

# 空心板梁桥铰缝病害分析和维修方法研究

刘明选

(上海浦江桥隧高速公路管理有限公司,上海 201100)

**摘 要:**通过对上海市绕城高速南段 42 座空心板梁桥铰缝典型病害的分析,总结了简支空心板铰缝破坏的病害特征,并结合病害特征综合分析铰缝损坏的原因。进一步对铰缝破坏的维修工艺进行研究,提出一种合理的铰缝维修方法,并通过维修前后板梁外观特征的检查 and 相邻板梁挠度差的定量测试对铰缝的维修效果进行评定,证明了该方法的有效性。从而为高速公路的简支空心板梁铰缝维修提供参考和建议。

**关键词:**空心板;小铰缝;病害分析;维修方法

**中图分类号:**U445.4

**文献标志码:**A

## 引 言

简支空心板桥具有结构简单,预制、安装方便,结构受力性能好,标准化程度高,故在桥孔通行要求不高、下部结构施工便捷的高速公路、城市道路部分桥梁建造中被广泛采用。早期建造的板式桥梁结构,梁板之间采用的浅铰接形式,也被称为小铰缝。在板梁安装就位后,采用高标号钢纤维混凝土浇筑板间铰缝。铰缝主要起板梁的横向连接作用,使板梁形成整体,共同承载上部荷载。设计方面由于小铰缝截面尺寸小且为素混凝土结构,接缝混凝土抗剪能力有限;施工过程,由于空间狭小、预制板侧面较光滑、混凝土现场浇筑质量不可控,造成铰缝混凝土抗剪能力远不能达到设计要求。桥梁通车后,在承受上部车辆荷载反复作用下,受板梁支座的不均匀变形影响,而且目前高速公路重载交通下,小铰缝混凝土极易破碎,进而失去铰接作用,造成桥面损坏、单板受力。所以探索快速有效的铰缝维修方法是十分必要的<sup>[1]</sup>。

本文结合上海市绕城高速南段 42 座空心板梁桥铰缝损坏病害的情况,综合分析小铰缝空心板的破坏特征和病害成因,并对铰缝损害的维修工艺进行研究,提出

一种快速有效的铰缝维修方法,为高速公路空心板梁铰缝维修提供参考和建议。

## 1 空心板铰缝破坏特征分析

通过对上海市绕城高速南段 42 座小铰缝空心板梁的铰缝病害进行归类总结,铰缝破坏病害特征主要为:

(1)各种中小跨径的混凝土板梁,桥面板受建筑高度的影响,本身的整体刚度比箱梁、T 梁结构弱。上海绕城高速南段 42 座空心板梁桥构造上均采用小铰缝实现各片板梁的横向连接,整体性相对偏弱,易出现铰缝破坏的情况。由于小铰缝空心板梁存在先天不足,在长期重车作用下板间的横向联系失效,活载不能被有效的横向分布,直至出现单板受力现象。

(2)铰缝破坏一般表现为铰缝位置出现渗水,由于在长期超载和反复荷载作用下板梁铰缝处横向应力值超过铰缝混凝土抗拉强度设计值,将产生裂缝,裂缝由上部铰缝底缘产生,并不断向桥面铺装顶层发展,从而在桥面铺装出现纵向裂缝或纵向的破裂带<sup>[2]</sup>。打开桥面铺装可以看到铰缝位置的混凝土出现破碎,而且桥面铺装钢筋网和铰缝钢筋出现锈蚀断裂,从而导致铰缝失效<sup>[3]</sup>。

收稿日期:2014-03-04

作者简介:刘明选(1980-),男,湖北襄樊人,工程师,硕士,主要从事桥梁检测加固方面的研究,(E-mail)mx612\_0@163.com

(3) 铰缝破坏一般发生在重车方向行车道范围内的板梁上,由于重车车速比较慢,很少占用超车道,使行车道范围内的桥面纵向开裂频率远大于超车道。重车车轮直接作用的板梁两侧的铰缝一般均出现渗水现象,铰缝混凝土被剪坏,并逐步出现松散而脱落,使板梁之间的横向联系发生明显下降。对上海绕城高速南段42座桥梁损坏铰缝进行统计,86%的损坏铰缝出现在重车的行车道上。

(4) 当重车通过时,铰缝破坏的板梁出现明显的下挠,使其与相邻两侧的板梁上下错动后行成台阶,待重车通过后,这种错动消失,又恢复原状,采用电子位移计对正常行车下的铰缝破坏的板梁的动挠度进行采集,铰缝损坏的相邻板梁的挠度差非常明显<sup>[4]</sup>。现场选取上海市绕城高速南段铰缝渗水较严重的6座桥梁进行监测,发现重车通过时渗水铰缝两侧的板梁出现了明显的挠度差。

(5) 铰缝破坏时上部结构的整体受力效果受到明显的削弱,整体的刚度和强度下降,一般铰缝损坏的板梁梁底的横向裂缝发展较严重,而且伴随着裂缝处的渗水,检查中上海绕城高速南段桥梁22座普通钢筋混凝土空心板梁中92%的渗水铰缝两侧的板梁出现横向裂缝渗水析白。裂缝渗水会导致板梁内受力钢筋锈蚀,如果不及时维修,板梁可能从弹性下挠发展成塑性变形,影响结构的耐久性和安全性能<sup>[5]</sup>。

## 2 铰缝破坏的成因分析

从对上海市绕城高速南段铰缝出现破损的空心板梁的状况出发,综合分析铰缝损坏的原因,对导致铰缝破坏的主要原因归纳为4方面:

### (1) 公路自身特点因素

高速公路行车道的划分,使车辆行驶的轨迹具有规律性,因此行车道上板梁承受重复荷载的几率增加,在重车荷载作用下导致板梁的铰缝破坏。

### (2) 荷载方面因素

正常使用下桥梁的承载能力是由设计荷载标准确定的。随着社会的发展,车辆总重和轴重日益增大,特别是近几年集装箱卡车的大幅增加,公路运输对桥梁的要求越来越高,从实际的交通结构上看,目前高速公路超载严重,加速了铰缝的损坏。

### (3) 设计方面的因素

设计方面主要有以下3方面原因:①目前上海地区早期建设的高速公路一般采用小铰缝空心板梁,采用的铰缝结构尺寸,断面变化较小,铰缝混凝土标号较低,板

梁间的横向连接较弱,高速公路重车作用下铰缝容易损坏。②由于桥面纵横坡或预制板梁的预拱度不合适等原因造成桥面铺装局部厚度不足,而且早期桥面铺装混凝土标号较低、桥面铺装钢筋直径较小、间距设置较大等情况,降低了铺装层的整体化作用、与板梁的协同作用减小、整体刚度降低。③桥梁设计中一片板梁一般为4各支座,但由于施工工艺的原因,个别情况会出现一个支座脱空的现象,车辆通过时三个支座支撑的板梁会出现翘动,导致铰缝破碎损坏。

### (4) 施工方面的因素

材料不符合要求,设计铰缝或桥面混凝土铺装的强度比设计低,从上海绕城高速南段桥梁现场破坏的情况看,桥面铺装和铰缝混凝土呈破碎状,经检测的混凝土标号达不到设计要求,振捣不密实,钢筋绑扎不合要求,施工时对板梁的横向联系没有引起足够的重视,桥面混凝土铺装内的钢筋网位置控制不准、预制板梁铰缝以及顶面凿毛不到位,施工完后桥面钢筋网位于铺装层和板梁之间形成一道夹层,钢筋网未达到效果,混凝土铺装层及铰缝与预制板梁粘结不牢固情况严重,均会导致铰缝的损坏。

## 3 铰缝维修工艺的研究

### 3.1 铰缝维修的具体实施工艺

通过对空心板铰缝的病害特征和成因进行综合分析,结合上海绕城高速南段的铰缝病害的具体特点,提出了高速公路铰缝损坏后快速有效的维修方法。

先进行铰缝病害的检测,通过对铰缝渗水和桥面纵向裂缝的外观检查和铰缝两侧相邻板梁的位移差的监测判断铰缝损伤程度,外观检测中要注意板梁的支座是否脱空,一旦出现支座脱空,修复铰缝前应垫实脱空支座。进行铰缝维修时,先在损坏的铰缝两边各50 cm范围内凿除桥面铺装和铰缝混凝土,清除损坏的桥面钢筋网,铰缝钢筋完好时,应保留铰缝钢筋,施工过程中使用机械设备时应注意不要破坏板梁的主体结构,凿除完毕后进行清理,重新浇筑铰缝混凝土和桥面铺装时采取新措施<sup>[6]</sup>:(1)在板梁铰缝中顺向放置预制好的钢筋骨架,使原设计的铰缝中的素混凝土变成钢筋混凝土结构(图1);(2)将铰缝和桥面铺装混凝土的标号提高到C50,从而提高铰缝混凝土的整体性;(3)铰缝两侧的板梁上种植钢筋,进一步加强铰缝连接力;(4)在不提高桥面标高的前提下,增加桥面混凝土铺装层的厚度,铺设双层钢筋网片,并加密桥面铺装钢筋,增大铺装钢筋的直径;(5)将铰缝钢筋骨架、原有的和种植的铰缝钢筋,

以及双层桥面铺装钢筋网绑扎焊接成整体(图2)。混凝土铺装浇筑完毕后,表面应做好防水措施后再浇筑沥青铺装,整个过程施工完成后,施工段两侧各封闭 2 m 范围,有条件的可以考虑封闭车道,防止未达到强度时,车辆行驶的振动影响施工质量,待达到强度后开放交通<sup>[7]</sup>。

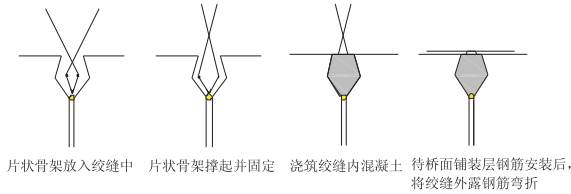


图 1 铰缝内钢筋骨架施工工艺

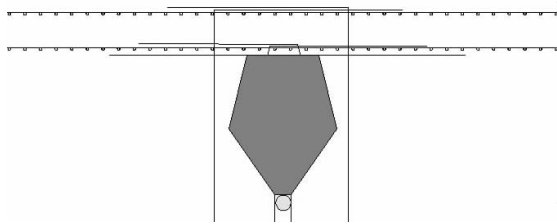


图 2 铰缝位置钢筋网结构示意图

### 3.2 维修后效果的判断

以上海绕城高速南段一座 3 跨简支空心板梁为例,判断该维修方法的可靠性。该桥跨径布置为 16 m + 22 m + 16 m,维修前中跨 22 m 空心板梁的梁底铰缝位置渗水严重,对应铰缝的桥面铺装位置出现通长的纵向裂缝,打开纵向裂缝处沥青铺装发现铰缝混凝土破碎,桥面混凝土铺装的钢筋网和铰缝钢筋出现锈蚀断裂。现场情况详如图 3、图 4 所示。



图 3 梁底铰缝渗水的情况

通过外观检查初步判断铰缝已出现损伤,为了进一步判断铰缝损伤的程度,现场在板梁跨中位置铰缝两侧位置安装电子位移计<sup>[8]</sup>,采用 30 t 标准车辆加载,通过监测铰缝两侧的位移差对铰缝损坏程度进行判断。现场典型的铰缝位移差的监测时程曲线如图 5 所示,位移

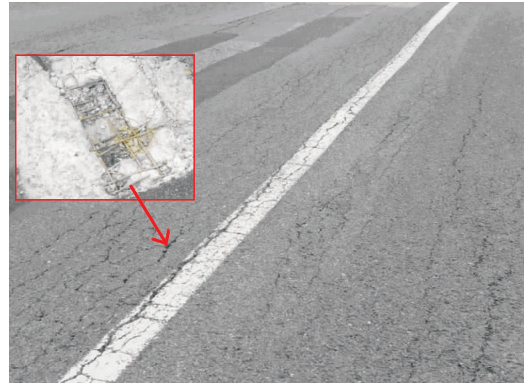


图 4 桥面铺装纵向裂缝情况

差的监测结果见表 1,表 1 中铰缝位置的标示以相邻两片板的编号进行标示,如 L00204 - 05 表示第 2 跨 4#板和 5#板之间的铰缝。相邻两片板梁最大挠度差为 1.96 mm ~ 2.18 mm,说明板梁铰缝已破坏<sup>[9]</sup>。

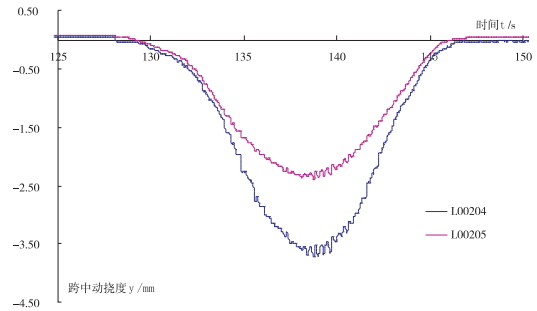


图 5 动挠度监测典型时程曲线图

表 1 铰缝修复前后相邻板梁的挠度差

编号	铰缝位置	维修前最大挠度差 $\Delta y_1 / \text{mm}$	维修后最大挠度差 $\Delta y_2 / \text{mm}$
1	L00204 - 05	2.18	0.16
2	L00208 - 09	2.02	0.19
3	L00211 - 12	1.96	0.13

采用本文的铰缝维修方法对该桥损坏的铰缝进行维修加固,维修加固后半年对该桥维修效果进行检测,结果表明:梁底铰缝位置未出现渗水,桥面铺装未出现纵向裂缝,车辆通过时相邻板梁之间的位移差显著减小,现场在相同铰缝跨中位置两侧安装电子位移计,采用相同的重车对维修效果进行检测。监测结果见表 1,相邻两片板梁之间的最大挠度差为 0.19 mm,和加固前的测试结果相比挠度差明显减小,说明板梁的横向联系得到加强,上部结构的整体工作性能较好,该方法进行铰缝维修加固效果较好<sup>[9]</sup>。

### 4 结论

铰缝是相邻空心板梁连接的重要构件,是保证板梁共同受力的关键。本文结合上海市绕城高速南段 42 座

小铰缝空心板梁的铰缝病害情况,对空心板铰缝损坏的特征进行总结,综合分析铰缝损坏的原因,提出一种快速有效的铰缝维修方法。通过本文研究得出:

(1)考虑到高速公路重载车辆较多,小铰缝空心板横向联系较弱,建议以后新建高速公路不再采用小铰缝的空心板梁结构。

(2)铰缝损伤判断应通过外观检查梁底铰缝渗水的形态,结合桥面铺装对应位置的病害开展情况,对铰缝损伤做出初步判断,根据外观检查的情况,可进一步采取动态监测相邻板梁的位移差的方法对铰缝破损程度做进一步的量化。

(3)本文铰缝维修方法是修复铰缝损伤的有效方法,维修实施过程中应注意施工质量,才能修复铰缝,增加桥梁的横向联系。

#### 参考文献:

- [1] 赵素锋.装配式空心板梁桥铰缝病害机理分析与防治措施[J].中国港湾建设,2012(4):15-18.
- [2] 项贻强,邢 骋,邵林海,等.铰接预应力混凝土空心板梁桥的空间受力行为及加固分析[J].东南大学学报:自然科学版,2012,42(4):734-738.
- [3] 彭利英,卫 军,班 霞,等.钢筋锈蚀对空心板连接铰缝受力性能影响分析[J].铁道科学与工程学报,2011,8(2):12-16.
- [4] 刘晓春,卫 军,李 沛,等.一种基于相对位移的铰缝传力性能评估方法[J].中南大学学报:自然科学版,2013,44(8):3377-3383.
- [5] 王立志.现役空心板桥单板受力病害治理方案[J].公路交通科技:应用技术版,2012(8):121-123.
- [6] 黄民水,朱宏平.空心板梁桥“单板受力”病害机理及其加固处治研究[J].华中科技大学学报:自然科学版,2008,36(2):118-121.
- [7] 卫 军,李 沛,徐 岳,等.空心板铰缝协同工作性能影响因素分析[J].中国公路学报,2011,24(2):29-33.
- [8] 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):1-3,41.
- [9] 钱寅泉,周正茂,葛玮明,等.基于相对位移法的铰缝破损程度检测[J].公路交通科技,2012,29(7):76-81.

## Analyses of Disease of Hollow Slab Hinged Joint and Study on the Repair Method

LIU Mingxuan

(Shanghai Huangpu River Bridges and Superhighway Management Co., Ltd, Shanghai 201100, China)

**Abstract:** The failure characteristics of hollow slab hinged joints are concluded through the typical disease analyses of 42 hollow slab bridges hinged joints at southern section of G1501 Shanghai ring expressway. The causes of hinged joints damage are synthetically analyzed through the disease characteristics of the bridges. Further studies on repair process of hinged joints damage are taken to propose a reasonable method to repair the hinged joints. And the maintenance effect of hinged joints is evaluated through the examinations of bridges' appearance characteristics before and after the maintenance and the quantitative tests of deflection differences between adjacent bridges before and after the maintenance, and the method is proved to be effective. Thus it provides the reference and suggestion for the maintenance work of the hollow slab hinged joints of highway bridges.

**Key words:** hollow slab; hinged joint; analysis of disease; repair method