

# 真空-堆载联合预压技术在滨海相吹填路基中的应用

彭东黎<sup>1</sup>,周志刚<sup>2</sup>,张建军<sup>2</sup>

(1.湖南省交通职业技术学院,湖南长沙 410004;2.长沙理工大学公路工程学院,湖南长沙 410076)

**摘要:**该文介绍了真空-堆载联合预压技术原理及其在青岛市滨海公路工程软基处理中的应用,说明真空-堆载联合预压技术在滨海相吹填地基中的应用是适用的、成功的,可以推广应用。

**关键词:**真空预压;堆载预压;软基处理

**中图分类号:**U416.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1009-7716(2006)05-0175-02

## 1 工程概况

青岛滨海公路(南段)工程规划为一级公路,全线采用平交方式,是交通部示范工程,是青岛市政府2003年要办的12件实事之首,是城市交通系统的重要组成部分,也是奥运工程的重要组成部分,起到连接中心城区和滨海空间的作用,实现青岛市城市发展空间的新突破,从而实现“一湾两翼”的城市发展战略。

该工程在青岛开发区,有4 km为滩涂地段,地质条件差,软土厚度大(约5~10 m)且为新近吹填(滨海相),土质成流塑态,强度特别低。施工区内软土分布广泛,软土处理深度10 m左右,上部约3~4 m范围为吹填的淤泥质混砂,中部2.5~3.5 m范围主要为淤泥质粉土、淤泥质粉质粘土层,下部为粉质粘土层、粉砂层等。大部分区段采用了真空-堆载联合预压技术进行软基处理。

## 2 加固原理

真空-堆载联合预压技术是在真空预压和堆载预压法基础上发展起来的一种高速公路软土地基处理技术,具有真空预压和堆载预压的双重处理效果。需要在拟加固的软土地基表面先铺设水平排水垫层(一般30~50 cm砂或砂砾垫层),然后打设垂直排水通道(袋装砂井或塑料排水板),再用不透气的封闭膜使其与大气隔绝,利用薄膜密封技术,通过沙垫里埋设的管道用真空装置抽气,在膜下和整个预压区形成真空,使薄膜内外产生一个气压差。地基在等向气压差作用下进行排水固结,正式抽气一段时间后,再边抽真空边进行膜上堆载施工。当固结终了时,地基的真空压力和

填筑形成的附加应力就全部转化为有效应力。在真空压力单独作用时,土体的固结过程可理解为孔隙水压力消散的过程,亦即负的超孔隙水压力增长的过程。抽真空时先在地表砂垫之间形成压差,在此压差作用下,土体中的孔隙水不断由排水通道排出。根据固结理论,土体骨架变形的过程就是孔隙水排出、孔隙水压力减小的过程。真空预压时总应力保持不变,有效应力将随着孔隙水压力的减小而增加,从而使土体排水固结。

在真空压力作用下,土体中有效应力变化如图1所示。抽气前有效应力 $\sigma$ 等于土的自重应力;抽气后,土体固结完成时,真空压力完全转化为有效应力。但由于排水板井阻的影响,抽真空时,土体中的真空度自上而下逐渐变小。由于真空预压荷载是等向的,地基中不产生剪应力,故不存在剪切破坏的问题,因此真空荷载可一次施加,而不必像堆载那样要分级。因此,真空预压法可大大地缩短预压时间。

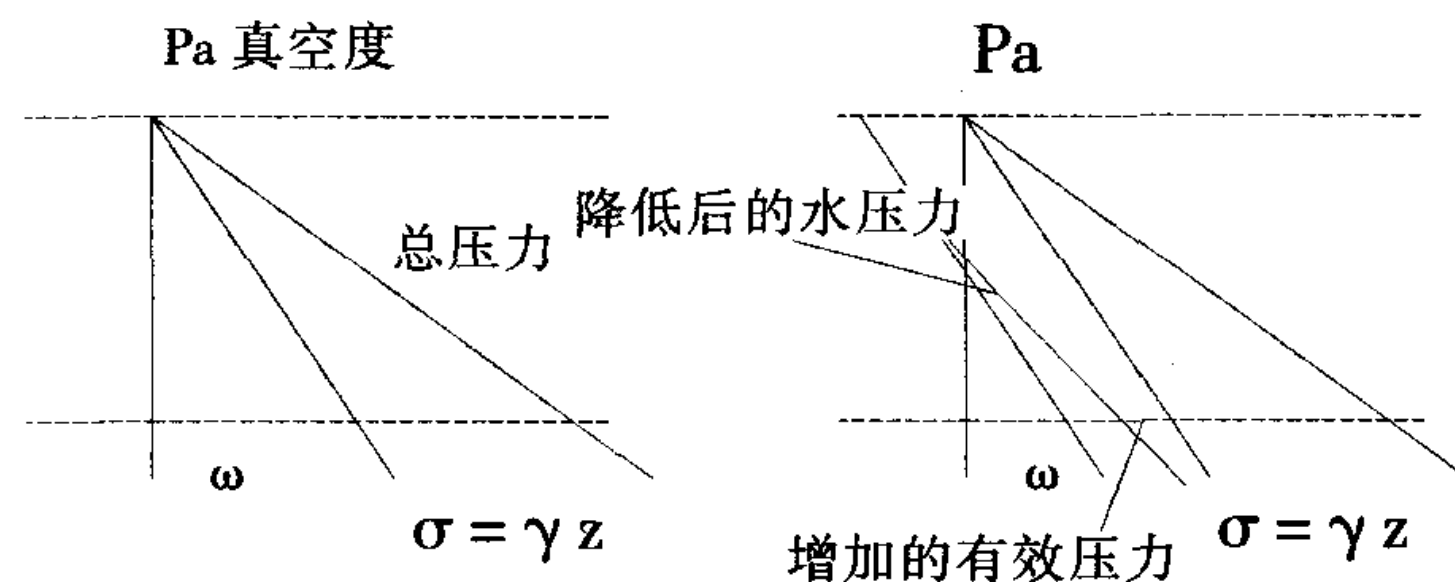


图1 真空压力作用土体中有效应力变化示意图

堆载预压单独作用时,在荷载施加的瞬间,附加应力首先由土中孔隙水承担,产生超静压力水,从而孔隙水在压力作用下向排水板内渗流,通过板井再渗透到砂砾垫层并排出预压区外。同时,超静孔隙水压力逐渐减小,即孔隙水压力消散,附加应力随之转移,由土骨架承担,土体有效应力增长,产生压缩变形达到固结,使之土体强度得以提高,从而达到加固土体之目的。

真空-堆载联合预压则是利用两种荷载同时

收稿日期:2006-07-21

作者简介:彭东黎(1979-),男,湖南祁东县人,助教,在读研究生,从事道路桥梁工程技术研究工作。



作用,促使土体中的孔隙水加速排出,降低土中孔隙水压力,增加有效应力,加快土体固结,形成两种荷载作用效果的叠加。同时,由抽真空引起的负超静孔隙水压力和堆载引起的超静孔隙水压力可以形成部分抵消,使土体在快速堆载之时不致产生过高的超静水压力,从而保证路堤施工时的稳定。

在真空联合堆载预压双重的附加应力作用下,当地基土的变形大于路堤填土荷载单独作用时的最终沉降量,并在联合荷载作用下地基的变形已经基本稳定后,以特殊材料和特殊密封膜包裹的水平排水层失去排水功效,塑料排水板载后在公路使用中不再发生排水,土体固结不再是径向排水固结,以此来控制后沉降和路基的不均匀沉降,从而达到进一步缓解变形的目的。

### 3 施工方法

#### 3.1 回填风化砂工作垫层

由于处理区为超软基区,施工时回填了 1.2 m 左右的风化砂垫层作为插板机的工作平台。为防止回填风化砂工作垫层时土体容易发生侧向挤出或滑移,回填前,在原有地面人工铺设一层土工布(400 g/m<sup>2</sup>)及一层 EG4040A 型高强度经编玻纤土工格栅。

#### 3.2 铺设砂垫层

砂垫层为中粗砂,铺设厚度 0.5 m,采用人工配合小型农用运输机械铺设。该工程采用人工小推车的办法。

#### 3.3 塑料排水板施工

该工程塑料排水板采用龙门架式轨道型插板机,塑料排水板采用无纺布槽型孔排水板,插板长度 12.0 m。

#### 3.4 粘土围幕墙

粘土围幕采用双喷双搅方式施工,粘土围幕墙施工采用双排桩径 600 mm 粘土桩搭接而成,相邻粘土桩间的搭接宽度为 20 cm。

#### 3.5 铺设密封膜

密封膜为三层聚乙烯膜,进行分层施工,四边埋入压膜沟里,深入沟底 10 ~ 20 cm。膜为抗老化性能好的高强度聚氯乙烯膜,为工厂定制,整幅一次性加工成型。

#### 3.6 抽真空

抽真空前,先在膜顶面覆水 30 ~ 40 cm 深,以保证膜的密封,然后进行开泵试抽气。当膜下真空度达到 80.0 KPa 后,转入正式抽气,要求膜下真空度不小于 80.0 KPa。

#### 3.7 堆载预压与卸载

堆载采用风化砂,堆载强度为 18 kPa。卸载时先排干密封压膜沟内的积水,再继续抽水 1 d,以防止地表水体通过排水管道及塑料排水板渗入到加固地层中。当固结度达到 95%,最后一月内每天沉降量不大于 1.0 mm/d 时方可卸载。

### 4 结语

真空联合堆载预压技术在青岛市滨海公路得到了成功的应用,通过与该工程其它软基处理方法相比较,该方法堆载预压技术节约工期 6 个月,比插板堆载预压节约工期 3 个月,比强夯置换技术节约成本 1/3 以上。真空-堆载联合预压技术应用在青岛滨海公路软基处理之中,加固面积达 6 万多 m<sup>2</sup>,产生直接经济效益近 2000 多万元,加快了工程进度,保证了工程质量,发挥了显著的社会经济效益。

#### 参考文献

- [1]青岛市滨海公路建设指挥部.青岛滨海公路深厚软基处理关键技术研究[R].2003.
- [2]青岛市滨海公路建设指挥部.社会效益报告[R].2003.
- [3]青岛市滨海公路建设指挥部.真空联合堆载预压法加固软土吹填地基的施工技术[Z].2003.
- [4]刘玉卓.公路工程软基处理[M].人民交通出版社,2003.
- [5][日]松尾新一郎编.土质加固手册[M].中国铁道出版社,1983.
- [6]公路软土路基路堤设计与施工技术规范(017-96)[S].

## 南京市 3 年内投 82 亿元完善污水处理系统

今年开始,南京计划在 3 年内投入 82 亿元,专门用于主城污水处理系统的新建和完善,通过新建、扩建污水处理厂,完善各个片区的污水收集管道等手段,实现主城区内污水收集全覆盖。这些基础设施建成启用后,南京市的综合污水处理能力将达到 90% 以上,到 2008 年,城市污水处理能力由现在的 104 万 t/d 提高到 198 万 t/d,基本实现晴天污水不再下河。主城区内 7 条河道水系,包括外秦淮河、南河、内秦淮河(包括明御河、玉带河、清溪河)、金川河(包括南十里长沟)、西北护城河、东南护城河、河西水系等将真正实现清流。