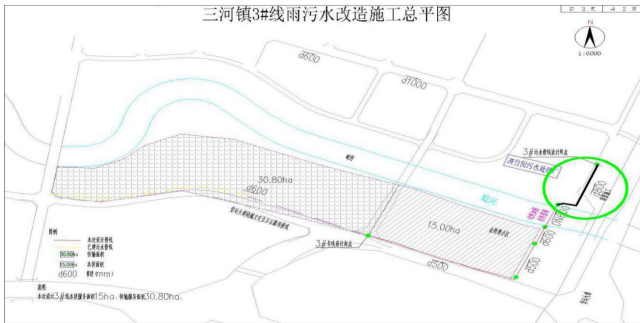


图 1 平面布置图

2.2 场地工程地质及水文地质

地基土由填土、粉土、淤泥质粉土、砂土及卵石等物理力学性质差异悬殊的多种土层组成，场地为不均匀地基。各地基土的工程特征与适宜性分述如下。

(1) 人工填土层 (Q4ml)：场地内主要为杂填土，成分杂而不均，结构松散，为近期堆填，具较大的湿(震)陷性，属特殊性岩土，未经换填、碾压夯实处理，不能作为管道地基持力层。

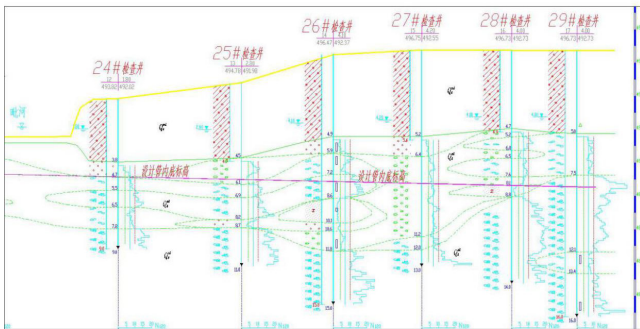


图 2 地勘资料剖面图

(2) 粉土 (Q4al)：分布不均，厚度变化较大，呈松散、稍密状，稍湿，承载力较低，属中压缩性土，可作为管道地基持力层及下卧层。

(3) 砂土 (Q4al)：场地内所见砂土，主要为细砂，呈不规则的透镜状零星分布于卵石层顶部及其中，呈松散状，承载力低，位于卵石层顶部厚度 $\geq 1.0\text{m}$ 的细砂具中等液化性，不能作为管道地基持力层，并为场地内的不良地质体。

(4) 淤泥质土 (Q4al)：场地内局部少量分布，厚度较小，呈软塑 - 流塑状，属高压缩性土及特殊性软土。在场地内分

布于管道基底设计标高之下，不能直接作为地基持力层，若作为地基下卧层，须进行强度验算。

(5) 卵石层 (Q4al)：呈松散、密实状，湿度饱和，分布稳定，厚度大，力学强度高，属中、低压缩性，是良好的天然地基持力层及下卧层^[1]。

3 影响顶力的因素分析

3.1 各项参数记录

在砂砾石顶管施工过程中，项目部技术人员全程进行高程、轴线、顶力、以及各项参数记录，内容如下。

(1) 根据千斤顶压力表的读数计算顶力，并绘制出顶力顶距变化曲线图。

(2) 根据顶进过程高程、轴线测量数据，并绘制出高程、轴线变化曲线图。

(3) 实时跟踪顶管施工，记录并分析沿途地层的变化。

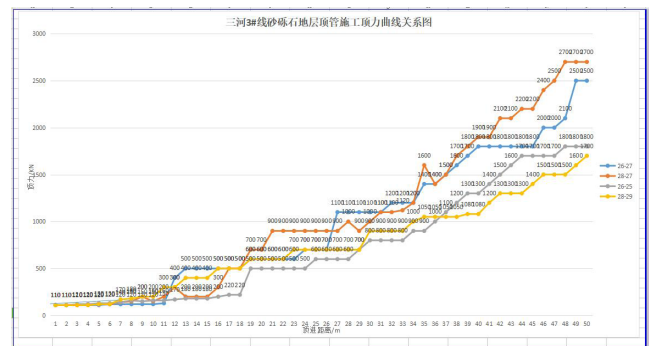


图 3 三河 3# 线砂砾石地层顶管施工顶力与顶距曲线关系图

3.2 顶力产生偏差的原因

根据工程特点、地质情况及现场实测顶力变化情况，对测定结果进行分析，总结出在砂砾石地质条件下人工手掘式顶管施工中影响顶力的主要因素。

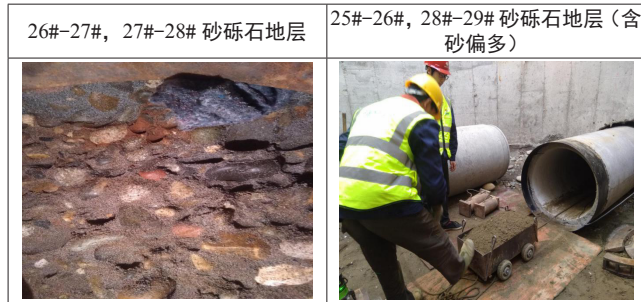
3.2.1 顶进过程连续性

砂砾石地层虽然强度高，但整体稳定性差、顶部自稳时间短，随着时间暴露越长砂砾石沉降加大，导致顶力明显增加。查阅资料在 2018 年 3 月 7 日 26#-27# 顶进至 11m 时，由于客观条件，需暂停施工，当时压力表读数 0.3mpa，到 2018 年 3 月 25 日恢复施工，顶力增加至 3.0mpa，增加了 10 倍。

3.2.2 地质条件的影响

砂砾石的松散、紧密程度、坚硬程度以及粗细料含量将直接影响顶进过程顶力，根据现场收集资料，26#-27#，27#-28# 为密实的砂砾石地层，25#-26#，28#-29# 砂砾

石地层(含砂砾石),在顶进过程由于扰动,管顶砂砾石会不同程度沉降,明显含砾石偏多的地层对顶进过程顶力影响较大。



3.2.3 地下水的影响

地下水对砂砾石地层顶管施工的影响主要表现在过程中是否持续进行,过程中断会造成地下水涌入管道内部,管顶以上砂砾含水量加大,加大顶力,顶管施工沿线布置8处降水井,降水井深度17.5m,间距30m,根据现场记录在27#-28#管道顶进至34.5m时,由于系统电故障,降水井停止降水,在继续顶进过程中顶力明显加大。通过现场试验,地下水是顶力主要因素之一。

17:05	砂砾石	0.2	34.5		35	35.1		0.1	4.0	20	12	
17:40	砂砾石	0.2	35		36	37.4		0.4	5.0	20	13	降水中断
9:00	砂砾石	0.2	35.5		36.5	36		0.5	3.0	20	13	

3.2.4 管线偏差的影响

因手掘式顶管在施工中对管道的轴线及高程的控制较为困难,在顶进中不断出现偏差,在校正过程中,阻力增加也会使顶力增大,纠偏次数越多,顶力增加越大^[2]。

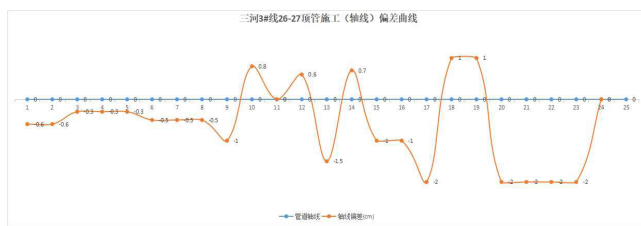


图4 三河3#线砂砾石地层26#-27#顶管施工轴线偏差曲线图

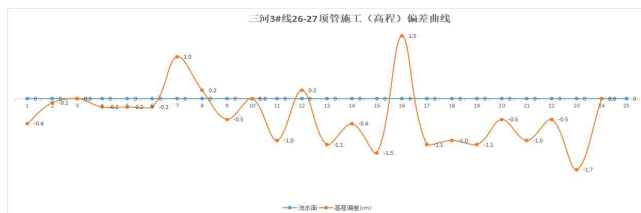


图5 三河3#线砂砾石地层26#-27#顶管施工高程偏差曲线图

4 顶力曲线图分析顶力

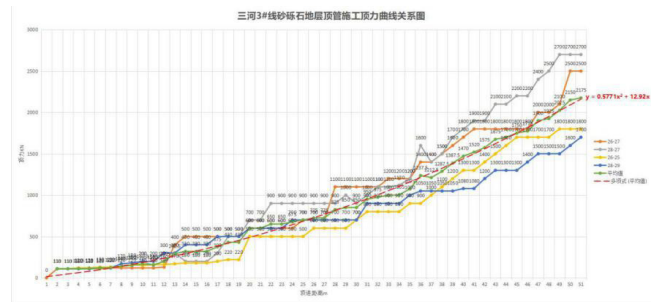


图6 三河3#线砂砾石地层顶管施工顶力曲线关系图

通过四段砂砾石地层顶力与距离关系曲线,可以得出一条平均值曲线,并用公式表达: $Y=0.5771x^2+12.92x$ (y代表顶力,x代表顶进距离);本工程井距最大为56m,实际顶进长度为51m,通过公式计算理论顶力 $y=2159.96KN$ 。

5 反算摩阻力

根据GB50268—2008《给排水管道工程施工及验收规范》顶进阻力计算应按当地的经验公式,或按式(6.3.4)计算:

$$F_p = \pi D_0 L f_k + NF \quad (6.3.4)$$

式中: F_p ——顶进阻力(kN);

D_0 ——管道外径(m);

L——管道设计顶进长度(m);

f_k ——管道外壁与土的单位面积平均摩阻力(kN/m^2)(试验确定);

NF——顶管机的迎面阻力(kN)(人工掘进施工不考虑迎面阻力)。

根据实测顶力来反算管道与周围地层的摩阻力,通过计算得出管道与砂砾石的摩擦阻力 $FK=14.1 kN/m^2$,可为类似工程提供参考^[3]。

参考文献

- [1] 郝文峰.顶管工程设计中的顶力计算方法[J].建筑设计,2004(04):133-134
- [2] 安关峰,殷坤龙,唐辉明.顶管顶力计算公式辨析[J].岩土力学,2002(23):358-367
- [3] GB50268—2008,给排水管道工程施工及验收规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2008.