

客滚桥应力应变检测技术浅析

颜世峰

山东陆海重工有限公司 山东 烟台 264000

摘要: 客滚桥是连接客滚船与岸壁的重要设施,与广大旅客生命及财产息息相关。本文以日照港浮式联结桥与蓬莱港客滚联接桥一号桥为例论述桥梁应力应变检测技术相关内容,为我国的桥梁检测打下良好基础。

关键词: 客滚桥; 应力检测; 应变测试

随着人们交通越来越便利,大量的桥梁工程被建设。如果说影响桥梁工程质量的主要因素为桥梁施工技术,那么桥梁的检测技术也是不可或缺的一项技术。在当今市场中,对桥梁工程提出了较高的要求,同时桥梁检测难度越来越大。任何桥梁施工是一项系统工程,可受到外界多种因素的影响,导致桥梁工程出现问题越来越多,因此做好桥梁检测是至关重要的。

1 应力检测

1.1 简介

应力检测作为桥梁检测的一部分,其主要包括两部分,一部分是主要承载结构静应力检测,另一部分则是主要承载结构动应力检测。前者主要检验桥梁的主要结构件在静态载荷作用下的承载能力,而后者则是检测仪器的主要构件在动态载荷作用下的承载能力。在第一部分,通过对测点的布置以及测试工况的监察得出检测结果从而进行分析。第二部分则是选择测点、测试工况从而得出检测结果。

1.2 以日照港浮式联结桥应力检测技术

1.2.1 主要承载结构静应力检测

对主要承载结构静应力的检测是桥梁应力检测的一部分,其主要是检验主要结构件在静态载荷作用下的承载能力。在日照港浮式联结桥检测中,首先进行了测点布置,如下表。

| 序号 | 布点号 | 布点号位置说明 |
|----|-----|-----------------|
| 1 | A1 | 桥头直边铰点上部 |
| 2 | A2 | 桥头斜边铰点上部 |
| 3 | A3 | 桥头直边铰点左部 |
| 4 | A4 | 桥头斜边铰点右部 |
| 5 | B1 | 斜边焊接工字梁中部上翼缘板左侧 |
| 6 | B2 | 斜边焊接工字梁中部下翼缘板左侧 |
| 7 | B3 | 斜边焊接工字梁中部下翼缘板右侧 |
| 8 | C1 | 直边焊接工字梁中部上翼缘板左侧 |
| 9 | C2 | 直边焊接工字梁中部下翼缘板左侧 |
| 10 | C3 | 直边焊接工字梁中部下翼缘板右侧 |
| 11 | D1 | 桥底倒T型纵梁1 |
| 12 | D2 | 桥底倒T型纵梁2 |
| 13 | D3 | 桥底倒T型纵梁3 |
| 14 | D4 | 桥底倒T型纵梁4 |

续表:

| 序号 | 布点号 | 布点号位置说明 |
|----|-----|--------------|
| 15 | E1 | 桥底倒T型横梁1 |
| 16 | E2 | 桥底倒T型横梁2 |
| 17 | E3 | 桥底倒T型横梁3 |
| 18 | F1 | 桥尾箱型梁中部左上翼缘板 |
| 19 | F2 | 桥尾箱型梁中部右上翼缘板 |

其次记录了测试工况,如下表。

| 工况序号 | 载重卡车在联结桥上位置状态 | 载荷 | 操作程序 |
|------|--------------------|----------------|--|
| | 卡车载荷重心位于联结桥14.25m处 | 载重卡车实际载荷105.6t | 联结桥上无载荷,仪器调零;载重卡车驶至1处,稳定10分钟后仪器读数;然后,卡车返回岸上,联结桥稳定后,仪器回零。 |

根据测点布置和测试工况得出了静应力检测结果表,通过对检测结果的分析讨论得出当实际载荷为105.6t的载重卡车重心位于浮式联结桥14.25m处的时候,斜边焊接工字梁中部下翼缘板右侧B3测点处的静应力值最大,其最大静应力值为39.27MPa;其次是直边焊接工字梁中部下翼缘板左侧C2测点处的静应力值较大,其较大静应力值为35.27MPa。

由以上静应力检测得出在此阶段,桥梁的应力检测技术应从测点布置开始,依据测试工况得出检验结果,从而才能进行应力检测分析。

1.2.2 主要承载结构动力应力检测

对主要承载结构动力应力检测也是桥梁检测技术的一个重要部分,其主要检测该机主要构件在动态载荷作用下的承载能力。在该检测中,首先进行的步骤是测点选择。选择主要构件上静应力较大且动态响应较明显的部位,因此本次动载应力检测选择6个测点,如下表测点位置说明。

| 仪器编号 | 测点编号 | 布点号位置说明 |
|------|------|-----------------|
| 1 | B1 | 斜边焊接工字梁中部上翼缘板左侧 |
| 2 | B3 | 斜边焊接工字梁中部下翼缘板右侧 |
| 3 | C1 | 直边焊接工字梁中部上翼缘板左侧 |
| 4 | C2 | 直边焊接工字梁中部下翼缘板左侧 |
| 5 | D1 | 桥底倒T型纵梁1 |
| 6 | D4 | 桥底倒T型纵梁4 |

其次是进行测试工况监察,如下表。

| 工况序号 | 载荷停留位置以及载荷情况 | 一次循环内容 | 循环次数 |
|------|----------------------------------|---|------|
| ① | 载重卡车载荷重心位于联结桥14.25m处, 实际105.6t载荷 | 联结桥上无载荷, 仪器置零; 载重卡车按一定速度分别行驶至①、②处, 作刹车动作; 然后, 卡车退回岸上。记录全过程应力变化曲线。 | 3 |
| ② | 载重卡车后轮中心位于联结桥14.25m处, 实际105.6t载荷 | | |

由以上检测结果进行结果分析, 即按照动载应力测试工况, 当载重卡车载荷重心位于联结桥14.25m处, 联结桥实际承受载荷105.6t, 载重卡车进行制动时, 测试结果显示: 直边焊接工字梁中部下翼缘板左侧C2测点动载应力值最大, 其动应力峰值为57.75MPa, 动应力稳定值为53.13MPa, 对比值为1.09。

当载重卡车后轮中心位于联结桥14.25m处, 联结桥实际承受载荷96.0t, 载重卡车进行制动时, 测试结果显示: 直边焊接工字梁中部下翼缘板左侧C2测点动载应力值最大, 其动应力峰值为54.52MPa, 动应力稳定值为47.82MPa, 对比值为1.14。

1.3 结论

通过对日照港浮式联结桥的应力检测过程分析, 得出桥梁应力检测分析技术主要从两方面着手。第一, 进行主要承载结构静应力检测, 即检验主要结构件在静态载荷作用下承载能力。在此过程中, 首要进行测点布置, 其次进行测试工况监察, 从而得出具体检验结果才能得出结论。第二, 进行主要承载结构动应力检测, 检测该机主要构件在动态载荷作用下的承载能力。在此过程中, 首先是测点的选择, 其次是测试工况。但尤为特殊的是, 此情况下的工况有两种, 因此动载应力检测结果表有两份, 分别为动载工况一与动载工况二, 通过对这两份检验结果的分析从而得出最终结论。因此客滚桥的应力检测也应遵循以上步骤, 才能确保桥梁检测结果的准确性。

2 应变测试

2.1 简介

应变测试是通过对桥梁进行现场静力加载, 测试桥梁构件在设计荷载(150吨)下的应变值, 换算后判断其是否超过容许应力值。

2.2 蓬莱港客滚联接桥一号桥应变测试情况

2.2.1 检测依据

- (1) 《公路桥梁荷载试验规程》(JTG/J21-01-2015)
- (2) 《150吨客滚联接桥(蓬莱港)》设计图纸

2.2.2 检测仪器与设备

| 检测项目 | 检测仪器名称 | 数量 | 型号 |
|------|----------|----|--------|
| 应变测试 | 钢卷尺 | 1 | 5m |
| | 静态应变测试系统 | 1 | DH3820 |

2.2.3 测试内容

根据该液压升降桥的设计与使用要求, 主要检测该客滚联接桥在拉杆持重状态下立柱、桥底纵、横梁以及吊耳、

悬臂梁等构件处于最不利受力状态下的金属结构静力性能。该结构的最不利工况为液压系统起控制作用、安全销不承受桥体传来的荷载、满负荷工作的状态。在此种工况下, 检测桥体构件控制点处的应变值, 根据检测应变值计算构件的应力。根据《150吨客滚联接桥(蓬莱港)》设计图纸, 该桥设计荷载为150吨, 本次测试采用两辆加载车辆, 总重150吨, 采用中载的加载方式分2级在指定位置进行加载测试, 工况分级汇总表见表所示。

| 工况 | 加载级别 | 测试内容 | 加载位置 |
|-----|------|----------|--------|
| 工况一 | 预加载 | 测试系统工作状态 | — |
| | 空载 | 应变 | — |
| 工况二 | 第1级 | 应变 | 图5.1.1 |
| | 第2级 | 应变 | 图5.1.2 |
| | 卸载 | 应变 | — |

2.2.4 加载步骤

工况一: 将桥体升至近似水平状态, 加载前, 液压系统加压并解除安全销与桥体的连接, 桥体荷载通过两侧油缸、上部悬臂梁及立柱传至基础。与委托单位核定好载重车重量后, 先将一辆载重机车缓慢上桥, 开到桥前端, 再退回, 进行两次以上预压, 而后离开桥面。

工况二: 模拟设计最不利荷载情况, 先将一辆载重机车分别缓慢开到主纵梁中部左侧压重位置, 确保受荷稳定后, 将第二辆载重机车分别缓慢开到主纵梁中部左侧压重位置, 确保受荷稳定后, 将两辆载重机车缓慢退出桥面。加载试验过程中, 随时采集记录各构件各测点的应变变化情况, 并确定各测试点的最大应变。当发现应变过大或异常时及时通知委托单位, 必要时停止试验。

2.2.5 测点布置

本试验共设置测点13处, 应变测点布置汇总表见表。

| 测点编号 | 测点位置说明 |
|-------|----------------|
| A1#测点 | 联接桥左侧箱型纵梁中心处 |
| A2#测点 | 联接桥右侧箱型纵梁中心处 |
| A3#测点 | 联接桥箱型横梁中心处 |
| B1#测点 | 左侧油缸下侧吊耳右侧 |
| B2#测点 | 右侧油缸下侧吊耳左侧 |
| C1#测点 | 左侧立柱北侧面黄线中心对称处 |
| C2#测点 | 左侧立柱南侧面黄线中心对称处 |
| C3#测点 | 右侧立柱北侧面黄线中心对称处 |
| C4#测点 | 右侧立柱南侧面黄线中心对称处 |
| D1#测点 | 左侧油缸上侧吊耳右侧 |
| D2#测点 | 右侧油缸上侧吊耳左侧 |
| E1#测点 | 右侧安全锁上侧 |
| E2#测点 | 左侧安全锁上侧 |

2.2.6 测试结果

| 测点编号 | 最大应变值(με) | 最大应力值(MPa) | 材料名称 | 容许应力(MPa) |
|-------|-----------|------------|--------|-----------|
| A1#测点 | 86.23 | 17.8 | Q345 钢 | 175.7 |
| A2#测点 | 82.47 | 17.0 | Q345 钢 | 175.7 |
| A3#测点 | 53.32 | 11.0 | Q345 钢 | 175.7 |
| B1#测点 | 33.73 | 6.9 | Q345 钢 | 175.7 |
| B2#测点 | 62.2 | 12.8 | Q345 钢 | 175.7 |
| C1#测点 | 72.44 | 14.9 | Q345 钢 | 175.7 |
| C2#测点 | 34.59 | 7.1 | Q345 钢 | 175.7 |
| C3#测点 | 28.96 | 6.0 | Q345 钢 | 175.7 |
| C4#测点 | 68.25 | 14.1 | Q345 钢 | 175.7 |
| D1#测点 | 65.86 | 13.6 | Q345 钢 | 175.7 |
| D2#测点 | 62.42 | 12.9 | Q345 钢 | 175.7 |
| E1#测点 | 71.47 | 11.6 | Q345 钢 | 175.7 |
| E2#测点 | 56.28 | 11.0 | Q345 钢 | 175.7 |

注: ①材料名称及容许应力为设计图纸要求;

②最大应变值为正应变最大值或负应变最小值;

③Q345 钢材的弹性模量取 $2.06 \times 10^5 \text{MPa}$ 。

2.2.7 测点应变分析及结论

在150吨荷载作用下(此时液压系统起控制作用), 联

接桥两侧箱型纵梁下翼缘板中心对称处应变绝对值最大,分别为 $86.23\mu\varepsilon$ 和 $82.47\mu\varepsilon$, 其余构件的应变绝对值均小于 $80\mu\varepsilon$, 其中液压系统的应变绝对值最大值为 $72.44\mu\varepsilon$, 位于左侧立柱北侧面翼缘中心对称处。蓬莱港客滚联接桥一号桥应变测试结果表明,在 150 吨荷载作用下所测测点应变绝对值最大值为 $86.23\mu\varepsilon$, 换算应力绝对值最大值为 17.8MPa , 小于桥梁材料的容许应力值 175.7MPa , 满足设计要求。

2.3 结论

通过对蓬莱港客滚联接桥一号桥的应变检测分析得出,桥梁的应变检测是为了通过对桥梁进行现场静力加载,测试桥梁构件在设计荷载(150吨)下的应变值,换算后判断其是否超过容许应力值。由以上步骤得出,桥梁应变测试主要分为以下几个部分:一是对检测仪器与设备的选择,主要依据公路桥梁规程等;二是提前确定测试内容,只有提前准备才能确保桥梁检测过程中不出差错;三是加载车辆,即根据加载车辆方案的选择两辆 75 吨加载车辆,试验之前应对加载车辆进行过磅称重,确定试验现场加载吨位;四是进行测点布置;五是得出测试结果;六是测点应变分析,最后通过以上得出结论。由以上得出客滚桥的应变测试也遵循蓬莱港

客滚联接桥一号桥的应变检测分析,只有参照具体操作技术,才能确保桥梁检测的准确性,一定程度上为我国的桥梁建设事业打下了良好根基。

3 结论

通过对以上桥梁的应力检验与应变测试,本文总结得出了较为详尽的应力应变检测技术,根据此技术,我国的桥梁检测会愈加进步,“更上一层楼”。

4 不足

由于本文仅参照了日照港浮式联接桥与蓬莱港客滚联接桥一号桥这两种桥梁的应力应变检测分析,一定程度上具有局限性。因此,对于客滚桥的应力应变检测技术还有待完善。

参考文献:

[1]李月森.连续刚构桥施工线形和应力的分析与控制策略探究[J].四川水泥,2020,(3):191-192.

作者简介:颜世峰,1978年5月5日,男,山东省聊城市,本科,山东陆海重工有限公司,中级工程师,研究方向:港口机械设备设计、港口大型机械设备的维修、移装。