

摘要 内环线改建工程龙阳路段高架桥临近上海轨道交通 7 号线,桥梁桩基与盾构隧道最小净距为 3.42 m,工程难度大、工期紧、施工干扰大。分析了工程施工的难点,并制定了相应的工程对策;提出了深护筒钻孔灌注桩施工技术方案和既有盾构保护加固措施。施工结果表明,地铁盾构隧道旁的高架桥深桩基工程采用深护筒钻孔灌注桩施工技术,盾构隧道旁采用水泥搅拌桩加固并辅助以信息化施工监测技术,可很好地控制既有地铁隧道变形,为今后此类工程施工提供了借鉴。

关键词 高架桥;桩基;深护筒钻孔灌注桩;施工技术

1 工程概况

内环线浦东段快速化改建工程分为龙阳路和罗山路两段。其中龙阳路段西起龙阳路锦绣路,东至浦建路跨线桥落地点,为高架与地面结合的道路型式。工程范围为 K2+050.000~K3+730.000,全长 1 680 m。

表 1 工程场地土层分布

土层编号	土层名称	层底标高
①	素填土	2.03~ 3.23
②	褐黄~灰黄色黏性土	0.63~ 1.43
③	灰色淤泥质粉质黏土	(- 5.27) ~ (- 4.77)
④	灰色淤泥质黏土	(- 14.07) ~ (- 13.97)
⑤	灰色粉质黏土	(- 20.77) ~ (- 20.87)
⑥	暗绿色粉质黏土	(- 22.87) ~ (- 22.57)
⑥	草黄~灰黄色粉质黏土	(- 24.27) ~ (- 26.67)
⑦	草黄色砂质粉土	(- 34.27) ~ (- 37.07)
⑦	草黄~灰色粉砂	(- 58.27) ~ (- 58.57)
⑨	青灰色粉细砂	(- 64.97) ~ (- 65.87)
⑨	灰色砂土	(- 70.97) ~ (- 70.07)
⑨	灰色砂土	(- 85.10) ~ (- 85.07) 未穿透

主线桥梁设计范围为 K3+005.200~K3+662.200,总长为 657 m,跨越浦建路。桥梁除跨越浦建路处采用连续钢箱梁外,其余均采用预应力混凝土连续箱梁。跨线桥最大中跨为 35 m,标准桥宽 24.5 m,变宽处最大宽度为 26.2 m。桥梁采用落地梁形式落地。K0 孔落地梁长 70 m,K18 孔落地梁长 70 m。

上海轨道交通 7 号线与本工程相交于浦建路路口。由于斜交角过小,主线桥梁 14#~15#墩桩基下穿轨道交通 7 号线,桩与盾构边的距离在 4.0 m 以内,最小净距仅为 3.42 m;13#、16#墩桩基位于盾构边(如图 1 所示)。



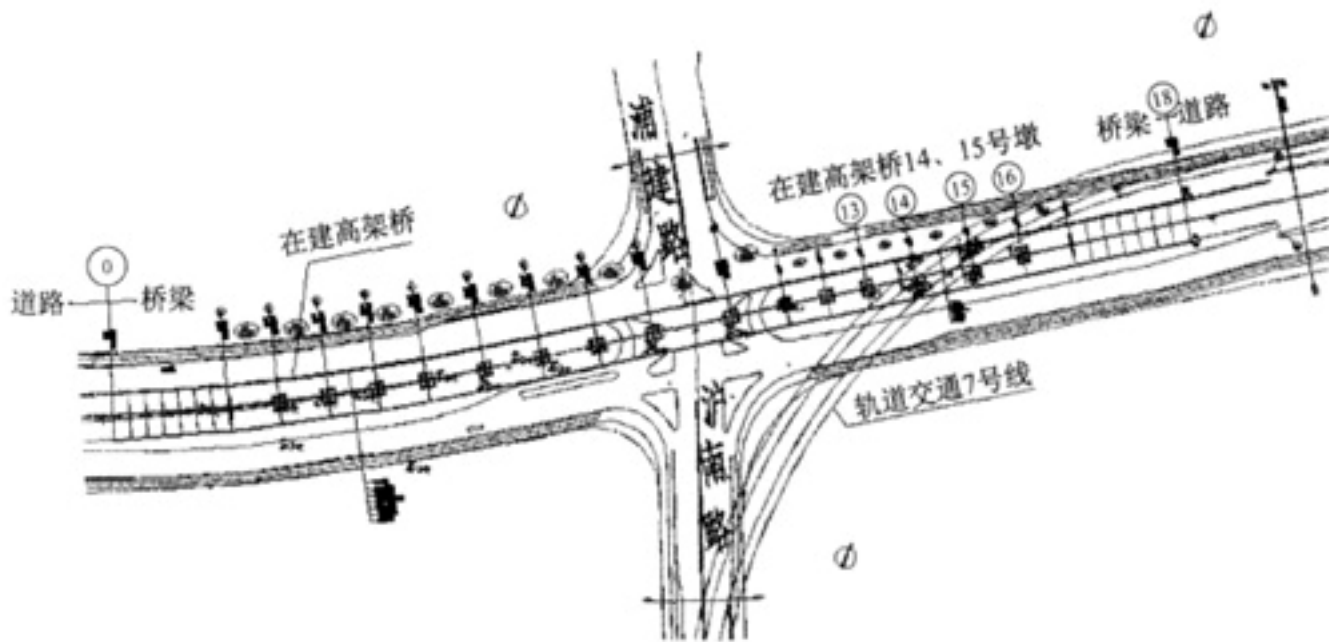


图1 高架道路与轨道交通7号线相对示意图

根据施工图纸及现场勘察反映,拟建工程场地为上海地区滨海平原正常沉积地段,自上而下场地共揭露第①~⑨层土8个主要层次和11个亚层,主要由黏性土、粉性土和砂土组成。土层分布见表1。

主线桥梁基础除落地梁外,采用 $\Phi 700\text{ mm}$ 、 $\Phi 800\text{ mm}$ 、 $\Phi 850\text{ mm}$ 钻孔桩;在地下无特殊控制区段桥梁桩基采用 $\Phi 800\text{ mm}$,选择⑦2层为持力层,桩端入土深度约45.0~50.0 m;在轨道交通7号线控制区域,为减少桩基对其影响,选择⑨层粉细砂作为桩基持力层,桩端入土深度约61.0 m,桩径采用 $\Phi 700\text{ mm}$ 、 $\Phi 850\text{ mm}$ 。混凝土设计强度等级为水下C30。

本工程场地地下水属潜水类型,地下水埋深为地表面下1.50 m左右。场地内承压水不影响基槽开挖。

2 工程特点与难点

2.1 工程特点

(1)工程地处交通繁忙地段,施工干扰大。龙阳路交通流量较大,特别是浦建路—沪南路交叉口地段,在施工期间必须进行有效的交通组织,才能既保证交通通畅,又有效减小对施工的干扰。

(2)施工工期紧,施工任务重。本工程的工程量较大,受交通及规划红线所限,有些地段只能采取分幅施工,施工效率低,故施工工期较为紧张。

(3)工程所涉及的项目及施工领域较多。本工程包含了桥梁、道路、排水、地下管线搬迁等施工项目,涉及工程技术多,综合性强,施工领域多。

(4)基础采用钻孔灌注桩,桩基深、数量多、工期紧张。主桥采用深28~61 m的钻孔灌注桩基础,数量大,钻孔桩穿越黏土层、亚黏土层,土层呈硬塑、软塑交错状。由于桩基是后续工程施工的制约因素,必须在短时间内完成,工期比较紧张。

2.2 工程难点

(1)本工程14#、15#承台下钻孔灌注桩距离7号线盾构边线为2.0~3.2 m,盾构已完成,钻孔灌注桩深度61 m。施工前先对盾构边线与钻孔灌注桩边线之间采用2排 $\Phi 700\text{ mm}$ 水泥搅拌桩(采用三轴搅拌机)进行加固,每根水泥搅拌桩之间搭接20 cm,加固深度为7号线盾构底下2 m。

(2)工程范围内地下管线密集,造成施工连续性差。由管线调查资料可以看出,施工范围内地下管线非常密集,且其中包括许多重要管线,因此管线的迁移与保护是本工程施工过程中的一个重点和难点,它必将对施工连续性产生影响。

3 工程难点部位施工对策

(1)在工程施工过程中采取信息化施工监控技术。施工过程中建立严格的监测网,对施工全过程进行监测监控,达到确保安全、指导施工、积累资料、改进设计的目的。必要时可采取相应的施工措施,如复加轴力、跟踪注浆等,以满足信息



化施工的要求。主要监测项目包括桩基施工影响范围内的轨道交通7号线上、下行线道床垂直位移。测点布置如图2所示。

(2)工期确保。为了按期完成工程,在施工中的指导思想是:①早进场、早准备、早开工;②增加平行作业面,加大设备、人员、周转材料的投入;③周密计划,合理安排,狠抓关键线路;④强化施工现场调度,科学组织,紧密衔接,有序控制。

(3)管线协调。施工单位成立公用管线协调领导小组,配合业主、监理及管线单位做好各方面的协调工作,并积极配合管线单位开挖样洞,核对弄清地下管线的确切情况(包括标高、埋深、走向、规格、容量、用途、性质、完好程度等),制定切实可行的管线保护方案及临时迁移措施。

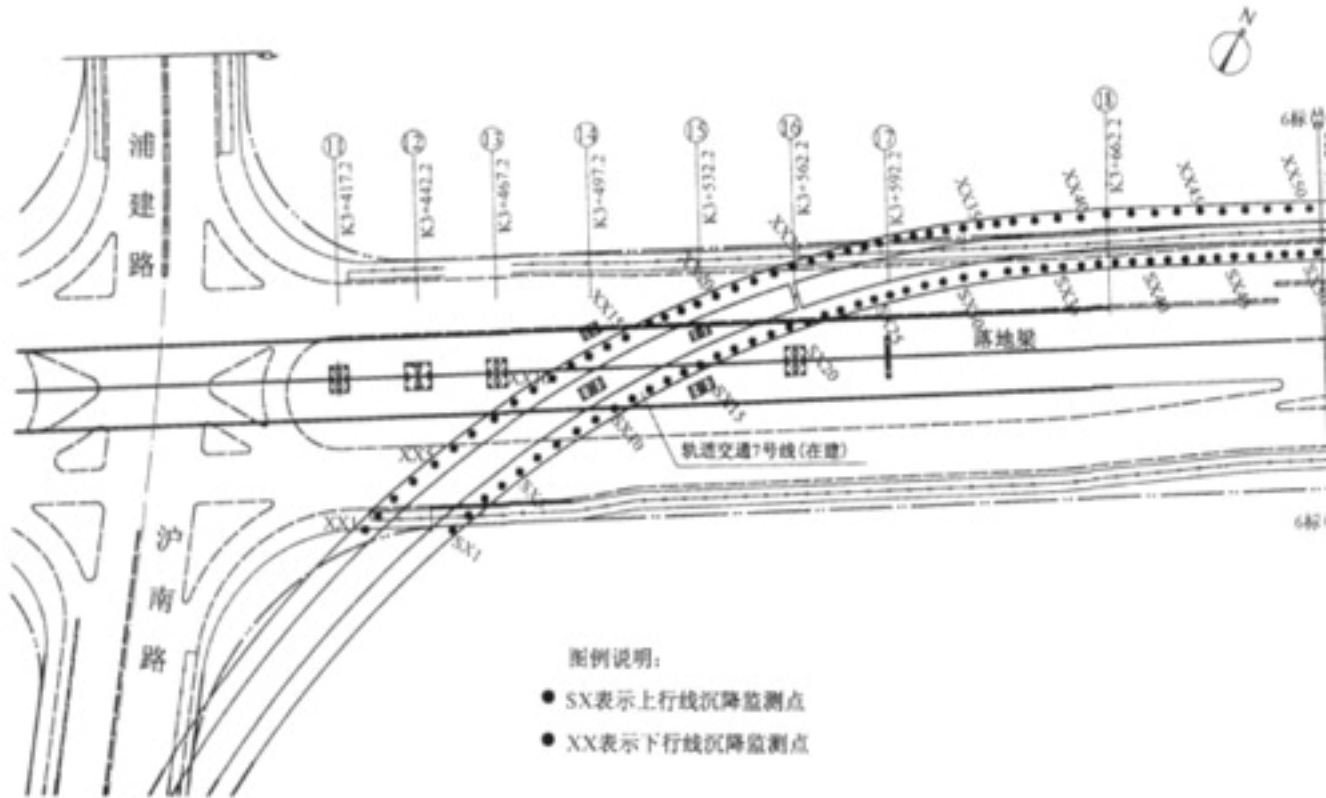


图2 轨道交通7号线道床位移动测点布置图

4 桩基施工控制技术

4.1.7 号线盾构保护加固措施[1]

根据施工图纸及现场勘察分析,本工程13号承台下部1#、2#钻孔灌注桩、14号承台下部1#~11#钻孔灌注桩、15号承台下部1#~12#钻孔灌注桩、16号承台下部1#~3#钻孔灌注桩共28根距离7号线盾构外边线小于6m,且盾构施工已完成,钻孔灌注桩深度为61m。为了不影响轨道交通的施工质量以及运营安全,在施工13~16号承台钻孔灌注桩时采取深护筒埋设措施处理。钻孔灌注桩施工前先对盾构边线与钻孔灌注桩边线之间采用2排 $\Phi 700$ mm水泥搅拌桩(采用三轴搅拌机)进行加固,每根水泥搅拌桩之间搭接20cm,加固深度为7号线盾构底下2m。如图3所示。

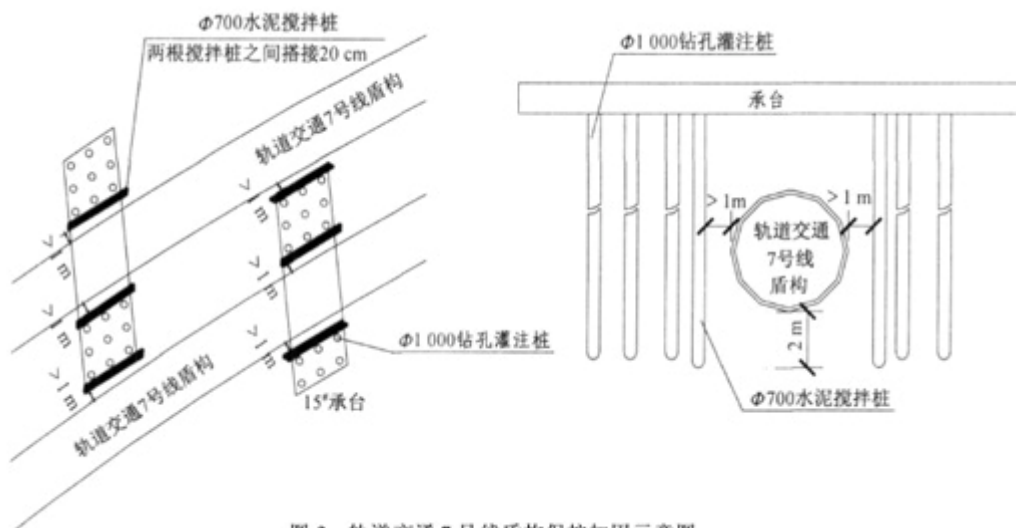


图3 轨道交通7号线盾构保护加固示意图

4.2 深护筒钻孔灌注桩施工方法[2-3]

为确保轨道交通7号线结构边线外3.0~6.0m的范围内钻孔灌注桩施工时不塌孔,从而保证轨道交通线路的安全,钻孔灌注桩采取深护筒埋设措施处理。深护筒埋置深度为7号线结构底标高下2m。钻孔灌注桩采用GPS-10钻机进行施工。施工顺序为:13号承台先施工1#桩,再施工2#桩;14号承台先施工北侧的1#~3#桩,再施工南侧的4#~11#桩;15号承台先施工北侧1#~8#桩,再施工南侧9#~12#桩;16号承台先施工1#桩,再施工3#桩,最后施工2#桩。具体施工方法与质保措施如下所述。

4.2.1 深护筒埋置

深护筒埋置采用GPS-10型钻机进行钻孔埋置。首先,清除高低不平的沟壑和多余的土方杂物等;再将施工场地进行平整后硬化,减少桩机调正垂直时的难度。

桩机移动到桩位,调正桩机水平及钻杆钻进时的垂直度。钻杆的垂直是保证深护筒埋置垂直的先决条件,护筒的垂直是钻孔灌注桩顺利施工的保证。在桩机就位,水平垂直确保时,方可钻孔。

成孔时钻头直径选为 $\Phi 750\text{ mm}$ 、 $\Phi 900\text{ mm}$ 。根据桩位护筒设计底标高和现场混凝土地坪标高,在加工厂预先定制好与施工桩位相匹配的钢护筒。桩基开钻前必须将选用的深护筒运至施工现场备用。第一次成孔深度应高于深护筒设计底标高20cm为宜。钻进时钻速不宜太快,钻压力为10~25kN,转速为50~80r/min,最小泵量为30m³/h;采用自然造浆,泥浆比重控制在1.2~1.3,保证成孔不坍塌、不缩径、成孔顺利、携带孔底钻渣。钻孔灌注桩成孔结束后,桩机立即移至下个桩位施工。

待钻机移开后,用50t吊车吊起护筒。吊装时要小心控制吊起的吊点。可采用三点起吊法,保证在起吊过程中护筒不变型、不弯曲。护筒吊起后安放到已成孔中,在自身的重量和泥浆减摩的作用下将护筒放置到位。在安放过程中护筒应始终保持垂直状态,从而保持护筒埋置时的垂直。护筒就位后,使用钢管横穿护筒吊环,将护筒固定在地面上。

4.2.2 钻孔灌注

为了保证成孔质量与安全,二次钻孔开始至成桩时间严格控制在8h以内。护筒安置到位后,钻孔灌注前还需要对桩机进行水平调整,以确保钻孔顺利。

二次钻孔时采用与设计孔径相匹配的 $\Phi 1000\text{ mm}$ 钻头施工护筒以下桩基。开始时须慢速钻进,从而使沉淀的泥浆恢复自然造浆性能,充分发挥泥浆护壁作用。如泥浆护壁作用不理想时,可采用人工造浆和加入膨润土加强护壁。成孔检测结束后,移开桩机。

4.3 深护筒钻孔灌注桩施工质量保证措施[4]

根据本工程桩基实际情况和上海地区土质特征,钻孔灌注桩施工采用回转钻进正循环成孔、原土造浆护壁工艺。具体措施如下:

(1)轴线桩及桩位线放好后进行自检,合格后再请监理复查。



(2)钻机就位后,底座必须用水平尺打好水平,达到平整、稳固,以确保钻进中不发生倾斜和移动;转盘中心与桩位中心的允许偏差应小于 20 mm,转盘在四个方向上的水平度误差小于 1/300。

(3)采用正循环成孔时,要合理控制钻进参数(钻速、钻压力、钻进速度要求)。钻进过程中应切实计算好钻杆和钻具长度,正确计算孔深。钻孔必须跳打,以免串浆和连孔,或混凝土灌注后相隔 36 h 以上方能在相邻孔位施工。

(4)钻孔深度不得小于设计孔深,超深不得大于 30 cm。成孔垂直度偏差按不超过 1/100 控制。

(5)在施工过程中,应严格按照土层条件的不同选用不同性能的泥浆护壁。清孔前泥浆指标控制在 1.15,清孔后泥浆指标控制在 1.20。

5 施工效果评价

对轨道交通 7 号线盾构隧道道床位移的跟踪监测结果表明,地铁盾构隧道旁的高架桥深桩基工程采用深护筒钻孔灌注桩施工技术,盾构隧道旁采用水泥搅拌桩加固并辅以信息化施工监测技术,可有效控制桩基施工对地铁隧道的影响,确保既有隧道安全。

参考文献

[1]刘建航,候学渊.软土市政地下工程施工技术手册[R].上海:上海市市政工程管理局,1990.

[2]DG/TJ 08—202—2007 钻孔灌注桩施工规程[S].

[3]DGJ 08—11—1999 地基基础设计规范[S].

[4]GB 50202—2002 建筑地基基础工程施工质量验收规范[S].

