

# 空心梁板桥梁快速检测方法研究及效果分析

张新强, 瞿路佳

(上海交通建设总承包有限公司, 上海 200136)

**摘要:** 本文提出了一种以水平分布效应线为基础的中空板梁桥的整体水平测试方法, 并对其进行了三次建模; 本文采用数值方法, 对桥的侧向运动进行了数值仿真, 并根据荷载运动时的侧向板间的相对位移差异来判定其破坏程度。并以江苏盐城一座小规模的高速公路为例, 运用文中所提出的方法, 可以迅速地对该大桥的总体力学特性做出判定和评价。该研究的应用对改善桥梁性能检测效率和节约检测费用具有一定的参考价值。

**关键词:** 梁板; 数值仿真; 特性测试; 集中应力

**中图分类号:** U446      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 (2023) 03—0132—03

## 1 前言

中空梁板桥由于造价低廉、施工方便、工期短(可预先预制、就地装配)在我国低端乡村道路上得到了普遍的使用。根据数据, 在2017年全国新建成的大桥中, 使用中空梁板桥的数目为176.2000个, 这是一个非常大的数字。中空梁板桥在水平方向上存在着很大的侧向应力, 因此很容易出现铰缝开裂、渗水等不良现象(见1), 铰链是组装中空板桥的重要构件, 它与桥面铺装层一起承担横向荷载, 从而形成一个统一的受力体系。当铰链发生损坏时, 将会对上部构件的各板梁的水平传递产生直接的作用, 从而导致整体的受力失效, 甚至会产生“单板受力”, 从而对结构的安全性和工作能力产生不利的影 响。所以, 根据中空梁板式结构特点, 建立一套适合于施工特点的快速测试技术, 以保证其运行的稳定性和节省测试成本;



图1 空心梁板桥梁出现裂缝损害

## 2 空心梁板整体性快速检测方法分析

### 2.1 空心梁板受力特性

在我国的大跨度、大跨度的大跨度桥梁上, 普遍使用预制混凝土空心板梁桥。这种形式的桥的力学原则是比较简单的: 由不同的板和梁构成的不同的构件通过水平的组合而构成一个完整的整体。桥梁荷载作用于车辆平板时, 由板梁间的铰接处的水平方向传递荷载, 使其在不同的板梁处得到平均分布, 使其得到总体的受力。

所以, 本文重点分析了中空板梁桥的荷载水平分配规律。在实际的桥梁工程中, 由于结构和结构的差异, 其横向联结结构也各有差异。所以, 要更精确地求出各种结构的侧向荷载, 就必须建立适合这种特点的简化计算模式。

这种板形构件受力状况类似于几块平行的、横向铰链的扁平平板, 尽管它们之间有一定的横向联系, 但它们的刚度要比刚性的构件要差得多。在荷载  $P$  的作用下, 板件会发生垂直的下弯矩。但是, 由于接缝处的出现, 导致了不同的板梁会在同一时间受到应力, 从而产生对应的垂直弯曲。在连接接头中, 一般会有垂直向剪力  $g(x)$ 、横向弯矩  $m(x)$ 、纵向剪切力  $t(x)$  和法向力  $n(x)$ 。而对桥面产生的荷载一般都是通过汽车来完成的, 垂直方向的剪切应力  $g(x)$  对桥面的影响更为明显; 而在垂直方向上, 垂直剪切力  $t(x)$  和法向作用力  $n(x)$  的作用相对较小。此外, 由于连结部位结构的刚性很低, 一般将各板和梁视为铰链, 所以对承载力的传递几乎没有什么影响。因此, 当使用连接板方法进行分析时, 往往假定垂直加载时, 每个板之间只有垂直剪切应力  $g(x)$  的传输, 无水平反向的变化。

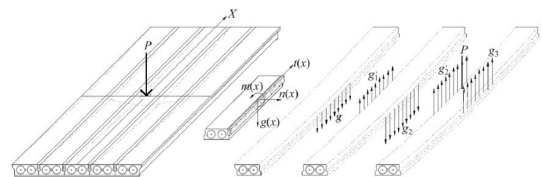


图2 空心梁板桥梁受力示意图

### 2.2 检测方法分析

为了精确研究实例对象, 对分析单元进行拆分。以实例对象的桥轴线为基本轴, 将实例对象拆分成左右对称的多个单元体, 每个单元体长度相同, 均记录为  $d$ 。每个单元体的编号也以中轴线为终点, 向两侧顺序编号。在桥梁横向应力整体性分布良好时, 集中应力作用在对

称点(如1点与1'点)时,两侧边板处产生的位移值差(即集中应力作用在1点时左侧边板处位移值-即集中应力作用在1'点时右侧边板处位移值,记为 $\Delta x$ )近似于0。若 $\Delta x$ 值与0差距较大(临界值为 $\pm 0.1\text{m}$ ),则可认为该对称点出现较缝破坏(位移值大的点为破坏点)。

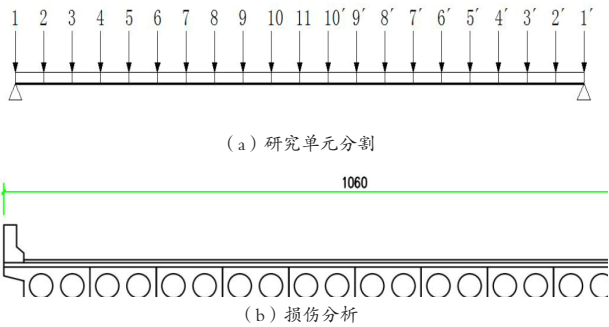


图3 桥梁研究单元虚拟分割及损伤分析

### 2.3 检测步骤

本文从试验方法的基本原则出发,结合多年的实际工作,归纳出了中空梁的整体性能快速测试程序:

(1) 对被测桥梁的具体状况进行调查,确定应检查的合页的定位;

(2) 距离步长 $d$ 由下列原理进行组合;①可以通过桥梁的长度和每一时刻的加载力的移动速率进行整除;②随着间距的减小,计算工作量增加,需要同时兼顾运算力和计算时间;

(3) 按照2.1节的程序,增加一个活动负载(通常是车辆),并且从桥梁的一头逐步地移到另外一头,并且在运动期间将测定结果进行记录;

(4) 按照2.1部分的程序,对发生的部位和发生的时刻进行探测。

### 3 实例工程应用分析

选择江苏盐城某小型公路实例桥梁进行检测分析,主桥采用C40混凝土浇筑,桥梁截面布置见图4。

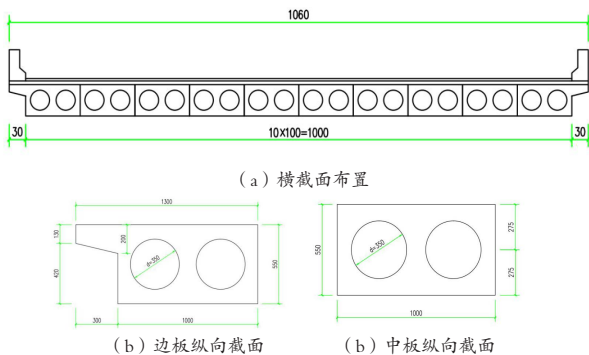


图4 桥梁截面尺寸示意图

采用三维有限元分析软件(ANSYS)进行建模计算,为保证计算精度,按照下图对桥梁整体模型进行网格划分;网格间距原则上取0.5m,局部复杂区域加密至0.2~0.3m。模型建好后,共有1325个网格和2240个网格节点。

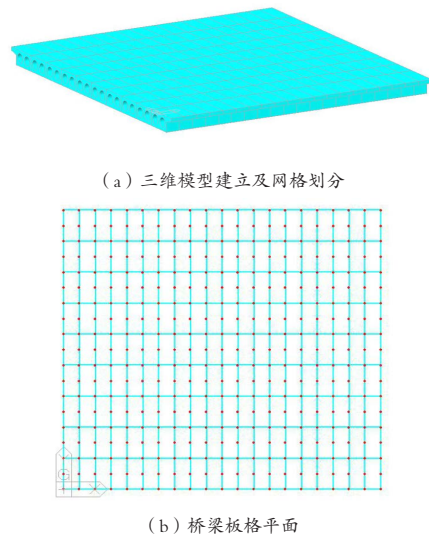


图5 实例桥梁工程三维有限元模型示意图

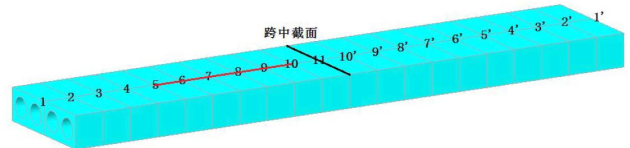


图6 实例桥梁工程虚拟节点划分示意图

在实验的基础上,分析了在荷载作用下,两边的边板相对位移的变化规律:

(1) 1~4个工作点为全无害带,1~4个载荷和它们的对称性位置分别为0。

(2) 当5个工作点时,相对位移量的变化幅度较小,故将4~5称为过渡区。

(3) 在5~10之间,各影响区的相对位移量有明显差异。

(4) 10~11点的作用点,其相对位移量再一次减小。远离损伤区。

(5) 因为左边的面板的相对移动都比右边的面板要大,所以可以看出,在5到10(在图5中用红色标记的区域表示)的桥损区。

表 1 荷载移动过程中两侧边板相对位移值变化过程

左侧加载位置	左侧边板相对位移 (mm)	相对位移差值 (mm)	右侧边板相对位移 (mm)	右侧加载位置
1	0.0020	0.0001	0.0020	1'
2	0.0030	0.0001	0.0031	2'
3	0.0050	0.0002	0.0051	3'
4	0.0062	0.0000	0.0060	4'
5	0.0072	0.0012	0.0060	5'
6	0.0141	0.0081	0.0061	6'
7	0.0215	0.0122	0.0093	7'
8	0.0256	0.0153	0.0103	8'
9	0.0287	0.0162	0.0125	9'
10	0.0150	0.0021	0.0130	10'
11	0.0522	0.0002	0.0520	11'

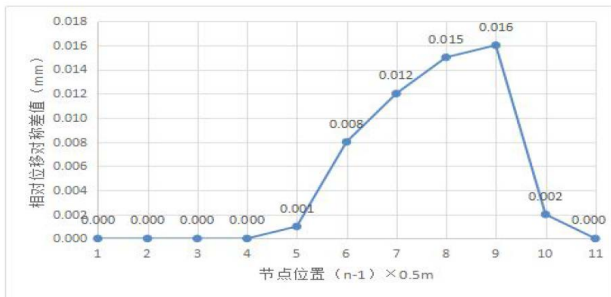


图 7 实例桥梁工程相对位移差变化过程

结果表明：车辆荷载作用下，主梁的最大变形量约为 -15.0 毫米，比最大跨中允许的 -33.0 毫米要小。在荷载作用下，变形量可以逐步反弹，但反弹的幅度很小，说明实际施工中的桥面有不同的破坏；然而，现有的桥面仍能正常运行，对其进行维修加固处理，确保其运行的安全性。

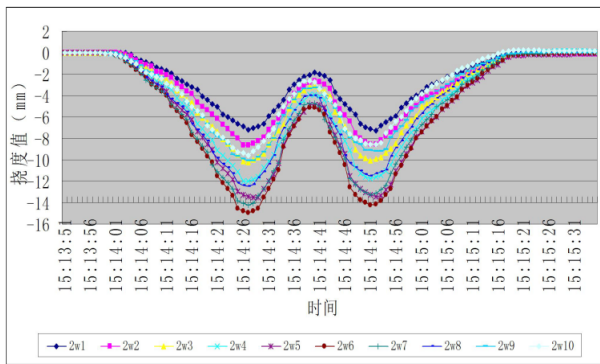


图 8 加载过程中桥梁挠度曲线变化

#### 4 结论

分析总结了中空板梁桥的结构特点和破坏机理，提出了一种以水平分布效应线为基础的结构整体水平测试法，并利用空间有限元数值计算的方法，对其进行了数值仿真；本文从荷载作用下，从横向偏移的角度，对桥梁的损伤进行了研究。最后，以江苏盐城一座小规模

道路工程为例，采用有限元仿真方法，对该工程的总体性能进行了仿真计算；通过实例分析，发现 5~10 号节点出现了明显的结构破坏现象。

该成果对我国小规模高速公路桥梁的快速测试工作有一定的参考价值和指导意义。

#### 参考文献：

- [1] BARRY M N,REILLY MPO.Tunneling induced ground movement:Predicting the magnitude and effect IC]//Palmeria E M,Milligan G W E Proc.4 International Conference on Ground MovementandStructure,London: Pentechpress,1992.
- [2] 罗丝雨. 既有钢筋混凝土拱桥承载力评定与加固探讨 [D]. 成都: 西南交通大学. 2015.
- [3] 邹毅松,袁波波,王银辉,等. 基于瞬态动力分析的装配式板桥铰缝损伤识别 [J]. 重庆交通大学学报:自然科学版, 2011,30(1):1 ~ 3,43.

