

文章编号:1673-9469(2012)02-0007-04

动荷载作用下路基沉降规律试验研究

李利飞,谢方媛,许道军,张立钊
(河北工程大学 资源学院,河北 邯郸 056038)

摘要:以京化高速公路二期工程为研究对象,采用现场测试、室内试验等方法对路基填料的工程特性进行分析,并借助非线性有限元分析软件 ANSYS 进行仿真模拟,研究动荷载作用下路基沉降规律。结果表明,路基沉降受速度效应与加载循环效应双重因素的影响;沿深度方向路基的沉降呈减小的趋势;路基沉降量极值点位于循环荷载加载点正下方,最大沉降量约为 9.624 cm。

关键词:动荷载;路基;沉降规律;有限元分析

中图分类号:U416

文献标识码:A

Study on settlement law of subgrade caused by dynamic loading action

LI Li-fei, XIE Fang-yuan, XU Dao-jun, ZHANG Li-zhao

(College of Resource, Hebei University of Engineering, Hebei Handan, 056038, China)

Abstract: Taking the second-term engineering of Jing-Hua freeway as research object, laws of subgrade settlement under dynamic loading through analyzing the engineering properties of subgrade-filling was studied by taking tests on the spot and laboratory experiments and simulating with the finite element software ANSYS. The test results show that the subgrade settlement is affected by both the speed and load cycles; the subgrade settlement decrease with the depth of subgrade increasing; the extremal point of subgrade settlement is below the cyclic loading and the maximum settlement is about 9.624 cm.

Key words: dynamic loading; subgrade; settlement law; finite elements method

在动荷载作用下,路基的变形特性已不能用静力学的概念和指标来表征,而表现为动态的应力应变的关系^[1]。路基的动应力特性是路基结构动力设计的重要参数,高速运行的车辆对路基产生动力冲击作用,直接影响其使用及耐久性能,而道路结构的振动又对运行车辆的平稳性和安全性产生影响^[2-4]。金雷^[5]结合河南省岭南高速公路路基施工工程,采用有限元分析软件,研究了逐级填筑作用下路基沉降变形数值仿真技术,获得了路基在各级荷载作用下的应力、沉降数值图形;王智猛^[6]结合达成线的建设项目修建了埋设测试元件路基试验段,采用新型 ZSS50 循环加载设备,进行了不同轴重列车动力作用下的循环加载试验,

总结了路基的动态特性及沉降规律,并指出线路中线处路基动力响应最小,总体上呈马鞍形分布,这对路基设计参数的选取具有现实意义。本文以京-化高速公路二期路基施工工程为研究对象,借助有限元数值分析软件 ANSYS 建立车-路耦合动力学模型,采用半正弦脉冲荷载模 100 km/h、150 km/h 两种不同车速的汽车荷载,研究在不同车速荷载作用下路基的动力学特性及其工后沉降规律,以期为高速公路路基工程设计及施工提供有益参考。

1 工程概况

京化高速公路二期工程起于张家口市土木

收稿日期:2011-11-16

基金项目:河北省交通运输厅科技计划项目(Y-070229)

作者简介:李利飞(1985-),男,河北石家庄人,硕士研究生,从事岩土工程勘察设计方面的研究。

镇,与一期工程顺接,向西依次途经怀来县、涿鹿县、下花园区、宣化县,在胶泥湾处接张石高速公路,路线全长 71.281 km,项目采用双向六车道高速公路标准建设,设计行车速度 100 km/h。

2 路基填料工程特性

2.1 路基填料的基本物理性质

在京化高速公路沿线 4 个标段分别取样,编号分别为 A、B、C、D,经试验测定,各样本均能满足工程的使用要求^[7-8]。其基本物理性质如表 1 所示。

表 1 土样基本物理性质指标
Tab. 1 Indicators of the basic physical properties of soil samples

样品	干比重	取样土特性		
		液限 / %	塑限 / %	塑性指数
A	2.666 3	38.2	26.8	11.4
B	2.696 1	40.5	27.3	13.2
C	2.701 5	39.5	25.6	13.9
D	2.729 6	39.6	29.5	10.1

2.2 路基填料回弹模量试验

选取具有代表性的的土样 C 进行试验,根据击实试验得到的最大干密度和最佳含水量用压力机成型试样,再进行回弹模量的测定。试样中粗颗粒含量分别为 30%、50%、70%、90%。试验结果如图 1 所示。

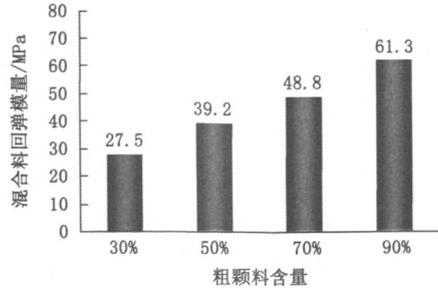


图 1 路基填料回弹模量值

Fig. 1 The modulus of elasticity of the subgrade material

由图 1 可以看出,随粗粒含量的增加,填料的回弹模量值增加。分析认为,这是由于当路基填料中粗颗粒含量小于 30% 时,颗粒含量都在 0.2~5 mm 范围内,以细颗粒为主,粗颗粒仅能悬浮于细料中,未能起到骨架作用,经压缩成型后强度较小;而当粗颗粒含量大于 30% 时,5 mm 以上粗颗粒能形成骨架作用,经压缩成型,强度较大。

3 动荷载作用下路基沉降规律研究

3.1 路基有限元模型

根据京化高速公路的设计,首先建立路基的有限元离散模型^[9-10],将路基视为三维实体,沿行车方向取 22 m,取横断面一半进行建模分析,路基采用 SOLID45 实体单元。在计算模型中 xy 平面为横断面, x 轴为横向, y 轴为竖向, z 轴为纵向(即行车方向)。材料计算参数如表 2 所示,路基断面三维模型见图 2。

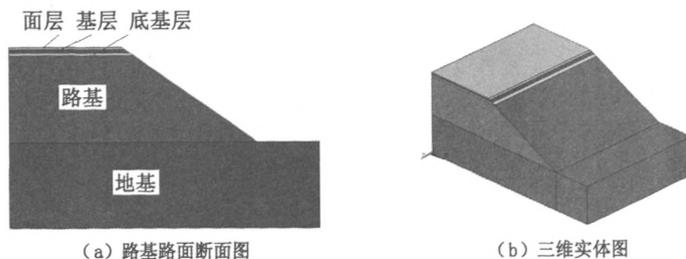


图 2 路基三维模型图

Fig. 2 The three-dimensional model of subgrade

表2 材料计算参数
Tab.2 The properties of material

材料参数	厚度/m	弹性模量/MPa	泊松比	内摩擦角/(°)	粘聚力/kPa	密度/(kg·m ⁻³)
面层	0.2	1200	0.25	60	350	2500
基层	0.3	800	0.25	40	250	2400
底基层	0.3	800	0.25	40	250	2400
路基	8	60	0.35	22	55	1900
地基	8	40	0.4	16	30	1800

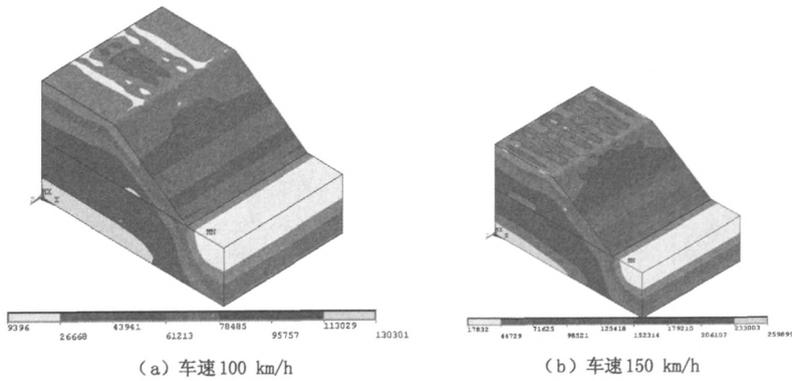


图3 100次循环峰值后路基等效动应力图

Fig.3 The equivalent stress of model after 100 cycles

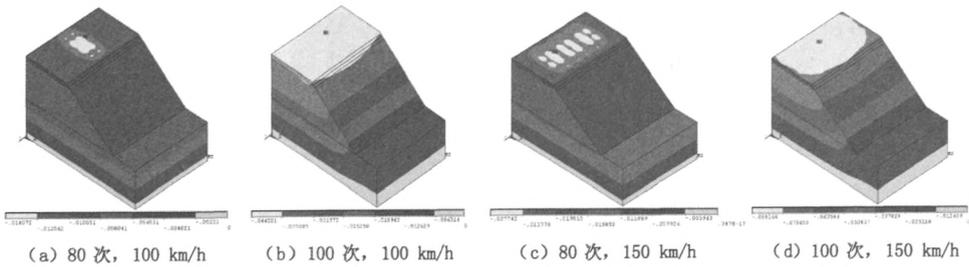


图4 循环荷载后路基沉降图

Fig.4 The vertical displacement of model after circle loading

3.2 动荷载作用下路基沉降数值模拟计算

基于建立的路基路面三维有限元分析模型,采用半正弦脉冲荷载来模拟汽车动荷载。根据路面设计规范,以双轮组单轴载 100 kN 为标准轴载进行分析计算,即 $P_0 = 100$ kN,在 100 km/h 和 150 km/h 两种速度、三车道三辆车作用下,对京化高速公路—典型路段进行计算分析。

100 次循环峰值后路基等效动应力如图 3 所示。可以看出,在相同的车辆循环荷载作用次数下,模拟试验车速不同,路基动应力也存在明显的差异。

车辆循环荷载作用下地基不同位置沉降见图 4。可以看出,路基沉降受速度效应与加载循环效应双重因素的影响。首先,速度增加相当于动荷载的加载峰值增加,动强度加大,故相应的位移也增加;另外,在同一种车速荷载的作用下,随着加载次数的增加,路基的竖向沉降同样呈增大的趋势,可知车辆循环次数也是影响路基沉降重要因素。

为表征不同车速下路基位移随深度的变化趋势,沿路基深度方向选择 5 个点 a(5.50, 5.50, -10.00)、b(5.50, 2.50, -10.00)、c(5.50, 0.00, -10.00)、d(5.50, 4.50, -10.00)、e(5.50, 3.50, -

10.00)分析各点随加载时间的位移变化(图5)。

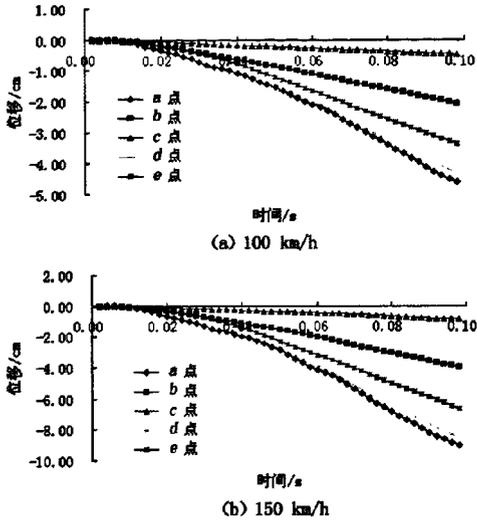


图5 位移随加载时间的变化趋势

Fig.5 The trend of the displacement with the time increasing

由图5中a-e各点的位移变化可以看出,在本试验加载条件下,沿深度方向,路基沉降值呈减少的趋势,沉降量极值点为a点,最大沉降量为9.624 cm,另外,c点的沉降量最小,为0.697 cm,与a点沉降量的比值已很小,约为0.07。

4 结论

1)路基沉降受速度效应与加载循环效应双重因素的影响。

2)动荷载作用下,沿深度方向路基的沉降呈减小的趋势。

3)本循环荷载试验加载条件下,路基沉降量极值点位于循环荷载加载点正下方,最大沉降量约为9.624 cm。

参考文献:

- [1] 赵明阶. 土力学与地基基础[M]. 北京:人民交通出版社, 2010.
- [2] 王南, 平恩顺, 岳龙山, 等. 基于车辆相互作用的动态特征分析[J]. 河北工程大学学报:自然科学版, 2009, 26(3): 63-66.
- [3] 陈国周, 张建勋, 贾金青. 高速公路边坡支护的安全监测[J]. 四川理工学院学报:自然科学版, 2010, 23(1): 7-9.
- [4] 杨成学, 杨文礼. 河南高速公路的质量和安全管理[J]. 四川理工学院学报:自然科学版, 2010, 23(2): 125-127.
- [5] 金雷. 高速公路路堤逐级填筑下路基沉降变形数值仿真分析[J]. 中外公路, 2009, 29(6): 34-37.
- [6] 王智猛. 高速铁路基床现场循环加载试验研究[J]. 岩土力学, 2010, 31(3): 760-764.
- [7] GB50021-2001. 岩土工程勘察规范[S].
- [8] JTGB01-2003. 公路工程技术标准[S].
- [9] 张乐乐. ANSYS辅助分析应用教程[M]. 北京:清华大学出版社, 北京交通大学出版社, 2006.
- [10] 张波. ANSYS有限元数值分析原理与工程应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2005.

(责任编辑 马立)