

科技创新

装配式快速安装多向变位桥梁伸缩装置疲劳性能分析

陈金盛¹, 陈 晖¹, 彭新峰², 潘图春³, 邱俊峰¹

(1. 福建省交通规划设计院有限公司, 福州 350004; 2. 福州大学土木工程学院, 福州 350116;
3. 柳州东方工程橡胶制品有限公司, 广西 柳州 545005)

摘要: 桥梁伸缩装置对桥梁起着关键作用,为解决传统伸缩装置维护费用较高等问题,现提出一种装配式快速安装多向变位桥梁伸缩装置(ZPF 装配式伸缩装置)。根据《公路桥梁伸缩装置通用技术条件》(JT/T327—2016)设计现场疲劳试验,同时进行有限元分析,试验结果表明:ZPF 装配式伸缩装置的疲劳寿命随着疲劳荷载的增加而降低;ZPF 装配式伸缩装置的疲劳寿命很大程度上取决于预埋钢板下的混凝土;在 200 万次的疲劳性能试验加载中,整体结构安全平稳且无异常现象。研究结果可以为 ZPF 装配式伸缩装置的应用提供依据。

关键词: 装配式伸缩装置; 疲劳; 疲劳性能; 有限元

中图分类号: U443.31⁺2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)12-0001-08

桥梁的伸缩装置是公路桥梁结构的重要附属结构,长期承受车辆荷载的作用,其承重体系和锚固系统容易发生疲劳破坏^[1-3]。传统的伸缩缝安装现场湿作业多,工序复杂,后期维护困难^[4-5],由于伸缩缝病害造成的维护费用达到桥梁维修费用的 20%^[6],现急需一种新型快速安装伸缩装置,缩短伸缩装置的安装周期、提高安装效率和安装质量,减少维护费用。

装配式伸缩缝在工厂内完成混凝土浇筑、养护工序,或者直接通过螺栓和锚固板等构件受力,所以最突出的特点就是不用在施工现场养护混凝土,一旦安装完毕便可通车使用^[7]。熊亮和周小伍^[8]对一种新型自适应多向变位梳齿伸缩装置的施工技术进行了验证,实践表明,新型伸缩装置较传统的模数式伸缩装置施工更加快捷,同时建设成本也更低。张胜文^[9]提出了一种快速更换梳齿型伸缩装置,该装置满足维修便捷,一旦发生损坏,可以快速维修,不影响机场正常运营。胡佳等^[10]提出了一种由聚氨酯弹性伸缩构件和跨缝组合钢板所组成的桥梁装配式无缝伸缩装置,该装置承载能力好、安装便捷高效,且破坏更换弹性伸缩构件便捷。刘伟等^[11]研究了高架桥装配式聚氨酯无缝伸缩装置,该装置的聚氨酯在工厂浇筑,实

现了标准化,实际工程应用结果也表明该装置施工工期较短,改善了行车舒适性。但是不同类型的伸缩缝具有不同的疲劳性能^[12],对新型伸缩装置进行疲劳性能分析是有必要的。夏阳^[13]研究了快速修复型装配式无缝伸缩缝结构特性,通过有限元软件 ABAQUS,表明伸缩缝结构的疲劳寿命最短的部分为填缝料顶端部分。蔡佳骏^[14]提出了一种新型钢弹体元件模数式伸缩装置,疲劳试验结果表明弓形弹性元件的厚度增加时候,刚弹体的平均疲劳寿命略有提高;拉压变形长度为 30 mm 时,其疲劳性能出现显著下降趋势。丁勇等^[15]对模数式桥梁伸缩缝进行疲劳寿命分析,基于分析结果,改进前伸缩装置疲劳寿命远规范要求,但增设带横向连接的双中梁支撑肋板,可以达到强度和疲劳寿命要求。针对伸缩装置的疲劳性能尚不明确,开展疲劳试验根据试验结果,可进一步优化结构^[16]。

基于实际工程应用背景,开展新型 ZPF 装配式伸缩装置的试设计。ZPF 装配式伸缩装置与传统伸缩缝相比,在结构设计方面,ZPF 装配式伸缩缝颠覆了传统伸缩缝采用钢筋锚固焊接、混凝土浇筑的结构设计理念,提出了钢箱-混凝土组合结构、全

收稿日期: 2024-11-06

基金项目: 福建省交通科技项目(202209);厦门市建设科技项目(XJK2023-1-8);福建省住建厅科技研究开发项目(2022-K-168)

作者简介: 陈金盛(1977—),男,福建莆田人,硕士,正高级工程师,研究方向为新型桥梁结构研发设计;陈晖(1999—),男,福建莆田人,硕士,研究方向为新型桥梁伸缩缝装置研发设计;通信作者彭新峰(2001—),男,江西吉安人,硕士研究生,研究方向为新型桥梁结构抗震设计;潘图春(1982—),男,广西柳州人,高级工程师,研究方向为桥梁工程;邱俊峰(1988—),男,福建清流人,硕士,高级工程师,研究方向为新型桥梁结构研发设计。

钢型结构等,在连接和固定上也有创新性^[17]。在病害防治方面,传统伸缩缝的主要病害之一就是混凝土的破坏^[18-19],而 ZPF 装配式伸缩缝取消了用于连接固定的预留钢筋等焊接结构,便没有了锚固区混凝土破坏的情况。根据相应规范设计疲劳试验荷载,考虑到实际不利作用,适当放大试验荷载,采用实际疲劳试验和 FE-SAFE 模块有限元分析 ZPF 装配式伸缩装置的实际疲劳性能。基于实际疲劳试验测试 ZPF 装配式伸缩装置的在理论荷载作用下的疲劳试验,基于有限元分析 ZPF 装配式伸缩装置的极限疲劳荷载,为此种新型伸缩装置的实际工程应用提供理论支撑。

1 实验设备和实验方案

试验对象:新型 ZPF 装配式伸缩装置如图 1 所示。试验设计 ZPF 装配式伸缩装置主要由桥梁主体、预埋钢板、挡板、锚固螺纹板、防水结构、锚固螺栓和梳尺板组成。

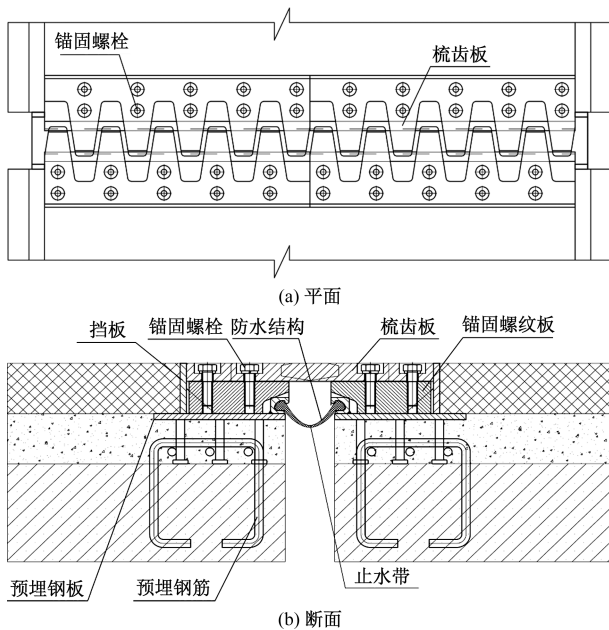


图 1 装配式伸缩装置设计

试验仪器:最大量程为 50 kN 液压疲劳试验机、扬州晶明 JM3841 动态应变采集仪、YHD-100 型位移计若干、3 mm 规格的钢筋应变片若干、30 mm 规格的混凝土应变片若干。

1.1 试件安装固定

根据《公路桥梁伸缩装置通用技术条件》(JT/T327—2016)^[20]的规定,在模拟车辆荷载的疲劳作用时,轮载需竖直向下与伸缩装置表面垂直 $\alpha=0^\circ$;以 $0\sim P_d$ 为循环幅,施加 200 万次,测量伸缩装置的应力应变情况,并观察伸缩装置是否出现开裂破

坏,若未出现疲劳裂缝,则该伸缩装置的疲劳性能符合要求。

构件安装时,在伸缩缝装置 50% 开口状态下,梳齿钢板搭接长度为 110 mm,将构件吊上工作平台,并通过锚固钢板和螺栓将构件固定在试验装置上。待构件固定完毕,需要在伸缩装置表面加装一块橡胶板,用于模拟车轮对伸缩装置的作用,该橡胶板的尺寸等于车轮的着地面积 (200 mm × 600 mm)。此外,还需在橡胶板上加一块钢板,避免试验过程中橡胶板被作动头直接压坏,待安装完成即可调整作动头高度,让其表面与钢板表面相贴合,如图 2 所示。

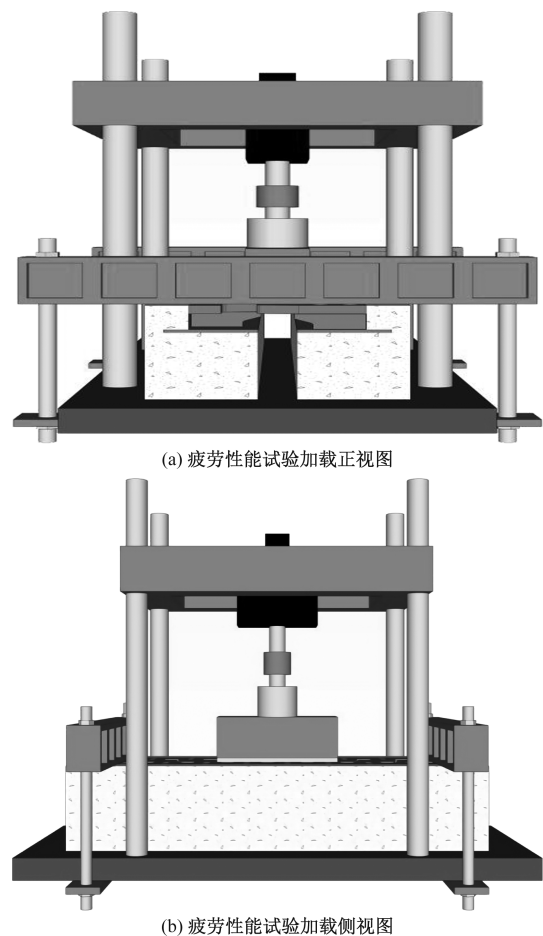


图 2 装置加载示意图

1.2 ZPF 装配式伸缩装置式样介绍

ZPF 装配式伸缩装置试样为长 2 000 mm、宽约 700 mm、高 400 mm 的长方体,如图 3 所示。

试验设计装配式伸装置主要由桥梁主体、预埋钢板、挡板、锚固螺纹板、防水结构、锚固螺栓和梳尺板组成,其中挡板和桥梁主体浇筑在一起,锚固螺纹板焊接在挡板上,防水结构搭接在挡板上,梳尺板通过锚固螺栓与锚固螺纹板连接,如图 4 所示。

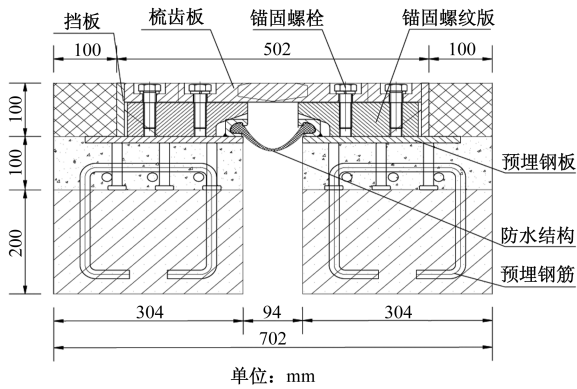


图3 装置试样



图4 装配式伸缩装置试件

若上部结构损伤失效,ZPF 装配式伸缩装置就可更换相应构件,完成修复,保证桥梁的正常运行。

1.3 试验荷载

根据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D—2015)^[21],车辆后轮车轴轴重为 140 kN,考虑到现实中存在多种不利因素,为了增加安全裕度,本次承载性能试验中的后轮车轴轴重取 200 kN,故而设计轮载 P_d 为 100 kN。

1.4 加载步骤

取设计轮载 P_d 为 100 kN,车轮实际作用面积不足 $200 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ (图 5),将设计轮载 100 kN 按照式(1)进行换算,式中 $A_1 = 62\,000 \text{ mm}^2$, $A_2 = 33\,081 \text{ mm}^2$, $A_4 = 9\,039 \text{ mm}^2$,经计算得出该 ZPF 装配式伸缩装置实际承受荷载为 31.77 kN。为了增加安全裕度以及便于计算,本次试验取实际承受车轮荷载为 35 kN。为了确保整个疲劳试验过程中加载仪器和构件的稳定性,取结构应力比 r 为 0.1,疲劳性能试验加载参数如表 1 所示。

$$P = \frac{A_2}{A_1 + A_2 + A_4} P_d \quad (1)$$

式中: P 为实际作用压力; A_i 为轮载有效作用面积; P_d 为设计轮载。

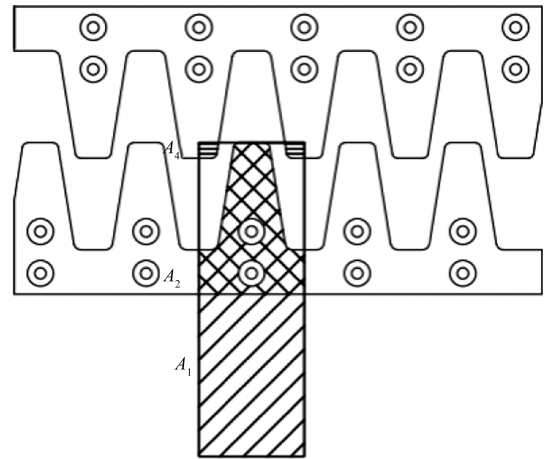


图5 轮载有效作用面积

表1 疲劳性能试验参数

名称	最大荷载/kN	最小荷载/kN	疲劳次数	加载频率/Hz
参数	F_{\max}	F_{\min}	N	f
数值	35	3.5	2×10^6	10

2 有限元模型

建立一个能够准确反映工程实际问题的有限元模型大致可以划分为五个方面^[22]:①根据各部件的形状特征和实际受力情况选择相应的单元类型;②根据构件图纸,严格控制各部件尺寸大小;③ABAQUS 软件没有单位限制,因此在进行建模和材料参数输入中要确保单位一致;④网格划分必须保证模型计算的精确程度;⑤边界条件和荷载大小需与实际情况保持一致。以下便是 ZPF 装配式伸缩装置的有限元模型建立过程及计算结果。

2.1 几何模型简化及建立

试验设计 ZPF 装配式伸缩装置主要由桥梁主体、预埋钢板、挡板、锚固螺纹板、防水结构、锚固螺栓和梳尺板组成。

ZPF 装配式伸缩装置实际构造相对复杂,因此在进行有限元模拟时可以将非受力构件进行适当删减,用以提高计算速度。桥梁主体、预埋钢板、锚固螺纹板、锚固螺栓和梳尺板是装配式伸缩装置的主要受力构件,挡板、防水结构是主要满足功能需求,对装置的力学性能无影响,为简化几何模型,有限元模型的建立仅包含上述受力构件。

2.2 单元类型选择及材料特性

ZPF 装配式伸缩装置各部件、加载楔块、加载钢板和加载架子均采用实体单元 C3D8R 模拟,主要原因是线性减缩单元可以在接触分析中使用,而且实体单元避免了剪切效应导致的计算精度低的问题;钢筋采用桁架单元 T3D2 模拟,主要是由于钢筋

只承受拉、压作用,符合桁架的受力特点。有限元模型的单元选取如图 6 所示。

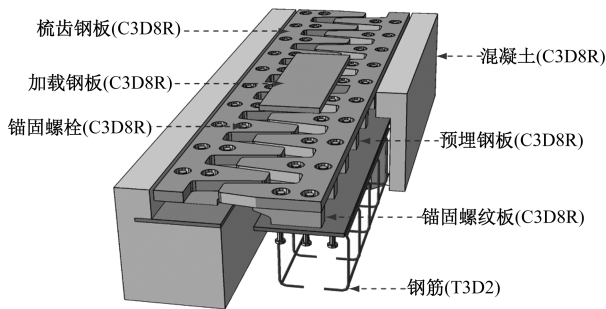


图 6 疲劳性能试验有限元模型单元选取

在 ZPF 装配式伸缩装置有限元模型中,各部件的材料均可以设置为线弹性材料,其中梳齿钢板、锚固螺栓、锚固螺纹板、预埋钢板、加载楔块、加载架子和加载钢板材料为 Q355 钢材,钢筋的材料为 HPB300 钢材,混凝土的材料为 C50 混凝土。

2.3 模型网格划分

由于本文模型中,伸缩装置为关键部件且混凝土受力较小,因此对伸缩装置各部件网格进行加密处理,混凝土、加载架子、加载楔块和加载钢板划分成较为稀疏的网格。有限元各部件网格详情如图 7 和表 2 所示。

表 2 有限元各部件网格汇总

部件名称	网格大小/mm	结点数量	单元数量
梳齿钢板	10	50 205	35 852
锚固螺栓	3	103 360	83 160
锚固螺纹板	7	111 760	89 080
混凝土(承载性能)	50	37 522	31 050
混凝土(疲劳性能)	50	33 012	27 050
钢筋笼(承载性能)	20	1 741	1 830
钢筋笼(疲劳性能)	20	795	830
预埋钢板	10	48 448	23 442
加载架子	100	1 239	880
加载楔块	50	169	84
加载钢板	50	130	48

2.4 分析步及边界条件

分析步:疲劳性能试验所施加的竖直荷载为变幅荷载(3.5~35 kN),在 ABAQUS 中设置两个分析步。在模型中第一个初始分析步 Initial 是由软件自身创建的,用于表述模型的最初状态,在其后创建了两个分析步,用于施加竖向荷载。考虑到计算精度影响,在 Step-1 中增大最大增量步数至 1 000,并对初始,最小和最大增量进行调整。Step-2 的增量步设置与 Step-1 保持一致。

边界条件:在疲劳性能试验中,伸缩装置通过压块和锚杆完全固定在试验装置的,因此在

ABAQUS 中将混凝土的边界条件设置为完全固定,如图 8 所示。

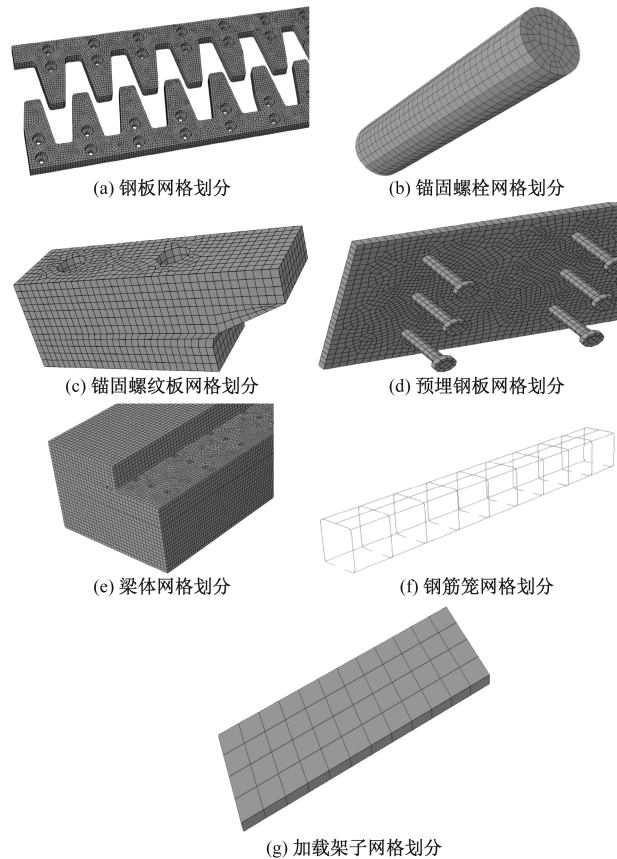


图 7 有限元各部件网格划分

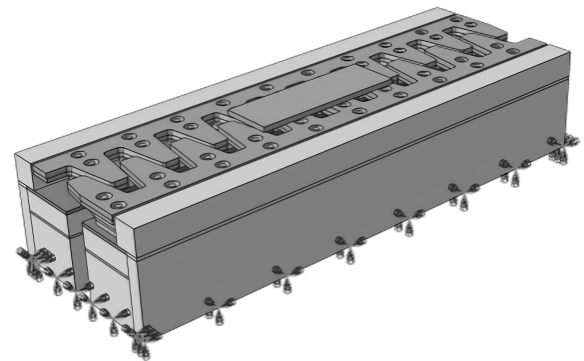


图 8 模型边界条件

2.5 接触及约束模拟

为了尽可能还原试验的加载方式,在有限元模型顶面也设置了加载钢板,还在加载钢板处设置了加载点 RP-1,并将加载点 RP-1 耦合在加载钢板上,用于施加 3.5 kN 的竖向荷载,如图 9 所示。此外,本有限元模型借助幅值管理器来实现 3.5~35 kN 的变幅荷载加载,在 Step-1(0~1 s)中设置幅值为 1,在 Step-2(1~2 s)中设置幅值为 10,从而实现试验中的变幅加载。

2.6 约束及接触模拟

为了使有限元模型与实际试验保持一致,本文一共使用了四种约束,分别为面面接触、绑定约束、内置区域约束和刚体约束,以下详细介绍各部件间的约束情况。

加载钢板和梳齿钢板之间采用面面接触,摩擦系数取 0.5,法向行为选择“硬接触”。在实际试验中,伸缩缝装置各部件均是通过焊接、螺栓连接和混凝土固结,连接性能好,可靠度高。因此,在本有限元模型中,梳齿钢板与锚固螺栓、锚固螺栓与锚固螺纹板、锚固螺纹板与预埋钢板以及预埋钢板与混凝土均采用绑定约束。在本有限元模型中,混凝土与钢筋采用内置区域约束,将加载钢板设置为刚体约束,避免其影响到伸缩装置的受力情况。

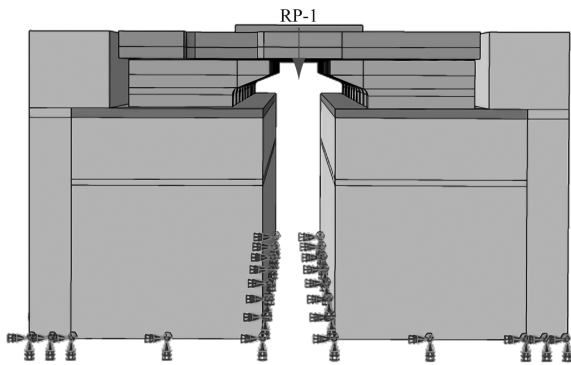


图 9 模型加载制度

2.7 测试点位置

根据有限元模拟(3.5~35 kN)疲劳性能初步结果,如图 10 所示。

在应力较大处设置测点,采用 2 mm×30 mm 规格的应变片,在中部混凝土侧面粘贴应变片,共 12 个,如图 11 所示。采用 2 mm×3 mm 规格的应变片,在齿板上、锚固板两侧、预埋钢板上均粘贴应变片,共 72 个,如图 12 所示。

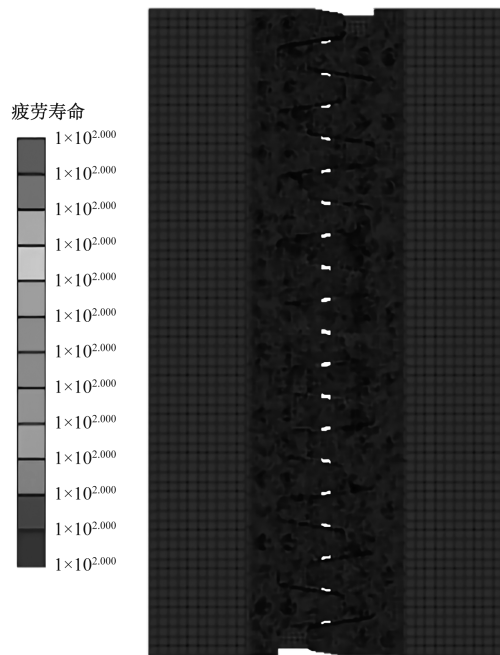


图 10 疲劳模拟结果

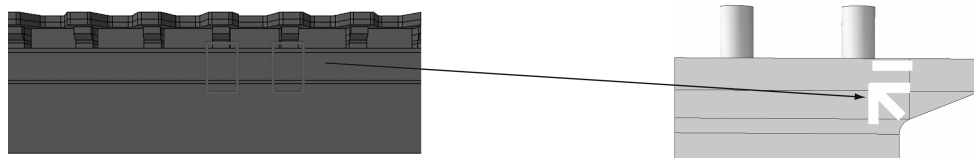


图 11 混凝土应变片布置(D1-D12)

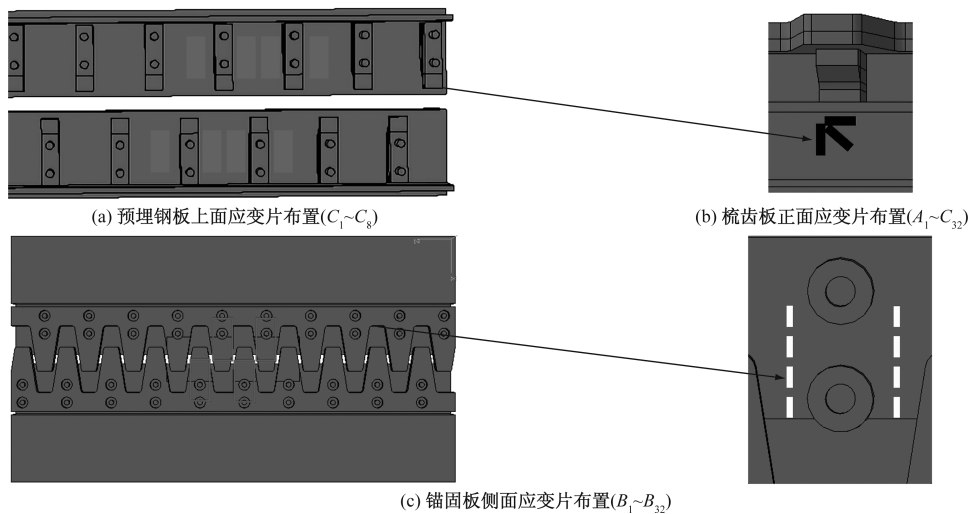


图 12 钢筋应变片布置

2.8 有限元模型可行性分析

在 ABAQUS 软件中, Mises 应力除了可以反映主应力的大小, 还能通过判断材料的应力大小推断出结构是否失效。以 100 kN 荷载为例, 描述各部件应力情况并进行有限元模型验证。装配式伸缩装置承载性能试验及有限元模拟的应力大小对比如图 13 所示, 其中混凝土测点处的试验及模拟的应力很小, 可忽略不计, 故而主要对比梳齿钢板、锚固螺纹板和预埋钢板这三个部件的测点应变大小。由图 13 可以发现, 测点处的试验与模拟的应力曲线

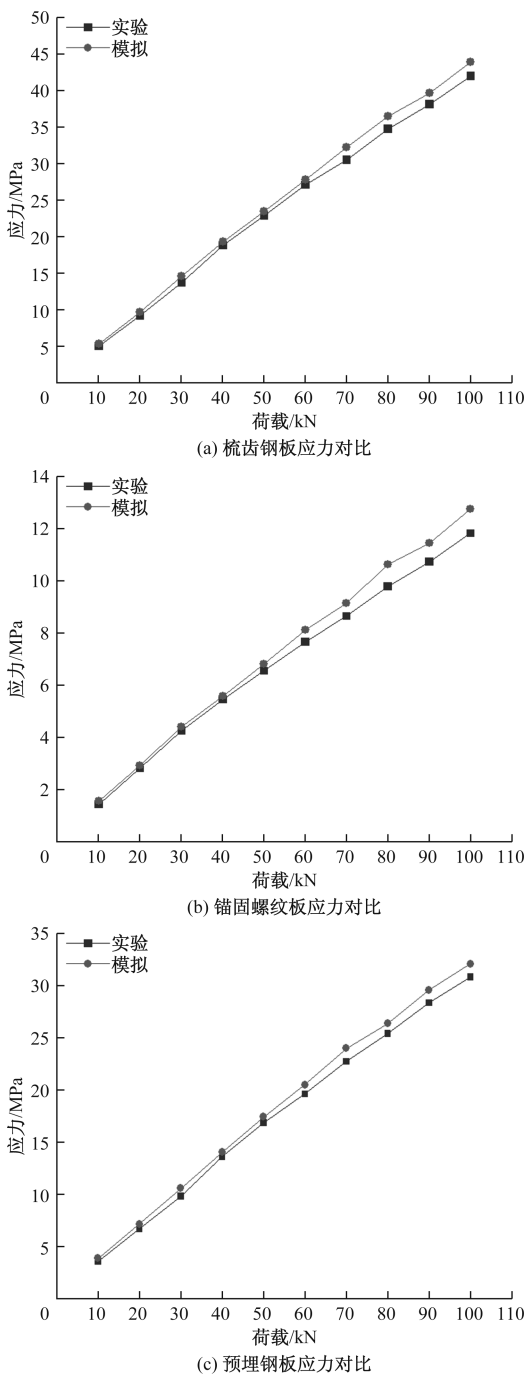


图 13 承载性能试验测点应力对比

具有较高的拟合度。

进一步观察可以发现, 各测点的试验应力均会大于模拟应力, 这主要是由于有限元模型是在理想状态下进行模拟的, 而实际试验过程中, 无法达到理想状态, 比如会出现试验构件的边界条件不可能完全固定, 可能存在着微小的松动、竖向千斤顶安装位置存在误差, 导致受力偏向等等问题, 这些问题均会导致试验值与模拟值存在一定误差。

如表 3 所示, 试验值和模拟值之间的误差较小, 属于可接受范围内。由此可见, 该有限元模型的接触、约束和荷载设置均能较为准确地模拟出实际情况, 该承载性能试验有限元模型具有较高的可靠性。

表 3 伸缩装置承载性能试验测点应力对比

施加荷载/ kN	梳齿钢板 应力误差/%	锚固螺纹板 应力误差/%	预埋钢板应力 误差/%
10	6.18	8.39	7.69
20	5.02	3.19	6.20
30	6.05	4.01	7.39
40	2.23	2.57	3.16
50	2.49	3.98	3.32
60	2.62	6.01	4.43
70	5.55	5.79	5.50
80	4.84	8.59	3.62
90	3.83	6.62	4.30
100	4.46	7.95	3.99

3 实验结果和分析

3.1 疲劳试验结果

在 200 万次的疲劳性能试验加载中, 整体结构安全平稳且无异常现象。疲劳试验结束后, 用于试验工装的螺栓和锚固钢板连接依然较为紧密, ZPF 装配式伸缩装置各部件均未出现裂缝(图 14), 整体强度和力学性能完好。

综上所述, 在 50% 开口状态下, 在车轮荷载 100 kN(即梳齿钢板实际接触轮载为 35 kN)作用下, ZPF 装配式伸缩装置整体满足疲劳性能的要求。

3.2 有限元模拟结果

利用 FE-SAFE 对装配式伸缩缝的疲劳寿命进行分析。由于有限元软件中默认的最高疲劳寿命为 10 000 000(10^7)次, 因此若疲劳寿命达到 10^7 次, 则说明构件不会发生破坏。为了计算该伸缩装置的疲劳极限荷载, 本文增设了多组疲劳循环荷载, 随着循环荷载的增加, 装配式伸缩缝的疲劳寿命逐渐降低, 根据装配式伸缩缝的疲劳寿命分布云图, 不同循环荷载对应的装配式伸缩缝的疲劳寿命如表 4 所示。

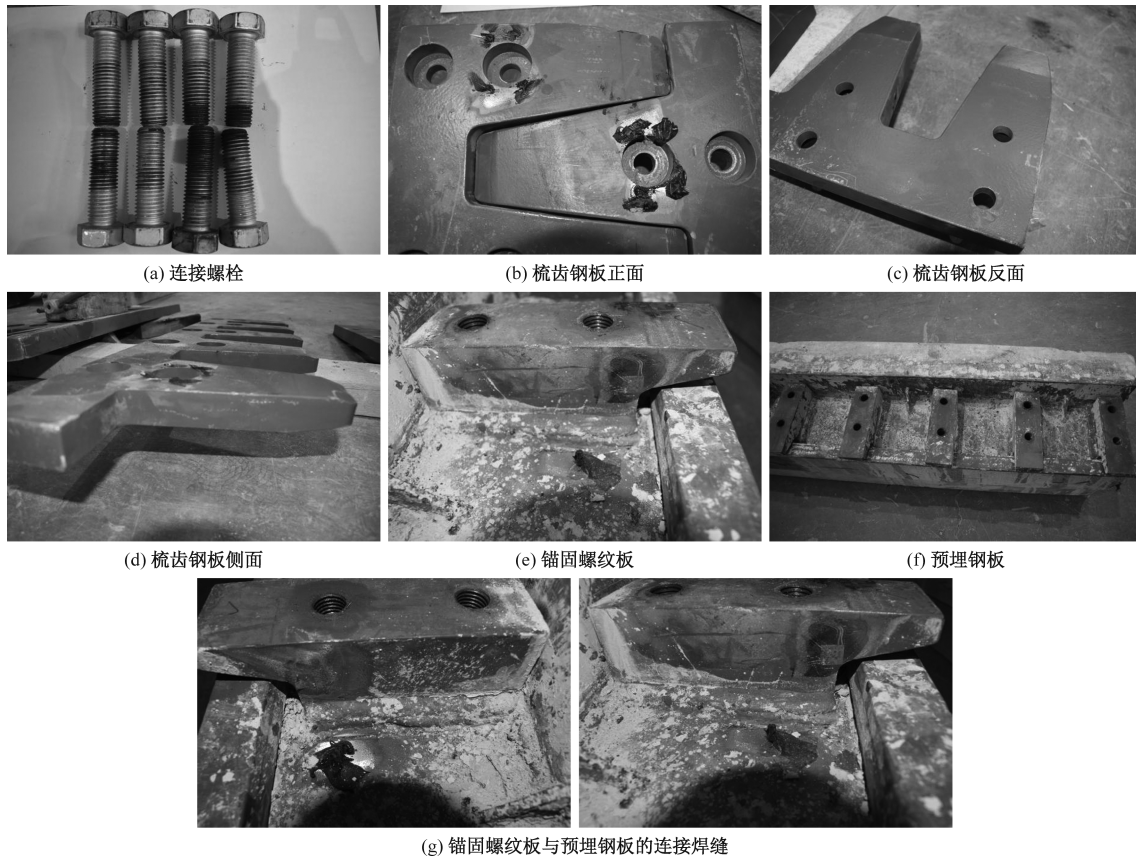


图 14 ZPF 装配式伸缩装置各部件

表 4 疲劳性能试验参数

循环荷载/kN	疲劳寿命
60~600	1 419 057($1 \times 10^{6.152}$)
55~550	1 694 337($1 \times 10^{6.229}$)
53.75~537.5	1 774 189($1 \times 10^{6.249}$)
52.5~525	1 862 087($1 \times 10^{6.270}$)
51.25~512.5	10 000 000($1 \times 10^{7.000}$)
50~500	1 0000 000($1 \times 10^{7.000}$)

当疲劳循环荷载为 3.5~35 kN 时,如图 15(a)所示,有限元模型不会发生破坏,极限疲劳循环荷载对应的疲劳寿命云图如图 15(b)所示。

综上,疲劳性能试验有限元模型的疲劳极限荷载为 52.5~525 kN,疲劳寿命为 1 862 087($1 \times 10^{6.27}$)次,疲劳破坏位于预埋钢板下方的混凝土处。

4 结论

为了分析 ZPF 装配式伸缩装置的疲劳性能,通过动力疲劳实验并结合 ABAQUS 的 FE-SAFE 模块,对车辆动荷载作用下的 ZPF 装配式伸缩装置的疲劳性能进行分析,得到以下结论。

(1)随着循环荷载的增加,ZPF 装配式伸缩装置的疲劳寿命呈现降低的趋势,循环荷载 52.5~525 kN 为装配式伸缩缝的极限疲劳荷载。

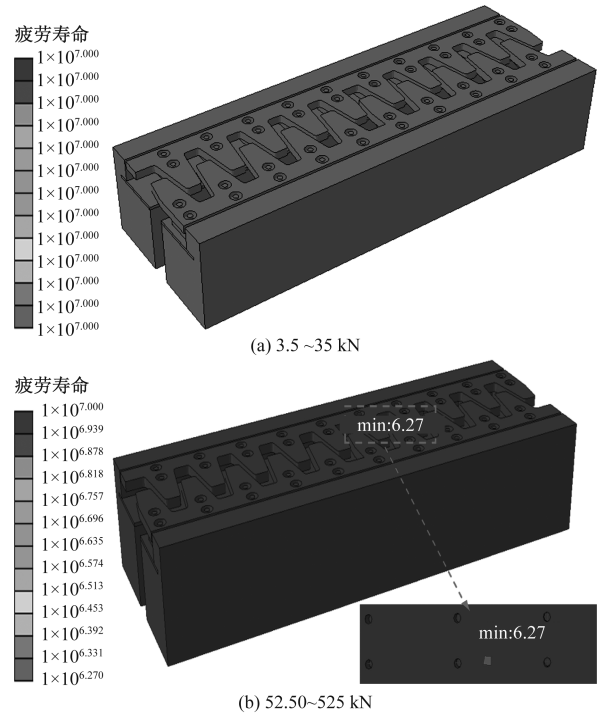


图 15 不同疲劳循环荷载下的疲劳寿命云图

(2)与预埋钢板相接的混凝土是 ZPF 装配式伸缩装置上的最容易发生疲劳破坏的位置。

(3)在50%开口状态下,在车轮荷载100 kN(即梳齿钢板实际接触轮载为35 kN)作用下,ZPF装配式伸缩装置整体满足疲劳性能的要求。

参考文献

- [1] 丁泉,陈朋,章伟,等.大跨径桥梁模数式伸缩缝病害及其控制策略探讨[J].公路,2024(5):451-456.
- [2] 杨雪峰,刘桥缘,张诗波,等.一起高速公路桥梁伸缩装置失效事故成因分析[J].综合运输,2024,46(1):179-186.
- [3] SUN Z, ZHANG Y. Failure mechanism of expansion joints in a suspension bridge[J]. Journal of Bridge Engineering, 2016, 21(10): 5016005.
- [4] 李盼盼,邵旭东,刘琼伟,等.伸缩装置UHPC锚固构造设计与静力性能研究[J].湖南大学学报(自然科学版),2022,49(11):126-136.
- [5] 肖波,许维炳,闫晓宇,等.公路桥面伸缩装置及其对桥梁静动力性能影响综述[J].防灾减灾工程学报,2021,41(1):167-180.
- [6] LIMA J M, DE BRITO J. Management system for expansion joints of road bridges[J]. Structure and Infrastructure Engineering, 2010, 6(6): 703-714.
- [7] 罗凯,陈炳阳.装配式梳齿板伸缩装置现场两次施工应用研究[J].公路,2021,66(3):136-139.
- [8] 熊亮,周小伍.新型自适应多向变位梳齿伸缩装置施工技术分析[J].工程与建设,2023,37(4):1256-1258.
- [9] 张胜文.机场内不停航条件下梳齿型伸缩装置的改良及禁区安装研究[J].中国市政工程,2024(4):27-31.
- [10] 胡佳,马龙宝,翟灵犀,等.桥梁装配式无缝伸缩装置力学性能分析[J].工程机械,2024,55(12):57-64.
- [11] 刘伟,左文龙,黄圣杰.高架桥装配式聚氨酯无缝伸缩装置结构与施工技术研究[J].浙江交通职业技术学院学报,2023,24(1):13-17.
- [12] CHANG L, LEE Y. Evaluation of performance of bridge deck expansion joints[J]. Journal of Performance of Constructed Facilities, 2002, 16(1): 3-9.
- [13] 夏阳.基于扩展有限元法的快速修复型装配式无缝伸缩缝结构特性研究[D].南京:东南大学,2023.
- [14] 蔡佳骏.桥梁新型钢弹体元件模数式伸缩装置及力学性能研究[J].交通科技,2023(1):41-45.
- [15] 丁勇,韩凌霞,吕建华,等.模数式桥梁伸缩缝疲劳寿命分析与结构优化[J].中国公路学报,2021,34(2):265-275.
- [16] 丁勇,俞丹波,邹毓颖,等.车辆-模数式伸缩缝耦合振动与冲击荷载分析[J].中国公路学报,2018,31(7):167-178.
- [17] 刘滔.模数式伸缩缝疲劳性能理论与试验研究[D].武汉:华中科技大学,2019.
- [18] 侯剑岭,刘灵灵,吴喜德,等.伸缩缝及支座病害对简支梁桥车致动力响应的影响研究[J].振动工程学报,2024,37(2):286-296.
- [19] HOU J, XU W, CHEN Y, et al. Typical diseases of a long-span concrete-filled steel tubular arch bridge and their effects on vehicle-induced dynamic response[J]. Frontiers of Structural and Civil Engineering, 2020, 14(4): 867-887.
- [20] 全国交通工程设施(公路)标准化技术委员会.公路桥梁伸缩装置通用技术条件:JT/T 327-2016[S].北京:人民交通出版社,2019.
- [21] 中交公路规划设计院.公路桥涵设计通用规范:JTG D60-2015[S].北京:人民交通出版社,2015.
- [22] 张纬.车辆荷载作用下桥梁伸缩缝强度与疲劳问题研究[D].宁波:宁波大学,2017.

Prefabricated Rapid Installation of Multi-direction Displacement Bridge Expansion Device Fatigue Performance Analysis

CHEN Jinsheng¹, CHEN Hui², PENG Xinfeng², PAN Tuchun³, QIU Junfeng¹

(1. Fujian Communications Planning & Design Institute Co. Ltd., Fuzhou 350004, China;

2. School of Civil Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China;

3. Liuzhou Dongfang Engineering Rubber Products Co. Ltd., Liuzhou 545005, Guangxi, China)

Abstract: Bridge expansion joints play a crucial role in bridges. In order to solve problems such as the relatively high maintenance costs of traditional expansion joints, an assembled and quickly installed multi-directional displacement bridge expansion joint (hereinafter referred to as the ZPF assembled expansion joint) was now proposed. According to the "General Technical Requirements for Highway Bridge Expansion Joints" (JT/T 327—2016), on-site fatigue tests were designed, and finite element analysis was also carried out at the same time. The test results show that the fatigue life of the ZPF assembled expansion joint decreases as the fatigue load increases. The fatigue life of the ZPF assembled expansion joint depends largely on the concrete under the embedded steel plate. During the loading of the fatigue performance test for 2 million cycles, the overall structure is safe and stable without any abnormal phenomena. The research results can provide a basis for the application of the ZPF assembled expansion joint.

Keywords: prefabricated expansion device; fatigue; fatigue performance; finite element