

公路工程水泥混凝土质量声波层析成像法 检测规程

Specification for testing the quality of cement concrete in highway
engineering— Using acoustic tomography method

地方标准信息服务平台

2023-10-30 发布

2023-11-30 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	2
5 检测设备	2
6 检测步骤	3
7 数据处理与结果分析	5
附录 A（规范性） 声波层析成像法检测流程	7
附录 B（规范性） 声波层析成像法检测现场记录表	8
附录 C（规范性） 波速-强度对照表	9
附录 D（规范性） 混凝土质量检测结果表	10

地方标准信息服务平台

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由内蒙古自治区交通运输厅归口。

本文件起草单位：内蒙古高速公路养护有限责任公司、内蒙古综合交通科学研究院有限责任公司。

本文件主要起草人：何永、闫旭亮、米世忠、吴平、贾舒阳、郝瑞、崔鹏飞、乔瑞平、李志忠、梁贺春、康少东、李伟、陈子龙、陈轩、赛吉拉呼、于星、于敏、王梓潇、高慧芳。

地方标准信息服务平台

公路工程水泥混凝土质量声波层析成像法检测规程

1 范围

本文件规定了声波层析成像法用于检测混凝土质量的适用范围、检测设备、检测方法、数据处理、检测结果等内容。

本文件适用于新建、改（扩）建及养护工程中的公路工程水泥混凝土构件的缺陷检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JGJ/T 384 钻芯法检测混凝土强度技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

声波层析成像法 acoustic tomography method

通过声波穿透混凝土检测对象并接收声波信号，对所得到的信息进行反演计算，重建被测范围内混凝土声波参数分布规律的图像，从而初步判定混凝土密实性及缺陷位置的一种物探反演方法。

3.2

表面层析成像法 surface computer tomography method

激发点与检测点都布置在被测体的同一表面，用以检测测区1/4波长厚度内的混凝土质量。

3.3

截面层析成像法 cross section computer tomography method

激发点与检测点布置在被测物的同一横截面上，用以检测该截面结构内部的混凝土质量。

3.4

声线 line

从激发点到检测点的传播路径。

3.5

检测单元 detection unit

检测断面中的最小单位，大小取决于测点之间的最小距离，常为矩形或三角形。

3.6

声线密度 ray density

经过同一检测单元的声线数量。

3.7

平均波速 average wave velocity

检测区域内各单元波速的算数平均值。

3.8

波速离散度 wave velocity dispersion

波速标准差与平均波速的百分比。

3.9

正交性 orthogonality

经过同一单元的所有声线中，任意2条声线交角的最大正弦值。

3.10

有效声线 effective line

声波速度在合理范围内的声线。

4 基本规定

- 4.1 声波层析成像法适用于钢筋混凝土、预应力混凝土、钢管混凝土、隧道衬砌等水泥混凝土构件的内部缺陷检测与病害筛查，不作为水泥混凝土质量仲裁使用。
- 4.2 检测时间应大于水泥混凝土构件龄期，且水泥混凝土构件表面应清洁、平整。
- 4.3 检测环境应在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，且无机械振动、强振幅、电噪声、强磁、雷电、雨雪、沙尘等干扰因素。

5 检测设备

- 5.1 检测设备应配制高分辨数值采集器、检波器、震源和处理软件。
- 5.2 高分辨数值采集器应符合下列规定：
 - a) 具有参数设置、采集、存储、重放、显示、放大的功能；
 - b) 最小采样时间间隔应不大于 $1\text{ }\mu\text{s}$ ；
 - c) 通道数不宜少于32个。
- 5.3 检波器应符合下列规定：
 - a) 频带宽宜采用 $20\text{ Hz}\sim 10\text{ kHz}$ ，可采用吸附、粘接等方式与待测构件表面接触；
 - b) 实测频带宽度与标称频带宽度相差应在 $\pm 10\%$ 范围内。

5.4 震源应符合下列规定：

- a) 震源激发的声波频率应在 20 Hz~10 kHz 范围内；
- b) 锤击震源或自动震源激发的冲击力宜不小于 500 N；
- c) 宜采用自动化采集装置。

5.5 处理软件应符合下列规定：

- a) 具有测点坐标编排的功能；
- b) 具有计算各检测单元内射线的正交性与射线密度的功能；
- c) 具有波形显示、初时校正、走时读取、网格设计、波速反演等功能。

5.6 检测设备的检校时间不宜超过 12 个月，且在新购置的检测设备启用前、检测设备超过校准有效期限、检测设备遭受严重撞击或其他损害情况下应进行检校。

6 检测步骤

6.1 准备工作

检测前调研、收集下内资料：

- a) 工程概况；
- b) 混凝土结构或构件的尺寸、设计强度和配筋施工图；
- c) 混凝土浇筑时间和养护情况；
- d) 对于改（扩）建、维修加固的混凝土构件除上述资料外，还需维修加固前的混凝土强度等级及配筋情况。

6.2 检测方案

测区划分和测点布置时应符合如下要求：

- a) 测区应覆盖检测区域；
- b) 测区应布置不少于 16 测点；
- c) 检测精度由测点间距确定，测点的间距宜控制在 0.1 m~0.5 m 之内呈等间距网格状；
- d) 可通过缩小测点间距或增加观测排列改善观测排列的完备性；
- e) 当需要分段测量时，相邻测量段接头重复长度不应少于 3 个检波器的间距；
- f) 观测排列的有效声线总数应大于网格节点总数；
- g) 观测排列中网格的声线密度应大于 15；
- h) 观测排列中各网格的声线正交性应大于 0.98；
- i) 针对不同结构形式的构件，测区宜采用表 1 的布置方式。

表1 不同形式构件的典型测区布置方式

检测方法	构件形式	测区布置	典型构件
表面层析成像法	板型构件		梁板、桥面铺装、隧道衬砌、水泥混凝土路面等仅具备单一表面布置测点条件的构件
截面层析成像法	柱状构件		墩柱、钢管混凝土等具备四周布置测点的构件
表面、截面层析成像法综合评定	特殊构件		盖梁、0#块、变截面构件、路用水泥混凝土构件等仅用一种布置形式不能完全覆盖的不规则构件

6.3 现场检测

6.3.1 检测流程按照附录 A。

6.3.2 现场检测应符合下列规定：

- a) 现场检测环境温度宜在设备工作环境范围内；

- b) 打磨处理混凝土构件表面，使其清洁、平整；
- c) 按照方案布置测区、测点，并应准确标明测区、测点的编号和位置；
- d) 检波器耦合面应采用耦合剂保持与混凝土检测表面紧密贴合，耦合剂宜选石灰膏、黄油等；
- e) 布置好检波器并调试好各项参数后，用震源按顺序依次敲击激发点，激振方向应垂直于检测面；
- f) 现场记录表宜按本规程附录 B 填写。

7 数据处理与结果分析

7.1 数据处理要求

- 7.1.1 进行初始时间校正，确定声波出发的准确时间；
- 7.1.2 当自动走时读取所对应的位置与直达波前沿有差异时，应手动读取走时；
- 7.1.3 对声线进行追踪，形成走时方程。

7.2 混凝土质量评价定

- 7.2.1 混凝土的平均波速应按下列公式计算：

$$v_{\alpha} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M v_j \dots\dots\dots (1)$$

式中：

v_{α} ——混凝土的平均纵波波速，单位为米每秒(m/s)；

v_j ——网格内单元位置的波速，单位为米每秒(m/s)；

M ——网格内单元总数。

- 7.2.2 波速离散度由式(2)计算：

$$R_b = \frac{\sigma}{v_{\alpha}} \dots\dots\dots (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M (v_j - v_{\alpha})^2}{M}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

R_b ——波速离散度；

σ ——标准差(m/s)，由式(3)计算；

v_{α} ——混凝土的平均纵波波速，单位为米每秒(m/s)；

v_j ——网格内单元位置的波速，单位为米每秒(m/s)；

M ——网格内单元总数。

7.2.3 合格面积率 R_s 应按下列公式计算:

$$R_s = \frac{S_n}{S_m} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

R_s ——合格面积率(%);

S_n ——平均波速达到标准值以上的单元所占的面积, 单位为平方米(m^2);

S_m ——测区网格总面积, 单位为平方米(m^2)。

当测区范围内钢筋体积比超过5%时, 可由式(5)计算混凝土波速换算值:

$$v_c = \frac{v - \alpha v_{st}}{1 - \alpha} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

v ——直接量测的钢筋混凝土构件波速值, 单位为米每秒(m/s);

v_c ——混凝土波速换算值, 单位为米每秒(m/s);

v_{st} ——钢筋波速, 单位为米每秒(m/s), 取 5700 m/s;

α ——钢筋在混凝土中所占的体积比(%)。

7.3 混凝土质量评定方法

7.3.1 声波层析成像检测应得到测区混凝土波速的分布图像。

7.3.2 按照混凝土设计强度所对应附录 C 的波速, 确定标准波速值, 作为混凝土质量评定的依据。

7.3.3 实测波速值不小于标准波速值的区域为合格区域, 实测波速值小于标准波速值的区域为可疑区域。

7.3.4 检测过程中可疑区域可对其复测或加密检测, 也可按照 JGJ/T 384 的规定进行取芯验证。

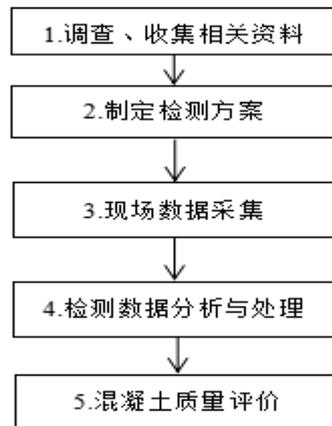
7.4 检测报告

检测工作完成应出具检测报告, 宜包括下列主要内容:

- a) 工程概况: 工程项目、结构形式、混凝土设计参数;
- b) 检测目的: 检测关注的主要问题、混凝土结构内部缺陷;
- c) 检测投入的主要人员、设备;
- d) 构件的选择及测点布置方式: 检测构件名称、测点间距、排列布置方式及现场布置简图;
- e) 构件表面情况描述、检测环境;
- f) 检测数据: 宜包含测区波速分布图、平均波速、离散度、缺陷分布图(缺陷位置)等分析解释, 按照附录 D 混凝土质量检测结果表;
- g) 检测结论;
- h) 检测日期, 报告签发日期。

附录 A
(规范性)
声波层析成像法检测流程

图 A.1 规定了声波层析成像法检测流程。



图A.1 声波层析成像法检测混凝土质量流程图

地方标准信息服务平台

附录 B
(规范性)

声波层析成像法检测现场记录表

表 B.1 规定了声波层析成像法检测现场记录。

表B.1 混凝土声波质量检测试验检测记录表

检测单位名称:

记录编号:

项目名称		委托编号	
构件位置/编号		检测日期	
构件类型		混凝土强度等级	
检测条件		混凝土龄期	
检测依据			
主要仪器设备及编号			
测区、测点布置示意图:			
地方标准信息服务平台			
备注:			

检测: 记录: 复核: 日期: 年 月 日

附录 C
(规范性)
波速-强度对照表

表C.1规定了混凝土波速与强度的实验结果对照

表C.1 混凝土波速与强度的实验结果对照表

混凝土强度等级	纵波速度 (km/s)
C25	3.30
C30	3.70
C35	3.90
C40	4.05
C45	4.20
C50	4.30
C55	4.40
C60	4.50

地方标准信息服务平台

附 录 D
(规范性)
混凝土质量检测结果表

表D.1规定了混凝土质量检测结果。

表D.1 混凝土质量检测结果表

结构位置或构件编号:		龄期			
速度分布云图:					
波速分布直方图:					
平均波速 (m/s)				离散度	
缺陷分布云图:					
缺陷面积 (m ²)				合格面积率 (%)	
结论		