

476、3+526~3+726 标段的断面,其余的断面剖面类似,只有局部尺寸不同。

2 计算目的

计算的主要目的有两点:海堤的最终沉降

量及施工结束两年后海堤软土地基的固结度。这对分析工程造价,评估施工结束后,海堤在预定期限内是否能达到沉降稳定,安全的投入使用有重要作用。

表1 潮位设计表

潮类	时期	设计潮位/m(按2~200年重现期)						
		200	100	50	20	10	5	2
最高潮位	汛期	5.60	5.41	5.22	4.97	4.77	4.60	4.27
	非汛期	4.79	4.69	4.59	4.43	4.34	4.24	4.06
最低潮位		-4.08	-4.04	-4.0	-3.97	-3.92	-3.88	-3.82
最大潮差	汛期	8.43	8.34	8.24	8.12	8.02	7.93	7.76

表2 海堤地基土物理力学指标建议值

土层编号	土层名称	土层厚度 h/m	天然含水量 w/%	天然重度 γ/(kN·m ⁻³)	孔隙比 e	压缩系数 a/ MP ⁻¹	压缩模量 E _s / MPa	固结系数 c _v / (10 ⁻⁴ cm ² ·s ⁻¹)	直剪		承载力 f _k /kPa		
									快剪 c/kPa	固快 φ/(°)			
① ₁	淤泥	4.0~4.5	56.4	16.8	1.65	1.13	2.26	6.95	7.0	1.9	8.1	13.0	50
① _{si}	淤泥质粉质粘土	2.5~4.0	50.0	17.2	1.39	0.99	2.41	9.17	5.1	3.3	8.6	13.3	55
① ₂	淤泥	>18	65.2	16.2	1.79	1.77	1.58	4.97	7.1	1.7	10.2	11.3	47

3 沉降计算

沉降计算采用两种方法进行对照:分层总和法及有限元计算法。设计的加载程序见图3。

3.1 分层总和法^[1]

分层总和法是常用的计算沉降的方法。假定地基为各向同性的弹性半无限体,将海堤作为带状均布荷载加在地基上,求海堤的沉降曲线。

土中任意一点的垂直应力为:

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} \left\{ \arctan \frac{1-2(x/b)}{2z/b} + \arctan \frac{1+2(x/b)}{2(z/b)} - \frac{4z/b [4(\frac{x}{b})^2 - 4(\frac{z}{b})^2 - 1]}{[4(\frac{x}{b})^2 + 4(\frac{z}{b})^2 - 1]^2 + 16(\frac{z}{b})^2} \right\} = k \cdot P \quad (1)$$

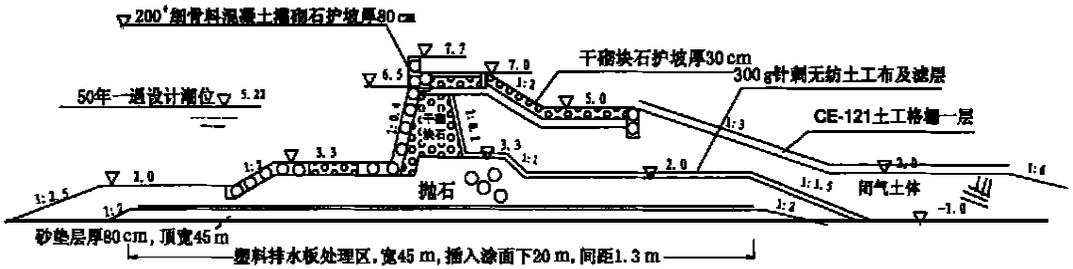


图2 海堤横断面图(高程单位:m)

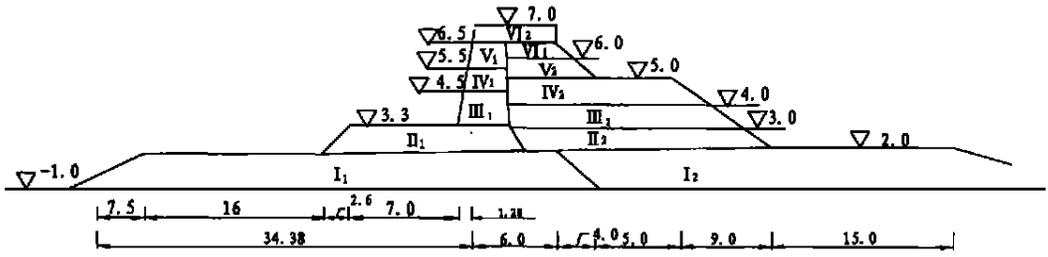


图3 海堤加载图(高程单位:m)

式中: p ——带状均布荷载, kPa;
 x ——计算点与带状均布荷载中心的水平距离, m;
 b ——带状均布荷载的宽度, m;
 z ——计算点与带状均布荷载作用平面的竖向距离, m;
 k ——量纲一的系数, 可以查表。

固结沉降量:

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_i}{E_{si}} h_i \quad (2)$$

式中: σ_i ——第 i 层土的平均附加应力, kPa;
 E_{si} ——第 i 层土的压缩模量, MPa;
 h_i ——第 i 层土的划分厚度, m。

总沉降量为: $S = mS_c$

m ——考虑地基剪切变形和其它影响因素的综合性经验系数, 本例中参考宁波试验路提取为 1.38^[2]。

计算结果见图 4。

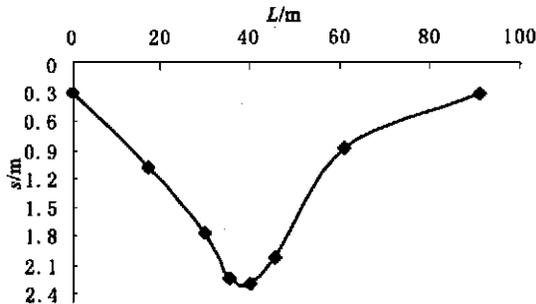


图4 分层总和法计算海堤沉降图

计算的最大沉降量为 2.30 m, 计算过程中, 将海堤化为均布荷载时, 石块的重度取为 $\gamma_s = 22 \text{ kN/m}^3$, 土的重度取为 $\gamma_T = 18 \text{ kN/m}^3$ 。

3.2 有限元法

采用有限元计算时, 按平面应变模型进行处理。将土体作为典型半无限弹塑性体, 用平面四结点单元模拟, 土体采用的屈服准则为摩尔-库仑准则。

计算的横断面长 250 m, 土体计算深度为 30 m, 在计算时为了简化, 将倾斜地层拉平, 部分网格划分见图 5。

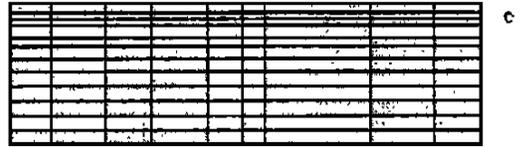


图5 部分网格划分图

将海堤作为加在模型上边界的荷载, 模型左右边界水平方向上用水平铰固定, 模型下边界用竖直铰固定, 求地表边界在荷载作用下的位移。施工分六级加载, 见图 3。计算参数见表 2, 每一级荷载按 $\gamma \cdot h$ 计算, 见图 6, 计算结果见图 7。

从图中可以明显的看出, 第一级荷载产生的最大沉降将近占到总沉降量的一半。以后各级荷载产生的沉降逐渐减小。

由此求出的海堤最大沉降量为 2.0 m。由该方法求出的海堤沉降曲线与分层总和法类似, 最大沉降量相当, 发生在海堤中心线下。

4 固结度计算^[2]

塑料排水板和砂井都属于竖向排水井, 它们的加固原理都相同。塑料排水板的设计可以采用砂井的设计方法, 本例中设计的塑料排水板加固区见图 2, 采用的塑料排水板为标准

型,宽 $b=100\text{ mm}$,厚度 $\delta=3\sim 4\text{ mm}$,正方形布置。设计为施工结束两年后,在塑料排水板

处理区达到 90%的固结度。

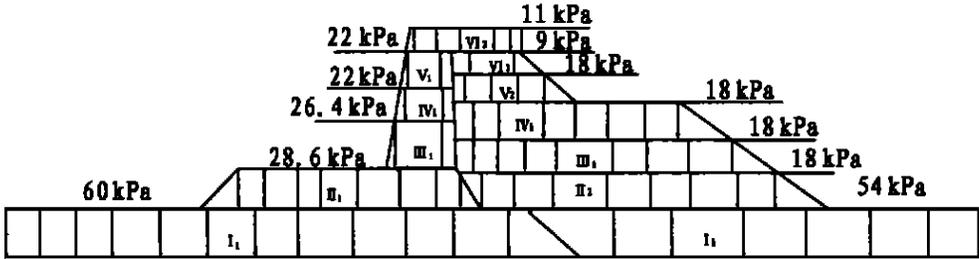


图6 荷载分布图

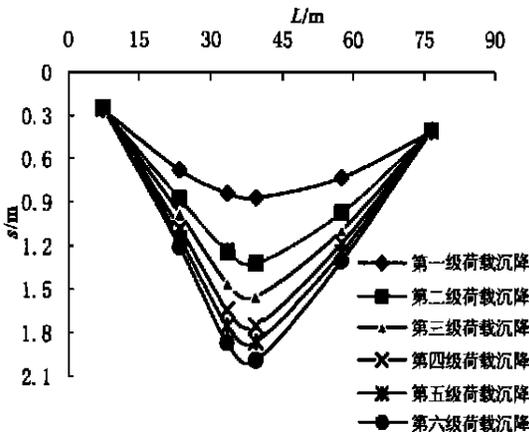


图7 有限元法计算海堤沉降图

扁平形状的塑料排水板换算成为当量直径砂井的换算公式为：

$$D_p = a \frac{2(b + \delta)}{\pi} \quad (3)$$

式中： D_p ——塑料排水板当量换算砂井直径，mm；

a ——换算系数，无资料时取 0.75~1.0；

b ——塑料排水板宽度，mm；

δ ——塑料排水板厚度，mm。

计算时， a 值取为 0.75，相当于直径为 50 mm 的砂井。

因此，塑料排水板的固结度计算采用砂井固结度计算方法，总的平均固结度为：

$$\overline{U}_{rz} = 1 - (1 - \overline{U}_z)(1 - \overline{U}_r) \quad (4)$$

式中： \overline{U}_z ——竖向平均固结度，%；

\overline{U}_r ——径向平均固结度，%。

式(4)计算固结度是假设荷载一次瞬间加足，实际施工中荷载是分级逐渐加的，设计如图 8 所示的加载时间图，每一级荷载在加载时间内视为均匀等速加载。用改进的太沙基法求实际的固结度。

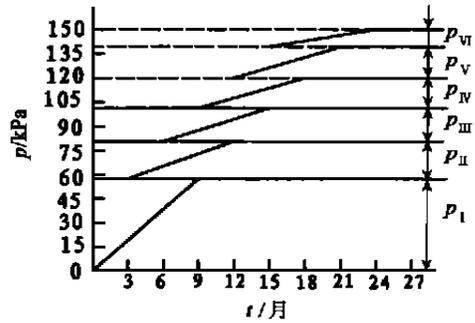


图8 加载与时间关系图

$$\overline{U}'_t = \sum_{i=1}^n \overline{U}_{rzi} \sum_{p_i} \quad (5)$$

式中： \overline{U}'_t ——多级等速加载， t 时刻修正后的平均固结度，%；

\overline{U}_{rzi} ——第 i 级荷载 t 时刻的平均固结度，%；

p_i ——第 i 级荷载，kPa。

计算 p_i ($i = \text{I、II、III、IV、V、VI}$) 时，根据图 6 所示 p_{i1} 和 p_{i2} 采用以下公式：

$$p_i \cdot S_i = p_{i1} \cdot S_{i1} + p_{i2} \cdot S_{i2} \quad (6)$$

$$S_i = S_{i1} + S_{i2}$$

(下转第 225 页)

合桩地基的加固效果,具有较好的适用性和较大的优越性,值得尝试。

2)要充分熟悉并掌握夯扩挤密复合桩地基的设计、施工、检测的全过程及所有细节,深入探讨它们的相互作用和相互影响,以此对问题做出客观准确的辩识并作为应用神经网络的基础。

3)要找到适合于该问题的有效的人工神经网络模型,还有待于进一步研究。

4)在给定设计要求的前提下,能否利用ANN来进行完全智能化设计,其结构模型如何,值得探讨。

本文是在中航勘察设计研究院贾立宏研究员的指导下完成的,在此表示感谢。

参 考 文 献

1 黄志仑等. 钻孔夯扩挤密桩地基. 军工勘察,

1996(1):41~45
 2 龚晓南. 复合地基. 杭州:浙江大学出版社
 3 冯夏庭,刁心宏. 智能岩石力学(1)一导论. 岩石力学与工程学报,1999,21(2):222~226
 4 郑颖人,刘兴华. 近代非线性科学与岩石力学问题. 岩土工程学报,1996,18(1):98~100
 5 袁曾任. 人工神经元网络及其应用. 北京:清华大学出版社,1999
 6 蔡美峰,郑文德,赵国堂. 数值方法与人工智能在岩土工程中的应用. 徐州:中国矿业大学出版社,1994
 7 焦李成. 神经网络系统理论. 西安:西安电子科技大学出版社,1990
 8 张明,温立新,赵正军. 刚性桩复合地基的设计及承载力评价. 岩土工程技术,2000(1):21~24

收稿日期:2001-05-16

(上接第 220 页)

$$S_{i1} \text{ —— } p_{i1} \text{ 对应荷载面积, } m^2;$$

$$S_{i2} \text{ —— } p_{i2} \text{ 对应荷载面积, } m^2。$$

经过计算可以求出,在保证施工质量的前提下,两年后海堤基底的固结度可以达到90%。

5 小 结

针对设计的漩门二期蓄淡围垦海堤采用分层总和法和有限元法计算出了海堤的最大沉降量为2.0 m左右,同时解出了各级荷载作用下海堤的沉降曲线图。根据海堤软土地基

设计的塑料排水板,采用等效砂井法,设计海堤的施工加载程序和各级荷载的加载时间,使海堤软土地基预期的固结度满足设计要求。

参 考 文 献

1 刘成宇主编. 土力学(第二版). 北京:中国铁道出版社,1993. 72~73;85~88
 2 曾国熙等主编. 地基处理手册(第六版). 北京:中国建筑工业出版社,1994. 63~73

收稿日期:2001-05-08