

陈建荣 高 飞 郑小勇 编著

建设工程基桩检测 技术问答

JIANSHE GONGCHENG
JIZHUANG JIANCE JISHU WENDA

上海科学技术出版社



建设工程基桩检测技术问答

陈建荣 高 飞 郑小勇 编著

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书采用一问一答的形式,就建设工程桩检测中的要点、难点、疑点及目前国际上的前沿技术进行全面、深入、详细的剖析与阐述,紧密结合行业现行规范,注重理论联系实际,突出工程实践。具体内容包括:基础知识、桩静荷载试验、钻芯法检测、低应变动力检测、高应变动力检测、声波透射法检测。

本书内容详尽,图文并茂,易于读者掌握、理解和接受,适合建筑、交通、水利、电力等部门广大桩基设计、施工、监理、行业管理部门尤其是桩检测技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

建设工程桩检测技术问答/陈建荣,高飞,郑小勇编著
—上海:上海科学技术出版社,2011.1
ISBN 978-7-5478-0519-0

I. ①建... II. ①陈... ②高... III. ①桩基础—检测—
问答 IV. ①TU473.1-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 204865 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海市钦州南路 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:23

字数:530 千字

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-0519-0/TU·81

定价:68.00 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

序

因便于为各类工程结构物提供足够的承载力,并能有效地控制沉降或其他变形指标于容许的范围之内,桩基础得到了广泛的应用。桩的承载力和变形特性,是桩体与其邻近岩土层相互作用的综合表现,与岩土层构造和力学特性、桩身几何尺寸和材料力学特性以及两者结合面的性状等因素密切相关,并受工程勘察、设计和施工技术与管理水平的影响。因此,在实际工程中,必须重视对基桩的检测工作,用实测数据来验证勘察和设计成果的正确性,及时发现和处理施工中存在的质量问题和工程隐患。可见,保证基桩检测工作及其成果的科学性和可靠性,极其重要。

桩基检测是一项涉及知识面宽、工程实践性强的技术工作,相关人员在从业前应当认真、系统地学习岩土力学和桩基设计、施工、检测分析等方面相关的理论基础和实际检测工程案例。陈建荣、高飞等同志结合他们近十年来从事桩基检测工作的实践经验,编著了《建设工程基桩检测技术问答》一书,其内容紧密围绕我国现行技术标准,对桩的基本知识以及各种静荷载试验、钻芯法、各种动测方法、声波透射法的原理、检测工作要点、疑难问题处理等方面,以问答形式进行了较为系统的阐述,并辅以图表和实例来增强学习效果,颇有特色和实用性。我相信本书的出版,将会对桩基检测人员的技术培训、继续教育和在检测中寻求解决疑难问题的方法发挥很好的作用。

因此,本人十分乐意将本书推荐给广大的读者朋友们。



于木兰楼

* 陈龙珠,男,1962年生,上海交通大学教授、博士生导师,《岩土工程学报》编委,中国土木工程学会土力学及岩土工程分会理事、桩基检测专业学组副组长,中国工程建设标准化协会理事兼建筑振动专业委员会副主委,建设部桩基动测单位资质评审专家委员会委员,交通部行业标准《公路工程基桩动测技术规程》主编。

前 言

桩基础是一种既古老又常用的基础形式,在大型厂房、高层建筑、铁路、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。桩基质量的好坏直接关系到主体结构的正常使用与安全,桩基工程属隐蔽工程,因此,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。

基桩检测技术尤其是动测技术涉及的学科较广,要求检测人员既需要掌握基桩检测的基本理论知识,还需要具有丰富的实践经验。随着基桩检测队伍的迅速扩大,很多人员在实践经验方面明显不足,误测、误判现象时有发生,造成了一定的工程质量隐患,有时甚至使自己陷于工程纠纷之中。对于众多工作在基桩检测第一线的工程技术人员以及刚踏上工作岗位的技术人员,需要的不是仅仅对基本原理、基本方法的简单罗列,他们更加需要的是一本针对实际工作中经常遇到的、概念不清的、难于理解的、易出错误的问题,以及与工程实践密切结合,实用性强、可读性强、针对性强的参考书。同时,对于从事基桩检测行业已有相当长时间、经验丰富的检测人员,他们也需要了解国际上目前基桩检测技术发展的现状如何,最新的前沿技术有哪些,进一步发展方向在哪里。

为了帮助相关人员分析工程实际应用中的有关问题,吸取经验教训,同时了解基桩检测的前沿技术,进一步巩固和提高基桩检测技术,编者编写了《建设工程基桩检测技术问答》一书。全书采用一问一答的形式就建设工程基桩检测中的要点、难点、疑点及前沿技术进行了全面、深入、详细的剖析与阐述,紧密结合现行规范,重点放在理论联系实际,尤其注重工程实践。为了便于读者真正的理解与掌握,书中列举了大量的工程实例,具体内容包括:基础知识、基桩静荷载试验、钻芯法检测、低应变动力检测、高应变动力检测、声波透射法检测。阐述方式深入浅出,逐层展开,步步深入,内容详尽,图文并茂,通俗易懂,特别适合广大基桩检测技术人员使用。为便于检查学习效果,建议读者结合本书作者编写的《基桩检测人员上岗考试题库》一书配套使用。

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、文献等来自互联网企业网站、技术论坛等,在此向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网站(www.pile-test.cn)!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,并欣然为本书作序!

由于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,有兴趣的读者,可发送电子邮件至 shanghaiyantu@sina.com 就有关问题进行技术交流。

编 者
于上海

目 录

第 1 章 基础知识	1
1. 何谓地基、基础、桩基、基桩?	1
2. 桩基础的发展历史是怎样的?	1
3. 桩基础适用于哪些条件?	2
4. 桩是如何分类的?	3
5. 预制桩有何特点? 适用于哪些条件?	6
6. 预制桩的施工机械有哪些? 施工方法有哪些?	6
7. 灌注桩有何特点? 适用于哪些条件?	7
8. 钻孔灌注桩的施工方法有哪些?	8
9. 预制桩常见质量问题有哪些? 原因是什么?	9
10. 发现严重缺陷后,对于预制桩常用的处理方法有哪些?	11
11. 灌注桩常见质量问题有哪些? 原因是什么?	12
12. 发现严重缺陷后,对于灌注桩常用的处理方法有哪些?	13
13. 桩基工程检测的内容都包括哪些?	14
14. 什么是基桩检测?	14
15. 基桩检测的方法有哪些? 检测目的是什么?	14
16. 按照检测时间的先后,基桩检测可分为哪些类型?	15
17. 按照检测目的,基桩检测可分为哪些类型?	17
18. 从宏观上讲,基桩检测方法可分为哪些类型?	17
19. 按照检测手段的不同,基桩检测可分为哪些类型?	18
20. 如何正确认识动测技术?	19
21. 为什么说基桩检测时必须掌握成桩过程的全部技术资料?	20
22. 什么是钻孔灌注桩成孔质量检测?	20
23. 基桩检测技术的发展方向是怎样的?	22
24. 目前国际上有哪些基桩完整性检测的新技术?	23
25. 工程桩为什么要进行完整性和承载力检测? 两者之间的关系如何?	28
26. 基桩检测方法该如何选择?	29
27. 桩身完整性是如何分类的? 如何正确评判?	29
28. 完整性检测有哪些方法? 该如何选择?	30
29. 受检桩该如何选择?	30
30. 《建筑基桩检测技术规范》编制的原则是什么?	31
31. 《建筑基桩检测技术规范》修订的背景是什么?	31
32. 岩土工程勘察报告如何阅读?	32

33. 编制检测方案前应做哪些前期工作? 检测方案应包含哪些内容?	33
34. 检测工作的一般流程是怎么样的?	33
35. 检测机构应该注意哪些问题?	34
36. 校准、检定有何区别?	35
37. 什么是计量认证?	36
38. 什么是作业指导书?	36
39. 比对试验和能力验证的目的何在? 桩基检测机构一般如何具体实施?	37
40. 何谓分包? 何谓转包?	40
41. 如何加强对检测机构的管理?	40
思考题	41

第2章 基桩静载试验 43

1. 基桩静载试验的依据标准有哪些?	43
2. 静载试桩该如何选择?	44
3. 试桩从成桩到开始试验的休止时间, 规范是如何规定的? 如何正确理解?	44
4. 按照试验目的的不同, 静载试验分为哪两种类型?	46
5. 关于静载试验的抽检数量, 规范是如何规定的? 该如何理解?	47
6. 静载试验的评价对象是什么? 试验结论该如何提交?	48
7. 静载试验前对试桩完整性检测有何要求? 目的是什么?	48
8. 如何保证静载试桩的代表性?	49
9. 为什么对于承载力检测, 应同时满足休止时间和设计强度双重规定?	49
10. 基坑深度的影响问题该如何考虑?	50
11. 抗压桩桩头该如何处理?	50
12. 常见反力梁有哪些型式? 如何验算反力梁的强度及变形?	52
13. 千斤顶的工作原理是什么?	53
14. 使用千斤顶时应注意哪些问题?	55
15. 如何对千斤顶进行校验?	56
16. 多台千斤顶并联时, 荷载—压力关系方程如何推算?	57
17. 高压油泵及液压千斤顶如何正确使用与操作?	57
18. 荷载测量有哪些形式? 使用时应注意哪些问题?	58
19. 位移测量有哪些方法? 应注意哪些问题?	59
20. 百分表的工作原理是什么? 使用时应注意哪些问题?	60
21. 位移传感器的工作原理是什么?	61
22. 基准桩与基准梁应符合哪些规定?	62
23. 抗压、抗拔试验试桩、锚桩和基准桩之间的中心距离应符合哪些规定?	63
24. 水平静载荷试验试桩、基准桩与反力结构之间的净距应符合哪些规定?	64
25. 桩基静载试验测试仪器的的发展进程是怎样的?	64
26. 实施静载试验远程实时监控的意义是什么? 目前我国研制的无线数据传输仪有哪些特点?	66
27. 测量系统的组合有哪些?	67

28. 基桩静载仪如何检定?	67
29. 采用静载测试仪时,仪器、设备等在现场如何连接?	69
30. 单桩竖向抗压静载试验目的是什么? 抗压加载反力装置都有哪些形式?	69
31. 管桩抗拔静载试验中应注意哪些问题?	71
32. 抗拔锚桩是预应力管桩时,抗拔验算应包括哪些方面?	72
33. 单桩竖向抗压静载试验中导致试桩偏心受力的因素有哪些?	75
34. 锚桩横梁反力装置应注意哪些问题?	75
35. 压重平台反力装置应注意哪些问题?	77
36. 当采用压重平台反力装置时,是否可采用边堆载边试验的方式?	79
37. 为什么不宜采用静力压桩机作为单桩竖向抗压静载试验加载反力装置?	79
38. 锚桩横梁压重平台联合反力装置应注意哪些问题?	80
39. 地锚反力装置应注意哪些问题?	80
40. 自平衡试桩法的原理是什么? 目前存在哪些问题?	81
41. 自平衡法静载试验应注意哪些问题?	82
42. 抗拔反力装置有哪些形式? 应注意哪些问题?	83
43. 水平静载试验应注意哪些问题?	84
44. 静载试验前后,应对试桩和仪表等做哪些检查?	85
45. 单桩竖向抗压静载试验的荷载维持方法有哪些?	85
46. 单桩竖向静载试验的加卸载方式应符合哪些规定?	86
47. 抗压试验的终止加载条件有哪些?	87
48. 许多检测人员认为卸载无用,甚至在试验时省略了卸载观测,是否可行?	89
49. 单桩抗拔静载试验的荷载维持方法有哪些? 终止加载条件有哪些?	89
50. 水平静载试验的荷载维持方法有哪些? 应注意哪些问题?	90
51. 静载试验的安全控制包括哪些方面?	90
52. 静载试验用高压油泵的安全操作包括哪些内容?	92
53. 静载试验过程中发生意外该如何处理?	92
54. 试桩竖向抗压极限承载力如何确定?	94
55. 如何考虑试桩刚度对试验结果的影响?	95
56. 试桩竖向抗拔极限承载力如何确定?	96
57. 试桩水平极限承载力如何确定?	96
58. 竖向抗压桩的单桩承载力特征值如何确定?	96
59. 竖向抗拔桩的单桩承载力特征值如何确定?	98
60. 水平桩的单桩承载力特征值如何确定?	98
61. 什么是 m 法?	100
62. 什么是桩身计算宽度?	101
63. 基桩在竖向荷载作用下的破坏形式有哪些?	101
64. 基桩在竖向荷载作用下的 $Q-s$ 曲线有哪些形式?	102
65. 一条典型的单桩缓变型 $Q-s$ 曲线应具有哪些特征?	102
66. 单桩抗压静载试验试桩的破坏形式有哪些?	103
67. 静载试验加载过程中常见哪三种情况?	113

68. 静载试验目前存在哪些问题?	114
69. 对于桩身内力测试有哪些一般规定?	114
70. 对弦式钢筋计安装有哪些要求?	116
71. 基桩内力测试常用钢筋计的原理是什么?	117
72. 桩身摩阻测试的基本原理是什么?	119
73. 断面标定分为哪几种方法?	120
74. 桩端阻力的测试原理是什么?	122
75. 桩身应力测试数据处理该如何实施?	122
76. 桩顶沉降与桩端轴力已知,该如何计算桩身压缩量?	124
77. 如何通过沉降杆测量桩身(端)位移?	125
78. 桩土相对位移如何计算?	126
79. 水平受荷桩的桩身弯矩如何测定? 弯矩如何计算?	127
80. 光纤光栅传感技术的优点是什么?	129
81. 光纤光栅准分布式应变测试的基本原理是什么?	129
82. 光纤光栅分布式应变测试的基本原理是什么?	130
83. 滑动测微技术的原理是什么?	132
84. 竖向荷载下单桩的荷载传递机理是怎样的?	134
85. 影响单桩竖向抗压极限承载力的因素有哪些?	135
86. 泥皮为什么会影晌单桩承载力?	137
87. 何谓孔径效应?	137
88. 桩端土刚度为什么影响桩侧土阻力发挥?	138
89. 桩的长径比 L/d 对荷载传递有何影响?	138
90. 刚度比对荷载传递有何影响?	138
91. 单桩竖向极限承载力的确定方法有哪些?	139
92. 什么是桩的横向承载力? 横向荷载作用下,桩的破坏机理是什么?	140
93. 静压桩的压桩力和极限承载力两者之间的关系怎样?	141
94. 何谓土塞效应? 为什么管桩单桩竖向极限承载力与进入持力层深度有关?	142
95. 同一土层的桩端阻力比经过修正后的地基承载力高出很多,为什么?	142
96. 工作条件系数或成桩工艺系数该如何取值?	142
97. 桩抗拔承载力与抗压承载力有何区别?	143
98. 何谓桩的负摩擦力?	143
99. 静载试验可否检测和评价负摩擦桩的单桩承载力?	144
思考题	145

第3章 钻芯法检测 147

1. 基桩钻芯法检测的依据标准有哪些?	147
2. 不同标准对钻芯法抽检数量是如何规定的?	147
3. 钻芯法的检测目的是什么? 对受检基桩有何要求?	148
4. 通常在哪些情况下会考虑采用钻芯法?	150
5. 钻芯法的优缺点分别是什么?	151

6. 哪些情况下钻芯法会与无损检测方法结果不一致?	151
7. 钻芯法所需的钻芯设备有哪些?	153
8. 钻芯法钻头尺寸如何选择? 钻芯孔数及钻孔位置如何确定?	154
9. 钻机如何安装和固定?	155
10. 对钻孔取芯法有哪些施工要求?	155
11. 钻进过程中水流和水压如何控制?	157
12. 钻芯过程中, 现场作业人员应仔细观察并记录哪些情况?	158
13. 关于桩端持力层的钻探深度有哪些要求?	158
14. 当钻孔钻至接近桩端地基持力层时, 应采取哪些措施?	158
15. 工作中发生意外事故该如何处理?	159
16. 孔斜对桩身质量评定有何影响?	159
17. 造成孔斜的原因有哪些?	159
18. 钻芯孔防斜措施有哪些?	160
19. 钻芯检测时, 钻芯孔偏出桩外, 该怎么评价?	160
20. 现场编录包含哪些内容?	161
21. 钻芯检测工作完毕后应做些什么事情?	161
22. 钻芯法芯样的放置及防护有哪些要求?	161
23. 对芯样的采集有何要求?	162
24. 芯样拍照时应注意哪些问题?	162
25. 芯样进行室内试验时应注意哪些问题?	163
26. 芯样强度为什么要换算? 一般情况下换算系数如何取值?	164
27. 钻芯法检测对桩身完整性和混凝土强度的评价为什么要按基桩进行?	165
28. 如何理解芯样试件的抗压强度?	165
29. 检测方法对芯样强度检测结果有何影响?	165
30. 压力机应满足哪些要求?	166
31. 抗压强度试验该如何进行?	166
32. 桩身完整性该如何判定?	166
33. 哪些情况应判定受检基桩不满足设计要求?	167
34. 为什么对桩身完整性的类别要综合判定? 为什么要考虑芯样单轴抗压强度试验结果?	167
35. 钻芯法检测报告应包含哪些内容?	168
36. 何谓混凝土强度等级? 何谓尺寸换算?	169
37. 钻芯法试验中哪些问题值得进一步探讨?	170
38. 钻芯法存在哪些问题?	172
39. 什么是钻孔电视?	172
思考题	173

第4章 基桩低应变检测

1. 基桩低应变检测的执行标准有哪些?	176
2. 对低应变检测法的基桩抽检数量, 规范是如何规定的?	176

3. 低应变法的基本原理是什么? 数学模型如何推导? 177
4. 低应变法的理论基础是什么? 受检基桩应满足哪些条件? 179
5. 低应变方法检测适用于哪些桩型? 哪些桩型不适用? 为什么? 180
6. 什么是上行波? 什么是下行波? 180
7. 入射波、反射波和透射波的关系是怎样的? 180
8. 从物理学角度解释, 对于桩端自由的杆件, 桩顶速度为什么会加倍? 181
9. 假设已知阻抗变化, 如何分析理论上的反射波信号? 182
10. 对于典型基桩, 理论上的反射波信号应该是怎样的? 184
11. 什么叫机械阻抗法? 186
12. 低应变检测的广义开始时间应满足哪些规定? 188
13. 应力波为什么会衰减? 有效检测桩长范围同哪些因素有关? 当有效检测桩长小于实际桩长时, 低应变还有用吗? 190
14. 被检基桩的桩头应具备哪些条件? 检测时对于桩头应该注意哪些问题? 191
15. 弹性波反射法检测仪器应具备哪些技术指标? 192
16. 目前国际上普遍使用的低应变检测仪器有哪些? 193
17. 测试参数设定应符合哪些规定? 194
18. 速度型传感器、加速度型传感器的工作原理分别是什么? 两者的区别在哪里? 传感器该如何选择? 195
19. 传感器的特性参数包括哪些? 196
20. 耦合剂该如何选择? 什么是谐振频率? 为什么严禁手持传感器? 196
21. 激振点与接收点如何选择? 197
22. 激振设备如何选择? 应注意哪些问题? 198
23. 低应变检测时为何会有高频干扰? 199
24. 桩身浅部缺陷如何识别? 200
25. 桩周土层对信号曲线有哪些影响? 201
26. 检测工作中发生意外事故如何处理? 204
27. 信号处理包含哪些内容? 为什么要对信号进行处理? 204
28. 为什么实测的基桩固有频率之差不是常数? 205
29. 如何利用频域、时域互补分析判断桩身完整性? 206
30. 桩身质点振动速度 c 和桩身应力波波速 V 有哪些区别? 206
31. 平均波速如何确定? 207
32. 低应变检测缺陷定位误差的来源有哪些? 208
33. 什么叫桩身完整性? 桩身完整性是如何分类的? 208
34. 完整性检测的目的是什么? 完整性与单桩承载力两者之间的关系怎样? 209
35. III类桩, 静载试验验证单桩承载力满足设计要求, 是否应该改判? 209
36. 对于实际桩长明显短于施工桩长的情况, 该如何判定完整性? 210
37. 哪些情况下桩身无缺陷但测不到桩底信号? 210
38. 桩身完整性良好等于基桩满足设计要求吗? 210
39. 单桩承载力满足设计要求可以作为正常工程桩使用吗? 210
40. 为什么判定完整性类别时强调要用综合分析法而不能单凭信号下结论? 应综合考虑

哪些因素?	211
41. 为什么低应变检测桩身完整性时应加强资料的收集?	212
42. 灌注桩如何结合地质及施工条件进行综合分析?	212
43. 实测曲线判读解释的基本方法有哪些?	213
44. 桩身完整性分类中应注意哪些问题?	213
45. 国外反射波法检测桩身完整性分类标准是怎样的?	214
46. 是否可用低应变法准确校核桩长及强度?	214
47. 强度与波速的关系如何? 不同检测方法测得的波速为什么不同?	215
48. 什么情况下完整性无法评价而要结合其他方法综合判定?	216
49. 预制桩接头焊接质量一般该如何判断?	216
50. 目前低应变误判、漏判的原因有哪些?	217
51. 目前可否对缺陷进行精确的定量分析?	218
52. 国际上举办的唯一一次低应变比对试验结果如何?	219
53. 对反射波法检测桩身完整性结果的验证一般有哪些方法?	220
54. 低应变报告应包含哪些内容? 目前检测报告存在的问题有哪些?	222
55. 低应变检测仪器为什么要校准? 包含哪些参数? 如何校准?	223
56. 国际上反射波法低应变检测的专用数值模拟软件有哪些?	224
57. 典型的数值模拟算例有哪些?	224
58. 什么是特征线法? 什么是特征线传播图示?	227
59. 桩顶非自由时, 低应变该如何进行?	228
60. 什么是孔内摄像法?	229
61. 分析方法及信号处理目前有哪些进展?	230
思考题	231

第5章 基桩高应变动力检测

234

1. 基桩高应变动力检测的发展历史是怎样的? 如何正确认识高应变动力检测方法?	234
2. 高应变动力检测的试验依据或称执行标准有哪些?	235
3. 高应变动力检测可以实现哪些目的? 存在哪些局限性?	236
4. 可以采用高应变法进行单桩竖向抗压承载力验收检测的范围是哪些? 抽检数量如何确定?	236
5. 高应变法适用哪些桩型? 哪些桩不能或不宜采用?	237
6. 当采用高应变法对单桩承载力验收检测时对被检桩有哪些要求?	238
7. 桩头该如何处理?	238
8. 高应变动力检测仪器有哪些?	240
9. 基桩高应变动力检测的锤击设备应符合哪些规定?	240
10. 什么是惯性效应?	243
11. “重锤低击”有哪些好处? “轻锤高击”为什么不利于拟合分析?	244
12. 高应变动力试桩力传感器如何安装? 对传感器的安装有什么要求, 为什么?	244
13. 为什么传感器的安装点与桩顶之间应有足够的距离?	246
14. 与传统测力方式相比, 采用在自由落锤锤体对称安装加速度传感器直接测量冲击力的	

方式有哪些优点?	246
15. 试验前参数设置和计算应符合哪些规定?	247
16. 弹性波速与平均波速的区别是什么?	248
17. 波速误差对分析有何影响?	249
18. 试验现场应采取哪些安全措施?	249
19. 现场测试时击打多少锤合适?	250
20. 贯入度如何观测? 一般宜在哪个范围之间? 为什么?	250
21. 典型的实测波形曲线有哪些?	251
22. 何谓高应变动力复位技术?	252
23. 如何判定高应变检测时所采集的力和速度信号的优劣?	253
24. 高应变实测的力和速度信号第一峰起始比例失调时, 是否可以比例调整? 为什么?	254
25. 测试信号如何校正?	254
26. 出现哪些情况时, 高应变锤击信号不得作为分析计算的依据?	254
27. 如何对两侧的信号进行组合?	255
28. 在高应变动力试桩时, 桩身阻抗变化及土阻力在 $F-v$ 图上各有何表现?	255
29. 上行波曲线 $W_u(t)$ 能反映哪些桩土特征?	257
30. 上行波曲线 $W_u(t)$ 能给出哪些桩侧阻力信息?	258
31. 高应变检测时出现哪些情况应采用静载法进一步验证?	258
32. 什么是高应变打桩监测?	258
33. 试打桩和桩身锤击应力监测时应注意哪些问题?	259
34. 打桩引起的桩身破坏有哪几种形式?	262
35. 什么是高应变初打? 什么是复打? 目的是什么?	262
36. 为什么不宜将打桩时的高应变检测数据作为承载力检验的依据?	263
37. 冲击力与极限承载力两者之间的关系如何?	263
38. 拟合法与 CASE 法有哪些异同点?	263
39. 采用 CASE 法判定桩承载力时应符合哪些规定?	264
40. CASE 法的基本假定、局限性及优、缺点分别是什么?	264
41. 如何通过动静对比试验方法确定 J_c 值?	264
42. CASE 法判定单桩承载力计算公式的适用范围是什么? 哪些情况下不适用该公式? 如何进行修正?	265
43. 什么情况下会出现桩侧土的卸载?	265
44. 采用实测曲线拟合法判定桩承载力, 应符合哪些规定?	265
45. 波形拟合法的数学模型、基本原理分别是什么? 成果如何分析?	266
46. CAPWAPC 的典型分析过程是怎样的?	266
47. 举例说明什么情况下应考虑使用辐射阻尼?	266
48. 举例说明什么情况下应考虑使用土塞?	267
49. 残余应力是如何产生的? 对拟合结果有何影响?	267
50. 土参数单独变化时对拟合曲线有哪些影响?	267
51. 高应变的分析拟合一般包括哪些步骤? 应符合哪些规定?	268

52. 信号拟合分析计算模型存在哪些局限性?	269
53. 目前采用的桩土模型参数存在哪些问题?	269
54. 什么是拟合质量数? 如何正确理解?	270
55. 如何减少反分析多解性?	270
56. 增加波形拟合长度有哪些好处?	271
57. 为什么需要动静对比? 动静对比成立应满足哪些条件?	271
58. 高应变与静载两者之间差异的来源有哪些方面?	272
59. 高应变动力试桩的误差来源有哪些? 如何减少误差?	273
60. 如何提高应变动力试桩的可靠性?	275
61. 每一次锤击都能求到一个最大的静阻力, 如何判断这个静阻力是否为桩的极限 承载力值?	277
62. 桩身完整性系数 β 的物理意义是什么?	277
63. 高应变检测报告一般应包括哪些内容?	278
64. 基桩高应变检测与低应变检测有哪些不同?	279
65. 同一根钢筋混凝土桩, 采用高应变法、低应变法检测的波速是不一致的, 为什么?	279
66. 低应变、高应变完整性类别结果不一致, 正常吗?	279
67. 什么是静动法?	280
68. 静动法在国内的发展现状如何?	281
69. 何谓桩侧与桩端阻力实时监测技术?	282
思考题	283

第6章 声波透射法检测 285

1. 什么是声波透射法? 一般何种情况下适用? 目的是什么? 存在哪些不足之处?	285
2. 混凝土内部缺陷对声波波速有何影响?	287
3. 声波透射法检测的依据标准有哪些?	288
4. 关于声波透射法的抽检数量, 规范是如何规定的?	289
5. 声测管该如何埋设?	289
6. 声波透射法是否存在盲区?	291
7. 对声测管埋设有何要求? 应注意哪些问题?	293
8. 目前声测管连接有哪些新技术?	294
9. 声测管堵塞或变形、倾斜等原因有哪些?	295
10. 声测管堵塞或变形时该如何处理?	295
11. 声波透射法的检测开始时间是如何规定的?	296
12. 声波检测仪应符合哪些技术性能?	297
13. 非金属声波检测仪该如何检定?	298
14. 目前常用检测装置有哪两种?	299
15. 什么是自动测桩? 现场如何操作?	299
16. 目前最新的声波透射法检测仪器有哪些? 什么是多跨孔超声波自动循测仪?	301
17. 径向换能器系统延时的来源有哪些? 如何标定与计算?	303
18. 什么叫衰减? 产生衰减的原因是什么?	305

19. 超声波在混凝土中传播时方向性较差,其原因大致有哪些?	306
20. 声波透射法检测前该做哪些准备工作?	306
21. 声波透射法检测中,广义的耦合条件包括哪些内容?耦合的目的是什么?	306
22. 声波透射法测桩时,如何选择探头的工作频率、发射电压、测点点距等技术参数?	307
23. 声波透射法中的超声波有哪些特点?	307
24. 采样间隔为什么不是越小越好?	308
25. 声波透射法检测混凝土灌注桩可分为哪三种方式?	308
26. 声波透射法有哪几种检测方法?分别有何特点与用途?	309
27. 声波透射法测桩身质量,可用于判别混凝土缺陷的基本物理参量有哪些?	310
28. 常见缺陷在超声波测试信号中的特性有哪些?	314
29. 对于检测现场常见问题或故障,如何判断及处理?	315
30. 声波透射法中影响声时测读精度的因素有哪些?	317
31. 概率法有哪些优缺点?存在哪些问题?在哪些情况下可能导致误判或漏判?如何解决?	317
32. 确定声速异常临界值判据中临界 v_c 值的基本原理是什么?	318
33. 什么是 PSD 判别法?	318
34. 波幅异常时的临界值如何计算?应注意哪些问题?	319
35. 何谓多因素概率分析法?	319
36. 何谓阴影重叠法?	320
37. 什么是声波层析成像技术?存在哪些问题?	323
38. 为了提高判缺准确度,目前国际上有哪些新技术?	326
39. 为什么桩身完整性类别应综合判定?	328
40. 判断缺陷的方法(所谓判据)有多种,为什么强调要综合多个判据?	329
思考题	329
参考文献	330
附录	333
附录一 基桩检测人员培训考试模拟题	333
附录二 建设工程质量检测管理办法	343
附录三 联系单及见证单	349

第 1 章 基础知识

1. 何谓地基、基础、桩基、基桩？

支承基础的土体或岩体称为地基。将结构所承受的各种作用传递到地基上的结构组成部分叫做基础。

桩基础是一种既古老又在现代高、重建筑工程中被广泛采用的基础形式。桩是设置在土层中的截面尺寸较其长度小得多的细长构件，桩基础是由基桩和连接于桩顶的承台共同组成的基础或柱与桩直接联结的单桩基础，基桩为群桩基础中的单桩。

桩基础的作用是将上部结构较大的荷载通过桩传递给桩周土层和较深的桩端土层中，以解决浅基础的地基承载力不足和变形较大的地基问题。

桩基础具有承载力高、沉降小而均匀等特点。它能承受竖向荷载，又能抵抗水平荷载和上拔力以及机器的振动或动力作用，同时又是抗地震液化的主要手段，已广泛应用于房屋建筑、桥梁、港工、水利等工程中。

2. 桩基础的发展历史是怎样的？

桩基础是最古老的基础型式之一。有关文献资料表明，在许多不同历史阶段，都可以找到桩基础的房屋。1982 年在智利发掘的文化遗址所见到的桩，距今大约有 12 000~14 000 年。根据历史文物遗址的发掘揭示，中国最早的桩基础距今大约有 7 000 多年，是在浙江宁波附近的河姆渡，作为古代干阑式木结构建筑的基础是由圆木桩、方木桩和板桩组成的桩基础。圆木桩直径在 6~8cm 之间，板桩厚 2.4~4.0cm，宽 10~50cm，木桩均系下部削尖，入土深度最深达 115cm。这是最早的桩的雏形。桩基础用于桥梁，历史也极为悠久。据《水经注》记载，公元前 532 年在今山西汾水建成的三十墩柱木柱梁桥，即为桩柱式桥墩。秦代的渭桥、隋朝的郑州超化寺、五代的杭州湾大海堤、南京的石头城和上海的龙华塔等，都是古代桩基础应用的典范。

桩基技术发展历史的简要概括见表 1-1。当然，桩基技术的内涵是如此的丰富，显然不能从一张表格中了解到桩基技术发展历史的全貌，但在桩基技术发展的历史过程中，下述几点情况应予以特别的注意：

(1) 桩基技术的发展受工业化的影响巨大，如水泥工业的问世、现代钢铁工业的高速发展以及化学工业的崛起，都使桩基技术及其应用形成了一个独特的时期或阶段。而且，由于某一地区或国家的历史及环境背景，往往出现最古老的桩型和现代化的桩型同时共存，例如，至今木桩在某些地区

和工程中仍有应用。

(2) 由于桩型及施工工艺的不断推陈出新,无论是在桩基的设计理论和概念上,还是在桩的效用,都产生了许多实质性的变化,桩的应用及成桩工艺比过去更为多样化和复杂化了。特别是在桩基的设计和施工领域中提出了许多新的甚至是“离经叛道”的概念,例如,塑性支承桩概念、复合桩基理论、桩基逆作法,热加固成桩……等等。在桩的应用上,除了承受竖向荷载外,还用以承受斜向的甚至是水平向的荷载,而且在有些情况下,桩仅用于改善桩周围土的承载力,而不是由桩直接承担结构物的荷载。

(3) 随着桩基技术的改良和发展,桩已不只是单独地被应用,在许多情况下,它与其他的基础形式或工艺联合应用,例如,化学灌浆排桩联合护壁等,以适应上部建筑的超重荷载、深基坑开挖等的需要。此外,桩的发展趋势表明,桩身的超高强度、大直径、超长度、无公害沉桩工艺,以及完美的施工控制技术等已经成为未来桩基改良和发展的重要内容。

(4) 桩基的施工监测和检测应工程的需要已形成一项相当丰富有效的技术。

表 1-1 桩基技术的发展历史阶段

阶段	年代	主要桩型	特 点
初期阶段	人类有历史记载以前 ~ 19 世纪	木桩、石桩	(1)由天然材料制作而成,桩身较短,桩径小; (2)桩竖直设置,主要用于传递竖向荷载; (3)多设置于地基条件不良的河谷及洪积地区; (4)采用简单人工锤打沉桩
发展阶段	19 世纪中叶 ~ 20 世纪 20 年代	除天然材料做成的桩外,主要是混凝土桩和钢筋混凝土桩	(1)受水泥工业出现及其发展的影响; (2)桩型不多,开始使用打桩机械沉桩; (3)桩基设计理论和施工技术比较简单,处于“萌芽”阶段; (4)桩身尺寸有所扩大,桩径约 30cm,桩长 9~15m; (5)土力学的建立为桩基技术的发展提供了理论基础
现代阶段	第二次世界大战后至今	除钢筋混凝土桩外,发展了一系列的桩系,如钢桩系列、水泥土系列、特种桩(超高强度、超大直径、变截面等)系列,以及天然材料的砂桩、灰土桩和石灰桩等	(1)发展了众多的新型的桩型,形成现代桩基的各种不同体系; (2)桩基技术和理论引进了其他学科的先进的研究成果,大大地拓宽了它的研究领域和深度,桩的应用范围大大扩展; (3)人工沉桩被复杂的机械和专门化的工艺代替

3. 桩基础适用于哪些条件?

桩基础通常作为荷载较大的结构(建筑)物的基础,具有承载力高、稳定性好、沉降量小而均匀、便于机械化施工、适应性强等特点。对下述情况,一般可考虑选用桩基础方案:

(1) 地基上层土的土质太差而下层土的土质较好;或地基土软硬不均;或荷载不均,不能满足上部结构对不均匀变形限制的要求。

(2) 地基软弱或地基土性特殊,如存在较深厚的软土、可液化土层、自重湿陷性黄土、膨胀土及季节性冻土等,采用地基改良和加固措施不合适。