

软土路基综合处理设计程序研制

徐泽中 殷宗泽 赵维炳

(河海大学 南京 210098)

U412.366

U416.102

12
46-48.54

摘要 介绍软土路基综合处理设计程序,包括五部分:①地基沉降预估及软基处理程序;②土坡稳定程序;③非线性弹性及弹塑性比奥固结平面有限元程序;④铺筑路面时间的推求程序;⑤软基处理总汇程序。该程序适用于成层地基、多级加载和多种地基处理措施以及综合考虑沉降、稳定的相互作用和影响;反映了目前土力学在勘察、试验、理论计算和反演分析等方面的先进成果,可以直接应用于高速公路设计工作,并能提高现有设计水平。

关键词 软土 高速公路 地基处理 设计程序

软土路基

在软土地段修筑路堤应同时考虑地基的沉降和抗滑稳定问题。沉降与稳定问题是一对矛盾的两个侧面。沉降计算必须在路堤稳定的条件下进行;稳定又必须考虑沉降过程中地基因排水固结引起的地基的强度变化和沉降引起的路堤高度的变化所导致的地基土内应力的增加。但由于它们自身及两者关系的复杂性,目前仍按古典土力学将两者单独进行核算,把计算固结度与计算路堤高度随沉降的变化相互结合起来,自动进行相互联系的计算。鉴于用太沙基的单向固结理论建立的沉降估算方法无法准确反映实际沉降随时间变化规律,本程序的编制过程增加了施工期动态观测的反演分析,同时特地编制了非线性及弹塑性比奥固结平面有限元程序,用来修正计算成果。

本程序不但可作软土的地基处理设计,也可作为一般路基路段高路堤的设计复核。适用于成层地基、多级加载和多种地基处理方案的技术经济比较。

1 地基处理优化设计程序框图

软土路基综合处理设计程序框图见图 1。

2 地基处理优化设计程序的功能^[1]

路基处理设计计算工作相当繁琐,特别是成层土基处于综合处治下的设计工作更加繁重,靠人工简单、粗糙计算已不能满足高等级公路工程的要求。为完成沪宁高速公路全线软基处理变更设计,特编制了地基处理优化设计程序。它包括:

a. $a_{v1-2}(E_{s1-2})$ 法、 $e \sim p'$ 曲线法和 $e \sim \lg p'$ 曲线法地基沉降预估、不同地基处理方案程序包。该程序由 CSRG.FOR 和 WSRG.BAS 两个源程序文件组成。前者用 FORTRAN 语言编制,进行有关计算并以英文列表形式输出运算结果。后者用 BASIC 语言编制,进行中文表格形式输出。包括:工况参数、土质参数、路堤尺寸示意图、各土层压缩量及总沉降量、工后沉降表等。其中 CSRG.FOR 具有如下处理功能:①可用分层总和 $a_{v1-2}(E_{s1-2})$ 法)、 $e \sim p'$ 曲线法、 $e \sim \lg p'$ 法同时求得路面中点及路肩最终沉降量。但路堤本身压缩量忽略不计。②按天然分层输入各层参数,每一天然分层均按指定的计算分层数自动分层

第一作者简介:徐泽中,男,教授,从事土与结构相互作用研究,曾发表《江海船闸两首计算机辅助设计系统》等论文。

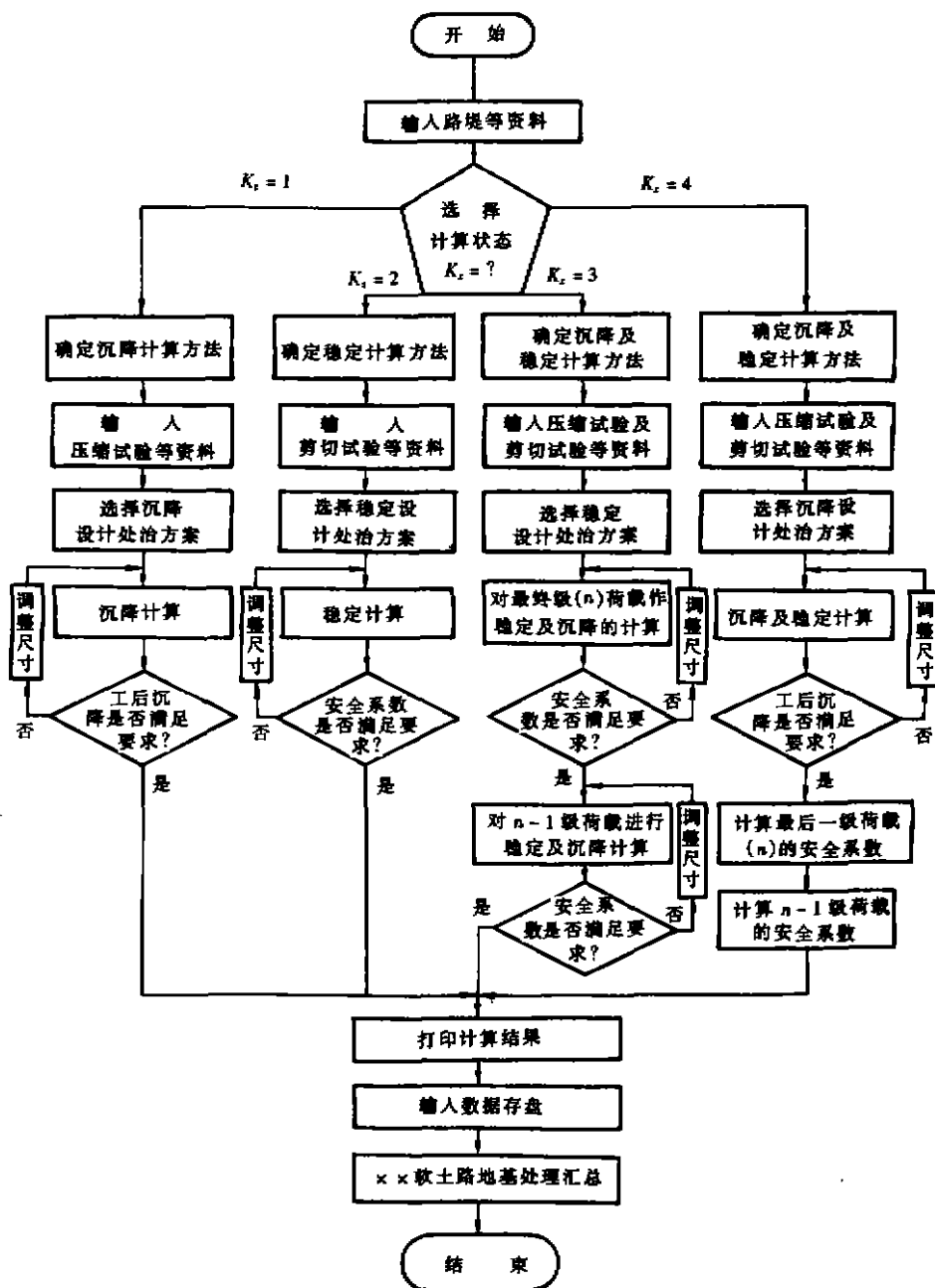


图1 地基处理优化设计程序框图

进行计算。③路堤下部埋入地基内时,地基分层从基底面开始。④按太沙基单向固结理论计算固结过程,加载方式可为瞬时加载(即开始与终止加载时间取同值),也可为线性加载,考虑多级加载以模拟施工过程。路面竣工时沉降量自动迭代加入路基实际施工高度、并考虑边坡变陡影响。⑤程序也可用于

砂垫层和砂井排水计算。天然地基地面(基底面)为不排水面,设砂垫层后,则可改为排水面。设排水砂井时,改用 Barron 公式计算固结过程,不考虑井阻和竖向排水影响。⑥也可用该程序进行粉喷、桩加固的地基沉降和固结计算。

b. 土坡稳定计算程序包。本程序稳定

计算时,通过固结度的计算将填土沉入深度自动地计入堤高。程序功能为:①可以选用瑞典条分法或毕肖普法,可用总应力法或有效应力法。②可以用于各种复杂土层,可以考虑存在土工织物。③可以考虑复杂加荷情况,如有地震荷载作用、存在渗流、水位骤降等情况。④危险滑弧是用 0.618 优选法寻找,计算速度快,不会遗漏危险圆弧。

c. 非线性及弹塑性比奥固结平面有限元程序包。有限元法是将地基和结构作为一个整体来分析,将其划分网格,形成离散体结构,在荷载作用下算得任一时刻地基和结构各点的水平、垂直位移和应力。其中基础底面的竖向位移就是所要求的沉降。它所依据的试验是三轴压缩试验。为估计侧向变形对垂直沉降的影响,特编制了非线性及弹塑性比奥固结平面有限元程序,程序功能和特点如下:①本程序为有限元法解平面问题固结方程,直接应用于路堤。②土体的应力-应变关系包含:邓肯双曲线的 E_t 和 V_t 模型、双曲线的 E_t 和 B_t 模型、椭圆-抛物双屈服面模型和修正剑桥模型四种。③可以考虑土体的渗透系数在水平向竖向不同的工况。④程序考虑了施工逐级加荷过程。土体随荷载和时间而加高。荷载是土体自重、水荷载,或其它已知荷载。⑤网格按四边形划分,允许少数三角形单元过渡。程序在单元中心增设一结点。将单元剖分为 4 个(或 3 个)三角形单元,形成单元矩阵。用凝聚的方法消去单元中心结点的未知量,使方程的个数不增加。可把结点和单元中心的位移与孔隙压力计算

结果都打印出来。实际结点数为输入的结点和单元数之和。⑥在混凝土与土体的接触面上,可设置接触单元。程序中有两种选择:Goodman 接触单元,其切线劲度取双曲线模式;有厚度的接触面单元。⑦土堤浸水变形。考虑了干、湿两种状态的非线性的不同,在计算中反映出来。⑧不考虑孔隙压力消散的一般土体应力变形问题可用该程序计算(总应力法)。⑨可以根据计算结果,整理出指定点的沉降量或水平位移。

d. 根据动态观测结果推算最终沉降量程序包。当利用短期的沉降观测资料推求最终沉降量时,必须将实测沉降曲线进行延长推算,本程序功能选用了双曲线和指数曲线方法进行推算。

e. 软基处理汇总程序包。程序包分为两个处理模块,第一个模块用于按图示比例生成地质钻孔图 and 设计方案汇总表;第二个模块用于生成地质钻孔简图以及地基土层和各种参数表。两个模块可以分开运行,也可连接运行。本程序全部采用 auto lisp 语言编制,由于工作在 auto CAD 环境下,使得图表和图形比较容易地合为一体;同时也简化了设计方案中复杂数据形式的处理。

全部成果经计算机处理后,可直接给出(见表 1)。

3 结 语

a. 在编制程序时,强化了能反映土应力的历史对沉降影响的 $e \sim \lg p'$ 曲线法的程序功能。但考虑到程序的通用性,在程序功能

表 1 K60+200~K61+583 软土路基地基处理汇总

路堤位置	路堤高 /m	原沉降量/cm (总沉降量/工后沉降量)	原处理方法	校核沉降量/cm (总沉降量/工后沉降量)	建议处 理方法	路堤材料
中桥北(K60+200)	4.11	34.1/9	超载预压 1.5 m		超载预压	
小桥南(K61+303.5)	3.58	29.0/9	超载预压 1 m	26/6	表层换土	土
小桥北(K61+358.5)	4.08	49/6	超载预压 1.2 m	35/10	超载预压	土
一般路堤(K61+529)	5.95	54/21	超载预压 1.2 m	61/20	超载预压	土
小桥北(K61+564)	4.0	66/6	塑料 1.5×8.1 超载预压 0.5 m	27/14	砂垫层	土
小桥南(K61+584)	3.83	60/10	砂垫层超载预压 0.5 m	25/12	超载预压 0.5 m	土

(下转第 54 页)

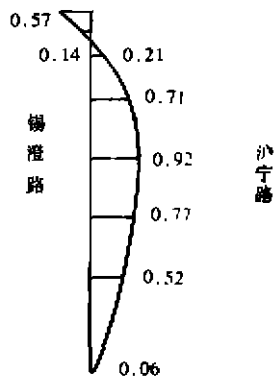


图2 隔离墙水平位移分布(单位:cm)

2.3 隔离墙底部土层模量参数 K 对墙体沉陷的影响

从式(2)可以看出,土体的切线模量与参数 K 成正比,而隔离墙本身的沉陷取决于墙体两侧土层的固结情况和底部土层的好坏。表4给出了底部土层模量参数 K 对应的隔离墙沉陷值。

表4 底部土层模量参数 K 对墙体沉陷的影响

模量参数 K	150	210	270	330
位移/cm	2.83	2.61	2.41	2.25

3 结 论

a. 采用现场补充钻探取样的室内试验成果利用土体固结非线性有限元对分离式拼接段隔离墙施工技术进行了数值模拟。计算表明,隔离墙的存在可有效地减小锡澄高速公路拼接后对原沪宁高速公路主线中心的附加沉降量。

b. 对隔离墙进行了验算,给出了墙体两侧的受力分布及位移规律,通过计算验证了墙体在确保沪宁高速公路沉降隔离所起的作用,墙体满足设计强度要求。

参考文献

- 1 殷宗泽.土坝非线性有限元计算程序.见:姜弘道等,水工结构工程与岩土工程的现代计算方法及程序.南京:河海大学出版社,1992.266~275
- 2 钱家欢,殷宗泽.土工原理与计算,第二版.北京:中国水利水电出版社,1996.199~237

(收稿日期:1998-01-16 编辑:马敏峰)

(上接第45页)不考虑粘粒含量的影响所产生的误差在本关系的控制误差范围内。

3 结 论

通过上述回归分析,得出沪宁高速公路地基土用100g圆锥测定的液限 w_{L100} 与用76g圆锥测定的液限 w_{L76} 有如下关系:

$$w_{L76} = 2.4817 + 0.793 w_{L100} \quad (1)$$

$$w_{L100} = -3.1295 + 1.261 w_{L76} \quad (2)$$

式(1)和式(2)表示的曲线见图1。此外在图中由置信区间的长度画出置信带,置信带的宽度反映该关系式预报数据的控制误差。在 $\bar{x}$ 处误差最小,为3.91%,越远离 $\bar{x}$,误差越大。粘粒含量对相关关系的影响在预报数据时可不考虑。

参考文献

- 1 钱家欢等.土工原理与计算.北京:中国水利电力出版社,1996
- 2 庄楚强,吴亚森.应用数理统计基础.广州:华南理工大学出版社,1992

(收稿日期:1997-12-11 编辑:许宇鹏)

(上接第48页)上对较简单的 $e \sim p'$ 曲线法和 $a_{v1-2}(E_{s1-2})$ 法进行了扩充,经沪宁高速公路全线约5000个断面的计算分析实践证明,基本能满足工程建设的需要。

b. 上述常规方法是假定以均质土一维单向固结理论为基础,无法考虑侧向变形的影响,也不能考虑成层地基水平砂层对土层固结的加速作用,故又编制了非线性及弹塑性比奥固结二维有限元程序,用邓肯-张双曲线模型考虑土体应力应变非线性特性,根据土的应力历史采用不同弹模,还可以准确模拟施工分级加荷条件,是一种先进的分析方法。不过该法确定计算参数较复杂,计算工作量大,要做三轴排水试验。目前主要用于重点地段校核和评估。

参考文献

- 1 钱家欢,殷宗泽等.土工原理与计算.北京:中国水利水电出版社,1996

(收稿日期:1997-12-15 编辑:许宇鹏)