

黄土地区高填方路基病害分析及处理方法

鲍燕妮

[同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 针对甘肃省兰州新区湿陷性黄土工程地质特征进行研究,基于原状黄土丘陵地貌与场平工程交错的复杂地层状况,对高填方路基现场出现病害现象及沉降观测数据进行分析,总结该地区湿陷性黄土对高填方路基工程的危害性,以及具体设计方法和注意事项,为类似工程提供参考,以确保工程质量,减少道路病害。

关键词: 黄土;湿陷性;高填方路基;病害;沉降数据分析;处理方法

中图分类号: U418.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)08-0107-04

0 引言

我国的黄土和黄土状土主要分布在昆仑山、秦岭、泰山、鲁山连线以北的干旱、半干旱地区。原生黄土主要分布在山西、陕西、甘肃东南部和河南西部。黄土是以粉土为主,并含一定比例的细沙、极细砂和黏粒的沉积物。由于黄土粉粒含量较大、钙质含量高、垂直节理发育、大孔隙发育,其具有显著的结构性及强烈的水敏性,导致其在施工及运营过程中极易受水的影响^[1],进而产生不均匀沉降、路基开裂、产生坑槽、塌陷、暗穴、溜肩等工程地质病害。因此,黄土地区的道路路基会出现一些常见病害,包括对路基稳定性、路面使用舒适性、边坡安全性、排水设施、附属工程寿命均产生不利影响。

我国大量学者针对黄土路基展开了大量研究,足可见黄土地质对工程质量和安全影响是巨大的。现结合甘肃兰州新区某高填方路基现场病害现象及沉降观测,分析该地区地貌形态下湿陷性黄土对高填方路基工程的危害性,进一步总结具体设计方法及注意事项,为类似工程提供参考。

1 工程地质及水文情况

现选取两条路作为代表工程,分别为兰州新区经十七路与NCE8#路。经十七路是兰州新区南部片区主干路网“两横两纵”其中的“两纵”之一,为南北向主干路,规划红线宽度为46 m;NCE8#路为东西向城市次干路,红线宽度30 m。

拟建道路地处兰州新区东南部地区,地貌单元属黄土丘陵地貌,丘陵呈垅状分布,顶部为圆形或馒头状,坡形较缓,整体性好,高差67.81 m。该工程边界条件是道路建设区域会先进行场平工程施工,再进行道路施工。其中,经十七路具有一定特殊性,部分路段位于原状土区域,部分路段位于场平与原状土衔接路段,部分路段又位于场平路段,NCE8#路道路路基则均位于场平路段。原状土丘陵地貌及场平后现场状况见图1所示。



图1 现场黄土丘陵地貌与场平后地貌

根据钻探^[2-3],场地地层划分为2个工程地质层,主要由素填土与马兰黄土构成。

素填土(Q4ml):浅黄色,稍湿,稍密~中密,土质不均匀,以人工回填的粉土为主,分布不连续,层厚3.00~20.00 m。层厚变化大,土质不均匀,工程地质条件差。

马兰黄土(Q32eol):黄褐色,稍湿,中密~密实,土质均匀,具大孔隙,垂直节理发育,可见白色钙化物

收稿日期: 2021-01-02

作者简介: 鲍燕妮(1979—),女,硕士,高级工程师,从事交通规划与道路工程设计工作。

质,呈零星状分布,手搓具粉感,不易捏成团,干强度低,韧性差。广泛分布于勘察区表部,该层场区普遍揭露。层厚 2.30~31.20 m。

拟建场地内粉土的湿陷系数 $\delta_s=0.02 \sim 0.16$,自重湿陷系数 $\delta_{zs}=0.02 \sim 0.13$,湿陷量 $\Delta_s=3415.5 \sim 3550.5$ mm。根据《湿陷性黄土地区建筑规范》^[4]规定可知,该场地具有Ⅲ级(严重)自重湿陷。该场地①素填土承载力特征值为 95 kPa,②马兰黄土承载力特征值为 120 kPa。原位测试①素填土的密实度为稍密~中密,马兰黄土的密实度为稍密~中密。图 2 为地质剖面图。

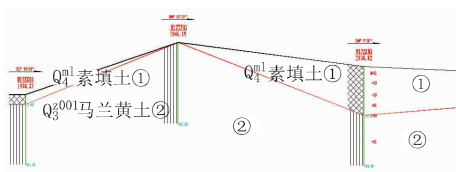


图 2 地质剖面图

拟建道路横跨小型沟谷,在降水集中的季节,暴雨可形成暂时性洪流汇集在低洼的沟谷中,区内潘家沟、下西沟等沟谷常年干涸无水,暴雨季节有少量流水,大都入渗消失或蒸发,少量流入秦王川盆地。在钻探揭露深度范围内未发现地下水,可不考虑地下水对工程的影响。

2 高填方路基填筑方案

2.1 场平回填情况

该区域场平工程是单独委托场平设计院进行设计。其设计要求场地回填采用分层碾压工艺,每层厚度不超过 30 cm,以近地取材、方便施工、基层坚实等原则进行设计,低于设计标高 6 m 以下深度回填压实度大于 85%;设计标高以下 6 m 深度内回填压实度大于 90%。场地边缘填方边坡坡度采用 1:1.5;挖方边坡坡度采用 1:1。

2.2 路基填筑要求

拟建道路工程设计一般路段采用当地合格土质填料进行分层压实填筑。填方路段对地面进行强夯处理,强夯范围为坡脚线外 3 m。强夯后填筑当地合格土质填料至路床顶面以下 80 cm。当选用湿陷性黄土回填时,应提前对其进行洒水闷湿处理,回填每 2 m,采用 25KJ 冲击压实机补压。上部路床 80 cm 采用砂砾填筑,分层填筑碾压后压实度要求不低于 95%。其中,冲击压实遍数为暂定,具体应由实验段最终确定。对目前场平施工完毕原地面进行再次强夯处理,并对原有场平边坡虚土土方翻挖至实面后进行填

筑。地面坡度缓于 1:5 时,可直接填筑路基。陡于 1:5 时,必须在地面开挖台阶,高填路基需进行超宽填筑。图 3 为现场强夯施工之实景。



图 3 现场强夯施工照片之实景

强夯夯击能、夯击次数结合试验段确定,以夯沉量控制夯击次数。首先采用 2~3 遍点夯,再以低能量满夯 1~2 遍,满夯可改用轻锤或低落距夯击,锤印搭接。7~10 d 后,在有效加固深度(不小于 6 m),测定土的压实度,湿陷系数等指标进行检测。根据现场调研,场平土方填筑较松散,场平表面强夯最大夯击能达到 6 000~7 000 kN·m。

2.3 填挖交界

横向填挖交界:当原地面线与路槽底部交于左半幅内(即填方一侧)时,路床进行超挖回填处理后,在左半幅路床(距离路面结构底 80 cm)范围内铺设两层双向土工格栅;反之则在全断面路床范围内铺设两层双向土工格栅。

纵向填挖交界:超挖长度为 10 m(短边),在路床范围内铺设两层双向土工格栅并铺设粒料类路床。

2.4 路基边坡及防护

每级边坡高度为 8 m,第一级填方边坡坡率取 1:1.5,设 2 m 宽平台;第二级填方边坡坡率取 1:1.75,设 2 m 宽平台;从第三级填方边坡开始,每级坡率均为 1:2,并在每 8 m 处设 2 m 宽平台。道路两侧的地块为城市建设用地,后期会陆续开发建设,故道路边坡不作永久性防护。

2.5 边坡稳定计算

根据设计道路横断面图,道路最大填挖方达到 30 m 以上,选取高度最大的路堑边坡、路堤边坡横断面进行边坡稳定性计算。采用理正软件复杂土层土坡稳定计算方法,其计算结果如表 1 所列,均为稳定路基。

3 高填方路基现场病害分析

在强夯处理场平,路基按照设计要求分层填筑

表 1 边坡稳定性计算结果统计表

边坡类型	桩号	坡高/m	边坡稳定系数	稳定性评价
路堑边坡	K0+360	40.72	1.113	基本稳定
路堤边坡	K1+120	38.37	1.419	稳定

压实后,两条道路的高填方路基段出现一些病害,经十七路高填方路基主要有三处发生了纵向或横向开裂,裂缝宽度约 3~6 cm,由路基上方贯穿至边坡下缘,裂缝向下延伸至沟壑方向,向上延伸至场平内裂缝(见图 4)。NCE8# 路路基也发生了横向贯通性裂缝,裂缝发生在高填方路段,裂缝宽度 3~5 cm,该处裂缝贯通坡脚下至场平上出现的一处开裂陷穴(见图 5)。



图 4 经十七路南延段路基开裂状况之实景



图 5 NCE8# 路路基开裂及场平陷穴之实景

现场发生裂缝后,各方会同当地知名专家进行现场考察并探讨总结病害原因如下:(1)大面积场平填方密实度有限,黄土湿陷性未完全消除,在雨季后出现了多处裂缝及深不见底的陷穴。黄土发生陷穴最直接的诱因就是水的潜蚀,黄土中有着非常丰富的含盐量,碳酸钙在遇到雨水时会迅速对土壤结构造成破坏,从而加剧土壤质地松软^[5]。故在高填方路基荷载作用下产生陷穴及裂缝的场平出现承载力不足,产生不均匀沉降开裂延展至路基。(2)经十七路位于场平边缘位置,其横向裂缝主要出现在原状地形丘陵与山洼沟壑衔接处,在山洼沟壑处填筑高路基后,由于大量雨水聚集在沟壑位置,导致黄土地基在上部荷载作用下会发生一定沉降,加上场平与高

填方路基自身不断自密实,与纵向搭接山体挖方路基之间产生不均匀沉降引起开裂。(3)部分纵向裂缝是出现在原状地形与场平边坡搭接处,主要是由于场平边坡压实度不足,采用常规台阶搭接方式不能确保整体密实度及均匀性,场平与高路基自身沉降不一致引起路基开裂。

总结主要原因是受到场平密实度、填挖方路基密实度衔接及雨水作用影响产生病害现象。为了避免对后期管线及路面工程的不利影响,结合工期要求,确定处理方案是:(1)疏导场平(周边地形)上积水,避免积水在路基底部;(2)采用灌粘土,或混凝土等方式封闭陷穴、裂缝;(3)对高填方路基进行等载预压,同时对路基进行长期沉降观测;(4)待沉降基本稳定后对路基顶部再次进行强夯处理;(5)设置灰土路床封闭雨水下渗,最后再施工上部路面结构。

4 现场路基沉降数据分析

经十七路主要设置三处断面沉降观测,均有其代表性。其中,K0+940 桩号处属于高填方路段代表,路基填土高度 33.88 m,位于原状山包与沟壑纵向填挖交界段;K1+180 桩号为一个横向半填半挖横断面,右侧填方侧路基边坡高度达到 36.6 m;K1+360 桩号处为原状地貌与场平地坪纵向衔接段,路基最大高度约 20.58 m,坐落于场平边坡位置。观测时间近三年,以下列出路基沉降观测部分数据(见表 2~表 5 所列及图 6 所示)。

表 2 路基顶累计沉降观测值(2017 年)一览表 单位:mm

时间 /d	2017.7.18	2017.7.29	2017.8.15	2017.11.20
	1	10	27	62
K0+940	20	24	36	42
K1+180	27	31	39	45
K1+360	38	43	55	62

表 3 路基顶累计沉降观测值(2018 年部分)一览表 单位:mm

时间 /d	2018. 3.28	2018. 4.3	2018. 5.6	2018. 5.11	2018. 5.20	2018. 5.29
	128	163	195	200	220	229
K0+940 路基顶	113	115	128	132	135	139
K1+180 路基顶	99	100	116	117	120	120
K1+360 路基顶	97	98	118	119	138	159

以上观测数据显示,三个点位累计沉降一致在增加,累计沉降达到 210~267 mm,第三年整体趋势逐步减缓,但尚未完全收敛,可见黄土地区高填方路基的沉降时间非常长。此外,位于原状土地貌纵横向

表4 路基顶累计沉降观测值(2018年部分)一览表

单位:mm

时间/d	2018.6.17	2018.6.27	2018.7.11	2018.7.27	2018.8.8	2018.9.4	2018.9.20	2018.10.11	2018.10.27	2018.11.24
	247	257	271	287	298	324	340	361	377	404
K0+940 路基顶	140	141	145	151	152	151	154	159	164	175
K1+180 路基顶	124	130	138	144	148	147	153	158	164	176
K1+360 路基顶	184	192	201	203	211	210	215	221	228	241

表5 路基顶累计沉降观测值(2019年)一览表

单位:mm

时间/d	2019.2.28	2019.3.10	2019.3.25	2019.4.5	2019.4.20	2019.5.3	2019.5.14
	408	420	435	445	455	468	477
K0+940 路基顶	206	209	210	211	215	221	222
K1+180 路基顶	204	204	207	207	208	209	210
K1+360 路基顶	257	260	264	265	267	267	267

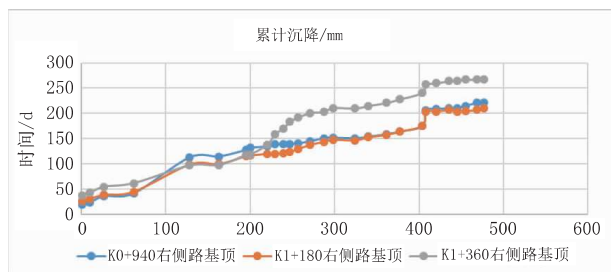


图6 经十七路路基累计沉降观测数据曲线图

搭接段 K0+940, K1+180 桩号位置累计沉降值趋于一致, 反而 K1+360 桩号累计沉降略大, 达到 267 mm, 反应出场平边坡压实度不足引起的累计沉降更大。由此可见场平工程不满足时, 对其上方工程的后期推进带来巨大影响。对沉降数据详细分析可见每年雨季对沉降影响是比较明显的, 雨季及雨季后两个月沉降趋势增大, 其余时间相对平缓, 故曲线不均匀, 带有一定台阶状上升趋势。

按照《公路路基设计规范》^[6]提出的方法估算, 工后沉降量为填土高度的 0.7%~1.5%, 即 K0+940 路基工后沉降为 237 mm~508 mm, K0+940 路基工后沉降为 256 mm~549 mm, K0+940 路基工后沉降为 144 mm~309 mm。与现场观测累计沉降对比, 观测数据基本属于预测低限值, 且观测数据尚未完全收敛, 因此建议拟建工程高填方路基段尚需继续堆载, 并进一步观测。

5 结 语

结合上述分析, 提出以下结论供相关工程参考。

(1) 该工程高填方路基沉降观测数据显示三年时间沉降尚未完全收敛。分析可知黄土地区沉降发展非常缓慢, 常常发生几年, 或十几年时间。因此, 在工

程设计中应避免采用高填方路基。

(2) 路基开裂多发生在原状地形丘陵与山洼沟壑纵横向衔接处。或原状地形与场平搭接处。这是由于沟壑处路堤往往是高填方, 基底又易受到水的侵蚀, 湿陷性黄土在水的作用下出现裂缝、陷穴及沉降变形, 外荷载作用下再次产生沉降破坏。故高路基填筑需重视纵横向搭接处地基处理, 做好冲沟沟底清淤换填工作, 可采用强夯或复合地基进行处理。在路基搭接段, 设置粒料类路基过渡段, 辅以格栅搭接及加强压实工艺^[7], 设置纵横向盲沟及周边排水措施, 并预留路基沉降自密实的时间。

(3) 黄土地区高填方路基需预留合理加宽加高值, 以保证路基沉降后宽度满足要求。

(4) 当场平工程作为道路基础时, 其场平填筑要求应满足道路工程规范要求, 确保场平地基的密实度, 消除黄土填料的湿陷性, 确保场地良好排水措施, 避免雨水汇集地表径流产生暗穴及裂缝。

(5) 一般对于填土不高的路基来说, 以地基沉降为主; 对于高填方路基来说, 路堤自身沉降占总沉降相当大的比例^[8]。因此, 对于黄土地区的高填方路基, 需提高路基自身填筑压实标准, 建议补充分层强夯的处理措施。

参考文献:

- [1] 安惠娟, 黄土高填方路基沉降规律及机理研究[J]. 道路工程, 2018 (6): 63-65.
- [2] 魏余广, 等. 兰州新区南部片区经十七路南延段道路工程岩土工程勘察报告[R]. 兰州: 甘肃有色工程勘察设计院, 2016.
- [3] 魏余广, 等. 兰州新区南部片区 NCE8# 道路工程岩土工程勘察报告[R]. 兰州: 甘肃有色工程勘察设计院, 2016.

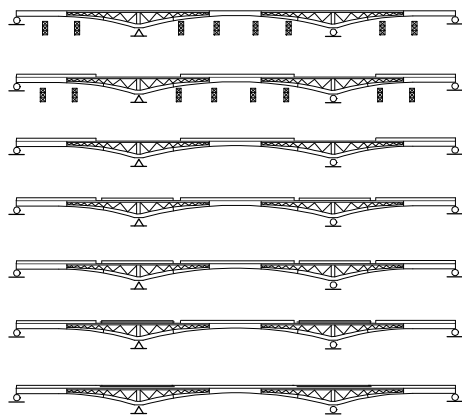


图9 双重组合作用连续组合桁梁桥的施工工序

5 结 语

本文依托某实际工程,对大跨径连续钢桁组合梁桥应用了双重组合技术,释放负弯矩区钢梁对混凝土的纵向约束,配合合理的施工工序完成桥梁不同阶段的体系转换,改善了负弯矩区混凝土桥面板

的开裂问题,为负弯矩区下弦杆内力突增和稳定问题提供了经济可行的措施,实现了大跨径连续钢桁组合梁桥负弯矩区受力性能的最佳优化效果,也为类似工程提供了经验。

参考文献:

- [1] 刘玉擎.组合结构桥梁[M].北京:人民交通出版社,2005.
- [2] 李逸航.钢-混凝土组合桁梁桥设计参数研究与优化设计[D].山东济南:山东建筑大学,2020.
- [3] 宋鑫.变截面钢-混凝土组合连续桁梁桥设计与施工[J].城市道桥与防洪,2018(2):88-91.
- [4] 满建琳.钢-混凝土组合曲线连续箱梁桥静力性能与应用研究[D].重庆:重庆交通大学,2013.
- [5] 贺俊.钢-混凝土组合梁连接件刚度理论及负弯矩区性能改进研究[D].重庆:重庆交通大学,2016.
- [6] 韩振勇,王楠.天津海河吉兆桥总体设计要点[C]//中国公路学会桥梁和结构工程分会2013年全国桥梁学术会议论文集,2013.
- [7] 张振学,聂建国,陶慕轩,等.钢-混凝土连续组合桁梁桥受力性能优化[J].桥梁建设,2012,42(6):57-42.

(上接第110页)

- [4] GB 50025—2018,湿陷性黄土地区建筑规范[S].
- [5] 金志强.黄土路基常见病害及暗穴加固技术分析[J].科技视界,2020(3):180-182.
- [6] JTG D30—2015,公路路基设计规范[S].
- [7] 季楠.湿陷性黄土地区冲沟高填方路基施工技术[J].工程技术与应用,2020(8):72-73.
- [8] 马渊,庆磊.黄土高填方路基工后沉降对比分析[J].城市道桥与防洪,2016(3):147-149.