

高等院校地学研究生教学用书

土工试验状态控制方法论

*Methodology of Soil
Test State Control*

● 项伟 聂良佐 编著

地质出版社

土工试验状态 控制方法论

项 伟 聂良佐 编著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

前 言

《土工试验状态控制方法论》(Methodology of Soil Test State Control) 的写作,只是作者的一个初步的理论性与实践性探索,此前对这一问题,还没有人专门系统而明确地提出过或做过,现在作者将它成书并正式出版,主要是因为存在一个背景问题的困扰所致。众所周知,目前我国高等学校有相当一部分大学生的专业理论知识学习与实际能力的培养,一直都存在着某种程度的不协调、不适应情况,这些情况不能很好地解决。产生这一问题的原因,固然是多方面的,但是其本质性的突出问题,则集中体现在科学试验创新能力训练和培养上的相对薄弱。学生在专业知识学习与实际能力应用转化上,呈现一种趋势性的“瓶颈”现象。这种现象,使得一些大学生对他们从事的科学试验局限在一定的时空范围内,缺乏专业理论与技能方法上的系统化、条理化认知。坦率地说,他们中的一些人,还不具备或不完全具备成为高级技术人员应具有的研究思辨力和学术批判精神。写作并出版本书,就是为了要找到并解决这一问题的方法或途径。

本书的立意,不在于简单说明土工试验应该怎样去做,因为这已有各种土工试验技术规程可以依据;而在于在一定时空范围内阐明或强调为什么要这样做,以及如何应用专业理论的基本思想、方法或手段,同时结合现代科学技术成果的积极转化,依据岩土工程实践中出现的各种不同岩土问题,来创造性地开展科学试验研究工作。这是一个从认知、了解、创新和发展的感性思维向理性思维递进上升的过程。这个过程表明,只有认知,才能了解;只有了解,才能创新;只有创新,才能发展;而发展,正是高等学校培养高级技术人员知识与能力的最终目标。

本书涉及的全部内容,由绪论、上篇、中篇和下篇四个基本部分组成。其中绪论部分,为全书的总纲,概述全书要阐明的土工试验状态控制所涉及的方法论问题。上篇部分,讨论土的本构关系及其要素组合问题,包括:1 土的组成,2 土的物理和水理性质,3 土的力学性质,4 土的工程地质分类及各类土的工程地质特性。本篇内容侧重于对土质土力学理论的宏观与细、微观理论问题的论述。中篇部分,解释土的本构关系与试验行为控制基本问题,包括:5 土样采集和试样制备,6 土的本构关系与试验类型,7 非饱和土理论与试验技术,8 工程地质数值模拟模型技术。本篇内容侧重于土的不同性质与其试验

类型方法介绍。下篇部分，提出土工试验仪器与土工试验相互作用的问题，包括：9 土工试验仪器与边界条件控制，10 自主创新土工试验仪器与试样制备机具。本篇内容，一方面着力反映代表现代国外岩土工程领域具有优良控制状态的测试技术与方法；另一方面，在一定程度上反映本书的作者自主创新土工试验仪器与试样制备机具的代表性研究成果。

开启人类岩土工程理论及其土工试验技术方法之形成、沿革、传承的厚重大门，目前依然存在着发展过程中，科学理论与实践相互作用上的发散性和收敛性、科学理性思维的种种困扰问题。本书提供这样一把欲开启土工试验状态控制方法论的钥匙，在一定理论与实践的意义上，或许可起到抛砖引玉的作用；而系统化、条理化地全面解决好所有岩土工程实践活动所面临的各种土工试验问题，其工程量之复杂、之大，期望少数个体就可达成此目的，是不可能的。因此，寄厚望于业界专家、学者和有为青年学子后续的深入实践与研究。

限于作者水平，书中不足与错误之处在所难免，恳请读者指正，以便再版时进一步完善。

作 者

2010.2

目 录

前 言

0 绪论	(1)
0.1 引言	(1)
0.1.1 土工试验的研究对象、任务和作用	(4)
0.1.2 测定土工试验参数的基本条件	(4)
0.1.3 土工试验的研究内容与应用意义	(6)
0.1.4 土的划分依据及其特征	(9)
0.1.5 土工试验状态控制技术方法与手段	(10)
0.2 状态控制方法论下的土工试验平台	(12)
0.2.1 不同类型土的结构状态	(12)
0.2.2 试样获取与试验类型	(13)
0.2.3 试验行为的控制性与试验结果的特殊性	(14)

上篇 土的本构关系及其要素组合

1 土的组成	(19)
1.1 概述	(19)
1.2 土中固体颗粒	(21)
1.2.1 土的粒度成分	(21)
1.2.2 土的矿物成分	(25)
1.3 土中水和土中气	(27)
1.3.1 土中水	(27)
1.3.2 土中气	(30)
1.3.3 土的化学成分	(30)
1.4 黏土颗粒与水的相互作用	(32)
1.4.1 黏土矿物的结晶结构和亲水性	(32)
1.4.2 黏土颗粒与水的相互作用	(35)
1.5 土的结构和构造	(38)
1.5.1 土的结构	(38)

1.5.2 土的构造	(40)
2 土的物理和水理性质	(41)
2.1 概述	(41)
2.2 土的三相比例指标	(42)
2.2.1 土的三相比例关系图	(42)
2.2.2 指标的定义	(43)
2.2.3 指标的换算	(45)
2.3 黏性土的物理与水理特征	(47)
2.3.1 黏性土的可塑性及界限含水量	(47)
2.3.2 黏性土的水理状态指标	(49)
2.3.3 黏性土的活动度、灵敏度和触变性	(50)
2.4 无黏性土的密实度	(52)
2.4.1 砂土的相对密实度	(52)
2.4.2 无黏性土密实度划分的其他方法	(53)
2.5 粉土的密实度和湿度	(55)
2.5.1 粉土的概念	(55)
2.5.2 粉土的密实度和湿度	(58)
2.6 特殊土的胀缩性、湿陷性和冻胀性	(58)
2.6.1 土的胀缩性	(58)
2.6.2 土的湿陷性	(59)
2.6.3 土的冻胀性	(60)
2.7 土的毛细性和透水性	(61)
2.7.1 土的毛细性	(61)
2.7.2 土的透水性	(64)
3 土的力学性质	(67)
3.1 土的压缩性	(67)
3.1.1 土压缩变形的特点及实质	(67)
3.1.2 土的压缩试验和压缩性指标	(68)
3.1.3 载荷试验和变形模量	(72)
3.1.4 土的变形模量和弹性模量的关系	(74)
3.1.5 土的受力历史和前期固结压力	(76)
3.1.6 土的压缩过程	(79)
3.1.7 影响土压缩性的主要因素	(80)

3.2 土的抗剪性	(87)
3.2.1 土的抗剪强度及剪切破坏的本质	(87)
3.2.2 土的剪切试验	(88)
3.2.3 抗剪强度指标的确定	(92)
3.2.4 土的蠕变特性和长期强度	(94)
3.2.5 影响土抗剪强度的主要因素	(95)
3.3 土的击实性	(102)
3.3.1 研究土的击实性的意义	(102)
3.3.2 土的击实性及其本质	(103)
3.3.3 影响土的击实性的主要因素	(105)
4 土的工程地质分类及各类土的工程地质特性	(107)
4.1 土的工程地质分类	(107)
4.1.1 土的工程地质分类的基本类型	(107)
4.1.2 土的工程地质分类的一般原则和形式	(107)
4.1.3 我国主要的土质分类	(108)
4.2 土的工程地质分类及一般土的工程地质特性	(114)
4.2.1 砾类土	(115)
4.2.2 砂类土	(118)
4.2.3 细粒土(黏性土)	(118)
4.3 特殊土的工程地质特性	(119)
4.3.1 淤泥类土	(119)
4.3.2 膨胀土	(123)
4.3.3 红土	(127)
4.3.4 黄土类土	(131)
4.3.5 盐渍土	(137)
4.3.6 人工填土	(142)
4.3.7 冻土	(143)

中篇 土的本构关系与试验行为控制

5 土样采集和试样制备	(151)
5.1 土样的采集、运输和保管	(151)
5.1.1 土样的要求	(151)
5.1.2 土样包装和运输	(152)

5.1.3 土样的接受与管理	(152)
5.2 土样和试样制备	(153)
5.2.1 细粒土扰动土样的制备程序	(153)
5.2.2 扰动土样制备的计算	(154)
5.2.3 粗粒土扰动土样的制备程序	(154)
5.2.4 扰动土样试件的制备程序	(155)
5.2.5 原状土试件制备程序	(155)
5.2.6 试件饱和	(156)
5.2.7 毛细管饱和法	(156)
5.2.8 真空饱和法	(157)
5.2.9 化学试验的土样制备	(158)
5.2.10 结果整理	(158)
6 土的本构关系与试验类型	(159)
6.1 物理性质与试验类型	(159)
6.1.1 土的含水率试验	(159)
6.1.2 土的密度试验	(163)
6.1.3 土的比重试验	(166)
6.1.4 颗粒分析试验	(168)
6.1.5 相对密度试验	(174)
6.1.6 土的标准吸湿含水率试验	(177)
6.2 水理性质与试验类型	(177)
6.2.1 界限含水率试验	(177)
6.2.2 土的收缩试验	(183)
6.2.3 土的天然稠度试验	(184)
6.2.4 土的湿化试验	(184)
6.2.5 土中毛细管水上升高度试验	(184)
6.2.6 渗透试验	(190)
6.2.7 黄土湿陷试验	(197)
6.2.8 土的膨胀性试验	(206)
6.3 力学性质与试验类型	(219)
6.3.1 土的击实试验	(219)
6.3.2 土的承载比 (CBR) 试验	(223)
6.3.3 土的回弹模量试验	(224)

6.3.4	土体固结试验	(225)
6.3.5	土的直接剪切试验	(231)
6.3.6	土的三轴压缩试验	(238)
6.3.7	土的无侧限抗压强度试验	(247)
6.3.8	粗粒土和巨粒土的最大干密度试验	(250)
6.3.9	粗粒土的直接剪切试验	(256)
6.3.10	粗粒土的三轴压缩试验	(264)
6.3.11	室内土动力学试验	(266)
6.4	化学成分与试验类型	(267)
6.4.1	酸碱度试验	(267)
6.4.2	烧失量试验	(268)
6.4.3	有机质含量试验	(268)
6.4.4	易溶盐试验待测液的制备、易溶盐总量及其化学成分的测定	(269)
6.4.5	中溶盐石膏测定——盐酸浸提硫酸钡质量法	(270)
6.4.6	难溶盐碳酸钙测定——气量法	(271)
6.4.7	阳离子交换量试验	(271)
6.5	矿物成分与试验类型	(271)
6.5.1	土中矿物成分的分类	(272)
6.5.2	粒组与矿物成分的关系	(273)
6.5.3	黏土矿物对土工程性质的影响	(274)
6.5.4	水溶盐对土工程地质性质的影响	(277)
6.5.5	矿物成分的测定	(278)
6.6	冻土性质与试验类型	(279)
6.6.1	冻土分类	(280)
6.6.2	影响冻土力学性能的因素	(281)
6.6.3	永冻土层的温度变化	(282)
6.6.4	冻土密度浮称法试验	(283)
6.6.5	冻土密度浮力法试验	(283)
6.6.6	冻土密度联合测定法试验	(283)
6.6.7	冻土密度环刀法试验	(284)
6.6.8	冻土密度充砂法试验	(284)
6.6.9	冻结温度试验	(284)
6.6.10	冻土导热系数试验	(285)

6.6.11	未冻含水率试验	(286)
6.6.12	冻胀率试验	(286)
6.6.13	冻土融化压缩试验	(287)
6.6.14	冻土抗剪强度试验	(289)
7	非饱和土理论与试验技术	(290)
7.1	吸力与水分测试技术	(290)
7.1.1	土中吸力的组成	(291)
7.1.2	总吸力的量测	(292)
7.1.3	基质吸力的量测	(296)
7.1.4	水分量测技术	(303)
7.2	非饱和土抗剪强度参数测定	(306)
7.2.1	轴平移技术	(306)
7.2.2	孔隙水压力的控制和量测	(307)
7.2.3	孔隙气压力的控制和量测	(308)
7.2.4	水体积变化量测	(309)
7.2.5	空气体积变化量测	(312)
7.2.6	总体积变化量测	(312)
7.2.7	试样制备	(312)
7.2.8	三轴试验	(313)
7.2.9	直剪试验	(317)
7.3	液态水和气态水的耦合迁移	(319)
7.3.1	水渗透系数量测	(319)
7.3.2	透气性系数的测定	(329)
7.3.3	扩散量测	(331)
8	工程地质数值模拟模型技术	(340)
8.1	概述	(340)
8.2	模型的相似原理	(341)
8.2.1	线弹性模型的相似关系	(341)
8.2.2	破坏模型的相似关系	(344)
8.3	模型材料	(345)
8.3.1	对模型材料的要求	(345)
8.3.2	原型中不连续面及夹层的模拟	(346)
8.3.3	荷载的模拟	(347)

8.3.4 几种脆性材料模型	(347)
8.4 模型的制作与试验	(350)
8.4.1 模型的制作	(350)
8.4.2 模型加载与测施准备	(350)
8.4.3 测试技术	(351)
8.5 模型试验举例	(353)
8.5.1 钢筋混凝土梁受弯	(353)
8.5.2 墙体模型试验	(353)
8.5.3 地下洞室模型试验	(353)
8.5.4 地力学模型	(353)
8.5.5 拱坝模型试验	(354)
8.5.6 节理裂隙岩体性态研究模型	(354)
8.6 模型试验研究的几个问题	(355)
8.6.1 模型试验的误差问题	(355)
8.6.2 试验应力分析	(356)
8.6.3 离心模型试验	(358)
8.6.4 数值模拟	(358)

下篇 土工试验仪器与土工问题

9 土工试验仪器与边界条件控制	(363)
9.1 英国 UBPS 非饱和土直剪仪	(363)
9.2 德国 ARS-E2 型环剪仪	(363)
9.3 美国应力路径三轴仪	(364)
9.4 美国三轴加载固结仪	(364)
9.5 美国非黏质土相对密度仪	(365)
9.6 英国 LDCTTS 大型试样循环三轴试验系统	(365)
9.7 英国岩土离心机	(366)
9.8 美国直剪残余剪切试验系统	(366)
9.9 美国空心扭剪三轴仪 (空心圆柱、动态扭剪、准真三轴)	(367)
9.10 美国非饱和土双压力室三轴试验系统	(367)
9.11 美国多功能土工试验系统	(368)
9.12 英国 RCA 共振柱	(369)
9.13 美国全自动控制渗透仪	(370)

9.14	德国 300 mm 全自动粗粒土大三轴仪	(372)
9.15	土-水特征曲线试验设备	(373)
9.16	英国 2/5/10Hz 动三轴试验系统	(374)
9.17	美国旋转压实仪	(376)
9.18	德国非饱和土动静三轴仪	(378)
9.19	美国环境岩土柔性壁三轴渗透仪	(379)
9.20	日本电动(手动)碟式液限仪	(380)
10	自主创新土工试验仪器与试样制备机具	(382)
10.1	三通虹吸比重瓶法测定黏性土的粒度成分	(382)
10.2	DDS-1 型数控碟式液限仪	(387)
10.3	土壤崩解仪	(389)
10.4	电动平板位移搓条仪	(390)
10.5	平推式双向制样仪	(392)
10.6	便携式手动制样仪	(394)
	参考文献	(395)
	附录	(398)
	附录 A 试验成果的分析整理方法	(398)
	附录 B 土的常用物理性质指标换算公式表	(401)
	附录 C 常用符号和单位	(402)
	附录 D 室内土工试验与制备工艺流程	(407)
	专业术语解释	(409)
	后记	(418)

0 绪 论

0.1 引言

《土工试验状态控制方法论》(Methodology of Soil Test State Control)旨在遵循经典方法论的广义思想,在论述关于地质体各种土的一般自然属性和特殊属性基础上,依照现代土质土力学理论,揭示土与土体本身固有存在着的本构关系所体现出来的本质规律;阐明土工试验行为实施过程中不可避免地将要产生的状态控制诸要素条件,据此寻求土工试验全过程控制的方法论依据。

早在1637年发表的著名哲学论著《方法论》(Discours de la méthode)的作者是笛卡儿。笛卡儿的方法论对当时西方人的思维方式、思想观念和科学研究方法,都产生了极为深刻的影响。有人曾说,欧洲人在某种意义上都是笛卡儿主义者,指的就是受笛卡儿方法论影响而言。18世纪末19世纪初以来欧洲工业化革命出现的工厂机器生产流水线,使得不同科学领域内开始发生了一些具有划时代象征意义的技术性大变革。最显著的标志,是瓦特蒸汽机的发明。19世纪初以前传统、低效而落后的手工业操作方式,日益被现代大规模的生产机器伴随的半自动化、自动化生产方式所替代,由此带来的是社会生产力水平快速提高,显示出科学技术强大的推动力。笛卡儿方法论原有的内容与形式,随着科学技术的不断发展,也产生了更为深刻的演变与发展。方法论首先体现在哲学方法论与一般科学方法论上,后来在各门类科学领域,逐渐催生出一系列具体科学的方法论。这些具体科学方法论,为不同科学领域的研究性工作带来了从未有过的思维方式革命。由于各种新技术手段的不断问世,控制论、系统论也应运而生。自此,方法论、控制论和系统论作为著名的“三论”,成为自然科学和社会科学两大范畴研究领域里的强大思想武器。

20世纪50年代初,我国杰出的科学家钱学森,出版了他的著名论著《工程控制论》。他的工程控制论思想及其科学实践活动,为推进国际航天、航空技术的进步与发展,作出了具有重大现实性意义地突出贡献,同时对于其他学科领域的科学实践活动,也产生了深远的历史性影响。

纵观方法论的演变史,我们可以清楚地看到,认识世界、改造世界、探索实现主观世界与客观世界相一致的最一般的方法理论是哲学方法论;研究各门

具体学科,具有一定普遍意义,适用于许多有关领域的方法理论是一般科学方法论;研究某一具体学科,涉及某一具体领域的方法论是具体科学方法论。三者之间的关系,互相依存、互相影响、互相补充,是对立统一的关系。在三者之间,哲学方法论在一定意义上具有决定性作用,是各门类科学方法论的概括和总结,是最一般的方法论,对一般科学方法论、具体科学方法论具有普遍性指导意义。因此,作为自然科学研究范畴的地质类土工实验科学也概莫能外。

构成《土工试验状态控制方法论》指导思想的理论源泉正来源于此。本书要论述的,不在于仅说明土工试验应该怎样做的问题,而是要阐明并强调解决为什么要这样做的问题。因此,本书要实现的最终目标,在于正确地解释土工试验状态控制行为过程中所面临的方法论问题。

土工试验状态控制行为过程中面临的方法论问题,主要表现在三个方面,即土工试样状态控制方法论问题;土工试验中试样制备机具选择控制方法论问题和土工试验仪器及试验边界条件控制方法论问题。

作者着力推出具有代表性的国外优良技术性能土工试验仪器与设备、工程地质模拟模型数值技术方法和自主研制土工试验仪器与试样制备机具(后者已申请国家专利)的系列介绍,乃是作为本书新考量视角的观察点或创新点。

本书的总体框架,由上篇——土的本构关系及其要素组合,中篇——土的本构关系与试验行为控制,下篇——土工试验仪器与土工问题三部分内容构成。

其中,上篇包括:1 土的组成(土的本构关系之要素——包括土中固体颗粒,土中水和土中气,黏土颗粒与水的相互作用和土的结构和构造);2 土的物理和水理性质(土的本构关系之要素——包括土的三相比例指标,黏性土的物理与水理特征,无黏性土的密实度,粉土的密实度和湿度,土的胀缩性、湿陷性和冻胀性,土的毛细性和透水性);3 土的力学性质(土的本构关系之要素——包括土的压缩性、土的抗剪性以及土的击实性);4 土的工程地质分类及各类土的工程地质特性(土的本构关系之要素——包括土的工程地质分类、土的分类及一般土的工程地质特性和特殊土的工程地质特性)。本篇内容,主要侧重于土质土力学理论在宏观与细、微观方面的陈述。

中篇包括:5 土样采集和试样制备(包括土样的采集、运输和保管与土样和试样制备);6 土的本构关系与试验类型(包括物理性质与试验类型、水理性质与试验类型、力学性质与试验类型、化学成分与试验类型、矿物成分与试验类型和冻土性质与试验类型);7 非饱和土理论与试验技术;8 工程地质数值模拟模型技术。本篇内容,主要侧重于土工试验具体试验类型与其相关理论的分析。

下篇包括:9 土工试验仪器与边界条件控制;10 自主创新土工试验仪器

与试样制备机具。本篇内容,主要侧重于针对一些具有代表性的复杂土工问题,介绍一些具有代表性的国外优良技术性能土工仪器和自主创新土工制备机具与试验仪器,强调对传统土工试验方法手段的技术性能改进与创新。

围绕上述三篇提出的各项内容与基本问题,作为本书阐述时要展开的切入点,具体体现在如下十个方面:

首先,通过从论述主要影响土工试验行为过程的土体宏观构造与土的细、微观结构特征分析入手,对土的物质组成、土体的宏观构造和土的细、微观结构,不同类型土的土—水介质、土—水—气介质和土—气介质相互不同作用,以及黏土颗粒与水作用双电层理论,来深刻把握不同类型土的构造、结构特征和不同物质成分的各种因素影响。

其次,通过对不同类型土中水与气体类型划分的认知,来深刻把握不同类型土因其试验内容与性状之间必然存在的相互关系及其作用机理,以便有选择地采取适宜一定范围的土工试验技术、方法与手段,作为深入开展土工试验研究性课题的理论依据。

第三,通过对土中存在的不同矿物、化学成分作用及其影响因素分析,对不同结构状态下土工试验开展时的注意事项予以说明,来深刻把握一定矿物、化学成分影响因素作用下,作为土的物理、水理和力学试验行为运动方式等的控制依据。

第四,通过对各种不同类型特殊土的工程地质性质表征,进行土的类别、土的分类和土的工程地质分类,特别是对于具有土工试验划分实际意义的原状土、扰动土与重塑土的概念界定,有目的地进行各种不同类型特殊土的物理、水理、力学性质与矿物、化学成分测定,以便有效控制特殊土的试验行为。

第五,通过对饱和土与非饱和土两类不同土体的区分,深刻把握其内在特征,以控制二相体系和三相体系不同结构状态条件下,选择适宜的土工试验仪器及试验技术、方法与手段,作为测定各自试验边界条件下物理、水理、力学参数时的控制依据。

第六,通过土的不同试样状态条件控制水平的认知,有目的地选择一定试验样品制备器具的种类,以深刻把握一定试验边界条件控制作用下的土工试样制备行为实施过程,作为确保获得土工试验参数可靠性的必要前提条件。

第七,通过对现代土质土力学理论关于现时非饱和土试验技术方法介绍,来深入探讨非饱和土试验技术行为特点及其目前还存在的一些问题,强化国外非饱和土试验技术手段的土工试验仪器的大力引进和消化吸收,推进我国业内非饱和土试验仪器的研制进程。

第八,通过对工程地质数值模拟模型技术方法介绍,为解决现时土工试验技术方法上还无法解决的一些复杂性土工问题,寻求新的试验工作实践平台。

第九,通过对国外一些具有一定代表性的先进技术性能土工试验仪器介绍,推进我国岩土工程地质学科理论与其土工试验技术的相互融和。

第十,通过对自主研发的土工试验仪器与试样制备机具介绍,力促我国土工试验仪器和机具与国外先进发达国家土工试验技术的良性接轨,提高我国土工试验系统内测试技术的标准化、普及化和智能化水平。

0.1.1 土工试验的研究对象、任务和作用

土工试验的研究对象是自然界存在着的各种不同类型的土与土体。土工试验的任务,在于借助现代地质科学技术条件作用下的土工试验仪器及其设备,揭示土与土体外在的各种不同现象与其内在本质规律之间,可能存在的各种不同影响及其相互关系。土工试验的作用,在于应用土工试验基本原理,控制土工试验一定范围下的试验行为条件,以采取相宜的室内外土工试验技术、方法和手段,针对一定的土工试样,进行定性或定量的分析,以获得第一手试验数据为基本目的,为阐明工程地质条件,解决工程地质问题,实施一定建筑物的关于工程设计和施工方案,并为建筑物后期的安全运营与管理,提供客观事实依据而服务。

0.1.2 测定土工试验参数的基本条件

土工试验目的是获得不同类型与性质土的各种试验指标,借以了解土的物理性质、水理性质与力学性质,或土的矿物、化学成分,以及土与土体的结构与构造特征。

土工试验的基本内容,通常应满足下述三个基本条件,即试验样品的质与量的代表性;试验样品制备状态所能采取的控制技术手段;试验样品的仪器与设备及其试验边界条件控制方法选择。

在土工试验技术行为过程中,人们最终要解决的问题,应是最大程度地利用现代地质科学方法,采取正确的土工试验技术、方法与手段,获得反映土的基本性质与性状的客观、真实的土工试验参数。由于在上述三个基本条件中,土工试验状态控制这一问题总在其中起着制约试验技术行为过程的关键作用。因此,采用土工试验状态控制技术手段如何,对能否真实地反映土的客观试验结果,其作用与影响关系甚大。客观合理的试验状态控制手段,会使试验行为过程及其结果,朝着有利于试验科学事实的真理性方向发展;反之,则会朝着违背一定地质体客观事实的方向发展,从而产生试验结果的不确定性、随机性问题。所以,有必要对土和土体的本原,在实施一定的土工试验行为过程之前,作深入的工程地质条件与问题方面的分析和把握,充分认识一定土与土体的客观现象,并由此通过对这些现象的综合理论分析,应用一定的土工试验方

法或手段,来揭示土或土体内部可能存在的各种影响与作用的本质关系,对其物理、水理、力学指标,矿物、化学成分等结果,作出土的本构关系上的合理判断及其科学解释。

对土工试验样品进行制备技术与手段控制,对使用试验仪器与方法边界条件加以界定,毫无疑问,应该成为开展土工试验时必须十分注重的的问题。这是因为它不仅仅是充分条件,同时也是必要条件。

之所以是充分条件,是因为土工试样状态控制及其作用,它与赋存于地质母体的土体呈现的各种客观现象,以及这些现象中内含的本质规律,产生必然或偶然的诸多方面的影响与作用。例如,土中物质成分之颗粒大小、形状,往往对土的类型、土中水与气的类型和土的矿物、化学成分有着某种必然联系,同时又与其土工试验参数的一定范围值相关。再如,原状土和重塑土由于两种土体在结构和构造上的不同,使得同一性质的土,在土体内部的微观结构上会存在着实施某种物理的或力学行为运动方式时的不同,具体反映在其强度的大小、渗透变形与压缩速率的快慢,特别是因土的本构关系要素组合特征条件在试验边界条件发生改变后的影响,必然要表现在其受力运动及其行为方式的空间维度和作用力上(各向异性或各向同性)的不同。

之所以是必要条件,是因为土工试验获取试验数据时,由于采用的土工试验技术、方法的不同,且受其试验平台的环境、温度或压力等因素影响,使其自然土或特殊土的客观现象与其内在本质规律之间,存在着某种现时土工理论还不能很好处理的问题。产生这一问题的主要原因,本质上还是由于人们对于一定复杂地质体的认识视野,现时仍然受着某种客观真理的主观认知与自然客观事实上的某种理论假设性条件的局限性影响,即受土的三相性复杂条件作用下试验边界条件的理论假设因素的约束。这种影响反映了土的物理、水理和力学性质,在作用于不同试验边界条件下的实验仪器上时,其得到的试验结果,事实上存在着与现时土工试验技术条件还不能很好克服的某些问题。例如,目前被广泛应用于教学、生产与科研的应变控制式直接剪切仪,其试验时的剪切破坏面,始终是沿着上下剪切盒滑动受力时移动的固定水平方向滑动。实际上,土体的剪切破坏是沿着土体的最软弱的地方产生的。并且,它不能严格控制排水。即使是现时广泛采用的静态应变控制式三轴剪切仪,尽管它可以克服应变控制式直接剪切仪的上述不利影响,可以控制其剪切面,可以控制其排水,求得一定围压下的孔隙水压力,但它的剪切受力状态,仍然不是严格理论意义上空间三维应力方向控制条件,而是二维的,即 $\sigma_2 = \sigma_3$,而且它不能测定孔隙气压力。又如,现时许多试验机构大量开展的土的渗透固结试验,大多数是基于太沙基一维渗透固结假设条件理论进行的,即该试验是在有侧限、上下排水条件下仅按垂直方向的变形求参。这与实际土体的渗透固结变形状态显然