

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyh.2024.02.044

高地下水位条件下低路堤路基性能状态演化研究

崔晨^{1,2,3}

(1.上海城投城市发展研究院有限公司,上海市200031;上海市市政规划设计研究院有限公司,上海市200031;
3.上海城市路域生态工程技术研究中心,上海市200031)

摘要:通过水准仪观测以及传感器监测等方法对高水位条件下低路堤路基的湿度、土压力及沉降进行监测。结果表明,土体湿度、土压力及沉降受周围环境、气候条件及周边土体影响,平衡时湿度接近30%约为30%,5个月后土压力趋于稳定,土压力值约为22.7 kPa,8个月后路基沉降趋于稳定,沉降值约为8.34 mm。低路堤路基技术及应用时应做好隔水措施。

关键词:道路工程;高水位;低路堤路基;性能状态演化

中图分类号:U416.1

文献标志码:A

文章编号:1009-7716(2024)02-0197-03

0 引言

我国公路路堤填土高度往往比较高^[1],然而高路堤工程量巨大,不仅增加道路用地面积,还需要从别处获取大量的土石料,既消耗大量资源,又破坏了道路用地和取土地周边原有自然景观。由于高路堤巨大的工程量,其施工周期、人料机消耗量、施工难度、拆迁费用等均明显增加,经济性有待提高^[2-3]。而低路堤技术在国外已得到广泛应用,国内低路堤技术也已被重视,并在重大工程中逐步应用。根据实践经验,采用低路堤方案存在如下优点^[4-5]:(1)低路堤设计节约土地和投资,维持公路修建后与原风貌和谐,适应原有自然地形、人文环境,达到“经济、环保、舒适、和谐”的目的。(2)低路堤设计有利于公路行车安全,低路堤可在有限的公路用地范围内放缓边坡,形成缓冲带;同时可取消部分护栏,减少汽车与护栏碰撞等安全隐患。(3)减少路基承受的恒载,可降低对路基的设计要求,减少软弱地基土的处理量和处理的技术要求,提升其经济性。

但采用这种新的设计方案也容易带来一些问题^[6-7]:(1)地下水位相对较高^[8],易上升至路床附近造成路基土状态的改变,降低路面的承载力。(2)低路堤的路基层厚度较小,交通荷载难以充分扩散^[9-10],增加了路基土压应力,加剧路基沉降变形^[11];交通荷载的振动也会加剧局部变形^[11],导致路基不均匀沉

降。(3)中央分隔带的排水困难,横向排水通道不易设置,且排水问题若不妥善处置,亦会存在较多隐患,降低路基的服役性能。

综上,低路堤技术可有效改善高路堤路面工程量大、环境影响大、经济性差等缺点,但是在使用过程中路基易受地下水位以及路面排水影响,导致路基土的含水率、土压力等参数的变化,路面结构的使用性能过早衰退,影响路面使用寿命^[12-13]。因此,周边环境对低路堤路基道路湿度、土压力及沉降等的影响机制亟待研究。

1 实验方案

路基沉降监测采用水准仪进行测量,测量方法参考《公路路基施工技术规范》(JTGF10-2006),沉降观测点位示意图如图1所示。采用土壤湿度计、渗压计、土压力计对路基状态进行监测,其埋设示意图如图2所示,监测装置及型号见表1。

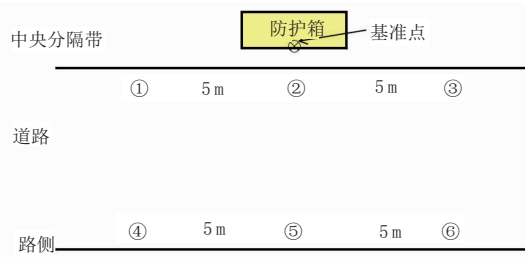


图1 路基沉降观测点位示意图

2 结果与讨论

2.1 湿度

路基结构外露在地表,直接受降水、温度、冻融循环、地下水位波动等自然因素的作用而呈现周期性变

收稿日期:2023-09-22

基金项目:上海城投集团2023年科技创新计划项目(CTKY-CYHYD-2023-005)

作者简介:崔晨(1982—),男,工学硕士,高级工程师,从事道路桥梁工程建设工作。

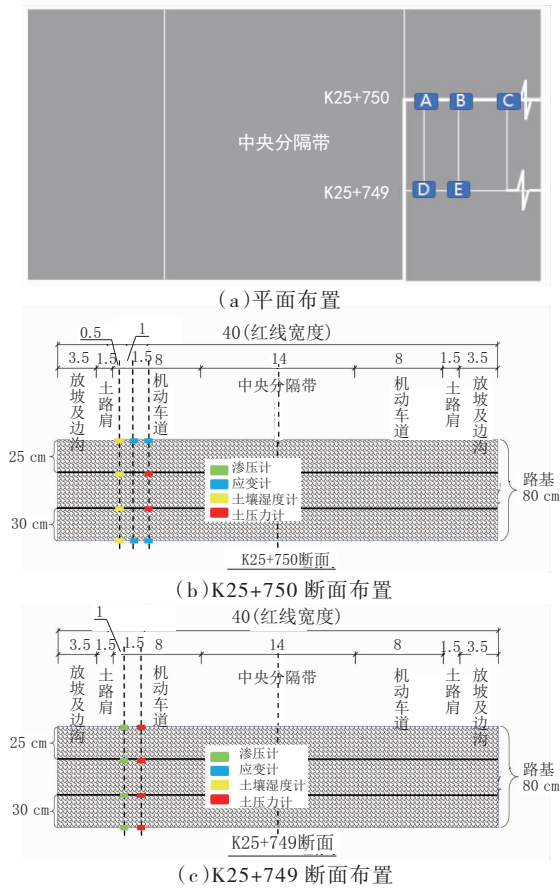


图2 路基状态监测点位示意图(单位:m)

表1 路基状态监测装置

监测指标	设备	型号	量程	精度
湿度	土壤水分传感器	JCJTRH	0~100%	0.5%
孔隙水压力	电阻式渗压计	XHZ-710	0~100 kPa	-
土压力	土压力盒	XHZ-410	0~100 kPa	-

化。由于路基土的力学性质随湿度和温度而变化,使得设计时材料参数的选择复杂化。同时,路基性能的衰减也将加剧路面结构在车辆荷载作用下的损坏。因此,对路基湿度进行不间断的监测并得到其变化规律,对路基性能的评价及其病害防治具有重要意义。

高地下水位条件下低路堤路基不同层位处湿度演化监测结果如图3所示。不同层位路基土体湿度从埋设初的较低状态($\omega \approx 21\%$)呈波动上升,最大值接近30%,随后逐渐稳定。这主要是由于路基土体在初期阶段湿度远低于空气和周围自然土体湿度,环境的水分向路基中迁移,因此路基土体湿度逐渐上升。路基土体稳定后的含水率受周围环境及自然土体的湿度影响存在微量波动,如不同层位处路基湿度在7月达到极小值,8月有较大幅度回升,这是因为该地区7月气温较高,地下水蒸发量大,导致地下水位下降,而8月为雨季,降水较多。同时监测结果表

明,路基土体距离地下水位越近,土体湿度越大。地下0.8 m处的最大湿度28%,而地下0.25 m处最大湿度仅为26.5%。

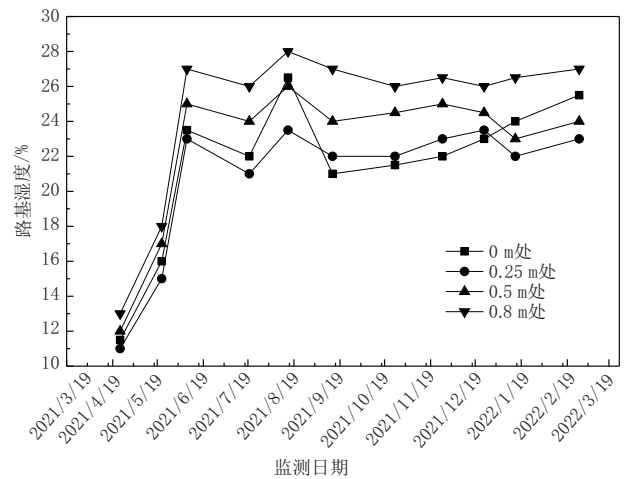


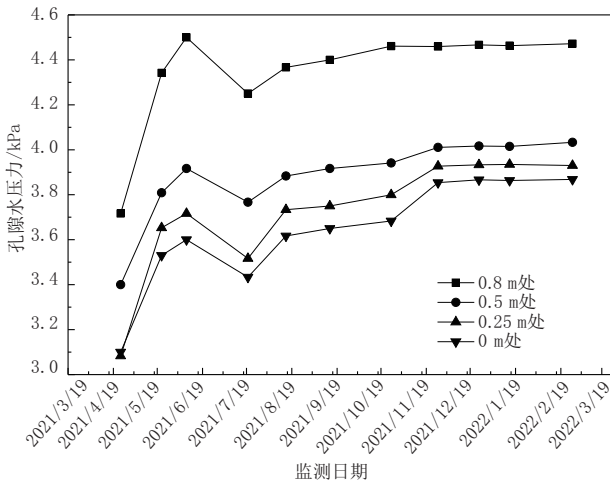
图3 高地下水位条件下低路堤路基不同层位处湿度演化

2.2 土压力

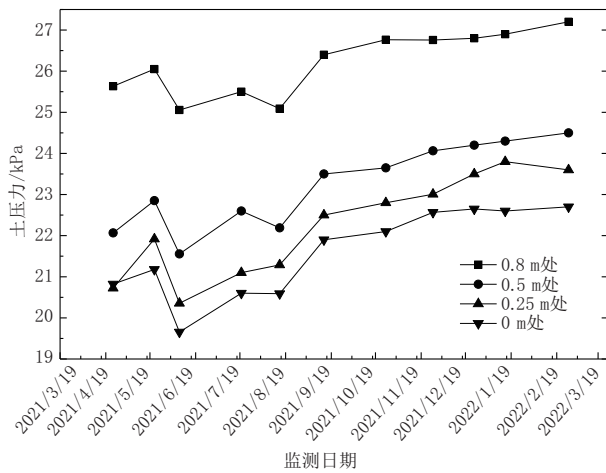
高地下水位条件下低路堤路基不同层位处土压力演化监测结果如图4所示。其中孔隙水压力与路基土体湿度演化趋势基本一致,说明路基土体孔隙水压力受路基土体湿度直接影响,如图4(a)所示。随着路基深度的增加,路基土体的土压力逐渐增加,距离路基顶面0.8 m处土压力为27.2 kPa,而路基顶面处的土压力最大值仅为22.7 kPa。这是由于路基深度的增加,路基土自重不断增加,这与经典土力学结论基本一致。此外,路基土体的土压力在6月及8月下降,结合路基土体湿度以及孔隙水压力的结果可知路基土体的土压力受土壤湿度影响较大,因此压应力有小幅地减小。6个月之后土压力和有效应力均趋于稳定,变化较小,说明路基达到了稳定状态,如图4(b)所示。

2.3 沉降

高地下水位条件下低路堤路基不同点位处沉降演化如图5所示。结果显示,路基各测点沉降均匀,最大沉降值为12 mm,最小沉降值为4 mm。道路横向的最大差异沉降值为0.43 mm/m,近中央分隔带侧的最大差异沉降为1.2 mm/m,近路肩侧的最大差异沉降为1.6 mm/m。沉降曲线前期沉降速率较快,后期沉降速率逐渐下降,8个月之后沉降值趋于稳定,路基土体达到稳定状态,最终的沉降量约为8.34 mm,总体沉降量较低。5月到6月路基土含水率逐渐增加以及初期土体不稳定的缘故,而8月该地区降雨较多,土壤湿度较大,沉降量的变化速率也随之增大。此外,近分隔带侧的路基沉降相较于近路肩侧小(沉



(a)路基孔隙水压力



(b)路基土体土压力

图4 高地下水水位条件下低路堤路基不同层位处土压力演化 (降水分别为7.67 mm和9 mm), 主要原因是隔离带侧防水措施较好, 而路肩侧为边坡, 土体稳定性较隔离带侧差, 土体湿度更易受周边环境影响。

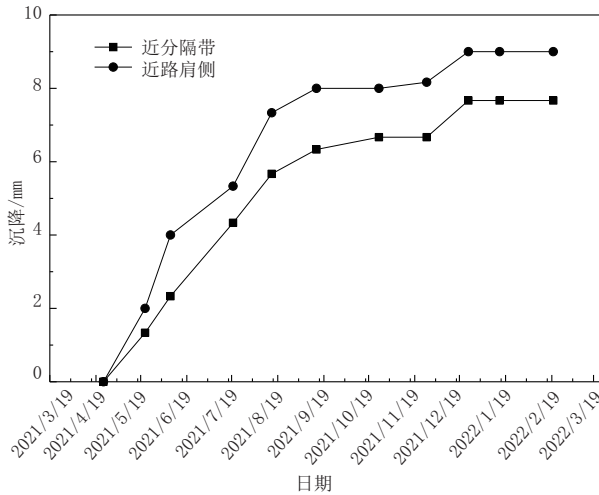


图5 高地下水水位条件下低路堤路基不同点位处沉降演化

3 结论

不同层位路基土体湿度从埋设初的较低状态

($\omega \approx 21\%$)呈波动上升, 最大值接近30%, 随后逐渐稳定。路基土体稳定后的含水率受周围环境及自然土体的湿度影响存在微量波动。如不同层位处路基湿度在7月夏季高温时达到极小值, 8月降雨时土体湿度有较大幅度回升。路基土体距离地下水位越近, 土体湿度越大。地下0.8 m处的最大湿度28%, 而地下0.25 m处最大湿度仅为26.5%。

孔隙水压力与路基土体湿度演化趋势基本一致, 说明路基土体孔隙水压力受路基土体湿度直接影响。随着路基深度的增加, 路基土体的土压力逐渐增加, 距离路基顶面0.8 m处土压力为27.2 kPa, 而路基顶面处的土压力最大值仅为22.7 kPa。路基土体的土压力在6月及8月下降, 说明路基土体的土压力受土体湿度影响较大, 因此压应力有小幅地减小。5个月之后土压力和有效应力均趋于稳定, 变化较小, 说明路基达到了稳定状态。

路基各测点沉降均匀, 最大沉降值为12 mm, 最小沉降值为4 mm, 最大差异沉降为1.6 mm/m。沉降曲线前期沉降速率较快, 后期沉降速率逐渐下降, 主要受土壤湿度及固结程度影响。路肩侧土壤不稳定, 且湿度易受环境影响, 沉降值略大于隔离带侧。

参考文献:

- [1] 何忠明, 邓喜, 付宏渊, 等. 降雨工况下渗透力对粗粒土高路堤边坡稳定性的影响[J]. 公路交通科技, 2017, 34(9):9.
- [2] 陈昌富, 米汪, 赵湘龙. 考虑高路堤土拱效应层状地基中带帽刚性桩复合地基的承载特性[J]. 中国公路学报, 2016, 29(7):9.
- [3] 孙书伟, 王卫, 朱本珍. 高路堤预应力锚索桩板墙承载特性分析[J]. 岩土工程学报, 2015, 37(10):1818-1825.
- [4] 徐立功, 张睿, 时正凯, 等. 交通荷载下低路堤高速公路路基沉降规律分析[J]. 公路交通科技: 应用技术版, 2014(1):4.
- [5] 陈舒阳, 徐林荣. 增加社会效应总成的低路堤经济效益评价[J]. 铁道科学与工程学报, 2015, 12(5):1248-1255.
- [6] 张睿, 徐永福, 于波. 交通荷载下低路堤高速公路路基沉降计算[J]. 地下空间与工程学报, 2016, 12(4):6.
- [7] 苏谦, 白皓, 黄俊杰, 等. 刚性地基低路堤长期动力特性原位试验研究[J]. 土木工程学报, 2011(S1):5.
- [8] 张洪亮, 王秉纲, 张春雷, 等. 平原区低路堤高速公路排水系统研究[J]. 重庆交通大学学报: 自然科学版, 2010, 29(2):5.
- [9] 姜波, 余波. 不同类型交通荷载作用下低路堤路基特性现场试验研究[J]. 现代交通技术, 2010(2):3.
- [10] 钱晨. 崇明岛生态道路建设研究[J]. 城市道桥与防洪, 2018(7):5.
- [11] 关永胜. 分布式光纤传感在铺装裂缝监测中的应用研究[D]. 南京: 东南大学, 2006.
- [12] 陈焕新, 王玉平, 张冠涛. 低路堤——一种路堤设计新理念[J]. 城市建设: 下旬, 2011(4):331-332.
- [13] 商拥辉, 徐林荣, 王敏, 等. 低路堤路基动力特性及长期性能技术措施研究[J]. 公路交通科技, 2018, 35(2):9.