

路基体内最大侧向位移的位置

刘金龙 夏勇

(合肥学院建筑工程系, 安徽合肥 230022)

【摘要】 路基体内最大侧向位移位置的准确确定, 对于合理布置测斜仪、准确把握路基变形特征具有重要意义。基于非线性有限元方法, 对路堤各施工阶段路基体内的最大侧向位移的位置进行了考察, 对比分析表明: 在各施工阶段路基体内最大侧向位移的位置并不是固定不变的, 其随着填筑和固结阶段的不同而发生变化。最大侧向位移的位置一般位于坡趾处竖向断面与坡中竖向断面之间的范围附近, 故建议把测斜仪布置在该范围内(为了施工方便, 可布置在坡中竖向断面或坡趾竖向断面处)。分析表明, 工程中通常采用的利用测斜仪来量测路基深部侧向位移发展情况的技术存在一定的弊端。故需发展更精密的仪器来考察路基侧向位移的基本特性。

【关键词】 非线性有限元; 路堤; 软土路基; 分阶段填筑; 侧向位移; 测斜仪

【中图分类号】 TU 432

Study on the Location of the Maximal Lateral Displacement of Soft Soil Foundation Under Embankment

Liu Jinlong Xia Yong

(Department of Civil Engineering, Hefei University, Hefei Anhui 230022 China)

【Abstract】 It is important to define the location of the maximal lateral displacement of soft soil foundation, which affect the disposal of inclinometer pipe and holding the character of deformation exactly or not. Based on nonlinear finite element method, the character of lateral displacement of soft soil foundation with stage construction is analyzed. It is shown that the location of the maximal lateral displacement is changeable at different construction stages, which more likely lies in the vertical surface between the toe and the middle of slope of embankment. In order to get the maximal lateral displacement reasonably, it is suggested that the inclinometer pipes should be placed in the area between the toe and the middle of slope of embankment. It is also shown that the lateral displacement can not be measured conveniently with inclinometer pipe, although which has been used in engineering widely, for there are many shortcomings within this technique. So, the technique and instrument should be improved to measure lateral displacement accurately.

【Key Words】 nonlinear finite element method; embankment; soft soil foundation; stage construction; lateral displacement; inclinometer

0 引言

路基侧向位移的大小及其变化速率是控制路堤填筑过程中是否能满足变形与稳定要求的主要参量之一^[1-4], 也是影响路基最终沉降量大小的重要因素^[5-6]。因此, 准确掌握路基侧向位移的发展规律, 对路堤施工过程中的实时决策非常重要。

工程中通常采用测斜仪来测量路基深部的侧向位移发展情况, 且测斜管应埋设在路基体内侧向位移最大的平面位置^[7]。至于最大侧向位移的具体位置位于何处, 目前并没有统一的看法, 实际工程中把测斜管埋设于路肩、路堤坡趾或其它位置的做法

均存在。

若不能合理判断路基体内侧向位移最大的平面位置, 导致基于测斜仪得到的数据不能准确确定路基变形的主要特征, 势必影响到路堤施工过程中决策的合理性与有效性。

在工程实际中, 由于资金的限制, 一般也较难通过设置大量测斜仪来对比分析路基不同部位侧向位移的大小。现有文献资料也较少涉及到不同位置上侧向位移大小的系统性对比分析。本文用非线性有限元方法, 通过变换计算参数模拟了不同工况下路堤分阶段填筑过程中侧向位移的基本特性, 得到

了路基体内最大侧向位移位置的变化规律,并进一步分析了测斜仪在量测路基侧向位移的过程中存在的弊病,为工程实际中测斜仪的合理埋设、公路规范中相应条款的进一步修订提供一定的参考。

1 路堤有限元模型的建立

针对某一典型的路基断面进行变形与稳定性分析。该路堤断面顶宽为 18 m,路堤填筑高度 4.0 m,坡度为 1:n,软弱地基深度为 12 m,路堤和地基的几何构型见图 1。

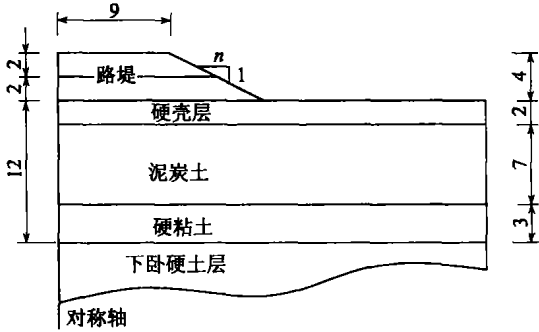


图 1 路堤横断面示意图(单位:m)

根据地勘资料,地基软土按照土性差异可划分为 3 个土层,各层路基土的强度参数见表 1。地下水位埋深 1 m。有限元分析中采用 15 节点的三角形单元进行网格剖分,坡度为 1:2 情况下的有限元计算网格见图 2。由于对称性,在对称轴断面上不发生孔压消散,故有限元计算中应关闭对称轴处的固结边界,使超静水压力不通过对称轴向外扩散。

表 1 路堤土及软弱地基的土性参数

土层	干重度/ (kN·m ⁻³)	湿重度/ (kN·m ⁻³)	k/(m·d ⁻¹)	c'/kPa	φ/(°)	ν	E/kPa
路堤土	18.5	20.5	1.0	19.8	16.5	0.35	2 700
硬壳层	16.5	18.5	7×10 ⁻³	16.7	12.4	0.30	3 300
泥炭土	13.5	16.5	3×10 ⁻³	10.5	5.50	0.25	1 600
硬粘土	17.5	18.5	4×10 ⁻³	14.0	10.5	0.30	2 500

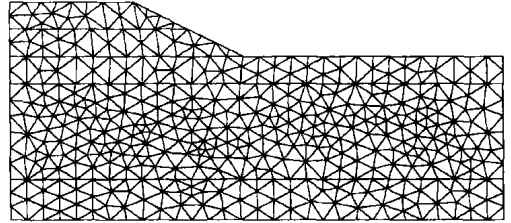


图 2 坡度 1:2 时有限元网格划分(单元:826,节点:6 785)

该路堤的施工步骤为:①将路堤填筑至 2 m,费时 10 d;②施工间歇 120 d,使超孔隙水压尽量消散,记为第一固结阶段;③将路堤高度从 2 m 填筑至 4 m,费时 12 d;④工后固结期 150 d,记为第二固结阶段。

2 各施工阶段路基侧向位移的特征分析

通过有限元计算,得到了不同工况条件下路基体内侧向位移的分布情况。图 3~图 5 列出了路堤坡度分别为 1:1.5, 1:2 和 1:2.5 情况下侧向位移的等值线分布云图。

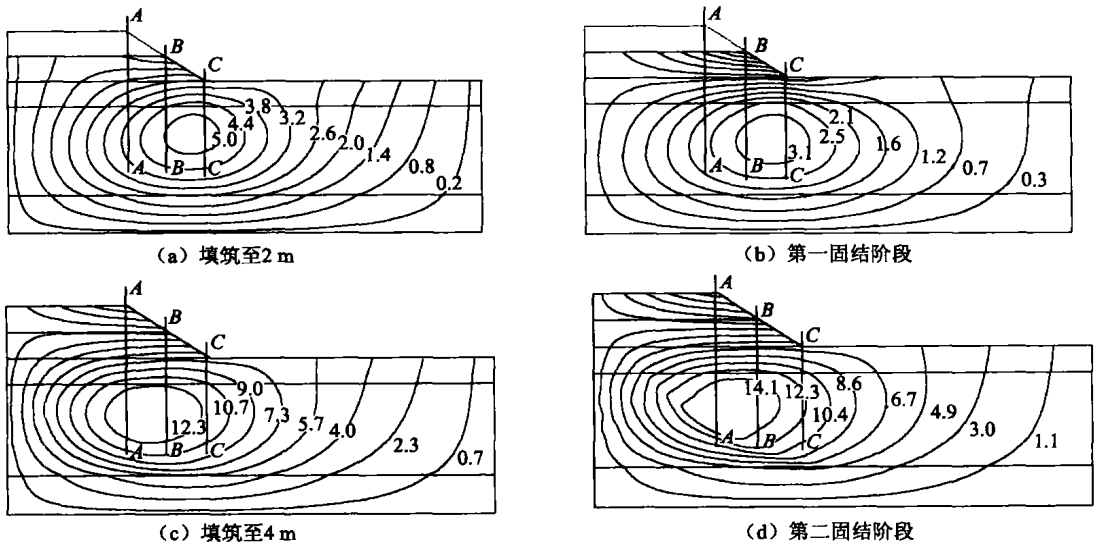


图 3 路堤坡度为 1:1.5 时路基体内侧向位移的等值线分布云图(单位:cm)

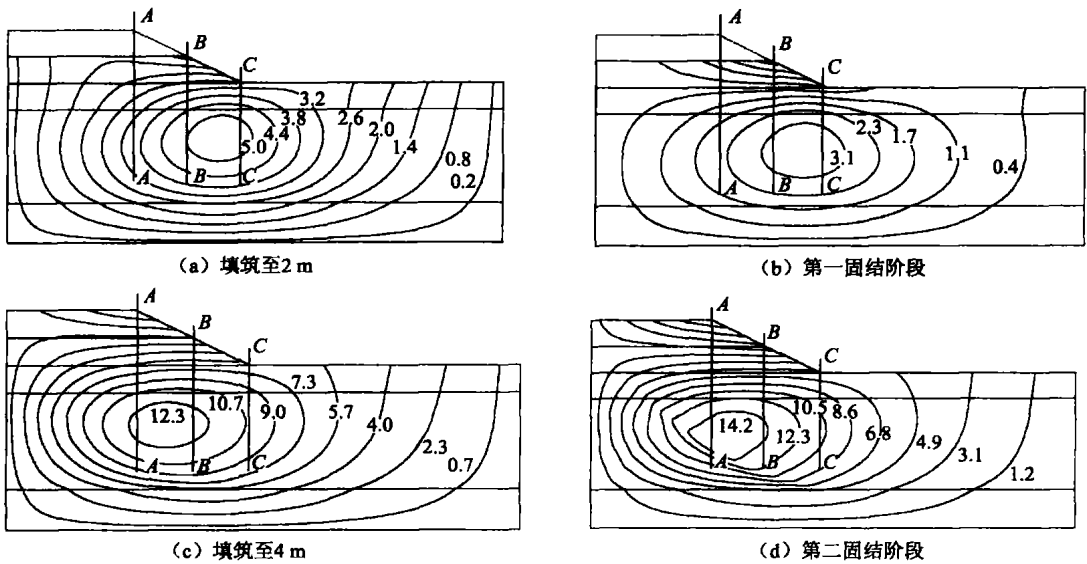


图4 路堤坡度为1:1时路基体内侧向位移的等值线分布云图(单位:cm)

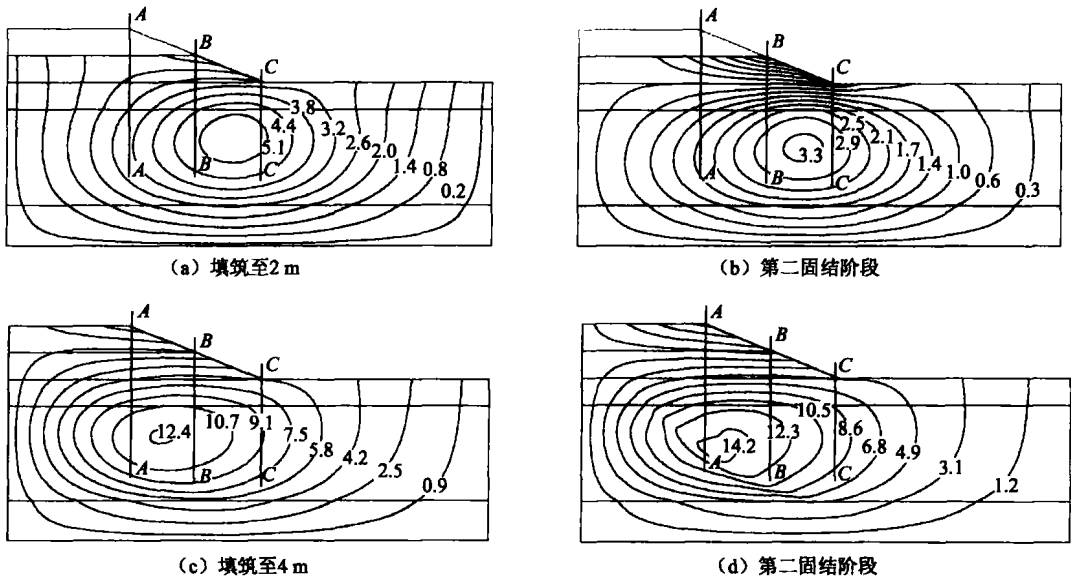


图5 路堤坡度为1:2.5时路基体内侧向位移的等值线分布云图(单位:cm)

分析对比图3~图5可知:

1) 在各施工阶段路基体内最大侧向位移的位置并不是固定不变的,其随着填筑和固结阶段的不同而发生变化。这一特征在现有的文献中较少被认识到。

2) 在填筑至2m和第一固结阶段,最大侧向位移的位置基本位于坡趾竖向断面CC处。而在填筑至4m和第二固结阶段,最大侧向位移的位置大致位于坡中竖向断面BB附近。即随着路堤的建设,最大侧向位移的位置一般向路中心内发展。

3) 最大侧向位移的竖向位置一般在路基软土层中,大约位于距地面5~8m的范围内。

鉴于上述认识,建议把测斜仪布置在坡趾处竖

向断面CC与坡中竖向断面BB之间的范围附近(为了施工方便,可布置在坡中断面BB或坡趾处竖向断面CC处)。若把测斜仪布置在路堤坡趾以外其它地方,则很难探测到路基体内的最大侧向位移。

广东省境内的佛(山)一开(平)高速公路,全长80km。为了得到各施工阶段侧向位移的基本信息,在路堤边坡坡中、路堤坡趾及坡趾以外的部位埋设了深层测斜仪。现场观测结果表明,坡趾处测点的观测值最大^[8]。这一实测最大侧向位移的位置位于本文所建议的范围之内。

同时指出,工程中一般采用测斜仪来量测路基深部的侧向位移发展情况,虽然该技术使用较普遍,但其存在一定的弊端^[3,7]:

1) 测斜管管材普遍使用直径为 6~8 cm、壁厚为 5~8 mm 的 PVC 管,该管的刚度远远大于饱和软土,刚度的差异造成软土与测斜管不能协调变形,只有在软土挤出的速率较大时测斜管才变形,但变形量远小于软土本身。

2) 测斜管两端被相对固定,其在软土的流动摩擦阻力作用下发生变形的同时管体本身也产生抵抗变形的反力。变形越大,反力也越大,当反力大到可以抵抗土的流动摩擦阻力时,测斜管不再发生变形。因此观测时间越长,测斜管的位移量与软土的实际位移量偏差越大。

3) 测斜管的埋设要求很高,要埋深至无水平位移的深层硬土,不要严格控制测斜管在土中的垂直度,而且观测工作量也较大。

由此可见,基于测斜管得到的侧向位移数值也是近似的,有可能因非确定性因素导致测量结果存在较大的误差。故需发展更精密的仪器来考察路基侧向位移的基本特性。

有限元计算还得到了不同施工阶段路堤的安全系数(见表 2)。随着路堤坡度的变缓,相应各施工阶段路堤安全系数变大。另一方面,固结阶段的安全系数比填筑阶段的相应值大,这是由于土体固结后强度有所提高所致。

表 2 各施工阶段路堤的安全系数

坡度	安 全 系 数			
	填筑至 2 m	第一固结阶段	填筑至 4 m	第二固结阶段
1:1.5	2.36	2.48	1.30	1.37
1:2.0	2.40	2.51	1.33	1.41
1:2.5	2.44	2.54	1.37	1.46

3 结 论

基于非线性有限元方法,对路堤各施工阶段路基体内的最大侧向位移的位置进行了考察。

1) 在各施工阶段路基体内最大侧向位移的位置并不是固定不变的,其随着填筑和固结阶段的不同而发生变化。

2) 在初始填筑阶段和第一固结阶段,最大侧向

位移的位置基本位于坡趾竖向断面处。而后期填筑阶段和第二固结阶段,最大侧向位移的位置大致位于坡中竖向断面附近。即随着路堤的建设,最大侧向位移的位置一般向路中心内发展。建议把测斜仪布置在坡趾处竖向断面与坡中竖向断面之间的范围附近(为了施工方便,可布置在坡中竖向断面或坡趾竖向断面处)。

3) 工程中通常采用测斜仪来量测路基深部的侧向位移发展情况,虽然该技术使用较普遍,但其存在一定的弊端。一般地,基于测斜仪得到的侧向位移数值是近似的,有可能因非确定性因素导致测量结果存在较大的误差。故需发展更精密的仪器来考察路基侧向位移的基本特性。

4) 路堤坡度越缓,相应各施工阶段路堤的安全系数越大。另一方面,固结阶段的安全系数比填筑阶段的相应值大,这是由于土体固结后强度有所提高所致。

参 考 文 献

- [1] Tavenas F, Blanchet R, Garneau R, et al. The stability of stage-constructed embankments on soft clays [J]. Canadian Geotechnical Journal, 1978(15):283-305.
- [2] Tavenas F. Lateral Displacements in Clay Foundations under Embankments [J]. Canadian Geotechnical Journal, 1979(16):532-549.
- [3] 刘增贤,汤连生. 路堤荷载下软土侧向挤出沉降分析[J]. 工程勘察, 2003(2):1-4.
- [4] 孟祥波. 高速公路软土地基路堤填筑方法分析[J]. 路基工程, 2006(1):31-33.
- [5] 周 镜. 软土沉降分析中的某些问题[J]. 中国铁道科学, 1999, 20(2):17-29.
- [6] 李 飞,程鹏环,周 乾. 软土路基侧向变形影响因素分析与监测研究[J]. 工程勘察, 2004(3):16-19.
- [7] JTJ 017-96 公路软土地基路堤设计与施工技术规范[S].
- [8] 秦建平,陈栓发. 软基路堤现场观测结果的分析与工程应用[J]. 西安公路交通大学学报, 1997, 17(1):5-8.

收稿日期:2006-08-01