

# 钢结构桥梁位移监测及其数据分析

曹后龙

(上海核工程研究设计院有限公司 建造中心, 上海 200233)

**摘要:**通过对钢结构桥梁的位移监测,可以掌握钢结构桥梁在施工过程中因荷载增加、地壳运动等作用随时间的位移变形规律。以某钢结构桥梁施工期间的位移监测为例,在分析其工程概况的基础上,就其控制点布设、监测方案、数据处理、沉降规律等做出分析,为该桥梁的施工、安全运营等提供可靠的位移变形监测数据。

**关键词:**钢结构桥梁;位移监测;基准点;监测点

**中图分类号:**U445

**文献标志码:**A

**文章编号:**1671-9891(2021)1-0042-04

## 0 引言

在施工过程中,由于荷载不断增加、气温变化及原有建筑地基平衡被打破等原因,钢结构桥梁很容易产生整体或局部变形,尤其是在建设过程中发生的位移变形,会对施工和安全使用造成不利影响。因此,在钢结构桥梁施工和运营过程中对其进行位移监测十分必要。本文就控制点布设、监测方案、数据成果处理、沉降规律等做出分析,以便为某建筑广场新建钢结构桥梁的施工、安全运营等提供可靠的位移变形监测数据。

## 1 测前准备工作

测前准备工作主要包括仪器及附件的选用与检校、测区现有资料的收集、监测基准点与监测点布设等。本研究根据《城市桥梁检测与评定技术规范》《建筑与桥梁结构监测技术规范》及《工程测量规范》的要求选用适当的测量仪器。<sup>[1-3]</sup>位移监测所需搜集的资料主要有测区范围地形图、施工进度情况、钢结构桥梁设计图纸等。监测时,至少要在变形影响范围外(建筑物 2 倍高度外)布设 3 个相通视的基准点。监测点应在每种规格型号的索中选取具有代表性的索均匀布置,选择索力最大、应力幅最大的索和安全系数最小的索进行监测。在确定相应的布设位置后,将测量反光片固定在相应位置,并对监测点进行编号。

## 2 监测方案的制定与实施

钢结构桥梁位移监测工作主要包括基准点控制测量和位移监测点监测。基准点、监测点埋好并稳固后方可进行首次监测。为保障监测精度,监测须遵循“五固定原则”,即固定基准点、工作基点及监测点;固定测量员;固定仪器;固定监测线路、程序、方法;基本固定各周期监测环境。监测时,若突遇监测点位移量严重不均或出现较大裂缝等异常情况,须及时向甲方及设计单位递交监测报告,并缩短监测周期进行连续监测。施测方法及注意点为:(1)位移基准点联测,即各周期监测前须进行基准点联测,以距离监测区域最近且稳固的相同基准点作为工作基点,按闭合导线施测,计算施测前基准点坐标;(2)监测点位移监测,即基准点联测后,依次监测各监测点的三维坐标,监测点相邻两次监测的坐标差为该监测点相邻周期的位移量。

## 3 数据处理与分析

相邻两个监测时间间隔为 1 个监测周期(如:7 d)。位移监测对监测周期有严格要求,首次监测须按要求准时进行,为整个监测周期提供准确的位移基准。各周期监测须根据工程进展、规范及合同要求进行,及时开展数据处理,得出各监测点的单单位移量、累计位移量及位移变化速率等,绘制监测成果表并及时提交给甲方和设计方。在此期间,不得漏测、补测,以期获得符合实际的位移数据,以便于总结位移变形规律。各周

收稿日期:2020-07-30

作者简介:曹后龙(1981—),男,江苏沛县人,上海核工程研究设计院有限公司建造中心工程师,硕士。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

期位移监测结束后,须提交位移监测报表、基准点及监测点平面位置示意图、位移监测分析报告等资料。

#### 4 监测案例分析

本文以某建筑广场新建钢结构桥梁位移监测为例进行实际分析。该建筑主楼分为 A、B 两区,分布在一条马路两侧,现需要在两区新建一个横跨马路的钢结构桥梁。该桥梁设计高度为 15.988 m,桥墩设计高度为 10.239 m,南北跨度为 78.566 m,桥梁宽度为 5.236 m。监测选用已鉴定的进口 0.5"级天宝 S9 全站仪,同时配备了监测棱镜组、三脚架、测量反光片等。项目监测周期为 14 d,共监测 7 次。钢结构桥梁设计限差为: $x$ 、 $y$  两个方向位移限差 $\pm 60$  mm, $z$  方向位移限差 $\pm 40$  mm, $x$ 、 $y$ 、 $z$  三个方向位移变化率限差 $\pm 0.6$  mm/d。

##### 4.1 基准点测量

在项目现场影响范围以外布设了 4 个位移基准点  $J1$ 、 $J2$ 、 $J3$ 、 $J4$ ,如图 1 所示,令  $J3$ 、 $J4$  为工作基点。建立位移监测独立坐标系,令  $J1(10\ 000.000, 10\ 000.000, 0.000)$  为已知点, $J1$ 、 $J2$  的方位角  $\alpha_{J1J2} = 0^\circ 00' 00''$ 。对监测闭合导线进行测量及数据处理,其闭合差为  $-10''$ ,小于限差  $\pm 10\sqrt{n} = \pm 20''$ ;导线全长相对闭合差为  $1/19\ 013 \leq 1/14\ 000$ ,满足精度要求。计算  $J2$ 、 $J3$ 、 $J4$  三个控制点的坐标分别为  $J2(10\ 056.548, 10\ 000.000, 0.406)$ ,  $J3(10\ 097.418, 10\ 005.033)$ ,  $J4(10\ 109.847, 10\ 148.060)$ ,之后各周期基准点测量同上。

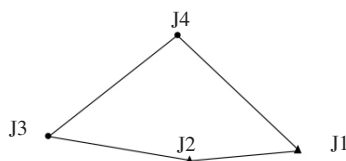
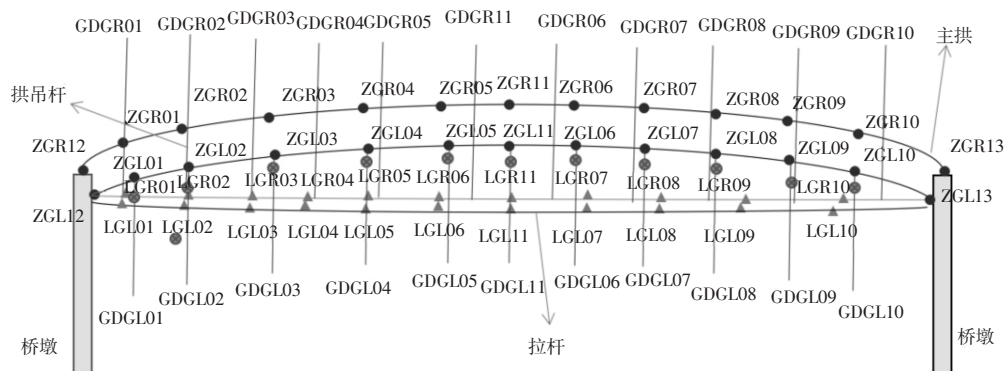


图 1 基准点布置图

##### 4.2 位移量监测

位移监测时,桥梁南、北两侧监测点位移量分别以  $J3$ 、 $J4$  为测站点, $J1$  为后视定向点。后视定向要求  $x$ 、 $y$ 、 $z$  方向坐标误差均小于  $\pm 2$  mm。根据该钢结构桥梁设计图、甲方要求及监测规范,在该桥梁的主拱、拱吊杆及拉杆等相应位置布置了 70 个监测点,如图 2 所示。



注:图示各监测点号中,“ZG”表示主拱,“LG”表示拉杆,“GDC”表示拱吊杆,“L”表示桥梁左侧,“R”表示桥梁右侧。

图 2 钢结构桥梁监测点分布图

##### 4.3 位移量数据处理与成果报告分析

(1)位移量数据处理。以第 1、2 两次监测主要受力监测点数据(主拱、拉杆以及拱吊杆的南北方向中点、四分之一位置点,共计 18 个监测特征点)为例介绍其报表撰写,数据如表 1 所示。

(2)位移量成果报告分析。钢结构桥梁位移量监测变化情况如表 2 所示。主拱、拉杆及拱吊杆靠近中点位置的监测点(如:ZGL11、ZGR11、LGL11、LGR11、GDGL11、GDGR11) $x$ 、 $y$ 、 $z$  三个方向的位移量相对较大,靠近桥墩两端位置的监测点位移量变化较小,符合工程实际,即该桥梁两端位置由于桥墩支撑作用,位移变化率小;而桥梁中间位置由于气温及荷载作用,位移变化率量相对较大。其中  $x$ 、 $y$ 、 $z$  方向最大位移量分别为 48 mm、54 mm、36 mm,均满足该桥梁设计限差的要求,且三个方向位移量最大变化速率为 0.551 mm/d,小于要求限差  $\pm 0.6$  mm/d,不影响该桥梁施工及运用安全。

表 1 位移监测报表

观测点	第 1 次监测值 (2019 年 7 月 12 日)			第 2 次监测值 (2019 年 7 月 26 日)			本次位移量			累计位移量			位移变化速率		
	X/m	Y/m	Z/m	X/m	Y/m	Z/m	$\Delta X/m$	$\Delta Y/m$	$\Delta Z/m$	$\Delta X/m$	$\Delta Y/m$	$\Delta Z/m$	$V_{\Delta X}/(mm \cdot d^{-1})$	$V_{\Delta Y}/(mm \cdot d^{-1})$	$V_{\Delta Z}/(mm \cdot d^{-1})$
ZGL11	10 108.808	10 091.758	15.867	10 108.83	10 091.788	15.852	-0.022	-0.03	0.015	-0.022	-0.03	0.015	-1.57	-2.14	1.07
ZGL03	10 089.188	10 092.848	14.458	10 089.208	10 092.85	14.455	-0.02	-0.002	0.003	-0.02	-0.002	0.003	-1.43	-0.14	0.21
ZGL08	10 125.084	10 090.896	14.581	10 125.087	10 090.899	14.578	-0.003	-0.003	0.003	-0.003	-0.003	0.003	-0.21	-0.21	0.21
ZGR11	10 113.808	10 104.758	15.86	10 113.823	10 104.782	15.846	-0.015	-0.024	0.014	-0.015	-0.024	0.014	-1.07	-1.71	1
ZGR03	10 082.162	10 099.246	12.85	10 082.169	10 099.238	12.847	-0.007	0.008	0.003	-0.007	0.008	0.003	-0.5	0.57	0.21
ZGR08	10 125.595	10 096.89	14.423	10 125.597	10 096.883	14.419	-0.002	0.007	0.004	-0.002	0.007	0.004	-0.14	0.5	0.29
LGL11	10 139.133	10 089.465	8.902	10 139.161	10 089.481	8.887	-0.028	-0.016	0.015	-0.028	-0.016	0.015	-2	-1.14	1.07
LGL03	10 097.158	10 090.417	8.255	10 097.177	10 090.419	8.251	-0.019	-0.002	0.004	-0.019	-0.002	0.004	-1.36	-0.14	0.29
LGL08	10 127.247	10 089.207	8.485	10 127.277	10 089.211	8.48	-0.03	-0.004	0.005	-0.03	-0.004	0.005	-2.14	-0.29	0.36
LGR11	10 128.247	10 091.207	8.483	10 128.277	10 091.229	8.467	-0.03	-0.022	0.016	-0.03	-0.022	0.016	-2.14	-1.57	1.14
LGR03	10 096.799	10 100.415	8.096	10 096.803	10 100.414	8.092	-0.004	0.001	0.004	-0.004	0.001	0.004	-0.29	0.07	0.29
LGR08	10 126.855	10 098.451	8.281	10 126.87	10 098.445	8.277	-0.015	0.006	0.004	-0.015	0.006	0.004	-1.07	0.43	0.29
GDGL11	10 115.032	10 089.794	8.79	10 115.039	10 089.781	8.778	-0.007	0.013	0.012	-0.007	0.013	0.012	-0.5	0.93	0.86
GDGL03	10 084.536	10 092.148	9.147	10 084.535	10 092.148	9.145	0.001	0	0.002	0.001	0	0.002	0.07	0	0.14
GDGL08	10 103.651	10 090.341	8.778	10 103.652	10 090.339	8.774	-0.001	0.002	0.004	-0.001	0.002	0.004	-0.07	0.14	0.29
GDGR11	10 115.533	10 099.124	8.815	10 115.541	10 099.101	8.799	-0.008	0.023	0.016	-0.008	0.023	0.016	-0.57	1.64	1.14
GDGR03	10 084.998	10 100.113	9.146	10 084.999	10 100.113	9.141	-0.001	0	0.005	-0.001	0	0.005	-0.07	0	0.36
GDGR08	10 104.192	10 099.806	8.747	10 104.189	10 099.804	8.743	0.003	0.002	0.004	0.003	0.002	0.004	0.21	0.14	0.29

注:其中“本次位移量”等于前后两次  $x$ 、 $y$ 、 $z$  方向坐标差值;“累计位移量”等于首次与本次坐标差值;“变化速率”等于前后两次位移量与天数比值。

表 2 位移量总成果报表

监测点	$\Sigma_{\Delta X}/m$	$\Sigma_{\Delta Y}/m$	$\Sigma_{\Delta Z}/m$	$V_{\Sigma \Delta X}/(mm \cdot d^{-1})$	$V_{\Sigma \Delta Y}/(mm \cdot d^{-1})$	$V_{\Sigma \Delta Z}/(mm \cdot d^{-1})$
ZGL11	0.042	0.050	0.025	0.429	0.510	0.255
ZGL03	0.020	0.002	0.003	0.204	0.020	0.031
ZGL08	0.003	0.003	0.003	0.031	0.031	0.031
ZGR11	0.045	0.054	0.024	0.459	0.551	0.245
ZGR03	0.007	0.008	0.003	0.071	0.082	0.031
ZGR08	0.002	0.007	0.004	0.020	0.071	0.041
LGL11	0.048	0.036	0.035	0.490	0.367	0.357
LGL03	0.019	0.002	0.004	0.194	0.020	0.041
LGL08	0.030	0.004	0.005	0.306	0.041	0.051
LGR11	0.040	0.052	0.036	0.408	0.531	0.367
LGR03	0.004	0.001	0.004	0.041	0.010	0.041
LGR08	0.015	0.006	0.004	0.153	0.061	0.041
GDGL11	0.007	0.033	0.032	0.071	0.337	0.327
GDGL03	0.001	0.000	0.002	0.010	0.000	0.020
GDGL08	0.001	0.002	0.004	0.010	0.020	0.041
GDGR11	0.048	0.053	0.036	0.490	0.541	0.367
GDGR03	0.001	0.000	0.005	0.010	0.000	0.051
GDGR08	0.003	0.002	0.004	0.031	0.020	0.041

注: $\Sigma_{\Delta X}$ 、 $\Sigma_{\Delta Y}$ 、 $\Sigma_{\Delta Z}$  分别指  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三个方向的位移总量,  $V_{\Sigma \Delta X}$ 、 $V_{\Sigma \Delta Y}$ 、 $V_{\Sigma \Delta Z}$  分别指三个方向总的位移量变化速率。

## 5 结束语

为保障钢结构桥梁的安全施工和正常运营,位移监测是一项长期的基础性测量工作。因此,针对钢结构桥梁等建筑物、构筑物进行位移监测,须结合其结构特点、相关监测规范及施工方案等,撰写满足施工要求的科学合理的测量方案;在施工过程中,因施工现场混乱,基准点布设须稳定可靠,且要切实做好其保护工作,特别是提醒施工方对监测点的保护;通过对监测数据的分析,结合规范与施工要求,总结其科学的位移变化规律,方能正确、及时指导施工,提前做出安全防范措施。

## 参考文献:

- [1]中华人民共和国住房和城乡建设部.CJJ/T 233-2015 城市桥梁检测与评定技术规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [2]中华人民共和国住房和城乡建设部.GB50982-2014 建筑与桥梁结构监测技术规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [3]中华人民共和国建设部.GB50026-2007 工程测量规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2008.

(责任编辑:张 利)

# Displacement Monitoring and Data Analysis of Steel Structure Bridges

CAO Hou-long

(Construction Center, Shanghai Nuclear Engineering Research & Design Institute Co., Ltd.,  
Shanghai 200233, China)

**Abstract:** By monitoring the displacement of steel structure bridges, it is feasible to gain understanding of the law of displacement and deformation of steel structure bridges over time due to load increase and crustal movement during construction process. Taking the displacement monitoring during the construction of a steel structure bridge as an example and based on the analysis of its project profile, it analyzes its control point layout, monitoring plan, data processing, settlement law, etc., to provide reliable displacement and deformation monitoring data for the construction and safe operation of the bridge.

**Key words:** steel structure bridge; displacement monitoring; datum point; monitoring point