

文章编号:1000-2499(2002)02-0098-05

耒宜高速(南段)路基沉降监测及分析

罗 恒^{1,2}

(1. 湖南省交通厅高速管理局, 湖南 长沙 410008; 2. 中南大学, 湖南 长沙 410075)

摘 要: 以耒宜高速公路南段为例, 针对不同地质条件采取了不同的沉降观测手段, 基本掌握了在路堤荷载作用下地基沉降变形的规律, 分析了这些路段路堤变形的主要原因为岩溶抽水、采空区加载和高路堤加载, 因此在高速公路施工过程中, 跟踪掌握沿线地质条件的变化、地基沉降量对路堤填筑、路基处理、提高高速公路的建设质量都具有重要的现实意义。

关键词: 高速公路; 路基; 沉降观测

中图分类号: TU47 **文献标识码:** A

Observation and Analysis for the Settlements of Embankment of Lei-Yi Expressway

LUO Heng^{1,2}

(1. Administration Bureau of Hunan Highway, 410008; 2. Central South University, Hunan 410075, China)

Abstract: Different methods of monitoring settlements are used for Lei-Yi expressway pavements with different geological condition. The tendency of displacement about the embankment is explained. It is shown that most of settlements are caused by pumping from carven under pavements or high overburden.

Keywords: expressway; embankment; settlement observation

前 言

湖南省耒宜高速公路是京珠国道干线的一部分, 北起耒阳, 南至宜章, 全长 130 Km. 于 1998 年 10 月 28 日正式开工建设, 是湖南省“九五”期间国家重点工程项目. 耒宜高速南段长 68.092 Km, 沿线多为丘陵山区, 地形起伏大, 高填方路段较多, 填切交替频繁出现, 路基地质条件复杂, 有多处软土路基.

高速公路对地基要求很高, 一般要求在使用年限内路面的工后沉降量小于 30 cm, 桥头路堤应小于 10 cm. 沉降变形是高速公路建设过程中影响路面工后沉降和不均匀性的重要因素, 必须加以控制, 以免影响路面的使用性能. 本文以耒宜高速公路南段为例, 针对不同地质条件

收稿日期: 2002-02-27

作者简介: 罗 恒(1968-), 男, 湖南华容人, 湖南省交通厅高速公路管理局工程师, 中南大学硕士生.

采用了不同的沉降观测手段,基本掌握了在路堤荷载作用下地基沉降变形的规律.这些路段路堤变形的主要原因为岩溶抽水、采空区加载和高路堤加载,因此在高速公路施工过程中,跟踪掌握沿线地质条件的变化、地基沉降量,对路堤填筑、路基处理、提高高速公路的建设质量都具有重要的现实意义.

1 路基工程地质特征

永宜高速公路沿线大多数路基为亚粘土、砂岩、砂质泥岩、灰岩等,路基地质条件较好.南段路基有如下的不良地质条件:a)在部分含煤地层区存在采空区;b)在灰岩分布区存在岩溶洞穴、溶沟,部分溶洞充填淤泥;c)部分山间岩溶洼地沉积较厚的淤泥质软土;d)河流冲积形成的软土地基.它们是造成路基产生过大沉降的根本原因.为进一步优化设计、控制地基处理和路堤的填筑质量、判断路堤施工中的安全性和预压是否达到稳定标准,在施工期对全线实施了沉降动态观测.

2 沉降观测点的布置

2.1 布置原则

原始岩土体在路堤荷载作用下的沉降是路堤总沉降的主要部分,是路堤填筑期沉降观测的重点.为了掌握路基和构造物施工过程中原地基的沉降,设置原地面沉降标(测点从原地面起埋);为详细了解不同深度地基和路堤部位的土体位移情况,对重点断面设置分层沉降标、倾斜测管和空隙水压力计进行观测.监测点的布置原则如下:

a)在桥头两侧填方部位,距桥头 10 m、50 m 处中心线上设沉降标.

b)在煤矿采空区路基中心线上设置沉降标,间距 20 ~ 50 m.

c)在重点岩溶地段路基中心线上设置沉降标.

d)在软土路段路基中心线上设置沉降标,间距 100 ~ 200 m.

e)在路堤高差大于 8 m 的填切交界处布置 4 条重点观测剖面,作分层沉降观测、水平位移观测和孔隙水压观测.

2.2 原地面沉降点的布置

按照上述原则,填筑期路基原地面沉降观测点原计划布置 97 个,观测过程中根据实际地质情况进行了补充,共埋设 122 点.主要埋设在桥头、通道、涵洞、采空区、高路堤、岩溶区,基本控制了重点变形部位.

2.3 预压期沉降点的布置

通过路堤填筑期的观测可以掌握特殊地段原地面的沉降规律,然而路堤的变形不仅受原地面沉降的影响还受路堤本身的压缩变形的影响.因此,通过预压期的观测可以判断路堤的稳定性.预压期沉降观测点从路床顶面开始埋板,观测点的布置要求与填筑期沉降观测点对应,在超高路堤、原地面沉降较大部位应重点观测.

2.4 重点观测断面布置

重点观测断面的设置是为了全面掌握路基土体应力和变形的动态变化过程,综合分析路基稳定性.观测项目包括原地面沉降和水平位移、沉层土体水平位移、分层沉降、孔隙水压力等.在观测断面位置,尚需进行原状土的物理力学指标测试,以便利用综合观测资料研究分析路基稳定和沉降规律.在路堤高度大小 10 m,属土质路基的路堤部位,应选择代表性位置进行

重点断面综合观测.针对耒宜路南段的具体情况,选择了如下四个断面:K257+539 断面、K270+780 断面、K295+947 断面、K296+615 断面.

3 观测成果分析

3.1 路堤填筑期观测成果

3.1.1 原地面积沉降位移量特征分析

原地面积沉降量观测主要考虑岩溶、采空区、软土等复杂地基在路堤荷载作用下可能存在较大的地基土体的压缩变形.填筑期原地面积沉降量分布详见表 1.从表中可以看出,绝大部分测点的累积沉降量较小.

截止 2000 年 10 月,累积位移量小于 10 cm 的测点占 66.39 %,累积位移量大于 20 cm 的

表 1 填筑期不同累计沉降量测点分布表

累计沉降量/cm	> 30	20 ~ 30	10 ~ 20	5 ~ 10	< 5
点数/个	3	6	18	27	68
百分数/%	2.46	4.92	14.75	22.13	44.26

测点占 7.38 %,累积位移量在 10 ~ 20 cm 的测点占 14.75 %.

3.1.2 原地面积沉降速率分析

原地面积沉降每月的平均月速率具有以下特征:

1) 测点的沉降速率分布不均布

122 个测点中曾经有 35 个测点的日速率在 1.0 mm/d 以上,其中日速率大于 2.0 mm/d 的测点有 6 个.沉降速率最大的测点为 69 号测点,2000 年 1 月其平均日速率为 3.6 mm/d.

2) 测点的沉降速率近期呈下降趋势

总体而言测点的沉降速率呈下降趋势.2000 年 6 月的观测数据表明,绝大部分测点的日速率小于 0.1 mm/d,仅 10 个测点的日速率大于 0.2 mm/d.其中 79、73、74 号测点的日速率较大,分别为 0.9 mm/d、1.2 mm/d、2.1 mm/d.

73、74 号观测点(桩号 K275+365、K275+400)2000 年 6 月填土 1.2 ~ 1.41 m,日平均沉降为 1.2 ~ 2.1 mm/d.填土厚度较前一月增加,沉降速率也有所上升.该路段从今年 1 月至本月连续填土(填料为碎石土),沉降速率一直偏高.

马岭煤矿采空区路段在连续几个月进行基础注浆处理后,6 月恢复填土,填土厚度 0.31 ~ 0.71 m,布设在该路段的 3 ~ 11 号观测点中的 10 号观测点(桩号 K246+000 中)日沉降增至 0.9 mm/d,变化较大,其它各观测点均较稳定.

3.1.3 变形量大的测点沉降过程分析

1) 变形量大的测点的基本特征

表 2 列出了沉降量最大的 10 个测点的基本特征,其中处于软土填方段的 39 号(K262+800)测点的变形量为最大,达 379.5 mm.各测点产生大变形的根本原因在于这些测点所处地质条件较差,它们分别与岩溶地基、软土地基、采空区地基有关.

2) 重要沉降观测点监测地段的变形过程分析

① 采空区地基变形

马岭采空区填方段(K245+810 ~ K246+229)的填土高度为 15 ~ 20 m,针对填方施工和采空区灌浆回填施工,先后布置了 14 个观测点监测填筑期地基的沉降变形,其中以 3 号点变形最大,其变形过程曲线见图 1.从图中可以看出,地基的沉降与土方填筑的速率有密切的关系.

自1999年10月至2000年1月,路堤高度从沉降板上2.72 m上升到14.23 m,累积位移量从68.5 mm增加到207.5 mm,平均日沉降速率从0.2 mm/d变为2.4 mm/d,填土完成后沉降速率已明显下降。

表2 沉降量最大的10个主要测点基本情况表(至2000年6月)

序号	起讫桩号	标段	地质及变形特征描述	累积沉降量/mm	填土高度/m	近期速率(mm/mon)
3	K245+920	G	填方段,马岭煤矿采空区,变形主要集中在1999年11月至2000年1月,现已经趋于稳定。	226.5	14.23	0.6
32	K257+540	H	填方段,路基由粘土、砂砾石和石灰岩构成。郴州互通桥基挖孔桩施工抽水,引起地面沉降。沉降变形集中在1999年7-9月,现已稳定,近期并有回弹变形。	198.5	2.49	-2.7
39	K262+800	H	软基填方路段,原地地为稻田、水塘,基础为厚约5.0 m的软粘土,该测点附近的涵洞不均匀沉降明显。剧烈变形期集中在1999年7月至2000年1月,至今仍未停止。其累积沉降量在122个测点中最大。	379.5	7.56	5.9
60	K272+720右	I	填方段,软土路基段,为灰黑色的粘土,厚4~6 m,含较多的腐殖质。	204.5	5.33	0.9
65	K274+485	I	青龙岗桥填方段,路堤基础为砂砾石、石灰岩,变形开始发生与桥的挖孔桩施工抽水密切相关,现已稳定。	213.0	2.81	1.2
73	K275+365	I	软基填方段,变形自1999年10月至今,变形量值一直在增长。	319.5	6.67	58.4
74	K275+400	I	软基填方段,变形自2000年1月至今,变形量值一直在增长。	231.5	6.14	87.9
108	K295+980	J	软基填方段,变形主要集中在1999年8-9月。近期已稳定。	207.5	6.44	0
110	K296+560	J	软基填方段,变形主要集中在1999年9-10月。近期已稳定。	204.5	4.81	1.4
119	K303+480	K	为半挖半填段,原地表为厚3~4 m的红色粘土,其下为石灰岩。变形主要集中在1999年9月至12月,已基本稳定。	339.5	7.45	3.6

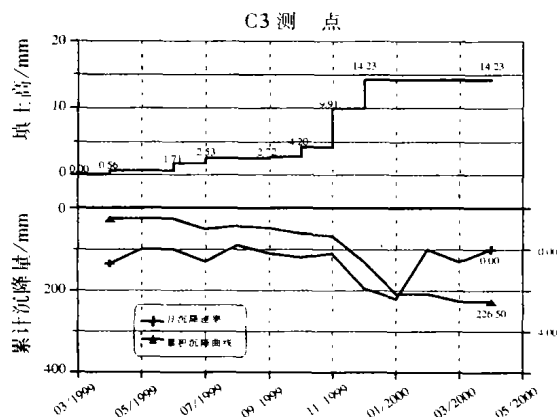


图1 32号(K245+920)观测点(填筑期)沉降变形曲线

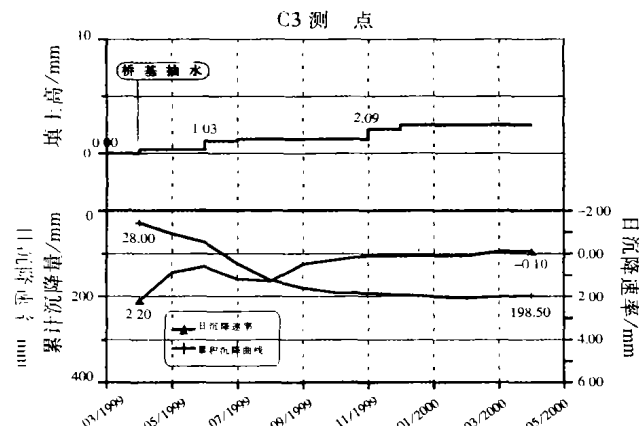


图2 32号(K257+540)观测点(填筑期)沉降变形曲线

②岩溶地基变形

岩溶地基和桥头地段也是沉降监测的重点部位,变形量较大的32、65号测点分别布置在郴州互通桥、青龙岗桥头路堤填方段。两观测点地基具有相似的地质特征,地基土体由黄色的粘土、砂卵石构成,桥基挖孔桩施工抽水导致周围土体中的孔隙水压力下降,土体产生压缩变形,从而导致沉降标点的下沉。32号观测点的变形曲线如图2所示。郴州互通桥头路堤段共布置沉降监测点11个,1999年3月开始进行沉降监测时即发现该路段沉降变形剧烈,32号测点最大日沉降速率达到2.2 mm/d,至1999年8月后变形逐步趋于平缓。

3.2 K270 + 780 重点断面观测成果

3.2.1 观测断面仪器布置示意图

分别进行分层沉降、倾斜和孔隙水压力观测. 1992 年 12 月埋设仪器时, 路堤填土高 7.5 m, 由黄色粘土、碎石组成. 填土下为厚约 1.0 m 的灰岩垫层, 其下为黑色淤泥质土. 在此地质条件下, 土体的变形主要为路基淤泥质土和填土的压缩固结变形.

3.2.2 分层沉降仪观测成果

自 1999 年 12 月仪器埋设, 至 2000 年 10 月已进行 10 次观测, 路堤填土层和填土以下原地表附近土体变形大. 从 1999 年 12 月至 2000 年 5 月间各分层沉降点的位移量分析可知路堤表面以下 0 ~ 3.3 m 的观测点的位移量大于 27 mm; 7.3 ~ 8.4 m 范围内的观测点的位移量为 16.5 mm, 其余部位为 2 ~ 7 mm. 这表明, 路基沉降主要发生在与路堤填土高度相当的路基深度内. 在 2000 年 7 月 ~ 9 月间临近地面的标点位移增量为 27.5 mm, 相应部位的原地面沉降点 C61 (K270 + 800) 在该时段的位移增量为 67 mm, 两种方法揭示的沉降变形规律一致.

3.2.3 钻孔倾斜仪观测成果

倾斜观测管自公路路堤表面至地基下 5.5 m, 全长 14.0 m. 平行公路和垂直公路走向分别进行观测, 观测成果表明平行公路走向的水平位移主要发生在路堤及地基浅部 (深度 < 10 m); 垂直公路走向土体位移变化较大, 规律不明显, 2000 年 3 月的监测结果表明在原地面附近土体有相对突出的向坡外的变形. 综观该断面的倾斜观测成果, 路堤和地基的水平位移量都不大, 小于 6 mm.

3.2.4 孔隙水压力

埋设在分层沉降观测孔底部的 K2 孔隙水压力计, 经过近 8 个月的观测, 其值变化不大, 为 70.0 ~ 75.2 Kpa, 平均为 72.7 Kpa.

4 结论与建议

1) 通过原地面沉降观测, 基本掌握了在路堤荷载作用下地基沉降变形的规律, 通过绘制变形 - 路堤高度关系曲线, 说明地基变形和路堤加载的关系.

2) 通过原地面沉降观测, 揭示了 10 个主要变形路段的变形过程, 分析了这些路段路堤变形的原因为岩溶抽水、采空区加载和高路堤加载.

3) 岩溶地基和软基路段的重点断面的监测表明, 这些路段土体的沉降变形主要发生在与路堤填土高度相当的路基深度内. 水平位移主要发生在路堤部分, 地基的水平位移小.

4) 通过耒宜高速公路南段沉降变形监测, 基本达到掌握该段地基重点变形部位、变形量值的目的, 并结合这些部位地质条件的分析, 认为软土地基、岩溶地基、采空区等地质缺陷是造成路堤加载过程中地基变形量大的原因, 因此高速公路施工过程中, 跟踪掌握沿线地质条件的变化、地基沉降量, 对路堤填筑、路基处理、提高高速公路的建设质量都具有重要的现实意义.

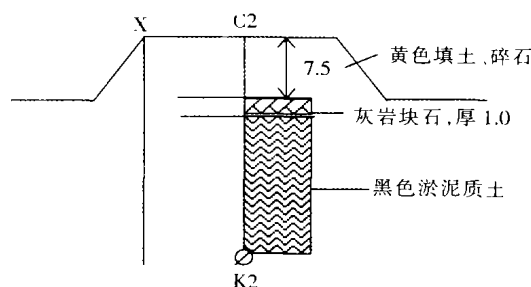


图 3 K270 + 780 重点观测断面路堤及地基地质与仪器埋设示意图

X2: 钻孔倾斜仪观测管 (14 m); C2: 分层沉降观测管 (13.6 m);

K2: 孔隙水压力计

参加本项目研究工作的主要有国家电力公司中南勘测设计研究院钟辉亚, 赵海斌, 河海工程技术总公司马晓辉等, 特致谢意。

参考文献:

- [1] 徐泽中, 等. 沪宁高速软基路堤沉降动态控制方法研究[J]. 水利水电科技进展, 1998, 18(2): 31 - 35.
- [2] 白忠良, 等. 高等级公路软基沉降观测的精度指标及观测规范化问题[J]. 水利水电科技进展, 1998, 18(2): 27 - 31.
- [3] Bergado D T et al. Settlements of Banna-Bangpakong highway on soft Bangkok clay[J]. Int J Geot Eng, 1990, 116(1): 136 - 155.
- [4] 赵九斋. 连云港软土路基沉降研究[J]. 岩土工程学报, 2000, 22(6): 643 - 649.

铁道校区国家重点学科介绍之三

桥梁与隧道工程

1986 年获博士学位授予权, 1987 年被评为铁道部重点学科. 2000 年获土木工程一级学科博士学位授予权. 现有工程院院士两名, 博士生导师 8 名. 近五年获国家科技进步奖二、三等 3 项, 省部级科技进步一、二等奖 8 项. 创立了列车桥梁时变系统横向振动分析理论, 解决了九江长江大桥等 40 多座桥梁的横向刚度分析问题; 提出了桥梁结构局部与整体相关屈曲极限承载力分析理论; 解决了洞庭湖三塔斜拉桥等 8 座桥梁的极限承载力分析问题; 创立了空间结构大变形内力分析 UL 法, 为我国提供了大跨度桥空间非线性分析方法与程序, 提出了桥梁颤振分析的单参数搜索概念及多模态参与单参数搜索法. 两项成果在我国四大悬索桥, 第一座混凝土三塔斜拉桥等一系列大跨度斜拉桥上获得应用, 创立了地层沉陷分析的随机介质理论, 完成了“北京地铁王府井——东单段疏水地表沉陷分析”项目.

(摘自《中南大学报》)