

厦门钟鼓山原有隧道衬砌厚度和外侧围岩缺陷的无损检测

石建光¹ 李钢²

1. 厦门大学土木工程系 厦门 361005; 2. 天津新滨工程技术检测有限公司 天津 300301

[摘要] 为建设厦门城市快速交通干线,需要对钟鼓山原有隧道进行扩建。在拆除已有隧道衬砌和开挖外圈围岩时,确定原有隧道衬砌厚度和外侧围岩的空洞、破碎、断裂等情况,对施工安全和施工方案制定非常必要。为此,采用探地雷达技术对原有隧道衬砌厚度和外侧围岩状态进行了检测。在隧道顶部布置三条沿隧道方向的检测线,用雷达探头分别对隧道的衬砌厚度和外部岩层缺陷进行探测,结果发现衬砌厚度很不均匀,厚度0.36~1.2米,多处与外部岩石直接接触。衬砌外侧有多处空洞、破碎、断裂或空洞伴有严重的破碎等危险情况存在。拆除衬砌时必须采取针对这些部位的安全措施,这为施工提供了明确的指导,从而保证工程的顺利完成。

[关键词] 探地雷达 原有隧道 衬砌厚度 围岩缺陷

Nondestructive testing of lining thickness and nearside wall rock defect in service tunnel

Abstract: For constructing the main rapid traffic line in Xiamen city, the in service tunnel in Zhonggu Mountain must be enlarged. Before demolishing the lining and excavating the nearside wall rock, the lining thickness and the cavity, fragmentation and rupture of nearside wall rock in existing tunnel are determined by the ground penetrating radar for establishing the construction safety and technology project. The results show that the existing lining thickness is non uniform, from 0.2 m to 0.8 m, the lining directly contacts with wall rock in many places. There are many cavity, fragmentation and rupture existed in the nearside wall rock. When demolishing the existing lining, the safety precautions must be established. The results of ground penetrating radar testing provided clear guidance for construction. The project has been successfully completed.

Key words: ground penetrating radar; in service tunnel; lining thickness; wall rock defect.

1 引言

地质雷达法具有其它传统方法无法比拟的优点,因而在公路隧道衬砌质量检测中得到了广泛应用^[1]。探地雷达作为一种快速、高效、高分辨率的无损探测技术,已在隧道衬砌厚度检测中得到推广和应用^[2-3]。地质雷达检测技术的关键在于数据的采集、处理和雷达图像的识别,因此需要专业技术人员来完成,具体用到隧道检测中,也要求技术人员具备一定的隧道工程专业知识^[4]。探地雷达检测方法应用于隧道衬砌厚度检测时需要进行测线布置,结合地质、设计、施工资料对隧道衬砌结构层位进行划分^[5]。地质雷达方法作为一种新的检测手段被列入《公路工程质量检验评定标准》(JTGF8011-2004)、《铁路隧道衬砌质量无损检测规程》(TB10223-2004/J341-2004),可以检测衬砌的厚度、背后回填密实度和内部缺陷。采用地质雷达检测的方法可以对隧道衬砌混凝土的厚度、密实性、脱空、钢格栅数量等进行快速检测,这种检测方法不仅克服了目测不准确及打孔抽查检测不全面的缺点,而且以其高分辨率、高准确性、探测快速及无损检测的优点,在隧道衬砌质量检测中取得了非常明显的效果,并得到了广泛的应用^[6,7]。

厦门钟鼓山隧道系利用人防工程改造而成的公路隧道,北起万石岩边的钟山,南至南普陀寺的鼓山,全长1161米。宽7米,高5米,为石墙拱结构。工程从1981年2月动工,

作者简介:石建光(1962.2-)男,厦门大学建筑与土木工程学院教授,研究方向:土木工程。



图1 钟鼓山隧道入口

1984年10月1日建成通车,历时3年8个月。入口如图1。

为建设厦门城市快速路,由厦门市路桥建设投资公司作为业主,中铁二局股份有限公司施工,对钟鼓山隧道进行改造建设。为在改造已有隧道时,了解原有隧道衬砌厚度和外围地质情况,接受中铁二局股份有限公司厦门机场路一期JC6合同段项目经理部委托对钟鼓山原有隧道采用探地雷达技术进行衬砌厚度和外围状况进行了检测。

2 探地雷达技术简介

探地雷达技术是通过发射天线,发射高频带短脉冲电磁波,向外部介质传播。由于外部介质的各层面由不同材料构筑而成,不同材料具有不同的电性,因此电磁波在其中的传播

速度不同。当电磁脉冲传到两种材料分界面上时,脉冲的一部分反射回来,另一部分透过截面继续向外传播,透射的那部分继续向外传播,直到接触第二层分界面。又重复上面的过程,雷达的接受天线专门捕捉返回的电磁波,并按照到达时间的先后按序记录。如此,在表面上的一个测点得到一条扫描线。它反映了不同深度上各种界面的反射时间,将这些时间乘以介质中电磁波的传播速度,那么就得出这些界面的深度。不同材料界面上的反射脉冲强度跟材料性质有某种定量关系,这种关系反映在雷达图象上就是脉冲振幅的大小。根据雷达图象上脉冲的大小来鉴别材料,根据讯号构成的图纹来判别各类隐患和缺陷等。最后经过一系列的滤波、去噪等处理,得到形象的连续雷达剖面,供人们分析和处理。对隧道衬砌进行探测时,将雷达天线在隧道衬砌面上拖动,高频电磁波由天线进入土层中;当电磁波遇到衬砌中的钢筋及各种异常时,产生反射,并被接收天线所接收。

由于探地雷达技术具有快速、操作方便、高精度、高灵敏度、适合各种工作环境等优势,被广泛应用于建筑质量检测、市政管线探测及非开挖安装修复、路桥检测、铁路检测、隧道检测、工程地质勘察、工业检修安装、机场跑道检测、考古及地质探测、军事与安全检测等。

本次检测采用的 RIS 雷达是意大利 IDS 下属研究院开发成功的。他们经过潜心研究和试验证明不同的应用领域对雷达不仅有不同频率的要求,更要求雷达有针对性的专业配置;为了保证对各种被测目标的最适用性探测,在秉承传统探地雷达所有优点的同时,RIS 雷达又革命性地增添了适合各领域使用的专用天线阵。使用专利的天线阵,能以更快的速度及更高分辨率一次同时完成深层浅层探测,大大提高了探测精度并节约了时间;为用户快速提供更准确、更全面、更可靠的信息。

RIS 雷达由主机、探测天线、软件系统组成。主机由数据采集单元和控制单元两个部分组成,主要部件如图 2。



图 2 RIS 雷达的数据采集单元、控制单元、探测天线

软件系统包含了现场采集软件、立体结构综合分析软件和 CAD 自动链接软件、数据分析及绘图软件、科学信号软件、自动土壤识别和岩性分析软件等。

典型的使用 RIS 探地雷达系统对某隧道的探测如图 3 所示,由图 3 可知,衬砌厚度最薄处大约有 23 厘米,最厚处有 108 厘米,且距测量原点 5 米范围内有钢拱架存在。

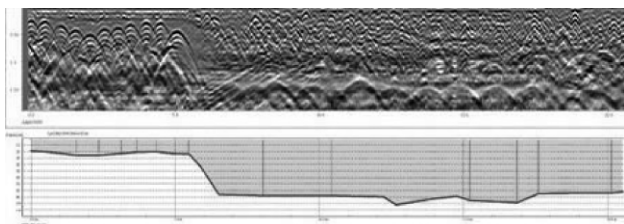


图 3 某隧道的探测雷达图

厦门地区也已经在厦门仙岳山隧道洞壁衬砌混凝土厚度检测中成功采用了探地雷达技术。

3 检测过程与结果

本次探测采用的是先进的意大利 RIS - K2 型探地雷达,是目前世界上分辨率最高的雷达;不但有普通的单天线雷达系统,而且包括高精度天线阵。雷达野外工作时可单人操作, windows 界面,操作简便;雷达图像分析的自动化程度高,且能够在 Acad 中自动绘制图形,具有分辨率高、自动化程度高、快速经济等优点。RIS 探地雷达系统分为三部分:一. 主机 二. 天线 三. 后分析软件。后分析处理软件采用的是 IDS/S 等软件。本次检测使用意大利 RIS 探地雷达,选择中心频率为 600MHz 天线对隧道衬砌进行测量,600M 天线具有探测深度大,探测精度高的特点,从而从深度和精度两方面满足了检测需要。雷达的扫描速率:1000/秒,重复脉冲频率:400KHZ, A/D 转换 16bit,采样间隔:1cm,采样点:512,时窗:100ns,最大探测深度可达 2 米,采用的是 pb 电池,可连续工作 12 小时,主机为 2 通道主机。

本次检测的钟鼓山隧道全长 1161 米。隧道内部为石墙石拱结构,分拱顶和拱肩三条线进行了检测。本次检测使用意大利 RIS 探地雷达,选择中心频率为 900MHz 的天线组成天线阵,对布置的三条测线进行测量,如图 4。测试过程见图 5 所示。由于隧道断面为半圆型,不容易架设台车,工人在测量过程中行进有偏差,可能使测试位置与实际产生一定误差。

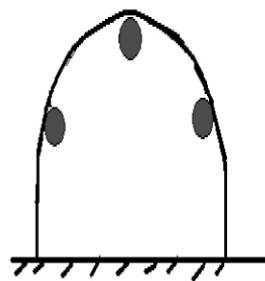


图 4 布置的三条测线 图 5 钟鼓山隧道测试过程

根据雷达数据分别对隧道的衬砌厚度和内部缺陷进行较为详细的探测,位置的确定要与现场具体测试位置和位置记录核对。检测情况的一些异常情况,如破碎、断裂、空洞伴有严重的破碎、空洞伴有破碎以及严重破碎等都可以具体确定(图 6),详细检测结果通过列表最终给出,本次检测取得了较好的效果。

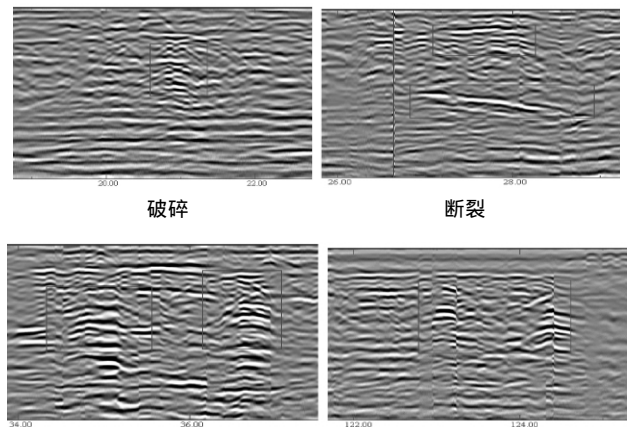


图 6 隧道检测的一些异常

(下转第 71 页)