

洞庭湖区软土地基加固处理方案对比研究

隆威,程盼,赵娟,罗杰,王祖平

(中南大学地学与环境工程学院有色金属成矿预测教育部重点实验室,湖南长沙410083)

摘要:采用强夯法、真空预压排水固结法、动力排水固结法对洞庭湖区一场地进行了加固处理,通过对处理后场地各项参数指标的对比研究,得出动力排水固结法处理软粘土地基是行之有效的方法,达到了预期的效果。此种软基处理方案既经济又合理,同时又满足了施工工期要求,可为类似工程提供有价值的参考。

关键词:软土地基;地基处理;强夯法;真空预压排水固结;动力排水固结法

中图分类号:TU473 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)09-0046-04

Comparative Study on Reinforcing Soft Soil Treatment Program in Dongting Lake Area/LONG Wei, CHENG Pan, ZHAO Juan, LUO Jie, WANG Zu-ping (Key Laboratory of Non-ferrous Ore Mineralization Prediction, School of Geoscience and Environmental Engineering, Central South University, Changsha Hunan 410083, China)

Abstract: Heavy tamping, consolidation by vacuum preloading drainage and dynamic drainage consolidation were used to reinforce the soft ground in Dongting Lake area. Based on the comparative study on various treated site parameter indexes, dynamic drainage consolidation method was found to be an effective method to deal with the soft clay foundation with the desired effects. The soft ground treatment program is economical and reasonable which can meet the demands of construction schedules at the same time.

Key words: soft foundation; ground treatment; heavy tamping; consolidation by vacuum preloading drainage; dynamic drainage consolidation method

由于湖区周边地层形成的特殊性,地基下经常存在深厚的软土层,这极大地影响了工业民用建筑的长期稳定和安全使用,使得区域开发建设的难度加大。因此,内陆湖区软土地基处理技术的研究对工业民用建筑的建设十分重要。

强度低,完全固结所需时间较长。

软土地基在外部荷载的作用下,其沉降大,持续时间长,会对在其上修建的构筑物产生很大的危害。如何保证湖区地基的稳定和准确预测其沉降是湖区沉积软土地区修建构筑物的2个主要技术问题。

1 洞庭湖区软土特点

洞庭湖区广泛分布着冲、沉积软土地层。洞庭湖区软土地层主要由淤泥、淤泥质粘土、软塑状粉质粘土、粉质砂土组成。软土中一般夹有薄层粉细砂层,砂层厚薄不一,层次有多有少,且有一定水平层理,软土一般下伏松散状粉细砂。洞庭湖区软土以更新世地层中软土分布最广泛,且分布较厚,层厚局部地段达40余米。而全新世地层中的软土仅分布于地表浅部河湖港湾中的相对静水区域或水塘之中,且层厚一般均小于10m。其特点主要表现在:

(1)较高的含水量,大部分软土的含水量在35%~45%之间,少数达70%,一般均超过液限,土体呈软塑流塑状;

(2)天然孔隙比大,湿密度小,压缩性高,抗剪

2 工程概况

拟建场地位于洞庭湖区周边,地处湘江冲积平原边缘,属湖积、冲积地貌单元。由于江水与湖水的复杂交替作用,淤泥与薄砂层交错沉积。场地大部分为鱼塘及耕地。场地拟建一别墅区。

拟建场地软土地基土层分布主要为:杂填土、粉质粘土、粉细砂、淤泥及淤泥质土、卵石、基岩等。

在勘探孔深度控制范围内,场地岩土层按地质成因从上至下分为第四系填土(Q_4^{ml})、湖积土(Q_4^l)、冲积土(Q_4^{al})、残积土(Q_4^{cl})和泥盆系(D)基岩共5层,现分述如下:

①杂填土(Q_4^{ml}),填料以粘性土为主,含少量细中砂及碎石、砼块,层厚0.50~1.30m,压缩性高,强度较低;

收稿日期:2010-03-16

作者简介:隆威(1962-),男(汉族),重庆丰都人,中南大学地学与环境工程学院副院长、教授,探矿工程专业,工学硕士,从事地质工程、岩土工程专业教学、科研、设计及施工管理工作,湖南省长沙市中南大学校本部地学楼100室,lwzndx@sina.com;程盼(1985-),男(汉族),湖北钟祥人,中南大学地学与环境工程学院硕士研究生,地质工程专业,从事岩土工程设计与施工研究工作,chengpan1020@163.com。

②湖积土(Q_4^1),根据土的成分及物理力学性质定为淤泥质土,深灰色,流塑,饱和,湖积成因,含大量有机质及少量粉砂,为塘泥,平均厚度 0.65 m,流塑,含水率大,孔隙比大,为高压缩性软土,强度低;

③冲积土(Q_4^{al}),根据土的成分及物理力学性质划分为如下 6 个亚层:

③₁粉质粘土,浅灰黄色、灰色,可塑,局部软塑,含少量粉细砂,平均厚度 3.93 m;

③₂淤泥,深灰色,流塑,局部软塑,饱和,含有机质,夹较多粉砂,局部夹淤泥质土,层厚 1.10 ~ 10.00 m,平均 3.15 m;

③₃粉细砂,灰色,松散,饱和,成分以石英为主,含少量淤泥质土,平均厚度 2.64 m;

③₄粉质粘土,灰黄色、灰色,软塑,含少量粉细

砂,局部夹灰黑色泥炭,平均厚度 3.22 m;

③₅淤泥,深灰色,流塑,局部软塑,饱和,含有机质,局部夹较多泥炭,其中 HK9 孔 6.8 m 以下以粉砂为主,夹腐木,平均厚度 3.08 m;

③₆卵石,灰黄色、灰白色,稍~中密,饱和,母岩成分为砂岩,粒径多为 1~6 cm,最大约 12 cm,局部为漂石,级配良好,间隙充填粗砾砂及粘性土,平均厚度 3.76 m,大部分钻孔未钻穿;

④基岩(D),岩性为中风化灰岩,青灰色、灰色,断面见肉红色,碎屑结构,层状构造,岩心呈短柱状,局部块状,裂隙稍发育,敲击声脆,见方解石细脉,厚度 0.30~1.30 m,平均厚度 0.63 m,未钻穿,力学性质好,承载力高。

各岩土层主要物理力学指标见表 1。

表 1 主要岩土层物理力学指标表

岩土层名称	层厚/m	含水量 $w/\%$	孔隙比 e	液限 $W_L/\%$	塑限 $W_p/\%$	压缩性系数 a_{1-2}/MPa^{-1}	f_{ak}/kPa
①素填土	0.5~1.3						
②淤泥质土	0.4~1.2						
③ ₁ 粉质粘土	1.0~7.5	31.6	0.886	40.2	24.9	0.458	120
③ ₂ 淤泥	1.1~10.0	74.4	2.023	67.7	41.9	1.568	50
③ ₃ 粉细砂	0.4~5.2						100
③ ₄ 粉质粘土	1.2~5.7	37.7	1.092	40.0	24.7	0.616	100
③ ₅ 淤泥	0.5~6.0	76.1	2.029	72.1	45.2	2.326	50
③ ₆ 卵石	0.45~8.8						400
④灰岩	0.3~1.3						3000

场地地下水埋藏较浅,孔内静止水位埋深为 0.10~1.10 m。场地地下水类型主要为孔隙潜水和基岩裂隙水,孔隙潜水主要赋存在素填土及冲积砂土孔隙中,其次为基岩裂隙水,赋存于岩石裂隙中。据土质判断:③₃层粉细砂具弱~中透水性;③₆层卵石具强~极强透水性,其余土层具微~极微透水性。

3 拟采用地基处理方案探讨

3.1 强夯法

利用强大的夯击能迫使深层土液化和动力固结,使土体密实,用以提高地基承载力和减小沉降、消除土的湿陷性、胀缩性和液化性。其施工速度快,施工质量容易保证,经处理后土性较为均匀,造价经济。然而,由于强夯法较适用于松散的填土、碎石土以及低饱和度的粉土与粘性土,而对于淤泥及淤泥质土应用效果不太理想,另外其操作时噪声和振动较大。而对于强夯置换法,由于淤泥层较厚,埋深较大,填料不易穿透软弱层。

3.2 高压旋喷法

将高压喷射机械钻进至预定位置后高压喷射加

固浆液冲切破坏土体,使加固浆液与土体搅拌混合,形成复合增强土体,从而提高承载力等性能。高压旋喷适用于淤泥、淤泥质土、砂土、碎石土以及填土等地基。对于土中含有较多的大粒径块石、坚硬粘性土、大量植物根茎或有过多的有机质,以及地下水流速过大和已涌水的工程,应根据现场试验结果确定其使用程度。在旋喷施工过程中水泥浆冒出地面流失量较大,对流失水泥浆应设法予以利用。

3.3 深层搅拌法

利用深层搅拌机,将水泥浆与地基土原位拌和,形成复合增强体,提高地基承载力、减少沉降、增加稳定性和防止渗漏等。此法适用于处理正常固结的淤泥、淤泥质土、粉土、素填土、粘性土以及无流动地下水的饱和松散砂土等地基。

3.4 排水固结法

通过布置垂直排水井,改善地基的排水条件,及采取加压、抽气、抽水或电渗等措施,以加速地基土的固结和强度增长,提高地基土的稳定性,并使沉降提前完成。适用于处理厚度较大的饱和软土和冲积土地基。排水固结法示意图 1。

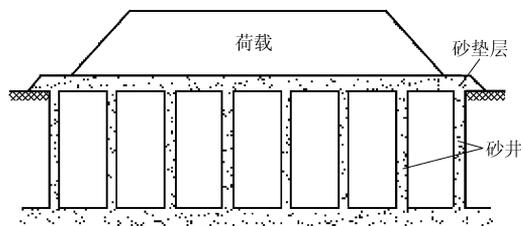


图1 排水固结法示意图

3.5 对比试验

综合地质勘探资料、设计要求及施工条件分析该场地地基处理,分别采用强夯法、真空预压排水固结法、动力排水固结法3种方式加固地基土进行对比研究,具体设计参数如下:

(1)强夯法,夯击3遍,第一、第二遍为点夯,第三遍满夯,夯锤重20 t,3遍夯击落锤高度分别为10、8、4 m,直径2.0 m,夯点间距3 m×3 m;

(2)真空预压排水固结法,水平排水体选用透水性好,级配良好的中砂,含泥量<3%,厚度为60 cm,均匀布满整块场地,同时在场内地内设置纵横间距为25 m的排水盲沟与集水井相连,以利于排水,双向排水井采用塑料排水带,间距1.4 m,呈梅花形布置,膜内真空度保持在85 kPa左右;

(3)动力排水固结法,水平排水体与真空预压法相同,竖向排水体采用塑料排水带,排水带间距为1.6 m,夯点布置为5 m×5 m,夯击3遍,第一、第二遍为点夯,第三遍为满夯。3遍夯击落锤高度分别为11、9、5 m。

以上3种不同的地基处理方法均为使地基土的主固结沉降在施工前期基本完成,从而减少后期建筑物的差异沉降及次固结沉降。3种处理方案都大大增强了地基土的抗剪强度,从而提高地基承载力。

4 三种不同方案处理效果分析

在经过3方法处理后,分别对地基土进行了载荷试验,土工试验以及沉降、孔隙水压力监测,与处理前数据对比结果分析如下。

4.1 地层土沉降观测

由于地层中气体排出、孔隙被压缩、孔隙水排出,土层压缩,在处理过程中地层均发生一定的沉降。上述3种地基处理方式沉降量差异不大,其中,动力排水固结法沉降量最大,真空预压排水固结法沉降量最小,具体对比见表2。

4.2 载荷试验

3种地基处理方法对地基土的强度都有不同程

表2 处理过程中沉降量

地基处理方法	处理过程中沉降量/m
强夯法	0.82
真空预压排水固结	0.65
动力排水固结	0.94

度的提高,随着土中孔隙水的流出,孔隙水压力逐渐消散,地基土发生压缩沉降,抗剪强度增强,承载力提高。强夯利用巨大的冲击能量使土中气体排出,孔隙压缩,孔隙体积减小,土体变密实,另外,强大的应力波破坏了土体的原有结构,使土体局部发生液化并产生许多裂隙,增加了排水通道,使孔隙水顺利逸出,待超孔隙水压力消散后,土体固结,地基土强度提高。在土层中设置排水通道能使孔隙水顺利排出,孔隙水压力较快消散。经过处理后地基承载力变化见表3。

表3 载荷试验确定土的承载力

处理方法	承载力特征值 f_{ak} /kPa	
	夯前	夯后
强夯法	70	150
真空预压排水固结	70	135
动力排水固结	70	180

4.3 土的物理性质指标

在对经过处理后的地基土的孔隙比、液限、塑限、压缩系数等参数进行测试后表明,各项指标都有一定程度的提高,动力排水固结法加固效果明显。动力排水固结法处理效果优于真空预压排水固结法。各项性能指标对比见表4。

4.4 孔隙水压力观测情况

通过对3种处理方式中孔隙水压力的消散情况的观测显示,在排水固结中,由于土体受压较小,孔隙水压力上升较小,而在动力排水固结法中,在动荷载的强烈冲击下,土体中孔隙水压力急剧上升,而后缓慢消散。在排水固结过程中,土体承受压力较低,土的结构性未完全破坏,土的压缩性不大,外部荷载主要有土体骨架承担,孔隙水压力相对较低,土体处于弹性为主变形阶段。而在动力排水固结过程中,在巨大的动荷载的强烈冲击下,孔隙水压力急剧上升,土体强度降低,随着孔压的快速消散,其土粒结构重新排列、调整,土体强度恢复较快。动荷载激发出的强大能量,使土体中结合水变成自由水,孔隙水压力升高,在动荷载夯击土体形成的附加应力作用下,沿竖直和水平排水系统排出,孔隙水压力降低,土体中自由水转化成结合水,促使软粘土微结构发生变化,土体强度提高。

表 4 地基土处理前后物理性能对比

处理方案	地层		含水量 $w/\%$	孔隙比 e	液限 $W_L/\%$	塑限 $W_P/\%$	压缩性系数 a_{1-2}/MPa^{-1}
强夯	粉质粘土	处理前	31.6	0.886	40.2	24.9	0.458
		处理后	29.8	0.783	38.6	23.7	0.402
	淤泥	处理前	74.4	2.023	67.7	41.9	1.568
		处理后	61.5	1.985	61.3	39.7	1.427
真空预压 排水固结	粉质粘土	处理前	31.6	0.886	40.2	24.9	0.458
		处理后	29.3	0.701	37.4	22.6	0.365
	淤泥	处理前	74.4	2.023	67.7	41.9	1.568
		处理后	59.3	1.957	56.9	38.1	1.349
动力排 水固结	粉质粘土	处理前	31.6	0.886	40.2	24.9	0.458
		处理后	27.7	0.635	32.8	20.5	0.327
	淤泥	处理前	74.4	2.023	67.7	41.9	1.568
		处理后	55.8	1.806	51.4	36.8	1.146

前景的好方法。

5 结论

(1) 3 种加固方案都不同程度地改善了地基土的力学性质,提高了地基承载力,达到了加固的目的。但通过对比分析,动力排水固结法加固饱和软粘土地基行之有效。

(2) 孔隙水压力的消散速度与淤泥中的排水通道密切联系,因而保证动力排水固结加固软粘土的效果就必须在软粘土中设置排水通道,并采取措施防止排水通道的破坏。

(3) 动力排水固结法处理软土地基的工程实践还处于经验积累阶段,在加固机理、施工工艺、加固效果检测等方面还存在一定的缺陷,还尚未形成体系。但在已有的工程实践应用中发现,正确的使用该方法能产生巨大的经济效益,是一种有很大使用

参考文献:

- [1] 叶书麟,叶观宝.地基处理[M].北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [2] 龚晓南.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [3] 李福民.排水固结处理后地基强夯加固的试验研究[J].岩土工程学报,2002,24(4):499-502.
- [4] 蒙庆山,王吉利,等.采用不同加固方案处理软土地基的对比研究[J].岩土力学,2002,23(3):375-381.
- [5] 何世秀,李斌.排水固结法处理软土地基的效果预估[J].土工基础,2008,22(5):44-45.
- [6] 董华炜,周龙翔,等.动力排水固结法在广州软土地基处理中的应用[J].施工技术,2007,36(7):56-58.
- [7] 戴韶生,刘志明.城市杂填土土工特性的研究及常用地基处理方法[J].探矿工程,2002,(5):20-21.

国土资源部发文要求开展国家级绿色矿山建设试点示范

国土资源网消息 日前,国土资源部下发《关于贯彻落实全国矿产资源规划发展绿色矿业建设绿色矿山工作的指导意见》,要求发展绿色矿业、建设绿色矿山,坚持规划统筹、政策配套,试点先行、整体推进,开展国家级绿色矿山建设试点示范,促进矿业发展方式的转变。

该指导意见指出,推进绿色矿山建设要以“坚持政府引导,落实企业责任,加强行业自律,搞好政策配套”为基本原则。力争 1~3 年完成一批示范试点矿山建设工作,建立完善的绿色矿山标准体系和管理制度,研究形成配套绿色矿山建设的激励政策。到 2020 年,全国绿色矿山格局基本形成,大中型矿山基本达到绿色矿山标准,小型矿山企业按照绿色矿山条件严格规范管理。资源集约节约利用水平显著提高,矿山环境得到有效保护,矿区土地复垦水平全面提升,矿山企业与地方和谐发展。

按照要求,统筹规划绿色矿山建设工作,认真落实矿产资源规划的目标任务和部署要求,指导矿山企业制定绿色矿

山建设的发展规划;开展国家级绿色矿山建设试点示范,坚持政府指导支持、协会支撑、矿山主体的原则,中国矿业联合会切实做好组织和有关业务支撑工作,各级国土资源管理部门做好绿色矿山建设试点示范的指导工作,试点矿山按照规划积极开展建设工作;稳步推进全国绿色矿山建设,加强试点经验总结和推广,依据绿色矿山建设标准和条件严格矿山准入管理,加强对生产矿山监督管理;营造良好的政策环境,加大财政专项资金的支持力度,研究制定有利于绿色矿山建设的资源配置制度,逐步完善税费等经济政策,加强技术政策引导;加强组织协调,各级国土资源管理部门要切实加强对组织领导和监督检查,中国矿业联合会要全面推进行业自律,矿山企业要认真履行社会责任全面开展绿色矿山建设。

据了解,《全国矿产资源规划(2008~2015年)》提出了发展绿色矿业的明确要求,并确定了 2020 年基本建立绿色矿山格局的战略目标。