

海相淤泥土性指标的相关性分析

李 佳

(三门峡职业技术学院,河南 三门峡 472000)

摘要: 正确度量相同地质单元土性指标之间的相关性,有助于解决实际工程中的小样本问题。利用深圳某吹填场地软基海相淤泥的物理性质和力学性质指标,采用线性回归方法,分析了吹填淤泥和原状淤泥的各种力学性质、物理性质指标的相关性,并建立了相关关系回归方程。研究表明,根据吹填淤泥土性指标经验回归方程,利用塑限或液限的一个指标和另一个土性指标就可以估算出吹填淤泥的其它土性指标;而根据原状淤泥力学性质指标与物理性质指标之间的经验回归方程,也可以估算出吹填淤泥一些较难通过试验确定的力学指标。研究结果对于海相淤泥软基处理工程土性指标选取具有重要的应用价值。

关键词: 吹填淤泥;原状淤泥;土性指标;回归分析;相关性

中图分类号: TU447 文献标识码: A 文章编号: 1672-1683(2014)02-0071-04

Correlation Analysis of Soil Property Indexes of Marine Silt

LI Jia

(Sanmenxia Technical Institution, Sanmenxia 472000, China)

Abstract: Knowledge of the correlation between soil property indexes for the same geological unit soil can solve the small sample problems in practical projects. Based on the collected data of physical and mechanical property indexes of marine silt in the reclamation land projects in Shenzhen, correlation of physical properties indexes, mechanical properties indexes of dredged fill linear regression method was used to analyze the correlation between each physical and mechanical property index of dredged silt and undisturbed silt, and to establish the corresponding regression equations. The results showed that other soil property indexes of dredged silt can be estimated accurately using the empirical regression equation based on two known parameter indexes, including one of liquid limit or plastic limit and one of other soil property index. Mechanical property indexes of dredged silt can be estimated accurately using the empirical regression equations between physical property and mechanical property indexes of undisturbed silt. The results have important application values for the reasonable selection of soil property indexes in the treatment engineering of marine silt foundation.

Key words: dredged silt; undisturbed silt; soil properties indexes; regression analysis; correlation

根据成因学的基本原理,可以把某一特定地质时代相同沉积环境下形成的、工程性质上存在一定联系且特性相近的土体划分为一个工程地质单元^[1]。相同地质单元土体土性指标之间相互关联,存在相关性。正确辨别和度量土体土性指标之间的关系,合理确定这些相关性,得到土性指标之间的经验回归方程,在实际工程中能较好地解决存在的小样本问题。目前,对于海相淤泥软基处理设计参数的选取,通常是设计人员根据经验,在离散的数据中选取平均值作为代表值^[2]。这种平均值并不是统计意义上的算术平均值,掺杂了技术人员在工程立场上的推断,并不科学合理。由于高含水

率海相淤泥取样困难,费用昂贵,而且土样扰动直接影响土工试验土性指标测试的精度,因此通常通过一些简单的常规试验(如含水率试验)测定一些物理性质指标,再利用物理力学性质指标之间的相关性经验关系,推算一些较难确定的力学指标。对于海相淤泥土性指标相关性的研究,国内学者做了大量的研究,得到了一些经验回归关系:张长生^[3]对深圳地区软黏土的力学指标与物理性质指标进行了回归分析,得到了深圳软黏土的 C_c 及 a_{1-2} 与 e_0 、 w_0 的线性回归方程,相关系数在0.77以上;夏银飞等^[4]得到了珠江三角洲软土 E_{s1-2} 及 a_{1-2} 与 e_0 、 w_0 的指数回归方程,相关系数在0.75以上。

收稿日期: 2013-08-07 修回日期: 2014-02-15 网络出版时间: 2014-03-10

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13476/j.cnki.nsbdqk.2014.02.001.html>

基金项目: 2012年度河南省政府决策研究招标项目(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_lija@126.com

本文通过收集深圳前湾填海造陆某吹填场地的大量勘察资料,收集该地区近 300 组海相淤泥的物理力学参数指标,对该地区吹填淤泥及原状淤泥物理力学性质指标之间的相关性进行回归分析,建立经验相关关系,以便为海相淤泥软基处理工程土性设计参数指标的合理选取提供技术支持。

1 吹填淤泥物理性质指标之间的相关性

把淤泥天然孔隙比 e_0 与含水率 w_0 作为自变量, 本文利用线性回归和非线性回归方法对各物理力学性质指标进行相关性分析, 选择式 (1)、(2)、(3) 作为回归方程式:

$$Y = AX + B \quad (1)$$

$$Y = AX \quad (2)$$

$$Y = AX^B \quad (3)$$

根据功能规划, 将该吹填场地划分为 6 个区。对 6 个区软基处理前吹填淤泥物理性质指标进行统计分析^[9], 各指标相关关系见图 1 至图 6, 统计结果汇总表 1。由表可见:

(1) 含水率 w_0 与孔隙比 e_0 有较好的线性关系, 并且它们都与干密度 ρ_d 、天然密度 ρ 有很好的幂指数关系, 相关系数超过 0.83, 即随着含水率 w_0 与孔隙比 e_0 的增大, 干密度 ρ_d 与天然密度 ρ 减小。(2) 虽然随着含水率 w_0 、孔隙比 e_0 的增大, 液限 w_L 、塑限 w_p 、塑性指数 I_p 等也相应增大, 但是由于不同层位吹填淤泥的含水率 w_0 与孔隙比 e_0 受外界影响, 它们与液性指数间相关系数分别为 0.6038、0.5296, 相关性较差。(3) 液限 w_L 与塑限 w_p 之间表现出很好的线性正相关性, 相关系数接近于 1。

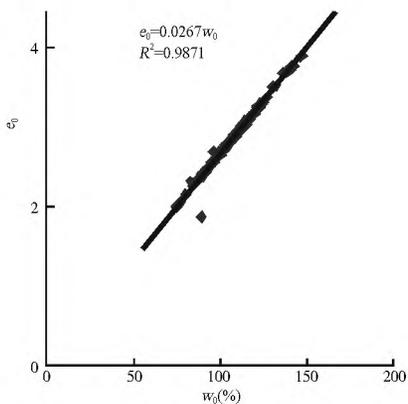


图 1 e_0 与 w_0 的相关关系

Fig. 1 Correlation between e_0 and w_0

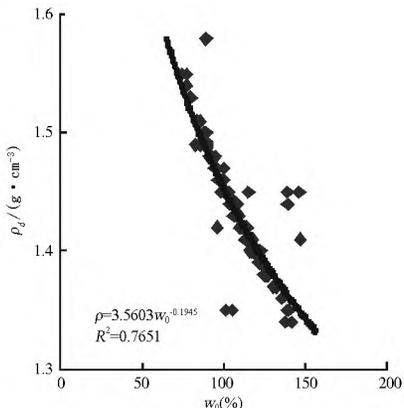


图 2 ρ 与 w_0 的相关关系

Fig. 2 Correlation between ρ and w_0

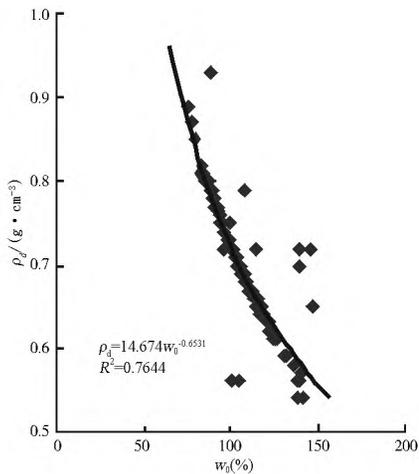


图 3 ρ_d 与 w_0 的相关关系

Fig. 3 Correlation between ρ_d and w_0

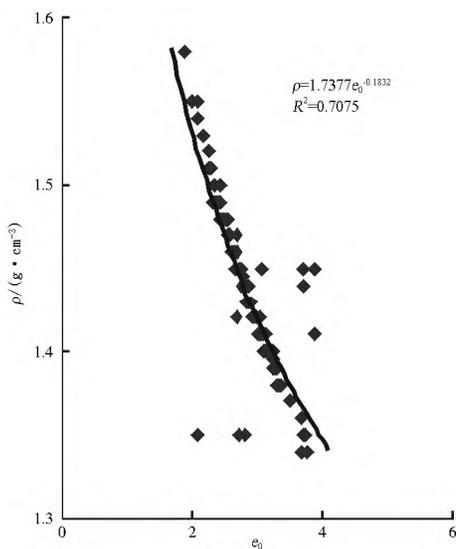


图 4 ρ 与 e_0 的相关关系

Fig. 4 Correlation between ρ and w_0

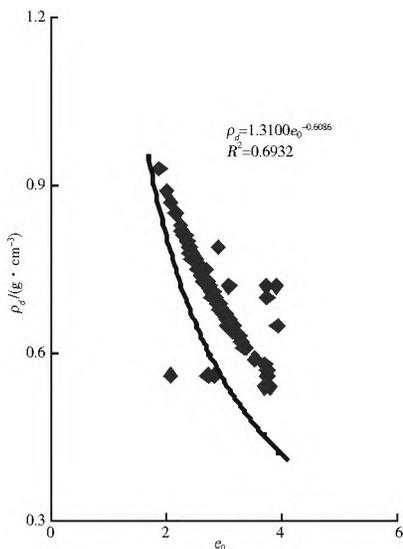


图 5 ρ_d 与 e_0 的相关关系

Fig. 5 Correlation between ρ_d and e_0

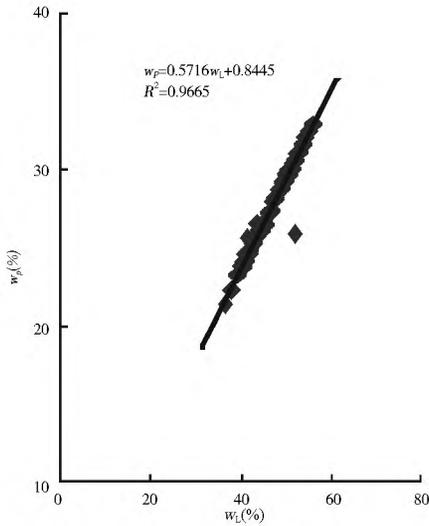


图 6 w_p 与 w_L 的相关关系

Fig. 6 Correlation between w_p and w_L

表 1 吹填淤泥物理性质指标相关性

Table 1 Correlation between each of physical property indexes of dredged silt

样本容量	参数指标	回归方程	相关系数 R	样本容量	参数指标	回归方程	相关系数 R
145	$w_0 - e_0$	$e_0 = 0.0267w_0$	0.993 5	145	$e_0 - \rho$	$\rho = 1.7377e_0 - 0.1832$	0.841 1
145	$w_0 - \rho$	$\rho = 3.5603w_0 - 0.1945$	0.874 7	145	$e_0 - \rho_d$	$\rho_d = 1.3100e_0 - 0.6086$	0.832 6
145	$w_0 - \rho_d$	$\rho_d = 14.674w_0 - 0.6531$	0.874 3	102	$e_0 - w_L$	$w_L = 1.7559e_0 + 41.265$	0.167 6
99	$w_0 - w_L$	$w_L = 0.0473w_0 + 41.212$	0.166 7	100	$e_0 - w_p$	$w_p = 0.8779e_0 + 24.809$	0.140 4
96	$w_0 - w_p$	$w_p = 0.0223w_0 + 24.821$	0.1375	100	$e_0 - I_L$	$I_L = 1.1641e_0 + 0.9648$	0.529 6
96	$w_0 - I_p$	$I_p = 0.0192w_0 + 16.903$	0.158 4	100	$e_0 - I_p$	$I_p = 0.7151e_0 + 16.923$	0.160 0
97	$w_0 - I_L$	$I_L = 0.0347w_0 + 0.542 8$	0.603 8	146	$\rho \rho_d$	$\rho_d = 1.6134\rho - 1.6186$	0.991 5
99	$w_p - w_L$	$w_p = 0.571w_L + 0.844$	0.983 1	100	$I_L - I_p$	$I_L = -0.2353I_p + 8.922$	0.467 3

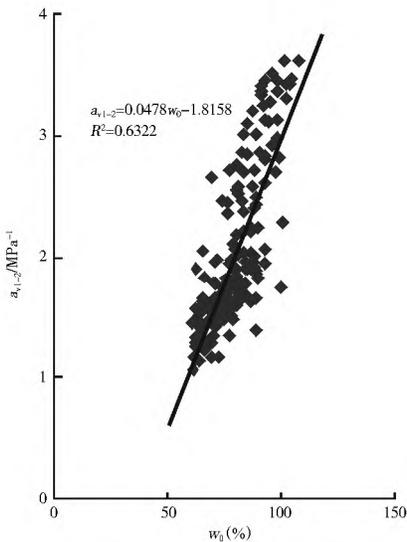


图 7 a_{v1-2} 与 w_0 的相关关系

Fig. 7 Correlation between a_{v1-2} and w_0

分析结果见表 2。由表可见,原状淤泥含水率和孔隙比与压缩系数、压缩模量及压缩指数间呈现很好的线性相关性,相关系数都超过 0.65。因此当土体含水率、孔隙比较大,难以取样进行固结试验时,可以应用此经验回归关系来估算力学性质指标,为淤泥软基处理设计提供参数。根据此关系

综上可知,根据表 1 各回归方程,可以利用含水率 w_0 或孔隙比 e_0 来估算其它一些土性指标,达到提高试验精度、节约试验成本的目的。另外,在表征吹填淤泥物理性质指标的 8 个参数中,只要知道液限 w_L 或塑限 w_p ,以及液性指数 I_L 、塑性指数 I_p 、孔隙比 e_0 、含水率 w_0 、天然密度 ρ 、干密度 ρ_d 6 个指标中其中 1 个指标,共 2 个参数指标,就可以根据经验回归关系较准确估算其他物理性质指标。

2 海相淤泥力学性质指标与物理性质指标之间的相关性

吹填淤泥具有与比原状淤泥高含水率、高孔隙比、高液性指数等显著特点。这些物理性质指标的不同致使吹填淤泥压缩系数 a_{v1-2} 、压缩指数 C_c 、压缩模量 E_{s1-2} 等力学性质指标,不同于原状淤泥。

在深圳前海湾填海造陆某吹填场地,吹填淤泥下伏的原状淤泥的物理性质指标与力学性质指标的相关关系见图 7 至图 10。

得到研究区的吹填淤泥力学指标见表 3,可以看出,由原状淤泥含水率、孔隙比与其力学性质指标经验回归关系估算的吹填淤泥压缩系数、压缩模量及压缩指数十分接近。估算结果还显示:吹填淤泥的压缩系数 a_{v1-2} 平均值为原状淤泥的 1.6~1.7 倍,压缩模量 E_{s1-2} 为原状淤泥的 0.6~0.65 倍,压缩指数 C_c 为原状淤泥的 1.3~1.5 倍。

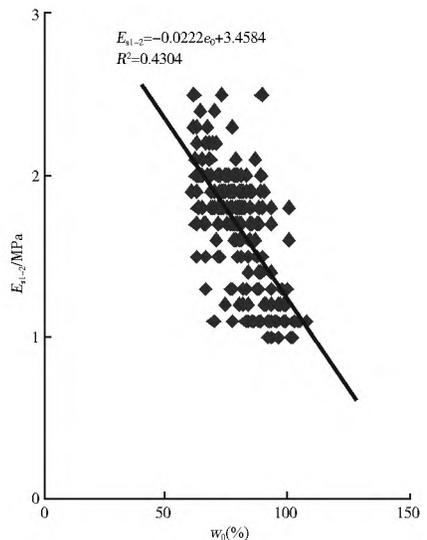


图 8 E_{s1-2} 与 w_0 的相关关系

Fig. 8 Correlation between E_{s1-2} and w_0

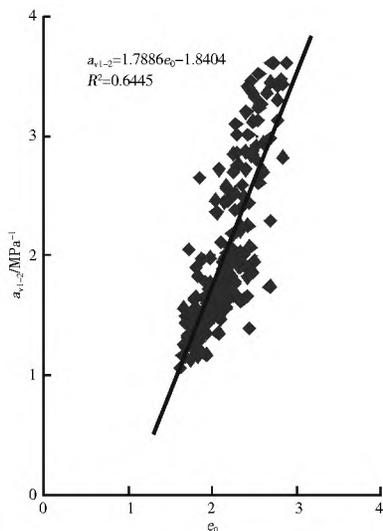


图 9 a_{v1-2} 与 e_0 的相关关系

Fig. 9 Correlation between a_{v1-2} and e_0

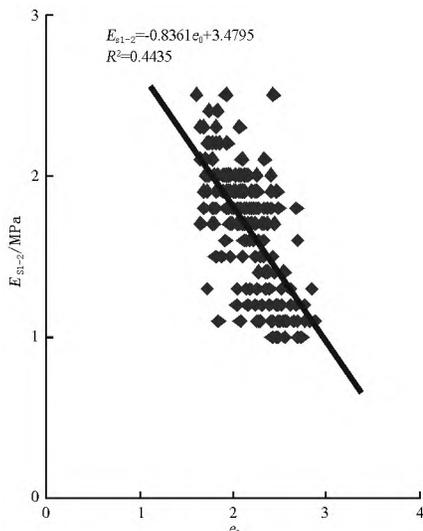


图 10 E_{s1-2} 与 e_0 的相关关系

Fig. 10 Correlation between E_{s1-2} and e_0

表 2 原状淤泥物理力学性质指标之间相关性

Table 2 Correlation between each of physical and mechanic property indexes of undisturbed silt

样本容量	参数指标	回归方程	相关系数 R
195	$w_0 - a_{v1-2}$	$a_{v1-2} = 0.0478w_0 - 1.8159$ (4)	0.795 1
195	$w_0 - E_{s1-2}$	$E_{s1-2} = -0.0222w_0 + 3.4584$ (5)	0.656 0
280	$w_0 - C_c$	$C_c = 0.0076w_0 + 0.0318$ (6)	0.777 4
195	$e_0 - a_{v1-2}$	$a_{v1-2} = 1.7886e_0 - 1.8404$ (7)	0.802 8
195	$e_0 - E_{s1-2}$	$E_{s1-2} = -0.8361e_0 + 3.4795$ (8)	0.666 0
280	$e_0 - C_c$	$C_c = 0.2681e_0 + 0.0538$ (9)	0.789 1

表 3 吹填淤泥与原状淤泥力学性质指标

Table 3 Mechanic property indexes of dredged silt and undisturbed silt

指标	压缩系数 a_{v1-2}/MPa^{-1}			压缩模量 E_{s1-2}/MPa			压缩指数 C_c		
	土类	原状淤泥		原状淤泥	吹填淤泥		原状淤泥	吹填淤泥	
		(4) 计算	(7) 计算		(5) 计算	(8) 计算		(6) 计算	(9) 计算
分布区间	1.1~ 3.6	1.8~ 5.2	1.5~ 5.1	1.0~ 2.5	0.2~ 1.8	0.2~ 1.9	0.5~ 0.8	0.6~ 1.2	0.6~ 1.1
平均值	2.0	3.4	3.3	1.7	1.0	1.1	0.6	0.9	0.8
样本容量	195	144	149	195	144	149	195	144	149

(2) 利用原状淤泥力学性质指标与含水率及孔隙比之间的经验回归关系, 可以估算吹填淤泥的压缩系数、压缩模量、压缩指数 C_c 平均值为 0.8~ 0.9, 分别为原状淤泥的 1.6~ 1.7 倍、0.6~ 0.65 倍、1.3~ 1.5 倍。

参考文献(References):

[1] 阮波, 冷伍明. 粘性土物理力学指标的统计分析[J]. 大坝观测与土工测试, 1998, 22(1): 5-7. (RU AN Bo, LENG Wu ming. Statistical Analysis of Clay Property[J]. Dam Observation and Geotechnical Tests, 1998, 22(1): 5-7. (in Chinese))

[2] 吴旭君, 郑平. 淤泥质土土性指标的概率模型及其应用[J]. 工业建筑, 2007, 29(4): 53-57. (WU Xir jun, ZHENG Ping. The Probabilistic Model and its Application For The Index of Mucky Soil[J]. Industrial Construction, 1999, 29(4): 53-57. (in Chinese))

[3] 张长生. 深圳前海湾海相沉积淤泥固结变形特性研究[D]. 北京: 中国科学院, 2005. (ZHANG Chang sheng. Study on the

3 结论

利用深圳前海湾某填海造陆吹填场地软基处理前吹填淤泥与原状淤泥的物理力学性质指标, 采用数理统计回归方法, 对吹填淤泥及原状淤泥的力学性质、物理性质指标之间的相关性进行分析, 得到如下结论。

(1) 吹填淤泥 8 个物理性质指标, 只要知道液限或塑限其中一个以及液性指数、塑性指数、孔隙比、含水率、天然密度、干密度 6 个指标其中一个, 就可以根据表 1 中的经验回归关系估算其他物理性质指标。

Properties of Deformation and Consolidation of Marine Clay at Shenzhen Houhai Bay[D]. Beijing: Chinese Academy of Sciences, 2005. (in Chinese)

[4] 夏银飞, 吴代华, 文建华. 珠江三角洲软土物理力学指标统计分析[J]. 公路交通科技, 2008, 25(1): 47-50. (XIA Yir fei, WU Dai hua, WEN Jian hua. Statistics Analysis of Physical and Mechanical Indexes of Soft Soil in Zhujiang Delta[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2008, 25(1): 47-50. (in Chinese))

[5] 深圳蛇口华力工程有限公司. 招商局前海湾(A、B1、B2、C1、C2、C3、C4 塘) 软基处理前岩土工程勘察报告[R]. 2007. (Shenzhen Huali Engineering and Construction CO., LTD. Reconnaissance Report of the Geotechnical Engineering before Soft Clay Foundation Improvement of the(A、B1、B2、C1、C2、C3、C4 area) in the Qianwan Area Shenzhen [R]. 2007. (in Chinese))