

经验交流：反射波法检测水泥搅拌桩的应用岩土工程师考试
PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/554/2021_2022__E7_BB_8F_E9_AA_8C_E4_BA_A4_E6_c63_554212.htm

摘要：反射波法是低应变测定混凝土桩桩身完整性的一种准确可靠、经济快捷的检测方法。本文结合工程试桩，对反射波法应用于水泥搅拌桩的理论基础、可行性、实际应用与可靠性进行了分析，认为只要选择合理，处理得当，在满足一定的条件下，利用反射波法检测水泥搅拌桩的桩身完整性是可行的。同时也指出尚存在一定的局限性，需要认真研究和解决

关键词：水泥搅拌桩 桩身质量 反射波法 检测 研究 反射波法是低应变测定混凝土桩桩身完整性的一种检测方法，其经过多年的研究、应用及发展，该项技术已经逐渐走向成熟，事实证明它是一种准确可靠、经济快捷的检测手段。近年来，随着深层搅拌桩在软土地区的广泛应用，工程上迫切需要一种能够对此搅拌桩桩身质量进行快速有效地分析与评估的检测手段。但是长期以来，对搅拌桩桩身质量的检测往往只能依赖于钻孔取芯或开挖取样等方法，这些方法尽管直接可靠，但由于其时间长、成本高，所以很难对大批量的搅拌桩进行综合质量评估，其结果也就难免以偏概全。因此，能否将应用于混凝土桩身质量评价的反射波法成功地应用于搅拌桩，已经成为桩基检测界中一个迫切需要研究及解决的课题。在国内，到目前为止，反射波法搅拌桩桩身质量还处于探索阶段，尽管有许多学者与同行进行过相关的研究，但是由于所检测的对象具有相当的复杂性(地质环境差异、桩身材料的非严格均匀性、桩周介质阻抗与桩身介质阻抗差异小、施工工艺的差异、

测试现场条件的差异), 其准确性与可靠性还有待进一步提高与完善。本文结合近年来的工程实践, 就反射波法检测水泥搅拌桩的应用谈谈一些体会与看法。

1. 理论基础与可行性分析

反射波法是建立在维波动理论的基础上的。假设桩为质地均匀、各向同性的维线弹性体(桩的长度远大于直径, 且入射波波长 大于桩的直径), 当用手锤在桩顶敲击时, 产生的应力波在桩身传播满足维波动方程:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{V_c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (1)$$

式中: V_c 纵波在桩身中的传播速度, $V_c = \sqrt{E/\rho}$; E 桩身弹性模量; ρ 桩身混凝土密度。当有入射波 F_a 从介质1传播到介质2, 将在两种介质的界面处产生反射波 F_b 与透射波 F_c 。经求解可得:

$$F_b = F_a \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (2)$$

$$F_c = F_a \frac{2Z_2}{Z_2 + Z_1} \quad (3)$$

式中: $Z = V_c A E$, Z_1 、 Z_2 分别为介质1与介质2的声阻抗。公式(2)反映了弹性波在桩身中传播时, 反射波随桩身截面阻抗变化而变化的关系。根据以上的理论基础, 反射波法检测水泥搅拌桩必须满足以下理论条件: (1)水泥搅拌桩是否可视为一维杆件。(2)水泥搅拌桩桩身材料是否可视为弹性材料。(3)水泥搅拌桩桩身波阻抗是否可以被识别。从目前工程上的应用来看, 水泥搅拌桩桩径多为50cm, 桩长多为8m以上, 长径比一般在16以上, 符合桩长远大于桩径的理论条件, 桩体可视为一维杆件。水泥搅拌桩是由水泥就地与地基土充分搅拌硬化而成, 水泥石在受力初期, 应力与应变关系基本上符合虎克定律。可视为弹性材料。注: A5、A10

、A15、A20、A25表示水泥渗入比；〔DW〕 $a_w=(5, 10, 15, 20, 25)\%$ 与混凝土灌注桩相比，尽管水泥搅拌桩桩身波阻抗明显要小，但目前大量的工程试验资料证明，水泥搅拌桩桩身抗压强度可达1.2MPa以上(425#水泥，喷灰量50kg/m，龄期90d)，其抗压强度远大于桩周土强度，基本符合维波动方程的理论假设。对实际工程桩的检测也表明，一维压缩波在水泥搅拌桩桩身以内的入射、透射、反射特征清晰。基于以上分析，反射波法检测水泥搅拌桩的桩身质量是可行的。

2. 实际应用与可靠性分析与检测混凝土灌注桩相比，反射波法检测水泥搅拌桩有着其自身的特殊性。首先是检测时确定检测龄期的问题。统计资料表明，到28d龄期时，水泥石的强度为设计强度的60%左右，到90d龄期时才能达到设计要求。从检测效果的角度出发，龄期越长，强度越高，检测效果越好。如果过早地进行检测，水泥石尚未完全硬化，水泥石的波阻抗与桩周土的波阻抗较为接近，则不满足一维波动方程的理论假设。或由于锤击时，因为桩身整体强度不高，形成波形的低频震荡，导致无法进行有效的分析与判断。因此建议水泥搅拌桩最佳的检测龄期为28d以后。其次由于水泥石无粗骨料，弹性波在水泥石内部传递时，介质散射引起的衰减较小，而介质吸收产生的衰减较大。为了取得良好的检测效果，应尽可能破除桩顶松散层，打磨各测点，并选择合适的振源，一般尼龙锤具有较好的指向性和穿透力。为减少弹性波的损失，应采用如黄油、凡士林一类的胶状或浆状物质作耦合剂。最后，选择合理的波速成为一次成功检测的关键，反射波测出的实际有效桩长： $L=tc/2$ 式中： t 弹性波由桩顶传至桩底、经反射后传至桩顶的时间(由仪器测定)； c 弹性

波在桩身内传播的波速，m/s。因此，波速的选择直接影响到实测桩长与缺陷位置判断的准确性。波速选择的越合理，越具代表性，实测桩长的误差就越小，反射波法检测的可靠性就越高。我院曾于1996年在宁马公路板桥段线外按线内工程桩设计要求(设计桩长16.5m，水泥掺入比12%)同期制成三根试桩。1号桩为桩长低于设计桩长的短桩，2号桩为按设计要求制成的完整桩，3号桩为只在某一段面减停喷灰量的缺陷桩。成桩14d后，对其进行检测。首先检测2号桩，并将其作为标准参考桩。实测波形清晰，桩底反射明显。按设计桩长16.5m可计算出波速为1280m/s，可将其作为另两根桩的经验波速。随后检测1号桩，运用2号桩的经验波速可测出1号桩实际有效桩长为14.88m，同样测出3号桩缺陷位置在9.79m处。进一步可对线内同期工程桩进行快速普测，取得了非常好的效果。实践证明，只要选择合理，处理得当，在满足一定的条件下，完全可以利用反射波法检测水泥搅拌桩的桩身完整性。

3. 不确定因素与局限性

尽管反射波法检测水泥搅拌桩有着快速、可靠等诸多优点，但仍有其一定的局限性。首先，经验波速随着龄期、强度、水泥含量、土样含水量变化存在着明显的不确定性，造成经验波速范围波动过大，直接造成检测结果误差增大。而为取得有代表性的经验波速，在工程桩同期打试桩，既不太可能也不太实际。所以这还得通过今后不断的积累和完善，建立起一套完整的经验波速与各影响因素的相关数据库，才能真正使反射波法检测水泥搅拌桩走向应用。其次，反射波法应用的对象应是一弹性的均匀体，而目前落后的施工工艺造成的桩身不均匀性，也制约着反射波法检测水泥搅拌桩的应用。有时因搅拌不充分造成的

水泥层状、片状分布将会令反射波法很难甚至无法分析。 4

· 结束语 总之，反射波法检测水泥搅拌桩的桩身质量目前还处于探索、发展阶段。反射波法在一定条件下可以对水泥搅拌桩的质量进行检测，但还需综合采用其它一些方法如取芯、载荷试验等对桩身进行综合评价。把岩土师站点加入收藏夹 100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 www.100test.com