

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2016.03.008

真空负压软基加固特性三维数值分析

刘伟¹,李平^{1,2},赖建英¹,李正辉¹

(1. 河海大学土木与交通学院,江苏南京 210098; 2. 河海大学安全与防灾工程研究所,江苏南京 210098)

摘要: 基于三维 Biot 固结理论,考虑涂抹效应,采用修正剑桥模型和渗透系数均质化方法,应用 ABAQUS 软件对真空负压下软基加固过程进行三维有限元计算,对不同加载方式、变化渗透系数和密封深度这 3 种因素的有限元计算结果进行比较分析。结果表明:三维有限元能更真实地反映真空负压固结过程,砂垫层节点施加荷载方式的计算值与实测值吻合较好;考虑渗透系数随孔隙比变化时,表面沉降量、沉降趋势和固结度更接近实际情况;最优有效密封深度约为 3 m。

关键词: 真空负压;软基加固;三维有限元;节点加载;变渗透系数;密封深度

中图分类号: TU447 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1980(2016)03-0233-07

Three-dimensional numerical analysis of soft ground consolidation characteristics under negative pressure

LIU Wei¹, LI Ping^{1,2}, LAI Jianying¹, LI Zhenghui¹

(1. College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Engineering Safety and Disaster Prevention Institute, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on the three-dimensional Biot consolidation theory, the soft ground consolidation process under negative pressure was calculated with the three-dimensional finite element method by means of ABAQUS software, in which the modified Cam-clay model and the homogenization method of hydraulic conductivity were used and the smear effect was considered. The numerical results with different loading methods and varying hydraulic conductivity and depths of sealing were compared. It was found that the three-dimensional finite element method can reflect the consolidation process under negative pressure more accurately, and the calculated results with nodal loading in the sand cushion agree with the measured data. When the variation of hydraulic conductivity with the void ratio is considered, the results of surface settlement, settlement trend, and the degree of consolidation are closer to the actual conditions. The optimal effective depth of sealing is about 3 m.

Key words: negative pressure; soft ground consolidation; three-dimensional finite element; nodal loading; varying hydraulic conductivity; depth of sealing

大量工程实践表明,真空预压法是一种有效的软基处理方法。真空负压软基固结计算主要分为 2 种方法,即解析法和数值法。在数值法中,砂井地基固结问题严格地分类应该属于三维固结问题,应该采用三维固结有限元来计算。刘汉龙等^[1]提出真空堆载联合预压下的 Biot 三维固结模型,避免了平面应变中转换砂墙的步骤。王旭升等^[2]对单元划分进行了改进,给出了更为合理的三维砂井切割方案。彭劼等^[3-4]提出了自定义排水板的应用,但是因为其负压扩散效果不理想没能得到广泛运用。陈平山等^[5-6]利用等效固结提出渗透系数整体均质化,但是导致很多影响因素无法计算。董志良等^[7]把竖向排水体的涂抹效应均化于竖向排水体的影响范围内,减小了大范围计算工作量,但是没能考虑土的非线性弹塑性本质。Geng 等^[8]、Wand 等^[9]通过数值模拟分析了不同竖向排水体处理方法在真空负压下的适用情况。Saowapakpi boon 等^[10]

收稿日期:2015-07-10

基金项目:国家自然科学基金(51408187);江苏省自然科学基金(BK20140850)

作者简介:刘伟(1991—),男,安徽合肥人,硕士研究生,主要从事软土地基处理研究。E-mail:254608429@qq.com

结合室内试验数据较为真实地对真空预压和堆载预压进行了有限元计算对比,并分析了 k_h/k_s 比值的改变对于2种方法沉降的影响。Ye等^[11]同时采用二维和三维有限元对深层搅拌桩结合排水板复合地基加固方法进行计算。Shibata等^[12]通过粒子滤波方法确定黏土层参数,并对真空预压下坝堤的加固过程进行了精确的有限元计算。Voottipruex等^[13]运用反分析方法得出固结系数和渗流参数并对堆载预压和真空预压进行有限元计算比较,分析不同参数的改变对2种预压方法的影响。

本文基于三维Biot固结理论,考虑涂抹效应,采用修正剑桥模型和渗透系数均质化方法,应用ABAQUS软件对真空负压软基加固过程进行三维有限元计算,考虑土体分层和初始条件的限定,较为真实地模拟了真空负压下地基的固结过程,并结合南京滨江大道新建工程实测结果进行比较,对不同加载方式、变化渗透系数和密封沟深度这3种因素的有限元计算结果进行了比较。

1 三维有限元模型的建立

1.1 工程概况

计算基于南京滨江道路工程,全长4.5 km,路宽60 m。试验区加固面积约13 155 m²。塑料排水板打设深度为18 m,按正方形布置,间距1.2 m。该工程采用真空预压联合堆载预压加固方法,前40 d为真空预压阶段,膜下真空度大部分时间保持在-80 kPa左右。路基土层分4层,第一层为亚黏土,厚度1 m;第二层为淤泥质亚黏土,厚度9.9 m;第三层为亚黏土,厚度5.9 m;第四层为粉细砂,厚度19.2 m。

1.2 几何模型

在三维Biot固结理论的基础上,建立三维有限元模型。几何模型尺寸设定为1.2 m×61.2 m×36 m,长度为1.2 m,方向沿路的纵向方向,大小取自于单个竖向排水板的影响区域;宽度为61.2 m,其中路基宽度一半即30 m为加固区,另一半为影响区;深度取36 m,其中18 m排水板长度,向下延伸18 m为影响深度;密封沟深度为2.0 m,位于模型加固区和影响区中间,如图1所示。

排水板截面大小为4 mm×100 mm,根据面积等效原则,将其面等效为0.02 m×0.02 m正方形,排水板平面按正方形布置,模型单元类型为C3D8P,模型经分割后共22 680个单元,30 988个节点。

1.3 本构模型

土体本身结构复杂,为非线性弹塑性模型,因此笔者采用修正剑桥模型进行计算。该模型采用椭圆屈服面和相适应的流动准则,以塑性体应变为硬化参数。

黏土层土体采用修正剑桥模型,粉砂层采用线弹性模型,其中剑桥模型包括以下4个参数: λ 为 $e-\ln p$ 平面上等向压缩曲线的斜率; κ 为 $e-\ln p$ 平面上回弹曲线的斜率; M 为 $q-p$ 平面临界状态线的斜率; ν 为泊松比。其中 e 为孔隙比, p 、 q 分别为体积应力和偏应力。排水板不考虑其刚度,除了渗透系数外,其他参数与所在土层相同。根据加固前的现场钻孔取土与室内渗透试验结果,土层基本物理力学参数见表1,其中砂井等效直径 $d=7$ cm,井径比 $n=17.14$, $s=3$ 且 $n=r_e/r_w$, $s=r_s/r_w$, $k_h/k_s=3$, $k_w=5\times10^{-3}$ cm/s,其中 r_w 为砂井半径, r_e 为砂井影响区半径, r_s 为涂抹区半径, k_h 为影响区土体水平向渗透系数, k_s 为涂抹区土体渗透系数, k_w 为砂井渗透系数。

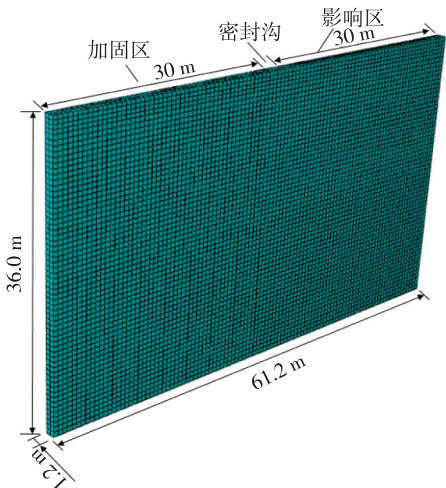


图1 计算模型

Fig. 1 Calculation model

表1 土层基本物理力学参数

Table 1 Primary physical parameters of soil layer

土层	密度 $\rho/$ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	初始孔隙比 e_0	修正剑桥模型参数			
			λ	κ	M	ν
亚黏土	1.89	0.924	0.19	0.019	1.20	0.3
淤泥质亚黏土	1.77	1.476	0.25	0.025	1.10	0.3
亚黏土	1.85	0.954	0.21	0.021	1.52	0.3
粉细砂	1.95	0.815				0.3

1.4 涂抹区均质化处理

竖向排水体在施工过程中会对周围土体产生扰动,从而使竖向排水体表面产生一定的涂抹作用。在砂井固结以径向固结为主的基础上,董志良等^[7]认为涂抹效应导致的最终结果是使井周涂抹区范围内土的水平向渗透性降低,减小固结速率。

在谢康和求得等应变条件下,考虑井阻和涂抹效应作用下砂井地基径向排水固结精确解的基础上,董志良等^[7]将涂抹效应所导致水平向渗透系数的变化量以均质化的方式平均到单个砂井影响范围土体中,得出了该影响区均质化后的水平向渗透系数 k'_h 表达式为

$$k'_h = \frac{F'_a}{F_a} k_h \quad (1)$$

式中: F'_a 、 F_a ——巴隆等应变解析解里未考虑涂抹效应和考虑涂抹效应的 $F(n)$ 因子。

由式(1)可得到土层均化后的渗透系数,具体见表2。表2中 k_v 为影响区土体竖向渗透系数。

表2 土层均化后影响区渗透系数

Table 2 Hydraulic conductivity of influence area after soil homogenization

土层	$k_v / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	$k_h / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	$k_s / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	n	s	F'_a / F_a	$k'_h / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$
亚黏土	4.00×10^{-8}	1.20×10^{-7}	6.00×10^{-8}	17.14	3	0.6616	7.94×10^{-8}
淤泥质亚黏土	1.30×10^{-7}	1.17×10^{-6}	5.85×10^{-7}	17.14	3	0.662	7.74×10^{-7}
亚黏土	1.30×10^{-7}	1.17×10^{-6}	5.85×10^{-7}	17.14	3	0.662	7.74×10^{-7}
粉细砂	1.20×10^{-7}	1.36×10^{-3}	6.80×10^{-4}	17.14	3	0.662	9.00×10^{-4}

1.5 边界条件

a. 位移边界条件:模型沿长度方向及宽度方向的加固区域设定为对称边界条件,影响区域约束水平双向位移设定为固定边界条件,底部约束三向位移为固定边界条件。

b. 排水边界条件:沿模型四周及底部设定为不排水边界条件,模型顶面和砂井顶面设定为排水边界条件。

2 固结特性计算结果分析

真空负压施加在砂垫层节点上,施加荷载时间为5 d,采用随时间线性变化加载方式,增大至-80 kPa。

2.1 分层沉降

图2为40 d 分层沉降数值结果与实测结果随深度变化曲线,从图2中不难看出,浅土层2种沉降结果差异较大,数值结果明显要小于实测结果,尤其在深度5 m处差异更明显;深土层各点实测结果基本与计算结果曲线重合。因为施工过程中对浅土层的施工扰动会使土体更加松动,所以在实际测量中的沉降会大于数值结果,在5 m处差异明显可能是由于土质分布不均所致,实际土层分布并非理想的“千层糕”模式,5 m处可能为亚黏土和淤泥质亚黏土交界处,土体分层沉降变化差异较大。

2.2 水平位移

40 d 水平位移数值结果与实测结果随深度变化曲线如图3所示,由图3可以看出,数值结果的变化规律同实测结果一致,但是数值大小存在一定差异。以5 m处为分界点,在其以上的浅层土的实测结果要大于数值结果,但是两者差异较小,产生这种较小差异的原因可能是因为在埋设测斜管顶端处没能更好地压实端口,从而导致在加固过程中,测斜管上端偏移量加大。5 m以下深层土的水平位移数值结果均大于实测值,随深度增加逐渐增大,随后又逐渐减小,在10 m处达到差值的顶峰,产生这种差异的原因是多方面的,可能是竖向排水体插入对土体在水平位移方面产生一种类似加筋作用,而在数值计算中没有单独考虑竖向排水板材料,从而也无法考虑这种加筋作用。

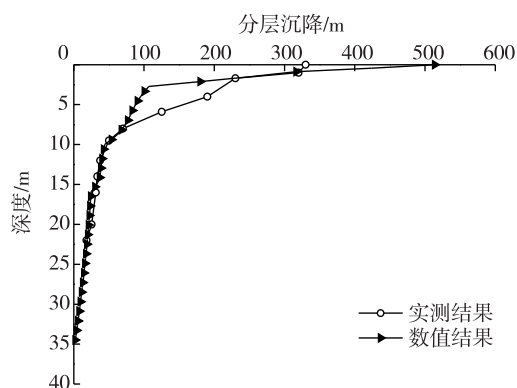


图2 加固区中心分层沉降

Fig. 2 Layered settlement at center of reinforced area

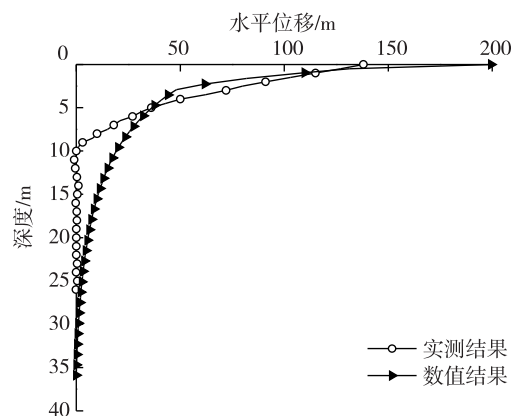


图3 加固区边缘水平位移

Fig. 3 Lateral displacement at edge of reinforced area

2.3 孔隙水压力

图4为真空预压40d内不同深度孔隙水压力随时间变化曲线。由图4可知,孔隙水压力在不同深度处变化趋势相同,但是在真空预压初期,孔隙水压力实测结果小于数值结果,且下降速度快,其原因可能是孔压计在埋设过程中距离竖向排水体较近,导致孔隙水压力下降速度较快。随着负压加压完成,数值结果与实测结果逐渐吻合,实测结果总体略小于数值结果,可能是因为埋设在土中的孔压计没能随土体完全同步地沉降,位置出现滞留从而导致所测结果相对数值结果偏小。另一方面,在施工过程中,孔压计中的透水石被细土颗粒堵塞,导致孔压计对周围土体中的孔压变化反应不灵敏,表现实测值后期变化浮动不明显也可能是导致结果存在差异的原因之一。

由分层沉降、水平位移和孔隙水压力三方面实测结果与数值结果的对比可以看出,三维有限元数值计算与实测结果吻合较好,避免了二维有限元分析中的转化问题,更符合砂井三维固结理论。

3 沉降影响因素分析

3.1 不同加载方式影响

真空负压即在土层表面利用抽真空技术施加负压,真空度随后扩散至排水板中,排水板与周围土体产生压力差,从而使土体中的水随排水板排出。目前的有限元分析中,负压的施加分3种模式:(a)将负压在砂垫层的所有节点上即表层施加;(b)考虑排水板的负压传递效果,将负压按线性减小的规律施加在排水板单元中;(c)将负压转换为表面的正压力,等同于堆载预压。

图5为3种加载方式下表面沉降随时间的变化曲线,可以看出,3种加载方式下,表面沉降随时间的变化总体趋势同实测值相同,其中按线性递减规律在排水板单元中施加负压方式下的表面沉降值要大于实测值,可能是由于没考虑孔隙水压力对负压传递的减弱效果,从而虚大了负压的传递效果。转化为堆载预压模式的加载方式下,表面沉降值小于实测值,其原因来自两方面:(a)堆载预压不会降低地下水位;(b)实测时间较短,堆载预压的效果没全部体现。表层施加负压方式下的表面沉降曲线与实测吻合度最高,但是计算值稍显偏小,分析结果可能是因为选取了竖向排水体影响区域中的一点作为沉降计算点,虽然同实测点重合,但是受到涂抹区渗透系数均质化影响使得结果偏小。

3.2 土层渗透系数影响

土层渗透系数是个非常重要的参数,会影响到土层的固结效果。试验证明,渗透系数随着固结度增大逐渐减小,将渗透系数视为不变量也是导致对土层固结度和沉降速率计算与实际值差别较大的重要原因之一。因此,考虑渗透系数随孔隙比的变化对真空负压下软土固结的影响更符合实际。采用文献[14-15]中适用于一般黏土的渗透系数与孔隙比关系式:

$$\lg k = \frac{e - e_0}{C_k} \lg k_0 \quad (2)$$

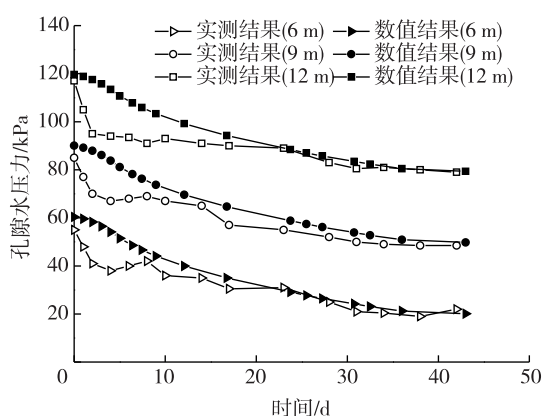


图4 加固区中心孔隙水压力

Fig. 4 Pore pressure at center of reinforced area

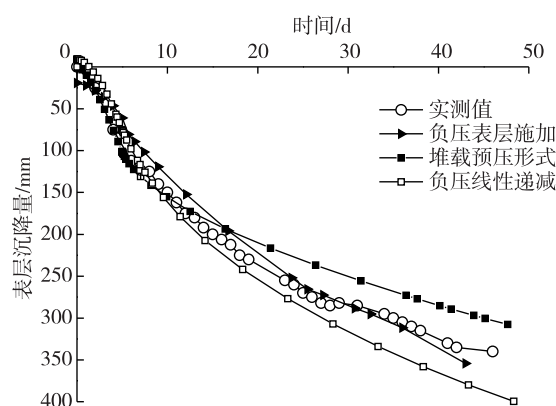


图5 不同加载方式下的表面沉降

Fig. 5 Surface settlement curves with different loading methods

其中

$$C_k = 0.5 e_0$$

式中: C_k ——与土性相关的参数; k ——渗透系数; k_0 ——初始渗透系数。

图6为2种渗透系数下表面沉降随时间的变化与实测值的对比曲线,可以看出,虽然两者的变化趋势大致相同,但是同一时刻变化渗透系数下的表面沉降要明显小于不变渗透系数下的沉降量且前者与前期实测数据吻合度更好。虽然在加固初期,2种情况下的表面沉降量相差较小,但随着时间增加,这种差值逐渐变大,而且前者表面沉降曲线的变化趋势要明显的比后者平缓,更符合土体固结后期的实际情况。这主要因为在加固前期,孔隙比和渗透系数变化较小,2种渗透系数下的表面沉降都与实测结果相差较小,随着负压加载传递稳定,孔隙比和渗透系数发生较大变化;在固结后期,渗透系数和孔隙比处于一个较开始阶段较小的水平,土体的表面沉降变化也就会相对的更加平缓。

2种渗透系数下固结度随时间的变化曲线如图7所示,对比可知,同时刻下变化渗透系数的固结度都要大于不变渗透系数的固结度,在固结前期相差较小,这种差值随时间逐渐增大,在固结中期达到最大值,固结后期又逐渐减小。通过比较2条曲线的斜率变化不难发现,前者的固结速率较后者而言,前期固结速率较快,中后期固结速率由快向慢的转变更平缓,产生上述现象的原因是因为在固结前期,孔隙比和渗透系数变化较小,变化渗透系数的沉降值占了总沉降的大部分,固结中后期相对占的比例就偏小,不变渗透系数的沉降值在固结各阶段所占比例相差不大,所以固结度在前、中期相对较小,固结速率在后期变缓趋势不明显。

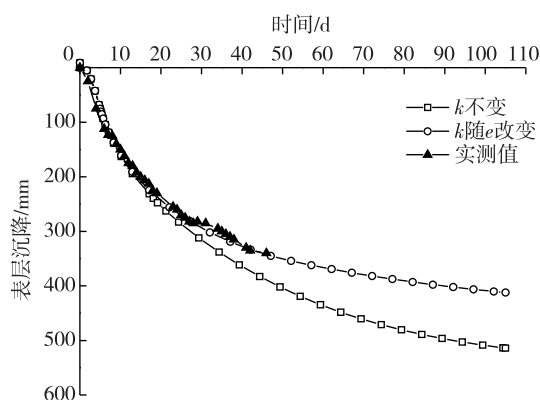


图6 不同渗透系数下的表面沉降

Fig. 6 Surface settlement curves with different hydraulic conductivities

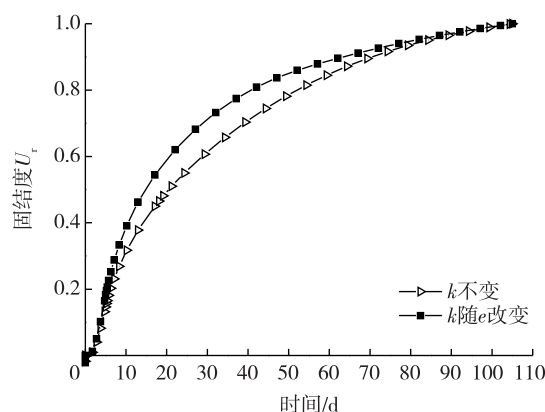


图7 不同渗透系数下的固结曲线

Fig. 7 Consolidation curves with different hydraulic conductivities

3.3 密封深度影响

真空预压处理效果很大程度取决于整体密封效果,密封沟的设置是为了隔绝加固区和影响区,防止负压泄露。目前,国内外学者对密封沟的研究较少,下面结合已建成的三维有限元模型对密封深度的最优设置进

行了探讨,根据现场实际采用密封沟的密封方式和密封沟的实际深度,密封深度设置了1 m、2 m、3 m、4 m进行模拟,图8为不同密封深度条件下加固区表面沉降随时间的变化曲线。不难看出,随着密封深度的变化,同一时间的表面沉降量随着密封深度的增加而增加,这是因为密封深度的增加,提升了整体的密封效果,减少了真空度向影响区的外泄,更有利于软基的加固。当密封深度在2~4 m之间变化时,加固前期的表面沉降量相差不大,原因可能是在加固前期真空度没能在加固区土体中充分扩散,随着加固过程的进行,真空度扩散度的增加,密封的深度越深,加固区中的整体密封性越好,表面沉降量也随着密封深度的增加而增加。当密封深度增加至4 m,虽然表面沉降量较3 m有所增加,但是幅度很小,同时考虑到密封成本的缘故,因此3 m的密封深度应该为此次真空负压软基加固的最优深度。

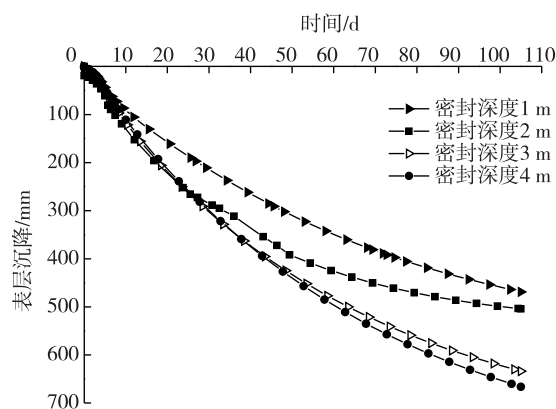


图8 不同密封深度下的表面沉降曲线

Fig. 8 Surface settlement curves with different depths of sealing

4 结 论

基于 Biot 三维固结理论,考虑土体分层和涂抹区的影响,采用修正剑桥本构模型对真空负压下软基加固过程进行了三维有限元计算,得到如下结论:

a. 通过3种荷载加载方式下表面沉降值的比较发现,在排水板单元施加线性传递的负压方式表面沉降值偏大,转换为堆载预压模式的施加方式表面沉降值偏小,直接表层施加负压方式的表面沉降值与实测值最为吻合,结果最理想。

b. 在真空负压下软基固结的三维有限元计算中,基于 Taylor 公式考虑了随孔隙大小改变而改变渗透系数的表面沉降值要小于渗透系数不变情况下的表面沉降值,并且前者表面沉降曲线后期的变化趋势明显比前者平缓,更符合实际情况。

c. 密封深度在1~3 m之间变化时,同一时间的表面沉降量会随着密封深度的增加而增加,当密封深度在3~4 m之间变化时,加固区表面沉降值有所增加,但幅度很小,同时考虑到密封成本的缘故,因此3 m左右的密封深度应该为此次真空负压软基加固的最优深度。

参考文献:

- [1] 刘汉龙,彭劼,陈永辉,等. 真空-堆载预压处理高速公路软基的有限元计算[J]. 岩土力学,2003,24(6):1029-1033. (LIU Hanlong, PENG Jie, CHEN Yonghui, et al. Analysis of 3D Biot consolidation FEM of expressway's soft foundation improved by vacuum combined surcharge preloading [J]. Rock and Soil Mechanics, 2003, 24(6): 1029-1033. (in Chinese))
- [2] 王旭升,陈崇希. 砂井地基固结的三维有限元模型及应用[J]. 岩土力学,2004,25(1):94-98. (WANG Xusheng, CHEN Chongxi. 3D finite element modeling of consolidation for sand drained foundations and its application [J]. Rock and Soil Mechanics, 2004, 25(1): 94-98. (in Chinese))
- [3] 彭劼. 真空堆载联合预压法加固机理与计算理论研究[D]. 南京:河海大学,2003.
- [4] 彭劼,刘汉龙. 砂井地基数值计算中的三维排水板单元及其验证[J]. 岩土工程学报,2005,27(12):1491-1493. (PENG Jie, LIU Hanlong. 3D PVD element in numerical analysis of sand drain foundation [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2005, 27(12): 1491-1493. (in Chinese))
- [5] 陈平山,房营光,莫海鸿,等. 真空预压法加固软基三维有限元计算[J]. 岩土工程学报,2009,31(4):564-570. (CHEN Pingshan, FANG Yingguang, MO Haihong, et al. Analysis of 3D FEM for soft foundation improved by vacuum preloading [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2009, 31(4): 564-570. (in Chinese))
- [6] 陈平山,莫海鸿. 真空预压加固大面积地基有限元计算分析[J]. 水运工程,2007(12):118-121,134. (CHEN Pingshan, MO Haihong. Calculation and analysis of large-area soft ground under vacuum preloading [J]. Port & Waterway Engineering, 2007(12): 118-121, 134. (in Chinese))

- [7] 董志良,陈平山,莫海鸿,等. 真空预压法有限元计算比较[J]. 岩石力学与工程学报,2008,27(11):2347-2353. (DONG Zhiliang, CHEN Pingshan, MO Haihong, et al. Comparison of numerical simulation with finite element method for vacuum preloading [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2008, 27(11):2347-2353. (in Chinese))
- [8] GENG X Y, INDRARATNA B, RUJIKIATKAMJORN C. Consolidation of ground with partially penetrated PVDs combined with vacuum preloading [C]//HAN J, ALZAMORA D. Geo-Frontiers, 2011: Advances in Geotechnical Engineering. Dallas: American Society of Civil Engineers,2011: 567-575.
- [9] WAND Z Y, LEI M, WANG X. Some advice on vertical draining channels in settlement calculation of soft-soil roadbed with finite element method (vacuum preloading) [C]//HU Jianping. IACGE 2013:Challenges and Recent Advances in Geotechnical and Seismic Research and Practices. Chengdu: American Society of Civil Engineers,2013: 1-10.
- [10] SAOWAPAKPIBOON J, BERGADO D T, VOOTIPRUEX P, et al. PVD improvement combined with surcharge and vacuum preloading including simulations [J]. Geotextiles and Geomembranes, 2011, 29(1): 74-82.
- [11] YE G B, ZHANG Z, HAN J, et al. Performance evaluation of an embankment on soft soil improved by deep mixed columns and prefabricated vertical drains [J]. Journal of Performance of Constructed Facilities, 2012, 27(5): 614-623.
- [12] SHIBATA T, MURAKAMI A, FUJII M. Prediction of embankment behavior of regulating reservoir with foundation improved by vacuum consolidation method [J]. Soils and Foundations, 2014, 54(5): 938-954.
- [13] VOOTIPRUEX P, BERGADO D T, LAM L G, et al. Back-analyses of flow parameters of PVD improved soft Bangkok clay with and without vacuum preloading from settlement data and numerical simulations[J]. Geotextiles and Geomembranes, 2014, 42(5): 457-467.
- [14] 邓永锋,刘松玉,章定文,等. 几种孔隙比与渗透系数关系的对比[J]. 西北地震学报,2011,33(增刊1):64-66, 76. (DENG Yongfeng, LIU Songyu, ZHANG Dingwen, et al. Comparison among some relationships between permeability and void ratio [J]. Northwestern Seismological Journal, 2011,33(Sup1):64-66, 76. (in Chinese))
- [15] TAYLOR D W. Fundamentals of soil mechanics[M]. New York: John Wiley and Sons Inc, 1948:700-701.

· 简讯 ·

Water Science and Engineering 被 ESCI 收录

据汤森路透 Web of Science 最新公布的 Emerging Sources Citation Index(ESCI)数据库显示,河海大学主办的英文学术期刊 Water Science and Engineering(WSE)成功入选 ESCI 数据库。

ESCI 是汤森路透 2015 年 11 月新推出的 Web of Science 核心合集的一个新子集,旨在扩展 Web of Science 出版物的收录范围。ESCI 收录新兴科技领域,体现区域重要性,并依据汤森路透选刊标准遴选的高质量同行评审出版物。ESCI 目前收录全球 3100 种期刊,被收录的期刊可以在 Web of Science 核心期刊数据库中检索。

WSE(ISSN1674-2380;CN32-1785/TV)创刊于 2008 年,由河海大学主办,是国内唯一一份以水问题相关理论和实践为主题的英文学术期刊,主要刊登水资源、水环境、水工程等领域原创性研究(技术)论文,报道关于地球水圈研究的新事实、新概念、新理论、新方法,交流在江河治理、跨流域调水、水电能源开发、生态修复等水工程建设中的新技术和新经验。

WSE 被荷兰工程索引(Ei Compindex)、美国 Emerging Sources Citation Index(ESCI)、荷兰文摘和引文数据库(SciVerse Scopus)、美国化学文摘(Chemical Abstracts)、美国剑桥科学文摘(ProQuest-CSA)、波兰哥白尼索引(Index Copernicus)、瑞典 Directory of Open Access Journals(DOAJ)、中国科学引文数据库(Chinese Science Citation Database)、中国学术期刊文摘(Chinese Science Abstracts)、中国学术期刊网络出版总库(China Academic Journals Integrated Online Database)、万方数据(Wanfang Database)、中文科技期刊数据库(VIP Database)等国内外知名数据库收录。

(本刊编辑部供稿)