

城市高架混凝土现浇变宽梁桥横梁开裂处置措施及效果分析

李小祥

(上海同济检测技术有限公司,上海市 200433)

摘要:针对某软土地基城市高架混凝土现浇变宽箱梁桥施工过程中出现的横梁开裂问题,结合裂缝分布特点,提出了相应的加固处置措施,并采用空间杆系模型与 ANSYS 实体有限元模型相结合的方式对其加固效果进行分析。研究表明:与加固前相比,加固后横梁正截面抗弯承载能力提升了 9.0%,斜截面抗剪承载力提升了 38.9%;加固后横梁正截面抗弯、斜截面抗剪以及裂缝断面直剪承载力均满足要求,且横梁正截面和斜截面抗裂性均满足要求,加固效果较为显著。横梁荷载试验结果表明,加固后横梁总体抗弯工作性能和开裂位置附近的抗剪工作性能好。所提出的增大截面和增设预应力综合加固方案,可为其他工程提供参考。

关键词:城市高架;混凝土现浇梁桥;横梁开裂;加固措施;受力分析;荷载试验

中图分类号:U445.4

文献标志码:A

文章编号:1009-7716(2024)05-0200-04

0 引言

随着国民经济的发展,城市化建设发展迅速,人们对于城市的交通基础设施要求越来越高。作为联系城市区域交通运输、经济发展、社会沟通的关键工程,市政桥梁得到了广泛的应用。市政桥梁结构多以变宽截面、变高截面、曲线结构等异形结构为主,此类宽度较大的桥梁相比于公路桥梁,会在横梁处增设横向支座,对基础要求较高。在软土地基上,多个支座容易发生不均匀沉降,导致横梁因受弯、受剪后出现裂缝^[1]。

钢筋混凝土桥梁出现裂缝后,会威胁到桥梁整体的安全性。随着裂缝的不断发展,外界环境对钢筋的腐蚀也不断加大,内部结构质量则逐渐降低,进而削弱结构承载能力,不利于后期的使用。因此在桥梁的建造过程中,应该在设计、监控以及施工等各阶段做好各方面工作,保证桥梁的整体质量。在桥梁结构出现裂缝后,应该结合实际工程情况,采取科学合理的加固措施对其进行处理,从而减少钢筋混凝土裂缝的进一步发展,提高桥梁结构的质量,保证结构的安全^[2-3]。

目前对于桥梁加固开展了较多的相关研究,其中较为成熟的加固方法有增大截面加固法、增设支

点加固法、粘贴钢板加固法、外加预应力加固法等。然而工程实践表明,单纯采用一种方法对结构进行加固,效果往往不是特别明显^[4-7]。

现有的加固技术主要针对箱梁顶、底和腹板的开裂,针对横梁的开裂加固研究很少。为了解决软土地基桥梁施工过程中经常出现的横梁开裂问题,本文以某市政高架现浇箱梁工程为依托,对横梁开裂的加固处置措施及其效果进行了研究,并利用荷载试验对加固效果作进一步验证。

1 工程概况

1.1 结构及施工特点

依托工程为某市政高架桥梁项目的现浇混凝土变宽箱梁桥,跨径布置为 4×29 m,箱梁截面采用单箱 8 室等高变宽形式,梁高 2 m,在 HCNP67# 及 HCNP69# 支点处加高至 2.3 m。桥面宽度由 54.5 m 渐变至 41.8 m。箱梁标准断面顶板厚 26 cm,底板厚 22 cm,腹板厚 40 cm。在 HCNP67#、68#、69# 墩位置各设置 1 道中横梁,其中 HCNP67#、69# 中横梁高度为 2.3 m,宽度为 3 m;HCNP68# 中横梁高度为 2 m,梁宽 3 m。

主线快速路设计车速 80 km/h,标准段为双向 6 车道,局部双向 8 车道。背景工程位于上下匝道合流段,由 10 车道渐变至 8 车道。

箱梁采用满堂支架施工,箱梁分 2 次浇筑完成,

收稿日期:2023-12-14

作者简介:李小祥(1981—),男,博士,高级工程师,从事桥梁结构性能分析及检测评估技术工作。

浇筑顺序见图1。第一次浇筑为底板及腹板上倒角以下范围,第二次浇筑为顶板及倒角区域。纵向浇筑顺序为从HCNP66#、HCNP70#横梁开始两侧往中间对称浇筑,2次浇筑时间间隔40d。

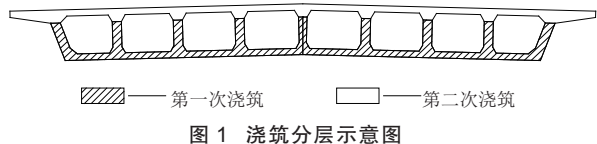


图1 浇筑分层示意图

1.2 横梁开裂情况

由于桥位处于软土地基,且2次浇筑时间间隔久,横梁位置支架出现了不均匀沉降,导致分层顶面出现拉应力,且浇筑时分层位置只配置了构造钢筋,无抗拉钢筋,因此在浇筑分层位置出现开裂。裂缝主要分布在HCNP67#、HCNP68#、HCNP69#这3道横梁的中支座附近,对称分布于横梁两侧(见图2)。裂缝检测结果表明:HCNP67#横梁处存在4道裂缝,其中有2道裂缝为贯穿性裂缝,裂缝长度约为1200mm,裂缝宽度约为2.8mm;HCNP68#横梁处存在8道裂缝,无贯穿性裂缝,最大裂缝深度约为290mm,裂缝长度约为1200mm,裂缝宽度约为0.5mm;HCNP69#横梁处存在8道裂缝,无贯穿性裂缝,最大裂缝深度约为170mm,裂缝长度约为1200mm,裂缝宽度约为1.0mm。

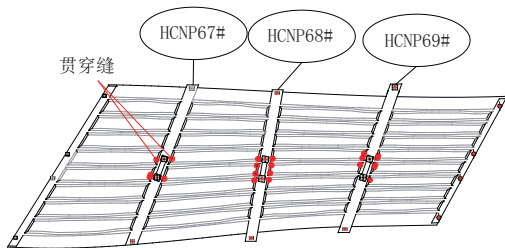


图2 横梁裂缝分布示意图

2 裂缝处置方案

为了满足横梁受力要求,对中横梁进行了加固处置,处置措施包括增大截面加固和外加预应力加固。

增大截面处置示意图见图3。图3中,横梁单侧增大截面宽度达65cm,新增混凝土结构采用植筋的方式与既有混凝土结构连接;灌注材料为C55无收缩自密实混凝土。

对横梁采用增大截面和增设横向预应力钢束相结合的综合加固措施,如图4所示。此时横梁横向预应力钢束每侧设4束,上下各2束,钢束通长设置,锚固于边箱梁外侧,钢束采用5- ϕ 15.2钢绞线。横桥向对两外侧中腹板之间区域的横梁进行加固,加固

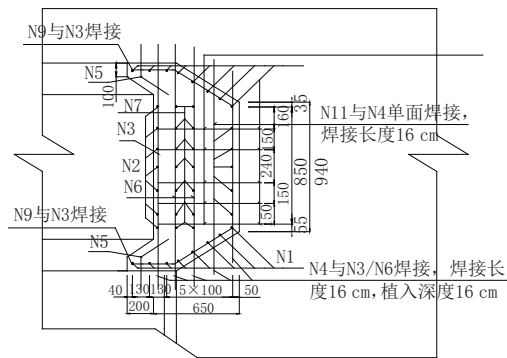


图3 横梁增大截面示意图(单位:cm)

区域横桥向长度约为32.6m。

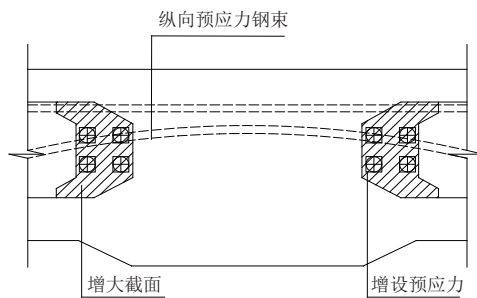


图4 横梁增设横向预应力钢束示意图

3 加固处置效果分析

3.1 处置后承载能力分析

HCNP67#横梁存在贯穿性裂缝,开裂程度较为严重,因此选取HCNP67#横梁作为研究对象,分析对裂缝进行综合加固后横梁的承载能力。分析中采用梁格法对全桥建立空间杆系模型进行模拟计算,横梁采用梁单元进行模拟,预应力钢束采用钢绞线进行模拟。材料按设计要求进行选用,计算过程中结构自重根据设计图纸重量计入。梁格全桥模型示意图见图5。

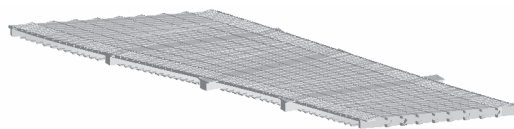


图5 梁格全桥模型示意图

在计算模型中对于加固效果按照以下原则进行模拟。偏保守地按照腹板裂缝完全贯通,且不考虑裂缝中灌注的环氧树脂胶的贡献,新增混凝土按照全部参与受力进行考虑。横梁截面模拟示意图见图6。预应力钢束采用5- ϕ 15.2-1860钢绞线,模型中采用Strand1860材料模拟。

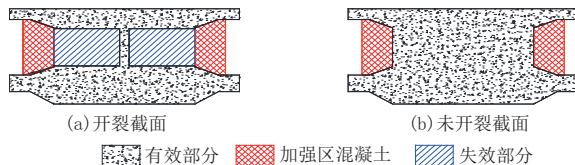


图6 横梁截面模拟示意图

采用空间杆系模型进行模拟计算,得到加固后横梁在最不利组合下的正截面抗弯承载力、斜截面抗剪承载力,见表1。

表1 全桥梁格模型承载力计算结果

工况	内力		抗力		加固后 富余度 1%	抗力提 高率 1%
	加固前	加固后	加固前	加固后		
正截面抗弯 承载力 / (kN·m)	76 182	79 440	111 193	121 166	52.5	9.0
斜截面抗剪承 载力 /kN	20 822	20 937	18 838	26 171	25.0	38.9
裂缝断面直剪 承载力验算 /kN	18 479	18 479	14 632	24 426	32.2	66.9

由表1可知:加固后横梁最大弯矩为79 440 kN·m,对应抗力为121 166 kN·m,正截面抗弯承载力满足要求,富余度为52.5%;横梁最大剪力为20 937 kN,对应抗力为26 171 kN,斜截面承载力满足要求,富余度为25.0%;横梁裂缝断面处最大剪力为18 479 kN,对应抗力为24 426 kN,裂缝断面直剪承载力满足要求,富余度为32.2%。

以上分析结果表明,开裂横梁在同时采用增大截面加固和外加预应力加固的综合加固法加固后,截面抗力均满足对应要求,承载力水平得到显著提升,正截面抗弯承载力较加固前提升了9.0%,斜截面抗剪承载力较加固前提升了38.9%,裂缝断面直剪承载力较加固前提升了66.9%,加固效果较为显著。

3.2 处置后抗裂性能分析

采用大型通用有限元软件 ANSYS,建立 HC-NP67# 横梁的局部实体模型,横梁截面模拟同上,建立的有限元模型示意图见图7。其中,主梁及横梁混凝土采用 SOLID45 单元模拟,预应力钢绞线采用 LINK8 单元模拟,预应力单元与混凝土单元之间通过生成约束方程相连,预应力作用通过降温法施加,考虑纵桥向预应力效应。

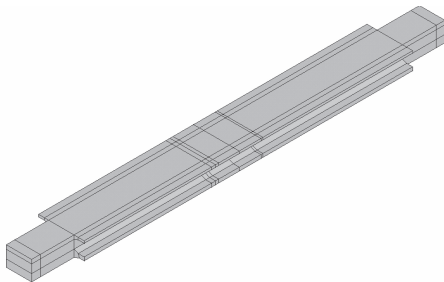


图7 HCNP67# 横梁实体有限元模型示意图

在作用频遇值组合下,加固后 HCNP67# 横梁横桥向正应力分布的实体有限元分析结果见图8。

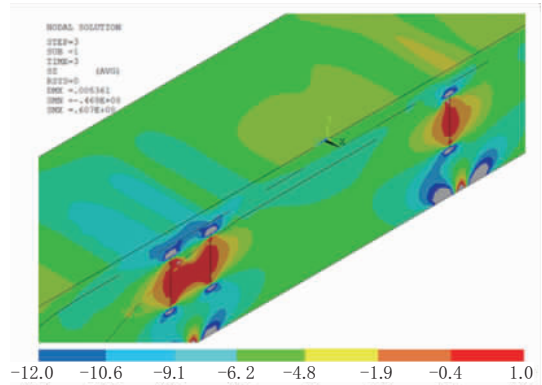


图8 加固后横梁横桥向正应力分布示意图(单位:MPa)

由图8可知:加固后横梁大部分区域正截面为全截面受压;裂缝断面附近的原截面腹板中出现了拉应力,最大拉应力约为1.00 MPa,未超过混凝土的抗拉强度设计值1.86 MPa,加强区混凝土未出现拉应力。以上分析表明,加固后横梁正截面具有良好的抗裂性能。

作用频遇值组合下,加固后 HCNP67# 横梁横桥向主拉应力分布图见图9。由图9可知:忽略支座局部区域的影响,加固后横梁顶板处最大主拉应力为0.30 MPa,腹板大部分区域处于受压状态,由裂缝断面沿横桥向扩散的最大主拉应力为1.10 MPa,加强区混凝土最大主拉应力为0.67 MPa,均未超过混凝土的抗拉强度设计值1.33 MPa。

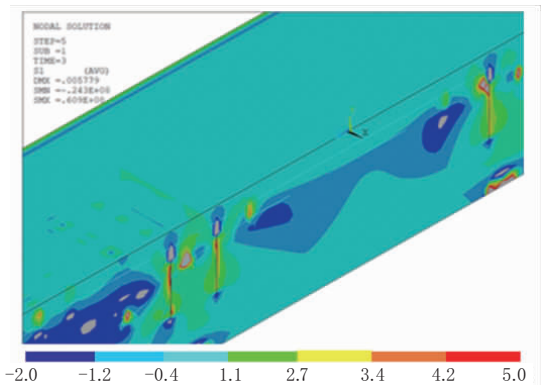


图9 加固后横梁横桥向主拉应力分布示意图(单位:MPa)

同时对未加固横梁建立实体模型,分析其加固前应力水平,加固前后的比较结果如表2所示。

表2 实体模型应力计算结果

工况	应力 /MPa			加固后富 余度 1%	应力降低 百分比 1%
	加固前	加固后	允许值		
正截面抗裂性	1.00	1.00	1.86	90.0	0
斜截面抗裂性	2.67	1.10	1.33	18.2	58.8

以上分析结果表明,开裂横梁经过综合加固后,其正截面和斜截面的抗裂性均满足要求。斜截面主

拉应力较加固前降低 58.8%,说明加固效果较为显著。

4 加固后横梁荷载试验

4.1 试验方案

为检验横梁加固方案设计与施工的质量,判断加固后横梁实际的受力情况及其承载能力,对 HC-NP67#~69# 横梁进行实桥荷载试验。考虑到原开裂位置主要集中在中支座附近,因此荷载试验主要针对各横梁的总体抗弯工作性能以及开裂位置附近的抗剪工作性能展开。

结合空间杆系模型以及实体模型的计算结果,按照各横梁在设计使用荷载下的跨中最大正弯矩工况、墩顶最大负弯矩工况以及横梁中支点附近最大剪力工况进行布载,通过对影响线的分析来确定试验荷载的加载位置,加载效应系数控制在 0.95~1.05。测试断面布置在各横梁的中支点附近和横梁跨中附近最大内力所对应的位置,加固后横梁荷载试验测试断面布置示意图见图 10,应变及位移测点布置示意图见图 11。测试内容为各工况下横梁跨中测试断面的应变和挠度、横梁支点处测试断面的应变。

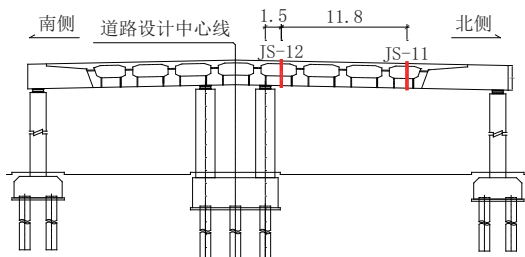
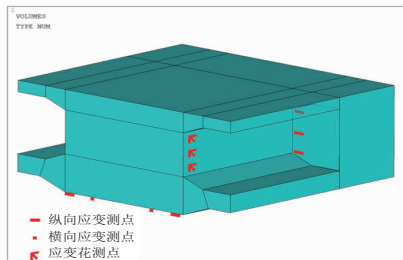
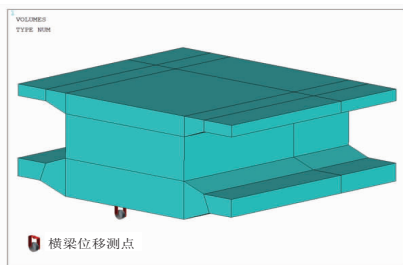


图 10 加固后横梁荷载试验测试断面布置示意图



(a)应变测点布置示意图



(b)位移测点布置示意图

图 11 加固后横梁荷载试验应变及位移测点布置示意图

4.2 试验结果

通过对比分析荷载试验实测值和模型计算理论值,可得出横梁各测试断面的应变校验系数、挠度校验系数、残余应变系数和残余变形系数。分析结果表明:横梁的应变校验系数为 0.67~0.98,位移校验系数为 0.72~0.88,校验系数均小于规范值 1;主要位移测点的最大残余系数为 12.5%,主要应变测点的最大残余系数为 18.2%,均小于规范值 20%。试验过程中横梁未出现新的裂缝。

以上分析表明,加固后横梁总体的抗弯工作性能和开裂位置附近的抗剪工作性能良好。

5 结语

(1)针对裂缝的病害特点和横梁的构造形式,可采用增大截面和增设横向预应力相结合的加固措施,对病害横梁进行加固处置。

(2)采用加固措施后,横梁正截面抗弯承载力较加固前提升了 9.0%,斜截面抗剪承载力较加固前提升了 38.9%,加固效果较为显著,加固后均满足规范要求。

(3)加固后横梁的正应力和主应力均小于材料设计强度,斜截面主拉应力较加固前降低 58.8%,加固后具有良好的抗裂性。

(4)加固后横梁荷载试验结果表明,加固后横梁总体抗弯工作性能和开裂位置附近的抗剪工作性能良好。

(5)本文提出的增大混凝土截面和增设预应力的综合加固方案有效地解决了横梁开裂的病害,使其满足结构的受力要求,可为其他工程提供参考。

参考文献:

[1] 阎钧.市政工程桥梁设计要点[J].工程建设与设计,2018(21):118-120.
 [2] 季健.钢筋混凝土桥梁裂缝成因分析与加固措施研究[J].科技世界,2018(25):217-218.
 [3] 张林丽,郑庆祥.浅析混凝土桥梁裂缝产生的原因[J].建材与装饰,2012(9):104-105.
 [4] 王磊,蔡先松,张文栋.增大截面有粘结预应力加固钢筋混凝土梁试验研究[J].城市建设理论研究(电子版),2012(12):70-71.
 [5] 任国志.钢筋混凝土梁增大截面加固法研究[J].科学咨询,2012(22):64-65.
 [6] 周子兵,石春香.公路钢筋混凝土梁的体外预应力加固技术[J].森林工程,2000,16(3):57-58.
 [7] 唐业清,万墨林.建筑物改造与病害处理[M].北京:中国建筑工业出版社,2000:64-65.