

# 斜拉桥主梁长悬臂翼缘板施工阶段裂缝成因分析

姜涌<sup>1</sup>, 庞晰中<sup>2</sup>, 孙元军<sup>1</sup>, 刘哲<sup>1</sup>, 陈俐光<sup>1</sup>, 赵理祥<sup>1</sup>, 朱万旭<sup>2</sup>

(1. 中国建筑一局(集团)有限公司, 北京 100161; 2. 桂林理工大学 土木与建筑工程学院, 广西 桂林 541004)

**摘要:** 针对某长悬臂翼缘板箱梁斜拉桥在施工阶段出现的裂缝, 运用 ANSYS 建立主梁悬臂翼缘板有限元模型, 分析砼收缩差异和横向预应力对翼缘板的影响, 结果表明两者效应的叠加是导致裂缝产生的主要原因, 并提出了相应预防措施。

**关键词:** 桥梁; 斜拉桥; 长悬臂翼缘板; 裂缝; 施工阶段

**中图分类号:** U445.466

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2668(2020)05-0097-03

桥梁施工过程中, 由于多种原因导致主梁开裂, 将给桥梁结构强度和刚度带来不同程度的损害, 缩短桥梁寿命。防治翼板开裂是现场施工浇筑时容易忽视但又必须重视的问题。丁福东对天华铁路东庄南川河特大桥翼缘板底部出现的裂缝进行分析, 认为砼快速收缩是产生裂缝的主要原因; 吴衍对某钢筋砼简支梁桥翼缘底部裂缝进行分析, 认为温度及砼收缩是翼板出现横向裂缝的主要原因; 张科胜对大榭大桥施工阶段翼板底部裂缝进行分析, 认为翼板出现横向裂缝的主要原因是顶、底板两次砼浇筑间隔时间较长。目前, 中国对翼板裂缝成因的分析主要针对悬臂翼缘长度为 4 m 以下的主梁, 而对翼缘长度为 4 m 以上的箱梁长悬臂翼缘板裂缝成因分析较少。该文结合某矮塔斜拉桥, 针对长悬臂翼缘板在施工中出现的裂缝进行分析并提出应对措施, 为该类桥梁裂缝防治提供依据。

## 1 施工概况及裂缝分布

某矮塔斜拉桥全长 1 081 m, 主桥为(120+2×210+120) m, 采用整幅式斜腹板单箱三室截面, 主梁为预应力砼变截面箱梁, 采用 C60 砼, 两侧采用 2% 双向横坡。主桥采用挂篮悬臂施工, 一个 T 构矮塔单侧共分为 24 个节段, 1#~8# 节段为无索区, 1#~24# 节段长划分为(2×3.5+22×4.0) m。主梁 0# 节段采用临时支架浇筑, 1#~24# 节段通过挂篮对称悬臂浇筑。0#~6# 截面中室顶板厚度为 100~70 cm, 其余截面为 70 cm, 顶面另设 30 cm 厚凸起构造; 0#~6# 截面边室顶板厚度为 55~28 cm, 其余截面为 28 cm。底板宽 1 600~1 905.8 cm, 底板厚由 30 cm 按照 1.8 次抛物线变化至 100 cm。箱梁悬臂长 8.25 m, 板端部厚 20 cm, 根部厚

50 cm, 板厚为线性变化。悬臂翼缘支撑在 40 cm 厚横肋上, 端部设 70 cm 高小纵梁。跨中箱梁梁高 3.8 m, 梁高由 3.8 m 按 1.8 次抛物线变化至支座处节段 7 m 高。

受施工因素影响, 3#、4 节段的施工间隔达 15 d。施工中发现节线处的翼缘底部出现斜裂缝, 主要集中在自由端附近, 从上一节段向下一节段延伸; 无漏水现象, 裂缝无贯通。裂缝分布见图 1。



图 1 主梁翼缘裂缝分布

## 2 裂缝产生原因分析

从裂缝形态和分布情况来看, 节段间横向剪切作用是引起砼开裂的主要原因。而节段间横向剪切作用主要来源于节段间砼的横向收缩差异和横向预应力筋引起的翼板横向压缩差异。

### 2.1 节段间砼的横向收缩差异

砼的收缩与龄期有密切关系。施工过程中, 由

于相邻节段的浇筑时间间隔较长,后浇节段开始收缩时,先浇节段已完成部分收缩,在节段间产生较大收缩差异。而且主梁采用长悬臂翼缘板,翼板沿横向收缩增大。凝结初期砼收缩发展很快,2周可达到全部收缩量的25%,1个月达到50%。因此,在后浇节段浇筑完成后,其砼收缩快于先浇节段,使后浇节段在收缩时受到先浇节段的约束,在节线处产生切应力。

## 2.2 横向预应力筋引起的翼板横向压缩差异

为满足箱梁顶板的强度、刚度和抗裂要求,在箱梁顶板布置间距为40 cm的横向预应力钢束,采用 $4\phi^{*}15.2$ 钢绞线。砼强度达到90%且龄龄不小于7 d时,对横向预应力筋进行张拉,此时后浇节段砼还在收缩阶段,后浇节段横向预应力筋的张拉增大了节段间砼收缩的差距。节段间砼的收缩与横向预应力筋引起翼板的横向压缩都会形成两节段间的横向剪切作用,且两者作用的方向一致,从而使节段间翼板砼剪切作用增大。

## 3 有限元分析

采用有限元软件 ANSYS14.0 建立翼板三维有限元实体模型,模型采用 Solid65 单元,共 25 620 个节点、19 328 个单元(见图 2)。

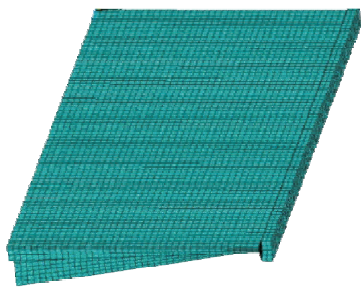


图 2 翼板有限元模型

### 3.1 砼收缩差异的影响

该阶段主要是砼的收缩过程。考虑到节段间施工间隔时间较长,将先后节段设置成不同的热膨胀系数。利用同一温度下不同热膨胀系数的砼收缩量不同,模拟节段间砼的横向收缩差异。砼收缩差异影响下节线处主拉应力见图 3。

由图 3 可知:在节线处产生较大拉应力,在后浇节段靠近自由端附近产生最大拉应力 3.63 MPa,该数值已大于 C60 砼抗拉强度标准值 2.85 MPa,导致翼缘开裂。

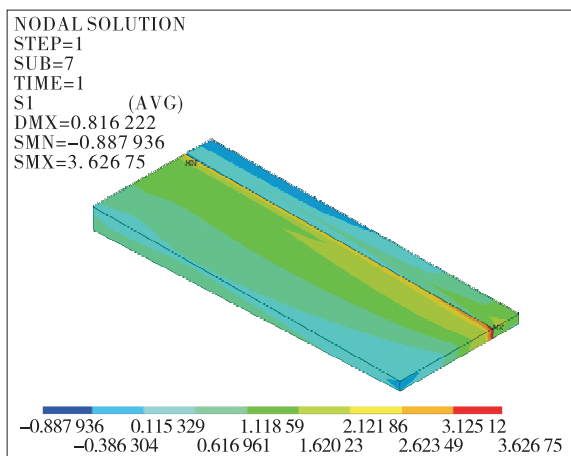


图 3 节段间砼收缩差异影响下主拉应力云图(单位:MPa)

### 3.2 横向预应力的影响

对该阶段模型进行分析时,忽略砼收缩效应对裂缝的影响。横向预应力影响下节线处主拉应力见图 4。

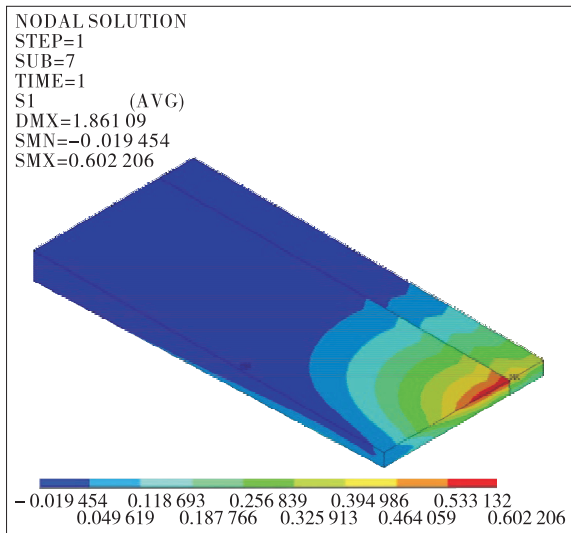


图 4 横向预应力引起压缩差异时的主拉应力云图(单位:MPa)

由图 4 可知:在后浇节段自由端附近的应力较集中,产生 0.6 MPa 的最大拉应力。其作用效果与砼收缩差异一致,两者对翼缘砼产生的叠加效应最终导致砼开裂。

## 4 裂缝控制措施

根据以上分析,要想在施工过程中控制箱梁悬臂翼板开裂,需采取措施减小节段间翼缘的横向变形差异。可采取以下措施:

(1) 严格控制相邻节段的龄期差。控制节段间砼浇筑时间间隔,能减少相邻节段间不同龄期砼收缩差异。如果施工工期延误导致相邻节段间龄期相

差过大,需采取必要措施,防止节段间砼收缩差异而导致开裂。

(2) 分批张拉横向预应力筋,优化横向预应力筋张拉顺序。同时张拉相邻节段的部分横向预应力筋,使横向预应力筋的张拉滞后完成,减小横向预应力对节段间砼的压缩差异。

(3) 加强施工阶段砼养护,做好保湿、保温措施。主梁采用长悬臂翼缘板,翼板构件的理论厚度较小,与大气接触的周边长度大,导致砼收缩增大。保证良好的养护措施,能延缓后浇节段的收缩,从而减小节段间砼的收缩差异。

控制节段间的龄期差是重要也是首要的控制措施。为提高施工质量,且不影响施工进度,该桥后续施工中采取严格控制龄期差和加强砼养护的措施,消除了主梁翼缘板的裂缝,取得了良好控制效果。

## 5 结论

主梁采用长悬臂翼缘板,翼缘砼的收缩会偏大,若施工不当,将增大节段间砼收缩差异,导致砼开裂。相比于砼收缩对翼缘横向剪切作用的影响,横向预应力筋引起的翼缘横向压缩差异不明显,但两者的叠加效应会增大翼缘横向剪切作用,导致翼缘开裂。施工过程中采取适当的控制措施,能有效预防该类裂缝的产生。

## 参考文献:

[1] 楼庄鸿.论预应力混凝土梁桥的裂缝[J].公路交通科

技,2000,17(6):49—52.

[2] 屈文俊,车惠民.裂缝对混凝土桥梁耐久性影响的评估[J].铁道学报,1997,19(4):90—98.

[3] 丁福东.预应力混凝土T梁翼缘板裂缝分析及对策[J].铁路技术创新,2017(2):25—28.

[4] 吴衍.高寒干旱地区钢筋混凝土简支箱梁翼板裂缝病害分析与防治[J].科学技术与工程,2010,10(24):6084—6087.

[5] 张科胜.钢筋混凝土现浇曲梁翼板裂纹的原因分析及防治处理[J].公路,2001(4):46—48.

[6] 张凯生.钢筋混凝土现浇连续箱梁翼板下缘裂缝分析及防治[J].华东公路,2004(3):25—27.

[7] 荣劲松.高强固结条件下钢筋混凝土连续箱梁大翼缘板裂缝的分析及处理措施[J].水运工程,2001(8):68—70.

[8] 刘桂生,刘慧敏.大跨径箱梁桥裂缝成因分析及控制措施[J].公路,2006(8):250—252.

[9] 张利.预应力混凝土连续刚构桥箱梁顶板纵向裂缝分析[J].公路,2006(8):270—272.

[10] 王如寒,陈德伟,白值舟.在施混凝土斜拉桥主梁裂缝成因分析[J].工程质量,2015,33(7):91—93.

[11] 刘芳平,周建庭,宋军,等.悬臂施工过程中箱梁腹板斜裂缝成因分析[J].施工技术,2012,41(23):47—50.

[12] 肖星星.预应力混凝土箱梁桥悬臂施工中腹板斜裂缝成因分析[J].现代交通技术,2007,4(1):43—47.

[13] 杜延昭.某斜拉桥主梁底板纵向裂缝成因分析[J].河北工业大学学报,2009,38(4):95—98.

收稿日期:2019-10-10

## 《公路与汽运》杂志 2021 年征订启事

《公路与汽运》杂志由长沙理工大学主办,是一份介绍汽车、道路、桥梁等公路交通领域科技信息的面向国内外公开发行的技术类科技期刊。国际标准连续出版物号:ISSN 1671—2668,国内统一连续出版物号:CN 43—1362/U。为首届(2006年)中国高校特色科技期刊、湖南省一级期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊,被中国期刊全文数据库及中文科技期刊数据库全文收录、万方数据—数字化期刊群全文上网,并荣获首届《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊奖。

本刊立足公路交通系统,报道国内外汽车与公路交通领域的最新研究成果,荟萃汽车运用与维修技术,传播公路交通安全知识,介绍公路运输行业的新技术与管理经验,刊登公路交通工程的新工艺、新技术、新材料。2021年拟设主要栏目:汽车工程;交通规划与管理;运输与物流;道路工程;桥隧工程;工程经济与管理。

本刊为双月刊,逢单月25日出版。发行代号:国内42—95,国外DK43002。每期定价15元,全年90元。读者可在当地邮局订阅,也可直接向本刊编辑部索取订单订阅,订阅款请汇至本刊编辑部或银行账号。

通信地址:长沙理工大学金盆岭校区8号信箱

邮编:410076

联系电话:0731—83528400

开户行:长沙市农行高云支行

户名:长沙理工大学

账号:18—051401040000158