

# 滨海防洪堤海相软土地基固结特性研究

张小泉

(华城建设集团有限公司, 福建 泉州 362011)

**【摘要】** 本文通过对惠安下坑海堤软土地基现场监测研究发现:填土过程中沉降量随时间逐渐增大,软基沉降与填土进程密切相关;软基总沉降量与填土高度呈强相关,填土高度越大,总沉降量越大;主要沉降发生深度与软土层深度基本一致;伴随填土荷载增大,超孔压逐渐增大,填土结束后超孔压持续增长近1个月,主要由填土上机械施工引起;填土结束后,软基不排水抗剪强度提高21%~37%。

**【关键词】** 大面积堆载;软土;沉降

中图分类号: P64

文献标志码: B

文章编号: 1005-4774(2017)07-0023-04

## Research on consolidation characteristics of coastal floodwall marine faces soft soil foundation

ZHANG Xiaoquan

(Huacheng Construction Group Co., Ltd., Quanzhou 362011, China)

**Abstract:** In the paper, it is discovered in field monitoring and study on Hui'an Xiakeng seawall soft soil foundation that: the settlement is increased with time gradually in the soil filling process, and the soft foundation settlement is closely related to the soil filling process. Total settlement of soft foundation is strongly related to the soil filling height. The soil filling height is higher, and the total settlement is larger. Main settlement depth is roughly the same as the depth of the soft soil layer. The hyperpore pressure is gradually increased with the increase of the soil filling load. The superpore pressure is continuously increased by nearly one month after soil filling is completed, which is mainly caused by mechanical construction on filled soil. After soil filling is completed, the soft foundation no-drainage shear strength is increased by 21% to 37%.

**Key words:** large area heap load; soft soil; settlement

### 1 引言

中国东南沿海地区分布有厚度较大、面积较广的软土,在软土地基上修建防洪堤,地基沉降变形特性是控制工程施工进程的重要参数之一,为了掌握堆载作用下软土的固结特性,埋设仪器进行监测是主要也是最可靠的手段,是水利工程建设中必不可少的一种应

用技术。监测内容包括沉降变形、分层沉降及孔隙水压力等,目前已有许多研究报道了软土地区防洪堤地基的沉降变形特征<sup>[1-3]</sup>,但大都集中在沉降变形特征,对于分层沉降及孔隙水压力变化过程的监测研究相对较少,本文通过对某工程防洪堤软土地基进行监测,掌握填土堆载的影响深度和地基土随时间的固结沉降规律,对后续工程施工提供指导。

## 2 工程概况

福建省惠安下坑海堤工程位于滩涂区域,结构形式为斜坡式,由附近山体开挖运来的花岗岩风化残积土填筑碾压而成,迎水面坡度为1:2.0,背水面坡度为1:1.5,其中迎水面采用砌石进行坡面防护,背水面采用植被进行防护。该防洪堤长约3.8km,西南为潮间带滩涂,东北为浅海,存在一海沟,地势整体上由西南向东北方向逐次倾斜,地面高程约为0.95~3.05m。根据工程地质勘察报告,该工程地层结构较为简单,从上至下分别为①淤泥及砂层,全场地分布,灰色~深灰色,流塑~软塑,含砂和贝壳,根据含砂量的多少可分为淤泥、淤泥混砂、淤泥夹薄层粉砂和砂混淤泥,土层

均匀性较差。从整体上看,含砂量从上向下逐渐增大。该土层厚度为3.1~9.5m,平均厚度约为6.3m,东北方向的一条海沟淤泥厚度在4m左右,淤泥和淤泥含砂层的物理力学性质指标见下表;②残积粉质黏土,全场地分布,黄褐色,可塑,由黏性土、石英颗粒和少量云母组成,母岩为花岗岩。中等压缩性,力学性质较好,但具有浸水后易软化的特点,厚度达10m以上。

为缩短建设工期,减少工后沉降,经多方论证软基打设塑料排水板进行加速排水,然后分层填土、碾压、直至设计高程。总的填筑厚度为3.0~8.0m,填土高度为1.2~3.5m时开始埋设总沉降、分层沉降观测仪和孔压计,埋设完毕后,填土高度为4.1~9.3m。

淤泥、淤泥含砂层主要物理力学性质指标统计表

土层名称	重度/ (kN/m <sup>3</sup> )	含水量/ %	三轴抗剪强度参数				压缩系数 /(MPa <sup>-1</sup> )	渗透系数/ (cm/s)
			不固结不排水		固结不排水			
			C <sub>un</sub> /kPa	φ <sub>un</sub> /(°)	C <sub>cu</sub> /kPa	φ <sub>cu</sub> /(°)		
淤泥	15.6	73	7	0	10	10	0.16	3.4 × 10 <sup>-8</sup>
淤泥混砂	19.3	36	10	0	19	15	0.06	1.4 × 10 <sup>-6</sup>

## 3 沉降变形特征及分析

### 3.1 软土地基沉降与时间的关系

总沉降量采用沉降盘的方法进行监测,在沉降盘的中间打设一根竖向标杆,为了防止标杆产生沉降,标杆的底部坐落在下部不动的地层上。该工程中,放置在下部的强风化花岗岩上。通过定期测量沉降盘与标杆顶部的距离,换算出地基的沉降量。选取了三个有代表性的沉降观测点数据(S1、S3和S8),如图1所示。从图1中可以看出,沉降量随着时间逐渐增大,在填土的前3个月内,填土速率较慢,填土速率为0.01~0.02m/d,沉降速率也较慢,大约位于0.18~0.22mm/d;在3~9个月内,填土速率较快,为0.02~0.04m/d,沉降速率也较大,位于0.32~0.47mm/d;9个月后,沉降速率减小,沉降量逐渐趋于稳定。表明该软基的沉降与填土进程有密切的关系。

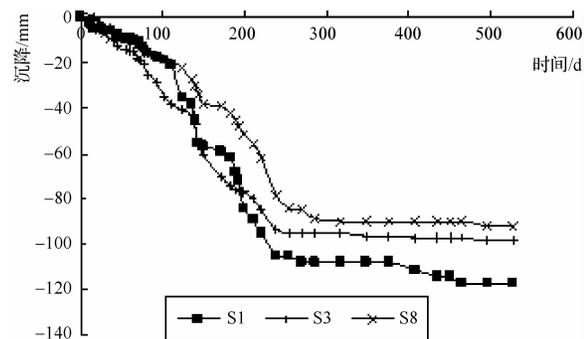


图1 软土地基沉降量随着时间的变化关系

### 3.2 软基沉降量与填土高度的关系

该场地内共布设了18个总沉降量监测点,将最后一次沉降观测点数据与相应位置的填土高度绘制于图2中。可以看出,该软基的总沉降量与填土高度呈现较强的相关性,填土高度越大,总沉降量也越大,最大填土厚度为9.2m,最后一次观测的沉降量达到了210mm,两者之间可以近似用线性公式表示。地表填土高度越大,在软基内部产生的附加应力也越大,因此

引起的竖向沉降量也越大。

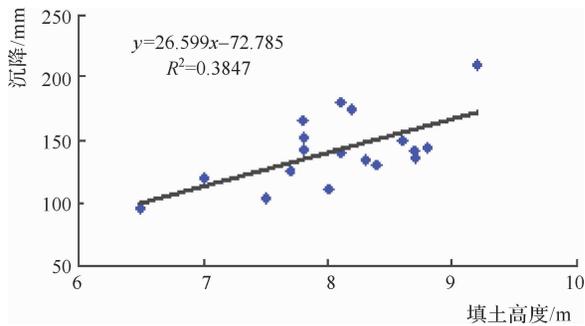


图2 软基沉降量与填土高度的关系

### 3.3 软土地基的分层沉降特性

为了掌握该软基不同深度处的沉降量和不同土层的压缩量,采用分层沉降磁性环的方法监测该软基的分层沉降量。在监测点处,打入一根 PVC 测杆,测杆底端同样位于下部的强风化花岗岩不动层上。磁性环每隔 2m 深度设置一个,共布设了 6 个。以最后一次观测时间为例,不同深度处的沉降量监测结果如图 3 所示。可以看出,S1 监测点处的沉降量主要在 8.0m 深度以内,10.0m 以下基本没有观测到沉降量;S2 和 S3 监测点处的沉降量主要在 6.0m 深度内。通过对比这些监测点处的地层条件,S1 监测点处的软土层深度为 7.4m,S2 和 S3 处的软土层深度为 6.3m,发现主要沉降发生的深度与软土层的厚度基本一致,表明该软基的沉降主要发生在软土层内。

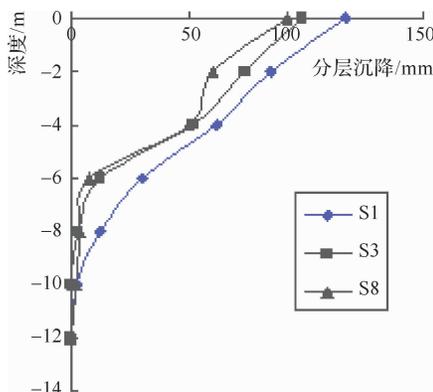


图3 软基的分层沉降量

### 3.4 软土地基的孔隙水压力变化过程

该软土地基在 S1 监测点附近 5m 距离处埋设了三

个孔隙水压力探头,深度分别为 3m、6m 和 9m。由于孔压探头监测的是总孔隙水压力,扣除相应深度处的静水压力得到超孔压,上述三个深度处的超孔压监测结果绘制于图 4 中。可以看出,随着填土荷载的增大,超孔压逐渐也增大;填土荷载在约 9 个月时填设完毕,但超孔压仍在增长,大约在 10 个月达到峰值,然后逐渐衰减。孔压滞后于填土荷载 1 个月仍在增长,究其原因,是由于填土完毕后,填土上部仍有部分重型车辆在行驶和施工,在软基内引起了循环附加应力,导致孔压继续上升。在 1 个月后,车辆行驶量迅速减小。软基内打设的塑料排水板起到较快的排水作用,超孔压减小。从深度上看,3m 深度处的超孔压最大,6m 深度的居中,而 9m 深度处超孔压较小,表明 9m 深度处已基本没有超孔压,即不会发生固结沉降,这与分层沉降量监测结果基本一致。

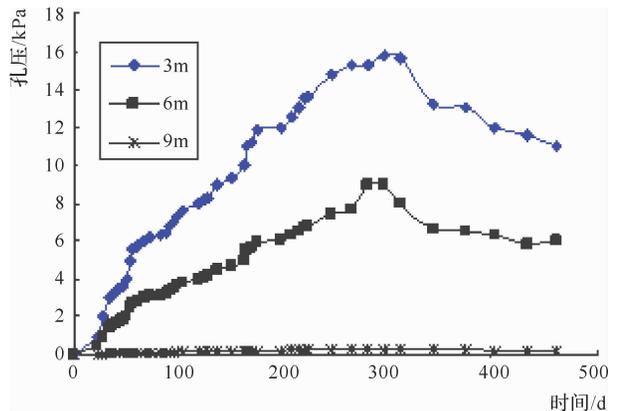


图4 软基超孔压监测结果

### 3.5 固结过程对土体强度的影响规律

为了检验塑料排水板打设后对该软基的加速排水性能,以及地基土强度的变化情况,填土施工前后采用十字板剪切仪测试了该软基的十字板不排水抗剪强度。其中,S1 监测点处填土前后的不排水抗剪强度试验结果如图 5 所示,其中填土后的结果为填土 536 天时测试的结果。从图中可以看出,填土荷载预压与塑料排水板联合作用后,该软基的不排水抗剪强度提高的幅度位于 21% ~ 37%。软土地基强度的提高可以采用下式进行解释:

$$\tau_{fi} = \tau_{f0} + \Delta\sigma_z U_i \tan\varphi_{cm}$$

限于篇幅,式中各符号物理意义详见《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)。

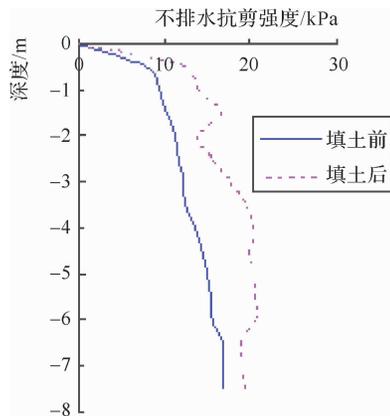


图5 软基在填土前后的不排水抗剪强度变化情况

## 4 结论

惠安下坑海堤工程打设塑料排水板加速排水处理,现场埋设试验装置对总沉降量、分层沉降、孔隙水压力、填土前后的不排水抗剪强度进行了监测与测试,通过研究发现:

a. 填土过程中,沉降量随着时间逐渐增大,在填土的前3个月内,填土速率较慢,填土速率为0.01~0.02m/d,沉降速率也较慢,大约位于0.18~0.22mm/d

(上接第7页)

d. 无损检测要求按设计图纸和《压力钢管管制造安装及验收规范》的要求执行。

### 3.5.6 焊缝缺陷处理

检查出质量缺陷的焊缝,必须进行返修并制定返修方案,返修后应按原要求进行检验。同一部位的返修次数不超过两次。当超过两次时,重新制定新的返修措施报监理人批准后实施。返修后的焊缝重新进行检验。

之间;在3~9个月内,填土速率较快,为0.02~0.04m/d,沉降速率也较大,位于0.32~0.47mm/d;9个月后,沉降速率减小,逐渐趋于稳定,表明该软基的沉降与填土进程有密切的关系。

b. 软基的总沉降量与填土高度呈较强的相关性,填土高度越大,总沉降量也越大。

c. 主要沉降发生的深度与软土层所在的深度基本一致,表明该软基的沉降主要发生在软土层内。

d. 随着填土荷载的增大,超孔压逐渐也增大,填土结束后1个月内超孔压仍在增长,主要是由于填土上方的机械施工引起的。

e. 填土荷载预压与塑料排水板联合作用后,该软基的不排水抗剪强度提高的幅度位于21%~37%。◆

## 参考文献

- [1] 喻华瑾,夏为. 盐仓防洪堤沉降观测的设计与实施[J]. 浙江水利水电专科学校学报,2009,21(3):19-20.
- [2] 沈金荣,张宝明,许世丰,等. 对淤泥质软土地基填筑防洪堤沉降成果的分析 and 运用[J]. 江苏水利,2005(9):15-17.
- [3] 刘文杰. 浅析堤防工程沉降观测[J]. 城市建筑,2015(20):260-260.

## 3.6 测量放点

钢管完全焊接后,测量始装节管口距洞口的距离,慢慢启动卷扬,在管口距洞口还有40~50mm时,停止卷扬,用千斤顶调整直至完全满足设计安装要求后,开始下一关节的安装。◆

## 参考文献

- [1] 毛小琳,王金伟,赵明哲. 大伙房水库输水应急入连工程输水管材的选定[J]. 水利建设与管理,2012(S1):3-5.
- [2] 谢新伟. 高水头小流量引水式水电站压力钢管稳定设计与施工[J]. 水利建设与管理,2009,29(10):51-52.