

预应力管桩与钢管柱贝雷梁支架现浇梁施工技术

牟东

中铁十四局集团第四工程有限公司

摘要:温州市域铁路S2线一期工程土建SG7标段全长8413.75m,包含3车站2区间1隧道,其中区间和车站均为高架工程,共有简支梁197孔,连续梁8联。由于项目位于温州市东部沿海,广泛分布软弱土,常规的处理方式为对地基整体进行换填并硬化,然后采用满堂支架进行施工,但是此种施工方法地基处理难度较大,很难完全消除地基的不均匀沉降,对工程质量留下隐患,安全性能降低,而且材料、人员投入较大,施工也相对缓慢。对此,我项目决定采用预应力管桩进行地基处理结合钢管柱贝雷梁支架进行施工,此施工技术拥有施工速度快、投入机械、材料、人员少、安全可靠性的特点。

关键词: 预应力管桩; 贝雷梁支架; 地基处理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.07.051

一、工程概况

温州市域铁路S2线一期工程土建SG7标段,起讫里程为:DK74+258~DK82+919,全长8413.75m,包含3车站2区间1隧道,全线共计现浇简支梁197跨,连续梁8联(四线4联,双线4联)。其中4×35m跨度双线连续梁采用单箱单室截面,跨中截面中心线处梁高2.15m,支点截面中心处梁高2.25m桥面板顶面由翼缘向中心设置2%V型排水坡,腹板跨中出宽0.48m,顶板跨中处高0.27m,底板跨中处高0.25m,支点处顶板高0.4m,底板高0.8m。由于地质软弱,地基处理难度大,如何安全、高效的完成此联连续的施工便是我项目的技术攻关要点。

二、施工背景

4×35m双线连续梁位于海塘区间(隧道南)S112#-S116#墩,其中跨中主墩S113#-S114#墩均为双墩,左右两墩间距分别为16.9m、16.2m、20.7m,现浇连续梁为小曲线梁,在跨中主墩处设置高3.5(3.5)m高实心横梁。因连续梁范围内地质软弱,地面淤泥质土层普遍在20m以上,地基承载力极差,又因为连续梁跨中主墩两墩间距过大,无法利用桥梁承台作为现浇梁支架基础,致使我项目常用的大跨度双层加强型贝雷梁支架无法使用。对此我项目对如何施工此联连续梁进行了研究。

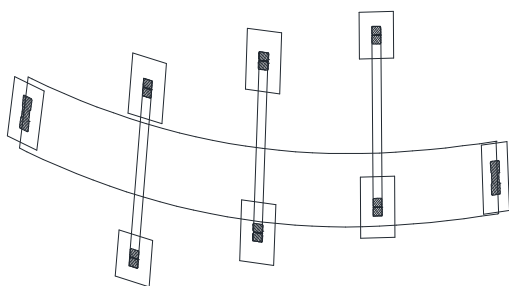


图1 现浇连续梁平面图

三、方案比选

(一) 地基换填与双层贝雷梁支架组合

支架采用大跨度双层贝雷梁支架,对支架临时支墩采用8根 $\phi 630 \times 8$ mm钢管柱,每跨一跨跨越,对钢管柱底部进行地基处理,浇筑宽1.5m高1m的条形基础,并在基础下方进行换填处理。

经过计算,采用此支架方案单根钢管柱最大轴力为1456KN,单排钢管柱下方条形基础尺寸为 $1\text{m} \times 9\text{m}$,经计算所需承载力为647.7KPa。考虑到连续梁范围内淤泥层过厚,经换填的地基基础难以达到所需最小承载力,故此方案不适用。

(二) 地基换填与满堂支架组合

对连续梁范围内地基基础进行整体换填,换填后浇筑15cm厚C20混凝土垫层。满堂支架采用立杆纵向间距90cm;立杆横向间距空腔区和翼缘板区间距90cm、腹板位置间距60cm。横杆步距采用100cm,在立杆的顶部和底部步距调整为50cm。竖向斜杆满布设置,竖向每隔4~6个标准步距设置水平向斜杆或者扣件钢管剪刀撑,其支架的横向布置全桥一致,不随底板宽度变化而变化。

经过计算讨论,采用此施工方案地基承载力需达到300KPa,项目周边地区均为软土地质,换填填料需从较远地区购买,且换填体量巨大,施工成本高,速度慢,且无法保证地基基础的均匀沉降,安全风险较大。

(三) 预应力管桩与贝雷梁支架组合

支架采用单层普通型贝雷梁多跨式支架,连续梁每跨钢管柱纵向间距 $9.4\text{m}+9\text{m}+9.4\text{m}$,每排横向布置4根,间距 $2.6\text{m}+2.8\text{m}+2.6\text{m}$ 。钢管柱下方设置宽1m高0.5m条形基础,每条条形基础下方打设8根预应力管桩(横向4根,纵向2排)以提高承载力。

经过计算,中间一排钢管立柱的承受 $(890.5+1010.9) \times 2=3802.8\text{kN}$ 的力,每排钢管立柱下方做条形基础,条形基础下方打8根预应力管桩(横向4根,纵向2排),则每根桩应承担 $3802.8 \div 8=475.35\text{kN}$ 的力。上层为20m淤泥,下层均为黏土,管桩打设深度不小于40m。预应力管桩采用锤击沉桩,并不计算桩端阻力,只考虑桩周摩阻。

预应力管桩直径 $D=40\text{cm}$,周长 $\mu=3.14 \times 40=125.6\text{cm}$,上层为20m淤泥,下层均为黏土。淤泥按照20m计算 $q_{ik}=10\text{kpa}$,黏土20m计算, $q_{ik}=40\text{kpa}$ 。则每根桩的承载力容许值 $[Ra]=0.5 \times \mu=628\text{kN} > 475.35\text{kN}$,满足要求。

预应力管桩拥有单桩承载力高、适用性强、单桩承载力造价更便宜、运输和吊装更便捷、施工速度快、效率高、工期短等优点。且支架材料均为我项目常用材料,可调配性强。经我项目部讨论分析,决定4×35m连续梁采用此方案进行施工。

四、预应力管桩施工工艺流程及操作要点

(一) 施工工艺

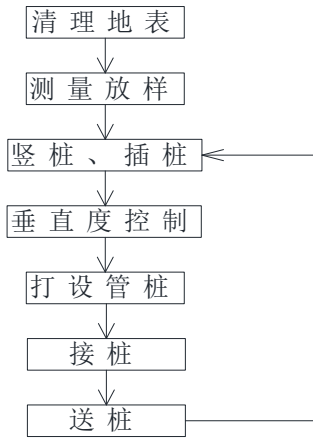


图2 预应力管桩施工工艺流程图

(二) 施工准备

施工前根据设计图纸进行计算，明确管桩数量、规格，桩体的放置地点根据实际施工情况确定，放置地点应便于施工及吊装。堆放地点要求平整、宽敞，不影响施工、起吊。预应力管桩堆放时，要求下垫枕木，采用3点支撑，堆放层数不大于3层，防止预应力管桩损坏。堆放顺序应合理，先用的放上面，后用的放下面，避免翻运桩堆，造成预应力管桩不必要的损坏。

(三) 管桩打设

(1) 测量放样

施工前根据设计图纸提前进行地表清理及桩位放样，确定桩位轴线以及桩位标高。

(2) 竖桩与插桩

将首节预应力管桩桩尖对准桩位标记点，然后缓慢压桩，当桩尖压入土体后，应对桩位进行复核，确保桩位偏差控制在20mm以内。

(3) 垂直度控制

施工前调整桩机桩架的垂直度，确保预应力管桩保持垂直，当桩尖打入土体1m后，重新复核桩体垂直度，确保管桩精度，首节管桩垂直度偏差不得大于0.5%，总偏差不得大于1%。在管桩打设过程中，随时进行跟踪检测，如有偏差，及时调整。必要时拔出已打设的管桩，回填沙土后重新打设。不允许采取强拉强拽的方式进行调整。

(4) 打桩（锤击施工）

首先将预应力管桩固定在桩机上，调整好垂直度、确定桩位后缓慢插入土中，重新核对桩位及垂直度后开始击桩，并做好记录。打桩开始时应轻压轻打，同时观察桩身、桩架、桩锤等垂直一致后，即可转入正常施打。

(5) 接桩

接桩采用桩端端板焊接连接，焊接前应清除端板杂物、锈迹，确保表面光滑。焊接时应先对桩身进行固定，可采取四点固定法对桩身四周四个点进行点焊，确保桩身在焊接过程中不移位，焊接时应对撑焊接，防止桩身变形，焊缝焊缝要求连续饱满，焊缝厚度必须满足设计要求。

(6) 送桩

送桩时必须采取送桩器，一般采用插销式送桩器。送桩前应在送桩器进行尺度标注，根据设计要求计算送桩深度，在送桩过程中控制送桩速度，观察管桩送桩情况，当送桩至设计标高1m左右时，操作人员应减慢送桩速度，在测量人员的指挥下进行调整，直到送桩至设计标高，测量人员发出信号即可停止送桩。



图3 预应力管桩

五、贝雷梁支架现浇梁施工工艺流程及操作要点

(一) 施工工艺

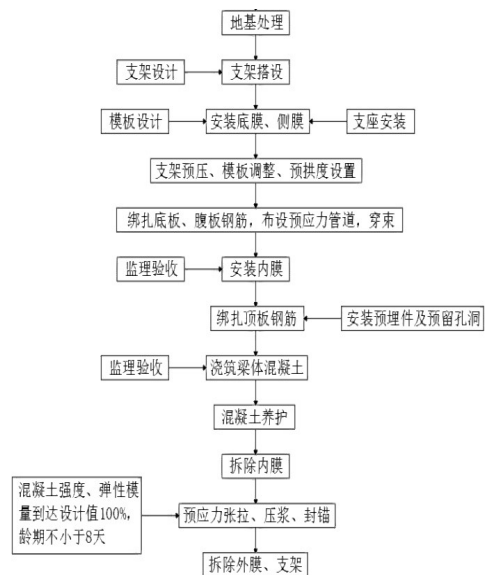


图4 贝雷梁支架现浇梁施工工艺流程图

(二) 条形基础施工

对支架范围进行放样，确定条形基础设置位置及标高，待预应力管桩打设完成后开始条形基础施工，条形基础尺寸宽1m高0.5m。预应力管桩伸入条形基础10cm。条形基础施工前应对地面杂物进行清理。

(三) 支架搭设

(1) 安装钢立柱，承台、条形基础施工时，在承台、条形基础顶面预埋高强螺栓，高强螺栓通过胎模定位。待承台、条形基础混凝土强度满足要求后安装钢立柱。钢立柱底部通过法兰盘与基础预埋螺栓连接，钢立柱安装时应对其垂直度进行控制，确保垂直度偏差不大于1%。

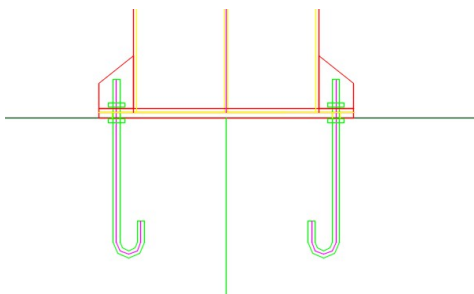


图5 钢立柱与条形基础连接节点图

(2) 钢管柱安装完毕后，在钢管立柱间设置[16槽钢剪刀撑，位于墩顶向下6.5m处，通过螺栓或焊接连接，作为管桩之间连接系，平联与剪刀撑安装与焊接需要在施工脚手架上进行，脚手架采用可拆卸移动支架，脚手架搭设在支架外侧，每搭设一层脚手架均需与钢管立柱进行可靠连接，以增加其稳定性。用手拉葫芦或吊车吊装平联和剪刀撑钢构件，构件吊装时必须挂扣牢靠，钢丝绳及卡环需检查到位。

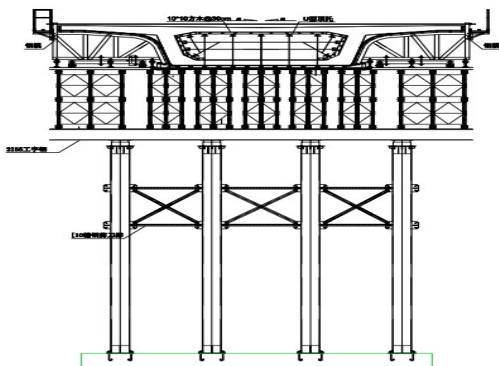


图6 钢立柱剪刀撑连接图

(3) 安装砂箱，安装前根据设计的安装高度及砂箱箱体高度，计算出砂箱箱体内装砂高度。为方便卸砂在距砂箱底部5cm处做一个球形阀门。此外为了保证2I56横梁不侧翻，在砂箱顶焊接厚度10mm的限位钢板。

(4) 安装横向2I56横梁，2根长11米I56工字钢，中间采用间隔焊接联接，每2米焊接一处，每处不少于20cm，对应钢管支墩处要加强焊接，焊接长度不小于60cm，在场地加工，吊机安装。

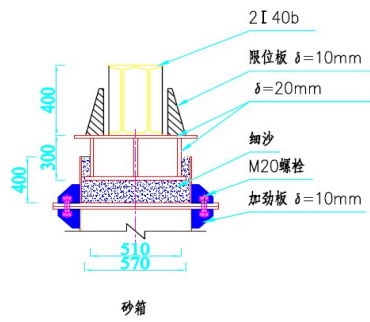


图7 钢立柱、砂箱、柱顶横梁连接图

(5) 贝雷桁架纵梁尽可能每排采用标准贝雷片桁架，如跨度不能满足需要时，根据实际跨度，增加几片

非标准贝雷片桁架，最终原则是贝雷片桁架的跨度能够满足施工要求。

贝雷梁在地面进行拼装，采用宽45cm和90cm花窗进行连接成组，通过吊车进行安装，贝雷梁安装就位后采用 $\phi 20\text{mm}$ U型螺栓与双拼I56a工字钢横梁进行固定，并每隔6m采用槽钢进行横向连接，确保贝雷梁稳定性。

(6) 贝雷梁安装完成即可安装贝雷梁顶部横向分配梁，横向分配梁采用I12工字钢，纵向间距75cm。

(7) 为验证现浇筒支箱梁支架方案的安全可靠、消除各级非弹性变形，测量出支架的弹性变形与预压重量的线形关系，同时也为了便于对梁体进行线形控制，施工时能够准确的设置梁体预拱度，对箱梁现浇支架体系进行预压。



图8 支架预压

(四) 现浇梁施工

支架经过预压后即可进行现浇梁的钢筋、模板、混凝土、预应力施工。

六、结束语

预应力管桩与钢管柱贝雷梁支架组合施工技术能够解决大多数因地质原因造成现浇连续梁施工困难的问题，此施工技术相较于传统的基础换填加满堂支架施工技术拥有施工速度快，效率高，施工成本低的特点。

温州市域铁路项目部通过对预应力管桩与钢管柱贝雷梁支架组合施工技术的应用，有效的降低了施工安全风险，极大的节省人工、机械、材料成本，节省工期，取得了较好的经济及社会效益，值得在以后类似工程施工中大力推广应用。



图9 现浇梁成品

参考文献

[1] 刘学明, 刘世忠, 钢管柱、贝雷梁支架体系施工工艺及设计检算[J]. 铁道建筑技术, 2016 (9): 43-46
 [2] 中华人民共和国铁道部. 铁路工程地基处理技术规程: TB 10106-2010[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2010: 7-16