

多种检测方法在软土地区桥梁桩基检测中的综合应用

罗云烈,鲁传恒,陶华飞,游建华

(广州市市政工程设计研究总院有限公司,广东 广州 510000)

摘 要:沿海软土地区的桥梁桩基础受制于深厚软土地质条件,施工工艺复杂,施工作业时间长,产生质量问题的风险更高,工程中常用低应变法、声波透射法和钻芯法对其成桩质量进行检测。简述了三种检测方法的工作原理及优缺点,结合工程实例分析,指出实际运用中应注意结合施工工艺和地质条件进行综合分析,采用多种检测方法进行相互验证,取长补短,以免产生重判和误判,保证检测结果的可靠性和精确性。综合运用案例可供类似工程检测情况和完整性判断提供参考。

关键词:软土地基;桩基检测;低应变法;声波透射法;钻芯法

中图分类号: TU473.1+6

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)11-0215-04

0 引 言

对于沿海地区来说,由于软土层深厚,岩层埋藏较深,桥梁桩基础多采用嵌岩桩,其施工桩长必然远超常规。超长桩因其施工时间长、地层条件复杂、地下水变化较大、软土层部分孔壁需埋设护筒保护等因素,相对来说更容易发生混凝土离析、缩径、断桩、塌孔、沉渣过厚等诸多质量问题^[1]。桥梁上部结构及其所承受的荷载全部施加于桩基础之上,再通过桩身将所有应力传递到地下岩土层之中,由此可见,桩基础作为桥梁工程的根,其施工质量关系到整个桥梁工程的安危,桩基础施工过程中产生的桩身缺陷如未及时发现并采取有效措施进行补救,将对后续的使用带来巨大风险,会产生不可估量的人员和财产损失。因此,在桥梁上部结构施工之前,对桩基础采用多种检测技术手段进行检验显得尤为重要。

桩基检测技术历经多年发展完善,目前工程界广泛运用的检测手段主要包括:低应变法、声波透射法、钻芯法、静载试验和高应变法等。静载试验和高应变法主要用来检测基桩承载力。检测桩身完整性多采用低应变法、声波透射法和钻芯法,这三种方法都具有操作便利、速度快、效率高、成本低等优势,在桥梁桩基检测中得到了广泛运用^[2]。然而,多年实践表明,低应变法、声波透射法、钻芯法也各自存在一定局限性,如果仅靠一种方法对桩基础进行分析和

评判,则可能给工程埋下安全隐患^[3-5];同时,单单根据某种方法得出的异常结论就给桩基判“死刑”,往往可能夸大了存在的缺陷问题,造成极大的工程浪费,严重延误工期。因此,从工程可靠性和经济性的角度出发,研究多种检测手段的综合应用具有十分重要的意义。

1 低应变法、声波透射法、钻芯法的主要原理及优缺点

1.1 低应变法

低应变法将基桩假定为理想化的“一维线性弹性杆件”数学模型,利用小锤在桩顶激发一瞬态应力波,当应力波往下传播过程中遇到桩身阻抗突变的界面,将会产生往上传播的反射波信号,这些信号由桩顶粘贴的传感器接收生成信号曲线,通过波动理论分析曲线来判断桩身完整性情况^[1]。低应变法的优点主要是操作简便、成本低廉、效率高,适用于大面积普查检测。低应变法的缺点主要有 4 点:一是应力波信号容易受到外界环境干扰、低应变激振能量较弱,有效检测长度有限;二是对桩身缺陷只能做定性评价,无法判定缺陷的具体性质;三是桩身若存在较明显的浅部缺陷,会使应力波的能量产生严重衰减,使得桩身中下部的缺陷没法识别,造成漏判;四是对桩身“扩径”等阻抗渐变的情况容易产生误判。

1.2 声波透射法

声波透射法利用提前预埋在混凝土灌注桩中的声测管为通道,将成对的声波发射和接收换能器放置其中,沿着桩身轴向方向从桩底开始匀速同步提升,

收稿日期:2023-05-04

作者简介:罗云烈(1990—),男,硕士,工程师,主要从事地基基础检测工作。

提前对称分布预埋了4根声测管,编号按顺时针依次为A、B、C、D,声波透射法检测结果如图3所示。AB检测剖面34.40~37.60 m段、AC检测剖面34.50~37.60 m段、AD检测剖面34.50~37.60 m段、BC检测剖面34.70~37.60 m段、BD检测剖面34.75~37.60 m段的声速和波幅参数均存在明显异常,且声测线波形畸变严重。该桩6个声测检测剖面中5个存在异常,反映的缺陷基本处同一深度,且缺陷范围超过3 m,初步可判定为Ⅳ类桩,不满足验收要求,应做废桩处理。

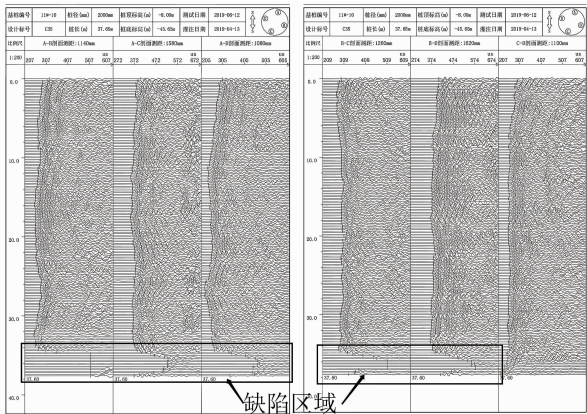


图3 11#-10桩声波透射法检测波列图

进一步研究声波透射法结果发现,AB剖面的声测曲线畸变最为严重,CD剖面无异常,且所有异常剖面均跟A管和B管有关联,因此靠近这两根管的位置需要重点关注。采用钻芯法对11#-10桩进一步验证,该桩桩径大于1 600 mm,需钻3个孔,如图4所示,使2个钻芯孔分别靠近A管和B管,另一孔对称分布。

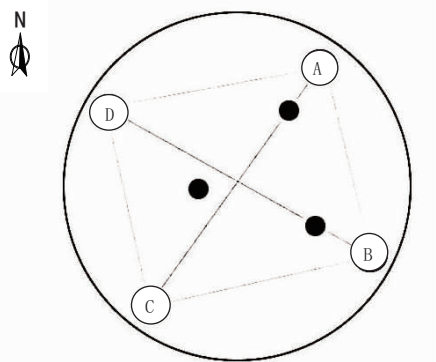


图4 11#-10桩钻芯法验证开孔位置平面图

钻芯验证结果如图5所示,3个验证孔的混凝土芯样均表现为连续完整,断口吻合,芯样表面光滑,未见明显蜂窝麻面沟槽,骨料分布均匀,胶结良好,依据钻芯法结果,桩身完整性可判为Ⅰ类。声波透射法在桩底附近测得的异常信号并没有在钻芯法结果上有任何体现,出现这种明显反差的原因可能是

11#-10桩的桩径较大,且为水下桩,下部护筒未围蔽段的孔壁泥土相对不稳定,塌落至孔底,桩长也较长,吊放钢筋笼时也容易刮碰到孔壁泥土,这些都可能使A管和B管外壁附着泥土,导致这两根管关联的声测剖面信号数据异常。

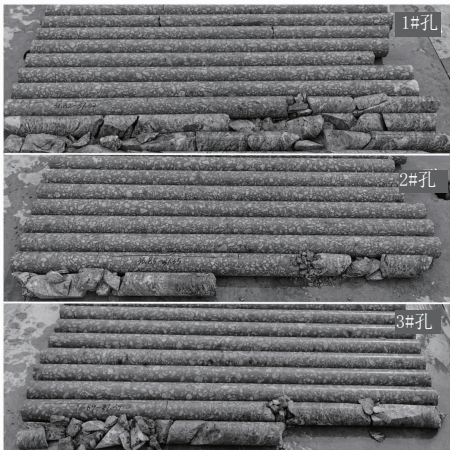


图5 11#-10桩钻芯法验证芯样照片

2.3 钻芯法与声波透射法综合运用实例

某桥梁工程采用钻(冲)孔灌注桩基础,桥墩桩基直径为1 300 mm,桥台桩基直径为1 000 mm,均为嵌岩桩,桩底入中风化花岗岩不少于1.5D。桥台桩基Z4-27桩的桩长为56.95 m,采用钻芯法进行检测时,发现桩身21.41~22.61 m段芯样松散破碎,胶结质量差(如图6),混凝土破碎段长度远大于10 cm,桩身完整性类别应判为Ⅳ类,理论上需做废桩处理。在原桩增加一个钻芯孔进行验证,结果如图7所示,在对应深度范围内并未发现明显缺陷,芯样整体连续完整,芯样表面光滑,胶结良好,说明一孔发现的缺陷并没有完全贯穿整个桩身截面,然而考虑到钻芯法“一孔之见”的局限性,必须扩大检测的有效区域,对缺陷的影响范围做进一步验证。

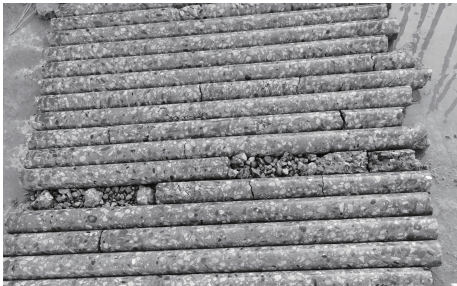


图6 Z4-27桩钻芯法检测芯样照片(松散破碎)

观察到Z4-27桩有预埋3根声测管,可采用声波透射法进行验证,检测结果曲线如图8所示,三个检测剖面的声波参数均无异常,实测波形无明显畸变,表明桩身完整性良好。钻芯法发现的缺陷问题在声波透射法检测信号上没有任何反映,原因可能是

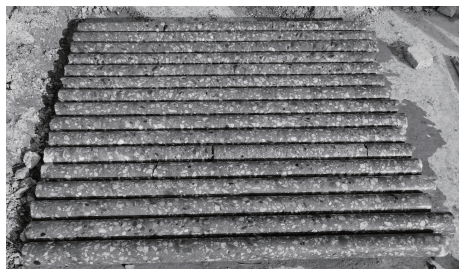


图7 Z4-27 桩钻芯法验证孔芯样照片(完整光滑)

该钻芯孔开孔位置比较贴近桩中心(如图9),而声波透射法仅能检测三根声测管两两之间有限范围的桩身质量,钻芯孔正好位于声波透射法检测的盲区之中,不过这恰巧也同时说明了钻芯法发现的缺陷仅分布在靠近桩中心的狭小空间内。利用钻芯孔作为声测探头的通道,继续检测钻芯孔与三根声测管之间剖面的完整性情况,结果如图10所示,三个剖面声测实测波形均未出现严重的畸变,进一步说明了缺陷的范围主要分布在钻芯孔内及其邻近较小的区域,后续可利用钻芯孔进行高压注浆补强处理,处理后桩身质量可达到使用要求。

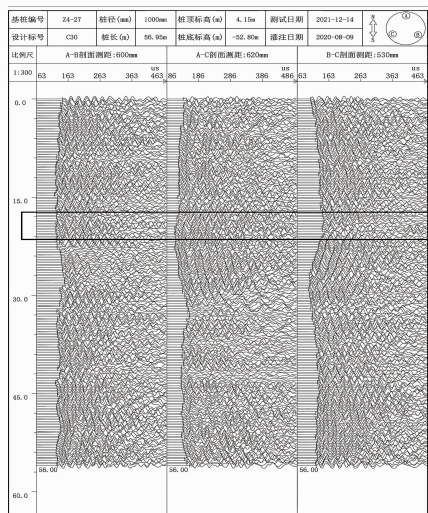


图8 Z4-27 桩声波透射法检测波列图

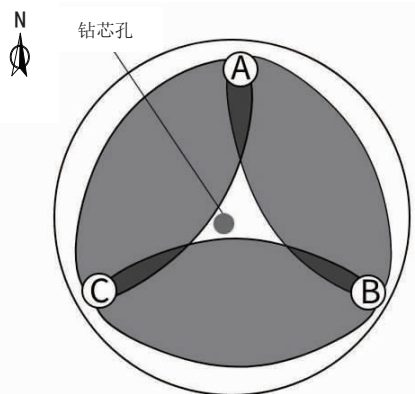


图9 Z4-27 桩钻芯孔与声波透射法检测有效范围位置关系图

3 结 语

(1)低应变法、声波透射法和钻芯法在桩基础质

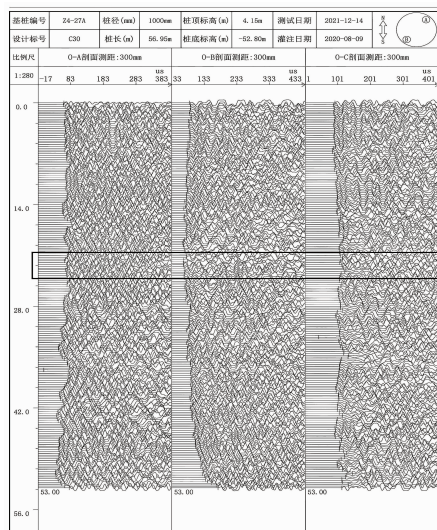


图10 Z4-27 钻芯孔与三根声测管之间测试剖面的
声波透射法检测波列图

量检测中运用十分广泛,它们的实用性和可靠性已获得广大工程师们的认可。三者从原理上分析均有鲜明的优点,当同时也存在一定的局限性,本文通过实例表明,面对沿海软土地区复杂的地质条件,如果仅依托一种检测手段来判断该区域桥梁桩基础的施工质量,往往会夸大存在缺陷问题甚至产生误判。

(2)当低应变法检测信号出现大批量有规律的异常反射时,应当考虑是否因施工工艺、场地地质条件等因素引起的干扰,并采用其他方法辅助验证。

(3)当声波透射法在桩底位置出现异常结果时,应当分析异常剖面与声测管的对应关系,由此确定钻芯法验证孔的开孔位置,提高钻芯法验证的可靠度。

(4)当钻芯法检测某一钻孔芯样出现质量缺陷时,可选用声波透射法扩大检测的范围,同时可利用钻芯孔作为声测探头的通道,测试与其他声测管之间的剖面,来进一步确定缺陷的分布区域,综合判断缺陷对桩身承载力的影响程度。

参考文献:

- [1] 陈凡,徐天平,陈久照,等.基桩质量检测技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2003:98-182.
- [2] 广东省建设工程质量安全监督检测总站.工程桩质量检测技术培训教材[M].北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [3] 邓锋华.基桩完整性检测方法相互验证实例分析及进展[J].广州建筑,2015(4):22-27.
- [4] 段文旭.低应变法和声波透射法在桩基检测中的综合应用研究[D].成都:成都理工大学,2014.
- [5] 钟燕茹.基桩低应变法信号浅部异常实例分析[J].广东土木与建筑,2014,21(7):59-61.
- [6] 杨永亮.超声波透射法在桩基完整性检测中的应用[D].武汉:武汉理工大学,2012.
- [7] 刘冀.桩基检测技术的综合应用[D].长沙:中南大学,2011.