

淤泥质土层下的预应力管桩偏位控制方法

肖勇丰

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘 要: 预应力混凝土管桩是一种采用挤土或半挤土的桩基形式,具有施工速度快、承载力高、质量可靠、现场施工简洁等优点。但大量的工程实例表明,若对管桩的应用条件认识不足,对其处理措施不当,很有可能发生工程质量问题。尤其是沿海地区使用时,遇到淤泥质土层较厚时,若在桩基施工和基坑土方开挖过程中不采取有效措施,将可能造成管桩偏位、断桩等质量事故。现以舟山市某市政项目为研究背景,分析管桩偏位或断裂的控制方法。其成果可为淤泥质土层下预应力管桩施工提供借鉴。

关键词: 预应力混凝土管桩;土方施工;偏位;淤泥质土层;挤土效应

中图分类号: TU447

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)05-0157-04

1 工程概况

舟山市某市政项目位于浙江省舟山市舟山本岛东北角,占地约 19.5 hm²,为一个新建 15 万 t 污水处理厂,构筑物单体均为钢筋混凝土池体结构,建筑物单体均为框架结构,基础采用“桩+承台+基础梁”或“桩+筏板”的结构形式。桩基设计采用 PHC-500-A-100 预应力混凝土管桩,桩长 28~50 m 不等,桩顶标高为 -6.55~3.00 m 不等。除圆形二沉池采用环形布置外,其余单体均采用纵横布置,单桩间距 2.00 m~3.50 m 不等,均为桩端承重,整个项目共计约 8 160 根,总桩长约 38 万 m。其中最大单体生物反应池占地面积约 36 000 m²,总根数 4 908 根。该工程 PHC 管桩施工采用 8 台锤击桩机、2 台静压桩机及 1 台履带式潜孔钻机引孔进行施工。地基基础设计等级为丙级,桩基设计等级为丙级。

该工程建成后场地绝对标高为 3.5 m。场地平整后桩基施工过程中整体标高为 2.5~3.3 m。根据地质勘察报告(见表 1),勘察范围内岩土层分 6 个工程地质层,14 个工程地质亚夹层。其中素填土杂色,松散,主要由碎块石、碎石组成。砂砾及黏性土等近期混杂堆填而成,硬质碎块含量较高,粒径大于 100 mm 的颗粒含量超过 50%,最大直径约 1.5 m 块石,土质极不均匀。

该场地勘察深度内地基土分布不均匀,且上部

为淤泥质土。该层为典型的饱和软黏土,具有含水量高、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低的特点,稍受外力作用就会发生扰动、变形,且强度显著下降。同时,其还有低渗透性、触变性和流变性等特点。②层土为淤泥质土层,顶标高为 3.21~-15.08 m,层厚为 7.4~37.0 m。

2 管桩施工及土方施工

2.1 管桩施工

(1)由于该项目总体桩基工程量较大,采用分单体分阶段沉桩施工的方案。该项目所在范围北、南、东三面环海,原为围海用地,管桩施工前已经完成塘渣回填工作。根据地勘报告,素填土局部含有碎块石、碎石,粒径大于 100 mm 的颗粒含量超过 50%,最大直径约 1.5 m 块石,故现阶段的场地可满足桩机行走需求。综上所述,确定该项目的管桩施工为先沉桩,后基坑开挖的方式,避免了基坑内管桩施工振动对边坡的影响,以及基坑内淤泥质土层造成管桩无法施工的不利影响。

(2)预应力管桩是挤土型桩,大面积群桩施工会产生“浮桩”和“侧向偏位”现象。在施工时,要选用适当的成桩方式,合理安排打桩顺序。打桩时应控制沉桩速率并加强观测。该项目选择从中间向四周打桩,并采用局部间隔成桩的方案,避免了管桩整体产生的挤土效应,又避开了紧邻管桩施工相互挤压造成的位移现象,保证管桩成桩质量。淤泥质土层采用慢速沉桩,选择合适的锤重,若速度过快,则产生的挤土效应也越大,对周围邻桩的影响也越大,容易产生桩体上

收稿日期:2121-12-07

作者简介:肖勇丰(1984—),男,学士,工程师,从事市政工程造价管理等工作。

表 1 地质勘察报告一览表

地层 编号	地层名称	层顶埋深 /m 最大到最小	层顶高程 /m 最大到最小	层底埋深 /m 最大到最小	层底高程 /m 最大到最小	层厚 /m 最大到最小
① ₁	素填土	7.00 ~ 0.00	4.35 ~ 0.96	18.00 ~ 0.50	2.84 ~ -15.08	18.00 ~ 0.50
① ₂	冲填土	3.00 ~ 0.00	3.40 ~ -0.72	7.00 ~ 1.50	1.84 ~ -4.72	5.50 ~ 1.00
②	淤泥质黏土	18.00 ~ 0.00	3.21 ~ -15.08	41.30 ~ 21.90	-19.68 ~ -37.97	37.00 ~ 7.40
③ ₁	粉质黏土	36.80 ~ 21.90	-19.68 ~ -34.96	43.90 ~ 25.60	-24.05 ~ -40.05	17.30 ~ 0.70
③ ₂	粉质黏土夹粉土	39.60 ~ 25.60	-24.05 ~ -37.76	44.10 ~ 31.30	-29.09 ~ -42.26	11.70 ~ 2.70
③ ₃	粉砂	32.20 ~ 23.20	-20.80 ~ -29.56	40.10 ~ 34.00	-31.52 ~ -37.76	12.80 ~ 5.10
③ ₄	粉质黏土	39.20 ~ 29.00	-26.33 ~ -35.79	44.60 ~ 35.90	-32.43 ~ -41.48	12.00 ~ 1.00
④ ₁	粉质黏土	44.60 ~ 26.80	-24.64 ~ -41.48	54.70 ~ 36.80	-33.53 ~ -50.91	17.60 ~ 1.40
④ ₂	粉质黏土	48.70 ~ 25.40	-22.30 ~ -46.29	54.50 ~ 40.80	-37.35 ~ -50.82	21.00 ~ 1.80
⑤ ₁	粉质黏土夹粉土	50.00 ~ 36.50	-33.87 ~ -48.11	60.00 ~ 45.00	-42.42 ~ -57.67	15.00 ~ 1.30
⑤ ₂	含黏性土圆砾	54.30 ~ 43.80	-40.65 ~ -46.05	55.30 ~ 47.20	-44.31 ~ -52.72	4.90 ~ 0.50
⑤ ₂₋₁	粉质黏土夹粉土	50.70 ~ 45.00	-41.45 ~ -48.12	54.90 ~ 47.50	-43.95 ~ -51.91	7.60 ~ 1.80
⑥ ₁	粉质黏土	55.20 ~ 43.80	-40.53 ~ -53.36	63.40 ~ 51.00	-48.63 ~ -59.85	17.00 ~ 2.10
⑥ ₂	粉质黏土	63.40 ~ 41.90	-38.02 ~ -59.85	—	—	28.00 ~ 2.00

浮和土体上涌现象。

2.2 土方开挖

针对该项目特点，确定的开挖整体方案为分层分段、由浅到深、对称平衡开挖的整体方案。水解酸化池及生物反应池单体开挖深度较浅，塘渣回填区域采用挖机一次性开挖到位，及时浇筑垫层的施工方案，详见图 1、图 2 所示。



图 1 塘渣回填区域整体开挖效果之实景



图 2 塘渣嵌固桩基效果之实景

而在淤泥质土层区域，采用长臂挖机进行分层开挖、桩基周围对称开挖的施工方案，并严格控制基坑边堆载，但仍存在开挖完成后，约 2 h 后，出现管桩偏位现象，详见图 3、图 4 所示。



图 3 淤泥质土区域开挖桩基偏位之实景一



图 4 淤泥质土区域开挖桩基偏位之实景二

3 管桩偏位原因分析

3.1 直接原因

从该项目施工的过程来看，管桩在制作、运输、堆放过程中均未发现管桩开裂和损伤情况。在沉桩施工过程中也未发生倾斜、遇到地下障碍等情况。场区内塘渣回填区域桩基施工过程中也采取局部翻渣剔除大石块或采用 ZJL-90 型履带式潜孔钻机进行引孔作业，单桩引孔深度约 10 m，然后再施工预制桩，也较好地保证了预制桩的施工质量。

桩基沉桩结束后经过约两个月的静止期后,才进行淤泥质土区域内土方开挖。桩基施工和土方开挖间隔较长,土中孔隙水压力得到了较好的释放。

但淤泥质土层区域一经开挖,尤其是局部落深区域(落深仅 1 m),管桩在极短时间内向基坑内一侧有规律地持续性倾斜,淤泥质土向基坑内出现较大幅度流动,边坡出现明显的土质断层现象。详见图 5、图 6 所示。由此可见,造成管桩倾斜的直接原因是开挖后淤泥质土的位移带动管桩偏位。



图 5 淤泥质土整体成流塑状之实景



图 6 边坡土质断层之实景

3.2 内在原因

预应力管桩由于自身特点,其抗弯能力较差,且由于管桩为 C80 高强混凝土,易发生脆性开裂。该项目场地局部土层为淤泥质土属于典型的饱和软黏土,具有高压缩性,高含水率、抗剪强度低、承载力低等特点,稍有外力作用就会发生扰动、变形且强度显著降低。同时,还具有低渗透性、触变性和流变性等特点。其含水率达到 45%,粘聚力仅 6.8 kPa,内摩擦角仅 4.6°。

基坑刚开挖到坑底时,桩位基本正确,未发生明显偏位,而随着局部落深区域(落深约 1 m)的施工,桩位偏位明显增加,说明淤泥质土层十分软弱,流动性很大,高差较小的土坡挤压力都可以使预应力管桩受到明显的影响。

淤泥质土的特性,以及预应力管桩的抗弯性能

较差的双重诱因共同导致了淤泥质土层中预应力管桩的偏位问题出现。

4 预防管桩偏位控制方法

针对该项目前期局部土方开挖过程中在淤泥质土层中出现的部分管桩偏位事项,及时暂停该部分区域土方的开挖,避免大面积的管桩偏位,带来不可避免的工程质量事故。由于该项目为设计、采购、施工工程总承包项目,需要在保证工程质量、进度、安全的前提下以较低的成本确保管桩工程质量。针对不同的区域及开挖深度并结合土层分布情况可采取以下几种控制方法^[1-6]。

4.1 工字钢拉结管桩二次开挖方法

针对该项目水解酸化池及生物反应池区域整体开挖深度约 1 m 的情况,局部区域落深 1 m 的情况采取以下开挖方式:

(1)先整体开挖至浅坑基底标高,将所涉及区域的桩顶露出。

(2)局部落深 1 m 范围内两侧工程桩,采用 16 a 工字钢纵横向水平加固,将管桩端板与工字钢焊接固定,形成一个整体。

(3)采用长臂挖机分两层依次开挖,遇到工程桩部位对称平衡开挖。

(4)开挖完毕后及时浇筑混凝土垫层,垫层厚度加厚为 300 cm 厚,对两侧边坡形成有效的支撑。

通过上述方式,水解酸化池及生物池局部落深 1 m 区域的两侧管桩均未发生偏位现象,仅两侧淤泥质土与管桩之间出现较大空隙。通过将管桩成功束缚住,保证了管桩的垂直度。而且该工字钢可以重复利用,成本投入较少。具体详见图 7~ 图 9 所示。



图 7 局部落深处工字钢加固及土方开挖后桩未偏位,土体断层之实景

4.2 高压旋喷桩土体加固后再开挖

针对二沉池 D 池区域中心筒区域开挖面积约



图8 及时浇筑垫层做封底支撑之实景

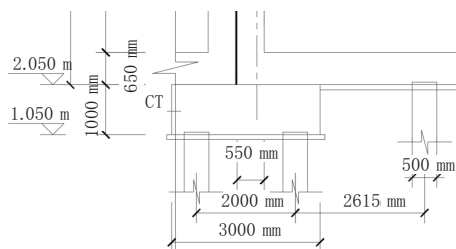


图9 局部落深与相邻区域桩位布置示意图

120 m², 开挖深度较深(深度约 5 m), 该部分的主要开挖目的是池体下部工艺管道敷设, 为结构池体服务的工程桩在工艺管道上部, 比开挖基底高约 1.6 m。根据地质勘察报告显示该区域开挖主要土层为淤泥质土层的情况, 结合拉森钢板桩在淤泥质土层中极易偏位情况, 整体考虑将该基坑拉森钢板桩范围内坑底进行高压旋喷桩土体加固。加固土体深度为 4 m, 水灰比宜为 0.9~1.1, 水泥掺量不少于 25%, 加固体 28 d 龄期无侧限抗压强度不小于 1.0 MPa。通过此种加固, 可分散和减少对工程桩的侧向压力, 提高了拉森钢板桩的嵌固力, 保证了施工安全和工程桩质量。具体详见图 10 和图 11 加固前后对比图, 以及图 12 加固区域剖面示意图。



图10 淤泥质土未加固之前土方效果及工程桩偏位之实景

4.3 先换填再沉桩后开挖

由于该项目位于舟山本岛东南角, 场地为后期



图11 加固后土方开挖效果之实景

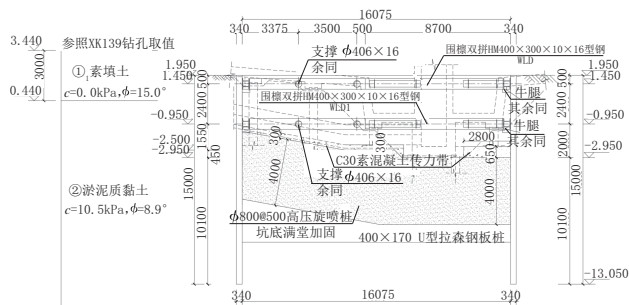


图12 加固区域剖面示意图(单位:mm)

人工填海而成, 填海过程并没有对原有土体进行相应的处理, 只是利用周边临近山体开采材料塘渣进行回填至场地标高, 场地平整后整体标高 2.5~3.3 m, 建成后场地标高为 3.5 m。根据地质勘察报告, 场地内存在厚度不一的淤泥质土层, 是典型的海相淤泥质软土地基。结合项目整体开挖情况, 局部塘渣回填区域较厚, 开挖基底标高均为塘渣回填区域, 工程桩的偏位情况基本未出现, 具体详见前文 2.2 土方开挖章节中的图 1、图 2。

故后期在海相淤泥质软土地基范围内的其他项目进场施工中, 可针对项目具体分析, 局部淤泥质土层埋深较浅区域, 可采用先开挖换填再进行沉桩施工的方式, 换填厚度以工程桩顶标高下卧 1.5 m 为宜。回填材料可采用塘渣(碎石较多, 粒径不超 300 mm)或建筑渣土等, 具体材质可依据项目现场而定。通过局部换填, 可保证桩机机械行走和材料运输, 也可有效减小工程桩的送桩深度。具体的换填厚度依据工程桩的数量、桩机机械的荷载、场地大小等因素整体考虑。

通过换填, 施工桩身垂直度就有更有力的保证, 但是因涉及到费用原因, 可整体分析考虑, 若后期工程桩的Ⅲ类、Ⅳ类桩较多, 需要二次补桩或加大灌芯深度等措施来弥补。否则, 特对项目的工程质量、进度等带来不利影响。总之, 海相淤泥质软土地基施工前应充分查阅勘察文件及了解现场实际情况, 分析地层对施工的影响, 并做出提前处理, 防止发生不必

(下转第 179 页)

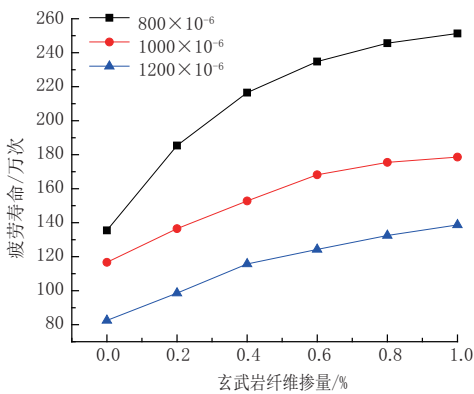


图9 纤维改性环氧沥青混合料疲劳寿命

3 结 语

本文采用外掺玄武岩纤维的方式来研究其对环氧沥青混合料技术性能的影响规律。通过高温车辙、低温抗裂、疲劳试验研究可知:

(1)环氧沥青混合料的动稳定度随玄武岩纤维掺量的增加呈先上升后下降的趋势,纤维掺量为0.6%时,环氧沥青混合料的动稳定度达到最高,较未掺玄武岩纤维沥青混合料提升36.6%。

(2)玄武岩纤维的掺入可大幅提升环氧沥青混合料的低温抗裂性,玄武岩纤维掺量为0.6%时,沥青混合料的抗弯强度和极限破坏应变较普通沥青混合料分别提升31.2%和50.8%。

(3)玄武岩纤维可有效提升混合料内部结构稳定性和材料耐久性。玄武岩纤维掺量为0.6%时,混合料抗疲劳性能较未掺纤维沥青混合料提升73.28%。

(4)通过对玄武岩纤维掺量对环氧沥青混合料性能的系统研究,认为0.6%掺量下玄武岩纤维可综合提升环氧沥青混合料路用性能。

参考文献:

[1] 周霄,李修坤,雷红尧.环氧沥青混凝土铺装在大跨径钢箱梁悬索桥中的应用[J].公路,2021(7):100-104.

[2] 杨媛媛,苏凯,程斌.上海长江大桥主桥钢桥面铺装维修方案对比分析[J].城市道桥与防洪,2021(3):133-136,19.

[3] 徐佳欢.桥面铺装环氧沥青混合料路用性能试验研究[J].公路与汽运,2021(3):123-126.

[4] 李斌,周宁可.混凝土桥面铺装病害处治及中修养护施工技术要求[J].城市道桥与防洪,2017(12):134-136,15.

[5] 蒋梦雅,闵召辉,刘颀楠,等.桥面铺装用环氧树脂沥青混凝土细微观结构的低温性能研究[J].公路工程,2021,46(1):81-87.

[6] 薛永超,钱振东,夏荣辉.基于低温性能的橡胶颗粒环氧沥青混合料研究[J].湖南大学学报(自然科学版),2016,43(9):120-128.

[7] 钱振东,王睿,陈团结.橡胶粉掺量对环氧沥青及其混合料性能的影响[J].建筑材料学报,2014,17(2):331-335.

[8] 郭忠宝.季冻区钢桥面铺装高模量高韧性沥青混合料技术研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2016.

[9] 谢金,杨伟军.纳米SiO₂/玄武岩纤维增强环氧树脂复合材料的制备和耐久性能研究[J].功能材料,2021,52(5):5176-5180.

[10] 陆志峰.闵浦大桥钢桥面环氧沥青病害维修实践与探讨[J].城市道桥与防洪,2016(8):226-227,240,22.

[11] 左惠宇.玄武岩矿物纤维/岩沥青复合改性沥青性能研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2021.

[12] 马洪忠.玄武岩纤维沥青混合料性能研究[J].北方交通,2020(10):77-79.

(上接第160页)

要的质量事故。针对后期桩基施工完毕再进行土体加固等后期弥补方式而言,先换填再沉桩后开挖的方式是相对较经济实效的。

5 结 语

预应力管桩目前应用较广,但是若对管桩的应用条件认识不足,对其处理措施不当,很可能会发生工程质量问题。特别是在土体条件较差的软土地区,管桩的设计及施工不当均会对预应力混凝土管桩的偏位产生巨大的影响。因此在软土层采用混凝土预应力管桩需要慎重考虑,若必须采用预应力管桩,应当优先对软土地基进行处理,再选用合适的施工措施来进行桩基施工,以减少软弱土层对施工产生的

负效果。总之,要通过设计、施工共同融合来保证预应力管桩的整体工程质量。

参考文献:

[1] 年延凯,孙旻.深基坑支护设计与施工新技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2016.

[2] JGJ 94—2008,建筑桩基技术规范[S].

[3] 阎岩.道路施工中软土地基处理技术探析[J].工程技术研究,2016,(8):75-76.

[4] 刘书安,丁明华,李涛,等.淤泥质土开挖施工技术[J].建筑技术开发,2015(7):38-41.

[5] 计政华,顾龙声.淤泥质土层上覆素填土强夯地基研究[J].工业C,2016(5):220-222.

[6] 张志杨.舟山某住宅工程预应力管桩质量事故原因分析[J].安徽建筑C,2012(1):130-131,124.