



鱼山工程海上十字板剪切试验 精度保障措施

顾敏智, 高晓兵

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 鱼山填海造地工程所处海域海况复杂, 软土极为发育, 而饱和软黏性土原位不排水抗剪强度是基础设计和地基处理的重要岩土指标。因此, 采用电测式十字板剪切仪, 并选择合适的作业平台和自主研发的船载“静”平台关键技术, 极大地提高了海上十字板剪切试验的精度, 解决了常规海上十字板试验指标离散性大、数据失真的问题, 其技术成果为工程设计提供了有力的技术支持, 也为类似工程提供借鉴。

关键词: 饱和软黏土; 十字板剪切试验; 不排水抗剪强度; 船载平台; 试验精度

中图分类号: TU 4

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)05-0155-03

Accuracy guarantee measures of marine vane-shear test in Yushan project

GU Min-zhi, GAO Xiao-bing

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: The sea condition of the Yushan reclamation project is complex and the soft soil is very developed. The in-situ undrained shear strength of saturated soft clay is an important geotechnical index for foundation design and foundation treatment. Therefore, the accuracy of the vane shear test is greatly improved by using the electrical vane shear instrument, selecting the appropriate operation platform and the key technology of the self-developed shipborne “static” platform, which greatly improves the accuracy of the marine vane shear test, and solves the problems of large dispersion and data distortion in the conventional offshore vane test. The technical achievements provide strong technical support for the engineering design while providing a reference for similar projects.

Keywords: saturated soft clay; vane-shear test; undrained shear strength; shipboard platform; test precision

海上十字板剪切试验^[1]是沿海工程地质勘察中较为重要的原位测试手段。它广泛应用于沿海填海造地等工程中, 用来测定饱和软弱黏性土层的不排水抗剪强度。但在沿海工程地质勘察中, 该试验由于受海上风浪、涌浪、潮流、水深及人为等多种因素的影响, 一般不能准确获得相关土层的十字板剪切试验抗剪强度指标。因此, 本文阐述可消除上述不利因素对十字板剪切试验造成

的影响、提高试验数据精度的措施。

1 项目背景

1.1 自然条件复杂

本工程位于浙江省舟山市岱山县大小鱼山岛附近水域, 西临杭州湾, 东临东海, 北与洋山深水港相毗邻, 西北与杭州湾跨海大桥遥遥相对。场地地貌整体上属于滨海地带和山前冲洪积地带

收稿日期: 2020-12-01

作者简介: 顾敏智 (1981—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事岩土工程勘察与检测。

地貌。受岛礁影响，勘察海域流急多变，存在挑流、汇流，勘探作业条件差。

根据收集到的资料，本工程位于中纬度地带，属亚热带海洋性季风气候，受季风影响，降水充沛，灾害性天气较多。工程所处海域为正规浅海半日潮型，潮汐强度为中等。

1.2 场地地质条件差

场区普遍发育有厚度达 20.0~35.0 m 的高含水率、高压缩性、中-高灵敏度的软弱淤泥质黏性土层。地质剖面如图 1 所示。

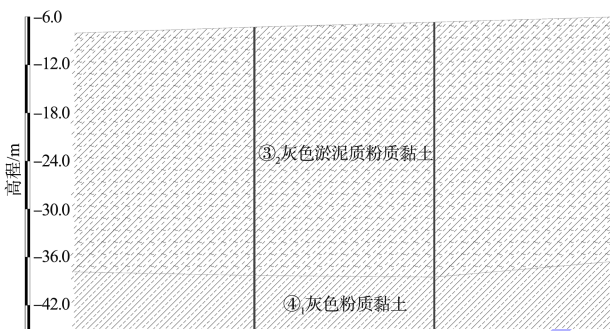


图 1 地质剖面

1.3 勘察技术要求高

鱼山填海造地工程勘察主要目的是为陆域形成沉降分析及确定结构形式、基础设计等提供软弱黏性土层岩土参数，而饱和软黏性土不排水抗

剪强度为其中一个重要力学指标。

2 影响试验精度的主要因素

1) 风浪、涌浪、水流。作业平台一般为船载浮平台，上述因素会导致试验平台不稳定，试验探杆发生纵、横向晃动，板头土体被扰动，导致试验数据失真。

2) 水深。试验区水深一般为 8~10 m，套管在跟进过程中容易失稳，且套管中的探杆在试验设备自重压力作用下会发生侧向弯曲，从而影响试验深度位置和试验数据。

3) 人为及设备因素。传感器的率定、防水措施、探杆的转动速率都会导致所测试验指标发生偏差，直接影响试验数据的准确性和可靠性。

3 精度保障措施

3.1 采用合适的试验平台

根据以往工程经验，在滩地等水深浅、水流缓、风浪小的区域，一般选用简易浮平台作为十字板试验操作平台；在风浪稍大、水流稍急或水深稍深(5~10 m)的区域，一般选用一定吨位的勘探船舶，在船载平台上搭设试验操作平台；在风浪大、水流快、水深大于 10 m 的海域，一般采用海上固定平台^[2]。各平台适用情况及相关参数见表 1。

表 1 各平台适用情况及参数

| 工作平台 | 适用海域条件 | 适宜海况参数 | | |
|--------------------|------------|---------|-------------------------|------|
| | | 涌浪/m | 流速/(m·s ⁻¹) | 水深/m |
| 浮筒或泡沫浮平台 | 不受风浪影响的浅滩区 | <0.3 | <0.5 | <5 |
| 船舶搭设平台(100~200 吨级) | 风浪较小的近岸区 | 0.3~0.8 | 0.8~1.0 | 5~8 |
| 船舶搭设平台(200~500 吨级) | 风浪稍大的近岸区 | 0.8~1.2 | 1.0~1.5 | 8~10 |
| 海上固定平台 | 风浪较大的远海区 | 1.2~2.5 | <2.5 | <25 |

试验期间，鱼山海域涌浪一般为 0.5~1.2 m，海水流速为 1.2~1.5 m/s，水深<10 m，故选择了 300 吨级的平底勘探作业船作为十字板试验操作平台，同时采用锚链交叉米字法抛锚方法(图 2)，提高船舶的稳定性。

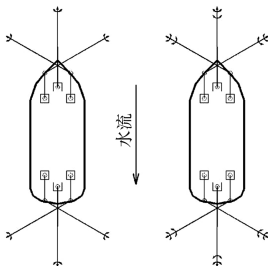


图 2 锚位

3.2 采用动、静结合的船载平台技术

传统试验平台中使用的套管会受勘探船的影响随潮汐涨落发生动态变化, 本次试验中与剪切仪相连接的套管与十字板试验勘探平台完全脱离, 使海上十字板剪切试验装置基本处于静态, 类似陆上试验; 同时为了确保套管的稳定性, 在套管海底泥面部位增加了稳管板(图 3)。

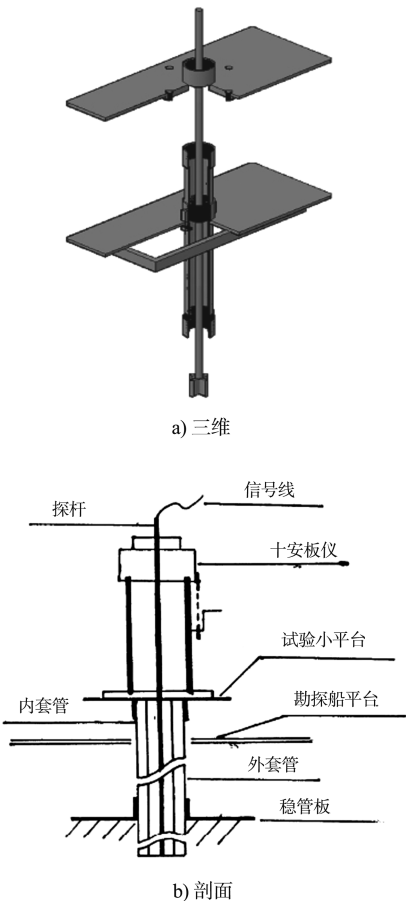


图 3 十字板剪切试验装置

该技术^[3]的新颖性和创造性体现在: 1) 稳——该平台依托自身结构, 独立竖立在海床上; 2) 准——克服了风浪、水流对试验的影响, 使测试数据准备、可靠。

3.3 使用电测式十字板剪切仪

从工作原理上讲, 十字板剪切仪一般分机械式和电测式 2 种: 机械式十字板剪切仪所测得的主要是十字板头与土体、探杆扭转等产生的合力; 电测式十字板剪切仪是通过电阻式扭力传感器直接测得的十字板头扭转时土体产生的抵抗力矩,

不受探杆等其它因素的影响。另外, 在水域进行试验时, 由于易受风浪、潮流等多种客观因素的影响, 机械式十字板剪切仪试验时受到的影响较电测式十字板剪切仪更大^[4]。故本次使用电测式十字板剪切仪在鱼山海域进行十字板剪切试验。

3.4 其他措施

1) 掌握试验期间风浪条件及潮汐变化, 选择风浪较小、潮流较缓的时间段安装试验装置, 同时对装置中套管的垂直度进行校正。

2) 试验由经验丰富的技术人员操作, 按照十字板剪切试验相关操作规程进行试验, 严格控制板头在土中的静置时间和转动速率^[5]。

4 应用效果

采取上述措施于 2016—2019 年在鱼山岛邻近海域③₂淤泥质粉质黏土层中进行了多次海上十字板剪切试验^[6]。鱼山工程中, 在十字板剪切试验孔邻近区域相同深度, 采用水压固定活塞式薄壁取土器采集试验土层的原状土样, 并经室内三轴不固结不排水压缩试验(UU), 其三轴 UU 抗剪强度 C_{uu} 值与十字板剪切强度 C_u 值具有较高的一致性和很好的匹配性, 两者平均值较为吻合。相关测试数据见表 2。

表 2 ③₂淤泥质粉质黏土层海上十字板剪切试验与室内三轴(UU)试验结果对比

| 测试点 深度/m | 十字板剪切试验 | 三轴(UU)试验 | |
|-------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| | 抗剪强度 C_u /kPa | 抗剪强度 C_{uu} /kPa | 内摩擦角 $\varphi_{uu}/(^{\circ})$ |
| 2.5 | 17.25 | 18.0 | 0.4 |
| 3.5 | 15.55 | 16.0 | 0.5 |
| 4.5 | 18.20 | 16.0 | 0.5 |
| 5.5 | 17.90 | 15.0 | 0.7 |
| 6.5 | 18.50 | 17.0 | 0.8 |
| 7.5 | 20.05 | 22.0 | 0.0 |
| 8.5 | 22.75 | 25.0 | 0.2 |
| 9.5 | 25.35 | 28.0 | 0.7 |
| 10.5 | 27.50 | 25.0 | 0.6 |
| 11.5 | 29.60 | 26.0 | 1.0 |
| 12.5 | 31.25 | 33.0 | 1.2 |
| 平均值 | 22.17 | 21.9 | 0.6 |