

JTJ

中华人民共和国行业标准

JTJ 255—2002

港口工程基桩静载荷试验规程

Specification for Testing of Pile Under Static
Load in Harbour Engineering

2002 - 12 - 18 发布

2003 - 04 - 01 实施

中华人民共和国交通部发布

中华人民共和国行业标准

港口工程基桩静载荷试验规程

JTJ 255—2002

主编单位：武汉港湾工程设计研究院

批准部门：中华人民共和国交通部

施行日期：2003年4月1日

关于发布《港口工程基桩静载荷试验规程》 (JTJ 255—2002)的通知

交水发[2002]607号

各省、自治区、直辖市交通厅(局、委),长江、珠江航务管理局及有关企事业单位:

由我部组织武汉港湾工程设计研究院等单位制定的《港口工程基桩静载荷试验规程》,业经审查通过,现批准为强制性行业标准,编号为 JTJ 255—2002,自 2003 年 4 月 1 日起施行。

本规范由交通部水运司负责管理和解释,由人民交通出版社出版发行。

中华人民共和国交通部
二〇〇二年十二月十八日

制 定 说 明

本规程是在总结我国 50 年来港口工程基桩静载荷试验技术经验的基础上编制而成。本规程包括基桩轴向抗压、轴向抗拔和水平静载荷试验等技术内容。本规程的主编单位为武汉港湾工程设计研究院,参加单位为武汉港湾工程质量检测中心、天津港湾工程质量检测中心、上海港湾工程质量检测中心和广州港湾工程质量检测中心。

桩基工程是港口工程的主要基础型式之一。基桩承载力关系到工程的质量、造价和安全,是建设单位、设计单位和施工单位共同关心的主要问题之一。基桩静载荷试验是确定试验桩的极限承载力和检验工程桩承载力最直接的手段,在工程中得到普遍应用。我国工程技术界通过众多的实践和研究,积累了丰富的经验,在保证工程质量、提高技术水平和创造社会效益等方面,取得了丰硕的成果。为统一港口工程基桩静载荷试验技术要求,为桩基工程设计、施工和验收提供可靠依据,交通部水运司组织武汉港湾工程设计研究院等单位制定了本规程。

本规程根据交通部交水发[1999]725 号文“关于下达 1999 年度水运工程建设标准定额编制计划的通知”和交通部水运司水运技术函字[2001]05 号文“关于对《港口工程基桩静载荷试验规程》制定工作大纲的批复”制定。

本规程制定过程中按照《水运工程建设标准编写规定》(JTJ 200—2001)的要求,总结了我国港口工程基桩静载荷试验的经验,同时借鉴了国内外有关标准,结合现行行业标准《港口工程桩基规范》(JTJ 254)的要求和我国港口工程的特点及实际情况,经广泛征求意见、反复修改而成。为便于广大工程技术人员使用本规程,在

制定规程条文的同时编写了条文说明。

本规程共分 5 章 14 节和 6 个附录,并附条文说明。本规程编写人员分工如下:

- 1 总则:吴继光 马瑞康 贾德庆
 - 2 术语和符号:马瑞康 贾德庆 吴继光
 - 3 轴向抗压静载荷试验:贾德庆 洪帆 陈火鑫 李宗哲
宋家骅
 - 4 轴向抗拔静载荷试验:孙义 贾德庆
 - 5 水平静载荷试验:宋家骅 李宗哲 孙义
- 附录 A~附录 C:洪帆 马瑞康
附录 D:宋家骅 马瑞康
附录 E:宋家骅 李宗哲 马瑞康
附录 F:陈火鑫 马瑞康

本规程于 2002 年 8 月 12 日通过部审,2002 年 12 月 18 日发布,2003 年 4 月 1 日实施。

本规程由交通部水运司负责管理和解释。请各有关单位在使用本规程过程中,将发现的问题和意见及时函告交通部水运司和本规程管理组,以便修订时参考。

目 次

1 总则	(1)
2 术语和符号	(2)
2.1 术语	(2)
2.2 符号	(3)
3 轴向抗压静载荷试验	(5)
3.1 一般规定	(5)
3.2 试验装置	(7)
3.3 试验方法	(9)
3.4 成果分析	(10)
4 轴向抗拔静载荷试验	(14)
4.1 一般规定	(14)
4.2 试验装置	(14)
4.3 试验方法	(14)
4.4 成果分析	(16)
5 水平静载荷试验	(17)
5.1 一般规定	(17)
5.2 试验装置	(18)
5.3 试验方法	(19)
5.4 成果分析	(21)
附录 A 试验桩轴向抗压静载荷试验记录表	(23)
附录 B 试验报告	(24)
附录 C 试验桩轴向抗拔静载荷试验记录表	(26)
附录 D 试验桩水平静载荷试验记录表	(27)
附录 E 水平静载荷试验中 m 值的计算方法	(28)

附录 F 本规程用词用语说明	(31)
附加说明 本规程主编单位、参加单位、主要起草人、总校 人员和管理组人员名单	(32)
附 条文说明	(35)

1 总 则

1.0.1 为统一港口工程基桩静载荷试验技术要求,为桩基工程设计、施工和验收提供可靠依据,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于港口工程基桩静载荷试验。通航建筑物和修造船水工建筑物的基桩静载荷试验可参照执行。

1.0.3 本规程应与现行行业标准《港口工程桩基规范》(JTJ 254)配套使用。

1.0.4 港口工程基桩静载荷试验,除应符合本规程的规定外,尚应符合国家现行标准的有关规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 基桩

桩基础中的单桩。

2.1.2 基桩静载荷试验

测定静荷载作用下基桩承载力的试验,包括轴向抗压、轴向抗拔和水平静载荷试验。

2.1.3 试验桩

需测定承载力的桩。

2.1.4 锚桩

为试验桩提供反力的桩。

2.1.5 基准梁

用于设置观测仪表的梁。

2.1.6 基准桩

架设基准梁的桩。

2.1.7 工程桩

组成结构物桩基础的桩。

2.1.8 预计最大试验荷载

为实现试验目的而计划加载于试验桩上的最大荷载。

2.1.9 桩的极限承载力

桩在静荷载作用下达到破坏状态前或出现不适于继续承载的位移时所对应的最大荷载。

2.1.10 桩的轴向反力系数

单位轴向力作用下的桩顶沉降量。

2.2 符 号

- 2.2.1 A ——桩身截面面积(m^2)。
- 2.2.2 b_0 ——桩的换算宽度(m)。
- 2.2.3 d ——桩径或桩宽(m)。
- 2.2.4 E_p ——桩身材料的弹性模量(kPa)。
- 2.2.5 h_0 ——水平荷载作用点至泥面的距离(m)。
- 2.2.6 H ——水平荷载(kN)。
- 2.2.7 H_0 ——转换为泥面高程处桩所受的水平力(kN)。
- 2.2.8 I ——桩身截面惯性矩(m^4)。
- 2.2.9 k_N ——水平地基反力系数(kN/m^3)。
- 2.2.10 L ——桩身长度(m)。
- 2.2.11 m ——水平地基反力系数随深度增长的比例系数(kN/m^4)。
- 2.2.12 M_0 ——转换为泥面高程处桩所受的力矩($\text{kN}\cdot\text{m}$)。
- 2.2.13 P ——水平地基反力(kN)。
- 2.2.14 Q ——作用于桩顶的轴向受压荷载(kN)。
- 2.2.15 Q_{\max} ——作用于桩顶的最大轴向受压荷载(kN)。
- 2.2.16 Q_u ——基桩轴向抗压极限承载力(kN)。
- 2.2.17 Q_{up} ——作用于桩顶的轴向上拔荷载(kN)。
- 2.2.18 S ——桩顶沉降量(mm)。
- 2.2.19 S_{up} ——桩顶上拔量(mm)。
- 2.2.20 t ——试验持续时间(min)。
- 2.2.21 T ——桩的相对刚度系数(m)。
- 2.2.22 Y ——水平荷载作用下桩在作用点处的水平位移(m)。
- 2.2.23 Y_0 ——水平荷载作用下泥面变形引起桩在泥面高程处的水平位移(m)。
- 2.2.24 Y_1 ——水平荷载作用下桩身泥面处截面转角引起水平荷载作用点处的水平位移(m)。
- 2.2.25 Y_2 ——假设泥面高程处桩身为固端,水平荷载引起桩身

水平荷载作用点处的水平变形(m)。

2.2.26 Z ——土层深度(m)。

2.2.27 θ ——水平荷载作用下桩顶截面转角(rad)。

2.2.28 θ_0 ——水平荷载作用下桩在泥面高程处截面转角(rad)。

3 轴向抗压静载荷试验

3.1 一般规定

3.1.1 轴向抗压静载荷试验可用于试验桩轴向抗压极限承载力的确定或工程桩轴向抗压承载力的检验。

3.1.2 确定试验桩轴向抗压极限承载力的试验,宜在设计前进行;检验工程桩轴向抗压承载力的试验,可在工程施工期间进行。

3.1.3 确定轴向抗压极限承载力的试验应加载至破坏;检验工程桩轴向抗压承载力的试验,最大加载量应达到设计要求。

3.1.4 除设计有特殊要求外,试验桩的数量应根据地质条件、桩的材质与尺寸、桩尖型式和工程总桩数等确定。当总桩数少于 500 根时,试验桩不应少于 2 根。总桩数每增加 500 根,试验桩宜相应增加 1 根。当地质条件复杂或桩的类型较多时,可按地区性经验相应增加。

3.1.5 试验桩的位置应根据工程总体布置、工程进度、地质、地形、水文条件和设计要求等确定。试验桩的尺寸、入土深度和进入持力层的深度应具有代表性。

3.1.6 在距离试验桩 3~10m 范围内应具有钻孔资料,钻孔底高程应低于桩尖高程,桩尖与孔底的高程差应按下列规定取值。

3.1.6.1 摩擦桩,一般粘性土宜取 5~8m;老粘性土、中密和密实砂土宜取 3~5m;碎石类土宜取 2m。试验桩桩尖与钻孔孔底的高程差不宜小于 3~5 倍桩径或桩宽。

3.1.6.2 端承桩,不宜小于 3~5 倍桩径或桩宽。

3.1.7 轴向抗压静载荷试验宜采用锚桩法。当锚桩反力不足时,可叠加部分压载。有条件时,也可采用其他加载方式进行静载荷

试验。

3.1.8 锚桩应以试验桩为中心对称布置。试验桩与锚桩、基准桩的中心距不应小于4倍桩径或桩宽,且不应小于2m;基准桩与锚桩的中心距不应小于3倍桩径或桩宽。对桩端进入良好持力层且桩径大于或等于1.2m的大直径试验桩,其与锚桩、基准桩的中心距不应小于3倍桩径。

3.1.9 试验桩沉桩后至进行加载的间歇时间,粘性土不应少于14d,砂性土不应少于3d,淤泥或淤泥质土中的摩擦桩不应少于25d,水冲下沉桩不应少于28d。灌注桩的混凝土强度等级应达到设计要求。当试验桩需再次进行抗压试验时,间歇时间应超过3d。

3.1.10 试验桩桩身强度及压屈稳定应按预计最大试验荷载进行验算。

3.1.11 锚桩应进行抗拔能力验算。

3.1.12 在水域进行静载荷试验应搭设牢固的试桩平台。平台不得与试验桩或基准桩相连,其高程应考虑水位和风浪等的影响。平台应设置必要的护栏、人行爬梯、安全标识、信号灯和救生设备等安全设施,并配备通信和交通等设备。

3.1.13 在风、浪等气象、水文条件恶劣的情况下不得进行试验。

3.1.14 试验期间,距离试验桩50m范围内不得进行打桩作业,并应避免各种振动影响,严禁船舶碰撞试桩平台。

3.1.15 试验过程中应对锚桩上拔量进行监测,其上拔量应控制在设计允许范围内。

3.1.16 试验前应进行下列准备工作:

- (1)收集工程总体布置的有关资料;
- (2)收集工程所在区域的地质、地形、水文和气象等有关资料;
- (3)收集邻近工程已有的试桩资料;
- (4)收集试验桩、基准桩、锚桩和工程桩的结构图、沉桩资料和动测试验资料;
- (5)编制试验大纲并进行试验设计;

(6) 试验采用的计量器具和千斤顶应按有关规定进行检定;

(7) 试验桩内预埋必要的应力、应变等测试元件。

3.2 试验装置

3.2.1 试验装置应由反力系统、加载系统和观测系统三部分组成。锚桩法轴向抗压静载荷试验装置如图 3.2.1 所示。

3.2.2 反力系统应符合下列规定。

3.2.2.1 承载能力应为预计最大试验荷载的 1.3~1.5 倍。

3.2.2.2 受力构件应满足强度和变形要求。

3.2.2.3 反力系统应便于安装和拆卸。

3.2.2.4 当采用锚桩和压载联合提供反力时,压载重物应对称堆放,并应考虑反力系统的整体稳定。

3.2.3 加载系统应符合下列规定。

3.2.3.1 千斤顶的额定加载能力应为预计最大试验荷载的 1.3~1.5 倍。使用 2 台以上千斤顶时,应采用同一型号的千斤顶,同步并联连接。

3.2.3.2 千斤顶加载量的量测宜采用压力表,也可采用压力传感器。压力表应选用 0.35~0.50 级的精密压力表,压力表的额定量程应满足千斤顶额定加载能力的需要。

3.2.3.3 高压油泵加压时,宜采用自动稳压措施。

3.2.4 设备安装应符合下列规定。

3.2.4.1 反力系统安装前,应按试验要求对桩头进行处理。

3.2.4.2 反力系统应以试验桩为中心对称布置,荷载重心应与试验桩的轴线相吻合。

3.2.4.3 当采用 2 台以上千斤顶时,其合力应通过试验桩的纵轴线。

3.2.4.4 千斤顶与试验桩、反力梁间应设置钢垫块。

3.2.5 观测系统应符合下列规定。

3.2.5.1 基准桩宜采用 2 根,并不得与其他桩相连。基准梁应

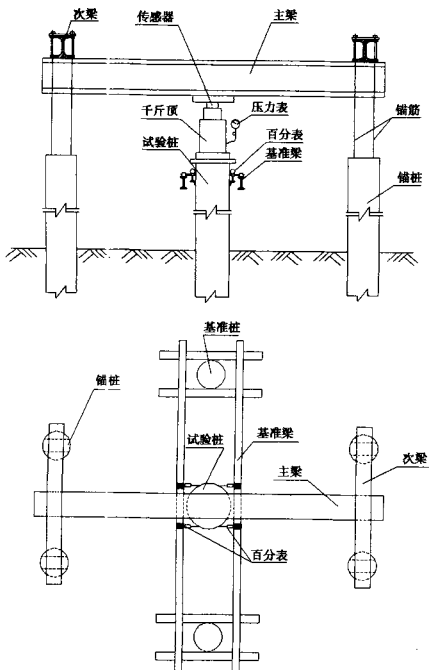


图 3.2.1 锚桩法轴向抗压静荷载试验装置

具有足够的刚度,安设在基准桩上,一端固定,另一端简支。

3.2.5.2 沉降测量宜采用 4 个位移计或百分表,沿桩周均布安设,沉降测量平面宜设在桩顶下 0.2~1.0m 的位置。严禁在桩顶钢垫块上设置沉降测量点。

3.2.5.3 锚桩上拔量可采用位移计或百分表进行监测。

3.2.5.4 沉降测量仪表量程应为 30 ~ 100mm, 分辨率应为 0.01mm。

3.2.5.5 沉降测量仪表应采用磁性表座固定在基准梁上, 测杆轴线应与观测点的位移方向一致。

3.2.5.6 试验过程中, 应采取防雨、防晒、防振和防碰撞等措施。

3.2.6 桩端阻力和桩侧摩阻力宜采用静态应变测试仪器进行测定。测点应沿桩侧对称布置, 每一土层布置的测点不应少于一对。仪器量程不宜小于 $\pm 10000\mu\epsilon$, 分辨率不应小于 $\pm 1\mu\epsilon$, 4h 内的零点漂移不应超过 $\pm 3\mu\epsilon$ 。

3.3 试验方法

3.3.1 轴向抗压静载荷试验可采用快速维持荷载法(快速法)或慢速维持荷载法(慢速法), 有经验时也可采用循环加载法。外海试桩宜采用快速法。

3.3.2 当试验需要测定桩的轴向反力系数时, 应在永久荷载标准值到永久荷载与可变荷载标准值的组合值之间, 至少往复加载、卸载 3 次, 取趋于稳定的一次循环的首、尾测定值进行计算。

3.3.3 加载、卸载均应分级进行, 宜采用等量分级。每分级荷载可为预计最大试验荷载的 1/10 ~ 1/12, 第一级可按 2 倍分级荷载加载; 每级卸载可为分级荷载的 2 倍。加载、卸载时应确保载荷平稳、连续、无冲击和无超载。每级加载、卸载时间不宜少于 1min。

3.3.4 当采用快速法加载时, 每级荷载应维持 60min 再施加下一级荷载。在外海气象、水文条件恶劣且桩尖进入良好持力层的情况下, 快速法也可采用 30min 施加一级荷载。

3.3.5 当采用慢速法加载时, 在某级荷载作用下, 60min 内对应的沉降值小于 0.1mm, 可定为该级沉降达到稳定。

3.3.6 每一级荷载维持时间应按表 3.3.6 的规定执行。

每一级荷载维持时间

表 3.3.6

荷 载 \ 试 验 方 法	快 速 法		慢 速 法
新加载级	60min	30min	至 60min 内对应的沉降值小于 0.1mm 为止
卸 载 级	15min	15min	60min
卸载为零	60min	30min	180min
循环加载、卸载的中间荷载	5min	5min	15min
循环加载、卸载的首尾荷载	15min	15min	60min

3.3.7 加载时,沉降测读时间依次应为 0、5、10、15、30min,其后应每隔 30min 测读一次,直至达到荷载维持时间的规定为止。卸载时,快速法测读时间间隔应为 5min;慢速法测读时间依次应为 0、15、30、60min。卸载至零时应测读一次,维持时间结束时再测读一次。

3.3.8 试验过程中应及时记录或打印各项观测数据,进行数据整理和汇总,并绘制荷载—沉降($Q-S$)曲线等。试验桩轴向抗压静载荷试验记录表格式应按附录 A 的规定执行。

3.3.9 符合下列条件之一时可终止加载:

(1)桩顶总沉降量超过 40mm,且在某级荷载作用下,桩的沉降量为前一级荷载作用下的 5 倍或 $Q-S$ 曲线出现可判定极限承载力的陡降段;

(2)采用慢速法试验,在某级荷载作用下,24h 未达到稳定;

(3)加载已达到试桩设备的承载能力;

(4)在加载过程中,发现试验桩桩顶偏离轴线的位移过大,危及试验安全;

(5)检验性试验的加载量达到设计要求。

3.4 成果分析

3.4.1 试验桩轴向抗压极限承载力应按下列方法确定。

3.4.1.1 当 $Q-S$ 曲线上出现可判定极限承载力的陡降段时,

应采用明显陡降段起始点相对应的荷载为极限承载力。极限承载力可根据下列方法确定：

(1) 当 $S_{n+1} > 40\text{mm}$ 时, $\frac{\Delta S_n}{\Delta Q_n} \leq f(L)$ 且 $\frac{\Delta S_{n+1}}{\Delta Q_{n+1}} > f(L)$ 或 $\frac{\Delta S_{n+1}}{\Delta Q_{n+1}} / \frac{\Delta S_n}{\Delta Q_n} > 5$, 第 n 级对应的荷载为极限承载力, 见图 3.4.1(a), 其中 $f(L) = \frac{3 \cdot 3}{L} - 0.04 (\text{mm/kN})$, L 为桩身长度(m);

(2) 当 $Q/Q_{\max} - S/d$ 曲线有明显陡降段时, 挤土桩的曲线斜率开始转变为大于 0.3 或大直径开口管桩等低挤土桩的曲线斜率开始转变为大于 0.2 的点所对应的荷载为极限承载力, 其中 d 为桩径或桩宽(m);

(3) 在 $S - \lg t$ 曲线中取曲线斜率明显变陡或曲线尾部明显向下曲折的前一级荷载为极限承载力, 见图 3.4.1(b)。

3.4.1.2 当 $Q-S$ 曲线没有明显陡降段时, 应在 $Q-S$ 曲线上取桩顶总沉降量 $S = 40\text{mm}$ 相对应的荷载作为极限承载力的近似值, 见图 3.4.1(c)。对钢管桩和桩长超过 50m 的混凝土桩所取用的桩顶总沉降量应适当加大。

3.4.1.3 当试验桩符合第 3.3.9 条第(2)项的终止条件, 且 $Q-S$ 曲线上没有可判定极限承载力的陡降段时, 应取该不稳定荷载的前一级荷载为极限承载力。

3.4.2 基桩轴向抗压极限承载力标准值应根据试验桩位置和地质条件等综合确定。当各试验桩条件基本相同且数量不少于 2 根时, 极限承载力可按下列方法确定。

3.4.2.1 当桩的极限承载力最大值与最小值之比小于或等于 1.3 时, 宜取平均值作为基桩轴向极限承载力标准值。

3.4.2.2 当桩的极限承载力最大值与最小值之比大于 1.3 时, 应通过分析确定, 必要时应增加试桩数量。

3.4.3 当需要测试桩侧摩阻力和桩端阻力时, 应将应变测定值换算成相应截面的轴向力, 并绘制桩身轴向力分布图, 见图 3.4.3。根据轴向力分布, 确定各土层桩侧极限摩阻力和桩端极限阻力。

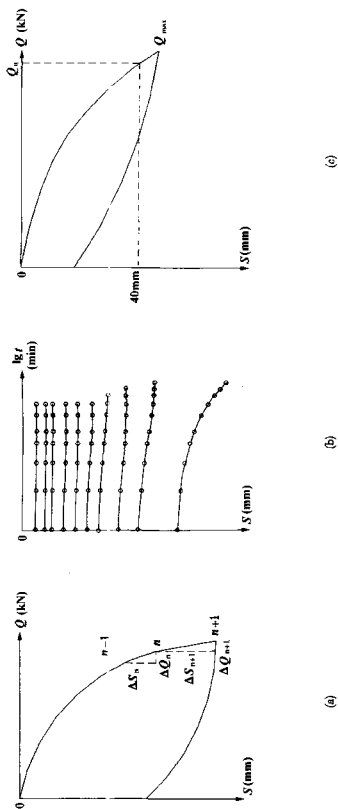


图 3.4.1 $Q-S$ 及 $S-\lg t$ 曲线示意

(a) 有陡降段 $Q-S$ 曲线; (b) $S-\lg t$ 曲线; (c) 无明显陡降段 $Q-S$ 曲线
 n —加载级数; Q —作用于桩顶的轴向受压荷载 (kN); Q_{max} —作用于桩顶的最大轴向受压荷载 (kN); Q_n —基桩轴向抗压极限承载力 (kN); ΔQ_n —第 n 级的加载量 (kN); S —桩顶沉降量 (mm); ΔS_n —第 n 级加载的沉降量 (mm); $\lg t$ —试验持续时间的对数 (min)

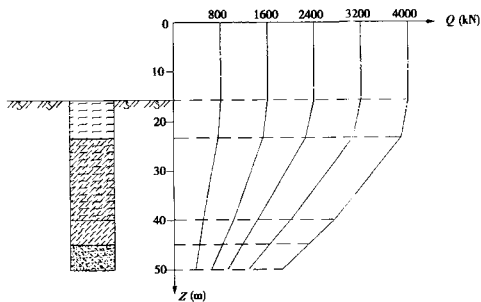


图 3.4.3 桩身轴向力分布

Q —作用于桩顶的轴向受压荷载(kN); Z —土层深度(m)

3.4.4 试验报告的编制应按附录 B 的有关规定执行。

4 轴向抗拔静载荷试验

4.1 一般规定

4.1.1 轴向抗拔静载荷试验可用于试验桩轴向抗拔极限承载力的确定或工程桩轴向抗拔承载力的检验。

4.1.2 确定试验桩轴向抗拔极限承载力的试验,宜在设计前进行;检验工程桩轴向抗拔承载力的试验,可在工程施工期间进行。

4.1.3 轴向抗拔静载荷试验可利用抗压试验桩进行,抗压试验结束至抗拔试验开始的间歇时间应超过 3d。

4.1.4 工程桩不得用于确定轴向抗拔极限承载力的试验。

4.1.5 轴向抗拔试验桩应满足试验荷载作用下的强度要求,成桩工艺和质量控制标准应与工程桩一致,主筋应通长布置。

4.1.6 轴向抗拔静载荷试验的其他要求应按第 3.1 节的有关规定执行。

4.2 试验装置

4.2.1 试验装置应由反力系统、加载系统和观测系统三部分组成。轴向抗拔静载荷试验装置如图 4.2.1 所示。

4.2.2 轴向抗拔静载荷试验宜采用工程桩作为反力支座。

4.2.3 试验装置的其他要求应按第 3.2 节的有关规定执行。

4.3 试验方法

4.3.1 轴向抗拔静载荷试验方法应按第 3.3 节的有关规定执行。

4.3.2 试验过程中应及时记录或打印各项观测数据,进行数据整理和汇总,并绘制上拔荷载—桩顶上拔量(Q_{up} — S_{up})曲线和桩顶

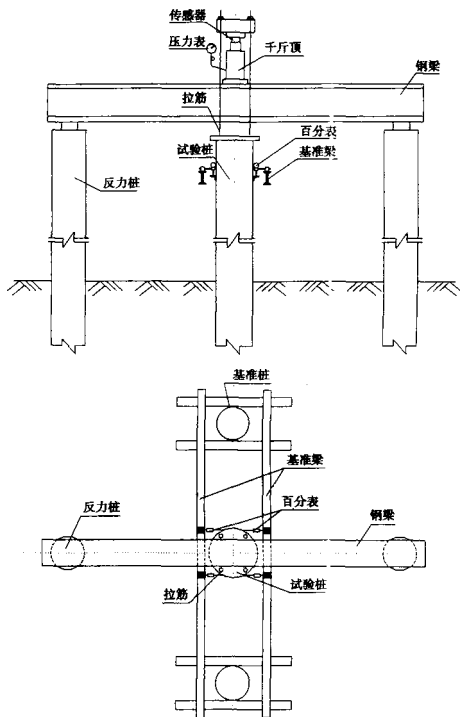


图 4.2.1 轴向抗拔静载试验装置

上拔量—时间对数($S_{up}-\lg t$)曲线。试验桩轴向抗拔静载荷试验记录表格式应按附录 C 的规定执行。

4.3.3 符合下列条件之一时可终止加载：

- (1)在某级荷载作用下,钢筋拉应力达到钢筋抗拉强度设计值;
- (2)在某级荷载作用下的桩顶上拔量为前一级荷载作用下的 5 倍;
- (3)桩顶累计上拔量超过 100mm;
- (4)检验性试验的加载量达到设计要求。

4.4 成果分析

4.4.1 试验桩轴向抗拔极限承载力应按下列方法确定：

- (1)对陡升的 $Q_{up}-S_{up}$ 曲线,取陡升段起始点荷载;
- (2)对无明显陡升的 $Q_{up}-S_{up}$ 曲线,取 $S_{up}-\lg t$ 曲线尾部显著弯曲的前一级荷载。

4.4.2 当需要进行桩身应力、应变测试时,应对有关资料进行整理,并绘制桩身轴向力分布图。

4.4.3 基桩轴向抗拔极限承载力标准值应采用第 3.4.2 条规定的方法确定。

4.4.4 试验报告的编制应按附录 B 的有关规定执行。

5 水平静载荷试验

5.1 一般规定

5.1.1 水平静载荷试验可用于水平地基反力系数和试验桩水平极限承载力的确定或工程桩水平承载力和相应的桩顶水平位移的检验。

5.1.2 确定水平地基反力系数和试验桩水平极限承载力的试验,宜在设计前进行;检验工程桩水平承载力和相应的桩顶水平位移的试验,可在工程施工期间进行。

5.1.3 试验桩位置应根据设计要求选取有代表性的地点,也可利用轴向静载荷试验桩进行水平静载荷试验。

5.1.4 试验桩数量应根据设计要求和工程地质条件确定,不宜少于 2 根。

5.1.5 在距离试验桩 3 ~ 10m 范围内应具有工程地质钻孔资料。泥面以下 16 倍桩径或桩宽深度范围内,每隔 1m 均应具有土样的物理力学性能指标;16 倍桩径或桩宽以下深度,间距可适当加大。有条件时可进行现场十字板、静力触探或旁压试验。

5.1.6 推力支承桩与试验桩净距不宜小于 5 倍桩径或桩宽,拉力支承桩与试验桩净距不宜小于 10 倍桩径或桩宽,且不宜小于 6m。基准桩与试验桩、反力支承结构的净距不宜小于 5 倍桩径或桩宽。

5.1.7 试验桩沉桩后至加载的间歇时间应按第 3.1.9 条的有关规定执行,土的类型按泥面以下 16 倍桩径或桩宽深度范围内土的性质综合确定。利用已完成轴向静载荷试验的桩进行水平静载荷试验时,其间歇时间不宜少于 2d。

5.1.8 试验桩桩顶宜以自由状态进行试验。

5.1.9 桩内埋有测试元件或测斜管的试验桩,应控制沉桩后测试元件或测斜管的方位与试验加载方位一致。

5.1.10 水平荷载作用点高程宜与实际工程桩基承台底面高程一致。水平力的方向应通过试验桩截面中心。

5.1.11 试验桩桩身抗弯和抗变形能力应按预计最大试验荷载进行验算。

5.1.12 试验期间对周围环境条件的要求应按第 3.1.13 条和第 3.1.14 条的有关规定执行。

5.1.13 试验前的准备工作应按第 3.1.16 条的有关规定执行。

5.1.14 水域试桩应搭设试桩平台。试验桩周边至平台的间隙,不应小于预计的最大位移。当利用试桩平台构成反力系统时,应对平台进行结构设计与计算。搭设试桩平台的其他要求应按第 3.1.12 条的有关规定执行。

5.2 试验装置

5.2.1 试验装置应由反力系统、加载系统和观测系统三部分组成。水平静荷载试验装置如图 5.2.1 所示。

5.2.2 反力系统承载力应为试验桩的 1.3~1.5 倍,刚度应满足试验要求。

5.2.3 加载系统应符合下列规定。

5.2.3.1 加载设备宜采用卧式千斤顶、卷扬机或手拉葫芦。

5.2.3.2 加载设备的额定能力应为预计最大试验荷载的 1.3~1.5 倍。

5.2.3.3 千斤顶及其配套设施应符合第 3.2.3 条的有关规定,其与试验桩的接触部位应设置球型铰支座。

5.2.3.4 用卷扬机或手拉葫芦加载时,应配用钢丝绳、卡环、滑轮组等属具和拉力传感器。

5.2.3.5 水平荷载作用部位应局部加强或增大受力面积。

5.2.4 观测系统应符合下列规定。

5.2.4.1 基准桩和基准梁应稳固可靠、自成独立体系。

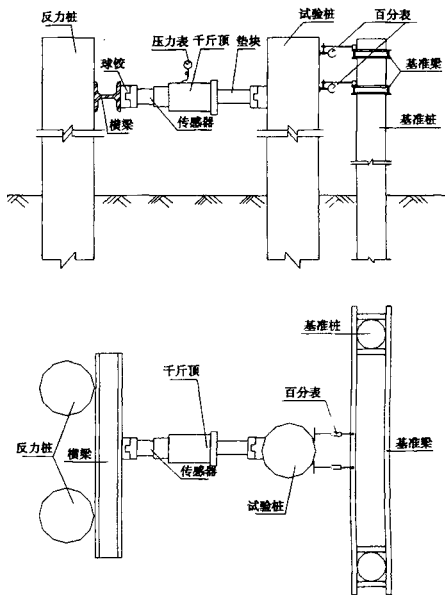


图 5.2.1 水平静荷载试验装置

5.2.4.2 桩顶水平位移测量宜采用位移计或百分表, 桩顶转角测试宜采用测斜仪或位移计。水平位移的测试精度不宜低于 0.02mm, 截面转角的测试精度不宜低于 5'。

5.3 试验方法

5.3.1 试验方法宜采用单向单循环水平维持荷载法。根据设计

要求也可采用多循环水平维持荷载法或其他方法。

5.3.2 加载方式可采用水平推力或水平拉力。

5.3.3 水平静载荷试验应对试验桩在水平荷载作用高程处的水平位移进行测试。有条件时,宜测试桩在泥面高程处的水平位移。位移测试方向应与水平荷载方向一致,同一高程设置的测点不应少于 2 个。

5.3.4 桩顶转角应在水平荷载作用点以上部位测试。当采用固定式测斜仪时,可将仪器安设在桩顶顶面或桩的侧面,测试方向应与桩的位移方向一致;当采用位移计时,两层位移计的间距应大于 1m。

5.3.5 测试桩身弯曲应变时,测点应布置在泥面至设计第一弯矩零点处的区段内,测点间距不宜大于 1m。同一截面内的测点,应设在最大拉应变和最大压应变处。应变测试宜采用电阻应变计或弦式应变计。

5.3.6 桩的挠曲变形可通过在桩内预埋测斜管,采用活动式测斜仪逐段对桩身斜率变化进行测试,预埋测斜管的测斜方向应与桩身挠曲变形方向一致。

5.3.7 单向单循环试验加载、卸载均应分级进行,宜采用等量分级。每分级荷载可为预计最大试验荷载的 1/10,每级卸载可为分级荷载的 2 倍。

5.3.8 单向单循环加载时,每级荷载应维持 20min,卸载时应维持 10min,每隔 5min 应测读一次。全部卸载后应每隔 10min 测读一次,测读 30min。

5.3.9 试验过程中应及时记录或打印各项观测数据,进行数据整理和汇总。试验桩水平静载荷试验记录表格式应按附录 D 的规定执行。

5.3.10 符合下列条件之一时可终止加载:

- (1) 达到试验要求的最大荷载或最大位移;
- (2) 在某级荷载作用下,桩顶水平位移急剧增加、位移速率明显增大;

(3)地基土出现明显的斜裂缝或桩身断裂。

5.4 成果分析

5.4.1 成果分析应根据试验内容的不同,分别绘制下列相应试验成果曲线:

(1)水平荷载—位移($H-Y$)曲线;

(2)水平荷载—时间—位移($H-t-Y$)曲线;

(3)水平荷载—位移梯度($H-\frac{\Delta Y}{\Delta H}$)曲线;

(4)水平荷载对数—位移对数($\lg H-\lg Y$)曲线;

(5)水平荷载—水平地基反力系数($H-k_N$)曲线;

(6)水平荷载—水平地基反力系数随深度增长的比例系数($H-m$)曲线;

(7)水平地基反力—位移($P-Y$)曲线簇;

(8)桩身弯矩分布曲线、桩身挠曲变形曲线、桩顶或泥面处转角的变化曲线。

5.4.2 水平地基反力系数 k_N 应按现行行业标准《港口工程桩基规范》(JTJ 254—98)局部修订(桩的水平承载力设计)中附录 C 的方法通过计算确定。

5.4.3 试验桩水平极限承载力应根据 $H-Y$ 曲线上第二折点的前一级荷载(图 5.4.3)或 $\lg H-\lg Y$ 曲线上折点的前一级荷载等综合确定,其中钢桩应取 $\lg H-\lg Y$ 曲线上的第一折点,其他桩应取 $\lg H-\lg Y$ 曲线上的第二折点。当采用 $H-Y$ 曲线、 $\lg H-\lg Y$ 曲线难以确定桩的水平极限承载力时,可采用水平荷载—位移梯度($H-\frac{\Delta Y}{\Delta H}$)曲线等方法综合确定。

5.4.4 基桩水平极限承载力的标准值应采用第 3.4.2 条规定的方法确定。

5.4.5 水平地基反力系数随深度增长的比例系数 m 值可按附录 E 的方法计算。

5.4.6 试验报告的编制应按附录 B 的有关规定执行。

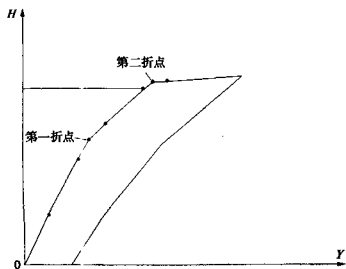


图 5.4.3 H — Y 曲线

H —水平荷载(kN); Y —水平荷载作用下桩在作用点处的水平位移(m)

附录 A 试验桩轴向抗压静荷载试验记录表

工程名称:

试验桩类型及规格:

泥面高程:

试验日期:

桩顶高程:

人土深度:

试验桩编号:

桩尖高程:

天
气：

[illegible]

试验:

记录:

计算:

校核:

附录 B 试验报告

B.0.1 静载荷试验报告应包括下列内容。

B.0.1.1 前言：

- (1)建设、委托、设计、施工、监理和勘察单位名称；
- (2)工程名称、工程地点、试验目的与要求、试验日期和试验桩根数；
- (3)桩基设计与施工概况。

B.0.1.2 试验依据。

B.0.1.3 场地工程地质和水文条件：

- (1)工程地质和水文概况；
- (2)试验桩平面位置图及相应的地质钻孔柱状图或表；
- (3)各土层物理力学性能指标。

B.0.1.4 试验内容。

B.0.1.5 主要仪器设备型号及编号。

B.0.1.6 试验方法：

- (1)反力系统、加载系统和观测系统构成；
- (2)荷载分级与加载顺序确定；
- (3)测点布置；
- (4)测读时间确定；
- (5)加载稳定标准确定；
- (6)终止加载条件判定。

B.0.1.7 试验成果及分析：

- (1)试验记录汇总表；
- (2)成果曲线；
- (3)成果分析；

(4)结论和建议。

B.0.2 试验报告封面应包括报告标题、工程名称、工程地点、报告编号、试验单位名称、检测或试验资质证书编号及出具报告日期。

B.0.3 试验报告扉页应由试验项目负责人、试验人员、报告编写人、审核人和技术负责人签名。

B.0.4 试验报告封面的左上角应加盖计量认证章。封面和结论页应加盖试验单位公章。

附录 E 水平静载荷试验中 m 值的计算方法

E.0.1 弹性长桩水平地基反力系数随深度增长的比例系数 m 值的计算,应对弹性长桩在水平荷载作用下的位移进行分析,位移分析示意图见图 E.0.1。

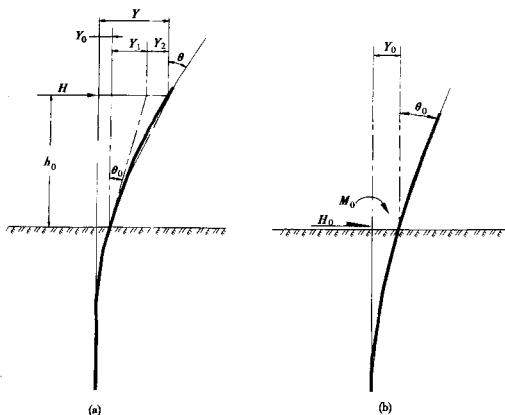


图 E.0.1 弹性长桩在水平荷载作用下的位移分析示意

(a)位移分析示意;(b)泥面处水平荷载作用简化示意

H —水平荷载(kN); H_0 —转换为泥面高程处桩所受的水平力(kN), $H_0 = H$; h_0 —水平荷载作用点至泥面的距离(m); M_0 —转换为泥面高程处桩所受的力矩(kN·m), $M_0 = Hh_0$; Y —水平荷载作用下桩在作用点处的水平位移(m); Y_0 —水平荷载作用下泥面变形引起桩在泥面高程处的水平位移(m); Y_1 —水平荷载作用下桩身泥面处截面转角引起水平荷载作用点处的水平位移(m); Y_2 —假设泥面高程处桩身为固端,水平荷载作用引起桩身水平荷载作用点处的水平变形(m); θ —水平荷载作用下桩顶截面转角(rad); θ_0 —水平荷载作用下桩在泥面高程处截面转角(rad)

E.0.2 θ_0 和 Y_0 的取值宜采用实测数据,当无实测数据时,可按下列公式计算:

$$\theta_0 = \theta - \frac{Hh_0^2}{2E_p I} \quad (\text{E.0.2-1})$$

$$Y_0 = Y - \theta h_0 + \frac{Hh_0^3}{6E_p I} \quad (\text{E.0.2-2})$$

式中 θ_0 ——水平荷载作用下桩在泥面高程处截面转角(rad);

θ ——水平荷载作用下桩顶截面转角(rad);

H ——水平荷载(kN);

h_0 ——水平荷载作用点至泥面的距离(m);

E_p ——桩身材料的弹性模量(kPa);

I ——桩身截面惯性矩(m^4);

Y_0 ——水平荷载作用下泥面变形引起桩在泥面高程处的水平位移(m);

Y ——水平荷载作用下桩在作用点处的水平位移(m)。

E.0.3 m 值可按下列方法进行计算。

E.0.3.1 m 值可直接采用式(E.0.3-1)和式(E.0.3-2)进行计算。在同级水平荷载作用下,由式(E.0.3-1)求得桩的相对刚度系数 T 值,再由式(E.0.3-2)求得 m 值。

$$Y_0 = 2.441 \frac{H_0 T^3}{E_p I} + 1.621 \frac{M_0 T^2}{E_p I} \quad (\text{E.0.3-1})$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p I}{mb_0}} \quad (\text{E.0.3-2})$$

式中 Y_0 ——水平荷载作用下泥面变形引起桩在泥面高程处的水平位移(m);

H_0 ——转换为泥面高程处桩所受的水平力(kN), $H_0 = H$;

T ——桩的相对刚度系数(m);

E_p ——桩身材料的弹性模量(kPa);

I ——桩身截面惯性矩(m^4);

M_0 ——转换为泥面高程处桩所受的力矩($\text{kN}\cdot\text{m}$), $M = Hh_0$;

m ——水平地基反力系数随深度增长的比例系数 (kN/m^4);

b_0 ——桩的换算宽度(m),等于2倍桩径或桩宽。

E.0.3.2 当直接计算 m 值有困难时,也可采用试算法进行计算。先假设一个 m 值,由式(E.0.3-2)求得 T 值,再由式(E.0.3-1)求得 Y_0 值,并与式(E.0.2-2)求得的 Y_0 值进行比较,反复试算,直至式(E.0.3-1)求得的 Y_0 值与式(E.0.2-2)求得的 Y_0 值相符为止,最后假设的 m 值即为所求值。

附录 F 本规程用词用语说明

F.0.1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词用语说明如下:

(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)对表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”或“可”;

反面词采用“不宜”。

F.0.2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时,写法为“应符合……的有关规定”或“应按……执行”。

本规程主编单位、参加单位、主要起草人、 总校人员和管理组人员名单

主 编 单 位：武汉港湾工程设计研究院

参 加 单 位：武汉港湾工程质量检测中心

天津港湾工程质量检测中心

上海港湾工程质量检测中心

广州港湾工程质量检测中心

主要起草人：吴继光(武汉港湾工程设计研究院)

李宗哲(武汉港湾工程设计研究院)

马瑞康(武汉港湾工程设计研究院)

(以下按姓氏笔画为序)

孙 义(天津港湾工程质量检测中心)

陈火鑫(武汉港湾工程设计研究院)

宋家骅(上海港湾工程质量检测中心)

洪 帆(武汉港湾工程质量检测中心)

贾德庆(广州港湾工程质量检测中心)

总校人员名单：李永恒(交通部水运司)

吴继光(武汉港湾工程设计研究院)

马瑞康(武汉港湾工程设计研究院)

陈火鑫(武汉港湾工程设计研究院)

洪 帆(武汉港湾工程质量检测中心)

管理组人员名单：吴继光(武汉港湾工程设计研究院)
李宗哲(武汉港湾工程设计研究院)
洪帆(武汉港湾工程质量检测中心)
孙义(天津港湾工程质量检测中心)
贾德庆(广州港湾工程质量检测中心)

中华人民共和国行业标准

港口工程基桩静载荷试验规程

JTJ 255—2002

条文说明

目 次

1	总则	(38)
3	轴向抗压静载荷试验	(39)
3.1	一般规定	(39)
3.2	试验装置	(40)
3.3	试验方法	(40)
3.4	成果分析	(41)
4	轴向抗拔静载荷试验	(42)
4.1	一般规定	(42)
4.3	试验方法	(42)
5	水平静载荷试验	(43)
5.1	一般规定	(43)
5.2	试验装置	(43)
5.3	试验方法	(43)
5.4	成果分析	(44)

1 总 则

1.0.2 本条规定的港口工程基桩,按成桩方法和桩身材料分主要包括混凝土预制桩、灌注桩、钢管桩和组合桩;按荷载传递机理分主要包括摩擦桩和端承桩,其中端承桩包括嵌岩桩。

3 轴向抗压静载荷试验

3.1 一般规定

3.1.1、3.1.3 轴向抗压静载荷试验分为极限承载力试验和检验性试验。检验性试验一般采用工程桩进行,加载量由设计提出,仅检验承载力是否满足设计的要求。极限承载力试验指桩加载到破坏状态前或出现不适于继续承载变位的试验,其加载量比检验性试验大,一般在专供作破坏性试验的桩上进行。这种试验要进行周密的设计,通常在桩内预埋测试元件,以便取得系统的试验数据,为合理设计、降低工程造价和积累不同地区的基桩试验资料提供依据。

3.1.2 轴向抗压极限承载力试验,主要是为了准确地确定基桩的极限承载能力,给合理进行桩基础设计提供依据,因此该项试验宜在设计前进行。对大型项目或新开辟港区等主要工程进行专门的极限承载力试验是必要的。

工程桩轴向抗压承载力检验性试验,主要目的是验证工程桩的承载能力能否满足设计要求,这样既可利用施工中的现有条件、节省试验费用,又能保证桩基础满足承载要求,确保工程质量。

3.1.7 本条所述的其他加载方式包括全压载法和自平衡加载法等。自平衡加载法由 Osterberg 所创导,该方法为将特制的荷载箱与钢筋笼连在一起浇入桩端或其附近的部位,试验时通过油管在地面进行加压,随着油压增大,荷载箱顶、底盖脱离推开,桩身随之发生桩侧摩阻力及桩端阻力,直至破坏。通过向上、向下的 2 条荷载—位移曲线,可求得桩的极限承载力。该方法在国外已应用十余年。日本称之为桩端载荷试验法,目前正在推广并制定试验标

准。国内有的单位经过改进,将荷载箱设置在桩侧摩阻力与桩端阻力能相互平衡的位置,使上下两部分承载力得以充分发挥,故称为自平衡加载法。该方法在我国工民建工程中已有应用。有条件时也可引进到港口工程中,以便使试验能省时、省力和降低试验费用。

3.1.8 试验桩与锚桩、基准桩中心距,除按现行行业标准《港口工程桩基规范》(JTJ 254—98)规定不应小于4倍桩径或桩宽外,本条尚规定下限不小于2m,以免小截面桩间距过小。

本条规定对桩端进入良好持力层的大直径桩,其与锚桩、基准桩的中心距不应小于3倍桩径或桩宽,符合现行行业标准《港口工程桩基规范》(JTJ 254—98)第4.1.1条中“中心距3~6倍桩径或桩宽,且桩端进入良好持力层时,可按单桩设计”的原则。

3.2 试验装置

3.2.2、3.2.3 预计最大试验荷载为计划施加于试验桩上的最大荷载,与实际情况可能有一些差异,为使试验不致因反力系统或加载设备能力不足而中断,其能力应考虑有一定的富裕量。

3.2.4 为了不使试验桩桩顶承受过大的局部荷载,在千斤顶与试验桩之间应放置钢垫块;同样在千斤顶与反力梁之间也应设置钢垫块。

3.2.5 为确保在试桩过程中,减少外界因素对观测系统的影响,较准确地观测试验桩在载荷作用下的沉降。因此,本条着重提出了采取防雨、防晒、防振和防碰撞等措施,并规定基准梁一端固定、一端简支,且采用4个位移计或百分表观测沉降,取其平均值,以降低观测误差。

3.3 试验方法

3.3.1 循环加载法在英、美、日等国都已列入规范。我国台湾、香港地区及内地一些涉外工程也有采用,故本条作出明示,以便逐步推广这一试验方法的应用。

3.3.4、3.3.6 快速维持荷载法一般采用 1h 加一级荷载,但在外海气象、水文十分恶劣的条件下,当天很难完成试验。为此,对于桩尖进入良好持力层的试验桩,采用 0.5h 加一级荷载,一般可在 8h 内完成试验。通过对 1904 工程、汕头客运站、蛇口 H 钢桩试验、盐田港钢管桩等试桩资料对比分析,表明这种加载方法对试验结果没有明显影响。每一加载级的沉降很快稳定,0.5h 的沉降与 1h 内的沉降几乎一样,只是接近破坏荷载时,沉降才有一定的差异。

3.4 成果分析

3.4.3 测定桩端阻力和桩侧摩阻力时,一般将应变片或应变计测得的应变值换算成相应截面的轴向力,绘出轴向力分布图,从轴向力分布可以确定各土层的桩侧摩阻力及桩端阻力。对钢筋混凝土桩,在进行桩身轴向力换算过程中,混凝土弹性模量可以通过室内试验测得或通过现场试验建立的混凝土应力—应变($\sigma-\epsilon$)关系曲线求得。

4 轴向抗拔静载荷试验

4.1 一般规定

4.1.5 为了使轴向抗拔静载荷试验反映工程实际情况,要求试验桩成桩工艺和质量控制标准与工程桩一致。主筋应通长布置,以满足桩身强度的要求。

4.3 试验方法

4.3.3 港口工程有关的桩基规范尚未对终止加载的累计桩顶上拔量条件作出明确规定,条文中的“累计桩顶上拔量超过 100mm”引自现行行业标准《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—94)。

5 水平静载荷试验

5.1 一般规定

5.1.5 对有足够入土深度的长桩,桩周土体与水平载荷试验密切相关的只是土层的上部,根据土层性质的不同,承受水平荷载桩的第一弯矩零点一般在泥面以下 13 ~ 16 倍桩径或桩宽之间。因此条文中对工程地质钻探资料和试验间歇时间的要求,都着重于考查泥面以下 16 倍桩径或桩宽范围内的土层性质。

5.1.10 本条规定水平荷载作用点高程宜与实际工程桩基承台底面高程一致,主要是使试验桩尽量符合工程桩承受水平荷载的实际状况,使获得的试验数据更具有代表性。水平力的方向应通过桩截面中心,则是为了避免试验桩受扭而影响试验结果。

5.1.11 港口工程桩基的特点是水平荷载作用点与泥面之间距离较大,故本条规定,对试验桩结构抗弯能力和抗变形能力按预计最大试验荷载进行验算,其目的是保证试验顺利进行。

5.2 试验装置

5.2.4 本条规定基准桩和基准梁应稳固可靠、自成独立体系,是为了避免受到其他系统的影响。

5.3 试验方法

5.3.1 根据港口工程试验的特点,单向单循环水平荷载试验方法简捷明了,应用广泛,积累的经验较多,故本规程推荐单向单循环水平荷载试验方法。

5.3.4~5.3.6 条文规定有关水平荷载试验测试桩顶转角、桩身

弯曲应变和桩身挠曲变形的的方法,反映了近年来港口工程基桩水平静载荷试验常用的测试技术手段,应用时可根据实际技术能力和试验条件选定。

5.4 成果分析

5.4.5 水平地基反力的计算, m 法是目前常用的方法之一。该法比较符合有较厚软土覆盖层的天然地基。针对港口工程基桩自由长度大和水平荷载作用点高的情况,对有足够入土深度的弹性长桩,可采用附录 E 中列出的方法确定 m 值。此方法要求 θ 、 Y 有较高测试精度和较准确的 E_p 、 I 取值,因此要求具有一定实践经验的试验检测人员完成该项工作。

在测试的最初阶段, θ 、 Y 受测试精度的影响,可能使得 m 值的计算结果误差较大。随着桩身位移的增大,测试相对精度提高,一般情况下自第 4~5 级荷载后,根据试验数据计算出的 m 值能反映测试位置处弹性长桩水平地基反力系数随深度增长的比例系数的实际情况。