

工程桩桩基检测方案选择及缺陷处理

答帅

深圳市天健建工有限公司

摘要：在现代建筑工程中，工程桩的桩基检测与缺陷处理至关重要。分析了低应变、超声波检测、静载检测和钻芯法等主要检测技术的原理、适用范围及其优缺点。通过对比分析，根据不同工程地质条件和桩型，选择最适宜的检测组合方案，以实现精准且经济的桩基评价。在桩基缺陷处理方面，我们探讨了各类常见缺陷的成因，如混凝土质量缺陷、桩身完整性问题等，并针对性地提出相应的处理策略，包括修复、加固以及更换等。通过实际案例分析，展示了这些处理方法在工程实践中的应用与效果，验证了其可行性和有效性。

关键词：工程桩；桩基检测；检测方案；缺陷处理；低应变法；超声波检测

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.23.030

一、引言

桩基作为建筑物的重要支撑结构，其质量直接关系到整个工程的稳定性和使用寿命。然而，桩基的内在缺陷，如混凝土质量不足、桩身完整性受损等，可能导致结构承载力的降低，甚至引发严重的工程事故。桩基检测的方法众多，如低应变法、超声波检测、静载检测和钻芯法等，每种方法都有其独特的适用条件和优势。低应变法以其便捷高效且成本较低的特点，在桩身完整性检测中占据主导地位；超声波检测则能提供更详细的桩身内部结构信息；静载检测虽然耗时耗资，但其结果直接反映桩的承载力；钻芯法虽能直观展现桩基的物理特性，但受限于单孔检测的局限性。

桩基缺陷的种类繁多，如混凝土质量缺陷、桩身断裂、桩底沉渣等，处理策略需根据缺陷类型和程度进行定制。修复技术如清渣、压浆、加固等在实际工程中已得到广泛应用，但部分缺陷可能需要采取更换新桩的措施。

二、工程桩桩基检测方案

（一）低应变法检测

低应变法，作为一种非破坏性的桩基检测技术，已广泛应用于桩身完整性评估中。其基本原理是通过小能量锤击桩头，产生应力波，然后利用动态应变仪在桩身

不同位置测量应力波的传播速度和幅度，以判断桩身的完整性。这种方法特别适于检测混凝土预制桩和灌注桩的完整性，尤其对于微小裂缝、局部破损等缺陷具有较高的敏感性。

低应变法的主要优点在于其便捷性和经济性。检测过程中，小能量锤击不会对桩体造成额外的损伤，也不会影响桩的正常使用。此外，由于其操作简单，所需设备相对轻便，检测时间短，因此成本较低，能有效节省工程项目的检测费用。然而，低应变法主要检测的是桩身的完整性，对于判断混凝土的强度、桩底沉渣厚度或桩端阻力等物理特性则相对有限，因此在实际应用中常与超声波检测、钻芯法等其他方法结合使用，以实现对桩基的全方位评价。

在选择检测点时，通常会在桩顶以及沿桩身不同深度设置多个测量点，以获取全面的应力波传播信息。数据的分析则基于经典的波动理论，如一维波动方程，以及一些经验公式，如P波和S波的传播速度与桩身材料的弹性模量和密度的关系。近年来，随着信号处理技术和人工智能的发展，低应变法的分析手段也在不断进步，如频域分析、小波分析以及机器学习算法的应用，这些技术的引入进一步提升了低应变法的检测精度和判断的可靠性。

实际操作中，低应变法成功与否还与锤击能量、传感器的选择和安装位置等因素密切相关。锤击能量过大可能导致应力波的传播路径偏离预期，过小则可能无法激发足够强烈的应力波以获取清晰的反射信号。因此，操作人员需要具备一定的专业知识，以确保检测结果的准确性。此外，低应变法的检测结果可能受到环境因素（如温度、湿度）以及桩周土体条件的影响，因此在分析时也需考虑这些因素的可能影响。

低应变法作为一种经济、快速的桩基检测手段，对于判断桩身完整性具有显著优势。然而，其局限性要求在实际应用中与其他检测技术相结合，以确保对桩基的全面评价。

（二）超声波检测

超声波检测，作为一种高级的桩基无损检测技术，

主要应用于桩身内部结构的详细检测。这种方法利用高频超声波在混凝土中传播的特性，通过在桩身内预埋的声测管中发送和接收超声波信号，来评估桩体的混凝土质量、完整性以及缺陷的类型和位置。超声波检测对混凝土内部的微小缺陷，如裂缝、空洞、离析等，具有极高的分辨率，尤其适合于灌注桩的检测。

超声波检测的实施通常包括三个基本步骤：首先，在桩身内预埋声测管，确保声波能够顺利传播；其次，使用超声波仪器向管内发射超声波，并接收由管内不同位置反射回来的信号；最后，通过分析信号的传播速度、衰减程度以及波形特征，来评估桩身混凝土的连续性和均匀性。这种方法不仅能提供直观的缺陷图像，而且能够给出定量的缺陷参数，如尺寸、位置和形状，从而为缺陷的定性和定量诊断提供依据。

相较于低应变法，超声波检测的精度更高，能提供更丰富的内部结构信息，尤其适合于检测混凝土内部的细微缺陷。然而，其应用成本相对较高，主要体现在声测管的预埋和检测设备的投资上。此外，超声波检测对桩体的完整性要求较高，因为任何在声测管中产生的阻塞或中断都可能影响检测结果的可靠性。因此，超声波检测在实际应用中常与低应变法等其他方法结合使用，形成多方法综合检测策略。

在实际操作中，超声波检测的效率受到声测管布置、发射频率和接收灵敏度等因素的影响。合理选择声测管的数量和位置，以及调整发射信号的频率，能够提高检测的覆盖率和分辨率。同时，对于检测结果的解读与分析，也需要结合土质、施工工艺等多方面因素，以确保诊断的准确性和处理方案的有效性。

三、桩基检测及缺陷处理

（一）静载检测

静载检测是桩基检测中的重要手段，它通过施加逐步增大的竖向荷载于桩顶，观察桩顶沉降的变化，以评估单桩的竖向抗压承载力和桩土相互作用特性。这种方法能直接反映桩基在实际工作条件下的性能，是验证设计承载力和确保结构安全的关键步骤。然而，静载检测的主要缺点是耗时较长，且费用较高，因此在实际工程中，它更多地用于试桩或对有疑问桩的验证，而非非常规的验桩手段。

静载检测通常采用单桩竖向抗压静载试验，通过分析荷载-沉降曲线，可以得出单桩的极限承载力、变形模量以及桩底阻力等参数。试验过程中，除了监测桩顶

沉降，还应观测桩身是否有位移、裂缝等异常现象。对于灌注桩，静载检测还能揭示桩底沉渣、软弱土层等可能影响承载力的问题。

在试桩阶段，静载检测主要用于确定单桩的竖向抗压承载力和施工工艺的可行性。按照规范要求，试桩数量通常为同一条件下桩基总数的1%，但至少不得少于3根。对于验桩，静载检测虽然成本高且耗时，但其结果直接反映了桩的实际承载力，因此在关键部位或对承载力有疑问的桩上，静载检测仍具有不可替代的意义。

选择静载检测时，需考虑到其对现场条件和设备的特殊要求。试验装置要求能够提供稳定的反力，以确保荷载的准确施加。此外，静载检测需在桩顶施加荷载，因此在高层建筑或密集的施工场地中，设备布置和场地的场地准备可能会增加难度和成本。

静载检测的另一个重要应用是在桩基修复后的验收阶段，通过与修复前的检测结果对比，确认修复措施的有效性。如果修复后静载检测结果显示承载力显著提升，且沉降曲线正常，那么可以认为修复是成功的。

尽管静载检测具有较高的成本和复杂性，但其结果直接性和准确性使得它在桩基检测中占有重要地位。在具体工程中，应根据设计要求、现场条件以及工程经济性，合理选择是否采用静载检测，同时与低应变法、超声波检测等其他手段相结合，以实现经济、高效且全面的桩基质量评估。

（二）钻芯法检测

钻芯法是一种直接、直观的桩基检测手段，它通过在桩身上钻取芯样，对混凝土的物理力学性能和桩身完整性进行详细分析。这种方法能够提供对桩基质量的最直接证据，适用于桩身完整性检验、混凝土强度评估、桩长测定以及桩底沉渣的观察。

钻芯法的基本过程包括钻孔、芯样提取、芯样处理和芯样检测四个步骤。首先，使用专门的钻孔设备在桩身预定位置钻取芯样，钻头的类型和尺寸需根据桩的材质和直径选择。其次，将钻取的混凝土芯样安全提取，避免在过程中对芯样造成损伤。然后，对芯样进行处理，如清洗、晾干、切割等，以备后续的检测。最后，通过抗压强度试验、抗折试验、渗透性试验等，对芯样的物理力学性能进行实验室分析，同时观察芯样的微观结构，如裂缝、空洞等，以判断桩身的完整性。

钻芯法的优点在于其检测结果的直观性和可靠性。对于混凝土质量的评估，钻芯法能提供准确的强度数

据，对于桩身完整性，可以观察到肉眼难以察觉的细微缺陷。然而，钻芯法也有其局限性。首先，该方法是破坏性的，对桩体造成了一定程度的损伤，可能影响桩的正常使用。其次，由于只有一个或几个钻孔的样本，钻芯法可能无法反映桩体的全局情况，特别是对于非均匀或局部缺陷的评估，需要多个样本才能得出可靠结论。再者，钻芯法的设备投资较大，且操作过程繁琐，耗时较长，成本较高。

在实际应用中，钻芯法常与其他检测方法结合使用，如低应变法和超声波检测，以形成综合评价体系。对于关键部位的桩或者对质量有疑虑的桩，钻芯法是必不可少的验证手段。在处理缺陷时，钻芯法可以提供缺陷的具体位置和程度，为修复策略提供依据。例如，对于混凝土质量缺陷，可以通过钻芯法确定需要修复或更换的桩段；而对于桩身完整性问题，如混凝土裂缝，可以通过钻芯法确定裂缝的深度和宽度，进而选择合适的修复技术，如凿除并重新浇筑、采用化学灌浆等。

钻芯法作为桩基检测的重要组成部分，提供了对桩基质量最直接、最详尽的证据。然而，由于其破坏性和局限性，钻芯法的使用需谨慎，与非破坏性检测手段相结合，以实现对桩基的全面评价。

（三）缺陷处理方案

桩基缺陷处理是桩基工程中的关键环节，它直接影响着工程结构的安全性和耐久性。根据缺陷的类型和程度，选择合适的处理方案是确保建筑物稳健的基础。本文旨在总结并分析各类常见缺陷的处理策略，为实际工程中的问题解决提供参考。

对于混凝土质量缺陷，如强度不足或不均匀，常见的处理方式包括清渣、压浆和局部修复。清渣是清除桩底或桩身内部的松散混凝土和杂质，以提高承载力。压浆则是在混凝土内部注入水泥浆，填充空隙和裂缝，增强结构整体性。对于局部混凝土强度低的区域，可以通过凿除并重新浇筑混凝土进行修复。在修复过程中，应确保新旧混凝土的结合良好，避免因结合面缺陷导致的应力集中。

针对桩身完整性问题，如裂缝、断裂或不连续，处理策略通常包括修复、加固和更换。修复策略包括使用化学灌浆，如环氧树脂、聚氨酯等，注入裂缝内部，封闭裂缝并增强混凝土的黏结力。对于较严重的断裂，可能需要采用局部切割和焊接、预应力技术或植入碳纤维

等加固手段。如果修复成本过高或无法修复，且缺陷严重影响了桩的承载能力，可能需要对桩体进行更换。

四、案例分析

案例一：在一项工业区的扩建项目中，某灌注桩在施工过程中发现桩身不连续，我们采用声波透射法进行详细检查，并利用大数据技术分析反射信号，准确定位了缺陷位置。随后，凿除缺陷部分并重新浇筑混凝土，再配合低应变法检测桩身完整性，确保了修复效果。该案例表明，选择合适的检测方案和制定有效的缺陷处理策略对于确保桩基的承载力和完整性至关重要。在实际操作中，除了运用经典检测技术，如低应变法、超声波检测、静载检测和钻芯法，还可以结合现代科技手段，如声波透射法、大数据分析等，以提高检测和处理的精度和效率。

五、结论

通过对低应变法、超声波检测、静载检测、钻芯法等主要检测技术的深入分析，强调了其各自的优缺点，并结合实际工程案例，验证了这些方法在桩基评价中的应用。

在桩基缺陷处理方面，梳理了混凝土质量缺陷、桩身完整性问题等多种常见缺陷的成因，并分别提出了修复、加固和更换等针对性的处理策略。通过案例分析，展示了各类处理方法在实际工程中的有效性，为缺陷的识别、诊断和修复提供了有益参考。

参考文献

- [1] 徐量. 某闸站建筑桩基检测及缺陷处理实例分析[J]. 《中文科技期刊数据库(全文版)工程技术》, 2024年第2期0161-0164, 共4页
- [2] 王林杰. 某公路桥梁桩基问题及处理方案分析[J]. 《西部交通科技》, 2024年第2期139-142, 共4页
- [3] 董承全. 某工程地基处理CFG桩检测及缺陷成因分析[J]. 《科技创新与应用》, 2016年第7期257-258, 共2页
- [4] 杨砚宗. 锚杆静压钢护筒挖孔桩工艺在超高层基础加固工程中的应用[J]. 《工程勘察》, 2024年第4期20-25, 78, 共7页
- [5] 陈宇. 公路软土路基处理中粉喷桩加固技术应用[J]. 《中文科技期刊数据库(全文版)工程技术》, 2024年第2期0150-0153, 共4页