

# 基于水域走航式地震反射波法的跨海大桥桩基检测技术

裴凯 安贺东 宋光猛

上海海科工程咨询有限公司

**摘要:** 随着我国经济快速发展的需要,迫切需要建设更多特大型跨海大桥来提高和完善既有交通网络。跨海大桥建成后,由于受到桩柱周围水动力变化等因素的影响在桩基周围形成冲刷坑可能危及大桥安全,为了保障大桥的结构安全性和稳定性,有必要对冲刷桩基实施防护。水域走航式地震波反射法具有高效、适用、分辨率高等特点,因而被广泛应用于海上物探作业。通过利用水域走航式地震波反射法对东海大桥桩基修复试验施工进行检测作业,获得了必要的施工数据,为后续桩基防护的实施提供了基础和保障。

**关键词:** 水域走航式地震反射波法; 海底桩基冲刷; 跨海大桥桩基检测

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.23.052

## 引言

随着我国经济实力的不断提高及沿海地区经济快速发展的需要,作为经济发展基础设施的跨海大桥建设如火如荼<sup>[1]</sup>。根据已有的建设经验,由于跨海大桥处于陆海相交的海域环境中,一般地质情况复杂,海上风、浪等自然气候条件恶劣,环境条件对跨海大桥设计、施工及后期养护都提出了更高的技术要求<sup>[2]</sup>。大桥建成后,桩柱周围局部水流动力场变化形成旋涡的旋涡会导致桩柱周围流速加快,引起泥沙颗粒的起运和运移,使桩柱周围的海底土产生一定程度的冲刷,形成冲刷坑<sup>[3]</sup>,为了保障大桥的结构安全性和稳定性,有必要对冲刷桩基实施防护。水域走航式地震反射波法勘探是利用介质的弹性差异探测地下目标物的一种物探方法,是水域岩土工程勘察常用的工程物探方法<sup>[4-7]</sup>,其在探查水下地形、覆盖层分层、基岩面起伏及地质构造情况等工程实践中取得了较好的效果。本文通过利用水域走航式地震波反射法对东海大桥桩基修复试验施工进行检测作业,获得了必要的施工数据,为后续桩基防护的实施提供了

基础和保障。

## 一、项目概况

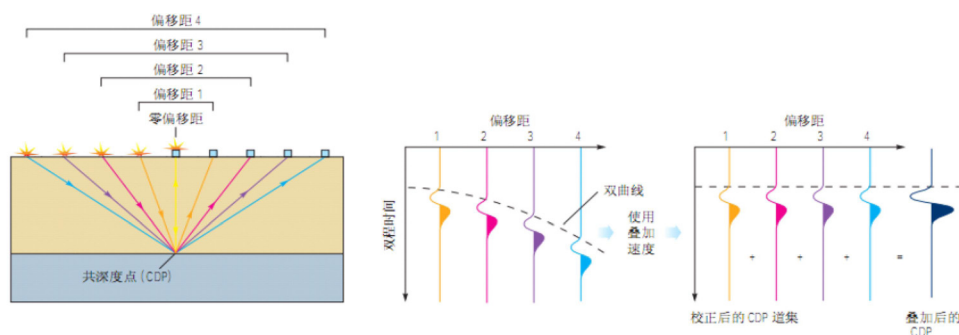
举世瞩目的上海东海大桥是上海国际航运中心的集装箱深水枢纽港的三大重要配套工程之一,是港区与上海陆域交通和港区水、电、通讯的生命线<sup>[8]</sup>。大桥建于2005年,全长32.5千米,是我国第一座跨海大桥。大桥建成后,由于桥桩周围旋涡紊流和所在海域泥沙减少等因素的影响,部分桥桩基出现了较为严重的过度冲刷问题,冲刷深度超过了设计预警值。根据业主委托,在PM135-PM136、PM434-435和PM437-438等6座桥墩的海床完成冲刷防护试验施工后,我方利用‘水域走航式地震波反射法’对修复桩基进行检测,获取试验施工数据,为下阶段东海大桥桥墩全方位防护施工提供数据支持。

## 二、水域走航式地震反射波法

物探方法多种多样,归纳起来有重力法、磁法、电法、地震法、核磁共振法、地质雷达法和地球物理测井法等,在海域,由于海水具有良好的导电性(电阻率 $\leq 0.2 \Omega \cdot m$ ),电、磁信号在传播过程中被良导体—海水吸收而衰减的极快;重力法适合于探测深部构造,相比之下声波的方法(即地震波法)要优于其他方法,并且相对而言便于实施。

水域走航式地震反射波法勘探是利用介质的弹性差异探测地下目标物的一种物探方法。是在离震源较近的若干观测点上,测定地震波从震源到不同弹性的地层界面上反射后回到地面的旅行时间,测线不同位置上的法线反射时间的变化反映了地下地层的构造形态,从而达到划分地质层位或断层、采空区等地质情况。

水域走航式地震反射波方法由于工作船的航速受发动机马力、海水流速、涨落潮、风向、驾驶技术等影响,不可能保持恒定的速度,实际作业中基本上为1.2~1.4m/s之间;震源激发点距取决于船速和震源船冲击间隔时间,震源船冲击间隔时间保持1s,炮点距在



▲一个共深度点(CDP)道集产生的叠加记录。CDP道集是由不同偏移距的若干炮检对在不同共深度点产生的记录共同组成的(左),在时间与偏移距坐标系中显示收集的所有记录(中),其中水平反射层的反射波至形状为一条双曲线,利用叠加速度或偏移距与时间的关系,将波至排列成直线,并通过叠加(右)或累加产生一个单独的记录,它的信噪比要高于所有原始记录。

图1 CDP叠加示意图

1.2~1.5m之间,不同测线或同一测线不同里程段炮点距有所不同,因此本工程采用准CDP叠加方法,即抽取小面元的来自不同激震点、不同接收点上接收的反射地震信号进行叠加。

**三、现场检测及结果分析**

本系统由地震震源、水听器、地震仪、工作船、导航仪器等组成。其中,水听器为12道水上漂浮,道间距0.5米。本工程海域物探测线按照每探测区域电缆布设切向布置,间距50m。外业工作自进场开始,分阶段完成仪器调试,工种配合,场地方法适用性,数据采集等。

水域地震反射波方法数据处理和成图解释流程如

下:

①数据处理:解编→动平衡记录时间补偿→坏道剔除→频谱分析→滤波→速度分析→抽道集→噪音处理→反褶积→滤波→动校正→CDP迭加→多次波消除→偏移→深度衰减补偿→长PCX文件制作→绘制彩色反射波时间剖面图;

②计算各地震道坐标、距离:航迹归一→地震道号与坐标对应点输入→计算各道坐标→插值计算每个CDP点的距离或里程桩号、偏离距。

实测数据经处理,得到的PM135-PM137、PM434-435桥墩桩基检测结果如图1所示。

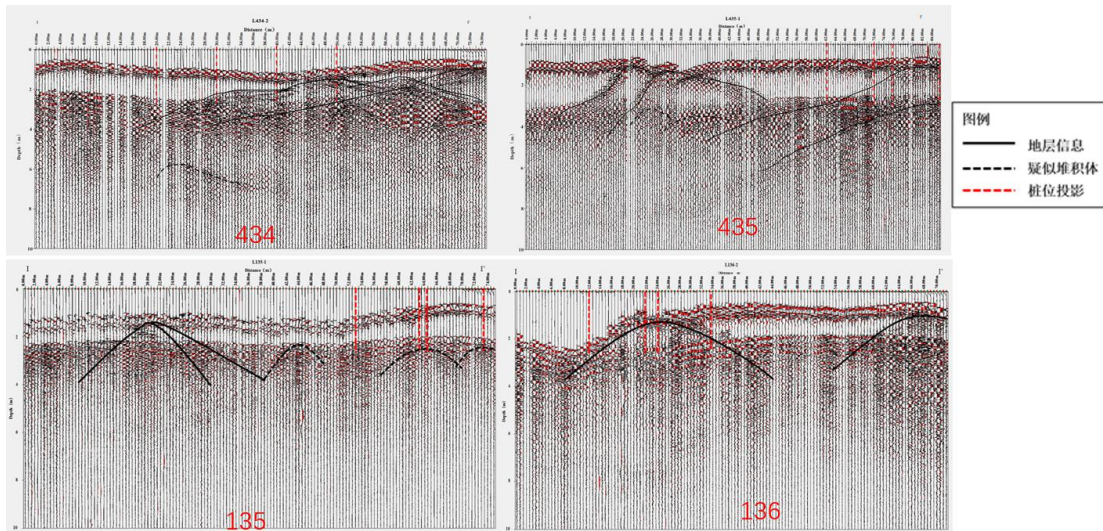


图1 PM135、PM136、PM434、PM435桩基修复物探解释

由图1的物探解释结果,可知大桥桩基修复工程的填料埋深检测结果如下表1所示:

桥墩号	填料埋深 (m)
434	4~5
435	5~7
135	2~5
136	3~5

**四、结语**

伴随着我国经济社会和海洋工程建设的迅速发展,越来越多的跨海大桥由建设期进入运营维护期。由于受到风、浪、流等复杂自然环境的影响,海底桩基的冲刷现象时有发生。为了确保结构的安全性和可靠性,有必要对海底桩基进行修复施工。水域走航式地震反射波法在探查水下地形、覆盖层分层、基岩面起伏及地质构造情况等工程实践中取得了较好的效果,是水域岩土工程勘察常用的工程物探方法。本文将水域走航式地震波反射法应用于桥梁桩基检测,利用水域走航式地震波反射法对东海大桥桩基修复试验施工进行检测作业,实际检测作业取得了良好的效果,获得了必要的施工数据,为后续大桥桩基进一步防护的实施提供了基础数据。

**参考文献**

[1] 蓝兰. 我国跨海大桥建设情况分析[J]. 交通世界(建养. 机械), 2012.

[2] 郭健. 跨海大桥建设的主要技术现状与面临的挑战[J]. 桥梁建设, 2010(06): 66-69.

[3] 孙宁松, 孙永福, 宋玉鹏. 海洋平台桩基冲刷及影响因素分析[J]. 海岸工程, 2004, 23(004): 38-44.

[4] 夏支埃. 港珠澳大桥海中桥隧主体工程勘察中的地震反射勘探[J]. 工程勘察, 2009(05): 89-94.

[5] 吕宝辉, 王海鹏, 张志玲. 海上某工程运用两种不同震源进行的岩土工程勘察应用[C]// 第十五届全国工程物探与岩土工程测试学术大会. 0.

[6] 岳全贵, 陈银生, 邹方华, 等. 水域多道地震反射波法在海底隧道勘察中的应用[J]. 资源环境与工程, 2009, 23(S1): 181-188.

[7] 林朝阳. 水域走航式地震发射波法的应用研究[J]. 工程勘察, 2009(05): 89-94.

[8] 林元培, 章曾焕, 卢永成, 等. 上海东海大桥工程总体设计[J]. 城市道桥与防洪, 2004.

作者简介: 裴凯(1983-), 男, 大学本科, 主要研究方向: 海洋水下工程检测及施工技术。