ICS 93.080
CCS P 66

DB36

江　西　省　地　方　标　准

DB36/T 1969—2024

公路工程混凝土结构缺陷冲击弹性波法检测技术规程

Technical specification for flaw detection of concrete structure in highway engineering by impact elastic wave method

地方标准信息服务平台

2024－05－23 发布　　2024－11－01 实施

江西省市场监督管理局　　发布

地方标准信息服务平台

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　符号 2
5　基本规定 3
6　检测与结果判定 5
7　检测报告 9
附录 A（规范性附录）　冲击弹性波波速标定 10
附录 B（资料性附录）　混凝土结构内部缺陷参考色板 11
附录 C（资料性附录）　检测现场记录表样式 13
附录 D（资料性附录）　检测报告 17
参考文献 18

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江西省交通运输厅提出。

本文件由江西省交通运输标准化技术委员会（JX/TC 014）归口。

本文件起草单位：江西交通职业技术学院、江西省交通建设工程质量监督管理局、江西省高速资产经营有限责任公司、江西省天驰高速科技发展有限公司、四川升拓检测技术股份有限公司。

本文件主要起草人：孟丛丛、柳海龙、谭显峰、王富强、朱学坤、涂昳颖、徐隽尉、魏伟、王立军、唐钱龙、张远军、刘文灵、王斯倩、周杨。

地方标准信息服务平台

公路工程混凝土结构缺陷冲击弹性波法检测技术规程

1 范围

本文件规定了冲击弹性波法检测混凝土结构缺陷的术语和定义、符号、基本规定、检测与结果判定、检测报告等内容。

本文件适用于公路工程混凝土结构缺陷（混凝土结构厚度偏差、混凝土结构内部缺陷、混凝土结构结合面缺陷、钢管混凝土脱空）的检测。

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。

GB 50204 混凝土结构施工质量验收规范

JJF 1969 冲击弹性波检测仪校准规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

冲击弹性波 impact elastic wave

冲击作用下的质点以波动形式传播在弹性范围内产生的运动，亦称应力波。

3.2

冲击弹性波法 impact elastic wave method

通过冲击方式产生瞬态冲击弹性波并接收冲击弹性波信号，通过分析冲击弹性波及其回波的波速、波形和主频频率等参数的变化，判断混凝土结构缺陷的方法。其中，通过分析信号在表层振动信号的卓越周期、持续时间等参数的变化，判断构件表面脱空情况的方法，称之为振动法。

3.3

点标定 piont calibration

在标定的混凝土结构表面上布置的测点，利用该测点的检测参数作为检测判断基准。

3.4

线标定 line calibration

在标定的混凝土结构表面上按一定方向布置的测线，利用该测线的检测参数作为检测判断基准。

3.5

主频 main frequency

在接收回波各频率成分的幅值分布中，振幅最大处对应的频率值。

3.6

基准主频 basic main frequency

通过标定获取的主频，作为判定的基准。

3.7

检测主频 main frequency detection

通过检测获取的主频。

3.8

卓越周期 main cycle

冲击弹性波在激振面和反射面之间传播一个来回的时间。

3.9

基准卓越周期 basic main cycle

通过标定获取的卓越周期，作为判定的基准。

3.10

检测卓越周期 main cycle detection

通过检测获取的卓越周期。

3.11

混凝土结构结合面 concrete structure interface

构件新旧混凝土结合的部位。

4 符号

下列符号适用于本文件。

f_c—检测主频，单位为千赫兹（kHz）；

f_{cji}—第 j 点第 i 次检测主频，单位为千赫兹（kHz）；

f_s—基准主频（kHz），通过标定获取；

地方标准信息服务平台

f_{si}—第i个有效数据振幅谱中构件厚度对应的频率值，单位为千赫兹（kHz）；

Δf—频率采样间隔，单位为千赫兹（kHz）；

h—被测混凝土结构厚度，单位为毫米（mm）；

H—测区判定厚度，单位为米（m）；

H_0—标定点厚度，单位为米（m）；

H_j—第j点检测厚度，单位为米（m）；

n—每测点有效数据个数，且≥3；

n_1—每测点波速标定有效数据个数，且≥3；

N—测区总测点数，且≥3；

N_2—脱空检测测区总测点数；

v_p—标定波速，单位为千米每秒（km/s）；

T_c—检测卓越周期，单位为毫秒（ms）；

T_{cji}—第j点第i次检测卓越周期，单位为毫秒（ms）；

T_s—基准卓越周期，单位为毫秒（ms），通过标定获取；

T_{si}—第i个有效数据卓越周期，单位为毫秒（ms）；

$\overline{T_1}$—测区平均卓越周期；

$\overline{T_2}$—测区平均持续时间；

T_{1i}—第 i 测点的卓越周期；

T_{2i}—第 i 测点的持续时间。

5 基本规定

5.1 一般要求

5.1.1 冲击弹性波法检测混凝土结构时，混凝土强度不宜小于设计强度的 70%。

5.1.2 冲击弹性波法检测混凝土结构缺陷前，应确保检测部位混凝土表面平整，无蜂窝、麻面、浮浆等外观质量缺陷。

5.1.3 现场检测时，构件表面若有沟槽或裂缝，测点和激振点应位于沟槽或表面裂纹同侧，激振点到测点位置距离不宜大于预估厚度的 1/4，测试板式构件时测点距边界不宜小于预估厚度的 1/3。

5.2 冲击弹性波检测仪

地方标准信息服务平台

5.2.1　冲击弹性波检测仪应具有信号采集与数据分析功能。信号采集应包括信号激振、信号拾取、信号放大、模数转换等装置；数据分析宜包括数字信号显示、存储、分析、成像等功能。

5.2.2　冲击弹性波检测仪应具备波速、幅值、时域、频率、相位等分析功能。

5.2.3　冲击弹性波检测仪的信号激振装置应能激发出不同频率的冲击弹性波。激振装置宜采用锤头直径不同尺寸的实心钢球作为冲击器，且应符合表 1 的规定。

表 1　激振锤特性要求

型号	直径/mm	激励纵波波长λ_p/m	质量/g	材质
D6	6	0.05～0.10	≥0.8	不锈钢
D10	10	0.10～0.20	≥4.0	
D17	17	0.20～0.30	≥20.0	
D30	30	0.30～0.55	≥110.0	
D50	50	0.55～0.80	≥510.0	
注：激励波长为理论计算值，供需要考虑激振锤激励波长时参考				

5.2.4　针对不同厚度的混凝土结构，宜参考表 2 选择适宜的激振锤；实际检测时，应根据现场反射信号识别度进行选取。

表 2　冲击弹性波法检测激振锤选取参考表

构件厚度（mm）	b≤200	200＜b≤600	600＜b≤1000	b＞1000
锤头直径（mm）	5.0～20.0	15.0～30.0	25.0～50.0	现场测试确定

5.2.5　信号拾取装置宜采用加速度传感器，且应符合下列规定：

a)　传感器应根据检测对象、检测目的、检测方法等进行选择，且频响范围满足检测要求；

b)　可自检测灵敏度、线性度和稳定性等指标，以确保传感器的准确性和可靠性；

c)　可采用其他有助于提升信噪比的信号拾取装置；

d)　钢管混凝土检测宜采用带磁性座的加速度传感器。

5.2.6　信号放大装置的增益倍率宜为 1～100 倍，频带应大于传感器的有效频响范围。

5.2.7　模数转换装置分辨率不应小于 12 Bit，并应适用于单通道和双通道数据采集模式。单通道工作模式下，最大采样率不应小于 500 kHz；双通道工作模式下，每个通道最大采样率不应小于 250 kHz。

5.2.8　冲击弹性波检测仪的校准周期不宜超过 1 年，校准方法应按照 JJF 1969 的规定。当存在下列情况之一时，应校准冲击弹性波检测仪：

a)　新仪器启用前；

b)　在更换信号转换配件，如采集信号的传感器、信号放大器等可能影响测试性能的装置时；

c)　超过校准有效期；

d)　其他需要校准的情况。

5.2.9　冲击弹性波仪应能在现场环境温度-4℃～40℃、相对湿度小于 70%的环境条件下正常工作。不宜在机械振动和高振福电噪声干扰环境下使用。

5.3　工作要求

5.3.1　冲击弹性波法检测混凝土结构缺陷宜按图 1 进行。

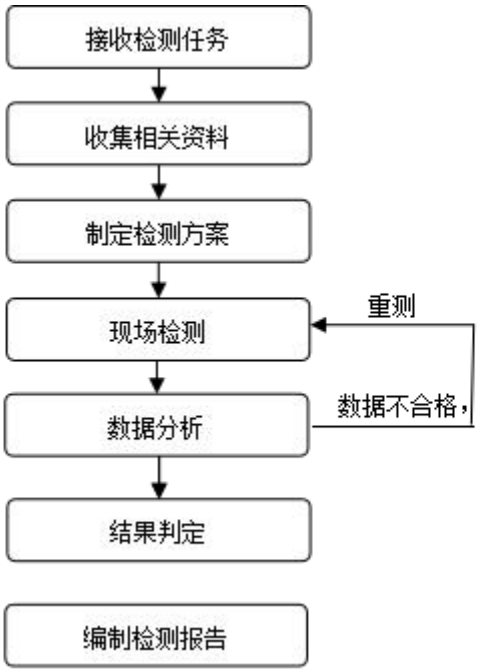

图 1　冲击弹性波法检测混凝土结构缺陷流程

5.3.2　资料收集包括不限于下列内容：

a)　委托方和相关单位的检测目的和具体要求；
b)　设计资料、施工资料、监理资料、养护与维修加固资料；
c)　结构技术状况、相应检测条件信息等；
d)　辅助现场检测和数据判断的其他资料。

5.3.3　检测方案应根据实际被测对象进行制定，包括不限于下列内容：

a)　工程概况；
b)　检测目的及委托方的检测要求，包括检测范围、检测数量等；
c)　检测依据包括检测标准、相关技术文件等；
d)　检测方法及检测数据出现异常情况时处理措施；
e)　检测人员和仪器设备情况；
f)　检测工作进度计划。

5.3.4　数据管理要求如下：

a)　检测数据应真实、可靠，并做好数据备份；
b)　现场检测时应记录测试对象的相关信息，信息应详细、准确。在条件允许时，宜记录测试现场的地理坐标信息；
c)　检测数据宜用数据库管理，应具备远程数据传输、储存、检索、回溯以及对比等功能。

6　检测与结果判定

6.1　混凝土结构厚度偏差

6.1.1　检测要求

6.1.1.1　冲击弹性波法检测混凝土结构厚度前，应按附录 A 规定对冲击弹性波波速等基准参数进行标定。

6.1.1.2　构件的测区和测点应符合下列规定：

a)　每个构件测区数不宜少于 3 个，相邻两测区间距应控制在 2 m 以内，每个测区面积不宜大于 1m^2，测区布置参见图 2；

b)　每个测区不应少于 3 个测点，每个测点的有效检测数据条数不应少于 3 条，测点在测区内宜均匀分布，测点应避开预埋件和不易处理的表观缺陷。

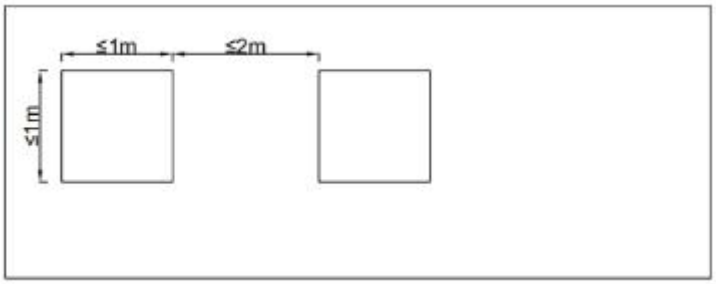

图 2　厚度测定测区布置示意图

6.1.2　数据分析

6.1.2.1　冲击弹性波法检测混凝土结构各测点厚度的数据分析应按式（1）进行计算：

$$H_j = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{v_p}{2f_{cji}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{v_p T_{cji}}{2} \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

H_j—第 j 点检测厚度，单位为米（m），保留三位小数；

n—每个测点有效数据个数，且≥3；

v_p—标定波速，单位为千米每秒（km/s）；

f_{cji}—第 j 点第 i 次检测主频，单位为千赫兹（kHz）；

T_{cji}—第 j 点第 i 次检测卓越周期，单位为毫秒（ms）。

6.1.2.2　每个测点检测信号的检测卓越周期偏差不应大于平均值的 15%，当不满足这一要求时，应予以剔除，若剔除后有效信号少于 3 个，该测点应按照 5.3 工作流程规定进行重测。

6.1.2.3　冲击弹性波法检测混凝土结构的各测区厚度按式（2）进行计算：

$$H = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}H_j \quad \cdots\cdots (2)$$

式中：

H—测区判定厚度，单位为米（m），保留三位小数；

N —测区总测点数，且≥3。

6.1.3 结果判定

6.1.3.1 按照 GB 50204 判定混凝土结构厚度偏差。

6.1.3.2 判定结果不符合设计厚度要求时，宜采用原位钻孔、取芯等方式进行实体验证。

6.2 混凝土结构内部缺陷

6.2.1 检测要求

6.2.1.1 冲击弹性波法检测混凝土结构内部缺陷前，应按附录 A 的规定对冲击弹性波波速等基准参数进行标定。

6.2.1.2 冲击弹性波法检测混凝土结构内部缺陷时，宜采用测线或测区的布置方式。

6.2.1.3 冲击弹性波法检测混凝土结构内部缺陷应符合以下规定：

a) 当采用测线进行内部缺陷检测时，每条测线不应少于 6 个测点，且测点间距宜介于 50mm～200mm，测点布置参见图 3；

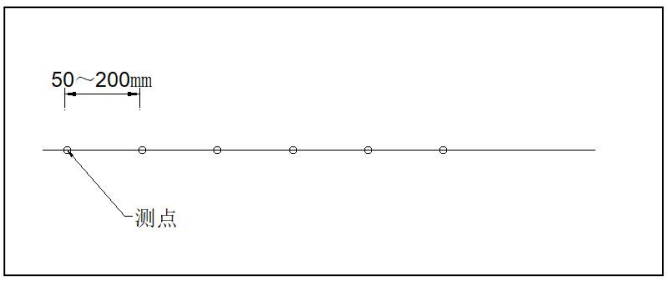

图 3 采用测线检测测点布置示意图

b) 当采用测区进行内部缺陷检测时，测区由测线构成，采用网格式布置，且行、列测线各不少于 5 条，测线间距相等，宜介于 50mm～200mm，每条测线不宜少于 6 个测点，且测点间距宜介于 50mm～200mm，测点布置参见图 4；

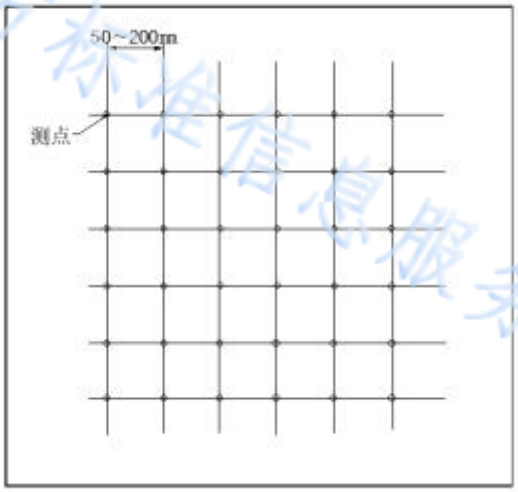

图 4 采用测区检测测点布置示意图

地方标准信息服务平台

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/695042003123011222