



超声横波三维成像技术对混凝土内钢筋 反映假异常的辨识

刘兆勇, 张磊, 袁翠祥

(四川中水成勘院工程物探检测有限公司, 四川 成都 610072)

摘要: 针对混凝土缺陷无损检测中钢筋反射产生的假异常对于缺陷诊断和判别的干扰问题, 进行预制梁混凝土内钢筋反射和缺陷情况的试验研究。通过探讨不同方向分布的钢筋对超声横波三维成像检测结果的影响, 设置疑似缺陷组和对照组, 采用超声波法进行对比验证, 得出竖向钢筋和斜向钢筋反射产生假异常的特点。结果表明, 竖向分布的钢筋产生的假异常便于辨识; 斜向分布的钢筋产生的假异常则与来自缺陷的有效反射波产生的真异常相似度较高, 对异常识别产生较大的干扰, 资料解译时应结合设计图纸加强辨识, 以免产生误判。

关键词: 超声横波三维成像; 钢筋; 混凝土缺陷; 假异常; 犍为航电枢纽

中图分类号: TV 523

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)12-0084-05

Identify of reflect false anomaly of steel bar in concrete by ultrasonic S-wave 3D imaging technology

LIU Zhao-yong, ZHANG Lei, YUAN Cui-xiang

(Sichuan Zhongshui Chengkanyuan Geophysical Exploration Co., Ltd., Chengdu 610072, China)

Abstract: In order to solve the problem that the false anomaly generated by the reflection of reinforcement in the nondestructive testing of concrete defects interferes with the diagnosis and discrimination of defects, we carry out an experimental study on the reflection and defect of reinforcement in precast beam concrete. We discuss the influence of the steel bar distributed in different directions on the ultrasonic S-wave 3D imaging test results, establish the suspected defect group and the control group, and apply the ultrasonic method for comparison and verification, and obtain the false abnormal characteristics of the reflection of vertical and oblique steel bar. The results show that the false anomaly generated by the vertical distribution of steel bars is easy to identify, while the false anomaly generated by the oblique distribution of steel bar has a higher similarity with the true anomaly generated by the effective reflection wave from the defect, and produces a greater interference to the anomaly identification. Data interpretation should be combined with design drawings to strengthen identification, so as to avoid misjudgment.

Keywords: ultrasonic S-wave 3D imaging; steel bar; concrete defect; false anomaly; Qianwei navigation-power junction

超声横波三维成像法已成为当前国内外无损检测混凝土缺陷的前沿技术, 在实际工程检测时, 因为混凝土是由水泥、集料、孔隙等组成的复杂

胶凝体, 属于非均匀介质, 存在大量的波阻抗界面, 在传播过程中超声波会产生杂乱的反射和散射。此外, 结构混凝土内部还有不同方向分布的

收稿日期: 2021-05-28

作者简介: 刘兆勇(1986—), 男, 注册岩土工程师, 高级工程师, 从事岩土工程物探检测与安全监测的研究与应用。

钢筋、波纹管等结构或埋件,在其表面也会产生反射波。因此在异常识别时,这些反射波产生的假异常会与来自缺陷的有效反射波混叠在一起,导致异常的误判。不仅如此,每种检测方法都有自身的局限性,有研究表明,在实际检测时,预设横波波速和探测频率对探测深度和识别精度也会产生一定影响^[1]。可见,受混凝土内部结构的复杂性和检测方法的局限性,假异常对结构件中缺陷的诊断和判别会产生直接影响,进而影响工程构件的质量评定,因此假异常的识别是混凝土缺陷超声横波三维成像法的重点和难点。

本文通过在岷江犍为航电枢纽工程采用先进的 MIRA 超声横波三维成像仪探测预制梁混凝土内钢筋和缺陷情况,探讨不同方向分布的钢筋对超声横波三维成像检测结果的影响,为该技术在工程实际应用中辨识基于钢筋影响导致的假异常提供参考。

1 检测方法原理

超声横波反射成像法本质上与传统的超声纵波相似,利用超声波在混凝土传播过程中遇到波阻抗有差异的物体界面时产生反射波,根据混凝土中超声波的纵波传播速度 c 和反射时间 Δt ,计算出测试面与反射界面的距离 $d(=c\Delta t/2)$,见图 1。

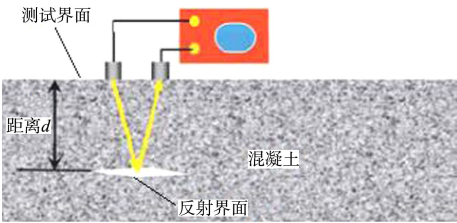


图 1 超声反射法检测原理

与传统意义上的超声纵波相比,超声横波检测反射系数和反射波幅更大,对混凝土内脱空、裂缝等缺陷反映更敏感。超声横波反射成像法还结合无需耦合剂的多触点干式检波器、合成孔径聚焦技术(synthetic aperture focusing technique, SAFT)

和三维层析成像技术,能对混凝土内部缺陷埋深和形态特征精确成像。其中,SAFT 解决了超声反射法中的超声波传播方向性差、易受干扰等问题,工作方法见图 2。通过对不同位置测得的数据进行综合处理,既可对被测物体进行声学三维成像,也可逐层显示结构体内部的层断面,得到如医学上的透视效果^[2]。

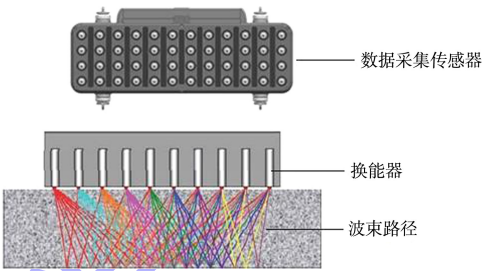


图 2 合成孔径聚焦技术工作方法

2 钢筋影响分析

在岷江犍为航电枢纽工程发电厂房预制梁厂共选取 4 根 T 型梁进行试验研究,其中:尾水平台高程 332.00 m 层交通梁 2 根(有竖向钢筋和水平钢筋分布,无斜筋)、主机间进水口坝顶桥面梁 2 根(加配有少量斜筋)。每根 T 型梁有 4 个试验断面,每个断面按照纵横向间距 20 cm 进行网格状布置,现场试验见图 3。



图 3 超声横波三维成像现场试验检测

2.1 竖筋影响

通过对尾水平台高程 332.00 m 层 L1-11#、L1-21# 交通梁进行超声横波三维成像检测,结果见图 4。其中弱反射表示混凝土振捣密实,无明显缺陷;强反射表示混凝土内有异常。

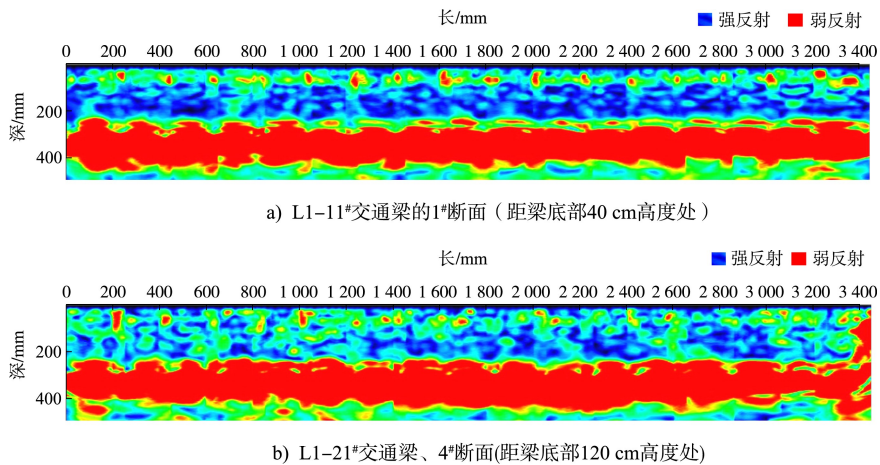


图 4 L1-11#、L1-21# 交通梁检测结果

通过设计图纸(图 5)可看出,尾水平台梁有竖向和水平向钢筋分布、无斜筋分布,在检测成果图中,竖向钢筋所产生的假异常清晰可见,并且有规律分布,便于识别,一般不会产生异常误

判。另外,竖向分布钢筋中,对于图 6 中所标识的竖向吊环在检测成果图中并没有以异常的形式单独反映出来。

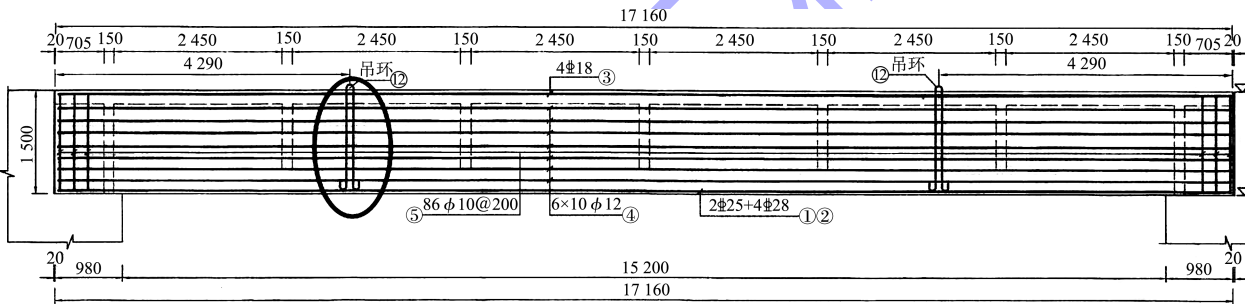


图 5 尾水平台高程 332.00 m 层交通梁钢筋设计 (单位: mm)



图 6 尾水平台高程 332.00 m 层交通梁钢筋现场分布

2.2 斜筋影响

通过对主机间进水口坝顶 L5-7#、L5-9#桥面梁检测可知,混凝土振捣密实,未发现明显缺陷,见图 7。

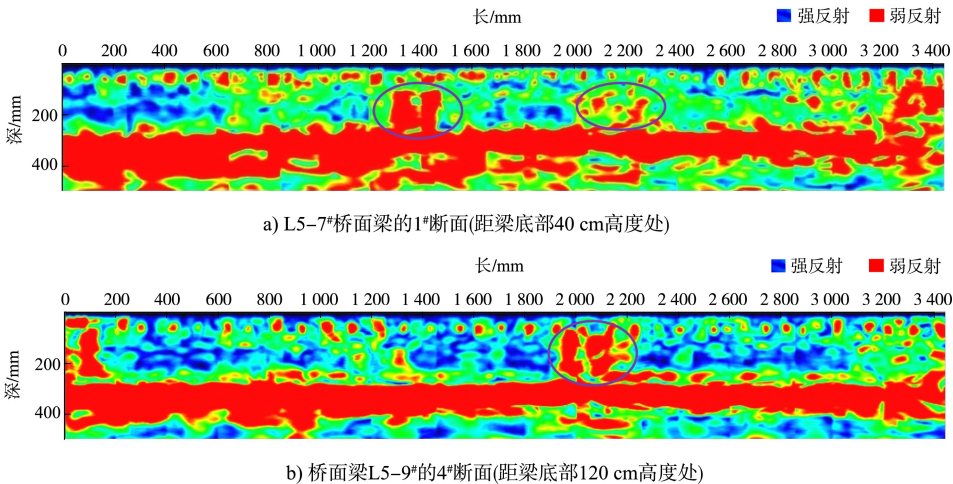


图 7 L5-7#、L5-9# 桥面梁检测结果

通过设计图纸(图 8)以及现场检测结果(图 9)可以看出:主机间进水口坝顶桥面梁与尾水平台梁不同,既有竖向和水平向钢筋分布,也有斜筋分布。与尾水平台梁类似,竖向钢筋所产生的假异常清晰可见,并且有规律分布,便于识别,一

般不会产生异常误判,但在斜筋表面产生的干扰反射波造成的假异常,在资料解译时,若无钢筋分布资料参考,会误判为异常。对于斜筋反射导致的假异常,通过现场标示(图 10),其分布位置与实际钢筋分布完全吻合。

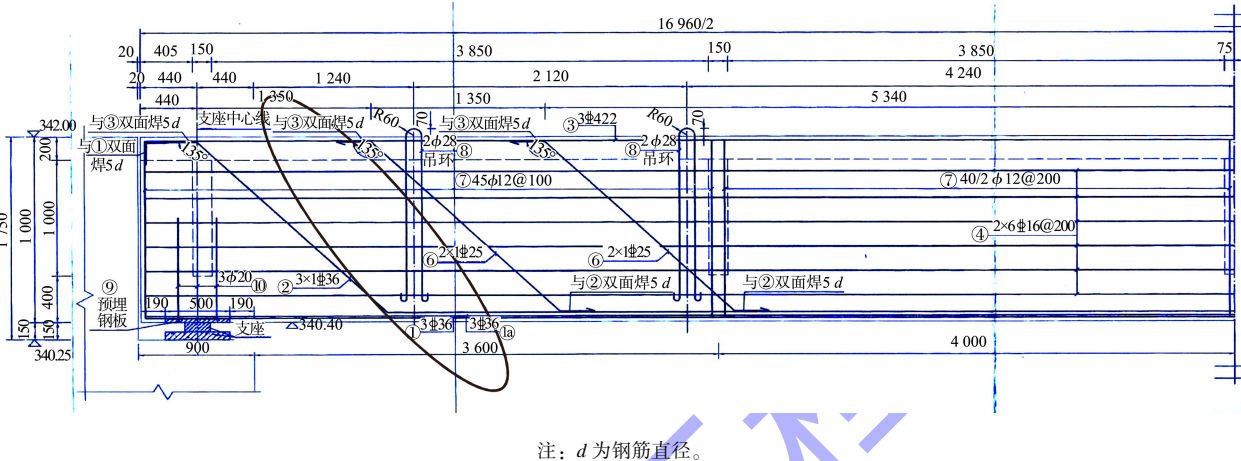


图 8 主机间进水口坝顶桥面梁钢筋设计 (尺寸: mm; 高程: m)



图 9 主机间进水口坝顶桥面梁钢筋现场分布

3 超声波法验证

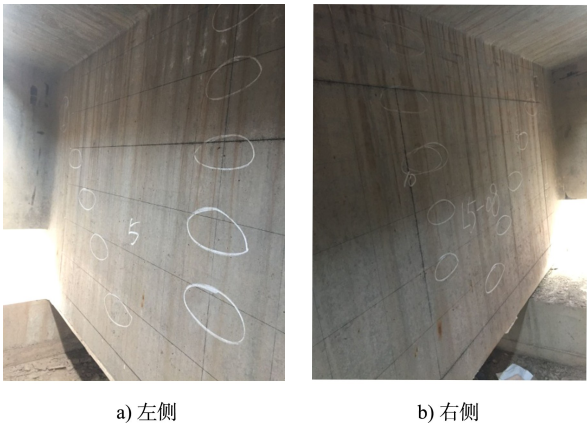
3.1 验证原理

在相同的技术条件下,根据超声波在混凝土中传播的时间(波速)、振幅和频率等声学参数的变化,判断混凝土中的缺陷(蜂窝、空洞或裂缝等)。超声波传播速度的快慢,与混凝土的密实程度有直接关系,对于原材料、配合比、龄期及测试距离一定的混凝土,波速越高则混凝土越密实,相反则混凝土不密实。当有缺陷存在时,混凝土的整体性得到破坏,在缺陷界面发生反射、散射或绕射,声能衰减,波幅降低,传播路程增大,声时延长,波速降低^[3]。

根据以上原理,可以利用混凝土声学参数测量值的相对变化综合分析、判别其缺陷的位置和范围,或者估算缺陷的尺寸^[4]。

3.2 现场验证

为了更加准确地验证以上假异常为斜筋的影响而非混凝土中的缺陷,现场采用双面斜测法进行验证。对于图 10 中的异常,选 2 个疑似缺陷部位(有斜筋)与 2 个正常部位(无钢筋)分别进行双面斜测法测试。根据超声波传播原理,当激发与



a) 左侧 b) 右侧

图 10 主机间进水口坝顶桥面梁三维超声横波检测的斜筋异常现场标示

因此,在采用超声横波三维成像检测时,对于有斜筋分布的梁板内混凝土缺陷判别,需要注意因斜筋导致的假异常而出现误判。

接收装置连线通过缺陷部位时,由于混凝土失去连续性,超声波在缺陷界面上产生衰减,仪器接收到的首波信号微弱,其振幅、声时测值与非缺陷测点向比较,存在显著差异。

双面斜测法对比测试的结果显示,受斜筋的影响,疑似缺陷部位的波形曲线与正常部位的波形曲线在同等距离、同等增益的条件下能量非但未出现衰减,波幅反而略有增强。通过读取首波信号的声时测值,波速对比见表 1。

表 1 双面斜测法检测主机间进水口坝顶桥面梁疑似缺陷组与对照组声波检测情况

组别	间距/cm	波速范围/(km·s ⁻¹)	平均波速/(km·s ⁻¹)
疑似缺陷组	30	4.286~4.412	4.323
对照组	30	4.076~4.261	4.202

由表 1 可看出,疑似缺陷组与对照组的波速范围与平均波速基本一致,受钢筋影响,疑似缺陷组波速相对略高。通过波幅和波速的对比可以看出,以上疑似缺陷并非混凝土中真正的缺陷,而是受斜筋影响而出现的假异常。

4 结论

1)对于含有钢筋构件的混凝土采用超声横波

三维成像法(声波反射法)进行内部缺陷无损检测时,结构混凝土内不同方向分布的钢筋产生的反射波对异常识别会产生干扰。

2)竖向分布的钢筋反射规律性较强,产生的假异常清晰可见,便于识别,对结构混凝土内缺陷的诊断和判别产生的干扰较小。

3)斜向分布的钢筋反射产生的假异常则与来自缺陷的有效反射波产生的真异常相似度较高,对于缺陷的精确识别产生较大的干扰,资料解译时应结合设计图纸加强辨识,以免产生误判。

参考文献:

[1] 朱燕梅,范泯进,沙椿.混凝土缺陷超声横波三维成像法探测精度影响因素的研究[J].工程地球物理学报,2016,13(6):739-745.

[2] 张建清,蔡加兴,庞晓星.超声横波成像法在混凝土质量检测中的应用[J].大坝与安全,2016(3):10-15.

[3] 黄湘平,史承明.超声波检测混凝土不密实区和空洞[J].陕西工学院学报,2005(2):59-61,65.

[4] 徐莹,徐宏武.探地雷达和超声波法在混凝土结构检测中的应用[J].土木工程与管理学报,2012,29(1):97-101.

(本文编辑 王璁)

(上接第 53 页)

2)岷江中下游流域为常年通航河段,犍为工程开发任务是航运为主,因此,在枢纽总布置时,首要考虑满足通航安全顺畅。结合枢纽区地形地质及周边环境条件,船闸布置在右岸最合适。

3)本工程要求施工期通航,发电厂房与船闸分岸布置最佳。

4)鱼道需要充分考虑鱼类生活特性,分析过鱼环境与枢纽其他建筑物的干扰情况,鱼道布置在左岸厂房侧边最合理。

参考文献:

[1] 中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司.岷

江犍为航电枢纽工程初步设计报告[R].南宁:中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司,2015.

[2] 重庆西南水运科学研究所.四川岷江犍为航电枢纽水工模型试验研究报告[R].重庆:重庆西南水运科学研究所,2010.

[3] 重庆西南水运科学研究所.四川省岷江犍为航电枢纽工程施工导截流与通航模型试验研究报告[R].重庆:重庆西南水运科学研究所,2012.

[4] 中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司.岷江犍为航电枢纽工程二期蓄水安全鉴定设计自检报告[R].南宁:中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司,2020.

(本文编辑 武亚庆)