

山东省工程建设标准



DB37/T 5306-2024

备案号 J XXXXX-XXXX

建筑桩基工程鉴定与加固 技术规程

Technical specification for appraisal and reinforcement of
building pile foundation engineering

(报批稿)

2024 - 11 - 06 发布

2025 - 02 - 01 实施

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局

联合发布

山东省工程建设标准

建筑桩基工程鉴定与加固技术规程

Technical specification for appraisal and reinforcement of
building pile foundation engineering

DB37/T 5306-2024

批准部门： 山东省住房和城乡建设厅
 山东省市场监督管理局
施行日期： 2025 年 2 月 1 日

中国建筑工业出版社

2024 北 京

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局
公 告

2024 年 第 20 号

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局
关于批准发布山东省工程建设标准
《建筑桩基工程鉴定与加固技术规程》的公告

由山东建筑大学和山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司主编的《建筑桩基工程鉴定与加固技术规程》，业经审定通过，批准为山东省工程建设标准,编号为 DB37/T 5306-2024，现予以发布，自 2025 年 2 月 1 日起施行。

山东省内各类建筑工程基桩的鉴定与加固采用本标准时，还应遵守国家和山东省有关法律法规和强制性标准规范规定。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东建筑大学负责具体技术内容的解释。

山东省住房和城乡建设厅 山东省市场监督管理局

2024 年 11 月 6 日

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局《关于印发 2022 年山东省工程建设标准制修订计划的通知》（鲁建标字〔2022〕8 号）要求，为规范山东省内建筑桩基工程鉴定与加固工作，规程编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国家和有关省、市相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共有 6 章及 2 个附录，内容包括总则、术语和符号、基本规定、鉴定、加固、质量检验以及附录 A～B。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理，山东建筑大学负责具体技术内容的解释。为了提高本规程的质量，请各单位在执行过程中，注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈至山东建筑大学土木工程学院山东省工程建设标准《建筑桩基工程鉴定与加固技术规程》管理组（地址：山东省济南市历城区凤鸣路 1000 号，电话：0531-86367234 或 15066688671，电子邮箱：shaogb@sdjzu.edu.cn），以供今后修订时参考。

主 编 单 位：山东建筑大学

山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司

参 编 单 位：济南市工程质量与安全中心

山东省建设建工（集团）有限责任公司

中建八局第二建设有限公司

中交一公局集团有限公司

中铁二十五局集团有限公司

中建七局第二建筑工程有限公司

中国葛洲坝集团三峡建设工程有限公司

山东源基建设工程有限公司

主要起草人员：邵广彪 江宗宝 王 志 杨忠刚
崔冠科 孙青霞 李宗才 夏传涛
刘曰伟 梁汝鸣 叶家谱 王吉强
杨志琛 郭永兵 杨 凡 和西良
姜炳坤 孙剑平 陈琳琳 冯来茂
刘国辉 贾平生 田英杰 明 陈
周 珊 邱敬格 类红磊 王清朋
荣 伟 佟 尧 祝 健 杨立华
杨宏远 聂 众 许瑞健 弭卓函
肖晓红

主要审查人员：刘俊岩 盛根来 罗永现 孙 杰
张 波 韩振林 王洪林 魏 强
方 勇

目 次

1 总 则	1
2 术语和符号	2
2.1 术 语	2
2.2 符 号	3
3 基本规定	6
4 鉴 定	7
4.1 一般规定	7
4.2 调 查	8
4.3 地层检测	8
4.4 基桩检验	9
4.5 分 析	12
4.6 评 价	13
5 加 固	15
5.1 一般规定	15
5.2 置换混凝土加固法	16
5.3 桩端注浆加固法	17
5.4 补桩法	18
5.5 刚性桩复合地基法	20
6 质量检验	23
6.1 一般规定	23
6.2 检 验	23
6.3 验 收	24
附录 A 双速度低应变法测试传感器安装	26

附录 B 管波法测试及结果整理要求27

本规程用词说明 31

引用标准名录 32

附：条文说明 33

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	6
4	Appraisal of Pile Foundation	7
4.1	General Requirements	7
4.2	Investigation	8
4.3	Stratigraphic Condition Detection	8
4.4	Pile Inspection	9
4.5	Analysis	12
4.6	Evaluation	13
5	Reinforcement of Pile Foundation	15
5.1	General Requirements	15
5.2	Concrete Displacement Method	16
5.3	Pile Tip Grouting Method	17
5.4	Adding New Piles Method	18
5.5	Rigid Pile Composite Foundation Method	20
6	Inspection and Acceptance	23
6.1	General Requirements	23
6.2	Inspection	23
6.3	Acceptance	24
Appendix A	Sensors Installation for Double Velocity Low Strain Method	26
Appendix B	Test and Result Arrangement Requirements for Tube Wave Detection Method	27

Explanation of Wording in This Specification	31
List of Quoted Standards	32
Addition: Explanation of Provisions	33

1 总 则

1.0.1 为了在建筑桩基工程鉴定与加固中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于山东省内各类建筑工程基桩的鉴定与加固。

1.0.3 建筑桩基工程鉴定与加固除应符合本规程外，尚应符合国家和山东省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 双速度低应变法 double velocity low strain method

采用低能量瞬态或稳态方式，在桩顶或桩侧安装的激振块激振，通过桩侧的双传感器测试信号确定桩身平均速度，获得上行应力波曲线，并利用波动理论分析对建筑基桩桩身完整性进行判定的检测方法。

2.1.2 旁孔透射法 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，利用放置在平行被测桩钻孔内的检波器，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。

2.1.3 磁测桩法 magnetic logging method

通过在桩中或桩外侧成孔，采用专业仪器测试钢筋笼的磁性参数，分析和判断桩的钢筋笼长度或埋深位置的检测方法。

2.1.4 孔内摄像检测法 testing method with video monitor through the hole

沿空心桩或钻有竖向孔的灌注桩的孔道，采用摄像技术对孔壁进行拍摄及观察，识别桩身缺陷及其位置、形式、程度的检测方法。

2.1.5 管波测桩法 tube wave detection method

通过在钻孔内填充液中激发产生的管波，接收并记录其经过填充液和孔旁基桩的振动波形，探测钻孔旁量程范围内基桩完整

性的方法。

2.1.6 置换混凝土加固法 concrete displacement method

剔除基桩混凝土浅部缺陷区段后浇筑混凝土进行置换的一种桩基加固方法，也可称为置换法。

2.1.7 桩端注浆加固法 pile tip grouting method

针对桩端沉渣过厚、混凝土离析等质量缺陷的基桩，高压注水清理后，向桩端压力注入水泥浆等凝胶加固材料的一种桩基加固方法。

2.1.8 补桩法 adding new piles method

采用新增基桩，并与原有桩共同承担上部荷载的一种桩基加固方法。

2.1.9 刚性桩复合地基法 rigid pile composite foundation method

在基础范围内新增刚性桩，并与原有桩及地基土共同受力形成刚性桩复合地基的加固方法。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能和抗力

f_{spk} —— 处理后复合地基承载力特征值；

f_{sk} —— 处理后复合地基桩间土承载力特征值；

Q_{uk} —— 单桩竖向极限承载力标准值；

q_{pk} —— 极限端阻力标准值；

q_{sik} —— 桩周第 i 层土的极限侧阻力标准值；

R_{a1} 、 R_{a2} —— 已有桩、新增刚性桩的承载力特征值。

2.2.2 几何参数

A_p —— 桩端面积；

A_{p1} 、 A_{p2} —— 已有桩、新增刚性桩的截面面积；

l_i —— 桩周第 i 层土的厚度；

l_0 —— 收发换能器的距离；

u —— 桩身周长。

2.2.3 设计参数和计算参数

A_i —— 某一段时间第 i 采样点的幅值；

PSD_i —— 第 i 测点的 PSD 值；

H_i 、 H_{i-1} —— 第 i 测点的深度；

H_1 、 H_2 —— 测试点 1、2 的深度；

m_1 、 m_2 —— 已有桩、新增刚性桩的面积置换率；

N —— 该段时间内的采样点数量；

Q —— 能量指标；

Q_i 、 Q_{i-1} —— 第 i 、 $i-1$ 测点的能量指标；

t_d —— 直达波走时；

T_1 、 T_2 —— 深度分别为 H_1 、 H_2 时管波上行或下行波同相轴上的时间；

v —— 管波视速度；

v_d —— 直达波视速度；

β —— 桩间土地基承载力发挥系数；

β_p —— 注浆端阻力系数；

λ_1 、 λ_2 —— 已有桩、新增刚性桩的抗压承载力发挥系数。

3 基本规定

3.0.1 建筑桩基工程的鉴定与加固应遵循先鉴定后加固设计、施工与验收的原则。

3.0.2 建筑桩基工程在下列情况下应进行鉴定：

- 1 基桩承载力不足或桩身存在质量缺陷；
- 2 桩基搁置重新使用对桩体质量存疑时；
- 3 建筑物达到设计工作年限后继续使用；
- 4 地基基础不均匀沉降对上部结构安全与使用功能造成不利影响；
- 5 建筑物增层、增载、建筑用途或使用环境发生改变；
- 6 其他有要求需进行质量鉴定时。

3.0.3 建筑桩基工程鉴定后需进行加固时，应出具专项方案，不应将鉴定报告直接用于施工。

3.0.4 建筑桩基加固的设计工作年限应满足上部结构工作年限要求；在设计工作年限内，桩基加固应满足安全性、适用性和耐久性要求。

3.0.5 既有建筑桩基加固时，应对既有建筑沉降、位移、裂缝等进行监测；使用期间应继续进行沉降观测，直至沉降达到稳定为止。

3.0.6 承担建筑桩基工程加固施工的工程管理和技术人员，应掌握所承担工程的地基基础加固技术与质量要求、严格进行质量控制和工程监测。当发现异常情况时，应及时分析原因并采取有效处理措施。

4 鉴 定

4.1 一般规定

4.1.1 建筑桩基工程鉴定应明确鉴定目的、依据、范围、内容和要求。

4.1.2 建筑桩基工程鉴定可按接受委托、资料收集、制定鉴定方案、调查、检验、鉴定分析与评价和报告编写等程序开展工作。

4.1.3 建筑桩基工程鉴定应收集岩土工程勘察资料、结构设计文件、施工资料、检测资料、监测资料以及能反映工程施工情况的影像资料，并应对有关资料内容进行现场调查、检验验证、复核工作，判断其能否作为鉴定依据。

4.1.4 鉴定方案应包括下列内容：

- 1 工程项目概况；
- 2 鉴定目的、依据和范围；
- 3 资料收集与调查内容、检验方法与数量；
- 4 鉴定人员、仪器设备和进度计划；
- 5 所需委托方配合的工作；
- 6 鉴定工作质量、安全、环保和应急保障措施。

4.1.5 建筑桩基工程鉴定应根据鉴定目的、检测方法特点及适用性，结合工程地质条件、成桩工艺、使用要求、现状条件等选择检测方法；当单种方法无法完成鉴定目标时，应采用两种或多种检测方法。

4.1.6 建筑桩基工程鉴定时，应按现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202、其他鉴定依据标准的有关规

定以及设计要求对调查、检测、资料核查、复核计算等结果进行综合分析与评价。

4.1.7 鉴定工作完成后，应及时修复因检测造成的损伤。

4.2 调 查

4.2.1 建筑桩基工程鉴定现场调查前应进行资料收集，包括场地岩土工程勘察资料、设计及计算文件、桩基施工验收资料、有关检测报告、周边环境资料、既有建筑改造设计文件及观测资料等。

4.2.2 建筑桩基工程鉴定时应调查以下内容：

- 1 桩基工程现状、存在的问题及可能原因；
- 2 桩基施工工艺和施工过程中出现的异常情况；
- 3 鉴定项目现场实施的可行性；
- 4 与鉴定有关的其他事项等。

4.2.3 建筑桩基工程鉴定周边环境调查时，应复核设计文件有关内容，查明周边建（构）筑物及地下管线情况。

4.2.4 既有建筑桩基工程鉴定时，应调查既有建筑使用历史和现状，包括建筑物的实际荷载、变形、开裂等情况，以及前期鉴定、加固情况和地基情况。

4.2.5 建筑桩基工程鉴定时，应根据岩土工程勘察资料对桩基施工过程揭露或反馈的实际地层性状、地下水情况进行现场调查。

4.3 地层检测

4.3.1 当出现勘察资料缺失或无法满足鉴定分析、桩基实测承载力与计算值差异较大、桩基质量严重缺陷、既有建筑不均匀沉降

等情况时，应进行地层检测。

4.3.2 地层检测宜包含下列内容：

- 1 岩土层类型及分布；
- 2 岩土物理力学指标；
- 3 地下水埋藏情况、水位及类型；
- 4 建筑场地的不良地质作用及特殊性岩土。

4.3.3 地层检测孔布置应符合下列规定：

- 1 检测孔宜布置在紧邻基桩位置并避开施工影响范围；
- 2 个别桩存在缺陷时，桩周边检测孔数量不应少于 1 个；
- 3 桩基缺陷普遍存在时，布孔方案宜综合桩基分布形式及地层情况确定；
- 4 既有建筑桩基鉴定时，检测孔宜布置在建筑物的周边或角点，并紧靠承台或筏板外侧；存在不均匀沉降的既有建筑桩基工程，检测孔宜在建筑物沉降较大区域加密布置。

4.3.4 地层检测工作宜按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定执行。

4.4 基桩检验

4.4.1 建筑桩基鉴定时宜重点选取下列基桩进行检测：

- 1 承载力不满足设计要求的桩；
- 2 桩身完整性检测中判定的 III 类、IV 类桩；
- 3 施工质量存疑的桩；
- 4 既有建筑出现不均匀沉降区域的桩；
- 5 相关单位提出需要检测的桩。

4.4.2 建筑桩基工程鉴定时，基桩质量检验的主控项目和一般项目的检验方法、检验数量、允许值或允许偏差应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的有关规定。既有建筑桩基检测项目可根据现场检测条件调整。

4.4.3 基桩检验方法应符合下列规定：

1 基桩承载力检测应优先选择静载荷试验法，当不满足静载荷试验法试验条件或具备工程经验时可采用高应变法，既有建筑基桩承载力宜选用同条件模拟桩静载荷试验法；

2 桩身完整性检测宜选用低应变法，可选用钻芯法、声波透射法、高应变法、孔内摄像检测法、旁孔透射法、管波测桩法；

3 桩长检测可选用钻芯法、旁孔透射法、磁测桩法；

4 桩身混凝土强度检测应选用钻芯法；

5 桩端持力层和桩底沉渣厚度检测应选用钻芯法。

4.4.4 桩身浅部缺陷鉴定可采用开挖验证；桩身或接头存在裂隙的预制桩可采用高应变法验证，管桩缺陷可采用孔内摄像检测法验证。

4.4.5 既有建筑基桩采用双速度低应变法进行桩身完整性检测时，传感器安装应符合附录 A 的有关规定。

4.4.6 旁孔透射法用于既有建筑桩基工程桩身完整性和桩长检测时，应按下列规定进行布设：

1 钻孔直径宜为 75mm~130mm，深度宜超过预估桩长 5m，倾斜度不应大于 1%；

2 钻孔与被检测桩之间的距离不应大于 1.5m；

3 钻孔宜泥浆护壁，测试时孔内应充水，并保持孔内水面与桩顶面相当；当孔壁不易保持时，可下套管，套管与周围土层之

间需密实填充。

4.4.7 磁测桩法可用于测定基桩的钢筋笼长度，当钢筋笼的设计长度与桩长一致时，可用于判定桩长。磁测桩法的布置应符合下列规定：

1 对于灌注桩，测试孔宜采用受检桩桩身钻芯孔，钻芯孔中心线应平行于桩身中心线；对于桩径大于 2m 的大直径灌注桩，钻芯孔距离主筋宜小于 1m。测试孔也可布置在距受检桩边缘不大于 0.5m 的土中，并应远离相邻桩。对于管桩，测试孔宜设置在管桩空心内；

2 测试孔内径宜为 60mm~90mm，测试孔深度宜比钢筋笼底端深 5m；

3 当测试孔周围存在软弱土层时，宜在测试孔中设置聚氯乙烯管护孔，聚氯乙烯管内径宜为 60mm~90mm。

4.4.8 孔内摄像检测法的检测结果应描述孔壁图像完整性、缺陷形态和空间分布，当进行缺陷定量检测时，尚应提供缺陷尺寸等信息；检测原始影像应采用通用视频或图片格式妥善保存。

4.4.9 桩基鉴定现场难以采用低应变法或声波透射法时，或用于验证低应变法、高应变法、声波透射法和钻芯法等方法的检测结果时，可选用管波法。管波法测桩应符合附录 B 的要求。

4.4.10 基桩承载力检测数量应符合下列规定：

1 新建工程同一条件下应不少于总桩数的 1%，且应不少于 3 根；当总桩数小于 50 根时，检测数量应不少于 2 根；

2 既有建筑基桩检测同一条件下应不少于 3 根；当总桩数小于 50 根时，检测数量应不少于 2 根。

4.4.11 基桩桩身完整性检测数量应符合下列规定：

1 新建工程基桩检测数量应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定；

2 基桩存在质量缺陷，现场具备检测条件时，可采用低应变法全数检测，并宜结合钻芯法或其他方法验证，对桩身完整性进行综合判定；

3 既有建筑基桩检测数量宜不少于 5 根，且宜不少于总桩数的 10%；当既有建筑出现不均匀沉降时，基桩检测数量宜不少于 10 根，且宜不少于总桩数的 20%。

4.4.12 其他检测项目的受检桩数量应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344、现行行业标准《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 的有关规定。

4.4.13 当既有桩基桩承载力和完整性检测需断开桩基与基础或承台的连接时，应采取保护措施减少对既有建筑结构的损伤，并宜保证检测过程既有建筑的正常使用。

4.4.14 当发现检测数据异常时，应查找原因，根据工程具体情况，进行综合分析并确定结果；当无法确定时，宜重新检测或选取其他方法补充验证。

4.5 分 析

4.5.1 建筑桩基工程鉴定分析宜包含基桩质量检验的主控项目和一般项目。

4.5.2 基桩承载力宜结合现场静载荷试验结果及验算结果进行分析，基桩承载力复核符合下列规定：

1 岩土层有关参数应根据岩土工程勘察报告或鉴定过程取得的地层检测资料进行选取；

2 基桩的桩长、桩径、材料类型及其性能参数、现场施工情况等应根据现场量测、检验结果并结合有关施工资料进行确定；

3 基桩承载力的计算应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

4.5.3 对既有建筑不均匀沉降进行分析时，应结合检验结果进行桩基沉降计算，并应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定，建筑体型复杂时可进行有限元整体分析。

4.5.4 对位于坡地、岸边的桩基，鉴定时应结合检验结果进行桩基整体稳定分析，并应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

4.5.5 应结合施工工艺、施工因素、工程地质条件及检验结果，对基桩承载力不足和桩身质量缺陷进行分析。

4.6 评 价

4.6.1 建筑桩基工程鉴定评价应包含单桩承载力、桩身完整性及其他检测项目。

4.6.2 建筑桩基工程基桩承载力鉴定应根据受检桩的承载力检测值，评价单桩承载力是否满足设计要求。

4.6.3 既有建筑如无设计文件，应根据上部结构荷载作用效应进行复核，分析评价单桩承载能力是否满足现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的相关要求。

4.6.4 基桩桩身完整性分析与评价，应给出每根受检桩的桩身完

整性类别及缺陷位置。

4.6.5 建筑桩基工程其他检测项目分析与评价应按现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的有关规定执行。

4.6.6 建筑桩基工程鉴定评价应符合下列规定：

1 当检验结果符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 或其他鉴定依据标准的有关规定及设计要求时，应评价桩基工程满足规范及设计要求；

2 当检验结果不满足国家现行有关标准的规定和设计要求时，应评价桩基工程不满足规范及设计要求，并综合判断是否需对基桩进行加固处理。

4.6.7 鉴定报告宜包含下列内容：

1 工程概况，主要包括工程名称、地点，建设、勘察、设计、监理和施工单位，地基基础类型，结构类型，设计要求等；

2 鉴定的目的、范围、内容和要求；

3 鉴定所依据的标准及有关技术资料；

4 工程地质条件与水文地质条件；

5 工程现状及存在的质量问题；

6 现场调查、检测检验、鉴定分析与评价；

7 鉴定结论及建议；

8 附件。

5 加 固

5.1 一般规定

5.1.1 建筑桩基工程加固，应根据加固目的和要求，确定加固方法，进行专业设计与施工。

5.1.2 加固设计应具备下列资料：

- 1** 建筑桩基工程鉴定报告；
- 2** 桩基工程设计、施工及验收等资料；
- 3** 工程地质条件和水文地质条件；
- 4** 加固影响范围内的周边环境条件；
- 5** 既有建筑结构现状及委托方要求。

5.1.3 建筑桩基工程加固设计方案选择应符合下列规定：

1 应结合桩基工程与上部结构现状、加固目的、上部结构与地基基础变形协调等因素综合确定；

2 应分别从预期加固效果、施工难易程度、施工可行性和安全性、施工材料来源和运输条件以及对邻近建筑和周围环境的影响等方面进行技术经济分析和比较，优选加固方法；

3 对于采用新材料、新工艺的加固方法宜通过现场试验确定方案可行性。

5.1.4 建筑桩基工程加固设计应遵循上部结构、基础、地基变形协调原则，计算应符合现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 及现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123、《建筑桩基技术规范》JGJ 94 和《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定。

5.1.5 加固施工前应进行工艺性试验确定施工技术参数，并编制专项施工方案。

5.1.6 加固施工应采取保证工程安全、人身安全、周边环境安全与劳动防护、绿色施工的技术措施与管理措施。

5.1.7 桩基加固施工应对加固工程主体结构与周边环境进行工程监测。

5.2 置换混凝土加固法

5.2.1 灌注桩桩身浅部质量缺陷宜采用置换混凝土加固法，处理桩身浅部缺陷位置不宜大于 3m。

5.2.2 采用置换法加固时，单桩承载力应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定进行计算，当确保回填质量时单桩承载力可计入开挖范围桩周侧阻力，其他情况不宜计入。

5.2.3 置换法加固应符合下列规定：

1 采用置换法时，剔凿范围应至桩身缺陷位置以下应不小于 300mm，暴露出新鲜混凝土面；混凝土置换部位直径应大于原桩径 200mm，原桩嵌入置换混凝土内应不少于 100mm；

2 置换混凝土强度等级比原桩身混凝土提高一级，且应不低于 C30；

3 置换混凝土底部应设置 100mm 厚素混凝土垫层；

4 置换范围钢筋笼按照原桩进行配筋，并应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

5.2.4 桩身承担水平荷载时应进行专项设计。

5.2.5 置换法施工应符合下列规定：

- 1 桩周土方开挖时应避免损伤待修复基桩；
- 2 桩身缺陷置换范围混凝土表面应凿毛处理，清理干净后应涂刷结构界面剂，混凝土浇筑后应振捣密实；
- 3 桩周开挖范围宜采用流态固化土回填，当采用灰土、级配砂石等材料分层回填时，压实系数宜不小于 0.94。

5.3 桩端注浆加固法

5.3.1 灌注桩桩端混凝土发生离析或桩底沉渣厚度大于设计要求及规范允许值时，宜采用桩端注浆加固法。

5.3.2 加固后单桩竖向承载力应根据静载荷试验结果确定，初步设计时可按下式估算，计算时应扣除离析、沉渣范围内侧阻力：

$$Q_{uk} = u \sum q_{sik} l_i + \beta_p q_{pk} A_p \quad (5.3.2)$$

式中： Q_{uk} —— 单桩竖向极限承载力标准值（kN）；

u —— 桩身周长（m）；

q_{sik} —— 桩周第 i 层土的极限侧阻力标准值（kPa）；

l_i —— 桩周第 i 层土的厚度（m）；

β_p —— 注浆端阻力系数，可根据桩端地层情况和工程经验取 0.8~1.0；

q_{pk} —— 极限端阻力标准值（kPa）；

A_p —— 桩端面积（m²）。

5.3.3 嵌岩桩加固后竖向承载力初步设计估算时，不应计及嵌岩段端阻力。

5.3.4 桩端注浆加固法设计应符合下列规定：

1 桩身通长钻孔时，桩径小于 0.6m 时钻孔数量可为 1 个~2 个孔，桩径大于 0.6m 时钻孔数量宜为 2 个~3 个，桩径大于 1.2m 时钻孔数量宜不少于 3 个；

2 钻孔深度应超出桩端离析或沉渣范围，进入桩端持力层宜不小于 0.3m；

3 注浆材料宜为水泥浆，水泥强度等级宜不低于 42.5 级，水灰比应结合桩端持力层、桩端离析及沉渣情况综合确定，低水灰比浆液宜掺入减水剂。

5.3.5 桩端注浆加固法施工应符合下列规定：

1 桩身成孔后应采用高压射水对桩端沉渣及离析部位进行清理，清理至返清水为止；

2 清理完成后安放注浆管进行桩端压力注浆，注浆管宜采用钢管，上部采用灌浆料或水泥砂浆封孔，封孔深度不宜小于 3m；注浆压力宜为 3MPa~10MPa，并应以现场注浆试验确定；注浆至孔口持续返浆后终止注浆；

3 注浆加固施工过程中，发现异常应采取相应处理措施。

5.4 补桩法

5.4.1 发生下列情况时，宜采用补桩法进行建筑桩基加固：

- 1** 基桩承载力严重不足；
- 2** 既有建筑因增层、增载等导致原有桩基不满足要求；
- 3** 既有建筑不均匀沉降引起建筑物倾斜、开裂；
- 4** 其他可采用补桩法的工程。

5.4.2 应结合工程地质和水文地质、工程特点、施工条件以及桩基加固目的、承载力与变形控制要求、经济性和环境要求等合理选择补桩桩型，选型时宜满足下列要求：

- 1 新建工程具备施工条件时，宜选用原桩型；
- 2 既有建筑施工条件受限时，宜选用微型桩、锚杆静压桩；
- 3 桩型选取宜预估施工扰动对已有桩的影响。

5.4.3 补桩法加固设计时，已有桩与新补桩应共同受力、变形协调，基桩承载力、沉降计算应符合现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003 及现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

5.4.4 已有桩与新补桩单桩承载力特征值确定应符合下列规定：

- 1 已有桩的单桩承载力应根据鉴定报告结果与具体工程特点综合确定；
- 2 新补桩单桩承载力特征值应通过单桩静载荷试验进行确定。

5.4.5 新补桩设计应符合下列规定：

- 1 新补桩数量应根据已有桩承载力及布置、新增荷载以及变形协调综合确定；
- 2 新补桩桩间距应根据已有桩布置、荷载分布以及施工条件等因素综合确定，当桩间距不满足最小桩间距要求时，应分析群桩效应造成的不利影响；
- 3 应结合工程特点、地质条件以及已有桩桩端持力层等确定桩端持力层，当已有桩桩端持力层无法满足变形协调要求时，宜重新选择持力层。

5.4.6 新补桩的施工要求应按国家现行标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003、《建筑桩基技术规范》JGJ 94、《建筑地

基处理技术规范》JGJ 79、《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的有关规定执行外，尚应符合下列规定：

1 施工前应分析评价施工工艺的扰动影响，宜采用对地基土扰动较小的成桩工艺；

2 新补桩施工时应加强对已有桩和周边环境的保护，施工扰动严重时应制定专项保护措施。

5.5 刚性桩复合地基法

5.5.1 新建桩基工程出现大范围承载力不足，具备条件时宜采用刚性桩复合地基法。

5.5.2 刚性桩复合地基法加固设计应符合下列规定：

1 应设置褥垫层，使新增刚性桩、已有桩和桩间土共同承担上部荷载；

2 刚性桩复合地基的承载力、沉降计算及稳定分析应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《复合地基技术规范》GB/T 50783、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定；

3 应对承台或筏板基础进行设计复核，不满足时应重新设计。

5.5.3 新增刚性桩桩型宜选用素混凝土桩和预制桩，应根据土层情况、施工条件、承载力与变形控制要求、经济性和环境要求等因素综合确定。

5.5.4 新增刚性桩可只在基础范围内布置。桩的中心与基础边缘的距离宜不小于桩径的 1 倍；桩的边缘与基础边缘的距离，条形基础宜不小于 75mm；其他基础形式宜不小于 150mm。

5.5.5 新增刚性桩数量应根据已有桩承载力及布置、复合地基承

载力以及变形协调等综合确定。

5.5.6 新增刚性桩应结合工程特点、地质条件及已有桩桩端持力层合理确定桩端持力层，并应符合下列规定：

1 当已有桩桩端持力层可满足变形控制要求时，新增刚性桩宜与原持力层一致；

2 当原持力层无法满足变形控制要求时，新增刚性桩应重新选择持力层，且宜穿过中、高压缩性土层，选择压缩性较低的土层作为持力层。

5.5.7 新增刚性桩应结合已有桩桩位均匀布置，并应根据基础形式、复合地基承载力、土性、施工工艺、施工条件等综合确定。

5.5.8 刚性桩复合地基与基础之间应设置垫层，厚度宜取200mm~300mm，垫层材料宜用中砂、粗砂、级配良好的砂石或碎石等，最大砂石粒径宜不大于30mm，压实度宜不小于0.9。

5.5.9 刚性桩复合地基承载力特征值应通过复合地基竖向抗压载荷试验或综合桩体和桩间土地基竖向抗压载荷试验确定。初步设计时，刚性桩复合地基承载力特征值可按下列公式估算：

$$f_{\text{spk}} = m_1 \frac{\lambda_1 R_{a1}}{A_{p1}} + m_2 \frac{\lambda_2 R_{a2}}{A_{p2}} + \beta(1 - m_1 - m_2) f_{\text{sk}} \quad (5.5.9)$$

式中： f_{spk} —— 处理后复合地基承载力特征值（kPa）；

m_1 、 m_2 —— 已有桩、新增刚性桩的面积置换率；

λ_1 、 λ_2 —— 已有桩、新增刚性桩的抗压承载力发挥系数；应由单桩复合地基试验按等变形准则或多桩复合地基静载荷试验确定，有地区经验时也可按地区经验确定。

R_{a1} 、 R_{a2} —— 已有桩、新增刚性桩的承载力特征值（kN）；

A_{p1} 、 A_{p2} —— 已有桩、新增刚性桩的截面面积 (m^2) ;

β —— 桩间土地基承载力发挥系数; 无经验时可取 0.9~1.0;

f_{sk} —— 处理后复合地基桩间土承载力特征值 (kPa) 。

5.5.10 新增刚性桩单桩竖向抗压承载力特征值应通过现场载荷试验确定, 初步设计时可按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79、《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定进行计算。

5.5.11 已有桩单桩承载力应根据鉴定报告结果及具体工程特点综合确定; 当新增刚性桩施工扰动影响较大时, 应根据工程经验对已有桩承载力进行折减。

5.5.12 新增刚性桩施工前应评价成桩施工扰动影响; 挖土和截桩时应保护已有桩及桩间土, 并制定专项保护措施。

6 质量检验

6.1 一般规定

6.1.1 建筑桩基工程加固后应按设计要求进行检测工作，检测工作要求应符合现行行业标准《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、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定。

6.1.2 建筑桩基工程加固施工质量验收除应符合本规程规定外，尚应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的规定。

6.2 检验

6.2.1 建筑桩基工程加固所用原材料应经检验合格后方可使用。原材料检测应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的有关规定。

6.2.2 采用置换法施工的灌注桩质量检验应符合下列规定：

- 1 桩身完整性应采用低应变法全数检验；
- 2 桩径、桩顶标高和桩位偏差等应全数检验；
- 3 留置混凝土试块的检测数量应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

6.2.3 采用注浆法加固的灌注桩质量检验应符合下列规定：

- 1 单桩承载力应进行单桩静载荷试验，检验数量应不少于桩数的 1%，且不少于 3 根，当总桩数小于 50 根时，检验数量应不少于 2 根；

2 桩身完整性应采用低应变法全数检验；

3 每根桩留置水泥浆试块应不少于 1 组。

6.2.4 采用补桩加固的桩基工程质量检验应符合下列规定：

1 新补桩的承载力应进行静载荷试验，检验数量应不少于新补桩总数的 1%，且应不小于 3 根，当总桩数小于 50 根时，检验数量应不少于 2 根；

2 新补桩应进行完整性检验，检验数量应不少于总桩数的 50%；

3 新补桩的桩径、桩顶标高、桩位偏差的检测应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的有关规定。

6.2.5 采用刚性桩复合地基法加固施工后，应进行以下项目检测：

1 每个单体工程多桩型复合地基载荷板静载荷试验检验数量应不少于 3 点；

2 新增刚性桩的单桩竖向抗压载荷试验检验数量应不少于新增刚性桩总数的 1%，且应不小于 3 根；当总桩数小于 50 根时，检验数量应不少于 2 根；

3 新增刚性桩应进行桩身完整性检验，检验数量宜不少于新增刚性桩总桩数的 30%；已有桩新增桩身完整性检测，新增检测数量宜不小于原总桩数的 20%；

4 新增刚性桩的桩径、桩顶标高、桩位偏差的检测应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的有关规定。

6.3 验收

6.3.1 建筑桩基工程加固施工质量验收应包括下列资料：

- 1 桩基工程鉴定报告和加固设计文件;
- 2 原材料出厂合格证, 进场材料复检报告或委托检验报告;
- 3 混凝土、水泥浆强度检验报告;
- 4 单桩承载力、桩身完整性检测报告;
- 5 施工记录及隐蔽工程验收记录;
- 6 设计变更、重大问题处理文件和技术洽商记录;
- 7 其他必须提供的文件和记录。

6.3.2 建筑桩基工程加固验收应符合下列规定:

- 1 检验批工程的质量验收应分别按主控项目和一般项目验收;
- 2 隐蔽工程应在施工单位自检合格后, 于隐蔽前通知有关人员检查验收, 并形成中间验收文件;
- 3 建筑桩基加固工程的验收, 应在检验批工程通过验收的基础上, 对必要的部位进行见证检验验收;
- 4 建筑桩基加固工程完工后, 施工单位自行组织有关人员进行检查评定, 并向建设单位提交工程验收报告;
- 5 建设单位收到建筑桩基加固工程验收报告后, 应由建设单位组织施工、勘察、设计及监理等单位进行桩基加固工程验收。

附录 A 双速度低应变法测试传感器安装

A.0.1 双速度低应变法测试应在既有建筑物基础外侧开挖试验坑，桩侧面轴向外露长度以便于安装传感器为宜，桩侧有护壁时应凿除。

A.0.2 传感器的安装面材质应均匀、密实、平整，并与桩轴线平行，否则应采用磨光机将其磨平。

A.0.3 在桩顶下桩侧表面安置侧置式传感器（图 A.0.3）时，应符合下列规定：

1 操作时，应按照现场要求在桩身上打孔，使用膨胀螺丝安装到桩侧；

2 安装时，应确保两个加速度传感器在桩身同一条轴线上，且传感器 A_1 与桩顶之间的距离应大于 $0.5D$ ，传感器 A_1 与传感器 A_2 之间的距离应不小于 $2D$ ，且不小于 1m ；

3 传感器安装应避开桩身截面突变处。

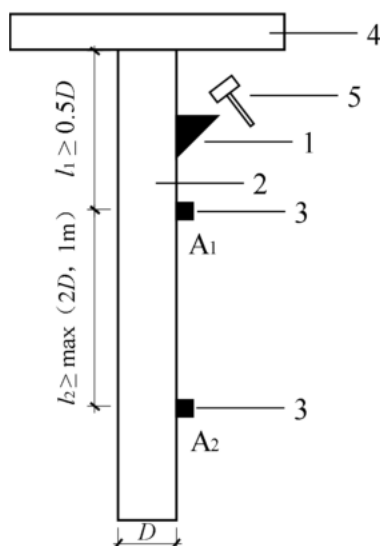


图 A.0.3 双速度低应变法安装示意

1—激振块；2—基桩；3—加速度传感器；4—基桩顶基础结构（承台、筏板或基础梁等）；5—激振锤， D 为桩身直径。

附录 B 管波法测试及结果整理要求

B.0.1 管波法测试孔应符合下列规定：

- 1 检测预应力管桩时，宜将洗净的桩孔作为测试孔，检测灌注桩时宜将钻芯孔或桩内预埋管作为测试孔；
- 2 孔内应充满液体，且液体比重不应大于 1.2g/cm^3 ；
- 3 孔直径应大于 76mm ，且应孔壁光滑，无塌孔或掉块；
- 4 孔内管波探测段桩体宜避免含有金属套管；
- 5 测试孔内残渣应清捞干净，清理后应确保换能器可到达预定测试位置；
- 6 钻孔垂直度应满足测试要求。

B.0.2 管波法测试设备应符合下列规定：

- 1 测试设备应包括测试主机和孔内设备，孔内设备应包含发射换能器、接收换能器和井下电缆；
- 2 测试主机应具备实时显示、记录和存储功能，且应具备手动采集模式和连续采集模式，最小采样间隔不应大于 $20\mu\text{s}$ ，系统频带宽度应处于 $100\text{Hz}\sim 3000\text{Hz}$ 范围内，A/D 转换器不应小于 16bit，探测信号幅值量程不应高于 $\pm 5\text{V}$ ，幅值测量相对误差应小于 10%；
- 3 发射换能器与接收换能器的最大外径应小于 45mm ，连接换能器的井下电缆应有深度标志，间隔宜为 0.1m ，深度误差应不大于 0.5%；
- 4 发射换能器与接收换能器测试过程应距离固定，两者有效中心间距宜为 0.6m ，记录点应取发射换能器与接收换能器有效中心连线的中点；

5 发射换能器应采用低频孔中换能器，单次发射能量不应小于 10J，所发射管波峰值频率应设置为 500Hz~1000Hz；

6 接收换能器应采用灵敏度不小于 3000μV/Pa 的水听器；

7 发射换能器、接收换能器和井下电缆的水密性应满足 1MPa 水压条件的密封性。

B.0.3 管波法现场测试应符合下列规定：

1 测试前应检查管波法测试仪器的参数设置、换能器放置的初始位置，仪器应设置为全通状态，采集过程中增益应一致；

2 测点间距不宜大于 0.1m，测试异常段宜加密复测；

3 采样时间间隔宜不大于 20μs，记录时间长度不应小于 50ms，当有塑料套管时记录时间长度不应小于 80ms；

4 测试过程中，应对采集的管波信号实时监控，所采集的信号应初至清晰、波形正常，发现波形畸变时应及时复测；

5 现场探测工作结束后，应及时做好数据存储和数据备份。

B.0.4 管波法数据处理应符合下列规定：

1 数据处理前，应对测试条件及原始数据进行核对，对合格记录中的坏道予以剔除；

2 数据处理应避免进行道间振幅平衡，可去除信号直流零漂；

3 频率滤波时通带宜为 300Hz~2000Hz；

4 各测点的测试曲线应采用相同的显示增益；

5 现场采集数据可按下式计算接收信号能量，并绘制能量-深度曲线；

$$Q = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (A_i)^2 \quad (\text{B.0.4-1})$$

式中：Q —— 能量指标 (mV²)；

A_i —— 某一时间段第 i 采样点的幅值 (mV);

N —— 该段时间内的采样点数量。

6 PSD 曲线应根据能量-深度曲线绘制, PSD 值应按式计算:

$$PSD_i = \frac{(Q_i - Q_{i-1})^2}{(H_i - H_{i-1})} \quad (\text{B.0.4-2})$$

式中: PSD_i —— 第 i 测点的 PSD 值 (mV⁴/m);

Q_i 、 Q_{i-1} —— 第 i 、 $i-1$ 测点的能量指标 (mV²);

H_i 、 H_{i-1} —— 第 i 测点的深度 (m)。

7 直达波视速度应按式计算:

$$v_d = \frac{l_0}{t_d} \quad (\text{B.0.4-3})$$

式中: v_d —— 直达波视速度 (m/s);

l_0 —— 收发换能器的距离 (m);

t_d —— 直达波走时 (s)。

8 管波视速度应按式计算:

$$v = 2 \frac{H_2 - H_1}{T_2 - T_1} \quad (\text{B.0.4-4})$$

式中: v —— 管波视速度 (m/s);

H_1 、 H_2 —— 测试点 1、2 的深度 (m);

T_1 、 T_2 —— 深度分别为 H_1 、 H_2 时管波上行或下行波同相轴上的时间 (s)。

9 同一测试孔多次测试时间剖面应绘制在同一成果图件中。

B.0.5 管波法资料分析与解释应符合下列规定：

1 资料解释前应先排除异常因素干扰，避免误判；

2 桩身完整性类别应结合设计桩型、成桩工艺、地基条件、施工情况，按本规程表 B.0.5 进行分析判定；

表 B.0.5 管波法桩身完整性判定

完整性类别	分类原则	管波特征
I 类桩	桩身完整	1 管波速度高且无消散，能量大于最大能量值的 75% 2 段内无反射界面 3 有上下界面反射波组时，界面处 PSD 曲线均有波峰，段内反射波同相轴“X”型特征显著
II 类桩	轻微缺陷	1 管波速度较高，能量为最大能量值的 50%~75% 2 上下界面处均有较明显的 PSD 曲线波峰 3 段外为完整混凝土时，界面处出现向外的上行或下行反射波组，能量较弱
III 类桩	明显缺陷	1 管波速度较低，能量为最大能量值的 25%~50% 2 上下界面处均有较明显的 PSD 曲线波峰 3 段外为完整混凝土时，上下界面外反射波同相轴有较明显的“八”字型特征
IV 类桩	严重缺陷	1 管波速度低，能量低于最大能量值的 25% 2 上下界面处 PSD 曲线波峰明显 3 段外为完整混凝土时，上下界面外反射波同相轴呈“八”字型特征明显

3 测试成果报告应包含受检桩的原始测试数据、实测与计算分析曲线，表格和汇总结果。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

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，在条件许可时首先应这样做的：

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，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“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 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 3 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB 50202
- 4 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 5 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003
- 6 《建筑抗震设计标准》 GB/T 50011
- 7 《建筑结构检测技术标准》 GB/T 50344
- 8 《复合地基技术规范》 GB/T 50783
- 9 《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79
- 10 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 11 《建筑基桩检测技术规范》 JGJ 106
- 12 《既有建筑地基基础加固技术规范》 JGJ 123
- 13 《既有建筑地基基础检测技术标准》 JGJ/T 422

山东省工程建设标准

建筑桩基工程鉴定与加固 技术规程

DB37/T 5306-2024

条 文 说 明

目 次

3 基本规定	35
4 鉴 定	36
4.1 一般规定	36
4.2 调 查	36
4.3 地层检测	37
4.4 基桩检验	38
4.5 分 析	43
5 加 固	45
5.1 一般规定	45
5.2 置换混凝土加固法	45
5.3 桩端注浆加固法	46
5.4 补桩法	47
5.5 刚性桩复合地基法	47
6 质量检验	49
6.2 检 验	49
附录 B 管波法测试及结果整理要求	50

3 基本规定

3.0.2 部分桩基工程因缺少验收文件无法进行验收，为满足桩基工程建设验收的需要，可开展建筑桩基工程的质量鉴定，将鉴定报告作为工程验收依据之一。

3.0.4 在设计工作年限内，应根据现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 所规定的环境类别以及水、土对钢与混凝土腐蚀性的评价对加固基桩的耐久性进行设计。

3.0.5 桩基工程加固建筑物变形监测是一项必要工作，不仅是施工过程中进行监测的重要手段，而且是对加固效果进行评价和工程验收的重要依据。既有建筑的桩基工程加固施工可能对结构产生损伤或产生安全隐患，必须设置现场监测系统，监测内容与监测技术要求应符合设计要求，根据监测结果及时调整设计和施工方案，必要时启动应急预案，保证工程按设计完成。

3.0.6 桩基加固工程是经验性很强的技术工作，具有技术要求高、施工难度大等特点，本条特别强调施工人员应具备较高的素质，施工技术人员应掌握技术要求和质量标准等及时解决施工中的难题。施工中应有专人负责质量控制，还应有专人负责监测，当出现异常情况时，应及时采取措施。

4 鉴 定

4.1 一般规定

4.1.2 本条根据桩基鉴定的实践经验，并参考了国家有关标准确定的；执行时，可根据工程情况进行必要的调整和补充。

4.1.3 由于桩基工程不可能进行大面积现场检验，在进行现场检验前，应首先在掌握的基本资料基础上进行初步分析，根据初步分析结果，确定现场检验的工作重点和工作内容，并根据现场实际情况确定可以采用的现场检验方法。资料搜集和现场调查应结合进行，并进一步分析，为现场检验工作提供借鉴。

4.1.5 建筑桩基工程鉴定应根据鉴定的目的、检测方法的特点及适应范围，考虑工程地质条件、成桩工艺、使用要求等各种因素，合理选择检测方法。因各种检测方法在可靠性或经济性方面存在不同程度的局限性，选择使用各种方法合理搭配、优势互补，使既达到鉴定目的，又体现经济合理性。

4.1.6 调查、检测、资料核查、复核计算等是鉴定与后续加固的重要基础，为保证鉴定的正确性和合理性，应在上述工作的基础上进行综合分析与评价。

4.2 调 查

4.2.1 为准确地对建筑桩基工程进行鉴定分析与评价，提高桩基鉴定的可靠性，做到有的放矢，应尽可能详细地搜集了解有关的技术资料。

4.2.3 现场周边环境条件变化有可能对桩基的工作状态产生影响，

调查时，需要对设计文件中周边环境条件进行现场复核。

4.2.4 当需要了解既有建筑沉降情况而又缺乏有效沉降观测资料时，也可根据设计标高结合现场调查情况依照当地经验进行估算。

4.3 地层检测

4.3.1 地层检测可以用来验证原岩土工程勘察报告的数据，比较前后水位、岩土的物理力学参数等变化情况，以分析地质及水文条件对桩基工程的影响。

4.3.2 地层检测的内容应结合鉴定需求进行确定。

4.3.3 基桩出现缺陷进行地层检测时，检测点布置距原桩位距离过远，不足以反映桩周土体真实情况，距离过近，施工工艺对桩周土体性质有一定影响，因此为更真实反映土体性质，检测点位置宜结合施工工艺及地层情况综合考虑。

地层检测过程为避免或减少破坏基础底板，将勘探点可布置在紧靠承台、筏板外侧，当需钻穿基础底板时，后期对需进行防水设计的底板应采取必要的防水处理措施。

出现不均匀沉降的既有建筑桩基工程，应结合周边环境、建筑物裂缝分布、形态等对不均匀沉降原因初判，勘探点在沉降较大位置附近应加密布设。

4.3.4 地层检测工作要解决鉴定中的实际问题，有明确的工程针对性，其成果是桩基鉴定加固的主要依据之一，工作应严格按照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定执行。

4.4 基桩检验

4.4.2 既有建筑桩基受现场检测条件所限，检测难度较大，检测项目应根据具体情况调整。

4.4.3 当受检测设备或现场条件限制无法做静载荷试验时，对新建工程缺陷桩基工程、搁置桩基工程，可依据现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94、现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的要求，并结合场地地质勘察报告对承载力进行核验；对既有建筑桩基为模拟其受力状态，可在模拟桩上进行持载再加荷试验，以便获得与工程桩最接近的承载力数据。

4.4.4 针对检测过程中出现的缺乏依据、无法或难以定性的情况，提出用验证检测的原则，用准确可靠度高的检测方法来弥补或复核可靠度低的方法结果的不确定性。

4.4.6 旁孔透射波法目前已在工程中逐步应用于既有建（构）筑物桩基底端埋深或桩长的测定，该方法测试不受上部结构的影响，既适用于既有工程桩，也适用于在建桩基的质量检测。

旁孔透射波法测试首先在被检桩旁进行钻孔，孔位应靠近被检桩，钻孔过程应保持孔的垂直度使其与桩身平行，为防止钻孔周围土体塌落，钻孔施工完毕后可在孔内设置套管护壁；检测时将检波器下放至套管内，在与基础相连的结构任意部位如桩承台、建筑物侧面或裸露的基桩顶部用同步触发装置（如激振锤等）进行敲击产生应力波，利用旁孔内的检波器接收沿桩身下行再透射到地基土中并传播到旁孔套管内的透射波信号；改变检波器在旁孔内的深度并重复激振，可测得各深度处的透射波波形信号，并使用信号分析仪进行记录。

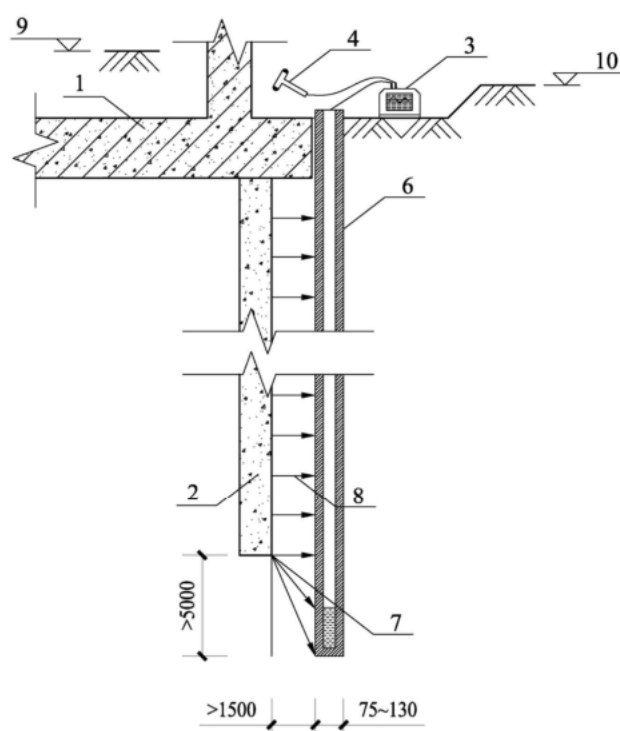


图1 旁孔透射法检测示意

1—既有建筑基础；2—基桩；3—信号分析仪；4—同步触发装置；5—试坑壁；
6—测管；7—检波器；8—透射波；9—室内地坪；10—室外地坪

4.4.7 磁测桩法是一种地球物理测井方法，原本应用于寻找测井周围磁性体并研究其分布和规模等，后被应用于测定多节桩的配桩情况和实际桩长。磁测桩法基本原理为：混凝土基桩桩身材质为钢筋混凝土，此外预制钢筋混凝土桩一般带有桩头钢端板和桩尖。由于桩身所含钢材是铁磁性材料，与周围介质间存在明显的磁性差异。桩身钢筋、桩头钢端板、桩尖处的钢材在地磁场的磁化作用下，产生的磁感应强度叠加在正常场之上，使基桩周围的磁场强度发生变化，形成延桩长方向的磁异常特征。磁测桩法就是根据磁场变化曲线以及磁异常梯度，来判断多节桩配筋形式和实际桩长的一种方法，可准确地判断多节桩的配桩情况和测定桩身长度，成为低应变检测法的有效补充，为工程验收提供可靠依

据。

当前工程根据传感器下放位置，一般分为桩中孔测试法和桩侧孔测试法两种型式（见图 2）。桩中孔测试法混凝土灌注桩需在桩周身 0.5m~1.0m 范围内打孔，在南侧或北侧为佳，也可利用取芯孔测量，管桩可直接使用其空心孔洞，孔芯需比桩深 3m~5m；桩侧孔测试法为在桩身一侧布置钻孔下放传感器，与受检桩边缘距离宜不大于 0.5m，且应远离相邻桩。

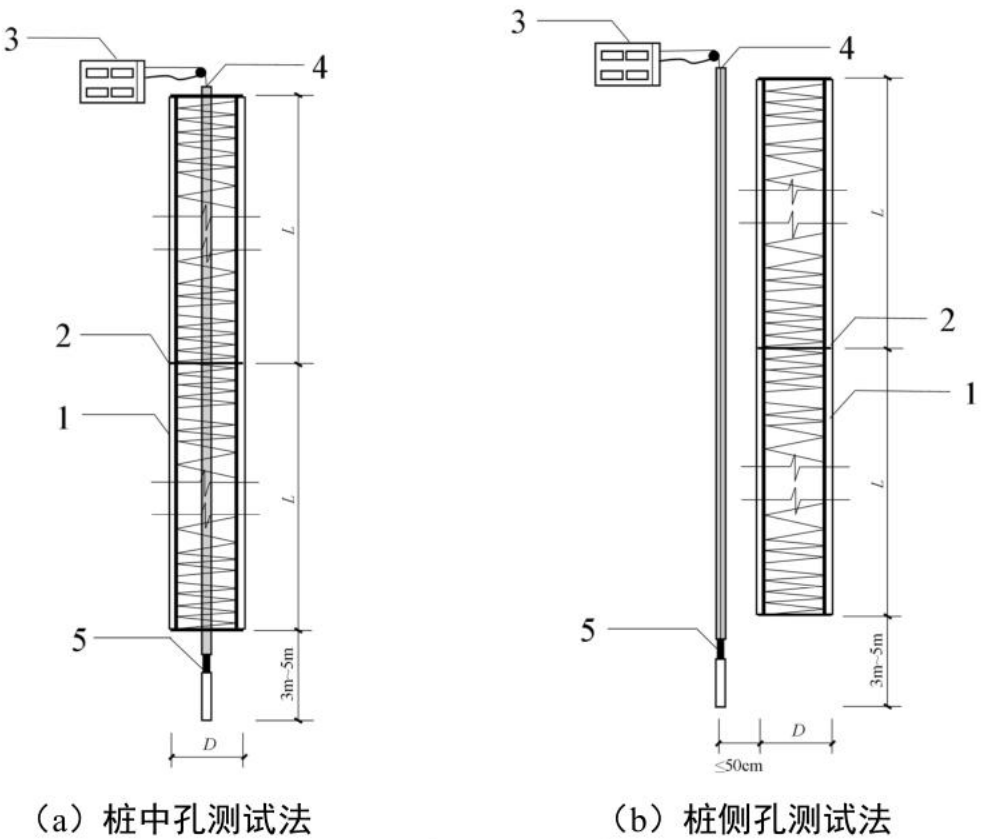


图2 磁测桩法测试法

1—桩身钢筋笼；2—接桩位置；3—检测控制器；4—检测钻孔；
5—检测探头

磁测桩法检测中，要达到对钢筋笼底端的准确判别，所采集的数据质量是至关重要的，若数据质量较差，则容易造成误判。根

据工程实践经验，影响数据采集质量的主要因素集中于以下三方面：

1 测试孔垂直度影响：当发现随着测试孔深度的增大，磁异常特征越来越不明显时，可初步判定测试孔与桩身不平行。因此在施工测试孔时，应使钻机在钻进过程中控制好钻杆垂直度，应保证测试孔轴线与桩身轴线平行。

2 测试孔周边磁场环境影响：若测试中发现，测试曲线的底部毛刺较多或局部尖锐强磁场干扰，可初步判定为测试孔周边磁场环境受到人为干扰，存在作弊嫌疑。

3 仪器设备故障影响：若测试曲线波动较为剧烈且出现折线时，可初步判定测试仪器出现故障，需更换设备重新采集。

4.4.8 孔内摄像检测法在本规程中特指用于桩基内钻成或预制的孔道内，采用成像设备形成孔内数字图像，对桩基工程进行检测的方法。随着光、机、电技术的不断进步，历经十余年的技术迭代与研发，孔内摄像检测法在此类检测中的技术应用日臻成熟。

总体来说，对比其他检测方法，孔内摄像检测法可直观精确检测桩身缺陷位置、对缺陷的尺寸及角度进行定量，此外还具有桩身钻芯孔复核检测、超长桩检测、桩底地层性状检测等功能。孔内摄像检测法的主要优势在于：大部分基桩完整性检测方法均是定性判断的，少数检测方法的完整性判断也无法精确定量。而孔内成像检测技术，采用光学原理，经过几何计算可精确定量桩身缺陷的大小，此外通过电子罗盘等技术可以识别缺陷方位，并可通过图像分析缺陷角度，这对分析缺陷产生的原因有很大的帮助。

4.4.9 管波探测是通过充满液体的钻孔（井）激发并接收管波，探测以钻孔（井）为中心一定范围内基桩完整性、不良地质体等

的地球物理勘探方法，采用一发一收、收发距离固定的单孔探测装置。其探测原理见图 3，将发射和接收换能器以固定距离置于同一个孔中，换能器 S 发射一定频率的脉冲信号，在孔液中产生管波，管波沿钻孔轴向传播，遇到波阻抗差异界面发生反射，传播至换能器 R 时被接收，通过将发射换能器 S 和接收换能器 R 以固定间距移动，逐点采集不同深度的数据信息，并将采集的信息按深度排列，得到管波探测的时间剖面曲线；通过分析时间剖面管波直达波和反射波的振幅、频率和管波波速等参数，推断钻孔周围基桩完整性情况或不良地质体的分布情况。

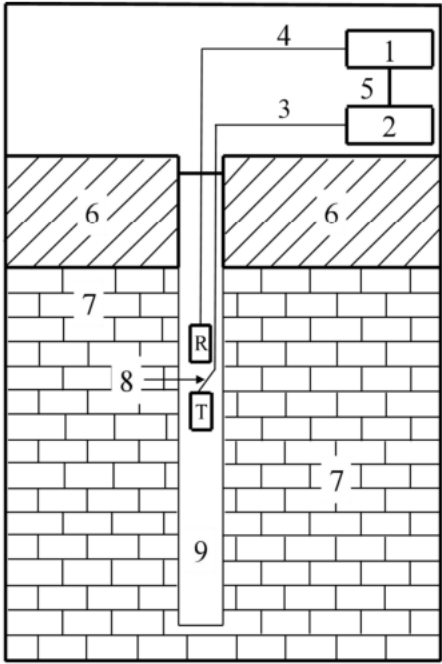


图3 管波法的探测装置

1—记录仪；2—发射仪；3—发射脉冲信号；4—振动波形信号；
5—同步触发信号；6—覆盖层；7—基岩；8—探测装置中心点；
9—充满液体的井眼；R—发射换能器；T—接收换能器

用于预应力管桩检测时，测点间距一般不大于 0.05m，可分辨大于 0.05m 的桩身缺陷；用于灌注桩检测时，有效检测桩径 2m～

3m，测点间距一般为不大于 0.05m，可分辨大于 0.05m 的桩身缺陷、桩底沉渣、持力层缺陷等。

在波阻抗差异界面处，管波也会产生反射，在管波反射的位置处，必存在波阻抗差异界面。在管波时间剖面图中所有的反射管波同相轴以倾斜波组形式呈现。在孔中，管波产生反射的位置有：孔径变化处、液面处、孔底、孔壁波阻抗差异界面。

在预应力管桩的管波检测中，连接不良的接头、桩身破损处上、下界面均为波阻抗差异界面；在灌注桩的管波检测中，断桩、空洞、夹泥、离析、蜂窝、裂隙等桩身缺陷，桩底沉渣的上下界面均为波阻抗差异界面；持力层中软弱岩层的上下界面亦为波阻抗差异界面。

4.4.14 检测数据异常通常是因检测人员误操作、检测仪器设备故障及现场准备不足造成。用不正确的检测数据分析评价结果必定不正确，因此，应及时分析原因，组织重新检测。

4.5 分 析

4.5.1 桩基工程合格与否主要取决于主控项目和一般项目的检验结果。主控项目是对检验批的基本质量起决定性影响的关键项目，主控项目必须全部符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的规定。

4.5.4 坡地、岸边的建筑桩基，一旦失稳既影响自身建筑物的安全也会危及相邻建筑的安全，必须确保其整体稳定性。

4.5.5 桩基承载力和桩身质量受地质条件、施工因素等情况影响，影响的因素存在于桩基施工的全过程中，桩基施工过程中出现的局部地质条件与勘察报告不符、工程桩施工工艺变化、施工单位

技术水平等都可能产生质量隐患，应结合施工工艺、施工因素、工程地质条件及检验结果进行综合分析。

5 加 固

5.1 一般规定

5.1.1 本条是对建筑桩基工程加固设计、施工、质量检测的总体要求。建筑桩基工程加固应充分考虑各种因素制定设计方案和施工组织设计，精心施工，保证加固后桩基工程安全使用。

5.1.2 本条是对建筑桩基加固方法应考虑因素的规定，在选择桩基加固方案时，应根据各种影响因素对各种加固方案进行对比分析，选定最佳的加固方法。

5.1.4 本条是对桩基加固设计的要求，桩基加固设计应满足承载力、变形和稳定性要求。桩基承载力计算和稳定性验算，应结合工程具体条件有针对性地进行计算或验算。

5.2 置换混凝土加固法

5.2.2 当采用流态固化土、素混凝土回填时，回填质量可以得到保证，因此可在计算中考虑开挖范围的桩周土侧阻力。

5.2.3 本条是对基桩采用置换加固进行接桩处理的规定，混凝土灌注桩接桩可采用图 4 所示方法进行接桩。为保证新旧混凝土共同工作，新旧混凝土结合面需进行处理。

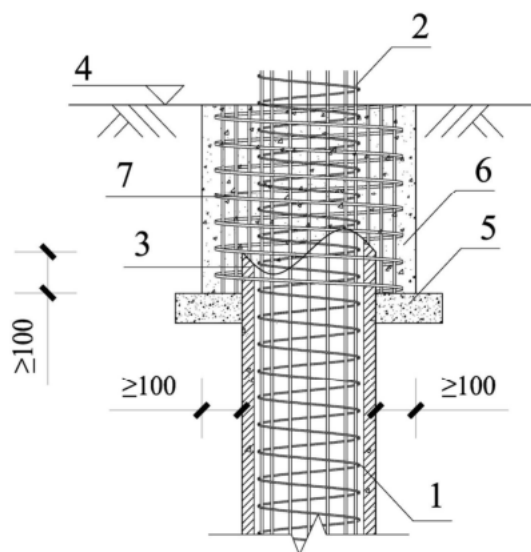


图 4 置换法加固示意

1—既有基桩；2—既有钢筋笼；3—新旧混凝土界面；4—桩顶标高；
5—置换混凝土底部垫层；6—置换混凝土；7—置换混凝土钢筋笼

5.3 桩端注浆加固法

5.3.2 极限端阻力标准值 q_{pk} 可按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定进行计算。

5.3.5 桩底注浆管的设置数量应根据桩径大小确定，注浆管的设置应确保注浆浆液扩散的均匀对称及注浆的可靠性。注浆管数量应不少于 2 根，对于桩径大于 1.2m 的桩应不少于 3 根。

浆液水灰比应结合桩端持力层、桩端离析及沉渣情况综合确定，必要时应进行现场试验确定。浆液水灰比过大易造成浆液流失，降低注浆加固的有效性，水灰比过小则会增大注浆阻力，降低可注性，乃至转化为压密注浆。当浆液水灰比不超过 0.5 时，可加入减水剂、微膨胀剂等外加剂增强浆液的流动性和对土体的加固效果。

5.4 补桩法

5.4.4 采用补桩法时，首先应根据鉴定报告鉴定评价结论及具体工程特点，对已有桩的单桩承载力进行综合确定。

5.4.5 对于新建工程缺陷或搁置建筑桩基工程，综合确定的单桩承载力小于原设计承载力要求时，新补桩基应全部承担已有桩承载力不足部分；对于既有建筑增层改造或改扩建建筑桩基工程，可按新增加的荷载由已有桩与新补桩共同承担荷载进行承载力计算；对于既有建筑桩基不均匀变形引起建筑物倾斜、裂缝的加固工程，应结合具体工程特点及不均匀变形的原因，以控制差异沉降为主要目的进行针对性的补桩设计。新补桩基与已有桩基共同承担上部荷载，应分析两种桩的变形协调，补桩设计时，结合工程地层条件、上部荷载分布、已有桩基承载力、桩长、桩端持力层、桩位布置及施工条件等因素，综合确定新增桩基的数量、桩长、桩端持力层及桩间距等。

5.5 刚性桩复合地基法

5.5.1 本条规定了刚性桩复合地基法的适用范围，若已有桩按桩基础计算无法满足设计及规范要求时，已有桩仍具有一定的承载能力，可作为刚性桩使用，可通过增设刚性桩与已有桩及地基土共同作为承载体。选用该方法时应充分考虑新增刚性桩、已有桩和桩间土共同受力，应对地质条件及已有桩的缺陷等进行充分分析，比如原桩基持力层为岩石，因持力层或桩端缺陷等造成单桩承载力不足时，不宜采用该方法。

5.5.2 刚性桩复合地基法应根据刚性桩复合地基荷载传递特性，

保证新增刚性桩、已有桩和桩间土共同承担荷载。改为复合地基后，原基础的尺寸一般需进行加大，同时基础的受力发生改变，此时应根据复合地基的反力对基础进行重新设计。

5.5.3 已有桩一般刚度较大，为充分发挥复合地基的承载力，新增复合地基增强体应选择刚性桩。

5.5.11 原有桩桩端上下一定范围存在灵敏度相对较高土层时，新增桩会对其产生扰动，应充分考虑后施工桩对已施工增强体或桩承载力的影响。无地区经验时，应通过试验确定方案的适用性。

6 质量检验

6.2 检 验

6.2.2~6.2.5 应根据加固方法、检测目的、内容和要求，结合检测方法的适用范围和检测能力，考虑工程重要性、设计要求、施工因素等情况选择检测方法和检测数量。

附录 B 管波法测试及结果整理要求

B.0.1 管波探测需要孔液耦合。孔液浓度过大将导致管波能量下降、波速降低，影响探测效果。因此探测前必须按要求对钻孔进行清洗，使钻孔的液体比重不大于 1.2g/cm^3 。

B.0.4 管波测试的重要异常特征之一是管波能量差异，因此不得进行道间振幅平衡处理，否则将导致异常特征尖灭、模糊或消失。管波能量与钻孔周围介质的横波波速呈正相关关系。横波速度高时，管波能量强；横波速度低时，管波能量弱。

在波阻抗差异的界面出现管波 PSD 曲线峰值，峰值处为分界面。管波 PSD 曲线峰值越大，界面上下的波阻抗差异越显著。不同岩土层的管波直达波速度是不同的，波阻抗小的岩土层，其管波直达波视速度低。

式(B.0.4-4)为管波上行或下行波同相轴计算管波视速度的计算公式。在同一波阻抗段，其管波上行或下行波的同相轴是直线，其同相轴的斜率代表该段管波的视速度，斜率越大，管波速度越高。

B.0.5 通过对管波 PSD 曲线、能量曲线、管波时间剖面图、管波视速度等特征进行综合分析，对管波探测资料进行解释。在 PSD 曲线中，PSD 曲线峰值处为分界面，PSD 曲线峰值大，上下层的波阻抗差异就大。

管波的能量与钻孔周围介质的横波波速呈正相关关系，横波速度高，管波能量强，能量曲线幅度大；横波速度低时，管波能量弱，能量曲线幅度小。

在管波能量曲线中，曲线突变点为分界面。在管波时间剖面图中，不同岩土层的管波直达波、后续反射波组的特征是不同的，

在波阻抗小的区段，其上、下界面处分别有上行波组和下行波组，呈“八”字型特征，上行波、下行波的出发点为分界面；在波阻抗大的区段，其上、下界面处分别有下行波组和上行波组，呈“X”字型特征，下行波、上行波的出发点为分界面；在后续的管波上行或下行波同相轴上出现拐点时，拐点处为分界面。

在同一波阻抗段，其管波速度是相同的，波阻抗大与管波速度呈正相关。管波速度的突变点为波阻抗变化的分界面。