

上海市交通委员会文件

沪交科〔2024〕536号

上海市交通委员会 关于印发《小铰缝空心板梁铰缝 维修加固指南（试行）》的通知

各有关单位：

为加强对本市空心板梁铰缝病害维修加固工作的指导，保证设施正常运行和车辆行驶安全，及时对开裂破损的铰缝进行维修加固。市交通委编制完成《铰缝空心板梁铰缝维修加固指南（试行）》，现予以发布，请各单位遵照执行。

特此通知。



信息公开属性：主动公开

上海市交通委员会办公室

2024年7月29日印发

SHJT

上海市交通委员会标准化指导性技术文件

编号：DB31JT/Z 009-2024

小铰缝空心板梁铰缝维修加固指南（试行）

2024-07-30 发布

2024-08-15 实施

上海市交通委员会 发布

前 言

上海市公路简支桥梁中，上部结构采用小铰缝空心板梁的桥梁占比较大。随着运行年限的增长及重载车辆的增多，空心板梁的铰缝出现开裂破损等病害，造成板梁之间的横向联系削弱，降低了上部结构整体受力性能，为保证设施正常运行和车辆行驶安全，需及时对开裂破损的铰缝进行维修加固。为指导本市空心板梁铰缝病害的维修加固工作，编制组经调查研究，总结实践经验，参考国家有关标准，特制定本指南。

本指南针对空心板梁的小铰缝病害进行分级，制定不同等级的维修加固方法，以及维修后的质量检验要求，指导小铰缝病害的检查、维修加固设计与施工。

指南主要包括：总则、术语、编制依据、基本规定、维修加固方法、养护管理与作业、维修工程质量检验共 7 章。

主要编制单位：上海市道路运输事业发展中心。

参与编制单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司、上海市政养护管理有限公司。

目 录

| | |
|------------------|----|
| 前 言 | 1 |
| 1 总则 | 1 |
| 2 术语 | 2 |
| 3 编制依据 | 4 |
| 4 基本规定 | 5 |
| 5 维修加固方法 | 10 |
| 6 养护管理与作业 | 17 |
| 7 维修工程质量检验 | 20 |
| 附件 条文说明 | 21 |

小铰缝空心板梁铰缝维修加固指南（试行）

1 总则

1.0.1 为指导本市桥梁管养单位和施工作业单位进行小铰缝空心板梁铰缝维修加固工作，制定本指南。

1.0.2 本指南适用于公路桥梁小铰缝空心板梁铰缝维修加固，城市桥梁可参照执行。

1.0.3 小铰缝空心板梁铰缝维修加固应根据养护评定的技术状况等级，遵循安全适用、技术先进、经济合理、环保耐久的原则。

1.0.4 小铰缝空心板梁铰缝维修加固除应执行本指南的规定外，尚应符合国家和本市现行有关标准的规定。

2 术语

2.1 桥梁技术状况

桥梁结构的综合技术指标,反映桥梁结构的完好程度、安全程度及使用功能的完善程度。

2.2 日常巡查

对空心板梁、铰缝及桥面系等结构的日常巡视和目测检查。

2.3 经常检查

采用目测结合辅助工具对空心板梁、铰缝及桥面系表观状况进行的周期性检查。

2.4 定期检查

对桥梁技术状况进行的周期性检查及评定。

2.5 专项检查

为养护决策、养护工程设计或为进一步查明病害和技术状况等而进行的专项检查。

2.6 日常养护

对空心板梁铰缝及桥面系等进行的维护保养和修补轻微缺损的工作。

2.7 修复养护

为恢复桥涵技术状况而实施的功能性、结构性修复或更换的工程措施。

2.7 专项养护

为恢复、完善或提升桥梁使用功能而集中实施的增设、加固、改造、拆除重建等工程措施。

2.8 应急养护

突发情况造成公路桥梁损毁、交通中断、产生安全隐患时,实施的应急抢修、保通等工程措施。

2.9 小铰缝空心板梁

通过在预制梁间设置高度小于 20cm，宽度小于 15cm 的企口缝，企口缝内现浇混凝土形成铰接连接的预制装配式空心板梁。

3 编制依据

本指南主要依据的相关技术规范和规程有：

- 《公路桥涵养护规范》（JTG 5120）
- 《公路养护技术标准》（JTG 5110）
- 《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21）
- 《公路沥青路面养护技术规范》（JTG 5142）
- 《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）
- 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）
- 《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）
- 《混凝土结构加固设计规范》（GB 50367）
- 《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22）
- 《公路桥梁加固施工技术规范》（JTG/T J23）
- 《城市桥梁结构加固技术规程》（CJJ/T 239）
- 《公路大中修工程设计规范》（DG/TJ 08-2191）
- 《公路养护工程质量检验评定标准第一册土建工程》（JTG 5220）
- 《公路养护工程质量检验评定标准》（DG/TJ 08-2144）

其它交通部和行业现行规范。

4 基本规定

4.1 铰缝病害主要表现特征

4.1.1 铰缝渗水

由于铰缝受损致铰缝区域桥面出现微裂缝，雨水沿着桥面裂缝和铰缝下渗，板梁底部出现渗水痕迹（图 4.1.1）。



图 4.1.1 铰缝渗水

4.1.2 桥面纵向裂缝

铰缝企口内混凝土开裂破损后，铰缝抗剪能力降低或失效，致桥面出现钢筋屈服、锚固失效、疲劳断裂等情况，发生纵向裂缝并反射到桥面铺装层顶面。（图 4.1.2）。

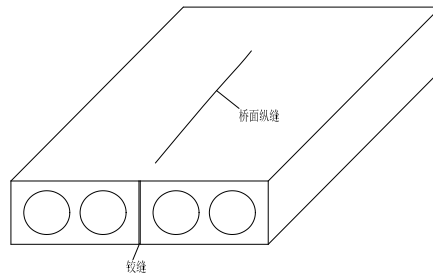


图 4.1.2 桥面纵向裂缝

4.1.3 铰缝损伤引起的梁体受力裂缝

铰缝损伤后，铰接梁体系破坏，板梁横向分布系数增大，造成板梁承载能力不足，出现梁底横向裂缝、梁端腹板斜向裂缝（图 4.1.3）。

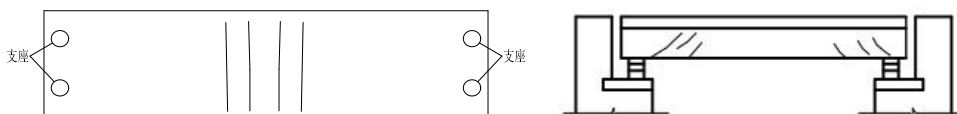


图 4.1.3 板梁梁底横向裂缝、腹板斜向裂缝

4.2 铰缝病害检查方法

4.2.1 日常巡查及经常检查

针对铰缝病害的日常巡查及经常检查，应符合下列要求：

- 1 日常巡查应及时发现铰缝损坏迹象。
- 2 经常检查应对铰缝渗水、振动及动挠度明显、梁体裂缝较多等情况进行汇总，并跟踪其发展趋势。
- 3 经常检查中应识别铰缝病害易发桥梁和多发位置，主要为重车频率较高的桥梁和重车车道位置。
- 4 当铰缝出现严重损伤时，应及时启动特殊检查或应急检查。
- 5 经常检查中与铰缝病害相关的重点检查内容见表 4.2.1。

表 4.2.1 经常检查中与铰缝病害相关的重点检查内容

| 巡查部位 | 检查要点 |
|------|---|
| 桥面铺装 | 1 沥青混凝土桥面有无坑槽、松散、塌陷等病害； 2 铰缝对应部位的桥面铺装 有无纵向开裂 ； 3 桥面铺装有无反复修补痕迹。 |
| 上部结构 | 1 板梁梁底 有无渗水 、析白； 2 板梁梁底有无横向裂缝、纵向裂缝，梁端腹板有无斜裂缝； 3 梁端与桥台（或盖梁）靠背间隙中是否有混凝土或碎石等建筑垃圾。 |
| 支座 | 支座有无缺失、脱空、剪切变形过大、橡胶开裂以及垫石开裂、破损。 |
| 结构变异 | 1 桥梁线形是否存在明显异常； 2 重车经过是否有 明显的下挠和振动 ，是否有不可恢复的下挠。 |

4.2.2 定期检查

针对铰缝病害的定期检查应符合下列要求：

- 1 定期检查应对铰缝病害及其发展趋势进行定量化跟踪。
- 2 桥面铺装重点检查内容及其要点

(1) 塌陷与坑洞

应重点关注梁端、跨中位置的桥面铺装塌陷与坑洞，并核查与铰缝位置是否相对应。

(2) 纵向开裂

应通过测量纵向裂缝至防撞墙底部的间距和空心板梁的悬臂长度核实纵向裂缝与铰缝的相对位置。如位置一致，则认为该部位铰缝存在损伤。当铰缝出现损伤，应进一步检查相应的支座有无脱空、变形。检查需记录桥面铺装纵向裂缝的区域和长度。

3 梁体重点检查内容及其要点

(1) 梁底渗水

记录渗水的区域和长度，并检查对应的桥面铺装是否存在开裂。

(2) 梁底横向裂缝

应重点关注跨中区域底板有无横向裂缝，并进行定量检测，包括裂缝长度、裂缝宽度、位置及走向描述等。检查完成后应将检测部位用记号笔标识出来，明确其位置和范围，以便后续进行跟踪观察。对于预应力板梁，一般不允许出现该类裂缝，预应力板梁桥如果出现横向裂缝，应及时启动特殊检查或应急检查；对于普通钢筋混凝土板梁，横向裂缝宽度不得超过 0.2mm。

(3) 梁底纵向裂缝

应重点关注底板有无沿预应力筋走向的纵向裂缝，并进行定量检测及记录标识；当纵向裂缝宽度超过 0.2mm 时，应对缝深进行检测。

(4) 梁端腹板斜向裂缝

当板梁铰缝破损严重、跨中或支点梁底存在横向裂缝等情况时，应借助内窥镜对梁端腹板进行检查是否存在斜向裂缝。

4 支座重点检查内容及其要点

(1) 橡胶支座是否老化、开裂，垫石是否开裂；

(2) 橡胶支座是否存在位置串动、脱空、安装偏差过大；

(3) 橡胶支座有无过大剪切变形及竖向变形，各夹层钢板之间的橡胶层外凸是否均匀，并注意观察对应板梁的铰缝位置有无桥面铺装纵向开裂。

5 梁体变形

应注意观察重车过后梁体有无异常变形。当桥梁存在下列情形，应对板梁挠度进行实时监测：

(1) 当观察到梁体存在肉眼可见的异常变位；

(2) 铰缝区域桥面铺装存在严重损伤程度的开裂；

(3) 梁体存在主应力方向上的超限裂缝，且查明为结构裂缝。

4.2.3 挠度专项检查

1 较缝渗水且对应桥面铺装出现纵向裂缝时，为确认受损程度，可进行挠度专项检查，并辅以必要的测量仪器。

2 挠度专项检查主要针对破损较缝处两侧板梁的动挠度进行测量。挠度专项检查宜采用载重试验汽车通过待测桥梁进行测量，也可利用社会重车通行时段进行数据采集。

3 当通过实测挠度计算横向分布系数时，应采用载重试验车通过待测桥梁的方式进行测量。

4.3 较缝病害分级

小较缝的损伤程度分为轻微、中等、严重三个等级，可通过表观病害进行初步分级，对表观判定为中等及严重损伤的病害，宜进一步通过挠度专项检查进行较缝损伤评级。

4.3.1 表观病害分级

1 轻微损伤

较缝轻微渗水，但较缝基本未损伤，较缝区域的桥面无纵向裂缝。

2 中等损伤

较缝对应桥面出现纵向裂缝，裂缝总长度不大于桥梁跨径的 1/5，且单条缝连续长度不大于 3m，缝宽小于 3mm。

3 严重损伤

较缝对应桥面出现下列情况之一为严重损伤：

- (1) 桥面纵向裂缝总长度大于桥梁跨径的 1/5；
- (2) 单条缝连续长度大于 3m；
- (3) 缝宽大于 3mm。

4.3.2 挠度专项检查损伤评级

1 较缝损伤评级采用较缝损伤系数 β 作为评价指标：

$$\beta = \left| \frac{D_1 - D_2}{D_1 + D_2} \right| \quad (4.3.2)$$

式中： β ——较缝损伤系数；

D_1 ——为损伤铰缝处的左侧动挠度；

D_2 ——为损伤铰缝处的右侧动挠度，与 D_1 同步检测。

2 铰缝损伤评级分为良好、中等损伤、严重损伤 3 种，铰缝损伤评级与损伤系数的对应关系见表 4.3.2 所示。

表 4.3.2 空心板梁铰缝损伤评级

| 标度 | 评定标准 | |
|----|------|-----------------------|
| | 定性描述 | 铰缝损伤系数 |
| 1 | 良好 | $\beta \leq 0.17$ |
| 2 | 中等损伤 | $0.17 < \beta < 0.33$ |
| 3 | 严重损伤 | $\beta \geq 0.33$ |

3 横向分布系数检查结果用于进行空心板梁的承载能力评估，作为进行空心板梁专项和应急养护的依据。

4.4 维修条件调查

根据小铰缝的损伤程度，并结合桥面铺装、交通封闭条件、交通荷载等维修条件，以采取对应的维修策略。

4.4.1 桥面铺装

1 查明全跨桥梁的桥面铺装厚度组成情况，包含沥青铺装层和钢筋混凝土铺装层的厚度。桥面铺装厚度调查应包括纵桥向的梁端、跨中、四分之一跨径位置，横桥向的防撞墙边缘、桥面中心线位置。

2 桥面铺装厚度以现场实测结果为准。维修结束需保证桥面标高、横坡、防撞墙高度等符合原设计要求，并与邻近区域的桥面标高顺接。

4.4.2 交通封闭条件

1 调查桥位处可封闭交通的车道数量和时间，封道计划需报属地交警进行审批。

2 多条铰缝维修时，横桥向封道范围宜包含最外侧待修铰缝以外 1.5m 宽度。

4.4.3 交通荷载

调查桥位处的交通荷载等级，可按《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）分为轻、中、重、特重和极重交通荷载等级。

5 维修加固方法

5.1 一般规定

5.1.1 空心板梁铰缝维修加固方法有铰缝和混凝土铺装层整体维修法、加罩混凝土铺装层维修法、铰缝注胶法等。

5.1.2 根据铰缝病害损伤程度，并结合具体的维修条件，维修加固方法可按表 5.1.2 的规定选用。

表 5.1.2 铰缝维修加固方法

| 维修加固方法 | 适用范围 | 适用封交条件 |
|----------------|-------------|-----------------------|
| 铰缝和混凝土铺装层整体维修法 | 铰缝中等损伤和严重损伤 | 具备单车道或半幅封闭施工 3d 以上条件 |
| 加罩混凝土铺装层维修法 | 铰缝轻微损伤和预防养护 | 具备单车道或半幅封闭施工 12h 以上条件 |
| 铰缝注胶法 | 铰缝轻微损伤和预防养护 | 宜封交 6h 以上 |

5.1.3 维修加固工程不应增加老桥的铺装结构总厚度，不应新增桥面荷载。

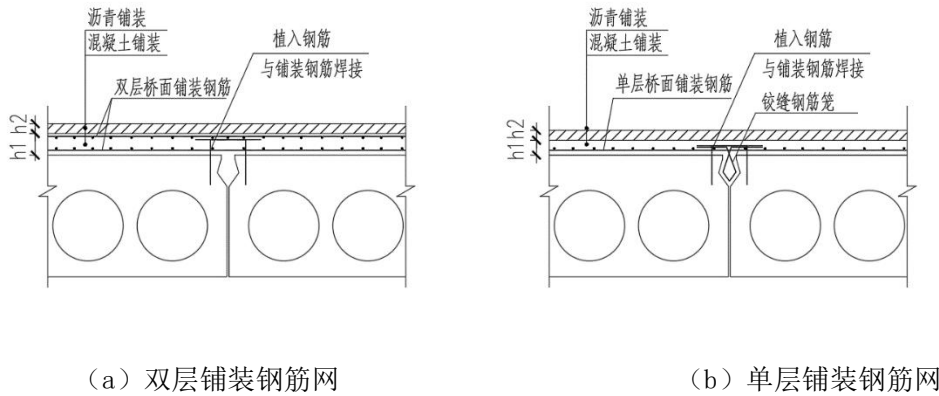
5.1.4 维修加固所采用的钢筋、混凝土、锚栓、结构胶、界面剂等材料技术指标应符合现行国家及行业相关规范要求。

5.1.5 对于单条铰缝存在损伤，且每侧相邻的 3 块空心板宽度范围内无其他铰缝损伤时，可仅维修单条铰缝及铺装；对于相邻两条及以上铰缝损伤，应根据设计要求确定维修范围。

5.2 铰缝和混凝土铺装层整体维修法

5.2.1 铰缝和混凝土铺装层整体维修法应包含下列维修内容：

桥面沥青铺装、钢筋混凝土铺装及铰缝全部凿除，清除铰缝混凝土后，在铰缝两侧相邻板梁腹板区域植入钢筋，钢筋上端弯折后与桥面铺装钢筋网焊接，重新浇筑铰缝企口缝内混凝土和混凝土铺装层，摊铺沥青铺装层（图 5.2.1）。



(a) 双层铺装钢筋网

(b) 单层铺装钢筋网

图 5.2.1 较缝和混凝土铺装层整体维修法

h_1 —新浇筑混凝土铺装厚度； h_2 —新摊铺沥青铺装厚度

5.2.2 铺装结构总厚度应与原铺装一致，宜通过减小沥青层铺装厚度，增加混凝土铺装层厚度，提升结构整体性能，沥青铺装厚度 h_2 不宜小于 4cm，混凝土铺装层厚度 h_1 不应小于 8cm。

5.2.3 混凝土铺装层钢筋应符合下列规定：

- 1 混凝土铺装厚度 h_1 不小于 10cm 时，应设置双层铺装钢筋网；
- 2 混凝土铺装厚度 h_1 小于 10cm 时，宜设置单层铺装钢筋网，并应设置较缝钢筋。

5.2.4 较缝混凝土强度等级不宜小于 C40，宜优先选用补偿收缩混凝土，并宜掺加增强纤维；施工时间受限时可采用快硬性混凝土。采用双层铺装钢筋网时，混凝土骨料粒径宜小于 2cm。

5.2.5 单层铺装钢筋网片的横向钢筋直径宜采用 12~14mm，纵向钢筋直径宜采用 10~12mm，间距宜采用 100mm，横向钢筋应放置于底层（图 5.2.1 (b)）。双层铺装钢筋网片的横向钢筋直径宜采用 12mm，纵向钢筋直径宜采用 10~12mm，间距宜采用 100mm，下层铺装的横向钢筋应放置于底层，上层铺装的横向钢筋应放置于顶层（图 5.2.1 (a)）。

5.2.6 铺装钢筋网的底面保护层厚度不宜小于 10mm，顶面的保护层厚度不宜小于 20mm。

5.2.7 较缝区域两侧植筋的钢筋直径不宜小于 12mm，间距不宜大于 200mm，植筋深度满足受力要求。

5.2.8 较缝内较缝钢筋的直径不宜小于 10mm，间距不宜大于 200mm。

5.2.9 较缝和混凝土铺装层整体维修法主要操作流程应符合下列规定：

- 1 交通围封；
- 2 边梁稳定加固，支座脱空情况检查及维修；
- 3 铣刨桥面沥青铺装层，凿除混凝土铺装层及较缝混凝土，清运垃圾；

- 4 铰缝钢筋安装（如有），沿铰缝对板梁进行植筋；
- 5 浇筑铰缝企口缝内混凝土；
- 6 铺装钢筋网安装，并与植筋进行焊接；
- 7 桥梁型钢伸缩缝、连续缝处理；
- 8 清扫桥面后，依次桥面铺装混凝土、伸缩缝混凝土，养护后施工防水层；
- 9 摊铺沥青，开放交通。

5.2.10 铰缝维修施工过程中，边梁应满足抗倾覆要求，可采用下列抗倾覆措施：

- 1 在盖梁挡块与边梁悬挑梁翼板间设置硬质木块衬垫并楔紧。
- 2 采用钢筋穿过防撞栏杆，向内斜拉至第三、第四片梁间铰缝处可靠固定。
- 3 铺装清除时可保留一部分跨铰缝铺装钢筋用于连接受力，新铺装钢筋安装完成并与梁内植筋可靠连接后再拆除此部分保留的钢筋。

5.2.11 铺装凿除施工应符合下列规定：

- 1 混凝土铺装层的凿除可结合现场施工条件，选择合适的机具与工艺，一般以人工风镐工艺为主。铺装凿除实施前应先对设备参数进行现场工艺试验，凿除施工不得使梁体受损。
- 2 铰缝企口内混凝土应采用手工工具或手持式混凝土凿破机凿除，严禁使用大型机械强行凿除。凿除铰缝内混凝土时避免损坏板梁结构。
- 3 凿除垃圾应及时清运，保持原有桥面及企口缝的混凝土表面清洁干燥、无浮尘。
- 4 浇筑前必须对梁顶病害进行处理，如混凝土的表面缺陷或裂缝采用相应的修复材料进行修补。

5.2.12 种植钢筋施工应符合下列规定：

- 1 种植钢筋抗拔力需达到设计要求。在植筋施工前，要按照规范要求对植筋进行现场拉拔试验。植入筋的植入位置应在腹板中，不得打穿顶板至空心部位。彻底清除植筋产生的碎屑、垃圾。
- 2 植筋的工艺流程：弹线定位 → 钻孔 → 洗孔 → 注胶 → 植筋 → 静置固化。

5.2.13 混凝土浇筑施工应符合下列规定：

- 1 铰缝混凝土浇筑、桥面铺装混凝土浇筑、伸缩缝混凝土浇筑宜分三次进行。铰缝混凝土浇筑宜在植筋之后、铺装钢筋安装之前进行。
- 2 桥面铺装混凝土浇筑前应对桥梁表面洒水进行湿润。浇筑时用小型振动棒进行振捣，

保证混凝土表面平整、不泛气泡；浇筑后，及时用土工布覆盖，收浆后浇水养护，保持湿润。

3 施工时注意安全防护措施，防止铰缝内的混凝土废料高空坠落。

4 混凝土浇筑后，应避免使铺装层过早受力。待混凝土强度达到设计强度的 80%后，方可浇筑沥青桥面铺装。

5 新老混凝土铺装层厚度不同时，需设置过渡段接顺。

6 局部维修时，铺装层新老钢筋应采用焊接连接。

5.2.14 沥青混凝土摊铺时，周边边界宜涂刷界面剂，底部设置防水层。

5.2.15 当仅维修单条铰缝时，凿除范围宜为铰缝两侧 0.8m 范围；凿除施工时应密切关注相邻板梁状况，避免由于施工操作引起相邻铰缝新的损伤或破坏。

5.3 加罩混凝土铺装层维修法

5.3.1 加罩混凝土铺装层维修法应包含下列维修内容：

铣刨桥面沥青铺装，并对原混凝土铺装层顶面进行结合面处理，在铰缝两侧相邻板梁腹板区域植入钢筋，钢筋上端弯折后与新增设的桥面铺装钢筋焊接，浇筑加罩混凝土铺装层，摊铺沥青铺装（图 5.3.1）。加罩混凝土铺装层维修法适用于原桥面沥青铺装铺装厚度不小于 9cm 的情况。

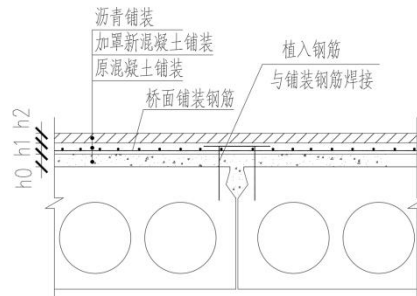


图 5.3.1 增加混凝土层加固法示意图

h_0 —原混凝土铺装厚度； h_1 —加罩新混凝土铺装厚度；

h_2 —新摊铺沥青铺装厚度

5.3.2 加罩新混凝土强度等级不宜小于 C50，宜采用高韧性低收缩钢纤维混凝土，抗折强度不小于 6MPa。加罩新混凝土铺装厚度 h_1 不宜小于 5cm，沥青铺装厚度 h_2 不宜小于 4cm。

5.3.3 加罩混凝土铺装层维修法主要操作流程应符合下列规定：

1 交通围封；

2 边梁稳定加固，支座脱空情况检查及维修；

- 3 铣刨桥面沥青铺装层，清运垃圾；
- 4 原混凝土铺装层顶面进行结合面处理；
- 5 沿铰缝对板梁进行植筋，铺装钢筋网安装；
- 6 清扫桥面后涂刷混凝土界面剂，加罩混凝土铺装层，养生后施工防水层；
- 7 摊铺沥青，开放交通。

5.3.4 原混凝土铺装层顶面应按《公路桥梁加固施工技术规范》（JTG/T J23）进行新老混凝土结合面处理。原钢筋混凝土铺装顶面需涂刷混凝土界面剂，新老混凝土黏结强度不小于 1.5MPa，使用前应进行工艺及性能验证。采用环氧界面剂时，应在环氧固结前浇筑混凝土铺装。

5.3.5 铺装钢筋网片的横向钢筋直径宜采用 12mm，纵向钢筋直径宜采用 10mm，间距宜采用 100mm，横向钢筋应放置于底层；铺装钢筋网的顶面的保护层厚度不宜小于 20mm。

5.3.6 铰缝区域两侧植筋的钢筋直径不宜小于 12mm，间距不宜大于 200mm，植筋深度满足受力要求。

5.4 铰缝注胶法

5.4.1 铰缝注胶法维修内容及适用范围应符合下列规定：

1 将铰缝及相邻梁体间进行密闭处理，预留进出口后运用高压灌浆设备，将胶体从梁底部灌入铰缝缝隙内，使其快速扩散并凝固固化，修复破损铰缝（图 5.4.1）。

2 铰缝注胶法适用于预制板梁水平间隙不大于 25mm、梁底竖向错动不大于 30mm 的情况，不采用保护措施时不得用于桥梁下方存在通行车辆和行人的情况。

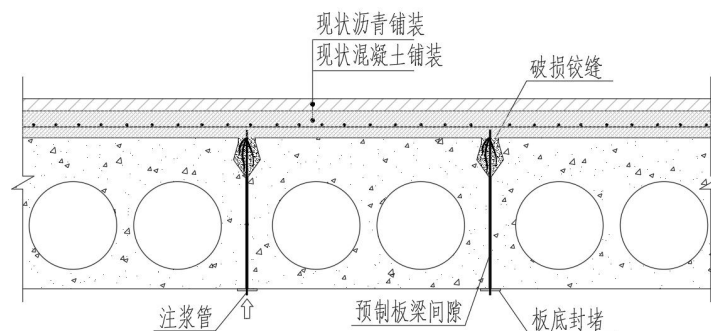


图 5.4.1 铰缝注浆法加固示意图

5.4.2 铰缝注胶法主要操作流程应符合下列规定：

- 1 桥下搭建辅助平台；
- 2 施工前检测；
- 3 从桥梁下方清理相邻梁缝间及铰缝内垃圾；
- 4 设置注浆管，预留进出口；
- 5 梁端、板缝封堵，形成密闭空腔；
- 6 灌封前检测；
- 7 运用高压灌浆设备进行铰缝注浆；
- 8 成品养护。

5.4.3 板缝清理及清洗应符合下列规定：

1 先采用电动钢丝刷或合适大小的钢筋钩，清理板缝内积存的垃圾及铰缝底部麻丝、破碎状态砼。

2 用冲洗机从空心板底部对板缝内进行反复清洗，将板缝内的泥沙、碎屑、油污等杂物清理干净，直至铰缝内冲洗出的水质同冲洗水质基本一致。

3 铰缝冲洗干净后，采用强力吹风机对铰缝内进行反复吹干，吹干铰缝内砼表面明水，再采用大功率热风机对铰缝内进行反复烘干。

4 清理完成后，采用内窥镜进行抽样检查，板缝表面应洁净、干燥、无油污，避免松散的杂物残留。

5.4.4 注胶管插孔在铰缝处采用钻头向上钻进成孔，钻孔深度需进入混凝土铺装层不小于30mm。注胶管需插到钢筋混凝土铺装层内不小于20mm，注胶管的设置间距结合裂缝开展情况确定。

5.4.5 铰缝注胶区域两端采用木条加聚氨脂发泡剂进行封堵，木条须插入到铰缝顶部，封堵密实。

5.4.6 空心板横向板缝应在内部干燥后进行底部封堵，可先采用聚氨酯泡沫条镶嵌入梁缝底部，再涂刷环氧砂浆进行封口，环氧砂浆封口宽度为120mm~150mm，厚度不小于10mm。

5.4.7 压浆材料应采用专用板缝灌注胶。专用板缝灌注胶性能指标应符合表5.4.7规定。

表 5.4.7 专用板缝灌注胶性能指标

| 性能项目 | | 性能要求 |
|------|--------------------|----------------|
| 胶体性能 | 钢-钢拉伸抗剪强度标准值 (Mpa) | ≥10 |
| | 与混凝土正拉黏结强度 (Mpa) | ≥2.5，且为混凝土内聚破坏 |
| | 胶体抗压强度 (Mpa) | ≥50 |

| | | |
|--|--------------|-----------|
| | 胶体抗拉强度 (Mpa) | ≥ 20 |
|--|--------------|-----------|

5.4.8 压浆采用高压灌注法，应根据浆液流动性选择注浆压力，一般为 0.1Mpa~0.4Mpa。注浆压力需保持恒定，持荷时间 2~3 分钟。宜从梁底标高较低侧的注胶管开始压入，相邻注胶管依次循环注胶。

5.4.9 压浆完成后，将压浆嘴拔出，遗留孔洞用水泥砂浆封堵，每次压浆后及时清洗压浆罐、输浆管等容器。

5.4.10 较缝注胶宜分 2 次注入，每次注胶量约为较缝体积的 50%左右。

5.4.11 灌缝结束后，在 18h 内不得扰动较缝。注胶期间宜封闭部分车道，或在交通流量小的时段进行，避免车辆冲击影响胶体凝结。

5.4.12 注浆施工宜在自然环境下、温度 5-40℃ 的条件下施工。

6 养护管理与作业

6.1 日常养护

6.1.1 一般规定

1 在板梁铰缝出现轻微损伤时，为延缓其性能过快衰减、延长使用寿命、提升结构耐久性而实施日常养护维修工程。

2 养护作业应统筹安全作业路段、作业内容和工序，作业时段宜避开交通高峰期。对维修时限要求高的公路或路段，养护工程施工宜采用快速施工工艺和设备、集约化施工组织方案及不中断通行的交通组织方案。

6.1.2 轻微损伤维修

1 铰缝出现轻微损伤且上层桥面铺装尚未明显损坏时，可采用铰缝注胶法进行维修。注胶法维修以单条铰缝为养护单元进行。

2 铰缝轻微损伤，桥面铺装无明显开裂，且具有单车道封交条件时，可采用加罩混凝土铺装层维修法。维修以单车道为养护单元进行。

6.1.3 单条铰缝存在中等损伤或严重损伤，且每侧相邻的3块空心板宽度范围内无其他铰缝损伤时，可采用单条铰缝的铰缝和混凝土铺装层整体维修法。

6.2 修复养护

6.2.1 一般规定

1 当板梁多条铰缝出现中等损伤及严重损伤时，为恢复其技术状况而实施结构性修复养护工程。

2 公路修复养护工程设计应同步进行施工交通组织设计，应根据工程特点和工艺需要合理采用封闭交通或部分封闭交通等交通组织方案，并应采用切实可行的交通疏导措施，减少工程实施期间对正常交通的影响。

3 板梁铰缝修复养护工程应以维持既有结构的承载能力及提高结构耐久性为目标，宜按原设计标准进行设计，应满足结构安全及正常使用的需求。

4 板梁铰缝修复养护工程设计采用材料的品种、规格及使用性能，应符合国家、行业相关标准的规定，并符合设计要求。

5 板梁铰缝修复养护工程设计应提出相应的验收标准及养护要点。

6 当空心板梁梁体、支座及铰缝均需维修加固时，应同步进行。

6.2.2 多条铰缝的中等损伤维修

1 多条铰缝存在中等损伤时，采用铰缝和混凝土铺装层整体维修法。

2 维修以单车道为养护单元进行，横桥向封道范围应包含最外侧待修铰缝以外 1.5m 宽度，混凝土铺装层纵向拼缝应避开车辆轮迹线位置，纵桥向维修区域根据封交时间及损伤情况进行局部维修或整跨维修。

3 当损伤铰缝间隔不大于 3 块空心板宽度时，应在凿除其间的所有铺装进行整体修复。

6.2.3 多条铰缝的严重损伤维修

1 多条铰缝存在严重损伤时，采用铰缝和混凝土铺装层整体维修法。

2 维修采用半幅或整幅封交施工，封交区域整跨或整联桥统一进行维修。

6.2.4 交通组织方案

1 施工期间的交通组织方案设计应提出作业区布置方案、车辆临时通行方案和临时交通安全设施布置方案等。

2 作业区布置方案应按长期作业、短期作业、临时作业和移动作业等作业类型进行设计。

3 作业区应由警告区、上游过渡区、缓冲区、工作区、下游过渡区和终止区等区段组成，警告区和工作区必须设置，其余区段的设置应根据公路技术等级、作业类型、作业方式和安全要求等确定。

4 车辆临时通行方案应根据公路技术等级和作业类型，结合作业区布置方案进行设计，并应符合下列规定：

(1) 短期作业、临时作业和移动作业应利用现有路面为车辆提供临时车道，长期作业宜利用现有路面提供临时车道。

(2) 高速公路和一级公路半幅封闭作业，或单向临时车道数不足时，可借对向车道设置临时车道。

(3) 双车道公路半幅封闭作业时，可利用对向车道双向交替通行。

(4) 长期作业路段全幅封闭作业，或利用现有路面设置的临时车道数不足时，应修建临时通行便道，或采用路网分流方案。

5 临时通行路段设计速度应根据实际交替需求和现场条件等确定。

6 高速公路和一级公路临时通行路段设计服务水平可较正常通行路段降低一级，其车道

数应根据实际交通需求、服务水平、设计速度、车道宽度和作业强度等，按行业现行有关标准的规定计算确定。

7 临时交通安全设施布置方案设计应符合下列规定：

- (1) 除移动作业外，作业区和通行车道之间应设置隔离设施。
- (2) 高速公路和一级公路的对向交通流之间应设置隔离设施。
- (3) 长期作业应采用稳固式交通安全设施。
- (4) 短期作业和临时作业宜采用易于安装、拆除的交通安全设施。
- (5) 移动作业宜采用移动式标志车，临时作业可采用移动式标志车。

8 对于车辆通行可能影响安全、结构和材料性能的关键施工环节，应根据施工工艺、结构和材料性能要求等，提出该路段在作业期间车辆限制通行或禁止通行方案。

6.3 换梁专项养护

6.3.1 空心板梁结构存在损伤，如梁底出现大量横向裂缝、支座及 1/4 跨附近出现大量斜裂缝等，经检测单位检测后承载力严重不足的，应做板梁更换处理。

6.3.2 桥梁梁体全幅更换时，新更换梁体应满足现行技术标准的要求。单梁更换时，新更换梁体不应低于原设计要求。

6.4 应急养护

6.4.1 当板梁存在下列情况，应立即采取交通管制措施，封闭其所在的车道：

- 1 非预应力空心板梁跨中横向裂缝超限，挠度超限；
- 2 板梁梁端出现腹板贯穿裂缝，或腹板裂缝延伸至底板并超限且有向跨中发展趋势；
- 3 板梁两侧铰缝存在通长裂缝，且梁体挠度超限的情况；
- 4 板梁顶板存在破损孔洞；
- 5 经专业检测单位认为有必要进行应急养护的其它情况。

6.4.2 当路段交通流量较大而难以长期封交时，则应在撤除交通管制前采取应急加固处理措施，加固处理方案应由专业设计单位出具。

6.4.3 信息上报应按照行业相关制度执行。

7 维修工程质量检验

7.1 施工质量检验

7.1.1 按《公路养护工程质量检验评定标准第一册土建工程》（JTG 5220）、《公路养护工程质量检验评定标准》（DG/TJ 08-2144）相关要求的质量检验，主要检验项目包含：

- 1 桥面铺装的平整度、横坡、厚度、混凝土强度、防水性能检验。
- 2 钢筋连接的焊缝检测，钢筋网片产品的质量检验。
- 3 灌浆料的粘结强度、灌胶压力、灌缝饱满程度。
- 4 植筋的钻孔直径、深度、垂直度、抗拔力。

7.1.2 植筋的数量不得少于设计要求，植筋插入锚孔深度不得小于设计深度的 95%。植筋间距及植筋至构件边缘距离不得小于构造规定值。植筋外观质量应符合锚孔内胶黏剂饱满，钢筋表面应无颗粒状或片状老锈及损伤，焊接不得松脱、开焊。

7.1.3 桥面铺装维修外观质量应符合表面平整密实，接缝处应紧密、平顺；桥面排水良好，新旧桥面衔接应平顺。

7.2 维修后跟踪检查

7.2.1 维修后应定期跟踪检查外观质量，检查桥面有无出现裂缝、渗水等现象。

7.2.2 梁体铰缝位置可抽样黏贴石膏板，判断铰缝是否发生相互错位。

7.3 通行状态下的挠度专项检查

7.3.1 挠度专项检查可利用社会重车通行时段进行数据采集测量。

7.3.2 经维修后铰缝的损伤系数 β 应不大于 0.17，达到良好评级。

7.3.3 挠度专项检查宜选择在气温变化不大、结构温度趋于稳定的时段内进行。

附件 条文说明

4.3.2 铰缝损伤系数的定义及对应的铰缝损伤评级,参考了以下相关报告及文献的研究成果:

[1]上海数久信息科技有限公司. 简支梁桥安全监测采购项目报告书[R]. 上海: 上海数久信息科技有限公司, 2016.

[2] 基于挠度监测的铰缝损伤定量评估方法[J]. 李小年;彭崇梅;孙燕;张香. 中国市政工程, 2016(02).

[3] 一种基于相对位移的铰缝传力性能评估方法[J]. 刘晓春;卫军;李沛;余志武. 中南大学学报(自然科学版), 2013(08).

[4]基于相对位移法的铰缝破损程度检测[J]. 钱寅泉;周正茂;葛玮明;袁桂芳;韩光强. 公路交通科技, 2012(07) .

由于空心板梁边梁的横向分布系数一般比中梁大,中梁的铰缝损伤评级参照表 4.3.2 执行,而边梁的铰缝损伤评级可适当提高要求进行评级。

5.2.1 铰缝和混凝土铺装层整体维修法的应用工程案例如下:

(1)同济路高架(2014 年大修):维修采用半幅、分段封闭施工,新建铺装体系为 11cmC50 混凝土+5cm 沥青,双层钢筋网片,钢筋网片纵向钢筋采用 $\Phi 8@100\text{mm}$,横向钢筋采用 $\Phi 12@100\text{mm}$,植入 $\Phi 10@150\text{mm}$ 的铰缝钢筋,铰缝内放置 $\Phi 10@150\text{mm}$ 的钢筋笼,铰缝混凝土采用 C50 快硬性纤维素纤维混凝土或聚丙烯纤维混凝土。

(2)天山西路 G20 跨线桥:维修采用全桥维修,半幅翻交,新建铺装体系为 8.5cmC50 快硬混凝土(老桥为 8cm)+5cm 沥青,铰缝采用 $\Phi 10@100$ 钢筋笼,铰缝两侧采用 $\Phi 12@150$ 植筋,铺装层钢筋为 $\Phi 12@100\text{mm}$ 。

(3)外环线沪青平立交桥:维修采用单车道维修,铰缝两侧采用 $\Phi 12@150$ 植筋,铺装层钢筋为 $\Phi 12@100\text{mm}$,采用快速砼加纤维。

(4)莘奉金高速奉贤跨线桥:单根铰缝维修,铰缝两侧采用 $\Phi 12@150$ 植筋,铺装采用双层钢筋网片,横向钢筋 $\Phi 16@120$,纵向钢筋 $\Phi 12@250$,快速砼。

(5)合五公路五溱窖厂桥:维修采用全桥维修,半幅翻交,铰缝采用 $\Phi 10@100$ 钢筋笼,铰缝两侧采用 $\Phi 12@150$ 植筋,铺装层钢筋为 $\Phi 12@100*100$,铺装混凝土为 C50 快硬混凝土。

(6)草港公路八溱中桥:维修采用全桥维修,全封闭,铰缝采用 $\Phi 10@100$ 钢筋笼,铰缝两侧采用 $\Phi 12@150$ 植筋,铺装层钢筋为 $\Phi 12@100\text{mm}$,铺装混凝土为 C50 快硬混凝土。

(7) 泰和路杨盛河桥：维修采用单车道维修，铰缝采用 $\Phi 10@100$ 钢筋笼，铰缝两侧采用 $\Phi 12@150$ 植筋，铺装层钢筋为 $\Phi 12@100\text{mm}$ ，铺装混凝土为 C50 快硬混凝土。

(8) 塔汇公路跃进河桥：维修采用单车道维修，新建铺装体系为 10cmC50 快硬混凝土+4cm 沥青，铰缝两侧采用 $\Phi 12@150$ 植筋， $\Phi 12@100$ mm 铺装层钢筋，铺装混凝土为 C50 快硬混凝土。

铰缝和混凝土铺装层整体维修法参考维修时长：为保证施工质量，单车道维修时长一般约 2~4d。紧急抢修速度为 10 小时内完成，一般利用晚上 20:00 至次日 6:00 的时段，但施工面积需控制在 60m² 以内。为保证植筋、焊接等施工质量，不宜采用紧急抢修。

5.2.2 根据上海市公路小铰缝空心板梁桥维修工程的调研情况，维修桥梁的原铺装采用 8cm 钢筋混凝土铺装+8cm 沥青混凝土铺装或 8cm 钢筋混凝土铺装+10cm 沥青混凝土铺装的情况较为常见，故绝大部分桥梁采用铰缝和混凝土铺装层整体维修法进行维修时，可满足维修后“沥青铺装厚度 h_2 不宜小于 4cm，混凝土铺装层厚度 h_1 不应小于 8cm”的条件；由于钢筋混凝土铺装在小铰缝空心板梁的横向连接体系中起重要作用，故在保证沥青铺装最小厚度的前提下尽量加大钢筋混凝土铺装的厚度。

5.3.1 加罩混凝土铺装层维修法参考维修时长：单车道施工时长约 8~12 小时。

5.4.1 铰缝注胶法工程案例如下：

(1) S5 沪嘉高速公路走马塘桥：钢筋混凝土简支空心板梁桥，桥梁跨径 10+10+10 米，2022 年进行铰缝注胶修复，修复铰缝 42 条，总长度 300 米。

(2) G60 高速公路(上海段)庙塘桥：预应力混凝土简支空心板梁桥，桥梁跨径 16+16+16 米，2023 年进行铰缝注胶修复，修复铰缝 8 条，总长度 128.0 米。

(3) G50 沪渝高速公路嘉闵立交：预应力混凝土简支空心板梁桥，桥梁跨径 22 米，2019 年进行铰缝注胶修复，修复铰缝 3 条，总长度 66 米。

(4) G1503 高速公路北环段胜辛路桥，预应力简支空心板梁桥，桥梁跨径 300 米，2020 年进行了铰缝注胶修复，修复铰缝 18 条，总长度 360 米

(5) G1503 高速公路北环段永盛路桥，预应力简支空心板梁桥，桥梁跨径 340 米，2017 年进行了铰缝注胶修复，修复铰缝 13 条，总长度 260 米。

铰缝注胶法参考维修时长：每跨桥梁采用轮流作业，平台搭设约 1~5d，清缝加封闭 1~2 d (1 d 可完成 8~10 条缝)，注浆 1 d，养生 1 d 后拆除平台，总时长约 4~9d。

