

# 高速公路连续梁桥零号块混凝土缺陷检测及维修加固

郑诗文

安徽省高速公路试验检测科研中心有限公司

**摘要:** 随着高速公路新建过程中连续梁桥的应用逐渐推广,连续梁桥0号块因大体积且配筋密集的特点,施工中常常出现的混凝土松散离析、空洞等质量问题,影响桥梁的结构安全。手段现状本文在对比分析现有的混凝土检测基础上,详细介绍了弹性波CT技术在连续梁桥零号块混凝土缺陷检测中的应用优势。通过实践表明,采用“声波CT探测初检+导管压力注浆进行修补+声波CT探测复检”成套技术,能够快速、高精度、低成本的完成连续梁桥0号块混凝土松散离析、空洞等缺陷的加固,保障高速公路连续梁桥安全运营。

**关键词:** 连续梁桥; 0号块; 混凝土质量缺陷; 弹性波CT技术; 维修加固

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.04.067

对于高速公路预应力混凝土连续梁桥来说,伴随着桥梁结构的发展,荷载和跨度日益增大,对桥梁的结构性能要求必然会随之提高,为了满足设计要求,增大0号块截面尺寸,加密预应力钢束和配筋成了必然选择;再加上各种预埋件、人洞等特殊结构,使得在0号块施工过程中,常常会因特殊部位混凝土振捣不充分、施工工艺控制不到位等问题,造成该处混凝土出现不密实、空洞的现象,给高速公路桥梁结构安全造成极大隐患<sup>[1]</sup>。

## 一、连续梁桥的0号块混凝土内部缺陷检测

连续梁桥的0号块混凝土内部缺陷存在特点:

一是0号块混凝土具有结构尺寸大的特点,缺陷可能随机出现在大体积混凝土内部各个位置,检测难度大;二是因结构特点,为满足荷载要求,0号块混凝土一般配筋密集、预应力钢束、预埋件多<sup>[2]</sup>。

### (一) 检测方法比选

对于混凝土病害全面、准确的检测结果是为进一步加固维修提供的坚实可靠的依据,现有常用的混凝土缺陷检测方法包括:钻芯法、弹性波CT探测法、地质雷达探测法、超声波探测法。上述手段均存在明显的优缺点<sup>[3]</sup>。

**钻芯法检测法:** 优点是直观、准确,缺点是钻芯会对工程局部结构造成不可逆损伤且人工费用较高,取芯的位置和数量都有限制。

**弹性波CT法:** 优点为可检测结构尺寸超过20m、检测方式灵活、检测结果准确且受钢筋影响小,可生成直观展示缺陷的示意图;缺点是现场检测操作复杂,对检测人员经验技术要求高、内业处理工作量大。

**超声波探测法:** 优点为方法成熟、准确快速、成本低;缺点为超声波衰减快,检测深度一般不超过2m,不适用检测大体积混凝土内部缺陷。

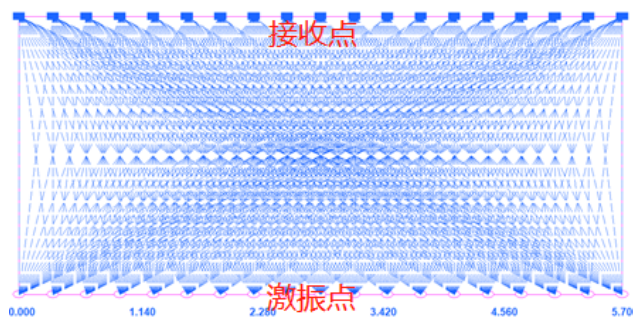
**地质雷达法:** 优点为速度快、成本低,检测结果准确;缺点是检测原理是电磁方法,易受钢筋影响,在

钢精密集的0号块内部基本无法使用。

综合对比来看,针对连续梁桥零号块这种密集配筋的大体积混凝土,对其内部空洞、混凝土松散等缺陷应选择弹性波CT探测法进行检测,该方法可准确直观的检测大体积混凝土内部缺陷,基本不受结构尺寸限制,不受密集配筋影响<sup>[4-5]</sup>。

### (二) 弹性波CT法介绍

弹性波CT技术通过采用双面对测弹性波(P波)对被检断面进行扫描,弹性波在混凝土结构中经过缺陷时产生绕射,传播时间延长,此测线的波速将降低,在缺陷位置处以低波速区反映出来(即结果图中的蓝色区域),测试的数据信号经解析、反演、重建得到能真实反映其结构内部情况而不失真的弹性波速度分布图像,以达到检知结构物内部缺陷的目的<sup>[6]</sup>。



## 二、连续梁0号块混凝土现场检测

### (一) 工程背景

以某高速公路预应力混凝土连续梁桥为例,在桥梁定期检查中发现连右幅4号墩顶支座上方0号块底板混凝土存在空洞、露筋,面积为 $S=1.9 \times 0.15 \text{m}^2$ ,深度未知,见图1。

### (二) 检测方法

针对右幅4号墩顶支座上方0号块底板混凝土存在空洞、露筋,采用弹性波CT法进行检测。本次检测所采用的设备是由四川升拓检测技术有限责任公司研发生产的“SCE-MATS-S型混凝土多功能无损检测仪”。现场采用双面对测法,在底板露筋区域设置7个坡面,自下底板边缘往上每个剖面间隔10cm,每个剖面等间距布设10个激振点及接收点,测点间距20cm,采用逐点激振,逐点接收的方式进行扫描检测,测线布置见图2。



图1 0号块底板混凝土空洞、露筋 图2 弹性波CT法测线布置图

(三) 检测结果

检测结果缺陷位置示意图3，其中红色、黄色、绿色表示高波速区域，为无缺陷区域；蓝色为低波速区域，为不密实区域。其中通过对箱梁混凝土密实性检测，右幅4号墩顶0号块底板存在大范围低波速不密实区域。

其中测线一低波速不密实区域较大，病害范围在横桥向深度达6m，纵桥向宽度4m，梁高方向0-20cm高度，且波速小于3860m/s的低波速区域的达到总测试面积24.8%。测线二波速小于3860m/s的蓝色低波速区域的达到总测试面积12.1%。测线三及以上测线均未发现异常。

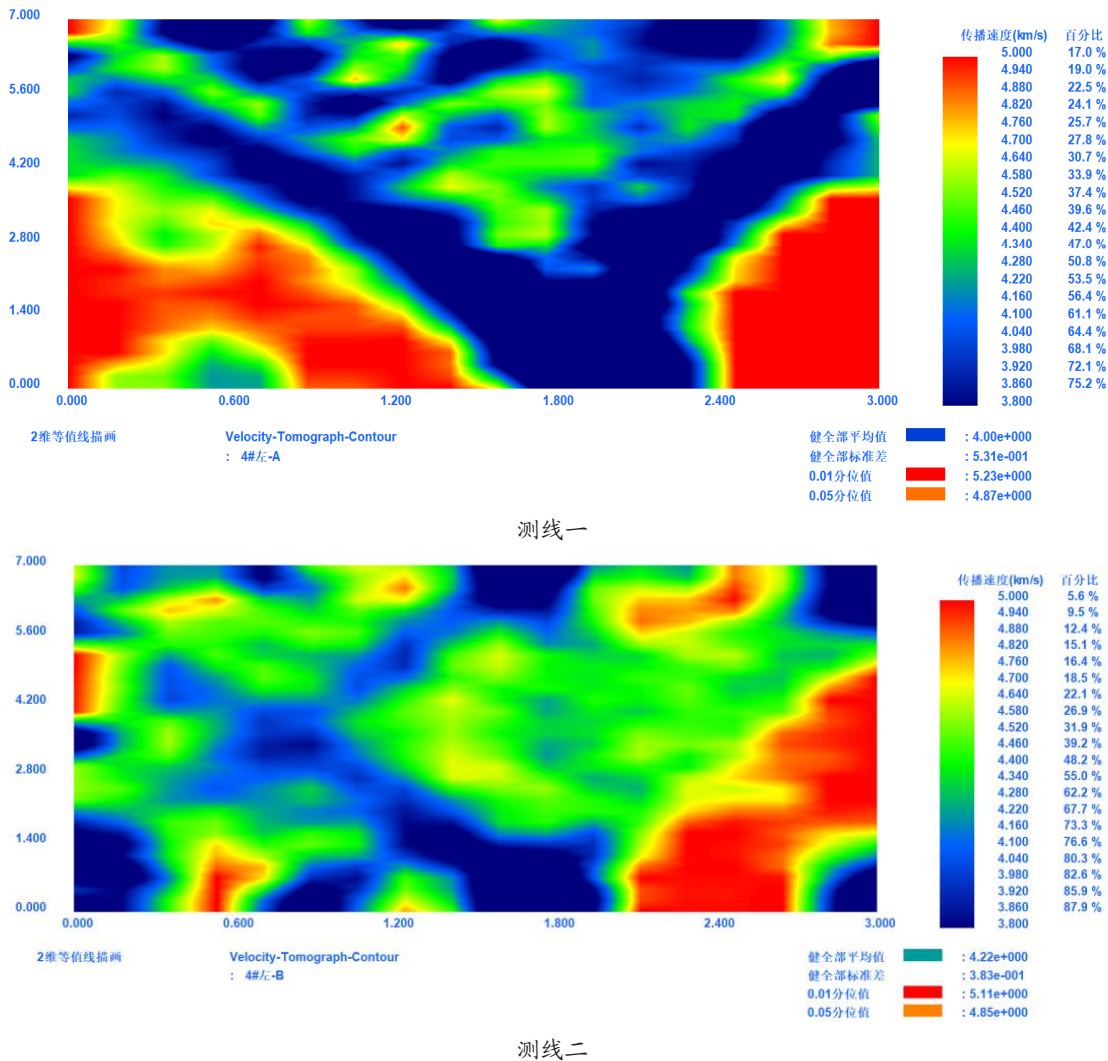


图3 初检结果波速等值线图

三、0号块混凝土内部缺陷维修加固

0号块混凝土内部缺陷维修加固缺陷维修加固主要采取在空洞破损位置采用导管压力灌注管道灌浆剂。管道灌浆剂由减水组分、膨胀组分、矿物掺合料及其他功能性材料等干拌而成，是用于结构孔道灌浆施工的外加剂。管道灌浆剂材料性能指标是否满足设计要求，宜选取0号块底面混凝土破损轻微处，进行试验段施工。根据试验情况调整材料性能指标和施工工艺措施，为大体积混凝土灌浆修复提供指导。具体施工步骤如下：

(1) 病害复核及标注

首先对0号块混凝土病害进行全面的调查，结合检测资料，现场核实空洞、破损、漏筋、裂缝数量、长度、宽度等，并对病害一一编号，做好记录，绘制病害分布图。

(2) 桥墩顶面混凝土修复

采用人工凿除法将桥墩顶面的清除松散、破碎混凝土，露出新鲜密实部分，采用高强改性环氧树脂砂浆填筑修补凿除部分。

(3) 调平钢板及临时支撑布设

在0号块底板边缘混凝土密实区域，凿毛平整长宽为7.0m×0.8m的条状带，利用砂浆或胶体密贴调平钢板；布设临时支撑，临时支撑应密贴调平钢板，并主动施加部分顶升力，保证竖向连接构件间无空隙，但无须顶升箱梁。

(4) 零号块底板混凝土维修区域清理

采用人工凿除零号块底板松散、污损混凝土，清除灰尘并保证该部位无油污以及其他附着物影响修补效果。

(5) 钢筋锈蚀区域清理

用钢刷清除外露钢筋表面的锈蚀部分并对钢筋进行防锈、阻锈处理。

(6) 模板假设

混凝土松散粒料清理后,应及时进行箱梁外表面模板假设,模板搭接处应密封严密。在模板顶部预留排气出浆孔,底部预留压力注浆孔。

(7) 混凝土空洞注浆处理

对清理区域的混凝土采用压力灌注管道灌浆剂。灌注压力应通过试验段确定,灌注工程应连续一次性完成,待排气出浆孔均匀流出同灌入稠度一致的管道灌浆剂为止。

(8) 混凝土空洞再检测、打孔注浆

待灌浆剂初凝形成一定强度后,终凝前,再次对修复区域进行空洞探测,对内部仍然存在的部分空洞区域,进行灌浆孔和排气出浆孔钻孔,利用带孔钢管压力注入管道灌浆剂,钻孔大小宜为20mm~30mm,需设置可根据试验情况调整。应确保0号块底板及腹板混凝土

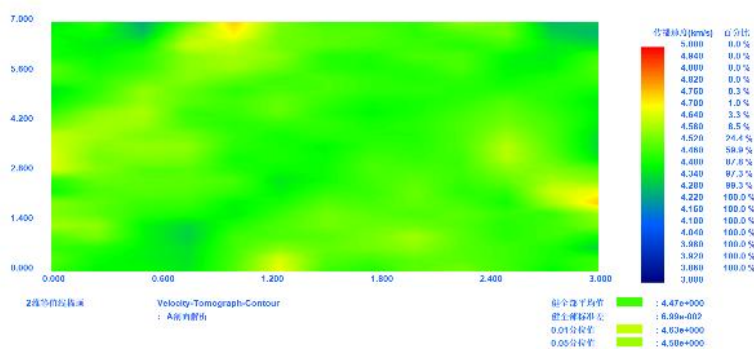
最终全部灌注密实无空洞。

(9) 表面修饰

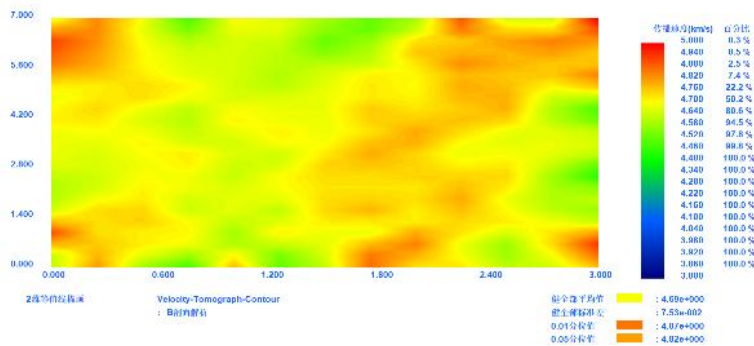
管道灌浆剂终凝后,为改善提高原结构裂缝修复后防水防渗性能,以及保证结构外观的一致性,以便观测裂缝发展情况,将0号块底板及腹板表面喷涂水基渗透型无机防水剂。

四、加固效果评价

针对初检缺陷位置,进行局部凿除清理,并采用小导管压力注入管道灌浆剂进行修补后,再次采用弹性波CT法进行复检。复验结果见图4,由图可见,修补后右幅4号墩顶0号块底板检测剖面一、二平均波速为均高于4200m/s,且测试所有区域波速均高于3800m/s,无低速蓝色区域;整体而言,经修补处理后的0号混凝土质量有了明显提升。



测线一



测线二

图4 复检结果波速等值线云图

五、结论

(1) 对于高荷载、大跨度的连续梁桥0号块而言,施工过程稍有不当地可能造成不同程度的表面或内部混凝土松散、破损、空洞等质量问题。

(2) 采用声波CT探测法可以实现高效、无损、精确的进行连续梁零号块底板混凝土缺陷检测。

(3) 对于疑似存在连续梁桥0号块内部空洞破损病害,采用“声波CT探测初检+导管压力注浆进行修补+声波CT探测复检”成套技术,能够实现高效快速、低成本、高精度的对完成0号块内部缺陷的加固,以保障高速公路连续梁桥安全运营。

参考文献

[1] 胡晓霞. 高速铁路连续梁施工常见质量问题及预

防[J]. 建筑技术开发, 2019, 46(23): 44-45.

[2] 孙巍, 罗强, 易翠. 弹性波CT技术在铁路桥梁零号块无损检测中的应用[J]. 江西建, 2020(12): 58-59, 61.

[3] 林维正. 土木工程无损检测技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.

[4] 吕小彬, 孙其臣, 鲁一晖等. 基于冲击弹性波的CT技术的原理及在水工混凝土结构无损检测中的应用[J]. 水利水电技术, 2013, 44(10): 107-112.

[5] 郭秀芹, 杨森, 张远军. 弹性波CT技术在大体积混凝土结构无损检测中的应用[J]. 四川理工学院学报(自然科学版), 2017, 30(04): 58-63.

[6] 吕小彬, 吴佳晔. 冲击弹性波理论与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.