

昌樟高速公路局部路基改为桥梁钢板桩防护施工技术

胡必耳

(中铁二十四局新余公司,江西 新余 338025)

摘要 由于改建铁路南昌枢纽新建西环线铁路的修建,须将昌樟高速公路路基改为跨线桥,文章以改建铁路南昌枢纽新建西环线昌樟高速公路改建工程为背景,介绍了昌樟高速公路分离式立交桥下部结构施工中拉森钢板桩防护的计算与应力分析,以确保昌樟高速公路路基稳定和施工安全可靠。

关键词 高速公路 局部路基 跨线桥 桥梁钢板桩 防护施工

中图分类号:U445

文献标识码:A

文章编号:1009-2374(2010)06-0169-03

一、工程概况

(一)既有高速公路概况

昌樟高速公路按平原微丘标准建设,设计车速100km/h,桥涵及构造物荷载汽车-超20,挂车-120。路基宽度27m,即:0.75m(土路肩)+3.0m(硬路肩)+2×3.75m(行车道)+0.75m(路缘带)+3.0m(中央分隔带)+0.75m(路缘带)+2×3.75m(行车道)+3.0m(硬路肩)+0.75m(土路肩)。路面沥青混凝土面层,设计使用年限15年。

(二)改建铁路南昌枢纽新建西环线工程概况

改建铁路南昌枢纽新建西环线工程起于京九铁路乐化站出站端K1426+000,终点至京九铁路向塘站出站端K1472+400,下行正线长61.659km,为枢纽内的双层集装箱货运通道。速度目标值120km/h,最小曲线半径1200m,限制坡度为6‰。由于受既有昌樟高速公路及铁路限坡的制约,南昌枢纽西环线没有原位上跨昌樟高速公路的条件,故采用南昌枢纽西环线下穿昌樟高速公路方案。昌樟高速公路与南昌枢纽新建西环线铁路交叉中心里程为DK1460+498.13,局部公路路基段改为桥梁(改桥主线里程CZK0+173.1~CZK0+244.1),交角72°,该段平面最小圆曲线8100m,平面按既有高速公路中线布线,不改变高速公路的平面位置,纵断面按既有高速公路纵断面纵坡拉坡,不改变高速公路高程。

DK1460+498.13(昌樟高速公路CZK0+210.783)昌樟高速公路分离式立交桥,全桥位于R=8100m的圆曲线上,桥上纵坡为-0.0258%,起讫里程为CZK0+173.1~CZK0+244.1,全长71m,桥梁按斜交18°设计,左右幅分修。下部结构采用双柱式桥墩,

等设施也须及时修复或更换,等等。

三、结语

以上仅仅归纳总结了路面罩面设计中的两类常见问题的处理方案,具体选用中还应结合实际情况进行综合比较分析。总之,高速公路沥青混凝土路面罩面设计涉及面广、限制和影响因素多,在实际工作中难免会遇到这样或那样的新问题,这就要求我们在广泛搜集整理资料、借鉴以往成功经验的基础上,因地制宜,取长补短,进而发现和探索出更加科学、合理、经济、可行的解决方案。

嵌岩桩基础,柱桩同直径,均采用Φ150cm,盖梁宽200cm,跨中高160cm,端部高80cm,桩柱式桥台,采用嵌岩桩基础,桩径Φ150cm。桥梁长71m,桥面积为1811m²,上部结构采用20m+25m+20m预应力混凝土简支箱梁,上部结构标准桥宽12.75(半幅),为施工方便,20m、25m预应力砼简支箱梁构造设计采用等梁高预制梁,预制梁高140cm,边梁宽248cm,中梁宽240cm,箱梁横向连接采用现浇湿接缝连接,考虑抗震措施,增设钢筋加强横向连接,湿接缝宽38.8cm。

二、工程地质概况

桥址处覆土及基岩(泥质砂岩)全、强风化层较厚,桥址区特殊岩土为弱膨胀土,地表水对混凝土土具中等溶出型侵蚀性,地下水对混凝土土具弱酸性侵蚀性和弱溶出型侵蚀性。

三、桥梁施工方案与施工期间交通组织

由于西环线铁路的修建,须将昌樟高速公路局部路基改为跨线桥,其交通不能中断,现状半幅路不足四车道的宽度,从南向北方向上,在公路右侧修建施工便道,作为右半幅通行,左半幅仍按现状通行;当右半幅施工完成后,在相应部位中央分隔带上开口,将左半幅改在右半幅通行,右半幅仍采用施工便道通行,再施工左半幅。具体施工方法如下:

1. 在公路的右侧修建一双车道的施工便道,宽度按9m(不含土路肩),并按既有公路高程铺设临时路面,开通施工便道,封闭该段右半幅公路,左半幅仍按现状通行。

2. 钢板桩防护施工,封闭右幅路,在中央分隔带离既有左幅路波形梁护栏0.1m处施工钢板桩防护,防护长度125m。

参考文献

- [1]杨立晖.浅谈公路工程的施工质量管理问题[J].太原科技,2005(2).
- [2]王孔正,储德春.质量控制:当前公路工程设计过程的核心[J].大众科技,2004(5).
- [3]陶建南.关于公路工程设计过程中质量控制问题的探讨[J].中国科技信息,2005(4).

作者简介:兰照满(1968-),男,内蒙古呼和浩特人,内蒙古公路工程局高级工程师,研究方向:公路工程。

3. 施工右幅桥 开挖既有路面至需要高度 施工右幅桥下部结构。施工下部结构的同时 在现场预制简支梁 完成下部结构后 开始架梁并完成上部结构 修复高速公路路面及相关附属结构。

4. 右幅桥施工完成后 拆除钢板桩防护 并在相应部位拆除中央分隔带 将左幅路改在右幅桥通行 封闭该左幅路 右半幅仍采用施工便道通行。按右幅路相同的施工方法施工左幅桥。

5. 施工完成后 复原既有高速公路路面及相关附属结构、设施。

6. 主线桥下铁路工程施工 开挖桥下土体至设计位置 施工桥下铁路工程。

四、钢板桩防护施工

(一) 钢板桩防护的设计

1. 钢板桩选型。钢板桩防护长度=桥位防护71米+桥背回填防护14米*2+昌樟高速右幅路两端防护13米*2=125米。钢板桩采用拉森IV型, 长为9.0米, 钢板桩顶标高45.533m, 底面标高36.533m, 钢板桩下端在盖梁底面以下5.69m(如图1、图2)。

2. 围檩制作安装。本工程设置单层支撑 撑杆每隔10m设一道。在原地面(钢板桩顶面)以下0.5m处安装围檩 围檩选用空心方钢(400×400×14) $V=2521 \times 103\text{mm}^3$ 围檩中心线标高45.033m。

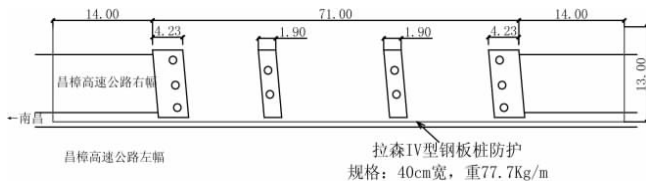


图1 钢板桩防护平面示意图(单位 m)

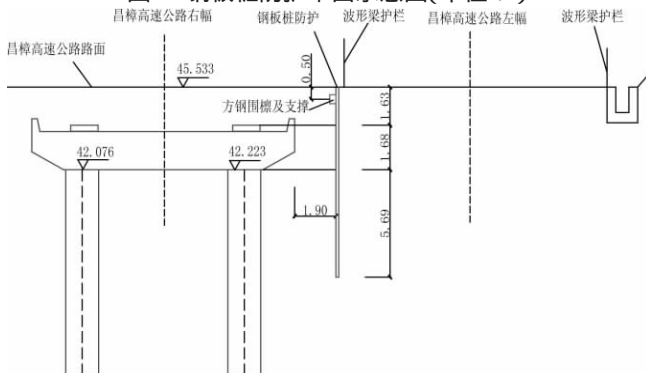


图2 施工右幅期间对左幅高速公路路基采用钢板桩防护立面示意图(单位 m)

(二) 钢板桩防护的打设施工

1. 施工流程 施工准备→测量定位→导向桩制作→设置安全防护设施→钢板桩打入→施工右幅桥→拔除钢板桩→施工左幅桥。

2. 施工放样与定位。(1)将施工区域控制点标明并经过复核无误后加以有效保护 (2)钢板桩利用现有波形梁护栏进行定位 保证打出的钢板桩在一条直线上 认真放出准确的两端支护桩中线。

3. 钢板桩打入施工。(1)钢板桩采用履带吊施工 施打前一定要熟悉地下管线、构筑物的情况 履带吊停在离打桩点最近的右幅路面上 侧向施工 便于测量人员观察。挂上振动锤 升高 理顺油管及电缆 (2)打桩前 对钢板桩逐根检查 剔除连接锁口锈蚀、变形严重的钢板桩 不合格者待修整后才可使用；

(3)打桩前 在钢板桩的锁口内涂油脂 以方便打入拔出 (4)锤下降 开液压力 拉一根钢板桩至打桩锤下 锁口抹上润滑油 起锤 (5)锤下降 使钢板桩至夹口中 开动液压机 夹紧钢板桩。上升锤与桩 至打桩地点 (6)对准桩与定位桩的锁口 锤下降 靠锤与桩自重压桩至土层以下一定深度不能下降为止 (7)试开打桩锤30秒左右 停止振动 利用锤惯性打桩至坚实土层 开动振动锤打桩下降 控制打桩锤下降的速度 尽可能的使桩保持竖直 以便锁口能顺利咬合。在插打过程中随时测量监控 每根桩的斜度不超过2% 当偏斜过大不能用拉齐方法调正时 拔起重打 (8)板桩至设计高度前40cm时 停止振动 振动锤因惯性继续转动一定时间 打桩至设计高度 (9)松开液压夹口 锤上升 打第二根桩 以上类推至打完所有桩。

4. 钢板桩打入施工注意事项。(1)导向桩打好之后 以槽钢焊接牢固 确保导向桩不晃动 以便打桩时提高精确度 (2)线桩插打 钢板桩起吊后人力将桩插入锁口 动作缓慢 防止损坏锁口 插入后可稍松吊绳 使桩凭自重滑入 (3)钢板桩振动插打到小于设计标高40cm时 小心施工 防止超深发生。

5. 钢板桩拔除施工要点。(1)钢板桩拔除采用振动锤 作业前对每根钢板桩的打入情况 作详细调查 以此判断拔桩作业的难易程度 (2)在拔桩时 采用振动锤进行拔除 拔一根清理一根。并及时运走 以保证场地的清洁。

6. 钢板桩拔桩注意事项。(1)为防止将临近钢板桩同时拔出 宜将钢板桩和加固的槽钢逐根割断 (2)拔出的钢板桩应及时清除土砂 涂以油脂。变形较大的钢板桩需调直 完整的钢板桩要及时运出工地 堆置在平整的场地上 (3)将钢板桩用振动锤再复打一次 可克服土的黏附力 (4)按与打板桩顺序相反的次序。

7. 钢板桩质量要求。(1)桩的垂直度控制在1%以内 (2)桩底高程误差控制在10cm左右 (3)沉桩要连续 不允许出现不连锁现象 (4)桩的平面位移控制在15cm以内。

(三) 钢板桩受力检算

针对现场实际情况进行分析 由于昌樟高速公路是进出省城南昌市的重要交通主干道 运营车流量大 通行重载车辆多、速度快 动荷载大 对临近昌樟高速公路路基一侧的钢板桩防护最为不利。下面主要对临近昌樟高速公路左幅路基的钢板桩防护受力情况进行检算和分析 确保施工安全和昌樟高速公路运营安全。

1. 水文地质情况及受力检算参数。因昌樟高速公路以填方路堤通过施工地段 参阅设计施工图纸提供的水文地质资料 地下水处于钢板桩防护底面标高以下 故在钢板桩受力检算时可以不考虑地下水的影响。钢板桩顶标高45.533m 底面标高36.533m 原地面标高45.533m 开挖地面标高42.223m 开挖深度H 3.310m。坑内、外土的天然容重加全平均值 γ_1 、 γ_2 均为 20kN/m^3 内摩擦角加全平均值 ϕ 20.1° 高速公路路基顶面车辆荷载按设计桥涵及构造物荷载汽车-超20, 挂车-120考虑地面超载 q 20.0kN/m^2 , 距离钢板桩顶面1.5m。基坑开挖宽 $b=13.0\text{m}$ 。

2. 钢板桩防护受力情况及检算。插打钢板桩完毕后 在昌樟高速公路原地面以下0.5m处安装一道围檩 然后开挖基坑至标高42.223m 此时钢板桩桩尖打到开挖基坑底面以下5.69m。对钢板桩进行内力分析的方法很多 设计时应根据支护的构造形式选择合适的分析方法 本文仅对等值梁法进行介

绍,计算步骤如下:

(1)计算作用于钢板桩上的土压力强度并绘出压力分布图
 主动土压力系数 $K_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2) = \tan^2(45^\circ - 20.1/2) = 0.49$
 被动土压力系数 $K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2) = \tan^2(45^\circ + 20.1/2) = 2.05$
 $e_{Ah} = \gamma h K_a = 20 \times 3.31 \times 0.49 = 32.4 \text{ kN/m}^2$;
 $e_{Aq} = q K_a = 20 \times 0.49 = 9.8 \text{ kN/m}^2$;
 $P_b = e_{Ah} + e_{Aq} = 42.2 \text{ kN/m}^2$;
 $y_q = \tan(45^\circ + 20.1^\circ \div 2) \times 1.5 = 1.05 \text{ m}$ 。

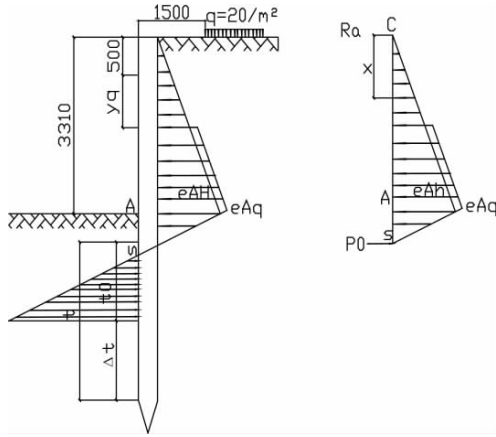


图3 钢板桩土压力分布图

(2)计算y值。

$y = P_b / \gamma (K \cdot K_p - K_a) = 42.2 / [20 \times (1.3 \times 2.05 - 0.49)] = 0.97 \text{ m}$
 (K值通过查表取1.3)。

(3)按简支梁计算等值梁的两支点反力(Ra和P0):

$$\begin{aligned} \sum MC &= 0; \\ P_0 &= [3.31 \times 32.4 \times (2/3 \times 3.31 - 0.5) \div 2 + (3.31 - 1.05) \times \\ & 9.8 \times [(3.31 - 1.05)/2 + 1.05 - 0.5] + 42.2 \times 0.97 \times \\ & (3.31 - 0.5 + 0.97/3)] \div (3.31 - 0.5 + 0.97) = 68.0 \text{ kN/m} \\ \sum Q &= 0; \\ R_a &= 1/2 \times 3.31 \times 32.4 + (3.31 - 1.05) \times 9.8 + 1/2 \times 0.97 \times \\ & 42.2 - 68.0 = 28.2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

(4)计算板桩最小入土深度 t_0

$$\begin{aligned} x &= \sqrt{(3.31 \times 68) / [20 \times (1.3 \times 2.05 - 0.49)]} = 2.28 \text{ m} \\ t_0 &= y + x = 0.97 + 2.28 = 3.25 \text{ m} \\ t &= 1.2 t_0 = 1.2 \times 3.25 = 3.90 \text{ m} \\ \text{钢板桩总长 } L &= h + t = 3.31 + 3.90 = 7.21 \text{ m, 取 } 9 \text{ m}。 \end{aligned}$$

(5)钢板桩截面尺寸检算。先求钢板桩所受最大弯矩 M_{max} 。
 最大弯矩处即为剪力等于零处,设剪力等于零处距钢板桩顶部
 距离为 χ ,则有 $R_a - 1/2 \chi \cdot 2\gamma K_a - (\chi - y_a)q K_a = 0$

$$28.2 - 1/2 \times 20 \times 0.49 \chi^2 - (\chi - 1.05) \times 20 \times 0.49 = 0$$

整理并解得: $\chi = 1.98 \text{ m}$;

$$\begin{aligned} M_{max} &= R_a(\chi - 0.5) - [1/2 \gamma \chi^2 K_a(\chi/3) + (\chi - y_q)2/2 \times \\ & q K_a] = 28.2(1.98 - 0.5) - [1/2 \times 20 \times 1.98^2 \times 0.49 \times (1.98/3) \\ & + (1.98 - 1.05)2/2 \times 20 \times 0.49] = 24.82 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

采用 号拉森钢板桩, $W = 2037 \text{ cm}^3$ $[f] = 200 \text{ MPa}$, 折减系数
 取 $\beta = 0.7$ 。

$$\begin{aligned} \sigma_{max} &= M_{max} / \beta W = 24.82 \times 10^3 / (0.7 \times 2037 \times 10^{-6}) = 17.4 \text{ MPa} \\ \text{所以, } \sigma_{max} &< [f] = 200 \text{ MPa, 钢板桩强度满足要求。} \end{aligned}$$

(6)围檩受力分析及检算。本工程为单层支撑,围檩所受荷载

$q_k = R_a = 28.2 \text{ kN/m}$ 选用空心方钢(400×400×14) $W = 2521 \times 10^3 \text{ mm}^3$ 。
 按简支梁计算,最大弯矩 $M_{max} = q_l^2 / 8 = 28.2 \times 10^2 / 8 = 352.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

$$\sigma_{max} = M_{max} / \beta W = 352.5 \times 10^3 / (2521 \times 10^{-6}) = 139.8 \text{ MPa} < [f] = 200 \text{ MPa}$$
 围檩强度满足要求。

(7)支撑设计及检算。撑杆按偏心受压构件计算其内力即可,作用力为:
 $R = 1/2 \times q_k(l_1 + l_2) = 0.5 \times 28.2(10 + 10) = 28.2 \text{ kN}$ 。

选用空心方钢(250×250×8) $W = 578 \times 10^3 \text{ mm}^3$ $A = 7520 \text{ mm}^2$,根据长细比
 $\lambda = l_0 / i = 54$,查《钢结构设计规范》附表得稳定系数 $\phi = 0.904$ 。

自重弯矩 $M_{max} = q_l l^2 / 8 = \gamma_{钢} A l^2 / 8 = 8.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$\sigma_{max} = N / \phi A + M_{max} / \beta W = 28.2 \times 10^3 / (0.904 \times 7520) + 8.2 \times 10^6 / (578 \times 10^3) = 55.7 \text{ MPa} < [f] = 200 \text{ MPa}$$
 支撑结构强度满足要求。

五、钢板桩防护施工应用效果

昌樟高速公路分离式立交桥钢板桩防护施工从2008年1月上旬开始打设钢板桩,至2008年4月底右幅桥面施工完毕拔出钢板桩,历时4个月,整个施工期间在确保昌樟高速公路左半幅不中断交通、不采取交通管制和车辆分流疏导措施的情况下未出现任何危及高速公路行车安全和施工安全的问题,实践证明高速公路局部路基段改为桥梁施工时采用钢板桩防护施工方案是切实可行、安全可靠的,同时也最大限度地保证了昌樟高速公路各相关单位的运营收益和大大减少了施工单位的非工程实体成本的隐形开销。

六、经验总结

开挖基坑时,地面通常存在超载和高速公路通行车辆的动荷载,计算时应注意计入这部分的影响。

拉森钢板桩是一种可重复利用的施工设备,因其具有高强度、止水效果好、施工效率高、更安全、占地空间小等优点,在桥梁基础施工中占有很大优势,应用极其广泛,而在高速公路局部路基段改为桥梁施工中采用钢板桩防护施工未见有相关的技术资料 and 工程实践,本文针对昌樟高速公路分离式立交桥桥址地形复杂、施工难度大、安全风险大的特点,结合现场施工实际,介绍了拉森钢板桩在高速公路局部路基改为桥梁施工时采用钢板桩防护施工技术措施及受力计算,以确保在不中断高速公路交通、不采取交通管制和车辆分流疏导措施的情况下桥梁工程施工的安全性、便捷性和高效性,同时也保证了昌樟高速公路在施工期间的运营交通安全,为日后同类工程的施工积累了宝贵的施工经验。但缺点是钢板桩材料一次性投入费用高,占用流动资金多。

参考文献

- [1]公路桥涵施工技术规范(JTJ040-2004)[S].
- [2]建筑基坑支护技术规程(JGJ 120-99)[S].
- [3]刘建航,侯学渊.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [4]赵志绪,应惠清.简明深基坑工程设计施工手册[M].中国建筑工业出版社,2000.
- [5]陈国兴.基础工程学[M].中国水利水电出版社,2002.
- [6]钢结构设计规范(GB50017-2003)[S].