

前言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局《关于印发〈2020年第二批山东省工程建设标准制订、修订计划〉的通知》（鲁建标字〔2020〕18号）的要求，标准编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容包括：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.无侧限抗压强度试验；5.压缩试验；6.室内渗透试验；7.原位渗透试验。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东省建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见和建议，请反馈至山东省建筑科学研究院有限公司（地址：济南市无影山路29号；邮政编码：250031，电话：0531-85595271，邮箱：sdjkyts@126.com）。

主 编 单 位：山东省建筑科学研究院有限公司
滨州市诚信建设工程检测有限公司
参 编 单 位：滨州市建设工程质量安全服务中心
滨州市建筑设计研究院有限公司
中建八局第四建设有限公司
德州市建设工程质量检测站
聊城市建设工程质量技术协会
山东高速工程检测有限公司
济南圆点工程测绘技术有限公司
乐陵市建筑安全培训指导中心

主要起草人员：李建业 程海涛 卜发东 张秀英 丁霞
张化峰 房启林 王兴锋 刘彬 姜松茂
朱锋 徐刚 张坤 米春荣 梁朝忠

张 猛 杜相波 惠晓宁 李建明 常国瑞
石立海 张立伟 李 宁 齐建忠 林 丽
陈彬彬 穆炳生 韩金涛 蔡俊峰 岳 扬
张 珊 吕 哲 梁红军 徐世海 李俊儒
蒋诗艺 王志开 张玉松 马 越 孙永梅
孙凯旋 任秀丽 高大潮 吕正阳 王广超
李 泉 陈国凯 岳成山 武如晓

主要审查人员：刘俊岩 马连仲 蒋世林 董先锐 郜宪存
孙 杰 谢孔金 张长安 方 勇

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	基本规定	5
4	无侧限抗压强度试验	7
4.1	一般规定	7
4.2	仪器设备	8
4.3	取样与试件制作	9
4.4	检测与数据分析	10
5	压缩试验	12
5.1	一般规定	12
5.2	仪器设备	12
5.3	取样与试件制作	12
5.4	检测与数据分析	13
6	室内渗透试验	16
6.1	一般规定	16
6.2	仪器设备	16
6.3	取样与试件制作	17
6.4	检测与数据分析	18
7	原位渗透试验	20
7.1	一般规定	20
7.2	仪器设备	20
7.3	设备安装及准备	21
7.4	检测与数据分析	21
	附录 A 芯样试件加工和测量	25
	本标准用词说明	27
	引用标准名录	28
	附：条文说明	29

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols.....	2
3	Basic Requirements.....	5
4	Test of Unconfined Compressive Strength	7
4.1	General Requirements	7
4.2	Instrument Equipment	8
4.3	Preparation of Specimen	9
4.4	Test and Data Interpretation.....	10
5	Compression Test.....	12
5.1	General Requirements	12
5.2	Instrument Equipment	12
5.3	Preparation of Specimen	12
5.4	Test and Data Interpretation.....	13
6	Laboratory Permeability Test.....	16
6.1	General Requirements	16
6.2	Instrument Equipment	16
6.3	Preparation of Specimen	17
6.4	Test and Data Interpretation.....	18
7	In-situ Permeation Test	20
7.1	General Requirements	20
7.2	Instrument Equipment	20
7.3	Equipment Installation and Preparation	21
7.4	Test and Data Interpretation.....	21
	Appendix A Processing and Measurement of Core Specimens	25
	Explanation of Wording in This Standard	27
	List of Quoted Standards.....	28
	Addition: Explanation of Provision.....	29

1 总 则

1.0.1 为统一水泥土检测方法，做到安全适用、技术先进、成果可靠、经济合理、保护环境，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于现场施工水泥土的强度、变形和抗渗性能检测。

1.0.3 水泥土检测除应符合本标准外，尚应符合国家和山东省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 水泥石 cement soil

水泥和土以及其他组分按适当比例混合、拌制固化而成的材料。

2.1.2 无侧限抗压强度 unconfined compressive strength

水泥石试件在无侧向约束条件下所能承受的最大轴向压力。

2.1.3 压缩模量 constrained modulus

水泥石在侧向约束条件下，竖向应力增量与竖向应变增量的比值。

2.1.4 渗透系数 coefficient of permeability

反映水泥石渗透能力的系数，相当于水力梯度等于 1.0 时水泥石中的渗流速度。

2.1.5 软取芯法 soft core drilling method

在尚未凝固的水泥石中取样、制作试块的方法。

2.1.6 钻芯法 core drilling method

用钻芯机钻取水泥石芯样制作试件的方法。

2.1.7 渗透试验 permeability test

测定水泥石渗透系数的试验，包括室内渗透试验、原位渗透试验。

2.1.8 注水试验 water injection test

向水泥石钻孔中注水以测定水泥石渗透系数的试验。

2.1.9 提水试验 water lifting test

从水泥石钻孔中用提水筒提水以测定水泥石渗透系数的试验。

2.2 符 号

A ——试件的横截面积；

- A_m —— 试件中部横截面面积；
 A_z —— 注水管内径截面积；
 e_i 、 e_{i-1} —— 各级压力下试件压缩稳定后的孔隙比；
 e_0 —— 试验前水泥土试件的孔隙比；
 E_{av} —— 水泥土平均弹性模量；
 E_s —— 某压力范围内的压缩模量；
 E_{50} —— 应力为水泥土单轴抗压强度 50% 时对应的水泥土割线弹性模量；
 F —— 形状系数；
 f_{cu} —— 试件无侧限抗压强度；
 G_s —— 水泥土相对密度；
 h —— 渗径；
 h_0 —— 试件初始高度；
 Δh_i —— 某级压力下试件高度变化；
 H_1 、 H_2 —— 在 t_1 、 t_2 时刻相应的试验水头；
 i —— 水力梯度；
 k —— 水泥土的渗透系数；
 k_{20} —— 水温 20℃ 时水泥土渗透系数；
 l —— 试验段长度；
 p —— 施加的渗透压力；
 P —— 试件无侧限抗压试验测得的破坏荷载；
 p_i 、 p_{i-1} —— 某级压力值；
 r —— 试验段钻孔半径；
 t —— 时间间隔；
 T —— 滞后时间；
 t_1 、 t_2 —— 注水试验某时刻的试验时间；
 Q —— 经时间间隔 t 渗出的水量；
 a_v —— 压缩系数；

- γ_w ——水的重度；
- ε_{1a} ——应力为 σ_a 时的轴向应变值；
- ε_{1b} ——应力为 σ_b 时的轴向应变值；
- ε_{150} ——应力为 σ_{50} 时的轴向应变值。
- ρ_w ——水的密度；
- ρ_0 ——水泥土的密度；
- σ_a ——应力与轴向应变关系曲线上直线段始点的应力值；
- σ_b ——应力与轴向应变关系曲线上直线段终点的应力值；
- σ_{50} ——相当于水泥土单轴抗压强度 50% 时的应力值；
- w_1 ——试验前水泥土的初始含水率。

3 基本规定

3.0.1 水泥土检测前应完成下列工作：

- 1 收集岩土工程勘察资料、水泥土设计与施工资料；
- 2 调查检测项目现场实施条件；
- 3 编制检测方案；
- 4 准备检测用仪器设备。

3.0.2 检测方案应包括下列主要内容：

- 1 工程概况；
- 2 检测依据、目的和范围；
- 3 检测内容、方法、数量及抽样方案；
- 4 开展检测项目要求的仪器设备和人员，检测进度计划；
- 5 检测点开挖、处理、场地平整、供水、供电等检测场所和环境条件需求；
- 6 质量、安全及环境保护措施。

3.0.3 水泥土检测采用的仪器设备应在检定或校准有效期内，并在检测前进行检查调试；当现场检测环境不符合仪器设备使用要求时，应采取有效措施确保仪器设备处于正常工作状态，确保检测活动的开展符合标准要求。

3.0.4 受检水泥土龄期应满足设计要求。

3.0.5 水泥土抽检点应包括施工质量异常、地基及环境条件复杂、施工工艺变化或设计指定的部位，并遵循均匀分布、随机选择的原则。

3.0.6 钻芯孔应用水泥浆回灌封孔，水泥浆应采用不低于原设计强度等

级的水泥制备。

3.0.7 当发现检测数据异常时，应查找原因，并重新检测或扩大检测范围。

3.0.8 检测报告应包括下列主要内容：

- 1 工程概况；
- 2 检测目的与依据；
- 3 检测范围与数量；
- 4 检测日期与人员；
- 5 检测方法与检测过程，包括检测点的编号、位置及标高、检测仪器设备；
- 6 检测数据分析；
- 7 检测结论；
- 8 相关图件或试验报告。

4 无侧限抗压强度试验

4.1 一般规定

4.1.1 无侧限抗压强度试验适用于测定水泥土立方体试件、水泥土圆柱体试件的无侧限抗压强度。

4.1.2 水泥土立方体试件宜采用软取芯法制作,水泥土圆柱体试件宜采用钻芯法制作。

4.1.3 软取芯法抽检数量应符合下列规定:

1 对地基处理水泥土桩及加固体、肥槽回填或洞室充填水泥土,每个施工台班取样不应少于1组,每组3个试件;

2 对水泥土截水帷幕,每台班应抽检1根桩或1延米墙身,每根桩或每延米墙身从不同深度部位取样不应少于2组,每组3个试件。

4.1.4 钻芯法抽检数量应符合下列规定:

1 对地基处理水泥土桩,抽检数量不应少于总桩数的0.5%,且不少于3根;当采用水泥土浅部钻芯法时,抽检数量不应少于总桩数的5%,且不少于6根;

2 对肥槽回填或洞室充填水泥土,每200m³抽检1处,且不少于5处;

3 对渠式切割水泥土截水帷幕,抽检数量宜为沿基坑周边每50延米抽检1处且不应少于3处;对其他水泥土截水帷幕,抽检数量不宜少于总桩数的1%且不应少于3根。

4.2 仪器设备

4.2.1 制作水泥土立方体试件的试模应符合下列规定：

- 1 试模材质宜为铸铁、铸钢或工程塑料；
- 2 试模尺寸应为 $70.7\text{mm}\times 70.7\text{mm}\times 70.7\text{mm}$ ；
- 3 试模内表面平整度应为每 70.7mm 不超过 0.05mm ，各相邻面的垂直度允许偏差应为 $\pm 0.5^\circ$ 。

4.2.2 制作水泥土立方体试件的配套设备应符合下列规定：

- 1 捣棒应采用直径为 10mm 且端部磨圆的钢制捣棒；
- 2 振动台应符合现行行业标准《混凝土试验用振动台》JG/T 245 的规定。

4.2.3 钻芯法采用的仪器设备应符合下列规定：

- 1 钻取芯样及芯样加固的主要设备应具有产品合格证；
- 2 钻芯机应操作灵活、固定和移动方便，并应配备水冷却系统；
- 3 钻头宜采用内径 $80\text{mm}\sim 100\text{mm}$ 的薄壁合金钢钻头或金刚石钻头，钻头胎体不应有肉眼可见的裂缝、缺边、少角、倾斜和喇叭口变形及其他明显缺陷；
- 4 芯样锯切机和磨平机应具有冷却系统和夹紧牢固装置，能满足芯样制备标准要求。

4.2.4 压力试验机除应符合现行国家标准《液压式万能试验机》GB/T 3159 和《试验机通用技术要求》GB/T 2611 的要求外，尚应符合下列规定：

- 1 试件破坏荷载应在压力试验机量程的 $20\%\sim 80\%$ 范围内；
- 2 示值相对误差应为 $\pm 0.5\%$ ；
- 3 应具有加荷速率控制装置，并能均匀、连续加荷。

4.3 取样与试件制作

(I) 软取芯法

4.3.1 软取芯法的取样位置应符合下列规定：

1 对地基处理水泥土桩及加固体、肥槽回填或洞室充填水泥土，取样位置应在设计顶面标高以下受力较大的位置或主要土层中相对软弱层对应的位置，单组试件应取自同一个位置；

2 对水泥土截水帷幕，取样位置应在地下水位以下渗透性较大或施工质量较差的部位。

4.3.2 试件成型时间不应超过 25min，并按下列步骤进行：

1 试模内表面应薄涂一层矿物油或其他不与水泥土发生反应的脱模剂；

2 水泥土应分两层装料、插捣，每层装料高度宜相等；

3 每层应按螺旋方向从边缘向中心均匀插捣 15 次，插捣底层水泥土时捣棒应达到试模底部，插捣上层时捣棒应贯穿该层后插入下一层 5mm~15mm，插捣时捣棒应保持竖直，并应用油灰刀或刮刀沿试模内壁插捣数次；

4 试模应附着或固定在振动台上振实，振实时间不应少于 2min，振实后水泥土应高出试模上沿口；

5 试模顶部多余的水泥土应刮除，抹平后应盖上塑料薄膜。

4.3.3 试件拆模与养护应符合下列规定：

1 试件应在标准养护或同条件养护环境条件下静置 48h 后拆模，组装式试模的拆模时间可为 24h；

2 拆模后应检查试件外观，不得有肉眼可见的裂纹、缺棱掉角、

倾斜及变形；

- 3 养护前应对试件进行称重、测量尺寸；
- 4 试件应按设计要求进行标准养护 28d 或同条件养护 $600^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ 。

(II) 钻 芯 法

4.3.4 钻芯法的取样位置应符合本标准第 4.3.2 条和现行行业标准《建筑地基检测技术规范》JGJ 340 的规定。

4.3.5 钻取芯样应符合下列规定：

- 1 钻芯机就位并安放平稳后，应将钻芯机进行固定；
- 2 钻进过程中，钻孔内循环水流应根据钻芯情况进行调整；
- 3 钻进速度宜为 $50\text{mm}/\text{min} \sim 100\text{mm}/\text{min}$ ；
- 4 芯样应进行标记，当所取芯样高度和质量不满足要求时，应重新钻取芯样；
- 5 芯样运送和保存过程中应采取避免压、震、晒、冻及失水或吸水等措施。

4.3.6 试件高径比宜为 1:1，直径不应小于 70mm，并按本标准附录 A 的有关规定进行加工和测量。

4.4 检测与数据分析

4.4.1 试件无侧限抗压强度试验应按下列步骤进行：

- 1 试验前应测量试件尺寸；
- 2 试件放置压力试验机前，应将试件表面与上、下承压板面擦拭干净；
- 3 试件应安放在压力试验机下承压板或垫板中心，对立方体试件应以试件成型时的侧面为承压面；

4 启动试验机，试件表面与上、下承压板或垫板应均匀接触；

5 试验过程中应连续均匀加荷，加荷速率应取 30N/s~150N/s，水泥土强度高时取大值，反之取小值。

4.4.2 试件无侧限抗压强度应按下式计算：

$$f_{cu} = \frac{P}{A} \quad (4.4.2)$$

式中： f_{cu} —— 试件无侧限抗压强度（MPa），精确至 0.01MPa；

P —— 试件无侧限抗压试验测得的破坏荷载（N）；

A —— 试件的横截面面积（mm²）。

4.4.3 单组水泥土芯样试件无侧限抗压强度检测值应按本组 3 块试件强度值的平均值确定。

5 压缩试验

5.1 一般规定

- 5.1.1 压缩试验适用于测定水泥土的变形参数。
- 5.1.2 用于压缩试验的水泥土试件可采用软取芯法或钻芯法制作。
- 5.1.3 抽检数量应满足设计要求，每组应为 3 个试件。

5.2 仪器设备

- 5.2.1 软取芯法或钻芯法采取试件的仪器设备应符合本标准第 4.2.1~4.2.3 条的规定。
- 5.2.2 水泥土压缩试验的仪器设备应符合下列规定：
 - 1 固结容器应由环刀、护环、透水板、加压上盖和量表架组成，且环刀内径应为 61.8mm，高度应为 20mm，环刀内径相对误差为±0.8%，高度相对误差应小于+2.5%；
 - 2 加压设备可采用量程为 5kN~10kN 的杠杆式、磅秤式或其他加压设备，其最大允许误差应符合现行国家标准《岩土工程仪器基本参数及通用技术条件》GB/T 15406 的规定；
 - 3 变形测量设备可采用量程为 10mm、分度值为 0.01mm 的百分表或最大允许误差为全程 0.2%的位移传感器。

5.3 取样与试件制作

- 5.3.1 当采用软取芯法制作试件时，应符合下列规定：

1 取样时间、位置、立方体试件制作方法应符合本标准第 4.3.1、4.3.2 条的规定；

2 立方体试件振实后 2h 内，应将环刀压入立方体试件中，环刀顶沿应低于水泥石表面 5mm 以上；

3 立方体试件在标准养护或同条件养护环境条件下静置 48h 后拆模，组装式试模的拆模时间可为 24h；

4 拆模后应将环刀外侧及两端的水泥石削除，成样后带环刀按本标准第 4.3.3 条的规定进行养护。

5.3.2 当采用钻芯法制作试件时，应符合下列规定：

1 钻芯取样应符合本标准第 4.3.4、4.3.5 条的规定；

2 用环刀切取试样时，应在环刀内壁薄涂一层凡士林，边压边削至水泥石样高出环刀上沿口 5mm 以上；

3 应采用切土刀刮除环刀两端多余的水泥石并抹平；

4 当钻芯法取出的芯样强度较高且无法按本条第 2、3 款规定制作试件时，可按本标准附录 A 的规定制作成高径比为 2.0~2.5 的圆柱体试件。

5.4 检测与数据分析

5.4.1 对于环刀试件，应按下列步骤进行试验：

1 试验前应测定水泥石密度；

2 应按现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定安装试件、施加压力、测定变形量；

3 加压等级宜为 50kPa、100kPa、200kPa、400kPa、800kPa、1600kPa，最后一级压力应大于水泥石上覆土层自重压力与附加应力

之和；

4 从破坏的试件内部取代表性样品分别测定水泥土的含水率、相对密度。

5.4.2 对于圆柱体试件,应按照现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的规定进行单轴压缩变形试验。

5.4.3 环刀试件的水泥土变形参数应按下列公式计算：

$$E_s = \frac{1+e_0}{a_v} \quad (5.4.3-1)$$

$$e_0 = \frac{(1+0.01w_1)G_s\rho_w}{\rho_0} - 1 \quad (5.4.3-2)$$

$$a_v = \frac{e_{i-1} - e_i}{p_i - p_{i-1}} \quad (5.4.3-3)$$

$$e_i = e_0 - \frac{1+e_0}{h_0} \Delta h_i \quad (5.4.3-4)$$

式中： E_s —— 某压力范围内的压缩模量（MPa）；

e_0 —— 试验前水泥土试件的孔隙比，精确至 0.01；

a_v —— 压缩系数（MPa⁻¹）；

w_1 —— 试验前水泥土的初始含水率（%）；

G_s —— 水泥土相对密度；

ρ_w —— 水的密度（g/cm³），取 1.0g/cm³；

ρ_0 —— 水泥土的密度（g/cm³）；

e_i 、 e_{i-1} —— 各级压力下试件压缩稳定后的孔隙比，精确至 0.01；

p_i 、 p_{i-1} —— 某级压力值（MPa）；

Δh_i ——某级压力下试件高度变化 (mm) ;

h_0 ——试件初始高度 (mm) 。

5.4.4 圆柱体试件的水泥土变形参数应按下列公式计算:

$$E_{av} = \frac{\sigma_b - \sigma_a}{\varepsilon_{lb} - \varepsilon_{la}} \quad (5.4.4-1)$$

$$E_{50} = \frac{\sigma_{50}}{\varepsilon_{150}} \quad (5.4.4-1)$$

式中: E_{av} ——水泥土平均弹性模量 (MPa) ;

σ_b ——应力与轴向应变关系曲线上直线段终点的应力值
(MPa) ;

σ_a ——应力与轴向应变关系曲线上直线段始点的应力值
(MPa) ;

ε_{lb} ——应力为 σ_b 时的轴向应变值;

ε_{la} ——应力为 σ_a 时的轴向应变值;

E_{50} ——应力为水泥土单轴抗压强度 50% 时对应的水泥土割线
弹性模量 (MPa) ;

σ_{50} ——相当于水泥土单轴抗压强度 50% 时的应力值 (MPa) ;

ε_{150} ——应力为 σ_{50} 时的轴向应变值。

5.4.5 水泥土变形参数应按一组三块试件检测值的平均值确定。

6 室内渗透试验

6.1 一般规定

6.1.1 室内渗透试验适用于测定水泥石试件的渗透系数。

6.1.2 渗透试验可采用截头圆锥形试件或圆柱形试件,软取芯法采取的水泥石浆液应制成截头圆锥形试件,钻芯法采取的水泥石芯样可制成圆柱形试件或截头圆锥形试件。

6.1.3 钻芯法采取水泥石渗透试验芯样时,应按渗透方向钻芯。

6.2 仪器设备

6.2.1 渗透试验时采用的仪器设备和材料应符合下列规定:

- 1 气源应能使水压按规定要求稳定地作用在试件上;
- 2 应采用金属渗透试模,截头圆锥形试模上口内径应为 70mm,下口内径应为 80mm,高度应为 40mm;圆柱形试模内径应不小于 70mm;试模上部侧面应带有出水孔;
- 3 压力表量程应为 0~2.5MPa,精确度应不低于 0.4 级;
- 4 可采用水泥加黄油作为密封材料;
- 5 透水石直径宜为 80mm,厚度宜为 4mm,且渗透系数应大于 10^{-3}cm/s ;
- 6 滴定管分度值应不大于 0.1mL;
- 7 滤纸直径宜和试模内径相同;
- 8 秒表分度值应不大于 1s;

9 试验用水宜采用实际作用于水泥土的天然水，有困难时可用纯水或经过滤的清水，试验前应采用抽气法或煮沸法进行脱气。

6.2.2 渗透试验装置应符合下列规定：

1 渗透试验装置应由渗透容器、气源、压力表、出水管、进水管等组成；

2 渗透容器应由渗透试模、透水石和滤纸组成。

6.3 取样与试件制作

6.3.1 对竖向截水帷幕工程，取样点应在地下水位以下相邻水泥土桩搭接、施工冷缝及施工质量有疑问的部位。

6.3.2 软取芯水泥土浆液制作试件时，除应符合本标准第4.3节规定外，尚应符合下列规定：

1 应将水泥土一次装入试模中，当填充水泥土高于试模边缘时，应用抹灰刀以45°角一次性将试模表面多余的水泥土刮去，再用抹刀以较平的角度在试模表面反方向将水泥土刮平；

2 每个取样点至少应制作1组试件，每组3个试件；

3 试件应带模养护。

6.3.3 钻取芯样制作试件时，应符合下列规定：

1 试件宜采用高径比为1:1的圆柱体；

2 当制作截头圆锥形试件时，填充圆柱体试件和试模之间空隙的封堵材料渗透系数应小于水泥土试件的渗透系数；

3 每组水泥土芯样应制作3个试件，芯样应进行密封，避免晾晒。

6.4 检测与数据分析

6.4.1 养护至规定龄期的试件应从养护地点取出、脱模并擦拭表面水分；采用密封材料密封装入渗透试模，下口放置透水石，装入渗透仪，并在试件上端面放置滤纸。

6.4.2 第一级压力宜为 0.02MPa，前 5 级加压增幅为 0.02MPa，以后加压增幅为 0.1MPa，每级渗透压力的恒压时间应为 1h，最后一级压力应加至水泥土试件表面有水渗出为止，应记录此时的渗透压力，并应在恒定的压力下测定水泥土试件渗出的水量。

6.4.3 当滴定管内液面稳定后，应开始读数和记录，同时测记水温。

6.4.4 试验持续时间应根据渗水量稳定情况而确定。当由渗水量计算的渗透系数变化不大于 2×10^{-n} 时，即可停止试验。

6.4.5 在试验过程中，应观察滤纸透水情况，当发现水从试件周边渗出时，应停止试验，并应重新密封试件后再继续试验。

6.4.6 水温 20℃ 时水泥土渗透系数 k_{20} 应按下式计算：

$$k_{20} = \frac{Q}{iA_m t} \frac{\eta_T}{\eta_{20}} \quad (6.4.6-1)$$

$$i = \frac{P}{100\gamma_w h} \quad (6.4.6-2)$$

式中： k_{20} ——水温 20℃ 时水泥土渗透系数（cm/s），精确至 0.01×10^{-n} cm/s；

t ——时间间隔（s），精确至 1s；

A_m ——试件中部横截面面积（cm²），精确至 0.1cm²；

h ——渗径，即试件高度（cm），精确至 0.1cm；

Q ——经时间间隔 t 渗出的水量 (mL)，精确至 0.1mL；

i ——水力梯度，精确至 0.01；

η_T —— $T^\circ\text{C}$ 时水的动力黏滞系数 ($1 \times 10^{-6}\text{kPa s}$)；

η_{20} —— 20°C 时水的动力黏滞系数 ($1 \times 10^{-6}\text{kPa s}$)；

p ——施加的渗透压力 (MPa)，精确至 0.02MPa；

γ_w ——水的重度 (N/cm^3)，取 0.0098N/cm^3 。

6.4.7 每个试件应至少测定 6 次，并应取 3~4 个在允许差值范围内的相近值的平均值，作为该水泥土试件在某一龄期下的渗透系数，允许差值不应大于 2×10^{-n} 。

6.4.8 试验结果的确定应符合下列规定：

- 1 每组应制作 3 个试件，分别测定渗透压力；
- 2 当 3 个试件在相同的渗透压力下渗水时，应计算 3 个试件的渗透系数平均值作为该组试件的渗透系数，结果精确至 $0.01 \times 10^{-n}\text{cm/s}$ ；
- 3 当 3 个试件中有 2 个试件在相同的渗透压力下渗水时，应以这两个试件渗透系数平均值作为该组试件的渗透系数，结果精确至 $0.01 \times 10^{-n}\text{cm/s}$ ；
- 4 当 3 个试件在不同的渗透压力下渗水时，该组试验结果应为无效。

7 原位渗透试验

7.1 一般规定

7.1.1 水泥土渗透系数原位检测应根据水量、水位选用注水试验和提水试验，并符合下列规定：

- 1** 注水试验适用于测定注水段深度范围内的水泥土渗透系数。
- 2** 提水试验适用于测定地下水位以下且出水量少的水泥土渗透系数。

7.1.2 注水试验应采用随着钻进自上而下方式分段进行。

7.1.3 采用注水试验测定渗透系数时，试验段应在地下水位线以上，试验段竖向长度宜为 3m~5m。

7.2 仪器设备

7.2.1 注水试验设备应包括止水栓塞、供水设备、测试设备，并符合下列规定：

1 止水栓塞应采用气压式或水压式栓塞，栓塞长度应不小于 7 倍钻孔直径。

2 供水设备采用水箱和水泵时，水箱容积不应小于 2m³，水泵类型应根据试验段渗透性大小选择且能在 1MPa 压力下流量保持 100L/min。

3 测试设备应包括容积计、流量计、秒表、米尺、水位计、温度计。

7.2.2 提水试验设备应包括提水筒、提绳、升降设备、测试设备，并符合下列规定：

1 提水筒直径宜比钻孔直径小 10mm~20mm，长度应根据涌水量大小确定，可为 2m~3m。

2 提绳可使用钢丝绳。

3 升降设备可采用钻机的升降机。

4 测试设备应包括容积计、秒表、水位计、温度计。

7.3 设备安装及准备

7.3.1 应采用金刚石或合金钻头在水泥土桩（墙）体钻孔，钻孔直径宜为 59mm~150mm。

7.3.2 在试验设备安装前，应进行孔深校正，孔底沉淀物厚度不得大于 10cm。

7.3.3 采用注水试验测定水泥土渗透系数时，注水管应连接供水设备和测试设备，注水管出水口应放在试验段中部。

7.3.4 采用提水试验测定水泥土渗透系数时，应根据钻孔孔壁稳定情况设置过滤管，并彻底洗孔、排出孔底沉淀物。

7.3.5 应记录安装设备的规格、长度和安装深度，并绘制安装结构图。

7.3.6 试验前，应观测试验段内地下水位，水位观测间隔为 5min；当连续两次观测数据变幅小于 10cm 时，可结束水位量测工作，用最后一次观测值作为地下水位计算值。

7.4 检测与数据分析

7.4.1 采用注水试验测定水泥土渗透系数时，应符合下列规定：

1 试验段安装完成后，应连续向试验段内注入清水，工作管内初始水位宜至工作管管口。

2 注水至初始试验水位后，应停止注水，开始观测。

3 测试开始时，应每隔 1min 量测一次，连续量测 5 次；以后应每隔 10min 量测一次，连续量测 3 次；后期观测间隔时间应根据水位下降速度确定，可按 30min 间隔读数。

4 试验过程中，应及时在半对数纸上绘制水头比 H/H_0 与时间 t 的关系曲线，如不呈线性关系，说明试验有误，应重新进行注水并进行观测。

5 当试验水头下降到初始试验水头的 0.3 倍，或连续观测点达到 10 个以上且观测点均在直线上时，可结束试验。

7.4.2 采用提水试验测定水泥石渗透系数时，应符合下列规定：

1 单位时间内，提水次数应均匀，提出的水量应基本相等，并达到水位、水量相对稳定。

2 水位和水量应每隔 30min 测定一次，并计算出水量。

3 提水试验延续时间应为水位、水量相对稳定后再提水 4h。

4 提水试验结束后应进行水位恢复观测，宜按第 1min、2min、3min、4min、6min、8min、10min、15min、20min、25min、30min、40min、50min、60min、80min、100min、120min 进行观测，以后可每隔 30min 观测一次。

7.4.3 采用注水试验资料计算水泥石渗透系数，应符合下列规定：

1 滞后时间 T 可采用图解法或计算法确定，滞后时间应取 $\ln(H/H_0) - t$ 关系图中最佳拟合直线与 1:0.37 横线相交点所对应的时间，可采用下式计算：

$$T = \frac{t_1 - t_2}{\ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)} \quad (7.4.3-1)$$

2 试验段水泥土渗透系数应按下式计算：

$$k = \frac{A_z}{FT} \quad (7.4.3-2)$$

3 当试验段位于地下水位以下，水泥土的渗透系数应按下式计算：
当 $l/r > 8$ ，试验段顶部无隔水层时

$$k = \frac{0.0523r^2}{2\pi l} \frac{\ln(H_1/H_2)}{t_2 - t_1} \ln \frac{l}{r} \quad (7.4.3-3)$$

当 $l/r > 8$ ，试验段顶部为隔水层时

$$k = \frac{0.0523r^2}{2\pi l} \frac{\ln(H_1/H_2)}{t_2 - t_1} \ln \frac{2l}{r} \quad (7.4.3-4)$$

式中： T —— 滞后时间（s）；

t_1 、 t_2 —— 注水试验某时刻的试验时间（s）；

H_1 、 H_2 —— 在 t_1 、 t_2 时刻相应的试验水头（cm），应为试验水位和地下水位的高差；

A_z —— 注水管内径截面积（cm²）；

F —— 形状系数（cm），由钻孔和水流边界条件确定；

k —— 水泥土渗透系数（cm/s）；

r —— 试验段钻孔半径（cm）；

l —— 试验段长度（cm）。

7.4.4 采用提水试验资料计算水泥土渗透系数，应符合下列规定：

1 动水位和出水量未达到稳定要求，而接近稳定时，可按下式计

算渗透系数:

$$k = \frac{Q}{4\pi H(s_2 - s_1)} \ln \frac{t_2}{t_1} \quad (7.4.4-1)$$

2 停止提水后, 降落曲线逐渐恢复时, 应按下式计算:

$$k = \frac{0.183Q}{sH} \ln \frac{t}{t'} \quad (7.4.4-2)$$

式中: Q —— 钻孔出水量 (m^3/d);

t_1 、 t_2 —— 提水延续时间 (min);

s_1 、 s_2 —— 在 t_1 、 t_2 时刻的水位下降值 (m)。

s —— 水位下降值 (m);

t —— 开始提水至某一时间为止的延续时间 (min);

t' —— 停止提水后所隔时间 (min)。

附录 A 芯样试件加工和测量

A.0.1 芯样加工时应将芯样固定，锯切平面垂直于芯样轴线，采用冷水作业方式进行锯切。

A.0.2 锯切后的芯样试件不满足平整度及垂直度要求时，应选用下列方法进行端面加工：

1 采用双端面磨平机磨平；

2 在专用补平器上补平不平整的端面，不平材料可采用水泥净浆，补平厚度不宜大于 5mm；

3 补平层应与芯样结合牢固，试验时补平层与芯样的结合面不得提前破坏或渗水。

A.0.3 试验前，应对芯样试件的几何尺寸做下列测量：

1 平均直径：在相互垂直的两个位置上，用游标卡尺测量芯样表面直径偏小的部位的直径，取其两次测量的算术平均值，精确至 0.5mm；

2 芯样高度：用钢卷尺或钢板尺进行测量，精确至 1mm；

3 垂直度：用游标量角器测量两个端面与母线的夹角，精确至 0.1°；

4 平整度：用钢板尺或角尺紧靠在芯样端面上，一面转动钢板尺，一面用塞尺测量与芯样端面之间的缝隙，精确至 0.05mm。

A.0.4 芯样试件尺寸偏差及外观质量出现下列情况时，不得用做抗压试验：

1 试件有裂缝或有其他较大缺陷；

2 实测高径比小于 0.95 或大于 1.05；

3 沿试件高度任一直径与平均直径相差大于 2mm；

- 4 端面不平整度在 100mm 长度内大于 0.1mm;
- 5 端面与轴线的垂直度偏差大于 1°。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《土工试验方法标准》 GB/T 50123
- 2 《工程岩体试验方法标准》 GB/T 50266
- 3 《试验机通用技术要求》 GB/T 2611
- 4 《液压式万能试验机》 GB/T 3159
- 5 《岩土工程仪器基本参数及通用技术条件》 GB/T 15406
- 6 《建筑地基检测技术规范》 JGJ 340
- 7 《混凝土试验用振动台》 JG/T 245

山东省工程建设标准

水泥土检测技术标准

Technical standard for testing of cement soil

DB37/T 5255—2023

条文说明

目 次

1	总则	31
2	术语和符号	32
2.1	术语	32
3	基本规定	34
4	无侧限抗压强度试验	36
4.1	一般规定	36
4.2	仪器设备	36
4.3	取样与试件制作	37
4.4	检测与数据分析	37
5	压缩试验	38
5.1	一般规定	38
5.3	取样与试件制作	38
5.4	检测与数据分析	38
6	室内渗透试验	39
6.1	一般规定	39
6.2	仪器设备	39
6.3	取样与试件制作	39
6.4	检测与数据分析	39
7	原位渗透试验	41
7.1	一般规定	41
7.2	仪器设备	41
7.3	设备安装及准备	42
7.4	检测与数据分析	42

1 总 则

1.0.1 水泥土广泛应用于地基加固处理、基坑支护及截水帷幕、边坡加固与稳定、肥槽回填、洞室充填、道路路基等工程，具有就地取材、经济耐久、施工简便、施工效率高、加固处理效果好等优点。在建筑、市政、公路、铁路、水利、电力等行业均有大面积应用。我省地层条件复杂多样，水泥土技术的地域应用和发展水平不均衡。水泥土质量受土质条件、施工工艺、施工人员专业水平和经验等多种因素影响，施工隐蔽性高，容易存在质量隐患，发现质量问题难，处理质量事故更难。总结经验，规范水泥土检测工作，提高水泥土检测工作质量，对促进地基基础检测技术的健康发展将起到积极作用。

1.0.2 水泥土的强度、变形性能、抗渗性能是设计、施工和质量验收最为关注的三个方面。本标准规定了现场施工水泥土的强度、压缩模量和弹性模量、渗透系数检测方法，建筑、市政、公路、铁路、水利、电力等行业的水泥土检测时，都可以按本标准执行。对于室内水泥土配合比设计样品的检测，可以参考应用。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.2 国家现行标准中关于无侧限抗压强度的定义表述不统一。《岩土工程基本术语标准》GB/T 50279—2014 规定，无侧限抗压强度是指土体在无侧限条件下所能承受的最大轴向压力。《岩土工程勘察术语标准》JGJ/T 84—2015 规定，无侧限抗压强度是指试样在无侧限条件下，施加轴力直至破坏的强度。《水泥土配合比设计规程》JGJ/T 233—2011 规定，无侧限抗压强度是指水泥土立方体试件在无侧限压力的条件下，抵抗轴向应力的最大值。本标准中无侧限抗压强度定义参考了国家标准《岩土工程基本术语标准》GB/T 50279—2014 的规定。

水泥土试件可采用立方体试件，也可采用圆柱体试件。

2.1.3 国家现行标准中的压缩模量一般是指土体的抗变形能力，且其表述不统一。《建筑地基基础术语标准》GB/T 50941—2014 规定，压缩模量（constrained modulus）是指土体在有侧向约束条件下，竖向应力增量与竖向应变增量的比值。《岩土工程勘察术语标准》JGJ/T 84—2015 规定，压缩模量（modulus of compressibility）是指土在有侧限条件下压缩时，竖向应力增量与竖向应变增量的比值。《水泥土配合比设计规程》JGJ/T 233—2011 规定，压缩模量（compression modulus）是指水泥土在侧限条件受压时，竖向有效应力与竖向应变的比值。

本标准中压缩模量定义参考了国家标准《建筑地基基础术语标准》GB/T 50941—2014 的规定。

2.1.4 国家现行标准中渗透系数均是指岩土或土体的渗透能力，且定义表述不统一。《岩土工程基本术语标准》GB/T 50279—2014 规定，渗透系数是岩土体中水渗流呈层流状态时，其流速与作用水力梯度成正比关系的比例系数，又称水力传导系数。《建筑地基基础术语标准》GB/T

50941—2014 规定，渗透系数是反映土渗透能力的系数，相当于水力梯度等于 1.0 时土中的渗流速度。《岩土工程勘察术语标准》JGJ/T 84—2015 规定，渗透系数是反映岩土渗透能力的系数，相当于水力梯度为 1.0 时水在土中的渗透速度。

本标准中渗透系数是指水泥土的渗透能力，其定义参考了国家标准《建筑地基基础术语标准》GB/T 50941—2014 的规定。

2.1.5 软取芯法可避免钻芯法造成的芯样扰动、破碎等缺点。软取芯法采用的设备、操作要求，可参照现行行业标准《水泥土复合管桩基础技术规程》JGJ/T 330—2014、《型钢水泥土搅拌墙技术规程》JGJ/T 199—2010、山东省工程建设标准《水泥土复合混凝土空心桩基础技术规程》DB 37/T 5141—2019 的规定。

2.1.6 钻芯法检测是地基基础工程检测的一个基本方法，检测结果直观、明确、可信度高、争议小。钻芯法可用于检测水泥土固结体深度（或厚度）、内部缺陷、水泥土强度、密实度、均匀性和连续性，判定固结体底部岩土性状。本标准主要规定水泥土强度、变形和抗渗性能的检测，不涉及固结体深度（或厚度）、内部缺陷、密实度、连续性、底部岩土性状等项目的检测。本条规定的钻芯法，是指用钻机钻取水泥土芯样制作试件的方法，钻芯机、芯样尺寸等要符合本标准第 4 章的有关要求。

2.1.8 注水试验是向水泥土钻孔内注入清水，人工抬高孔内水头，测定水泥土渗透系数的一种原位测试方法。

2.1.9 提水试验是在水泥土钻孔内用提水筒提出孔内水，人工降低孔内水头，测定水泥土渗透系数的一种原位测试方法。

3 基本规定

3.0.1 水泥土检测前应完成资料收集、现场调查、检测方案编制、仪器设备准备等各项工作。收集的资料包括岩土工程勘察资料、水泥及外掺剂类型、设计资料、施工资料。对搅拌桩、旋喷桩、摆喷桩、高喷搅拌桩及其形成的加固体、截水帷幕等，检测前要分析地层条件对水泥土施工质量的影响。

3.0.2 制定检测方案时要考虑检测对象的特殊性、场地局限性、检测过程中可能出现的争议等多种因素。本条提出的检测方案内容为一般情况下要包含的内容。某些情况下，检测方案还需要与委托方或设计方共同研究制定。

本条中的检测方案涵盖现场取样检测、实验室检测等检测全部内容。工程概况中要说明工程项目基本信息（包括工程名称、地点，工程类型，建设、勘察、设计、监理和施工单位）、地基条件、设计要求、施工工艺等。抽样方案中要给出抽样点布置图。试验点开挖、处理措施中要说明钻孔回填处理方式及要求。

3.0.3 检测所用仪器设备都要进行定期检定或校准，以保证检测数据的准确可靠性和可追溯性。仪器设备检定或校准有效期应根据国家现行有关标准的规定执行。

对注水试验等需要现场操作的检测项目，由于检测工作的环境较差，使用期间可能由于使用不当或环境恶劣造成仪器仪表受损或校准因子发生变化，检测前应进行检查调试。当现场环境不符合仪器设备使用要求时，要采取有效的防护措施，保证仪器设备正常使用。

3.0.4 水泥土试件进行抗压强度、压缩模量、渗透系数检测时，水泥土

的实际龄期一般应达到 28d。当设计文件另有规定时，则要按照设计要求的龄期进行检测。例如设计要求测定 7d 龄期的水泥石强度或要求测定 90d 龄期的水泥石渗透系数，则受检水泥石龄期分别为 7d、90d。

3.0.7 测试数据异常原因一般有测试人员误操作、仪器设备故障、现场准备不足、施工质量差、试件离散性大等。当出现上述情况时，要及时分析原因，对于测试人员误操作、仪器设备故障、现场准备不足等原因导致的数据异常，应组织重新检测；对于施工质量差、试件离散性大等原因导致的数据异常，应扩大检测范围。

3.0.8 本条中的“工程概况”和检测方案类似，要说明工程项目基本信息（包括工程名称、地点，工程类型，建设、勘察、设计、监理和施工单位）、地基条件、设计要求、施工工艺等。

4 无侧限抗压强度试验

4.1 一般规定

4.1.1 本章规定了制作水泥土立方体试件、水泥土圆柱体试件所用的仪器设备、试件制作方法、抗压强度试验方法及数据判定方法。

4.1.2 水泥土试件可以采用软取芯法和钻芯法两种方法制作。由于软取芯法采取的水泥土呈流塑状或浆液状，可塑性比较强，一般将其放入70.7mm×70.7mm×70.7mm的试模中制作立方体试件。钻芯法采取的芯样为圆柱状，一般用于制作圆柱体试件。

4.1.3 对于水泥土截水帷幕，要求每根桩或每延米墙身取样不少于2组，取样时要从不同深度取样。

4.1.4 对地基处理水泥土桩及加固体，一般采用现行行业标准《建筑地基检测技术规范》JGJ 340规定的钻芯法检测。对于采用预拌水泥土灌注形成的桩或加固体，由于水泥土质量比较均匀，可以采用浅部钻芯法检测，但抽检数量不应少于总桩数的5%，且不少于6根。

4.2 仪器设备

4.2.1 当试件尺寸不符合要求时，应重新制样。

4.2.3 为提高取芯质量，有条件时应采用双管单动或更有利于提高芯样采取率的钻具。规定芯样锯切机和磨平机应具有夹紧牢固装置，是为了满足芯样制备时的平整度、与轴线的垂直度等要求。

4.2.4 压力试验机不符合现行国家标准《液压式万能试验机》GB/T 3159和《试验机通用技术要求》GB/T 2611的规定时，不得使用。

4.3 取样与试件制作

(I) 软取芯法

4.3.1 对地基处理水泥土桩及加固体，在确定取样位置时，特别是受力较大的位置，可以和设计等相关方共同确定。

4.4 检测与数据分析

4.4.1 为了避免试件的温度和湿度发生变化，影响试验结果，试件从养护地点取出后应尽快进行试验。考虑到不同水泥掺入比、不同龄期的水泥土强度差异较大，因此建议水泥土预估强度小于 1MPa 时，加荷速率取 30N/s~80N/s；水泥土强度大于等于 1MPa 时，加荷速率取 80N/s~150N/s。另外，从水泥土的应力应变关系可知，除了水泥掺入比较低、龄期较短的情况下水泥土呈塑性破坏外，一般都表现出脆性破坏的特点。通过试验表明：水泥土试件在脆性破坏时，压缩变形在 1%~10% 之间，因此塑性破坏试件可用压缩变形为 10% 时的荷载作为破坏荷载。

4.4.3 参照现行行业标准《建筑地基检测技术规范》JGJ 340、《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定，取一组 3 块试件强度的平均值作为该组水泥土芯样试件无侧限抗压强度检测值。

5 压缩试验

5.1 一般规定

5.1.1 压缩试验可用于测定、计算水泥土的压缩系数、压缩模量、弹性模量、割线弹性模量等变形参数。

5.1.3 当设计没有要求时，可参照无侧限抗压强度的抽检数量确定。

5.3 取样与试件制作

5.3.2 用环刀切取试样时，刃口向下放在水泥土样上，将环刀垂直徐徐下压，并用切土刀沿环刀外侧切削水泥土样，边压边削至水泥土样高出环刀上沿口 5mm 以上。

当钻芯法取出的芯样强度较高，无法采用环刀制作试件时，可以参考现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 中关于单轴压缩变形试验的要求制作圆柱体试件。试件高径比宜为 2.0~2.5，试件直径、制作方法应符合本标准第 4.3.8 条的规定。

5.4 检测与数据分析

5.4.1 安装试件、施加压力、测定变形量按照现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 关于固结试验的规定进行操作。含水率、相对密度可以按照现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 关于含水率试验、密度试验的规定进行测试。

5.4.2 进行单轴压缩变形试验时，应采用电阻应变片法或千分表法测试试件变形量。

6 室内渗透试验

6.1 一般规定

6.1.1 本条中的渗透试验是室内进行的水泥土试块渗透试验,适用于测定制作好的水泥土试件的渗透系数。

6.2 仪器设备

6.2.1 本试验采用的水,应在试验前用抽气法或煮沸法脱气。试验时的水温宜高于实验室温度 $3^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。水中含气对渗透系数的影响主要由于水中气体分离,形成气泡堵塞土的孔隙,致使渗透系数逐渐降低,因此,试验中要求用无气水,最好用实际作用于土中的天然水。本标准规定采用的纯水要脱气,并规定水温高于室温 $3^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$,目的是避免水进入试样因温度升高而分解出气泡。

6.3 取样与试件制作

6.3.2 带模养护时,应根据设计要求放入标准养护或同条件养护环境条件下进行养护。

6.4 检测与数据分析

6.4.3 在相同的时间间隔内,当滴定管内液面的变化量基本相同时,可认为滴定管液面达到稳定状态,可以开始试验。

读数时间间隔应根据水泥土试件的渗水量而确定。对渗水量大的试

件,宜每隔 3min~5min 读数一次;当渗水量很小时,宜每隔 30min~60min 读数一次,当渗水量特别小时可以进一步增大读数时间间隔。

6.4.4 本条规定停止试验的标准是由渗水量计算的。渗透系数变化不大于 2×10^{-n} , 是一个相对概念。该处的 n 和水温 20°C 时水泥土渗透系数 k_{20} 中的 n 是相同的。

6.4.6 本试验应以水温 20°C 为标准温度, 计算标准温度下的渗透系数。水的动力粘滞系数随温度而变化, 土的渗透系数与水的动力粘滞系数成反比, 因此在任一温度下测定的渗透系数应换算到标准温度下的渗透系数。 η_T/η_{20} 与温度的关系可按现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 的有关规定确定。关于标准温度, 目前各国不统一, 美国采用 20°C, 日本采用 15°C, 前苏联采用 10°C, 考虑到标准温度应由标准温度的定义去解释, 以及国内各系统采用的标准均为 20°C, 为此, 本标准用 20°C 作为标准温度。

6.4.7 由于渗透系数的测值不够正确, 试验中应多测几次, 取在允许差值范围内的平均值作为实测值。

7 原位渗透试验

7.1 一般规定

7.1.2 本条规定注水试验原则上自上而下进行，是基于实际情况考虑的，自上而下试验容易保证注水试验成果的质量。若在钻孔造孔完成后自下而上进行试验，其试验段的止水和底部填料质量不易控制，从而影响成果的准确性，因此，自下而上试验特别需要注意试验段的止水质量和试验段下部的回填。

7.1.3 多数注水试验表明，试验段过小，试验结果偏差较大，因此，注水试验段长不宜小于 3m；降水头试验的时间较短，因此其段长选择宜较长。

7.2 仪器设备

7.2.1 试验供水使用水泵注水时，根据经验估算注入流量的大小进行水泵选择较为合理，注入流量大时，可选用潜水泵，注入流量小时，可选用活塞式水泵。注水试验供水可使用水泵，也可以不使用水泵，采取自流水注入。

观测水位应使用电测水位计，精确到 1cm，也可采用水位自动记录仪；当注入流量小于 0.5L/s 时，宜采用容积计，注满量筒或提桶所需的时间不宜小于 30s，观测读数应精确到 1s；注入流量大于 0.5L/s 时，宜采用流量计，观测读数应精确到 0.1L，也可采用流量自动记录仪；测量气温可采用普通酒精温度计，测量水温宜采用缓变温度计，精确到

1°C。

7.2.2 提水筒的直径要根据钻孔直径而定，一般比孔径小 10mm~20mm 即可。筒长按涌水量大小而定，一般长 2m~3m。筒的底部有活门。提绳一般可使用钢丝绳。升降设备可用钻机的升降机，也可用人力。测试设备的要求，和注水试验要求相同。

7.3 设备安装及准备

7.3.2 孔底沉淀物或扰动岩土层影响试验精度，需要尽量保证试验土层为原状。根据实践经验，并参照相关规程规范，如孔底沉淀物大于 10cm，对试验成果准确性影响较明显。因此，对孔底沉淀物或扰动岩土层大于 10cm 的应予以清除。

7.4 检测与数据分析

7.4.2 相对稳定标准一般为水量波动范围为±10%、水位波动范围为 100mm~200mm。

7.4.4 利用提水试验资料计算渗透系数的公式，参考了行业标准《铁路工程水文地质勘察规范》TB 10049—2014。