

ICS 91.100

Q 11

# 团 体 标 准

T/CECS ×××××—201×

## 建筑结构用减振弹性垫板

Base vibration isolating mat for building structure

(征求意见稿)

20××-××-××发布

20××-××-××实施

中国工程建设标准化协会 发布



## 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 分类和标记.....	3
6 技术要求.....	3
7 试验方法.....	4
8 检验规则.....	5
9 标志、包装、运输和贮存.....	6
附 录 A.....	8
附 录 B.....	10
附 录 C.....	12
附 录 D.....	14
附 录 E.....	16

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。

本文件由中国工程建设标准化协会抗震专业委员会归口。

本文件由中国建筑科学研究院有限公司提出，本文件起草单位：中国建筑科学研究院有限公司、北京城安建设工程检测有限公司，本文件参加起草单位：中建研科技股份有限公司、上海材料研究所、北京市劳动保护科学研究所、北京市基础设施投资有限公司、北京工业大学、北京交通大学、中铁建设集团有限公司、中国建筑标准设计研究院、中国电子工程设计院、华东建筑设计研究总院、北京维拓时代建筑设计股份有限公司、天津市天友建筑设计股份有限公司、格士纳材料（北京）有限公司、倍斯威贝勒堡（上海）有限公司、浙江天铁实业股份有限公司、河北宝力工程装备股份有限公司、易科路通轨道设备有限公司、山东奥卓新材料有限公司、隔而固（青岛）振动控制有限公司。

本文件主要起草人：薛彦涛、王维凝、刘枫、朱爱萍、刘艳、宋瑞祥、闫国军、罗海林、崔杰、张健、杨维国、周大兴、高晓明、陈骝、王瑞峰、李洪求、魏然、孙成辉、谈晓风、王博、付强、高志升、张旭东、罗勇

# 建筑结构用减振弹性垫板

## 1 范围

本文件规定了建筑结构用减振弹性垫板（以下简称垫板）的术语和定义、符号、分类和标记、技术要求、试验方法、检测规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于轨道交通沿线建筑基础底部或地下室外墙外侧用减振垫板。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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/T 7759.1 硫化橡胶或热塑橡胶压缩永久变形的测定第 1 部分：在常温及高温条件下

GB/T 10653 高聚物多孔弹性材料压缩永久变形的测定

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**建筑用基础隔振垫 base vibration isolating mat for building structure**

铺设在建筑物基础底部或地下室外墙外侧，用于隔离附近地铁或其它轨道交通引起结构振动的产品。

### 3.2

**工作面压 design working pressure**

垫板承受设计荷载产生的单位面积压力。

### 3.3

**工作高度 design thickness**

垫板在工作面压下的高度。

### 3.4

**初始厚度 initial thickness**

垫板零应力状态下的厚度。

## 3.5

**静态弹性模量 static modulus of elasticity**

表示静态拉伸或压缩刚度。

## 3.6

**动态弹性模量 dynamic modulus of elasticity**

表示振动行为中的动态拉伸或压缩刚度。

## 3.7

**相位角 phase angle**

表示应变落后于应力的程度。

## 3.8

**机械损失因子 mechanical loss factor**

相位角的正切值。

## 4 符号

下列符号适用于本文件。

$A_{0k}$  — 垫板试样初始面积，单位为平方毫米 ( $\text{mm}^2$ );

$A_w$  — 荷载-变形滞回曲线中椭圆面积，单位为牛·毫米 ( $\text{N} \cdot \text{mm}$ );

$D_a$  — 动刚度试验变形振幅值，单位为毫米 ( $\text{mm}$ );

$D_m$  — 垫板工作高度，单位为毫米 ( $\text{mm}$ );

$D_i$  —  $i$ 时刻垫板的变形值，单位为毫米 ( $\text{mm}$ );

$E_{d0}$  — 疲劳试验前动态弹性模量，单位为兆帕 ( $\text{Mpa}$ );

$E_{d1}$  — 疲劳试验后动态弹性模量，单位为兆帕 ( $\text{Mpa}$ );

$E_{\text{dyn}}$  — 垫板动态弹性模量，单位为兆帕 ( $\text{Mpa}$ );

$E_{s0}$  — 疲劳试验前静态弹性模量，单位为兆帕 ( $\text{Mpa}$ );

$E_{s1}$  — 疲劳试验后静态弹性模量，单位为兆帕 ( $\text{Mpa}$ );

$E_{\text{sta}}$  — 垫板静态弹性模量，单位为兆帕 ( $\text{Mpa}$ );

$E_{w0}$  — 饱和水状态下静态弹性模量试验前静态弹性模量，单位为兆帕 ( $\text{Mpa}$ );

$E_{w1}$  — 饱和水状态下静态弹性模量试验后静态弹性模量，单位为兆帕 ( $\text{Mpa}$ );

$F_{0.9}$  — 垫板 0.9 倍设计面压对应的荷载值，单位为牛顿 ( $\text{N}$ );

$F_{1.1}$  — 垫板 1.1 倍设计面压对应的荷载值，单位为牛顿 ( $\text{N}$ );

$F_a$  — 动刚度试验荷载幅值，单位为牛顿 ( $\text{N}$ );

$F_i$  —  $i$ 时刻垫板承受的荷载值，单位为牛顿 ( $\text{N}$ );

$F_m$  — 垫板设计荷载 (垫板工作面压×试样面积)，单位为牛顿 ( $\text{N}$ );

$f$  — 试验加载频率，单位为赫兹 ( $\text{Hz}$ );

$H_0$  — 垫板初始厚度，单位为毫米 ( $\text{mm}$ );

$K_{\text{ydn}}$  — 垫板动刚度，单位为牛顿/毫米 ( $\text{N/mm}$ );

- $K_{sta}$  — 垫板静刚度，单位为牛顿/毫米（N/mm）；
- $\Delta H_{23}$  — 23℃时竖向压缩位移的变化值，单位为毫米（mm）；
- $\delta$  — 相位角；
- $\varepsilon_{cr}$  — 23℃时的蠕变应变；
- $\varepsilon_d$  — 试样在疲劳试验前后动态弹性模量变化率；
- $\varepsilon_s$  — 试样在疲劳试验前后静态弹性模量变化率；
- $\varepsilon_w$  — 饱和水状态下静态弹性模量变化率；
- $\eta$  — 机械损失因子；
- $\sigma$  — 垫板工作面压，单位为千帕（Kpa）。

## 5 分类和标记

### 5.1 分类

垫板按照材料成型结构分为 2 类：

- a) 实体垫板，用 S 表示；
- b) 微孔垫板，用 F 表示。

### 5.2 产品标记

#### 5.2.1 标记方法

垫板标记由产品名称 BVIM、工作面压（kPa）、初始厚度（mm）组成。

#### 5.2.2 标记示例

工作面压为 500kPa，初始高度为 25mm 的微孔垫板标记为：BVIM-F-500×25。

## 6 技术要求

使用年限不低于 50 年。垫板在使用阶段高度可参考工作高度。

### 6.1 外观质量

垫板表面平整，修边整齐。工作面上因杂质、气泡、水纹等造成的缺陷面积不大于 50mm<sup>2</sup>，深度不大于 1mm，且每平方米内不超过 2 处。

### 6.2 尺寸及偏差

垫板尺寸及偏差应符合设计要求，未标注按初始高度偏差为 0~+0.5mm。

### 6.3 力学性能

垫板力学性能试验项目应符合表 1 的规定。

表 1 垫板力学性能要求

项目		性能指标
静态弹性模量/Mpa		设计值±10%
动态弹性模量/Mpa		设计值±10%
机械损失因子		设计值±10%
压缩永久变形/%	实体垫板	≤25
	微孔垫板	≤10
饱和水状态垫板静态弹性模量变化率/%		设计值±10%

### 6.4 耐久性能

垫板耐久性能试验项目应符合表 2 的规定。

表 2 垫板耐久性能要求

项目	性能指标
蠕变量/%	50 年蠕变量不超 15%
疲劳性能/%	疲劳试验后静态、动态弹性模量变化率不大于±15%

## 7 试验方法

### 7.1 外观质量

外观质量用目测及相应的量具进行检验。

### 7.2 尺寸及偏差

尺寸及偏差用相应的量具进行检验。

### 7.3 力学性能

#### 7.3.1 静态弹性模量

按附录 A 的规定进行测定，试验结果取算术平均值。

#### 7.3.2 动态弹性模量

按附录 B 的规定进行测定，试验结果取算术平均值。

#### 7.3.3 机械损失因子

图 B1 荷载-变形滞回曲线中椭圆面积

$$A_w = \pi F_a \cdot D_a \cdot \sin \delta \dots\dots\dots (1)$$

机械损失因子 $\eta$

$$\eta = \tan \delta \cdots \cdots \cdots (2)$$

得到机械损失因子 $\eta$ ，试验结果取算数平均值。

#### 7.3.4 压缩永久变形

实体垫板按照 GB/T 7759.1 的规定进行测定，采用 B 型试样，试验条件：72h，23℃，压缩率 25%。

微孔垫板按照 GB/T 10653 的规定进行测定，采用方法 C，试验条件：72h，23℃，压缩率 50%。

#### 7.3.5 饱和水状态下静态弹性模量变化率

按附录 C 的规定进行测定。

### 7.4 耐久性能

#### 7.4.1 蠕变性能

按附录 D 的规定进行测定。

#### 7.4.2 疲劳性能

按附录 E 的规定进行测定。

## 8 检验规则

### 8.1 检验分类

产品检验分为出厂检验、进场检验和型式检验。

### 8.2 组批与抽样

#### 8.2.1 组批

同一配方、相同工艺条件下连续生产的同一规格垫板以 5000m<sup>2</sup>为一批，非连续生产或者不足 5000m<sup>2</sup>的应单独按一批计。

#### 8.2.2 抽样

出厂检验应在该批次中随机抽取 1 个样品单元。

进场检验应在该批次中随机抽取 1 个样品单元。

型式检验应从该批正常生产产品中随机抽取 2 个样品单元。

### 8.3 检验项目

检验项目应符合表 3 的规定。

表 3 垫板检验项目要求

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	进场检验	型式检验	适用试验条目
1	外观质量	6.1	7.1	+	+	+	7.1
2	尺寸偏差	6.2	7.2	+	+	+	7.2
3	静态弹性模量	6.3	7.3	+	+	+	7.3.1
4	动态弹性模量	6.3	7.3	+	+	+	7.3.2
5	机械损失因子	6.3	7.3	-	-	+	7.3.3
6	压缩永久变形	6.3	7.3	+	-	+	7.3.4
7	饱和水状态静态弹性模量变化率	6.3	7.3	-	-	+	7.3.5
8	蠕变量	6.4	7.4	-	-	+	7.4.1
9	疲劳性能	6.4	7.4	-	-	+	7.4.2

注：“+”为检验项目，“-”为非检验项目。外观质量在出厂检验中为逐件检验。

有下列情况之一应进行型式检验：

- a) 新产品的试制定型鉴定；
- b) 当材料、结构、工艺等有较大改变时；
- c) 正常生产时，每年检验一次；
- d) 停产 6 个月以上恢复生产时；
- e) 国家质量监督机构提出型式检验要求时候。

## 8.4 判定规则

### 8.4.1 出厂检验

外观质量和尺寸偏差如有一项不符合则应对产品逐件进行检验，剔除不合格品，其它检验项中如有一项不符合本标准要求则应对垫板进行双倍抽样复检，若仍有不合格则判定次批次产品不合格。

### 8.4.3 进场检验

进场检验中如有一项不符合本标准要求则应对垫板应进行双倍抽样复检，若仍有不合格则判定本批次产品不合格。

### 8.4.3 型式检验

型式检验采用随机抽样方式，抽样对象为经生产厂检验部门检验合格且为本评定周期内的产品。抽样检验结果不合格的，判定本次型式检验不合格。

## 9 标志、包装、运输和贮存

### 9.1 标志

垫板上应有永久性标志牌，其内容应包含：产品名称、产品标记、制造厂名或商标、

生产年份。

## 9.2 包装

产品应采用可靠包装或按照合同约定要求包装，便于运输和搬运安全。

包装箱外部明显位置应有标志，注明产品名称、规格、外形尺寸和重量，包装发货的每箱产品中应具备下列文件：

- a) 产品使用说明书；
- b) 产品合格证；
- c) 装箱单。

## 9.3 运输

运输过程中应注意防雨、防潮和防晒，严禁与有腐蚀性的化学品混运接触，并不应超高码放。

## 9.4 贮存

产品应贮存在干燥、通风、无腐蚀性气体，并远离热源的场所。

附录 A  
(规范性附录)  
静态弹性模量试验方法

A.1 试验环境

温度  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，湿度： $50\% \pm 5\%$ 。

A.2 试验样品

试样规格： $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times H_0$ ，数量 3 个。

A.3 加载装置

试验机如图 A1 所示，在试验载荷范围内精度等级满足 1 级，承载钢板和加载钢板长度、宽度不小于  $320\text{mm}$ ，厚度不小于  $20\text{mm}$ 。在加载钢板中心布置 1 个精度等级为 0.5 级的荷载传感器，对角位置布置至少 3 个精度等级为 0.5 级位移传感器。

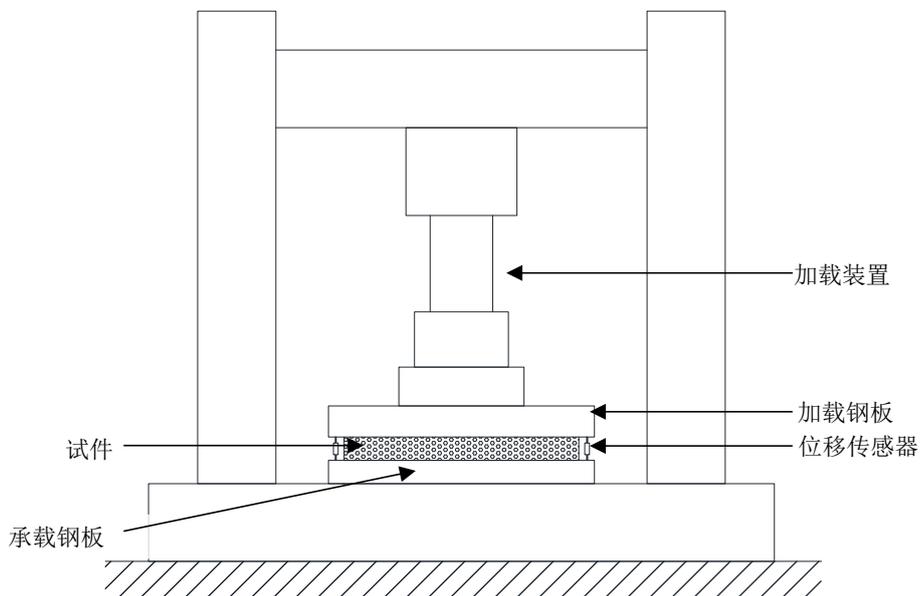


图 A1 弹性模量试验系统

#### A.4 加载频率及波形

加载频率不低于 0.001Hz，以正弦波或三角波形式施加。

#### A.5 采集设备

在试验过程中能进行数字采集和记录，数据采集设备采样频率不低于 1Hz。

#### A.6 试验步骤

1) 预加载，在试验机上依次放置承载钢板、砂纸（砂粒面朝上）、被测样品、砂纸（砂粒面朝下）、加载钢板，试样放置在压力试验机承载板和加载板中间位置，施加 20% 设计荷载  $F_m$  作为预加载，停留 1min，卸载，过程中观察试样是否有明显挤压破坏或内部缺陷暴露，如果有上述情况应予作废。

2) 正式试验，试样从零应力加载至 1.2 倍工作面压再卸载至零应力状态为一个加载循环，记录荷载值和变形值。根据测得的荷载值  $F_i$  和变形值  $D_i$ ，绘制荷载-变形曲线。

#### A.7 静态弹性模量计算

试样静刚度  $K_{sta}$  按式 (3) 计算：

$$K_{sta} = \frac{F_{1.1} - F_{0.9}}{D_{1.1} - D_{0.9}} \dots\dots\dots (3)$$

试样静态弹性模量  $E_{sta}$  按式 (4) 计算：

$$E_{sta} = K_{sta} \times \frac{D_0}{A_0} \dots\dots\dots (4)$$

**附录 B**  
(规范性附录)  
**动态弹性模量试验方法**

**B.1 试验环境**

温度  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，湿度： $50\% \pm 5\%$ 。

**B.2 试验样品**

试样规格： $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times H_0$ ，数量 3 个。

**B.3 加载装置**

试验机如图 A1 所示，在试验载荷范围内精度等级满足 1 级，承载钢板和加载钢板长度、宽度不小于  $320\text{mm}$ ，厚度不小于  $20\text{mm}$ 。在加载钢板中心布置 1 个精度等级为 0.5 级的荷载传感器，对角位置布置至少 3 个精度等级为 0.5 级位移传感器。

**B.4 加载频率及波形**

加载频率  $10\text{Hz}$ ，以正弦波或三角波形式施加。

**B.5 采集设备**

在试验过程中进行数字采集和记录，数据采集设备采样频率不低于  $100\text{Hz}$ 。

**B.6 试验步骤**

1) 预加载，在试验机上依次放置承载钢板、砂纸（砂粒面朝上）、被测样品、砂纸（砂粒面朝下）、加载钢板，试样放置在压力试验机承载板和加载板中间位置，施加设计荷载（垫板设计面压  $\times$  试样面积） $F_m$  作为预加载。

2) 正式试验，维持预加载，对试样施加周期性竖向荷载，荷载振幅  $F_a$  大小为预压荷载  $F_m$  的 5%，荷载循环不少于 1000 次，记录最后 100 次荷载循环的荷载值  $F_i$  和变形值  $D_i$ ，并选取 3 个循环的数据用于动态弹性模量计算。

## B.7 动态弹性模量计算

以变形为横坐标，荷载为纵坐标，绘制荷载-变形滞回曲线，如图 B1 所示。

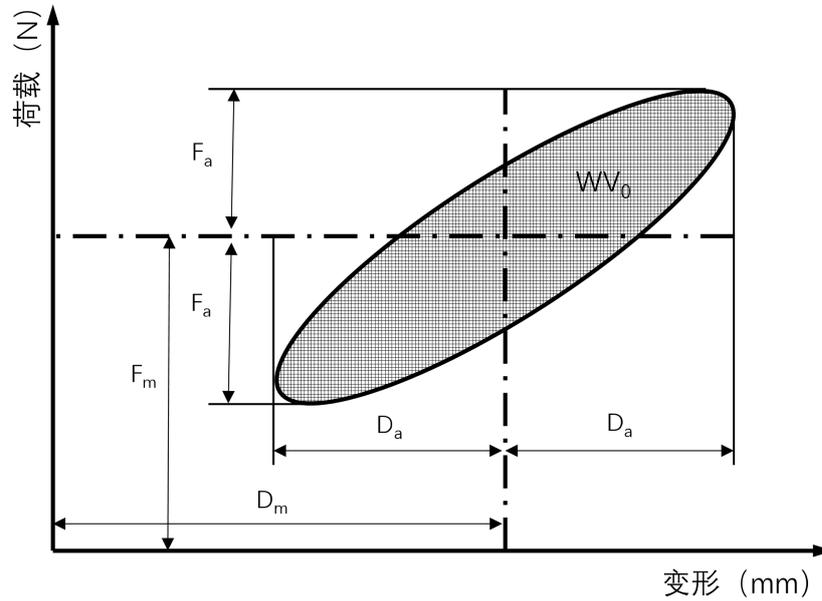


图 B1 荷载-变形滞回曲线

试样动刚度按式 (5) 计算：

$$K_{dyn} = \frac{F_a}{D_a} \dots\dots\dots (5)$$

动态弹性模量  $E_{dyn}$  按式 (6) 计算：

$$E_{dyn} = K_{dyn} \times \frac{D_0}{A_0} \dots\dots\dots (6)$$

## 附录 C

## (规范性附录)

## 饱和水状态下静态弹性模量试验方法

## C.1 试验环境

温度  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

## C.2 试验样品

试样规格： $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times H_0$ ，数量 3 个。样品应在水中完全浸泡至少 24h。

## C.3 加载装置

试验装置如图 C1 所示，包括一个底板、上盖板及外壁组成封闭空间，试样在该空间内通过带有密封装置的加载装置和试验机连接，其中装置通过注液口和大气联通。试验机在试验载荷范围内精度等级满足 1 级，承载钢板和加载钢板长度、宽度不小于  $320\text{mm}$ ，厚度不小于  $20\text{mm}$ 。在加载钢板中心布置 1 个精度等级为 0.5 级的荷载传感器，对角位置布置至少 3 个精度等级为 0.5 级位移传感器。

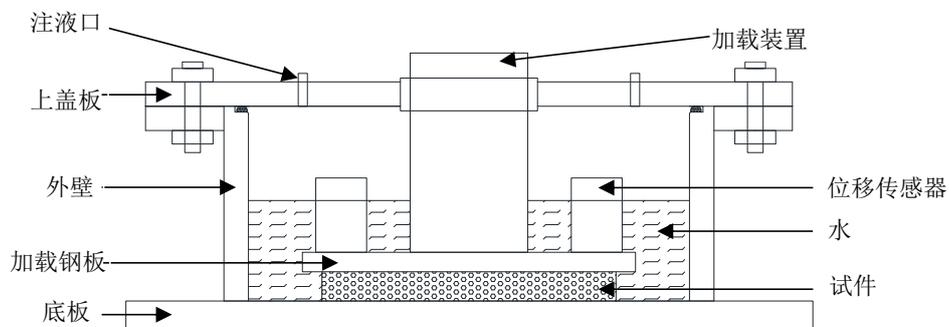


图 C1 耐水试验装置简图

## C.4 加载频率及波形

加载频率不低于  $0.001\text{Hz}$ ，以正弦波或三角波形式施加。

## C.5 采集设备

在试验过程中进行数字采集和记录，数据采集设备采样频率不低于  $1\text{Hz}$ 。

## C.6 试验步骤

试验步骤同 A.6 节。

## C.7 饱和水状态下静态弹性模量变化率计算

试验前、后静态弹性模量表示为  $E_{w0}$  和  $E_{w1}$  表示为。

饱和水状态下静态弹性模量变化率  $\varepsilon_w$

$$\varepsilon_w = (E_{w1} - E_{w0}) / E_{w0} \times 100 \dots\dots\dots (7)$$

## 附录 D

(规范性附录)  
蠕变试验方法

## D.1 试验环境

温度  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

## D.2 试验样品

试样规格： $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times H_0$ ，数量 1 个。

## D.3 加载装置

蠕变性能试验装置见图 D1，施加的压力允许偏差为  $\pm 5\%$ ，位移测量仪器精度为  $0.01\text{mm}$ 。承载钢板和加载钢板长度、宽度不小于  $320\text{mm}$ ，厚度不小于  $20\text{mm}$ 。对角位置布置至少 3 个精度等级为 0.5 级位移传感器。

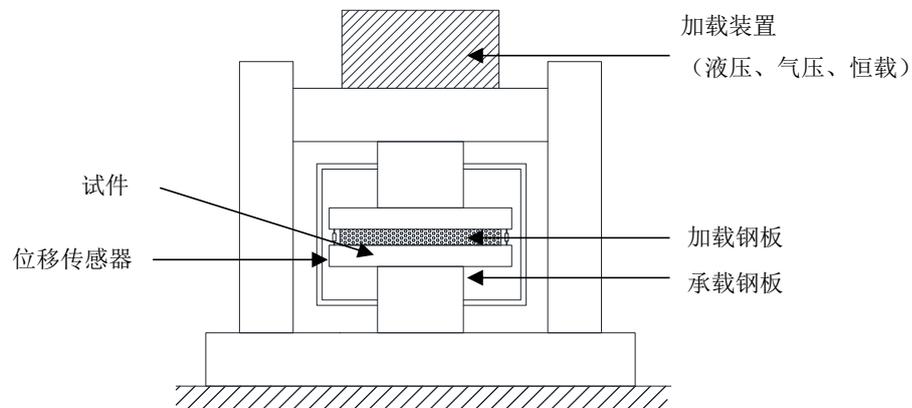


图 D1 蠕变性能试验装置简图

## D.4 采集设备

在试验过程中进行数字采集和记录，数据采集设备采样频率不低于  $1\text{Hz}$ 。

## D.5 试验步骤

1) 预加载，从零加载至工作面压，加载时间小于  $1\text{min}$ ，将压应力达到指定值后的压缩位移取为零点。

2) 正式试验，维持预压荷载，持压时间不少于  $1000\text{h}$ ，按照  $1\text{h}$  到  $10\text{h}$ 、 $10\text{h}$  到  $100\text{h}$

和 100h 到 1000h 分为 3 个时间段。

#### D.6 蠕变性能结果表示

每个时间段的蠕变应按式 (8) 计算:

$$\varepsilon_{cr} = \frac{\Delta H_{23}}{D_0} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

从 100h 到 1000h 的测试数据, 采用最小二乘法绘制时间与蠕变应变的对数图, 确定式 (9) 中的系数 a、b。

$$\lg \varepsilon_{cr} = \lg a + b \cdot \lg t \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$t$  — 时间

$t$  时刻的蠕变量可由式 (10) 计算:

$$\varepsilon_{cr} = a \cdot t^b \dots\dots\dots (10)$$

## 附录 E

(规范性附录)  
疲劳试验方法

## E.1 试验环境

温度  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，湿度： $50\% \pm 5\%$ 。

## E.2 试验样品

试样规格： $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times H_0$ ，数量 1 个。

## E.3 加载装置

试验机在试验载荷范围内精度等级满足 1 级，承载钢板和加载钢板长度、宽度不小于 320mm，厚度不小于 20mm。

## E.4 加载频率及波形

加载频率 3~5Hz，以正弦波形式施加。

## E.5 试验步骤

疲劳试验前，试样按照静、动态弹性模量试验方法进行试验，测得试样疲劳前静、动态弹性模量  $E_{s0}$ 、 $E_{d0}$ 。

疲劳试验，对试样施加预压荷载  $F_m$ ，荷载大小为垫板设计面压  $\times$  试块面积，停留 1min，然后正式进行试验。荷载振幅  $F_a$  大小为预压荷载  $F_m$  的 5%，荷载循环不少于 500 万次。

疲劳试验后，将试样在自由状态下停放 24h，按照静、动态弹性模量试验方法进行试验，测得试样疲劳后静、动态弹性模量  $E_{s1}$ 、 $E_{d1}$ 。

## E.6 疲劳性能结果表示

试样在疲劳试验前后的静、动态弹性模量变化率分别表示为  $\varepsilon_s$  和  $\varepsilon_d$ 。

$$\varepsilon_s = (E_{s1} - E_{s0}) / E_{s0} \times 100 \dots\dots\dots (11)$$

$$\varepsilon_d = (E_{d1} - E_{d0}) / E_{d0} \times 100 \dots\dots\dots (12)$$