

真空(堆载)预压法在高速公路软土地基处理中的应用

宗国庆¹, 蒋 慧²

(1. 河海大学土木工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 徐州市高速公路建设指挥部, 江苏 徐州 221002)

摘要:介绍真空(堆载)预压法在高速公路软基处理中的应用情况, 并和其它方法进行了对比分析, 认为真空(堆载)预压法的施工工艺逐渐成熟, 施工方法较为简单, 能增加地基稳定性, 缩短施工总工期, 可作为高速公路软基处理的一种手段进一步推广; 真空(堆载)预压法和堆载预压法的固结原理虽然相类似, 但一些方面如排水机制等还存在着很大的差别, 设计和施工应用中应加以注意。

关键词:真空堆载; 高速公路; 软土地基; 地基处理

中图分类号: TU471.8

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2002)06-0041-03

随着改革开放的不断深入, 我国高等级公路近 10 多年来得到了飞速发展, 然而, 在高速公路建设过程中碰到的不良地基, 特别是我国东南沿海地区大量的软土地基却越来越多。要解决好高速公路建设中的投资效益比, 寻找经济、快速处理大面积软土地基(以下简称软基)的新方法是高速公路投资公司必须考虑的重要问题之一。近几年一些高等院校、科研机构应用真空预压联合高速公路路堤自身堆载的方法, 即真空(堆载)预压法在东南沿海一些省份高等级公路软基处理中进行了尝试, 在增加地基的稳定性、缩短施工总工期等方面取得了较好的技术、经济效益。

1 应用情况

真空(堆载)预压法软基处理的基本原理是通过安装一定的抽真空设备和利用一定的密封材料在加固区土体范围内形成一个负压水头, 同时加载增加了土体内部孔隙水力, 使影响土体工程性质的气、液相体沿着最佳设计路径尽快排出, 从而达到加固土体的目的(可简称为内压外吸法)。

1.1 发展过程

我国真空预压法加固技术目前在国际上处于领先地位。随着真空预压法施工技术工艺的成熟和人们对其加固机理认识的加深, 其应用范围也越来越广, 在港口、码头、机场和堆场、工业与民用建筑等工程的地基加固中的应用实例报道很多。20 世纪 90 年代后期对真空(堆载)预压法在处理高速公路饱和淤泥质粘土软基中的应用进行了研究和总结, 表明

真空(堆载)预压法完全能够满足高速公路软基处理的要求。

1.2 应用前景

我国土地辽阔, 滨海平原、河口三角洲、湖盆地及山涧谷地均有广泛的软土分布。我国部分已建高速公路软基主要物理力学特征^[1]反映了软基所特有的含水高、压缩性大、强度低、透水性差的特征, 同时也表明在高速公路建设中软基的常见性。

真空(堆载)预压法是堆载预压结合真空排水固结法而成, 同属固结排水预压法范畴, 所以能采用固结排水预压法的区段原则上都可以采用真空(堆载)预压法, 由此可见真空(堆载)预压法在高速公路大面积软基处理中有一个较好的应用前景。

2 与其他方法的对比分析

目前我国用于高速公路软基处理的技术逐渐成熟, 较为常见的有排水固结预压法, 土工合成材料加筋法, 土桩、砂桩及灰土桩法, 水泥(石灰)搅拌桩法, 强夯法。下面就真空(堆载)预压法应用和其它软基处理方法作一对比分析。

2.1 设计方法的相似性与不同点

真空(堆载)预压法与堆载、超载预压法同属于排水固结方法, 目前为止真空(堆载)预压法的设计基本类同于堆载、超载固结方法。设计的理论计算应用太沙基固结理论、包隆固结理论或其它固结理论, 只是初始条件和孔压边界条件有所不同, 以不同的初始条件和孔压边界条件为基础得到的解析值进行设计计算。设计计算所得到的结果包括以固结度满

足载荷要求和变形要求的总沉降量,满足软基土层中液、气相排出的最佳路径通道的平面布置、深度、厚度等参数,满足产生负压水头膜下真空度设计值和所用抽真空设备的数量,以及满足达到设计固结度或沉降量要求下的抽真空时间.但真空(堆载)预压法和一般堆载、超载预压法毕竟是两种不同的方法,真空(堆载)预压法软土固结过程液、气相的排出主要依赖于水平滤管和抽真空设备产生的负压水头;而一般堆载、超载预压法完全是通过孔隙水压的增加自行排出.因此,真空(堆载)预压法设计中不仅要考虑竖向排水的深度、平面布置方式、间距和砂垫层的厚度,而且要考虑抽真空排水体系滤管的平面布置方式、间距,同时还要计算抽真空设备的数量.

2.2 施工的可操作性

真空(堆载)预压法随着研究开发的不断深入,已获得了丰富的施工经验,并总结出了一套完整的施工工艺:①施工准备,清理场地,搭临;②铺设砂垫层,打设袋装砂井或排水板;③水平排水滤管的布设及安装;④铺、埋密封膜及布置密封膜保护设施;⑤真空设备的安装和真空试抽;⑥正常抽真空维护,高速公路路堤填筑(堆载);⑦工程验收.

真空(堆载)预压法的施工工艺虽比成熟的堆载、超载预压法来说要复杂一些,但就施工工艺本身所动用的施工机械、施工设备和施工人员而言并不十分复杂,在真空(堆载)预压法施工过程中只要做到责任心强,施工细心,把握好每道工序的要点,施工质量完全能够满足设计要求.

2.3 效果的显著性

真空(堆载)预压法应用于高速公路软基处理经济效益显著.一些高速公路在设计方案的比较过程中引入静态和动态的经济比较,静态计算处理每平方米(深度以 12 m 计)软基路段,粉喷桩约为 150 ~ 350 元;砂桩或碎石桩约为 120 ~ 220 元;堆载、超载预压法约为 60 ~ 120 元;真空(堆载)预压法约为 110 ~ 180 元.粉喷桩和砂桩费用较大,真空(堆载)预压法费用适中.

众所周知,堆载、超载预压法的施工技术间隙为 6 ~ 12 个月,且路堤的填筑还要受到路基稳定性的限制,相反真空(堆载)预压法不但不存在施工技术间隙,而且路堤的填筑可连续进行,可见真空(堆载)预压法的动态经济效益是相当可观的.有报道真空(堆载)预压法是确保上海沪青平高速公路能按计划工期顺利完成的“秘密”武器.

高速公路建设中很多工程研究表明,真空(堆载)预压法质量都能满足设计要求.如广东某已建高速公路,全长 52.921 km,其中软基长 8.864 km,分布桩

号 K9 + 496 ~ K18 + 497,软土厚度 5.8 ~ 20.1 m,软土质量差,天然含水量 $w = 83.1\% \sim 99.0\%$,孔隙比 $e = 2.349 \sim 2.536$,液性指数 $I_L = 1.90 \sim 2.96$.经过对工程质量、工期和经济效益的综合对比分析后采用真空(堆载)预压法,总处理面积超过 10 万 m^2 .软基处理范围内由于桥、通道和涵等因素,整个加固区被分割成 10 多块,设计计算的各块沉降量为 1.48 ~ 2.83 m,竖向排水系统袋装砂井的深度 10 ~ 22 m;砂垫层厚度 0.5 m;滤管平面布置用联泵羽状或联泵循环羽状,滤管间距 5.5 m;真空射流泵控制面积 800 ~ 1000 m^2 ,抽真空阶段膜下真空度均大于 65 kPa,抽真空历时 165 ~ 220 d,抽真空时间内各段的累计沉降量 1.57 ~ 3.92 m,其中 K17 + 780 断面沉降尤为明显,如图 1,该区段 1999 年 7 月 1 日开始抽真空,7 月 7 日开始加载,2000 年 2 月底抽真空结束,2000 年 9 月 27 日停止观测,观测结束时断面内 5 点沉降量分别为 3.85 m,3.97 m,4.05 m,3.90 m 和 3.83 m,平均 3.92 m.工程结束后,真空(堆载)预压法处理路基稳定,质量基本达到设计要求.

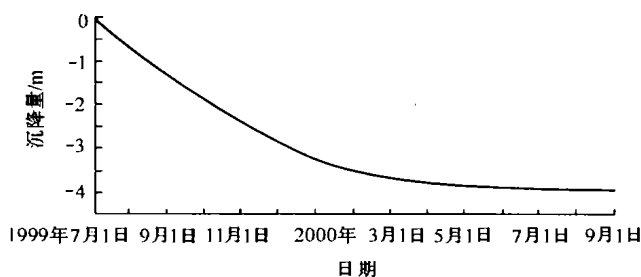


图 1 K17 + 780 断面表面沉降曲线

3 设计施工中的注意事项

3.1 设计

a. 真空(堆载)预压法和堆载、超载预压法的固结原理基本相同,但排水过程区别较大,前者以“吸”为主,辅助于“挤”,而后者仅依靠“挤”,所以对真空(堆载)预压法排水系统中吸水主、支滤管的平面布置要认真考虑,原则上要求均匀,方式可采用图 2 所示的单泵羽状、联泵网状或联泵循环羽状.滤管的间距视软基处理深度可在 4 ~ 8 m 范围内选择,深度较大时取较小值.

以往工程实践表明,吸水滤管采用单泵羽状的布置方式较难保证加固区内不同地段膜下真空度的均匀性,造成加固区内不同地段固结程度不一,工后沉降不均匀,不宜采用.联泵型的布置方式不仅能保证膜下真空度的均一性,而且可以降低工程造价.

b. 饱和淤泥粘土地层中存在透水性($K \geq 1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$)夹层或地表存在较厚($\geq 3 \text{ m}$)的透水层时,设计中应该采取密封措施.

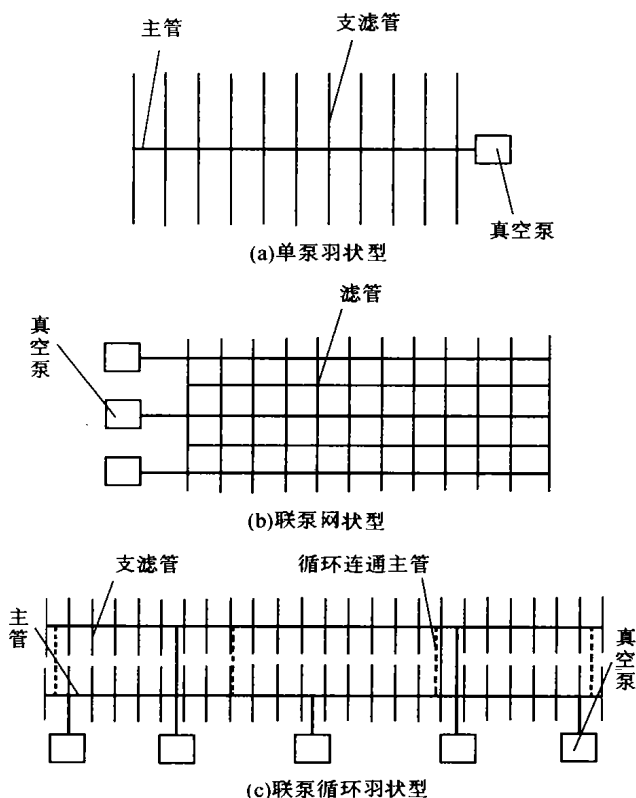


图2 吸水滤管的平面布置

c. 对密封膜的一些保护性措施应在文字和图

(上接第32页)

```
point1(0) = pp1(0); point1(1) = pp1(1); point1(2) = pp1(2)
point2(0) = pp2(0); point2(1) = pp2(1); point2(2) = pp2(2)
point3(0) = pp3(0); point3(1) = pp3(1); point3(2) = pp3(2)
point4(0) = pp4(0); point4(1) = pp4(1); point4(2) = pp4(2)
'绘制面单元
Set faceobj = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DFace (point1,
point2, point3, point4)
.....
```

通过建立这个拱坝薄壁坝体模块,可以得到这个基本图形对象的模型(见图5),用同样的方法,还

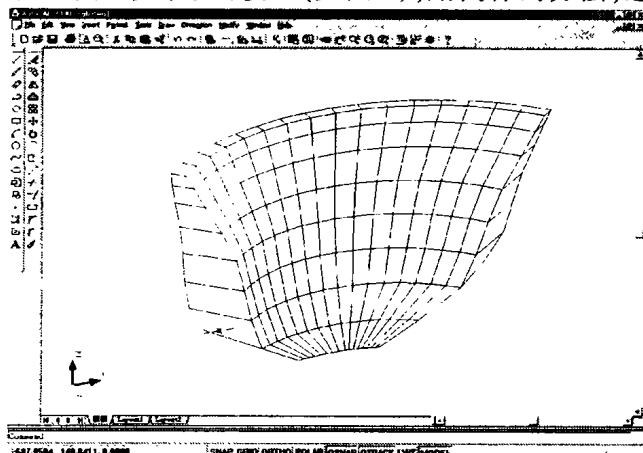


图5 坝体三维图

件中有所反映,这对提高和维护膜下真空度指标会起到事半功倍的效果.

3.2 施工

在真空(堆载)施工应用中为确保其达到设计效果,施工要精心组织,杜绝一切可能影响抽真空密封效果的不利因素.

a. 竖向排水体施工时不要穿透淤泥层,这完全不同于堆载、超载预压法的施工要求,一旦穿透淤泥层就和地下水连通,真空负压水对加固淤泥层所起作用很小,将严重影响真空(堆载)预压的效果.

b. 真空抽气膜下真空度达到设计标准后,在堆载(路堤填筑)前施工维护人员要对密封膜进行地毯式的搜索,查找漏气点,一旦发现及时修补.另外路基的首层材料应采用对密封膜破坏性小的填料.

c. 在真空(堆载)预压法主要工程施工前,必须查明施工区内饱和软粘土层和密封沟深度范围内是否夹有透水层,一经发现必须采取必要的密封隔断措施.

参考文献:

- [1] 朱惠君,李守善,沈天勇,等.高速公路路基设计与施工[M].北京:人民出版社,1998.93.

(收稿日期:2001-12-25 编辑:熊水斌)

可以为其余的基本图形对象构造相应的模块.当形成了所有的图元模型以后,整个拱坝的模型也就随之形成了.

3 结语

通过把参数化技术融入到面向图形对象技术中,所开发的拱坝建模系统不仅继承了参数化绘图的特点,而且具有了可视化的特点.由于这个建模系统是基于三维实体的,成果可以更加清楚、直观地展示,也便于设计者更直接地审查自己的设计.对于此建模系统,以后的工作重点是考虑基础的不均匀性和非线性及坝体与基础交界面的处理,这样,所建立的模型才能与实际更加吻合,并且,在此基础上,还可以继续进行体型优化、应力分析、稳定分析等方面的工作.

参考文献:

- [1] 张国宝. AutoCAD Visual Basic 开发技术[M].北京:科学出版社,2000.6~8.
- [2] 杨威.重力坝数字化设计及应用研究[D].南京:河海大学,2002.
- [3] 吴前金,陈金水. CAD系统与数据库间数据传输的方法和技术[J].水利水电科技进步,2000,20(6):41~43.

(收稿日期:2001-12-31 编辑:熊水斌)