

文章编号: 0451-0712(2006)04-0140-04

中图分类号: U418.8

文献标识码: A

老路拓宽沉降规律 ANSYS 有限元分析

应荣华, 郑健龙

(长沙理工大学 长沙市 410076)

摘 要: 通过分析老路拓宽工程中差异沉降研究的现状, 指出了目前计算方法的不足。结合通用有限元程序 ANSYS, 运用粘弹性材料来模拟土体的非线性, 对老路拓宽工程进行了非线性有限元分析, 总结了差异沉降的规律, 并依据计算结果对老路拓宽的设计提出了建议。

关键词: 拓宽; 差异沉降; 非线性有限元

随着国民经济的飞速发展, 交通需求量也在急剧增加, 我国很多道路的交通量已经达到饱和。为了提高道路服务水平, 减少交通事故的发生, 对原有道路进行拓宽改造势在必行。但是在拓宽路面开放交通一段时间后, 路面在新老路基结合处会形成一条纵向长裂缝, 在高路堤的情况下, 甚至可能发生大量错台和整体滑移的现象。因此, 老路拓宽中如何有效地减小新老路基的不协调变形, 防止路面开裂, 是设计和施工应解决的重要问题。如何准确、系统地计算老路拓宽的差异沉降, 则是整个老路拓宽课题的基础。从差异沉降的成因方面来分析, 新老路基的差异变形主要由 3 个部分组成: 第一部分是由于地基在新路堤荷载作用下发生的固结变形; 第二部分是新路堤在自身荷载作用下发生的压缩变形; 第三部分是新路堤在行车荷载作用下发生的累计塑性变形。

目前, 设计施工中计算固结沉降的方法还是以分层总和法为主。在新老路基差异沉降的计算中, 很多人也应用分层总和法, 做了很多有益的探讨。如文献[1]中, 拓宽路基后的工后沉降值, 为新老路基的最终沉降量减去老路基已完成的沉降量差值再乘上未完成的沉降系数, 即:

$$S_{\text{工后}} = (S_{\text{新总}} - U_{\text{老}} S_{\text{老总}}) \times (1 - U_i)$$

式中: $U_{\text{老}}$ 为拓宽施工前老路基的固结度; U_i 为新老路基在施工完成后的固结度。

但是, 应用分层总和法没有办法考虑新老路基的相互影响, 在新老路基结合处的差异沉降计算值偏大, 不能有效地模拟差异沉降的横断面形状。并

且, 分层总和法只能计算出地基顶面的不均匀变形, 却无法反映出路堤顶面的实际沉降横断面图, 而后者才影响着路面结构的受力状态。

由于有限元法能够适应复杂的边界条件、材料及状态的非线性, 所以在计算差异沉降的课题中应用有限元方法能够发挥重要的作用。周志刚等人^[2]利用有限元对老路拓宽设计方法做了大量研究, 其方法为假定路基土体为线弹性体, 得到路堤顶面不均匀沉降的特征函数, 然后假定土层内部各点在重力作用下产生的弹性变形和流动变形成比例, 用分层总和法计算出的最大沉降值修正, 得到不均匀沉降的实际形状和大小。这种方法比分层总和法更能准确地反映新老路基的相互作用。但是, 由于土体复杂的本构关系, 用线弹性模拟然后修正的方法具有一定的局限性。

本文旨在结合大型通用有限元程序 ANSYS, 通过平面粘弹性有限元分析, 总结新老路基差异沉降的一般规律。

1 新老路基力学分析模型

1.1 模型的基本假定

(1) 将新老路基和地基视作各向同性的线性粘弹性材料。

(2) 新老路基在长度方向及地基在深度方向均为无限大。

(3) 老路基为各向同性均匀弹性材料, 以材料参数弹性模量 E 与泊松比 μ 表示, 且各层材料参数为

常数。

(4)层间接触条件为完全连续接触。

(5)认为路面体系为小变形且只考虑新老路基自重的影响。

(6)新老路基属于平面应变问题。

1.2 路面结构分析模型与结构图示

由不协调变形的组成和机理分析可知,不协调变形在不同拓宽条件下有不同特征,且构成不协调变形的各组成部分计算相当复杂,涉及到新老路基的共同作用(新老路基通过上覆压力工作)、路基及地基的固结沉降和工后变形、不同土质条件参数等。这些因素很难通过纯理论解来考虑,而有限元法可以考虑复杂的边界条件和模拟材料的非线性以及状态的非线性,故可以在新老路基不协调变形的分析中采用有限元法。

本文分析对象为新老路基和地基的受力特性。新老路基和地基的本构关系采用粘弹性蠕变本构关系,新老路基为平面应变弹性体。其边界条件为:地基底面为完全约束;地基侧面水平向约束。老路基顶面宽度为10 m;地基计算深度为30 m,计算宽度为100 m,大于3倍拼接后路基基础的宽度。路基的坡度取1:1.5。示意图见图1。

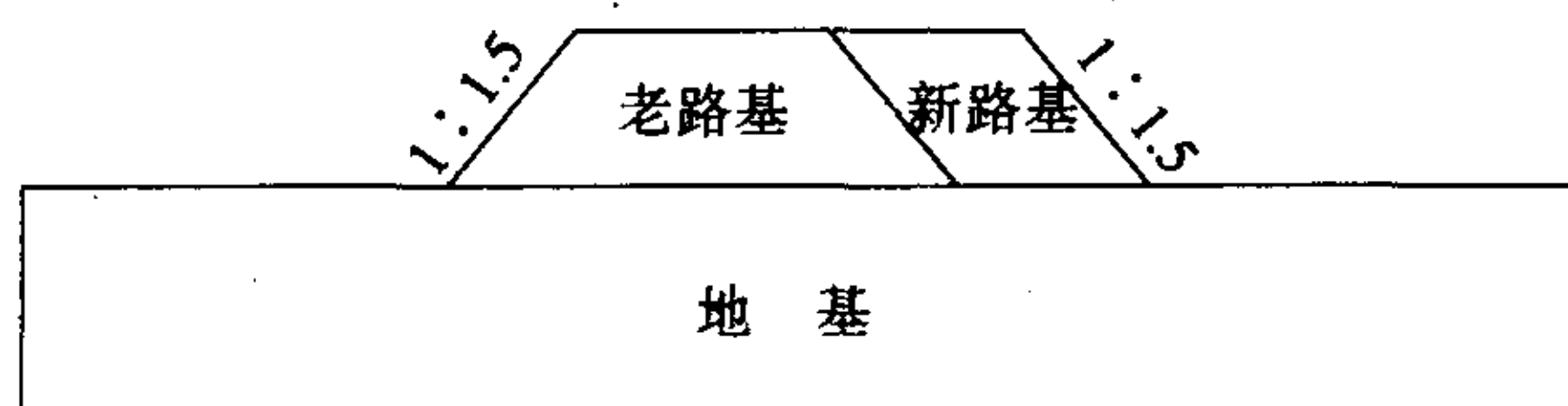


图1 新老路基示意

2 有限元计算分析

2.1 ANSYS 粘弹性有限元分析

由于材料的粘弹性特性,ANSYS 粘弹性有限元计算是非线性的。在非线形分析时,作用在模型上的荷载被分成一系列荷载步,每完成一个荷载步的计算,结构模型的刚度矩阵就发生变化,然后再进行下一步荷载步的计算。在ANSYS 程序中采用Newton-Raphson 平衡准则来更新结构模型的刚度矩阵。

在本次计算中,对于沥青混凝土单元是用力和位移双收敛准则,收敛的容许范围由ANSYS 程序自动选择。

2.2 ANSYS 的模型单元与有限元网格的划分

2.2.1 有限元模型单元

在本次计算中,模拟新老路基及地基的单元为ANSYS 中的PLANE183 号单元,见图2。该单元为8节点二次等参单元,在每个节点处有2个自由度,即 x 、 y 方向的位移。该单元不仅可以用于弹性平面问题,也可以用于粘弹性问题。

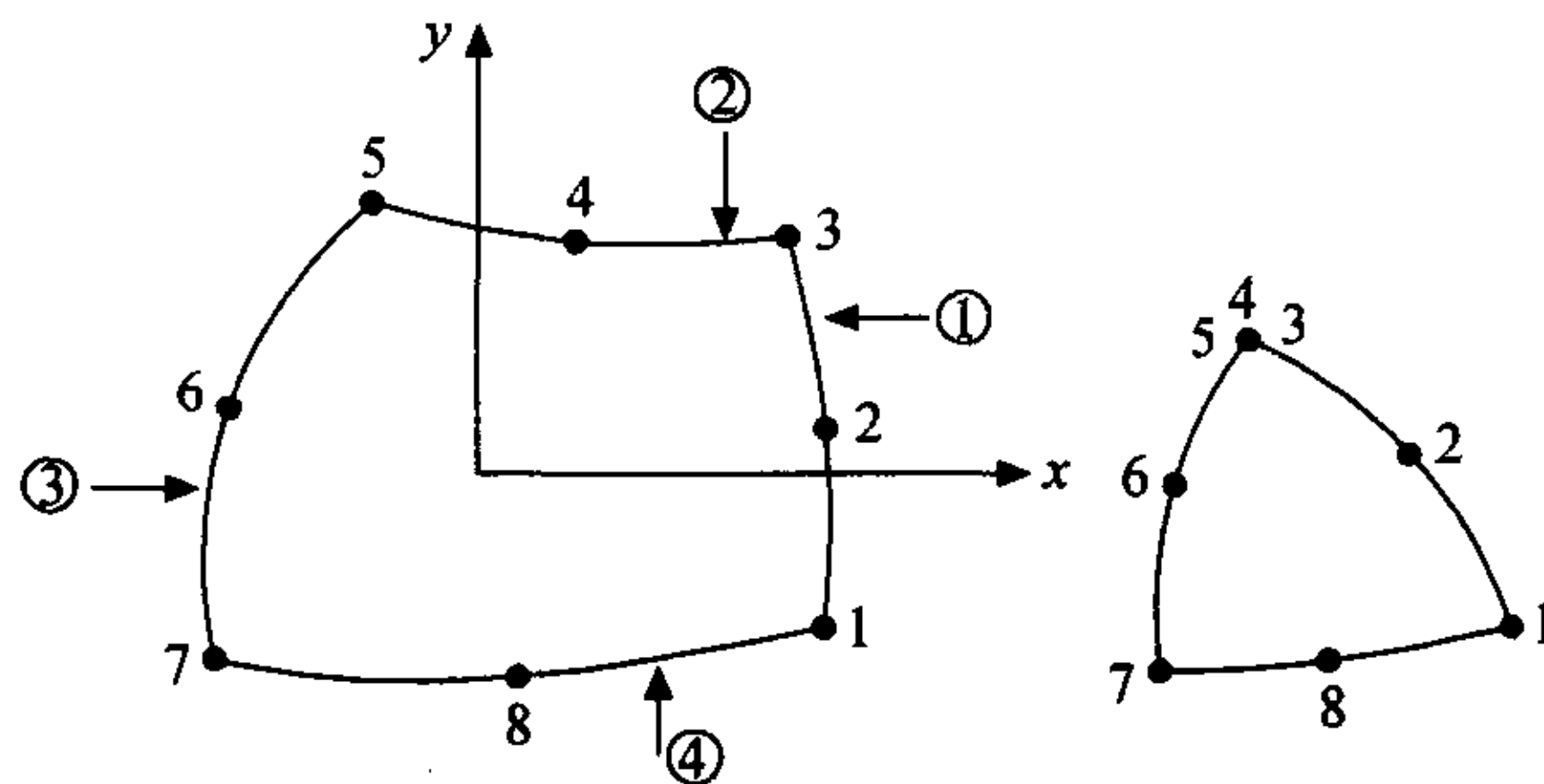


图2 PLANE183 平面单元

2.2.2 单元网格的划分

由于地基比路基的尺寸大,而荷载施加于面层表面,如果采用一致的单元网格加密技术,则不利于发挥各部分的特点,所以本文采用了局部加密的方法来分析各部分材料的特性。对于地基单元划分较稀疏,对路基较细密,(具体划分方法见图3),从而使划分网格不会过多而影响到计算速度,另一方面又不会使计算结果的精度受到影响。

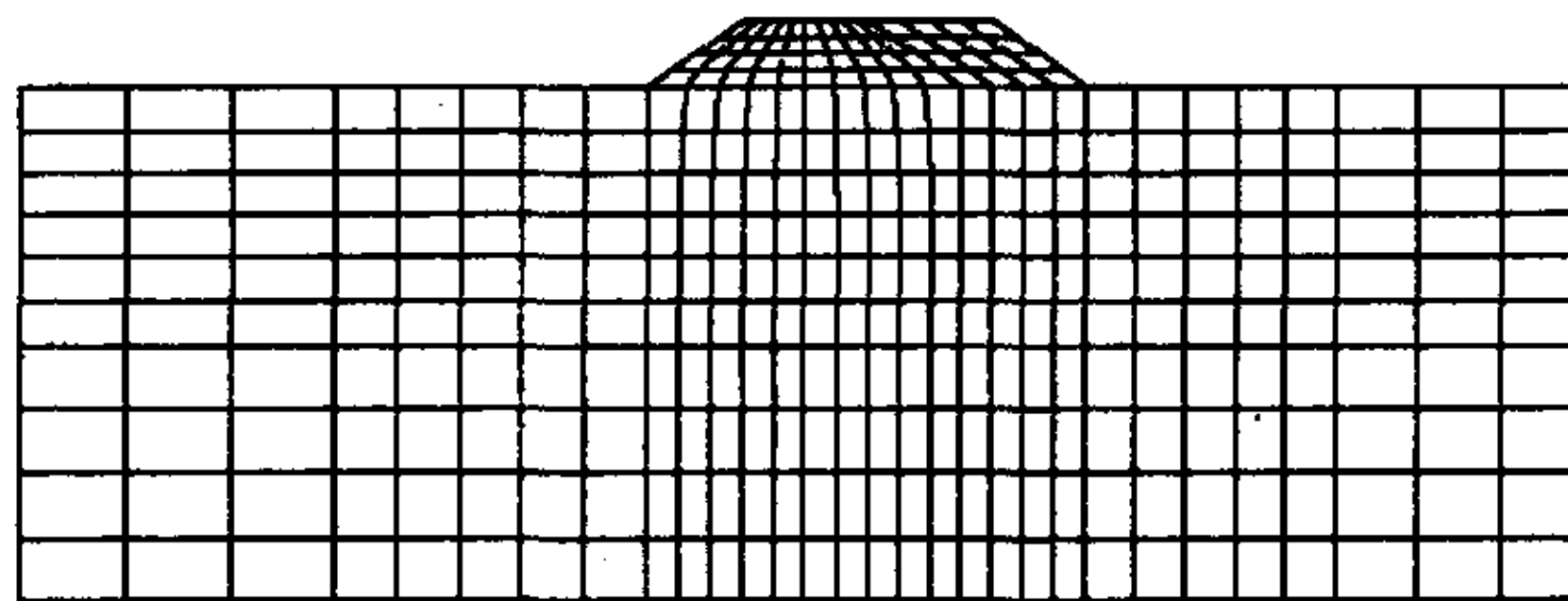


图3 网格划分示意

由于本模型假设接触部位完全连续,所以在层间的接触处即各层之间的接线处使用布尔命令,使划分后的单元在接线处共节点。这保证了在接触处的相邻单元能够吻合,且能够使三层独立的模型形成一个整体,也保证了层间的接触条件为完全连续接触。

2.3 计算条件

2.3.1 新老路基及地基材料参数

土在不同的荷载级别下表现出不同的蠕变曲线,也就是不同的荷载下,粘弹性材料参数是不同的,而且本文只考虑土在自重作用下的沉降规律,所以在选用粘弹性参数时就根据自重应力的不同而采用不同的粘弹性参数。而自重应力又与填土高度有

关系,所以就可以根据不同的填土高度来采用不同的粘弹性参数。本文借助于西部课题“新老路基结合部处治技术”中的试验路段——安平(安康~平利)路段和铜川锦阳(铜川新区~耀县县城)路段现场观测数据,具体参数见表1和表2。

表1 基层及土基材料参数

材料类型	弹性模量 E_0 /MPa	泊松比 μ	密度/(kg/m ³)
新路基(包括地基)	42.79	0.3	1 800
老路基	35	0.25	1 800

注:新路基和地基的弹性模量为瞬时弹性模量。

表2 新路基和地基粘弹性参数

简号	深度/m	松弛时间 T_b /d	蠕变模量 E_2 /Pa	粘性系数 η Pa·d
1	0~0.8	46.554 93	943 560	43 927 370
2	0.8~1.6	34.188 03	1 384 709	47 340 470
3	1.6~2.4	42.607 58	2 396 762	102 120 230
4	2.4~3.2	46.360 69	3 339 426	154 818 100
5	3.2~4.0	47.236 66	3 596 519	169 887 550
6	4.0~4.8	43.994 72	4 195 419	184 576 300
7	4.8~5.6	48.076 92	4 341 506	208 726 270
8	5.6~6.4	52.465 9	4 764 005	249 947 780
9	6.4~7.2	42.480 88	5 096 357	216 497 740
10	7.2 以上	46.360 69	5 454 015	252 851 880

注:表2中的深度是从路基顶面开始起算。

在ANSYS对PLANE183单元的材料参数定义中,变形或应力与荷载历史相关性,在不考虑温度条件下,只要输入松弛时间、相对模数、瞬时弹性模量和泊松比即可得到。

2.3.2 荷载步与荷载子步

对于非线性分析,ANSYS程序可以选择自动时间步并由此来控制荷载子步的大小,主要的依据是以前的计算结果和实际模型。如果收敛特性是光滑的,自动时间步将增加荷载增量以达到最大的荷载子步。如果收敛失败,自动时间步将会二分荷载增量直到荷载增量等于最小的荷载步的大小。程序也可以通过指定时间步长,来控制每一荷载步内的荷载子步数。

在本次分析中,计算了新老路基及地基在自重荷载作用下的工后沉降值,所以只需考虑一个荷载步以突变的方式施加即可。然后,在每一个荷载增量内,通过选择时间步长将每一增量荷载分为60个荷载子步。

2.4 有限元模型的建立和求解

在建立有限元模型时,本文只考虑建立地基的有限元粘弹性模型,而将新填路基看作是外加荷载。模型的基本假定为:

- (1)按平面应变问题来考虑;
- (2)地基地面为完全约束,地基侧面为水平向约束;
- (3)地基材料为粘弹性材料,荷载边界为新路基自重,其力学分析模型见图4。

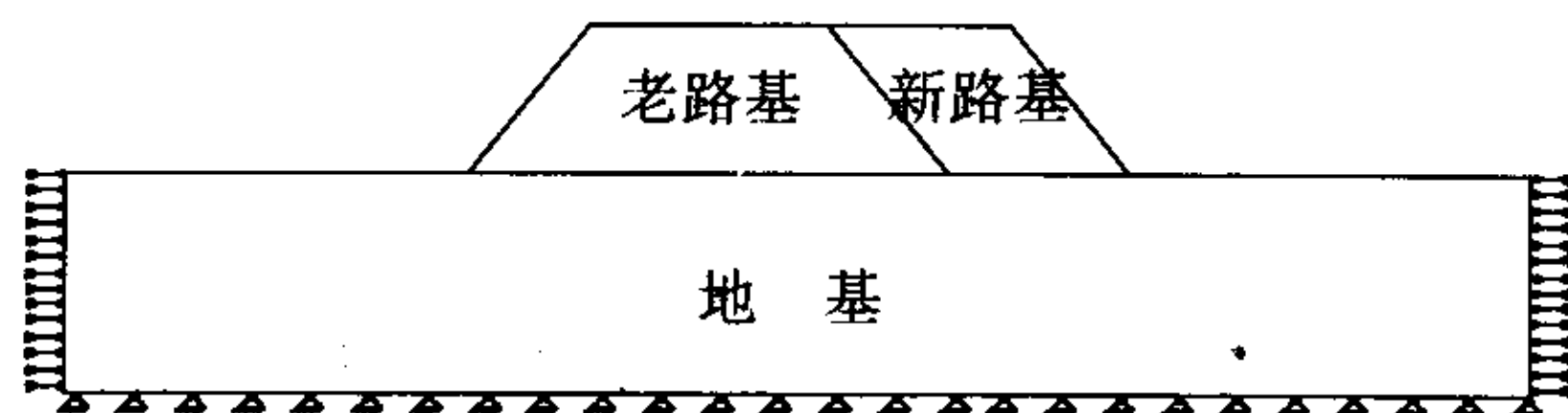
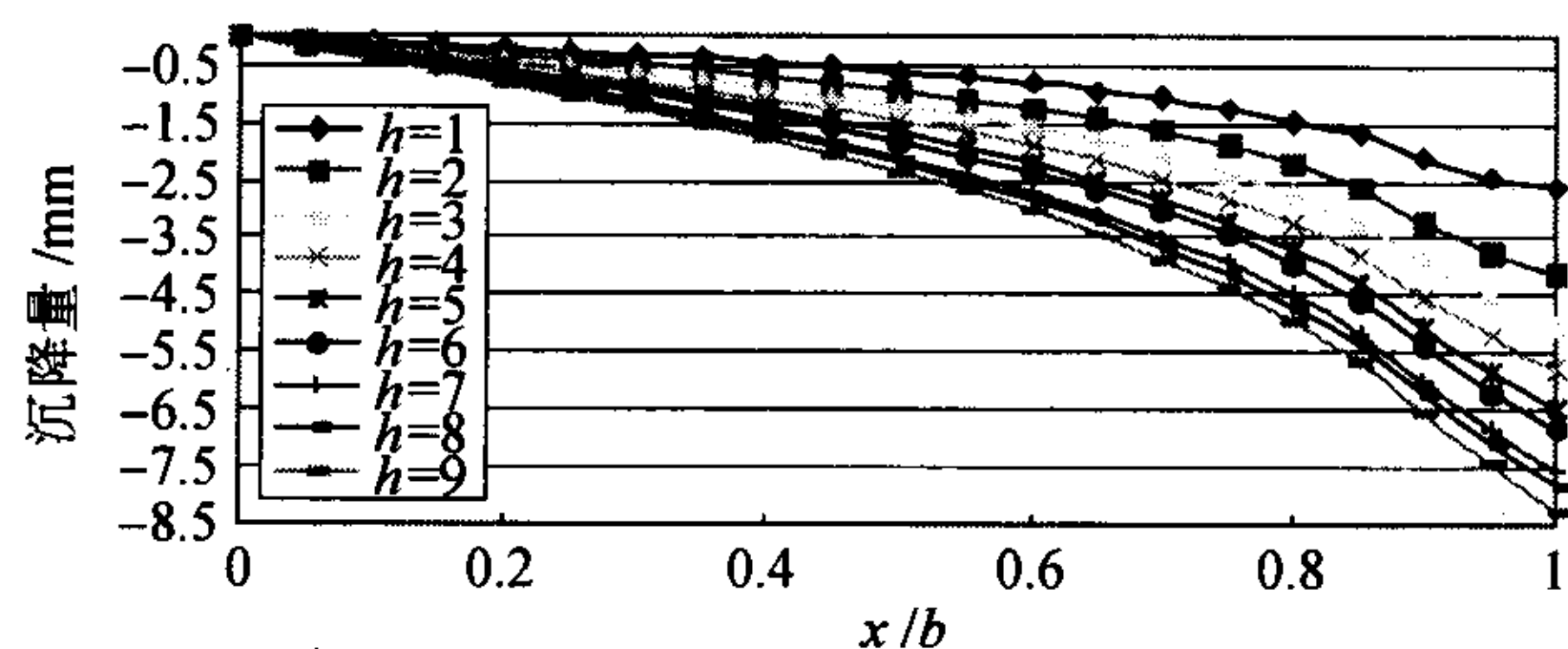


图4 试验路有限元计算模型

2.5 计算结果

通过计算,不同拓宽宽度所对应的不协调变形如图5~图8所示。



注: x/b 为计算点至原点的距离与路基宽度比; h 为填土高度,m。

图5 拓宽2 m时路基顶面不协调变形曲线

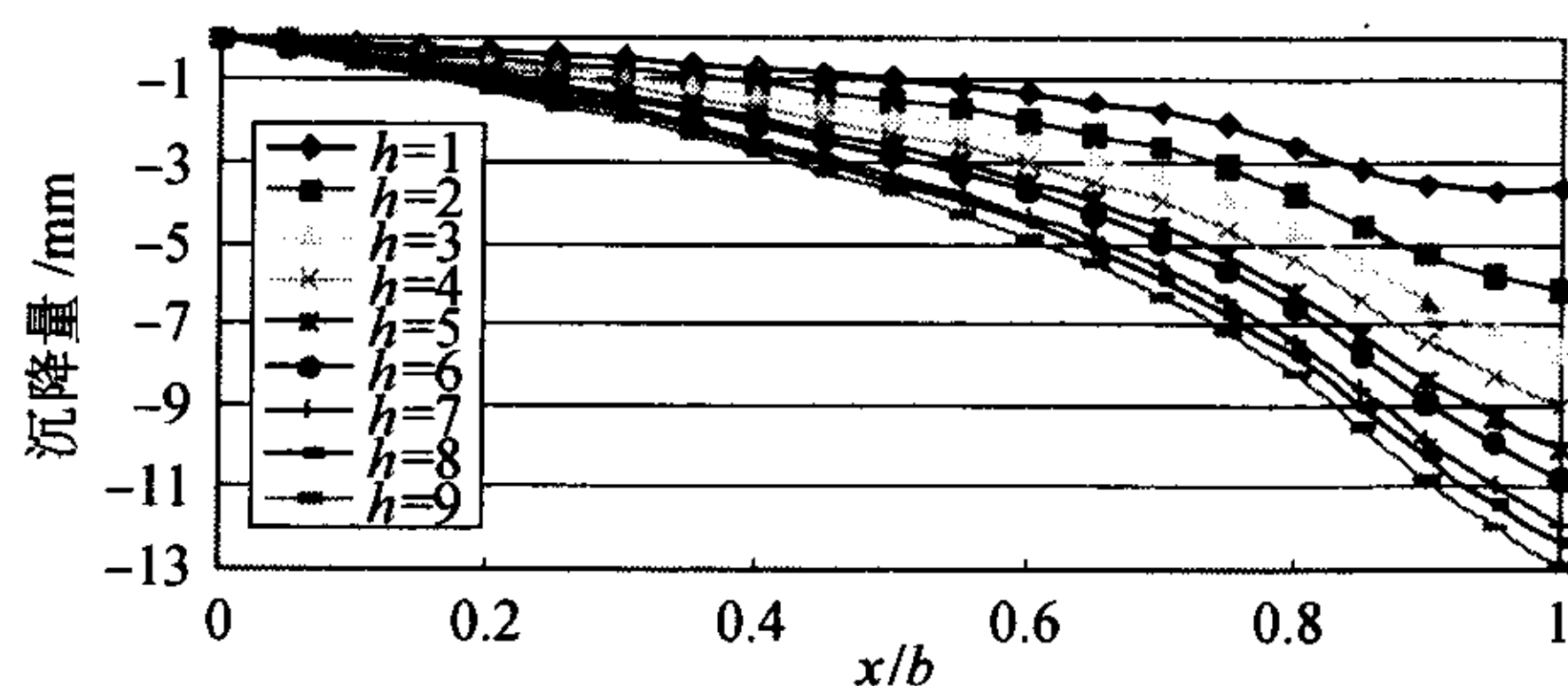


图6 拓宽3 m时路基顶面不协调变形曲线

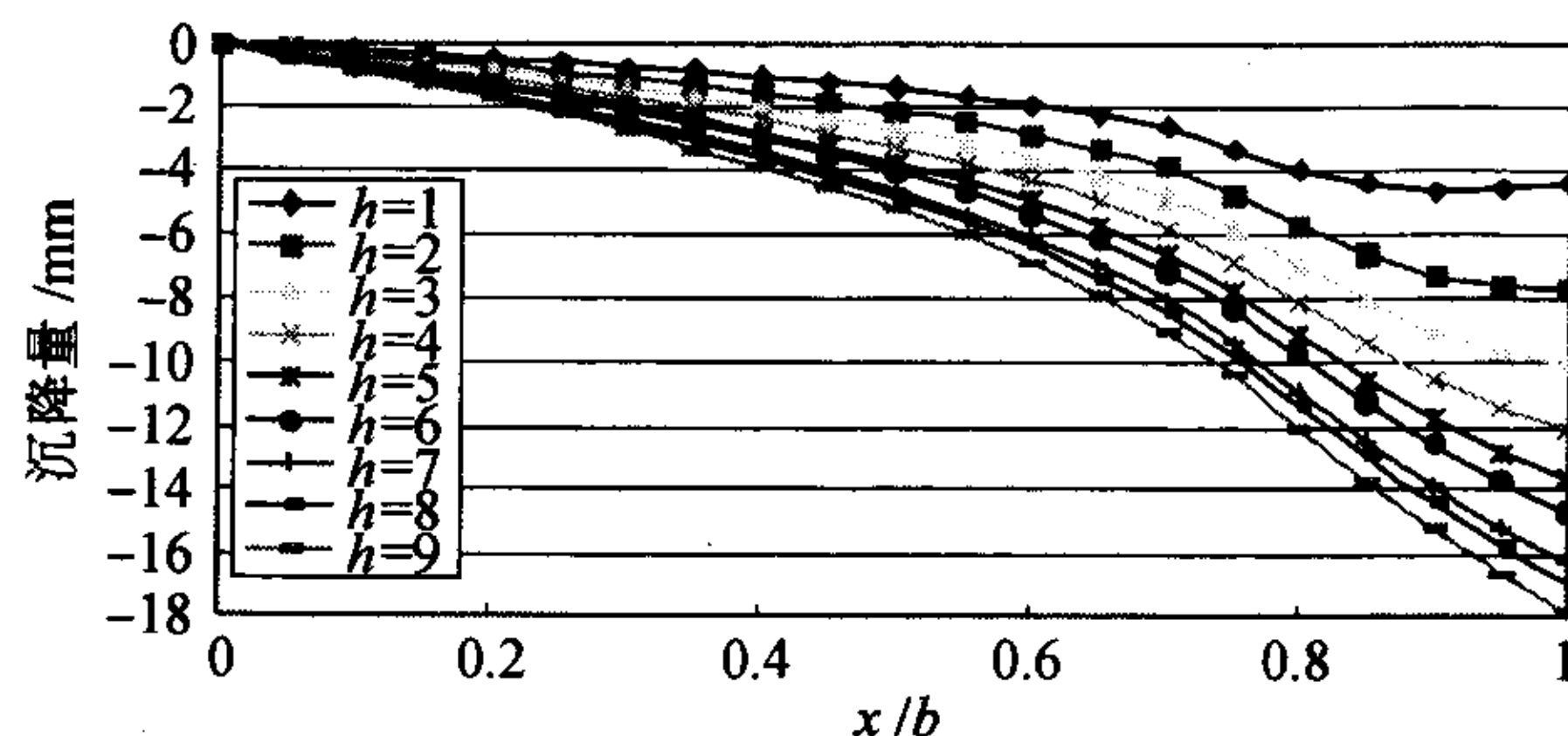


图7 拓宽4 m时路基顶面不协调变形曲线

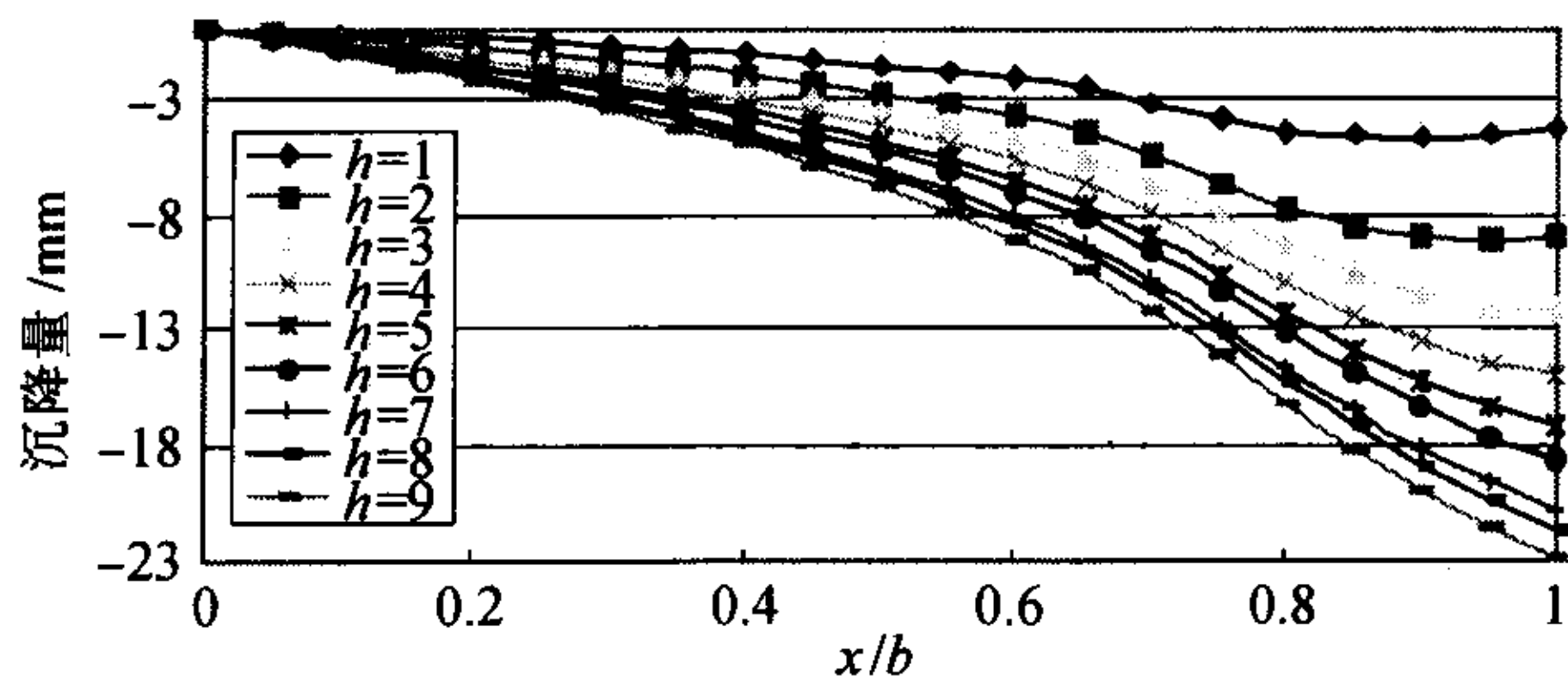


图8 拓宽5 m时路基顶面不协调变形曲线

从图5~图8可以看出,在不同的拓宽宽度和填土高度条件下,不协调沉降曲线的规律大体上是一致的,在老路基相交处沉降量很小,随着向新路基外侧推移,沉降量逐渐增大,在路边缘附近达到最大值,这一结果与实际很相符。如果仔细分析数据,新老路基顶面曲线略有不同;在同一拓宽路面情形下,当填土深度不大时,最大沉降发生在路基边缘附近,而不是最边缘处;当深度逐渐增加时,其位置逐渐向路边缘推移,这种情况在拓宽宽度较大时较为明显。

3 结语

总体来说,新老路基不协调变形表现为如下

特征:

(1)填方拓宽工程中,新路基在远离新老路基交接的部位沉降较大,靠近新老路基交接的部位沉降较小,且路基顶面不协调变形呈相同趋势;

(2)新老路基不协调变形随着拓宽宽度的增大而增大,当拓宽宽度超过老路基坡脚范围时,不协调变形在达到最大值后逐渐减小,从而呈现出一定的盆形反坡;

(3)老路基的不协调变形呈上凸状,新路堤的不协调变形呈下凹状,新老路基顶面的不协调变形总体呈“~”形;

(4)以上各沉降特征规律与试验路观测结果相吻合。

参考文献:

- [1] 嵇如龙. 软土地基上路堤拓宽处理技术研究[J]. 华东公路, 2002, (5).
- [2] 周志刚, 郑健龙. 老路拓宽设计方法的研究[J]. 长沙交通学院学报, 1995, (3).

ANSYS Finite Element Analysis of Widened Settlement Law Based on Existing Road

YING Rong-hua, ZHENG Jian-long

(Changsha University of Science & Technology, Changsha 410076, China)

Abstract: Through analysis of actual studying the differential settlement of widened road, the shortages of present calculate method are indicated. Integrating with general purpose finite program ANSYS, viscoelastic materials are chosen to simulate the non-linearity of soil. The finite element analysis of widened road is given, the law of differential settlement summarized and the suggestions for the design of widened road are put forward based on the computed results.

Key words: widened; differential settlement; non-linearity FEM