文章编号: 1004—5716(2001)增刊(021)—137—03　　中图分类号: P642.13+3　　文献标识码: B

汕头市软土的分布及工程地质特征

张贤奎
(广东汕头市公路勘测设计院, 广东 汕头 515041)

摘　要: 通过钻探、原位测试、地基工程处理等资料的统计分析, 对汕头市软土的分布、工程地质特征、地基工程处理进行初步总结。

关键词: 软土; 地基处理; 工程地质特征

汕头市地处祖国东南沿海, 辖区内有汕头市区、澄海市、潮阳市、南澳县, 其间有韩江、榕江、练江在其各县市出海, 这里的水系发育, 沼泽、洼地棋布, 又处于新构造运动较剧烈地段, 河道变迁快, 软土分布广。建造在其上的公路工程以及一些工业与民用建筑工程都发生过不少的地基事故, 严重影响了工程质量。因此, 正确认识汕头市软土的工程地质特征, 并处理好软土地基具有十分重要的意义。

1　软土的分布

通过对该区内 104 个地质钻孔资料的分析及野外地质调查, 初步掌握了该区域内软土体主要分布于榕江河口区、韩江三角洲区、濠江广澳区、练江河口区。

2　软土的工程地质特征

汕头市软土的共同特点是: 天然含水量高($W > W_L$), 孔隙比 > 1, 压缩性高, 透水性差, 处于饱和流塑～软塑状态, 含有机质(1.69%～7.76%)及贝壳碎片较多。根据软土的出露条件可分为裸露型及埋藏型, 依据其垂直方向的组合关系, 可分为单层、双层、三层结构, 现就据软土体的沉积环境、沉积特征及物理力学性质把汕头市软土分四个区进行叙述。

2.1　榕江河口区

2.1.1　裸露型: 出露于牛田洋两岸, 宽 2.5～10km, 分单层和双层结构, 上层露出地表, 厚 12.04～24.85m; 下层顶板埋藏 21.17～22.67m, 厚 5.43～9.28m。

2.1.2　埋藏型: 上部覆盖粘土"硬壳"层。分单层和双层结构, 单层顶板埋深 1.0～8.91m, 厚 5.85～27.53m, 夹厚 0.1～0.75m 的细砂或砾砂薄层; 双层者上层顶板埋深 1.75～3.35m, 厚 8.56～16.45m; 下层顶板埋深 26.49～32.05m, 厚 4.45～8.61m。

2.2　韩江三角洲区

2.2.1　西港～月浦裸露型地段: 分单层和双层结构, 单层埋深 0.0～1.0m, 厚度 2.41～28.14m, 淤泥含贝壳夹细中砂层 0.1～0.5m。双层结构者, 上层顶板埋深 0.0～0.72m, 厚度 6.29m; 下层顶板埋深 11.20m, 厚 9.51m, 该层含碳化木较多, 夹砾砂层厚 0.2～0.47m。

2.2.2　珠池地段: 裸露型, 分单层及双层结构, 其单层顶板埋深 0.0m, 厚 9m。双层上层顶板埋深 0.0～0.7m, 厚 13.20m; 下层顶板埋深 20.4m, 厚 9.20m。埋藏型: 单层顶板埋深 3.9～6.0m, 厚 1.15～17.65m, 含腐木及贝壳碎片, 夹细砂层 0.1～0.97m。双层者, 上层顶板埋深 3.9～6.0m, 层厚 1.15～8.75m; 下层顶板埋深 9.4～27.2m, 厚 8.28～18.13m。

2.2.3　庵埠～梅林湖地段: 梅林湖附近为裸露型, 其余为埋藏型的双层～三层结构。出露岩性为淤泥或粉砂质淤泥。双层者, 上层顶板埋深 4.0～5.0m, 厚度 2.0～3.55m; 下层顶板埋深7.5～9.95m, 厚 11.0～16.55m, 夹粉细砂层 0.1～1m。三层结构上层顶板埋深 3.35m, 厚 27.45m; 中层顶板埋深 57.45m, 厚 4.20m; 下层顶板埋深 107m, 厚 6.0m。为上更新统海陆交互相沉积, 中间夹中细砂层。

2.2.4　新溪经澄海至凤洲地段: 全为埋藏型, 双层和三层结构。双层结构者, 上层顶板埋深 4.75～24.5m, 层厚 7.84～13.15m; 下层顶板埋深 27.39～41.30m, 厚 7.67～9.61m。三层结构者, 上层顶板埋深 0.8～7.5m, 厚 2.2～17.10m; 中层顶板埋深 5.0～40.21m, 厚 2.05～20.06m, 夹粘土层 0.1～0.45m; 下层顶板埋深 20.83～92.0m, 为上更新统海陆交互相沉积, 含粉细砂较多, 厚 2.15～29.02m。

拟合的二次多项式为: $y = 0.3041x^2 + 1.2212x - 1.0468$。

从上面的算例我们发现用数据累加误差修正法拟合和描述构筑物的沉降过程, 效果理想, 而且方法简单、计算方便。

3　结论

用数据累加误差修正法能够将杂乱无章的数据变得有规律性, 使隐式、无法控制和描述的复杂过程显性化, 拟合和描述构筑物的沉降过程效果理想, 该方法思路简单、计算方便, 进行后续预报也具有一定的精度, 适合于工程中数据的简易处理。

参考文献

1. 邓聚龙. 灰色系统(社会·经济)[M]. 国防工业出版社, 1985.
2. 郭广猛. 用 GM(1,1)模型和 Verhulst 模型进行建筑物沉降预测[J]. 岩土工程界, 2000, 10.

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.3 濠江广澳区

河浦至达濠广澳一带，裸露型，单层结构为主，局部见双层结构。单层顶板埋深0.0m，厚2.53m，上部夹砾砂层，厚度0.2～0.45m。双层者，上层顶板埋深0.0m，厚2.74m；下层顶板埋深7.35m，厚度4.79m。埋藏多为单层，顶板埋深10.0～17.33m，厚度5.27～9.0m，含粉细砂较多。

2.4 练江河口区

分布于井都经梅花至潮阳县城南部一带，为裸露型，厚1.0～14.75m，淤泥层含较多粉细砂、贝壳及腐植质。沙陇至古埕地段为埋藏型，单层结构，顶板埋深0.8～17.30m，厚1.9～9.4m。

汕头市海积平原几乎都存在软土层，且自南向北厚度增大，由单层变双层至三层结构。

根据全区104个样品统计，软土主要物理力学指标垂向变化有如下特征：各结构层的软土，自地面往下(0～30m)，天然含水量、孔隙比随埋深增大而递减，压缩模量则随埋深增大而增加，但其中汕头和澄海的软土层，埋深为10～20m，天然含水量，孔隙比为最高值，压缩模量为最低值(见表1)，压缩模量变化受土层天然含水量及孔隙比制约，天然含水量及孔隙比大，压缩模量小，反之压缩模量大。

综上所述：我们可以看到：

表1 软土主要物理力学指标垂向变化统计表

地区		分析项目	深度(m) 0～10	10～20	20～30
汕头澄海区	单层	W(%)	59.355	63.35	52.805
		e	1.543	1.701	1.561
		Es1-2(MPa^{-1})	2.53	2.50	2.92
	双层	W(%)	61.015	64.35	45.75
		e	1.631	1.733	1.29
		Es1-2(MPa^{-1})	1.891	1.774	2.915
	三层	W(%)	56.14	62.985	50.4
		e	1.535	1.628	1.452
		Es1-2(MPa^{-1})	2.228	1.893	2.238
潮阳区	单层	W(%)	65.47	62.28	
		e	4.59	1.68	
		Es1-2(MPa^{-1})	1.54	1.85	
	双层	W(%)	78.0	69.53	46.54
		e	2.13	1.91	1.22
		Es1-2(MPa^{-1})	1.17	1.29	3.17

表层(Q_4^3)淤泥为新近沉积出露于榕江口之牛田洋两岸，西港～月浦，珠池梅林湖等地段，潮阳练江河口等地段。灰～深灰色。单层厚度2.50～14.45m，软塑～流塑状态，压缩模量E_{s1-2}=0.75～3.33MPa，一般不宜作建筑场地，工程地质处理费用昂贵。

中层埋藏于全新统(Q_4^2、Q_4^1)海相沉积地层中，上覆中细砂或粘性土，顶板埋深2.0～29.08m，局部埋深达27.3～32.23m，单层厚度1.47～28.2m。

下层一般为淤泥质土，为上更新统(Q_3^2)海相沉积，单层厚度1.5～37.4m，顶板埋深10.65～35.23m，顶最深达50.12m，在榕江河口多为1～2层，在韩江下游区多为2～3层，在练江口多为单层。局部含粉砂及贝壳，和其他类土构成双层结构。

据18个钻孔十字板野外测试，原状土抗剪强度为0.012～0.721MPa，地基土容许承载力0.01～0.10MPa，同一岩性其抗剪强度随深度增加而增加。

3 软土地基的工程处理

汕头市软土分布广，厚度大，结构复杂。目前，潮汕地区的公路、码头等建设中软土最常见的处理方式是袋装砂井、塑料排水板及砂桩三种，砂桩处理的地基一般具有固结排水速度快，效果好，但造价较高施工进度慢，而潮汕地区砂源缺乏，因而一般仅使用在桥台、涵洞及施工期要求较紧的路基；袋装砂井及塑料排水板具有施工进度快、造价较低，对于有较充足施工期限的软基，采用袋装砂井及塑料排水处理对改良软土的物理力学性质及控制路基在峻工后的沉降效果是明显的。

3.1 软基处理施工过程

试验区，设计平面尺寸为50m×50m，该试验区于1996年5月份施插塑料排水板，施插深度为-28.5m。1996年12月25日开始加第一级荷载，至1997年4月20日三级荷载加满，历时116d，又静载70d，至1997年7月7日开始卸载。

该区在插塑料排水板之前，于1996年2月11日～2月14日进行了堆载预压前的地基强度检测工作，按要求在区中部布置了一个原状取样孔和一个十字板原位测试孔，卸载后于1997年7月24日～7月28日也于区中部分别进行了原状取样和十字板原位测试检验工作，为保证前后检测资料的可比性，对取样和十字板测试及土工试验均严格按照有关规范、规程进行。

3.2 堆载预压前后软土层物理力学性质对比

3.2.1 对于②层淤泥，堆载预压前厚18.6m，堆载预压后变为淤泥质粘土，厚度13.3m。该层堆载预压前后各取原状土样13件，成果对比如表2。

表2 堆载预压前后物理力学性质对比

	含水量 W (%)	容重 γ (kN/m^3)	孔隙比 e	液性指数 IL	快剪 Φ°	快剪 C(kPa)	固结快剪 Φ°	固结快剪 C(kPa)	压缩系数 a (10MPa^{-1})	固结系数 Cv (10^{-3}cm^2/s)	十字板强度 Cu (kPa)	无侧限强度 Qu (kPa)	承载力 (R) (kPa)
预压前	69.4	15.7	1.95	1.70	2.9	9.9	14.7	10	0.187	0.662	18.28		40
预压后	48.8	16.9	1.37	1.228	10.5	20.67	14.8	25.87	0.085	9.71	47.86	76.02	70
变化率	29.7%	7.6%	29.7%	27.8%					54.6%		161.8%		75%
备注	降低	提高	降低	降低	提高	提高	提高	提高	降低	提高	提高		提高

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

文章编号: 1004—5716(2001)增刊(021)—139—02　　中图分类号: TU 472.5　文献标识码: B

高压喷射注浆在基坑防渗工程中的应用

蓝　冰, 邓新德
(广东有色地质勘查局九三二队, 广东 韶关 512026)

摘　要: 介绍高压喷射注浆防渗的设计及钻孔技术要点。

关键词: 高压喷射注浆; 防渗; 设计; 钻孔

1　概述

高压喷射注浆是利用高压射流(水或浆液)切割地基土, 形成预定的切割空间, 注入浆液充填空间或与部分土体混合凝成固结体, 以达到改造土体或其他工程目的的一种方法。主要应用于地基加固、地下工程、防渗帷幕、边坡加固等工程中。

本文介绍高压喷射注浆技术在广州地区基坑防渗中的一个应用实例, 对一般的高压水系统、压缩空气系统、浆液系统、回灌及串浆的控制与事故处理方法, 参考资料中较多介绍。本文主要介绍防渗设计内容及对工程施工中总结的钻孔技术要点作简单介绍。

2　工程应用实例

广州某综合楼设两层地下室, 采用人工成孔地下连续墙支挡结构。因场地存在厚约 8m 的砂层, 且含承压地下水, 须作基坑防渗措施, 以确保地下连续墙的顺利开挖及开挖过程中的环境安全。

2.1　场地地质条件

据场地工程地质勘察报告, 场地地层自上而下依次为:

①杂填土: 厚 1.6～4.1m, 平均厚 2.4m。含砖、砼碎块及杂物, 松散。

②淤泥: 厚 2.5～8.5m, 平均厚 5.3m。含大量贝壳及粉细砂。

③细砂: 厚 1.2～6.4m, 平均厚 4.1m。埋深 4.6～10.8m, 标贯击数 4～9 击, 松散状态。

④粗砂: 厚 2.1～5.3m, 平均厚 3.9m。标贯击数 20～28 击, 中密状态。

两砂层合计厚度 5.4～10.2m, 平均 8.3m。渗透系数用抽水试验测定为 13.4m^3/d(水位下降 1.7m 流量为 106.7m^3/d)。

⑤强风化粉砂质泥岩: 埋深 14.5～18.0m, 平均埋深 16.0m。

地下水具承压性, 与珠江水力联系较密切, 并主要受河水补给, 水面距地面深度约 1.0m。

2.2　设计说明

工程基坑防渗的对象为封堵砂层和杂填土中地下水, 设计采用"摆喷-压浆"联合防渗方案, 即土层摆喷, 基岩帷幕灌浆, 基坑折点旋喷加固, 杂填土加密半圆旋喷的联合方式。

表 3　堆载预压前后物理力学性质对比

	含水量 W (%)	容重 γ (kN/m^3)	孔隙比 e	液性指数 IL	快剪 Φ°	快剪 C(kPa)	固结快剪 Φ°	固结快剪 C(kPa)	压缩系数 a (10MPa^{-1})	固结系数 Cv (10^{-3}cm^2/s)	十字板强度 Cu (kPa)	无侧限强度 Qu (kPa)	承载力 (R) (kPa)
预压前	50.20	17.0	1.41	1.68	3.5	23			0.117				70
预压后	45.52	17.0	1.24	1.16	10.3	24.45	12.8	24.1	0.071	8.36			80
变化率	15.3%		12.1%	22.7%					39.3%				14%
备注	降低		降低	降低	提高	提高			降低				提高

3.2.2　对于③淤泥质粘土、淤泥质亚粘土、堆载预压前厚 6.7m, 堆载预压后为 4m, 该层堆载预压前后各取原状土样 3 件, 成果对比如表 2。

3.3　成果分析及说明

3.3.1　由表 1、表 2 可见, 经堆载预压后, 淤泥地基承载力(综合土工试验结果和十字板强度所得)增幅很大。

3.3.2　堆载预压历时 195d, 该区总沉降 3.8m 多, 说明土体经过充分的排水固结, 土体结构已有很大的改变, 土的强度有了很大的提高。

3.3.3　资料表明, 采用塑料排水板加堆载预压来改善深厚软土地基, 其效果是明显的, 只要设计合理, 施工质量较好, 一般能满足工程建设需要。

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net