

DB 13

河北省地方标准

DB 13/T 6000—2024

公路路基压实质量快速检测 土体刚度仪法

地方标准信息服务平台

2024-08-12 发布

2024-09-12 实施

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。

本文件由河北省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：石家庄铁道大学、河北省高速公路京雄管理中心、中交建冀交高速公路投资发展有限公司、中交一公局第五工程有限公司、中交一公局集团有限公司、北京西尼德克仪器设备有限公司。

本文件主要起草人：杨广庆、徐鹏、张孟强、张新宇、刘志、徐长春、张勇、冯玉照、王强、刘伟超，王贺，刘永伟，刘小川，王志杰，高进帅，谢常勇，庞巍，曹福来，邢啸宇，毕岩磊，霍二进。

地方标准信息服务平台

公路路基压实质量快速检测 土体刚度仪法

1 范围

本文件规定了公路路基压实质量快速检测 土体刚度仪法的基本规定、仪器设备、现场检测、压实均匀性评价、压实质量评价和报告。

本文件适用于各等级公路细粒土路基压实质量快速检测。

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。

JTG 3450 公路路基路面现场测试规程

JTG F 80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

JTG/T 3610 公路路基施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

路基刚度 *stiffness*

表征压实路基在外力作用下抵抗弹性变形的能力。

3.2

土体刚度仪 *soil stiffness gauge*

一种快速原位测量压实路基刚度的便携式仪器。

注：通过仪器自身对压实路基表面施加一定数量的低频激振力后，路基表面产生竖向微小位移，即可求得表征路基压实质量的刚度，单点检测时间不超过100s。

3.3

压实均匀性 *compaction uniformity*

路基碾压过程中各部位压实程度均匀分布的特征。

3.4

相关性检验 *correlation verification*

采用对比试验方式建立路基刚度与压实度之间相关关系的过程。

4 基本规定

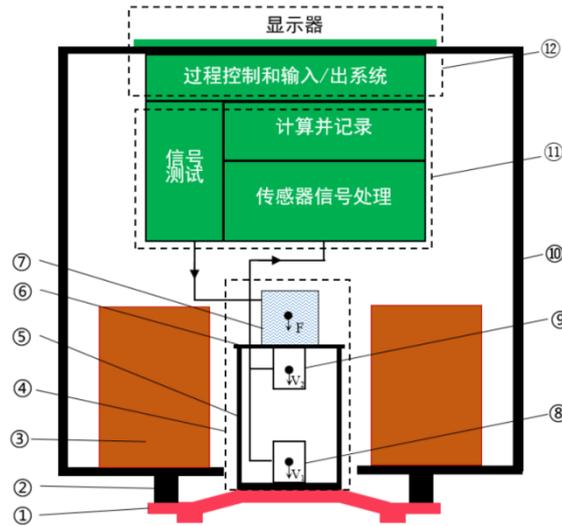
4.1 路基施工前应结合填料类型选择代表性路段作为试验段，进行土体刚度与压实度相关性检验，确定土体刚度仪的适用性及不同层位路基刚度规定值，当路基填料类型发生变化时，应重新进行相关性检验，调整土体刚度规定值。相关性检验应按 6.4 的操作进行。

4.2 路基填筑压实度检测应按 JTG E60 的规定执行。

5 仪器设备

5.1 仪器组成

土体刚度仪由刚性外壳、刚性环圈底座、隔振架、电源（电池）、加载系统、数据采集与处理系统、控制与显示系统等部分组成，如图1所示。



说明：

- 刚性环圈底座；
- 隔振架；
- 电源（电池）；
- 加载系统；
- 圆形钢桶；
- 柔性加载板；
- 机电振动器；
- 底部速度传感器；
- 顶部速度传感器；
- 刚性外壳；
- 数据采集与处理系统；
- 控制与显示系统。

图 1 刚度仪系统组成示意图

5.2 仪器参数

土体刚度仪参数，如表1所示。

表 1 土体刚度仪参数

项目	范围
外壳直径×高度/ mm	280×255
底座外径，内径/ mm	114, 89
质量/ kg	10
垂直度偏差/°	±5
振动频率/ Hz	100~196
检测环境温度/°C	0~38
刚度测量范围/ MN/m	3~70
杨氏模量测量范围/ MPa	26.2~610

检测深度/mm	220~310
检测精度/%	<10

5.3 仪器工作原理

在路基压实面上施加一定数量、特定频率的振动力 p ，仪器自动测量振动力引起路基压实面竖向变形量 δ 。振动力 p 与变形量 δ 的比值即为压实路基的刚度 K_s ，若已知路基填料的泊松比 ν ，可计算压实路基的杨氏模量 E_s 。

路基刚度 K_s 按公式(1)进行计算：

$$K_s = 1000 \frac{p}{\delta} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

p ——施加在路基面的力，N；

δ ——路基面的变形量，mm。

杨氏模量 E_s 按公式(2)进行计算：

$$E_s = K_s \frac{1-\nu^2}{1.77R} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

ν ——压实路基的泊松比；

R ——刚度仪底座圆环的外半径，m。

6 现场检测

6.1 一般规定

6.1.1 土体刚度仪在使用前应进行仪器标定并每年进行1次校准。

6.1.2 采用土体刚度仪进行路基压实质量检测时，仪器操作应符合使用说明书的规定。

6.1.3 检测场地及环境条件应符合下列规定：

- a) 测试面应平整、无坑洞及松散填料，表面宜呈板结状态；
- b) 测试面宜水平，其倾斜度不应大于 5° ；
- c) 检测时应远离震源。

6.1.4 采用土体刚度仪检测路基压实质量前，应制定检测方案，并符合下列规定：

- a) 1个检测单元的路基长度为200 m~1000 m，路基分项工程评定时为500 m~1000 m，分层填筑检验时为200 m~1000 m；
- b) 以200 m~1000 m作为1个检测单元，检测频率为1点/($100 \text{ m}^2 \sim 200 \text{ m}^2$)；
- c) 根据检测单元的面积确定检测点数，并依据JTG 3450附录A选择测点的位置。

6.1.5 采用土体刚度仪检测路基压实质量时，应收集工程名称、施工单位、检测里程桩号、检测部位、填筑压实层位、路基填料类型、最大干密度、最佳含水率、压实设备、压实工艺等资料。

6.1.6 进行相关性检验时，应收集路基压实度等资料，并建立相关关系。

6.2 检测流程

采用土体刚度仪检测路基压实质量流程，如图2所示。

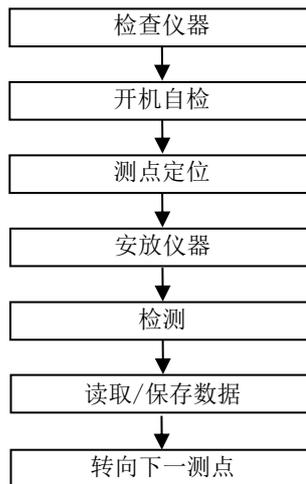


图 2 土体刚度仪检测流程图

6.3 测试步骤

采用土体刚度仪检测路基压实质量时，应符合下列规定：

- a) 开始检测之前应检查土体刚度仪的状况是否良好，底座是否干净，橡胶密封是否完好；
- b) 测试面应平整，用毛刷扫去表面松土；
- c) 将土体刚度仪放置在平整好的测试面上；
- d) 开机，等待设备自检，判断电力是否充足，确保系统正常运行；
- e) 按“测试”按钮进行测试；
- f) 按“保存”按钮储存数据。

6.4 相关性检验

6.4.1 施工前应选择代表性试验路段对路基刚度值和压实度进行相关性检验，确定其相关系数和路基刚度标准值 K_{S0} ，试验段长度不宜小于 100m。

6.4.2 试验路段路基填料类型、含水率、填筑层厚度以及采用的压实设备和压实工艺等应与后续施工一致。当发生变化时，应重新进行相关性检验。

6.4.3 当试验路段的路基压实度满足 JTG/T 3610 的规定值后，再采用土体刚度仪进行路基刚度检测。土体刚度仪测点应在压实度测点周围 1.0 m 半径范围内布设，压实度累计测点不应少于 20 个。

6.4.4 采用最小二乘法对路基刚度和压实度两组检测数据进行线性回归分析，建立路基刚度值与压实度标准的相关关系。当相关系数不小于 0.8 时，可得到相应压实路基层位的刚度标准值 K_{S0} 。

6.4.5 相关性检验完成后应及时编制相关检验报告，作为路基压实质量评定报告的组成部分，其内容和样式见附录 A。

7 压实质量评定

7.1 计算每个检测单元的路基刚度代表值 K ，见公式 (3)。

$$K_s = \bar{K}_s - \frac{t_a}{\sqrt{n}} S \dots \dots \dots (3)$$

式中：

\bar{K}_s ——检测单元各测点的刚度平均值，N/mm；

t_a —— t 分布表中随测点数和保证率而变的系数，其数值见 JTG F80/1 附录 B。采用的保证率：高

速

公路、一级公路为 95%，其他公路为 90%。

n ——检测点数；

S ——检测值的标准差。

- 7.2 当 $K_s > K_{s0}$ ，且单测点 K_s 全部大于或等于 $90\% \overline{K_s}$ 时，该检测单元路基压实质量为合格；
- 7.3 当 $K_s < K_{s0}$ ，或某单测点 K_s 小于 $90\% \overline{K_s}$ 时，该检测单元路基压实质量为不合格；
- 7.4 路基施工段落短时，分层刚度 K_s 应全部符合要求，且样本数不少于10个。

8 压实均匀性评价

- 8.1 基于土体刚度仪检测指标的路基压实均匀性判定可通过纵向测点路基刚度曲线的波动变化程度和检测数据的分布特征进行判定。
- 8.2 基于土体刚度仪检测指标的路基压实均匀性控制宜按每一测点的路基刚度 K_s 不小于平均值 $\overline{K_s}$ 的80%进行控制，如图3所示。

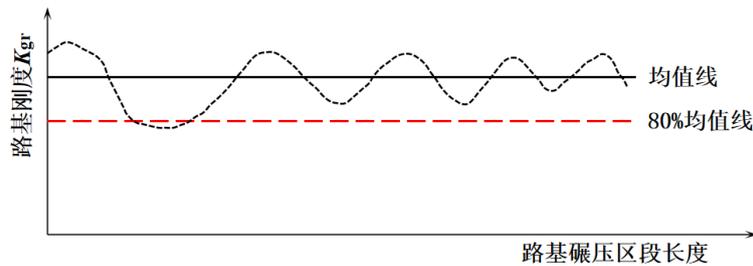


图 3 压实均匀性检测判定示意图

9 压实质量报告

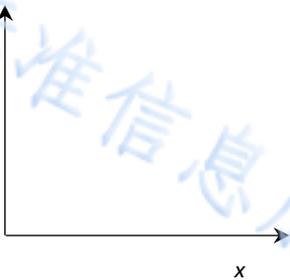
- 9.1 公路路基压实质量检测报告中，应以检测记录表显示整个碾压区域的压实质量状况；
- 9.2 压实质量报告应全面提供压实质量信息，应包括土体刚度仪检测记录表，参见附录B，检测记录表中应包括 K_s 频率分布直方图。

地方标准信息服务平台

附 录 A
(资料性)
路基刚度与压实度的相关性检验试验报告

工程名称：

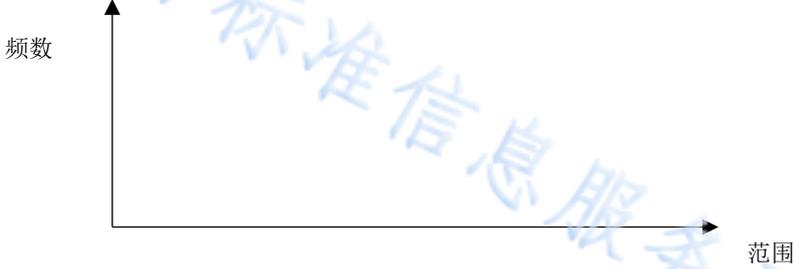
试验编号：

试验段起止桩号		填筑层位		填层厚度	
填料类型		最大干密度 g/cm ³		最佳含水率/%	
常规检测指标名称及数值					
编号	压实度 K	刚度 K_s	编号	压实度 K	刚度 K_s
1			9		
2			10		
3			11		
4			12		
5			13		
6			14		
7			15		
8			16		
线性回归曲线					
回归方程： $K_s = aK + b =$ _____ 相关系数 $r =$ _____，测点数 $n =$ _____					
压实度标准值 = _____，对应的路基刚度标准值 $K_{s0} =$ _____					
试验：		复核：		日期：	

附 录 B
(资料性)
路基刚度 K_s 压实质量检测记录表

工程名称 _____

检测编号 _____

起止桩号		检测单位			
填筑层位		填料类型			
最大干密度 g/cm^3		最佳含水率/%			
天气、温度 ($^{\circ}C$)		仪器型号			
检测日期					
编号	位置	K_s (MN/m)	编号	位置	K_s (MN/m)
1			9		
2			10		
3			11		
4			12		
5			13		
6			14		
7			15		
8			16		
 <p style="text-align: center;">K_s 频数分布直方图</p>					
刚度平均值 $\bar{K}_s =$			标准差 $S =$		
检测结论					

检测:

审核:

日期: 年 月 日