

探地雷达在混凝土施工质量无损检测中的应用

董 延 朋^{1 2}

(1. 山东科技大学 地球信息科学与工程学院 ,山东 青岛 266510 ;2. 山东省水利科学研究院 ,山东 济南 250013)

摘 要 :阐述了探地雷达在混凝土施工质量无损检测中的工作原理和方法 ,结合工程实例 ,介绍了探地雷达在不影响结构安全的前提下检测混凝土内部缺陷的方法和资料处理、解释步骤。

关键词 :探地雷达 ;混凝土 ;无损检测

中图分类号 :P631 ;TN959

文献标识码 :A

文章编号 :1000 - 8918(2006)05 - 0468 - 03

在工程施工中 ,混凝土的使用十分普遍 ,在混凝土浇筑过程中 ,其内部可能会出现蜂窝、麻面、孔隙或裂缝等缺陷。如何对混凝土施工质量作一个全面客观的评价是业主、监理和施工三方都十分关注的问题。

混凝土施工质量的无损检测常用的方法主要有探地雷达扫描成像、声波法、回弹法和超声回弹综合法等。雷达探测作为工程物探中的一种无损检测方法 ,可快速查明混凝土的内部缺陷 ,而且探测精度高 ,成果图像直观、易于解释。由于探地雷达配备了多种频率的天线 ,在工程施工检测中 ,探测深度范围可以从几十厘米到几十米 ,应用领域更加广泛。

1 探地雷达技术

探地雷达是利用高频电磁波(MHzGHz)以宽频带短脉冲形式 ,由地面通过发射天线送入地下 ,电磁波在地下传播时 ,当遇到存在电性差异的地下介质或目标体时 ,雷达波部分能量会发生反射返回地面 ,由接收天线接收 ,并以波形或图像的形式存储在雷达主机中 ,以待进一步地分析处理和解释。^[1 2]

雷达接收到的信号大小与天线的特性 ,地层的衰减 ,目标体的深度和反射特性以及雷达的工作频率和发射功率均有关系。在仪器性能和地下介质一定的情况下 ,探测深度主要取决于工作频率的选择及地层的衰减系数。

探地雷达技术用于检测混凝土厚度、内部缺陷和衬砌混凝土与围岩的结合情况。现场工作时 ,采用剖面法进行观测 ,固定天线距和测点距 ,雷达系统沿测线同步移动 ,一发一收连续采集形成 1 幅雷达

图像或波形图 ,通过对雷达扫描图像的判读和识别 ,可以了解被探测地下目标物的埋深和分布特征。

2 工程应用实例

山东省某水库溢洪道泄槽陡坡工程于 2005 年 10 月开工 ,为了减少成本缩短工期 ,由泵送混凝土改为多台拌合站加溜槽输送混凝土料 ,未用滑模施工 ,而用边模控制面层高程 ,表面用 6m 长铝合金方管标杆控制平整度 ,致使效果不好。特别是浇筑最后几块底板时 ,寒流已至 ,为了尽快完成该分部工程 ,施工方采取了防冻(掺加防冻剂)保温措施 ,边浇筑边盖保温塑料薄膜和草苫子 ,但在覆盖塑料薄膜和草苫子时无法避免踩踏混凝土表面 ,以致损坏 ,虽然随后又重新整理压光 ,但由于初凝和上冻 ,找抹的不甚平整 ,平整度和外观质量较差。工程完工后 ,陡坡表面用肉眼即可看出很不平整 ,且出现起皮、石子外露、裂缝等缺陷。

这一现象引起了有关部门对陡坡工程施工质量的怀疑 ,并提出了对该部位混凝土质量进行全面检测的要求。为了避免检测的盲目性 ,首先开展物探普查 ,应用探地雷达进行无损检测。

2.1 工程概况

溢洪道泄槽水平总长 54.25 m ,横断面为矩形 ,宽 83.4 m ,分 2 段 ,第一段长 20 m ,轴线与闸室轴线在 1 条直线上 ,始端底高程 201 m ,末端底高程 200 m ,底坡 $i=0.05$;第二段长 34.25 m ,轴线比闸室轴线向左偏转 10° ,始端底高程 200 m ,末端底高程 185 m ,底坡 $i=0.5$,与上游槽底、下游消力池底分别以圆弧连接。

陡坡施工采用 C25 钢筋混凝土结构,厚 1 m。考虑到温度变化和地基的不均匀沉陷对底板变形的影响,底板必须设纵缝(顺水流方向)和横缝(垂直水流方向),错缝布置并在每块板的上游端设置深 1.5 m 齿墙。泄槽底板位于花岗片麻岩上,在溢流时除作用于自重和水重外,还承受高速水流的脉动压力、拖拽力及动水压力等。陡槽末端最大流速达 20.91 m/s,高速水流可能在接缝等不平整处产生局部真空负压,甚至引起气蚀并增强动水脉动压力,增加对底板的冲击力及拖拽力。

2.2 现场测试方法与工作布置

通过查阅设计资料、察看现场,并根据测试目的和实际物性条件,陡坡段钢筋混凝土无损检测采用瑞典生产的 RAMAC 探地雷达,主机型号是 CU II,天线是 800 MHz 屏蔽天线,距离触发。由于不同频率天线的探测深度不同,陡坡段混凝土设计厚度在 1 m 以内,根据监理方的记录资料,基础超挖深度也不会超过 2 m,因此 800 MHz 天线能够满足检测深度的需求。综合考虑该地段剖面特征,选取混凝土内部雷达波速值为 0.12 m/ns,与下伏岩石内部雷达波速值相近。探地雷达现场工作参数为:采样频率 12 143 MHz,样点数 480,叠加次数 8,时间窗 40 ns,道间距 0.020 05 m,天线距 0.14 m。

由于探测区域的形状和表面情况的限制,根据陡坡场地特点,沿水流方向布置探地雷达测试剖面,天线由测距轮引导从陡坡下部向上移动连续采集。

2.3 缺陷判定^[3]

根据电磁波的反射原理可知,当混凝土均匀、质量较好而不存在缺陷时,只能在混凝土衬砌界面与围岩界面上形成反射波。反射波的强度与 2 种介质的波阻抗差异有关,若差异较大,会形成较明显的反射现象;反之,反射现象较弱。当混凝土与围岩结合部位有脱空缝时,由于脱空缝中多以空气或水充填,充填物与混凝土的波阻抗差异较大,会形成较强的反射现象。

当混凝土内部存在有蜂窝、空洞等缺陷时,一般情况下缺陷体内充填物多以空气和水为主,其波阻抗远远小于混凝土的波阻抗,因此在这些缺陷部位会发生较强的反射和散射现象;当混凝土中存在不均匀体时,与周围均匀、密实的混凝土形成波阻抗差异,因此,在不均匀处也能形成反射现象,但这种反射较前者要弱。

混凝土内部缺陷形态和体积各不相同,分布范围不连续,而且分布位置深浅不一,因此,在雷达探测剖面图中则反映为反射波位置不连续,呈间断出

现、反射信号能量大小不一等特征。

2.4 资料处理与解释

雷达图形常以脉冲反射波的波形来记录,以波形或灰度显示雷达探测剖面图。由于地下介质相当于一个复杂的滤波器,介质对波的不同程度的吸收以及介质的不均匀性质,使得脉冲到达接收天线时,波幅减小,波形变得与原始发射波形有较大的差异。另外,不同程度的各种随机噪声和干扰,对实测数据也有影响。因此,必须对接收信号实施适当地处理,以改善资料的信噪比,为进一步分析解释提供清晰可辨的图像。^[4]

探地雷达资料处理过程如下:①对原始数据做一维滤波处理,去除直流漂移;②进行静校正,找出直达波,移动开始时间;③控制增益处理,将深部信号进行放大;④进行二维滤波,抽取平均道去除图像中的水平部分;⑤一维滤波切除过高频率和过低频率的信号;⑥进行二维滤波,滑动平均抑制噪声,使图像平滑。

图像解释就是识别异常,这是一个经验积累的过程,一方面基于探地雷达图像的正演结果,另一方面由于工程实践成果的获得。只有获得高质量的雷达图像并能正确的判别异常才能获得可靠、准确的地质解释结果。

图 1 是此次混凝土施工质量检测的 2 幅典型雷达剖面。根据图像结果分析,混凝土内部缺陷主要为脱空(混凝土与围岩界面有较大孔隙)、混凝土不密实、混凝土孔隙裂缝等。而且,缺陷分布不集中,占总检测断面的 10% 左右,怀疑为混凝土振捣不密实、抛石填筑不合规范等原因所致。图像中在深度 0.4 ~ 0.8 m 左右,雷达的能量谱有明显的不均匀现象,反射信号较强,认为是混凝土疏松、不密实的反映,特别是在图 1a 中,混凝土不密实现象分布较多。

空洞孔隙是雷达探测中经常遇到的问题,大到溶洞,小到衬砌中的脱空区及混凝土的孔隙。脱空区与空洞没有本质区别,只是规模小一些,它的鲜明特点是反射波信号特别强,而且多次波比较发育,电磁波在脱空处多次反射,能量逐渐消耗,从而使接收到反射波的时间持续较长。

根据分析在 2 幅剖面图中均存在混凝土孔隙和脱空区,孔隙反射的能量谱强度比脱空区的反映要弱一些,但比混凝土不密实的反映要强的多。在雷达探测过程中还发现了 1 个有分析价值的现象,就是在图 1a 中,纵向深度为 1.21.6 m 左右,雷达波反射信号也较密集,综合考虑认为是施工过程中基础超挖后,乱石回填的反映。

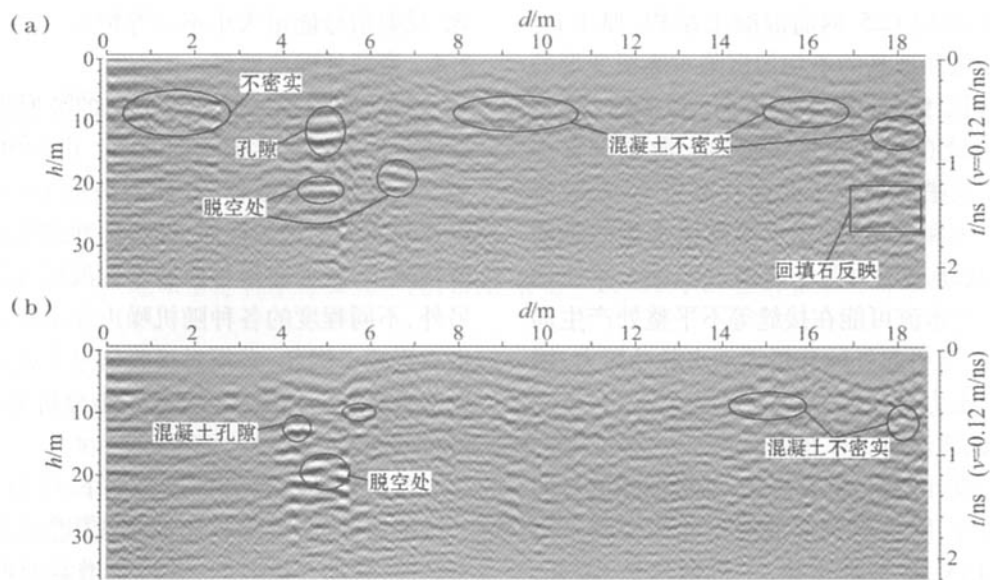


图 1 雷达探测剖面

由于本次检测所采用的天线为 800 MHz 屏蔽天线,它对目标体的最小检测尺寸为 2 cm,而混凝土结构施工中所使用的钢筋尺寸为 1.6 cm,因此,在雷达剖面图中无法识别出表层钢筋的位置。欲对混凝土结构中的钢筋进行检测需要更换高频(1 或 1.6 GHz)天线,并将雷达参数的道间距设置成最大不超过钢筋直径的 1/3,然后再进行检测,这样混凝土结构中的表层钢筋位置则清晰可见。

3 结语

通过探地雷达的无损检测对泄槽段陡坡混凝土施工质量有了较全面的了解,为取芯检测提供了很好的依据,既节省了资金又避免了破坏性检测的片面性和盲目性。

探地雷达方法检测混凝土施工质量具有速度

快、探测精度高、可获得连续结果等特点,在水工混凝土质量检测中具有广泛的应用前景。但是,在应用探地雷达检测混凝土质量时,需根据雷达图像来识别混凝土的质量缺陷,因此对检测人员要求较高。现场测试人员应与有经验的水工专业人员配合进行综合判断,以提高检测工作的准确性。

参考文献:

[1] 李张明. 地质雷达在三峡工程施工阶段应用研究[J]. CT 理论与应用研究 2000 (3) :41.
[2] 孙志恒, 鲍志强, 甄理. 探地雷达探测技术在水工混凝土结构中的应用[J]. 水利水电技术 2002 (10) :64.
[3] 李洪. 声波法在洞室混凝土衬砌质量检测中的应用[J]. 西北水电 2002 (2) :34.
[4] 董延朋, 孔祥春, 秦月涛. 地质雷达在水库防渗墙检测中的应用[J]. 地质装备 2005 (4) :26.

THE APPLICATION OF GROUND PENETRATING RADAR TO
NONDESTRUCTIVE INSPECTION OF
CONCRETE CONSTRUCTION QUALITY

DONG Yan-peng^{1 2}

(1. Geo-information Science and Engineering College of Shandong University of Science and Technology Qingdao 266510, China; 2. Water Resources Research Institute of Shandong Province Jinan 250013, China)

Abstract: This paper deals with the principle and method of ground penetrating radar (GPR). With practical engineering examples, the author describes the application of ground penetrating radar to the nondestructive concrete construction quality inspection. As a non-destructive inspection method, GPR is widely used in many fields and the result of the application is satisfactory.

Key words: ground penetrating radar; concrete; nondestructive inspection

作者简介: 董延朋 (1979 ~) 男, 山东省宁阳县人, 2002 年毕业于吉林大学应用地球物理专业, 现为山东科技大学工程硕士研究生, 助理工程师, 主要从事工程物探及工程检测方面的工作。