

DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2014.04.028

填海软基处理工程现场监测成果与加固效果分析

李 佳

(三门峡职业技术学院, 河南 三门峡 472000)

摘要: 针对某填海软基处理工程软基处理方法与现场监测项目, 对堆载预压法加固处理淤泥软基的表层沉降、分层沉降、孔隙水压力等监测成果及加固效果进行了分析, 结果发现, 堆载施工期沉降约占总沉降的65%, 加荷间歇期沉降随时间近似呈线性增加; 满载预压期沉降约占总沉降的35%, 沉降随时间近似呈抛物线增加。从分层来看, 表层6m淤泥层沉降占总沉降比例平均值为53.9%, 是沉降发生的主要部分, 而淤泥层下卧层沉降占总沉降量比例平均值为22.8%, 预估地基沉降应考虑下卧层沉降。淤泥表层与底层超静孔压比中间层消散快, 满载6个月时不同深度淤泥超静孔压消散约80%, 满载8个月时超静孔压消散约85%~90%。场区淤泥加固后, 物理力学性质及强度均得到明显改善, 加固效果十分明显。

关键词: 填海; 软基处理; 沉降; 超静孔压; 淤泥

中图分类号: TU447 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2014)04-0128-06

Analysis of Field Monitoring Results and Reinforcement Effects in Reclamation and Soft Soil Foundation Treatment Project

LI Jia

(Sanmenxia Technical Institution, Sanmenxia 472000, China)

Abstract: Soft soil foundation treatment methods and field monitoring schemes in the reclamation and soft soil foundation improvement project were introduced, and the monitoring results of the surficial settlement, layered settlement, and pore water pressure and reinforcement effects of soft silty soil foundation with preloading method were analyzed. The results showed that (1) the settlement during the loading construction period is accounted for 65% of the total settlement, and the settlement during the loading intermittent period increases linearly with time. The settlement during the full load pre-compression period is accounted for 35% of the total settlement, and it shows an approximately parabolic increasing with time; (2) the settlement in the surficial silt from 0 to 6 m is accounted for 53.9% of the total settlement, where the settlement mainly occurs, while the settlement in the underlying layer of silt is accounted for 22.8% of the total settlement, and the estimated foundation settlement should consider the settlement in the underlying layer of silt; (3) the excess pore water pressures in the surficial and bottom silt layers dissipate faster than that in the middle layer. The excess pore water pressure at different depths dissipates by 80% after six months of full load, and it dissipates by 85% to 90% after eight months of full load; and (4) the physical and mechanical properties and strength of silt improve significantly after reinforcement, indicating an obvious reinforcement effect.

Key words: reclamation; soft soil foundation treatment; settlement; excess pore water pressure; silt

随着沿海城镇经济的发展, 土地资源越来越匮乏, 因此沿海地区普遍开展了大规模的人工填海造陆工程。海底淤泥具有含水量高、渗透性弱、压缩性高, 固结速率慢等特性, 一般需要对填海工程场地内的淤泥等软基进行加固处理, 其中堆载预压法是处理大面积软基较为经济适用的方法。为了保证施工中淤泥等软基的安全性和稳定性, 确保软基的加

固效果, 通常需对加固软基表层沉降、分层沉降及孔隙水压力、水位等进行监测, 对加固前后软土的物理力学性质进行测试, 检验软基处理方法的合理性, 指导该地区软基处理工程设计与建造。在广州、中山、佛山、福建、厦门、东莞、深圳等地区码头、公路等^[1-10]工程建设中, 曾对堆载预压法处理的软土地基的地面沉降、分层沉降、孔隙水压力、深层水平位移等进行

收稿日期: 2013-11-06 修回日期: 2014-03-02 网络出版时间: 2014-06-11

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13476/j.cnki.nsbdqk.2014.04.001.html>

基金项目: 2012年度河南省政府决策研究招标课题(2012B609)

作者简介: 李 佳(1982-), 男, 河南卢氏人, 讲师, 主要从事地基基础施工和工程项目管理方面研究及教学工作。E-mail: Jim_Lijia@126.com

过监测研究,证实了其良好的加固效果。本文将针对深港西部通道一线口岸填海软基处理工程项目,分析堆载预压法加固处理后淤泥软基物理力学性质监测成果及加固效果。

1 工程概况

深港西部通道一线口岸位于深圳市南山区后海东角头港以东,规划占地面积 101.3 万 m²。规划为建筑用地、道路、停车场、绿化用地等。口岸区原始地貌为浅海或蚝田,原始地面均低于平均海面,为了满足规划要求,口岸区需填海造地面积约 150 万 m²,分四期实施,依次为海堤工程、隔堤工程、场区填筑一期和二期工程。口岸区场地遍布 5~20 m 厚的淤泥和淤泥质土,海底淤泥平均厚度为 10 m,淤泥下面为冲积砂砾土、黏性土或花岗岩残积土层。口岸区填海造地必须进行地基处理,以消除绝大部分沉降,并将工后沉降控制在目标值之内后,方可作为口岸建设用地。根据地质钻孔资料,场地地层自上而下描述如下。

(1) 淤泥。呈流塑状,颜色为深灰-灰黑色,有机质含量高达 7.2%,初始含水量、初始孔隙比及压缩性极高,强度极低,分布不均,厚度为 5~20 m,层顶标高为-0.7~-3.8 m。

(2) 黏性土和淤泥质砂。可作为场地地基处理的持力层。黏土分布较均匀,平均厚度为 6.3 m,层顶标高为-6.4~-23.3 m。

(3) 细砂及淤泥质砂。含黏性土,分布不均匀,呈透镜状,平均厚度为 3.8 m,层顶标高为-10.2~-23.0 m。

(4) 粗砂。含黏性土,分布较均匀,平均厚度为 4.9 m,层顶标高为-15.0~-27.6 m。

(5) 砾质粉质黏土。分布均匀,厚度较大,层顶标高为-7.0~-33.1 m。

2 软基处理设计

按照场地规划要求^[1],由北至南场坪划分为 N、O、O'、O'' 四个区见图 1。考虑到场坪填筑工作量,为了缓解交通运输压力,首先填筑隔堤将每个区分割为 A、B、C 三个小区。场坪填海软基处理^{[12][16]}分如下三部分完成。

(1) 海堤工程(图 2)。各段海堤的填筑和地基处理方式:北海堤为既有海堤改造,长度 726 m;东海堤采用抛石爆破挤淤法处理,长度 1 883 m;南海堤采用抛石爆破挤淤法处理,长度 801 m;西海堤采用抛石挤淤法处理,长度 2 151 m。

(2) 隔堤工程(图 1)。隔堤作为施工便道,采用开山石填筑。对于底部残留淤泥厚度不大于 2 m 的地段,堤身采用强夯挤密法进行处理;对于底部残留淤泥大于 2 m 的地段,采用振动沉管砂石桩进行处理。

(3) 场区填筑及软基处理工程。场区和海堤、内隔堤之间的过渡带采用砂石桩进行处理,以消除工后沉降及不均匀沉降,而场区内软基处理主要对象是淤泥,均采用砂石堆载预压塑料排水板法进行处理。堆载预压塑料排水板法主要施工工序如下。

1 排水、晾晒。隔堤形成后,整个场区形成大小不等的水塘,将海水抽排出场外,为后续土工布、砂垫层铺设提供施工作业面。

° 铺设砂垫层。由于表层淤泥特别软弱,经计算,需铺

设一层 1~2 m 厚的砂垫层,在砂垫层铺设前,在淤泥层顶面预先铺设一层经过下伏淤泥层强度验算的、具有一定强度和抗拉能力的经编复合土工布,以保证施工安全。

» 设置排水系统。排水系统主要包括塑料排水板、砂垫层、地表排水沟、盲沟、集水井等。塑料排水板采用等边三角形布置,间距为 0.9 m 与 1.0 m,要求塑料排水板抗拉强度高、抗老化能力强、具有一定的抗腐蚀性;盲沟纵横向间隔均为 50 m,断面形状为上边长 80 cm、下边长 60 cm、高 80 cm 的梯形,铺设砂垫层经平整后再挖沟,采用粒径为 2~4 cm 级配碎石作为盲沟的填充料,外包无纺透水土工布;集水井直径为 1.0 m,布置在纵横向盲沟交汇处。

¼ 堆载材料。N 区场坪将修建口岸深港联检大楼、办公楼以及通向特区的地下通道。为了便于二次地基处理,采用砂作为填料。砂应采用含泥量小于 10% 的中粗砂,碾压后干密度应不小于 16.5 kN/m³。O、O'、O'' 区以开山石作为填料,要求采用块石直径不大于 ≤50 cm 的混合开山石填料,且控制干密度不小于 20 kN/m³。

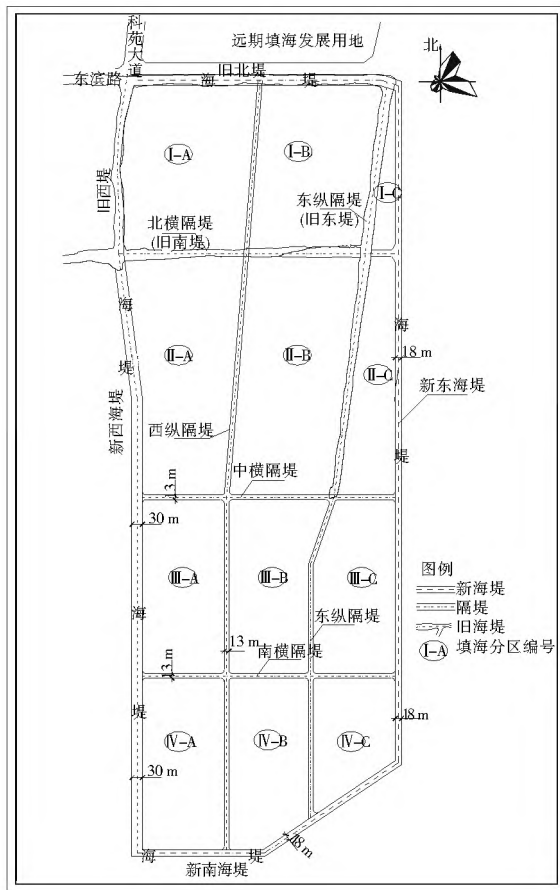


图 1 隔堤及分区平面布置

Fig. 1 Separation levee and layout of zonations

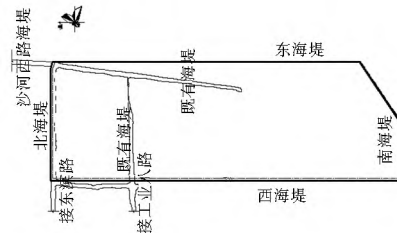


图 2 海堤平面布置

Fig. 2 Layout of seawall

3 软基处理监测及成果分析

3.1 监测仪器布置与埋设及观测

场区主要监测内容包括表层沉降、分层沉降、水位和孔隙水压力等。监测仪器埋设断面示意图 3。

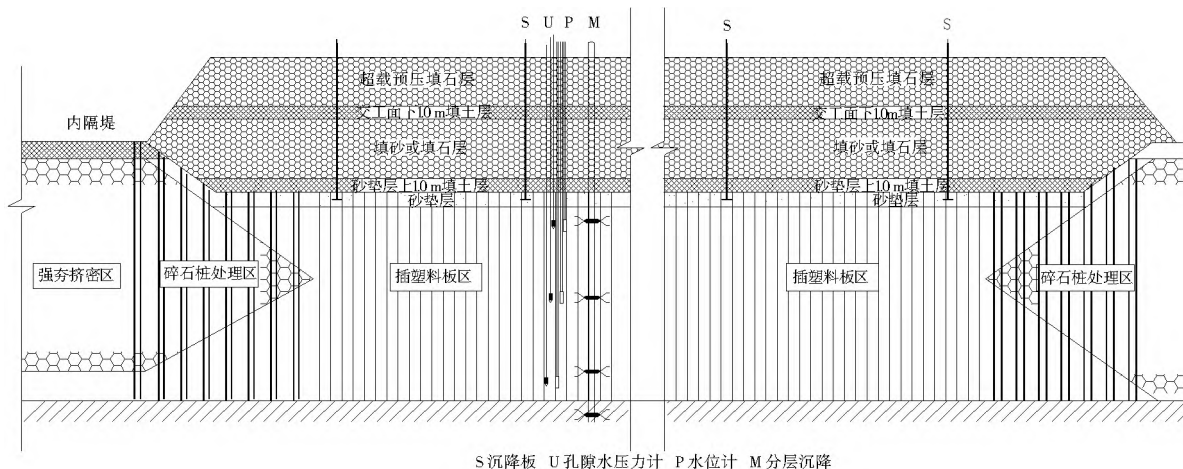


图 3 监测仪器埋设示意图

Fig. 3 Schematic diagram of burying of monitoring apparatus

续观测两周，观测时需同时记录其附近填土面高程。为了满足精度要求，每次观测要求在场坪北区和南区分别作二等闭合水准测量。

3.1.2 分层沉降观测

为了掌握不同淤泥层位加固过程中的沉降发展时程线，从而了解各淤泥层的压缩情况，需要进行分层沉降观测。分层沉降标采用钻孔埋设，钻孔后应清除套管内残留的淤泥，按照设计要求的深度埋设磁环和芯管。每孔依次在淤泥上、中、下层及下卧层各埋设一只磁环，磁环间隔为 2~ 3 m。淤泥层较厚处应适当增加磁环数量。

分层沉降观测时，首先用电磁式分层沉降仪测出测管口至各磁环的距离，重复测三次，取其平均值，然后测量测管口口的高程，计算各磁环处淤泥层沉降。

3.1.3 孔隙水压力观测

场区内共埋设孔隙水压力计 25 组，埋设时间与深层沉降标相同。每组依次在淤泥上、中、下层各埋设一只孔隙水压力计。由于场区淤泥极其软弱，淤泥浅层(如 2~ 3 m)采用静力触探杆将孔隙水压力计直接压入至设计位置，淤泥较深处则采用静力触探架辅助压入。采用配套的基康仪器 GK403 频率读数仪观测孔隙水压力计，将测得的频率值换算为孔隙水压力。

3.1.4 水位观测

为了观测地下水位的变化，确定超静水压的消散情况，在每组孔隙水压力计附近设置了一组水位观测孔，其中埋设水位计，共计 25 组。砂垫层和淤泥层中的水位计分别用于测量自由水位、与孔隙水压力计对应的淤泥层水位的变化。

3.2 表层沉降分析

场区沉降板表层沉降观测自 2003 年 1 月 20 日开始，共 660 d。场区沉降板 S_{N-1} 沉降过程曲线见图 4。由图可见：填筑期，在每一级荷载下，淤泥孔隙中的水逐渐排出，孔隙体积

3.1.1 表层沉降观测

在砂垫层和塑料排水板打设后，第一层地基填料填筑之前，将沉降板埋设在砂垫层中，场坪共埋设 369 块沉降板，按 100 m × 100 m 间隔布置。采用高精度水准仪观测沉降。堆载预压期观测频率为 1 次/d，满载期 3 d 观测 1 次，卸载后继

慢慢减小，土体发生固结沉降，地基表层沉降发展都很快，说明淤泥对于加荷是极其敏感的，填筑期产生的沉降约占总沉降的 65%；加荷间歇期，地基表层沉降发展也较快，随时间近似呈直线变化，加荷产生的沉降台阶并不明显；满载预压期，在恒定荷载下，地基表层沉降速率相比于填筑期小，沉降随时间近似呈抛物线变化，由于此时淤泥性质仍然较差，固结系数较小，曲线变缓十分缓慢，满载预压 6 个月曲线才开始逐渐变缓，此时沉降速率仍较大，后期仍会产生较大的次固结沉降。

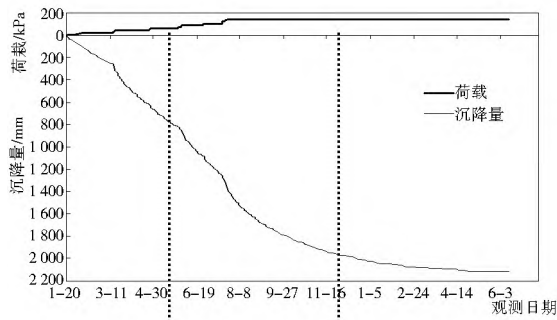


图 4 场区沉降过程曲线(S_{F-1} 沉降板)

Fig. 4 Settlement process curve(settlement plate S_{F-1})

3.3 分层沉降分析

测点 $M_{0.5}$ 的分层沉降过程曲线见图 5。由图可见：填筑期，每一级加载，各环相应处淤泥层沉降明显增加，由于受地基表面施加荷载的影响程度不同，从上至下淤泥层沉降速率呈现由快至慢的增长趋势；满载预压阶段，各环相应处淤泥层沉降速率逐渐减小，但收敛程度有较大差异，表层第一环淤泥层沉降与表层沉降板沉降收敛程度相似，沉降收敛均比较明显；底层最后一个环处淤泥层沉降收敛不是十分明显，中间二环的情况介于表层与底层两磁环之间，并随着深度的变化各自趋向于相邻磁环。

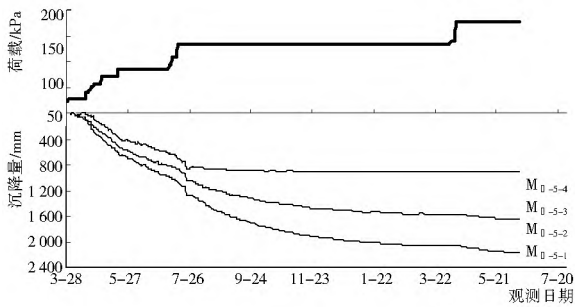


图5 分层沉降过程曲线(M 0-5测点)

Fig. 5 Layered settlement process curve(M 0-5 measure point)

根据分层沉降实测数据,对不同层位淤泥沉降占总沉降的比例进行了统计,结果见表1。从表1可看出,各测点表层6 m(上部与中上部淤泥)淤泥沉降量占总沉降量的29.7%~81.0%,平均为53.9%,是总沉降发生的主要部分;淤泥层下

表1 不同层位淤泥沉降占总沉降的比例统计(%)

Table 1 Statistics of the proportions of the settlements in the different silt layers of the total settlement (%)

层位	分层沉降测点										
	M _{F1}	M _{F2}	M _{F3}	M _{F4}	M _{F5}	M ₀₋₅	M ₀₋₁	M ₀₋₂	M ₀₋₃	M ₀₋₄	M ₀₋₁
淤泥上部	41.9	15.7	30.0	17.6	51.3	7.5	18.2	13.6	25.6	54.6	13.1
淤泥中上部	15.4	16.2	13.3	26.6	10.9	22.2	27.0	32.8	6.4	26.4	57.2
淤泥中下部	3.6	1.3	29.5	13.4	8.4	22.2	27.3	25.3	21.3	7.7	11.3
淤泥下部	2.3	36.4	5.8	17.3	5.3	9.6	15.8	3.0	10.8	5.3	6.3
下卧层	36.8	30.3	21.4	25.0	24.1	38.7	11.7	25.4	35.8	6.0	12.0

层位	分层沉降测点									
	M ₀₋₂	M ₀₋₃	M ₀₋₄	M ₀₋₅	M ₀₋₆	M ₀₋₁	M ₀₋₂	M ₀₋₃	M ₀₋₄	M ₀₋₅
淤泥上部	44.5	44.7	32.5	22.1	29.4	24.0	28.6	46.0	17.8	38.6
淤泥中上部	24.4	24.0	29.8	33.3	31.0	28.8	29.1	16.8	21.5	19.0
淤泥中下部	4.5	3.2	4.0	30.6	15.6	10.1	14.5	11.4	32.7	20.7
淤泥下部	5.4	1.7	2.8	3.1	3.7	4.7	7.8	7.3	14.1	3.8
下卧层	21.2	26.4	30.9	10.9	20.3	32.4	20.1	18.6	13.9	17.9

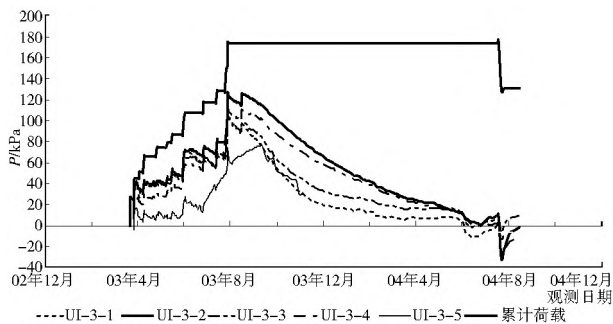


图6 超静孔压-时间关系曲线(ⅡB区)

Fig. 6 Relation curve between excess pore water pressure and time (IB area)

部的沉降量占总沉降量的比例最小,为1.7%~36.4%,平均仅为9.1%;下卧层的沉降量占总沉降量的6.0~38.7%,平均为22.8%,其沉降量也是不容忽视的。

3.4 孔隙水压力分析

ⅡB区超静孔压消散时程曲线以及不同深度土层超静孔压消散曲线分别见图6、图7,其中初始孔压以平均海水水位标高1.6 m计算。由图可见:由于填筑加载速率较快,加载期超静孔压上升较快;满载预压后,超静孔压前期消散较快,至满载6个月时,超静孔压消散平均值高达80%,此时孔压消散变缓。由于地基表层铺设一层透水的砂垫层,在预压荷载下,表层淤泥排水路径短,表层淤泥超静孔压比中间层消散快。而底层淤泥下卧层为半透水的粘性土,固结速率较淤泥大,底层淤泥超静孔压也比中间层消散快。满载8个月时,整个淤泥层超静孔压消散为85%~90%,至10个月时,孔压固结度已达到95%以上。

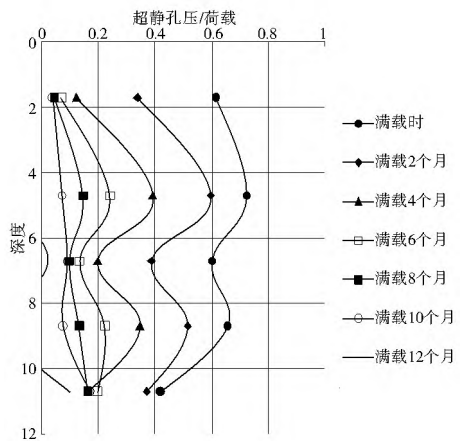


图7 不同深度超静孔压消散曲线(ⅡB区)

Fig. 7 Dissipation curve of excess pore water pressure at different depths (IB area)

4 软基处理加固效果分析

4.1 加固前后淤泥物理力学性质的变化

为了分析场区淤泥软基处理的加固效果,对加固前后淤泥层进行了钻探取样及土工试验,结果见表2,可以看出处理后淤泥的天然密度和压缩模量比处理前分别增加12.84%、34.38%,含水量、孔隙比、压缩系数比处理前分别减小了39.15%、39.43%、46.22%,其它物理参数也有了不同幅度

的增减,说明软基处理效果很好。

4.2 加固前后淤泥的强度变化

本工程总共布置了12组十字板剪切试验点,加固前后在同一位置淤泥层中每2.0 m处的原状土和重塑土各进行了一次剪切试验。加固前后淤泥十字板剪切试验结果见表3。

表 2 加固前后淤泥的物理力学性质

Table 2 The physical and mechanical properties of silt before and after reinforcement

统计项目	指标名称									U U(三轴)		
	$w(\%)$	$\rho(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	e	$w_L(\%)$	$w_P(\%)$	I_p	I_L	$a_{1-2}/(\text{MPa}^{-1})$	E_s/MPa	c/kPa	$\varphi(^{\circ})$	
统计件数	91	87	87	91	91	91	85	87	88	43	46	
加固前	最小值	58.8	1.39	1.6	29.5	18	11	2	1.45	0.90	1	1.1
	最大值	127.8	1.62	3.23	58.5	36	25	4.92	3.78	2.30	7	3.2
	平均值	90.9	1.48	2.46	49.14	30.36	18.8	3.37	2.25	1.60	3.29	2.27
	标准差	13.76	0.05	0.34	7.51	4.58	3.86	0.75	0.53	0.31	1.44	0.51
	变异系数	0.151	0.034	0.14	0.153	0.151	0.206	0.223	0.234	0.19	0.436	0.227
统计件数	40	40	40	40	40	40	40	27	27	9	9	
加固后	最小值	41.3	1.56	1.1	41	23	16	1.017	0.79	1.53	4	2
	最大值	72.5	1.81	1.97	60	34	18	1.65	1.93	2.83	92.6	6.7
	平均值	55.3	1.67	1.49	49.3	28.5	26	1.29	1.21	2.15	28.5	4.08
	标准差	7.65	0.06	0.21	5.17	3.1	20.75	0.16	0.31	0.37	28.05	1.28
	变异系数	0.14	0.04	0.14	0.1	0.11	2.03	0.13	0.25	0.17	0.99	0.31
加固前后指标平均增减率(%)	-39.15	12.84	-39.43	0.33	-6.13	38.30	-61.72	-46.22	34.38	766.26	79.74	

表 3 加固前后淤泥十字板剪切试验结果

Table 3 Results of vane shear test of silt before and after reinforcement

区段	统计项目	原状土抗剪强度 C_u/kPa		重塑土抗剪强度 C'_u/kPa		灵敏度 S_t	
		加固前	加固后	加固前	加固后	加固前	加固后
N-A	统计个数	6	3	6	3	6	3
	范围值	2.94~24.45	56.83~112.56	0.82~10.27	63.78~87.06	2.38~4.45	0.89~1.39
N-B	统计个数	9	5	9	5	9	5
	范围值	2.55~14.3	102.69~181.47	0.71~2.81	36.78~87.85	1.61~7.08	1.24~3.36
N-C、 O-C	统计个数	7	5	7	5	7	5
	范围值	1.71~19.26	38.97~139.08	0.94~5.36	8.61~79.96	1.82~4.19	1.33~4.53
	平均值	8.25	112.1	2.4	62.39	3.66	2.08
	增长率(%)	1 258.79		2 499.58		-43.17	

从表 3 可以看出,处理前淤泥原状土抗剪强度平均值为 8.25 kPa,重塑土抗剪强度平均值为 2.4 kPa,灵敏度平均值为 3.66,具有极软、高灵敏度等特性;处理后原状土和重塑土抗剪强度平均值比处理前分别提高了 12.6 倍和 25 倍,灵敏性减小了 43.17%。由此可见,淤泥剪切强度有了很大的提高,软基处理效果十分明显。这是由于淤泥强度增长与其压密实同时发生的,在荷载作用下,淤泥的孔隙比减小,密实度增加,颗粒之间有效应力逐渐提高,地基土强度逐渐增长。

5 结论

深港西部通道一线口岸场坪填海及软基处理工程分三期实施,海堤主要采用抛石爆破挤淤与抛石挤淤法进行处理;隔堤根据底部残留厚度不同,分别采用强夯挤密法和振动沉管砂石桩法处理;场区淤泥主要采用塑料排水板堆载预压法进行处理。本文通过现场监测,分析了塑料排水板堆载预压法加固处理场区深厚淤泥软基的表层沉降、分层沉降、孔隙水压力等监测成果与加固效果,得出如下结论。

(1) 场坪淤泥对堆载荷载极其敏感,堆载填筑施工期沉降约占总沉降量的 65%,加荷间歇期表层沉降随时间近线性变化;满载预压期沉降约占总沉降量的 35%,表层沉降随时间近抛物线变化;满载 6 个月后沉降才开始变缓,但沉降速

率仍较大。

(2) 场坪上部与中上部(表层 6 m)淤泥层沉降占总沉降量比例的平均值为 53.9%,下部淤泥层沉降占总沉降量比例平均值为 9.1%,而淤泥层下卧层沉降占总沉降量比例平均值为 22.8%,下卧层沉降量占有相当比例,预估地基沉降时不容忽视。

(3) 场区堆载预压后淤泥表层和底层超静孔压比中间层消散快。满载时不同深度淤泥层超静孔压已消散 30%~60%,满载初期消散较快;满载 6 个月时不同深度淤泥层超静孔压消散约 80%,满载 8 个月时淤泥层超静孔压消散约 85%~90%。

(4) 场区淤泥处理后,淤泥物理力学性质及强度得到明显改善,与处理前相比,天然密度和压缩模量分别增加 12.84%、34.38%,含水量、孔隙比、压缩系数分别减小了 39.15%、39.43%、46.22%,淤泥原状土和重塑土抗剪强度平均值分别提高了 12.6 倍和 25 倍,加固效果十分明显。

参考文献(References):

- [1] 高会强. 新会基地码头软基加固监测及效果评价分析[J]. 港工技术, 2009, 46(4): 53-55. (GAO Hui qiang. Evaluation and Monitor on Xinhui Base Dock's Foundation Treatment[J]. Port

- Engineering Technology, 2009, 46(4): 53-55. (in Chinese)
- [2] 于永超,李志炯.堆载预压法加固软基施工监测及效果评价[J].江苏建筑,2013(2):92-94.(YU Yongchao, LI Zhijiong. Construction Effect Evaluation and Monitoring of Soft Foundation Preloading Treatment[J]. Jiangsu Construction, 2013(2): 92-94. (in Chinese))
- [3] 关战伟,梁永辉.广明高速公路西樵至更楼段软基监测成果分析[J].华东公路,2009(5):14-16.(GUAN Zhanwei, LIANG Yonghui. Analysis on Monitoring Result of Soft Foundation on Front Xi Qiao to Geng Lou of Guangming Highway[J]. East China Highway, 2009(5): 14-16. (in Chinese))
- [4] 陈德立,杨建学,王磊.某滨海厂房软土堆载预压地基处理监测分析[J].福建建设科技,2007(6):1-3.(CHEN Lide, YANG Jianxue, WANG Lei. Analysis on Monitoring of Soft foundation Preloading Treatment on the Tactory in the Coastal Area[J]. Fujian Construction and Science Technology, 2007(6): 1-3. (in Chinese))
- [5] 叶木华,曾召田.厦门海沧新城内湖景观堤岸软基处理监测分析[J].岩土工程界,2009,12(10):66-70.(YEMuhua, ZENG Zhaotian. Analysis on Monitoring of Soft Foundation Treatment on Inner Lake Sight Bank in Haicang New City in Xiamen[J]. Geotechnical Engineering World, 2009, 12(10): 66-70. (in Chinese))
- [6] 黎玉,王齐仁.塑料排水板堆载预压法软基加固监测分析[J].福建建筑,2010(9):80-82.(LI Yu, WANG Qiren. Evaluation on Monitoring Data of Reinforcing Soft Clay Foundation by Preloading Accumulation Load Method with Plastic Drain Plate[J]. Fujian Architecture & Construction, 2010(9): 80-82. (in Chinese))
- [7] 郭志华,姜志全,黄毅.塑料排水板预压法处理深厚软基的试验研究[J].土工基础,2009,23(6):21-23.(GUO Zhihua, JIANG Zhiquan, HUANG Yi. Experiment Research on Deeply Soft Foundation Treatment by Plastic Drainage Plate Preloading Method[J]. Soil Eng. And Foundation, 2009, 23(6): 21-23. (in Chinese))
- [8] 张明,蒋瑞波.填海造陆工程预压法加固软基现场监测试验研究[J].土木工程与管理学报,2012,29(3):55-60.(ZHANG Ming, JIANG Ruibo. Study on Insite Monitoring Tests for Soft Clay Foundation by Preloading Reinforcement in Reclamation Land Projects[J]. Journal of Civil Engineering and Management, 2012, 29(3): 55-60. (in Chinese))
- [9] 张明,杨永生,胡愈.某填海造陆工程软基处理加固效果分析[J].河南科学,2011,29(12):1478-1480.(ZHANG Ming, YANG Yongsheng, HU Yu. Analysis on Reinforcement Effect of Soft Clay Improvement Foundation in Land Reclamation Project[J]. Henan Science, 2011, 29(12): 1478-1480. (in Chinese))
- [10] 深圳市城市规划设计研究院有限公司.深港西部通道一线口岸区填海及地基处理技术要求[R].2002.(Urban Planning & Design Institute of Shenzhen. Reclamation and Soft Foundation Treatment Request of a Gleam of Port Area in Shenzhen Hongkong West Passage Project[R]. 2002. (in Chinese))
- [11] 深圳市勘察研究院有限公司.深港西部通道口岸区填海及地基处理工程初步设计[R].1998.(Shenzhen Investigation & Research Institute CO., LTD. Reclamation and Soft Foundation Treatment Projects Primary Design of Port Area in Shenzhen Hongkong West Passage Project[R]. 1998. (in Chinese))
- [12] 中国铁道科学研究院深圳研究设计院.深港西部通道口岸区海堤工程施工图设计[R].2000.(Shenzhen Research and Design Institute of Cars. Construction Drawing Design of Seawall Engineering of Port Area in Shenzhen Hongkong West Passage Project[R]. 1998. (in Chinese))
- [13] 深圳市勘察研究院有限公司.深港西部通道口岸场坪填海及地基处理工程初步设计(变更修改方案)[R].2002.(Shenzhen Investigation & Research Institute CO., LTD. Reclamation and Soft Foundation Treatment Projects Primary Design of Port Field Area in Shenzhen Hongkong West Passage Project (Alteration Scheme) [R]. 2002. (in Chinese))
- [14] 深圳市勘察研究院有限公司.深港西部通道口岸区场坪填海及地基处理施工图设计[R].2002.(Shenzhen Investigation & Research Institute CO., LTD. Reclamation and Soft Foundation Treatment Projects Construction Drawing Design of Port Field Area in Shenzhen Hongkong West Passage Project[R]. 2002. (in Chinese))
- [15] 深圳市勘察研究院有限公司.深港西部通道口岸区场坪填海及地基处理工程内隔堤施工图设计[R].2002.(Shenzhen Investigation & Research Institute CO., LTD. Reclamation and Soft Foundation Treatment Projects Inner Bank Construction Drawing Design of Port Field Area in Shenzhen Hongkong West Passage Project[R]. 2002. (in Chinese))