

湖南安江沅水大桥主桥病害原因分析及维修方案浅介

陈玉春 胡进科
湖南路桥建设集团有限责任公司

摘要：针对沅水大桥主桥病害检测情况，正确分析病害产生的根本原因，运用计算软件对维修前后的受力情况进行对比分析，依据不同的病害采取针对性的维修措施。

关键词：桥梁病害；原因分析；设计计算；受力对比分析；维修方案

一、工程概况

沅水大桥全长3122.28m，其中主桥605m，设计荷载：汽车-20，挂车-100级，人群荷载3.5kPa；纵向坡度≤2.5%，横向坡度双向1.5%，其上部结构为62.5m+5×96m+62.5m预应力连续箱梁，下部结构为圆端形截面板式墩、D150cm钻孔桩。

二、主要病害及原因分析

(一) 病害检测

该桥于2000年9月建成并完成动静载试验，10月通车试运营后即出现主桥腹板斜向开裂，共计51条。2002年9月对该桥出现的裂缝进行了灌浆、表面封闭处理，同时对主桥腹板进行粘贴钢板维修加固；在2002年11月、2003年1月、2004年5月分三次对该桥维修加固前后进行了连续观测，前两次检查在桥梁加固维修部位及其他位置均未发现新的裂缝，但在第三次检测时发现主桥新增裂缝25条，主要集中在腹板粘贴钢板区域端部。

2007年11月组织检测时发现：主桥加固区域裂缝未明显扩展；2010年11月再次检测发现主桥桥墩少数裂缝在进行维修后重新开裂，并出现新的裂缝。

(二) 原因分析

1) 汽车超载

本桥按照城市道路等级采用城市主干道Ⅱ级、桥涵城市A级的技术标准建造。目前实际存在交通流量与通行车辆载重已超过设计荷载等级（如超限、超载、密集等的现象）。

2) 结构抗力不足

主桥箱梁腹板竖向预应力钢筋施工条件较困难，一般施工质量不理想，并且竖向预应力钢筋较短，其他外在的因素对预应力损失影响较大，可能实际有效预应力小于设计值，导致结构抗力不足。

主桥腹板出现斜向裂缝原因与实际预应力钢筋有效预应力降低有关。同时桥墩竖向裂缝与桥墩抗力不足有关。

3) 施工缺陷

本桥通车试运营时，便出现主桥腹板斜向开裂以及墩顶竖向裂缝。表明在施工过程中原结构存在薄弱与缺陷的环节，也可能在施工的过程中混凝土结构已经出现裂缝。如在施工期间出现钢筋定位偏差、混凝土养护不到位、支座垫石标高定位偏差等原因造成先天缺陷，包括混凝土外观缺陷、钢筋保护层厚度不足、主桥箱梁底板细小裂缝、垫石混凝土破损、支座脱空等缺陷。

4) 车辆冲击作用

车辆行驶至伸缩缝部位时，由于桥面不平顺，造成较大的冲击荷载。在墩附近的顶板出现横向开裂主要与该作用有关。

5) 新老规范差异

近几年相关规范均在不断更新，完善了原规范的诸多不足。另外基于当时整个行业的认识局限，桥梁不可避免存在先天性缺陷，是同年代桥梁存在的通病。如：构造钢筋配置、材料指标及材料应力控制条件、结构抗震条件、混凝土收缩与徐变计算、温度力的计算等。

6) 其他原因

大桥建成至今已近13年，历经风吹、日晒、雨淋及极端恶劣气候的侵蚀，不可避免会产生结构构件的劣化现象。如支座钢板

锈蚀，内部钢筋开始轻度锈蚀，混凝土表面风化等。

另主桥桥墩为实体墩，在大体积混凝土凝固时，由于水化热及自身收缩作用，可能在混凝土内部已经出现受力薄弱部位，严重时甚至可能引起混凝土开裂。桥墩抗力不足也是桥墩开裂原因之一。

三、维修设计

(一) 设计原则

设计以安全可靠、快速、经济合理为设计原则。维修设计涉及的主要内容有：1) 主桥桥墩开裂问题；2) 主桥梁体（腹板、顶板）开裂问题；3) 主桥耐久性问题；4) 混凝土结构缺陷与耐久性修复问题。

维修设计考虑兼顾强度和耐久性两方面。

(二) 设计计算分析

对于桥墩病害，利用ANSYS等空间分析程序进行应力分析。具体包括主桥原结构验算和主桥桥墩加固前后局部空间应力分析。

1) 主桥原结构结构验算

主桥在原设计荷载标准作用下，荷载组合Ⅰ作用下箱梁最大法向压应力11.4Mpa，小于规范规定值0.5Rab=17.5Mpa，未出现拉应力。

腹板最大主拉应力1.61Mpa，小于规范规定值0.8Rab=2.4Mpa。

箱梁中跨静活载挠跨比为1/2370，小于规范规定值1/600。总体上原设计满足规范要求。

2) 主桥原结构桥墩及加固后局部空间应力分析

加固前，在支座反力（上部结构的恒载与活载组合）作用下，桥墩墩顶中心位置横桥向正应力为2.13Mpa。加固后，相同位置的最大横桥向正应力减小至0.56Mpa。桥墩空间模型及其在恒活载作用下，加固前与加固后桥墩墩顶局部区域的横桥向正应力分布如图1所示：

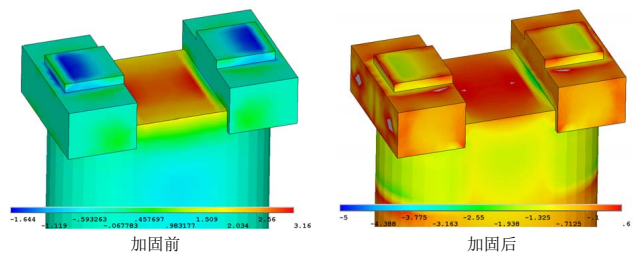


图1 加固前后桥墩墩顶横桥向正应力云图/Mpa

表1 主桥主要维修措施一览表

维修处理措施	主梁底板	主梁腹板	主梁顶板	桥墩	支座
缺陷处理	表层缺陷	✓	✓	✓	✓
	深层缺陷	✓	✓	✓	✓
裂缝处理	裂缝封闭	✓	✓	✓	✓
	裂缝灌浆	✓	✓	✓	✓
粘贴钢板加固		✓		✓	
粘贴碳纤维布加固			✓		
桥面局部改造			✓		
体外预应力				✓	
耐久性维修养护	✓	✓			✓

四、维修方案

依据不同的病害采取针对性的维修措施，主桥的主要维修措施见表1：

(一) 箱梁及桥墩裂缝处理

- 1) 裂缝封闭：裂缝宽度 $<0.15\text{mm}$ 者，做封闭处理；
- 2) 裂缝灌浆：裂缝宽度 $\geq 0.15\text{mm}$ 者，做灌浆处理。

(二) 箱梁及桥墩表面缺陷处理

1) 混凝土表层外观缺陷处理：对桥梁表面风化、剥落、露筋、及小面积的破损等缺陷修补采用聚合物砂浆进行修补。

2) 混凝土深层缺陷处理：混凝土表面蜂窝、空洞及较大范围破损等缺陷修补采用环氧砂浆（混凝土）进行修补。

3) 外露钢筋锈蚀处理：对混凝土剥落后外露钢筋进行表面除锈，并涂刷阻锈剂，最后用聚合物砂浆或环氧砂浆进行封闭。

4) 在钢筋保护层明显不足部位涂刷渗透型阻锈剂，以防止内部钢筋进一步锈蚀。

(三) 箱梁腹板粘贴钢板

原桥已采用粘贴钢板加固，在检测时发现粘贴钢板区域端部出现新的裂缝，依据对箱梁腹板主拉应力计算结果，在原粘贴区域两端增加腹板粘贴钢板。粘贴钢板厚度 6mm ，斜向 45° ，钢板粘贴完成后进行全面防护，防腐按照长效型考虑，年限15年。

(四) 箱梁顶板裂缝处理

1) 局部桥面铺装改造

箱梁端部 15m 范围内凿除原混凝土铺装层至顶板基面，并对顶板裂缝进行处理。原桥面铺装内部设置 $\phi 6$ 钢筋网片，间距为 $15\text{cm}\times 15\text{cm}$ ，配筋相对偏弱。本次维修增加设置 $\phi 12$ 钢筋网片，间距为 $30\text{cm}\times 30\text{cm}$ ，并与原钢筋网片进行绑扎，形成新的钢筋网

片。最后钢筋网片与桥面抗剪短钢筋进行焊接。将梁体基面清洗后进行喷洒界面剂，然后浇筑C50钢纤维混凝土，将伸缩缝与桥面连接平顺，最后设置一道刚性防水层。

2) 箱梁顶板加固

桥面混凝土浇筑前施工在对应箱梁内顶板 15m 范围内粘贴碳纤维两层，一层纵桥向，一层横桥向，对顶板进行局部加固。

(五) 桥墩增设体外预应力

一方面设置桥墩预应力后，减少原桥墩拉应力范围，在荷载作用下保证墩顶应力满足要求；另一方面预应力张拉，对竖向裂缝有“约束”作用，对结构的耐久性有利。依据桥墩的结构特点及病害情况，中墩采用增设体外预应力加固方式对桥墩维修加固，并充分考虑钢束较短，锚具回缩，预应力损失等因素的影响。

五、结束语

沅水大桥主桥病害原因分析及维修设计方案，通过了专家评审委员会的评审鉴定。根据专家评审意见，在工程实施前，对方案又进行了进一步的充实和修改，维修施工中，对加固部位进行了针对性的荷载试验。根据已经得出试验检测数据，维修设计方案达到了预期目的。

参考文献

- [1] 姚铁钢. 衡阳湘江二桥维修加固[J]. 湖南交通科技, 2003(3).
- [2] 杨斌,等. 钢筋混凝土连续箱梁病害分析及加固措施[J]. 湖南交通科技, 2011(3).
- [3] 黄勇,等. 宜宾马鸣溪金沙江大桥加固[J]. 公路, 2006(5).

(上接第209页)

障材料之间的均匀混合，也确保了材料配比中的含水量，达到最佳原材料混合状态，避免了混凝土初期含水量过多，导致后期出现大量裂痕，严重影响道路的质量问题。

(四) 合理施工，注意温度因素

天气气温也是产生裂缝的原因之一，因此在施工的时候应该选择较为适宜的温度进行施工。根据过往的经验，夏季早晚，冬季在 5°C 以上进行水稳层施工是最合适的。如此一来能够有效的防治气温过高或过低造成的水分挥发问题。另外，在施工过程中要合理安排人员，分别进行原材料搅拌、运输、路面碾压等工作，避免每一环节相隔时间太长，导致水稳层材料在等待的过程中受到温度影响而水分挥发。如果是运输过程较长的话，要进行材料的覆盖措施，防止水分流失。且施工时必须再次分析水稳层原材料的搅拌均匀情况，如果经过长时间运输出现分离必须在现场进行二次搅拌才能倒入到路面固定模块当中。当材料倒入到道路模块当中时要快速进行铺平碾压，碾压过程采用专业碾压工具，在操作过程施工人员要避免出现急刹、转弯掉头情况，防止局部地方碾压不到现象，导致水稳层压实度不一致、厚度不均从而后期道路出现裂痕。

(五) 精心养护

当水稳层压实之后混凝土材料自然进行凝固，进入了养护期，此期间防止外力的碾压，同时工作人员要时刻进行基层的关注，如果温度过高就要采用一些覆盖物进行基层覆盖，防止水分过度流失出现表面裂痕，影响水稳层的强度。一旦出现水稳层水分过度流失就要进行及时洒水养护，一般养护期需要7到28天作用，在此期间要合理安排人员实时路面检测，及时进行维护确保水稳层拥有高质量的强度。

另外，水稳层不适合长期暴露，最好是采用沥青混合物进行铺面进一步确保水稳层不受损坏，增加道路的使用寿命。当然，通车之后的道路仍需要定期进行检测，及时发现问题尽早进行补修才能实现道路更长的使用年限，确保人们日常生活的便利交通。尤其是对于一些超载车辆应当严格把控，避免过多超载带给路面过大的压力导致水稳层承受不了而出现裂痕。

结束语

总之，市政道路水稳层裂缝问题要从多方面进行分析，结合地质勘查资料数据，从原头分析道路土壤问题，加强路基的压紧巩固工作，做好道路建设原材料的选择，严格把控原材料的质量，合理进行组织施工，并做好养护工作，让道路水稳层能够更好的凝固，增加其承载能力，才能实现市政道路的长期使用。在这一系列的流程当中每一个环节都非常重要，只有认真做好每一环节工作才能实现更好的道路水稳层裂缝防治工作。

参考文献

- [1] 刘军,尚帅帅,刘广林. 市政道路水稳层施工质量控制与对策分析[J]. 居舍, 2019(27):138.
- [2] 王超,沈忱. 市政道路水稳层裂缝成因分析及防治措施探讨[J]. 中国水运(下半月), 2019, 19(06):199-200.
- [3] 石铂. 市政道路水稳层施工质量问题分析与解决措施[J]. 山西建筑, 2018, 44(32):139-140.
- [4] 毛润军. 市政道路工程水稳层质量控制措施分析[J]. 山西建筑, 2018, 44(12):205-206.

作者简介:

李丽霞,女,工程师,本科,主要从事:市政道路. 给排水设计工作。