

岩土工程勘察中土工试验质量控制要点

王祥稳

云南省曲靖市设计研究院有限责任公司 云南 曲靖 655000

【摘要】：岩土工程勘察中的土工试验承担地层分类、参数取值和工程判断转换功能，样品扰动、封存失水、仪器漂移和成果取舍随意会削弱勘察报告的可靠性。本文分析试验准备、室内实施和成果提交三个环节的质量控制要求，梳理试样代表性审核、取送样方案、仪器状态、人员操作、含水率密度测试、固结剪切加载监督以及异常参数处理的关键控制点，提出以原始记录、计算过程、参数采用和资料归档贯通的质量链条。控制重点落到样品来源、试验条件和成果适用边界后，土工试验参数能够更稳定地服务地基评价、基础选型和施工风险控制。

【关键词】：岩土工程勘察；土工试验；质量控制；试样代表性；数据验收

DOI:10.12417/2811-0722.26.09.032

引言

岩土工程勘察中的土工试验把钻探揭露的地层状态转化为含水率、密度、颗粒组成、压缩性和抗剪强度等设计参数，试验质量一旦偏离现场实际，地基承载力取值、沉降计算和边坡稳定判断都会随之失真。土样扰动、封存失水、仪器校准不足、加载读数不稳和参数选用随意，是勘察成果内土性指标离散和工程判断偏差的高频来源。质量控制需要前移到取样、送样和试验操作现场，把勘察任务、室内测试、数据验收和资料归档连成可追溯的技术链条，使每一个参数都有清楚的样品来源、试验条件和适用边界。

1 岩土工程土工试验准备阶段质量控制

1.1 工程勘察任务试样代表性审核

勘察任务书中的建筑荷载、基础形式、拟建场地等级和主要土层，是确定土工试验项目的起点。试样代表性审核要把钻孔平面位置、取样取样层位、岩土层编号和现场鉴别记录逐项对应，原状样用于压缩、剪切和渗透等敏感参数时，还要核对取样器类型、贯入方式和样品端面状态。对软塑黏性土、粉土夹砂和人工填土，单一孔位样品不能替代同层位的空间差异，控制记录应写清同一工程单元内样品覆盖的层厚、埋深和扰动风险^[1]。任务审核完成后，实验室接收的不只是样品数量，而是每个样品能否回答勘察设计问题的证据资格。审核意见还要保留不合格样品的处置方式，例如退样或降级为扰动样，使参数表排除状态不清的试验值。

1.2 原状土样取送试验方案制定

取送样方案要把现场取样、封存、运输和试验排程放在同一时间约束内。原状土样离开取样器后，端部削平、蜡封、贴签和防震固定应连续完成，标签至少包含孔号、取样层位、土层、取样日期和试验项目；扰动样分装时则要避免不同层位混合，颗粒分析样和含水率样不得共用已长时间敞口的土料^[2]。运输环节的防潮、防晒和防震措施直接影响含水率与密度读数，软土和高含水率黏土应优先安排短周期送检。收样人员在

登记时应同步检查封蜡、胶带、样品筒端盖和标签字迹，发现标签缺项、封口松动或样品筒倾斜时，应先隔离记录并通知现场复核，避免问题样品混入正常试验批次。图1给出了土样取送与收样环节的状态传递。

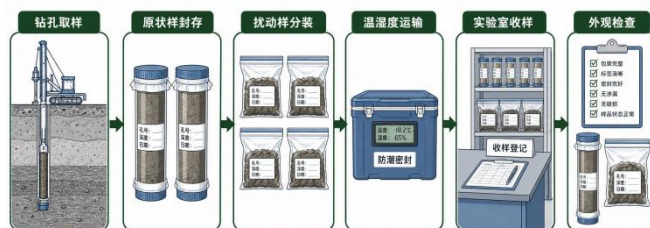


图1 土样取送与收样质量传递关系示意

图1中取样节点、封存节点和运输节点由单向箭头串联，外观检查位于收样后端，说明样品质量不是实验室单点形成，而是在孔号、深度、封存和运输状态连续一致时才具备试验资格。

1.3 室内试验仪器与标准样品准备

室内试验仪器准备的核心，是让量测链在试验前处于可校准、可复查和可替换状态。天平、烘箱、环刀、固结仪、直剪仪和筛分设备分别对应质量、温度、体积、位移、荷载和粒径边界，任何一个环节漂移都会把误差带入后续指标。试验前应核对检定有效期、零点稳定性、温控波动、加载砝码和位移计回程差，标准样品或平行样用于检查人员操作和设备重复性。仪器台账只记录日期并不足够，关键读数应能反向对应到设备编号、校准状态和实际操作者。对同一工程连续批量送检的样品，实验室还应在每日开机前做空载读数和标准器具抽查，发现天平漂移、烘箱温度波动或位移计回零异常时，相关样品暂停试验。

1.4 试验人员培训与操作考核

土工试验的操作差异往往出现在看似简单的制样、削样、装样和读数动作中。人员培训应围绕 GB/T50123—2019 中常用

试验的关键步骤展开,重点控制环刀切削方向、样品扰动识别、烘干终止判定、液塑限搓条状态、固结加载时间和直剪剪切速率。操作考核不宜只看理论答题,宜采用同批土样的平行测试记录,比较操作者之间的含水率、密度和强度参数离散程度。考核结果进入人员授权清单后,复杂土样和关键工程样品才能分配给具备相应经验的试验人员。新进人员和临时调岗人员不得直接承担关键参数试验,只有在同类土样平行操作结果满足实验室内部允许差要求后,才可进入主试岗位。

2 岩土工程土工试验过程质量控制

2.1 土样含水率密度联合测试方法控制

同一批土样的称量、烘干和环刀削样若没有连续完成,含水率与密度会在样品状态变化中分别产生偏差。含水率试样取样后应快速称量,烘干温度和终止质量判据保持一致;密度试验的环刀体积、刃口完整性和削样平整度决定湿密度读数是否可靠。当封存失水已经发生,含水率偏差会先于干密度偏差放大,并进一步影响孔隙比、饱和度和压缩性解释^[3]。收样外观正常时仍要核对封存时间和称量间隔,含水率、湿密度和样品质量记录之间的矛盾可以暴露封存失水问题。低含水率砂土的主要风险在称量和散失,高含水率黏性土的主要风险在削样和封存,方法控制应按土类差异设置不同的等待时限和复称条件。当同一土样承担多项基础物理指标时,实验室宜先完成易受水分变化影响的称量和取样,再开展不依赖天然含水状态的后续处理。图2用于比较样品失水后两类基础指标偏差的变化方向。

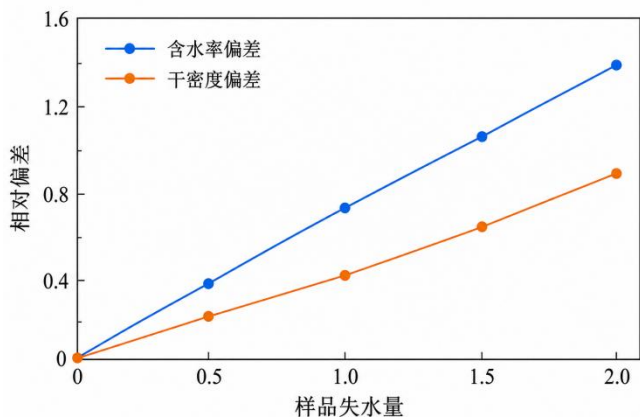


图2 样品失水量对含水率和干密度偏差的影响

图2中蓝色曲线随样品失水量增加上升更快,橙色曲线斜率较小但同样持续抬升,说明封存失水会先改变含水率判断,再通过体积和质量关系影响干密度解释。

2.2 颗粒级配界限含水率试验顺序控制

颗粒级配和界限含水率试验服务于土类划分、液化判别和软弱土工程性质判断,试验顺序必须保护样品的粒组结构和天然含水状态。含砾砂土先做烘干筛分会改变细粒含量解释,黏性土若在反复揉搓后再取液塑限样,塑性状态容易被人为扰

动。级配试验应根据土样粒径组成选择筛分、密度计或联合方法,界限含水率试验则要控制调水、静置和搓条节奏。顺序控制的实质,是避免一个试验项目为了方便操作而消耗另一个项目所要的原始状态。对于含有有机质、盐分或胶结成分的特殊土,试验前还要确认分散剂、浸泡时间和烘干条件是否会改变颗粒状态,必要时单独记录处理条件。

2.3 固结剪切试验分级加载过程监督

固结和剪切试验对加载路径、排水条件和读数时点更敏感,过程监督要落到每一级荷载和每一次位移记录。固结试验装样后应检查上下透水石贴合、排水通道和百分表初读数,分级加载时读取时间点保持稳定,曲线异常拐点要立即核对试样侧漏、仪器卡滞或荷载误置。直剪试验要根据土类和工程问题选择快剪、固结快剪或慢剪条件,剪切速率不能只按设备默认值执行。异常停机点要对应具体仪器状态、试样边界或读数突变,而不是在试验结束后作笼统说明。当加载曲线出现突降、平台过长或读数反跳时,监督人员应先检查传力构件、透水石和样品侧壁接触,再决定是否终止本级荷载。

2.4 室内试验人员分工与记录质量考核

试验人员分工应区分制样、主试、复读和成果录入,关键参数不宜由同一人员从操作到录入全程独立完成。记录质量考核看三类内容:原始记录是否同步形成,修改痕迹是否保留,计算表与原始读数是否能逐项对应。对压缩系数、压缩模量、黏聚力和内摩擦角等进入设计判断的参数,复读人员应核对曲线形态、单位、取值点和计算公式。岗位职责落到记录页和设备编号后,质量问题才能定位到样品、仪器或操作动作,而不是停留在实验室整体责任。录入人员对照原始记录进行二次核算时,应重点检查单位换算、曲线取点和小数位保留,避免同一错误在成果表中成批复制。

2.5 土工试验数据完整性验收与成果评定

数据验收要先看完整性,再看参数是否可采用。完整性包括样品编号、试验方法、仪器编号、操作者、环境条件、原始读数、计算过程和结论参数,缺少任一关键项都会削弱成果追溯能力。同层位样品、相邻钻孔和现场原位测试结果共同构成土层解释边界,指标组合的物理协调性决定参数能否进入成果表。含水率、密度、孔隙比和压缩性之间若出现相互矛盾,应先回查样品状态和计算过程,再决定补做、剔除或保留并说明适用边界。同一土层的指标组合应保持物理关系协调,含水率升高却伴随异常高干密度、塑性指数偏高却剪切强度异常偏大时,都要回到原始样品和计算表重新核对。

3 成果提交后岩土工程土工试验质量控制

3.1 勘察报告土性参数采用验收

勘察土性参数进入成果表之前,实验室成果先转化为工程分层参数,全部试验值不能简单搬入同一取值栏。验收人员要

核对试验样品是否覆盖主要持力层、软弱夹层和设计敏感层位,压缩模量、抗剪强度和液塑限指标是否与土层描述相互印证。对离散度较大的土层,可采用代表值、范围值或分区参数,但选择理由要落到土层成因、埋深变化和样品扰动程度。参数采用验收的结果,是让报告中的每一个设计指标都有对应的试验项目和剔除逻辑。当设计敏感层位只有少量室内试验数据时,验收意见应要求结合原位测试和现场鉴别收窄参数区间,不能把离散样本的极端值作为统一设计取值。参数验收记录标出采用值、未采用值和观察值的区别,使设计计算和土层判断边界保持清楚。

3.2 异常土性参数补充试验处理

异常参数处理要区分真实地层变化、样品扰动、试验操作偏差和录入计算错误。若同一层位某一指标明显偏离相邻样品,而原始记录中存在封样破损、含水状态异常或加载曲线突跳,应优先安排同层位剩余样或补充样复测;若异常值与现场鉴别、原位测试和邻近孔资料共同指向局部夹层,则应保留并在勘察勘察成果中标明空间范围。

3.3 土工试验原始资料整理与归档

土工试验资料归档应保留原始记录、计算表、仪器校准状态、样品流转记录、异常处理说明和参数选用清单。电子文件

命名要能对应工程名称、钻孔号、样品编号和试验项目,纸质记录中的签名、日期和修改痕迹不得在扫描后丢失。归档不是单纯保存文件,而是为后续设计变更、施工争议和质量追溯提供可核查的参数链条。对地基处理、基坑支护和桩基设计中被重点采用的土性指标,归档目录还应标明其进入报告的位置,使后续复查能够从报告参数回到原始试验记录。归档清单还应区分有效成果、补充试验成果和剔除记录,剔除理由应对应样品状态、试验故障或计算错误,不能只写“异常”两个字。电子归档后抽查关键样品,确认参数、记录和仪器状态能够互相对应。

4 结语

岩土工程勘察中的土工试验质量控制,从试样代表性、取送样条件、仪器状态、人员能力、加载读数和参数选用六个层面同步落地。准备阶段的控制重点在于让钻孔位置、取样层位、样品封存和试验项目保持一致;实施阶段的控制重点在于让含水率、密度、颗粒级配、界限含水率、固结和剪切试验按统一条件形成可复查记录;提交后的控制重点在于让异常参数进入补充试验或剔除说明,而不是直接进入勘察成果。原始记录、计算过程、参数选用和资料归档共同纳入质量链条后,土工试验成果才能稳定服务地基评价、基础选型和施工风险控制。

参考文献:

- [1] 张炜.岩土工程勘察中土工试验质量控制及应用研究[J].中国住宅设施,2026,(01):142-144.
- [2] 李宏伟.针对岩土工程勘察的室内土工试验质量控制分析[J].工程技术研究,2025,10(18):115-117.
- [3] 王志强.岩土工程勘察土工试验质量控制策略[J].建筑技术开发,2025,52(12):96-98.