

45-47

应用探地雷达技术检测地基加固质量的探讨

TU 712.3
TU 472

吴 晋 徐兴新 陈嘉鸥 吴相安 叶 斌

(中国科学院广州地球化学研究所·广州·510640)

根据应用探地雷达技术检测和评价地基加固质量的初步探索结果,对应用前景进行了分析。

关键词 探地雷达 地基加固 质量评价

建筑

因地基质量问题造成建筑工程质量不合格、报废、失事时有发生,因此如何全面、经济、快速、有效地对地基加固质量进行检测和评价,一直是施工建筑部门关注的问题。

探地雷达技术是将频率在几兆赫到几千兆赫的高频电磁脉冲波通过发射天线向地下发射,电磁波在地下传播的过程中遇到电性差异明显的地质体或目标时,部分电磁波就会发生反射,被地面上的接收天线接收,信号经计算机处理成连续的图像实时显示,通过对探测图像的分析,便能了解到地下情况。

1 软地基强夯加固效果的探地雷达检测

广东省某纸厂仓库地基工程地处珠江三角洲北部和狮子洋交汇三角洲地段,属河漫滩堆积,后经人工堆填整平。该地基采用160 kN的重锤强夯处理,锤的底面积3 m²,落距16 m,夯点间距3.5 m。整个强夯区以1.5 m的间距布设深度为10 m的砂井,以利于强夯时土中的水分排出。通过对已夯区和未夯区的探地雷达图像对比分析发现:已夯区和未夯区在图像上有明显差异(图1、表1)。

表1 已夯区和未夯区在图像上差异

参 数	未夯区图像特征	已夯图像特征
反射界面数量及反射强度	较多、较强	减少、减弱
反射界面的形状	弯曲、粗宽、连续性差	连续、平直、细密
反射界面位置		下移

1.1 沉积分层情况

表2 某纸厂探地雷达检测图像结果推断解释表

界面序号	反射界面时窗位置	土层的钻孔资料	界面的性质	套算出的各土层的波速	从有关文献查出的参考波速
1	105 ns	填砂层 0 m~4.55 m	砂-淤泥界面	0.18 m/ns	0.15 m/ns
2	232 ns	淤泥层 4.56 m~9.70 m	淤泥-淤泥质土界面	0.08 m/ns	0.09 m/ns
3	385 ns	淤泥质土 9.71 m~13.90 m	淤泥质土底界	0.07 m/ns	0.06 m/ns

1.2 强夯作用波及的水平范围

以夯实区的反射界面明显减少、减弱为依据,由图像上可以看出:强夯作用水平范围已经延伸到夯实界线以外的区域。从现场实测得知:标记1与标记2之间的长度是13.2 m,而从图像上量出的夯实

由图1可见,夯实区有3层较强的反射界面,钻孔资料表明,该处地层由填砂层(0 m~4.55 m)、淤泥层(4.56 m~9.70 m)和粉质粘土层(13.91 m以下)组成,采用以介质厚度套算波速的方法进行验证(表2)。从表2可见,按厚度套算出的波速与参考波速基本相符,表明探地雷达图像上的强反射界面反映的是地层界面,说明应用探地雷达技术并结合钻孔资料对地层的性质和厚度进行勘查可行。

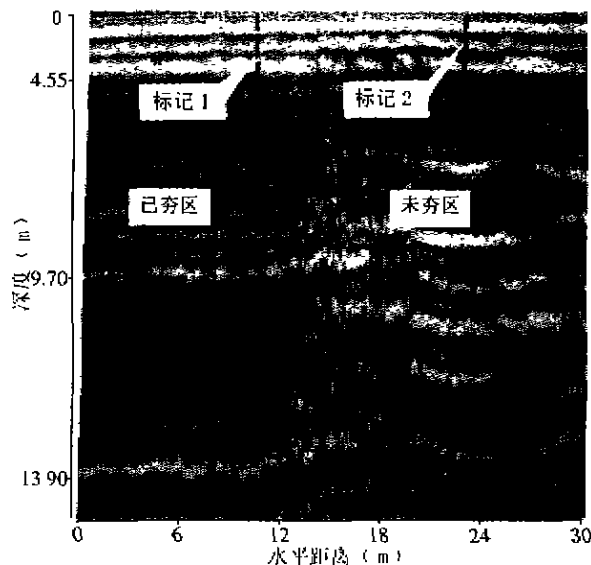


图1 某纸厂强夯地基探地雷达检测图像

图中标记2为已夯区和未夯区的边界线,其左端区域为已夯区,右端为未夯区,标记1至2之间是一条土石路

1.3 强夯作用的深度

夯实区反射界面明显减少和减弱的范围在图像上可达 337 ns 以上,按平均波速来计算,强夯波及的深度大约为 14 m 以上,这一深度比按我国采用的公式 $H = k \times Mh/10^{1/2}$ (取软土的折减系数 $k \approx 0.50$) 计算出的强夯加固深度(8 m)多出 6 m。分析其原因,在强夯作用下,深部土层界面也会产生明显下移,但由于深度较大且无沙井滤水,土层的含水量并无减少,土的密实度相对增加很少,这是因为在这一深度土层中冲击波的能量不足以使土产生塑性变形基本上不产生固结作用,因此在图像上显示的这一深度并不代表使地基承载力改善的有效深度。

由图像可知已夯区仍存在的反射界面与未夯区的相对应的反射界面在时间轴方向上发生位移。以淤泥—淤泥质土界面为例:已夯区界面位置为 232 ns,未夯区的界面位置为 266 ns,已夯区界面相对上移约 34 ns。反射界面的位移规律为浅部位移稍小,深部位移量稍大,刚好与强夯作用引起的土层下沉的规律相反,由此可推断出浅部土中水分排除较多(水的波速较低),引起电磁波传播速度的提高。而深部仍存在着较大的位移量,其原因是虽然强夯作用涉及深度较大,引起土层明显下沉,但由于深部的强夯强度不够大,且又无沙井滤水,土的含水量变化可能很小,电磁波传播速度变化不大,在图像上反映的界面的位移较大。综上所述。图像浅部的反射面位移可能主要反映了土的含水量、密实度和土层下沉变化等方面的情况,而深部的反射界面位移较单纯地反映了土层下沉的情况。如果能够建立反射界面位移量与表征地基承载力的土的物性指标如:土的含水量、孔隙率、饱和度、塑性指数等相关关系,就能对强夯的质量及有效作用深度做出评价。

2 灌浆质量的探地雷达检测

灌浆法也是一种有效的地基加固处理的常用方法。这种方法在基坑工程、软土地基加固、建筑堤坝防渗墙方面得到广泛的应用。图 2 是湖南某水库大坝劈裂灌浆防渗墙的一幅探地雷达检测图像。图像上的强反射(白色)锥形影像为浆脉的影像,探地雷达图像可以显示出浆脉的分布深度和浆液的扩散范围随深度变化的情况,因而可以判断出灌浆的深度和范围是否达到工程设计要求。也可依据探地雷达检测结果对未达到设计要求的部位进行补救处理。图像 2 中最右侧的多层双曲线形垂直条带是没有灌到浆的空洞影像。可见应用探地雷达对灌浆质量进

行检测是一个值得深入探索的课题。



图 2 湖南某水库大坝劈裂灌浆的探地雷达检测图像

3 水泥预制桩沉桩质量的检测试验

水泥预制桩的桩尖是否作用于持力层、打入深度、桩位及桩身垂直度如何是衡量成桩效果的主要指标。通常采用静载、动测和最后 1 m 锤击数的方法来判断,但在地下地层结构变化较大、地质条件较复杂的情况下(如有坚硬的夹层),就会出现错误的判断。通过探地雷达技术对混凝土预制桩加固地基的检测试验结果表明:探地雷达图像可以显示出预制桩的桩位分布、沉桩深度、桩尖是否作用在持力层上,以及桩身垂直度。

1) 沉桩深度:图 3 中垂直的锥形影像即为桩身的影像,根据电磁波在水泥中的传播速度计算出 11 根桩沉桩深度,其中有 4 根桩为 21.4 m(相当于 352 ns 处),其余 7 根为 17.1 m(相当于 281 ns 处)。



图 3 某钢厂地基预制桩沉桩情况探地雷达检测图像

2) 桩尖作用的位置:打桩区地层可分 4 层:表层为填土层;其下强反射界面可能是与淤泥层接触的界面;再下层为粉质粘土;粉质粘土层之下多条连续平行的反射界面是风化层,经钻孔验证这一地层走向趋势与图像上显示的结果吻合。值得注意的是,

不能根据图像直接判断桩尖是否进入持力层,这是因为桩体波速比地层波速高得多,在图像上有“缩短”的现象。如果能够获得电磁波在各层土层中的传播速度数据,精确算出风化层(即持力层)的深度,就能对桩基是否作用在持力层中做出评价。

3)桩身的垂直度:从图像上可清晰显示出桩身的垂直情况。箭头所指处预制桩的桩身稍有偏斜。

4)桩位分布:图像可准确显示出桩位分布,但在这幅图像上由于桩间距较小(仅1.5 m~2.5 m),天线视场较宽,所以将相邻的桩身也显示出来。

4 讨论

1)强夯处理后的地基在探地雷达图像上表现为反射界面减少、减弱、发生位移,这些现象与地基经强夯后土层产生下沉以及土的密实度、含水量等方面发生变化有关。如果建立它们之间的定量关系,

就可以对强夯的质量进行评价。

2)探地雷达图像上显示的浆液材料分布情况,可对灌浆质量进行评价。

3)探地雷达可对水泥预制桩的沉桩位置、深度、桩身垂直度做出评价。如果要检测桩尖是否进入持力层,首先必须要知道各地层的波速,精确算出持力层的深度。

4)应用探地雷达(结合少量钻孔资料)进行工程地质调查,省时、省力、经济。

5)有些灌浆工程,浆液在探地雷达图像上显示不明显,是否与周围介质和浆液的电性差异不大有关,有待进一步探讨。

参考文献

- 1 范国新、陈平.探地雷达原理、设计思想及其实现.电波科学学报,1992,7(3)
- 2 建筑桩基技术规范.北京:中国建筑工业出版社,1994
- 3 工程地质手册.北京:中国建筑工业出版社,1995

AN INITIAL INQUIRY INTO TO THE EXPLORATION WITH GROUND PENETRATING RADAR TO EVOLUATE THE QUALITY OF FOUNDATIONS REINFORCE

Wu Jin, Xu Xingxin, Chen Jiaou, Wu Xiangnan, Ye Bin

Accoding to the initial results obtained from ground penetrating radar exploration for evolution the quality of foundations reinforce, the prospects of the approach are discussed in this paper.

Key words ground penetrating radar, foundation reinforce, quality evaluation

第一作者简介:

吴晋女,1950年生。1976年毕业于长春地质学院岩矿分析专业。现任中国科学院广州地球化学研究所工程师。主要从事遥感技术应用研究及探地雷达技术在水利工程隐患探测等方面的应用研究。

通讯地址:广东省广州市五山 中国科学院广州地球化学研究所 邮政编码:510640

