

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2021.05.035

斜拉索主梁锚固合理构造设计

田波, 宋路兵

(四川省公路规划勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610041)

摘要: 宜宾南溪(仙源)长江大桥是国家规划的长江干线新建过江通道重点项目。主桥采用五跨 280 m+572 m+(72.5+63+53.5)m 双塔双索面非对称混合梁斜拉桥。针对斜拉索在组合梁上的锚固, 选用锚拉板结构。主要介绍锚拉板结构的合理构造、计算分析和关键施工要点等关键技术。

关键词: 斜拉桥; 锚拉板; 合理构造

中图分类号: U448.27

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)05-0116-03

0 引言

宜宾南溪(仙源)长江大桥跨越长江, 按双向四车道公路桥设计, 预留六车道通车能力, 两侧设置人行道, 设计荷载为公路—I级、人群荷载 2.5 kN/m²。

主桥采用五跨 280 m+572 m+(72.5+63+53.5)m 双塔双索面非对称混合梁斜拉桥。主跨及北岸边跨主梁采用混合梁, 南岸边跨主梁采用混凝土主梁, 北岸边中跨比 0.49, 南岸边中跨比 0.33。组合梁主梁段斜拉索间距 13.5 m, 混凝土主梁斜拉索间距 9.0 m, 钢混过渡段设置于南岸主塔中跨侧。桥面全宽 30.5 m(含拉索空间), 主梁中心高度 3.5 m。大桥桥孔布置见图 1^[1-5]。

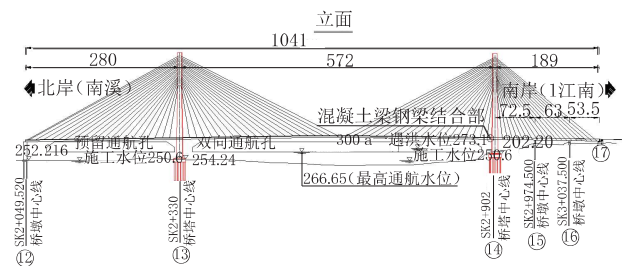


图1 大桥桥孔布置图(单位:m)

1 索梁锚固构造的选择

本项目钢主梁采用工字钢主梁+混凝土桥面板的组合梁结构。斜拉索与钢主梁之间的锚固连接是设计的关键问题。索梁锚固结构是一个局部应力大、传力复杂的区域, 它要将从斜拉索传递来的巨大索力分散到主梁截面。设计时应尽量使力线流畅, 避免

出现过大的应力集中现象。否则, 在长期动载和静载作用下, 可能出现疲劳或强度破坏。

目前, 组合梁斜拉桥中常见的索梁锚固型式主要有以下3种: 钢锚箱式(承压式)连接; 耳板式(销铰式)连接; 锚拉板连接。常见的索梁锚固型式见图2。

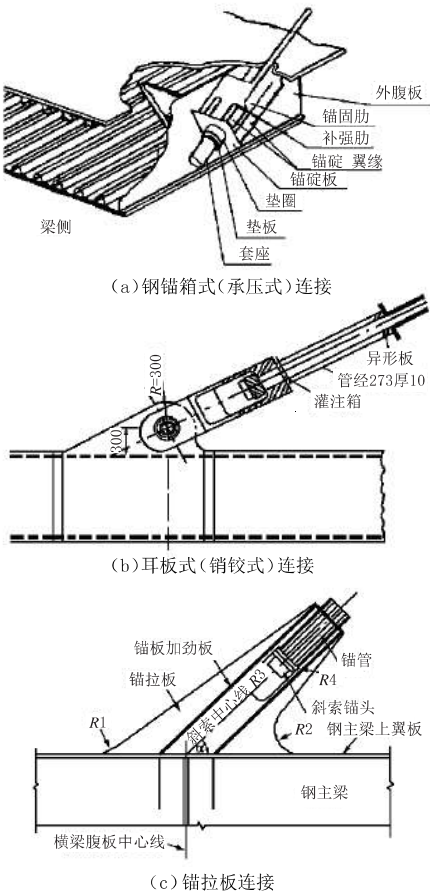


图2 常见的索梁锚固型式图

根据对上述三类锚固形式总体分析如下:

(1)从传力行为来看: 锚箱式连接是通过锚箱底板、承压板将索力传递给钢梁腹板; 耳板式连接是直

收稿日期: 2020-09-07

作者简介: 田波(1974—), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 从事公路规划勘察设计工作。

接由耳板将索力传递到钢梁腹板;锚拉板式连接是通过锚拉板将索力传递给钢梁。都能实现拉索力到主梁的传力。

(2)从传力构造来看:锚箱式连接板件较多,构造最复杂,而耳板式连接构造最简单,锚拉板连接介于上述两者之间。

(3)从材料来看:锚箱式、锚拉板连接均不需要特殊钢材,对钢材的性能没有特别的要求,而耳板式连接要求耳板钢材具有很高的屈服强度。

(4)各种索梁锚固连接形式都会出现不同程度的应力集中现象,出现应力集中的部位有所不同;锚箱式连接以腹板的应力集中最为严重;耳板式连接往往在销孔壁形成了巨大的局部压力;而锚拉板式连接往往在锚拉板焊缝处出现应力集中。

综合分析,钢锚箱式连接构造复杂,往往要求更高的制造工艺和制造成本,同时运营过程中的检查、维修、较为不便;耳板式(销铰式)连接构造较为简单,但索力较大时对耳板开孔处和销轴受力要求高,运营期易出现疲劳开裂;综合而言锚拉板式连接构造更加适宜于本项目的索梁锚固构造。

2 锚拉板合理构造

针对锚拉板的构造设计初步拟定了两种构造方案。方案一采用后锚板与索套管焊接接,与锚拉板不连接,索力通过索套管传递至锚拉板后再传递至主梁。方案二采用采用后锚板与索套管、锚拉板均连接,索力直接由锚拉板传递至主梁。两类锚固点构造细节见图 3。

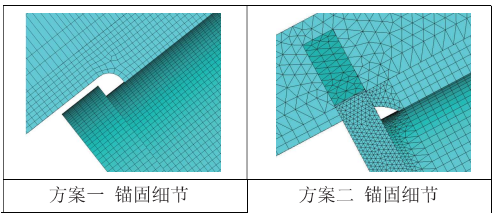


图 3 两类锚固点构造细节图

针对上述两种锚拉板构造方案开展计算分析,主要针对锚拉板各部位的受力和应力集中情况进行研究。

采用有限元分析软件 Ansys 对两类的锚拉板构造进行受力分析。控制索力根据大桥总体计算结果,取用值为 8 700 kN。

有限元模型的全局坐标系以锚拉板中线与钢主梁顶板的交点为坐标原点,以顺桥向为 X 轴,横桥向为 Y 轴,以竖直方向为 Z 轴(向上为正)。为考虑钢主

梁边界条件的影响,取锚拉板间距范围内的主梁与锚拉板连接,主梁两端固结,将计算索力换算为均布压力,施加在锚垫板上。考虑到锚固区域应力集中严重,该模型进行了材料非线性和结构非线性分析,所有钢结构板件均采用 Soild45 单元模拟。通过计算分析得到:

(1)结构整体受力性能:方案一整个结构中应力较大的区域主要在锚拉板中间孔洞区域,最大应力发生在斜拉索锚固区域,拉板倒角及与锚管相交处,出现明显的应力集中;方案二整个结构中应力较大的区域主要在拉板与锚管的连接区域和锚垫板与拉板之间的连接区域,两处均出现较大应力集中,最大应力的发生位置与锚垫板板厚有关,在与方案一同等板厚条件下,最大应力发生在锚垫板与拉板之间的连接区域。两类锚拉板整体受力见图 4。

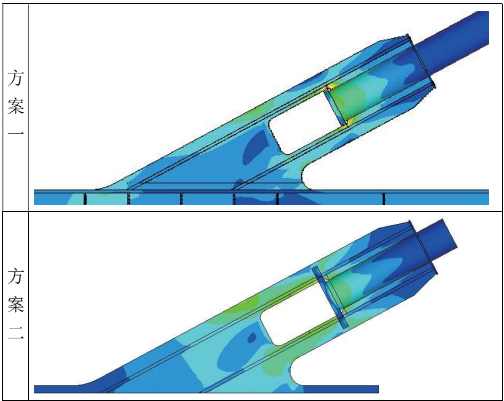


图 4 两类锚拉板整体受力图

(2)锚固区域的受力状况:方案一出现明显应力集中现象,圆弧倒角及与钢管相交区域的最大应力达到钢材屈服强度,最大塑性应变 5.0×10^{-3} 。拉板、锚垫板、钢套管整体应力不大,为 120 ~ 200 MPa。方案二锚垫板与拉板焊接,拉板与锚管的连接区域及锚垫板与拉板的连接区域均出现明显的应力集中现象,两处的最大应力均达到钢材屈服强度,最大塑性应变发生在锚垫板与拉板的连接区域,为 1.0×10^{-3} ,拉板、锚垫板、钢套管整体应力基本与方案一相当,为 120 ~ 200 MPa。两类锚拉板塑性应变分布见图 5。

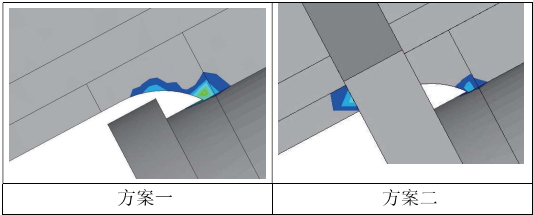


图 5 两类锚拉板塑性应变分布图

(3)面外受力情况:方案一受力明确,锚垫板、拉板及钢管均为面内受力,拉板与钢管之间的焊缝承

受沿焊缝方向的剪力。方案二锚垫板与拉板焊接,受焊缝约束,锚垫板在连接处存在明显面外受力,特别是连接构造局部开孔处面外受力造成严重应力集中现象,并出现明显的塑性应变,连接焊缝承受垂直于焊缝的剪力和弯矩。方案二面外受力见图6。

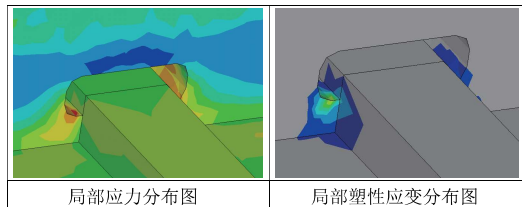


图6 方案二面外受力图

通过对两类锚拉板的构造进行结构受力分析可知:方案二锚垫板与拉板、钢管均连接共同分摊了索力,将应力集中区域分为两块,一定程度上减小了应力集中和最大塑性应变。但从钢结构细节构造来看,方案二在方案一的基础上,增加了锚垫板与拉板的焊接构造。锚垫板板厚通常为60~80 mm,锚垫板局部开孔后与拉板焊接的工作量和质量控制难度大,且焊后处理较难,锚垫板与拉板连接细节由于应力集中更易出现疲劳开裂。方案一结构受力更加明确,加工制造难度小,存在的应力集中分布于拉板圆弧倒角及与钢管相交区域,可通过焊后处理消除残余应力,推荐采用方案一的锚拉板构造设计。

锚拉板构造分上、中、下三部分。上部锚拉板的两侧焊于锚管外侧,下部直接用焊缝与主梁上翼缘顶面焊连,中部除了需安装锚具外,尚需连接上、下两部分,为了补偿开孔部分对锚拉板截面的削弱,以及增强其横向的刚度,在锚拉板的两侧焊接了加劲板。锚板与索套管直接焊接连接。锚拉板与锚管、加劲肋、主梁上翼板,以及主梁上翼板与主梁腹板的连接都是至关重要的传力焊缝,在制造过程中要求焊缝全熔透,并经过严格的探伤检查,焊后进行消除焊接残余应力处理。由于主梁上翼板受板厚方向的拉伸,因此对钢板有正向(Z向)性能的要求,保证钢板厚度方向的强度和焊缝抗拉伸和抗疲劳的性能。锚拉板断面见图7、图8。

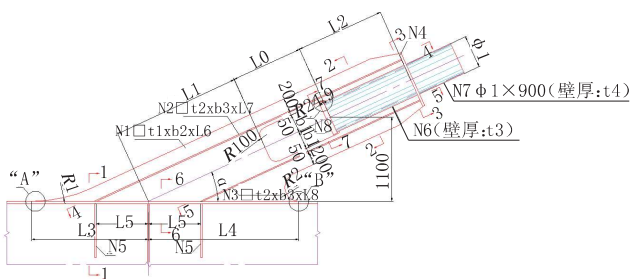


图7 锚拉板立面图

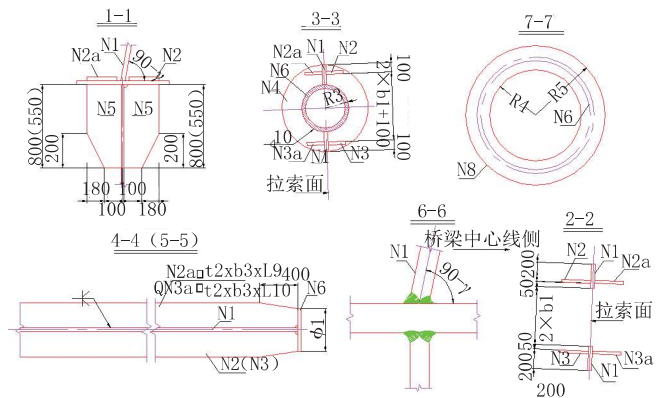


图8 锚拉板断面详图

3 锚拉板的焊接处理

由于锚拉板结构构造复杂,易出现应力集中,针对钢材的焊接进行了如下技术要求:

(1) 焊后磨修

焊脚尺寸、焊波或余高超出规定上限值的焊缝及小于1mm且超差的咬边应修磨匀顺。所有表面的修磨均应沿主要受力方向进行,使磨痕平行于主要受力方向。

(2) 焊后残余应力的消除

采用超声波冲击方法减小和消除焊接残余应力。并对关键焊缝处选取包括母材处的应力测点进行冲击前后残余应力测试。构件制作过程中,需要对锚拉板连接部关键焊缝进行超声波冲击,并选取典型应力点进行冲击前后应力测试,确保冲击工艺效果。冲击焊缝:冲击部位包括焊趾、溶合区、母材5 mm宽热影响区。在焊缝母材热影响区域(距焊缝100 mm左右),冲击后控制其最大拉应力。

实际加工过程中,通过上述两项措施的实施,对锚拉板的焊缝的处理,有效的降低焊缝区残余应力约30%,对于降低应力集中和防止焊缝疲劳开裂起到积极的促进作用。

4 结 语

(1) 宜宾南溪(仙源)长江大桥斜拉索与钢主梁之间的锚固连接,充分考虑的结构受力特点和安全性进行合理位置选择,合理科学。

(2) 通过数值模拟分析,对锚拉板的的结构构造细节进行了充分验证,指导了锚拉板的构造设计。

(3) 通过焊接工艺评定和相关的焊接试验验证,有效控制了锚拉板复杂钢结构的受力,提高了结构的安全性。

抵挡外江潮水;通过截洪沟、内河(排洪渠)建设,高水高排,解决山洪入侵问题,完善山洪排泄通道,同时构建内部大排水体系;通过闸站联合调度,联合内河系统,加强区域蓄排平衡,解决外江水位顶托、地势低洼等问题;通过新建或改造雨水管渠,提高管渠排放能力,保障建设用地排水畅通,同时从源头开始控制雨水径流,减少自然降雨产流量,减轻对管网排水的压力。

5.4 水生态修复规划

通过分析各管控分区的建设状况、用地类型及布局、开发强度、绿地率、水面率等权重,确定各管控分区的年径流总量控制率。根据各管控分区的地块引导性控制指标标准以及年径流总量控制率目标,对每个管控单元低影响开发措施的工程量进行初步估算,得到新建和改扩建下凹式绿地面积 639.4 hm²,雨水花园面积 66.3 hm²,透水铺装面积 526.6 hm²。

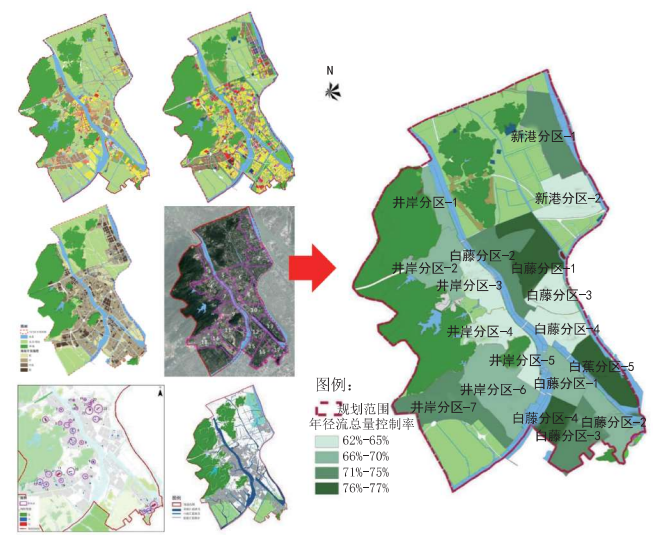


图6 年径流总量控制率目标分解

5.5 水资源利用规划

规划提出再生水和雨水资源利用方案,雨水资源利用对象主要为建设管控分区内的地块雨水利用,雨水资源利用量约为 6.92 × 10⁷ m³,雨水资源利用率为 6.5%。再生水利用优先回补河道,再生水回用率达到 26%。

6 结 语

珠海市斗门区生态基底良好,本规划强调海绵城市大系统的建设,划分山水林田湖自然生态安全格局,确定其空间位置及相应保护及修复要求,合理规划海绵城市建设五级敏感区、径流路径和低洼地。同时,从问题及成因着手,提出解决水安全和水环境问题是规划建设的相对重点,而水生态和水资源建设应制定出长远治理规划。规划方案统筹兼顾、重点突出,以问题和目标为导向系统规划水环境、水安全、水生态等内容,因地制宜确定海绵城市建设目标和指标,落实相关政策要求,优质、科学、系统地引领指导斗门区海绵城市建设。

参考文献:

[1] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见[Z].2015.

[2] 住房和城乡建设部. 住房城乡建设部关于印发海绵城市专项规划编制暂行规定的通知[Z].2016.

[3] 王江磊,马洪涛,周丹,等. 山东日照海绵城市专项规划编制思路探索[J]. 中国给水排水, 2018(14):1-5.

[4] 章林伟,牛璋彬,张全,马洪涛,等. 浅析海绵城市建设的顶层设计[J]. 给水排水, 2017(9):2-6.

[5] 陈华. 关于推进海绵城市建设若干问题的探析[J]. 净水技术, 2016, 35(1):102-106.

[6] 许可,郭迎新,吕梅,等. 对完善我国海绵城市规划设计体系的思考[J]. 中国给水排水, 2020, 36(12):1-7.

[7] 谢映霞. 基于海绵城市理念的雨水综合管理[J]. 建设科技, 2017(1): 17-19.

(上接第 118 页)

参考文献:

[1] JTG/T D65-01—2007, 公路斜拉桥设计细则[S].

[2] 四川省交通厅公路规划勘察设计研究院. 宜宾南溪长江公路大桥施工图设计文件[Z].2015.

[3] 徐国平,张喜刚,刘玉擎. 混合梁斜拉桥[M]. 北京:人民交通出版社,

2013.

[4] 刘玉擎. 混合梁接合部设计技术的发展[J]. 世界桥梁, 2005(4):9-12.

[5] 刘明虎,徐国平,刘峰. 鄂东大桥混合梁钢-混凝土结合部研究与设计[J]. 公路交通科技, 2010(12):78-85.