

现代

陈建荣 高 飞 编著 陈龙珠 主审

桩基工程试验与检测

——新技术·新方法·新设备

XIANDAI ZHUANGJI GONGCHENG
SHIYAN YU JIANCE
Xinjishu · Xinfangfa · Xinshebei

上海科学技术出版社

编著
陈建荣 高 飞

主审
陈龙珠



现代桩基工程试验与检测

——新技术·新方法·新设备

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代桩基工程试验与检测:新技术·新方法·新设备/陈建荣,高飞编著. —上海:上海科学技术出版社,2011.8

ISBN 978-7-5478-0636-4

I. ①现... II. ①陈...②高... III. ①桩基础—试验
②桩基础—检测 IV. ①TU473.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 249317 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张:18.75

字数:490 千字

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-0636-4/TU·98

定价:58.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 提 要

本书共分 8 章,主要就工业与民用建筑、港口码头、道路桥梁等建设工程中桩基工程试验与检测的新技术、新方法与新设备等进行了全面、深入、详细的剖析与阐述。全书内容不仅包括生产性检测,同时包括科研性试验;不仅涉及设计、施工及验收等三个阶段,还涉及服役阶段;不仅包括新技术、新方法,同时包括新设备。目的是努力提高检测人员的技术水平,提高解决实际问题的能力,更好地为生产实践服务。具体内容包括桩的模型试验、预制桩的产品质量检测、桩的施工过程控制、桩的偏位与垂直度检测、桩的完整性检测、桩的承载力检测、桩的使用性检测、桩基础监测。

本书内容深入浅出、逐层展开、内容详尽、图文并茂,易于读者掌握、理解和接受。本书适合建筑、交通、水利、电力等行业广大桩基设计、施工、监理、管理部门相关人员,尤其是检测技术人员使用。

前 言

桩基础是一种既古老又常用的基础形式,在大型厂房和高层建筑、铁路和公路桥梁、港口码头、电力、海洋平台、水利等工程领域均有广泛的应用。桩基工程属隐蔽工程,桩基质量的好坏直接关系到主体结构的正常使用与安全,而且桩基一旦发生事故,加固处理起来难度较大。桩基础的设计、施工和检测是确保桩基础安全与可靠必不可少的三个环节。

另一方面,国内众多建成时间较早的桥梁、码头等已逐渐迈向劣化阶段。同时,地震、台风、海水侵蚀等自然因素及交通运输工具的超载、交通流量的增加、盗采砂石所造成的非天然冲刷、船舶碰撞等,都会对桩基础造成损伤。因此,今天的基桩检测领域不仅涉及设计、施工及验收三个阶段,同时涵盖服役阶段。通过检测,评价桩基础的可靠度,估计剩余寿命,可以为有关部门的决策提供依据,同时亦是维修加固、改造设计或司法鉴定、事故索赔的关键依据。

经过几十年的发展,虽然基桩检测的队伍在不断扩大,技术在不断成熟,业务量在逐年提高,但是检测技术、检测方法、检测设备等没有明显的提高与进展,与发达国家相比还有一定的差距。与此同时,现实工作中碰到的问题越来越多,情况越来越复杂,要求越来越高,现有检测水平距离实际需要尚有不小的差距。因此,不断地开拓和发展新的技术、新的方法与新的设备是检测人员的当务之急。

于是,在密切跟踪国内、国外基桩检测发展现状与进展的基础上,作者编写了《现代桩基工程试验与检测——新技术·新方法·新设备》一书。内容不仅包括生产性检测,同时包括科研性试验;不仅涉及设计、施工及验收等三个阶段,还涉及服役阶段;不仅包括新技术、新方法,同时包括新设备。目的是努力提高检测人员的技术水平,提高解决实际问题的能力,更好地为生产实践服务。

全书共分8章,具体内容包括桩的模型试验、预制桩的产品质量检测、桩的施工过程控制、桩的偏位与垂直度检测、桩的完整性检测、桩的承载力检测、桩的使用性

检测、桩基础监测。本书内容深入浅出、逐层展开、内容详尽、图文并茂,易于读者掌握、理解和接受。本书适合建筑、交通、水利、电力等行业广大桩基设计、施工、监理、管理部门相关人员,尤其是桩基检测技术人员使用。为便于检查学习效果,建议读者结合编者编写的《桩基检测人员上岗考试题库》(中国建筑工业出版社)、《建设工程桩基检测技术问答》(上海科学技术出版社)等配套使用。

在编写过程中,编者参考了国内外众多同行的研究成果以及文献、资料,其中部分图片、参考文献等来自全球互联网企业网站、技术论坛等,在此向原作者及相关单位表示诚挚的感谢!鉴于部分文献、图片等出处及作者不详,恕参考文献中无法一一列举,请被引用作者原谅!感谢中国桩基检测在线(www.pile-test.cn)网站!感谢欧美大地仪器设备(中国)有限公司总工程师兼桩基检测部经理韩亮博士的帮助与支持!最后特别要感谢上海交通大学教授、博士生导师陈龙珠先生在百忙之中审阅书稿!

桩基试验与检测技术发展迅速,加之时间仓促及编者学术水平、实践经验有限,书中难免有疏漏之处,敬请广大读者批评指正。同时,限于篇幅,很多问题没能充分展开。读者有兴趣的话,可发送电子邮件至 shanghaiyantu@sina.com 就有关问题进行技术交流。

编 者

目 录

第1章 桩的模型试验

1

- 1.1 模型桩动测试验 / 1
 - 1.1.1 低应变 / 1
 - 1.1.2 高应变 / 8
 - 1.1.3 测强 / 9
 - 1.1.4 其他 / 9
- 1.2 模型桩静载试验 / 9
 - 1.2.1 模型桩室内静载试验设计 / 10
 - 1.2.2 模型桩室内静载试验装置设计 / 10
 - 1.2.3 模型桩室内静载试验观测设计 / 11
 - 1.2.4 工程实例 / 12
- 1.3 模型桩离心试验 / 12
- 1.4 振动台模型试验 / 14

第2章 预制桩的产品质量检测

16

- 2.1 预应力管桩 / 16
 - 2.1.1 问题的提出 / 16
 - 2.1.2 《先张法预应力混凝土管桩》(GB 13476—2009) / 18
 - 2.1.3 湖北省地方标准 / 21
 - 2.1.4 安徽省地方标准征求意见稿 / 21
 - 2.1.5 浙江省混凝土管桩产品质量监督检查评价规则 / 22
 - 2.1.6 京沪高速铁路桥涵工程施工质量验收标准 / 22
- 2.2 预制方桩 / 23
 - 2.2.1 《预制钢筋混凝土方桩》(04G361) / 23
 - 2.2.2 浙江省混凝土方桩产品质量监督检查评价规则 / 23
 - 2.2.3 京沪高速铁路桥涵工程施工质量验收标准 / 24
- 2.3 钢桩 / 24

第3章 桩的施工过程控制

26

- 3.1 焊缝探伤 / 26
 - 3.1.1 管桩焊缝 / 26

- 3.1.2 钢管桩焊接 / 33
- 3.1.3 阳极块焊接检测 / 38
- 3.2 成孔质量检测 / 38
 - 3.2.1 接触式成孔检测 / 39
 - 3.2.2 声波法成孔检测 / 40
 - 3.2.3 桩底沉渣检测 / 48
- 3.3 打桩过程控制 / 52
 - 3.3.1 GRLWEAP 2005 打桩过程模拟软件 / 52
 - 3.3.2 PIR-D 打入桩基桩检测施工记录仪 / 53
 - 3.3.3 桩身角度测定仪 / 54
 - 3.3.4 Saximeter 打桩计数器 / 54
 - 3.3.5 HPA 打桩锤效能分析仪 / 54
 - 3.3.6 打桩监控试验 / 54
- 3.4 成桩过程控制 / 55
 - 3.4.1 浇筑深度检测 / 55
 - 3.4.2 螺旋灌注桩施工监测 / 56
 - 3.4.3 搅拌桩浆量监测 / 56
 - 3.4.4 水化热监测 / 56
 - 3.4.5 回冻监测 / 57

第4章 桩的偏位与垂直度检测

58

- 4.1 桩的偏位测量 / 58
- 4.2 桩的垂直度测量 / 58
 - 4.2.1 间接方法 / 59
 - 4.2.2 直接方法 / 60

第5章 桩的完整性检测

66

- 5.1 摄像法 / 66
 - 5.1.1 管桩孔内摄像检测 / 66
 - 5.1.2 水下摄像检测 / 72
 - 5.1.3 内窥检测 / 77
 - 5.1.4 全景钻孔摄像 / 78
- 5.2 声波法 / 79
 - 5.2.1 单孔折射波法 / 79
 - 5.2.2 旁孔透射法 / 84
 - 5.2.3 跨孔透射波法新进展 / 90
- 5.3 弹性波法 / 102
 - 5.3.1 双速度法 / 102
 - 5.3.2 桩侧接收法 / 106
 - 5.3.3 弯曲波法 / 114
 - 5.3.4 冲击荷载法 / 119

- 5.3.5 频率法 / 120
- 5.3.6 超震波法 / 120
- 5.3.7 扭转波法 / 122
- 5.3.8 相干函数法 / 123
- 5.3.9 钻孔声呐法 / 124
- 5.3.10 瞬态瑞雷波法 / 127
- 5.3.11 反射波法新进展 / 129
- 5.3.12 桩长增量逼近法 / 148
- 5.4 电磁法 / 149
 - 5.4.1 电法 / 149
 - 5.4.2 磁法 / 152
 - 5.4.3 电磁波法 / 154
 - 5.4.4 电探法 / 160
 - 5.4.5 电阻率法 / 161
- 5.5 水化热法 / 163
 - 5.5.1 问题的提出 / 163
 - 5.5.2 基本原理 / 164
 - 5.5.3 试验现场 / 165
 - 5.5.4 工程实例 / 166
- 5.6 放射性射线法 / 167
 - 5.6.1 基本原理 / 167
 - 5.6.2 采集系统 / 168
 - 5.6.3 试验结果分析 / 169
 - 5.6.4 试验现场 / 169
 - 5.6.5 工程实例 / 169
- 5.7 钻芯检测 / 170
 - 5.7.1 准备工作 / 170
 - 5.7.2 设备与工具的规格与型式 / 170
 - 5.7.3 钻芯工艺 / 171
 - 5.7.4 防斜措施 / 171

第6章 桩的承载力检测

172

- 6.1 桩端持力层检测 / 172
 - 6.1.1 电磁波 CT / 172
 - 6.1.2 地质雷达法 / 173
 - 6.1.3 地震映像法 / 176
 - 6.1.4 冲击回波法 / 176
 - 6.1.5 反射波法 / 177
 - 6.1.6 管波法 / 177
 - 6.1.7 点荷载试验法 / 178
- 6.2 静载试验方法 / 179
 - 6.2.1 奥氏试桩法 / 179

- 6.2.2 通莫法 / 180
- 6.2.3 自平衡方法 / 183
- 6.2.4 快速荷载维持法 / 184
- 6.2.5 等速率贯入法 / 184
- 6.2.6 带负摩阻力桩的检测 / 185
- 6.2.7 静载试验加载量的确定 / 186
- 6.3 桩身内力测试 / 186
 - 6.3.1 光纤光栅 / 186
 - 6.3.2 滑动测微计 / 192
 - 6.3.3 孔内多点位移计 / 193
 - 6.3.4 应变盒 / 195
 - 6.3.5 柔性桩 / 197
 - 6.3.6 数据整理 / 198
 - 6.3.7 水平静载试验 / 198
- 6.4 静载试验硬件 / 200
 - 6.4.1 沉降观测 / 200
 - 6.4.2 采集系统 / 206
 - 6.4.3 加载反力装置 / 212
- 6.5 单桩极限承载力预测 / 218
 - 6.5.1 不确定方法 / 219
 - 6.5.2 瑞雷波法 / 220
 - 6.5.3 模拟试验法 / 220
- 6.6 静动法试桩 / 220
 - 6.6.1 竖向抗压 / 220
 - 6.6.2 水平荷载 / 223
- 6.7 高应变动力试桩法 / 224
 - 6.7.1 锤击力直接测量 / 224
 - 6.7.2 内嵌无线数据采集器 / 226
 - 6.7.3 无线传感器 / 227
 - 6.7.4 动位移激光测量 / 230
 - 6.7.5 导向架 / 231
 - 6.7.6 激振设备 / 232
 - 6.7.7 锤垫 / 233
- 6.8 准静载试验法 / 234
- 6.9 准动法试桩 / 234
 - 6.9.1 准动法试验 / 236
 - 6.9.2 特制锤垫 / 236
 - 6.9.3 PSD 位移测量系统 / 236
 - 6.9.4 准动法试验结果分析 / 237
- 6.10 急速荷载试验 / 238
 - 6.10.1 急速荷载试验的概念 / 238
 - 6.10.2 试验装置 / 238

第7章 桩的使用性检测**239**

- 7.1 检测目的 / 239
- 7.2 目视检测 / 241
 - 7.2.1 检测步骤 / 241
 - 7.2.2 准备作业 / 241
 - 7.2.3 检测工具 / 242
- 7.3 安全性检测 / 242
 - 7.3.1 桩的斜度 / 242
 - 7.3.2 桩的变形 / 243
 - 7.3.3 水下地形 / 243
 - 7.3.4 混凝土强度 / 245
- 7.4 安全性评估 / 248
 - 7.4.1 旧桩承载力 / 248
 - 7.4.2 安全性评估 / 248
 - 7.4.3 工程实例 / 250
- 7.5 耐久性检测 / 253
 - 7.5.1 桩基础耐久性 / 253
 - 7.5.2 耐久性影响因素 / 254
 - 7.5.3 相关规范 / 255
 - 7.5.4 混凝土桩耐久性检测 / 256
 - 7.5.5 钢桩耐久性检测 / 262
 - 7.5.6 耐久性评价 / 265
- 7.6 桩基础事故鉴定与评估 / 266
 - 7.6.1 工程实例 1 / 266
 - 7.6.2 工程实例 2 / 267
 - 7.6.3 工程实例 3 / 268
 - 7.6.4 工程实例 4 / 268

第8章 桩基础监测**270**

- 8.1 施工期间环境监测 / 270
 - 8.1.1 挤土效应监测 / 270
 - 8.1.2 振动监测 / 270
 - 8.1.3 噪声监测 / 271
 - 8.1.4 桩身上浮监测 / 272
 - 8.1.5 沉降观测 / 272
- 8.2 基坑围护桩位移、内力监测 / 272
 - 8.2.1 桩顶水平位移 / 272
 - 8.2.2 深层水平位移 / 273
 - 8.2.3 围护桩内力 / 273
- 8.3 桩基础沉降监测 / 274
 - 8.3.1 桩基础沉降观测 / 274

- 8.3.2 桩基础沉降与差异沉降监测 / 275
- 8.4 桩周地温监测 / 276
- 8.5 服役期间安全性与耐久性监测 / 276
 - 8.5.1 不均匀沉降监测 / 276
 - 8.5.2 水平位移监测 / 277
 - 8.5.3 桩身内力监测 / 277
 - 8.5.4 防腐监测 / 281

参考文献

282

桩的模型试验

人类利用桩基础来建造房屋也许可以追溯到新石器时代,但是开展对桩基工程的研究不过区区百年历史。随着科学技术的飞速发展,桩基础除了应用于一般工业与民用建筑外,还广泛应用于港口、码头、船坞、桥梁、采油平台、高耸构筑物、边坡等工程;桩基不仅用来承受竖向抗压荷载,而且还用于抵抗波浪力、地震力、土压力、车辆制动力等水平载荷及竖向抗拔荷载等。因此,桩基的应用越来越广泛,其种类也越来越多。

目前,对于桩基工程的研究方法一般可分为理论分析、数值计算、模型试验及现场试验等手段。桩基工程研究中,在不宜进行现场试验时,可以采用模型试验作为一种有效方法。模型试验可分为现场模型试验及室内模型试验两种。模型试验具有针对性、准确性和经济性,一般属于科学研究性试验。

1.1 模型桩动测试验

1.1.1 低应变

作为一种普查手段,低应变仍然存在许多问题与不足,可以采用模型试验作为一种有效方法。低应变反射波法以其快速、简捷而得到广泛应用并取得了良好的成果,但也存在着一些实际问题,比如对多个缺陷及缺陷类别的识别、对缺陷程度的定量分析、对桩周土造成的应力波衰减缺乏较为准确的判据。应力波在管桩(圆环体)的传播规律尚没有完全搞清,平截面假定不是严格成立,适用性存在疑问。再如,作为反射波法理论基础的一维弹性杆纵波理论,适用的前提是平截面假设成立,要求激励脉冲的波长 λ 应足够大,但是激励脉冲的波长 λ 过大,桩的运动转变成刚体运动,显然桩的横向、纵向尺寸与激励脉冲波长之间存在着矛盾。

模型试验也是主管部门进行技术培训与技能考核、试验比对和能力验证的需要。通过模型桩试验,对桩基检测机构检测人员的技术水平,设备仪器精度等提供全面、有效的鉴证,从而确保桩基检测水平和检测质量。同时,举办试验比对和能力验证,也是有关行政法规的要求,一般是当地建设工程质量监督站、行业协会或质量技术监督局组织实施。试验比对和能力验证可以检验一个检测机构技术能力和内部质量控制能力,评估和证明其检测数据的准确性,识别检测单位之间的检测水平差异,增进检测单位之间的技术交流,促进检测单位不断提高技术水平,加强对检测机构的动态管理。

某省自1990年以来进行了多次现场模型桩考核,模型的几何尺寸都与工程桩相当,模型桩的缺陷都预先预置(图1-1),按全部判断正确得100%,1990年进行的第一次考核结果见表1-1。



图1-1 缺陷管桩的制作

表 1-1 第一次考核结果

合格率(%)	≥ 80	≥ 70	≥ 50	< 50
单位所占百分比(%)	23.3	53.0	76.7	23.3

显然考核结果不太理想,通过制订管理措施、举办技术培训班,1992 年第二次考核结果见表 1-2。

表 1-2 第二次考核结果

合格率(%)	≥ 80	≥ 70	≥ 50	< 50
单位所占百分比(%)	42.9	63.4	78.6	21.4

1992 年在荷兰海牙召开的第四届国际应力波会议上,国际著名的 12 家公司参加了由大会组织的桩基应力波测试竞赛,竞赛优胜者的正确率为 70%,12 家的平均正确率为 40%。

从上面的结果可以看出,测试结果正确率为 70%以上的单位占 50%以上,说明大部分单位(仪器)能较正确地进行完整性检验,但均存在一定的误差,有的甚至误判。总的来说,这样的结果与当前的桩基低应变动测水平是相符合的。

实际上对其可靠性评价只有在其适用条件下和限定的误差范围内才有意义,从总体上讲,低应变在判断桩基质量方面是比较可靠的。

模型试验也是理论分析、有限元等数值计算的验证手段。随着经济的发展,新的课题不断出现。不断地开拓和发展新的技术与方法是检测人员的当务之急。新的技术与方法、计算模型是否可靠、提交结论是否正确,都需要试验来检验。不宜进行现场试验时,可以选择模型试验。

为此,开展模型桩的试验研究很有必要。模型桩的动测试验分为三种:第一种是裸露放置于地面,可看作是不考虑桩周土阻尼、刚度及桩身刚度影响的“理想状态”;第二种是水平埋入土中(平躺置于地下或模型槽内),以土掩埋压实,土的上面再放置重物,以模拟不同深度处的应力状态,更加接近工程桩。室内模型试验时,一般设置模型箱或模型槽装填地基土介质。模型箱或模型槽尺寸应使所设置的模型桩或基础同模型箱、槽的侧壁和底部的距离满足内填介质为半无限体的条件;第三种是在试验室制好模型桩,再到试验现场直接成桩。成桩方法大致有两种,一种是静压法和预置法,前一种方法通过千斤顶等工具用静力将桩垂直压入土中并静置一定时间以备试验之用,后一种方法先将桩竖直放置于模型槽中然后分层填土并压实。模型桩的制作与成桩见图 1-2 和图 1-3。



图 1-2 模型桩的制作



图 1-3 模型桩成桩

如图 1-4 所示为某模型桩现场试验示意图,该试验的目的是研究不同桩周土对应力波传播产生的阻尼作用,以便于桩身缺陷的量化分析。该模型桩截面为 $0.2\text{ m} \times 0.2\text{ m}$,桩长 3.0 m ,水平埋入土中,通过重物加载模拟不同深度处的应力状态。

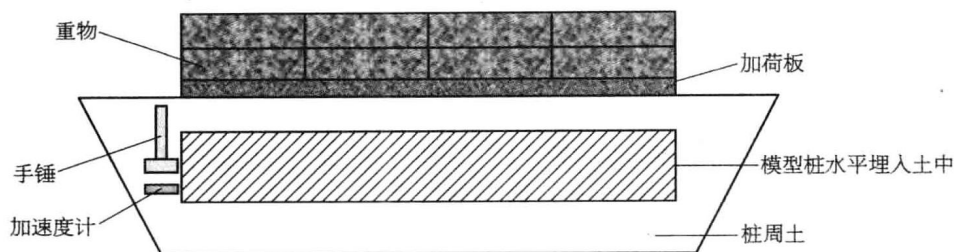


图 1-4 模型桩现场试验示意图

模型桩数量一般有限,不可盲目地设计模型桩,应在前期调研和专家论证的基础上,结合地区桩基工程施工中易出现的问题,有针对性地设计模型桩。模型桩数量不多,但是应能涵盖桩身断裂、夹杂异物、缩径扩径、强度不足等常见问题。一般采用环状塑料泡沫、砂包、碎石、橡皮轮胎、泡沫、草袋、电锯切割等措施设置缩径、离析、断桩、桩端沉渣、裂缝等不同类型的缺陷。缺陷设置时应考虑使其在采集信号上有明显的反映;一般而言桩身阻抗的变化不宜少于 20%。例如:采用毛毡夹层模拟断裂,厚度不能太小,否则可能缺陷反映不出来。

图 1-5~图 1-7 给出了塑料模型桩的三组 SIT(Sonic Integrity Testing)速度曲线,它们分别是完整桩、局部缩径桩和局部扩径桩。曲线由 PDS 基桩检测仪测得。由于材料特性均匀,且无土阻抗,因此,这些曲线是很容易用应力波理论加以解释的。

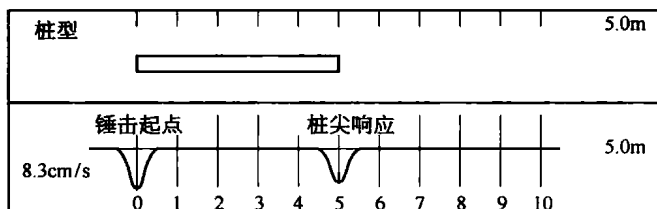


图 1-5 模型桩动测试验——完整桩

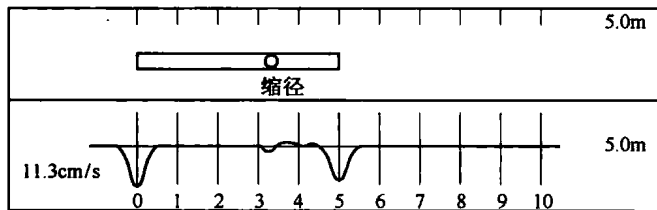


图 1-6 模型桩动测试验——缩径桩

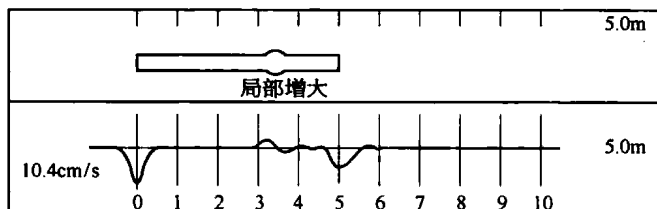


图 1-7 模型桩动测试验——扩径桩

图 1-5 为完整桩。在 $t=0$ 时刻, 敲击产生压缩波(初次锤击), 由加速度计测得并在曲线 0.00 m 处出现一个下凹信号。该波不间断地沿桩长向下传播直到桩尖, 桩尖处反射一个方向相反的拉力波, 即由加速度计测到并在曲线 5.0 m 处出现下凹。

刻度之间的距离为桩长, 显示在曲线的右端, 以时间为函数, 记录测量信号, 因波以恒速运行, 故它可转换成距离, 开始锤击和桩尖响应之间的时间差为 $2L/c$, 其中 L 为桩长, c 为波速。

图 1-6 为局部缩径的模型桩。初始敲击后, 曲线在 $t=0$ 时刻附近同图 1-5。距 $t=0$ 后某一处(约 3 m)出现曲线下凹, 是桩阻抗减小的特征响应(拉力波反射), 发生在应力波从原截面到截面缩小处。曲线随即上升到零线上某一点, 即产生了压缩波反射(由于波通过截面缩小处后回到原截面, 阻抗相对增加而引起导致曲线上升), 而后曲线逐渐归零, 最后仍在 5.0 m 处测得桩尖的响应。

图 1-7 为有局部扩径的模型桩。初始敲击后, 曲线在 $t=0$ 时刻附近同图 1-5。距 $t=0$ 后某一处(约 3 m)出现曲线上凹, 是桩阻抗增加的特征响应(压缩波反射), 发生在应力波从原截面到截面扩大处。曲线随即下降到零线以下, 即拉力波反向反射(由于波通过截面局部增加处后又回到原截面, 阻抗相对减小)引起曲线下凹。而后曲线逐渐归零, 最后仍在 5.0 m 处测得桩尖的响应。

中国科学院武汉岩土力学研究所等多家科研、检测单位及行政主管部门都建立了专门的模型桩试验基地, 作为科研、技术培训与业务技能考核、比对试验等使用。例如: 青岛市建委建管局通过深入的工程调研和广泛的专家论证, 从桩基质量检测源头入手, 建成了山东省首家工程桩检测考核基地。该基地占地 2 000 m^2 , 针对工程施工中可能出现的质量问题设置了 35 根模拟试验桩, 涵盖桩身断裂、夹杂异物、缩径扩径、强度不足等各类桩基质量问题缺陷。工程桩检测考核基地的落成使用将对桩基检测机构检测人员的技术水平, 设备仪器精确度等提供全面有效的鉴证, 从而确保桩基检测水平和检测质量。

河南省郑州市某地模型桩试验基地, 基地总桩数为 39 根, 其中声波透射桩 2 根(桩径 1 500 mm, 桩长 12 m), 高应变桩 3 根(桩径 800 mm, 桩长 15 m), 低应变桩 16 根(桩径 600 mm, 桩长 20 m), PHC 管桩 8 根, CFG 桩 10 根。其中 8 根 PHC 管桩分别模拟了裂缝、孔洞、混凝土碎裂等缺陷, 如图 1-8~图 1-16 所示。

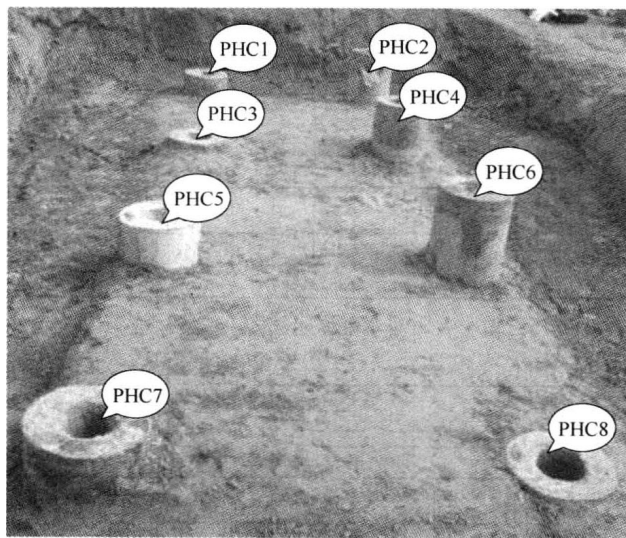


图 1-8 某模型桩试验基地全景(PHC 管桩部分)

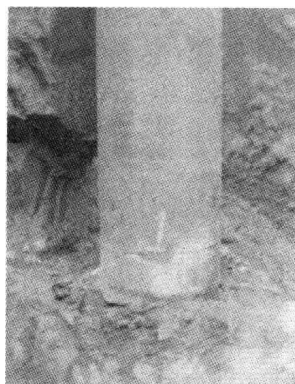


图 1-9 1# 模型桩

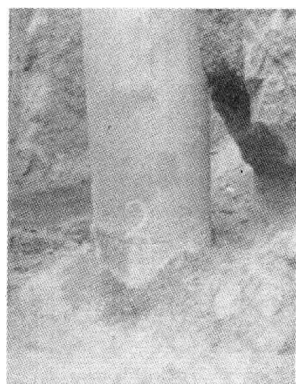


图 1-10 2# 模型桩

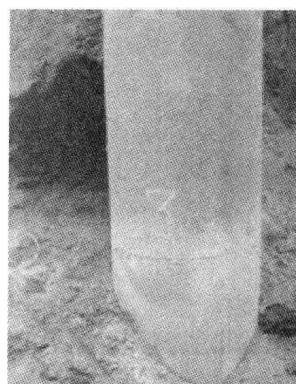


图 1-11 3# 模型桩

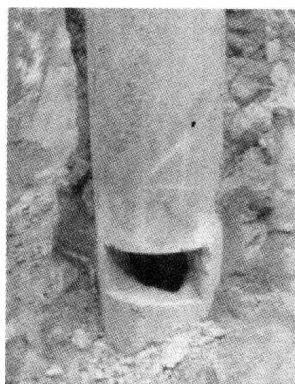


图 1-12 4# 模型桩



图 1-13 5# 模型桩

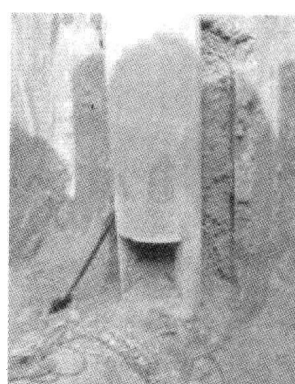


图 1-14 6# 模型桩

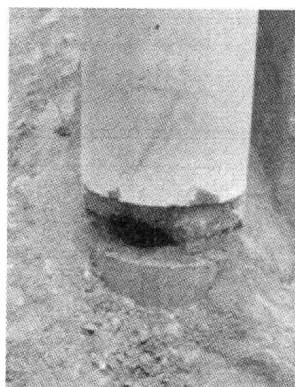


图 1-15 7# 模型桩



图 1-16 8# 模型桩

按照规范要求,检测人员应通过现场试验选择不同材质的锤头或锤垫。图 1-17~图 1-22 所示为 6 种不同的激振方式。

由图 1-23~图 1-26 可见:不同的激振方式会对测试曲线造成一定的影响,从而影响判断结果的准确性,因此,在测试时应配置不同的锤,采用不同的方式锤击。同时,在现场应尽可能地得到可以大致判断的原始曲线,采样及分析时设置滤波应慎重,以免造成信号丢失,掩盖缺陷。值得注意的是,管桩缺陷并不是通常认为的那样容易测试,以后应加强这方面的研究。