

基于静动载试验的病害梁桥承载力评估

敖 星¹, 王成贞², 赵少杰³, 李 渊², 白 虎²

(1. 湖南省交通规划勘察设计院有限公司, 湖南 长沙 410200; 2. 中铁北京工程局集团第二工程有限公司, 湖南 长沙 410000; 3. 湘潭大学 土木工程学院, 湖南 湘潭 411105)

摘要: 针对既有桥梁评估中静动载试验数据关联性不强、病害影响量化困难等问题, 以湖南地区某运营 28 a 的预应力混凝土梁桥为依托, 采用现场静载试验、动载试验与有限元数值模拟相结合的方法, 对该桥的承载能力进行了系统评估。结果表明: 静载试验中, 主梁挠度与应变校验系数分别为 0.55~0.65 和 0.64~0.83, 表明结构实际刚度满足设计要求; 动载试验中, 跳车工况下的冲击系数最大值为 0.32, 平均值为 0.26, 略高于设计取值 0.25, 揭示了桥面铺装损伤对行车冲击效应的放大作用。综合各项指标, 依据《公路桥涵养护规范》(JTG 5120—2021) 评定该桥技术状况等级为 3 类, 建议对桥面铺装层进行针对性维修加固。本文研究成果可为同类桥梁的承载能力评估与养护决策提供参考。

关键词: 桥梁; 预应力混凝土梁桥; 承载能力评估; 技术状况评定; 静动载试验

中图分类号: U446

文献标志码: A

文章编号: 1673-8993(2026)06-0001-08

doi: 10.13402/j.gcjs.2026.06.059

Evaluation of damaged girder bridge bearing capacity using static and dynamic load tests

AO Xing¹, WANG Chengzhen², ZHAO Shaojie³, LI Yuan², BAI Hu²

(1. Hunan Provincial Communications Planning, Survey and Design Institute Co., Ltd., Changsha 410200, Hunan, China;

2. China Railway Beijing Engineering Bureau Group Second Engineering Co., Ltd., Changsha 410000, Hunan, China;

3. School of Civil Engineering, Xiangtan University, Xiangtan 411105, Hunan, China)

Abstract: To address the insufficient correlation between static and dynamic load test data and the difficulty in quantifying damage in existing bridge evaluations, a 28-year-old prestressed concrete girder bridge in Hunan Province was studied. Through field static and dynamic load tests combined with finite element simulation, the bearing capacity of the bridge was systematically evaluated, with emphasis on the impact of deck deterioration on structural performance. The results show that under static load, the deflection calibration coefficients range from 0.55 to 0.65 and strain calibration coefficients from 0.64 to 0.83, indicating that the overall stiffness meets design requirements. In dynamic load tests, the maximum vehicle impact coefficient during jump tests reaches 0.32 (average 0.26), both exceeding the design value of 0.25, quantitatively revealing the significant amplification effect of deck pavement damage on vehicle impact. Following comprehensive analysis and in accordance with the Specifications for Maintenance of Highway Bridges and Culverts (JTG 5120-2021), the bridge is classified as Category 3, recommending localized repair of the deck pavement. This study provides a methodological reference for the bearing capacity evaluation and maintenance decision-making of similar bridges.

Key words: bridge; prestressed concrete girder bridge; bearing capacity evaluation; technical condition assessment; static and dynamic load tests

收稿日期: 2025-11-11

基金项目: 湖南省科技创新计划资助项目(2024JK2047)

作者简介: 敖 星(1978—), 男, 高级工程师, 从事公路与桥梁工程勘察设计与检测工作。

我国高速公路网历经数十年快速发展,早期建成的大量桥梁已进入中长期服役阶段。在车辆荷载(尤其是超载)、环境侵蚀(如碳化、氯离子侵入)及材料老化的多因素耦合作用下,桥梁普遍面临裂缝扩展、混凝土剥落、预应力损失及支座老化等病害,其承载能力与耐久性面临严峻挑战^[1-2]。作为交通网络的关键节点,桥梁的安全状况直接关系到人民生命财产安全与社会经济运行效率。因此,对在役桥梁开展科学、准确的承载能力评估,是实现结构预警、保障运营安全及优化养护决策的关键环节^[3-4]。

目前,静载试验与动载试验因其直观、可靠的特点,成为承载力评估的核心手段。静载试验通过施加等效荷载,实测控制截面的应变、挠度及裂缝发展,以检验结构在设计荷载下的刚度、强度与稳定性^[5-6]。动载试验则通过模拟行车、制动及跳车等工况,捕捉结构的动力特性(如频率、振型)与动力响应(如动应变、加速度、冲击系数),以评价其使用性能、行车舒适性与动力可靠性^[7-8]。随着数值模拟技术的进步,融合有限元分析与现场试验已成为提升评估精度与效率的主流趋势。例如,闫振虎等^[9]通过静动载试验验证了预制装配式 T 梁桥的承载能力符合标准;伊廷华等^[10]指出,多源信息融合与智能化评估是未来的发展方向;张鹏等^[11-12]对基于动静载试验的评估方法进行了系统梳理。此外,针对特定桥型的专项研究(如窑河特大桥桩基^[13]、大跨度槽型梁^[14]及加固后评估)也为本文提供了借鉴。

尽管既有研究已取得显著进展,但仍存在局限:1) 针对带病害桥梁,实测数据与规范限值的对比分析深度不够,难以量化病害对结构性能的具体影响;2) 针对特定区域环境(如南方湿热地区)的桥梁性能衰变模型研究缺乏,导致评估结论的地域适应性受限。为此,本文以湖南省某运营 28 a、出现铺装层损坏及梁体开裂的典型预应力混凝土桥梁为依托,开展静动载试验与数值模拟研究。通过系统分析校验系数、冲击系数等关键指标,量化桥面铺装损伤对动力响应的影响机制,并结合规范对该桥承载能力与技术状况进行精准评定,以期同类桥梁的性能评估与病害量化提

供技术范例。

1 工程概况与病害调查

湖南省内某高速公路预应力混凝土连续梁桥位于气候潮湿多雨区域,于 1997 年建成通车,迄今已运营 28 a。自 2025 年初起,养护单位发现该桥桥面铺装层出现大面积网状裂缝及局部碎裂坑槽;梁底混凝土存在局部渗水泛白现象,并伴有数条纵向裂缝。这些结构病害呈持续发展态势,已对桥梁的正常使用与安全构成潜在威胁。常规检测及初步评定结果显示,该桥技术状况为 4 类桥;经复核评定,该桥技术状况等级调整为 3 类,并建议进行专项检测以核定其实际承载能力与安全等级。为此,对该桥组织了全面现场静载与动载试验。试验跨的选择综合考虑了结构受力的不利情况、病害严重程度及现场测试条件,最终确定以左幅第二跨(L_2)和第 3 跨(L_3)作为主要测试对象。试验主要控制断面设定在跨中弯矩最大区域,分别为 A-A 断面和 B-B 断面(图 1)。

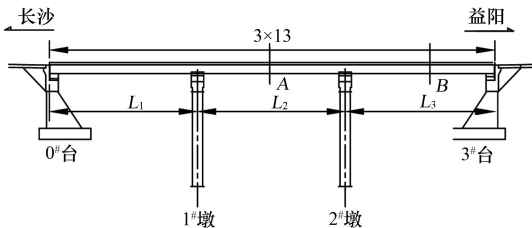


图 1 断面布置示意

m

2 静载试验与结果分析

2.1 有限元模型建立与荷载效率控制

2.1.1 有限元模型简化思路

为兼顾计算效率与模拟精度,采用有限元软件 Midas 建立桥梁主体结构模型,如图 2 所示。建模时忽略桥墩、桥柱等不参与静载控制的附属结构,将主梁离散为梁/板单元,以侧重分析结构整体静力响应。该桥上部结构采用 C30 混凝土。

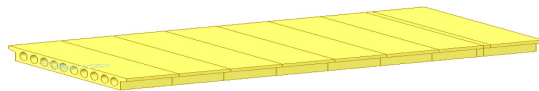


图 2 全桥计算模型

m

模型建立后,通过施加符合实际的荷载与边界条件模拟结构受力。试验选取跨中截面作为测试截

面, 并采用弹性阶段计算。分析过程依据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015) 计算冲击系数, 综合考虑人群荷载对加载效率的影响计算荷载涵盖结构自重、预应力、温度徐变、风荷载及控制截面的特定布载。共定义两种加载工况: 工况 1 针对 $A-A$ 截面正弯矩最不利区域进行纵桥向布载与横桥向偏载; 工况 2 针对 $B-B$ 截面采用同类布载模式, 均采用均布荷载模拟。加载方案遵循内力与变形等效原则, 通过影响线确定最不利加载效应, 确保荷载效率系数满足《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/T J21—2011) 规定的 0.95 ~ 1.05 要求。模型主要参数如表 1 所示。

2.1.2 荷载效率系数与控制

基于有限元法建立全桥空间模型, 分析结构静力响应。静载试验方案以控制截面内力与变形等效为核心准则, 通过影响线分析定位最不利荷载布置方案。荷载效率系数 η_q 按式(1)控制, 确保满足 JTG/T J21—2011 规定的 0.95 ~ 1.05 限值。

$$0.95 \leq \eta_q = \frac{S_{state}}{(1 + \mu)s} \leq 1.05 \tag{1}$$

式中: S_{state} 为试验荷载作用下控制截面内力、应力或变位的最大计算效应值; S 为检算荷载产生的同一项目最不利效应值; μ 为按规范取用的冲击系数值。

加载方案以最少车辆配置实现适宜荷载效率为目标, 通过合并简化工况, 在保障核心测试目

标的同时, 控制加载点位数量, 避免非测试截面超限响应。各工况均明确主导测试目的, 兼顾辅助观测项目。理论计算结果如表 2 所示。

2.2 试验方案设计

2.2.1 测点布置方案

试验测量系统主要由应变、挠度及裂缝观测三部分组成。

(1) 应变测点: 布设于 $A-A$ 与 $B-B$ 控制断面。鉴于梁底已实施喷射混凝土加固, 表面无法直接粘贴应变计, 故于受力最不利的边板侧缘沿竖向均匀布设测点, 以获取截面应力分布规律。

(2) 挠度测点: 采用桥面测量与桥下吊锤相结合的方法。针对桥下有水流的 L_2 跨, 采用徕卡 DNA03 数字精密水准仪配合 GPCL3M 钢钢条码尺进行桥面观测; 针对条件许可的 L_3 跨, 采用在板底悬挂吊锤连接位移计的方案, 以测定挠度横向分布。

(3) 裂缝观测点: 重点监测既有裂缝, 特别是左幅 L_2 跨中的横向裂缝。采用裂缝测宽仪 KON-FK(O) 记录加载前后缝宽变化, 评估裂缝扩展对结构安全的影响。

2.2.2 加载工况与车辆参数

试验采用 3 辆载重货车作为等效荷载, 车辆参数如表 3 所示。根据工况需求, 车辆按预设位置排列。

表 1 主要参数及计算信息

设计荷载等级	混凝土强度等级	计算跨径/m	桥面净宽/m	桥面车道
公路—I 级	原主梁 C30/喷射混凝土 C35(空心板)	12.6	12	横向 3 车道

表 2 试验主要工况荷载效应

工况序号	设计荷载效应	试验荷载效应	试验荷载效率
1	242	253	0.91
2	236	247	0.95

注: 工况 1 荷载效率 0.91 略低于规范推荐下限(不宜小于 0.95)。因该桥为带病害运营的既有桥梁, 出于安全审慎考虑, 试验适当降低加载规模。此调整符合规范“根据实际情况确定”的条款, 属偏安全考量, 不影响结论有效性。

表 3 加载车辆质量

车号编号	总质量	前轴质量	后轴质量
1	26.33	8.47	17.86
2	24.46	8.93	15.53
3	23.51	7.40	16.11

基于上述车辆配置,试验按前述确定的最不利布载原则设定两种荷载工况:工况 1 针对 $A-A$ 截面,工况 2 针对 $B-B$ 截面,均包含纵桥向最不利布载与横桥向偏载。各工况均监测应变、挠度及裂缝。加载过程分三级执行:依次投入 1 号车、1 与 2 号车、全部车辆。每级加载完毕,均需等待结构变形稳定,其判据:最大变位测点在最后 5 min 内的增量,小于前一个 5 min 增量的 15% 或低于仪表分辨精度。

2.2.3 试验加载流程

正式试验前执行 2~3 次预加载循环,以消除非弹性变形并验证测试系统可靠性。正式加载采用分级模式,每级持荷不少于 15 min。完全卸载后观测 30 min,记录残余变形。

2.3 试验结果与分析

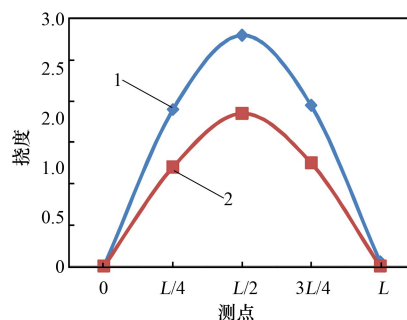
2.3.1 挠度结果分析

两种工况下的挠度理论值与实测值如表 4 所示。由表 4 可知:在三级荷载作用下,实测挠度最小值为 1.15 mm(理论值为 1.88 mm),最大值为 1.79 mm(理论值为 2.76 mm)。

挠度测试结果如图 3 所示,其中 L 为测点距支座的距离, m。由图 3 可知:在工况 1 下, L_2 跨 2~4 测点满载实测挠度分别为 1.15、1.79、1.22 mm,对应校验系数为 0.61、0.65、0.63。在工况 2 下,4 个测点满载挠度为 1.21~1.66 mm,校验系数为 0.55~0.60。根据《公路旧桥承载能力鉴定方法》(JTG/T J21—2011),钢筋混凝土梁桥挠度的校验系数宜为 0.50~0.90,测试结果均满足要求,表明桥梁刚度合格。

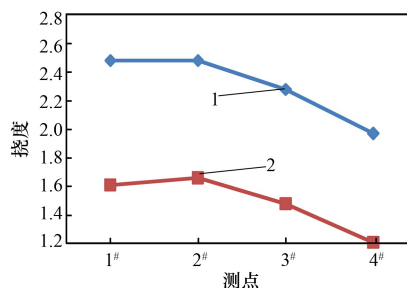
实测桥梁挠度横向分布规律如图 4 所示。由图 4 可知:实测挠度横向分布均匀且与理论值吻

合,说明横向联系工作正常。各测点最大相对残余挠度为 0.04,远低于规范限值(≤ 0.20),证实结构弹性恢复能力良好,处于弹性工作状态。



1—理论值; 2—实测值。

图 3 工况 1 满载挠度测试结果



1—理论挠度; 2—实测挠度。

图 4 桥梁挠度横向分布

2.3.2 应变结果分析

各测点应变测试结果如表 5 所示。由表 5 可知:工况 1 中 $A-A$ 断面 4 个测点应变变化趋势与理论一致,满载应变理论值为 $13\mu\epsilon \sim 78\mu\epsilon$,实测值为 $10\mu\epsilon \sim 256\mu\epsilon$;前三个测点的校验系数为 0.64~0.77,4#测点因位于裂缝处,应变异常偏大,故不参与校验系数计算。工况 2 中, $B-B$ 断面各测点满载应变理论值为 $13\mu\epsilon \sim 78\mu\epsilon$,实测值为 $11\mu\epsilon \sim 53\mu\epsilon$,校验系数为 0.68~0.83。两工况下相对残余应变为 0~0.14,残余变形较小。

表 4 挠度测试结果

mm

工况	测点 编号	理论值			实测值			残余 挠度	校检 系数	相对残 余位移
		一级	二级	三级	一级	二级	三级			
1	2 [#]	1.04	1.58	1.88	0.75	1.09	1.15	0.03	0.61	0.03
	3 [#]	1.53	2.33	2.76	1.04	1.61	1.79	0.07	0.65	0.04
	4 [#]	1.08	1.63	1.94	0.77	1.08	1.22	0.04	0.63	0.03
2	1 [#]	1.53	2.33	2.48	0.94	1.38	1.61	0.03	0.58	0.02
	2 [#]	1.20	2.20	2.48	0.80	1.34	1.66	0.03	0.60	0.02
	3 [#]	0.70	1.71	2.28	0.51	1.06	1.48	0.02	0.58	0.01
	4 [#]	0.44	1.10	1.97	0.29	0.71	1.21	0.03	0.55	0.02

表 5 应变测试结果

工况	测点 编号	理论值/ $\mu\varepsilon$			实测值/ $\mu\varepsilon$			卸载 值/ $\mu\varepsilon$	校检 系数	相对残 余应变
		一级	二级	三级	一级	二级	三级			
1	1 [#]	6	9	13	7	9	10	1	0.77	0.10
	2 [#]	21	30	34	15	20	22	3	0.64	0.14
	3 [#]	32	48	59	21	32	43	5	0.73	0.12
	4 [#]	41	63	78	123	236	256	3	—	—
2	1 [#]	6	9	13	8	11	11	0	0.83	0
	2 [#]	21	30	34	16	18	24	2	0.70	0.08
	3 [#]	32	48	59	20	32	42	4	0.72	0.10
	4 [#]	41	63	78	31	42	53	5	0.68	0.09

根据 JTG/T J21—2011, 钢筋混凝土梁桥应变校验系数宜为 0.40 ~ 0.80。工况 2 中 1[#]测点系数(0.83)略超上限。分析表明, 该测点靠近中性轴, 应变基数小, 理论中性轴与实际位置的细小偏差会导致校验系数波动。鉴于该位置在日常运营中受力较小, 此偏差对结构整体安全性影响甚微。

满载应变沿梁高的分布规律如图 5 所示。由图 5 可知: 除开裂点外基本呈线性, 符合平截面假定, 表明结构工作状态良好。最大相对残余应变为 0.14, 小于规范限值(≤ 0.20), 进一步验证了结构的弹性工作状态。

2.3.3 裂缝监测结果

针对工况 1 中 L2 跨边板 4[#]测点处的竖向裂缝进行监测。通过量测加载过程中标距内的变形, 推算裂缝扩展情况。结果表明: 加载前裂缝宽度为 0.08 mm, 满载时增至 0.11 mm, 卸载后恢复至 0.08 mm。

满载时裂缝宽度虽有所增加, 但未超过规范限值(钢筋混凝土结构为 0.20 mm)。卸载后裂缝宽度完全恢复, 表明裂缝开展主要由弹性变形引起, 结构变形恢复能力良好。该结论与应变、挠度测试结果相互印证, 证实既有裂缝暂不影响结构安全。

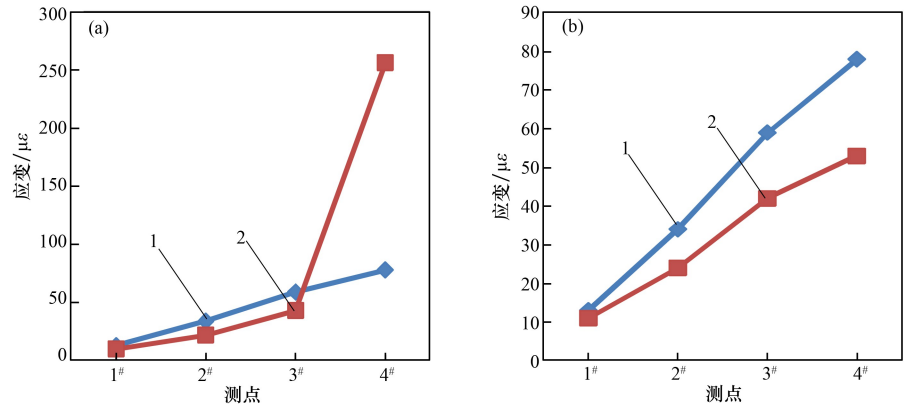
3 动载试验与结果分析

3.1 试验内容与方法

动载试验旨在测试桥梁结构在动力荷载下的响应特性。试验通过采集结构动应变时程曲线分析冲击系数, 以评价结构行车性能。动力荷载作用方式主要包括行车、刹车及跳车试验。

(1) 行车试验: 桥面无任何障碍, 载重汽车分别以 10、20、30、40 km/h 均速驶过桥跨, 测定运行车辆荷载作用下桥跨结构的动应变响应。

(2) 刹车试验: 载重汽车以 20、30 km/h 驶



(a) 工况 1; (b) 工况 2

1—理论值; 2—实测值。

图 5 满载应变分布

过桥跨,并在预定截面位置急刹车,测定控制截面测点的动应变或动挠度时程响应。

(3) 跳车试验:单辆载重汽车以 20、30 km/h 驶过桥跨;针对静载试验发现的第二跨刚度较弱的 1[#]、3[#]梁体位置设置枕木,模拟车辆跳车效应,测定控制截面测点的动应变或动挠度时程响应。

3.2 动力响应与冲击系数分析

3.2.1 测点布置与测试方法

行车及刹车试验的应变片布置于静载试验发现的刚度较弱且带裂缝的第二跨边梁跨中梁底处(A 截面)。

3.2.2 试验结果与数据分析

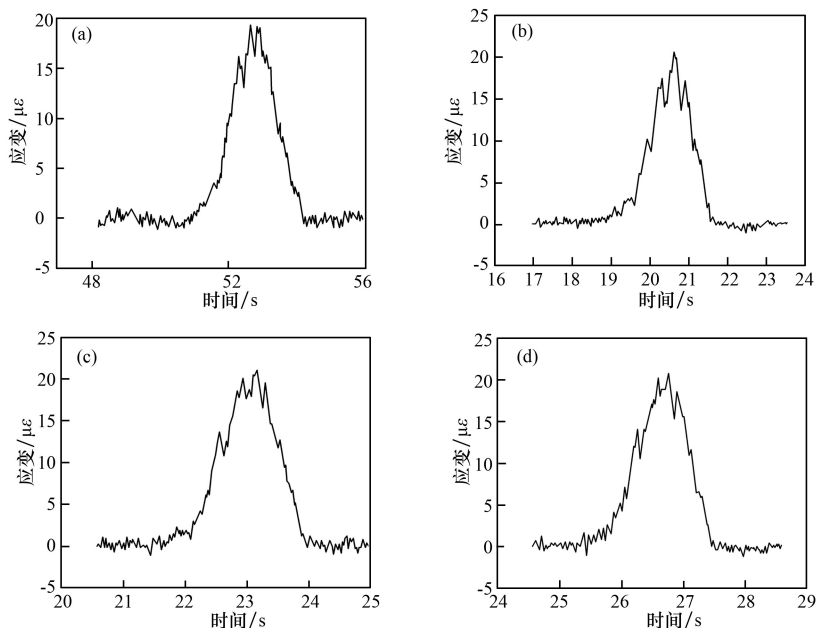
各工况动应变时程曲线如图 6~8 所示。由图 6 可知:行车试验中动应变时程曲线呈周期性波

动,各车速下波形规律一致,峰值应变随车速增加略有增大。由图 7 可知:刹车试验中动应变时程曲线在刹车时刻出现明显峰值,随后迅速衰减。由图 8 可知:跳车试验中动应变时程曲线峰值显著大于行车工况,且衰减较为缓慢,表明桥面铺装损伤对动应变响应有显著放大作用。

根据 JTG D60—2015,汽车荷载冲击系数 μ 按式(2)计算:

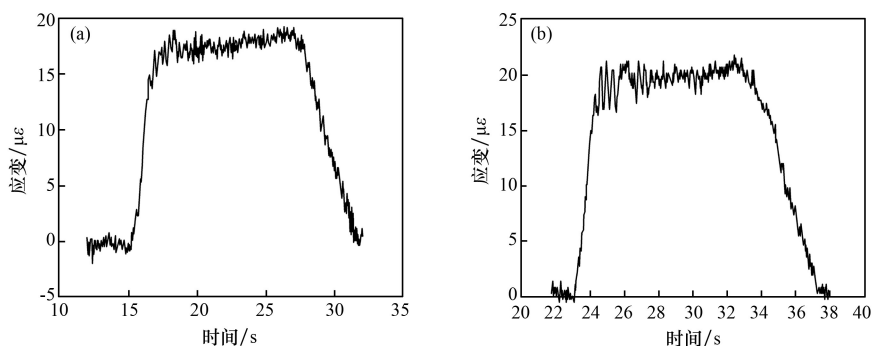
$$\mu_1(x) = \begin{cases} 0.05, & f < 1.5 \text{ Hz} \\ 0.176 7 \ln f - 0.015 7, & 1.5 \text{ Hz} \leq f \leq 14 \text{ Hz} \\ 0.45 & f > 14 \text{ Hz} \end{cases} \quad (2)$$

式中: $\mu_1(x)$ 为汽车荷载冲击系数随频率变化的函数; x 为频率变量,Hz; f 为结构基频,Hz。



车速/(km·h⁻¹): (a) 10; (b) 20; (c) 30; (d) 40

图 6 行车试验应变时程曲线



车速/(km·h⁻¹): (a) 20; (b) 30

图 7 刹车试验应变时程曲线

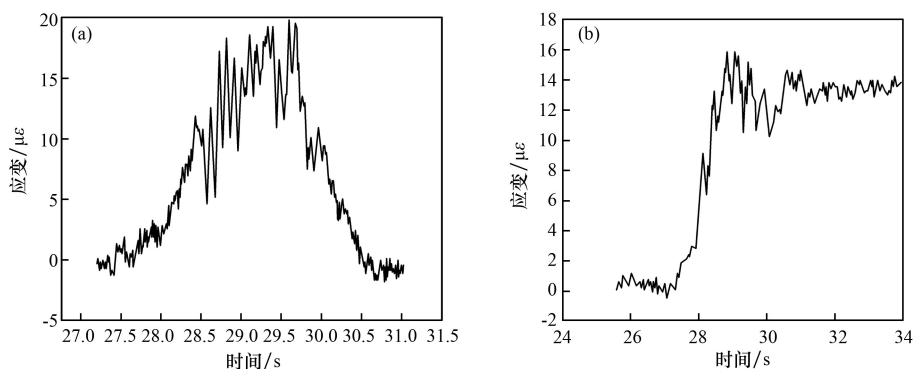
车速/($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$): (a) 20; (b) 30

图 8 跳车试验应变时程曲线

各工况冲击系数计算结果如表 6 所示, 实测最大动力冲击系数为 0.32。由 6 可知: 行车工况下, 箱梁跨中截面冲击系数实测值为 0.12~0.18, 平均值为 0.155, 表明正常行车产生的冲击作用较小; 刹车工况下, 冲击系数实测值为 0.08~0.10, 平均值为 0.09, 表明刹车产生的冲击作用可忽略; 跳车工况下, 冲击系数实测值为 0.20~0.32, 平均值为 0.26, 表明跳车产生的冲击作用显著。实测最大动力冲击系数为 0.32。根据 JTG 5120—2021, 设计冲击系数为 0.25。实测最大跳车冲击系数及平均值均大于设计值, 说明桥面铺装损伤导致车辆跳车效应放大。

表 6 不同车速下桥梁冲击系数

车辆速度/($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	作用方式	冲击系数
10	行车	0.17
20	行车	0.18
30	行车	0.12
40	行车	0.15
20	刹车	0.08
30	刹车	0.10
20	跳车	0.32
30	跳车	0.20

4 结论与建议

(1) 承载能力状态: 静载试验表明, 该桥在公路—I级荷载作用下, 结构刚度、强度及弹性工作性能均满足规范要求, 主体承重构件承载能力充足。

(2) 动力性能状态: 动载试验表明, 正常行车工况下冲击系数为 0.12~0.18, 刹车工况下为

0.08~0.10, 冲击作用较小; 跳车工况下冲击系数为 0.20~0.32 (平均 0.26), 超过设计值 0.25, 说明桥面铺装损伤显著放大了车辆冲击效应。

(3) 技术状况评定: 尽管主体结构承载能力达标, 但桥面铺装破损严重, 且动载试验跳车冲击系数 (最大 0.32, 平均 0.26) 超过设计值 (0.25), 表明桥面系使用性能存在缺陷。依据 JTG 5120—2021, 采用最差构件评判法进行评定, 该桥技术状况等级为 3 类。

(4) 养护维修建议: 建议对桥面铺装层进行针对性维修。具体宜凿除开裂严重的铺装层, 通过植筋加强新旧混凝土连接, 布设双层钢筋网, 并浇筑高标号环氧混凝土或钢纤维混凝土进行修复, 以恢复桥面平整度, 降低车辆冲击效应。

(5) 长期监测建议: 建议将该桥纳入重点监测名录, 定期跟踪既有裂缝的发展趋势及桥面系服役状态, 为后续养护决策提供数据支持。

综上, 通过静、动载试验数据, 实现了对既有桥梁承载能力的精准评估与病害针对, 验证了该方法在桥梁养护科学决策中的实用价值。

参考文献:

- [1] 郭今彪. 基于静载荷试验的空心梁承载能力分析研究[J]. 河南水利与南水北调, 2024, 53(12): 69–71.
- [2] 钟少军. 动静载荷试验在水利工程桩基承载力评估中的对比研究[J]. 水上安全, 2024(22): 37–39.
- [3] 曾昊. 南益高速公路软基处治方案设计与现场试验研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2019.
- [4] 张鹤年, 季鹏, 刘英克. 高速公路桥梁工程中 PHC 管桩单桩承载力确定方法[J]. 建筑技术, 2012, 43(10): 913–916.

- [5] 袁阳光,韩万水,李光玲,等. 考虑非平稳因素的混凝土桥梁概率极限状态评估[J]. 工程力学, 2020, 37(8):167-178.
- [6] 郭海轮,陈翔. 静载荷试验确定水泥土桩复合地基承载力[J]. 山西建筑,2004,30(23):54-55.
- [7] 李全旺,李春前,孙健康. 基于结构可靠性理论的既有桥梁承载力评估[J]. 工程力学,2010,27(增刊2):142-151.
- [8] 田永丁,张建. 基于移动式冲击振动的桥梁快速测试与柔度识别研究进展[J]. 土木工程学报, 2022, 55(10):46-61.
- [9] 闫振虎,郭奕辰,王新丽,等. 基于静动载试验的预制装配式 T 梁桥承载能力[J]. 科学技术与工程,2023, 23(11):4834-4840.
- [10] 伊廷华,郑旭,杨东辉,等. 公路桥梁承载能力检测评定技术进展[J]. 中国公路学报,2025,38(1):129-143.
- [11] 张鹏,赵展,钟晓林,等. 从化大桥静动载试验研究[J]. 广州建筑,2018,46(6):28-32.
- [12] 张鹏,谭学民,赵展,等. 基于静力荷载试验的海印桥承载能力评价研究[J]. 广州建筑,2018,46(1):18-22.
- [13] 浦玉炳,刘新,吴立人. 窑河特大桥桩基静载荷试验分析[J]. 水运工程,2003(7):43-45.
- [14] 刘孟富. 大跨度预应力混凝土简支槽型梁静动力试验研究[J]. 建筑技术,2025(3):359-362.

本刊编辑部版权许可声明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社、万方数据电子出版社、重庆维普资讯有限公司、超星学术期刊“域出版”、学术中国-知识产权服务平台等第三方平台在其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊编辑出版的文章。本刊不收取版面费、专家审稿费(相关著作权许可使用费与审稿费相抵,不再另行支付),对优质稿件支付稿酬。作者向本刊提交文章发表的行为视为同意上述许可声明,如有异议请来稿说明,本刊将作适当处理。