

内蒙古黄旗海湿地软土路基的沉降规律分析

韩相超, 吕远强

(中煤西安设计工程有限责任公司, 陕西 西安 710054)

摘要:近年来,高原湿地地区的高速公路建设越来越多,随之带来的是软土路基的沉降控制对高速公路的质量影响,如差异沉降和残余沉降等。结合实践工程运用,对高原湿地软土路基的沉降进行监测,分析讨论软土路基不同工期的沉降规律、差异沉降,对沉降过程分4阶段进行讨论。然后运用双曲线法、三点法、指数曲线法对软土路基的工后沉降进行预测。结果表明,采用三种方法得到各断面的最终沉降量值接近,残余沉降量满足规范要求,说明预测结果与实际较吻合。可服务于高原湿地软土地区的公路建设工程,也为其他地区的同类建设工程提供参考。

关键词:高原湿地;软土地基;沉降规律;沉降预测

文章编号:1003-8035(2013)01-0075-04

中图分类号:P642.26

文献标识码:A

近年来,随着我国经济的快速发展,西部地区的基础建设工程越来越多,尤其是近几年高速公路的建设在西部地区得到了长足的发展。但是,由于西部地区经济落后、技术力量薄弱等原因,对因特殊气候、地形地貌而造成的湿地软土地基的处理经验相对缺乏。为此,如何保证高原湿地软土路基的工程质量、加快施工进度就成为了西部高原湿地公路建设亟待解决的问题。作者从软土路基的实践处理方法入手,对软土路基因填筑后引起的沉降进行监测,总结分析软土路基的沉降规律,预测软土路基的工后沉降,准确控制软土路基的工程质量,为建设工程提供服务。

研究对象为内蒙古集丰高速公路,位于乌兰察布高原南缘,海拔高度1290~1305m,公路穿越西部地区一处非常典型的湿地—黄旗海湿地,距内蒙古自治区集宁市东南30km,北纬40°50′,东经113°15′,面积大约11390hm²,东西长20km,南北宽6~9km,水深3~5m,最深达10m,pH值8~8.6,属于典型的高原湿地。

1 高原湿地软土路基的沉降监测与分析

强度低、固结慢是软土的特性,如果软土路基填筑施工不当,容易造成软土地基失稳,引发路堤破坏,同时在软土路基填筑完成后地基会产生较大的沉降和残余沉降^[1-2],因此,确保软土地基稳定及减小路基的工后沉降,对软土路基沉降进行分析非常重要。

1.1 软土路基沉降量统计规律

软土路基沉降量的变化与路堤填筑、预压、路

面结构层的施工等阶段荷载的变化有关^[3],本次对几段软土路基典型断面各个施工期的沉降监测结果进行沉降量级的统计(表1)。由表1可知,路基施工期单次测量小于5mm的沉降量出现的频率为40%,单次测量介于5~10mm的沉降量出现的频率为39%,单次测量大于10mm的沉降量出现的频率为21%,说明路基施工期单次测量沉降量主要集中在小于10mm。路基预压期单次测量小于5mm的沉降量出现的频率为58%,单次测量介于5~10mm的沉降量出现的频率为21%,单次测量大于10mm的沉降量出现的频率为21%,说明路基施工期单次测量沉降量主要集中在小于10mm,说明路基预压期单次测量沉降量主要集中在小于10mm。路面施工期单次测量小于5mm的沉降量出现的频率为100%,单次测量介于5~10mm和大于10mm的沉降量出现的频率为0%。由此,可以看出从路基施工期~路基预压期~路基施工期三个阶段小于5mm的沉降量出现的频率从40%~58%~100%,说明软土路基的沉降主要集中在路基施工期和预压期,路面施工期单次测量沉降量主要集中在小于5mm,随着施工阶段的推进,沉降量级在变小,小于5mm的沉降量出现的频率在变大。

收稿日期:2012-07-11;修订日期:2012-09-01

作者简介:韩相超(1962—),男,陕西蓝田人,水文地质与工程地质专业,本科,高级工程师,主要从事地质工程方面的应用、研究。

E-mail:hxc82724142@163.com

表 1 不同施工期监测沉降量级统计表
Table 1 Statistics of different construction of monitoring settlement

断面桩号	观测次数	路基施工期(填筑期)			预压期			路面施工期		
		0~5mm	5~10mm	>10mm	0~5mm	5~10mm	>10mm	0~5mm	5~10mm	>10mm
K59+580	132	60	35	4	9	6	3	15	0	0
K59+630	131	34	38	24	12	3	3	17	0	0
K60+400	41	2	3	11	10	2	2	11	0	0
K61+060	72	8	19	15	6	6	3	15	0	0
K63+200	34	15	1	0	9	1	0	8	0	0
K64+460	87	17	27	10	11	3	10	9	0	0
K65+000	48	8	17	11	2	0	0	10	0	0
合计	545	144	140	75	59	21	21	85	0	0
占阶段百分比	-	40%	39%	21%	58%	21%	21%	100%	0%	0%
占总数百分比	-	26.42%	25.69%	13.76%	10.83%	3.85%	3.85%	15.60%	0.00%	0.00%

1.2 软土路基的横向差异沉降分析

软土路基的横向差异沉降与路堤填筑厚度的差异、路基地层结构相关,差异沉降的大小对后期路面的质量影响较大。本次对几段软土路堤的典型断面的路堤中心沉降和路肩沉降进行分析统计(表 2),从表 2 可知,沿路基横断面沉降量的分布是不均匀的,差异沉降量相对较小,路肩的沉降量要比路堤中心的小,路肩的沉降量是路堤中心沉降量的 74.46%~91.47%。

表 2 路肩沉降量与路堤中心沉降量百分比统计表
Table 2 Percentage statistics of shoulder settlement and embankment center settlement

里程桩号	路堤中心沉降量(mm)	路肩沉降量(mm)			
		左	百分比(%)	右	百分比(%)
K59+580	215.2	196.8	91.47	193.6	89.97
K59+630	290.2	251.7	86.74	258.3	89.02
K60+400	140	123.9	88.51	125.8	89.86
K61+060	188	150.6	80.08	155.6	82.77
K63+200	56.7	42.7	75.31	45.3	79.89
K64+460	209.2	158	75.50	168.7	80.65
K65+000	174.9	130.2	74.46	135.9	77.70

另外,从现场监测数据分析并结合施工实践经验,软土路堤的横向差异沉降主要发生在地基土的塑性变形阶段,即路基的填筑期,在预压期和路面施工期差异沉降变化逐渐减小。同时,还发现采用加筋土垫层的路堤横向差异沉降明显比非加筋土垫层的路堤小得多。

1.3 软土路基沉降过程分析

软土路基的沉降过程与路堤的填筑厚度、荷载及时间有关。本次选择 K59+580 典型断面进行分析,路基填筑厚度 12.0m,采用加筋土垫层碾压回填^[4-5],监测周期从开始至 340 天,测得填土厚度-沉降量与时间关系观测曲线见图 1,由图 1 可知,沉

降过程可以分为以下几个阶段:

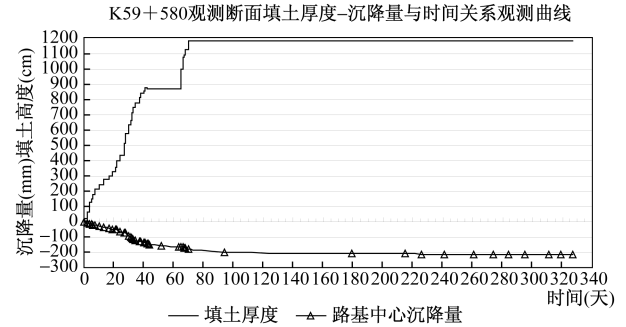


图 1 K59+580 观测断面填土厚度-沉降量与时间关系观测曲线
Fig. 1 Curve of lift thickness-the settlement and the time of K59+580 observation section

①填筑路堤从开始至第 28 天,软土路基地基土层处于弹性变形阶段,路堤填土厚度约 4.5m,这一阶段的路堤中心沉降量为 86mm。填土厚度-沉降量与时间关系曲线呈对应的线性关系。

②填筑路堤从第 28 天到第 72 天,为路堤的集中填筑施工期,路堤填土厚度约 10.0m,地基土主要处于塑性变形阶段,填土厚度-沉降量与时间关系曲线呈现明显拐点,路堤中心沉降量明显增大,沉降量达 174mm,这说明公路地基软土的结构发生破坏。

③填筑路堤从 72 天到 220 天,为路基预压平衡载期,路基的沉降已基本完成,沉降曲线变化不明显,后期趋近于水平,路堤中心沉降量为 210mm。局部地段的差异沉降相对较大,还不满足路面施工要求。

④填筑路堤 220 天到 340 天,为路面施工阶段,路基的沉降已完成,沉降曲线呈水平状态,这一阶段的路堤中心沉降量不到 10mm,说明这一阶段路基的沉降达稳定状态,满足路面施工设计要求。

2 软土路基工后沉降预测

软土路基的工后沉降问题,是引起公路路面结构病害的主要原因,是影响道路正常运营的重要因素,也是评价路堤性状的重要参数指标^[1,6]。因此,对公路软土路基的工后沉降进行预测非常关键,根据《公路软土路堤设计与施工技术规范》(JTJ017—96),采用双曲线法、三点法、指数曲线法^[7-8],选取具有代表性的7个观测断面(不同里程位置)进行路基工后沉降预测,预测结果见图2和图3。

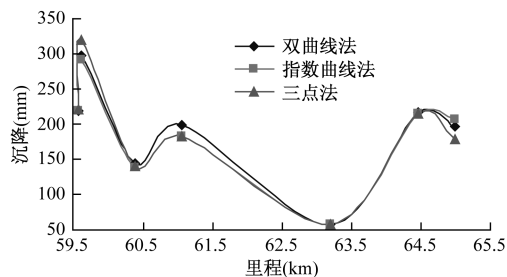


图2 不同断面路基的工后最终沉降曲线

Fig. 2 The final settlement curve after construction of the roadbed different sections

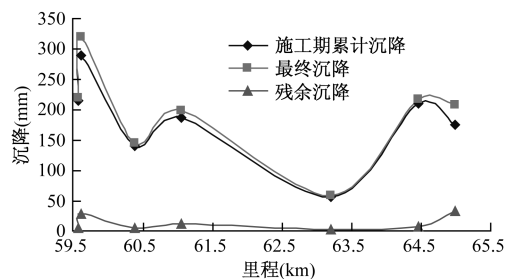


图3 不同断面路基的工后沉降对比曲线

Fig. 3 The contrast curve after construction of the roadbed different sections

从图2可知,各断面的沉降值介于57.8~319.3mm,即采用三种方法得到各断面的最终沉降曲线基本重合,说明预测结果与实际较吻合,同时,59.63km和63.2km处三种方法得到的最终沉降值均最大和最小,这在实际路基的填筑厚度最大和最小相对应。从图3可知,施工期累计沉降和最终沉降比较接近,即残余沉降量值(最终沉降减去施工期累计沉降量)介于5.5~32.3mm,满足《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ017—96)要求(桥头路段不大于10cm,小型构造物附近不大于20cm,一般填土路段不大于30cm)。同时还可看出,残余沉降最

大的断面是65km处,而不是路基填筑厚度最大处,可能是因为填筑质量的差异所致。

3 结论

(1)软土路基从路基施工期—路基预压期—路基施工期,小于5mm的沉降量出现的频率从40%~58%~100%,三个阶段累加起来小于5mm的沉降量出现的频率为52.8%,说明沉降主要发生在路堤施工期—路基预压期,随着施工阶段的推进,沉降量级在变小。

(2)沿路基横断面沉降量分布是不均匀的,差异沉降量相对较小,路肩的沉降量要比路堤中心的小。

(3)填筑路堤从开始至第28天,软土路基地基土层处于弹性变形阶段,路堤中心沉降量为86mm。填土厚度—沉降量与时间关系曲线呈对应的线性关系。填筑路堤从第28d到第72d,软土路基地基土处于塑性变形阶段,填土厚度—沉降量与时间关系曲线呈现明显拐点,路堤中心沉降量明显增大,沉降量达174mm,这说明公路软土地基的结构发生破坏,即公路软土地基的极限填土高度为4.5m左右。

(4)采用三种方法得到各断面的最终沉降量接近,说明预测结果与实际较吻合。施工期累计沉降和最终沉降比较接近,与结论(1)即软土路基的沉降主要发生在路堤施工期—路基预压期相互印证。残余沉降量值(最终沉降减去施工期累计沉降量)介于5.5~32.3mm,满足《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ017—96)要求。

参考文献:

- [1] JTJ017—96,公路软土地基路堤设计与施工技术规范[S]. JTJ 017—96, Technical specifications for design and construction of highway embankment on soft ground[S].
- [2] 钱家欢,殷宗泽.土工原理与计算[M].北京:中国水利水电出版社,1995.
QIAN Jiahuan, YIN Zongze. Geotechnical principle and calculation[M]. Beijing: China Water Power Press, 1995.
- [3] 龚晓南.复合地基[M].杭州:浙江大学出版社,1992.
GONG Xiaonan. Composite subgrade[M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 1992.
- [4] 徐至钧.软土地基和预压法地基处理[M].北京:机械工业出版社,2005.51—66.
Xu Zhijun. Foundation treatment of soft ground and preloading method[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2005. 51—66.

- [5] 孙更生,郑大同.软土地基及地下工程[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
SUN Gengsheng, ZHENG Datong. Soft ground and underground engineering [M]. Beijing: China Building Industry Press,1997.
- [6] 地基处理手册编委会.地基处理手册[M].北京:中国建筑出版社,1988.
Ground Treatment Manual Editorial Board. Ground treatment manual [M]. Beijing: China Building Industry Press,1988.
- [7] 折学森.软土地基沉降计算[M].北京:人民交通出版社,2000.
ZHE Xuesen. Soft ground settlement calculation [M]. Beijing: China Communications Press,2000.
- [8] 刘玉卓.公路工程软基处理[M].北京:人民交通出版社,2002.
LIU Yuzhuo. Highway soft foundation treatment [M]. Beijing: China Communications Press,2002.

Settlement analysis of soft subgrade in Huangqihai wetlands, Inner Mongolia

HAN Xiang-chao, LV Yuan-qiang

(China Coal Xi'an Design Engineering Co., Ltd, Xi'an 710054, Shaaxi, China)

Abstract: In recent years, more and more highway is builded in plateau wetlands area, and soft subgrade settlement control is very important to highway quality, such as residual settlement and differential settlement, and so on. Combined with practical engineering, settlement of soft subgrade is monitored, and analysis differential settlement and settlement law, four stages of the settlement process discussions. Then uses the hyperbolic method, three-point method, exponential curve method to predict settlement after construction of the soft subgrade. The results show that the final settlement value is approaching to using three methods to each section, residual settlement meet the code requirements, and the results of predicted and actual is agreement. They can serve highway construction projects of plateau wetlands soft soil area, also provide reference for similar construction projects in other areas.

Key words: plateau wetlands; soft subgrade; settlement law; settlement prediction

新书介绍

滑坡遥感

近日,科学出版社出了一本地球信息科学基础与应用类的新书—《滑坡遥感》。

近年来国内外地质灾害频发,灾损严重,将现代空间信息技术应用于滑坡和地质环境调查是减灾防灾工作的迫切需要。本书是作者王治华研究员 30 余年滑坡遥感探索与实践积累的总结。

该书作者自 20 世纪 80 年代初涉入遥感领域,90 年代涉入 GIS 领域,将该技术应用于灾害与环境调查研究。先后完成了我国大渡河铜街子、雅砻江二滩、长江三峡、金沙江溪落渡、白鹤滩、乌东德等巨型水电站坝址及库区,进藏交通线、西藏帕里河等区域的滑坡、泥石流、地质环境及土地覆盖遥感调查,研究了我国水土流失最严重的黄河中游的小流域的产沙模型。1999 年提出“数字滑坡”概念及技术方法,并将其应用于 20 余项大规模滑坡及区域地质环境遥感调查中,形成了从理论、技术方法到应用模型的“滑坡遥感系统”。

《滑坡遥感》全书分为五章,系统介绍了滑坡遥感的理论、方法技术和应用,包括基本滑坡地学知识、遥感及空间定位的基础理论及数字滑坡概念;识别及定性、定位、定量获取滑坡及地质环境信息的数字滑坡技术和个体滑坡数据库技术。

书中通过大量滑坡、泥石流调查应用的实例,说明数字滑坡技术的具体操作;并以两种不同类型的滑坡模型实例介绍了基于数字滑坡技术的滑坡模型研究及应用。

本书可供遥感应用、环境工程、地质工程、防灾减灾工程等领域的工程技术人员、科研和教学人员、研究生参考使用。

(航遥中心 王治华 提供)