

物探方法在复合地基检测中的应用

陈耀

湖南省自然资源调查所

摘要：进入21世纪以来，信息技术飞速发展，与此同时，科学技术水平逐年提升，在各行各业中发挥了重要作用，并且推进了行业的发展。随着城市化进程的加快，城市建设规模越来越大，在城市建设工程中，地基基础的建设对至关重要，需要引起人们足够的重视。复合地基常被用于处理与加固承载力较低的淤泥质土、湿陷性黄土、非欠固结人工填土等软弱地基，不仅可有效提高地基承载力，还可降低地基沉降，且施工简单，成本较低。针对复合地基检测时存在各种问题，本文阐述在对复合地基常见检测展开概述的基础上，对物探技术在复合地基检测中的应用展开分析。

关键词：物探技术；复合地基；检测技术；应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.18.015

引言

在一些建筑工程施工中，为了提升地基的稳定性和抗压性，保障整个建筑物的稳定性，一般会采用复合地基，人工加强软弱土体来进行地基的加固。该类地基的检测涉及多个领域和专业的知识，在检测工作中，检测人员可以结合实际施工情况，进行检测方法的合理选择。本文针对物探技术在复合地基检测中的应用展开概述。

一、复合地基常见检测技术

(一) 低应变测试技术的应用

复合地基检测技术所应用的技术手段较为多样化，其中低应变测试技术是诸多技术手段中的一种，它能后确定桩身的有效性与完整性，并且能够确定桩身缺陷所处的位置。该技术应用过程中所展现的基本原理主要为在桩头施加一竖向激振，产生弹性波，逐步向下传递，这一过程中桩身强度以及密度、面积等的变化，都将影响最终反射波的长短。而低应变测试技术在数据处理的过程中，也可以实现数据信息的正确反馈，做好桩身信息的归纳，基于不同部位所反映的数据信息，进一步探究桩身是否完整以及强度是否符合工程设计标准。

低应变检测作为快速确定桩身完整性的检测方法，不仅可以快速确定桩身完整性，初步筛查桩身质量。而且在缺陷桩桩身处理后，能辅助确定桩身处理效果，缩短建设工期。下面是某工地用低应变检测技术确定缺陷桩处理效果的实例：

桩设计参数：桩长9.0米，桩径1000mm，桩身混凝土强度等级C35。在低应变普查中发现此根桩桩身完整性等级为IV类桩，后经抽芯检测发现在4.7-5.2米桩身

离析，注浆处理后低应变检测桩身完整性为II类桩，注浆处理后抽芯检测发现离析得到改善，其桩身完整性可判为II类桩。

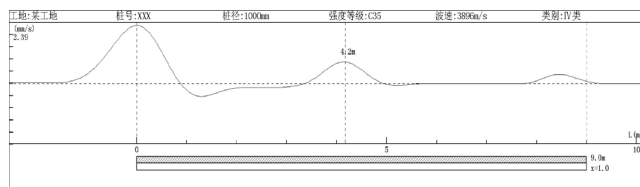


图1 注浆处理前低应变曲线



图2 注浆处理前抽芯图片

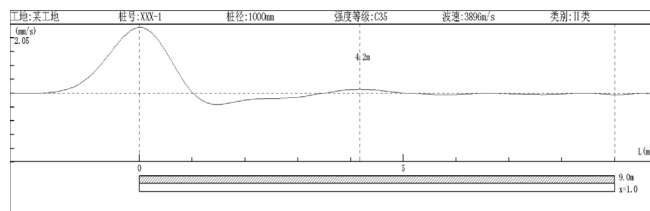


图3 注浆处理后低应变曲线



图4 注浆处理后抽芯图片

(二) 单桩复合地基静载试验

单桩复合地基静载试验主要用于检测判定单桩复合地基的承载力是否满足要求以及确定上部荷载的要求及其变形参数。单桩复合地基静载试验的基本原理与单桩静载试验基本相似，其通过接近于复合地基的实际工作条件的试验方法，在复合地基表面通过承压板逐级施加竖向压力，观察复合地基所实际产生的沉降，从而确定相应的单桩复合地基承载力的特征值。

二、物探技术在复合地基检测中的应用

物探，全称是地球物理勘探。物探技术作为探测手段，是分析探测地质对象及其周围介质的物理差异。借助物探仪器，对地下介质土体相关信息获取，通过深入

分析获取区域的地质特点，及时发现地下异常现象，并且提出应对方案。将物探技术应用于工程复合地基检测中有比较显著的优势，物探技术可提高工程规划的科学性，为工程建设方案的制定提供参考。

在地基检测中物探技术能够提高地下地质的勘探能力，精准判断地质类型对于工程地质勘探的可持续发展具有重要意义。而且，在物探技术下，可使建设工程方案更加合理，保障工程建设施工的质量及安全，对于提高工程建设质量水平有重要的作用。

(一) 地震勘探技术

随着现代科学技术的发展，数学、物理、计算机等学科与地震勘探技术融会贯通，地震勘探技术也更新换代，获得地震波的传播规律，并对此基础信息进行仔细分析，从而精确掌握工程地质构造的性质及主要形态。

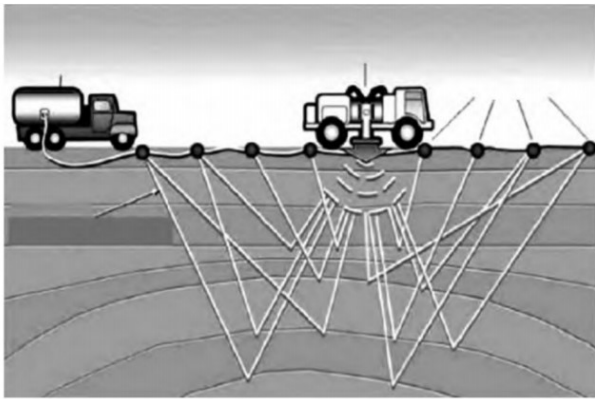


图5 地震勘探技术原理图

地震勘探技术的主要探测原理如图5所示。在工程地质探测过程中，应用地震勘探技术时，需要由人工制造地震这一操作来提供所需要的震源。一般而言，采用引爆炸药的方式来制造震源，使地表产生强有力的震感，再结合在探测点提前放置的超高精度仪器进行震动信息的收集。震动信息收集完毕后，进行全面分析，对工程地质构造相关情况进行反演。人工地震产生的地震波会在地质岩层界面产生反射和折射现象，地震勘探技术可以对探测到的地震波信号、特征和位置进行系统、全面的数据处理及分析，获取所需要的工程地质基本形态。在工程地质探测过程中应用地震勘探技术时，其探测深度大、范围广，是一种各方面都相对较好的技术。美中不足的是，应用地震勘探技术分析三维模型时精确度较差，准确度也不高，难以进行有效控制。

例如，在夯实水泥土桩复合地基的检测中，应用瑞雷波检测能快速发现整个强夯地基强夯加固的均匀性和整个场地地基承载力特征值。瑞雷波是一种面波，它在介质的自由界面附近传播，其形成与传播直接与介质的物理特性有关。在二维空间中，瑞雷波传播时，其介质的质点振动图像是逆时针的椭圆形，椭圆的长轴垂直于自由界面，短轴与波的传播方向平行，长轴约为短轴的

1.5倍，在三维空间有同样的情形。瑞雷波就是靠这种形式的质点振动及质点与质点间的相互影响传播的。由理论公式推导可知，瑞雷波传播的速度约为同介质内横波速度的0.92倍。由此可知，瑞雷波的传播速度可以反映介质的物理特性和存在状态。

研究证明：瑞雷波能量主要集中在地表下一个波长的范围内，而传播速度代表着半个波长 ($\lambda_R/2$) 范围内介质震动的平均传播速度。因此，一般认为瑞雷波法的测试深度为半个波长。而波长与速度及频率有如下关系：

设瑞雷波的传播速度为 v_R ，频率为 f_R ，则瑞雷波的波长 λ_R 为：

$$\lambda_R = \frac{v_R}{f_R}$$

当速度不变时，频率越低，测试深度就越大。

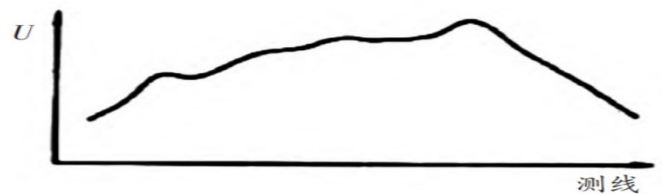
瑞雷波法是利用瑞雷波的上述运动学特征和动力学特征来进行工程地质测试的物探方法。瑞雷波有三个与被测地层有关的主要特征：

- ① 在分层介质中，瑞雷波具有频散特性；
- ② 瑞雷波的波长不同，穿透深度也不同；
- ③ 瑞雷波的传播速度与介质的物理力学性质密切相关。

通过经验公式 $f_{ak} = 2.777V_f^{0.796}$ ，可通过得到整个场地的瑞雷波波速快速确定地基承载力特征值。

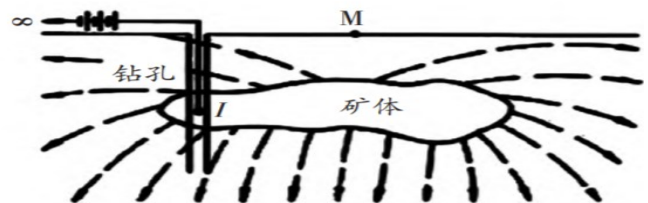
(二) 电法勘探技术

电法勘探技术是一种综合了电磁法、瞬变电磁法、高密度电法等物探技术。地质岩层中矿石和矿体具有导电性、导磁性等相关特征，电法勘探技术结合了上述特征对工程地质进行探测。该物探技术的探测原理如图6所示。



U.感应电压。

a) 感应电压与测线关系曲线



M.地面参考点；I.电流。

b) 勘探过程

图6 电法勘探技术原理图

某实验楼西侧拟建设用地，长约100m，宽约80m。原为一低洼区，后期被回填，岩土结构较为复杂。经实地勘查可知，覆盖层为第四系粉质粘上，杂填土、植物根茎以及一些碎石或较大的块石组成。下伏基岩为火成岩，埋深在10m~30m左右。各种岩石之间存在明显电性差异，具备电法勘探的条件。

在勘查区布设了四条勘探线，间隔为10m；每条勘探线上又布设了5个勘探点，间隔为10m。测区共完成物探检测点20个，系统检查点4个，占总工作量的20%；最大均方相对误差 $M_{max}=1.56\%$ ，最小均方相对误差 $M_{min}=0.37\%$ ，平均均方相对误差 $M=1.15\%$ 。

经检测后，可知研究区表层电阻率相对较低，为第四系粉质黏土、杂填土等；下部为基岩，基岩面总体上呈现由北到南、由西向东升高的趋势。结合实际情况，研究区北面紧邻水池，由于其渗水导致呈现低阻现象。在1线中部电阻率很低，应为一富水区。研究区东部由于表层为一些碎石或较大的块石组成，且表面压实程度较高呈现高阻现象。

三、建设工程复合地基检测技术优化策略

（一）完善复合地基检测技术方案

建筑企业应该结合工程实际情况，对复合地基检测技术方案以及相关流程进行完善，对检测内容和检测目标明确掌握。在复合地基检测之前，工作人员必须对施工场地进行全面调查，以建设工程相关资料以及检测要求为基础，确保制定的复合地基检测方案具有较高合理性和可行性，对复合地基检测技术进行科学选择，优化配置人力资源的同时，严格遵循作业流程。作为建设工程的基础环节，复合地基检测在工程施工之后就会自动转变为隐蔽工程，因此，必须确保相关工作在施工之前全部落实到位，通过对相关计划方案的不断规范与完善，确保复合地基检测技术具有的作用能够真正发挥到建设工程项目施工中。

（二）加强复合地基检测技术管理

建设工程复合地基检测作为一项具有较高系统化特征的工作，检测人员自身是否具有较高专业能力和职业素养，对工程项目整体质量与安全产生了重要影响。因此，建筑企业必须加强对复合地基检测人员的职业培训，提高检测人员的专业水平，确保最终检测结果不会在人为因素的影响下丧失准确性。检测仪器是确保复合地基检测信息结果具有较高准确性的核心，在长时间的运作过程中，检测设备出现损坏和老化的现象屡禁不止，因此，在复合地基检测之前，工作人员必须对仪器

设备的精准度进行反复验证，确保仪器设备始终保持正常工作状态。建筑企业还要加强对管理体系的全面优化，对检测监督、技术运用、权责关系等内容给予高度关注，确保作业细节得到进一步优化。

（三）提升复合地基检测技术水平

复合地基检测技术作为建设工程复合地基检测工作的根本，只有通过不断优化相关技术措施，才能确保建设工程项目复合地基检测目标与技术功能相契合，实现提高复合地基检测质量的目标。

在对复合地基检测技术进行优化的过程中，工作人员必须严格遵守相关规范要求，对检测技术的先进理论以及实践方式进行不断探索与创新，消除传统技术存在的弊端，提高检测技术的针对性和普适性，充分发挥复合地基检测技术的作用，为建设工程复合地基检测技术的创新发展贡献积极力量。

四、结束语

综上所述，地基检测技术的有效应用，能够为建筑工程项目整体质量与安全性提供有力保障，对促进我国建筑行业发展水平的进一步提升具有重要意义。本主要针对复合地基检测技术的相关内容做出分析，在探讨其常见检测技术的基础上，提出物探检测技术的应用，并提出优化复合地基检测水平管理措施技术，使得技术应用更加科学与合理，达到更好的检测效果，符合现阶段地基检测的需求，并且达到建筑工程施工标准。

参考文献

- [1] 李朝杰. 论建筑工程地基基础检测技术要点及优化措施[J]. 建材与装饰, 2020(11): 9-10
 - [2] [4] 李春生. 在岩土工程勘察中工程物探技术的应用与优化措施研究[J]. 产城: 上半月, 2021(6): 39-40
 - [3] 柴绪令. 工程物探技术在岩土工程勘察中的应用研究[J]. 建筑技术开发, 2020, 47(23): 156-157
 - [4] 尹皓亮. 建筑工程地基基础检测技术要点及优化对策研究[J]. 居业, 2022, (09): 76-78
 - [5] 胡敏. 建筑工程地基基础检测技术要点及对策[J]. 中小企业管理与科技(上旬刊), 2019(09): 137-138
 - [6] 余盛. 建筑工程地基基础检测工作的策略探究[J]. 工程技术研究, 2019, 4(12): 15-16
- 作者简介: 陈耀(1990-04), 男, 汉, 湖南娄底人, 本科, 工程师, 研究方向: 物探。