



珠三角软土不排水剪强度与稠度指标相关性分析

林琳, 廖先斌, 马峰

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东广州 510230)

摘要: 为了建立物理性质与力学性质之间的相关性, 通过室内异向固结三轴剪切试验, 获得不排水剪强度与上覆土层有效压力的比值 S_u/p'_0 , 分析 S_u/p'_0 与液性指数、塑性指数和液限的相关关系, 建立珠三角入海口正常固结软土 S_u/p'_0 与稠度指标的相关公式, 建立归一化特性。

关键词: 异向固结三轴剪切试验; 液性指数; 塑性指数; 液限; 归一化特性

中图分类号: TU 413

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)07-0062-03

Correlation analysis on undrained shear strength and consistency index of very soft to soft clay at Pearl river delta

LIN Lin, LIAO Xian-bin, MA Feng

(CCCC FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: In order to establish the correlation between physical properties and mechanical properties, we obtain the ratio of undrained shear strength and effective pressure S_u/p'_0 under the anisotropic consolidation triaxial shear test, analyze the correlation between S_u/p'_0 and liquidity index/plasticity index/liquid limit, and establish the relative formula on normally consolidated soft soil S_u/p'_0 and consistency index at the estuary of the Pearl river delta, and assess the normalized behavior.

Key words: anisotropic consolidation triaxial shear test; liquidity index; plasticity index; liquid limit; normalized behavior

岛隧工程补充地质勘察对表层软土进行了大量的物理力学性指标分析, 通过研究软土的不排水剪强度和上覆土层有效压力的比值 S_u/p'_0 与稠度状态指标之间的关系, 建立珠三角入海口一带软土 S_u/p'_0 与稠度状态指标的相关性, 为多种手段研究软土力学指标提供依据。

1 S_u/p'_0 分析

岛隧场区一带表层发育厚层的软土层, 超固结比为0.94, 呈微欠固结-正常固结状态。软土主要为淤泥及淤泥质土, 含水量高、天然密度低、

天然孔隙比大、液性指数高、力学强度低、压缩性高, 软土基本岩土参数见表1^[1]。

表1 软土基本岩土参数

指标	范围
天然含水量	34% ~ 90%
天然密度	1.46 ~ 1.76 g/cm ³
比重	2.67 ~ 2.75
孔隙比	1.205 ~ 2.501
液限	34.7%~76.5%
塑性指数	16.6~45.4
液性指数	0.72 ~ 1.55
不排水剪强度	12.4 ~ 43.9 kPa
压缩指数	0.420 ~ 1.050

收稿日期: 2013-05-06

作者简介: 林琳(1960—), 男, 高级工程师, 从事岩土工程勘察及管理工作。

通过采用异向固结三轴不排水剪切强度试验(CAU试验)和国际上已有的稠度指标与 S_u/p'_0 的相关公式分析岛隧工程场区一带淤泥及淤泥质土的物理性质与不排水剪强度的相关性。

1.1 异向固结三轴不排水剪切强度试验

采用I级不扰动软土样进行 K_0 固结,使样品在

正常应力状态下固结,固结完成时确保竖向荷载达到150%的先期固结压力值。然后进行不排水剪切强度试验,获得 S_u/p'_0 值(表2)。

1.2 稠度状态指标分析

岛隧工程进行BS标准^[2]的补充地质勘察工作,通过室内试验获得了软土的液限、塑限、塑

表2 CAU试验 S_u/p'_0 值

试验或公式	统计个数	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数
CAU试验	12	0.277	0.348	0.309	0.02	0.08
$S_u/p'_0=0.45I_p^{0.5}$	143	0.180	0.300	0.25	0.02	0.09
$S_u/p'_0=0.18I_L^{0.5}$	142	0.150	0.220	0.19	0.01	0.08
$S_u/p'_0=0.11+0.0037I_p$	143	0.170	0.280	0.23	0.02	0.09
$S_u/p'_0=0.5W_L$	143	0.170	0.380	0.30	0.04	0.13

性指数、液性指数等稠度指标。

国外针对正常固结土建立了黏性土不排水剪强度和上覆土层有效压力的比值与稠度状态指标之间的关系公式^[3]:

文献[4]:

$$S_u/p'_0=0.45(I_p)^{0.5} \quad (1)$$

$$S_u/p'_0=0.18(I_L)^{0.5} \quad (2)$$

文献[5]:

$$S_u/p'_0=0.11+0.0037I_p \quad (3)$$

文献[6]:

$$S_u/p'_0=0.5W_L \quad (4)$$

根据以上公式,获得的岛隧工程软土层 S_u/p'_0 值见表2。

从各个公式计算的结果来看,公式 $S_u/p'_0=0.5W_L$ 获得的值与CAU试验 S_u/p'_0 值最接近,其它公式值均与实际的 S_u/p'_0 值有一定的差异。这种差异源于分析地域的不同、土性的不同。针对珠江三角洲入海口港珠澳大桥岛隧工程场区一带的软土,即淤泥及淤泥质土,应对上述各公式与CAU试验实际获得的软土 S_u/p'_0 值进行相关性分析,获得岛隧一带可利用的根据稠度指标判断软土强度的关系式。

2 稠度指标与 S_u/p'_0 的相关性分析

2.1 塑性指数与 S_u/p'_0 的相关性分析

2.1.1 塑性指数与 S_u/p'_0 的线性相关性分析

根据相同位置处CAU试验的 S_u/p'_0 值及塑性指

数值绘制相关曲线(图1)。

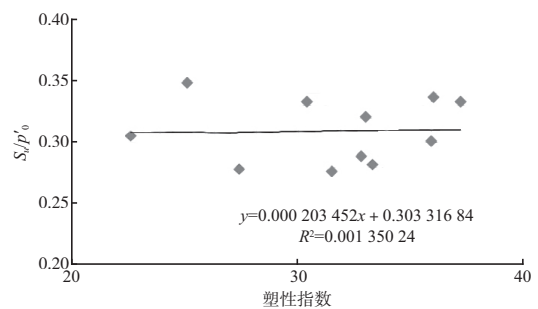


图1 CAU试验 S_u/p'_0 值及塑性指数相关曲线

从相关曲线图分析,获得如下公式:

$$S_u/p'_0=0.3033+0.0002I_p \quad (5)$$

但该公式的相关系数很低, $R^2=0.0014$,不适合采用此公式作为相关性分析的依据。

2.1.2 塑性指数与 S_u/p'_0 的幂函数相关性分析

采用文献[4]:

$$S_u/p'_0=AI_p^{0.5} \quad (6)$$

根据相同位置处CAU试验的 S_u/p'_0 值及塑性指数数值计算线性系数 A 值,获得 A 值见表3。分析结果显示,变异系数小, A 值的可靠性高,因此岛隧一带软土可采用如下的塑性指数与 S_u/p'_0 的幂函数相关性公式确定不排水剪强度与塑性指数的对应关系:

$$S_u/p'_0=0.56I_p^{0.5} \quad (7)$$

2.2 液性指数与 S_u/p'_0 的相关性分析

采用文献[4]

$$S_u/p'_0=BI_L^{0.5} \quad (8)$$

根据相同位置处CAU试验的 S_u/p'_0 值及塑性指

数值计算线性系数 B 值, 获得的 B 值见表3。

表3 线性系数分析计算

系数	统计个数	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数
A	11	0.49	0.69	0.56	0.07	0.12
B	11	0.28	0.33	0.30	0.02	0.06
C	11	0.44	0.65	0.53	0.07	0.13

分析结果显示, 变异系数小, B 值的可靠性高, 因此岛隧一带软土可采用如下的液性指数与 S_u/p'_0 的幂函数相关性公式确定不排水剪强度与液限指数的对应关系:

$$S_u/p'_0 = 0.30I_L^{0.5} \quad (9)$$

2.3 液限与 S_u/p'_0 的相关性分析

采用文献[6]:

$$S_u/p'_0 = CW_L \quad (10)$$

根据相同位置处CAU试验的 S_u/p'_0 值及液限数值计算线性系数 C 值, 获得 C 值见表3。

分析结果显示, 变异系数小, C 值的可靠性高, 因此岛隧一带软土可采用如下的液限与 S_u/p'_0 的线性相关性公式确定不排水剪强度与液限的对应关系:

$$S_u/p'_0 = 0.53W_L \quad (11)$$

3 结论

1) 岛隧一带表层软土即淤泥、淤泥质土的液限、塑性指数和液性指数与 S_u/p'_0 形成了较好的归一化性状, 各关系式如下:

$$\begin{cases} S_u/p'_0 = 0.56I_p^{0.5} \\ S_u/p'_0 = 0.30I_L^{0.5} \\ S_u/p'_0 = 0.53W_L \end{cases} \quad (12)$$

通过上述关系式, 在珠三角洲入海口一带能

够利用稠度指标间接确定正常固结软土的原位不排水剪强度指标, 能够确定不排水剪强度和现场上覆土层压力的比值关系, 为岩土设计提供参数。

2) 本研究形成的归一化性状公式与国际上已经确定的公式比较, 两者在 S_u/p'_0 与塑性指数、液性指数的相关公式上存在一定的差别, 但在 S_u/p'_0 与液限的相关公式上具有极好的一致性。

3) 仅针对珠三角洲入海口一带正常固结软土进行了上述归一化特性的分析, 若运用于整个珠三角洲, 仍需要更广泛更多区域的相关数据分析。

参考文献:

- [1] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 港珠澳大桥主体工程岛隧工程补充地质勘察隧道区工程地质勘察报告[R]. 广州: 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 2012: 53-55.
- [2] Association of Consulting Engineers. BS1377:1990 Methods of test for Soils for civil engineering purposes[S]. Board of BSI, 1990: 4-14.
- [3] 约瑟夫·E·波勒斯. 基础工程分析与设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004: 93-96.
- [4] Bjerrum, Simons N E. Comparison of Shear Strength Characteristics of Normally Consolidated Clays[M]. 1st PSC: ASCE, 1960: 711-726.
- [5] Skempton A W, Henkel D J. The Post-Glacial Clays of the Thames Estuary at Tilbury and Shellhaven[C]. Switzerland: 3rd ICSMFE, 1953: 302-308.
- [6] Karlsson R, Viberg L. Ratio c/p' in Relation to Liquid Limit and Plasticity Index with Special Reference to Swedish Clays[R]. Switzerland: Swedish Geotechnical Institute, 1967: 43-47.

(本文编辑 武亚庆)

专业论坛 技术伴侣