

江苏省工程建设标准

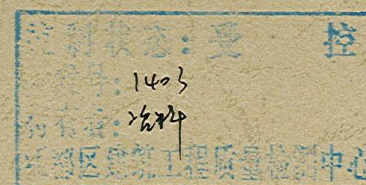
DGJ

J 12492—2013

DGJ32/TJ 154—2013

水泥土试验方法

Test methods for cement soil



发布日期: 2013-10-28

实施日期: 2013-12-01

江苏省住房和城乡建设厅 审定 发布

江苏省工程建设标准

水泥土试验方法

Test methods for cement soil

DGJ32/TJ 154—2013

主编单位：苏州市建设工程质量检测中心有限公司

批准部门：江苏省住房和城乡建设厅

实施日期：2013 年 12 月 1 日

江苏科学技术出版社

2014 南京

江苏省工程建设标准
水泥土试验方法
Test methods for cement soil
DGJ32/TJ 154—2013

主 编 苏州市建设工程质量检测中心有限公司
责任编辑 刘屹立 宋 平

出版发行 凤凰出版传媒股份有限公司
江苏科学技术出版社（南京市湖南路1号A楼，邮编：210009）

照 排 南京紫藤制版印务中心
印 刷 江苏省科学技术情报研究所印刷厂

开 本 850 mm×1168 mm 1/32
印 张 1.875
字 数 36000
版 次 2014年3月第1版
印 次 2014年3月第1次印刷

统一书号 155345·438
定 价 18.00 元

图书如有印装质量问题，可随时寄印刷厂调换。

江苏省住房和城乡建设厅

公 告

第 45 号

省住房和城乡建设厅关于发布江苏省工程建设标准 《水泥土试验方法》的公告

现批准《水泥土试验方法》为江苏省工程建设标准，编号为
DGJ32/TJ 154—2013，自 2013 年 12 月 1 日起实施。

该标准由江苏省工程建设标准站组织出版、发行。

江苏省住房和城乡建设厅
2013 年 10 月 28 日

前 言

为了统一水泥土试验方法,规范试验工作程序和数据处理方法,根据江苏省住房和城乡建设厅《2011 年度江苏省工程建设标准和标准设计编制、修订计划》(苏建科[2011] 231 号),苏州市建设工程质量检测中心有限公司会同有关单位编制了本标准。

在编制过程中,编制组对水泥土的应用进行了系统的研究,积累了大量试验研究经验和应用数据,在此基础上参照有关技术资料和标准规范,结合江苏省的实际情况,在广泛征求意见的基础上,通过反复讨论、修改和完善,制定了本标准。

本标准共 10 章,主要技术内容包括:1 总则;2 术语和符号;3 现场取芯及完整性检测;4 密度试验;5 试件制备;6 无侧限抗压强度试验;7 压缩试验;8 剪切试验;9 渗透试验;10 现场标准贯入试验。

本标准由江苏省住房和城乡建设厅负责管理,苏州市建设工程质量检测中心有限公司负责具体技术内容的解释。各单位在执行过程中若有修改意见或建议,请反馈至江苏省工程建设标准站(地址:南京市江东北路 287 号银城广场 B 座四楼,邮政编码:210036)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:苏州市建设工程质量检测中心有限公司

参 编 单 位:苏州大学

东南大学

南京工业大学

主要起草人:李治安 江文林 王晓艳 张亦明 顾婷婷

陈 甦 刘松玉 邓永锋 陈国兴 胡庆兴

主要审查人:金孝权 韦 杰 张全胜 胡明亮 刘向东

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 现场取芯及完整性检测	5
3.1 一般规定	5
3.2 检测步骤	5
3.3 取芯芯样试件的处理	6
4 密度试验	8
4.1 一般规定	8
4.2 环刀法测定密度	8
4.3 蜡封法测定密度	9
5 试件制备	11
5.1 仪器设备	11
5.2 水泥土实验室试件的制备	12
5.3 水泥土现场取样试件的制备	14
5.4 试验前的准备	16
6 无侧限抗压强度试验	17
6.1 仪器设备	17
6.2 试验步骤	17
6.3 数据处理及报告	17
7 压缩试验	19
7.1 仪器设备	19
7.2 试验步骤	20
7.3 数据处理及报告	21

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 水泥搅拌桩、水泥搅拌墙 cement deep mixing column, cement deep mixing wall

通过深层搅拌机械在地层深部就地将软弱土和水泥强制拌和,改善土体工程特性的一种处理技术,称为水泥搅拌法。通过这种方法形成的桩称为水泥搅拌桩,形成的的墙称为水泥搅拌墙。

2.1.2 水泥土 cement soil

水泥和土以及其他组分按适当比例混合、拌制并经硬化而成的材料。

2.1.3 密度 density

单位体积的质量。

2.1.4 无侧限抗压强度 unconfined compression strength

水泥土试件在无侧限条件下,抵抗轴向应力的最大值。

2.1.5 压缩模量 compression modulus

水泥土在有侧限条件下受压时,竖向有效应力与竖向应变的比值。

2.1.6 抗剪强度 shear strength

水泥土试件抵抗剪切破坏的极限强度,包括粘聚力和内摩擦角。

2.1.7 渗透系数 hydraulic conductivity

在各向同性介质中,单位水力梯度下的单位流量,表征透水性强弱的数量指标。

2.2 符号

A —— 试件的承压面积;

A_1 —— 试件横截面积;

A_0 —— 试件初始横截面积;

A_a —— 试件校正横截面积;

a_v —— 某压力范围内的压缩系数;

C_t —— 测力计校正系数;

D —— 试件直径;

E_s —— 某压力范围内的压缩模量;

f_{cu} —— 水泥土无侧限抗压强度;

G_s —— 水泥土相对密度;

h —— 渗径,即试件高度;

h_0 —— 试件初始高度;

i —— 水力梯度;

k_T —— 水温 $T^{\circ}\text{C}$ 时水泥土渗透系数;

m_0 —— 水泥土湿质量;

m_n —— 蜡封试样质量;

m_{nw} —— 蜡封试样在纯水水中的质量;

N —— 标准贯入试验锤击数;

P —— 破坏时的最大力值;

p —— 施加的渗透压力;

p_i —— 某级压力值;

Q —— 经时间间隔 t 渗出的水量;

R —— 测力计量表读数;

t —— 时间间隔;

V —— 环刀体积;

ω —— 水泥土含水率;
 ω_0 —— 试验前水泥土的初始含水率;
 τ —— 剪应力;
 e_0 —— 试验前水泥土试件的孔隙比;
 e_i —— 各级压力下试件压缩稳定后的孔隙比;
 γ_w —— 水的重度;
 ρ_0 —— 水泥土湿密度;
 ρ_d —— 水泥土干密度;
 ρ_n —— 蜡的密度;
 ρ_w —— 水的密度;
 ρ_{wT} —— 纯水在 $T^\circ\text{C}$ 时的密度;
 ε_1 —— 轴向应变;
 σ —— 应力;
 Δh_i —— 某级压力下试件高度变化;
 ΔS —— 50 击时的贯入度。

3 现场取芯及完整性检测

3.1 一般规定

3.1.1 现场取芯及完整性检测,用于检测水泥土搅拌桩(墙)的长度、强度、完整性及其相关性能,受检桩的数量不得少于施工总桩数的 0.5%,并不得少于 3 根。现场取芯检测一般宜在成桩 28d 后进行,如果取出芯样拟进行压缩试验、剪切试验和渗透试验等,现场取芯检测宜在成桩后 3~7d 内进行,取出的芯样制备后养护到设计规定的龄期,进行相关试验。

3.1.2 水泥土试验的龄期宜为 7d、28d 和 90d 三种。无特殊要求的工程,搅拌桩中水泥土的性能指标宜以 90d 龄期的试验结果为准,搅拌墙中水泥土的性能指标宜以 28d 龄期的试验结果为准;有设计要求的工程,水泥土的性能指标可按设计要求执行。

3.1.3 现场取芯及完整性检测报告,包括工程概况、仪器设备、配比参数、工程部位、桩(孔)号、取样深度、龄期、取芯率、芯样长度、芯样描述及照片,搅拌桩(墙)的长度、完整性。

3.2 检测步骤

3.2.1 检测前应准备下列内容:

- 1 对所选检测桩(墙)的有关资料进行确认。
- 2 确定检测桩(墙)的准确位置。
- 3 平整场地,以便钻机顺利就位。
- 4 挖泥浆池,使泥浆泵正常工作形成循环泥浆。
- 5 调整水平和垂直度,用水平尺进行钻机水平和垂直度

校正。

3.2.2 钻探及取样应符合下列要求：

1 钻取芯样宜采用液压操纵的百米钻机，钻机应配备泥浆泵、单动双管钻具、取样器。

2 开孔位置应在水泥搅拌桩（墙）桩顶，偏离中心约 0.25 倍桩径，钻进宜采用直径 91mm 或 108mm 钻头。

3 应用岩芯管回转钻进，严格控制回次进尺，每回次不超过 1.5m。应采取合适的钻探及取样方法，保持芯样的连续完整性，芯样采取率不宜小于 80%。

4 当孔底有残留芯样或浮泥时，应进行清孔。

5 芯样取出后，应依次摆放整齐，进行拍照，及时填写回次芯样牌，选取代表性芯样进行相关试验；若芯样不成型，无法取得样品，应在记录表内说明。

6 芯样取出后应及时密封保存，立即进行芯样描述并编号，注明取样时间、工程名称、检测桩（孔）号、深度、取样人姓名等。

7 芯样描述内容包括：外观特征、颜色、密实度、均匀性、连续性和状态等。

8 钻进深度应超过施工桩长 0.5m，并取出桩底土样进行描述记录，确定实际桩长。

9 钻芯结束后，钻孔宜用水泥浆回灌封闭。

10 桩长小于 5m 时，每根桩至少应取 3 个芯样（上、中、下）。

11 加固效果较差时，可采用取土器取样。

3.3 取芯芯样试件的处理

3.3.1 收到芯样后，应清点核查样数，按标明的上下方向放置。

3.3.2 应检查芯样密封、标签完整性等情况。当芯样已受扰动或质量不符合规定时，不应进行相关性能试验。

3.3.3 芯样试件加工环境条件：温度 $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不低于 50%。

3.3.4 芯样应尽快按本标准第 5 章规定的要求进行试件制备。

4 密度试验

4.1 一般规定

4.1.1 密度试验宜使用环刀法及蜡封法测定水泥土的密度。环刀法适用于土料粒径小于 5mm 的水泥土,并在试件成型后 2h 内完成环刀取样。蜡封法适用于土料中含有粒径大于 5mm 的水泥土,以及已经硬化或形状不规则的水泥土试样。

4.1.2 密度试验报告,包括工程概况、仪器设备、配比参数、工程部位、桩(孔)号、深度、龄期、密度、含水率。

4.2 环刀法测定密度

4.2.1 使用环刀法测定密度时,应采用下列仪器:

- 1 环刀,内径 61.8mm,高 20mm 或 40mm。
- 2 电子天平,量程为 500g,分度值为 0.01g。
- 3 修土刀、钢丝锯、凡士林等。

4.2.2 试验应按下列要求进行:

- 1 称取环刀的质量,准确到 0.01g。
- 2 整平水泥土试件的两个端面,然后将内壁涂有一薄层凡士林的环刀口放在上端面的适中位置。

3 将环刀垂直下压,边压边削至水泥土柱镶满环刀为止。将两端多余水泥土齐环刀上、下口修平,并取剩余的代表性水泥土样,按照《土工试验方法标准》GB 50123 中规定的要求测定其含水率。

- 4 轻轻擦净环刀外壁后,称取环刀和水泥土的质量,准确

到 0.01g。

4.2.3 试验所得数据应按下列方法进行处理:

- 1 应按下式计算水泥土的密度:

$$\rho_0 = m_0 / V \quad (4.2.3-1)$$

$$\rho_d = \rho_0 / (1 + 0.01\omega) \quad (4.2.3-2)$$

式中 ρ_0 ——水泥土湿密度 (g/cm^3),准确到 0.01 g/cm^3 ;

ρ_d ——水泥土干密度 (g/cm^3),准确到 0.01 g/cm^3 ;

m_0 ——水泥土湿质量 (g),准确到 0.01g;

V ——环刀体积 (cm^3),准确到 1 cm^3 ;

ω ——水泥土含水率 (%),准确到 0.1%。

- 2 本试验应进行两次平行测定,试验结果取两次测值平均值,两次测定值的差值不得大于 0.03 g/cm^3 。

4.3 蜡封法测定密度

4.3.1 使用蜡封法测定密度时,应采用下列仪器:

- 1 电子天平,量程为 500g,分度值为 0.01g。
- 2 蜡封设备,应附熔蜡加热器。
- 3 修土刀、石蜡,烧杯、细线和针等。

4.3.2 试验应按下列要求进行:

- 1 从试样中切取体积不小于 30 cm^3 的代表性试样,削去松浮表土及尖锐棱角,系于细线上称重,准确到 0.01g。另取能代表试样的水泥土试样测含水率。

2 持线将试样徐徐浸入刚过熔点的石蜡中,待全部沉浸后,立即将试样提出。检查试样周围的蜡膜,当有气泡时,应用热针刺破,再用蜡液补平孔口,冷却后称蜡封试件的质量,准确到 0.01g。

- 3 用线将试样吊在天平一端,并使试样浸没于纯水中,称

蜡封试件在纯水中的质量,准确至 0.01g,同时测定纯水的温度。

4 取出试样,擦干蜡表面的水分,再称蜡封试件的质量。当浸水后试样质量增加时,应重做试验。

4.3.3 试验所得数据应按下列方法进行处理:

1 应按下式计算水泥土的密度:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{\frac{m_n - m_{nw}}{\rho_{wT}} - \frac{m_n - m_0}{\rho_n}} \quad (4.3.3-1)$$

$$\rho_d = \rho_0 / (1 + 0.01\omega) \quad (4.3.3-2)$$

式中 ρ_0 ——水泥土湿密度 (g/cm^3),准确到 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$;

ρ_d ——水泥土干密度 (g/cm^3),准确到 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$;

m_0 ——水泥土湿质量 (g),准确到 0.01g;

ω ——水泥土含水率 (%),准确到 0.1%;

m_n ——蜡封试样质量 (g),准确到 0.01g;

m_{nw} ——蜡封试样在纯水中的质量 (g),准确到 0.01g;

ρ_n ——蜡的密度 (g/cm^3);

ρ_{wT} ——纯水在 $T^\circ\text{C}$ 时的密度 (g/cm^3)。

2 本试验应进行两次平行测定,试验结果取两次测值平均值,两次测定值的差值不得大于 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ 。

5 试件制备

5.1 仪器设备

5.1.1 试模应符合下列规定:

1 试模材质应为不锈钢,应具有足够刚度,稳固可靠,内表面应光滑、防渗,并便于拆卸。

2 应采用立方体试模、圆柱体试模或截头圆锥形试模,并应符合下列规定:

1) 立方体试模,其尺寸为 $70.7\text{mm} \times 70.7\text{mm} \times 70.7\text{mm}$,试模内表面不平整度不应超过 0.1mm ,垂直度允许偏差应为 $\pm 0.5^\circ$;

2) 圆柱体试模,其内表面不平整度不应超过 0.1mm ,垂直度允许偏差应为 $\pm 0.5^\circ$,其尺寸为:内径 39.1mm ,高度 80mm ;内径 61.8mm ,高度 100mm ;内径 101mm ,高度 150mm ;

3) 截头圆锥形试模,上口内径为 70mm ,下口内径为 80mm ,高度 30mm 。

3 试验用试模类型应符合表 5.1.1 的规定。

表 5.1.1 试验用试模类型

试验内容	无侧限抗压强度试验	压缩试验	剪切试验		渗透试验
试模类型	立方体试模 或圆柱体试模	立方体试模	直剪试验	三轴压缩 (UU) 试验	截头圆锥形试模
			立方体试模	圆柱体试模	

5.1.2 环刀应采用不锈钢材料制成,内径 61.8mm,高度 20mm 或 40mm。

5.1.3 称量土样用的天平量程为 10kg,分度值为 1g;称量水泥和拌合水用天平量程为 5kg,分度值为 0.1g;称量外加剂用天平量程为 500g,分度值为 0.01g。

5.1.4 搅拌机应采用行星式搅拌机,转速 100~400r/min,容积不小于 20L。

5.1.5 标准养护室应采用温度 $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$,相对湿度宜大于 95%。

5.1.6 游标卡尺应采用量程不小于 200mm,分度值为 0.02mm;游标量角器精度为 0.5° 。

5.1.7 捣棒应采用金属材料制成,直径为 10mm,端部磨圆,表面光滑。

5.1.8 振动台应符合《混凝土实验室用振动台》JG/T 3020 中技术要求的规定,振动频率 (3000 ± 200) 次/min,负载振幅 (0.35 ± 0.05) mm。

5.2 水泥土试验室试件的制备

5.2.1 试样的搅拌应符合下列规定:

1 同一配合比水泥土应从同一搅拌锅中取样,每次搅拌量不应少于搅拌锅容积的 1/4。

2 在投料前应先润湿搅拌锅,将代表性的土样按配合比称重后投入搅拌锅内,搅拌均匀。

3 应根据水泥掺入比和水泥浆的水灰比,称取相应的水泥和水,配制成水泥浆。

4 应将配制好的水泥浆(粉)加入土样中进行搅拌,直至搅拌均匀,搅拌时间不少于 10min,并不超过 20min。

5.2.2 试样成型应符合下列要求:

1 成型试验室环境条件:温度 $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$,相对湿度不低于 50%。

2 应按本标准第 3.2.1 条选用试模进行相关试验。成型前,试模内表面应涂一薄层矿物油或其他不与水泥土发生反应的脱模剂,称量并记录各个试模质量。

3 应根据拟定的配合比和试件的公称尺寸,计算每个试件所需的土样、加固料水泥、添加料以及水的质量总和,即每个试件成型的水泥土质量。

4 水泥土搅拌后应尽快成型,先称取每个试件所需的水泥土的质量,然后将水泥土分层装入试模中,装入试模应填塞均匀并不得产生空洞或气泡,可采用振动或人工捣实的方式来成型(振动成型试模应附着或固定在振动台上,振实时间不少于 3min);振实后,将高出试模上沿口的水泥土沿试模顶面削除。

5 压缩试验、直接剪切试验的试件应制备环刀试件。应在立方体试件振实后 2h 内完成。在立方体试件中徐徐压入环刀,环刀顶沿应低于水泥土试模沿口 5mm 以上,刮除顶部多余的水泥土。

6 压缩试验应制备 3 个环刀试件,试件直径应为 61.8mm,高度 20mm。

7 直接剪切试验应制备 3 组共 12 个环刀试件,试件直径应为 61.8mm,试件高度可根据试验仪器规格选取 20mm 或 40mm。

8 三轴压缩试验应制备 3 组共 12 个圆柱体试件,试件规格为下列三种尺寸之一:直径为 39.1mm,高度 80mm;直径为 61.8mm,高度为 100mm;直径为 101mm,高度 150mm。

9 应刮除试模顶部多余的水泥土,立即抹平后用塑料薄膜覆盖表面,防止水分蒸发。称量带模试件质量,当同组试件重度的平均值小于土样的天然重度时,该组试件应作废,并应重新

制备。

5.2.3 试件拆模和养护应符合下列要求:

1 无侧限抗压强度和三轴压缩试验,试件成型后在 $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 环境条件下,静置48h后拆模。脱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。

2 压缩试验和直接剪切试验,立方体试件在 $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 环境条件下,静置24h后拆模,拆模后应将环刀外侧及两端的水泥土削除,成样后带环刀养护。

3 渗透试验,试件应带试模养护。

4 称取养护前试件的质量,精确至0.1g,并应根据试件的公称尺寸计算拆模后水泥土的重度。若同组试件重度的极差超过该组试件重度平均值的3%,该组试件应作废,并应重新制备。

5 称量后的试件应放入 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 水中进行养护,试件间的间隔不小于10~20mm,水面高出试件表面不小于20mm。

6 试件养护龄期可分为7d、28d、90d(从搅拌开始),应每天至少两次记录试件的养护条件。

5.3 水泥土现场取样试件的制备

5.3.1 现场取芯检测应符合本标准第3章的规定。

5.3.2 取芯芯样应在取出3d内及时进行相关试验,搬运和试验过程中应防止试样受到扰动和挤压。

5.3.3 无侧限抗压强度试验的试件制备应符合下列要求:

1 试件为圆柱体,高径比宜大于1.0。

2 切样时两端面应平整,试样两端面不平整度不得大于0.5mm;两端面垂直于试样轴线,垂直度最大偏差不得大于 2° 。

5.3.4 压缩试验、直接剪切试验的试件制备应符合下列要求:

1 试验前应按本标准第4章中规定的要求测定水泥土密度。

2 压缩试验应制备3个环刀试件,试件直径应为61.8mm,试件高度为20mm。

3 直接剪切试验应制备4个环刀试件,试件直径应为61.8mm,试件高度可根据试验仪器规格选取20mm或40mm。

4 用环刀切取试样时,应在环刀内壁涂一薄层凡士林,刀口向下放在土样上,将环刀垂直徐徐下压,并用切土刀沿环刀外侧切削土样,边压边削至土样高出环刀上沿口5mm以上。应采用切土刀刮除多余的水泥土,抹平后盖上塑料薄膜,放入 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 水中进行养护至相应的龄期。

5 养护至规定的龄期,试件从养护室取出后应立即进行试验。

6 如果取出芯样拟进行压缩试验、剪切试验,但是芯样硬化后强度较高无法按本标准第5.3.5条规定的要求制备试件,应参考《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266第2章进行压缩试验和剪切试验。

5.3.5 三轴压缩试验的试件制备应符合下列要求:

1 每组4个试件,直径宜大于90mm,高径比宜控制在1.45~1.55范围内。

2 把试件切成圆柱形试样,试样两端应平整,并垂直于试样轴。当试样侧面或断部有小石子或凹坑时,允许用削下的余土修整。试件切削时应避免扰动,并取余土测定试样的含水量。

5.3.6 渗透试验的试件制备应符合下列要求:

1 试件为圆柱体,直径不小于75mm,高径比宜控制在0.95~1.05范围内。

2 切样时应避免扰动,试样两端面应平整,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。

5.4 试验前的准备

5.4.1 混凝土试验室制备的试件,从养护室取出后应立即进行试验。试验前,应用拧干的湿布擦干其表面,称取试件质量,精确至 0.1g,养护后与养护前的试件缺损质量不应超过试件养护前质量的 1%。

5.4.2 试验前,应测量试件的尺寸。立方体试件,用游标卡尺测量试件的边长,精确到 1mm。圆柱体试件,用游标卡尺沿径向对称测量 4 个数值,取其平均值即为芯样高度,精确到 1mm;用游标卡尺在芯样高度的中间及两个 1/4 处,按两个垂直方向测量 3 对数值,取其平均值即为芯样直径,精确到 1mm。

6 无侧限抗压强度试验

6.1 仪器设备

6.1.1 压力试验机应符合《液压式压力试验机》GB/T 3722 及《试验机通用技术规程》GB/T 2611 的要求,测量精度为 $\pm 1\%$,试件破坏荷载在压力试验机全量程的 20%~80%之间,具有加荷速度控制装置,并能均匀、连续加荷。

6.1.2 游标卡尺应采用量程不小于 200mm,分度值为 0.02mm。

6.2 试验步骤

6.2.1 试件加载前应在上下表面涂抹润滑剂,将试件安放在压力试验机下垫板中心。启动压力试验机后,当上压板与试件接近时,调整球座,使接触面均衡受压。

6.2.2 宜采用应力控制的试验方法,以 0.03~0.15kN/s 的速度连续均匀地对试件加荷,直至试件破坏,记录破坏时的最大力值 P ,精确至 10N。

6.2.3 破坏标准应符合下列要求:

- 1 应力下降,试件产生裂纹。
- 2 应力不变,变形不断发展(应变超过 10%)。

6.3 数据处理及报告

6.3.1 无侧限抗压强度应按下式计算:

$$f_{cu} = \frac{P}{A} \quad (6.3.1)$$

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

P ——破坏时的最大力值 (N);

A ——试件的承压面积 (mm^2), 以实际测量值为准。

6.3.2 试验室制备的试件进行试验, 其结果确定应符合下列规定:

1 当 6 个试件的无侧限抗压强度的最大值或最小值与平均值之差不超过平均值的 20% 时, 应以 6 个试件的平均值作为该组试件的无侧限抗压强度结果。

2 当 6 个试件的无侧限抗压强度的最大值或最小值与平均值之差超过平均值的 20% 时, 应以中间 4 个试件的平均值作为该组试件的无侧限抗压强度结果。

3 当中间 4 个试件中最大值或最小值与平均值之差超过平均值的 20% 时, 该组试件的试验结果作废, 并应重新制作试件。

6.3.3 现场取样的试件进行试验, 试验结果取单桩 (孔) 所有芯样测定值的最小值。当设计对不同深度的指标有要求时, 试验结果取各深度段测定值的最小值。

6.3.4 无侧限抗压强度试验报告, 水泥土试验室制备的试件包括水泥、外加剂的品种、规格、生产厂家以及出厂编号, 土样基本性质、配比参数、各个龄期试件的无侧限抗压强度值。水泥土现场取样制备的试件报告内容包括工程概况、配比参数、工程部位、桩 (孔) 号、取样深度、龄期、芯样描述、各试件的无侧限抗压强度值。

7 压缩试验

7.1 仪器设备

7.1.1 固结容器应由环刀、护环、透水板、水槽、加压上盖组成, 如图 7.1.1 所示。

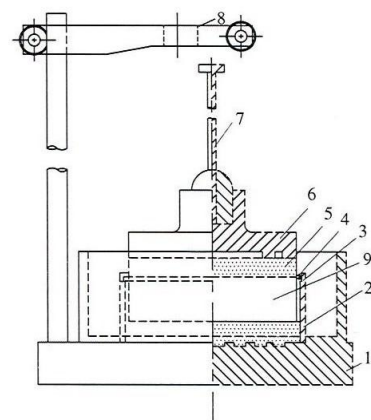


图 7.1.1 固结容器示意

1—水槽; 2—护环; 3—环刀; 4—导环; 5—透水板; 6—加压上盖;
7—位移计导杆; 8—位移计架; 9—试样

7.1.2 环刀应采用内径应为 61.8mm, 高度应为 20mm。环刀应具有一定的刚度, 内壁应保持较高的光洁度, 宜涂一薄层硅脂或聚四氟乙烯。

7.1.3 透水板应采用氧化铝或不受腐蚀的金属材料制成, 其渗

透系数应大于试样的渗透系数。用固定式容器时,顶部透水板直径应小于环刀内径 0.2~0.5mm;用浮环式容器时,上下端透水板直径相等,均应小于环刀内径。

7.1.4 加压设备应采用能垂直地在瞬间施加各级规定的压力,且没有冲击力,压力准确度应符合《土工仪器的基本参数及通用技术条件》GB/T 15406 的规定。

7.1.5 变形量测设备应采用量程 10mm、最小分度值为 0.01mm 的百分表或准确度为全程 0.2% 的位移传感器。

7.2 试验步骤

7.2.1 在固结容器内放置护环、透水板和薄型滤纸,将带有试样的环刀装入护环内,放上导环,试样上依次放上薄型滤纸、透水板和加压上盖,并将固结容器置于加压框架正中,使加压上盖与加压框架中心对准,安装百分表或位移传感器。

7.2.2 施加 1kPa 的预压力使试样与仪器上下各部件之间接触,将百分表或传感器调整到零位或测读初读数。

7.2.3 需要施加的各级压力宜为 50kPa、100kPa、200kPa、400kPa、800kPa、1600kPa、3200kPa,第一级压力宜用 50kPa。最后一级压力应大于土的自重压力与附加压力之和。

7.2.4 从破坏的试件内部取代表性样品测定水泥土含水率,测定方法应符合《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定。

7.2.5 从破坏试件中取代表性样品捣碎、烘干、通过 5mm 筛,并按《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定测定水泥土相对密度 G_s 。

7.3 数据处理及报告

7.3.1 试件的初始孔隙比应按下列式计算:

$$e_0 = \frac{(1 + 0.01\omega_0)G_s\rho_w}{\rho_0} - 1 \quad (7.3.1)$$

式中 e_0 ——试验前水泥土试件的孔隙比,精确至 0.01;

G_s ——水泥土相对密度;

ρ_w ——水的密度 (g/cm^3),取 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$;

ρ_0 ——水泥土的密度 (g/cm^3);

ω_0 ——试验前水泥土的初始含水率 (%)。

7.3.2 各级压力下试件压缩稳定后的孔隙比应按下列式计算:

$$e_i = e_0 - \frac{1 + e_0}{h_0} \Delta h_i \quad (7.3.2)$$

式中 e_i ——各级压力下试件压缩稳定后的孔隙比,精确至 0.01;

Δh_i ——某级压力下试件高度变化 (mm);

h_0 ——试件初始高度 (mm)。

7.3.3 某一压力范围内的压缩系数应按下列式计算:

$$a_v = \frac{e_i - e_{i+1}}{p_{i+1} - p_i} \quad (7.3.3)$$

式中 a_v ——某压力范围内的压缩系数 (MPa^{-1});

p_i ——某级压力值 (MPa)。

7.3.4 某一压力范围内的压缩模量应按下列式计算:

$$E_s = \frac{1 + e_0}{a_v} \quad (7.3.4)$$

式中 E_s ——某压力范围内的压缩模量 (MPa),精确至 0.1MPa。

7.3.5 水泥土试验室试件进行试验,结果应以 3 个试件测定值

的算术平均值作为压缩试验的结果。

7.3.6 水泥土现场取样的试件进行试验, 试验结果应取单桩(孔)所有芯样测定值的最不利值。当设计对不同深度的指标有要求时, 试验结果应取各深度段测定值的最不利值。

7.3.7 压缩试验报告, 包括工程概况、仪器设备、配比参数、工程部位、桩(孔)号、深度、龄期、各试件的压缩曲线、压缩系数、压缩模量。

8 剪切试验

8.1 一般规定

8.1.1 剪切试验用于测定水泥土试件的抗剪强度参数(c 和 ϕ), 试验方法可采用直接剪切或三轴压缩试验。直接剪切试验宜采用快剪试验, 三轴压缩试验宜采用不固结不排水压缩试验。

8.1.2 剪切试验报告, 包括工程概况、仪器设备、配比参数、工程部位、桩(孔)号、深度、龄期、抗剪强度参数。

8.2 直接剪切试验

8.2.1 直接剪切试验应采用下列仪器:

1 应变控制式直剪仪应由剪切盒、垂直加压设备、剪切传动装置、测力计、位移量测系统组成, 如图 8.2.1 所示。

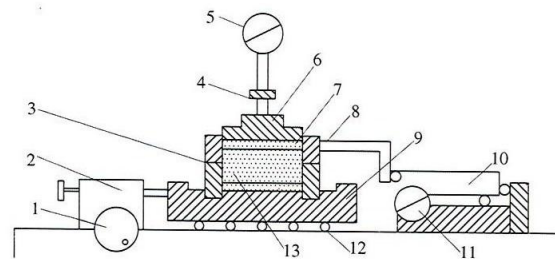


图 8.2.1 直剪盒示意

1—剪切传动机构；2—推动器；3—下盒；4—垂直加压框架；
5—垂直位移计；6—传压板；7—透水板；8—上盒；9—储水盒；
10—测力计；11—水平位移计；12—滚珠；13—试样

- 2 环刀应采用内径 61.8mm, 高度 20mm 或者 40mm。
- 3 位移测量设备应采用量程为 10mm、分度值为 0.01mm 的百分表, 或准确度为全量程 0.2% 的传感器。

8.2.2 试验步骤应符合下列规定:

1 对准剪切容器上下盒, 插入固定销, 在下盒内放透水板和硬塑料薄膜, 将带有试样的环刀刀口向上, 对准剪切盒口, 在试样上放硬塑料薄膜和透水板, 将试样推入剪切盒内。

2 移动传动装置, 使上盒前端钢珠刚好与测力计接触, 依次放上传压板、加压框架, 安装水平位移量测装置, 并调直零位或测记初读数。

3 对每组试件施加 4 级垂直压力, 分别为 100kPa、200kPa、300kPa、400kPa。

4 拨去固定销, 立即以 0.8mm/min 的剪切速度进行剪切, 试样每产生剪切 0.2~0.4mm 测记测力计和位移读数, 直至测力计读数出现峰值, 应继续剪切至剪切位移为 4mm 时停止, 记录破坏值; 当剪切过程中测力计读数无峰值时, 应剪切至剪切位移为 6mm 时停机。

5 剪切结束, 退去剪切力和垂直压力, 移动加压框架, 取出试样, 测定试样含水率。

8.2.3 试验所得数据应按下列方法进行处理:

1 剪应力应按下式计算:

$$\tau = \frac{C_t \cdot R}{A_1} \times 10 \quad (8.2.3)$$

式中 τ ——剪应力 (kPa);

C_t ——测力计校正系数 (N/0.01mm);

R ——测力计量表读数 (0.01mm);

A_1 ——试件横截面积 (cm²)。

2 以剪应力为纵坐标, 剪切位移为横坐标, 绘制剪应力与

剪切位移关系曲线, 取曲线上剪应力的峰值为抗剪强度, 无峰值时, 取剪切位移 4mm 所对应的剪应力为抗剪强度。

3 以垂直压力 p 为横坐标、抗剪强度 τ_f 为纵坐标, 将每个试件的最大剪应力点绘在坐标纸上, 将其线性回归成一条直线。此直线的倾角为摩擦角 φ , 纵坐标上的截距为黏聚力 c 。

4 水泥土试验室进行试验, 结果应以 3 组试件平均值作为抗剪强度参数。

5 现场取样的试件进行试验, 试验结果取单桩 (孔) 所有芯样测定值的最小值。当设计对不同深度的指标有要求时, 试验结果取各深度段测定值的最小值。

8.3 三轴压缩试验

8.3.1 三轴压缩试验应采用下列仪器:

1 应变控制式三轴仪应由压力室、轴向加压设备、周围压力系统、反压力系统、孔隙水压力量测系统、轴向变形和体积变化量测系统组成。

2 其他设备和材料应符合下列规定:

- 1) 橡皮膜: 应具有弹性的乳胶膜, 厚度宜为 0.2~0.3mm;
- 2) 不透水板: 直径应与试件直径相等;
- 3) 滴定管: 分度值不应大于 0.1mL;
- 4) 秒表: 分度值不应大于 1s;
- 5) 试验用水: 应采用纯水。

8.3.2 试验步骤应符合下列规定:

1 从养护地点取出试件后, 应立即测量试件直径和高度, 精确至 0.1mm。用卡尺沿圆周对称的十字方向量取 4 个高度, 计算其平均值作为该试件的平均高度, 精确至 0.1mm。另外,

用游标卡尺测量试件上部位、中部位和下部位的直径，并按下式计算试件的平均直径：

$$D_0 = \frac{D_1 + 2D_2 + D_3}{4} \quad (8-3-2)$$

式中 D_0 ——试件平均直径 (mm)，精确至 0.1mm；

D_1 ——试件上部位直径 (mm)；

D_2 ——试件中部位直径 (mm)；

D_3 ——试件下部位直径 (mm)。

2 在压力室底座上依次放上不透水板、试件、不透水板及不透水试件帽，将橡皮膜用承膜筒套在试件外，并用橡皮圈将橡皮膜两端与底座及试帽分别扎紧。

3 将压力室罩顶部活塞提高，放下压力室罩，将活塞对准试件中心，并均匀地拧紧底座连接螺母。向压力室内注满纯水，待压力室顶部排气孔有水溢出时，拧紧排气孔，并将活塞对准测力计及试件顶部。

4 将离合器调至粗位，转动粗调手轮，当试件帽与活塞及测力计接近时，将离合器调至细位，改用细调手轮，使试件帽与活塞及测力计接触，装上变形指示计，将测力计和变形指示计调至零位。

5 关排水阀，开周围压力阀，施加围压。

6 启动电动机，合上离合器，开始剪切。试件每分钟产生 0.3%~0.4% 的轴向应变（或 0.2mm 变形量）测记一次测力计和轴向变形值。当轴向应变大于 3% 时，试件每分钟产生 0.7%~0.8% 的轴向应变（或 0.5mm 变形量），测记一次。

7 当测力计读数出现峰值时，剪切应继续到轴向应变为 15%~20%。

8 试验结束，关电动机。关周围压力阀，脱开离合器，将离合器调至粗位，转动粗调手轮，将压力室降下，打开排气孔，

排除压力室的水，拆卸压力室罩，拆除试件，描述试件破坏状态，称试件质量，并测定含水率。

8.3.3 试验所得数据应按下列方法进行处理：

1 试件的校正面积应按下式计算：

$$A_a = \frac{A_0}{1 - \epsilon_1} \quad (8.3.3-1)$$

式中 A_0 ——试件初始横截面积 (cm²)；

A_a ——试件剪切时校正面积 (cm²)，由试验前量测的试件尺寸计算的试件尺寸计算的试件平均断面面积；

ϵ_1 ——轴向应变 (%)。

2 主应力差 ($\sigma_1 - \sigma_3$) 应按下式计算：

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{C \cdot R}{A_a} \quad (8.3.3-2)$$

式中 σ_1 ——大主应力 (kPa)；

σ_3 ——小主应力 (kPa)；

C ——测力计率定系数 (N/0.01mm)；

R ——百分表读数 (0.01mm)。

3 绘制应力圆和强度包线，应以法向应力 σ 为横坐标，剪应力 τ 为纵坐标，在横坐标上以 $\frac{\sigma_{1f} + \sigma_{3f}}{2}$ 为圆心， $\frac{\sigma_{1f} - \sigma_{3f}}{2}$ 为半径，在 τ - σ 应力平面图上绘制破损应力圆，做应力圆包线，该包线的倾角应为内摩擦角，包线上纵轴上的截距应为黏聚力。

4 水泥土试验室试件进行试验，结果应以 3 组试件平均值作为抗剪强度参数。

5 现场取样的试件进行试验，试验结果取单桩（孔）所有芯样测定值的最小值。当设计对不同深度的指标有要求时，试验结果取各深度段测定值的最小值。

9 渗透试验

9.1 仪器设备

9.1.1 水泥石试验室进行渗透试验时,试验装置应符合下列规定:

1 渗透容器:应由渗透试模、透水板和滤纸组成。

2 水泥石渗透试验装置:应由渗透容器、气源、压力表、出水管、进水管组成。

3 其他设备和材料:

1) 气源:应能使水压按规定要求稳定地作用在试件上;

2) 渗透试模:应采用金属试模,上口内径应为70mm,下口内径应为80mm,高度应为40mm,试模上部侧面应带有出水孔;

3) 压力表:量程应为0~2.5MPa,精确度不应低于0.4级;

4) 密封材料:可采用水泥加黄油密封材料;

5) 透水板: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:分度值不应大于0.1mL;

7) 滤纸:直径宜为70mm;

8) 秒表:分度值不应大于1s;

9) 试验用水:应采用纯水。

9.1.2 对采用水泥石取芯试样进行渗透试验时,试验装置应符合下列规定:

1 应变控制式三轴仪:由压力室(宜采用10cm试样直径

的三轴压力室)、周围压力系统、反压力系统等组成。

2 其他设备和材料:

1) 橡皮膜:应具有弹性的乳胶膜,厚度宜为0.2~0.3mm;

2) 透水板:直径与试件直径相等,其渗透系数宜大于试件的渗透系数,使用前应在水中煮沸并泡于水中。

3) 滴定管:分度值不应大于0.1mL;

4) 秒表:分度值不应大于1s;

5) 试验用水:应采用纯水。

9.2 试验室试件渗透试验步骤

9.2.1 养护至规定龄期的试件应从养护室取出、脱模,并用拧干的湿布擦拭试件表面;采用密封材料密封装入渗透试模,下口放置透水板,装入渗透仪,并在试件上端面放置滤纸。

9.2.2 调节压力表,逐级施加压力。第一级压力宜为0.02MPa,加压等级宜为0.02MPa、0.04MPa、0.06MPa、0.08MPa、0.10MPa,以后应以0.10MPa的加压幅度递增,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石试件表面有水渗出为止,应记录此时的恒定渗透压力 p ,并测定水泥石试件渗出的水量。

9.2.3 当滴定管内液面逐渐稳定后,开始读数和记录,同时测记水温。读数时间间隔应根据水泥石试件的渗水量而确定。对渗水量大的试件,宜每隔3~5min读数一次;当渗水量很小时,宜每隔30~60min读数一次。

9.2.4 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} cm/s时,即可停止试验。

9.2.5 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。

9.3 现场取样试件渗透试验步骤

9.3.1 在压力室的底座上,依次放上透水板、滤纸、试件、滤纸、透水板及透水试帽,将橡皮膜用承膜筒套在试件外,并用橡皮圈将橡皮膜两端与底座及试帽分别扎紧。

9.3.2 将压力室罩顶部活塞提高,放下压力室罩,将活塞对准试件中心,并均匀地拧紧底座连接螺母。向压力室内注满纯水。

9.3.3 打开围压阀,施加小于2.0倍试样无侧限抗压强度所对应的围压,使试件与橡皮膜紧密贴合。

9.3.4 对试件施加小于试样无侧限抗压强度对应的压力,使纯水从试件底部进入试件,从试件顶部溢出至反压体变计量管(器),至流水速率稳定后,开始量测渗水量,同时测记水温。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3~5min读数一次;当渗水量很小时,宜每隔30~60min读数一次。

9.3.5 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} cm/s时,即可停止试验。

9.4 数据处理及报告

9.4.1 水温 $T^{\circ}\text{C}$ 时水泥土渗透系数应按下式计算:

$$k_T = \frac{Q}{iA_1 t} \quad (9.4.1-1)$$

$$i = \frac{p}{100\gamma_w h} \quad (9.4.1-2)$$

式中 k_T ——水温 $T^{\circ}\text{C}$ 时水泥土渗透系数 (cm/s),精确至0.01

$\times 10^{-n}$ cm/s;

t ——时间间隔 (s),精确至1s;

A_1 ——试件中部横截面积 (cm^2),精确至0.1 cm^2 ;

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0.1 mL;

i ——水力梯度,精确至0.01;

p ——施加的渗透压力 (MPa),精确至0.02 MPa;

γ_w ——水的重度 (N/cm^3),取0.0098 N/cm^3 。

9.4.2 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} cm/s。

9.4.3 渗透试验应以水温 20°C 为标准温度,标准温度下的渗透系数应按下式计算,且黏滞系数比 $\left(\frac{\eta_T}{\eta_{20}}\right)$ 的确定应符合《土工试验方法标准》GB/T 50123第13.1节表13.1.3的规定:

$$k_{20} = k_T \times \frac{\eta_T}{\eta_{20}} \quad (9.4.3)$$

式中 k_{20} ——水温为标准温度时试件的渗透系数 (cm/s),精确至 0.01×10^{-n} cm/s,其中 n 为数量级;

η_T ——水温 $T^{\circ}\text{C}$ 时水的动力黏滞系数 ($\text{kPa} \cdot \text{S}$);

η_{20} ——水温 20°C 时水的动力黏滞系数 ($\text{kPa} \cdot \text{S}$)。

9.4.4 水泥土试验室试件试验,其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 p 。

2 当3个试件在相同的渗透压力 p 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 0.01×10^{-n} cm/s。

3 当3个试件中有2个试件在相同的渗透压力 p 下渗水时,应以这2个试件渗透系数平均值作为该组试件渗透系数,结果精

确至 0.01×10^{-4} cm/s。

4 当 3 个试件在不同的渗透压力 p 下渗水时, 该组试件的试验结果应作废, 并应重新制作试件。

9.4.5 水泥土现场取样的试件进行试验, 试验结果取单桩 (孔) 所有芯样测定值的最大值。当设计对不同深度的指标有要求时, 试验结果取各深度段测定值的最大值。

9.4.6 渗透试验报告, 包括工程概况、仪器设备、配比参数、工程部位、桩 (孔) 号、深度、龄期、试件的渗透压力和渗透系数。

10 现场标准贯入试验

10.1 仪器设备

10.1.1 标准贯入试验的设备应符合《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

10.1.2 落锤应采用质量 63.5kg, 落距 76cm。

10.1.3 贯入器应由对开管和管靴两部分组成。对开管, 长度应大于 500mm, 外径 51mm, 内径 35mm; 管靴, 长度 50 ~ 76mm, 刃口角度 $18^{\circ} \sim 20^{\circ}$, 刃口单刃厚度 1.6mm。

10.1.4 钻杆应采用直径 42mm, 相对弯曲小于 1/1000。

10.2 试验步骤

10.2.1 钻进至试验标高以上 15cm 处, 清除孔底残土。

10.2.2 采用自动脱钩的自由落锤法进行锤击, 并减小导向杆与锤间摩阻力, 避免锤击时的偏心和侧向晃动, 保持贯入器、探杆、导向杆连接后的垂直度, 锤击速率应小于 30 击/min。

10.2.3 贯入器打入 15cm 后, 开始记录每打入 10cm 的锤击数, 累计打入 30cm 的锤击数为标准贯入试验锤击数 N 。当锤击数已达 50 击, 而贯入度未达 30cm 时, 可记录 50 击时的贯入度 ΔS , 中止试验。

10.3 数据处理及报告

10.3.1 应按下式换算成相当于 30cm 的标准贯入锤击数 N :

$$N=30\times\frac{50}{\Delta S} \quad (10.3.1)$$

式中 ΔS ——50 击时的贯入度 (cm)。

10.3.2 本试验方法标准贯入锤击数 N 值不作修正。

10.3.3 试验结果取单桩 (孔) 所有测定值的最小值。当设计对不同深度的指标有要求时, 试验结果取各深度段测定值的最小值。

10.3.4 现场标准贯入试验报告, 包括工程概况、仪器设备、配比参数、工程部位、桩 (孔) 号、检测深度、标准贯入锤击数。

本标准用词说明

1 为了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, 非这样做不可的用词:
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用词:
正面词采用“应”, 反面词用“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用词:
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用词, 采用“可”。

2 条文中指定按其他有关标准、规范的规定执行时, 写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

江苏省工程建设标准

水泥土试验方法

DGJ32/TJ 154—2013

条 文 说 明

目 次

1 总则	41
3 现场取芯及完整性检测	42
3.1 一般规定	42
3.2 检测步骤	42
4 密度试验	44
4.3 蜡封法测定密度	44
5 试件制备	45
5.1 仪器设备	45
5.2 水泥土试验室试件的制备	45
5.3 水泥土现场取样试件的制备	46
6 无侧限抗压强度试验	47
6.2 试验步骤	47
7 压缩试验	48
7.1 仪器设备	48
7.2 试验步骤	48
8 剪切试验	49
8.1 一般规定	49
8.2 直接剪切试验	49
8.3 三轴压缩试验	49
9 渗透试验	50
9.1 仪器设备	50
9.2 试验室试件渗透试验步骤	50
9.3 现场取样试件渗透试验步骤	51
10 现场标准贯入试验	52
10.3 数据处理及报告	52

1 总 则

1.0.1 水泥搅拌桩（墙）主要用于承受竖向荷载的建筑复合地基和承受水平荷载兼止水的基坑支护结构。近年来，以其施工期短、可加固深度大、处理效果好等特点广泛应用在工程实践中。

水泥土是以水泥为固化剂，通过特制的深层搅拌机械，将固化剂和地基土强制搅拌，使软土硬化成具有整体性、水稳定性和一定强度的加固体。虽然工程质量验收规范对其试块强度、取芯检测桩体强度、渗透系数等有明确要求，但是目前国内尚无全面、系统的水泥土试验方法及规范，导致试验过程随意性大，检测报告内容不全面，结论不明确，给相关单位带来了诸多问题。

1.0.2 本标准中密度试验、无侧限抗压强度试验、压缩试验、剪切试验、渗透试验不仅适用于现场取芯芯样的试验，也适用于水泥土原材料按照设计配比进行的试验室试验。

标准贯入试验在高速公路、市政道路的搅拌桩检测中，已有比较成熟的经验，并形成了一套由标准贯入锤击数、现场芯样描述和芯样无侧限抗压强度值三项技术指标相结合的综合性检测评判标准。目前，标准贯入锤击数指标在建筑物复合地基处理的水泥搅拌桩、基坑围护重力挡土墙和止水帷幕水泥搅拌墙的检测中，尚未形成完整可靠的质量评判体系。考虑到标准贯入试验为原位测试方法，具有简便快捷、操作性强等优点，本条引入了标准贯入试验方法。

1.0.3 本条指出了进行水泥土试验时，还应执行《土工试验方法标准》GB/T 50123、《水泥土配合比设计规程》JGJ/T 233、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79、《岩土工程勘察规范》GB 50021等标准的规定。

3 现场取芯及完整性检测

3.1 一般规定

3.1.1 受检桩的选取应具有一定的代表性, 并结合工程部位的重要性及不同的施工工艺、施工机械等实际情况来确定。

3.1.2 水泥土早期强度较低, 同时考虑到龄期 28d 的强度可达标准强度的 60%~75%, 此时水泥土已具有一定的强度, 且之后强度增长较慢, 便于钻取成型芯样并保证取芯率, 所以现场取芯检测宜在成桩 28d 后进行。

如果取出的芯样要进行压缩、剪切和渗透等试验, 考虑到芯样已经具有一定强度, 不方便切取制备, 因此建议现场取芯检测在成桩后 3~7d 内进行。

3.2 检测步骤

3.2.1 由于现场条件比较复杂, 检测前应详细了解被检测桩相关资料。为确保钻芯孔不偏出桩外, 应仔细校正钻机的垂直度, 钻机的运行状态会直接影响钻芯的质量, 为了确保钻芯检测的质量, 钻机运行时应平稳、无跳动, 钻机配套的钻杆应平直。

3.2.2 桩的中心位置是搅拌桩(墙)机钻杆的位置, 其水泥含量较低, 不具有代表性, 因此钻芯孔不应设置在桩的中心。一般搅拌桩(墙)的桩径不是很大且钻杆垂直度存在一定的偏差, 为了确保顺利钻穿桩底, 故开孔位置距桩中心约 0.25 倍桩径。

钻芯检测常用的钻头直径是 91mm 和 108mm, 江苏省各检测单位大多对这两种钻头取芯具有成熟的经验, 因此可以结合工

程实际情况, 从这两种尺寸的钻头中选择合适的进行检测。

根据实际检测的经验, 搅拌均匀、桩身完整性和连续性较好、桩体强度较高的搅拌桩(墙), 芯样采取率可以达到 80%以上。为了确保较高的芯样采取率, 钻进过程中应使用岩芯管连续钻取芯样, 严禁高转速扫孔钻进; 遇到加固较差的桩体, 岩芯管无法取样时, 应使用取土器取样。芯样采取率过低的桩很有可能是桩本身的施工质量问题或钻机操作不当造成。因此, 在遇到芯样采取率过低时, 应予以重视, 查明原因再继续进行检测。

芯样的扰动和含水率变化对无侧限抗压强度的影响比较大。为了减小卸样时对芯样的扰动, 在使用单动双管岩芯管取样时, 严禁敲击卸样, 严禁单管岩芯管利用泥浆泵冲压挤出芯样。为了保证芯样的含水率, 做室内抗压强度的芯样取出后应立即密封, 存放在阴凉处。试样在运输过程中应保证密封, 轻拿轻放, 防止产生扰动和挤压。试样存放的时间越长, 其含水率变化越大, 受扰动的机率也越大, 所以建议芯样在 3d 内进行无侧限抗压强度试验。

现场的芯样描述是钻芯检测的第一手原始资料, 是评判搅拌桩(墙)质量的重要依据, 检测人员一定要真实、及时、详细地记录钻探情况, 并对所取的芯样进行描述。为了确保现场检测工作的真实性, 所取芯样必须留有影像资料, 因此在每根桩钻探完成后, 需对芯样进行拍照。

采用取土器取样应注意: 优先采用静压方式, 若采用锤击, 则应重锤少击; 下放取土器必须平稳, 避免戳坏孔壁使孔底淤积浮土, 或者撞击孔底引起土样扰动; 提升取样器时要做到平稳, 切勿陡然升降或碰撞孔壁, 以免土样失落。

4 密度试验

4.3 蜡封法测定密度

4.3.2 蜡封法测定密度试验中的蜡封温度，以蜡液达到熔点以后不出现气泡为准。蜡液温度过高，对土样的含水率和结构都会造成一定的影响，而温度过低，蜡溶解不均匀，不易封好蜡皮。

蜡封试样在水中的质量，与水的密度有关，水的密度随温度而变化，本条中测定水温的目的是为了消除因水密度变化而产生的影响。由于各种蜡的密度不相同，试验前应测定蜡的密度。

5 试件制备

5.1 仪器设备

5.1.1 试模分为立方体、圆柱体和截头圆锥形三种试模，立方体试模用于无侧限抗压强度试验、压缩试验、剪切试验，圆柱体试模用于无侧限抗压强度试验，截头圆锥形试模用于抗渗试验。

5.2 水泥土试验室试件的制备

5.2.1 当采用水泥干粉加入土中时，为防止水泥干粉搅拌时溅出，影响试验精度，宜先人工拌和，然后再进行机械搅拌。

5.2.2 考虑到有些水泥土黏性较大，难以通过振动台将其振实成型，故也可采用人工捣实成型。

考虑到成型过程中的质量损耗，实际操作过程中所需水泥土的质量宜增加 10% 左右。

5.2.3 试件制作后早期强度较低，应有一定的养护结硬时间，所以建议试件成型后在标准养护室养护一段时间后再拆模。无侧限抗压强度试件养护 48h 后可拆模。为便于压缩试验和剪切试验试样装入试验容器，应带环刀养护。

鉴于养护条件对水泥土强度影响较大，本条规定按照《水泥土配合比设计规程》JGJ/T 233 的规定，将试件浸入 $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的水中进行养护。

5.3 水泥土现场取样试件的制备

5.3.3 试件的高径比宜与试验室圆柱体试件相同,考虑到现场取样试件制样有难度,试件的高径比可控制在1.0~2.0范围内。对于直径变化不大的试件,建议在切样加工时可考虑制作标准的模具,这样可以方便试件的加工,降低试件的报废率。

端面不平整度及两端面与试样轴线的偏差过大,会对试验结果产生影响,因此本条规定了试件两端面不平整度不得大于0.5mm,试件两端面与轴线的不垂直度偏差不得大于 2° 。

5.3.4 本条规定的水泥土芯样试件的压缩、剪切试验适用于较软的可以用环刀切取的芯样,对于已经硬化强度较高的芯样,应参照《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266—1999第2.9、2.11节的要求进行压缩和剪切试验。

6 无侧限抗压强度试验

6.2 试验步骤

6.2.1 涂抹与不涂抹润滑剂的试件破坏形式不同。不涂抹润滑剂的试件在竖向压力和接触面水平摩擦力的共同作用下,首先沿斜面破坏,然后四周水泥土脱落,于是形成两个对顶的角锥形破坏面。在上下表面涂抹润滑剂的试件,试件与压力机接触面的摩擦力将大大减小,横向变形几乎不受约束,试件沿着竖向力作用的方向平行的产生几条裂缝而破坏,从而测得的强度值偏低。为了安全起见,在试件的上下表面应涂抹润滑剂。

6.2.2 加荷速度对水泥土强度测定值具有一定的影响,并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1.0MPa时,加荷速度取0.03~0.08kN/s;水泥土预估强度不小于1.0MPa时,加荷速度取0.08~0.15kN/s。

6.2.3 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,应变在1%~10%之间,因此塑性破坏试件可用应变为10%时对应的荷载作为破坏荷载。

7 压缩试验

7.1 仪器设备

7.1.1 本条中的压缩试验的仪器设备应符合《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定，且环刀内径应为 61.8mm，高度应为 20mm。

7.2 试验步骤

试验步骤主要参考《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定。考虑到水泥土强度较高，根据实际情况可将施加的压力值提高。

8 剪切试验

8.1 一般规定

8.1.1 剪切试验适用于水泥土试验室试件及现场取样试件的抗剪强度测定。在一般情况下不需要考虑水泥土的固结与排水问题，或者说在破坏时来不及排水，故本条规定在对水泥土的剪切试验中采用快剪试验或不固结不排水压缩试验。

8.2 直接剪切试验

8.2.1 本条中的直接剪切试验的仪器设备应符合《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定。

8.2.2 试验步骤主要参考《土工试验方法标准》GB/T 50123 中快剪试验的规定。

8.3 三轴压缩试验

8.3.1 本条中的三轴压缩试验的仪器设备应符合《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定。

8.3.2 试验步骤主要参考《土工试验方法标准》GB/T 50123 中不固结不排水压缩试验的规定。

9 渗透试验

9.1 仪器设备

9.1.1 本条规定了水泥土试验室试件进行渗透试验的设备要求。

水泥土渗透试验装置需提供一定的渗透压力,且提供的水压应能按规定的要求稳定地作用在试件上,主要是因为水泥土的渗透系数非常小,参照《土工试验方法标准》GB/T 50123 中的变水头渗透装置,存在某些水泥土试件基本上不渗水,试验时间周期长且测定的数据不够准确,所以规定水泥土渗透仪应能够提供稳定的渗水压力,这样不仅更具有可操作性,而且更符合实际工程使用情况。

渗透试模应采用高度为 40mm,且试模上部侧面应带有出水孔的金属试模,主要是考虑到水泥土渗透试件高度为 30mm,为了便于测定其渗出的水量,防止侧溢而做此规定。

9.2 试验室试件渗透试验步骤

水泥土试验室试件进行渗透试验主要参照《水泥土配合比设计规程》JGJ/T 233 进行。

试件的密封应按用水泥加黄油密封时,其质量比宜为 2.5~3,具体步骤为:采用三角刀将密封材料均匀地刮涂在试件侧面上,厚度应能保证试件与试模密封,应套上试模并将试件压入,在试模下口装入透水板,使透水板与试模底齐平。另外,试件上端面放置滤纸,是便于观察试件周围是否渗水,以判定试件是否密封完好。

9.3 现场取样试件渗透试验步骤

水泥土现场取样进行渗透试验宜在三轴仪上进行。

10 现场标准贯入试验

10.3 数据处理及报告

10.3.2 根据《岩土工程勘察规范》GB 50021 第 10.5.5 条“通过实测杆件的锤击应力波，发现锤击传输给杆件的能量变化远大于杆长变化时的能量衰减，故建议不作杆长修正的 N 值是基本的数值”，且由于缺乏相关经验，本试验方法标准贯入锤击数 N 值不作修正。