

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.02.033

跨线桥工程桩基类型的确定与施工

——以杨高南路改建工程为例

陶利峰

(上海建工一建集团有限公司, 上海市 200120)

摘要: 基于杨高南路市政道路改建的工程属性,研究跨线桥工程桩基方案,以达到工程工期短、施工影响小以及工程投资合理的综合效益。在对施工现场进行地质勘察的基础上,根据不同跨度桥梁范围的竖向荷载情况,以合理承载力确定不同类型桩基方案。正式施工前采取了不同类型桩基的试桩施工,采集了相关的施工控制数据,对选择方案的理论承载力等设计条件进行了验证。钢管桩方案确立后,为保障钢管桩桩基的施工质量,因地制宜采用了导向架的技术措施,提高了钢管桩的安装精度,同时加快了施工进度。从综合研究方案到方案执行、施工完成,从设计到施工全过程,确保了方案确立时的初衷和愿景。既可以把本案例中的钢管桩施工控制作为类似施工工况与工艺的参考,也可以将其作为设计、投资、施工等各方面比较成功的综合运用案例。

关键词: 跨线桥; 预制装配式; 钢管桩; 压桩导向架

中图分类号: U445.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)02-0145-05

0 引言

杨高南路改建工程地处交通要冲,工程综合地质勘察、工期、大跨度跨线桥承载力、工程投资以及环境影响等方面的要求,确定了不同类型的桩基施工方案。

工程在桩基类型的选择上,综合技术、实施和投资等各方面因素,将P0~P8墩范围内的工程桩施工调整为钢管桩施工工艺。本文将从钢管桩桩基施工方案确定、方案实施等方面进行详述。

由于该工程所在区域的地质情况具有典型上海地区地质特征,因此该桩基工程方案确定的思路和实施过程,在上海地区类似工程中具有代表性和适用性。

1 工程概况

1.1 工程规模与环境

1.1.1 工程规模

该工程为杨高南路(高科西路—外环立交)改建工程1标,工程范围北起高科西路跨线桥以南,南至规划杨思路北侧(见图1),路线全长2.08 km,采用“主线连续流跨线桥+地面道路”的形式。

收稿日期: 2023-06-30

作者简介: 陶利峰(1974—),男,博士,高级工程师,从事建筑施工管理工作。

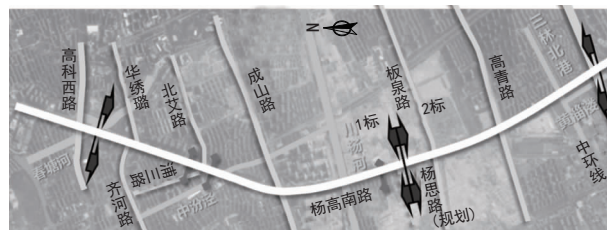


图1 杨高南路改建工程示意图

墩台P0~P2为落地梁,54根桩基布设^[2],桩间距为4 m;墩台P3为桥台,10根桩基布置,桩基间距为2.5 m;墩台P4~P8承台尺寸为8.3 m×7.9 m,每个承台14根桩基布置,桩基间距2.1 m;P0~P2成桥桩长40 m,P3~P8成桥桩长48~55 m。具体情况见图2、图3。

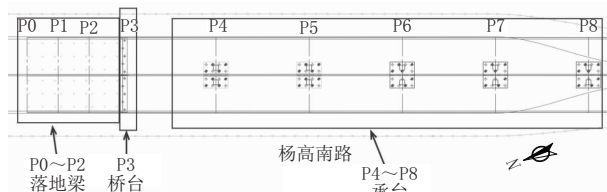


图2 P0~P8墩平面布置示意图

1.1.2 工程环境

拟建工程为杨高南路现状道路,交通繁忙,沿线所经道路众多,周边主要为居民区,多为6层以上的混凝土建筑,道路下分布有信息、电力、燃气、雨污水等各类管道,且在成山路穿越地铁13号线,周边环境复杂。桥梁桩基施工必须对管线及轨道交通进行保护和避让,并应尽量减小施工对周边居民的影响。

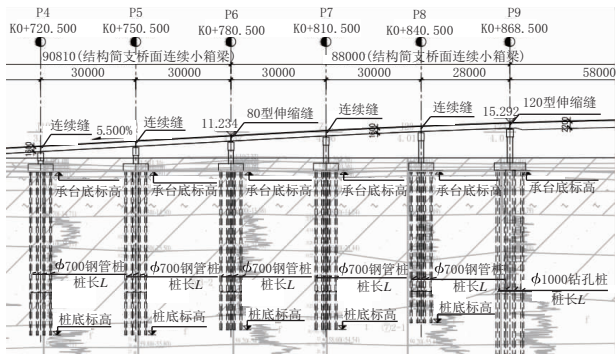


图3 P4~P9墩立面布置示意图(单位:mm)

如果桩基采用钢管桩施工,需要采取适当措施,减小沉桩挤土及施工振动对周边的影响。场地沿线分布有中汾泾及川杨河,需要加强对周边已建高架和河道的保护。

如果采用钻孔灌注桩施工,施工过程中应注意泥浆对环境的污染问题。

以上施工均须选择低噪声施工机械,降低施工噪声对周围环境的影响。

2 工程地质情况与桩基形式选择的关系

根据设计要求,该工程新建桥梁拟采用钢管桩或者钻孔灌注桩基础。根据拟建场地的地层分布特征,第⑤₃₋₂层及以上土层,因土质软弱或埋深较浅,都难以获得较高的单桩承载力,均不宜作为该桥梁工程的桩基持力层。对于人行天桥及落地梁而言,单桩承载力要求不高,可选用⑤₃₋₂层作为桩基持力层。

第⑦₂₋₁层为灰黄~灰色粉砂,层顶标高-38.16~-53.57 m,平均厚度 12.80 m, P_s 平均值为 12.37 MPa,平均标贯击数 48.6 击,呈密实状,土性好,且该区域高架段层位相对较为稳定,可作为该工程主线高架标准段的桩基持力层。第⑦₂₋₂层为灰黄~灰色粉砂,层顶标高-39.30~-58.31 m,平均厚度 16.62 m, P_s 平均值为 18.24 MPa,平均标贯击数 57.8 击,呈密实状,土性极好,是该工程高架标准段及大跨径段的良好桩基持力层。第⑧₂₋₁层为灰色粉砂夹粉质黏土,层顶标高-64.24~-73.97 m,平均厚度 8.85 m, P_s 平均值为 7.89 MPa,平均标贯击数 37.5 击,呈中密~密实状,土性一般,但埋深较深,主要分布于成山路两侧,可考虑作为是该工程成山路两侧大跨径段的良好桩基持力层,桩长介于 47~55 m 之间。地质分层概况及单桩竖向承载力统计见表 1 和表 2。

2.1 钻孔灌注桩、钢管桩(高频免共振)方案确定的主要依据

结合桥梁的荷载、结构类型、经济、技术、环境、

表 1 地质分层概况表

土层	土层名称	层厚/m	黏聚力/kPa	内摩擦角/(°)
① ₁₋₁	杂填土	1.81	—	—
① ₁₋₂	素填土	1.08	14	16.0
① ₂	浜土	1.15	—	—
②	褐黄~灰黄色粉质黏土	1.50	21	19.0
③	灰色淤泥质粉质黏土	3.20	11	18.0
③ ₁	灰色黏质粉土	1.87	7	30.0
④ ₁	灰色淤泥质黏土	7.83	12	14.0
④ ₂	灰色黏质粉土	2.39	7	29.5
⑤ ₁	灰色黏土	7.44	15	14.0
⑤ ₂₋₁	灰色砂质粉土	8.99	5	32.0
⑤ ₂₋₂	灰色砂质粉土夹粉质黏土	10.56	8	26.5
⑤ ₃₋₁	灰色粉质黏土夹黏质粉土	15.34	15	19.0
⑤ ₃₋₂	灰色砂质粉土与粉质黏土互层	20.30	10	27.0
⑤ ₄	暗绿~灰绿色粉质黏土	2.74	49	19.0
⑦ ₂₋₁	灰黄~灰色粉砂	12.80	3	35.0
⑦ ₂₋₂	灰黄~灰色粉砂	16.62	3	35.0
⑧ ₁	灰色粉质黏土	4.62	20	19.5
⑧ ₂₋₁	灰色粉砂夹粉质黏土	8.85	3	35.0
⑧ ₂₋₂	灰色粉质黏土夹粉砂	未钻穿	21	21.0
⑨ ₁	灰色粉砂	14.48	2	35.5
⑨ ₂	灰色粉砂	未钻穿	3	35.5

注:各土层黏聚力及内摩擦角通过固结快剪试验得出的平均数取值。

表 2 单桩竖向承载力统计表

部位	桩径/mm	持力层	桩长/m	R_k /kN	R_d /kN
落地梁	400	⑤ ₃₋₂	44	2 985.1	1 495.0
落地梁	500	⑤ ₃₋₂	44	3 810.0	1 905.6
落地梁	400	⑦ ₂₋₂	48	3 284.2	1 641.6
落地梁	500	⑦ ₂₋₂	48	4 325.2	2 158.6
落地梁	400	⑦ ₂₋₂	48	3 227.7	1 613.2
落地梁	500	⑦ ₂₋₂	48	4 210.5	2 101.1
标注段	700	⑦ ₂₋₁	54	6 660.1	3 332.9
标注段	700	⑦ ₂₋₁	45	6 662.2	3 325.6
标注段	700	⑦ ₂₋₁	48	5 982.1	2 991.4

注: R_k 指单桩竖向极限承载力标准值, R_d 指单桩竖向承载力设计值。

施工以及工期等方面因素,新建桥梁根据其对应的土层分布情况,选择适宜的桩基持力层和桩基类型。

(1)为满足大跨度单桩承载力的工程需求,可选用钻孔灌注桩桩端后注浆方案,从桩基设计的性价比考虑,可适当提高混凝土强度等级或增加桩径。

(2)标准段桥梁桩基均可采取钻孔灌注桩或钢管桩形式。采用高频免共振锤钢管桩基施工时,必须考虑桩身高频振动过程致桩周土体破坏对桩基承载

力的影响,必须根据试桩和静载荷试验成果合理确定钢管桩的休止期和承载力,并与工程工期要求、施工组织等综合考虑。

(3)若采用钢管桩高频免共振方案,选用⑤₃₋₂层、⑦₂₋₁层或第⑦₂₋₂层为桩基持力层时,随着沉桩深度增加,沉桩难度增加,一般⑤₃₋₂层、⑦₂₋₁层难度不大,选择⑦₂₋₂层时沉桩有一定难度,且随着深度加大,沉桩难度越大,需要在试沉桩可行的基础上选用。

(4)在计算单桩承载力过程中,对于钢管桩施工,若采用锤击法施工,可参考预制桩类的参数,相关桩侧极限摩阻力标准值与桩端极限端阻力标准值的参数较高。若采用高频免共振施工,结合施工工艺、沉桩周期较短等因素,对上述参数酌情降低使用。以上两种计算结果需要符合设计要求。

(5)钢管桩施工需要选择合理的施工机具、频率和程序,现场采取挖防震防挤沟、设置排水通道等措施,减小沉桩挤土效应的影响。

2.2 桥梁桩基持力层和桩基形式确定

根据场地的工程地质条件、拟建物的性质,结合工程实践的经验,该标段桩基工程确定如下:

(1)人行天桥

人行天桥桩基位置位于翻浇后机动车道外的隔离带中,若采用钢管桩施打,势必占路施工,而灌注桩施工方便且不影响交通,故选择⑤₃₋₂层持力层、桩径 $\phi 800$ mm的钻孔灌注桩。

(2)P0~P8跨范围

考虑到P0~P8跨范围地处交通“咽喉”要害部位,居民居住区距离较近,若采取灌注桩,夜间连续施工存在较大困难。P0~P1跨属现浇混凝土箱梁结构,为确保施工总进度和降低对周边环境的影响,桩基础采用钢管沉桩施工工艺,其中:

a. 落地梁选择⑤₃₋₂层或作为桩基持力层,选择桩径 $\phi 400$ mm的钢管桩;

b. 高架标准段P3~P8选择⑦₂₋₁~⑦₂₋₂层作为桩基持力层、桩径 $\phi 700$ mm的钢管桩;

c. 浦三路路口及其他大跨径段选择⑦₂₋₂、⑧₂₋₁、⑨₁层作为桩基持力层,桩径 $\phi 1\ 500$ mm的钻孔灌注桩。

3 钢管桩试桩施工

3.1 钢管桩试桩目的

(1)采用原位试桩,试桩设备采用钢管桩实施方案中投入的ICE-50RF免共振液压锤,检验设备的

性能及施工效率是否满足本工程的要求。

(2)观察钢管桩沉入期间对周边土体的挤土效应。

(3)对钢管桩进行静载试验,取得单桩承载力和休止期数据,预判休止期后的单桩实际承载力,供设计校核。

(4)确定现场使用钢管桩导向架措施对提高桩基垂直度、平面位置控制精度的效果。

(5)对钢管桩试桩的数据进行分析,对原有施工组织设计和计划进行调整。

3.2 钢管桩试桩过程及结果

(1)试验管桩采用55 m(两节焊连) $\phi 700$ 、 $t=20$ mm的钢管桩,ICE-50RF免共振液压锤顺利把试桩沉入预设目标位置,整个过程约35 min(不含电焊操作的时间)。

(2)挤土效应:经过多次实测,试桩过程中最大的振动速度值为4.96 mm/s(<25 mm/s),土体水平位移最大值为2.57 mm(<20 mm),远远小于标准值,对周边的燃气管、已有建筑物等基本无影响。

(3)现场进行试桩的单桩静载承载力试验,单桩最大试验荷载6 195 kN,桩顶累计位移43.3 mm,卸载后桩顶回弹31.62 mm,现场实测已经满足设计承载力要求(见图4)。

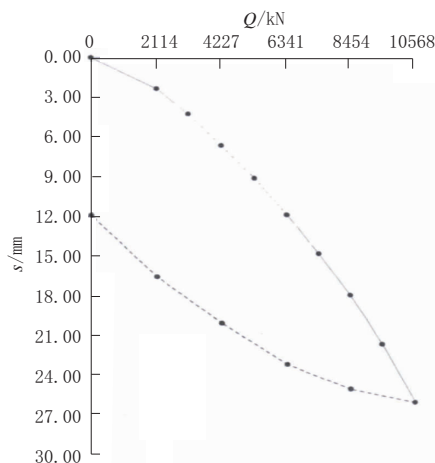


图4 钢管桩静载试验结果(Q-S曲线)

(4)休止期52 d,休止期后的单桩承载力有进一步提升。

(5)在导向架的使用过程中,由于承台桩基平面布置设计基本相同,导向架安装简单,重复使用,高度保障了钢管桩一次成桩的精度。

4 钢管桩桩基施工

4.1 确定免共振液振动锤施工工艺

试桩和静载试验结果显示,免共振沉桩的单桩

承载力符合设计要求,且施工工艺具有噪声小、振动弱、挤土效应小、对周边构筑物影响小、施工效率高、施工过程无泥浆产生等显著优点。因此,项目部决定使用免共振法进行沉桩施工,选用的免共振液压锤型号为ICE-50RF(见图5)。表3为ICE-50RF高频免振桩设备参数。

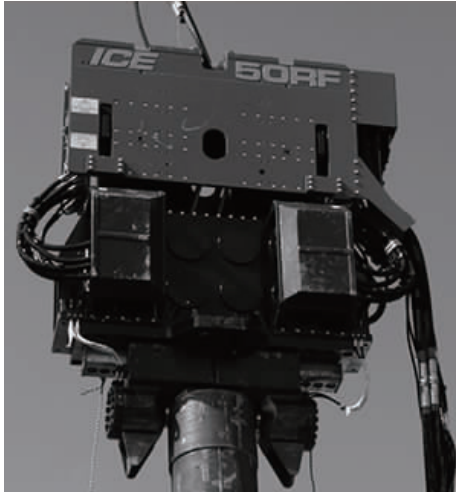


图5 ICE-50RF 免共振液压振动锤

表3 ICE-50RF 高频免振桩设备参数

序号	技术规格	参数
1	型号	ICE 50RF
2	偏心力矩	0~500 Nm
3	最大激振力	0~2 900 kN
4	最大频率	2300 rpm
5	最大振幅	0~15.2 mm
6	最大静桩拔力	800 kN
7	最大油流	1 380 L/min
8	振动重量	6 600 kg
9	总重(不含夹具)	10 000 kg
10	外形尺寸	2 883 mm × 985 mm × 2 835 mm

4.2 钢管桩的平面位置和垂直度控制

4.2.1 定位导向架的使用

(1)定位导向架设计

考虑到该工程单个承台内钢管桩基呈对称有序分布,采用H700型钢和辅助型钢焊制成一个立方体钢桁架,立方体钢桁架尺寸为12 m(长)×6 m(宽)×3 m(高)。导向架在地面准确就位后能覆盖50%的承台面积,立方体3个方向的宽度超承台的相应位置2 m以上。此处提供混凝土配重安装。

钢桁架导向架的顶面和底面利用水平型钢梁加密,为在顶面、底面桩位定位放样的工作人员和在其上满铺钢笆的工作人员提供操作平台。

(2)定位导向架安装使用

由于该工程承台底标高低于地面约3 m,原地面是原有混凝土市政道路路面,故定位导向架就安装在市政道路上。

首先,在路面上对承台轮廓位置进行放样和地面抄平,整个立方体钢桁架就位后,在立方体三侧的架体上施压配重,配重采用混凝土预制块,3处共约120 t,配重对导向架进行施压固定。

其次,立方体钢架就位后在导向架的顶面、底面对桩基的平面位置进行放样,放样后的桩基位置利用“井”字形型钢限位固定。

再次,在钢管桩下沉至导向架顶部标高时,拆除导向架顶面、底面上桩孔的限位型钢,方便液压锤进入。此阶段钢管桩的垂直度依靠测量人员和仪器进行测量控制。

由于基坑平面较大,每个承台基坑均需现场的导向架二次移位和安装。

4.2.2 使用导向架的效果

(1)未使用导向架的钢管桩中心偏差、垂直度首次验收情况。

在先行的P0~P2中的#1~#20共计20根钢管桩施工中,未及时使用导向架辅助施工(见图6、图7),桩基平面位置和垂直度的质量控制不符合规范,造成了过程工序多次验收不能通过,进而需要对钢管桩采取重新焊接、多次校准,甚至拔桩重打等措施,一次验收合格率大打折扣,严重拖延了工期。



图6 #1~#20 钢管桩打设(未使用导向架)

实施过程中,对首节钢管桩沉桩的中心偏差、垂直度偏差进行统计:20根钢管桩的首节管桩的中心偏差较多为72~118 mm(设计要求中心偏差为50 mm),超过单桩允许偏差(50 mm)的比例达到90%;垂直度偏差较多为0.6%~1.0%(设计要求≤0.5%),超过允许偏差的比例达到85%。

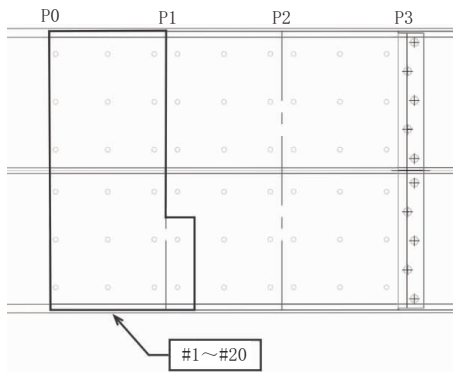


图7 #1~#20 钢管桩平面布置示意图

(2)使用导向架的钢管桩中心偏差、垂直度首次验收情况。

对 P0~P2 的其余 34 根钢管桩 #21~#54 进行沉桩施工时,运用定位导向架进行沉桩(见图 8),极大地提高了钢管桩施工一次验收合格率。

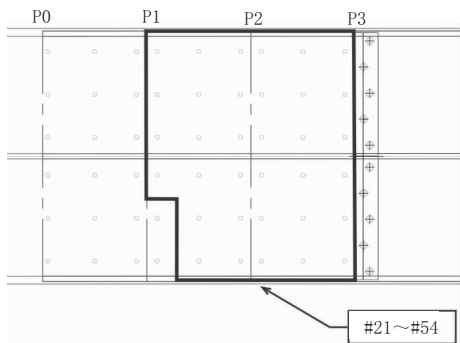


图8 #21~#54 钢管桩平面布置示意图

对中心偏差、垂直度偏差进行统计:34 根钢管桩的首节管桩的中心偏差较多为 8~68 mm (设计要求中心偏差为 50 mm),超过单桩允许偏差(50 mm)的比例为 8%;垂直度偏差为 0.2%~0.6%(设计要求 $\leq 0.5%$),超过允许偏差的比例为 6%。

(3)导向架辅助设施实施后,P3~P8 承台共 84 根钢管桩使用定位导向架沉桩,中心偏差和垂直度一次验收合格率达到 100%。

5 结 语

根据工程现场具体的地质、交通、环境等情况,综合工程工期、经济和结构受力等要求,通过试桩等验证,杨高南路(高科西路—外环立交)改建工程 1 标项目桩基工程针对性地采取了钻孔灌注桩、钢管桩的混合施工工艺,并因地制宜地采用了钢管桩导向架辅助设施,使钢管桩的一次性施工质量和施工速度得到了较大提高,达到了预期的效果,为今后桥梁工程项目摸索出了一套合理、经济、有效的施工组织方案和工艺控制管理模式,可大幅提高施工效率。

参考文献:

- [1] JTG/T F50—2011,公路桥涵施工技术规范[S].
- [2] JGJ 94—2008,建筑桩基技术规范[S].
- [3] YBJ 233—1991,钢管桩施工技术规范[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿邮箱:cdq@smedi.com 电话:021-55008850 投稿网站:<http://www.csdqyfh.com>