

软土路基变形监测技术及其稳定性研究

王 坤¹, 化得钧², 曹文海¹, 刘勇军¹

(1. 长安大学公路学院, 西安 710064; 2. 湖南科技大学土木工程学院, 湖南 湘潭 411201)

摘 要:软土地基固结变形时间长、强度低。在其上修筑的路基常产生较大的沉降,且常因地基的强度不足导致各种工程病害。介绍了软土路基变形监测的主要内容及其基本原则,并结合大广高速公路京衡段 LM11 标段内的监测结果对软土路基的稳定性进行分析。该研究对软土路基的施工、设计及其稳定性评价具有重要的指导意义。

关键词:软土路基;变形监测;稳定性分析

中图分类号:TU47

文献标识码:A

我国分布有大量软土,随着公路建设的迅速发展,不可避免的出现大量公路路基穿越软土地区的情况。软土地基具有固结慢、强度低、变形大、力学性质差等特点,造成软土地基上修筑的路基产生较大的沉降,且常因地基强度不足而伴随产生路堤侧向整体滑动、边坡外侧土体隆起、路堤变形等问题,严重影响工程安全^[1-2]。因此,在施工期间采用合理有效的变形监测技术对软土路基的变形和稳定性进行动态监测,并根据监测结果对路基的稳定性分析评价具有重要的工程实际意义。

1 软土路基变形监测的基本原则

软土路基变形监测基本原则包括:(1)软基路段长度大于 100 m 时,至少设置两个监测断面,1 个主监测断面和 1 个辅监测断面。主监测断面需设置在软土厚度最大处,辅监测断面需设置在主监测断面到软基起点或终点的 1/2 处。(2)软基路段长度小于 100 m 时,至少设置 1 个监测断面。(3)每个监测断面上至少有 3 个沉降观测点和 4 个水平位移观测点,沉降观测点分别设置在道路中线和两侧路肩。(4)根据监控数据及时调整填土速率,并预测沉降趋势及工后沉降,监测的频率及控制标准见表 1。(5)软土路基位移速度超过规定的要求,应进入预警状态,转为对路堤极限承载力破坏状态

监测,并对路基的破坏形式进行评估,提出相应的处置方案。

表 1 监测频率及控制标准

项 目	堆载施工期	恒载预压期	控制标准
沉降板	1 次/d	1 次/7d	≤10 mm/d
边桩位移	1 次/2d	—	≤4 mm/d
测斜仪	1 次/5d	1 次/30d	≤4 mm/d
分层沉降	1 次/5d	1 次/30d	—
深层沉降	1 次/5d	1 次/30d	—
全断面观测	1 次/2d	1 次/30d	—

2 软土路基变形监测

软土路基在进行路堤填筑和竣工后应进行变形监测,监测的主要内容包括:地表竖向位移和水平位移、土体内部竖向位移和水平位移,而水平位移又包括垂直路堤中心线的横向水平位移和平行路堤中心线的纵向水平位移。

2.1 地表竖向位移

地表竖向位移监测采用沉降板,沉降板由钢底板、金属测杆和保护套管组成,应将沉降板埋设在路堤中心线和两侧路肩对应的原地面上。埋设时首先整平地面,将第一层填料铺好压实,在沉降板预埋位置处将填料挖至原地面,把带有第一节沉降杆、护套、护盖的钢底板放

收稿日期:2012-4-21

作者简介:王 坤(1985-),男,甘肃白银人,硕士,主要从事桥梁基础与地基处理方面的研究,(E-mail)378016897@qq.com

入,保持其紧贴地面,随后填土夯实,当填料与杆头水平时,打开护盖,使用精密水准仪配合钢尺测量杆头标高,盖好护盖;填筑第二层填料至设计标高,在埋设沉降板位置处挖除填料至护盖,打开护盖测定杆头标高,其标高与第一次测量的杆头标高之差,即是两次监测期间的沉降量;然后在填筑下一层填料,依次类推,逐步监测,直至施工结束^[3]。

2.2 地表水平位移

地表水平位移监测采用边桩,边桩采用钢筋混凝土预制,长度要求大于 1.5 m,断面采用圆形或方形,直径或边长以 10 ~ 20 cm 为宜,混凝土的强度等级应大于 C25,并在桩顶埋设耐磨的测头。边桩埋设在路堤坡脚处,桩顶外露长度应小于 10 cm,且应埋设于地表以下不小于 1.2 m,可采用打入式或埋入式,边桩顶部 50 cm 用混凝土浇筑并固定牢固^[4,5]。

2.3 土体内部竖向位移

土体内部竖向位移监测采用沉降标,沉降标包括分层沉降标和深层沉降标。分层沉降标可在同一根测标上,分别观测土体沿深度方向各层次或某一层位土体的压缩情况。分层标深度可贯穿整个软土层,各分层测点间距不大于 1.0 m,应先用水准仪测出管口高程,并用磁性测头自上向下依次逐点测读管内各感应线圈至管顶的距离,换算出各点高程;深层沉降标是用来测定某一层以下土体压缩量,其埋设位置应根据需要确定,若软土层较厚,排水处理不能穿透整个层厚时,为了解排水井下未处理软土的固结压缩情况,深层沉降标可设置在未处理软土顶面。

2.4 土体内部水平位移

土体内部水平位移监测采用测斜仪,测斜仪主要有钢弦式、电阻应变片式、差动电阻式等,测量方式分为便携式和固定式,固定式测斜仪又分为单轴和双轴测斜仪。固定式测斜仪仅在活动式观测困难或进行自动采集时才使用,目前便携式测斜仪使用较为广泛^[6]。测斜仪的工作原理是:当测头在测斜管内由下而上以一定间隔滑动时,测头内部的传感器通过测量测斜管在每一深度处变化的倾斜角从而得到测斜管每段的水平位移增量为。

$$\Delta_{\varepsilon} = L \sin \theta_{\varepsilon} \quad (1)$$

式中: θ_{ε} 为每一深度处倾斜角度的变化; L 为测头导轮

间距; Δ_{ε} 为测斜管每段的水平位移增量。

将每段水平位移增量逐段累加,得到不同深度及孔口的总位移为

$$\delta_{\varepsilon} = \sum \Delta_{\varepsilon} = \sum L \sin \theta_{\varepsilon} \quad (2)$$

测斜仪是沿全测孔两个正交方向来进行测量的,能够描述全测孔沿深度的位移全貌,从而可准确地确定发生位移的部位,以及位移的大小与方向^[7]。

3 软土路基稳定性实例分析

大广公路固安(京冀界)至深州段高速公路是国家高速公路网规划中纵 5“大庆—广州”高速公路的重要路段,也是河北省高速公路网规划的“五纵、六横、七条线”中纵 3“北京—开封”公路的重要组成部分,起自廊坊市固安县西玉村西侧 100 m 处京冀界,接已建成的大庆至广州高速公路北京南段(京开高速公路),接拟建大庆至广州高速公路深州至大名(冀豫界)段,全长约 187 km,采用双向六车道高速公路标准建设,路基宽 34.5 m,大广高速公路京衡段全线连续地分布大量软土、软弱土夹层,软土层厚度不一,一般厚度为 3 ~ 5 m。因此,在软土、软弱土夹层分布的路基段落内,存在不同程度的沉降,实际中采用采用抛填片石,进行软基处理。具体方案如下:片石采用不宜风化的石料,其边长或厚度应大于 30 cm,由中线向两侧对称抛填,将软土向两侧挤出,随后用小石块及碎石屑填塞垫平,使用重型压路机反复碾压至轮迹小于 8 mm,再逐层填筑路基。由于观测断面及数据较多,现只选取为 LM11 标段内 K162 + 342 断面监测情况进行软土路基稳定性分析,该断面监测项目包括地表沉降、地表水平位移、土体内部竖向位移和土体内部水平位移。

K162 + 342 断面地表沉降随时间变化规律如图 1 所示。

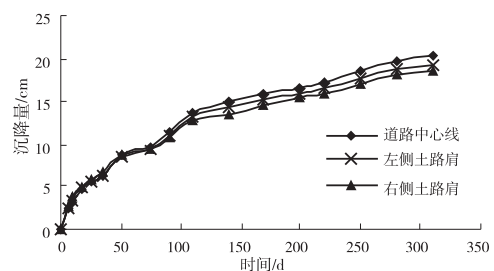


图 1 地表沉降随时间变化规律

由图1可以看出,观测开始阶段软土层在外界荷载的作用下沉降量较大,随着施工的进行,软土层逐渐固结,沉降渐趋稳定,该断面的工后沉降量小于25 cm,符合《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ017-96)对高速公路一般路堤工后沉降量不大于30 cm的要求^[8]。该断面地表开始的前3个月沉降量较大,后期沉降量逐渐变缓,随着施工时间的增长及施工荷载的逐步施加,各测点沉降稳步上升,直到施工后期才趋于平稳。

K162+342断面地表水平位移随时间变化规律如图2所示。该断面地表水平位移变化速度较为缓慢,总水平位移量40.1 mm,平均速率0.13 mm/d,最大速率0.5 mm/d,满足规范对坡脚水平位移速率小于0.5 cm/d的要求,坡脚外地表稳定,监测期间未出现隆起现象,路堤也未出侧向滑移和剪切破坏等现象,表明施工期间路堤较为稳定。

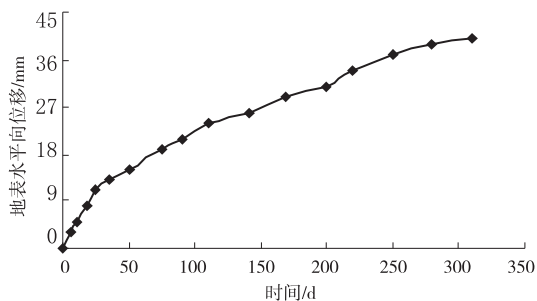


图2 地表水平位移随时间变化规律

在K162+342断面路基中线处设置分层沉降标和深层沉降标,用来观测土体内部竖向位移及了解地基某一层位的土体压缩量,深层沉降标埋设于地表以下7 m深处的细砂层中,该断面分层沉降结果和深层沉降结果如图3所示。从分层沉降随时间的变化规律可以看出软土层的最终沉降量为67 mm,占总沉降量的34%,软土的沉降变形已基本完成,表现出较稳定的形态,后期不会出现过大的变形。由深层沉降量随时间的变化规律得出最终的深层沉降量为47 mm,相对于与软土层沉降量略小,约占总沉降量的24.7%,其曲线的变化形态与路堤填土加载情况较为类似,说明加固后的软土层与其下伏的砂土层变形相当,加固效果较好。

图4为土体内部水平位移随时间变化规律曲线,由图得知该断面上土体内部水平位移的最大值为42.1

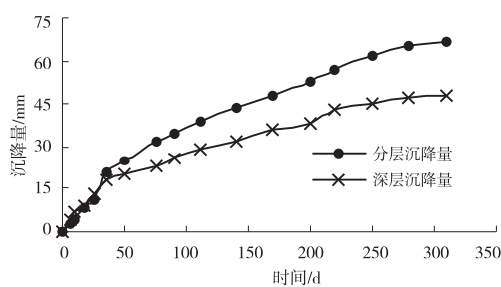


图3 分层与深层沉降量随时间变化规律

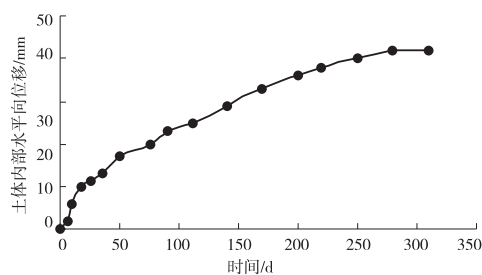


图4 土体内部水平位移随时间变化规律

mm,发生在软土层中部,软土层水平位移变化较为稳定,其曲线的变化形态与路堤填土加载情况相似,软土层加固处理有效的控制了土体内部水平位移,加固效果较为明显。

4 结论

软土路基填筑时受到附加荷载的作用,其超静水压力必须经历一定时间才会消散,为保证路基的安全与稳定性,需要先对软土地基进行处理,并在路基施工过程中进行变形监测,根据监测数据对路基的稳定性进行分析评价。通过对大广高速公路京衡段LM11标段内K162+342断面的地表、土体内部的水平和竖向位移的监控分析,得出其深层沉降量较小,软土层变形已趋于稳定,满足工程对各项变形指标的要求,说明实际中采用抛填片石处理厚度较小的软基效果较好。

参考文献:

- [1] 赵明华,刘建华,刘煜,等.滨海公路软土路基变形机理及其沉降预测研究[J].公路交通科技,2006,23(1):32-35.
- [2] 刘志强,严松宏.树根桩加固黄土隧道基底的应用[J].四川理工学院学报:自然科学版,2009,22(1):113-115.

- [3] 孙更生.软土地基与地下工程[M].北京:中国建筑工业出版社,1984.
- [4] 黄 雨,江席苗,刘 高.软土路基稳定性影响因素分析[J].地下空间与工程学报,2009,5(2):372-377.
- [5] 任东红,刘 峰.乐温高速公路软土路基沉降与稳定性监测分析[J].公路与汽车,2005(5):51-54.
- [6] 汪操根,张 燧.变形与稳定观测在软土路基施工中的应用[J].西部探矿工程,2008(4):176-178.
- [7] 胡 勇.改扩建软土路基的变形分析与控制对策[J].水文地质工程地质,2011,38(6):74-78.
- [8] JTJ017-96,公路软土地基路堤设计与施工技术规范[S].

Soft Soil Subgrade Deformation Monitoring Technology and Its Stability Study

WANG Kun¹, HUA De-jun², CAO Wen-hai¹, LIU Yong-jun¹

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China;

2. School of Civil Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: The soft ground has a long consolidation deformation time and a low strength. It often produces a larger settlement that the subgrade built on it. The ground insufficient strength often lead to all kinds of engineering diseases. The main contents and basic principle of deformation monitoring on soft soil subgrade are introduced. Combined with the monitoring results of LM11 section within Jing-Heng contract of Da-Guang highway, soft soil subgrade stability is analyzed. This analysis has an important guiding significance to soft soil subgrade construction, design and its stability evaluation.

Key words: soft soil subgrade; deformation monitoring; stability analysis