

DB32

江苏省地方标准

DB32/T 4649—2024

公路桥梁混凝土结构预应力施工 质量检测评价技术规程

Technical code for inspection and evaluation of prestressed
construction quality of highway bridge concrete structure

地方标准信息服务平台

2024-01-09 发布

2024-02-09 实施

江苏省市场监督管理局 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
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 锚下有效预应力检测	2
6 孔道压浆密实度检测	5
7 质量评价	9
附录A(资料性) 现场检测记录表	11
附录B(资料性) 检测报告模板	14
附录C(资料性) 定位检测适用表	16
附录D(资料性) 定位检测图例	18
附录E(资料性) 压浆密实度定性检测理论计算公式	20
参考文献	21

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。

本文件由江苏省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：江苏省交通运输综合行政执法监督局、华设检测科技有限公司、江苏东交智控科技集团股份有限公司、华设设计集团股份有限公司、南京市公共工程建设中心、四川升拓检测技术股份有限公司、河海大学、无锡市城市重点建设项目管理中心、苏州交投建设管理有限公司、无锡交通建设工程集团有限公司、苏州市高速公路管理有限公司、江苏省邗江交通建设工程有限公司、徐州市公路工程总公司、江苏中源工程管理股份有限公司、南通交通建设投资集团有限责任公司、江苏中基工程技术研究有限公司、无锡大诚建设有限公司、浙江交工集团股份有限公司。

本文件主要起草人：郑洲、俞先江、王捷、张建、张卫中、蔡远、刘亚楼、陶屹、汪春桃、谢发祥、钱晓彬、方太云、唐晓俊、沈斌、刘九生、王若鹏、李雪锋、张南童、毛益佳、王正、周春风、孙振锋、王鹏、吴超、卢瑶、靳羽、龚玉宇、陈杨、姚伟、马铁军、郭志杰、周建光、陈磊、魏琛宇、徐林、胡田亚、宋健、徐鑫、王翼飞、杜永军、丁寿文、李燕军、周明利、曹昌伟、陈进、吕成林、朱华新、陆朝新、过晓良、杨文忠、沈辉、沈秀萍、张国其、王志华、谷强、聂年圣、吴波涛、孙发源、董戈、陈军。

地方标准信息服务平台

公路桥梁混凝土结构预应力施工 质量检测评价技术规程

1 范围

本文件规定了公路桥梁混凝土结构预应力施工质量检测评价的基本规定、锚下有效预应力检测、孔道压浆密实度检测、质量评价等。

本文件适用于公路桥梁混凝土结构预应力施工质量检测评价,其他预应力工程可参照使用。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锚下有效预应力 effective prestress under anchorage

预应力筋张拉锚固后,工作锚具锚口下预应力筋留存的预应力。

3.2

孔道压浆密实度 tunnel grouting compactness

压浆料在预应力孔道中的密实程度。

3.3

反拉法 reverse stretch method

对已张拉的预应力筋施加反向张拉力,检测锚下有效预应力的方法。

3.4

应变法 strain test method

在锚下预应力筋上布置应变传感器,检测锚下有效预应力的方法。

3.5

冲击回波等效波速法 impact-echo equivalent velocity method; IEEV

根据冲击弹性波信号经孔道位置的绕射和反射特性,判断孔道内压浆缺陷位置的一种定位检测分析方法。

3.6

全长波速法 full length P-wave velocity method; FLPV

根据冲击弹性波在孔道传播过程中的传播速度变化,判断孔道内压浆密实程度的一种定性检测分析方法。

3.7

全长衰减法 full length energy attenuation method; FLEA

根据冲击弹性波在孔道传播过程中的能量衰减变化,判断孔道内压浆密实程度的一种定性检测分析方法。

方法。

3.8

传递函数法 p-wave frequency transform functions method; PFTF

根据冲击弹性波在孔道传播过程中的频率变化,判断孔道内压浆密实程度的一种定性检测分析方法。

4 基本规定

4.1 检测人员应通过专业技术培训,具备相应的检测能力。

4.2 检测前,应根据检测目的及要求、检测对象、检测条件、设计资料以及施工工艺等编制检测方案,并做好技术交底。

4.3 检测现场应符合安全生产规定,具备有效的安全防护措施。

4.4 现场检测环境应无机械振动、电磁干扰等外部影响。

5 锚下有效预应力检测

5.1 一般规定

5.1.1 锚下有效预应力宜采用单根反拉法检测,在张拉完成 12 h 后、孔道压浆前进行,且预应力筋外露长度不应小于 600 mm。

5.1.2 应变法检测应在预应力筋张拉前在合适位置布设应变传感器。

5.2 检测频率

5.2.1 桥梁构件预制场首件预应力构件应全数检测;改变施工工艺、更换张拉设备时,第 1 件预应力构件应全数检测。

5.2.2 每座连续现浇梁桥、节段梁桥首件预应力施工的前 5 束应全数检测;改变施工工艺、更换张拉设备时,预应力施工的前 3 束应全数检测。

5.2.3 正常施工时,对不同类型预制构件抽检频率不低于 3%,且不少于 3 个构件;不同类型现浇梁,每跨检测数量应不少于 3 束。

5.2.4 监理认为必要时进行检测。

5.3 反拉法

5.3.1 检测仪器设备

检测仪器设备应符合下列要求:

- a) 具备实时采集位移、力值信号功能,采样频率不低于 5 Hz,且可自动识别有效预应力测试值,并能够绘制反拉力值曲线与夹片位移曲线的双控曲线图;
- b) 具备智能限位功能,能够自动侦测夹片位移量,并实施限位控制,反拉实施时夹片位移量不大于 1.5 mm;
- c) 反拉加载设备最大加持荷载不小于最大加载力值的 1.3 倍,且具备均匀加卸载等性能;
- d) 预应力测量系统误差优于 $\pm 1\%$ FS。

5.3.2 现场检测

现场检测按下列步骤进行:

- a) 现场检测前,根据现场实际情况填写附录A中表A.1的相关信息;
- b) 各连接管线端头及操作设备连接处应干燥整洁,如有泥沙、灰尘等杂质,应擦拭干净,并将各管线端头及操作设备连接好;
- c) 将操作设备与主机连接完好后开启主机电源,并调试设备;
- d) 安装反拉加载设备时,将智能限位设备和反拉加载设备先后穿插至预应力筋上,且使反拉力作用线与预应力筋轴线重合,所有现场人员位于预应力筋轴线两侧,梁体两端应设置安全挡板;
- e) 检测过程中发生夹片破裂、锚具凹陷、预应力筋断丝或滑移、混凝土开裂、异常声响等异常现象时,应停止加载,查清原因,确定安全后再进行检测,否则终止检测;
- f) 单根预应力筋检测结束,按表A.1记录所测锚下有效预应力值和夹片位移曲线;
- g) 检测完成,关闭电源,拆除设备。

5.3.3 数据处理

5.3.3.1 锚下有效预应力相对偏差按公式(1)计算:

$$E_{\pi} = \frac{F_c - F_D}{F_D} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- E_{π} —— 锚下有效预应力相对偏差;
- F_D —— 锚下有效预应力标准值,单位为千牛(kN);
- F_c —— 反拉法检测得到的锚下有效预应力,单位为千牛(kN)。

5.3.3.2 锚下有效预应力标准值按公式(2)计算:

$$F_D = (1 - n_1 - n_2) \times F_{con} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- F_D —— 锚下有效预应力标准值,单位为千牛(kN);
- F_{con} —— 预应力施工张拉控制值,单位为千牛(kN);
- n_1 —— 锚具变形,预应力筋回缩和接缝压缩损失率;
- n_2 —— 锚圈口摩擦损失率,通过试验得到,缺乏试验数据时可取 2.0%~2.5%。

5.3.3.3 锚下有效预应力同束不均匀度按公式(3)计算:

$$\gamma = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{F_{\max} + F_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- γ —— 锚下有效预应力同束不均匀度;
- F_{\max} —— 同束预应力筋单根锚下有效预应力最大检测值,单位为千牛(kN);
- F_{\min} —— 同束预应力筋单根锚下有效预应力最小检测值,单位为千牛(kN)。

5.3.3.4 锚下有效预应力同断面不均匀度按公式(4)计算:

$$\gamma' = \frac{F'_{\max} - F'_{\min}}{F'_{\max} + F'_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- γ' —— 锚下有效预应力同断面不均匀度;
- F'_{\max} —— 同断面中同束预应力筋平均单根锚下有效预应力最大检测值,单位为千牛(kN);
- F'_{\min} —— 同断面中同束预应力筋平均单根锚下有效预应力最小检测值,单位为千牛(kN)。

5.4 应变法

5.4.1 检测仪器设备

检测仪器设备应符合下列要求：

- a) 具备数据采集、数据传输、信号处理,数据分析、存储与输出等功能；
- b) 应变测试仪器设备应符合表1要求。

表 1 应变测试仪器技术要求

设备名称	分辨率/ $\mu\epsilon$	量测范围/ $\mu\epsilon$
电阻应变仪	1	$\pm 20\ 000$
应变传感器	1	$\pm 20\ 000$

5.4.2 现场检测

5.4.2.1 应变法检测应贯穿预应力筋张拉施工的全过程。

5.4.2.2 现场检测应考虑锚下有效预应力分布特点,按下列要求进行测点布设：

- 测点布设位置与工作锚具间距为预应力筋最大理论伸长量增加 10 cm~20 cm；
- 采用粘贴应变片(传感器)测试时,每个测点沿预应力筋环向布设数量不少于 3 个；
- 每束预应力筋应逐根布设测点,单根预应力筋沿轴向布设不少于 3 个测点,测点间距为 5 cm~10 cm。

5.4.2.3 检测设备安装完成后应进行系统调试,应有不少于 15 min 的稳定观测,观测读数频率为 1 次/min,读数稳定后开展检测工作。

5.4.2.4 数据采集与记录应符合下列要求：

- 记录张拉过程中每一级荷载值、测点应变值、环境温度等；
- 加、卸载期间应变采样频率为 1 次/ $0.05\sigma_{con}$ (σ_{con} 为张拉控制应力),持荷期间采样频率不小于 1 次/min,且不少于 3 次。

5.4.2.5 检测过程发生下列情况时,应停止加载,查明原因,做好记录,采取措施后再确定是否继续：

- 实测应变值大于理论计算值,或变化规律异常；
- 出现夹片破裂、锚具凹陷、预应力筋断丝或滑移等异常现象。

5.4.3 数据处理

5.4.3.1 检测数据修正应符合下列要求。

a) 应变温度修正值按公式(5)计算：

$$\epsilon_t = \Delta t K_t \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- ϵ_t ——应变温度修正值,单位为微应变($\mu\epsilon$)；
- Δt ——检测时段内的温度变化量,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)；
- K_t ——线膨胀系数,空载时温度上升 1°C 测点应变的变化值,单位为微应变每摄氏度($\mu\epsilon/^{\circ}\text{C}$)。

- b) 预应力筋不均匀穿束等误差引起的非线性应变值,通过加载过程的荷载—应变曲线线性拟合进行修正。
- c) 应变传感器的传输导线电阻引起的应变值,通过试验进行修正。
- d) 采用工具式应变传感器测量力值时,通过传感器修正公式进行修正。

5.4.3.2 预应力筋有效应变值按公式(6)计算:

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon - \varepsilon_0 - \varepsilon_p - \varepsilon_t - \varepsilon_R \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

- $\Delta\varepsilon$ ——预应力筋有效应变值,单位为微应变($\mu\varepsilon$);
 ε ——荷载作用下测量的预应力筋总应变值,单位为微应变($\mu\varepsilon$);
 ε_0 ——应变初始值,单位为微应变($\mu\varepsilon$);
 ε_p ——荷载作用下预应力筋非线性应变修正值,单位为微应变($\mu\varepsilon$);
 ε_t ——应变温度修正值,单位为微应变($\mu\varepsilon$);
 ε_R ——导线电阻修正值,单位为微应变($\mu\varepsilon$),若检测仪器设备自带导线电阻修正,可不计。

5.4.3.3 单根预应力筋锚下有效预应力及平均有效应变分别按公式(7)和公式(8)计算:

$$F_e = E_c \times \Delta\bar{\varepsilon} \times \frac{A_{pk}}{1000} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$\Delta\bar{\varepsilon} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta\varepsilon_i \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

- F_e ——应变法锚下有效预应力,单位为千牛(kN);
 A_{pk} ——预应力筋的截面面积,单位为平方毫米(mm^2);
 E_c ——预应力筋材料弹性模量,单位为兆帕(MPa);
 $\Delta\varepsilon_i$ ——第*i*测点的有效应变,单位为微应变($\mu\varepsilon$);
 $\Delta\bar{\varepsilon}$ ——平均有效应变,单位为微应变($\mu\varepsilon$);
 N ——应变测点数量。

5.4.3.4 锚下有效预应力相对偏差、锚下有效预应力标准值、同束不均匀度、同断面不均匀度计算同 5.3.3。

6 孔道压浆密实度检测

6.1 一般规定

6.1.1 压浆材料的强度应达到设计强度的 70% 以上方可进行压浆密实度检测,一般不少于 7 d。

6.1.2 孔道压浆密实度检测类别分为定性检测和定位检测两类,定性检测适用于快速定性检查构件整体压浆质量,定位检测适用于管道压浆缺陷的位置、类型等判定。

6.1.3 孔道压浆密实度应根据监测目的、检测要求、检测条件等选择适宜的检测方法,且符合下列规定:

- 在定位检测适用的条件下,或定性检测压浆指数不足 0.80 时,应采用定位检测方法,常见结构类型适用的具体检测方法见附录 C;
- 当被检测梁板不具备压浆定位检测条件,或者需要排查压浆密实度时,采用定性检测;
- 定位检测应事先标注孔道位置;
- 构件表面测点处应清洁、平整。

6.2 检测频率

6.2.1 桥梁构件预制场首件预应力构件应对压浆孔道全数检测;改变施工工艺、更换压浆设备时,第 1 件预应力构件应全数检测。

6.2.2 每座连续现浇梁桥、节段梁桥首件压浆施工的前 10 束应全数检测;改变施工工艺、更换压浆设备时,孔道压浆施工的前 5 束应全数检测。

6.2.3 正常施工时,对不同类型预制构件抽检频率不低于 3%,且不少于 3 个构件;不同类型现浇梁,每跨检测量应不少于 3 束。

6.2.4 监理认为必要时应进行检测。

6.3 检测仪器设备

检测设备仪器应符合下列要求:

- a) 具备信号采集与数据分析功能,包括信号激发、信号拾取、信号调理、模数转换、数字信号显示、存储、分析、成像等功能;
- b) 信号拾取装置采用加速度传感器或声频传感器,频带宽度 0.1 kHz~20 kHz;
- c) 信号增益宜采用电荷放大器,且增益倍率宜为 1 倍~100 倍,放大器频带应大于传感器的有效频响范围;
- d) 模数转换(A/D)卡不少于 2 个采集通道,其分辨率不低于 16 bit,最大采样频率不小于 500 kHz;
- e) 检测仪标定幅值非线性误差应在±5%以内,电信号测量相对误差应在±1%以内;
- f) 频谱分析方法应具有快速傅里叶变换(FFT)和最大熵法(MEM)两种;
- g) 激振装置应根据检测方法、检测对象差异,通过现场实验选用。

6.4 准备工作

6.4.1 前期准备

孔道压浆密实度检测类别及适用条件见表 2。

- a) 定性检测应清理端头,预应力筋外露,在预应力孔道两端分别激振检测。
- b) 定位检测应确定孔道位置,沿孔道走向每 10 cm~20 cm 等间距布置测点。
- c) 定性检测应对同一梁场、同一类型梁(板)的混凝土和钢绞线波速进行标定,宜对孔道压浆前后振幅特征和频率特征进行标定,若现场无法标定时,按表 3 取基准值。
- d) 孔道压浆密实度定位检测结果图例见附录 D。

表 2 孔道压浆密实度检测类别及适用条件

检测类别	适用条件
定性检测	<ul style="list-style-type: none"> a) 适用于快速定性检查构件整体压浆质量。 b) 两端预应力筋外露长度为 3 cm~5 cm 的孔道
定位检测	<ul style="list-style-type: none"> a) 适用于管道压浆缺陷的位置、类型等判定。 b) 定位检测要求波纹管的孔道尺寸(d)和深度(T)符合以下条件: <ul style="list-style-type: none"> 1) 孔道尺寸(d)为波纹管外径,深度(T)为管顶至测试点的距离; 2) 当 $0.3 < d/T < 1.5$ 时,且属于单排孔道,可检测出缺陷沿孔道方向的尺寸; 3) 当 $1.5 \leq d/T$ 时,或者 $0.3 < d/T < 1.5$ 时属于多排(2 个及以上)孔道的仅能检测出距离测试面最近的孔道是否存在缺陷。 c) IEEV 法适用于孔道走向及位置能够确定,且在冲击回波传播方向为单排预应力孔道,厚度不宜大于 80 cm。 d) IERS 法适用于厚度较厚,底面反射不明显时,或在冲击回波传播方向为多排(2 个及以上)预应力孔道时。 e) 测试表面规则平整。

表 3 孔道压浆密实度检测基准值

检测方法	标定因子	压浆饱满时基准值	未压浆时基准值
全长波速法	波速/(km/s)	混凝土实测波速	5.01
全长衰减法	能量比(接收端/激振端)	0.02	0.20
传递函数法	频率比(接收端/激振端)	1.00	3.00
	激振频率/(kHz)	2.0	4.0

6.4.2 传感器耦合要求

传感器耦合要求如下：

- a) 定性检测采用磁性卡座或机械装置与钢绞线耦合,传感器轴线与钢绞线轴线平行、粘结稳固,且粘结面无灰尘等杂质；
- b) 定位检测采用加速度传感器时,应使用带阻尼的传感器支座,以均匀力度将传感器按压在结构表面,传感器与结构面紧密耦合,且接触面无浮浆、灰尘等杂质；
- c) 定位检测采用声频传感器时,应具备隔音功能,且接触面无浮浆、灰尘等杂质。

6.5 现场检测

现场检测应符合以下规定：

- a) 现场检测前,根据现场实际情况按表 A.2、表 A.3填写相关信息；
- b) 各连接管线端头及操作设备连接处应干燥整洁,如有泥沙、灰尘等杂质,应擦拭干净,并将各管线端头及操作设备连接好；
- c) 现场检测时,保证现场无较大振动、噪声；
- d) 检测完成,保存数据,拆除设备；
- e) 检测流程如图 1所示。

地方标准信息服务平台

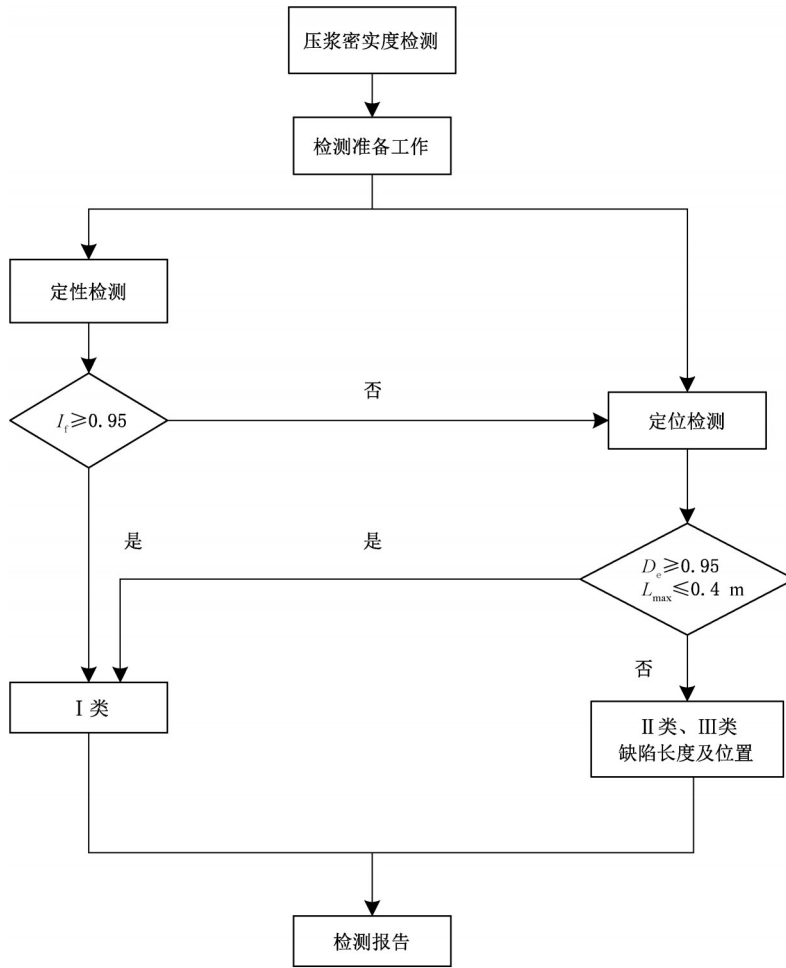


图1 孔道压浆密实度检测流程图

6.6 数据处理

6.6.1 定性检测数据处理

6.6.1.1 采用压浆指数 I_f 作为定性检测的评价指数。当 $I_f = 1$ 时,则压浆饱满;当 $I_f = 0$ 时,则未压浆。

6.6.1.2 根据标定的基准值或按表 3 取基准值,分别计算波速分项压浆指数 I_{PV} 、振幅分项压浆指数 I_{EA} 、频率分项压浆指数 I_{TF} ,由设备系统计算得出,相关理论计算公式见附录 E。

6.6.1.3 预应力孔道大于 70 m 时,宜采用波速分项压浆指数 I_{PV} 按公式(9)计算评价指数:

$$I_f = I_{PV} \dots\dots\dots(9)$$

式中:

I_{PV} ——根据 FLPV 法得到的波速分项压浆指数。

6.6.1.4 预应力孔道不大于 70 m 时,测试条件不满足激振要求,或测试频率异常时,宜采用 I_{PV} 、 I_{EA} 两个分项按公式(10)计算评价指数:

$$I_f = (I_{EA} \cdot I_{PV})^{1/2} \dots\dots\dots(10)$$

式中:

I_{EA} ——根据 FLEA 法得到的振幅分项压浆指数。

6.6.1.5 预应力孔道不大于 70 m、测试条件和测试频率正常时,宜采用 I_{PV} 、 I_{EA} 、 I_{TF} 三个分项按公式(11)计算评价指数:

$$I_f = (I_{EA} \cdot I_{PV} \cdot I_{TF})^{1/3} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

I_{TF} ——根据 PFTF 法得到的频率分项压浆指数。

6.6.2 定位检测数据处理

6.6.2.1 采用频谱等值线图分析线性标定数据得到的时域频谱主峰,并以此作为评价孔道压浆密实度的基准,见附录 D。

6.6.2.2 根据检测方向、冲击回波等效波速以及压浆缺陷长度等,按表 4 对压浆缺陷进行分级。

表 4 压浆缺陷分级表

检测方向	等效波速变化	连续缺陷长度 L	缺陷分级
水平	降低小于 5%	—	无缺陷
	降低 5%~10%	≤ 0.4 m	小规模
	降低 10% 以上	> 0.4 m	大规模
竖直	降低小于 10%	—	无缺陷
	降低 10%~15%	≤ 0.4 m	小规模
	降低 15% 以上	> 0.4 m	大规模

6.6.2.3 采用压浆密实度指数 D_e 作为定位检测的评价指数,压浆密实度指数 D_e 按公式(12)计算：

$$D_e = \frac{N_j \times 1 + N_x \times 0.5 + N_D \times 0}{N} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

N ——检测点数

N_j ——无缺陷测点数；

N_x ——小规模缺陷测点数；

N_D ——大规模缺陷测点数。

7 质量评价

7.1 锚下有效预应力

锚下有效预应力相对偏差 E_r 、同断面不均匀度 γ 和同束不均匀度 γ' 满足表 5 要求。检测报告见附录 B。

表 5 锚下有效预应力检测指标评价标准

检测指标	允许偏差/%
锚下有效预应力相对偏差 E_r	± 5
锚下有效预应力同束不均匀度 γ	5
锚下有效预应力同断面不均匀度 γ'	2

7.2 孔道压浆密实度

孔道压浆密实度按表 6 进行质量评价。当定位判定结果出现两个等级时,按照较低等级进行判定。检测报告见附录 B。

表 6 孔道压浆密实度评价标准

评价指标	技术要求	最大连续缺陷长度 L_{\max}	压浆密实度等级	备注
压浆指数 I_f	≥ 0.95	—	I 类(密实)	—
	$0.80 \sim < 0.95$	—	II 类(基本密实)	重点部位宜定位复检
	< 0.80	—	III 类(存在缺陷)	应定位复检,且评价指标选择 D_c 。
压浆密实度指数 D_c	≥ 0.95	≤ 0.4 m	I 类(密实)	—
	$0.90 \sim < 0.95$	> 0.4 m ~ 2.0 m	II 类(基本密实)	—
	< 0.90	> 2.0 m	III 类(不合格)	—

地方标准信息服务平台

附 录 A
(资料性)
现场检测记录表

A.1 锚下有效预应力现场检测记录表见表 A.1。

表 A.1 锚下有效预应力现场检测记录表

检测单位名称：

记录编号：

工程名称					
工程部位/用途				检测日期	
梁板编号				天气、温度/℃	
梁板长度				施工工艺	
检测依据				检测方法	
主要仪器设备名称及编号				判定依据	
束号	实测值 kN	理论值 kN	相对偏差 %	同束不均匀度 %	同断面不均匀度 %
检测部位示意图：					
附加声明：					

检测：

记录：

复核：

日期： 年 月 日

附录 C
(资料性)
定位检测适用表

C.1 定位检测适用表见表 C.1。

表 C.1 定位检测适用表

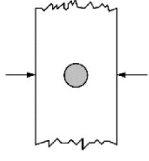
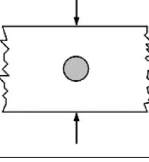
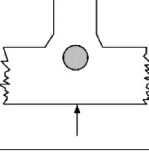
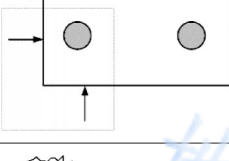
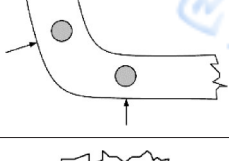
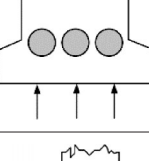
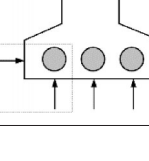
常见结构类型示例	适用方法	检测效果	适用条件
	IEEV/IE/IERS	可检测出缺陷类型、尺寸	箱梁腹板、T梁腹板或者其他单排波纹管结构
	IEEV/IE/IERS	可检测出缺陷类型、尺寸	负弯矩、联系梁顶板等单排结构
	IE/IERS	可检测出该处是否存在缺陷	箱梁顶板拐角处、空心板、单箱多室横隔板位置等结构
	IE/IERS	可检测出该处是否存在缺陷	T梁马蹄部位、连续梁腹板、底板等结构
	IE/IERS	可检测出该处是否存在缺陷	箱梁底部拐角或者其他类似结构
	IE/IERS	可检测出该处是否存在缺陷	T梁孔道在腹板与马蹄之间的结构或者其他类似结构
	IE/IERS	可检测出该处是否存在缺陷	T梁进入马蹄部位或者其他类似结构

表 C.1 定位检测适用表（续）

常见结构类型示例	适用方法	检测效果	适用条件
	IE/IERS	可检测出该处是否存在缺陷(中部孔道为测试盲区)	多排类型波纹管的板式结构,其中部孔道为测试盲区无法进行定位测试,有条件可考虑定性检测

地方标准信息服务平台

附录 D
(资料性)
定位检测图例

D.1 无缺陷部位定位检测结果见图D.1、图D.2。

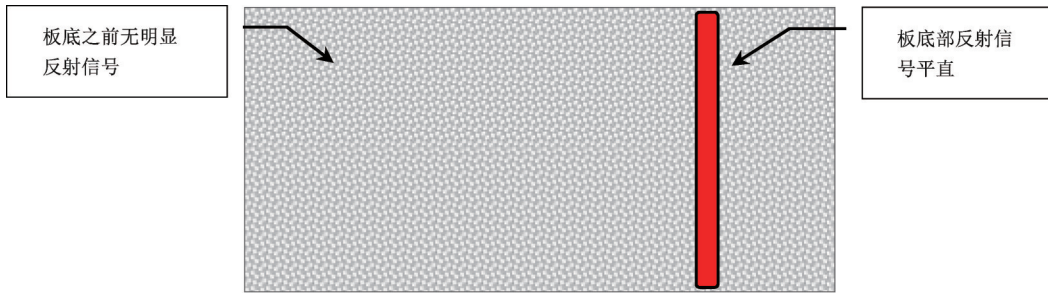


图 D.1 无缺陷部位结果图例(厚度无变化)

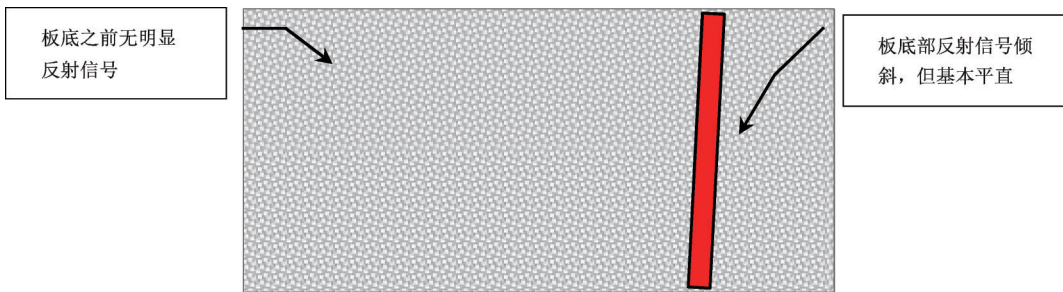


图 D.2 无缺陷部位结果图例(厚度有变化)

D.2 缺陷部位定位检测结果见图D.3、图D.4。

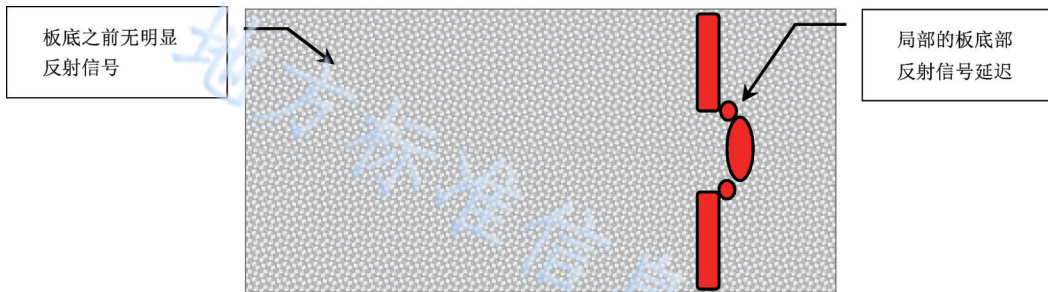


图 D.3 缺陷部位结果图例(无提前反射)

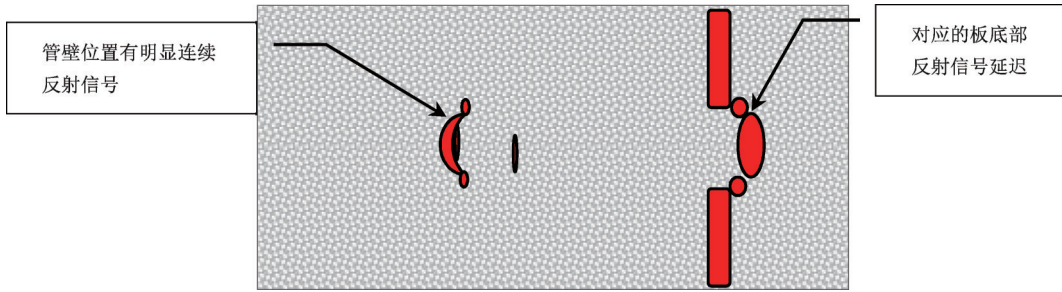


图 D.4 缺陷部位结果图例(有提前反射)

地方标准信息服务平台

附录 E

(资料性)

压浆密实度定性检测理论计算公式

E.1 波速分项压浆指数 I_{PV}

评价因子:速度 V_i (全长波速法),按公式(E.1)计算:

$$V_i = \frac{L}{\Delta t} \dots\dots\dots(E.1)$$

V_i ——第 i 次测试速度,单位为米每秒(m/s);

L ——预应力筋长度,单位为米(m);

Δt ——第 i 次测试激励信号与接收信号初值时间差,单位为秒(s)。

以测试波速、钢绞线波速(基准值)与混凝土波速(基准值)建立比值关系,获取 I_{PV} 值。

E.2 振幅分项压浆指数 I_{EA}

评价因子:能量比 γ_a (全长衰减法),即激励信号与接收信号能量比,按公式(E.2)计算:

$$\gamma_a = \frac{A_r L}{A_s L_0} \dots\dots\dots(E.2)$$

γ_a ——能量比;

A_r ——接收端信号的振幅之和,单位为米(m);

A_s ——激振端信号的振幅之和,单位为米(m);

L_0 ——孔道全长,单位为米(m);

L ——孔道长度基准值,单位为米(m),一般取 10 m。

以平均测试振幅比、灌浆前振幅比(基准值)和灌浆后振幅比(基准值)建立比值关系,获取 I_{EA} 值。

E.3 频率分项压浆指数 I_{TF}

评价因子:频率比 γ_f (传递函数法),即激励信号与接受信号的频率比。

以快速傅里叶变换获取其重心频率 f_w ,按公式(E.3)计算:

$$f_w = \frac{\sum_{i=1}^n f_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \dots\dots\dots(E.3)$$

f_i ——第 i 阶振型的频率,单位为赫兹(Hz);

W_i ——第 i 阶振型的能量(快速傅里叶变换分析中的振幅)。

以激励信号与接受信号的重心频率比值实现灌浆质量评价,按公式(E.4)计算:

$$\gamma_f = \frac{f_{wr}}{f_{ws}} \dots\dots\dots(E.4)$$

f_{wr} ——接收端信号的重心频率,单位为赫兹(Hz);

f_{ws} ——激振端信号的重心频率,单位为赫兹(Hz)。

以测试频率比、灌浆前频率比(基准值)和灌浆后频率比(基准值)建立比值关系,获取 I_{TF} 值。

参 考 文 献

- [1] JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
 - [2] JGJ/T 411 冲击回波法检测混凝土缺陷技术规程
-

地方标准信息服务平台