

大型桥梁形变监测技术分析

劳有凯

宁波市交通规划设计研究院有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v5i1.1313

[摘要] 桥梁建设有几千年的历史,改革开放以来,我国经济迅猛发展,基础建设也突飞猛进,交通领域大型或特大型桥梁在祖国广袤土地上也雨后春笋般的建成。科技发展日新月异,有关桥梁建设的大型桥梁变形监测技术和设备也不断发展,业界对大型桥梁建设管理的经验也不断地丰富,桥梁形变(结构)监测内容也向着精细化发展,为公路、铁路、城市道路运输的安全性建设与运营及国民经济的高质量发展奠定了基础。因此为了保障交通顺畅和人民群众生命财产安全,必须建立健全的桥梁监测体系,选择正确的桥梁监测技术。基于此本文就桥梁形变监测内容与技术进行分析阐述。

[关键词] 大型桥梁特点; 桥梁形变; 动态变形; 地基 SAR

中图分类号: TU997 **文献标识码:** A

Analysis of Deformation Monitoring Technology of Large Bridges

Youkai Lao

Ningbo Transportation Planning and Design Institute Co., Ltd

[Abstract] Bridge construction has a history of thousands of years. Since the reform and opening up, China's economy has developed rapidly, infrastructure construction has also made rapid progress, and large or super large bridges in the field of transportation have sprung up in the vast land of the motherland. With the rapid development of science and technology, the deformation monitoring technology and equipment of large bridges related to bridge construction are also developing, the industry's experience in the construction management of large bridges is constantly enriched, and the content of bridge deformation (structure) monitoring is also developing towards refinement, which has laid a foundation for the safety construction and operation of highway, railway and urban road transportation and the high-quality development of the national economy. Therefore, in order to ensure smooth traffic and the safety of people's lives and property, we must establish a sound bridge monitoring system and select the correct bridge monitoring technology. Based on this, this paper analyzes and expounds the content and technology of bridge deformation monitoring.

[Key words] large bridge characteristics; bridge deformation; dynamic deformation; foundation SAR

引言

桥梁是交通的重要部分。纵观世界各国的发展历程,伴随着经济大发展的都是基建项目的大规模开展。二战后,世界局势没有再发生波及世界范围的大规模冲突,科学技术伴随着世界经济的繁荣不断取得新成果。交通建设领域道桥建设技术也不断推陈出新。桥梁建设技术不断发展,造桥技术和原材料的创新,让桥梁结构由笨重向轻巧方向变化,型式也在推陈出新,但是桥梁的承重和跨径、桥面载重以及宽度却一直

在增长。科技不断涌现出新成果,这些新的科技成果运用在各行各业,桥梁建设技术也不例外,新技术和新工艺不断进入到基建工程领域,桥梁建设技术飞速进步,桥梁结构的建设逐渐向轻巧纤细发展。

近年来,交付的大型桥梁工程越来越多,大型桥梁具有跨度大、塔柱高、主跨段具有柔性等特点。很多大型桥梁工程从设计至施工,因为勘测设计、天气、气候、材料、及施工技术各种客观因素的影响,每座大型桥梁的建成都不是十

分完美的。再加建成通车后随着交通压力和运营时间的增加,自然环境条件的变化及各种环境荷载内外因素的影响,桥梁会产生沉降、位移、桥面线形形变、挠曲变形等形变,运营阶段的形变会导致桥梁结构存在不确定性的问题,这需要监测数据进行桥梁结构模型分析和设计方法验证,对桥梁在使用一定年限后的健康情况进行判断,以便及时排除存在的安全隐患。为了能够做到及时排查和发现桥梁使用过程中存在的安全隐患,一般需要采取监测手段对桥梁的工作性

态进行监控,并且及时分析监测采集的数据,做出合理的决断,为桥梁主管部门的决策提供依据。基于此文章将介绍分析大型桥梁的主要监测内容\监测方法及各监测技术的原理、优缺点及适用情况。

1 大型桥梁的监测内容

桥梁的形变按其类型分可分为静态形变和动态形变。静态形变是指主要指形变体随着时间推移变形速度较慢,需要较长时间才能被发觉的变形,形变观测的结果值只表示桥梁在某一时间段内的变形值,它是时间的函数。动态形变是指形变体在外界荷载的作用下发生的变形,其大小和速度与荷载密切相关,表示桥梁在某个时刻的形变,是以外力为函数来表示对于时间的变化。如桥梁墩台的沉降、倾斜、位移属于静态变形,桥梁结构的挠度、伸缩(温度引起的应力变化)变形为动态变形。

从桥梁结构分布的监测内容来分主要分为:各桥墩台的沉降观测,这当中包含各墩台沿水流方向(或沿垂直于桥轴线方向)和沿桥轴线方向的倾斜观测,通称为垂直位移观测;各桥墩台在上下游方向上的水平位移观测,称之为横向位移观测;各桥墩台沿桥轴线方向的水平位移观测,称之为纵向位移观测;桥面沿桥轴线方向且垂直于桥轴线的断面测量通过纵向横向的坡比来反应桥面是否陷塌、桥墩是否倾斜称之为桥面线形观测;桥墩结构(如钢梁)、塔柱在恒载或活载情况下的挠度观测,称之为挠度变形观测。同时还有塔柱的沉降、倾斜、伸缩、柱顶的位移观测。

从监测方法来分主要分为垂直位移、水平位移和桥梁挠度监测。垂直位移和水平位移主要监测桥梁的墩台是否发生沉降与倾斜。桥梁挠度监测主要是监测桥面轴线的垂直位移情况,通过精准的桥梁挠度数据来监测桥梁荷载的时变规律来揭示桥梁的周期性规律,分析桥梁整体结构的健康状况。

2 大型桥梁主要的监测技术

大型桥梁变形观测技术和方法很多,有常规大地测量方法,物理传感器法,摄

影测量方法,雷达干涉技术等为代表的新型变形监测技术。

2.1 常规大地测量法

传统的变形监测方法尽管具有十分成熟的理论基础和技术,它主要是通过常规大地测量仪器来测量目标的方向、角度、边长、高差等量来计算变形体的变形值,具有代表意义的有精密水准仪法和全站仪法、GPS法。

2.1.1 精密水准仪测量法

精密水准仪法也叫几何水准法,它是利用水准仪获取水平线来读取两标尺间的读数从面求定两点间的高差,它常用于桥梁的基础、墩台沉降,桥面线形监测及桥梁挠度监测等。优点是理论基础和技术成熟简单,投入设备费用低,测量精度高,可达到1mm以内。缺点是不适合大型桥梁特别是大跨径桥梁挠度或桥面线形监测时,需要依次在多个观测位置上架设水准仪。由于受到桥梁动态变化的影响,水准仪所在的观测点也处在动态变化中,水准仪的水平视轴也随之变化。接触测量为保证人员安全及测量精度,常常需要封闭交通。另外,由于受到人工读数和数据自动采样频率的限制,利用水准仪适用于桥梁静态监测难以进行动态监测。

2.1.2 全站仪法测量法

利用全站仪周期性、重复性地测定桥梁监测点的距离、角度从而获取监测点的三维坐标,进而确定桥梁结构的垂直位移和水平位移。优点是理论基础和技术成熟,观测系统的同轴性和双轴自动补偿技术可以一次精确测出水平角垂直角与距离,操作简单、灵活、随着技术的进步精密仪器的推出,全站仪法适用于任何结构桥梁和各种精度要求的监测,如免棱镜技术的出现可以轻松对水中的墩台进行垂直和水平位移监测。但是这个方法检测效率低,每次只能对单一目标进行监测自动化程度较低只适用于桥梁动态监测,常常无法满足实际需求。而且这一方法在操作过程中要求极大的人工和设备投入,非常容易受到工作环境的影响,监测工作开展极易受限,随距离的增加测量精度也会在为降低,大型特

大型桥梁的监测多数情况下需进行于交通封闭。

2.1.3 GPS监测技术

GPS通过测距和后方交会的方式通过专业软件获取测量点(监测点)的三维坐标,近年来GPS测量技术得到了快速的发展和运用,随着动态差分技术(RTK)到网络RTK技术(CORS)成熟与覆盖,很多大型桥梁的监测采用了GPS技术。CORS技术的优点是测量平面精度高且稳定,快速获得三维坐标数据,可长距离大范围全天后实时、动态监测。缺点是垂直位移精度低不适合用于中小桥梁的挠度的监测和大跨径桥梁的高精度要求的形变监测,受周边环境影响大如电磁辐射、多路径效应、视场高度角等影响,对于大型桥梁的监测投入设备较多监测成本高。

2.2 物理传感器监测技术

传统的常规大地测量法只能从外部进行桥梁变形测量,获得的监测数据只有外部变形的数据,对桥梁变形内部的数据变化无法监测得到,而物理传感器检测技术则可以解决这一问题。物理传感器监测技术利用传感技术、物理伸缩、震动和倾斜等种种变化来感知桥梁变形内部的各种力的变化。当前,比较常见的物理传感器包含测力计、锈蚀检测仪、电子水平仪和重点动态监测仪等十多种可以感知桥梁变形震动、温度、风力、湿度、雨量、压力、拉力等变化。物理传感器监测技术通过对桥梁变形内部的数据收集、监测,获取桥梁变形内部的变形信息。通过预埋和表面固定等方式,可以做到长期监测,受环境影响小,灵活性高,可以在恶劣环境中持续工作。但是物理传感器方法也有比较明显的缺点,对桥梁变形的整体情况无法做出科学的分析和预判,只能依靠收集的数据进行人工分析,在数据的利用上效率低,局限性高。传感器的整体使用效率对人工的依赖程度高,经验不足的人会导致桥梁监测的效果大打折扣。

2.3 摄影测量监测技术

用于桥梁形变监测的摄影测量主要指地面摄影测量,利用数码相机对桥梁

结构进行拍摄获取大量的数字图像,需要利用专业软件对数字图像进行精确的处理获取桥梁的形变数据。该法的精度取决于像点坐标的测量精度和摄影测量的几何强度,前者与摄影机和测量的质量、摄影材料质量有关,后者与摄影站和变形体之间的关系以及变形体上控制点的数量有关。这一方法的优势是非接触测量,效率高,现场勘验任务少,同时还可以确认变形体上任意点的变形,监测信息全、数据量多、数据类型全、数据利用率高,能够利用监测数据做实时的监测和跟踪,对已经产生变形的点的数据在变形前后的数据进行对比分析,为变形监测提供细节上的有效信息,还能够达到多点实时监测的效果,对桥梁变形灾害的监测和预警十分有效。罗列了这么多优点,该方法的缺点也很明显,该方法的实施依赖于高精尖的设备仪器和高效能的数据处理软件,设备和软件的管理费用、维护费用高昂。

2.4 地基SAR系统监测技术

地基SAR全称叫地基合成孔径雷达差分干涉测量,是一种雷达主动成像遥

感测量技术,通过不同时间点对同一目标区域的重复观测获取时间序列SAR图像用于桥梁监测。其数据的主要流程为地基SAR复图像配准、干涉图生成与干涉相位滤波、相位解缠、大气效应校正和形变值解算五大步骤。该法优点为非接触式、远距离、大区域、重复测量周期短,空间分辨和测量精度高、动态高效的无损遥感技术,可用于大型桥梁的动静态形变监测。目前较为成熟的有欧美的IBIS-L系统,监测精度达到亚毫米级。目前处于优化核心技术如相位解缠、大气效应校正和形变值解算纠正等难点、发展推进技术变形监测阶段。

3 结束语

目前,各种监测技术得到了十分广泛的应用与推广,使得变形监测技术得到不断改进,变形监测技术向智能化、自动化、动态、实时的方向不断发展。对于不同的大型桥梁和监测内容与要求,选用正确的监测方法与技术,可以获取桥梁形变的必要数据,必须建立桥梁健康监测体系保障大型桥梁的安全运营。在未来随着科学进步和技术的发展可以

利用多种监测手段获取更加精确的测量数据,针对大型桥梁的特性实行精细化监测管理,多角度分析,共同实现桥梁风险的预测与防范。

[参考文献]

- [1]涂伟,李清泉,高文武,等.基于机器视觉的桥梁挠度实时精密测量方法[J].测绘地理信息,2020,45(06):80-87.
- [2]刘志强,岳东杰,郑德华.大跨径桥梁运营期GPS/BDS动态形变监测及分析[J].测绘通报,2018,(10):107-112.
- [3]姚华,杜松.近景摄影测量技术应用于桥梁检测的试验研究[J].北方交通,2019,(05):43-45+49.
- [4]黄建坤.基于图像序列的桥梁形变位移测量方法[D].西南交通大学,2018.
- [5]吴文豪,李陶,陈志国,等.基于子带干涉技术监测大型桥梁形变[J].武汉大学学报(信息科学版),2017,42(03):334-340+420.
- [6]杨扬,徐一超,张宇峰.桥梁检测与监测技术智慧化发展动态研究[J].交通科技,2020,(06):44-47+52.

中国知网数据库简介:

CNKI介绍

国家知识基础设施(National Knowledge Infrastructure, NKI)的概念由世界银行《1998年度世界发展报告》提出。1999年3月,以全面打通知识生产、传播、扩散与利用各环节信息通道,打造支持全国各行业知识创新、学习和应用的交流合作平台为总目标,王明亮提出建设中国知识基础设施工程(China National Knowledge Infrastructure, CNKI),并被列为清华大学重点项目。

CNKI 1.0

CNKI 1.0是在建成《中国知识资源总库》基础工程后,从文献信息服务转向知识服务的一个重要转型。CNKI1.0目标是面向特定行业领域知识需求进行系统化和定制化知识组织,构建基于内容内在关联的“知网”、并进行基于知识发现的知识元及其关联关系挖掘,代表了中国知网服务知识创新与知识学习、支持科学决策的产业战略发展方向。

CNKI 2.0

在CNKI1.0基本建成以后,中国知网充分总结近五年行业知识服务的经验教训,以全面应用大数据与人工智能技术打造知识创新服务业为新起点,CNKI工程跨入了2.0时代。CNKI 2.0目标是将CNKI 1.0基于公共知识整合提供的知识服务,深化到与各行业机构知识创新的过程与结果相结合,通过更为精准、系统、完备的显性管理,以及嵌入工作与学习具体过程的隐性知识管理,提供面向问题的知识服务和激发群体智慧的协同研究平台。其重要标志是建成“世界知识大数据(WKBD)”、建成各单位充分利用“世界知识大数据”进行内外脑协同创新、协同学习的知识基础设施(NKI)、启动“百行知识创新服务工程”、全方位服务中国世界一流科技期刊建设及共建“双一流数字图书馆”。