

ICS 91.080.40

CCS P22

DB

辽宁省地方标准

DB21/T 1450-XXXX

建筑基桩与地基检测技术规程

Technical specification for testing of building foundation

piles and ground

(征求意见稿)

XXXX.XX.XX 发布

XXXX.XX.XX 实施

辽宁省住房和城乡建设厅

辽宁省市场监督管理局

联合发布

辽宁省地方标准

建筑基桩与地基检测技术规程

Technical specification for testing of building foundation

piles and ground

(征求意见稿)

DB21/T 1450-XXXX

主编单位：辽宁省建设科学研究院有限责任公司

中国建筑东北设计研究院有限公司

批准部门：辽宁省住房和城乡建设厅

辽宁省市场监督管理局

施行日期：XXXX年XX月XX日

2026 沈阳

前 言

本规程是根据辽宁省市场监督管理局《关于印发 2025 年辽宁省地方标准立项计划的通知》（辽市监发（2025）28 号）的要求，由辽宁省建设科学研究院有限责任公司与中国建筑东北设计研究院有限公司会同有关单位在原《建筑基桩及复合地基检测技术规程》DB21/T1450—2015 的基础上进行修订。

本规程在修订过程中，以国家或行业现行相关标准为基础，经广泛调查研究，认真总结辽宁省近年来的实践经验和科研、技术成果，对关键技术问题进行了专题研究，并以各种方式征求了有关勘察、设计、科研、教学单位和专家的意见，经反复讨论修改，最后经审查定稿。

本规程共分 9 章，主要技术内容是：总则，术语，基本规定，大直径灌注桩（墩），中、小直径灌注桩，预制桩，微型桩，天然地基，人工地基。

本次修订的主要技术内容是：

- 1、补充完善了基桩和地基的检测项目和检测方法；
- 2、增加了既有基桩的检测技术要求；
- 3、增加了微型桩的检测技术要求；
- 4、对人工挖孔灌注桩（墩）持力层承载力检测数量进行了修订；
- 5、补充完善了大直径机械钻孔灌注桩桩身完整性检测和静载试验检测的技术要求；
- 6、进一步明确了中、小直径灌注桩桩身完整性检测方法和抽检数量的技术要求；
- 7、进一步明确了各类基桩的现场检测、数据分析与结果评价的技术要求；
- 8、增加了天然地基检测的技术要求；
- 9、针对人工地基增加了换填垫层地基、预压地基、压实地基、夯实地基、注浆地基现场检测的技术要求；
- 10、补充完善了复合地基、竖向增强体的质量及地基土检测的技术要求；
- 11、补充了各检测方法的检测仪器设备宜具备数据远程实时传输功能。

本标准由辽宁省住房和城乡建设厅归口管理。由辽宁省建设科学研究院有限

责任公司与中国建筑东北设计研究院有限公司负责解释。在执行过程中，请各单位结合工程实践、认真总结经验、积累资料，并将意见和建议反馈给辽宁省地方标准《建筑基桩与地基检测技术规程》管理组（辽宁省建设科学研究院有限责任公司，地址：辽宁省沈阳市和平区和平南大街 88 号，邮编 110005；中国建筑东北设计研究院有限公司，地址：辽宁省沈阳市和平区光荣街 65 号，邮政 110000），以供今后修订时参考。

本标准的主编单位：辽宁省建设科学研究院有限责任公司

中国建筑东北设计研究院有限公司

本标准的参编单位：辽宁省建筑设计研究院岩土工程公司

大连市建筑科学研究设计院股份有限公司

辽宁省建设事业指导服务中心

大连理工大学

沈阳市建设工程质量监督站

沈阳市建设工程质量检测中心

沈阳中冶检测工程有限公司

辽宁有色勘察研究院

大连市建筑工程质量检测中心有限公司

大连市建筑工程质量安全监督站

中国建筑第八工程局有限公司东北分公司

抚顺市建设工程质量检测中心

本溪市建筑工程质量检测中心有限公司

盘锦市建设工程检测中心

锦州衡基检测有限公司

朝阳市方正工程质量检测有限公司

沈阳城市建设学院

中检工程检测有限公司

本标准主要起草人：蔡向荣 戴武奎

（以下按姓氏笔画排列）王媛媛 王浩 白阳 白羽 刘刚 关立军 任维军
张传波 辛全明 宋顺军 陈晨 李洪嘉 宋其峰 张超 杨光 杨镇荣 张彬 季岚松

金延 苗迪 赵野 赵刚 赵忠亮 赵翔宇 赵中华 高华 郭庭俊 曹继锋 舒昭然
解磊 裴华富

本标准主要审查人：

目 录

1	总 则	3
2	术语	3
3	基本规定	6
3.1	一般规定	6
3.2	检测工作程序	8
3.3	检测数量	11
3.4	验证与扩大检测	14
3.5	检测结果评价和检测报告	15
4	大直径灌注桩（墩）	17
4.1	人工挖孔灌注桩（墩）	17
4.2	机械钻孔灌注桩	18
4.3	现场检测、数据分析与结果评价	20
5	中、小直径灌注桩	22
5.1	一般规定	22
5.2	现场检测、数据分析与结果评价	23
6	预制桩	24
6.1	一般规定	24
6.2	现场检测、数据分析与结果评价	25
7	微型桩	26
7.1	一般规定	26
7.2	桩身完整性检测	26

7.3 承载力检测	27
8 天然地基	29
9 人工地基	31
9.1 一般规定	31
9.2 换填垫层地基	32
9.3 预压地基	34
9.4 压实地基	35
9.5 夯实地基	36
9.6 注浆地基	37
9.7 复合地基	39
9.8 竖向增强体的质量及地基土检验	39
本规程用词说明	41
引用标准名录	42
条文说明	43

1 总 则

1.0.1 为规范辽宁省建筑工程基桩与地基的检测与评价工作，做到安全适用、技术先进、经济合理、方法科学与评价、评判正确，为工程设计、施工及验收提供依据，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于辽宁省新建、改扩建及既有建筑更新改造的建筑工程的基桩和地基的检测与评价。

1.0.3 基桩与地基检测应根据检测目的、各种检测方法的适用范围和特点，结合场地地基条件、设计要求、施工条件、桩型及施工质量状况、使用要求等因素，合理选择检测方法，确定检测数量，正确判定检测结果。

1.0.4 建筑工程基桩与地基的承载力和质量检测，除应执行本规程外，尚应符合国家、行业及辽宁省现行有关标准的规定。

2 术 语

2.1.1 基桩 foundation pile

桩基础中的单桩。

2.1.2 微型桩 micropile

桩径一般不大于 300mm，采用钻孔、注浆、植入钢筋或型钢等工艺成桩，桩身刚度较小、施工扰动低，适用于场地空间受限、既有建筑地基基础加固及局部地基补强的小型桩。

2.1.3 桩身完整性 pile integrity

反映桩身截面尺寸相对变化、桩身材料密实性和连续性的综合性指标。

2.1.4 桩身缺陷 pile defects

在一定程度上使桩身完整性恶化，引起桩身结构强度和耐久性降低，出现桩身断裂、裂缝、缩颈、夹泥（杂物）、空洞、蜂窝、松散等不良现象的统称。

2.1.5 桩底沉渣厚度

钻孔灌注桩成桩后，桩身混凝土底面至桩端持力层顶面之间的松散沉淀物厚度。仅针对成型合格桩基实体开展实体检测，是判定桩端嵌固密实度、桩端受力状态的指标。

2.1.6 旁孔透射波法 parallel seismic method

在基桩顶部或与基桩相连的刚性结构上激振产生应力波，利用在被测桩旁平行被测桩的钻孔内放置的检波器，接收从钻孔底向上以一定距离经由桩身或桩底以下土层传播的应力波，通过分析应力波在激发点和接收点间传播时间的变化，判定桩长的检测方法。

2.1.7 磁测桩法 magnetic logging method

通过在桩内或桩外侧钻孔，采用专业仪器测试钢筋笼的磁性参数，分析和判断钢筋笼长度或埋深位置的检测方法。

2.1.8 界面钻芯法 interface coring method

通过安装在钢筋笼上、短于钢筋笼的钢管（预埋导向管），将钻具下放至管底钻进取样，检测桩端部分混凝土性状、桩长、沉渣厚度，

鉴定桩端岩土层性状的检测方法。

2.1.9 墩基础 none-reinforced concrete pier

就地挖掘成孔，原槽浇筑毛石混凝土或混凝土，形成的墩身不配筋的大直径圆形或椭圆形基础，其入土深度一般不小于 3.0m，墩身直径不小于 0.8m，端部可以带扩大头。

2.1.10 天然地基 Natural ground

天然地基是指在自然状态下即可满足承担基础全部荷载要求，不需要人工处理的地基。

2.1.11 人工地基 artificial ground

为提高地基承载力，改善其变形性质或渗透性质，经人工处理后的地基。

2.1.12 复合地基 composite ground, composite foundation

部分土体被增强或被置换，形成由地基土和竖向增强体共同承担荷载的人工地基。

2.1.13 多桩型复合地基 composite foundation with multiple reinforcement of different materials or lengths

采用两种及两种以上不同材料增强体，或采用同一材料、不同长度增强体加固而成的复合地基。

2.1.14 地基检测 foundation soil test

在现场采用一定的技术方法，对建筑地基性状、设计参数、地基处理的效果进行的试验、测试、检验，以评价地基性状的活动。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 根据工程需要，基桩检测项目包括单桩承载力、桩身完整性、桩长、钢筋笼长度、桩身混凝土强度、桩端持力层和桩底沉渣厚度检测。

3.1.2 天然地基应进行承载力检测；人工地基应进行承载力以及增强体的质量、强度、密实度检测，必要时可对桩间土的承载力进行检验。

3.1.3 基桩与地基检测，应根据检测目的、检测方法的适应性、设计要求、成桩工艺等，按表 3.1.3 合理选择检测方法。

当通过两种或两种以上基桩检测方法的相互补充、验证，能有效提高检测结果判定的可靠性时，应选择两种或两种以上的检测方法。

表 3.1.3 检测方法及检测目的

检测方法	检测目的
单桩竖向抗压静载试验	确定单桩和复合地基增强体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； 通过桩身应变、位移测试，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； 通过桩身应变、位移测试，测定桩的抗拔侧阻力
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； 判定水平承载力或水平位移是否满足设计要求； 通过桩身应变、位移测试，测定桩身弯矩
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	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； 进行打桩过程监控； 判定单桩竖向抗压承载力是否满足设计要求

钻芯法	检测灌注桩桩长、桩身混凝土强度、桩底沉渣厚度； 判定或鉴别桩端岩土性状，判定桩身完整性类别； 综合判定大直径嵌岩桩承载力
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
旁孔透射波法	检测桩头隐蔽、桩体无法开挖、桩周附近可钻孔的基桩桩长
磁测桩法	检测基桩的钢筋笼长度或埋深位置
孔内成像法	辅助验证钻芯法检测结果的桩身缺陷及位置、桩长、桩底沉渣厚度和桩端岩土层性状； 检测管桩的桩身缺陷及位置
复合地基载荷试验	确定复合地基承载力及变形模量
深层平板载荷试验	确定深部（埋深等于或大于 5m）地基土层及大直径桩桩端土层在承压板下应力主要影响范围内的承载力及变形模量
浅层平板载荷试验	确定浅部地基土层在承压板下应力主要影响范围内的承载力及变形模量
轻型动力触探（ N_{10} ）法	检测砂土、粉土及黏性土的桩端阻力；检测复合地基中桩间土的承载力
重型、超重型动力触探法	检测砂土、碎石土的密实度及风化岩类土桩端阻力；检测复合地基中散体材料增强体的均匀性及着底情况
标准贯入试验	检测砂土、粉土和黏性土的地基承载力
岩石地基载荷试验	确定完整、较完整、较破碎岩石地基作为天然地基或桩基础持力层时的承载力
压实试验	确定换填垫层地基、压实地基、高填方地基地基土压实系数
十字板剪切试验	检测饱和软黏性土天然地基及其人工地基的不排水抗剪强度和灵敏度

3.1.4 当设计有要求或满足下列条件之一时，施工前应进行试验桩检测并确定单桩极限承载力：

- 1 设计等级为甲级的桩基；
- 2 无相关试桩资料可参考的设计等级为乙级的桩基；
- 3 地基条件复杂、基桩施工质量可靠性低；
- 4 本地区采用的新桩型或采用新工艺成桩的桩基。

3.1.5 试验桩的桩型尺寸、成桩工艺和质量控制标准应与工程桩一致，

应考虑试验桩与工程桩所存在的差异；混凝土桩头加固处理应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的要求。

3.1.6 静载试验宜采用自动加荷采集系统，检测仪器设备宜具备数据远程实时传输功能。

3.1.7 桩基工程及地基工程检测除应在施工前和施工后进行外，尚应根据工程需要，在施工过程中进行质量的检测。

3.1.8 既有建筑基桩检测应优先选择无破损或微破损的检测方法。检测过程中应采取措施确保既有建筑和人员安全。检测结束后应及时修复因检测造成的既有建筑地基基础损伤。

3.2 检测工作程序

3.2.1 检测工作程序应按图 3.2.1 进行：

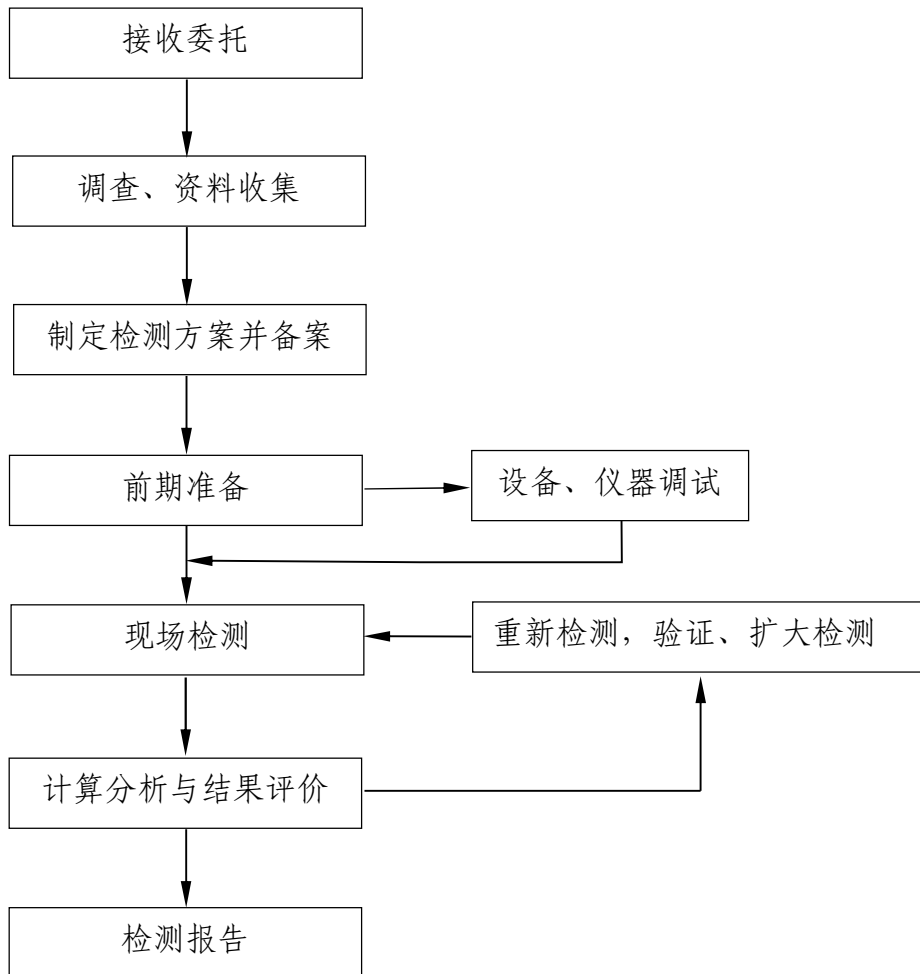


图 3.2.1 检测工作程序框图

3.2.2 调查、资料收集阶段工作宜包括下列内容:

- 1 收集被检测工程的岩土工程勘察资料、设计文件、施工记录,
- 2 了解施工工艺和施工中出现的异常情况, 或既有建筑的现状、使用荷载、沉降、变形和损伤情况;
- 3 明确委托方的具体要求;
- 4 查明检测项目现场实施的可行性。

3.2.3 根据调查结果及检测目的, 选择检测方法, 制定检测方案。检测方案宜包含以下内容: 工程概况、地基条件、设计要求、施工工艺、检测目的、依据的标准、检测方法、抽检原则和数量、试验设备能力

验算、桩头及试验点处理、试验周期、所需的机械或人工配合、安全管理措施和环保措施等试验条件。

3.2.4 检测仪器设备应经法定计量机构检定或校准合格，且在检定或校准有效期内使用。检测前应对仪器设备进行检查调试。

3.2.5 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，受检桩混凝土强度不应低于设计强度的 70%，且不应低于 15MPa。

2 当采用钻芯法检测时，受检桩的混凝土龄期应达到 28d 或受检桩同条件养护试件强度应达到设计强度要求；不以检测混凝土强度为目的的验证检测，可根据实际情况适当缩短混凝土龄期，并应在桩身混凝土可钻芯成型时实施。

3 建筑基桩承载力检测时，除应满足桩身混凝土抗压强度达到设计强度等级外，休止时间尚不应少于表 3.2.5-1 的规定。复合地基承载力的检测应综合考虑复合地基增强体强度和地基土被扰动后强度的恢复周期，检测前的休止时间不宜少于表 3.2.5-2 的规定。

3.2.5-1 建筑基桩检测休止时间

土的类别		休止时间 (d)
砂土、碎石土		7
粉土		10
黏性土	非饱和	15
	饱和	25
注：1 对于泥浆护壁的灌注桩，宜适当延长休止时间； 2 严寒地区冬季施工的微型桩，检测开始时间应根据气温条件适当延长，确保桩体材料强度及地基土稳定。		

3.2.5-2 复合地基检测休止时间

施工方法	休止时间(d)
水泥土搅拌桩法	28

旋喷桩法		28
灰土挤密桩和土挤密桩法		14-28
夯实水泥土桩法		28
水泥粉煤灰碎石桩法		28
柱锤冲扩桩法		14
振冲碎石桩 和沉管砂石 桩法	粉质黏土地基	21
	粉土地基	14
	砂土、杂填土地基	7
注：其它地基处理方法的休止时间可按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的规定执行。		

3.2.6 工程桩验收检测时，宜先进行桩身完整性检测，后进行承载力检测。桩身完整性检测应在基坑开挖至基底标高后进行。承载力检测时，宜在检测前、后，对受检桩、锚桩进行桩身完整性检测。

3.2.7 现场检测期间，除应执行本规程的有关规定外，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。

3.2.8 当发现检测数据异常时，应查找原因，重新检测。

3.3 检测数量

3.3.1 为设计提供依据的试验桩检测应依据设计确定的基桩受力状态，采用相应的静载试验方法确定单桩极限承载力，检测数量应满足设计要求，且在同一条件下不应少于 3 根。

3.3.2 单桩承载力和桩身完整性验收检测的受检桩选择，应符合下列规定：

- 1 施工质量有疑问的桩；

- 2 局部地基条件出现异常的桩;
- 3 承载力验收检测时, 应适量选择完整性检测中判定的Ⅲ类桩;
- 4 设计方认为重要的桩;
- 5 施工工艺不同的桩;

6 除本条第 1~3 款指定的受检桩外, 其余受检桩的检测数量应符合本规程第 3.3.3~3.3.6 条的相关规定, 且宜均匀随机分布。

3.3.3 基桩的桩身完整性检测的抽检数量应符合下列规定:

1 灌注桩和锤击沉入的混凝土预制桩的抽检数量不应少于总桩数的 30%, 且不应少于 20 根; 其它桩基工程, 抽检数量不应少于总桩数的 20%, 且不应少于 10 根;

2 新增基桩的桩身完整性检测抽检数量不应少于总桩数的 50%, 且不应少于 20 根; 少于 20 根时全数检测。

3 除符合本条上款规定外, 每根柱下承台检测桩数不应少于 1 根;

4 大直径嵌岩灌注桩或设计等级为甲级的大直径灌注桩, 应在满足本条第 1~3 款的规定范围内, 按不少于总桩数 10% 的比例采用钻芯法或声波透射法检测;

5 当符合本规程第 3.3.2 条第 1~3 款规定的桩数较多, 或为了全面了解整个工程基桩的桩身完整性情况时, 应适量增加抽检数量。

3.3.4 既有建筑基桩桩身完整性检测的检测数量不宜少于总桩数的 10%, 且不宜少于 5 根; 发生事故的既有建筑基桩的检测数量不应少于总桩数的 20%, 且不应少于 10 根。

3.3.5 既有建筑基桩采用旁孔透射波法检测桩长时的检测数量不宜少于总桩数的 5%，且不宜少于 3 根。

3.3.6 既有建筑基桩采用磁测桩法检测钢筋笼长度时的检测数量不宜少于总桩数的 10%，且不宜少于 5 根；发生事故的既有建筑基桩的检测数量不应少于总桩数的 20%，且不应少于 10 根。

3.3.7 工程桩验收检测时，对单位工程内且在同一条件下的基桩，应采用单桩竖向抗压静载试验进行承载力验收检测。抽检数量不应少于同一条件下桩基分项工程总桩数的 1%，且不少于 3 根；当总桩数少于 50 根时，不应少于 2 根。

3.3.8 具有同条件对比资料时，高应变法也可作为第 3.3.7 条规定条件下单桩竖向抗压承载力验收检测的补充。抽检数量不宜少于总桩数的 5%，且不得少于 5 根。

3.3.9 工程桩验收检测时，对于承受拔力和水平力较大的桩基，应进行单桩竖向抗拔承载力检测、单桩水平承载力检测。检测数量不应少于同一条件下桩基分项工程总桩数的 1%，且不应少于 3 根；当总桩数小于 50 根时，检测数量不应少于 2 根。

3.3.10 拟增加荷载的既有建筑基桩承载力检测数量同一条件下不应少于 3 根。发生事故的既有建筑基桩检测，同一条件下不应少于 3 根，且不宜少于总桩数的 0.5%；当基桩总数在 50 根以内时，不应少于 2 根。

3.3.11 天然地基载荷试验检测数量应符合本规程第 8 章的规定。

3.3.12 人工地基检测数量应符合本规程第 9 章的规定。

3.4 验证与扩大检测

3.4.1 桩身缺陷可采用开挖法验证。当发现有浅部缺陷时，应处理后继续检测，查明是否有下部缺陷。

3.4.2 桩身或接头存在裂隙的预制桩可采用高应变法验证，对于管桩可采用摄像、灯探等方法进行验证。

3.4.3 单孔钻芯检测发现桩身混凝土存在质量问题时，宜在同一基桩增加钻孔验证，并根据前、后钻芯结果对受检桩重新评价。

3.4.4 对低应变法检测中不能明确完整性类别的桩或Ⅲ类桩，可根据实际情况采用静载法、高应变法、开挖法、钻芯法等适宜的方法进行验证检测。

3.4.5 桩身混凝土实体强度可在桩顶浅部钻取芯样予以验证。

3.4.6 当单桩承载力或钻芯法抽检结果不满足设计要求时，应分析原因，并扩大检测。

3.4.7 当桩身完整性检测发现有Ⅲ、Ⅳ类桩，且检测数量覆盖的范围不能为补强或设计变更方案提供可靠依据时，宜采用原检测方法，在未检桩中继续扩大检测。扩大检测后再发现Ⅳ类桩时，应对全部工程桩进行检测。当原检测方法为声波透射法时，可改用钻芯法。

3.4.8 当复合地基承载力和竖向增强体的质量抽检结果不满足设计要求时，应分析原因并扩大检测。

3.4.9 验证检测或扩大检测采用的方法和检测数量应得到工程建设有关方的确认。

3.5 检测结果评价和检测报告

3.5.1 桩身完整性检测结果评价，应给出每根受检桩的桩身完整性类别。桩身完整性分类应符合表 3.5.1 的规定。

表 3.5.1 桩身完整性分类表

桩身完整性类别	分类原则
I类桩	桩身完整
II类桩	桩身有轻微缺陷，不会影响桩身结构承载力的正常发挥
III类桩	桩身有明显缺陷，对桩身结构承载力有影响
IV类桩	桩身存在严重缺陷

3.5.2 III类桩、IV类桩应进行工程处理。

3.5.3 工程桩承载力检测结果的评价，应给出每根受检桩的承载力检测值，并据此给出单位工程同一条件下的单桩承载力特征值是否满足设计要求的结论。

3.5.4 地基的承载力检测结果评价，应给出每个检测点的承载力检测值，并给出地基承载力特征值是否满足设计要求的结论。当设计对增强体承载力有要求时，应按本规程第 3.5.3 条执行。

3.5.5 检测报告应包括下列内容：

- 1 建筑工程概况，包括工程名称、结构类型、地基基础类型、施工工艺和施工日期等；
- 2 地基条件；
- 3 委托单位、建设单位、施工单位、设计单位、监理单位、勘察单位等；
- 4 检测方法，检测依据；

- 5 检测仪器设备和检测过程叙述（包括抽检方案及数量等，地基应注明承压板情况、面积置换率等）；
- 6 检测点（桩）的编号、位置、标高等相关施工记录；
- 7 检测数据，实测与计算分析曲线、表格和汇总结果；
- 8 检测报告应给出检测结论。需要做符合性判断的项目应作出所检测项目是否符合设计文件要求或相应验收规范规定的评定结论；
- 9 检测日期，报告完成日期。

4 大直径灌注桩（墩）

4.1 人工挖孔灌注桩（墩）

4.1.1 人工挖孔灌注桩（墩）终孔后应进行持力层承载力检测，并应根据持力层的情况选择下列检测方法：

- 1 黏性土、粉土和砂土可采用轻型动力触探试验；
- 2 中、粗、砾砂和中密以下碎石土宜采用重型动力触探试验；
- 3 强风化等级以上岩石可进行芯样单轴抗压强度试验或采用点荷载强度试验确定岩块的单轴抗压强度；
- 4 对无法采取芯样的风化岩石，应结合当地经验按与风化岩相对应的土类采取相应的方法进行检验；
- 5 对各种岩土持力层，也可采用深层载荷板试验方法或岩石地基载荷试验方法确定其承载力。

4.1.2 人工挖孔灌注桩（墩）持力层承载力检测数量应符合下列要求：

- 1 轻型动力触探试验检测数量应全数检测；
- 2 重型动力触探试验检测数量应不少于总桩数的 30%；
- 3 采取岩石芯样的钻孔数量应不少于总桩数的 10%，且岩芯获取数量应不少于 6 组，其中每种岩性应不少于 3 组，当采用岩石点荷载强度试验确定岩石强度时，每组数量应不少于 15 块；
- 4 深层载荷板或岩基载荷试验数量应不少于总桩数的 1%，且不少于 3 点；
- 5 大直径嵌岩桩桩端下存在不良地质条件或单柱单桩时应全部检

测。

6 触探试验深度不宜少于 0.6m，遇软弱下卧土层时，应穿透该层，并增加抽检数量。

4.1.3 人工挖孔桩桩身完整性检测可采用低应变法、钻芯法、声波透射法。检测数量应符合本规程第 3.3.3 条。

4.1.4 单桩竖向抗压静载试验应采用慢速维持荷载法，有成熟经验时也可采用快速维持荷载法，但当持力层为粉土或黏性土时，不得采用快速维持荷载法。对多种不同扩底直径的桩基工程，试验桩选择应具有代表性。

4.1.5 承载力验收检测应采用静载试验方法，抽检数量应符合本规程第 3.3.7 条的规定。受现场条件或设备限制无法检测单桩竖向抗压承载力，且符合下列条件之一，可通过桩端持力层芯样抗压强度试验或触探试验结果，并结合桩身质量等情况核验单桩竖向抗压承载力。

1 嵌岩桩；

2 具有成熟的地方经验，且持力层为中密以上的砂土、碎石土或地下水位以上的极软岩、软岩。

4.2 机械钻孔灌注桩

4.2.1 对大直径机械钻孔灌注桩桩身完整性检测应采用两种及以上检测方法相互核验。抽检数量应符合 3.3.3 条的规定。对重要工程或地质条件复杂时，可适当提高抽检数量。

4.2.2 对于桩径大于等于 1000mm 且长径比超过 40 的大直径机械

钻孔灌注桩，宜全数预埋声测管；声测管埋设数量应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的规定，且不得少于 10 根。

4.2.3 当采用钻芯法检测桩底沉渣厚度并鉴别桩端岩石性状时，应符合以下规定：

1 钻芯抽检数量不宜少于总桩数的 10%，且不得少于 10 根；对重要工程或地质条件复杂时，可适当提高抽检比例。

2 钻芯孔需贯穿桩身混凝土深入桩端持力层，钻进深度不宜小于 3 倍桩身直径，且不得小于 5m。当设计对钻探深度有要求时应符合设计要求。

4.2.4 单桩竖向抗压静载试验方法应符合本规程第 4.1.3 条的规定，抽检数量应符合本规程第 3.3.1 条和 3.3.7 条的规定。除嵌岩桩可按 4.1.4 条采用钻芯法钻取桩身芯样、测定沉渣厚度和持力层岩芯单轴抗压强度综合评价单桩承载力外，其它桩应进行静载试验。

4.2.5 单桩竖向抗压承载力特征值大于或等于 10000kN 时，单桩竖向抗压承载力检测宜优先选择锚桩横梁反力装置。

4.2.6 单桩竖向抗拔试验最大试验荷载不应小于设计要求的单桩竖向抗拔承载力特征值的 2.0 倍，或使桩顶产生的上拔量达到设计要求的限值。对不允许带裂缝工作的工程桩最大试验荷载可按设计要求确定，但不宜低于特征值的 1.2 倍。

4.2.7 当因试验设备能力或现场条件限制，采用压重平台、锚桩横梁、锚桩与堆载联合等反力装置均无法实施单桩竖向抗压静载试验时，宜采用自平衡法进行检测。采用自平衡法进行检测时应符合现行行业标准《建筑基桩自平衡静载试验技术规范》JGJ/T 403 的相关规定。

4.2.8 既有建筑当验收资料缺失时，可采用旁孔透射法进行桩长检测，检测前宜对透射孔进行倾斜度检测。

4.2.9 当对基桩钢筋笼长度有怀疑时可采用磁测桩法检测钢筋笼长度。

4.3 现场检测、数据分析与结果评价

4.3.1 低应变法的仪器设备及其安装、现场检测、检测数据分析与判定除应符合本规程要求外，尚应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106和《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T 422的相关规定。

4.3.2 钻芯法、声波透射法、高应变法、单桩竖向抗压静载试验、单桩竖向抗拔静载试验、单桩水平静载试验的仪器设备及其安装、现场检测、检测数据分析与判定除应符合本规程要求外，尚应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的相关规定。

4.3.3 旁孔透射波法、磁测桩法的仪器设备及其安装、现场检测、检测数据分析与判定除应符合本规程要求外，尚应符合《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T 422的相关规定。

4.3.4 动力触探试验、土（岩）地基载荷试验的仪器设备及其安装、现场检测、检测数据分析与判定除应符合本规程要求外，尚应符合《土工试验方法标准》GB/T 50123 和《建筑地基检测技术规范》JGJ 340的相关规定。

4.3.5 岩芯单轴抗压强度试验和点荷载强度试验应符合《工程岩体试验方法标准》GBT50266的相关规定。

4.3.6 检测结果评价和检测报告除应符合本规程第 3.5 节要求外，尚

应符合下列规定:

1 验收检测结果应判断受检桩(墩)的承载力特征值是否满足设计要求及桩身(墩)完整性类别。

2 对于满足本规程第 4.1.4 条规定的人工挖孔桩(墩)工程,可通过持力层检测结果核验桩(墩)端承载力,并结合桩(墩)身质量检测结果判定单桩(墩)承载力是否满足设计要求。

5 中、小直径灌注桩

5.1 一般规定

5.1.1 桩身完整性检测可采用低应变法、高应变法、钻芯法进行检测。

5.1.2 桩身完整性检测数量应符合本规程第3.3.3条。当桩长径比超过50时，宜增加锤击能量以便获取桩底反射，且检测数量在本规程第3.3.3条基础上增加总桩数的10%。

5.1.3 单桩竖向抗压承载力检测应采用静载试验。抽检数量应符合本规程第3.3.1条和3.3.7条的规定。当采用高应变法时应符合本规程第3.3.8条规定。

5.1.4 为设计提供依据的试验桩，应加载至桩的极限状态；当桩的承载力以桩身强度或裂缝宽度控制时，可按设计要求加载。

5.1.5 工程桩单桩竖向抗压承载力验收检测时，加载量应加载至设计要求的单桩承载力特征值的2.0倍，当条件允许时宜加至设计要求的单桩承载力特征值的2.2倍。

5.1.6 抗拔桩验收检测时，施加的上拔荷载不得小于单桩竖向抗拔承载力特征值的2.0倍或使桩顶产生的上拔量达到设计要求的限值。当抗拔承载力受裂缝宽度控制时，可按设计要求确定最大加载值。

5.1.7 用低应变法测基桩动刚度时，力锤冲击点和传感器安置点宜在同一直径方向，分别放置在桩半径的2/3处。

5.1.8 中、小直径灌注桩的桩长检测可采用钻芯法或旁孔透射法。

5.1.9 既有建筑基桩当桩周可钻孔时，基桩钢筋笼长度检测采用磁测桩法检测。

5.2 现场检测、数据分析与结果评价

5.2.1 低应变法的仪器设备及其安装、现场检测、检测数据分析与判定除应符合本规程要求外，尚应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106和《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T 422的相关规定。

5.2.2 钻芯法、高应变法、单桩竖向抗压静载试验、单桩竖向抗拔静载试验、单桩水平静载试验的仪器设备及其安装、现场检测、检测数据分析与判定除应符合本规程要求外，尚应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的相关规定。

5.2.3 旁孔透射波法、磁测桩法的仪器设备及其安装、现场检测、检测数据分析与判定除应符合本规程要求外，尚应符合《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T 422的相关规定。

6 预制桩

6.1 一般规定

6.1.1 打入式预制桩有下列条件要求之一时，应采用高应变法进行试打桩的打桩过程监测：

- 1 控制打桩过程中的桩身应力；
- 2 选择沉桩设备；
- 3 确定沉桩工艺参数；
- 4 选择桩端持力层。

在相同施工工艺和相近地质条件下，试打桩数量不应少于 3 根。

6.1.2 单节预制桩的桩身完整性宜采用低应变法检测。多节预制桩的桩身完整性宜采用低应变法和高应变法相结合的方式检测。预应力混凝土空心桩的桩身完整性检测也可采用孔内摄像法检测。

6.1.3 单桩承载力检测应采用静载试验。在有相近条件动静对比验证检测的基础上，可采用高应变法进行单桩竖向抗压承载力验收检测。

6.1.4 当静载试验采用工程桩作锚桩时，应验算锚桩抗拔承载力；当锚桩采用预制桩时宜采用单节预制桩，对于多节预制桩，尚应对桩身接头进行验算。

6.1.5 长径比不大于 30 的既有预制混凝土实心桩，基桩桩长检测可采用钻芯法或旁孔透射法；其它的既有预制混凝土桩，当桩周可钻孔时，基桩桩长检测可采用旁孔透射法。

6.1.6 既有建筑基桩当桩周可钻孔时，基桩钢筋笼长度检测按本规程第 5.1.10 条执行。

6.2 现场检测、数据分析与结果评价

6.2.1 低应变法的仪器设备及其安装、现场检测、检测数据分析与判定除应符合本规程要求外，尚应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106和《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T 422的相关规定。

6.2.2 高应变法、单桩竖向抗压静载试验、单桩竖向抗拔静载试验、单桩水平静载试验的仪器设备及其安装、现场检测、检测数据分析与判定除应符合本规程要求外，尚应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的相关规定。

6.2.3 旁孔透射波法、磁测桩法的仪器设备及其安装、现场检测、检测数据分析与判定除应符合本规程要求外，尚应符合《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T 422的相关规定。

7 微型桩

7.1 一般规定

7.1.1 本章节适用于既有建筑更新改造工程中微型桩的桩身质量检测 and 承载力检测，不适用于桩基托换专项工程中的专项检测。

7.1.2 微型桩检测应遵循“先过程控制、后事后检测，先外观质量、后内在质量，先完整性、后承载力”的原则，结合微型桩成桩工艺、桩型特点及工程用途，合理选择检测方法、确定检测数量，确保检测结果科学、准确、可靠。

7.1.3 微型桩检测前，应收集工程地质勘察报告、微型桩设计图纸、施工记录（含注浆压力、注浆量、成桩时间等）、原材料质量证明文件、灌注材料强度报告等相关资料，明确检测目的、检测范围及技术要求，编制专项检测方案，经审批合格后实施。

7.1.4 微型桩检测仪器设备应符合本规程 3.2.4 条的规定，同时应适配微型桩小直径、小吨位的特点，优先选用小型化、低扰动、高精度的检测仪器，检测过程不得损伤桩体或扰动桩间土。

7.2 桩身完整性检测

7.2.1 混凝土微型桩桩身完整性检测应采用低应变法；对于桩长不小于 5m、对桩身质量有怀疑或低应变检测结果存在争议的微型桩，可采用钻芯法补充检测。

7.2.2 微型钢管桩接口焊缝应全数检查。

7.2.3 微型桩桩身完整性检测抽检数量应符合下列规定：抽检数量不应少于总桩数的 30%，且不应少于 20 根；当总桩数少于 20 根时，应全数检测；每个柱下承台抽检桩数不应少于 1 根；对施工质量不稳定、地质条件复杂或重要工程，应适当增加抽检数量。

7.2.4 低应变法和钻芯法的仪器设备及其安装、现场检测、检测数据分析与判定除应符合本规程要求外，尚应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的相关规定。

7.3 承载力检测

7.3.1 微型桩单桩竖向抗压承载力检测应采用单桩竖向抗压静载试验，优先采用慢速维持荷载法；设计有抗拔、水平承载力要求时，应分别采用单桩竖向抗拔、水平静载试验检测。

7.3.2 微型桩承载力检测开始时间应符合 3.2.5 条的规定。

7.3.3 微型桩单桩竖向抗压承载力检测抽检数量应符合 3.3.4 条的规定。

7.3.4 复合地基静载试验抽检数量不应少于总桩数的 0.5%，且不应少于 3 点；对地质条件复杂、施工质量不稳定的工程，应适当增加抽检数量；检验桩间土承载力时，可采用静力触探试验、标准贯入试验或平板载荷试验。

7.3.5 单桩竖向抗压静载试验、单桩竖向抗拔静载试验、单桩水平静载试验的仪器设备及其安装、现场检测、检测数据分析与判定除应符合本规程要求外，尚应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的相

关规定。

7.3.6 复合地基静载试验和增强体的单桩静载试验的仪器设备及其安装、现场检测、检测数据分析与判定除应符合本规程要求外，尚应符合《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79 和《建筑地基检测技术规范》 JGJ 340 的相关规定。

8 天然地基

8.0.1 为设计提供浅部天然地基土层的承载力,无地区经验时应通过浅层平板载荷试验确定,试验应加载至地基破坏。

8.0.2 天然地基载荷试验应保持试验土层不被扰动,承压板应采用面积不应小于 0.5m^2 的刚性板;板底应与基础底面标高一致,试坑长度和宽度应大于承压板宽度(或直径)的3倍,加荷平台支点宜设置在试坑之外,承压板下宜设置中粗砂找平层。

8.0.3 仪器设备及其安装、试验预压、加卸荷分级及施加方式、试验步骤和现场操作、试验终止条件应符合《土工试验方法标准》GB/T 50123 和《建筑地基检测技术规范》JGJ 340 的相关规定。

8.0.4 检测前应对使用的仪表进行检查,并应符合下列要求:

- 1 承压板的中心与液压千斤顶的合力中心位置是否一致,压力表指针是否为零;压力传感器与仪器连接是否完好,仪器读数是否为零。
- 2 百分表或位移传感器与基准梁安装是否牢靠,百分表指针或位移传感器读数与基准梁关联是否灵敏。

8.0.5 承压板放置前应确保坑底水位下降至检测标高。放置承压板进行检测前,应在坑底平铺厚度不大于 20mm 的中粗砂压实找平。

8.0.6 沉降测量除应符合《土工试验方法标准》GB/T 50123 和《建筑地基检测技术规范》JGJ 340 的相关规定外,尚应符合下列规定:

- 1 沉降测定平面应设置在承压板上,测点应在承压板两个正交方向上对称牢固设置。

2 承压板应有足够的强度和刚度，在试验过程中不应有翘曲变形。

8.0.7 极限承载力的确定应符合下列规定：

当出现下列情况之一时，其对应的前一级荷载值即为极限荷载值。

- 1 承压板周围的土明显地侧向挤出；
- 2 沉降 s 急剧增大，荷载-沉降曲线出现陡降段；
- 3 在某一级荷载作用下，24h 内沉降速率不能达到稳定标准。

8.0.8 承载力特征值的确定应符合下列规定：

- 1 当 $p-s$ 曲线上有比例界限时，取该比例界限所对应的荷载值；
- 2 当极限荷载值小于对应比例界限的荷载值的 2 倍时，取极限荷载值的一半；
- 3 当不能按上述二款要求确定时，当承压板面积为 0.5m^2 ，可取 $s/b=0.01\sim 0.015$ 所对应的荷载值，但其值不应大于最大加载量的一半。

9 人工地基

9.1 一般规定

9.1.1 人工地基的检测应在分析勘察报告、基础设计及地基处理设计资料基础上，了解工艺和施工中出现的异常情况，根据处理目的，制定检测方案，选择检验方法。当采用一种检验方法的结果具有不确定性时，应采用其他方法进行验证。

9.1.2 换填垫层、压实地基、夯实地基采用分层施工时，每完成一道工序，应按设计要求进行验收检验，未经检验或检验不合格时，不得进行下一道工序施工。

9.1.3 应通过现场静载试验确定人工地基承载力特征值，静载试验最大加载不应小于设计要求的承载力特征值的 2 倍，岩石地基载荷试验不应小于设计承载力特征值的 3 倍，为设计提供依据时应加载至破坏。

9.1.4 换填垫层地基、高填方地基、预压地基、压实地基、夯实地基、注浆地基的承载力验收检测，应采用处理后地基静载荷试验；水泥土搅拌桩、旋喷桩、夯实水泥土桩、水泥粉煤灰碎石桩和多桩型复合地基的承载力验收检测，应采用复合地基静载试验和增强体的单桩静载试验；其它复合地基均采用复合地基静载试验。多层软弱地基时，应按应力影响范围选用承压板，宜采用大承压板多桩复合地基试验，并结合其他检测方法综合判定。

- 9.1.5 复合地基载荷试验应采用慢速维持荷载法的加载方式。
- 9.1.6 地基载荷试验标高应与设计要求标高一致。
- 9.1.7 换填地基、压实地基、夯实地基的分层压实度检测，应采用分层压实度试验。
- 9.1.8 检测试验地点不得远离施工现场并应保证工程条件相同；检测点应依据随机抽样原则确定，宜随机、均匀、有代表性分布；应优先选取对工程建设有重要影响的部位、荷载条件不利之处、地质条件对施工质量有不利影响之处以及施工过程中出现异常的部位，必要时可增加检测数量。
- 9.1.9 检测方案应包含工程概况、检测目的与依据、数量、抽样原则、仪器人员、试验点处理、场地条件、安全措施等。

9.2 换填垫层地基

- 9.2.1 换填垫层地基承载力宜通过现场静载荷试验确定，并按《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79 和《建筑地基检测技术规范》 JGJ 340 的相关规定执行。
- 9.2.2 换填垫层地基压实度试验应按《土工试验方法标准》 GB/T 50123 执行。
- 9.2.3 换填垫层的施工质量检验应分层进行密实度和均匀性检验，检验合格后才允许铺填上层，并在施工结束后进行承载力检验。
- 9.2.4 粉质黏土、灰土、砂石、粉煤灰垫层的施工质量可选用环刀取样、静力触探、轻型动力触探或标准贯入试验等方法进行检验；碎石、

卵石、圆砾、角砾、矿渣垫层的施工质量可采用重型动力触探试验等进行检验；压实系数可采用灌砂法、灌水法或其他方法进行检验。

9.2.5 垫层的施工质量检验点数量应符合下列规定。

1 检验垫层地基压实度施工质量时，取样点应选择位于每层垫层厚度的 2/3 深度处，条形基础下垫层每 10m ~ 20m 不应少于 1 个点，独立柱基、单个基础下垫层不应少于 1 个点，其他基础下的垫层每层 50m² ~ 100m² 不应少于 1 个点。

2 采用标准贯入试验或动力触探法检验垫层的施工质量时，每分层平面上检验点的间距不应大于 4m。

3 地基承载力的检测数量每 300m² 不应少于 1 点，超过 3000m² 部分每 500m² 不应少于 1 点，每单位工程不应少于 3 点，复杂场地或重要建筑地基应增加检测数量。

9.2.6 加筋垫层中土工合成材料的检验应符合下列规定：

1 土工合成材料质量应符合设计要求，外观无破损、无老化、无污染；

2 土工合成材料应可张拉、无皱折、紧贴下承层，锚固端应锚固牢；

3 上下层土工合成材料搭接缝应交替错开，搭接强度应满足设计要求。

9.2.7 对消除湿陷性的工程，除应检测上述内容外，尚应进行现场浸水静载荷试验，试验方法应符合《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的有关规定。

9.3 预压地基

9.3.1 预压地基静载试验应按《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79 和《建筑地基检测技术规范》 JGJ 340 的相关规定执行。

9.3.2 预压地基不排水抗剪强度及灵敏度试验应《建筑地基检测技术规范》 JGJ 340 的相关规定和《土工试验方法标准》 GB/T 50123 执行。

9.3.3 施工中质量检验应包括下列内容:

- 1 对塑料排水板应进行纵向通水量、复合体抗拉强度、滤膜抗拉强度、滤膜渗透系数和等效孔径等性能指标现场随机抽样测试;
- 2 对不同来源的砂井和砂垫层砂料,应取样进行颗粒分析和渗透性试验;
- 3 对有密实度要求的垫层,应按设计要求进行现场密实度检验;
- 4 对以地基抗滑稳定性控制的工程,应在预压区内预留孔位,在加载不同阶段进行原位十字板剪切试验和取土进行室内土工试验,加固前的地基土检测,应在打设塑料排水板之前进行。

9.3.4 预压完成后应对预压的地基土进行原位试验和室内土工试验,原位试验可采用十字板剪切试验或静力触探,检验深度不应小于设计处理深度,原位试验和室内土工试验,应在卸载 3d~5d 后进行,检验数量按每个处理分区不少于 6 点进行检测,对于堆载斜坡处应增加检验数量。

9.3.5 竖向排水体处理深度范围内和排水体底面以下受压土层,经预压所完成的竖向变形和平均固结度经原位测试后应满足设计要求。

9.3.6 预压地基的承载力检验应进行现场静载荷试验，检验数量按每个处理分区每 300m² 不应少于 1 点，超过 3000m² 部分每 500m² 不应少于 1 点，每单位工程不应少于 3 点，复杂场地或重要建筑地基应增加检测数量。

9.4 压实地基

9.4.1 压实地基静载试验应按《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79 和《建筑地基检测技术规范》 JGJ 340 的相关规定执行。

9.4.2 压实地基压实度试验应按《土工试验方法标准》 GB/T 50123 执行，且均匀性应符合相关标准要求。

9.4.3 压实地基的施工质量检验应分层进行，每完成一道工序，应按设计要求进行验收，未经验收或验收不合格时，不应进行下一道工序施工。

9.4.4 地基承载力验收检验，可通过静载荷试验结合动力触探、静力触探、标准贯入等试验结果综合判定。

9.4.5 冲击碾压法施工宜分层进行变形量、压实系数等土的物理力学指标监测和检测。

9.4.6 压实填土地基的质量检验应符合下列规定：

1 在施工过程中，应分层取样检验土的干密度和含水量，建筑工程每 50 m²~100m² 面积内应设不少于 1 个检测点，每一个独立基础下检测点不少于 1 个点，条形基础每 20 延米设检测点不少于 1 个点，市政工程每 1000m² 面积内应设不少于 1 组(3 点)，压实系数应分层检

测，采用灌水法或灌砂法检测的碎石土密度不应低于 2.0t/m^3 。

2 压实填土地基承载力的检测数量每 300m^2 不应少于 1 点，超过 3000m^2 部分每 500m^2 不应少于 1 点，每单位工程不应少于 3 点，复杂场地或重要建筑地基应增加检测数量。。

3 有地区经验时，可采用动力触探、静力触探、标准贯入等原位试验，并结合干密度试验的对比结果进行质量检验。

9.5 夯实地基

9.5.1 强夯地基静载试验应按《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79 和《建筑地基检测技术规范》 JGJ 340 的相关规定执行。

9.5.2 检查施工过程中的各项测试数据和施工记录，不符合设计要求时应补夯或采取其他有效措施。

9.5.3 强夯处理后的地基承载力检验，应在施工结束后间隔一段时间进行，对于碎石土和砂土地基，间隔时间宜为(7~14)d；粉土和黏性土地基，间隔时间宜为(14~28) d；强夯置换地基，间隔时间宜为 28d。

9.5.4 强夯处理后的地基承载力检验应根据静载荷试验、其他原位测试和室内土工试验等方法综合确定；强夯置换处理后的地基除应采用单墩静载荷试验进行承载力检验外，尚应采用动力触探等查明置换墩着底情况及密实度随深度的变化情况。

9.5.5 强夯地基均匀性检验，可采用动力触探试验或标准贯入试验、静力触探试验等原位测试，以及室内土工试验。检验点的数量，根据场地复杂程度和建筑物的重要性确定，对于简单场地上的一般建筑

物，按每 400m² 不少于 1 个检测点，且不少于 3 点；对于复杂场地或重要建筑地基，每 300m² 不少于 1 个检验点，且不少于 3 点。强夯置换地基，可采用超重型动力触探试验等方法，检查置换墩着底情况及密实度随深度的变化，检验数量不应少于墩点数的 3%，且不少于 3 点。

9.5.6 强夯地基承载力检验的数量，地基承载力的检测数量每 300m² 不应少于 1 点，超过 3000m² 部分每 500m² 不应少于 1 点，且不应少于 3 点；强夯置换地基单墩载荷试验数量不应少于墩点数的 1%，且不应少于 3 点。

9.5.7 对消除湿陷性的工程，除应检测上述内容外，尚应进行现场浸水静载荷试验，试验方法应符合《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 有关规定。

9.6 注浆地基

9.6.1 注浆地基静载试验应按《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 和《建筑地基检测技术规范》JGJ 340 的相关规定执行。

9.6.2 水泥为主剂的注浆加固质量检验应符合下列规定：

1 注浆检验应在注浆结束 28d 后进行。可选用标准贯入、轻型动力触探、静力触探或面波等方法进行加固地层均匀性检测。

2 按加固土体深度范围每间隔 1m 取样进行室内试验，测定土体压缩性、强度或渗透性。

3 注浆检验点不应少注浆孔数的 2%~5%。检验点合格率小于

80%时，应对不合格的注浆区实施重复注浆。

9.6.3 硅化注浆加固质量检验应符合下列规定：

- 1 硅酸钠溶液灌注完毕，应在 7d~10d 后，对加固的地基土进行检验；
- 2 应采用动力触探或其他原位测试检验加固地基的均匀性；
- 3 工程设计对土的压缩性和湿陷性有要求时，尚应在加固土的全部深度内，每隔 1m 取土样进行室内试验，测定其压缩性和湿陷性；
- 4 检验数量不应少于注浆孔数的 2%~5%。

9.6.4 碱液加固质量检验应符合下列规定：

- 1 碱液加固施工应做好施工记录，检查碱液浓度及每孔注入量是否符合设计要求。
- 2 开挖或钻孔取样，对加固土体进行无侧限抗压强度试验和水稳性试验。取样部位应在加固土体中部，试块数不少于 3 个，28d 龄期的无侧限抗压强度平均值不得低于设计值的 90%。将试块浸泡在自来水中，无崩解。当需要查明加固土体的外形和整体性时，可对有代表性加固土体进行开挖，量测其有效加固半径和加固深度。
- 3 检验数量不应少于注浆孔数的 2%~5%。

9.6.5 注浆加固处理后地基的承载力应进行静载荷试验检验，每个单体建筑的检验数量不应少于 3 点。

9.6.6 注浆加固效果应结合变形监测结果进行评价；变形监测时间不少于 12 个月；当沉降已达到稳定标准且监测时间不少于 6 个月时，可适当缩短监测周期，但监测总时间不宜少于 6 个月。

9.7 复合地基

9.7.1 复合地基静载试验应《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79 和《建筑地基检测技术规范》 JGJ 340 的相关规定执行。

9.7.2 砂石桩、高压喷射注浆桩、水泥石搅拌桩、土和灰土挤密桩、水泥粉煤灰碎石桩、夯实水泥石桩等复合地基的承载力必须达到设计要求。复合地基承载力和单桩的检验数量不应少于总桩数的 1%，且不应少于 3 点。有单桩承载力检验要求时，检验数量不应少于总桩数的 1%，且不应少于 3 根。

9.8 竖向增强体的质量及地基土检验

9.8.1 增强体的单桩静载试验应按《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79 和《建筑地基检测技术规范》 JGJ 340 的相关规定执行。

9.8.2 水泥粉煤灰碎石桩复合地基、具有黏结强度增强体的多桩型复合地基等，当设计等级为甲级，或地基条件复杂时，桩身完整性检测数量不应少于总桩数的 30%，且不应少于 20 根；其他水泥粉煤灰碎石桩复合地基，桩身完整性检测数量不应少于总桩数的 20%，且不应少于 10 根。

除符合本条前款规定外，每个柱下检测桩数不应少于 1 根。

9.8.3 当水泥石搅拌桩经复合地基承载力检测后对桩身质量有怀疑时，宜在成桩 28d 后，采用双管单动取样器钻取芯样作抗压强度试验，检测数量为施工总桩数的 0.5%，且不应少于 6 根，钻孔取芯率不应低于 85%。

9.8.4 振冲碎石桩和沉管砂石桩复合地基，对桩体可采用重型动力触探试验检测，对桩间土可采用标准贯入、静力触探、动力触探或其他原位测试等方法；对消除液化的地基检验应采用标准贯入试验。桩间土质量的检测位置应在等边三角形或正方形的中心。检测深度不应小于处理地基深度，检测数量不应少于总桩数的 2%。

9.8.5 灰土挤密桩和土挤密桩应随机抽样检测夯后桩长范围内灰土或土填料的平均压实系数 λ_c ，抽检的数量不应少于桩总数的 1%，且不得少于 9 根。应抽检处理深度范围内桩间土的平均挤密系数 $\bar{\eta}_c$ ，检测探井数不应少于总桩数的 0.3%，且每项单位工程不得少于 3 个。

9.8.5 夯实水泥土桩复合地基应对夯填桩体的干密度质量随机抽样检测，抽检的数量不应少于总桩数的 2%。

9.8.6 柱锤冲扩桩复合地基可采用重型动力触探或标准贯入试验对桩身及桩间土进行检验，检验数量不应少于总桩数的 2%，每个单体工程桩身及桩间土总检验点数均不应少于 6 点。

9.8.7 多桩型复合地基增强体的施工质量检验，对散体材料增强体的检验数量不应少于其总桩数的 2%，对具有黏结强度的增强体，完整性检验数量按 9.8.2 条执行。

9.8.9 对地基土的检测宜采用与岩土工程勘察报告相一致的测试方法，并与之对比。

本规程用词说明

1 执行本规程条文时，对要求程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1. 建筑地基基础设计规范 GB 50007
2. 建筑地基基础工程施工质量验收标准 GB 50202
3. 建筑与市政地基基础通用规范 GB 55003
4. 地基动力特性测试规范 GB/T 50269
5. 工程岩体试验方法标准 GB/T 50266
6. 建筑基桩检测技术规范 JGJ 106
7. 建筑桩基技术规范 JGJ 94
8. 建筑地基处理技术规范 JGJ 79
9. 既有建筑地基基础检测技术标准 JGJ/T 422
10. 建筑地基检测技术规范 JGJ 340
11. 建筑地基基础技术规范 DB21/T 907

辽宁省地方标准

建筑基桩与地基检测技术规程

D21/T1450-XXXX

条文说明

目 录

1	总 则	46
2	术语	49
3	基本规定	52
3.1	一般规定	52
3.2	检测工作程序	60
3.3	检测数量	63
3.4	验证与扩大检测	67
3.5	检测结果评价和检测报告	69
4	大直径灌注桩（墩）基础	74
4.1	人工挖孔桩（墩）	74
4.2	机械钻孔灌注桩	76
4.3	现场检测、数据分析与结果评价	80
5	中、小直径灌注桩	81
5.1	一般规定	81
5.2	现场检测、数据分析与结果评价	83
6	预制桩	83
6.1	一般规定	83
7	微型桩	85
7.1	一般规定	85
7.2	桩身完整性检测	85

8 天然地基	85
9 人工地基	86
9.1 一般规定	86
9.3 预压地基	87
9.4 压实地基	87
9.5 夯实地基	88
9.6 注浆地基	88
9.7 复合地基	88
9.8 竖向增强体的质量及地基土检验	89

1 总 则

1.0.1 地基基础工程是建筑工程最重要的隐蔽性分部工程，桩基与地基的施工质量直接决定上部主体结构的整体稳定性、长期使用安全性，关系人民群众生命财产安全。大量工程实践表明，建筑工程常见质量隐患、沉降变形问题及重大工程质量事故，多数与地基基础质量相关，其中相当一部分由基桩质量缺陷、地基承载力不足、加固处理不到位等因素引发。地基基础工程受场地岩土条件、季节性环境影响、设计参数取值、现场施工工艺、人员技术水平等多重因素影响，整体隐蔽性强，质量问题不易提前发现，后期整改处置难度大、造价高、风险大。因此，科学、规范、系统地开展基桩与地基工程质量检测工作，是确保建筑工程质量安全的重要环节。

我省现行地方标准实施以来，在遵循国家、行业现行规范体系基础上，结合辽宁省地域岩土特点、建筑基桩及复合地基的类型及施工工艺，在系统总结全省多年检测实践经验、试验数据、科学技术成果的基础上，规范了基桩及复合地基的检测项目、检测方法、抽检数量、检测操作和结果评价，提升了地基基础检测整体质量水平，为全省建筑工程基桩与复合地基质量安全管控提供了有效技术支撑。

近年来，随着辽宁省城市更新、老旧小区改造、既有建筑加固等建筑工程持续推进，基桩、天然地基、复合地基、微型桩应用日益广泛。现行检测方法、抽检规则、现场操作、结果评价，各地、各检测机构执行尺度存在差异，易造成工程验收标准不一致、质量管控存在差异。

本次规程修订，严格遵循《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003-2021 等现行国家强制性工程建设标准，同步衔接住房和城乡建设部检测资质相关管理规定及辽宁省建设工程质量检测属地管理要求，结合我省岩土条件与建筑工程建设实际，进一步完善天然地基、复合地基、各类工程基桩、微型桩及既有建筑基桩与地基相关检测技术条款，进一步提升规程的科学性、适用性和现场可操作性，规范全省建筑工程基桩与地基检测及评价工作，为我省建筑工程基桩与地基质量管控提供技术支撑。

1.0.2 本规程侧重于建筑工程行业桩基工程和地基工程的试验与检测。具体分为施工前为设计提供依据的检测和施工后为验收提供依据的检测，重点放在后者。结合辽宁省地质条件、气候特点及工程检测实践，本条文规定了本规程的适用地域、工程对象及检测与评价内容。地域适用范围为辽宁省行政区域内新建、改建、扩建及既有建筑更新改造的建筑工程；

工程对象包括基桩、天然地基、人工地基三类；

检测与评价内容为：

基桩：承载力、桩身完整性、桩长、钢筋笼长度、桩身混凝土强度、桩端持力层和桩底沉渣厚度；

天然地基：承载力；

人工地基：承载力以及增强体的质量、强度、密实度。

1.0.3 本条规定了建筑工程基桩与地基检测工作应遵循的基本原则。基桩与地基基础隐蔽性强，其安全性能不仅取决于桩身、增强体自身施

工质量，同时受场地岩土条件、基础设计参数、桩型类别、施工工艺、现场施工管控水平及工程后续使用工况等多重因素综合影响。不同场地的地质差异、不同结构的受力特点差异、不同成桩工艺的稳定性差异，都会直接影响检测信号特征、试验数据取值及现场检测条件。各类检测方法均有自身适用范围、技术特点与应用局限性，对场地条件、桩体状态、休止时间、施工均匀性等的匹配情况也各不相同。在实际检测工作中，若脱离现场实际工况、不结合检测目的盲目选用检测方法或确定抽检数量，容易造成检测数据失真、代表性不足，进而导致结果评价存在偏差，给工程质量安全留下潜在隐患。因此，开展基桩与地基检测时，应综合统筹检测工作目标、各检测方法的技术特点与适用范围，结合场地地基条件、设计要求、现场施工环境、桩型特征、施工质量状况及建筑使用功能等实际情况，科学选用检测方法，合理确定检测点位与检测数量，做到多方法合理搭配、优势互补，相互验证。通过合理搭配检测手段，既保证检测结果真实可靠、评价结论准确，全面客观反映基桩与地基实际工作性能，又兼顾现场可操作性与经济合理性，实现检测工作规范有序、科学高效开展，切实保障建筑工程地基基础质量安全。

1.0.4 本规程部分检测要求和规定充分体现我省的地方特色。由于基桩及地基检测方法具有普遍意义，因此，本规程除体现地方特色外，尚应符合现行有关标准特别是强制性条文的规定。主要包括《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106、《建筑地基检测技术规范》JGJ 340、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79、《既有建筑地基基础检测技术标准》

JGJ/T 422等国家和行业现行相关标准。当本规程与上级标准不一致时，应按更严格标准执行；涉及安全、强制性条文时，应以强制性标准为准。

2 术语

2.1.2 微型桩桩径尺寸较小、施工扰动低、场地适应性强，广泛用于建筑加固改造、局部地基补强等工程场景。本术语为统一省内工程建设对微型桩的认知口径，明确成桩工艺、桩体规格及适用工况，避免现场判定尺度不统一。同时结合辽宁省老旧小区改造、既有建筑加固等实际工程特点，规范微型桩在检测、设计、施工环节中的统一应用标准，便于后续针对性选用合适的检测方法、合理确定抽检数量，保障微型桩基础工程质量控。

2.1.3 桩身完整性是一个综合性指标，而非严格的定量指标。其类别是按缺陷对桩身结构承载力的影响程度划分的。这里有三点需要说明：

1 连续性包涵了桩长不够的情况。因动测法只能估算桩长，桩长明显偏短时，给出断桩的结论是正确的。而钻芯法则不同，可准确测定桩长。

2 作为完整性定性指标之一的桩身截面尺寸，由于定义为“相对变化”，所以先要确定一个相对衡量尺度。但检测时，桩径是否减小可能会参照以下条件之一：

一按设计桩径；

—根据设计桩径，并针对不同成桩工艺的桩型按施工验收规程考虑桩径的允许负偏差；

—考虑充盈系数后的平均施工桩径。

所以，灌注桩是否缩颈必须有一个参考基准。过去，在动测法检测并采用开挖验证时，判断动测结论与开挖验证结果是否符合通常是按第一种条件。但严格地讲，应按施工验收规程，既第二个条件才是合理的，但因为动测法不能对缩颈严格定量，于是才定义为“相对变化”。

3 桩身结构承载力与混凝土强度有关，设计上根据混凝土强度等级验算桩身结构承载力是否满足设计荷载的要求。按本条的定义和表 3.5.1 描述，桩身完整性是与桩身结构承载力相关的非定量指标，限于检测技术水平，本规程中的完整性检测方法（除钻芯法可通过混凝土芯样抗压试验给出实体强度外）显然不能给出混凝土抗压强度的具体数值。虽然完整性检测结果无法给出混凝土强度的具体数值，但显而易见：桩身存在密实性类缺陷将降低混凝土强度，桩身缩颈会减少桩身有效承载断面等，这些都影响桩身结构承载力，而对结构承载力的影响程度是借助对桩身完整性的感观、经验判断得到的，没有具体量化值。另外，灌注桩桩身混凝土强度作为桩基工程验收的主控项目，以 28d 标养或同条件试块抗压强度值为依据已是惯例。相对而言，钻芯法在工程桩验收的完整性检测中应用较少。

2.1.4 桩身缺陷有三个指标，即位置、类型（性质）和程度。动测法检测时，不论缺陷的类型如何，其综合表现均为桩的阻抗变小，即完

整性动力检测中分析的仅是阻抗变化，阻抗的变小可能是任何一种或多种缺陷类型及其程度大小的表现。因此，反射波法仅根据阻抗的变小不能判断缺陷的具体类型，如有必要，应结合地质资料、桩型、成桩工艺和施工记录等进行综合判断。对于扩径而表现出的阻抗变大，应在分析判定时予以说明，因扩径对桩的承载力有利，不应作为缺陷考虑。而机械阻抗法测动刚度，在检测现场均有条件做桩的静、动刚度；通过对比可分析桩身缺陷程度，以此划分出桩身完整性类别。

2.1.5 桩底沉渣是钻孔灌注桩成孔、成桩过程中孔底残留的松散碎屑、泥浆沉淀物及孔壁回落渣土的总称，沉渣厚度直接影响桩端承载力、桩身沉降变形及基础整体安全稳定性。本术语仅适用于桩基成型完工后的现场核验、钻芯检测、质量复查。成桩后桩底残留沉渣属于桩基隐蔽质量隐患，无法二次返工整改，直接削弱桩端竖向承载能力、加剧后期不均匀沉降，拉低基桩整体服役安全性，是地基基础实体检测指标。

2.1.6 旁孔透射法属于桩外孔动力无损检测，解决既有建筑、深埋桩头、场地受限条件下桩长无法直接量测的工程痛点，特别适用于桩头封闭、上部结构已施工、钻芯法难以实施的场景。方法原理基于应力波透射传播理论：在桩顶面(或与桩顶联结的承台、桩帽等上部结构)上用手锤（力棒）垂直方向敲击产生应力波，并沿着桩身向下传播，遇到周围土层进行透射，在桩旁边事先钻好的孔内放置传感器来接收透射波信号，由此读取不同深度的初至波到达声时并绘制初至时间—深度关系图。当传感器低于桩底时，则声速将会改变，会在时间—深

度图上显示一个拐点，由图中直线斜率发生变化的位置来推断桩的长度，两条直线的斜率可以分别用来推断桩身平均波速和桩底持力层的波速。

2.1.7 磁测桩法属于地球物理磁法探测技术，解决基桩钢筋笼长度隐蔽、施工易偷短、常规方法难以核查的质量管控难点，适用于灌注桩、预制桩等各类钢筋混凝土基桩，尤其适合既有建筑桩基、深埋桩头、无法破桩检测的场景。方法原理基于地磁场磁化与磁异常理论，钢筋笼（铁磁性）在地磁场中被磁化，产生附加磁场，使桩周磁场强度显著高于正常岩土背景场；磁力探头沿钻孔连续测量磁场垂直分量（ Z ）与梯度（ dZ/dh ），曲线在钢筋笼顶端与底端处出现明显突变或拐点，底端拐点对应钢筋笼实际长度，可精准识别钢筋笼短缩、漏放、错放等质量缺陷。

2.1.8 界面钻芯法属于钻芯法的一种专用工艺，其检测原理与钻芯法一致。通过预埋于钢筋笼的短钢管导向钻芯，重点检测桩端混凝土性状、桩长、沉渣厚度及桩端岩土层性状。该方法对长径比较大、小直径或嵌岩灌注桩的桩底界面质量检测具有较好适用性，可作为常规钻芯法的补充或替代方法。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 本条明确建筑工程基桩应开展的常规及专项检测项目范围，涵

盖单桩承载力、桩身完整性、桩长、钢筋笼长度、桩身混凝土强度、桩端持力层、桩底沉渣厚度七类检测内容，是结合辽宁省建筑工程特点、隐蔽工程质量管控需求及既有建筑改造加固工程实际确定的必控与可选检测项目体系。

一般建筑工程基桩检测以单桩承载力和桩身完整性为必检项目，其余检测项目可根据工程实际情况按需开展。对于重要建筑、桩基设计等级较高、场地岩土条件复杂、施工工艺不稳定、成桩过程存在异常情况的工程，应结合现场施工资料、地质勘察情况及质量管控需要，针对性开展桩长专项复核检测；对灌注桩、现场成孔桩基及管控薄弱项目，可根据施工隐蔽资料完整性、钢筋笼下放施工记录及结构抗震要求，开展钢筋笼长度专项检测；当混凝土浇筑过程中出现间断、离析、塌孔等质量异常，或标准养护试块强度代表性不足时，应抽样开展桩身混凝土强度实体检测；端承型桩基、大直径桩、墩基础及岩层起伏较大、岩溶发育等复杂场地工程，应同步核查桩端持力层实际性状，开展桩端持力层专项检测；钻孔灌注桩、清孔条件较差、易塌孔地层施工的桩基以及对沉降控制要求严格的重点工程，应结合钻芯作业同步实测成桩后桩底沉渣厚度，开展桩底沉渣专项检测；既有建筑鉴定、加固及微型桩工程，受现场条件限制无法常规破桩、静载试验受限的，可采用旁孔透射法、磁测桩法等无损手段，检测桩长、钢筋笼长度，结合钻芯法复核桩身混凝土强度、桩端持力层及桩底沉渣厚度。

基桩各类检测工作应严格遵循现行国家及行业标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003、《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106、《建

筑桩基技术规范》JGJ 94、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202、《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T 422 等相关规定，合理划分并按需开展各类检测项目，为建筑工程地基基础验收、安全鉴定及加固改造提供可靠技术依据。

3.1.2 天然地基直接承担上部建筑结构荷载，岩土原状性状直接决定工程沉降与整体安全稳定性，因此采用天然地基作为基础持力层的建筑工程，应开展地基承载力现场原位检测，核验原状土层实际承载能力是否满足设计受力及变形控制要求，杜绝地基原状土质不均、局部软弱夹层等隐蔽隐患遗留质量风险。人工地基经过换填、压实、挤密、注浆、桩体复合加固等人工处理工艺，整体受力由地基增强体与桩间土协同共同承担，因此除统一检测地基综合承载力外，还需同步抽检增强体的质量、强度及密实度，核查地基处理的落实效果。必要时还应按需针对性抽检桩间土实际承载力，核验复合地基协同受力工作状态。

地基检测工作，应严格遵照《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79、《建筑地基检测技术规范》JGJ 340、《土工试验方法标准》GB/T 50123、《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003等现行国家、行业标准执行。

3.1.3 本条强调检测方法合理选择搭配，目的是提高检测结果的可靠性和检测过程的可操作性，也是1.0.3条的原则体现。表3.1.3所列19种方法是基桩和地基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，可采用多种方法进行检测；但对异型、组合型桩，表3.1.3中的方法就不能完全适用（如高、低应变法和声波透射法）。因此在具体选择检测方法时，应根据检测目的、内容和要求，结合各种检测方法的适用范围和检测能力，综合考虑设计、地基条件、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。

工程桩承载力验收检测方法，应根据基桩实际受力状态和设计要求合理选择。以竖向承压为主的基桩通常采用竖向抗压静载试验，对符合一定条件和方法适用范围的工程，考虑到高应变法快速、经济和检测桩数覆盖面较大的特点，也可选用高应变法作为补充检测。例如条件相同、预制桩量大的桩基工程中，一部分桩可选用静载法检测，而另一部分可用高应变法检测，前者应作为后者的验证对比资料。对不具备条件进行静载试验的端承型大直径灌注桩，可采用钻芯法（包含界面取芯法）检查桩身完整性、桩身混凝土强度、桩端沉渣厚度、桩端持力层情况，综合判定单桩极限承载力。也可采用深层载荷板试验进行核验。对专门承受竖向抗拔荷载或水平荷载的桩基，则应选用竖向抗拔静载试验或水平静载试验。

桩身完整性检测方法有低应变法、声波透射法、高应变法和钻芯法（包含界面取芯法），除中小直径桩外，大直径灌注桩一般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、地基条件复杂、施工质量可靠性低的桩基，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，管桩可采用孔内成像法）进行验证。

既有建筑基桩普遍存在桩头封闭、上部结构已完工、场地作业空间受限、原始竣工资料缺失或不详等特点，无法完全按照新建工程常规检测方式开展作业。检测方法选择应结合既有建筑结构现状、桩基原始设计参数、桩型和成桩工艺、场地周边环境及岩土工程条件综合确定，优先选用旁孔透射法、磁测桩法等无损检测技术；对条件允许、具备作业空间的部位，可辅以钻芯法复核桩身完整性、混凝土强度、桩端持力层及桩底沉渣状况；对承载力存疑、结构安全等级高或沉降异常的既有桩基，在场地条件具备时，可适度选取代表性桩体开展静载荷试验验证。既有建筑基桩检测应遵循方法适用、无损优先、少扰动、多方法互补校核的原则，避开上部承重构件、地下管线及周边建筑物影响，合理布置检测点位与测孔位置，不宜盲目套用新建工程检测模式。所有检测方法的选用、现场操作及结果判定，均应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106、《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T 422 等现行国家及行业标准规定，在保障既有建筑结构安全的前提下，科学确定基桩实际工作性状，为既有建筑安全鉴定、加固改造及后续使用提供可靠技术依据。

地基检测方法应根据建筑工程重要性、结构沉降控制要求、场地岩土条件、地基类型、基础形式及施工工艺特点综合合理选用。天然地基可结合土层分布均匀性、软弱夹层发育情况，优先采用平板载荷试验、标准贯入试验、动力触探等原位测试方法检测地基承载力；人工地基

及复合地基除采用平板载荷试验检验整体承载力外，还应根据地基处理类型选用对应的检测方法，对增强体的质量、强度、密实度进行专项检测。场地条件复杂、土层性质差异较大、大面积回填及地基处理范围较广的工程，宜采用多种检测方法相互补充、交叉验证；对沉降控制严格、上部荷载较大的建筑，应增加原位测试抽检数量，必要时结合室内土工试验综合评价地基性状。检测方法的选用应遵循因地制宜、方法适配、原位为主、多点校核的原则，兼顾现场可操作性与结果可靠性，确保地基承载力、均匀性及变形指标能够客观反映实际工程性状，为地基基础设计验收和安全使用提供准确技术依据。

界面取芯法可以用于检测混凝土灌注桩桩端部分的混凝土性状、桩长、沉渣厚度；鉴定桩端岩土层性状；综合判定大直径端承桩承载力。界面取芯法遵循钻芯法的基本原理、技术流程、质量控制及结果评价，是在常规钻芯法基础上发展而来的定向专用钻芯检测工艺。常规钻芯法为自由钻进，受桩径偏小、桩长较大、长细比偏高、成桩垂直度偏差及复杂地层影响，易发生钻孔偏斜、偏离桩身截面、难以到达桩端、无法准确量测桩底沉渣和判别持力层等问题。界面取芯法通过导向通道约束钻进轨迹，弥补了常规钻芯易偏孔、定位不准、桩端检测可靠性不足的短板，可替代常规钻芯开展桩身尤其是桩端部位的专项实体检测，评价原则与技术要求与钻芯法一致。

3.1.4 施工前进行试验桩检测并确定单桩极限承载力，目的是确定基桩承载力，为设计选定桩型和桩端持力层、分析桩侧、桩端阻力分布等提供依据，同时也可为施工单位在新的地基条件下调整施工工艺参

数进行必要的验证。对设计等级高且缺乏地区经验的工程，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。本条规定的第1~3款条件，与现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的原则一致。考虑到桩基础选型、成桩工艺选择与地基条件、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，规定本地区采用新桩型或新工艺时也应进行施工前的试验。通常为设计提供依据的试验桩静载试验往往应加载至极限破坏状态，但受设备条件和反力提供方式的限制，试验可能做不到破坏状态，为安全起见，此时的单桩极限承载力取试验时最大加载值，但前提是应符合设计的预期要求。

3.1.5 本条是为使试桩具有代表性而提出的，如果试验桩与工程桩的差异较大，用其检测结果进行设计，其结果可能和实际情况不符。

3.1.6 应用自动加荷采集系统对保证检测工作质量及检测数据的精度，减小劳动强度和保证安全等方面会有很大程度的提高，因此提倡采用自动加荷采集系统，杜绝人为因素造成的误差或误判。

根据住建部令第57号等相关要求，为了符合建设工程质量信息化管控导向，规避人为干预、防止数据篡改、实现全过程可追溯与在线监管，保障基桩静载试验数据真实可靠，静载试验仪器设备宜具备数据远程实时传输功能。

3.1.7 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，作到信息化施工。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，提倡沉桩过程中的高应变监测等。

桩基和复合地基施工过程中可能出现以下情况：设计变更、局部地基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、施工单位变换等，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，基桩和复合地基检测除在施工前和施工后进行外，尚应加强桩基和复合地基施工过程中的检测，以便及时发现并解决问题，作到防患于未然，提高效益。

3.1.8 既有建筑基桩检测应优先选用旁孔透射法、磁测桩法等无损检测方法，最大限度避免扰动结构、影响建筑正常使用；对无损检测结果无法判定的，可采用钻芯法等微破损检测方法进行补充。确需采用静载试验等强破损检测方法时应进行充分的专项论证并采取可靠防护措施。检测前应排查既有建筑沉降、裂缝及地基基础现状，编制专项检测方案和安全应急预案；检测过程中合理布设测点与设备位置，严控施工荷载、设备振动及加载工况，同步监测主体结构、关键构件及周边管线构筑物，严防结构变形、裂缝开展及安全隐患，保障建筑本体和作业人员安全。检测完工后，应对桩顶剔凿、局部破损、地基开挖等造成的地基基础损伤及时修复处置，恢复原有受力条件与场地原貌，并对修复质量进行核查验收，保证结构耐久性及后续安全正常

使用。

3.2 检测工作程序

3.2.1 框图3.2.1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，例如委托要求的变化、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。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。

3.2.2 根据1.0.3条的原则，考虑基桩和复合地基检测工作的特殊性，本条对调查阶段工作提出了具体要求。为了正确地对基桩和复合地基质量进行检测和评价，提高基桩和复合地基检测工作的质量，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1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，也需要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能性；有些情况下还需要检测技术人员到现场了解和收集。

表1 受检桩设计施工资料表

桩号	桩横截面尺寸	混凝土设计强度等级	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			

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

3.2.4 检测所用仪器必须进行定期检定或校准，以保证基桩检测数据的准确可靠性和可追溯性。虽然测试仪器在有效计量检定或校准周期之内，但由于基桩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仪器仪表受损或校准因子发生变化。因此，检测前还应加强对测试仪器、配套设备的期间核查；发现问题后应重新检定或校准。

3.2.5 混凝土强度随时间的增加而增加。在最初几天内强度快速增长，随后逐渐变缓，其波速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差异大，波速的变异性增大。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，也可以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。

基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，桩的承载力也逐渐提高。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，我省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涵义，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。

3.2.6 相对于静载试验而言，本规程规定的完整性检测（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，至少能为有针对性地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。

竖向抗压静载试验中，有时会因桩身缺陷、桩身截面突变处应力集中、或桩身强度不足造成桩身结构破坏，有时也因锚桩质量问题而导致试桩失败或中途停顿，故应在试桩前后对试验桩和锚桩进行完整性检测，为分析桩身结构破坏的原因提供证据和确定锚桩能否正常使用。对于混凝土桩的抗拔、水平或高应变试验，常因拉应力过大造成桩身开裂或破损，因此承载力检测完成后的桩身完整性检测比检测前更有价值。

3.2.7 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、振动冲击等现象环境条件的适应性规定的。

3.2.8 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不正确。对此，应及时分析原因，组织重新检测。

3.3 检测数量

3.3.1 本条所说的“基桩受力状态”是指桩的承压、抗拔和水平三种

受力状态。

“地基条件和桩长相近，桩端持力层、桩型、桩径、成桩工艺相同”即为本规程所指的“同一条件”。对于大型工程，“同一条件”可能包含若干个桩基分项工程。同一桩基分项工程可能由两个或两个以上“同一条件”的桩组成。对于大直径桩，当桩型类别较多时，可选择有代表性的桩型按照本规程的规定执行。对于挖孔桩，持力层相同时可不考虑多桩型。

本条规定同一条件下的试桩数量不得少于 3 根，是保障合理评价试桩结果的低限要求。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竖向抗压静载试验时，可依据现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 相关要求，按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 进行深层平板载荷试验、岩基载荷试验。

试验桩场地的选择应有代表性，附近应有地质钻孔。设计提出侧阻和端阻测试要求时，应在试验桩施工中安装测试桩身应变或变形的元件，以得到试桩的侧摩阻力分布及桩端阻力，为设计选择桩基持力层提供依据。试验桩的设计应符合试验目的要求，静载试验装置的设计和安装应符合试验安全的要求。

3.3.2 由于检测成本和周期问题，很难做到对桩基工程全部基桩进行检测。施工后验收检测的最终目的是查明隐患、确保安全。为了在有

限的抽检数量中更能充分暴露桩基存在的质量问题，宜优先抽检本条第 1~5 款所列的桩，其次再考虑抽样的随机性。

3.3.3 桩身完整性检测，应在保证准确全面判定的原则上，首选适用、快速、经济的检测方法。当一种方法不能全面评判基桩完整性时，应采用两种或多种检测方法组合进行检测。例如：(1)对多节预制桩，接头质量缺陷是较常见的问题。在无可靠验证对比资料和经验时，低应变法对不同形式的接头质量判定尺度较难掌握，所以对接头质量有怀疑时，宜采用低应变法与高应变法或孔内摄像相结合的方式检测。(2)中小直径灌注桩常采用低应变法，但大直径灌注桩一般设计承载力高，桩身质量是控制承载力的主要因素；随着桩径的增大和桩长超长，尺寸效应和有效检测深度对低应变法的影响加剧，而钻芯法、声波透射法恰好适合于大直径桩的检测（对于嵌岩桩，采用钻芯法可同时钻取桩端持力层岩芯和检测沉渣厚度）。同时，对大直径桩采用联合检测方式，多种方法并举，可以实现低应变法与钻芯法、声波透射法之间的相互补充或验证，优势互补，提高完整性检测的可靠性。

按设计等级、地质情况和成桩质量可靠性确定灌注桩的检测比例大小，20 多年的实践证明是合理的。

“每个柱下承台检测桩数不得少于 1 根”的规定涵盖了单桩单柱应全数检测之意。但应避免为满足本条 1~3 款最低抽检数量要求而贪图省事、不负责任地选择受检桩：如核心筒部位荷载大、基桩密度大，但受检桩却大量挑选在裙楼基础部位；又如 9 桩或 9 桩以上的柱下承台仅检测 1 根桩。

当对复合地基中类似于素混凝土桩的增强体进行检测时，检测数量应按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 规定执行。

新增基桩是指城市更新或既有建筑改造中，在原有基础外侧、承台周边或建筑内部空余区域另行布设施工、独立于原有桩基体系各类基桩；新增基桩根据工程实际需要，既可独立承担新增结构荷载，也可与原有基桩、基础承台协同受力、共同分担上部结构及地基附加荷载，主要适用于建筑增层加荷、原有地基桩基承载力不足或不均匀沉降超限需加固，功能变更、加装电梯等造成局部荷载增大，地下空间开发以及抗浮等级提升、老旧危房安全隐患治理等场景，通过合理布设新增基桩，构建新老桩基联合工作体系，满足现行规范及建筑安全使用要求。考虑到新增基桩施工空间受限，成桩质量波动较大、可靠性较低，适当增加完整性检测抽检数量可有效控制加固工程安全风险。

3.3.7 单位工程的划分：1、具备独立施工条件并能形成独立使用功能的建筑物或构筑物为一个单位工程。2、对以裙房或地下车库相连通的多个单体建筑所组成规模较大的单位工程，可将其能形成独立使用功能的部分作为一个子单位工程。桩基工程属于一个单位工程(子单位工程)的分部（子分部）工程中的分项工程，一般以分项工程单独验收。所以本规程将承载力验收检测的工程桩数量限定在分项工程内。例如，某项工程有 2 座建筑物，地下连通，应将 2 座建筑物划分为 2 个子单位工程，每个子单位工程的桩基分项工程应单独验收。本条同时规定了在何种条件下工程桩应进行单桩竖向抗压静载试验及抽检数量低限。对地质条件复杂、施工质量不稳定或重要工程，应适

当增加抽检数量。

3.3.8 为了全面了解工程桩的承载力情况，使验收检测达到既安全又经济的目的，本条提出可采用高应变法作为静载试验的“补充”，但无完全代替静载试验之意。如场地地基条件复杂、桩施工变异大，但按本规程第 3.3.4 条规定的静载试桩数量很少，存在抽样数量不足、代表性差的问题，此时在满足本规程第 3.3.4 条规定的静载试桩数量的基础上，只能是额外增加高应变检测；又如场地地基条件和施工变异不大，按 1%抽检的静载试桩数量较大，根据经验能认定高应变法适用且其结果与静载试验有良好的可比性，此时可适当减少静载试桩数量，采用高应变检测作为补充。

3.4 验证与扩大检测

3.4.1 ~ 3.4.4 这四条内容针对检测中出现的缺乏依据、无法或难于定论的情况，提出了可用的验证检测原则。用准确可靠程度（或直观性）高的检测方法来弥补或复核准确可靠程度（或直观性）低的检测方法结果的不确定性，称为验证检测。

管桩孔内摄像的优点是直观、定量化，其原理及操作细节可参见中国工程建设标准化协会发布的《基桩孔内摄像检测技术规程》CECS 253。

本规程第 3.4.3 条的做法，介于重新检测和验证检测之间，使验证检测结果与首次检测结果合并在一起，重新对受检桩进行评价。

用机械阻抗法测静载试验桩的动刚度或将完整桩上做出的动刚

度平均值与被验证检测桩的动刚度相对比，以分析桩身缺陷程度，来划分桩身完整性类别。

应该指出：桩身完整性不符合要求和单桩承载力不满足设计要求的两个独立概念。完整性为Ⅰ类或Ⅱ类而承载力不满足设计要求显然存在结构安全隐患；竖向抗压承载力满足设计要求而完整性为Ⅲ类或Ⅳ类也可能存在安全和耐久性方面的隐患。如桩身出现水平整合型裂缝（灌注桩因挤土、开挖等原因也常出现）或断裂，低应变完整性为Ⅲ类或Ⅳ类，但高应变完整性可能为Ⅱ类，且竖向抗压承载力可能满足设计要求，但存在水平承载力和耐久性方面的隐患。

3.4.5 当需要验证运送至现场某批次混凝土强度、或对预留的试块强度和浇注后的混凝土强度有异议时，可按结构构件取芯的方式，验证评价桩身实体混凝土强度。注意本条提出的桩实体强度取芯验证与本规程附录 D 钻芯法有差别，前者只要按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784，在满足随机抽样的代表性和数量要求的条件下，可以给出具有保证率的检验批混凝土强度推定值；后者常因检测桩数少、缺乏代表性而仅对受检单桩的混凝土强度进行评价。

3.4.6 ~ 3.4.7 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。扩大检测数量宜根据地基条件、桩基设计等级、桩型、施工质量变异性等因素合理

确定。

3.4.8 扩大检测数量宜根据地基条件、设计条件和施工条件等因素综合考虑确定。

3.4.9 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。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，应由建设单位组织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。

3.5 检测结果评价和检测报告

3.5.1 桩身结构承载力不仅与桩身完整性有关，显然亦与混凝土强度有关，对此已在本规程第 2.1.2 条条文说明做了解释。如需了解桩身混凝土强度对结构承载力的影响程度，可通过钻取混凝土芯样，按本规程附录 D 有关规定得到桩身混凝土强度检测值，然后据此验算评价。

表 3.5.1 规定了桩身完整性类别划分标准，有利于对完整性检测结果的判定和采用。对于Ⅱ类桩的判定条件中，桩身有轻微缺陷、不会影响桩身结构承载力的正常发挥，应理解为桩的承载能力达到不小于 2 倍承载力特征值；对于Ⅲ类桩的判定条件中，桩身有明显缺陷，

对桩身结构承载力有影响,应该理解为桩的承载能力在大于承载力特征值而小于承载力特征值的 2 倍之间,根据大量的静载试验,当加载至 2 倍承载力特征值时, $Q\sim s$ 曲线常见不到陡降趋势,说明桩的承载力余量较大。桩身完整性判定标准中桩的类别划分均是相对完整性桩来说的,即便是判定的 III 类桩,桩也不一定非要加固处理, III 类桩的判定一定要谨慎。需要特别指出:分项工程施工质量验收时的检查项目很多,桩身完整性仅是主控检查项目之一(承载力也如此),通常所有的检查项目都满足规定要求时才给出是否合格的结论,况且经设计复核或补强处理还允许通过验收。

桩基整体施工质量问题可由桩身完整性普测发现,如果不能就提供的完整性检测结果判断对桩承载力的影响程度,进而估计是否危及上部结构安全,那么在很大程度上就减少了桩身完整性检测的实际意义。桩的承载功能是通过桩身结构承载力实现的。完整性类别划分主要是根据缺陷程度,但这种划分不能机械地理解为不需考虑桩的设计条件和施工因素。综合判定能力对检测人员极为重要。

按桩身完整性定义中连续性的涵义,只要实测桩长小于施工记录桩长,桩身完整性就应判为 IV 类。这对桩长虽短、桩端进入了设计要求的持力层且桩的承载力基本不受影响的情况也如此。

按表 3.5.1 和惯例, I、II 类桩属于所谓“合格”桩, III、IV 类桩为“不合格”桩。对 III、IV 类桩,工程上一般会采取措施进行处理,如对 IV 类桩的处理内容包括:补强、补桩、设计变更或由原设计单位复核是否可满足结构安全和使用功能要求;而对 III 类桩,也可能采用与处理 IV

类桩相同的方式，也可能采用其他更可靠的检测方法验证后再做决定。另外，低应变反射波法出现Ⅲ类桩的判定结论后，可能还附带检测机构要求对该桩采用其他方法进一步验证的建议。

3.5.2 本条所指的“工程处理”包括以下内容：补强、补桩、设计变更或由原设计单位复核是否可满足结构安全和使用功能要求。

3.5.3 承载力特征值是根据一个单位工程内同条件下的单桩承载力检测结果的统计、考虑一定的安全储备得到的。所以，本条所指的工程桩承载力检测结果评价——“给出承载力特征值是否满足设计要求的结论”，相当于用小样本推断大母体。这和过去常说的“仅对来样负责”不同，这里详细解释如下：

桩的设计要求通常包括承载力、混凝土强度以及施工质量验收规范的各项要求内容，而施工后基桩检测结果的评价包含了承载力和完整性两个相对独立的评价内容。设计文件中一般不提出完整性检测中Ⅲ类和Ⅳ类桩数的具体要求，但只要存在缺陷桩，尽管承载力满足设计要求，除非采取可靠的补救措施或设计上有很大的安全储备，否则该批桩不能被认为是合格批。所以，工程基桩整体评价满足设计要求的必要条件应理解为：包括补强处理后复检在内的承载力和完整性应全部符合要求；而其充分条件是结合设计施工等因素，确定有限的抽检数量（特别是静载和钻芯检测）具有代表性，能推断整体。若评价依据不充分，应增加抽检数量。

一种合适的检测评定标准，应该能保证施工和使用双方的风险均很小，但对基桩的承载力检测，要同时使二者的风险都比较小是不

可能的，除非增大随机抽检数量。基桩承载力检测与评价与药品质量检测既有类似之处：生产方的风险一般大于使用方的风险，即有“不合格”桩存在就判为不满足设计要求，虽然从确保安全的角度说是合理的，但会造成很多合格桩也被否定掉；也有不同之处：通过设计复核或补强处理，只要不影响安全和正常使用功能，桩基工程可予以验收。

更为重要的是，同一批药品的生产条件相对稳定，其质量的抽样检测评定标准是严格建立在科学的概率统计学基础上。根据一定的抽样规则，通过样本检测推断整批质量的错判率（生产方风险）和漏判率（使用方风险）在概率统计学上是已知的。然而，在基桩抽样检测评定中，同一批桩的施工中隐蔽影响因素多，很难保持条件恒定；传统的抽检规则，并未建立在概率统计学基础上。显然，倘要使工程基桩的整体评价（推断）有很高的置信度，势必要打破过去沿袭下来的“抽检 1%且不少于 3 根”的做法，从而大幅度增加静载试桩数量，造成不经济。

根据桩基工程特点，应强调在出具检测结论时，需结合设计条件（基础和上部结构形式、地质条件、桩的承载性状、沉降控制要求等）和施工质量可靠性，在充分考虑受检桩数量及代表性的基础上进行；但桩基工程事故，绝大部分表现为沉降过大而不均匀，其中有些是因桩身存在严重缺陷造成的。而完整性检测带有普查性，故整体评价不能仅根据少数桩的承载力检测结果，尚应结合完整性检测结果。

还应注意到，对整个工程基桩的承载力评价，不是检测规范和检

测人员能完全解决的。因为：

1 检测人员并非都具有较宽的知识面，也较难详细了解施工全过程以及设计条件。

2 基桩检测制定抽样方案的要求与现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 有所不同：既然是通过小样本检测进行推断，就存在犯错判和漏判两类错误的可能，但基桩检测目前却不能确定犯两类错误的概率各是多少。如按本规范第 3.3.2 条关于抽样的规定，少量静载试桩往往不具随机性（可能仅抽检完整性较差的桩，增加了施工方的风险）。

所以，为使工程桩承载力主控项目验收结论明确，便于采用，规定用“单桩承载力特征值满足设计要求”的结论书面形式，并无全部基桩承载力均满足设计要求的涵义。

最后还需说明两点：（1）承载力检测因时间短暂，其结果仅代表试桩那一时刻的承载力，更不能包含日后自然或人为因素（如桩周土湿陷、膨胀、冻胀、侧移、基础上浮、地面堆载等）对承载力的影响。（2）承载力评价可能出现矛盾的情况，即承载力不满足设计要求而满足有关规范要求。因为规范一般给出满足安全储备和正常使用功能的最低要求，而设计时常在此基础上留有一定余量。考虑到责权划分，可以作为问题或建议提出，但仍需设计方或有资质单位复核和有关各责任主体方表态确认。

3.5.5 检测报告应根据所采用的检测方法和相应的检测内容出具检测结论。为使报告内容完整和具有较强的可读性，除报告用词规范、检

测结论明确、必要的概况描述外，报告中应包括检测原始记录信息或由其直接导出的信息，即检测报告应包含各受检桩的原始检测数据和曲线，并附有相关的分析数据和曲线。本条之所以这样详尽规定，目的就是杜绝检测报告仅有检测结果而无任何检测数据和图表的现象发生。

4 大直径灌注桩（墩）基础

4.1 人工挖孔桩（墩）

4.1.1 对人工挖孔灌注桩（墩），其单桩承载力是以桩端持力层检测结果来评价的，当人工挖孔桩以强风化或中风化岩为持力层，若持力层是遇水崩解软化的岩石(如强风化粉质砂岩、泥灰岩、花岗岩、片麻岩、辉绿岩、页岩、板岩等)在灌注混凝土前防止水浸泡，否则其承载力大幅度下降。持力层为岩石采用取芯样，通过芯样试件的单轴抗压强度确定桩的极限端阻力标准值。持力层为黏性土、粉土、砂土、碎石土或软岩、极软岩，可采用深层载荷试验确定桩的端阻力，也可用标准贯入试验、动力触探试验确定桩的端阻力。不同的岩土层可通过不同的测试方法评定其承载力及均匀性，规定采用不同的测试方法的最少检测数量，芯样每组试块不少于3件，单孔取样不宜少于2块。另外，人工挖孔桩扩底直径是确定单桩承载力的主要因素之一，该环节施工质量应严加控制。为保证人身安全，应在触探检测后再进行扩底施工。

对于无法取得完整芯样、节理裂隙较发育的中风化岩，或岩块相对较硬的强风化岩块，可采用岩石点荷载强度试验确定岩石的抗压强度。

大直径人工挖孔桩的成桩质量有可靠保证，且桩长相对较短，一般情况下桩身完整性检测采用低应变法即可。桩长较长的挖孔桩或承载力较高的嵌岩桩，容易因桩身质量问题而影响单桩承载力的发挥，仅用低应变法检测不能对成桩质量进行有效控制时，应结合钻芯法、声波透射法等进行对比验证。

对单柱单桩的大直径嵌岩桩，承载能力主要取决于嵌岩段岩性特征和下卧层的持力形状，终孔时，应用超前钻逐孔对孔底下 3d 或 5m 深度范围内持力层进行检验，查明是否存在溶洞、破碎带和软夹层等，并提供岩芯抗压强度试验报告。

4.1.4 当桩端持力层为粉土或黏性土时，规定单桩竖向抗压静载试验必须采用慢速维持荷载法。大量试验结果统计证明，慢速维持荷载法比快速维持荷载法单桩极限承载力低 30%左右，若按快速维持荷载法确定单桩承载力做设计使用时，其安全度大大降低。

当单位工程挖孔桩为多种扩底直径时，试验桩选择既要考虑有代表性的桩型，还应结合试验桩位置、吊装运输条件、单桩承载力大小及设备能力等综合确定试验桩型。

4.1.5 对于当持力层为中密以上的砂土、碎石土，在沈阳、本溪、辽阳、铁岭等城区内，单桩静载试验资料较多，经验较成熟，因此可采用其它方法评价单桩承载力。当地下水较丰富或排水条件不畅，采用

遇水易软化的极软岩、软岩为持力层时，应进行单桩静载试验。

4.2 机械钻孔灌注桩

4.2.1 对于大直径灌注桩，尤其是嵌岩桩及长桩，工程实践表明，低应变法对大直径桩的检测存在一定局限性。该方法通常仅能识别桩顶下浅层缺陷，对深部桩身缺陷辨识度有限，单一检测方法难以全面评价桩身完整性，宜采用其他检测方法进行补充核验，常用补充检测手段包括声波透射法、钻芯法。结合辽宁省区域工程经验，部分灌注桩施工过程中采用护筒护壁，护筒区段桩径偏大，使桩身形成上大下小的变截面形态，该构造特征易对低应变应力波传播造成干扰，在一定程度上影响桩身完整性判别精度。对此类工艺成型的灌注桩，采用低应变法结合声波透射法联合检测，可提升桩身完整性评价的可靠性。声波透射法检测过程中，若声测管堵塞、不畅通，导致检测数据不完整、无法准确判定桩身质量时，该部分受检桩可改用钻芯法进行补充检测。采用声波透射法时，受声波传播距离影响，管间跨距增大易降低检测精度；工程中声测管跨距大于 1.8m 时，有效采集信号难度偏大，可适当增设声测管，合理缩小管间距离，优化检测有效性。

针对钻孔压灌桩，受施工工艺条件限制，一般难以预埋声测管，此类桩完整性检测宜以低应变法为主、钻芯法为辅，结合两种方法综合判定桩身质量。

扩径、扩底灌注桩应严格管控成孔施工质量，按设计及施工方案要求开展成孔质量抽检检测。

4.2.2 超长桩、大长径比灌注桩受施工工艺、地质条件影响，施工质量控制难度相对偏大；同时受尺寸效应、应力波传播深度限制，低应变法对超长、大直径桩的检测辨识度有所降低。钻芯法、声波透射法更适用于大直径灌注桩质量检测，其中嵌岩桩采用钻芯法可同步判别桩端持力层岩性、核查桩底沉渣厚度。对大直径灌注桩采用多种检测方法联合核验，可实现检测结果互补比对，降低单一检测方法的局限性，提升桩身完整性评价可靠性。结合区域工程管控经验，为满足后期声波透射法增补抽检、复核检测需要，超长桩宜预埋声测管。

依据《地基基础设计规范》GB 50007，钻孔法或声波透射法检测，检测桩数不得少于总桩数的 10%，且不得少于 10 根，且每根柱下承台的抽检桩数不应少于 1 根。

对于为设计提供依据的试验桩应进行成孔质量检测，成孔质量检测应采用超声波法或机械接触法（孔径仪）测量孔深、孔径、垂直度。

4.2.3 采用回旋钻孔灌注、旋挖成孔灌注等工艺施工的机械钻孔灌注桩，施工阶段需严格管控桩底沉渣厚度指标。对于设计等级为甲级、以基岩作为桩端持力层的大直径端承型桩基，其单桩竖向抗压承载力取值较高，桩底沉渣厚度直接影响桩基竖向承载性能，二者关联性较强。当仅开展常规桩身完整性检测及少量单桩静载荷试验，无法全面精准掌握此类工程桩桩端实际施工质量时，可采用钻芯法检测桩底沉渣厚度、核查桩端岩石性状，系统核验桩端施工成型质量，保障桩基承载能力满足设计及使用安全要求。

采用钻芯法开展灌注桩相关检测过程中，若仅凭芯样难以精准判定桩

底沉渣实际厚度，或是无法清晰界定桩身内部缺陷实际程度时，可同步搭配孔内摄像法开展辅助检测，进一步提升检测结果的准确性与直观性。当现场对桩身混凝土实体强度存在质疑时，在桩基同条件养护试块强度达到设计要求的前提下，可在桩顶以下 5.0m 范围内钻取混凝土芯样，对桩身实体混凝土强度进行抽样复核验证。

4.2.4 大直径灌注桩常用于高层或超高层建筑基桩，大型建筑的基桩多在深基坑底。基坑内空间窄小，试验设备、配重放置困难，大型吊车也无法进入坑内安装作业，有时无法在基坑内做静载试验，因而采用钻芯法再结合相关资料综合评价单桩承载力来解决这一难题。钻芯法应严格控制钻孔的垂直度，钻进工艺宜采用双管单动方法钻取混凝土芯样、沉渣及桩端持力层。

每根桩的桩身混凝土钻芯抗压强度数量不少于 3 组，持力层钻芯取样数量和强度试验数量不少于 1 组，每组试样不少于 3 件。钻取沉渣厚度相对较难准确控制，钻机操作手需认真记录，掌握好钻进速度变化情况。当桩端持力层钻进遇到孔洞、土洞等情况时，应加深钻探深度至孔洞下 5.0m。

4.2.5 近年来，随着城市建设的快速发展，设计要求的单桩承载力特征值越来越大，大于或等于 10000kN 的高承载力单桩屡见不鲜。由于单桩承载力要求高，特别是一柱一桩布置形式，桩基安全储备要求更高，为准确判定单桩竖向抗压承载能力，应采用竖向抗压静载荷试验进行检测。

静载荷试验可采用压重平台反力装置或锚桩横梁反力装置。对于

大吨位试桩，采用堆载法时对试验场地地基承载力要求高，堆载体量较大、施工周期长、倾覆安全风险较高；锚桩横梁反力装置不受场地地基承载力限制，反力储备大、安全性高，因此单桩竖向抗压承载力特征值较大的桩基，宜优先选用锚桩横梁反力装置进行静载试验。压重平台堆载高度应严格按照安全专项方案控制，严禁超高堆载，保障试验过程安全。

采用工程桩作为锚桩时，应对锚桩抗拔承载力、桩身强度及钢筋连接进行验算，并对锚桩上拔变形进行监测，严格控制锚桩上拔量，防止桩周土体发生塑性破坏。对有抗裂控制要求的锚桩，应依据现行《建筑桩基技术规范》JGJ 94、《混凝土结构设计规范》GB 50010 验算桩身裂缝宽度验算，保证锚桩工作状态安全可控。

4.2.6 单桩竖向抗拔静载荷试验应保证试桩受力均匀、受力形式接近工程实际工况。为保证桩身受力合理，抗拔试验宜采用桩顶中间顶升方式，不宜采用桩身下部两端顶升方式，避免桩身受力机理与实际工作性状不一致，造成检测结果失真。

试验反力装置采用天然地基或处理地基作为支墩反力时，应对支墩底部地基压应力进行验算，确保地基承载力满足试验最大反力要求，防止支墩沉降、倾斜影响试验数据准确性。采用反力桩提供支座反力时，反力桩桩顶面应平整、桩顶混凝土强度满足试验受力要求；试验荷载较大时，应设置桩帽均匀传递上部荷载，防止桩顶混凝土局部受压破损。

4.2.7 当试验设备能力或现场条件限制，采用压重平台、锚桩横梁、

锚桩与堆载联合等常规反力装置无法实施单桩竖向抗压静载试验时，依据《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106-2014 第 3.3.7 条和《建筑基桩自平衡静载试验技术规范》JGJ/T 403-2017 的适用范围规定，可优先采用自平衡法进行基桩竖向承载力检测。

4.2.8 既有建筑桩基常存在施工资料、验收资料缺失，桩长参数不明的情况。依据《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T 422 相关规定，旁孔透射法适用于桩头隐蔽、无法开挖、桩侧可施工钻孔的既有建筑桩基桩身长度检测。旁孔透射法检测对钻孔垂直度要求较高。若钻孔偏斜过大，会改变探头与桩基的相对距离，造成声波传播路径偏移、检测波形失真，易出现误判桩长、漏判缺陷等问题。因此在正式检测前，宜对透射孔进行倾斜度检测。

4.2.9 磁测桩法的前提是桩周可进行钻孔，同时现场无高压环境且桩周土非富含铁质等金属元素。

4.3 现场检测、数据分析与结果评价

4.3.6 对未进行静载试验的其它型桩（墩），应根据已做静载试验的桩（墩）结果、持力层检测结果及桩身完整性情况进行对比分析和计算，核验其单桩（墩）承载力。结合已做静载试验桩的承载力及桩（墩）身完整性资料综合判定是否满足设计要求。

5 中、小直径灌注桩

5.1 一般规定

5.1.1 桩身完整性检测一般采用低应变法（反射波法或机械阻抗法），该方法快速经济，但应综合考虑工法、地基条件等因素对测试曲线的影响。同时高应变法、钻芯法也是基桩桩身完整性检测的有效方法。

5.1.2 桩身長径比（ L/d ）越大，应力波在桩身传播衰减越明显，低应变有效检测深度越小。低应变法检测有效桩长主要取决于桩土刚度比，常规地质条件下，有效检测深度一般可取 30 倍桩径；桩身混凝土强度越高、桩周土体阻力越小，应力波衰减越慢，有效检测深度越大，最优工况下检测深度可达 50 倍桩径。对于长径比大于 50 的桩基，受检测方法限制一般难以采集到清晰桩底反射，但并不影响缺陷判别。在有效检测长度范围内，若桩身存在缺陷，实测波形均可产生明显反射信号，低应变方法仍可用于查明有效检测长度范围内是否存在缺陷。

5.1.3 单桩抗压静载试验是检测竖向承载力最直观最可靠的传统方法，一般分为慢速维持荷载法和快速维持荷载法，当采用快速法时，若发现某级荷载下的沉降速率呈不收敛趋势时，应及时改成慢速法。对符合第 3.3.8 条规定满足高应变法适用检测范围的灌注桩，当有本场地可靠的静动对比资料时，可采用高应变法作为竖向抗压承载力验收性检测的补充。

5.1.4 本条明确规定为设计提供依据的静载试验应加载至破坏，即试验应进行到能判定单桩极限承载力为止。对于以桩身强度控制承载力的端承型桩，当设计另有规定时，应从其规定。

5.1.5 对于工程桩单桩承载力验收检测时，最大加荷量宜加至设计要求的单桩承载力特征值的 2.2 倍，以保证足够的安全储备和工程评定。

5.1.7 动刚度测试中力锤冲击点与传感器放置点的间距，对基桩动刚度影响较大，同一条件下基桩动刚度测试保持同一间距是为了动刚度的比对，好桩动刚度大，缺陷桩动刚度小，在保持同间距测出动刚度，与做过静载试验的 I 类桩的动刚度比较，其差值可评估桩缺陷程度、判别桩的类别。

桩身缺陷的程度，除直接从时域信号或幅频曲线上判定外，还可根据机械阻抗法导纳曲线中基频位置，利用实测导纳值与计算导纳值相对高低、实测动刚度的高低进行判断。计算导纳值 N_c 、实测导纳值 N_m 和动刚度 K_d 分别按下列公式计算：

$$\text{计算导纳理论计算值: } N_c = \frac{1}{\rho c_m A} \quad (1)$$

$$\text{实测导纳几何平均值: } N_m = \sqrt{P_{\max} \cdot Q_{\min}} \quad (2)$$

$$\text{动刚度: } K_d = \left| \frac{V}{F} \right|_m \quad (3)$$

式中： ρ ——桩材质量密度(kg/m³)；

c_m ——桩身波速平均值(m/s)；

A ——设计桩身截面积(m²)；

P_{\max} ——导纳曲线上谐振波峰的最大值 (m/s·N⁻¹)；

Q_{\min} ——导纳曲线上谐振波谷的最小值 ($\text{m/s}\cdot\text{N}^{-1}$) ;

f_m ——导纳曲线上起始近似直线段上任一频率值 (Hz) ;

$\left|\frac{V}{F}\right|_m$ ——与 f_m 对应的导纳幅值 ($\text{m/s}\cdot\text{N}^{-1}$) 。

理论上, 实测导纳值 N_m 、计算导纳值 N_c 和动刚度 K_d 就桩身质量好坏而言存在一定的相对关系: 完整桩, N_m 约等于 N_c 、 K_d 值正常; 缺陷桩, N_m 大于 N_c 、 K_d 值低, 且随缺陷程度的增加其差值增大; 扩径桩, N_m 小于 N_c 、 K_d 值高。

5.2 现场检测、数据分析与结果评价

5.2.2 中小型桩多以群桩形式用于实际工程中, 静载试验加载至特征值的 2.2 倍, 目的是当单桩承载力特征值极差不大于 30% 时, 静载试验可以采用统计方法给出单桩承载力特征值。

6 预制桩

6.1 一般规定

6.1.1 本条的要求恰好是在打入式预制桩(特别是长桩、超长桩)情况下的高应变法技术优势所在。进行打桩过程监控可减少桩的破损率和选择合理的人土深度及沉桩设备, 进而提高沉桩效率。

6.1.2 高应变法激励能量和检测有效深度大, 在判断预制桩接头等“缺陷”时, 能够查明“缺陷”是否影响承载力, 合理判断缺陷程度。

预应力混凝土空心桩孔内摄像的优点是直观、定量化, 其原理及操

作细节可参见中国工程建设标准化协会发布的《基桩孔内摄像检测技术规程》CECS 253。

6.1.3 高应变法目前在我省应用时间较短，使用时，应在有较充分的动静对比检验资料的前提下才可作为验收检测的手段。

6.1.4 对于重要工程，预制桩的焊接接头部分除应进行外观检查外，还应对端头板质量进行核验。反力验算包括锚筋、桩身强度、摩阻力等。

7 微型桩

7.1 一般规定

7.1.3 微型桩在我省发展较晚且应用较少，在积累足够数量的工程经验之前，对该类桩的检测应以工程地质勘察报告、微型桩设计图纸、施工记录、原材料质量证明文件、灌注材料强度报告等相关资料为指导和依据。

7.2 桩身完整性检测

7.2.1 不适用于内插劲芯结构的微型桩。桩径尺寸过小，内插劲芯结构，各种检测方法都难以开展。声波透射法一般是需要预先放入至少 2 根声测管，管径较大 40-57mm，微型桩 300-400mm 的内插劲芯结构已经没有空间放入声测管，且中间劲芯结构影响声测探测结果。至于钻芯法也很难实现，桩径过小，内插的劲芯结构一旦少于垂直度偏差，钻机很难对准桩间空隙，并且大孔径的钻芯几乎破坏了桩体结构，影响桩发挥作用。

8 天然地基

8.0.1 浅层平板载荷试验是确定天然地基承载力最直接、最可靠的方法。试验结果作为设计依据要求加载至破坏，是为了获取完整的荷载-沉降曲线，明确极限承载力和特征值。

- 8.0.5 坑底水位下降至检测标高是为了避免水压力对承载力的干扰。中粗砂找平层厚度不大于 20mm，是使加载平面既能保持平整，又不致引入过大的额外压缩变形。
- 8.0.6 沉降测量点要求在承压板正交方向上对称布置，有助于判别偏心沉降或承压板的变形。承压板需具备足够刚度和强度，防止在加载过程中产生翘曲，影响沉降读数。
- 8.0.8 当天然地基土性质为低压缩性土和砂性土时取 $s/b=0.01$ ；为中压缩性土时取 $s/b=0.012$ ；为高压缩性土时取 $s/b=0.015$ 。

9 人工地基

9.1 一般规定

- 9.1.2 因开山造陆、围海造田等填土工程越来越多，特别是对深厚填土，规程强调了应在回填前清表清淤、夯实原地基土，再分层回填、分层夯实、分层检测验收，合格后再进行下一道工序施工的处理原则。
- 9.1.3 地基承载力特征值的检测除了现场静载试验外，也可根据地基土性质，选择静力触探、动力触探、标准贯入试验等原位测试方法和室内土工试验结果结合静载试验结果综合确定。工程验收承载力检验静载荷试验最大加载量不应小于设计承载力特征值的 2 倍，是处理工程承载力设计的最小安全度要求。
- 9.1.4 静载荷试验的压板面积对处理地基检验的深度有一定影响，本条提出对换填垫层和压实地基、强夯地基或强夯置换地基静载荷试验

的压板面积的最低要求。工程应用时应根据具体情况确定。

9.1.8 验收检验的抽检点宜随机分布，是指对地基处理工程整体处理效果评价的要求。设计人员认为重要部位、局部岩土特性复杂可能影响施工质量的部分、施工出现异常情况的部位的检验，是对处理工程是否满足设计要求的补充检验。两者应结合，缺一不可。

9.3 预压地基

9.3.3 对于以抗滑稳定性控制的重要工程，应在预压区内预留孔位，在堆载不同阶段进行原位十字板剪切试验和取土进行室内土工试验，根据试验结果验算下一级荷载地基的抗滑稳定性，同时也检验地基处理效果。

9.3.5 本条是预压地基的竣工验收要求。检验预压所完成的竖向变形和平均固结度是否满足设计要求；原位试验和室内土工试验检验预压后的地基强度是否满足设计要求。

9.4 压实地基

9.4.4 压实填土地基竣工验收应采用静载荷试验检验填土地基承载力，静载荷试验点宜选择通过静力触探试验或轻便触探等原位试验确定的薄弱点。当采用静载荷试验检验压实填土的承载力时，应考虑压板尺寸与压实填土厚度的关系。压实填土厚度大，承压板尺寸也要相应增大，或采取分层检验。否则，检验结果只能反映上层或某一深度

范围内压实填土的承载力。为保证静载荷试验的有效性，静载荷试验承压板的边长或直径不应小于压实地基检验厚度的 1/3，且不应小于 1.0m。当需要检验压实填土的湿陷性时，应采用现场浸水载荷试验。

9.5 夯实地基

9.5.3 经强夯和强夯置换处理的地基，其强度是随着时间增长而逐步恢复和提高的，因此，竣工验收质量检验应在施工结束间隔一定时间后方能进行。其间隔时间可根据土的性质而定。

9.6 注浆地基

9.6.2 对注浆加固效果的检验要针对不同地层条件采用相适应的检测方法，并注重注浆前后对比。对水泥为主剂的注浆加固的检测时间有明确的规定，土体强度有一个增长的过程，故验收工作应在施工完毕 28d 以后进行。对注浆加固效果的检验，加固地层的均匀性检测十分重要。

9.6.3 硅化注浆加固应在施工结束 7d 后进行，重点检测均匀性。对压缩性和湿陷性有要求的工程应取土试验，判定是否满足设计要求。

9.6.4 碱液加固后，土体强度有一个增长的过程，故验收工作应在施工完毕 28d 以后进行。

9.7 复合地基

9.7.2 水泥石搅拌桩、旋喷桩、夯实水泥石桩、水泥粉煤灰碎石桩复合地基承载力检验应优先考虑复合地基静载试验，必须保证每项单体

工程至少 3 点复合地基静载试验，评价复合地基承载力；增强体单桩静载试验主要是校核设计参数，为设计人员提供设计依据，其检测数量应由有关各方共同确定。两种检测方法数量之和不少于总桩数的 1%。

9.8 竖向增强体的质量及地基土检验

9.8.5 压实系数：压实系数为土的控制干密度 ρ_d 与最大干密度 $\rho_{d_{max}}$ 的比值；控制干密度 ρ_d 可采用环刀法、灌砂法、灌水法或其他方法测定；最大干密度 $\rho_{d_{max}}$ 可由击实试验确定。详见现行国家标准《土工试验 100 方法标准》GB/T50123 的有关规定；平均挤密系数：是在成孔挤密深度内，通过取土样测定桩间土的平均干密度与其最大干密度的比值而获得。平均干密度的取样自桩顶向下 0.5m 起，每 1m 不应少于 2 点（1 组），即桩孔外 100mm 处 1 点，桩孔之间的中心距（1/2 处）1 点。当桩长大于 6 米时，全部深度内取样点不应少于 12 点（6 组）；当桩长小于 6m 时，全部深度内的取样点不应少于 10 点（5 组）。