

备案号: J12089-2012

DB

浙江省工程建设标准

DB33/T 1087-2012

基桩承载力自平衡检测技术规程

**Technical Specification for Self-balanced
Bearing Capacity Testing of Foundation Pile**

2012-05-25 发布

2012-08-01 施行

浙江省住房和城乡建设厅 发布

浙江省工程建设标准

基桩承载力自平衡检测技术规程

Technical Specification for Self-balanced
Bearing Capacity Testing of Foundation Pile

DB33/T 1087-2012

主编单位：浙江大合建设工程检测有限公司

批准部门：浙江省住房和城乡建设厅

施行日期：2012年08月01日



浙江工商大学出版社

2012 浙江

基桩承载力自平衡检测技术规程
Technical Specification for Self - balanced
Bearing Capacity Testing of Foundation Pile
浙江省住房和城乡建设厅 发布

责任编辑：何海峰 汪 俊

责任出版：汪 俊

出版发行：浙江工商大学出版社

社 址：杭州市教工路 198 号

(邮编：310000 电话：0571 - 88904981)

经 销：新华书店

印 刷：杭州余杭大华印刷厂

开 本：850mm × 1168mm 1/32

字 数：36 千

印 张：2.75

版 次：2012 年 7 月第 1 版

印 次：2012 年 7 月第 1 次印刷

统一书号：81140 · 402

定 价：20.00 元

目 次

1 总则	1
2 术语、符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 基本规定	4
4 检测要点	7
4.1 基桩承载力自平衡检测系统	7
4.2 仪器设备	7
4.3 设备安装	8
5 现场检测	11
5.1 一般规定	11
5.2 检测方法	12
6 单桩竖向极限承载力确定	14
附录 A 基桩承载力自平衡法检测概况表	16
附录 B 基桩承载力自平衡法检测记录表	17
附录 C 基桩承载力自平衡法检测荷载—沉降汇总表	18
附录 D 本规程用词说明	19
附条文说明	21

浙江省住房和城乡建设厅文件

建设发〔2012〕125号

关于发布浙江省工程建设标准 《基桩承载力自平衡检测技术规程》的通知

各市建委（建设局）、绍兴市建管局、义乌市建设局，省级有关厅、局，省建设集团、省标准设计站，各有关单位：

根据我厅《二〇〇七年度浙江省工程建设地方标准编制计划》（建设发〔2007〕319号），由浙江大合建设工程检测有限公司等单位完成了《基桩承载力自平衡检测技术规程》的编制工作，已通过审查和公示，现批准为浙江省工程建设标准，编号为DB33/T 1087-2012，自2012年8月1日起施行。

本标准由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，浙江大合建设工程检测有限公司负责具体内容的解释，浙江省标准设计站组织发行。

浙江省住房和城乡建设厅
二〇一二年五月二十五日

前 言

根据浙江省住房和城乡建设厅《关于印发〈二〇〇七年度浙江省工程建设地方标准编制计划〉的通知》（建设发〔2007〕319号）的要求，《基桩承载力自平衡检测技术规程》编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国外及国内兄弟省市的有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本规程主要技术内容是：总则，术语、符号，基本规定，检测要点，现场检测，单桩竖向极限承载力确定和附录等。

本规程由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，浙江大合建设工程检测有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送浙江大合建设工程检测有限公司（地址：杭州市五常荆长路31号，邮编：310023）。

本规程主编单位：浙江大合建设工程检测有限公司

本规程参编单位：浙江元本检测技术有限公司

浙江华东工程安全技术有限公司

浙江有色地球物理技术应用研究院

中天建设集团

义乌城东建筑工程有限公司

本规程主要起草人员：何相礼 孙金月 陈进华 卢文浩
王国潮 叶 璟 裘晓东 王显东 陈文华 宋绍铭 方旭慧
成伟贤

本规程主要审查人员：王立忠 赵宇宏 叶军献 李海波
刘兴旺 赵滇生 姜天鹤 李小平 章 华

1 总 则

- 1.0.1** 为保证基桩承载力自平衡检测工作质量，规范基桩承载力自平衡检测方法，使基桩承载力自平衡检测工作符合技术先进、数据可靠、评价合理的要求，制定本规程。
- 1.0.2** 基桩承载力自平衡检测方法适用于桩身直径不小于600mm的混凝土灌注桩的承载力检测。
- 1.0.3** 基桩承载力自平衡检测应符合本规程外，尚应符合国家、行业、地方现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 基桩 Foundation pile

桩基础中的单桩。

2.1.2 基桩承载力自平衡检测法 Self-balanced testing of foundation pile bearing capacity

基桩静载检测的一种方法，在成桩过程中，将荷载箱预埋在桩身平衡点处，在地面由高压油泵进行加载，根据检测数据绘制上、下段桩的荷载—位移曲线，从而得到检测桩的极限承载力。

2.1.3 平衡点 Balanced point position

基桩桩身某一位置，其上段桩桩身自重及桩侧极限摩阻力之和与下段桩侧极限摩阻力及桩端极限阻力之和基本相等。

2.1.4 荷载箱 Loading box

在基桩承载力自平衡法检测中特制的加载装置，它主要由活塞、顶盖、底盖及箱壁四部分组成。

2.1.5 基准梁 Datum line beam

用于固定变形测量设备的刚性梁。

2.1.6 基准桩 Datum line pile

用于固定基准梁且不能有任何变形的装置。

2.2 符 号

D ——试桩直径；

Q_u ——单桩竖向抗压极限承载力；

Q_t ——单桩竖向抗拔极限承载力；

W ——荷载箱上部桩钢筋混凝土自重；

W_p ——桩顶使用配重的重量；
 γ ——桩侧抗拔与抗压阻力比；
 Q_u^+ ——荷载箱上段桩极限承载力；
 Q_u^- ——荷载箱下段桩极限承载力；
 S_u ——荷载箱上段位移；
 S_d ——荷载箱下段位移；
 t ——加载时间。

3 基本规定

3.0.1 单桩检测方法应根据检测目的按表 3.0.1 选择。

表 3.0.1 检测方法及其检测目的

检测方法	检测目的
单桩竖向抗压静载试验	确定单桩竖向抗压极限承载力； 判定竖向抗压承载力是否满足设计要求； 测定桩侧、桩端阻力。
单桩竖向抗拔静载试验	确定单桩竖向抗拔极限承载力； 判定竖向抗拔承载力是否满足设计要求。

3.0.2 检测工作的程序应按图 3.0.2 进行。

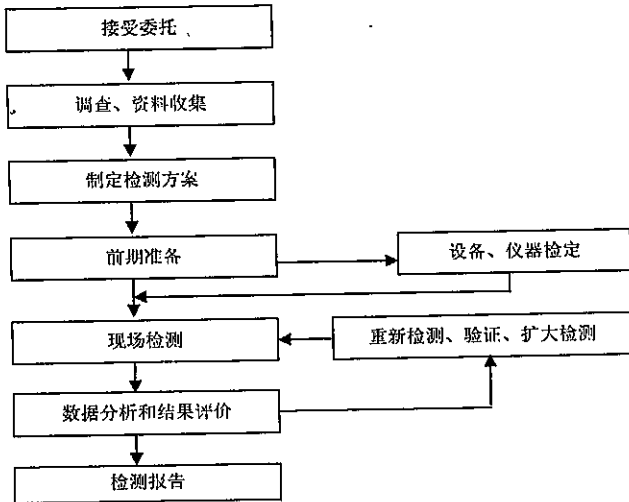


图 3.0.2 检测工作程序框图

3.0.3 调查、资料收集阶段宜包括下列内容：

- 1 收集被检测工程的岩土工程勘察资料、桩基设计图纸、施工记录，了解施工工艺和施工中出现的异常情况；
- 2 进一步明确委托方的具体要求；
- 3 检测项目现场实施的可行性。

3.0.4 检测方案应包含以下内容：

- 1 工程概况、地质条件、检测目的、检测要求及依据；
- 2 根据设计要求确定荷载箱的个数、位置和最大加载值；
- 3 检测桩的施工要求和需施工单位配合的机械、人工等；
- 4 安全措施和质保体系；
- 5 检测周期和进度。

3.0.5 前期准备

- 1 荷载箱的标定与试压；
- 2 仪器设备和计量器具的检查。

3.0.6 现场检测安全要求

现场检测期间，除应执行本规范的有关规定外，还应遵守国家安全生产的规定；当现场操作环境不符合仪器设备施用要求时，应采取有效防护措施。

3.0.7 数据分析和结果评价

当发现检测数据异常时，应查找原因，查明原因处理后，对检测结果不产生影响的按正常程序进行分析、评价；如对检测结果产生影响，应在条件具备后重新检测、验证或扩大检测，当需要验证或扩大检测时，应得到有关方面的确认。

3.0.8 检测报告应包含以下内容

- 1 委托方名称、工程名称、地点，建设、勘察、设计、监理和施工单位，检测目的，检测依据，检测数量和检测日期；
- 2 地质条件描述、土的力学指标、检测桩平面位置图，相应的地质剖面图或柱状图及荷载箱埋设位置图；
- 3 检测桩的施工记录；
- 4 检测方法，检测仪器设备和检测过程描述；

5 原始数据记录表, 汇总表和相应的 $Q_u^+ - S_u$, $Q_u^- - S_d$, $S_u - lgt$, $S_d - lgt$ 等曲线;

6 与检测内容相应的检测结论。

4 检测要点

4.1 基桩承载力自平衡检测系统

4.1.1 基桩承载力自平衡检测系统如图 4.1.1 所示。

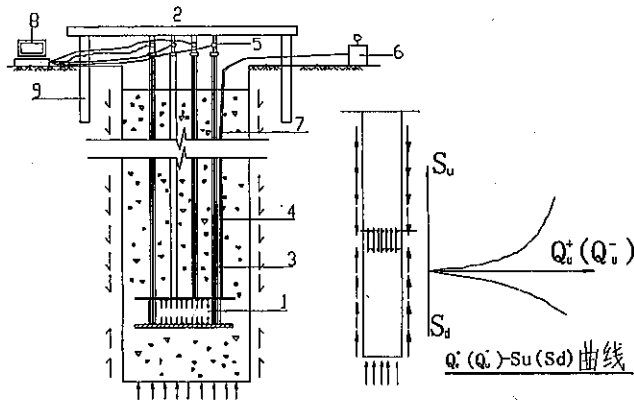


图 4.1.1 基桩承载力自平衡检测系统

1—荷载箱；2—基准梁；3—护套管；4—位移杆；5—位移传感器；
6—加载系统；7—油管；8—数据采集系统；9—基准桩。

4.2 仪器设备

4.2.1 检测用的计量器具必须在计量检定周期的有效期内。

4.2.2 检测设备主要包括加载装置和位移量测系统。

1 加载装置由荷载箱、加压管和加载油泵等组成。荷载由并联于荷载箱的压力表或压力传感器测定。压力表、加载油泵、油管在最大加载时的压力不宜超过额定工作压力的 80%，荷载箱极限加载能力应大于预估极限承载力的 1.2 倍；

2 位移量测系统由位移传递装置、位移传感器、大量程百

分表和电脑测读系统等组成。

4.2.3 荷载箱

荷载箱是基桩承载力自平衡检测中的关键设备，荷载箱的生产和标定必须遵守以下规定：

- 1 荷载箱必须是具有相关资质生产厂家生产的合格产品；
- 2 组成荷载箱的千斤顶必须经法定检测单位标定，荷载箱出厂前必须试压，试压值不得小于额定加载值，且必须维持 2h 以上；
- 3 荷载箱在工厂试压和现场试验必须采用同一型号的压力表；
- 4 采用联于荷载箱的压力表测定油压，根据荷载箱率定曲线换算荷载；
- 5 压力表须经法定计量部门标定，且在规定的有效期内使用。

4.2.4 检测用的计量器具应满足下列要求：

- 1 压力表精度应优于或等于 0.4 级，量程不应小于 60MPa，传感器的测量误差不应大于 1%；
- 2 大量程百分表或位移传感器的测量误差不应大于 0.1% FS，分辨率不应小于 0.01mm。

4.3 设备安装

4.3.1 应在荷载箱上、下两个方向分别对称设置不少于两套位移传递装置，并配置位移量测设备。

4.3.2 基准梁的一端应固定在基准桩上，另一端应简支于基准桩上；基准梁应具有足够的刚度，安装牢固；基准梁和大量程百分表的夹具应不受气温、振动及其他外界因素的影响。

4.3.3 检测桩和基准桩之间的中心距离不应小于 $2D$ ，且不小于 2.0m。

4.3.4 荷载箱安装：

1 荷载箱埋设位置应根据地质条件确定。荷载箱一般置于根据地质资料估算得到的平衡点下 1-2 米处，但用于单桩竖向抗拔试验时荷载箱尽量埋设于所检测桩的端部；

2 荷载箱应平放于检测桩中，其荷载箱中心应与所检测桩中心一致，荷载箱位移方向与桩身轴线夹角不得大于 5° ；

3 荷载箱应在制作钢筋笼时埋置于钢筋笼的相应位置，并与钢筋笼主筋焊接在一起，焊接质量等级应满足荷载箱安装强度的要求并不低于 III 级；

4 荷载箱上下应设置起导向和加固作用的喇叭型导向筋，导向筋与钢筋笼主筋相同，导向筋与荷载箱顶面的内夹角应大于 60° ；

5 护管与荷载箱顶盖焊接，并与钢筋笼焊接成整体，护管应有确保不渗漏水泥浆的措施；

6 荷载箱与钢筋笼连接示意如图 4.3.4 所示。

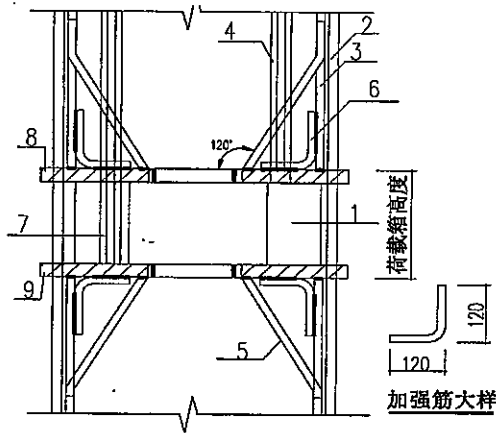


图 4.3.4 荷载箱与钢筋笼连接

- 1—荷载箱的千斤顶；2—压浆管；3—桩主筋；4—上位移管（杆）；
5—喇叭筋（数量直径同主筋）；6—加强筋（数量直径同主筋）；
7—下位移管（杆）；8—荷载箱上钢板；9—荷载箱下钢板

4.3.5 检测结束后，应通过下位移护管对检测产生的桩身裂缝进行高压注浆处理，注浆量与注浆水泥浆强度应根据具体检测桩确定，水泥浆强度不应低于 C30。

5 现场检测

5.1 一般规定

5.1.1 检测桩的成桩工艺和质量控制标准应与工程桩一致。

5.1.2 在基桩承载力自平衡检测法检测前，宜进行检测桩身完整性检测。

5.1.3 检测桩应符合下列规定：

1 检测桩混凝土强度应达到设计强度的 70% 以上，且不小于 15MPa；

2 对桩侧土主要为砂类土的基桩，成桩时间不应小于 10 天；对桩侧土主要为粉土和粘性土的基桩，成桩时间不应少于 15 天；对桩侧土主要为淤泥及淤泥质土的基桩，成桩时间不应少于 25 天；对桩侧土较复杂或市政桥梁等工程的基桩，成桩时间不应少于 28 天。

5.1.4 检测桩数量在同一条件下不应少于 3 根，且不宜少于总桩数的 1%；当工程桩总数在 50 根以内时，不应少于 2 根。

5.1.5 检测桩位置应符合设计要求，设计无要求时，宜选择在有代表性的地质条件处布置，并尽量靠近钻探孔或静力触探孔。

5.1.6 最大加载值：

1 为设计提供依据的试桩，应加载至破坏，最大加载值可根据地质报告计算的单桩极限承载力的 1.2 倍或 1.5 倍选定；

2 对工程桩抽样检测时，最大加载值应根据设计单位提供的单桩承载力极限值或设计要求的单桩承载力特征值的 2 倍选定。

5.2 试验方法

5.2.1 加卸载方式应符合下列规定：

1 加载应逐级进行，每级加载宜为预估极限荷载的 $1/10 \sim 1/15$ ，第一级可取分级荷载的 2 倍；每级荷载加载后，荷载箱上、下承压板位移均达到位移相对稳定标准时，方可施加下一级荷载；

2 每级卸载值为加载值的 2 倍，每级荷载维持 1h；

3 加、卸载时应使荷载传递均匀、连续、无冲击，每级荷载在维持过程中的变化幅度不得超过分级荷载的 $\pm 10\%$ 。

5.2.2 位移观测：采用慢速维持荷载法，每级荷载施加后第 1h 内应在第 5、15、30、45、60min 测读位移，以后每隔 30min 测读一次，达到相对稳定后方可加下一级荷载。卸载时，每级荷载维持 1h，按第 15、30、60min 测读桩顶沉降量后，即可卸下一级荷载。卸载至零后，应测读桩顶残余沉降量，维持时间为 3h，测读时间为第 15、30min，以后每隔 30min 测读一次。

5.2.3 相对稳定标准：每级加载每 1h 的向上、向下位移均不大于 0.1mm 并连续出现 2 次（从每级加载 30min 后开始，按 1.5h 连续三次每 30min 的位移观测值计算）。

5.2.4 终止加载条件应符合下列规定：

1 荷载箱上段位移出现下列情况之一时即可终止加载；

1) 某级荷载作用下，荷载箱上段位移大于前一级位移量的 5 倍，且累计位移量超过 50mm；

2) 荷载箱上段位移累计超过 80mm；

3) 某级荷载作用下，荷载箱上段位移大于前一级荷载作用下的 2 倍，且经 24h 尚未达到相对稳定；

4) 已达到设计要求的最大加载值；

2 荷载箱下段位移出现下列情况之一时，即可终止加载；

1) 某级荷载作用下，荷载箱下段位移大于前一级下段位移量的 5 倍，且总位移量超过 40mm；

2) 某级荷载作用下, 荷载箱下段位移大于前一级下段位移量的 2 倍, 且经 24h 尚未达到相对稳定;

3) 已达到设计要求的最大加载值;

4) 当荷载 - 沉降曲线呈缓变型时, 可加载至累计位移量为 60mm ~ 80mm;

3 荷载已达荷载箱加载极限, 或两段桩累计位移已超过荷载箱行程。

6 单桩竖向极限承载力确定

6.0.1 单桩上、下段桩的极限承载力 Q_u^+ 、 Q_u^- 的确定:

1 根据位移随荷载的变化特征确定:

1) 对于陡变型 $Q_u^+ - S_u$ 、 $Q_u^- - S_d$ 曲线, 取 $Q_u^+ - S_u$ 、 $Q_u^- - S_d$ 曲线发生明显陡变的起始点对应的荷载;

2) 对缓变型 $Q_u^+ - S_u$ 、 $Q_u^- - S_d$ 曲线, 当桩径小于 800mm 时, 上段桩极限侧阻力值取对应于位移量为 40mm 时的荷载; 下段桩极限承载力值取对应于位移量为 40mm 时的荷载, 当桩径不小于 800mm 时, 上段桩极限侧阻力和下段桩极限承载力值可取对应于位移量为 $0.05D$ (D 为桩直径) 时的荷载;

3) 对于荷载箱下段桩在前几级加载过程中出现位移不超过 100mm 的突变, 但经荷载持续稳定一段时间后, 位移趋于稳定的, 对下段桩宜按缓变型处理。

2 根据位移随时间的变化特征确定: 上段桩取 $S_u - \lg t$ 曲线尾部出现明显向上弯曲的前一级荷载值, 下段桩取 $S_d - \lg t$ 曲线尾部出现明显向下弯曲的前一级荷载值。

6.0.2 单桩竖向极限承载力确定

1 单桩竖向抗压极限承载力按式 (6.0.2-1) 确定

$$Q_u = \frac{Q_u^+ - W - W}{\gamma} + Q_u^- \quad (6.0.2-1)$$

2 当荷载箱埋置桩端时, 单桩竖向抗拔极限承载力按式 (6.0.2-2) 确定

$$Q_t = Q_u^+ \quad (6.0.2-2)$$

式中:

Q_u ——单桩竖向抗压极限承载力 (kN);

Q_u^+ ——荷载箱上段桩的极限承载力 (kN);

Q_u ——荷载箱下段桩的极限承载力 (kN);

W ——荷载箱上部桩钢筋混凝土自重 (kN);

γ ——桩侧抗拔与抗压阻力比; $\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$ (其中 γ_i , h_i 分别

为第 i 层桩侧土的桩侧抗拔与抗压阻力比和土层厚度), 对于桩侧土主要为粘性土、粉土 $\gamma = 0.85$, 对于砂土 $\gamma = 0.75$; 对桩侧土为多层土时采用按土层厚度的加权平均值; 当无当地经验时, 可取 1.0;

W_p ——桩顶使用配重的重量 (kN);

Q_i ——单桩竖向抗拔极限承载力 (kN)。

6.0.3 单桩竖向极限承载力统计值的确定应符合下列规定:

1 参加统计的检测结果, 当满足其极差不超过平均值的 30% 时, 取其平均值为单桩竖向极限承载力;

2 参加统计的检测结果当极差超过平均值的 30% 时, 应分析极差过大的原因, 结合工程具体情况综合确定, 必要时可增加检测桩数量;

3 对桩数为 3 根或 3 根以下的柱下承台, 或工程桩抽检数量少于 3 根时, 应取低值。

附录 A 基桩承载力自平衡法检测概况表

A.0.1 基桩承载力自平衡法检测概况应按附表 A.0.1 的要求填写。

附表 A.0.1 基桩承载力自平衡法检测概况表

工程名称							
地 址							
检测单位							
检测桩编号		桩 型		结构层数			
成桩时间							
检测开始时间							
检测结束时间							
成桩工艺		桩断面尺寸 (mm)		桩 长			
				桩端持力层			
混凝土 强度等级	设计	灌注桩沉渣厚度(mm)		配筋	规格	配筋率	
	实际	灌注充盈系数			长度	(%)	
综 合 柱 状 图							
层次	土层名称	描述	地质符号	相对标高	荷载箱位置	检测桩平面布置示意图	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

填表人：

附录 B 基桩承载力自平衡法检测记录表

B.0.1 基桩承载力自平衡法检测记录应按附表 B.0.1 的要求填写。

附表 B.0.1 基桩承载力自平衡法检测记录表

检测桩编号		桩型	桩径 (mm)				桩长 (m)				
桩端持力层		成桩日期	检测日期				加载方法				
荷载 (kN)	观测时间 日/月时分	间隔时间 (min)	向上位移 (mm)				向下位移 (mm)				
			表1	表2	平均	累计	表1	表2	平均	累计	

检测:

资料整理:

校核:

附录 C 基桩承载力自平衡法检测荷载 —沉降汇总表

C.0.1 基桩承载力自平衡法检测荷载—沉降汇总应按附表 C.0.1 的要求填写。

附表 C.0.1 基桩承载力自平衡法检测荷载—沉降汇总表

检测桩编号		桩型		桩径 (mm)		桩长 (m)	
桩端持力层		成桩日期		检测日期		加载方法	
序号	荷载 (kN)	历时 (min)		向上位移 (mm)		向下位移 (mm)	
		本级	累计	本级	累计	本级	累计

检测:

资料整理:

校核:

本规程用词说明

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说明如下：

(a) 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”。

(b) 表示严格，在正常情况均应这样做的：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

(c) 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”。

浙江省工程建设标准

基桩承载力自平衡检测技术规程

Technical Specification for Self - balanced
Bearing Capacity Testing of Foundation Pile

DB33/T 1087 - 2012

条文说明

目 次

1	总则	25
2	术语、符号	26
3	基本规定	27
4	检测要点	28
4.2	仪器设备	28
4.3	设备安装	28
5	现场检测	30
5.1	一般规定	30
5.2	检测方法	30
6	单桩竖向极限承载力确定	32

1 总 则

1.0.1 基桩承载力自平衡检测方法是基桩静载检测的一种新方法。其主要装置是一种特制的荷载箱，它与钢筋笼连接并安置桩身下部，检测时从桩顶通过输压管对荷载箱内壁施加压力，箱盖与箱底被推开，从而调动桩周土的摩阻力与端阻力，直至破坏，将桩侧土摩阻力与桩底土阻力叠加而得到单桩抗压承载力。它有许多优点：

1 基桩承载力自平衡检测技术不受场地条件和加载吨位的限制，不需运入数百吨或数千吨物料，不需构筑笨重的反力架；它特别适用于传统静载方法难以实施的水上检测桩、坡地检测桩、基坑底检测桩、狭窄场地检测桩及大吨位检测桩，检测省时、省力、安全、无污染；

2 可分别测得桩侧阻力与桩端阻力；

3 检测后利用位移护套管对荷载箱进行压力灌浆，检测桩仍可作为工程桩使用；

4 与传统方法相比，检测综合费用低，吨位越大，场地条件越复杂，效果越明显。

1.0.2 因灌注桩成桩工艺要求和荷载箱的制作要求，进行本检测法的单桩直径不小于 600mm。如桩端承载力大于桩侧阻和桩身自重总和，则需在桩顶使用一定配重，当荷载箱置于桩端时，测出的上段桩承载力即为桩抗拔承载力。

2 术语、符号

2.1.1~2.1.6 分别对基桩、基桩承载力检测法、平衡点、荷载箱、基准梁进行了定义。

3 基本规定

3.0.1 ~ 3.0.2 本条是检测机构应遵循的检测工作程序。实际执行检测程序中，由于不可预知的原因，如委托方要求的变化，现场调查情况与委托方介绍的不符，或现场检测尚未全部完成，就已发现质量问题需要进一步排查，都可能使原检测方案中的抽检数量、受检桩桩位、检测方法发生变化，可根据实际情况动态调整。

3.0.3 ~ 3.0.4 调查资料收集及检测方案内容为一般情况下的内容，某些情况下还需要包括场地开挖、道路、供电、照明等要求，有时检测方案还需要与委托方或受托方或设计方共同研究制定。

3.0.5 检测所用计量器具必须送至法定计量检定单位进行定期标定，且使用时必须在计量检定的有效期内，以保证基桩检测数据的准确性、可靠性和可追溯性。

3.0.6 操作环境应满足按测量仪器设备对使用温度、湿度、电压波动、电磁干扰、振动冲击等现场环境条件的适应性。在复杂场地，还应采取足够有效的安全措施。

3.0.7 检测数据异常通常是因检测人员误操作、仪器设备故障及现场准备不足造成的。对此，应及时分析原因，组织重新检测。

4 检测要点

4.2 仪器设备

4.2.1 ~ 4.2.3 检测时一般采用加载油泵通过加压管加压,使荷载箱产生向上、向下的推力,通过控制油泵压力来控制荷载箱推力的大小;所有油管、接头都要具有承受 60MPa 压力的能力。监测系统宜采用高度自动化的桩基静荷载检测分析仪,通过力、位移传感器按规范自动判定完成各级加、卸载操作,同时完成相应的数据采集、记录工作。

4.3 设备安装

4.3.1 ~ 4.3.3 用桩基承载力自平衡检测时,浅表土层受扰动的因素很小,故对基准梁与基准桩的要求比堆载法及锚桩法的要求低;一般基准桩打入地面下 1 米,基准桩与检测桩的中心距离不小于 $2D$,且不小于 2 米能满足检测要求;基准梁应一端固定,另一端简支。

4.3.4 荷载箱的埋设位置:极限桩端阻力小于极限桩侧摩阻力时,荷载箱置于平衡点处,使上、下段桩的极限承载力基本相等,以维持加载,因平衡点一般根据地质勘察报告预估,在实际工程中荷载箱一般置于预估的平衡点下 1-2 米处,极限桩端阻力大于极限桩侧摩阻力时,荷载箱置于桩端,根据桩的长径比,地质情况采取桩顶配重或小直径桩模拟试验进行模拟,检测桩为抗拔桩时,荷载箱直接置于桩端。有特殊需要时,可采用双荷载箱或多荷载箱,以分别检测桩的极限端阻力和各段桩的极限侧摩阻力。荷载箱中心与桩中心一致可防止发生偏心轴向力,当荷载箱位移方向与桩身轴线方向夹角小于 5° 时,其偏心影响很小,

可忽略不计；荷载箱上、下设置的喇叭型导向筋具有引导浇注混凝土上翻和加固荷载箱的作用。

4.3.5 检测时，组成荷载箱的千斤顶缸套和活塞之间产生相对滑移。荷载箱处的混凝土被拉开（缝隙宽度等于卸载后上、下残余位移之和），但桩身其它部分未破坏，上、下两段桩仍被荷载箱连在一起。我们在实际应用中是利用位移管在测试完毕后对此裂缝进行高压注浆，用高强度水泥填充此处裂缝，注浆量与注浆材料强度应根据具体试桩确定，一般水泥浆用量约为测试最大位移出现时空隙体积的10倍，必要时水泥浆可以掺入一定量的膨胀剂（如HEA，UEA等）或结构胶，在注浆过程中如发现另一根位移管有水泥冒出就说明注浆已基本完成。经过许多工程的应用，并经取芯验证发现注浆后的荷载箱断面裂缝已全部修复，事实上荷载箱处千斤顶是内外钢筒套结构，内、外筒一端分别通过上下钢板与钢筋笼焊接，形成了钢结构的机械连接，此截面上虽因加压试验形成裂缝，但裂缝断面处的抗压强度已由钢套筒和注浆体所承受，高压注浆不仅可以填充荷载箱断层，还可以根据需要在该处形成一个扩大头，浆液也可沿桩周上下渗透，提高了该处的承载能力。所以自平衡试桩法不会影响其竖向承载性能。另桩身平衡点荷载箱的埋设位置，都远在反弯点以下，其承受的水平荷载几乎为零，因此，对基桩水平承载力也是没有影响的。

5 现场检测

5.1 一般规定

5.1.1 检测桩与工程桩的成桩工艺和质量控制标准应当保持一致，以保证检测桩的检测结果具有代表性。

5.1.2 当检测桩在基桩承载力自平衡检测法检测前有条件进行桩身完整性检测时，宜进行桩身完整性检测，进行基桩承载力自平衡法检测过的桩，应进行桩身完整性检测，其目的是更直观地判断远离荷载箱处桩顶部的桩身混凝土质量。

5.1.3 混凝土是一种与龄期相关的材料，其强度随时间的增加而增加。在最初几天内强度快速增加，随后逐渐变缓，其物理力学、声学参数变化趋势也大体如此。桩基工程受季节气候、周边环境或工期紧的影响，往往不允许等到全部工程桩施工完并都达到28d龄期强度后再开始检测。基桩承载力自平衡检测法为双向加载，桩身产生的应力是传统检测的一半，若桩身混凝土强度低于C15，有可能引起桩身损坏或破坏。因此规定桩身混凝土强度应大于设计强度的70%，并不得低于15MPa。

5.1.4 基桩承载力自平衡检测法属于静载检测的一种，检测数量应符合《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2003)中3.3相关条款的规定。

5.2 试验方法

5.2.2 本条是我国的传统做法，对维持荷载法进行的原则性规定。

5.2.3 慢速维持荷载法是我国沿用多年的标准方法。

5.2.4~5.2.5 引自《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106—

2003), 浙江省《建筑地基基础设计规范》(DB33 - 1001 - 2003), 本规程中的荷载箱上段位移、荷载箱下段位移分别代替了上述两规范中的上拔量和沉降量。

6 单桩竖向极限承载力确定

6.0.1 桩底沉渣厚度超出规范要求时，在荷载箱加压后，首先将引起桩底部沉渣的压缩，为确定承载力，规定对于荷载箱下部在前几级加载过程中位移出现突变，经荷载持续稳定一段时间，下段位移趋于稳定的，可按缓变型处理。当突变超过 100mm，可能会引起荷载箱行程不够，因而不能继续检测检测桩的承载力。

6.0.2 根据位移随时间的变化特征，上段桩 $S_u - \lg t$ 曲线尾部出现明显向上弯曲时，可求得该段桩的极限承载力 Q_u^+ ；下段桩 $S_d - \lg t$ 曲线尾部出现明显向下弯曲时，可求得下段桩的极限承载力 Q_u^- 。考虑桩身自重和配重影响，得出单桩竖向抗压极限承载力为：

$$Q_u = \frac{Q_u^+ - W - W}{\gamma} + Q_u^-$$

关于 γ 的取值，国内外取值存在一定的差异，国外的大致取值范围在 0.67 到 1 之间。国内有关研究机构所做的大量对比试验认为：桩侧主要土层为粘性土、粉土 $\gamma = 0.8$ ，桩侧土主要为砂土 $\gamma = 0.7$ 可满足工程应用的精度要求，本规范结合国内外经验与浙江省大量的对比试验 γ 值分别取 0.85 和 0.75。

单桩竖向抗拔极限承载力检测时，荷载箱一般置于桩基底部，当桩端不能提供足够的抗拔力时，应适当延长桩长。如不考虑抗拔时桩身出现裂缝的情况，则单桩竖向抗拔极限承载力的检测结果可取 $Q_u = Q_u^+$ 。

基桩承载力自平衡检测法在浙江应用以来，编制组在浙江不同地区的同一场地对同类型的桩进行了大量与传统方法的对比试验，得到了在极限荷载作用下两种方法在相同沉降时的 γ 值，其

典型工程如下表：

项目名称	试桩编号	桩径 (mm)	桩长 (m)	设计单桩竖向承载力特征值 (kN)	桩侧主要土层 (桩端持力层)	γ 值
杭州某工地 (一)	试桩 1	800	40.19	4500	淤泥质粘土 (卵石)	0.80
	试桩 2	800	40.08	4150		0.82
	试桩 3	800	38.87	4150		0.84
	试桩 4	700	38.85	3150		0.81
	试桩 5	700	39.25	3150		0.78
	试桩 6	700	40.13	3150		0.78
	试桩 7	800	42.05	4150		0.80
	试桩 8	800	39.75	4150		0.78
	试桩 9	800	38.60	4150		0.75
杭州某工地 (二)	试桩 1	1000	47.47	8500	粉质粘土、粉细砂圆砾 (其中试桩 1 ~ 试桩 4 为中风化钙质岩, 试桩 5 ~ 试桩 6 为圆砾)	0.77
	试桩 2	1000	45.75	8500		0.75
	试桩 3	1000	45.26	8500		0.78
	试桩 4	1000	44.37	8500		0.78
	试桩 5	800	26.34	3000		0.73
	试桩 6	800	26.20	3000		0.72
温州某工地 (一)	试桩 1	700	41.95	2900	淤泥、淤泥质粘土、粉质粘土 (中风化岩)	0.80
	试桩 2	700	59.31	2900		0.80
	试桩 3	700	64.40	2900		0.82
	试桩 4	700	41.02	3000		0.78
	试桩 5	700	48.06	3000		0.78
	试桩 6	700	46.39	3000		0.72
温州某工地 (二)	试桩 1	700	46.31	2600	粉质粘土、粉砂 (卵石层)	0.72
	试桩 2	700	45.97	2600		0.70
	试桩 3	600	46.10	1900		0.75
	试桩 4	600	46.38	1900		0.72
	试桩 5	700	51.60	2600		0.75

续表

项目名称	试桩编号	桩径 (mm)	桩长 (m)	设计单桩竖向承载力特征值 (kN)	桩侧主要土层 (桩端持力层)	γ 值
慈溪某工地	试桩 1	800	56.23	4800	粉质粘土、粉砂砾砂 (中风化岩)	0.78
	试桩 2	700	57.62	4800		0.75
	试桩 3	700	56.60	4800		0.75
	试桩 4	1300	58.55	9800		0.72
	试桩 5	1300	59.34	9800		0.73
	试桩 6	800	54.38	4800		0.76
余姚某工地	试桩 1	1200	35.80	8500	粉质粘土粉砂砾石全风化凝灰岩 (中风化凝灰岩)	0.72
	试桩 2	1200	33.70	8500		0.68
	试桩 3	1200	45.50	8500		0.70
	试桩 4	1100	35.70	6000		0.72
	试桩 5	1100	45.50	6000		0.68
	试桩 6	800	46.80	3000		0.70
温岭某工地 (一)	试桩 1	900	64.00	7500	淤泥质粉质粘土及粘土 (其中试桩 1, 试桩 2 为中风化岩, 试桩 3, 试桩 4 为卵石)	0.78
	试桩 2	900	51.00	2500		0.80
	试桩 3	850	41.00	1700		0.80
	试桩 4	850	39.00	2800		0.75
	试桩 5	600	44.70	2050		0.76
温岭某工地 (二)	试桩 1	700	62.90	3720	粉质粘土、粉细砂、圆砾 (中风化凝灰岩)	0.78
	试桩 2	700	62.90	3720		0.72
	试桩 3	800	62.90	4500		0.76
	试桩 4	800	67.80	4500		0.73
	试桩 5	700	50.00	2700		0.70
	试桩 6	800	50.10	3200		0.72

通过典型工程的对比试验数据表明：桩侧土主要为粘性土、粉性土、粉土时 γ 值在 0.75 ~ 0.84，桩侧土主要为砂土时 γ 值在 0.68 ~ 0.73，故规范对 γ 分别取值 0.85 和 0.75，使试验结果更加安全可靠。