

路基施工过程变形研究的 FLAC3D 数值模拟

张宇旭

(黄石理工学院,湖北 黄石 435003)

摘 要:对路基在施工过程中的变形特性进行数值模拟分析,研究在不同填土重度和不同填土回弹模量的条件下,路基中心处竖向沉降和路基坡脚处的水平侧向位移随路基填土高度的变化情况,在满足规范要求的条件下,尽可能的选用重度小的填土或提高路堤回弹模量,能够改善公路沉降变形。

关键词:路基施工;FLAC3D 数值模拟;沉降

中图分类号:U415 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2011.06.016

0 引 言

地基沉降变形分析是土力学的重要研究课题之一.自从太沙基(Tetzaghi)的一维固结理论^[1]问世以来,各国学者相继进行了土体固结沉降理论的研究,并取得了丰硕的成果,这些研究成果对实际工程建设都起到了很好的指导作用.近几年来,计算机技术的发展突飞猛进,把计算机技术应用到土力学中的计算软件也越来越多,采用有限拆分和有限元等数值计算分析地基沉降已成为现实.随着西部大开发政策的实施,西部地区的基础建设亦提上日程,兴建公路、南水北调工程、石油管线建设等项目将会日益增多,这些对沉降计算的要求也在不断提高,改进或提高沉降预测和计算方法具有重大的学术价值和社会效益^[2-3].本文以西部某二级公路为例,进行路基在施工过程中的变形与数值模拟研究,对其它类似工程具有一定的工程价值。

1 工程概况

如图 1 所示,地基计算深度为 50 m,分为两层,上部为回填土,厚度为 10 m,下部为粘土层,厚度为 40 m;路基计算宽度为 200 m,填筑高度为 5 m,坡度为 1:1.5,地基土分为两层,厚度为 20 m,上部位粘土层,厚度 8 m,下部为砂土层,厚度为 12 m.具体参数见图.路堤填筑高度为 4 m,分两次进行填筑.要求分析路堤填筑后土层的应力、位移状态。

2 模型建立

基于朗格朗日法原理的 FLAC(Fast Lagrangian

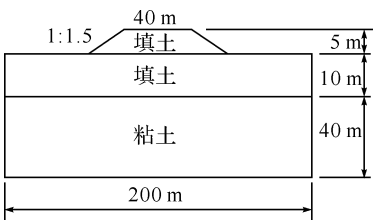


图 1 路堤施工的几何模型

Fig. 1 The geometrical model of embankment construction

Analysis of Continua)是一种专门用于求解岩土力学问题的程序,可用于分析有关边坡、基坑等一系列岩土工程问题.本文采用有限差分软件 FLAC3D 进行路堤填筑应变应力与位移的分析,有关 FLAC 的基本理论见文献^[4].

2.1 本构模型的选取

本构模型是对岩土材料力学性质特性的经验性描述,它所反映的是外荷载条件下岩、土体的应力-应变关系,因此,本构模型的选择是数值模拟的一个关键性步骤. FLAC3D 具有强大的适合模拟岩土材料的本构模型,FLAC3D 提供了十种基本的本构模型,分别归类到空模型、弹性模型和塑性模型中^[5].事实上,一种模型不可能考虑所有影响因素,也不可能有一种模型适用于所有土体的类型和加载情况,只有当选择的本构模型与工程材料力学特性契合度较高时,其选择才是合理的.根据实际工程中土的类型及加载条件,抓住主要矛盾,选择符合实际情况的本构关系为路基工程服务具有非常重要的现实意义。

本文采用的是 Mohr - Coulomb 模型,它需要的参数少且容易获得,基本满足工程实际需要.模拟过程中采用的不同土层的内摩擦角 φ 、粘聚力 c

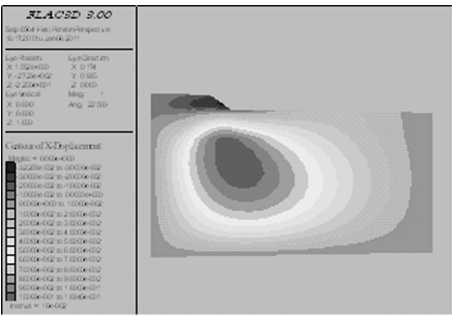


图 6 填筑结束时水平位移云图

Fig. 6 The horizontal displacement after filling

从图 5 和图 6 可以看出,路堤堆载作用引起的基础沉降最大值 54.5 cm,且最大沉降位置位于路堤中心点处;最大水平位移为 32.3 cm,发生在坡脚附近。

由图 5 图 6 可知,在实际工程中,工程师们最关心路基中心节点和坡脚节点的变形结果.其变形结果如图 7.

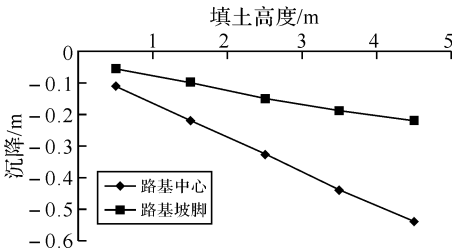


图 7 路基中心及坡脚的沉降曲线

Fig. 7 The settlement curve of basal slope and foundation center

由图 7 可知,路基中心沉降曲线的斜率要大于路基坡脚水平位移曲线斜率,说明路基中心的沉降要大于路基坡脚的水平位移。

3 计算结果分析

3.1 路基中心沉降分析

3.1.1 不同路堤填土重度对比分析 计算依然选取和前文相同的数值模型和边界条件,对上路堤填土选取了三种不同重度值进行模拟计算: $\gamma=12\text{ kN/m}^3$ 、 $\gamma=15\text{ kN/m}^3$ 和 $\gamma=20\text{ kN/m}^3$. 通过计算分析不同路堤填土重度对路基沉降和侧向位移的影响。

从图 8 可以看出,随着重度的增小,路基沉降随之减小;且重度越小,沉降曲线曲率也越缓.在填筑结束时,由 $\gamma=20\text{ kN/m}^3$ 的 74.2 cm 减小到 $\gamma=12\text{ kN/m}^3$ 的 43.2 cm,减少了 41%. 因此,路堤填土重度对路堤的沉降有较大的影响,在满足规范要求的情况下,尽可能的选用重度小的填土。

3.1.2 不同路堤填土模量对比分析 由于填筑路堤土体的物理力学参数的差异,以及路堤施

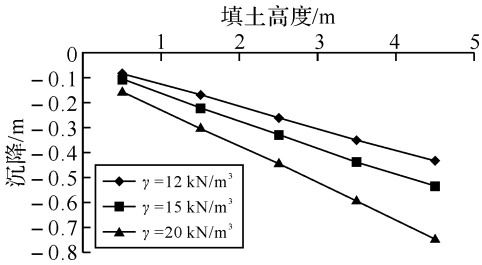


图 8 不同填土重度路基中心沉降曲线

Fig. 8 The settlement curve of foundation center of different filling severe

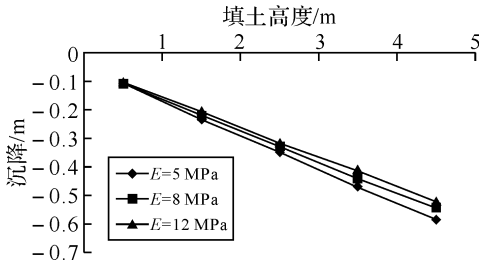


图 9 不同弹性模量路基中心沉降曲线

Fig. 9 The settlement curve of foundation center of different elastic modulus

工方法的不同,在不同的路段路堤的弹性模量会有所不同.改变路堤土体的弹性模量分别进行计算,分析在路堤弹性模量不同的情况下对原有路堤沉降的影响.不同弹性模量下路基中心的沉降曲线如图 9.

由图 9 可见,随着路基弹性模量的增加,其沉降量反而较少,并且这种趋势在逐渐变缓,增大路堤模量对沉降的影响越来越小;在填筑结束时,路基中心的沉降随着路堤土体弹性模量增大的变化很不显著.从图中看出,在路堤模量为 5 MPa 时,沉降量 58.2 cm,路堤模量增加到 12 MPa 时,沉降量下降到 52.1 cm,下降了 10.4%. 因此,在路堤填筑时,适当的提高路堤模量,能够改善公路沉降变形。

3.2 路基坡脚的侧向位移分析

由上文的分析可知:路基坡脚处的水平位移较大,再此仅分析在不同路基填土重度以及不同填土弹性模量情况下路基坡脚处的侧向位移.由图 10 和图 11 可知,路基坡脚侧向位移在两种情况下都比较小。

3.2.1 不同路堤填土重度对比分析 如图 10,路基坡脚处的侧向位移随着路基填土厚度的增加而逐渐增加,达到峰值后又逐渐减小,呈凸起抛物线形;其峰值随着路基填土重度的减小而滞后,例如 $\gamma=12\text{ kN/m}^3$ 时,其峰值 1.66 cm 出现在填土高度为 3.3 m 的时候,而 $\gamma=20\text{ kN/m}^3$ 时,峰值 1.82 cm 出现在填土高度为 2.5 m 的时候.由图 10 还可以看出,抛物线基本随峰值对称,重度越

小,抛物线的开口越大.

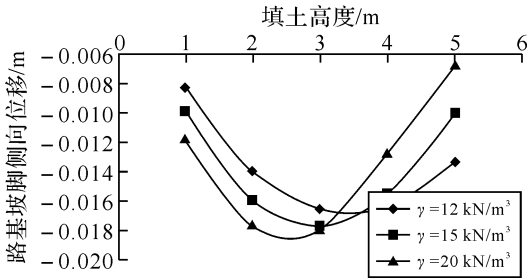


图 10 不同重度路基坡脚侧向位移曲线
Fig. 10 The side settlement curve of basal slope of different filling severe

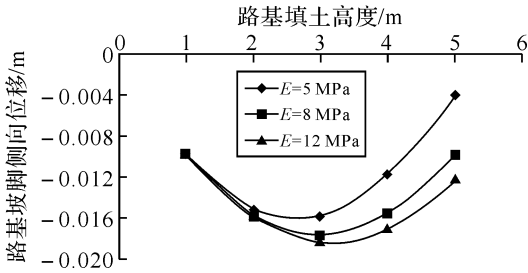


图 11 不同弹性模量路基坡脚侧向位移曲线
Fig. 11 The side settlement curve of basal slope of different elastic modulus

3.2.2 不同路堤填土模量对比分析 如图 11, 路基坡脚处的侧向位移随着路基填土厚度的增加而逐渐增加,达到峰值后又逐渐减小,呈凸起抛物线形;其峰值随着路基填土弹性模量的增大而滞后,例如 $E=5\text{ MPa}$ 时,其峰值 2.5 cm 出现在填土高度为 2.5 m 的时候,而 $E=12\text{ MPa}$ 时,峰值 1.83 cm 出现在填土高度为 3.1 m 的时候.由图 10 还可以看出,在侧向位移达到峰值以后,其减小的幅度比比开始逐渐增加的幅度要大;路基填土弹性模量越大,抛物线的开口越大.

4 结 语

a. 随着重度的增小,路基中心处沉降随之减小;且重度越小,沉降曲线曲率也越缓.因此,路堤填土重度对路堤的沉降有较大的影响,在满足规范要求的情况下,尽可能的选用重度小的填土.

b. 随着路基弹性模量的增加,路基中心处的沉降量反而较少,并且这种趋势在逐渐变缓,增大路堤模量对沉降的影响越来越小;在填筑结束时,路基中心的沉降随着路堤土体弹性模量增大的变化很不显著.因此,在路堤填筑时,适当的提高路堤模量,能够改善公路沉降变形.

c. 路基坡脚处的侧向位移随着路基填土厚度的增加而逐渐增加,达到峰值后又逐渐减小,呈凸起抛物线形.

d. 路基坡脚处的侧向位移随着路基填土厚度的增加而逐渐增加,达到峰值后又逐渐减小,呈凸起抛物线形;其峰值随着路基填土弹性模量的增大而滞后.

参考文献:

[1] Alamgir M, Miura N, Proorooshasb H B, et al. Deformation analysis of soft ground reinforced by columnar inclusion[J]. Computers & Geosciences, 1996, 13(4): 267-289.
[2] 殷宗泽,朱泓,吴钰.沪宁高速公路地基沉降有限元计算分析[J].水利水电科技进展,1998,18(2):22-26.
[3] 吴大志,李夕兵.高速公路路基沉降计算方法[J].湖南交通科技,2001,27(4):4-6.
[4] 陈育民,徐鼎平. FLAC/FLAC3D 基础与工程实例 [M]. 北京:中国水利水电出版社,2009.
[5] 谢和平.岩石力学[M].北京:科学出版社,2004.

FLAC3D numerical simulation study on deformation of subgrade construction process

ZHANG Yu - xu

(Huangshi Institute of Technology, Huangshi 435003, China)

Abstract: Numerical simulation analysis of the deformation characteristics in the construction process of subgrade is conducted. In different unit weight and modulus of resilience conditions of filled soil, vertical settlement and the horizontal lateral displacement in the embankment slope feet of roadbed center change with the change of the depth of fill. The deformation law are found, which guide practical engineering of the subgrade construction. The filled soil of small severe is selected or the elastic modulus is raised to improve the settlement deformation of highway under the condition of standard requirement.

Key words: subgrade construction; FLAC3D numerical simulation; settlement