

[文章编号] 1003—4684(2019)02-0092-06

宁波淤泥质黏土土性参数相关距离研究

王建文¹, 陈 健²

(1 湖北工业大学土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068;
中国科学院武汉岩土力学研究所 岩土力学与工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430071)

[摘 要] 土体的相关距离是应用随机场理论进行岩土工程可靠度分析的基础,也是表征土性参数空间变异性的一个重要参数。为确定宁波淤泥质黏土的竖向相关距离,以宁波轨道交通 1 号线樱花公园站为例,选取静力触探试验(CPT)数据作为样本,采用图形 3σ 法则对试验数据进行分析处理,并运用相关函数改进法对分析处理后的试验数据进行统计计算,得到宁波淤泥质黏土竖向相关距离代表值为 0.38 m。研究成果不仅为宁波地区的岩土工程可靠度分析奠定了基础,也为该地区的土性参数空间变异性研究提供了有价值的参数。

[关键词] 相关距离; 宁波淤泥质黏土; 3σ 法则; 相关函数

[中图分类号] TU447

[文献标识码] A

在岩土工程可靠度分析中,如何依据已有的土性资料及工程情况对岩土工程做出合理的分析是当前可靠度分析中遇到的难题,解决该问题的关键在于对土性参数空间变异性的合理评价。为此,Vanmarcke^[1,2]将随机场理论应用于岩土工程可靠度分析中,建立了考虑土性参数空间变异性的随机场模型,并通过相关距离这一参数来描述土性参数的空间变异性。基于 Vanmarcke 的研究成果,国内外学者对土体相关距离的分析方法及其影响因素进行了大量研究。Jaksa 等^[3-4]给出了 5 种最适合分析土体相关距离的相关函数模型,并以 Keswick 黏土为例分析了影响相关距离确定的因素。Stuedlein 等^[5]通过对贝城干燥黏土的 CPT 数据的分析,研究了趋势项函数和相关函数模型对相关距离的影响,并获得贝城干燥黏土的相关距离。李小勇等^[6]研究了取样间距对相关距离的影响。

土体的区域差异性决定了土体的相关距离具有明显的区域差异。针对这一情况,许多学者开展了相关研究。张继周等^[7]对苏中湖相沉积土进行了分析,得到湖相沉积土的相关距离代表值;林军等^[8]分别采用相关函数法、平均零跨距法计算了江苏海相黏土在竖直方向、水平方向的相关距离;郭林坪等^[9]统计分析了天津港地区土体的相关距离值。

目前有关天津、江苏等地区软土的相关距离的研究成果较多^[7-9],但对宁波地区软土的相关距离研究相对匮乏。对于宁波地区的淤泥质黏土而言,其固结系数、次固结系数等固结参数^[10]与其他地区的淤泥质黏土有着较大差别。若通过参考其他地区的淤泥质黏土的相关距离来进行宁波地区可靠度分析,往往会给该地区实际工程可靠度分析带来较大误差。

本文对用于确定土体相关距离的相关函数法及其改进方法进行了对比分析。在此基础上,采用结合了图形 3σ 法则的相关函数改进法对宁波轨道交通 1 号线樱花公园站静力触探试验数据进行计算,得到土体的竖向相关距离,并与利用相关函数改进法计算得到的结果进行对比分析。分析结果表明,基于图形 3σ 法则的相关函数改进法相对相关函数改进法更为可靠、合理。相关研究成果可为宁波地区的岩土工程可靠度分析提供参考,同时也可为该地区的土性参数空间变异性研究提供参数。

1 3σ 法则及图形 3σ 法则

在进行土性参数统计分析时,若忽视异常值的存在,将会对统计结果的准确性产生严重影响。因此,需要对土性参数进行合理的分析与处理。目前

[收稿日期] 2018—09—17

[基金项目] 中国科学院重点部署项目,百人计划项目(KZZD—EW—TZ—12);国家重点基础研究发展计划(973)项目(2015CB057905)

[第一作者] 王建文(1994—),男,江西上饶人,湖北工业大学硕士研究生,研究方向为土性参数空间变异性

常用 3σ 法则对土性参数进行统计分析,对于不同特性的土性参数应选用不同形式的 3σ 法则进行统计分析。

1.1 3σ 法则

设土性参数为 X , X 服从均值为 μ , 标准差为 σ 的正态分布。 3σ 法则^[11] 指在 99.73% 的置信水平下,土性参数 X 的有效区间为 $[\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma]$,舍弃有效区间之外的值。张继周^[12] 指出实际应用中可以通过统计样本参数的“最大可能值”与“最小可能值”,并且标准差

$$\sigma = \frac{\text{最大可能值} - \text{最小可能值}}{6}$$

(1)

3σ 法则不仅对具有样本量较大土性参数的统计十分有效,而且对有限样本量的土性参数统计参数也能适用。并且,在估计最大、最小可能值时,可以结合当地先前工程中所获取的该土性参数的经验取值。

1.2 图形 3σ 法则

3σ 法则有着本身所固有的缺陷,对某些含有趋势分量的土性参数^[13],如图 1 所示,若忽视其趋势分量的存在,运用 3σ 法则进行统计分析,将会导致统计结果产生过大的变异性。为了解决这一问题,文献^[14] 提出图形 3σ 法则,该方法的优点在于,能够合理的对含有趋势分量的土性参数进行统计分析。其具体做法如下(图 2)。

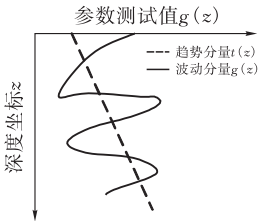


图 1 土性参数沿深度变化特征

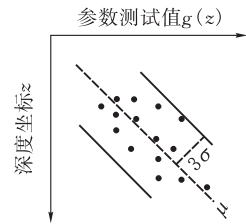


图 2 图形 3σ 法则示意图

- 1)在图 2 中绘制样本参数值;
- 2)对样本参数进行回归分析,取趋势分量(如图 2 中虚线)作为样本参数的统计平均值;
- 3)根据数据离散状况,确定最大可能值与最小可能值的界限(如图 2 中实线),实线与虚线的间距即为 3σ ,进而计算出 σ 值。

图形 3σ 法则有效地解决了 3σ 法则对含有趋势分量的土性参数不确定性评价过大的问题,能够更

为准确地对含有趋势分量的土性参数进行统计分析。

2 相关距离的概念及计算方法

2.1 相关距离的概念

Vanmarcke 提出,若存在

$$\lim_{h \rightarrow \infty} h \Gamma^2(h) = 2 \lim_{h \rightarrow \infty} \int_0^h (1 - \frac{\Delta z}{h}) \rho(\Delta z) d(\Delta z)$$
$$= 2 \int_0^h \rho(\Delta z) d(\Delta z) = \delta_u$$

(2)

式中: δ_u 为相关距离,是一个常数; Δz 为样本间距; h 为用于平均的范围; $\rho(\Delta z)$ 为所选数据的相关函数; $\Gamma^2(h)$ 为对应的方差折减函数。

则对充分大的 h , 有下面的近似公式:

$$h \Gamma^2(h) \approx \delta_u \text{ 或 } \Gamma^2(h) \approx \delta_u / h$$

(3)

2.2 相关函数法

相关函数法是通过对相关函数 $\rho(\Delta z)$ 的求解进而计算相关距离。由式(2)可知,当 h 充分大时,方差折减函数 $\Gamma^2(h)$ 与相关函数 $\rho(\Delta z)$ 具有如下关系式

$$h \Gamma^2(h) = 2 \int_0^h \rho(\Delta z) d(\Delta z)$$

(4)

根据文献^[15,16], 相关函数 $\rho(\Delta z)$ 采用式(5)进行计算:

$$\rho(\Delta z) = \rho(i \Delta z_0) = E[Y(z)Y(z + \Delta z)]$$
$$= \frac{1}{n-i} \sum_{k=1}^{n-i} Y(z_k)Y(z_{k+i})$$

(5)

在实际计算过程中,对离散的等间距(间距为 Δz_0) 数据 $Y(z)$, 采用如下步骤求解相关距离:

- 1)取样本间距 $\Delta z = i \Delta z_0 (i = 1, 2, 3 \cdots)$, 通过式(5)计算 $\rho(\Delta z)$;
- 2)利用计算点绘制 $\rho(\Delta z) \sim \Delta z$ 图,并根据表 1 确定相关函数类型,以用于相关函数值 $\rho(\Delta z)$ 的拟合(图 3);

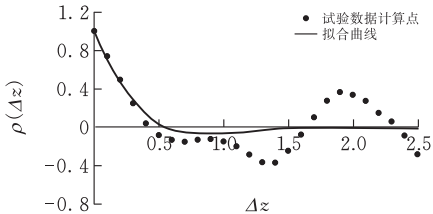


图 3 $\rho(\Delta z) - \Delta z$ 拟合图(相关函数法)

- 3)对拟合曲线 $\rho(\Delta z) \sim \Delta z$ 进行方程回归分析,确定参数的值;并通过表 1 计算相关距离。

由式(4)与式(5)可得,方差折减函数值 $\Gamma^2(\Delta z)$ 与相关函数值 $\rho(\Delta z)$ 存在如下对应关系

$$\Gamma^2(i \Delta z_0) = \frac{\left[1 + 2 \sum_{k=1}^{i-1} \left(1 - \frac{k}{i} \right) \rho(k \Delta z_0) \right]}{i}$$

(6)

表 1 常用相关函数类型与方差折减函数及其相关距离关系对应表

相关函数类型	相关函数 $\rho(z)$	方差折减函数 $\Gamma^2(z)$	相关距离 δ_u
单指数型	e^{-bz}	$\frac{2}{b^2 h^2} (bh + e^{-bz} - 1)$	$2/b$
二次指数型	$e^{-(bz)^2}$	$\frac{1}{b^2 h^2} \{ \sqrt{\pi} bz [2\Phi(\sqrt{2} bz) - 1] + e^{-(bz)^2} - 1 \}$	$\sqrt{\pi}/b$
指数余弦 I 型	$e^{-bz} \cos(bz)$	$\frac{1}{b^2 h^2} [bz - e^{-bz} \sin(bz)]$	$1/b$
指数余弦 II 型	$e^{-bz} \cos(cz)$	$\frac{2}{(b^2 + c^2)^2 h^2} \{ (bz(b^2 + c^2) + (c^2 - b^2) - e^{-bz} \cdot [2bc \sin(zc) + (c^2 - b^2) \cos(zc)]) \}$	$\frac{2b}{(b^2 + c^2)}$

$\Phi(\cdot)$ 为误差函数,自变量从 0 增大到 ∞ 时,它从 0 增加到 1

2.3 相关函数改进法

在实际计算中,运用相关函数法计算土体相关距离,通常会出现如下情况:随着样本间距 Δz 递增,可用于式(5)的数据逐渐减少,在 $\rho(\Delta z) - (\Delta z)$ 图(图 3)表现为其中、后部的相关函数值 $\rho(\Delta z)$ 的波动性较大。进而在对相关函数值 $\rho(\Delta z)$ 进行拟合时,无法选取合适相关函数类型进行拟合,影响相关距离 δ_u 的确定。

为此闫澍旺^[17]对相关函数法进行了改进。在相关函数法中,通过式(5)计算得到相关函数值并确定相关函数的类型之后,将对离散的相关函数值 $\rho(\Delta z)$ 进行拟合,以确定相关函数的参数。但在相关函数改进法中,当确定相关函数类型后,不对离散的相关函数值 $\rho(\Delta z)$ 进行拟合,而是利用离散的相关函数值 $\rho(\Delta z)$,通过式(6)计算方差折减函数值 $\Gamma^2(\Delta z)$,进而绘制 $\Gamma^2(\Delta z) - \Delta z$ 图(图 4),在此基础上,选取对应的方差折减函数进行拟合并通过回归分析,确定相关函数中的参数,从而计算得到相关距离 δ_u 值。

通过对比分析相关函数法拟合图(图 3)与相关函数改进法拟合图(图 4)可知,相关函数改进法的优点在于:根据式(6)计算的方差折减函数值 $\Gamma^2(\Delta z)$ 随样本间距 Δz 的增大而逐渐减小,且方差折减函数值 $\Gamma^2(\Delta z)$ 的波动性较小,便于曲线拟合及参数确定。

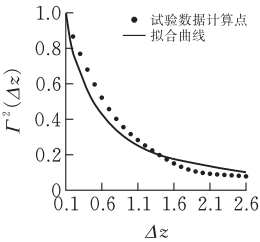


图 4 $\Gamma^2(\Delta z) - \Delta z$ 拟合图

综上所述,本文以相关函数改进法为基础,对宁波淤泥质黏土的相关距离进行研究。

3 宁波淤泥质黏土相关距离的计算

3.1 工程概况

针对宁波典型的淤泥质黏土,依托宁波轨道交通 1 号线工程,以樱花公园站为例,对其淤泥质黏土的相关距离进行分析研究。

樱花公园站位于宁波江东区樱花公园以及中山东路、中兴路路口。场区地势相对平坦,地面标高约 2.60~3.20 m。主要地貌为海相沉积平原。场地第四纪地层发育,成因类型以海相沉积为主,依据地基土成因类型、物理力学性质将试验场地地基土划分为 6 大层及若干亚层,其中①层为近代人工填筑土,②、③及④层为全新世海相沉积层,⑤、⑥层为海相、湖相沉积层,各地层工程特性如表 2 所示。

本次试验采用双桥静力触探试验,同一钻孔相邻数据点间距 Δz_0 为 0.1 m。静力触探勘探孔沿地铁站周边布置,布孔位置如图 5 所示。与常规勘探手段相比,静力触探能够连续且等间距地获得土性参数,直观反映土层剖面情况^[18],故对该场地的 9 组静力触探数据进行分析,用于土体相关距离的确定。

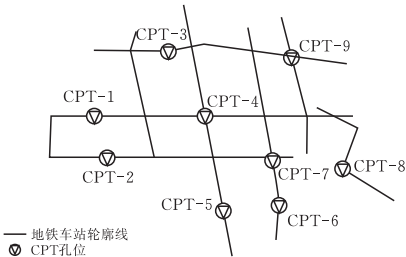


图 5 CPT 测试孔位布置图

3.2 竖向相关距离的计算和统计

针对宁波淤泥质黏土的相关距离开展研究,现选 9 个钻孔中土层编号为①₃的淤泥质黏土的静力触探数据进行分析。在双桥静力触探实验中,由于侧摩阻力不是真实的土体摩阻力^[19]。故以双桥静力触探试验的锥尖阻力数据为基础,采用随机场理

表 2 场地地基土特性表

地质年代	土层序号	土层名称	成因类型	层厚范围/m	层底标高/m	颜色	状态
全新世 Q_4	① ₁₋₁	杂填土	人工填筑	0.6~4.4	-1.74~2.12	杂色	—
	① ₂	黏土	冲湖相	0.3~2.0	-1.13~0.90	灰黄色	软可塑为主
	① ₃	淤泥质黏土	海相	2.2~6.8	-6.45~-1.62	灰色	流塑
	② ₂₋₁	淤泥	海相	1.5~8.5	-10.83~-6.54	灰色	流塑
	③ ₂	粉质黏土夹粉砂	冲湖相	1.2~6.9	-18.52~-13.35	灰色	软塑
	④ ₂	黏土	海相	0.5~3.1	-18.81~-15.85	灰色	软塑
晚更新世 Q_3	⑤ ₁	黏土	冲湖相	1.2~6.6	-24.01~-18.20	灰黄色	硬可塑
	⑥ ₂	粉质黏土	冲湖相	0.8~6.6	-27.08~-18.98	灰黄色	软可塑
	⑤ ₃	砂质粉土	冲湖相	1.0~11.4	-33.69~-21.98	灰黄色	—
	⑦ ₁	黏土	冲湖相	1.1~8.5	-34.15~-28.28	灰黄色	软可塑
	⑥ ₂	粉质黏土	海相	0.9~9.3	-40.48~-30.84	灰色	软塑

论建立宁波淤泥质黏土竖直方向的随机场模型,运用相关函数改进法计算竖向相关距离,具体计算步骤如下:

- 1)对锥尖阻力数据进行标准化处理;
- 2)取样本间距 Δz 为间距 Δz_0 的 i 倍,即 $\Delta z = i\Delta z_0 (i = 1, 2, 3, \cdots)$, 依据式(5) 计算相关函数值 $\rho(\Delta z)$;
- 3)利用计算值绘制出 $\rho(\Delta z) - \Delta z$ 图;
- 4)依据 $\rho(\Delta z) - \Delta z$ 图确定相关函数类型;
- 5)通过式(6)计算 $\rho(\Delta z)$ 对应方差折减函数值 $\Gamma^2(\Delta z)$;
- 6)根据相关函数类型选取相应的方差折减函数(表 1),拟合方差折减函数值 $\Gamma^2(\Delta z)$;
- 7)对拟合曲线 $\Gamma^2(\Delta z) - \Delta z$ 进行回归分析,进而计算相关距离。

以 2 号孔为例,采用相关函数改进法对锥尖阻力进行计算,得到淤泥质黏土的竖向相关距离。相关函数类型为指数余弦 I 型, $\Gamma^2(\Delta z) - \Delta z$ 拟合图(相关函数改进法)如图 6 所示。竖向相关距离为 0.37 m。

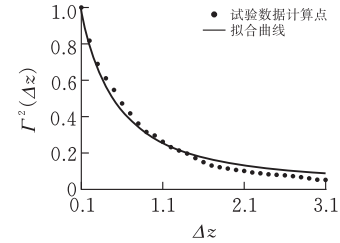


图 6 2 号孔 $\Gamma^2(\Delta z) - \Delta z$ 拟合图

表 3 列出了应用相关函数改进法得到的各孔中淤泥质黏土的竖向相关距离值。对表 3 中的结果进行统计分析,得到淤泥质黏土竖向相关距离的概率特征值(表 4)。

表 3 淤泥质黏土竖向相关距离计算结果

静探孔 编号	竖向自相 关距离/m	静探孔 编号	竖向自相 关距离/m
1	0.32	6	0.45
2	0.37	7	0.35
3	0.49	8	0.42
4	0.47	9	0.33
5	0.34		

表 4 竖向相关距离概率特征值

平均值	标准差	变异系数
0.39	0.07	0.17

3.3 图形 3σ 法则在相关距离计算中的应用

由于试验方法的限制以及淤泥质黏土层中可能存在砂砾等原因导致锥尖阻力参数中出现个别取值异常的现象。并且文献[20]指出锥尖阻力具有明显的沿深度方向的趋势分量。因此,为合理的对土性参数整体特性进行评价与得到可靠的相关距离。采用图形 3σ 法则对锥尖阻力参数进行统计分析,并运用相关函数改进法对分析后锥尖阻力数据进行计算,得到相关距离。具体计算步骤如下:

- 1)运用图形 3σ 法则对锥尖阻力参数进行统计分析,对于异常数据点,采用文献[21]的处理方法,即删除该点,并取删除点上下两点的均值作为删除点的值,以满足等间距连续的条件;
- 2)对运用图形 3σ 法则统计分析后的数据进行标准化处理;
- 3)通过式(5)计算 $\rho(\Delta z)$,绘制 $\rho(\Delta z) - \Delta z$ 图并确定相关函数类型;
- 4)依据式(6)计算方差折减函数值 $\Gamma^2(\Delta z)$,并根据相关函数类型选取对应的方差折减函数(表 1),拟合方差折减函数值 $\Gamma^2(\Delta z)$;
- 5)通过回归分析确定参数并计算相关距离。

仍以 2 号孔为例,运用基于图形 3σ 法则的相关函数改进法对锥尖阻力进行计算,得到淤泥质黏土

的竖向相关距离。相关函数类型为指数余弦 I 型， $\Gamma^2(\Delta z) - \Delta z$ 拟合图如图 7 所示，竖向相关距离为 0.36 m。

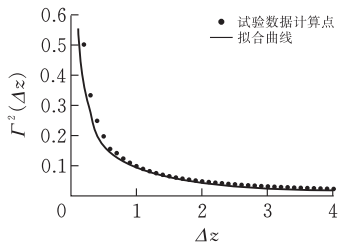


图 7 2 号孔 $\Gamma^2(\Delta z) - \Delta z$ 拟合图

表 5 列出了应用基于图形 3σ 法则的相关函数改进法得到的各孔中淤泥质黏土的竖向相关距离值,对表 5 中的结果进行统计分析,得到淤泥质黏土的竖向相关距离的概率特征值(表 6)。

表 5 淤泥质黏土竖向相关距离计算结果

静探孔 编号	竖向自相 关距离/m	静探孔 编号	竖向自相 关距离/m
1	0.34	6	0.40
2	0.36	7	0.36
3	0.45	8	0.37
4	0.44	9	0.35
5	0.39		

表 6 竖向相关距离概率特征值

平均值	标准差	变异系数
0.38	0.004	0.10

从表 4、表 6 中可得,利用相关函数改进法计算得到的淤泥质黏土的相关距离均值为 0.39 m,变异系数为 0.17;基于图形 3σ 法则的相关函数法改进法确定的相关距离均值为 0.38 m,变异系数 0.10。分析可知,两种方法计算的竖向相关距离均值相差不大,但基于图形 3σ 法则的相关函数改进法得到的相关距离的变异系数更小。文献[22-23]指出,针对同一地区同一土体的竖向相关距离的计算结果,在均值差别不大的情况下,变异系数较小的竖向相关距离均值更接近真值,因此对于宁波淤泥质黏土,应用基于图形 3σ 的相关函数改进法确定竖向相关距离更为合理,可靠,宜为该地区进行土性参数空间变异性分析时采用。

4 结论

本文以宁波轨道 1 号线淤泥质黏土为例,分别应用改进的相关函数法与基于图形 3σ 法则的相关函数改进法计算淤泥质黏土的相关距离,得到以下结论:

1)相较于 3σ 法则而言,图形 3σ 法则用更加合理的理论分析土层剖面,能有效解决 3σ 法则对含有

趋势分量的土性参数统计结果变异性过大的问题。因此,对于含有趋势分量的土性参数,运用图形 3σ 法则进行统计分析是一种值得推荐方法。

2)运用基于图形 3σ 法则的相关函数改进法得到的相关距离计算结果变异系数更小,更加接近真值,比运用相关函数改进法得到的相关距离更加可靠,合理。

3)土体的相关距离具有地区性特点,因此对区域性土体的相关距离进行研究具有重要的现实意义。应用基于图形 3σ 法则的相关函数改进法计算宁波淤泥质黏土的竖向相关距离,得到竖向相关距离值为 0.38 m。结果可为宁波地区岩土工程可靠度分析提供参考意见,也可为该地区土性参数空间变异性研究提供重要参数。

[参 考 文 献]

[1] Vanmarcke E H. Probabilistic modeling of soil profiles [J]. Journal of the Geotechnical Engineering Division, 1977,103(11): 1227-1246.

[2] Vanmarcke E H. Probabilistic characterization of soil profiles [C]//Site Characterization & Exploration. ASCE,1978: 199-219.

[3] Jaksa M B, Kaggwa W S, Brooker P I. Experimental evaluation of the scale of fluctuation of a stiff clay [C]// Proc 8th Int Conf on the Application of Statistics and Probability,Sydney, 1999: 415-422.

[4] Jaksa M B, Brooker P I, Kaggwa W S. Inaccuracies associated with estimating random measurement errors [J].Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering,1997, 123(5): 393-401.

[5] Onyejekwe S, Kang Xin, GE Louis. Evaluation of the scale of fluctuation of geotechnical parameters by autocorrelation function and semivariogram function [J]. Engineering Geology, 2016, 9(14): 43-49.

[6] 李小勇, 谢康和. 土性参数相关距离的计算研究和统计分析[J]. 岩土力学, 2000, 21(4): 350-353.

[7] 张继周, 缪林昌, 林 飞, 等. 苏中腹地湖相沉积土层相关距离的统计分析[J]. 工程地质学报, 2014, 22(2): 348-354.

[8] 林 军, 蔡国军, 邹海峰, 等. 基于随机场理论的江苏海相黏土空间变异性评价研究[J]. 岩土工程学报, 2015, 37(7): 1278-1287.

[9] 郭林坪, 杨爱武, 闫澍旺, 等. 天津港地区土层剖面随机场特征参数的估计[J]. 工程地质学报, 2016, 24(1): 130-135.

[10] 刘用海, 朱向荣, 王文军. 宁波地区典型淤泥质粘土工程特性[J]. 煤田地质与勘探, 2007, 35(6): 30-33.

[11] Dai S H, Wang M O. Reliability analysis in engineering applications[M]. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

[12] 张继周. 区域性软土土性参数随机场模型与随机固结沉降的研究与应用[D]. 南京:东南大学, 2010.

[13] Phoon K K, Quek S T, Ping A. Identification of statistically homogeneous soil layers using modified Bartlett statistics[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2003, 129(7): 649—659.

[14] 张继周, 缪林昌, 刘峰. 岩土参数的不确定性及其统计方法[J]. 岩土力学, 2008, 29(s1):495-499.

[15] 彭大鹏. 齐次随机场在分析土性指标中的应用[J]. 天津大学学报:自然科学与工程技术版, 1992(2):118-124.

[16] 朱登峰, 高大钊. 土性平稳随机场的空间统计特性分析[J]. 岩土力学, 2003, 24(3):455-457.

[17] 闫澍旺, 朱红霞, 刘润, 等. 关于土层相关距离计算方法的研

究[J]. 岩土力学, 2007, 28(8):1581-1586.

[18] 黄文熙. 土的工程性质[M]. 北京:水利电力出版社, 1983.

[19] 常士骠, 张苏民. 工程地质手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2007.

[20]. 闫澍旺, 贾晓黎, 郭怀志, 等. 土性剖面随机场模型的平稳性和各态历经性验证[J]. 岩土工程学报, 1995, 17(3):1-9.

[21] 罗琴, 李耀东, 田茂华. 土性参数空间变异性研究[J]. 水利与建筑工程学报, 2008, 6(2):114-117. 6(2): 114-117.

[22] 李小勇, 谢康和, 虞颜. 土性指标相关距离性状的研究[J]. 土木工程学报, 2003, 36(8):91-95.

[23] 郭林坪, 许文祥, 杨爱武, 等. 空间递推平均法在估计土性指标自相关距离中的应用[J]. 工程地质学报, 2017(6):1424-1429.

A Study on Correlation Distance of Soil Parameters of Ningbo Mucky Clay

WANG Jianwen¹, CHEN Jian²

(1 School of Civil Engin.,Architecture and Environment ,Hubei Univ.of Tech.,Wuhan 430068,China ;
2 State Key Laboratory of Geomechanics and Geotechnical Engineering ,
Institute of Rock and Soil Mechanics , Chinese Academy of Sciences , Wuhan 430071, China)

Abstract: The correlation distance of soil is the fundamental base for the application of random filed theory to reliability analysis in geotechnical engineering, and also a very important parameter to characterize the spatial variability of soil indexes. To determine the vertical correlation distance of Ningbo mucky clay, the Sakura Park Station of Ningbo Rail Transit Line 1 is taken as an example and the cone penetration test (CPT) data samples are used. The test data are analyzed by using graphical three-sigma rule and the analysis results are calculated by using the improved correlation function. The regional representative vertical correlation distance of the mucky clay in Ningbo is 0.38 m. The result will lay a solid foundation for reliability analysis in geotechnical engineering in Ningbo, and also valuable for study of Spatial variability of soil parameters.

Keywords: correlation distance;mucky clay of Ningbo city;three-sigma rule;correlation function

[责任编辑: 裴 琴]