

市政道路路基处理及边坡防护典型工程实例

刘生涛

(西安市政设计研究院有限公司, 陕西 西安 710068)

摘要:以路基处理和边坡防护工程实例为例,介绍了路基处理中粉喷桩、SDDC桩、高分子注浆、泡沫轻质土,以及边坡防护中排桩挡墙的适用条件、应用场景,帮助道路工程师依据不同的工程边界条件,选择适用、经济、合理可行的工程措施方案来解决工程实际问题。

关键词:粉喷桩;SDDC桩;非开挖处治;高分子注浆;泡沫轻质土;排桩挡墙

中图分类号: U415

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)08-0201-03

0 引言

路基设计是市政道路的重要内容及难点,对于处理不良路基,如何选择经济、合理、有效的处理方案是对道路工程师的一个考验。同样,随着边界条件的改变,边坡防护采用的支挡形式也是多种多样,根据既有的边界条件,选择合理、有效的,以及能够实施的支挡结构也需要道路工程师有扎实的设计功底和丰富的设计经验。笔者列举了实际设计项目中5个工程实例,让道路工程师对于不良路基处理方案和边坡防护中支挡形式的选择有更为深刻的理解和认知。

1 路基处理工程实例

1.1 粉喷桩

依据《西安曲江新区岳家寨一路西段市政工程岩土工程勘察报告》,道路桩号K0+477~K0+551段有淤泥层分布,据本次勘察结果,拟建场地①₃层淤泥揭露厚度0.30~6.90 m,层底深度1.90~8.20 m,呈软流塑状,具高压缩性,属软弱地基,应采取有效的地基处理措施防止地基产生不均匀沉降,确保地基和基槽边坡的稳定性。设计人员起初提出了采用抛石挤淤的路基处理方案,处理方法如下:先将涝池中水抽干,清除淤泥(清理深度根据现场情况来定),采取抛石挤淤稳压处理,稳定后采用50 cm厚天然砂砾回填并压实;然后回填40 cm石灰土(含灰量8%),待石灰土回填后方可施工雨污水管道基础;之后采用素土分层压实回填至路床标高,各项指标达

到要求后方可进行路面结构施工。在涝池周边开挖不小于宽2 m、高1 m的台阶,台阶设2%向内倾斜的坡度进行搭接。但是在施工的过程中,施工单位反映由于淤泥承载力低,挖掘机难以施工,清淤施工难度大。经充分分析论证,决定采用粉喷桩方案。

采用粉喷搅拌桩对淤泥层进行处理。将淤泥分布区划分为A区、B区、C区3个区域(见图1)。A区(1 296 m²)和B区(1 267 m²)桩径采用500 mm,桩长7.5 m,桩间距1.2 m。C区(566 m²)桩径500 mm,桩长10.5 m,桩间距1.2 m。水泥掺量55~65 kg/m,粉喷桩采用正三角形布置。各区域大规模施工前均应进行工艺性试桩,每个区域不少于3根,根据试桩最终确定掺水泥量。桩身28 d无侧限抗压强度不小于1.2 MPa,复合地基承载力特征值不小于140 kPa。

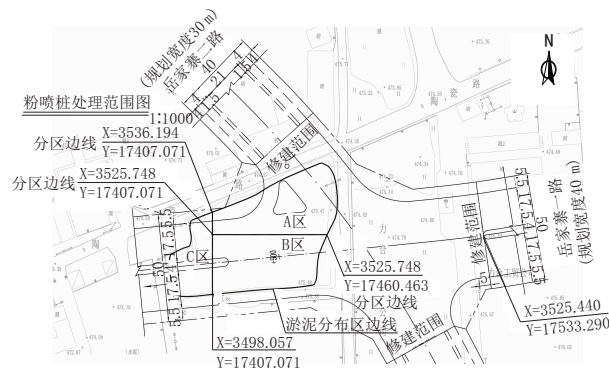


图1 粉喷桩平面布置图

场地先开挖至淤泥层,平均深度2 m,然后进行粉喷桩施工。位于雨污水管道位置的粉喷桩应结合管道埋深适当降低桩长,桩间土进行抛石挤淤处理。粉喷桩施工完成后,先铺筑30 cm厚天然砂砾,然后用素土分层压实回填至路床顶面。

1.2 SDDC桩

依据地质勘察资料,和谐路桩号K0+346~

收稿日期: 2022-04-10

作者简介: 刘生涛(1973—),男,本科,高级工程师,从事市政道路设计工作。

K0+410 路幅范围内发现路床顶以下为杂填土,杂填土深度 5.5 ~ 9.1 m,土中夹杂有建筑垃圾、生活垃圾等。最初的方案为换填方案,但因存在以下缺点而被否决。一是开挖深度大,边坡要多级放坡,存在安全隐患,并且开挖方量大,造价高。二是受到治污减霾政策的影响,杂填土外运时间周期较长,施工工期不允许。第二个方案是强夯,但因道路南侧相邻有建筑物,因担心强夯震动对建筑物造成损害而放弃。经分析研究,决定采用 SDDC 挤密桩处理方案。SDDC 桩为孔内深层强夯法,是一种深层地基处理方法。该方法先成孔至预定深度,然后自下而上分层填料强夯或边填料边强夯,形成高承载力的密实桩体和强力挤密的桩间土。SDDC 桩可以用建筑垃圾、杂土、素土、石料、灰土、无毒工业废料及它们的混合物等作为桩体填料。该方案的特点是可以利用现场的杂填土作为桩体填料,大大减少了杂填土土方外运,对杂填土进行了就地利用,有利于环保。与杂填土换填方案相比,优势明显。一是缩短了施工工期,二是减少了工程造价。具体施工方案如下:桩长为穿透杂填土层不小于 0.5 m,成孔直径 1.2 m,成桩直径 1.8 m;等边三角形布桩,桩间距 3.2 m,按照路床标高施工 SDDC 桩;完成后挖除 0.8m 虚桩头,用重型压路机碾压压实后,路床 80 cm 用 6%石灰土(重量比)换填。对于电力管沟、雨水沟、污水沟槽底同样采用 SDDC 桩处理,桩的要求同上。SDDC 桩施工现场见图 2。



图 2 SDDC 桩施工现场

1.3 非开挖处治道路病害

咸阳市咸兴大道(宝泉路—咸阳界碑),道路红线宽 60 m,主干路,双向八车道,道路长度 2.389 km,现状路面为沥青混凝土路面。随着经济的发展,交通量逐年增加,机动车道存在不同程度的病害,需对其进行提升改造。

依据检测报告和现场沥青路面调查结果,目前道路病害情况比较严重,存在大量的横向裂缝和纵向裂缝,部分路面有严重的网状裂缝,部分路面有唧浆现象,部分路面有车辙,局部出现坑槽、路面沉陷等病害,机动车道下无其他管线。

由于本工程为限额设计,不具备大规模翻建的条件,针对上述情况,对现状沥青路面病害采用非开挖处治方案(高分子材料注浆),在不破坏原路面结构的前提下,采用以打微孔为主的微创工艺处治道路深层病害的方法。本次设计采用打微孔,用高分子材料注浆的方式处治道路深层病害,具体如下:

1.3.1 一般规定

(1)道路深层病害非开挖处治材料应根据道路损坏类型选择。

(2)道路深层病害非开挖处治材料宜选用高分子材料。

(3)道路深层病害非开挖处治用高分子材料应具有下列性能:

a.呈液态,满足高分子材料注浆要求。

b.注入道路后能迅速硬化。

c.膨胀比、固化时间、固化后的强度可调。

d.固化 15 min 后的强度不小于设计强度的 90%,固化 2 h 后的强度与沥青面层或基层的强度接近。

e.与路面面层和基层黏结良好。

(4)道路深层病害非开挖处治用高分子材料的适用范围应符合表 1 的规定。

表 1 道路深层病害非开挖处治用高分子材料适用范围

材料	适用范围
聚氨酯	路面重度裂缝、松散、唧浆、脱空、沉陷
改性环氧树脂	路面裂缝
高强聚合物	基层的松散、唧浆、脱空、沉陷

(5)道路深层病害非开挖处治材料应满足国家环保要求。

1.3.2 微孔设计

(1)微孔的直径采用 15 mm。

(2)微孔的深度应由病害的层位确定,微孔的最下部应达到病害的底部。

(3)微孔呈等边三角形布置,两个微孔间的距离采用 0.5 m。

1.3.3 高分子材料选用

本次设计对病害严重路段采用高强聚合物进行注浆,处理深度按照 1 m 进行,对路基强度进行补强,其余路段采用聚氨酯进行注浆,处理深度按照 0.5 m

进行。

施工前应对病害逐处进行无损检测,确定每处病害的位置、深度、面积、体积等,并应查明每处病害产生的原因。

正式注浆前需进行试注浆,以确定合理的材料、注浆压强、孔间距等施工参数。

1.4 轻质材料路堤应用

轻质材料可用作需减少路堤重度或土压力的路堤填料,其应用范围包括软土地基上路堤、桥涵与挡土墙构造物台(墙)背路堤、拓宽路堤、修复湿陷或失稳路堤等,但不宜用于洪水淹没地段。

以西安市纬零街项目现状雨水箱涵上方挡墙回填处理工程实例为例:道路桩号 K0+440~K0+506.423 段,道路挡墙填方路基位于现状雨水箱涵上方,根据雨水箱涵承重计算要求,雨水箱涵上方覆土最大不超过 4.5 m,覆土容重取 20 kN/m^3 。挡墙段路面距离箱涵顶面 4.27~6.75 m,不满足荷载要求,因此采用轻质材料进行回填处理。

自雨水箱涵顶面标高起至路床顶面以下 30 cm 范围内采用泡沫轻质土回填。路床顶面以下 30 cm 范围内采用 8% 石灰土回填,填筑宽度为主路全幅路面。

对于路床顶面 0.8 m 以下泡沫轻质土干密度等级采用 A06,抗压强度 CF0.8。路床顶面以下 0.3~0.8 m 范围,泡沫轻质土干密度等级采用 A07,抗压强度 CF1.0。

泡沫轻质土应分层浇筑,单层浇筑厚度 0.3~0.8 m,纵向间距 15 m,横向路中设置沉降缝。沉降缝采用上下直立相通的预留沉降缝,缝隙宽 20 mm,采用聚苯乙烯板或沥青麻絮填塞。

泡沫轻质土底部上方 50 cm、顶部下方 50 cm 范围各设置一层钢丝网。钢丝网设置应符合以下规定:

(1)焊接钢丝网的钢丝直径为 $\phi 4 \text{ mm}$,边长 $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 。

(2)钢丝网搭接时,相邻两块钢丝网之间的重叠宽度应为 20~30 cm,并采用镀锌钢丝绑扎连接。

桩号 K0+440 处与现状路基相接处纵向应采用台阶搭接,台阶宽度不宜小于 2 m,台阶处设置两层土工格栅,分别位于路床顶面及以下 30 cm,宽度 4 m。

泡沫轻质土是市政建设领域的一种新型轻型建筑材料,具有轻质性、重度和强度可调节性、自流动性、直立性、易开挖及施工便捷性等特性。本工程实例用于对地下结构顶部减轻荷载的应用。

2 边坡防护工程实例

设计道路为曲江新区大华世家西侧规划路,设计道路自航天大道起以 6.605% 的纵坡向北下坡,路东侧挖方高度 0~9 m,紧邻挖方坡顶上是正在运营的加油站。设计人员最初打算采用扶壁式和悬臂式钢筋混凝土挡墙。采用这种方案,在施工时必须将挡墙后一定范围内土体挖除,待钢筋混凝土挡墙强度形成后,对墙后土体进行回填。但是坡顶加油站内部道路边缘距坡顶仅有 5 m,不具备挡墙后土体开挖的条件,故此方案无法实施。同理,重力式挡墙方案也因同样的原因而放弃。经反复论证分析,最终决定采用排桩挡墙方案。此方案的特点是从坡顶直接打桩,用灌注桩抵挡土的主动土压力。排桩挡墙最明显的优势是不用挖除支挡结构物后的土体,在施工过程中节省了坡顶上的空间,有力地保障了坡顶加油站正常安全运营。

本次排桩挡墙位于道路东侧,起点桩号为 K0+050,终点桩号为 K0+144.950,桩径为 0.8~1.5 m,桩长为 4.3~17.9 m,桩间净距为 0.2 m,悬臂式排桩桩顶设置冠梁,1.5 m 桩径桩基冠梁尺寸为 $1.7 \text{ m} \times 0.9 \text{ m}$,1.0 m 桩径桩基冠梁尺寸为 $1.2 \text{ m} \times 0.6 \text{ m}$,0.8 m 桩径桩基冠梁尺寸为 $1.0 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$,冠梁顶部设置防撞护栏。设计荷载:挡墙后土体主动土压力,挡墙顶道路车辆荷载为城-B 级。

排桩挡墙墙前土体开挖完成后,需将桩体表面土体和浮浆处理干净,从两桩体之间间隔 50 mm 打入铆钉,并挂 $\Phi 10@100 \times 100$ 铁丝网。随后高压喷射 C25 混凝土面层,最小喷射厚度为 100 mm。混凝土喷射完成后,应定时对混凝土进行洒水养护,直至混凝土强度满足要求。喷射混凝土强度满足要求后采用防水砂浆进行抹面,厚度不小于 10 mm,之后涂刷真石漆装饰面。挡墙灌注桩之间预留 $\Phi 50 \text{ PVC}$ 排水管,排水管自挡墙底人行道面层以上 0.3 m 位置起竖向间距 2 m、水平向 2~3 m 梅花形布置。

排桩施工应严格按照施工规范分步骤进行,根据实际地质情况选取合理工艺以免发生塌孔、断桩等工程事故。

图 3 为排桩挡墙建成后图片。

3 结语

本文介绍了在市政道路工程设计路基处理中粉喷桩、SDDC 桩、高分子注浆、泡沫轻质土,以及边坡

(下转第 208 页)

表4 K12+400-K12+700段山体位移监测统计表(RTK测量)

单位:mm

序号	编号	日期															
		9/20	9/24	10/1	10/8	10/15	10/22	10/29	11/5	11/12	11/19	11/26	12/3	12/10	12/17	12/21	12/31
1	1# 基点	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2# 基点	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
3	3# 基点	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	4# 基点	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	5# 基点	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	6# 基点	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
7	7# 基点	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
8	8# 基点	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
9	9# 基点	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
10	1# 观测点	0.00	9.80	15.00	14.80	12.10	12.10	14.20	14.10	12.10	21.00	19.70	11.90	19.20	18.10	20.20	22.10
11	2# 观测点	0.00	23.80	30.60	18.80	23.00	23.00	27.20	29.20	28.30	17.80	39.10	31.10	17.50	36.90	35.60	43.90
12	3# 观测点	0.00	10.80	11.40	12.30	12.00	12.00	14.40	13.60	12.50	19.10	19.10	17.70	20.50	19.10	19.80	21.90
13	4# 观测点	0.00	12.70	24.80	24.80	21.80	24.00	24.80	26.20	21.90	29.00	28.30	26.40	27.80	27.80	27.20	30.20
14	5# 观测点	0.00	9.80	7.30	18.90	14.30	14.30	3.20	3.60	2.20	7.80	9.20	2.20	28.30	41.10	41.80	43.10
15	6# 观测点	0.00	8.80	6.30	7.80	9.20	9.20	10.60	11.40	8.10	15.80	11.40	14.30	13.40	14.30	14.30	17.50
16	7# 观测点	0.00	7.20	7.80	12.70	11.40	11.40	15.80	15.70	16.20	19.70	18.80	19.70	21.90	21.90	21.00	24.20
17	8# 观测点	0.00	9.80	8.10	7.20	11.40	11.40	14.20	16.40	17.20	22.00	20.50	20.00	21.40	20.80	20.80	23.30
18	9# 观测点	0.00	10.60	10.60	14.20	15.80	15.80	16.60	14.40	12.20	19.70	20.60	14.90	19.40	17.80	19.80	21.90
19	10# 观测点	0.00	9.40	6.30	9.80	15.60	15.60	7.10	10.30	14.20	22.00	17.20	24.20	50.90	53.80	53.80	33.60
20	11# 观测点	0.00	13.00	10.60	13.50	17.50	15.10	15.10	17.70	14.30	21.60	22.70	17.80	21.40	20.60	19.80	25.60
21	12# 观测点	0.00	9.50	7.60	6.30	11.20	11.20	12.20	18.20	37.80	42.20	44.20	42.20	13.20	41.90	41.90	43.60
22	13# 观测点	0.00	4.50	5.80	5.40	10.30	10.30	2.20	1.40	1.00	6.70	7.10	1.40	14.20	0.00	37.20	46.10

行阶段的运行安全。

参考文献:

[1] 黄润秋.20 世纪以来中国的大型滑坡及其发生机制[J].岩石力学与工程学报,2007(3):433-454.
[2] JTG/T D65—2015,公路钢管混凝土拱桥设计规范[S].
[3] 孙永明,荣学亮,何晓东.混凝土连续梁桥悬浇施工控制方法研究.
[4] 杨家岭,朱维申,罗晓东,等.藕塘古滑体在三峡水库形成后的稳定性分析[J].岩土力学,1998(2):1-7.

[5] 戴自航.抗滑桩滑坡推力和桩前滑体抗力分布规律的研究[J].岩石力学与工程学报,2002(4):517-521.
[6] 周德培,肖世国,夏雄.边坡工程中抗滑桩合理桩间距的探讨[J].岩土工程学报,2004(1):132-135.
[7] 董文文,朱鸿鹄,孙义杰,等.边坡变形监测技术现状及新进展[J].工程地质学报,2016,24(6):1088-1095.
[8] 李天斌.岩质工程高边坡稳定性及其控制的系统研究[D].成都理工大学,2002.

(上接第 203 页)



图3 排桩挡墙建成效果

防护中排桩挡墙的应用。笔者希望这些工程设计中的典型工程实例能对道路工程师带来一些启发和思考,在市政道路设计过程中能够紧密结合工程实际边界条件,提出多种方案进行详尽充分的比选,综合分析各方案的优缺点,最终选用切实可行的工程方案。合格的道路工程师应该具备选择最优方案的能力,确保工程安全、适用、经济。

参考文献:

[1] CECS 197:2006,孔内深层强夯法技术规程[S].
[2] JGJ 167—2009,湿陷性黄土地区建筑基坑工程安全技术规程[S].
[3] CJJ/T 260—2016,道路深层病害非开挖处治技术规程[S].
[4] CJJ/T 177—2012,气泡混合轻质土填筑工程技术规程[S].