

新型材料对顶管机穿越粉质粘土层分析研究

滕颖堃

上海城建水务工程有限公司

DOI:10.32629/btr.v2i5.2142

[摘要] 注浆施工是顶管施工中的一道非常重要的工序,在顶进过程中注浆若控制不好,就会出现沉降问题,所以在注浆过程中必须采取严格的质量控制措施,并对遇到的问题进行原因分析,总结出相应的处理方法。本文介绍上海黄浦江上游水源地连通管工程 C3 标顶管施工在粉质粘土层中使用新型聚丙烯酰胺(另称非离子)的措施和成果。

[关键词] 顶管; 注浆; 聚丙烯酰胺

引水管道作为地下构筑物的一种形式,其在井下分节施工,通过井内取土、取泥,主要依靠顶管机和油缸等辅助设施克服正面土压力进行切削土体顶进施工,然后焊接、防腐,井内接笼等工序构筑而成。管道的设计和施工,除要满足荷载及结构要求外,还要考虑如何平稳穿越不同土层最终达到设计标高及轴线。影响顶管施工的主要因素有:地下构筑物、桩位、管线、轴线控制、土层,管侧壁由于水土压力而产生的摩阻力等。由于侧向土体约束作用较大,摩阻力增大,会出现顶进困难、速度上不去的现象。本文借鉴上海黄浦江上游水源地连通管工程 C3 标施工的顶管顶进采用新型聚丙烯酰胺拌合膨润土的经验,介绍顶管在顶进过程中的质量控制。

1 工程概况

黄浦江上游水源地连通管工程 C3 标包含 8 座顶管井位及 9 个顶进区段施工,且全部为沉井,沉井主体结构混凝土采用强度等级为 C30,临时井无抗渗要求,永久井抗渗等级为 P6P8,封底混凝土采用水下 C20,管道施工采用 $\phi 4000\text{mm}$ 钢顶管施工,自青浦至松江泵站段的 JB-03 井(不含),到 JB-12 井(不含),线路长度 5220.95m,主要解决上海市五区居民饮用水水质提高的市重大工程。

表 1 黄浦江上游水源地连通管工程 C3 标顶管工程量

| 管段 | 管径(mm) | 管长(m) | 管材 | 管中心标高(m) | 施工方法 | 备注 |
|-----------------|-----------|----------------|----|---------------|------|---------------|
| JB04 号井~JB03 号井 | DN4000-38 | 253.05 | 钢管 | -7.50~-7.50 | 顶管 | 穿越南大港 |
| JB04 号井~JB05 号井 | DN4000-38 | 289.06 | 钢管 | -7.50~-7.50 | 顶管 | |
| JB06 号井~JB05 号井 | DN4000-38 | 774.53 | 钢管 | -9.00~-7.50 | 顶管 | |
| JB07 号井~JB06 号井 | DN4000-40 | 969.94 | 钢管 | -12.50~-9.00 | 顶管 | 穿越环桥港 |
| JB08 号井~JB07 号井 | DN4000-40 | 926.02 | 钢管 | -12.50~-12.50 | 顶管 | 穿越东塘港 |
| JB08 号井~JB09 号井 | DN4000-40 | 637.61 | 钢管 | -12.50~-8.00 | 顶管 | 侧穿 500KV 的高压塔 |
| JB09 号井~JB10 号井 | DN4000-38 | 247.60 | 钢管 | -8.00~-8.00 | 顶管 | |
| JB11 号井~JB10 号井 | DN4000-38 | 689.30 | 钢管 | -9.00~-8.00 | 顶管 | 穿越构筑物 |
| JB11 号井~JB12 号井 | DN4000-38 | 433.84 | 钢管 | -9.00~-9.00 | 顶管 | 穿越青松港、中心河 |
| 合计 | | 5220.95 | | | | |

1.1 涉及土层的构成与特征

工程沿线穿越地形主要为农田、林地、鱼塘、河道,场地地势基本平坦,平均为 3.53m。地基土为第四纪全新世 Q43~上更新世 Q22 的沉积层,主要由填土、粉性土、淤泥质土、黏性土、砂性土组成。

本地区地貌类型属于滨海平原,地势较平坦。沿线地面标高一般在 3.31m~4.55m 之间,工程区域位于上海市松江区临近泖河的绿化沿线,施工区域附近有极少量民房以及小河道。

由上至下主要土层分布情况:

⑥1-1 层粉质黏土,厚度 2.5-3.8m,暗绿~草黄色,该层土呈可塑~硬塑状态,含云母,氧化铁斑点。

⑥1-2 层粉质黏土,厚度 2.0-2.5m,草黄色,该层土呈可塑状态,含云母,氧化铁斑点,局部夹薄层粉性土。

⑥2 层砂质粉土,厚度 4.0-7.0m,灰色,该层土呈稍密~中密状态,含云母,有机质,夹薄层粘性土。

2 淤泥质粉质粘土到硬的砂质粉土层施工措施

2.1 材料产品性质

聚丙烯酰胺,英文名称为 Polyacrylamide),CAS 号为 9003-05-8,分子式为 $\text{C}_3\text{H}_5\text{NO}_n$,聚丙烯酰胺(另称非离子)是一种线状的有机高分子聚合物,同时也是一种高分子水处理絮凝剂产品,专门可以吸附水中的悬浮颗粒,在颗粒之间起链接架桥作用,使细颗粒形成比较大的絮团,并且加快了沉淀的速度。这一过程称之为絮凝,聚丙烯酰胺是重要的水溶性聚合物,而且兼具絮凝性、增稠性、耐剪切性、降阻性、分散性等宝贵性能。这些性能随着衍生物离子的不同而各有侧重,因其中良好的絮凝效果 PAM 作为水处理的絮凝剂,并且可以广泛用于工业及工程施工。

主要特点:

①絮凝性。能使悬浮物质通过电中和,架桥吸附作用,起到絮凝作用。

②粘合性。可以通过机械的、物理的化学作用等起到粘合作用。

③增稠性。在中性和酸性条件下都有增稠作用,如果 PH 值在 10 以上 PAM 容易水解,呈半网状结构时,增稠将更明显。

④能有效地降低流体的摩擦阻力,水中加入微量高分子就能降阻50—80%。

2.2 采取的技术改进措施

我们此次主要针对淤泥质粉质粘土到硬的砂质粘土的施工应用,该土层主要特征是较硬和含沙量比重大,土的水渗透系数比较大,顶管顶进了该土层,顶进较为困难,顶进速度缓慢,在掘土过程中还要防止出现管涌造成周围沉降过大危及到临近的道路交通。因此,在掘进取土过程中,必须时刻观测沉降,始终保持管内外压力平衡。

从地质资料分析,各井位土层变化均较大,8只井位均含⑥1-1、⑥2-1、⑥2层砂性土层,且各井位土质变换交界面相差较大,这给顶进过程中的姿态控制带来了很大的困难。

该工程由于工期较紧,在顶进过程中多次出现顶进困难,速度较慢,项目部群策群力进行反复试验论证研究后采用新型混合泥浆作为顶管顶进施工的技术措施,通过管壁内布置管路压注混合泥浆(膨润土搅拌聚丙烯酰胺与水混合),在管壁外周围形成一层泥浆套,使顶管机在顶进过程中与周围的土体隔离,具有润滑性,达到减小阻力,从而增加顶进的顶进系数,加快顶进的速度,形成泥浆套后也能防止周围的砂流失,稳定周围土体,且减少下沉风险。

此产品适用多种顶管工艺施工,纯黄土(粘土)顶管施工也全部使用这种高分子材料注浆,使用后同样顶力很小,顶进提速效果明显,且矩形顶管施工同样适用。

3 顶管施工中注浆控制

3.1 顶管观测

顶管轴线位置的控制是在管道内设置测量、水准基点。以观测沉降,并定时用两台经纬仪进行偏差观测。

3.2 顶管速度控制

根据土质和现场的实际情况,一般的土层都用泥水平衡顶管机配合高流量提升设备加快掘进。

3.3 确保顶管顺利施工

本项目中顶管最大的难点就是顶管的沉降控制和顶进速度,因为地质极其复杂和分布不均匀,当顶管顶进过程中,为稳定沉降,或当遇到复杂土质时,及顶管顶进遇到特殊情况如设备故障需停机较长时间,复机运行后,发生顶进困难,即可进行混合注浆,注浆压力控制在0.15Mpa。

4 结束语

4.1 本工程由于沉井及顶管管道距离防汛大堤较近,地下水位较高,土质变化较大(部分井位软土层较深、承载力低、摩擦系数小;部分井位硬土层含沙量大、渗透系数大等)。在施工前要充分考虑各种因素的影响,并制定相应的技术措施,做好应急预案。

4.2 顶管施工原则上连续不间断(需24小时施工),间隔时间如果太长,管外侧阻力变大,下次启动时会导致管内土压变大、顶不动,对掘进不利;另长时间停止掘进,如若出现意外暗涌,会导致地面沉降。

4.3 顶管施工主要是控制注浆量,防止沉降。

4.4 顶管施工过程中重点控制土仓对称均匀挖土,且控制挖土速度,以防出现超挖、偏挖等,从而导致偏沉、位移。

4.5 针对地下施工复杂多变的情况,施工现场需做好应急预案(准备要应急水泵、应急水管),安排好现场值班人员,一旦出现突发现象则立即向井内灌水,以保证管井平稳。

[参考文献]

- [1]屈勇,胡晓萌,赵阳森,等.顶管施工障碍物处理技术综述[J].人民长江,2018,49(21):77-83.
- [2]王涛.海域复杂地层超长距离小口径钢顶管施工技术研究[J].山西建筑,2018,44(14):102-104.
- [3]闫志强,钟湘.复杂地层中顶管法施工存在的问题及采取的解决措施[J].四川水力发电,2017,36(05):85-87.