

建设工程质量检测人员岗位培训教材

JIANZHU DIJI  
YU JICHU JIANCE



# 建筑地基 与基础检测

江苏省建设工程质量监督总站 编

中国建筑工业出版社

建设工程质量检测人员岗位培训教材

# 建筑地基与基础检测

江苏省建设工程质量监督总站 编

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

建筑地基与基础检测/江苏省建设工程质量监督总站编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010.11  
(建设工程质量检测人员岗位培训教材)  
ISBN 978-7-112-12569-2

I. ①建… II. ①江… III. ①地基—基础(工程)—质量检验—技术培训—教材 IV. ①TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第201146号

本书是《建设工程质量检测人员岗位培训教材》之一, 内容包括: 地基静载荷检测, 基桩高、低应变法检测, 锚杆试验, 土钉试验, 钻芯法检测, 声波投射法等。

本书既是建设工程质量检测人员的培训教材, 也是建设、监理单位的工程质量检测见证人员、施工单位的技术人员和现场取样人员学习用书。

责任编辑: 郇锁林 万 李

责任校对: 张艳侠 陈晶晶

建设工程质量检测人员岗位培训教材

### 建筑地基与基础检测

江苏省建设工程质量监督总站 编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

南京碧峰印务有限公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

\*

开本: 850 × 1168 毫米 1/16 印张: 16¼ 字数: 468 千字

2010 年 12 月第一版 2011 年 8 月第二次印刷

印数: 3001—6000 册 定价: 42.00 元

ISBN 978-7-112-12569-2

(19863)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 《建设工程质量检测人员岗位培训教材》

## 编写单位

**主编单位:**江苏省建设工程质量监督总站

**参编单位:**江苏省建筑工程质量检测中心有限公司

东南大学

南京市建筑安装工程质量检测中心

南京工业大学

江苏方建工程质量鉴定检测有限公司

昆山市建设工程质量检测中心

扬州市建伟建设工程检测中心有限公司

南通市建筑工程质量检测中心

常州市建筑科学研究院有限公司

南京市市政公用工程质量检测中心站

镇江市建科工程质量检测中心

吴江市交通局

解放军理工大学

无锡市市政工程质量检测中心

南京科杰建设工程质量检测有限公司

徐州市建设工程检测中心

苏州市中信节能与环境检测研究发展中心有限公司

江苏祥瑞工程检测有限公司

苏州市建设工程质量检测中心有限公司

连云港市建设工程质量检测中心有限公司

江苏科永和检测中心

南京华建工业设备安装检测调试有限公司

# 《建设工程质量检测人员岗位培训教材》 编写委员会

主任:张大春

副主任:蔡杰 金孝权 顾颖

委员:周明华 庄明耿 唐国才 牟晓芳 陆伟东  
谭跃虎 王源 韩晓健 吴小翔 唐祖萍  
季玲龙 杨晓虹 方平 韩勤 周冬林  
丁素兰 褚炎 梅菁 蒋其刚 胡建安  
陈波 朱晓旻 徐莅春 黄跃平 邵扣霞  
邱草熙 张亚挺 沈东明 黄锡明 陆震宇  
石平府 陆建民 张永乐 唐德高 季鹏  
许斌 陈新杰 孙正华 汤东婴 王瑞  
胥明 秦鸿根 杨会峰 金元 史春乐  
王小军 王鹏飞 张蓓 詹谦 钱培舒  
王伦 李伟 徐向荣 张慧 李天艳  
姜美琴 陈福霞 钱奕技 陈新虎 杨新成  
许鸣 周剑峰 程尧 赵雪磊 吴尧  
李书恒 吴成启 杜立春 朱坚 董国强  
刘咏梅 唐笋舫 龚延凤 李正美 卜青青  
李勇智 张海生

# 《建设工程质量检测人员岗位培训教材》 审定委员会

主任:刘伟庆

委员:缪雪荣 毕佳 伊立 赵永利 姜永基  
殷成波 田新 陈春 缪汉良 刘亚文  
徐宏 张培新 樊军 罗韧 董军  
陈新民 郑廷银 韩爱民

# 前 言

随着我国建设工程领域内各项法律、法规的不断完善与工程质量意识的普遍提高,作为其中一个不可或缺的组成部分,建设工程质量检测受到了全社会日益广泛的关注。建设工程质量检测的首要任务,是为工程材料及工程实体提供科学、准确、公正的检测报告,检测报告的重要性体现在它是工程竣工验收的重要依据,也是工程质量可追溯性的重要依据,宏观上讲,检测报告的科学性、公正性、准确性关乎国计民生,容不得丝毫轻忽。

《建设工程质量检测管理办法》(建设部第141号令)、《江苏省建设工程质量检测管理实施细则》、江苏省地方标准《建设工程质量检测规程》(DGJ 32/J21-2009)等的相继颁布实施,为规范建设工程质量检测行为提供了法律依据;对工程质量检测人员的技术素质提出了明确要求。在此基础上,江苏省建设工程质量监督总站组织编写了本套教材。

本套教材较全面系统地阐述了建设工程所使用的各种原材料、半成品、构配件及工程实体的检测要求、注意事项等。教材的编写以上述规范性文件为基本框架,依据相应的检测标准、规范、规程及相关的施工质量验收规范等,结合检测行业的特点,力求使读者通过本教材的学习,提高对工程质量检测特殊性的认识,掌握工程质量检测的基本理论、基本知识和基本方法。

本套教材以实用为原则,它既是工程质量检测人员的培训教材,也是建设、监理单位的工程质量见证人员、施工单位的技术人员和现场取样人员的工具书。本套教材共分九册,分别是《检测基础知识》、《建筑材料检测》、《建筑地基与基础检测》、《建筑主体结构工程检测》、《市政基础设施检测》、《建筑节能与环境检测》、《建筑安装工程与建筑智能检测》、《建设工程质量检测人员岗位培训考核大纲》、《建设工程质量检测人员岗位培训教材习题集》。

本套教材在编写过程中广泛征求了检测机构、科研院所和高等院校等方面有关专家的意见,经多次研讨和反复修改,最后审查定稿。

所有标准、规范、规程及相关法律、法规都有被修订的可能,使用本套教材时应关注所引用标准、规范、规程等的发布、变更,应使用现行有效版本。

本套教材的编写尽管参阅、学习了许多文献和有关资料,但错漏之处在所难免,敬请谅解。为不断完善本套教材,请读者随时将意见和建议反馈至江苏省建设工程质量监督总站(南京市鼓楼区草场门大街88号,邮编210036),以供今后修订时参考。

# 目 录

第一章 概述 .....	1
第二章 基本规定 .....	5
第一节 检测方法和内容 .....	5
第二节 检测工作程序 .....	6
第三节 检测数量 .....	9
第四节 验证与扩大检测 .....	12
第五节 检测结果评价和检测报告 .....	12
第六节 检测机构和检测人员 .....	14
第三章 静载荷检测 .....	16
第一节 概述 .....	16
第二节 基本规定 .....	16
第三节 仪器设备 .....	21
第四节 现场检测技术方法 .....	24
第五节 数据的处理与资料整理 .....	33
第六节 报告的编写 .....	40
第七节 工程实例分析 .....	42
第四章 地基静载荷试验 .....	50
第一节 概述 .....	50
第二节 基本理论 .....	51
第三节 静载试验仪器设备 .....	55
第四节 现场检测技术方法 .....	55
第五节 数据的处理与资料整理 .....	61
第六节 报告的编写、审签、资料归档 .....	64
附 录 地基静载荷试验模拟试卷 .....	66
第五章 基桩低应变法检测 .....	72
第一节 概述 .....	72
第二节 基本理论或原理 .....	72
第三节 仪器设备 .....	75
第四节 测试技术 .....	77
第五节 现场检测方法 .....	78
第六节 数据的处理 .....	79
第七节 报告的编写 .....	81
第八节 工程实例分析 .....	81
附 录 基桩低应变法检测模拟试卷 .....	84
第六章 基桩高应变法检测 .....	90
第一节 概述 .....	90

第二节	基本理论或原理 .....	90
第三节	仪器设备 .....	93
第四节	测试技术 .....	93
第五节	现场检测 .....	97
第六节	数据处理 .....	104
第七节	报告编写 .....	106
第八节	工程实例分析 .....	107
附 录	基桩高应变法检测模拟试卷 .....	111
<b>第七章</b>	<b>锚杆试验 .....</b>	<b>115</b>
第一节	概述 .....	115
第二节	一般规定 .....	116
第三节	基本试验 .....	117
第四节	验收试验 .....	120
第五节	蠕变试验 .....	122
<b>第八章</b>	<b>土钉试验 .....</b>	<b>124</b>
第一节	概述 .....	124
第二节	土钉现场测试 .....	124
第三节	工程实例分析 .....	128
附 录	锚杆与土钉试验模拟试卷 .....	132
<b>第九章</b>	<b>钻芯法检测 .....</b>	<b>137</b>
第一节	概述 .....	137
第二节	适用范围 .....	137
第三节	设备 .....	138
第四节	现场操作 .....	142
第五节	芯样试件截取与加工 .....	146
第六节	芯样试件抗压强度试验 .....	148
第七节	检测数据分析与判定 .....	149
第八节	工程实例分析 .....	154
附 录	钻芯法检测模拟试卷 .....	158
<b>第十章</b>	<b>声波透射法检测 .....</b>	<b>165</b>
第一节	概述 .....	165
第二节	基本理论 .....	165
第三节	适用范围 .....	189
第四节	仪器设备 .....	191
第五节	现场检测 .....	203
第六节	检测数据的分析与制定 .....	218
第七节	工程实例分析 .....	231
附 录	声波透射法检测模拟试卷 .....	242
参考文献	.....	250



# 第一章 概 述

随着我国经济建设的高速发展,建筑工程的发展日新月异。我国每年的用桩量超过数百万根,并且沿海地区和长江中下游软土地区地基处理规模大。近年来,建筑中的质量问题和重大质量事故多与基础工程质量有关,其中有不少直接危及主体结构的正常使用与安全。如此大量的地基基础工程,如何保证质量,一直倍受建设、施工、设计、勘察、监理各方以及建设行政主管部门的关注。地基基础除因受岩土工程条件、基础与结构设计、基础-土体系相互作用、施工以及专业技术水平和经验等关联因素的影响而具有复杂性外,地基基础的施工还具有高度的隐蔽性,发现质量问题难,事故处理更难。因此,地基基础检测工作是整个建筑工程中不可缺少的重要环节,只有提高检测工作的质量和检测评定结果的可靠性,才能真正做到确保建筑工程质量与安全。

## 一、建筑物地基

在建筑物下支承建筑物基础的土体或岩体称为建筑物地基。建筑物地基分为两类:天然地基和人工地基。未作加固处理即能满足建筑物荷载要求的地基称为天然地基,这类地基因工程地质特性的不同又分为:一般黏性土地基、砂类土或碎石类土地基、软弱地基、山区地基、湿陷性黄土地基、季节性冻土地基、膨胀土地基等。当建筑场地天然地基的承载力和变形不能满足上部建筑物需要时,一般采用地基处理的方法,即采用人工方法来提高地基土的承载力,改善其变形性质或渗透性质,以满足建筑物对地基变形和稳定性的需要。经人工处理后的建筑物地基,例如填土地基、石灰桩或灰土桩挤密地基、强夯地基等称为人工地基。在人工地基中,经常采用的一种方法是在天然土层中设置不同刚度的加固体,如振冲碎石桩、土桩、灰土桩、砂石桩、生石灰桩、深层搅拌桩、旋喷桩、CFG桩(水泥、粉煤灰、碎石桩)、灌注桩和预制桩后,由桩(竖向加固体)与桩周土体所组成的复合地基来承受建筑物的荷载。另外还有加筋、锚杆等(水平加固体、斜向加固体)。复合地基由于施工方便,造价较低,在建筑物竖向荷载比较小的多层住宅建筑或水池类构筑物中得到了较广泛的应用。

## 二、建筑物基础

由于土的压缩性大,强度小,上部结构荷载通过墙、柱不能直接传给地基,必须在墙、柱底部与地基接触处适当扩大尺寸,把荷载扩散后传给地基。这个建筑结构物的下部扩大部份,即将结构所承受的各种作用传递到地基上的下部结构称为基础。基础按埋深条件分浅埋基础(埋深小于基础宽度的1.5~2倍)、深埋基础(大于等于基础宽度的2倍)。桩基础属于一种深基础,它是指在天然土层中设置刚性桩体(灌注桩或预制桩)和连接于桩顶的承台组成桩基础。换句话说,桩基础是指基桩与连接桩顶的承台共同组成的基础。若桩身全部埋于土中,承台底面直接与土体接触,称为低承台桩基,一般的工业与民用建筑的桩基础均属于低承台桩基。若承台底面以及桩身上部露出地面,称为高承台桩基,位于河床内的桥桩基础属于高承台桩基。作用于承台上的建筑物荷载通过桩传递给桩周土体和桩端土体。

## 三、地基基础设计等级

《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)所说的建筑物地基基础设计等级是按照地基基

础设计的复杂性和技术难度确定的,划分时考虑了建筑物的性质、规模、高度和体型;对地基变形的要求;场地和地基条件的复杂程度;由于地基问题对建筑物的安全和正常使用可能造成影响的严重程度等因素。这与《建筑桩基技术规范》(JGJ 94 - 2008)根据桩基损坏时造成建筑物破坏后果(危及人的生命、造成经济损失、产生社会影响)的严重性所划分的建筑桩基安全等级的作用是一致的。

地基基础设计等级采用三级划分。

#### 1. 设计等级为甲级的建筑物

(1)重要的工业与民用建筑物。主要是指有纪念意义的或供群众性集会的民用建筑,经济意义重大的工业建筑物。

(2)30层以上的高层建筑。这类建筑不论其体型复杂与否均列入甲级,这是考虑到其高度与重量对地基承载力和变形均有较高要求,采用天然地基往往不能满足设计需要,而须考虑桩基和地基处理。

(3)体型复杂、层数相差超过10层的高低层连成一体的建筑物。体型复杂的建筑物是指平面上有L形、Y形、T形、弧形以及不同线条或形状组合而成的平面。体型复杂、层数相差超过10层的高低层连成一体的建筑物是指平面上和立面上高度变化较大、体型变化复杂,且建于同一整体基础上的高层宾馆、办公楼、商业建筑等建筑物。由于上部荷载大小相差悬殊、结构刚度和构造变化复杂,很易出现地基不均匀变形。为使地基变形不超过建筑物的允许值,地基基础设计的复杂程度和技术难度均较大。

(4)大面积的多层地下建筑物(如地下车库、商场、运动场等)。这类建筑物存在深基坑开挖、降水、支护和对临近建筑物可能造成严重不良影响等问题,增加了地基基础设计的复杂性。对于地面以上没有荷载或荷载很小的建筑物,如地下车库、商场、运动场等还存在抗地下水浮力设计等问题。

(5)复杂地质条件下的坡上建筑物是指坡体岩土的种类、性质、产状和地下水条件变化复杂等对坡体稳定性不利的情况,此时应作坡体稳定性分析,必要时采取整治措施。

(6)对原有工程有较大影响的新建建筑物是指在原有建筑物旁和在地铁、地下隧道、重要地下管道上或旁边新建的建筑物,当新建建筑物对原有工程影响较大时,为保证原有工程的安全和正常使用,增加了地基基础设计的复杂性和难度。

(7)场地和地基条件复杂的建筑物是指不良地质现象强烈发育的场地,如泥石流、崩塌、滑坡、岩溶、土洞塌陷等,或地质条件恶劣的场地,如地下采空区、地面沉降区、地裂缝地区等。复杂地基是指地基岩土种类和性质变化很大,有古河道或暗浜分布,地基为特殊性岩土,如膨胀土、湿陷性土等,以及地下水对工程影响很大须特殊处理等情况,上述情况均增加了地基基础设计的复杂程度和技术难度。

(8)位于复杂地质条件及软土地区的2层及2层以上地下室的基坑工程,由于基坑支护、开挖和地下水控制等技术复杂、难度较大,也列入甲级。

#### 2. 设计等级为乙级的建筑物

除甲级、丙级以外的工业与民用建筑物。

#### 3. 设计等级为丙级的建筑物

是指建筑场地和地基条件简单,即建筑场地稳定,地基岩土均匀良好,荷载分布均匀的7层及7层以下的民用建筑和一般工业建筑物,以及次要的轻型建筑物。

### 四、地基基础工程检测

为了确保建筑物基础的工程质量而进行的现场试验,包括天然地基、处理地基载荷试验,单桩

竖向抗压载荷试验,单桩竖向抗拔载荷试验,单桩水平向载荷试验,基桩低应变或高应变动力测试,声波透射法测试,钻芯法检测等称为地基基础工程检测。其目的是为工程提供承载力的设计依据,对地基与桩基工程的施工质量进行检验和评定,为桩基施工选择最佳工艺参数和为本地区采用的新桩型与新的地基处理工艺提出承载力的设计依据。基桩检测除应在施工前为设计提供依据的检测和施工后的验收检测外,尚应采取符合现行规范规定的检测方法或《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202-2002)规定的其他检测方法,进行桩基施工过程中的检测,加强施工过程质量控制,做到信息化施工。如钻孔灌注桩施工中应提倡或明确规定采用一些成熟的技术和常规方法进行孔径、孔斜、孔深、沉渣厚度和桩端岩性鉴别等项目的检验;对于打入式预制桩,提倡沉桩过程中的动力监测等。

地基基础载荷试验是在原位条件下,向原型基础和缩尺模型基础逐级施加荷载,并同时观测基础沉降规律的一种原位测试方法。它是确定天然地基、人工地基(复合地基、处理地基)和桩基础承载力和变形特性的综合测试方法,也是确定某些特殊土地基特征指标的有效方法,又是原位测试(如静力触探、标准贯入试验、基桩高应变动力测试等)赖以对比的基本方法。

当前地基与基桩静载荷试验所依据的技术标准(现行有效)有:

《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)于2002年4月1日起实施,该规范适用于地基土载荷试验、岩基载荷试验、单桩竖向抗压载荷试验。原《建筑地基基础设计规范》(GBJ 7-89)已于2002年12月31日废止。

《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-2008)适用于单桩竖向抗压载荷试验、单桩竖向抗拔载荷试验、单桩水平向载荷试验。自2003年1月1日起,单桩竖向抗压载荷试验应根据设计要求采用该规范或采用《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)。凡设计图纸要求提供单桩竖向极限承载力标准值时,应按《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-2008)进行检测和评定;凡设计图纸要求提供单桩竖向承载力特征值时,应按《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)进行检测和评定。

《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79-2002)自2003年1月1日起施行,原《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79-91)同时废止。该规范适用于处理地基或复合地基载荷试验。建筑工程地基处理除应执行本规范外,尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2003)适用于建筑工程基桩的承载力和桩身完整性的检验和评价,该规范列入了单桩竖向抗压静载试验、单桩竖向抗拔静载试验、单桩水平静载试验、钻芯法、低应变法、高应变法、声波透射法等。该规范强制性条文规定工程桩应进行单桩承载力和桩身完整性抽样检测。工程桩进行承载力检验是现行《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202-2002)和《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)以强制性条文的形式规定的;混凝土桩的桩身完整性检测是《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202-2002)质量检验标准中的主控项目。完整性检测的目的是为了发现某些可能影响承载力的缺陷,最终仍是为减少安全隐患、可靠判定工程桩承载力服务。该规范是2003年7月1日起实施,原行业标准《基桩高应变动力检测规程》(JGJ 106-97)同时废止。

《既有建筑地基基础加固技术规范》(JGJ 123-2000)适用于既有房屋加固前的地基土载荷试验。

《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202-2002)根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)和《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79-2002)的要求,对人工地基(包括处理地基及复合地基)、建筑桩基的检测内容和数量作了规定。该规范除规定了施工前为设计提供依据或竣工验收检测外,强调了施工过程中的检测和质量控制。

目前,考虑到设计采用的规范与荷载取值间的统一,基桩竖向抗压载荷试验应根据设计要求分别按《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-2008)、《建

筑桩检测技术规范》(JGJ 106 - 2003)进行。基桩竖向抗拔载荷试验和基桩水平向载荷试验应根据设计要求分别按《建筑桩基技术规范》(JGJ 94 - 2008)或《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106 - 2003)进行,以提供与设计图纸要求相吻合的承载力指标。由于《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106 - 2003)对具体的操作方法作了更详细、更具体的规定,建筑基桩竖向抗压载荷试验、单桩竖向抗拔载荷试验、单桩水平载荷试验的具体操作方法和评判标准可以执行《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106 - 2003)的相关规定。检测报告的结论可以根据设计要求提供相应的承载力指标:单桩竖向承载力特征值或单桩竖向极限承载力标准值。

## 五、地基与基础试验问题现状

我国地基基础测试技术经历了 60 多年的研究并得到了迅速发展。1972 年湖南大学周光龙教授提出了动力参数法;1978 年东南大学唐念慈教授在国内首先将波动方程理论用于渤海 12 号平台钢管桩的动力测试,编制了 BF81 程序;1980 年甘肃建科所编制了以输入实测力波为初始条件的计算程序;中国建筑科学研究院地基所 1988 年编制了类似 CAPWAP/C 的 FEIPWAPC 程序并研制成功桩基动测系统 FEI。东南大学从 20 世纪 80 年代末起就已开发研制成功 PDAS 桩基分析仪并用于工程。1981 年四川省建科院与中国建科院合作研制成功了锤击贯入法,1982 年西安公路研究所与中国科学院电工研究所共同开发了水电效应法,20 世纪 90 年代我国相继颁布建筑工业行业标准《基桩低应变动力检测规程》(JGJ/T 93 - 95)和《基桩高应变动力检测规程》(JGJ 106 - 97),标志着中国的桩基动测技术正式进入了工程实用阶段。

在江苏省,20 世纪 80 年代起南京、徐州、常州等地的高等院校、科研单位开始陆续研究地基基础测试技术并取得了一批成果,实现了科研成果向工程应用的转换。全省各地逐渐将桩的动测技术应用到桩基工程的质量控制中。1989 年起江苏省建设行政主管部门开始对桩基检测工作进行管理。管理的重点是桩基检测单位的资质、现场检测能力验证和检测人员的技术培训。省建设行政主管部门先后制定了《江苏省桩基工程质量监督管理暂行规定》和《江苏省建设工程桩基质量检测机构资质管理暂行办法》等管理文件。这项管理工作已延续至今,事实证明,这项管理工作是必要的,也是有成效的。

目前地基与基础试验尚存在一些不尽人意的地方,例如:现场操作人员不严格遵守有关规范对荷载分级的规定,随意压缩荷载分级;有的单纯追求检测利润,不考虑桩基工程对象和工程地质条件,在没有大量对比资料和成熟经验的情况下,不管是为工程提供承载力依据的检测,还是工程桩检验性检测,任意采用快速维持荷载法;有的贪求缩短检测周期,在每级荷载维持过程中,未保持加压荷载值的稳定;更有甚者,不按时观测读数,随意填写记录。为规范检测市场,推进地基基础检测技术的发展,一方面应针对江苏现状,制定地基土及桩基检测地方法规;另一方面应加速载荷试验的监督控制机制,以确保地基基础试验的真实性、准确性和可靠性。

## 第二章 基本规定

### 第一节 检测方法和内容

(1) 工程桩应进行单桩承载力和桩身完整性抽样检测。

工程桩应进行承载力检验是现行《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202 - 2002)和《建筑地基基础设计规范》(GB 50007 - 2002)以强制性条文的形式规定的;混凝土桩的桩身完整性检测是 GB50202 质量检验标准中的主控项目。因工程桩的预期使用功能要通过单桩承载力实现,完整性检测的目的是发现某些可能影响单桩承载力的缺陷,最终仍是为减少安全隐患、可靠判定工程桩承载力服务。所以,基桩质量检测时,承载力和完整性两项内容密不可分,往往是通过低应变完整性普查找出基桩施工质量问题,并得到对整体施工质量的大致估计。

(2) 基桩检测方法应根据检测目的按表 2-1 选择。

检测方法及其检测目的

表 2-1

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; 通过桩身内力及变形测试测定桩侧、桩端阻力; 验证高应变法的单桩竖向抗压承载力检测结果
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; 通过桩身内力及变形测试,测定桩的抗拔摩阻力
单桩水平静载试验	确定单桩水平临界和极限承载力,推定土抗力参数; 判定水平承载力是否满足设计要求; 通过桩身内力及变形测试,测定桩身弯矩
钻芯法	检测灌注桩桩长、桩身混凝土强度、桩底沉渣厚度,判断或鉴别桩端岩土性状,判定桩身完整性类别
低应变法	检测桩身缺陷及其位置,判定桩身完整性类别
高应变法	判定单桩竖向抗压承载力是否满足设计要求; 检测桩身缺陷及其位置,判定桩身完整性类别; 分析桩侧和桩端土阻力
声波透射法	检测灌注桩桩身缺陷及其位置,判定桩身完整性类别

表 2-1 所列 7 种方法是基桩检测中最常用的检测方法。对于冲钻孔、挖孔和沉管灌注桩以及预制桩等桩型,可采用其中多种甚至全部方法进行检测;但对异形桩、组合桩,表 2-1 中的 7 种方法就不能完全适用(如高、低应变动测法和声透法)。因此在具体选择检测方法时,应根据检测目的、内容和要求,结合各检测方法的适用范围和检测能力,考虑设计、地质条件、施工因素和工程重要性等情况确定,不允许超适用范围滥用,同时也要兼顾实施中的经济合理性,即在满足正确评价的前提下,做到快速、经济。

(3) 桩身完整性检测宜采用两种或多种合适的检测方法进行。

本条是《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106 - 2003) 1.0.3 条中“各种检测方法合理选择搭配”这一原则的具体体现,目的是提高检测结果的可靠性。除中小直径灌注桩外,大直径灌注桩完整性检测一般可同时选用两种或多种方法进行检测,使各种方法能相互补充印证,优势互补。另外,对设计等级高、地质条件复杂、施工质量变异性大的桩基,或低应变完整性判定可能有技术困难时,提倡采用直接法(静载试验、钻芯和开挖)进行验证。

(4) 基桩检测除应在施工前和施工后进行外,尚应采取符合规范规定的检测方法或专业验收规范规定的其他检测方法,进行桩基施工过程中的检测,加强施工过程质量控制。

鉴于目前对施工过程中的检测重视不够,本条强调了施工过程中的检测,以便加强施工过程的质量控制,做到信息化施工。如:冲钻孔灌注桩施工中应提倡或明确规定采用一些成熟的技术和常规的方法进行孔径、孔斜、孔深、沉渣厚度和桩端岩性鉴别等项目的检验;对于打入式预制桩,提倡沉桩过程中的动力监测等。

桩基施工过程中可能出现以下情况:设计变更、局部地质条件与勘察报告不符、工程桩施工参数与施工前为设计提供依据的试验桩不同、原材料发生变化、施工单位更换等,都可能造成质量隐患。除施工前为设计提供依据的检测外,仅在施工后进行验收检测,即使发现质量问题,也只是事后补救,造成不必要的浪费。因此,基桩检测除在施工前和施工后进行外,尚应加强桩基施工过程中的检测,以便及时发现并解决问题,做到防患于未然,提高效益。

## 第二节 检测工作程序

(1) 检测工作的程序,应按图 2-1 进行。

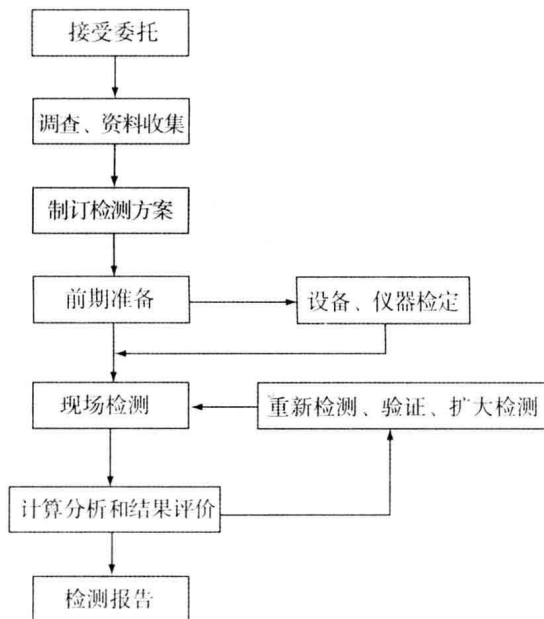


图 2-1 检测工作程序

图 2-1 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,如委托要求的变化、现场调查情况与委托方介绍的不符,或在现场检测尚未全部完成就已发现质量问题而须进一步排查,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。如首先用低应变法普测(或扩检),再根据低应变法检测结果,采用钻芯法、高应变法或静载试验,对有缺陷的桩重点抽测。总之,检测方案并非一成不变,可根据实际情况动态调整。

(2) 调查、资料收集阶段宜包括的内容:

- 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。

根据 JGJ 106 - 2003 中桩检测工作的特殊性,本条对调查阶段工作提出了具体要求。为了正确地对桩基质量进行检测和评价,提高桩基检测工作的质量,做到有的放矢,应尽可能详细地了解 and 搜集有关的技术资料,并按表 2-2 填写受检桩设计施工记录表。另外,有时委托方的介绍和提出的要求是笼统的、非技术性的,也须通过调查来进一步明确委托方的具体要求和现场实施的可行性;有些情况下还须检测技术人员到现场了解和搜集。

受检桩设计施工资料表

表 2-2

桩号	桩横截面尺寸	混凝土设计强度等级(MPa)	设计桩顶标高(m)	检测时桩顶标高(m)	施工桩底标高(m)	施工桩长(m)	成桩日期	设计桩端持力层	单桩承载力特征值(kN)	其他
工程名称					地点		桩型			
提供资料人员:				日期:			第 页			

(3) 应根据调查结果和确定的检测目的,选择检测方法,制订检测方案。检测方案宜包含以下内容:工程概况,检测方法及其依据的标准,抽样方案,所需的机械或人工配合,试验周期。

本条提出的检测方案内容为一般情况下包含的内容,某些情况下还要包括桩头加固、处理方案以及场地开挖、道路、供电、照明等要求。有时检测方案还要与委托方或设计方共同研究制订。

(4) 检测前应对仪器设备检查调试。

此项工作的目的是保证仪器设备处于正常工作状态,从而确保检测数据的准确性。

(5) 检测用计量器具必须在计量检定周期的有效期内。

检测所用计量器具必须送至法定计量检定单位进行定期检定,且使用时必须在计量检定的有效期之内,这是《中华人民共和国计量法》的要求,以保证桩基检测数据的准确可靠性和可追溯性。虽然计量器具在有效计量检定周期之内,但由于桩基检测工作的环境较差,使用期间仍可能由于使用不当或环境恶劣等造成计量器具的受损或计量参数发生变化。因此,检测前还应加强对计量器具、配套设备的检查或模拟测试;有条件时可建立校准装置进行自校,发现问题后应重新检定。

(6) 检测开始时间应符合下列规定:

1) 当采用低应变法或声波透射法检测时,受检桩混凝土强度至少达到设计强度的 70%,且不小于 15MPa。

2) 当采用钻芯法检测时,受检桩的混凝土龄期达到 28d 或预留同条件养护试块强度达到设计强度。

3) 承载力检测前的休止时间除应达到本条第 2) 款规定的混凝土强度外,当无成熟的地区经验时,尚不应少于表 2-3 规定的时间。

休止时间

表 2-3

土的类型		休止时间(d)
砂土		7
粉土		10
黏性土	非饱和	15
	饱和	25

注:对于泥浆护壁灌注桩,宜适当延长休止时间。

休止期可以这样来理解:沉桩施工中的挤土、钻进、捶击振动作用,不同程度地扰动了地基土的天然结构,会引起高灵敏土的触变、粉细砂土或粉土的振动液化、桩周土的隆起等现象,使桩周土体结构强度严重削弱,桩体上浮,桩周摩阻力和桩端阻力急剧下降,导致基桩承载力严重降低。随着沉桩结束后时间的增加,桩周土体中超孔隙水压力的逐步消散,触变与液化现象的逐步消失,桩周土体的逐步固结,地基土抗剪强度的逐步提高,地基土对桩的支承力即基桩承载力不断提高。在厚层的软塑或流塑状态的淤泥质土层中,桩基施工所引起对地基土的结构扰动更为严重,波及范围更为广泛。基桩施工结束后,基桩竖向承载力随时间的增长速率由快变慢的衰减过程,是基桩竖向承载力的演变过程。整个过程将延续比较长的时间,反映了基桩承载力有明显的时间效应。

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、声学参数变化趋势亦大体如此。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。为做到信息化施工,尽早发现桩的施工质量问题并及时处理,同时考虑到低应变法和声波透射法检测内容是桩身完整性,对混凝土强度的要求可适当放宽。但如果混凝土龄期过短或强度过低,应力波或声波在其中的传播衰减加剧,或同一场地由于桩的龄期相差大,声速的变异性增大。因此,对于低应变法或声波透射法的测试,规定桩身混凝土强度应大于设计强度的 70%,并不得低于 15MPa。钻芯法检测的内容之一即是桩身混凝土强度,显然受检桩应达到 28d 龄期或同条件养护试块达到设计强度,如果不是以检测混凝土强度为目的的验证检测,也可根据实际情况适当缩短混凝土龄期。高应变法和静载试验在桩身产生的应力水平高,若桩身混凝土强度低,有可能引起桩身损伤或破坏。为分清责任,桩身混凝土应达到 28d 龄期或设计强度。另外,桩身混凝土强度过低,也可能出现桩身材料应力-应变关系的严重非线性,使高应变测试信号失真。

桩在施工过程中不可避免地扰动桩周土,降低土体强度,引起桩的承载力下降,以高灵敏度饱和和黏性土中的摩擦桩最明显。随着休止时间的增加,土体重新固结,土体强度逐渐恢复提高,桩的承载力也逐渐增加。成桩后桩的承载力随时间而变化的现象称为桩的承载力时间(或歇后)效应,我国软土地区这种效应尤为突出。研究资料表明,时间效应可使桩的承载力比初始值增长 40%~400%。其变化规律一般是初期增长速度较快,随后渐慢,待达到一定时间后趋于相对稳定,其增长的快慢和幅度与土性和类别有关。除非在特定的土质条件和成桩工艺下积累大量的对比数据,否则很难得到承载力的时间效应关系。另外,桩的承载力包括两层含义,即桩身结构承载力和支撑桩结构的地基岩土承载力,桩的破坏可能是桩身结构破坏或支撑桩结构的地基岩土承载力达到了极限状态,多数情况下桩的承载力受后者制约。如果混凝土强度过低,桩可能产生桩身结构破坏而地基土承载力尚未完全发挥,桩身产生的压缩量较大,检测结果不能真正反映设计条件下桩的承载力与桩的变形情况。因此,对于承载力检测,应同时满足地基土休止时间和桩身混凝土龄期(或设计强度)双重规定,若验收检测工期紧无法满足休止时间规定时,应在检测报告中注明。



(7)施工后,宜先进行工程桩的桩身完整性检测,后进行承载力检测。当基础埋深较大时,桩身完整性检测应在基坑开挖至基底标高后进行。

相对于静载试验而言,JGJ 106-2003 规定的完整性检测(除钻芯法外)方法作为普查手段,具有速度快、费用较低和抽检数量大的特点,容易发现桩基的整体施工质量问题,至少能为有针对性的选择静载试验提供依据。所以,完整性检测安排在静载试验之前是合理的。当基础埋深较大时,基坑开挖产生的土体侧移将桩推断或机械开挖将桩碰断的现象时有发生,此时完整性检测应等到开挖至基底标高后进行。

(8)现场检测期间,除应执行 JGJ 106-2003 的有关规定外,还应遵守国家有关安全生产的规定。当现场操作环境不符合仪器设备使用要求时,应采取有效的防护措施。

操作环境要求是按测量仪器设备对使用温湿度、电压波动、电磁干扰、振动冲击等现场环境条件的适应性规定的。

(9)当发现检测数据异常时,应查找原因,重新检测。

测试数据异常通常是因测试人员误操作、仪器设备故障及现场准备不足造成的。用不正确的测试数据进行分析得出的结果必然是不正确的,对此,应及时分析原因,组织重新检测。

(10)当需要进行验证或扩大检测时,应得到有关各方的确认,并按 JGJ 106-2003 第 3.4.1~3.4.7 条的有关规定执行。

按检测方法的准确可靠程度和直观性高低,用“高”的检测方法来弥补“低”的检测方法的不确定性或复核“低”的结论,称为验证检测。本条所指情况主要是针对动测法而言的。

通常,因初次抽样检测数量有限,当抽样检测中发现承载力不满足设计要求或完整性检测中Ⅲ、Ⅳ类桩比例较大时,应会同有关各方分析和判断桩基整体的质量情况,如果不能得出准确判断,为补强或设计变更方案提供可靠依据时,应扩大检测。倘若初次检测已基本查明质量问题的原因所在,则不应盲目扩大检测。

### 第三节 检测数量

(1)当设计有要求或满足下列条件之一时,施工前应采用静载试验确定单桩竖向抗压承载力特征值:

- 1)设计等级为甲级、乙级的桩基。
- 2)地质条件复杂、桩施工质量可靠性低。
- 3)本地区采用的新桩型或新工艺。

检测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。

施工前进行单桩竖向抗压静载试验,目的是为设计提供依据。对设计等级高且缺乏地区经验的地区,为获得既经济又可靠的设计施工参数,减少盲目性,前期试桩尤为重要。本条规定的试桩数量和第 1)、2)款条件,与《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-2008)基本一致。考虑到桩基础选型、成桩工艺选择与地区条件、桩型和工法的成熟性密切相关,为在推广应用新桩型或新工艺过程中不断积累经验,使其能达到预期的质量和效益目标,增加了本地区采用新桩型或新工艺时也应进行施工前静载试验的规定。对于大型工程,“同条件下”可能包含若干个子单位工程(子分部工程)。本条规定的试桩数量仅仅是下限,若实际中由于某些原因不足以为设计提供可靠依据或设计另有要求时,可根据实际情况增加试桩数量。另外,如果施工时桩参数发生了较大变动或施工工艺发生了变化,应重新试桩。

对于端承型大直径灌注桩,当受设备或现场条件限制无法做静载试验时,可按《建筑地基基础