

UDC

中华人民共和国行业标准



YS 5218—2000

P

J 105—2001

岩土静力载荷试验规程

**Specification for static load test
of rock and soil**

2000—12—12 发布

2001—07—01 实施

中国有色金属工业协会发布

中华人民共和国行业标准

岩土静力载荷试验规程

Specification for static load test
or rock and soil

YS 5218—2000

主编单位:中国有色金属工业
西安勘察设计研究院

批准部门:中国有色金属工业协会

施行日期:2001年7月1日

中国计划出版社

2001 北 京

前 言

本规程是根据原中国有色金属工业总公司中色投管字[1998]04号文和国家有色金属工业局国色规字[2000]121号文下达的《岩土工程勘察技术规程》(17项)修订计划,对《岩土静力载荷试验规程》(YSJ218-90、YBJ17-90)进行修订而成的。

本规程共分五章,主要内容有:稳定法与快速法的浅层、深井平板载荷试验,螺旋板及湿陷性黄土载荷试验的仪器设备、安装、观测要求及资料整理。

本次修订增加了深井平板载荷试验和螺旋板载荷试验章节内容。

本标准由中国有色金属工业协会归口管理,在执行本规程过程中,如发现本规程条文有欠妥之处,请将意见直接函寄中国有色金属工业工程建设标准规范管理处(北京复兴路12号;邮政编码100038)。具体解释工作由中国有色金属工业西安勘察设计研究院(陕西省西安市西影路46号,邮政编码710054)负责。

本规程主编单位和主要起草人:

主 编 单 位:中国有色金属工业西安勘察设计研究院

主要起草人:谭昌奉 王成杰

1 总 则

1.0.1 为统一岩土工程勘察中静力载荷试验方法,确保工程质量,以适应有色冶金行业工程建设发展的需要,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于有色冶金工业建设岩土工程勘察中确定地基承载力、变形模量、非自重湿陷性黄土的湿陷起始压力及黄土的湿陷性等指标所进行的岩土静力载荷试验,其他行业的同类工作可参照执行。

1.0.3 载荷试验应采用稳定法,在有经验地区可采用快速法载荷试验。深井平板载荷试验、螺旋板载荷试验可确定较深地基土的承载力和变形模量指标。同一层地基土的载荷试验点数量不应少于3处。

1.0.4 岩土静力载荷试验除应执行本规程外,尚应符合国家和本行业现行的有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 刚性承压板 Rigid bearing plate

用钢板或钢筋混凝土等制作的承压板,在荷载作用下不产生弯曲变形。

2.1.2 稳定法载荷试验 Steady bearing test

指以规定的沉降稳定标准进行加荷观测的载荷试验。

2.1.3 快速法载荷试验 fast bearing test

指以规定的时间为标准进行加荷观测,而不按沉降稳定标准加荷观测的载荷试验。

2.1.4 地基承载力特征值 Characteristic value of subsoil bearing capacity

在保证地基稳定的条件下,使建筑物和构筑物的沉降量不超过允许值的地基承载能力。在本规程中指通过静载荷试验按比例界限法、相对沉降法或极限荷载法确定的承载力。

2.2 符 号

f_{ak} ——地基承载力特征值

d ——承压板直径或等代直径

F ——承压板面积

μ ——泊松比

E_0 ——变形模量

E_u ——不排水变形模量

E'_u ——排水变形模量

S' ——实测沉降值

- s ——修正后的沉降值
 c —— $p \sim s'$ 曲线直线段斜率
 s_0 —— $p \sim s'$ 曲线直线段在 S' 轴上截距
 s_N ——第 N 级荷载下实测沉降值
 t_N ——第 N 级荷载下沉降达相对稳定标准时所需的时间
 N ——加荷数级
 e ——自然对数的底
 α_N ——第 N 级荷载下, $s - \ln t$ 曲线的截距
 β_N ——第 N 级荷载下, $s - \ln t$ 曲线的斜率
 $\Delta_{mn}^{(i)}$ ——第 m 级荷载对第 n 级荷载第 i 次观测值中应扣除的
 残余沉降量
 S_s ——黄土浸水的湿陷量
 P ——承压板上总荷载
 P ——单位面积上所受的壓力
 P_0 ——有效上覆压力
 P_α ——标准压力

3 仪器设备

3.0.1 载荷试验承压板应符合下列规定:

1 应采用圆形或方形刚性承压板。

2 天然地基浅层平板载荷试验承压面积宜为 2500cm^2 或 5000cm^2 。在软粘性土和松散—稍密砂类土中做试验时,承压板面积不宜小于 5000cm^2 ;在坚硬粘性土中做试验时,承压板面积不宜小于 1000cm^2 ;在碎石类土中做试验时,承压板直径宜大于受压层最大粒径的 10~20 倍。

3 天然地基深井平板载荷试验宜采用圆形承压板,面积为 5000cm^2 。

4 螺旋板载荷试验应采用标准型螺旋形承压板,承压板宜用厚度为 5mm、投影面积为 200cm^2 、螺距为 45mm 的螺旋形钢板或厚度为 5mm、投影面积为 500cm^2 、螺距为 60mm 的螺旋形钢板。

3.0.2 载荷试验宜用液压千斤顶加荷,也可用重物加荷。采用液压千斤顶加荷时,最大使用荷载宜小于其额定量程的 80%,压力表的~~最大使用~~量程宜小于额定量程的 70%,压力表精度等级不应低于 1.5 级。

3.0.3 采用千斤顶加荷时,其反力可由重物、地锚、斜撑装置及洞室顶板等提供。

3.0.4 量测载荷试验的压板沉降值必须保证量测的精度和足够的量程,宜选用精度不小于 0.01mm 的百分表或电测位移传感器。

3.0.5 载荷试验用的仪表应定期按有关规定进行检校和标定。

4 试验方法

4.1 一般规定

4.1.1 试验点的选择应根据建筑特点、基础埋深、技术要求、地基土条件及勘察阶段等综合确定。

4.1.2 试验应符合以下要求：

1 平板载荷试验基坑宽度不应小于承压板宽度或直径的 3 倍；

2 试验面平整，并在基面上铺厚度不大于 20mm 的中粗砂找平后放置承压板；

3 传力系统应垂直其承压板并通过其中心；

4 试验期间，试验面应避免阳光照射、冰冻和雨水侵入，以保持试验土层天然结构和天然湿度；

5 加荷等级不应小于 8 级，最大加载量不宜少于荷载设计值的 2 倍。第一级施加的荷载应包括设备自重在内，以后每级荷载增量应等量增加。

4.1.3 试验后，应从承压板中心向下开挖探井或钻探，详细描述岩土特征、取土试样，进行室内土工试验，并与载荷前的指标进行对比。取样深度应在 1.0 倍的承压板宽度或直径处。

4.1.4 试验记录应符合本规程附录 A 的规定。

4.2 稳定法平板载荷试验

4.2.1 稳定法平板载荷试验用于浅层各类土和软岩、极软岩。

4.2.2 试坑开挖应符合下列规定：

1 对含碎石的粘性土，承压板边缘和其下不应接触大块碎石；

2 在开挖至离试验标高 20~30cm 处停挖，待安装试验设备

时再挖至试验标高,并应保护试验岩土的结构不扰动;

3 当试验标高低于地下水位时,应先将地下水位降低到试验标高以下后再进行开挖,试验设备安装完成并使地下水位恢复到原水位后再开始试验。

4.2.3 试验设备安装应按下列步骤进行:

1 试验面整平后,铺设 10~20mm 厚的中粗砂,用水平尺找平,并平而轻地放置承压板。

2 千斤顶垂直放置在承压板中心轴线上,以保持传力中心垂直,承压板受荷不偏心。

3 埋设量测沉降用的固定点,该点应设在离承压板边缘 1.0~1.5 倍承压板直径或边长的地方。

4 在承压板中心两侧对称安装不少于 2 个量测沉降仪表。

4.2.4 试验加荷观测应符合下列规定:

1 按确定的加荷值施加荷载,每加一级荷载的第一个小时内按 5、10、15、15、15min 间隔记录量测的沉降值,以后每 30min 记录一次。

2 沉降稳定标准为连续 2h 内每小时沉降量不超过 0.1mm。

3 当需观测弹性回弹值时,每级卸荷量为加荷增量的 2 倍。10min 观测一次,每级荷载观测 1h。荷载全部卸除后继续观测 3h,观测时间间隔为 10min、20min、30min、1h、1h。

4.2.5 在试验过程中,当出现下列现象之一时,可认为达到破坏,终止加荷。

1 承压板周围土明显侧向挤出、隆起或产生裂缝。

2 沉降量急骤增大,荷载—沉降($p-s'$)曲线出现陡降段。

3 在某一级荷载下,24h 内沉降速率不能达到稳定标准。

4 $s/b \geq 0.06$ (b 为承压板宽度或直径)。

5 总加荷量已达到设计要求值的 2 倍以上,或超过第一拐点至少三级荷载也可终止试验。

4.3 快速法平板载荷试验

4.3.1 快速法不宜用于软粘性土。

4.3.2 在有经验地区可采取快速法载荷试验。其试坑开挖与安装的要求应符合本规程 4.2.2 和 4.2.3 条的规定。

4.3.3 快速法载荷试验每级荷载的沉降观测时间应为 2h, 并应每隔 15min 观测一次沉降量, 共测记 8 次。

4.4 深井平板载荷试验

4.4.1 深井平板载荷试验, 适用于各类土及软岩和极软岩。

4.4.2 试验井开挖应符合下列规定:

1 试验井挖(钻)至预定深度, 其下岩土应保持结构不受扰动。

2 试验井直径应根据井壁土层的稳定情况确定, 但不宜小于 100cm; 在距试验高度 80cm 以下, 井径不应大于 90cm。

3 当试验标高低于地下水位时, 宜将地下水位降低于试验面后进行开挖(钻), 待试验设备安装后使地下水恢复到原水位再开始试验。

4.4.3 试验设备安装应按下列步骤进行:

1 试验井底整平后, 铺设 2cm 厚的中、粗砂, 并用水平尺找平。

2 传力系统可采用大于 $\phi 90\text{mm}$ 、小于井径的无缝钢管, 用法兰盘联结至地面, 压板、传力及加压系统中心保持重合。

3 反力系统可采用堆载法, 地锚法或利用井壁扩圈作反力进行加荷。

4 基准桩应设在压板直径 1.0~1.5 倍处, 安装量测沉降的百分表或位移传感器 4 个。

4.4.4 试验的加荷、观测应符合本规程 4.2.4 条的规定。

4.4.5 在试验过程中, 当出现下列现象之一时, 可终止加荷:

1 当 $P \sim S$ 曲线上,有可判定极限荷载陡降段,且沉降量超过 $0.04d$ (d 为承压板直径)。

2 本级沉降量大于前一级沉降量的 5 倍。

3 在某级荷载下经 24h 沉降量尚未稳定。

4 试验土层坚硬,压板沉降量很小时,最大加荷量不小于设计荷载的 2 倍。

4.5 湿陷性黄土平板载荷试验

4.5.1 湿陷性黄土平板载荷试验适用于判断黄土的湿陷性和测定湿陷起始压力。

4.5.2 湿陷性黄土平板载荷试验承压板面积,不宜小于 5000cm^2 。

4.5.3 试坑开挖、试验设备安装及加荷、沉降观测应符合本规程 4.2 节的有关规定。

4.5.4 当加荷达到设计荷载或 200kPa 沉降稳定后向试坑内注水,并保持水头为 $20 \sim 25\text{cm}$ 。测得的浸水稳定沉降量即为湿陷量。

4.5.5 测定湿陷起始压力应采取饱水法载荷试验,并按以下步骤进行:

1 试坑开挖与设备安装的要求应符合本规程 4.2.2、4.2.3 条。

2 试验设备安装后,应在压板周围的试坑底铺 50mm 厚的砾石层,然后向试坑注水,水头保持 30cm ,连续浸水 $3 \sim 4\text{d}$,保证 3.5 倍承压板宽度(或直径)深度范围内土层达到饱和。

3 每级荷载增量宜采用 $15 \sim 25\text{kPa}$,试验终止压力不宜小于 200kPa 。

4 每级荷载的观测与沉降稳定标准应符合本规程 4.2.4 条。

5 根据绘制的湿陷量 s_s 与压力曲线图,取曲线转折点所对应的压力作为湿陷起始压力;当曲线上的转折点不明显时,可取湿

水沉降量 s_s 与承压板宽度 b 之比为 0.015 时所对应的压力作为湿陷起始压力。

4.6 螺旋板载荷试验

4.6.1 螺旋板载荷试验适用于深层或地下水位以下难以采取原状土试样的砂土、粉土和灵敏度高的软粘性土。

4.6.2 进行螺旋板载荷试验应在钻孔中进行,钻孔钻进时应在离试验深度 20~30cm 处停钻,并清除孔底受压或受扰动土层。

4.6.3 试验设备安装应按下列步骤进行:

1 采用直径不小于 $\phi 73\text{mm}$ 、壁厚 10mm 的传力杆连接螺旋板头,要求螺旋形承压板完全进入天然土层中,并紧密接触;

2 下反力地锚和百分表地锚,安装横梁、千斤顶、百分表(四个),要求传力系统垂直。

4.6.4 试验加荷的观测应按下列步骤进行:

1 应力法:用油压千斤顶分级加荷,每级荷载对砂类土、中—低压缩性的粘性土、粉土宜采用 50kPa;对高压缩性土宜采用 25kPa。每加一级荷载后,第 1 小时内按 5、10、15、15、15min 间隔观测沉降,以后按 30min 的时间间隔观测沉降,达到相对稳定后施加下一级荷载。相对稳定标准为 2h 内每小时沉降量不超过 0.1mm。

2 应变法:用油压千斤顶加荷,对砂类土、中低压缩性土宜采用 1~2mm/min 加荷速率,每下沉 1mm 测读压力一次;对高压缩性土宜采用 0.25~0.50mm/min 加荷速率,每下沉 0.25~0.50mm 测读压力一次。

4.6.5 加荷终止条件应按本规程 4.4.5 条执行。

5 资料整理

5.1 稳定法平板载荷试验

5.1.1 稳定法平板载荷试验资料整理工作应按下列步骤进行:

1 原始数据检查、核对和计算。

2 绘制 $p-s$ 、 $s-t$ 曲线草图。

3 用比例关系方程式见(式 5.1.1-1)对荷载与沉降量误差进行总修正,用最小二乘法见(式 5.1.1-2、5.1.1-3)确定 s_0 、 c 。

$$s' = s_0 + cp \quad (5.1.1-1)$$

式中 s' ——各级荷载下的实测沉降值(cm);

s_0 ——直线方程在沉降 s 轴上的截距(cm);

c ——直线方程的斜率;

p ——单位面积上所受的压强(kPa)。

$$c = \frac{N \sum ps' - \sum p \sum s'}{N \sum p^2 - (\sum p)^2} \quad (5.1.1-2)$$

$$s_0 = \frac{\sum s' \sum p^2 - \sum p \sum Ps'}{N \sum p^2 - (\sum p)^2} \quad (5.1.1-3)$$

式中 N ——加荷次数。

4 根据计算的 c 、 s_0 ,按式(5.1.1-4、5.1.1-5)计算各级荷载下修正沉降值 s 。

$$s = cp \text{ (用于比例界限前)} \quad (5.1.1-4)$$

$$s = s' - s_0 \text{ (用于比例界限后)} \quad (5.1.1-5)$$

5 绘制修正后 $p-s$ 、 $s-t$ 曲线。

6 确定和计算界限压力 p_0 、 p_u 、地基承载力特征值 f_{ak} 和变形模量值 E_0 。

5.1.2 界限压力值宜按以下方法确定:

1 当试验的 $p-s$ 曲线上直线段和转折点较明显时,可取其

转折点所对应的压力为比例界限压力。

2 当 $p-s$ 曲线转折点不明显时,可在 $s-\lg t$ 曲线、 $\lg p-\lg s$ 曲线上,取曲线急剧转折点所对应的压力为比例界限压力。

3 当试验达到本规程 4.2.5 条 1~4 款所述破坏时,可取破坏前的最后一级荷载为其极限荷载。

5.1.3 地基承载力特征值 f_{ak} 宜按下述原则确定:

1 当修正后的 $p-s$ 曲线转折点明显时,取该比例界限点对应的荷载值。

2 当极限荷载小于比例界限压力 2 倍时,可取极限荷载值的 1/2。

3 当转折点不明显时,对不同压缩性的天然地基可在修正后 $p-s$ 曲线上分别按表 5.1.3 中的 s/b (或 s/d) 值对应的荷载值确定为承载力特征值。

表 5.1.3 各类地基 s/b 的取值

地 基 名 称	s/b (s/d)
低压缩性粘土和砂类土	0.010~0.015
高压缩性粘土	0.020
新近堆积黄土和饱和黄土	0.015~0.020
碎石类土、岩石强风化地层	0.006~0.010
软质岩石	0.006

5.1.4 当不少于 3 个的试验点的承载力特征值的极差不超过平均值的 30% 时,可取其平均值为该地基土层的承载力特征值。

5.1.5 地基变形模量 E_0 应按式(5.1.5-1~5.1.5-3)计算:

$$E_0 = (1 - \mu^2) \frac{P}{s_d} \quad (5.1.5-1)$$

$$E_0 = \frac{1 - \mu^2}{C_d} \quad (5.1.5-2)$$

$$E_0 = \frac{(1 - \mu^2) \pi d}{4C} \quad (5.1.5-3)$$

式中 E_0 ——变形模量(MPa);

P ——承压板上的总荷载(kN),一般按修正后的 $S = f_{(P)}$ 曲线上的直线部分取值;

s ——与荷载 P 相对应的沉降量(cm);

d ——承压板直径或等代直径(cm);

F ——承压板面积(cm^2);

μ ——土的泊松比,卵、碎石为 0.27,砂类土、粉土为 0.30,粉质粘土为 0.30,粘土为 0.42。

5.1.6 经整理提出的载荷试验资料应符合国家现行行业标准《岩土工程勘察图式图例规程》YS5204 的规定。

5.2 快速法平板载荷试验

5.2.1 快速法平板载荷试验资料整理应包括以下内容:

1 按外推法推算各级荷载下的沉降速率达到相对稳定标准时所需的时间与沉降量;

2 以推算的沉降量绘 $P-s$ 曲线;

3 确定界限压力、承载力特征值和变形模量按本规程 5.1 节中的有关规定进行。

5.2.2 外推法推算沉降量与相对稳定所需时间,应按以下步骤进行。

1 确定线性方程参数 α_N, β_N 。

$$\alpha_N = \frac{\sum s_i \sum [\ln(t_i + 1)]^2 - \sum \ln(t_i + 1) \sum s_i \ln(t_i + 1)}{8 \sum [\ln(t_i + 1)]^2 - [\sum \ln(t_i + 1)]^2} \quad (5.2.2-1)$$

$$\beta_N = \frac{8 \sum s_i \ln(t_i + 1) - \sum s_i \sum \ln(t_i + 1)}{8 \sum [\ln(t_i + 1)]^2 - [\sum \ln(t_i + 1)]^2} \quad (5.2.2-2)$$

式中 α_N ——第 N 级荷载下, $s - \ln t$ 曲线上的截距;

β_N ——第 N 级荷载下, $s - \ln t$ 曲线上的斜率;

s_i ——第 N 级荷载下, t_i 时的沉降实测值(cm);

t_i ——第 N 级荷载下,第 i 次观测时间($t_i = i \times 15\text{min}$, $i = 1, 2, \dots, 8$)。

2 计算第 N 级荷载下沉降达到相对稳定标准时的沉降量 s_N 和所需的时间 t_N 。

$$s_N = \alpha_N + \beta_N \ln(t_N + 1) \quad (5.2.2-3)$$

$$t_N = \frac{60}{1 - e^{-0.01/\beta_N}} \quad (5.2.2-4)$$

式中 e ——自然对数的底。

3 计算残留沉降量。采用快速法试验外推法推算沉降量时,应考虑前一级荷载作用下的沉降量对后一级荷载的沉降量的影响,每次读数的相应残留沉降量可按下式计算:

$$\Delta s_{mn}^{(i)} = \sum_{m=i}^n \beta_m \ln \left[1 + \frac{15i}{120(n-m)+1} \right] \quad (5.2.2-5)$$

式中 $\Delta s_{mn}^{(i)}$ ——第 m 级荷载对第 n 级荷载第 i 次观测值中应扣除的残留沉降量(cm), ($i = 1, 2, \dots, 8$);

m ——第 n 级前的荷载级数。

4 各级荷载下的总沉降量 s_i 可按式(5.2.2-6)计算。

$$s_i = s_i^1 + \sum_{j=1}^i \Delta s_{ji} \quad (5.2.2-6)$$

式中 s_i ——总沉降量(cm);

s_i^1 ——本级荷载下的沉降量(cm);

Δs_{ji} —— j 级荷载对 i 级荷载的最终影响。

5.3 深井平板载荷试验

5.3.1 深井平板载荷试验的资料整理应按本规程 5.1.1 条的步骤进行。

5.3.2 比例界限压力可按本规程 5.1.2 条 1、2 款确定。

5.3.3 当试验出现本规程 4.4.5 条 1~3 款现象时,可取其前一级荷载为极限荷载。

5.3.4 地基承载力特征值可按下述方法确定:

1 当 $p-s$ 曲线有明显的比例界限时,取比例界线点所对应的荷载值。

2 当极限荷载小于比例界限压力 2 倍时,可取极限荷载的 $1/2$ 。

3 当 $p-s$ 曲线上无明显拐点时,可取 $s/d = 0.01 \sim 0.02$ 所对应的 p 值;对粘性土取较大值,砂类土取中值,卵石、强风化岩取较小值。

4 按上述各款确定的地基承载力特征值在使用时不应再进行深度修正。

5.3.5 地基变形模量 E_0 按下式(5.3.5)计算:

$$E_0 = I_0 I_1 (1 - \mu^2) \frac{pd}{s} \quad (5.3.5)$$

式中 E_0 ——地基变形模量;

I_0 ——刚性承压板形状影响系数,圆形刚性承压板 $I_0 = 0.79$;

I_1 ——承压板埋深 z 时的修正系数,当 $z > d$ 时, $I_1 \approx 0.5 + 0.23d/z$ 。

μ ——土的泊松比,碎石土取 0.27,砂土,粉土取 0.3,粉质粘土取 0.35,粘性土取 0.42,不排水条件下的饱和粘性土取 0.50;

d ——承压板直径;

p ——与承载力特征值对应的荷载;

s ——与承载力特征值对应的沉降。

5.4 螺旋板载荷试验

5.4.1 采用应力法对相对稳定观测的试验资料可按本规程 5.1.1 条绘 $p-s$ 、 $s-\lg t$ 曲线。

5.4.2 螺旋板载荷试验确定地基土承载力特征的方法应采用本规程 5.1.3 条的规定。

5.4.3 根据螺旋载荷试验资料可按式(5.4.3-1、5.4.3-2)计算地基的变形模量。

$$E_{\mu} = 0.33 \frac{\Delta p d}{s} \quad (5.4.3-1)$$

$$E'_{\mu} = 0.42 \frac{\Delta p d}{s} \quad (5.4.3-2)$$

式中 E_{μ} ——不排水变形模量(MPa);

E'_{μ} ——排水变形模量(MPa);

Δp ——压力增量(MPa);

s ——压力 p 下固结完成后的最终沉降量(mm);

d ——螺旋板直径(mm)。

附录 A 静力载荷试验记录表

表 A 静力载荷试验记录

[illegible]

记录人:

检查人:

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对于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,在正常情况均应这样做的用词:

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用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时,写法为:“应符合……的要求或规定”或“应按……执行”。

统一书号:1580058·471

定价:108.00 元