

桩和桩基资料汇编

第六机械工业部
第九设计研究院

前 言

我院通过历年工作的经验体会，将国内现行有关的规范、技术杂志、技术情报资料、试桩参数及打桩机具等资料，编辑成这份《桩和桩基设计参考资料汇编》，内容分为两大部份：第一篇为桩的设计，有载荷试验、试验分析、单桩承载力的确定、桩的构造、吊桩及沉桩资料汇集等；第二篇为地质勘测要求、桩基的设计和计算、桩基的负摩阻力、施工机具等，内容较全，可供工业与民用建筑设计者在设计桩基时参考。

由於我院是着重于软土地区的房屋设计，对爆扩桩、承受水平荷载桩和地震力对桩基的影响等部份，未曾编入。

本资料在汇编中所引用的参考资料，都是国内外科技工作者辛勤劳动的成果，但限于我们的水平，仅是作了些汇集和简要的介绍，没有作进一步的归纳论证，而遗漏、错误还在所难免，请希指正。

设计研究院三室

一九八〇年一月

目 录

第一篇 单 桩

一、单桩垂直静载荷试验	(1)
(一) 桩入土后到试桩前的间歇时间	(1)
1 灌注桩	2 预制桩
(二) 加载装置	(1)
1 压重法	2 锚桩法
(三) 加载方法	(2)
1 慢速维持荷载法	2 循环加载法
3 快速维持荷载法	4 稳定法
5 等贯入速率法	6 慢速维持荷载法结合等贯入速率法
(四) 加载卸载分级	(4)
1 加载分级	2 卸载分级
(五) 稳定标准	(4)
(六) 测点布置及测读桩顶沉降的间隔时间	(5)
(七) 终止加载条件	(5)
1 慢速维持荷载法、回另法、快速维持荷载法和稳定法	2 等贯入速率法
(八) 试验报告应包括的内容	(6)
1 试验要求	2 试验条件
3 试桩施工	4 试桩布置
5 观测项目	6 荷载装置、材料规格、用量、配筋图等
7 试验方法	8 其它辅助方法
9 试验成果和讨论	10 附录、图、表、照片
附录一 采用动力法确定单桩和桩基的承载力	
二、单桩的垂直极限荷载	(9)
(一) 按单桩垂直静载荷试验确定	(9)
1 根据沉降随荷载变化的规律分析	2 根据沉降随时间发展的规律分析
3 根据 P—S 曲线各级荷载稳定下沉的增量分析	4 根据桩尖下沉量分析
5 根据所取的 P—S 曲线方程式由计算确定	
6 等贯入速率法试桩的极限承载力确定	
(二) 试桩未达破坏时极限承载力的估算	(14)
1 双曲线法	2 抛物线法
3 麦随基威克司法	
(三) 桩侧摩擦力和桩尖支承阻力的划分	(15)
1 切线法	2 双对数图解法

- 3 S—lg P 半对数图解法
- 4 桩顶回弹法
- 5 P—S 曲线直线段延长法

三、单桩的容许承载力 (18)

(一) 根据试桩的极限荷载确定单桩的容许承载力 (18)

- 1 工业与民用建筑地基基础设计规范的规定
- 2 上海市地基基础规范规定
- 3 铁路工程技术规范第二编桥涵的规定
- 4 北京市桩基小组建议
- 5 美国资料
- 6 日本资料
- 7 德国规范 (DIN 1054)
- 8 波兰桩基规范 (DIN—69/B—02482)

(二) 根据桩顶容许下沉量确定单桩的容许承载力 (21)

- 1 曼苏及考夫曼的建议
- 2 美国规范的规定
- 3 日本规范的规定
- 4 波兰规范的规定
- 5 回弹曲线割线斜率法
- 6 $\Delta S_e / \Delta S_r$ 增量比值法

(三) 按现行规范根据土层分类估算单桩的垂直承载力 (21)

- 1 按工业和民用建筑地基基础设计规范第126条规定估算
- 2 按铁路工程技术规范第二编桥涵的规定估算
- 3 按公路桥涵设计规范估算
- 4 按上海市基础设计第44条第45条的规定估算

(四) 用实测土的力学指标估算 (31)

- 1 根据静力触探估算单桩的承载力
- 2 运用标准贯入击数估算
- 3 根据三轴剪力试验估算
- 4 根据无侧限抗压强度试验指标估算

四、单桩的设计和计算 (37)

(一) 预制钢筋混凝土桩 (37)

- 1 矩形截面
- 2 三角形截面

(二) 桩身配筋 (38)

- 1 预制钢筋混凝土桩
- 2 灌注桩
- 3 纵向弯曲系数 ϕ 取值的讨论

(三) 构造和施工 (40)

- 1 打入式预制桩
- 2 压入式预制桩
- 3 冲击振动灌注桩
- 4 钻孔灌注桩

(四) 接桩 (41)

- 1 硫磺胶泥浆锚法
- 2 焊接法

第 二 篇 桩 基

五、地质勘测要求 (47)

(一) 建筑场地的分类 (47)

(二) 建筑物的分类 (48)

(三) 端承桩的勘探间距 (48)

(四) 摩擦桩的勘探间距	(48)
(五) 桩基工程的勘探深度	(48)
(六) 取土及试验要求	(48)
(七) 其它	(48)
六、桩基的设计原则和桩的选择	(48)
(一) 桩的设置方法	(49)
(二) 预制桩和就地灌注桩	(49)
1 钢筋混凝土预制桩	
2 就地灌注钢筋混凝土桩	
3 工业与民用常用的几种灌注桩	
(三) 桩基一般使用的范围	(51)
1 直接在结构物下面的土层有被浸蚀、冲刷时	
2 结构物在水岸线外时	
3 上海市地基规范的规定及实例	
(四) 桩的布置和间距	(53)
1 独立基础	
2 条形基础	
3 满堂基础	
4 箱形基础	
5 桩的间距	
(五) 桩的内力计算	(55)
(六) 桩基沉降	(56)
1 沉降量计算方法	
2 桩基总沉降量按单桩静载荷试验的沉降量取用的条件	
3 不必验算沉降量的条件	
4 桩基容许的沉降量	
(七) 群桩的承载力	(61)
1 T E Rzag hal和peck公式	
2 砂土中原型试验和扩大模型试验的结果	
3 工业与民用建筑地基基础设计规范的规定	
4 上海市规范对群桩效应的考虑	
5 上海地区单桩承载力随时间增长的实例	
6 上海地区单桩的承载力	
7 上海地区密集大片群桩桩基安全系数取值讨论	
8 关于上海地区桩基持力层的选择	
9 长桩中桩顶变位(下沉)对桩承载力的影响	
七、桩基的负摩擦力	(66)
(一) 桩侧单位面积负摩擦力	(68)
1 按室内无侧限抗压试验(单轴压缩试验)确定	
2 按室内三轴压缩试验所得的内摩擦角确定	
3 按原位工程地质勘测成果确定	
4 按地基的有效应力确定	
(二) 中性点	(72)
1 逐次渐近法	
2 日本“有关桩负摩擦力的设计指针”的规定	
3 经验方法	
(三) 单桩的负摩擦力	(74)
1 日本“国铁”提出的方法	
2 日本“有关桩负摩擦力的设计指针”提出的方法	

- | | |
|------------------------|---------------|
| 3 Zeervaret提出的方法 | 4 BOZOUK提出的方法 |
| 5 БАХОДНН, БЕРМАН提出的方法 | 6 Habib提出的方法 |
| 7 苏联“在软基上的海港建筑物”提出的方法 | |

(四) 群桩的负摩擦力 (76)

- | | |
|-----------------------|---------------|
| 1 Terzaghai和Peck提出的方法 | 2 井上嘉信提出的方法 |
| 3 日本远藤提出的方法 | 4 KO nig提出的方法 |
| 5 群桩负摩擦力效应 | |

(五) 考虑负摩擦力的单桩承载力 (78)

- 1 日本“有关桩负摩擦力作用的单桩承载力”的计算
- 2 同济大学编写的“桩基负摩擦力的计算”提供的方法

- | | |
|-------------|-------------|
| (1) 按土的抗力确定 | (2) 按桩身材料确定 |
|-------------|-------------|

- (3) БАХОДНН, БЕРМАН提出的方法

- (4) 苏联“在软基上的海港建筑物”提出的方法

(六) 降低桩侧负摩擦力的措施 (80)

- | | | |
|-------|---------|---------|
| 1 群桩法 | 2 套管法 | 3 沥青涂料法 |
| 4 电渗法 | 5 扩大桩尖法 | |

八、施工机具 (82)

(一) 灌注桩成孔机具 (82)

- | | |
|----------------|-----------------------|
| 1 型号Q16T打入式成孔机 | 2 型号DZ2—40型电动震动打入式成孔机 |
| 3 长螺旋钻孔机 | 4 双螺旋钻孔机 |
| 5 型号BZ—1型液压钻孔机 | 6 型号QSZ—800型潜水钻机 |

(二) 静力压桩机 (85)

(三) 打桩机具 (85)

- | | | |
|---------|----------|-------------|
| 1 打桩机架 | 2 柴油打桩机 | 3 柴油机桩锤技术规格 |
| 4 蒸气打桩机 | 5 振动沉拔桩机 | |

九、试桩资料 (89)

- 1 慎和翻砂重铸件车间*2试桩
- 2 上海某大楼工程 2—1 I—1试桩 2—2 I—2试桩
- 3 沪东船厂码头工程 3—1 C₁试桩 3—2 C₂试桩
- 4 沪东船厂柴油机车间 4—1 *1试桩 4—2 *2试桩
- 5 张华浜码头 5—1 *1试桩(58)年 5—2 *1试桩 5—3 *2试桩 5—4 *3试桩
5—5*4试桩 5—6 *5试桩 5—7 *6试桩 5—8 *7试桩 5—9试桩(59年)
5—10*8试桩 5—11 *9试桩 5—12 *10试桩 5—13 *Ⅱ试桩 5—14 *Ⅳ试桩
- 6 上海某地 6—1 401—1试桩 6—2 401—2试桩 6—3 402—1试桩 6—4
402—2试桩 6—5 403试桩 6—6 404—1试桩 6—7 404—2试桩 6—8
405—3₁试桩 6—9 406试桩 6—10 412—61试桩 6—11 413—1试桩 6—12
413—2试桩 6—13 416—1试桩 6—14 416—2试桩 6—15 418—1试桩

- 6—16 419—1试桩 6—17 419—2试桩 6—18 420—2试桩 6—19 421—2试桩
6—20 430—2(基)试桩
- 7 龙华工程 7—1 *1试桩 7—2 *2试桩 7—3 *3试桩
- 8 728工程 8—1 *1试桩 8—2 *3试桩
- 9 上海电修厂铸工车间 9—1 *2试桩 9—2 *3试桩
- 10 231工程 10—1 甲号试桩 10—2 丙号试桩
- 11 上海汽轮机厂 11—1 *1试桩(59年4月) 11—2 *1试桩 11—3 *2试桩
- 12 无锡国棉一厂纺织联合车间 12—1 1—8号试桩 12—2 2—5号试桩
- 13 上海电机厂*3试桩
- 14 闵行重机厂砂桩试验基地试桩
- 15 闵行电厂上煤码头试桩
- 16 上海船舶修造厂 16—1 甲号试桩 16—2 *2试桩
- 17 吴泾热电厂 *70试桩

第一篇 单 桩

一 单桩垂直静载荷试验

根据生产上的需要,可分别进行以下两种单桩垂直静载荷试验。一是检查施工质量,查明桩的承载力是否符合设计要求的鉴定性试验,这种试验一般在实际工程的基桩上进行,加载到设计荷载的 1.5 倍,若不出现破坏(对桩顶下沉量不作限制),即可认为合格。二是破坏性的试验,目的为取得桩或土达到破坏时的试验资料,确定桩的极限承载力和相应的沉降量,测定设计或科研上要求的数据。

当进行单桩的现场垂直静载荷破坏试验时,试桩的数量和布置应根据地质条件和建(构)筑物的形状在设计中加以规定。在同一条件下试桩的数量,不宜少于工程用桩总数的 1%,且不得少于 2 根;试桩位置应布置在该地区能代表平均地质条件处。如果在同一场地有两种或两种以上的不同地质条件时,则应在不同的地质条件中分别进行试验。

试桩位置力求靠近已有的地质勘察钻孔旁,使试验结果与地质资料能配合进行分析。钻孔位置与试桩位置之间的距离,不应大于 15 米,也不宜小于 3 米。

(一) 桩入土后到试桩前的间歇时间

1 对于冲击振动式和钻孔式灌注桩,应在桩身混凝土强度达到设计标号后,才能进行试验。

2 对于打入式和压入式预制桩,在非粘性土中至少隔 7 天以后,在粘性土中至少隔 14 天以后,才能进行试验。

(二) 加载装置

1 压重法 (平台加重法) (图 1—1)

可以在桩顶上的一个平台上直接加载,压重物尽可能就地取材,要便于均匀堆放和安全,仅适用于较小的加载方案。

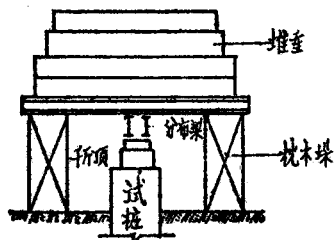


图1—1平台加载示意图

亦可在平台上堆重提供反力,用千斤顶分级加载,多用于 300 吨以下的加载方案,全部重物在加载前对称均匀堆好,支承平台的枕木垛内侧与试桩的净距不得少于 1.5 倍试桩直径及 1.5 米。

2 锚桩法

对着由锚桩拉住的横梁（反力装置），用千斤顶分级加载（图 1—2）

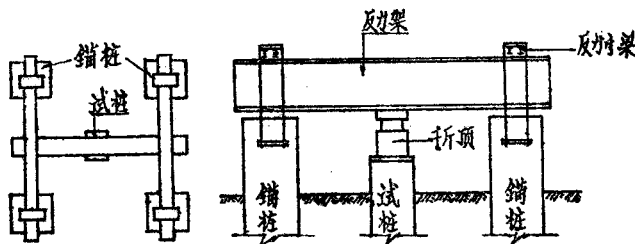


图 1—2 锚桩加载示意图

反力装置的设计承载能力不应小于预估最大试验荷载的 1.5 倍，反力梁要验算强度、变形和稳定性，承受千斤顶的部位要验算其局部承压强度。

锚桩与试桩的中心距不宜小于 3 倍锚桩或试桩的直径，取其大者。锚桩应按分担的最大上拔荷载和必要的安全系数来设计，并沿全长配置钢筋，保证桩身不被拉断。专为试验用的锚桩，可容许桩身混凝土开裂，以便充分利用钢筋。当用工程桩作为锚桩时，应根据水文地质条件和桩在使用期间受力情况，按照钢筋混凝土结构设计规范 T J10—74 有关规定进行抗裂验算。

固定量测仪表的基准桩与试桩、锚桩的净距应大于 3~4 倍试桩或锚桩直径，取其大者。

千斤顶应按最大试验荷载的 1.2~1.5 倍选用，使用前应进行检验和率定。当用几个千斤顶同时加载时，应将油路串联或与油泵并联，保证各千斤顶压力均匀和同步工作，并使其合力作用线与桩轴线在同一铅直线上。

（三） 加载方法

1 慢速维持荷载法

分级加载，每级荷载维持不变，在桩顶下沉达到某一相对稳定标准，然后继续加下一级荷载，直至破坏为止；再逐级卸载至另，待桩顶回弹量相对稳定后，试桩告一段落。这是沿用已久的方法，测定桩的极限承载力比较明确。由于这一方法为大多数人所熟悉，在测得总的和净的沉降量后的说明解释工作简便，又不需要任何特殊设备，直到现在国内多半是采用这个方法，确定单桩的极限承载能力。

2 循环加载法

循环加载有一次循环和多次反复循环，应根据工程设计的要求来确定。多次循环方式适用于测定桩的垂直刚度；小荷载多次循环多为模拟基桩在恒载与活载加恒载之间变化受力的情况，对查明桩在设计荷载中的活荷载部份作用下的性能有帮助，一般多取活载作为循环的荷载值。

回另法也是循环加载中的一种，试桩在每级加载待相对稳定后，即卸载到另，荷载逐级增大直至破坏。采用这种加载方法是为了取得有关桩的弹塑性沉降数据，以便划分桩侧摩阻力和桩尖支承阻力。

3 快速维持荷载法

在确定试桩的荷载与沉降关系时，认为沉降不必相对稳定，每级加载后都维持某一规定

时间即可。采用这种方法来代替慢速维持荷载法确定桩的极限承载力,可大大压缩试桩时间,其基本论点是:

(1) 加载的目的是求桩的承载力,为此完全可以应用快速加载法,据多次试验的经验,对于摩阻桩(或桩尖支承压阻较小),用快速维持荷载法可得出与慢速维持荷载法基本相同的极限荷载值。

(2) 桩的下沉量在设计荷载阶段(一般是小于或等于极限荷载的一半),由于下沉稳定得很快,快速维持荷载法与慢速维持荷载法下沉量基本上是一致的,而接近极限荷载时,快速维持荷载法显然比慢速维持荷载法要小,但是,即使由慢速维持荷载法所得出的短期单桩下沉量与以后长期群桩下沉量的差别也是很大的。

值得提出的是对于一般有桩尖支承压阻力的桩,用快速维持荷载法得出的桩的极限承载力,比慢速维持荷载法得出的略为偏高。

另外,存在的问题是如何根据不同的桩长、直径和地质情况来确定合理的加载速率。

当在同一根试桩上进行上述三种加载方法的试验时,其先后次序是先做慢速维持荷载,次做回另法,最后做快速维持荷载法,试验的间隔时间约为72小时左右。

4 稳定法

首先在桩上用千斤顶在3~5分钟内施加一个荷载,其大小为预估极限荷载的十分之一。维持此荷载5分钟,然后允许所加荷载由于土的下沉而衰减,在几分钟内一般可以发现会达到某种稳定状态。于是再加下一级更高的荷载并重复上述过程。在较高的荷载下,一般最好将开始所加荷载维持10~15分钟不变后,再允许荷载下降。

用这种方法试验所需的总时间往往可减少到慢速荷载法所要的时间之三分之一。

在每级加载过程中,也可以都按加载——卸载循环的方法进行,并测得桩尖弹性回弹量,据多次试验结果的对比,稳定法的结果显然与慢速维持荷载法相似,这个方法除了快速外,还能更好地反映桩的荷载沉降特性。

5 等贯入速率法 (简称CRP法)

在试验过程中,桩顶加载后不要求观测下沉的相对稳定,相反荷载是连续施加的,保持桩顶以等速贯入土中,同时读取保持这种贯入速率在桩顶所需施加的荷载,其原理与土工试验室内以等应变速率加载来测定土样的抗剪强度一样。所用贯入速率范围在0.1~4.0毫米/分钟内,不受变速、中停等影响,快速的特点更是非常明显。

维持荷载法中桩顶下沉量是按人为确定的变形稳定标准测定的一个相对值,并无很大的实用意义,它既不代表单桩在长期荷载下将出现的变形,也不能作桩基的下沉量;在试桩曲线没有出现明显转折的情况下,所决定的单桩极限承载力,更是具有较大的任意性。等贯入速率法没有上述的缺点,在粘土中的摩擦桩尤其如此,曲线有明显的峰值或转折。

存在的问题是由于加载迅速,在粘土质粉砂中会出现假破坏现象,所得极限承载力也有人认为并不代表在静力荷载条件下的特性;数据整理时要有相当的判断力。

这个方法目前国外一些国家正在采用,试验中是使用一台恒定和非脉冲流油的泵(定流量机动油泵);国内有的单位也在开始试用,以便了解其特点和适应性,试验中是使用的自动泵,试验时一人用秒表根据桩顶测微表的旋转速率指挥千斤顶加压者摇动油泵手柄的速率及读取油压表(荷载)读数的时刻。

6 慢速维持荷载法结合等贯入速率法

试桩时,先采用分级加载,每级下沉达到相对稳定,这样加载到单桩设计荷载的两倍或予估极限荷载的95%,然后改用等贯入速率法加载直到破坏。

(四) 加载卸载分级

采用慢速维持荷载法、回另法和快速维持荷载法试桩加载应分级进行。分级数过少,绘制出的P—S曲线曲率不明显,分级数过多,点密曲线变化大,有时呈折线状。

1 加载分级

试桩时加载应分级进行,分级数一般不少于八级,每级荷载值约为予估单桩垂直容许承载力的 $1/8 \sim 1/12$,第一级加载值可为 $1/4 \sim 1/6$ 。如果全部荷载分级为10级以上时,则决定的极限荷载值其误差一般不会大于10%。

也可以用递减分级加载,即初始阶段,每级加载的大小为予估容许承载力的 $1/2.5 \sim 1/5$,终了阶段为 $1/10 \sim 1/15$,其目的是为了提高测定极限荷载的精确度,但是这种加载法会造成试桩前后变形过程的差异。

2 卸载分级

卸载的目的是测定在某级荷载作用下,单桩下面地基土的弹性变形和残余变形,观测地基土的工作情况。在不需要测定瞬时弹性变形时,一般是由予定的荷载分级到另,每级卸载量一般为对应的两级加载量。如果要测定瞬时弹性变形,可由予定的荷载一次卸载到另。

对于等贯入速率法,当最终荷载或最大贯入量已经到达,则按下述步骤量测回弹量,在荷载分别减至试验所加最大荷载的80、60、40、30、20、5%时中断读取回弹量再卸至另载。

(五) 稳定标准

对于慢速维持荷载法、回另法和稳定法,在每级荷载下,试桩的沉降量在每小时小于0.1毫米时,即可认为已趋于稳定,但必须连续二次测读数都能满足要求,并历时一小时以上,方可加下一级荷载。也有采用小于0.03毫米/15分钟,并连续出现2~3次作为稳定标准。

目前国内一般采用按沉降速率规定稳定标准,根据地震条件而定的沉降速率为:

粘性土:沉降速率不大于0.1毫米/60分钟;

砂性土:沉降速率不大于0.1毫米/30分钟;

岩石:沉降速率不大于0.05毫米/30分钟。

也可以用现场绘制的沉降——时间对数(S—Lgt)曲线来判断,当曲线尾部出现平缓的直线段时,认为沉降已趋于稳定。

同一根试桩,在小荷载时沉降稳定较快,大荷载时稳定较慢,如果在试验中途变更沉降稳定标准,将造成前后阶段变形性质的差异,使沉降——荷载曲线产生突变的假象。

卸载时,各级荷载间一般不要求达到稳定,根据地质条件可控制在1~2小时之间,即可卸下一级荷载,卸载完毕后应达到上述的已趋稳定的标准。

对于等贯入速率法,控制贯入(沉降)速率,不考虑稳定与否,国外采用的贯入速率如下:

美国

粘土中摩擦桩 $0.8 \pm 50\%$ 毫米/分钟;

砂卵石或岩石上的端承桩 $1.5 \pm 50\%$ 毫米/分钟;

瑞典

砂土及粘土中相同

0.5毫米/分钟;

挪威

1.0毫米/分钟;

英国

粘土中摩擦桩

0.8毫米/分钟;

砂、卵石上端承桩

1.5毫米/分钟;

国内南京钢铁厂中板车间采用的贯入速率是0.1~4.0毫米/分钟

(六) 测点布置及测读桩顶沉降的间隔时间

桩顶下沉量用四只型号规格相同的测微表(百分表或千分表)量测,四个测微表各设在桩顶平台的四个角点,其测读数的平均值即为桩的下沉量。应随时检查两对角点读数是否相等,当发现有差别时,应立即查明原因确定其正误。当条件许可时,在试验过程中,应用精密水准仪经常测量基准梁和桩顶的标高。

当在桩身内埋设有测试元件时,观测截面和测点的数量,位置必须满足试桩分析计算的最低需要,并在试验方案中予以规定。对分析试桩资料起决定作用的试桩地坪处截面、桩底、最大受力截面和变形转折点等重要位置,要适当的多布置些校核性的测点,以便在一部份测点发生故障时,仍能得到一些补充数据。

当用锚桩法时,应在其上布置测微表,测读其上拔量。在用工程桩作锚桩时,允许上拔量可控制在5毫米;专为试验用的锚桩,允许上拔量可放宽到15毫米。

各级荷载下测微表读数时间:

慢速维持荷载法和稳定法,每级加载后的5、10、20、30分钟各测读一次,以后每隔30分钟测读一次直至稳定。

回另法,分级加载到规定荷载前,每加一级间隔5分钟读数一次再加下一级,到规定荷载后按5、10、20、30分钟各测读一次,以后每隔30分钟测读一次直至稳定。每一规定荷载均按上述规定循环直到破坏。

快速维持荷载法,每级加载后5、10、20……(间隔10分钟直至规定时间)分钟,各测读一次,再加下一级荷载直至破坏。卸载时一次卸到另载,读数时间与加载时相同。

等贯入速率法是按等下沉量间隔测读荷载数,但每3分钟应至少读数一次。卸载时中间各级荷载间读完回弹量后继续卸载,当卸载至另载时应立即并分别在另载后5、10、15及30分钟(可能时也可更长一些时间)测读回弹量。

(七) 终止加载条件

1 对于慢速维持荷载法、回另法、快速维持荷载法和稳定法,当出现下列情况之一时,可认为试桩已达到破坏状态,即可终止试验。

(1) 桩尖发生剧烈的或不停滞的下沉;

(2) 等级荷载作用下,桩的沉降量超过前一级荷载作用下沉降量的五倍($P-S$ 曲线有比较明显的转折点);

(3) 某级荷载作用下,桩的沉降量大于前一级荷载作用下沉降量的二倍,且经过24小时尚未稳定($P-S$ 曲线没有比较明显的转折点);

(4) 试桩过程中随时绘制 $S-lgt$ 曲线, 当曲线尾部出现明显折线时,

(5) 对于钻孔灌注桩, 加载后期桩的沉降值随荷载作近于直线比例增长, 且总沉降量大于75毫米。

桩在破坏时的沉降速率一般大于20毫米/小时, 沉降增长率为0.3~1.0毫米/吨。

2 对于等贯入速率法, 可按

图1—3所示的试验终止的规定。对于端承桩荷载应加到所能利用的加载量已全部加上或荷载已加到桩的最大设计荷载的三倍, 对于摩擦桩应至少压入60毫米, 粘土中的摩擦桩在加达最大的荷载后还应进一步压入至少20毫米。

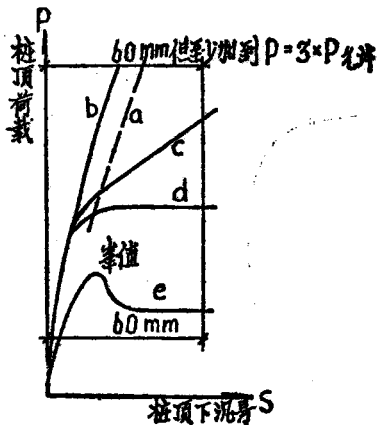


图1—3等贯入速率法试验中止条件

a 墩基 b 端承桩
c、d 砂类土中摩擦桩 e 粘土中摩擦桩

(八) 试验报告应包括的内容

1 试验要求

- (1) 试验的目的和理由;
- (2) 试验项目;
- (3) 试验性质: 破坏性的, 鉴定性的或是探索性的。

2 试验条件

- (1) 试桩地点、工程名称、上部结构型式、桩基的类型设计荷载及特点, 平面位置及地形图、结构物的简图;
- (2) 地质条件: 钻孔位置、土层描述和分布标高、取土深度、土的物理力学指标、现场原位工程地质勘察成果(静力触探、十字板剪切试验、标准贯入试验)、地下水位等。

3 试桩施工

- (1) 锤击桩: 施工日期、打桩机型号、桩锤类型及总重、锤击部份重、桩帽重、桩垫类型及厚度、桩自重下沉量、桩重及锤重下沉量、每米锤击数、桩锤平均落高、最后三阵每阵十击的平均贯入度、测定贯入度时的桩锤落高。
- (2) 压桩: 施工日期、压桩机的规格型号、压桩阻力。
- (3) 冲击振动贯注桩: 施工日期、桩锤类型、冲击部份重、桩帽类型重量、钢管规格、长度、重量、桩尖型式及防水材料、沉管深度、扩大灌注次数、第一次沉管每米锤击数、最后十击平均贯入度、灌注混凝土数量、拔管速度。
- (4) 钻孔灌注桩: 施工日期、钻孔机具类型规格、钻孔时间、清孔方法、钻孔深度、

泥浆指标、下导管时间、安放钢筋笼时间、孔底沉淀土厚度、成孔到浇注时间、浇筑混凝土时间及数量。

4 试桩布置：桩截面尺寸、桩长、桩入土深度、附地质柱状图及标高、配筋图

5 观测项目：测点布置图及量测方法、接收仪器和传感器的类型和规格。

6 荷载装置构造图、材料规格、用量、配筋图等。

7 试验方法

(1) 加载方法、加卸载程序、荷载分级、循环方式；

(2) 变形稳定标准和试验终止条件；

(3) 观测程序、变形、应变和应力等的测读时间。

8 其它辅助试验：传感器的制作、埋设和率定及材料力学性能试验等成果。

9 试验成果和讨论

(1) 各观测项目的实测数据汇总表、绘出各种关系曲线；

(2) 试验成果的分析 and 讨论；

(3) 提供生产上采用的意见，结论或数据。

10 附录：图、表、照片等。

附录 采用动力法确定单桩或桩基的承载力

为了寻求确定桩承载力的简便、快速、可靠而又经济的新方法，自廿世纪六十年代初期或更早一些时间，开始有人借助弹性固体内应力波的传播理论来分析打桩问题，并通过现场量测试桩的锤击力和加速度等参数来予估单桩的承载力，为用动力法研究桩的静承载力开辟了一个新的途径。

国家建委建研院地基所和四川省建研所正在进行试验研究一种方法，这方法是69年美国所用的方法(动力法)与72年荷兰所用的方法(波动法)的综合简化。它比较适合我国当前的技术条件和仪器设备水平。其试验设备及观测仪器的安装如图1—4所示。

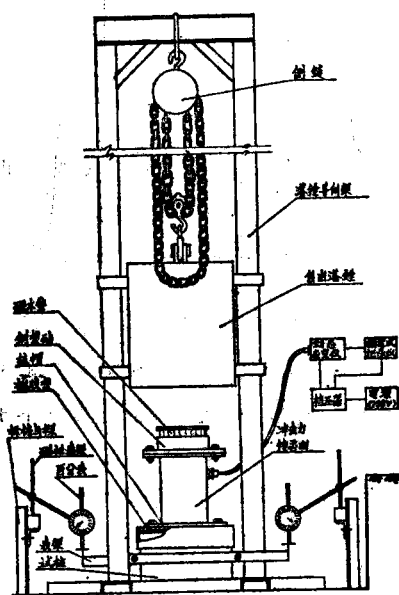


图 1—4

试验方法和步骤概述如下：

1 试验前先将电阻式冲击力传感器在材料试验机上进行静力标定。标定的方法是先将由各级静压力所引起的应变值输入到动态应变仪中，并由描笔式记录仪加以记录。随着荷载的增加，描笔的摆动幅度也相应的增加，在予定的每级荷载处，用按键做一标志，即可绘出静压力与应变值(以描笔摆幅大小为标尺)的关系曲线备用。

2 按图1—4安装仪器设备。对“信息”电路进行预热(约半小时)，使之处于“临战”状态。

3 按预估的单桩极限荷载把冲击力分为十击左右，确定每级冲击荷载的桩锤提升高度(目前试用的方法中每10厘米为一级)然后分级进行冲击。

4 根据每级冲击荷载引起的记录仪上描笔摆动幅度，查对传感器的静力标定曲线，取得每级冲击荷载 P_D 所对应的 P_J

5 根据百分表读数的变化, 计算出每级冲击荷载作用下桩的贯入度 e 和桩的下沉量 S ($S = \Sigma e$)。

6 参考工业与民用建筑地基基础设计规范 TJ—74 附录10关于桩的静荷载试验要点中有关规定, 绘制 $P_D - S$ 关系曲线, 当曲线出现明显第二拐点后, 随即停止锤击, 结束试验。

7 取第二拐点所对应的前一级荷载作为桩的静极限承载力。

通过在北京地区四个工地九根桩的动、静对比试验, 其结果如表1—1

表1—1

桩号	动力法		静力法		P_D / P_J	备 注
	P_D 吨	e 厘米	P_J 吨	S 厘米		
B—1	110	1.9	110	16.1	1.00	动力法未打到极限
B—2			100	14.3		
B—3	90	1.7	80	19.2	1.12	
B—4	65	1.9	65	13.0	1.00	
B—5	72	2.0	70	17.2	1.03	未做静荷载试验
B—6	62	2.0				
B—7	90	1.9	80	7.1	1.12	
B—8	70	1.6	65	10.3	1.08	
B—9	55	2.7	50	9.4	1.10	先动力, 后静力

从上表及对比曲线(见国家建委建研院地基所编《采用动力法确定单桩或桩基承载力问题的国内外研究情况评介》)可以看出用动力法得出的 $P - S$ 曲线, 规律性较好, 拐点明显, 其极限荷载 (P_D) 与静力法得出的 (P_J) 比较接近(极限荷载值由拐点法确定)而 P_D 略大于 P_J 。

国外试验研究成果表明, 动力法不仅解决了静压桩“笨、费、慢”的问题, 而且由振压器激发的或由其它方法产生的桩的动力响应或速度响应曲线的形态变化 Δ^* , 为解决灌注桩的混凝土灌注质量与桩身几何尺寸重大缺陷的非破损检验, 提供了新的, 比较现代化的技术手段。

Δ^* 可作为推测桩身有无重大缺陷的一种依据。

二 单桩的垂直承载力

(一) 按单桩垂直静载试验成果分析确定

1 根据沉降随荷载变化的规律进行分析

把桩的沉降(S)看作只是荷载(P)的函数,并定极限荷载为这样一个界限荷载,超过它,桩将发生剧烈的或不停滞的下沉,标志着桩已失去承载能力,达到破坏。这个方法是分析承载力时最基本和常用的方法。

(1) $P-S$ 曲线显著转折点法

如图2—1所示在桩顶荷载—桩顶下沉量($P-S$)曲线上,取切线坡度急剧陡增时的荷载,或取 $P-S$ 曲线开始变成直线时荷载作为极限荷载;工业与民用建筑地基基础设计规范(TJ7—74)规定:在 $P-S$ 曲线上取明显的第二拐点处所对应的前一级荷载为极限荷载。

此方法的缺点,在于绘图中所用比例尺的大小及荷载分级多少都会改变 $P-S$ 曲线的坡度,影响所选定的极限荷载值。

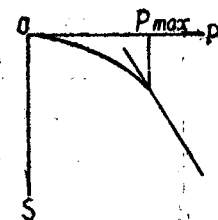


图2—1 $P-S$ 曲线

在绘制 $P-S$ 曲线时,将比例尺调整,使曲线在 P 轴及 S 轴方向的宽度比为2:3相应的比例;工业与民用建筑地基基础设计规范(TJ7—74)规定:横坐标为荷载 P ,以1厘米代表5吨,纵坐标为沉降 S ,以1厘米代表1厘米(用于爆扩桩)或1厘米代表1毫米(用于灌注桩和预制桩);也有资料介绍,一般的摩擦桩采用1厘米代表5吨荷载,1厘米代表5毫米下沉量,或2厘米代表5毫米下沉量,这样选定的转折点比较可靠。

(2) $S-\lg P$ 法

北京市桩基研究小组在分析了60余根钻孔灌注桩各试桩的 $S-\lg P$ 曲线后,发现其陡降的直线段比较明显,取直线段的起始点作为极限荷载,此法适用于支承摩擦桩。如图2—2所示

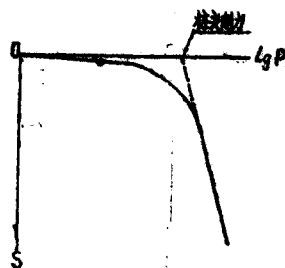


图2—2 $S-\lg P$ 曲线

(3) 切线交会法

由于在确定 $P-S$ 曲线转折点时存在某种主观因素,因此,首先考虑到的替代方法,就是取相应于 $P-S$ 曲线开始及末端部份的切线交点处的荷载作为极限荷载,如图2—3所示

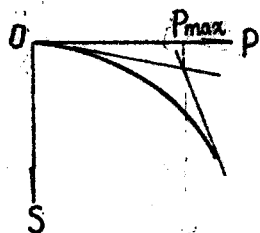


图2—3 $P-S$ 曲线切线交会法

(4) $P-\Delta s/\Delta P$ 曲线转折点法

为了更直观的看出沉降急剧增大的转折点, 将沉降坐标 S 更换为 $\Delta s/\Delta P$, 能得出很好的效果, 在 $P-\Delta s/\Delta P$ 曲线上转折点所对应的荷载即为极限荷载, 如图2—4所示

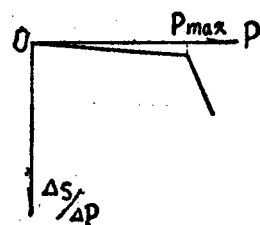


图2—4 $P-\Delta s/\Delta P$ 曲线转折点法

(5) $\lg P-\lg S$ 转折点法

如图2—5所示, 此为试图通过变化坐标轴, 使 $P-S$ 曲线的转折点以更明确的形式显示出来, 避免分析判断中的主观因素。将各级荷载及相应的稳定下沉量绘于双对数坐标纸上, 取其第二折点对应的荷载为极限荷载。

这个方法有时找不到第二折点, 或折点不明显, 连线时有人为的影响因素。

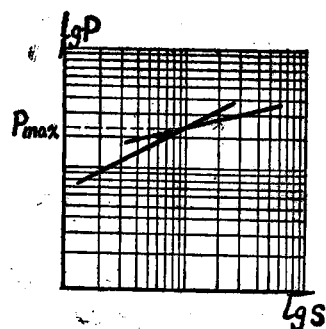


图2—5 $\lg P-\lg S$ 转折点法

(6) $P-S_r$ 曲线转折点法

这是从地基土的塑性性质出发, 认为桩发生急剧下沉的实质, 是桩周与桩尖下土的塑性变形剧烈发展, 因而从桩在每级荷载下的残余变形与荷载的关系曲线可以更明显的判断极限荷载。

如图2—6所示, $P-S_r$ 曲线开始阶段基本成直线, 当桩顶荷载达到使桩身全长摩阻力达到极限值时, 由于摩阻力被克服, 桩身产生较大的塑性变形, 因此, S_r 值的突然增大点往往是表明桩身摩阻力被克服的标志。

使用这个方法, 在试桩中要多次在下沉相对稳定后全部卸载(即回另), 测量桩顶的回弹量 S_e 及残余下沉量 S_r 。

2 根据沉降随时间发展的规律分析

当桩顶荷载超过极限荷载时, 土将发生剧烈的塑性变形, 同时桩尖下的土还将向四周挤出, 这种现象在桩顶下沉时间发展中显然会有所反映, 这时桩的下沉新的特点, 即荷载不变, 下沉量仍然随着时间而增大, 所以, 可以从分析分级荷载下桩的沉降随时间发展的规律来判断桩的极限承载力。

(1) $S-\lg t$ 法

此法为南京水利科学研究所研究的成果。在恒定的荷载作用下, 桩顶沉降量(S)近似地与时间的对数($\lg t$)成线性关系, 即在半对数坐标纸上可以表示为一直线, 它的坡度

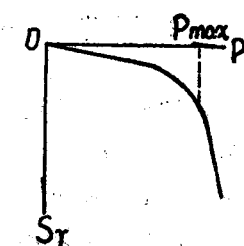


图2—6 $P-S_r$ 曲线转折点法