

公路大件运输中沿线桥梁可通行性评价

吴秋涛

上海市市政公路工程检测有限公司 上海 201108

DOI:10.32629/ems.v8i6.20571

[摘要] 针对某简支 T 梁桥大件运输通行需求,开展桥梁可通行性专项评价工作。首先根据外观缺陷情况对桥梁技术状况进行评级;其次现场实测桥梁自振特性与荷载横向分布规律,然后采用车辆荷载效应比对法与验算法,结合实测参数对大件车辆通行工况进行结构承载力验算。验算结果表明该桥不满足通行要求。结合病害及验算结论,提出相应的维修加固建议,并为今后类似的大件运输提供参考与借鉴。

[关键词] 大件运输;结构自振特性;横向分布测试;荷载效应验算

引言

化工、电力行业的大型特种设备整体不可拆分运输,催生了大件运输业务。此类车辆轴距长、荷载大,易对沿线桥涵结构造成不利影响,因此需提前对沿线桥梁进行通行安全评估。本文选取线路中某座桥梁作为评估对象,按照相关规范开展可通行性分析。先对桥梁整体技术状况进行分级评定,再现场测试结构自振特性与实际荷载横向分布。采用实际横向分布下大件运输车辆引起的荷载效应与设计车辆荷载效应进行比较,当前者小于后者时,桥梁满足通行条件;当前者偏大时,进一步开展结构受力验算。验算合格则允许通行,不合格则禁止通行^[1],并同步提出维修加固处置建议。

1 工程背景

某石油化工厂一台 910 吨的 E0 反应器拟经海路运输到码头,再卸船装车运至工地现场进行安装,本次运输拟采用 24 轴 4 纵列自走式平板车承载,装载后全平板车重 1145t,宽度为 8.8m,最低车货总高度为 8.95m,每轴重 47.7t,轴距 1.50m,轮压 2.98t。

沿线有一座四跨简支钢筋混凝土 T 梁桥,桥梁总长 52.0m,跨径组合为 4×13.0m。本次对目前的桥梁技术状况进行全面检查和检测,并进行上部结构承载能力验算,以判断承载能力能否满足本次大件运输安全通行要求,若不能满足要求,则提出维修加固建议。

2 桥梁技术状况评价

本次对该桥进行全面、细致的检查,查明缺陷、病害部位及其程度,分析其形成的原因,评价其对本次大件运输是否有影响,同时给出该桥的技术状况等级^[2]。

该桥技术状况等级为 3 类,现场检查发现 T 梁梁端两侧

腹板存在多条斜向裂缝,该类裂缝基本呈对称分布,为梁端在剪力作用下混凝土的主拉应力超过极限拉应力时产生的梁端剪切裂缝,不利于本次大件运输通行。见下图 2.1~图 2.2 所示。

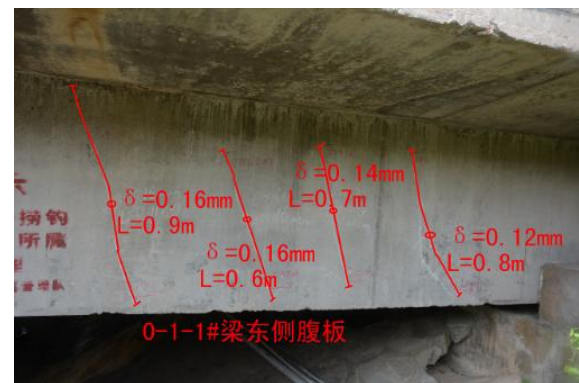


图 2.1 梁端腹板斜向裂缝图



图 2.2 梁端腹板斜向裂缝图

3 结构自振特性及横向分布测试

3.1 结构自振特性

桥梁自振频率变化不仅能够反映结构损伤情况,而且还能反映结构整体性能和受力体系的改变^[3]。本次现场实测桥

梁自振频率，并与计算频率进行比较。工程经验表明，当实测自振频率达到计算频率的 1.1 倍及以上时，说明结构实际刚度高于理论设计刚度；反之，构件出现缺损、性能劣化时，结构自振频率通常会下降，振型也会伴随异常改变。实测结果表明该桥 4 跨实测竖向基频均大于理论计算竖向基频，且各跨实测竖向基频值较为接近，表明该桥实际刚度较理论要好，各跨刚度无明显差异，见下表所示。

表 3.1 实测与理论竖向基频结果对比

检算对象	实测竖向基频 (Hz)	理论计算竖向 基频 (Hz)	上部结构 f_{ni}/f_{di}	评定 标度
第 1 跨	11.2	8.83	1.27	1
第 2 跨	11.4		1.29	1
第 3 跨	11.2		1.27	1
第 4 跨	11.1		1.25	1

3.2 荷载横向分布测试

实测荷载横向分布系数可判断该桥结构的横向整体性能，同时可以检验理论与实际的符合程度。

本次大件运输车拥有 1.5m 的纵向轴距，采用了左右对称分布的 4 纵列(横向共 8 条轮胎)，见图 3.1。由于实际中很难找到与运输车组相同的社会车辆，很难模拟出与正式车组完全相同作用下上部结构主梁的横向分布系数。因此，大件运输车辆可以考虑简化，即将横向各纵列的 2 个车轮简化为 1 个车轮，而各纵列的车轮间距约为 1.785 米，与常见的 3 轴土方车(1.8 米)的横向间距相近，因此原 4 纵列大件运输车辆组可以简化为横向两个常见的土方车，见图 3.2。

表 3.2 模拟大件运输简化 4 轮轮位中载跨中挠度实测值及横向分布系数

T 梁号	模拟大件运输简化 4 轮轮位中载								梁格法横向分布系数
	实测挠度 (mm)				实测横向分布系数				
	第 1 跨	第 2 跨	第 3 跨	第 4 跨	第 1 跨	第 2 跨	第 3 跨	第 4 跨	
1#	0.3	0.6	0.8	0.9	0.025	0.056	0.063	0.063	0.112
2#	1.8	1.7	1.9	2.0	0.148	0.157	0.148	0.139	0.172
3#	2.6	2.3	2.6	3.1	0.213	0.213	0.203	0.215	0.215
4#	3.2	2.7	3.3	3.7	0.262	0.250	0.258	0.257	0.215
5#	2.8	2.4	2.9	3.2	0.230	0.222	0.227	0.222	0.172
6#	1.5	1.0	1.3	1.5	0.123	0.093	0.102	0.104	0.112

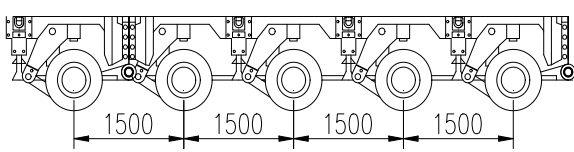


图 3.1 大件运输车纵横向轮位示意图（单位：mm）

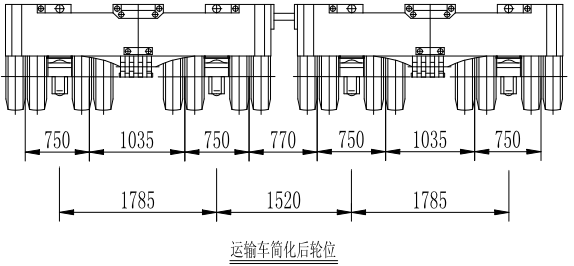
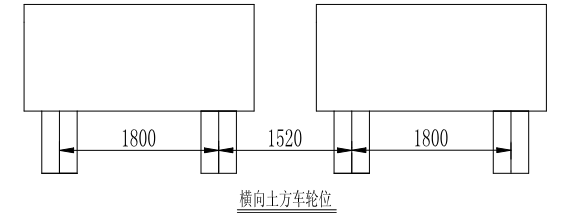


图 3.2 简化后轮位对比图（单位：mm）

通过跨中梁底的实测挠度可得各 T 梁横向分布系数，挠度实测值、荷载横向分布系数实测与理论值对比见表 3.2 所示，各跨相应的横向分布曲线对比见图 3.3～图 3.6。

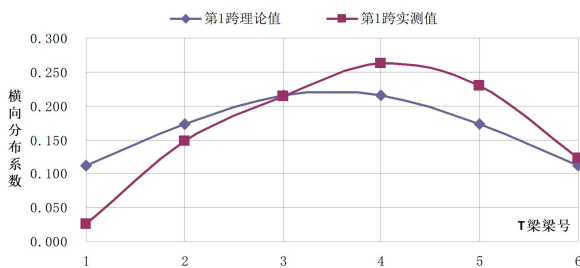


图 3.3 第1跨实测与理论横向分布曲线对比

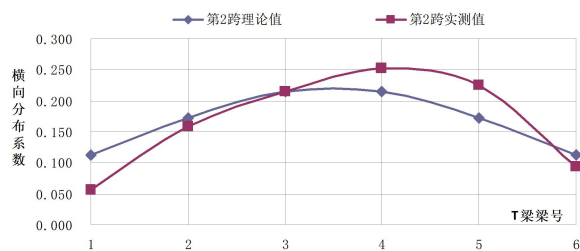


图 3.4 第2跨实测与理论横向分布曲线对比

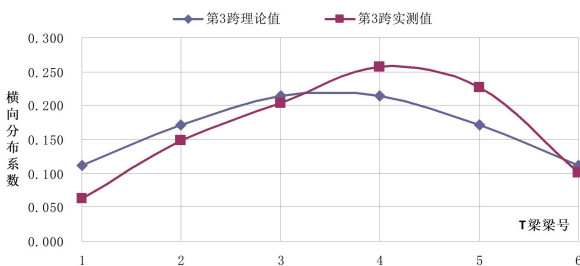


图 3.5 第3跨实测与理论横向分布曲线对比

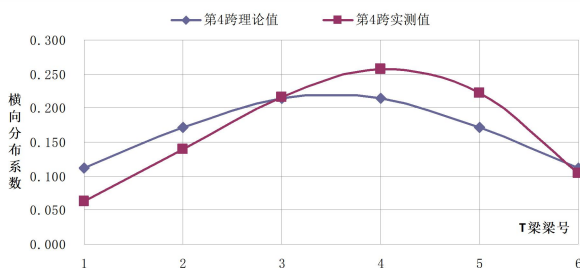


图 3.6 第4跨实测与理论横向分布曲线对比

由上图表可以看出:通过模拟大件运输车测试桥梁上部结构横向分布系数,各跨4#和5#梁实测横向分布系数均明显大于理论计算值,1#和2#梁实测横向分布系数明显小于理论计算值,分析其主要原因该桥存在厚度不一致的桥面铺装层(10cm~47cm),较厚的铺装层与主梁共同参与受力,从而导致测试出的横向分布系数左右不对称,即桥梁结构检算时应按实测横向分布系数予以修正,同时需考虑桥面铺装结构层共同参与受力。

4 上部结构承载力检算

根据《公路大件运输安全通行评价技术规范》(JTG/T 2213-2023)中的要求,桥梁技术状况为3类的桥梁,应进行荷载效应验算,若验算通过,则予以通行,反之则不允许通过^[1]。详见图4.1所示。

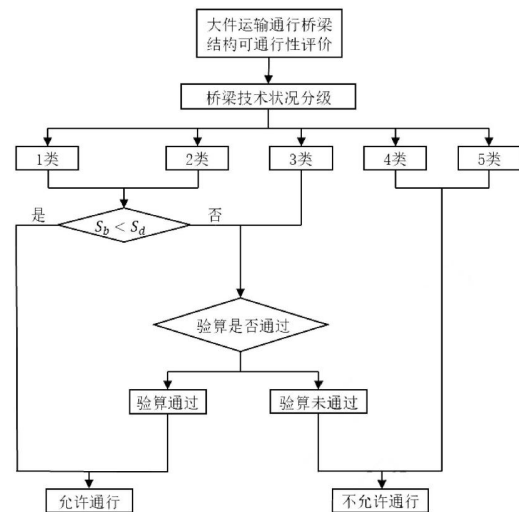


图 4.1 大件运输桥梁结构可通行评价流程

本次检算中可考虑混凝土桥面铺装扣除表面2cm磨耗层后参与梁体共同受力。本次计算偏安全考虑对各主梁桥面铺装扣除表面5cm磨耗层后参与梁体共同受力计算。横向轮位示意图4.2,计算模型见图4.3。

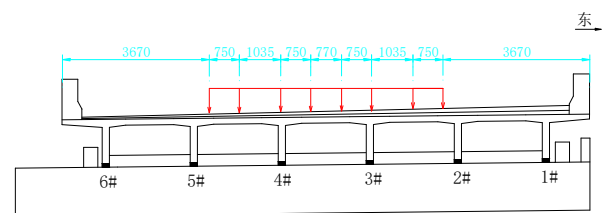


图 4.2 大件运输车横向布置示意图(单位: mm)

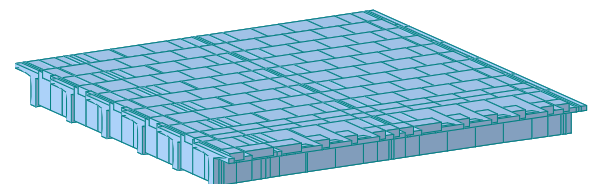


图 4.3 上部结构空间计算模型

上部结构检算结果表明,在大件运输车辆荷载作用下,4#梁和5#梁按实测横向分布系数推算出跨中正截面组合弯矩值大于截面抗弯承载力,不能满足本次大件运输的安全承载要求,建议在大件运输前对该桥每跨4#、5#梁跨中进行正截面抗弯加固。见下表4.1~表4.2所示。

表 4.1 大件运输车辆 T 梁跨中截面横向分布系数最大值

检算对象	跨中截面荷载横向分布系数最大值			
T 梁	主梁编号	梁格法理论值	最大实测值	实测值/理论值
	2#梁	0.172	0.152	0.88
	3#梁	0.215	0.215	1.00
	4#梁	0.215	0.262	1.22
	5#梁	0.172	0.230	1.34
	6#梁	0.112	0.123	1.10

表 4.2 大件运输车辆 T 梁跨中正截面抗弯强度计算结果

检算对象	主梁编号	梁格法横向分布计算结果 (kN·m)	实测横向分布计算结果 (kN·m)	截面抗弯承载力 (kN·m)	备注
T 梁	3#	2010	2010	2202	满足
	4#	1956	2244	2086	不满足，超出 7.6%
	5#	1738	2124	1969	不满足，超出 7.9%
	6#	1656	1740	1911	满足

同时对梁端斜截面抗剪承载能力进行检算，发现 3#、4#梁最不利剪力组合值大于斜截面抗剪承载力，不能满足本次大件运输的安全承载要求，建议在大件运输前对该桥每跨 3#、4#梁梁端进行斜截面抗剪加固。见下表 4.3 所示。

表 4.3 T 梁斜截面抗剪承载能力验算结果

检算对象	最不利组合剪力组合值（kN）		折减后斜截面抗剪承载力 (kN)	备注
	主梁 编号	大件运 输车		
梁端剪力	2#	769	1081	满足
	3#	1081	1061	不满足，超出 1.9%
	4#	1059	1042	不满足，超出 1.6%
	5#	705	1022	满足

结合桥梁技术状况评价及承载能力检算，建议对该桥各跨上部结构 2~5#主梁跨中梁底粘贴宽度为 12cm、厚度为 1cm 的 Q345 钢板加固，对梁端腹板 4m 范围内粘贴宽度为 10cm、厚度为 5mm、间距为 10cm 的钢板加固。

5 结语

1. 桥梁技术状况评价在大件运输中占有重要的地位，现场查明缺陷、病害部位及其程度，分析其形成的原因，了解桥梁的变化情况，评价其对本次大件运输是否有影响，同时根据《公路大件运输安全通行评价技术规范》（JTG/T 2213-2023）进行可通行性评价，若评定为 1 类、2 类，则进行车辆荷载效应比对法，若大件运输车辆引起的荷载效应大于设计车辆荷载效应，则进行车辆荷载效应验算法；若评定为 3 类，则直接进行车辆荷载效应验算法；若评定为 4 类、5 类，则不允许通行。

2. 结构自振特性测试能够有效反映桥梁整体受力性能与

受力体系的变化情况，荷载横向分布试验可通过对比实测与理论计算的横向分布系数，判断该桥结构的横向整体性能是否良好。

3. 桥梁承载能力检算可以确保大件运输的安全，若桥梁承载能力不够，则提出维修加固建议，确保大件运输的安全。

4. 大件运输车辆过桥期间也是十分重要的一环，需在桥面上做出明显的标记路线，以免产生偏载；同时需对其进行限速并匀速过桥；过桥期间需选择流量较小的时间段进行通行，并请交管部门配合“单车过桥”措施。

[参考文献]

[1]JTG/T 2213-2023，公路大件运输安全通行评价技术规范[S].
[2]JTG/T H21-2011，公路桥梁技术状况评定标准[S].
[3]JTG/T J21-2011，公路桥梁承载能力检测评定规程[S].
上海国资委课题：项目编号：2024016。