

基于孔压静力触探试验的黏性土压缩模量预测

张菊锋, 宋益明, 薛世恩

(核工业湖州勘测规划设计研究院股份有限公司, 浙江 湖州 313000)

摘要:为获取真实反映土体天然状态的力学参数,以杭政储出(2018)62号地块商务兼容商业用房项目为例,运用室内试验和原位测试的方法,获取各黏性土层的压缩模量,研究基于孔压静力触探试验的既有经验方法预测土体压缩模量的有效性,提出了杭州软土地区新的孔压静力触探锥尖阻力与压缩模量之间的相互关系。结果表明:不同经验预测方法得到的结果与实际土体压缩模量存在不同程度的偏差;基于实测的孔压静力触探试验锥尖阻力,计算得到修正锥尖阻力,拟合修正锥尖阻力 q_t 与 E_{s-LAB} 进行拟合,提出了适用于杭州地区软土的压缩模量预测经验公式。

关键词:孔压静力触探试验; 黏性土; 压缩模量; 室内试验; 原位试验

中图分类号:TU413

文献标识码:A

文章编号:1673-8993(2024)04-0042-07

doi:10.13402/j.gcjs.2024.04.049

Prediction on constrained modulus of cohesive soil based on piezocone penetration test(CPTU)

ZHANG Jufeng, SONG Yiming, XUE Shien

(Nuclear Industry Huzhou Survey, Planning, Design and Research Institute Co., Ltd., Huzhou 313000, Zhejiang, China)

Abstract: In order to obtain mechanical parameters that truly reflect the natural state of the soil, taking the Hangzhou Zhengchu(2018) No. 62 commercial compatible housing project as the research background, indoor and in-situ testing methods are used to obtain the compressive moduli of various cohesive soil layers. The effectiveness of existing empirical methods based on pore pressure static penetration test to predict the compressive modulus of soil is studied, and a new correlation between pore pressure static penetration test cone tip resistance and compressive modulus in the soft soil area of Hangzhou is proposed. The research results show that there are varying degrees of deviations between the results obtained from different empirical prediction methods and the actual soil constrained modulus; Based on the measured cone resistance of the pore pressure static penetration test, the corrected cone resistance is calculated. The corrected cone resistance q_t is fitted with E_{s-LAB} , and an empirical formula for predicting the compressive modulus of soft soil in Hangzhou region is proposed.

Key words: piezocone penetration test; cohesive soil; constrained modulus; laboratory test; in situ testing

由于孔压静力触探试验(CPTU)兼具勘察和测试功能,能够便捷、高效且保持天然状态下对土体进行测试,避免了室内试验中取样尺寸小、扰动大、应力释放导致测试成果偏差、不能反映地层宏观结构和局部土体的非均质性等缺点,测试

参数能够反映土体的强度和固结特性,因此,应用静力触探试验测试灵敏度高、结构性强的软黏土和取样困难、受扰动易松散的砂类土而言具有明显优势^[1-3]。

李鹏等^[4]针对天津地区的软土地层,运用深

收稿日期:2023-04-18

作者简介:张菊锋(1994—),男,工程师,从事岩土工程勘察及设计工作。

层双桥静力触探方法进行测试, 测试结果与室内固结试验中的压缩模量建立经验公式, 研究不同压力段的土体压缩模量预测方法; 吴振华^[5]依托江苏省某公路黏性土试验工点, 运用双桥静力触探试验获得锥尖阻力, 并与压缩模量建立相关关系, 结果运用于地基沉降量的预测; 李君韬^[6]依托北京市某大型岩土工程勘察项目, 综合运用旁压试验方法和静力触探试验方法, 计算土体的地基承载力和压缩模量。

综合现有文献可知, 黏性土压缩模量的预测经验公式与土体的区域性具有较强的性关系, 而且现有的研究方法多基于双桥静力触探手段, 对孔压静力触探试验的研究较少, 因此, 本文基于孔压静力触探试验对杭州地区软土的压缩模量进行研究, 提出该适用于该区域的经验公式, 以期可为相关研究提供参考。

1 工程背景

杭政储出(2018)62 号地块商务兼容商业用房项目位于杭州地铁 1 号线、5 号线的交汇换乘站西北角, 工程用地面积为 21 441 m², 总建筑面积为 182 017 m², 其中地上建筑面积为 128 807 m², 地下建筑面积为 53 210 m²。该工程地面以上由两个主楼、两个裙楼组成, 1 号主楼 29 层(局部 27 层), 建筑高度为 94.3 m; 2、3 号裙楼 7 层, 建筑高度为 23.60 m; 4 号主楼 30 层, 建筑高度为 97.5 m, 1 号、4 号主楼为装配式钢筋混凝土框架剪力墙结构(部分楼板、次梁预制, 楼梯预制), 2、3 号群楼为框架结构。项目总平面布置如图 1 所示, 其北侧为规划道路, 南侧为城市绿化带, 西侧为空置建筑物, 东侧为东新路及其高架, 地铁 1 号线运行区间位于南北两侧深基坑之间。

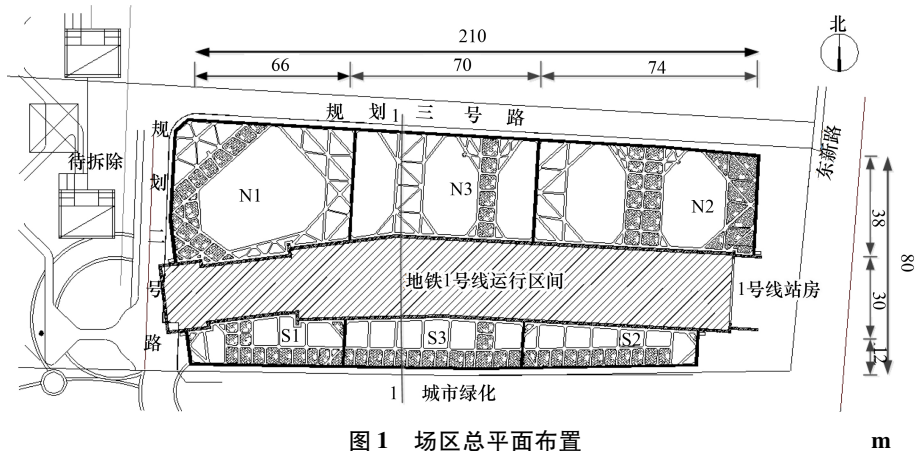


图 1 场区总平面布置

项目基坑在地铁 1 号线明挖区间南北两侧开挖, 南北基坑开挖深度约为 15 m, 地铁明挖区间隧道底板埋深约为 21 m。项目基坑为一级基坑工程, 为有效控制营运地铁明挖隧道水平变形及隆起, 需基坑采用分区开挖的形式, 共分为 6 块区域开挖, 其中北侧基坑分位 3 区(自西向东分别为 N1、N3、N2 区), 南侧基坑也分为 3 区(自西向东分别为 S1、S3、S2 区), 本项目 30 层高的主塔楼在 N1、N2 区, 7 层高的裙楼在 S 区, N1、N2 区工程桩的密度远大于其他区域。

2 场区岩土工程地质特性

场地典型土层分布如图 2 所示, 从典型土层分布图可以看出, 土层自上而下: ①杂填土、

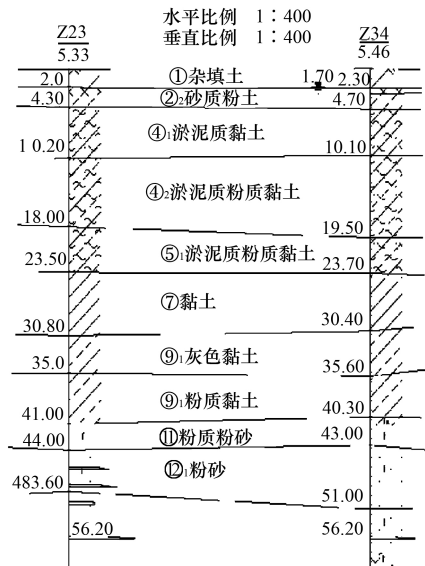


图 2 场区典型的地质土层剖面

m

②₂ 砂质粉土、④₁ 淤泥质黏土、④₂ 淤泥质粉质黏土、⑥₁ 淤泥质粉质黏土、⑦黏土和⑧₁ 灰色黏土。④₁ 淤泥质黏土呈灰色, 饱和, 流塑, 含有机质, ⑦层黏土呈灰~灰黄色, 饱和, 可塑, 局部呈软塑, ⑧₁ 层灰色黏土呈灰色, 饱和, 流塑~软塑状态, 场地地下水位在地面下 1.7 m 位置。

从图 2 还可以看出, 项目 3 层地下室的基坑开

挖深度约 15.3 m, 而淤泥质土的厚度接近 20 m, 在基坑开挖深度范围内主要分布淤泥质土, 坑底以下还是淤泥质土, 两侧基坑临近明挖地铁隧道, 地铁隧道对变形的要求很严格, 基坑支护难度较大^[4]。由此确定场区黏性土的变形模量、压缩模量等变形参数是基坑设计的重要前提。对场区岩土体的物理力学性质指标进行室内试验, 得到结果如表 1 所示。

表 1 土层物理力学性质

土层编号	含水率/%	重度/(kN·m ⁻³)	初始孔隙比	压缩模量/MPa
杂填土① ₁	—	18.0	—	3.0
砂质粉土② ₂	28.0	19.3	0.786	10.3
淤泥质黏土④ ₁	45.0	17.5	1.262	2.0
淤泥质粉质黏土④ ₂	45.4	17.2	1.296	2.5
淤泥质粉质黏土⑥ ₁	36.0	18.1	1.044	3.5
黏土⑦	31.2	19.1	0.876	5.4
黏土⑧ ₁	35.9	18.6	0.995	4.6
粉质黏土⑨ ₁	24.7	20.0	0.692	4.8
粉质粉砂⑩ ₁	22.9	20.2	0.649	8.5
粉砂12 ₁	25.2	19.1	0.758	15.0

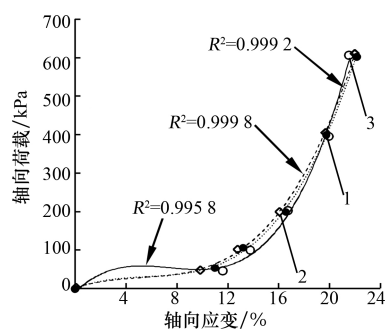
由表 1 可以看出, 上部两层淤泥质土(淤泥质黏土④₁、淤泥质粉质黏土④₂)的压缩模量分别为 2.0、2.5 MPa, 孔隙比均大于 1.0, 均属高压缩性土。

3 黏性土压缩模量的试验方法

3.1 黏性土压缩模量的室内试验方法

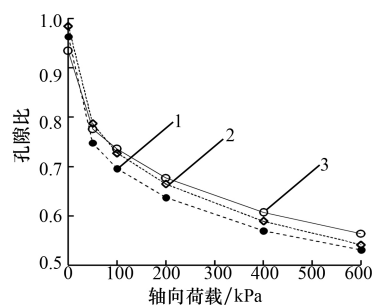
标准固结试验是为了测得各黏性土层的压缩模量, 试验仪器采用南京土壤仪器厂生产的 WG 型单杠杆固结仪^[5]。在现场钻探时, 选取取样孔进行试验用土样采集, 取样方法为固定活塞式薄壁取土器取样, 取样间隔为 1.0 m。固结试验主要步骤是将试样浸水真空饱和 24 h 后, 将切好的土样安装入固结仪中进行固结试验^[6]。对试样施加不同等级的轴向荷载, 分别为 50、100、200、400、600 kPa 共 5 级, 每级荷载加载时间为 24 h, 之后再进行下一级的加载。加载时注意砝码轻拿轻放, 避免引起冲击和摇晃^[7]。

以淤泥质粉质黏土④₂、淤泥质粉质黏土⑥₁ 为例, 对这两层土分别选取 3 个土样样本进行标准固结试验, 获得试样标准固结试验中轴向荷载和试样轴向应变、孔隙比的关系曲线如图 3、4 所示。



试样: 1—1; 2—2; 3—3。

图 3 试样固结试验荷载-应变关系曲线



试样: 1—1; 2—2; 3—3。

图 4 试样固结试验孔隙比-荷载关系曲线

从图 3 的荷载-应变关系曲线可知, 将所得的固结试验荷载与应变关系曲线拟合成分数关系表达式, 可得到试样 1~3 的荷载与轴向应变的曲

线拟合判定系数 R^2 分别为 0.999 2、0.999 8 和 0.995 8, 拟合关系式为三次函数关系, 如公式 (1) ~ (3) 所示。

$$p_a = 0.122 1 \varepsilon_a^3 - 2.073 2 \varepsilon_a^2 + 13.428 \varepsilon_a - 0.098 2 \quad (1)$$

$$p_b = 0.114 1 \varepsilon_a^3 - 1.778 3 \varepsilon_a^2 + 11.469 \varepsilon_b + 1.855 8 \quad (2)$$

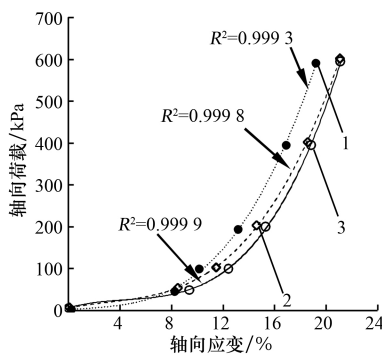
$$p_c = 0.208 9 \varepsilon_a^3 - 4.687 1 \varepsilon_a^2 + 31.957 \varepsilon_c - 9.620 0 \quad (3)$$

式中: p_a 、 p_b 、 p_c 分别表示试件 1、2、3 的轴向荷载, kPa; ε_a 、 ε_b 、 ε_c 分别为试件 1、2、3 的轴向应变, %。

经计算可得: 固结试验荷载 p 为 100 kPa 时, 试样 1 ~ 试样 3 的参考切线模量 $E_{\text{ref}}^{\text{ref}}$ 分别为 2.42、2.2、2.69 MPa。

从图 4 的孔隙比 - 荷载关系曲线可知, 试样 1 ~ 试样 3 在荷载 $p_1 = 100$ kPa 至 $p_2 = 200$ kPa 区间加载时, 所对应的压缩模量 E_{s1-2} 分别为 2.93、2.69、3.06 MPa, 而试样 1 ~ 3 荷载间隔 $p_2 = 200$ kPa 至 $p_4 = 400$ kPa 时所对应的压缩模量 E_{s1-4} 为分别为 4.96、4.55、5.28 MPa。

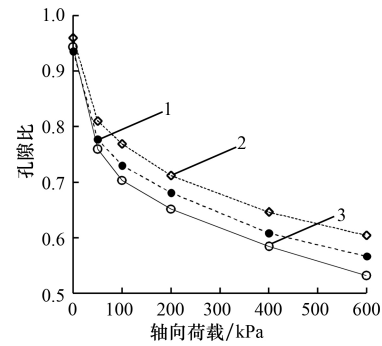
对于淤泥质粉质黏土⑥₁ 试样, 标准固结试验中试样轴向荷载、轴向应变和孔隙比的关系曲线如图 5、6 所示。



试样: 1—4; 2—5; 3—6。

图 5 试样固结试验荷载 - 应变关系曲线

从图 5 的荷载 - 应变关系曲线可知, 将所得的固结试验荷载与应变关系曲线拟合函数关系表达式, 可得到试样 1 ~ 3 的荷载与轴向应变的曲线拟合判定系数 R^2 分别为 0.999 3、0.999 8 和 0.999 9, 拟合关系式为三次函数关系, 如公式 (4) ~ (6) 所示。



试样: 1—4; 2—5; 3—6。

图 6 试样固结试验孔隙比 - 荷载关系曲线

$$p_a = 0.090 4 \varepsilon_a^3 - 0.265 4 \varepsilon_a^2 + 2.287 5 \varepsilon_a + 2.108 \quad (4)$$

$$p_b = 0.086 1 \varepsilon_a^3 - 0.755 2 \varepsilon_a^2 + 5.884 5 \varepsilon_b + 6.659 1 \quad (5)$$

$$p_c = 0.114 7 \varepsilon_a^3 - 1.535 1 \varepsilon_a^2 + 8.946 0 \varepsilon_c + 6.647 9 \quad (6)$$

经计算可得: 固结试验荷载 p 为 100 kPa 时, 试样 4 ~ 6 的参考切线模量 $E_{\text{ref}}^{\text{ref}}$ 分别为 2.52、2.12、2.53 MPa。

从图 4 中孔隙比 - 荷载关系曲线可知, 试样 4 ~ 试样 6 在荷载 $p_1 = 100$ kPa 至 $p_2 = 200$ kPa 区间加载时, 所对应的压缩模量 E_{s1-2} 分别为 3.17、3.05、3.68 MPa, 而试样 1 ~ 3 在荷载 $p_2 = 200$ kPa 至 $p_4 = 400$ kPa 区间加载时, 所对应的压缩模量 E_{s1-4} 为分别为 4.48、4.49、5.01 MPa。

3.2 黏性土压缩模量的孔压静力触探试验方法

选用某公司生产的多功能数字式孔压静力触探设备进行试验, 试验的探头锥尖角度为 60° , 锥底截面积为 10 cm^2 , 摩擦套筒的表面积为 150 cm^2 , 有效面积比为 0.8, 孔隙水压力滤件安装在锥肩位置, 设备采集系统可以自动采集锥尖阻力、侧壁摩阻力、孔隙水压力。图 7 为场区 3 个典型的孔压静力触探试验孔 JC1 ~ JC3 的测试参数剖面。

基于孔压静力触探试验的土体压缩模量经验公式中, SANGLERAT^[8] (1972 年)、JONES 和 RUST (1980 年)、SENNESET^[9-10] (1989 年)、KULHAWA 和 MAYNE^[11-12] (1990 年) 提出的经验预测方法应用较为广泛, 所使用的孔压静力触探参数包括锥尖阻力 q_c 、修正锥尖阻力 q_t 、净锥尖阻力 q_n , 具体的计算公式及适用条件如表 2 所示。

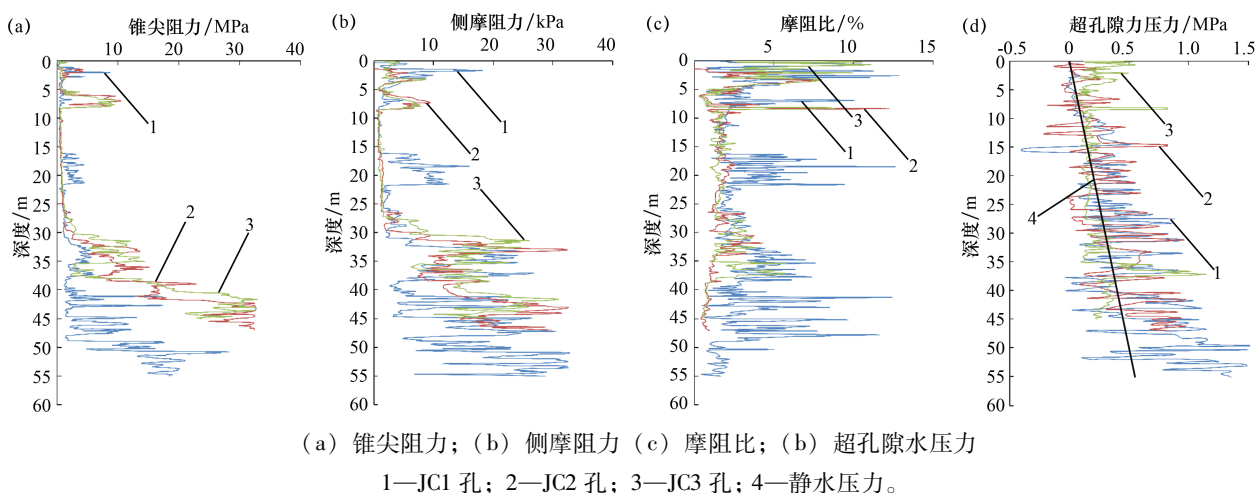


图 7 场区 3 个典型孔压静力触探试验测试成果曲线

表 2 基于孔压静力触探试验的土体压缩模量经验公式

公式提出者	相关关系	CPTU 参数	相关系数	适用条件
SANGLERAT	$E_s = a_c \times q_c$	q_c	取决于土类和 q_c	黏性土
JONES 和 RUST	$E_s = a_c \times q_c$	q_c	$a_c = 2.75 \pm 0.55$	南非冲积相黏土
SENNESET	$E_s = 2q_t$	$q_t = q_c + u_2(1 - a)$	线性关系	$q_t < 2.5 \text{ MPa}$
	$E_s = 4q_t - 5$	$q_t = q_c + u_2(1 - a)$	线性关系	$2.5 < q_t < 5.0 \text{ MPa}$
	$E_s = a_o \times q_n$	$q_n = q_t - \sigma_{vo}$	$a_o = 10 \pm 5$	超固结土
	$E_s = a_n \times q_n$	$q_n = q_t - \sigma_{vo}$	$a_n = 6 \pm 2$	正常固结土
KULHAWA 和 MAYNE	$E_s = 8.25 \times q_n$	$q_n = q_t - \sigma_{vo}$	8.25	

4 黏性土压缩模量的测试结果分析

运用孔压静力触探试验得到锥尖阻力 q_c ，由表 2 中经验公式计算得到的压缩模量 E_{s-CPTU} 。以室内试验获取的压缩模量 E_{s-LAB} 为参考，将 E_{s-CPTU} 与 E_{s-LAB} 进行拟合，结果如图 8 ~ 11 所示。图中最佳拟合线表示孔压静力触探试验压缩模量与室内试验压缩模量完全一致，为理想预测状态。拟合关系采用综合比较了线性拟合关系与非线性拟合关系，而非线性拟合关系得到的判定系数 R^2 非常小，而线性拟合关系得到的判定系数 R^2 则较高，因此采用线性拟合关系得到孔压静力触探试验压缩模量与室内试验压缩模量的相关关系。图 8 ~ 11 中不仅给出了拟合关系的判定系数 R^2 ，也给出了最佳拟合线，如果拟合关系线在最佳拟合线逆时针方向，表明该方法高估了压缩模量，偏离越远，高估量越大，如果拟合关系线在最佳拟合线顺时针方向，表明该方法低估了压缩模量，偏离越远，低估量越大。基于 SANGLERAT(1972 年)

提出的经验公式计算得到的压缩模量 E_{s-CPTU} 与室内试验压缩模量 E_{s-LAB} 的拟合关系如公式(7)所示，判定系数为 0.994，同样地，基于 SENNESET(1989 年)、KULHAWA 和 MAYNE(1990 年)、JONES 和 RUST(1980 年)提出的经验公式计算得到的压缩模量 E_{s-CPTU} 与室内试验压缩模量 E_{s-LAB} 的拟合关系如公式(8) ~ (10)所示，判定系数分别为 0.938 8、0.993 7、0.904 9。

$$E_{s-CPTU} = 1.3439 E_{s-LAB} \quad (7)$$

$$E_{s-CPTU} = 0.9489 E_{s-LAB} \quad (8)$$

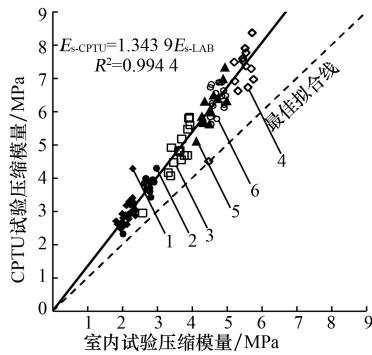
$$E_{s-CPTU} = 2.2940 E_{s-LAB} \quad (9)$$

$$E_{s-CPTU} = 0.7826 E_{s-LAB} \quad (10)$$

式中： E_{s-CPTU} 为孔压静力触探试验测试获得的土体压缩模量，MPa； E_{s-LAB} 为室内压缩试验获得的土体压缩模量，MPa。

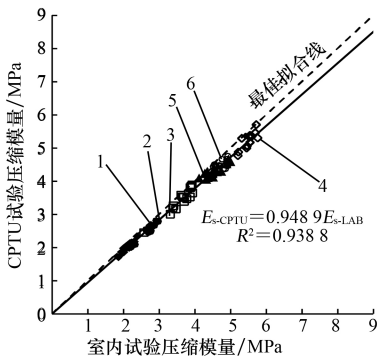
由此可知，SANGLERAT(1972 年)、KULHAWA 和 MAYNE(1990 年)提出的经验预测方法明显高估了土体的压缩模量，KULHAWA 和 MAYNE(1990 年)预测得到的压缩模量是室内试验得到压缩模量

的 2 倍(使用的孔压静力触探参数为净锥尖阻力 q_n), 而 JONES 和 RUST(1980 年)提出的经验预测方法则明显低估了土体的压缩模量(使用的孔压静力触探参数为锥尖阻力 q_t), SENNESET(1989 年)提出的经验预测方法可以较好地预测的土体的压缩模量(使用的孔压静力触探参数为修正锥尖阻力 q_t), 拟合直线关系的斜率为 0.948 9, 拟合判定系数也较高, 达到了 0.938 8。表明采用修正锥尖阻力 q_t 可以得到更为精确的压缩模量。



1—淤泥质黏土④₁; 2—淤泥质粉质黏土④₂;
3—淤泥质粉质黏土⑥₁; 4—黏土⑦; 5—黏土⑧₁;
6—粉质黏土⑨₁。

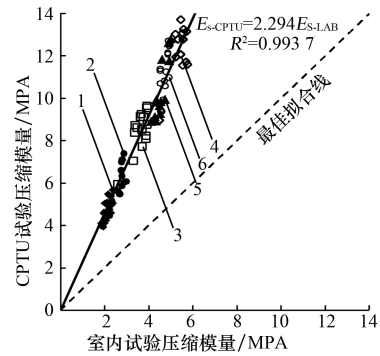
图 8 基于 SANGLERAT 计算方法的压缩模量曲线



1—淤泥质黏土④₁; 2—淤泥质粉质黏土④₂;
3—淤泥质粉质黏土⑥₁; 4—黏土⑦; 5—黏土⑧₁;
6—粉质黏土⑨₁。

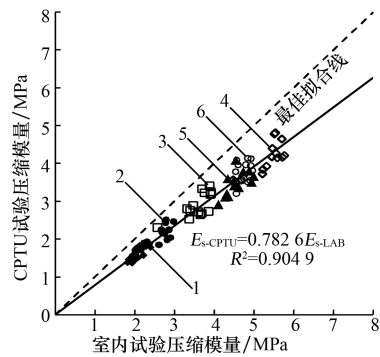
图 9 基于 SENNESET 计算方法的压缩模量曲线

为了很好地评价基于 SENNESET(1989 年)预测方法的适用性, 也使得该方法在杭州地区的软土中具有实用性。本文基于实测的孔压静力触探试验锥尖阻力 q_c , 计算得到修正锥尖阻力 q_t , 以 SENNESET(1989 年)经验公式的形式, 拟合修正锥尖阻力 q_t 与 E_{s-LAB} 进行拟合, 以修正 SENNESET(1989 年)经验公式的系数, 进而得出适用于杭州地区软土的预测经验公式, 结果如图 12 所示。



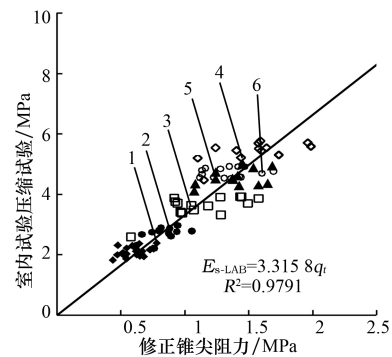
1—淤泥质黏土④₁; 2—淤泥质粉质黏土④₂;
3—淤泥质粉质黏土⑥₁; 4—黏土⑦; 5—黏土⑧₁;
6—粉质黏土⑨₁。

图 10 基于 KULHAWY AND MAYNET 计算方法的压缩模量曲线



1—淤泥质黏土④₁; 2—淤泥质粉质黏土④₂;
3—淤泥质粉质黏土⑥₁; 4—黏土⑦; 5—黏土⑧₁;
6—粉质黏土⑨₁。

图 11 基于 JONES AND RUST 计算方法的压缩模量曲线



1—淤泥质黏土④₁; 2—淤泥质粉质黏土④₂;
3—淤泥质粉质黏土⑥₁; 4—黏土⑦; 5—黏土⑧₁;
6—粉质黏土⑨₁。

图 12 基于孔压静力触探试验的杭州软土压缩模量预测

从图 12 中可以看出, 修正锥尖阻力与室内试验压缩模量具有良好的线性关系, 决定系数为 0.979 1, 两者的关系式如公式(11)所示。基于公式(11)得到的压缩模量对杭政储出(2018)62 号地

块商务兼容商业用房项目的基坑变形进行计算,计算结果与室内试验测试的压缩模量对本项目的基坑变形计算结果进行对比,结果表明,两者的误差小于 5%,验证了公式(11)的有效性和可靠性。

$$E_{s-CPTU} = 3.3158 q_t \quad (11)$$

式中: q_t 为孔压静力触探修正锥尖阻力, MPa。

5 结 论

(1) 室内试验标准固结试验可以依据荷载-应变关系、孔隙比-荷载关系得到土体的参考切线模量、压缩模量等变形参数,而孔压静力触探则可以提供土体原位状态下的锥尖阻力、侧壁摩阻力和孔隙水压力等参数,既有的经验公式表明建立两者的相互关系具有可行性。

(2) SANGLERAT(1972 年)、KULHAWA 和 MAYNE(1990 年)提出的经验预测方法明显高估了土体的压缩模量, JONES 和 RUST(1980 年)提出的经验预测方法则明显低估了土体的压缩模量, SENNESET(1989 年)提出的经验预测方法可以较好地预测的土体的压缩模量,修正锥尖阻力 q_t 可以得到更为精确的压缩模量。

(3) 基于实测的孔压静力触探试验锥尖阻力 q_c , 计算得到修正锥尖阻力 q_t , 以 SENNESET(1989 年)经验公式的形式,拟合修正锥尖阻力 q_t 与 E_{s-LAB} 进行拟合,以修正 SENNESET(1989 年)经验公式的系数,进而得出适用于杭州地区软土的预测经验公式。

参考文献:

- [1] 邓煜晨,陈志波,郑有强,等. 基于孔压静力触探的修正土类指数土体分类方法与实例应用[J]. 岩土力学,2022,43(1):227-234.
- [2] 王长虹,马铨涛,吴昭欣,等. CPTU 数据校准黏土和砂土统一模型本构参数的随机力学-贝叶斯方法[J]. 土木工程学报,2022,55(10):101-116.
- [3] 何健灵. 孔压静力触探在近海沉积软土中的应用研究[J]. 甘肃水利水电技术,2020,56(10):31-35,61.
- [4] 李鹏,许再良,李国和. 基于静力触探的不同压力段土体压缩模量确定方法研究[J]. 工程勘察,2013(11):8-12.
- [5] 吴振华. 基于孔压静力触探试验确定黏性土压缩模量研究[J]. 福建建设科技,2022(3):569-572.
- [6] 李君韬. 基于旁压试验和静力触探估算地基承载力和压缩模量[D]. 北京:中国地质大学(北京).
- [7] 任土房,曾洪贤. 深层孔压静力触探技术的应用与研究[J]. 工程勘察,2018,46(4):7-11.
- [8] 杨溢军,童立元,朱宁,等. 基于 SCPTU 测试确定软土压缩模量方法研究[J]. 地下空间与工程学报,2014,10(Z1):1606-1611.
- [9] 陆顺. 孔压静力触探与扁铲侧胀试验在上海软黏土中的应用研究[J]. 岩土工程技术,2022,36(6):494-501.
- [10] 吴振华. 基于孔压静力触探试验确定黏性土压缩模量研究[J]. 福建建设科技,2022(3):117-119.
- [11] 林军,蔡国军,刘松玉,等. 基于孔压静力触探的岩土参数正态性检验方法对比[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2021,51(5):1408-1415.
- [12] 胡富贵. 基于孔压静力触探数据计算地基土的物性参数[J]. 湖南交通科技,2022,48(3):1-7.

本刊编辑部版权许可声明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社、万方数据电子出版社、重庆维普资讯有限公司、超星学术期刊“域出版”等第三方平台在其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊编辑出版的文章。本刊不收取版面费、专家审稿费(相关著作权许可使用费与审稿费相抵,不再另行支付),对优质稿件支付稿酬。作者向本刊提交文章发表的行为视为同意上述许可声明,如有异议请来稿说明,本刊将作适当处理。