

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2018.06.006

构造参数对顶板与U肋连接焊缝应力的影响

吉伯海,王益逊,孙谷雨,傅中秋,祝 陈

(河海大学土木与交通学院,江苏 南京 210098)

摘要: 针对钢桥面板顶板与U肋连接焊缝在不同构造参数下的应力变化,分析该细节的受力机理,对比两种不同U肋构造的应力分布特征;建立局部足尺模型,通过提取顶板焊缝的应力梯度,分析应力的变化情况,得出顶板与U肋连接焊缝在不同构造参数下的应力分布规律。结果表明,截断U肋与完整U肋均可如实反映顶板与U肋连接焊缝的受力情况;顶板厚度与熔透率越大,顶板与U肋连接焊缝的总体应力越小,即改善受力性能的效果越好;U肋厚度对顶板与U肋连接焊缝的应力影响不大。

关键词: 钢桥面板;U肋;疲劳;焊缝;应力分布;名义应力
中图分类号: TG405 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1980(2018)06-0506-07

Influence of structural parameters on the stress of deck-U rib joint weld

JI Bohai, WANG Yixun, SUN Guyu, FU Zhongqiu, ZHU Chen
(College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: The stress change of deck-U rib joint weld in the steel bridge was studied considering different structural parameters. Meanwhile, the stress mechanism was also analyzed to compare the stress distributions of two different U rib structures. The stress gradient of the deck weld was extracted to investigate the law of stress change. After that, the fatigue stress distribution of deck-U rib joint weld under different structural parameters was analyzed. The result shows that cut U rib and full U rib can both reflect the mechanical performance of deck-U rib joint weld faithfully. The greater the deck thickness and penetration rate are, the smaller the stress of deck-U rib joint weld is. Therefore, increasing the deck thickness can improve the mechanical performance. Besides, the U rib thickness and weld leg size exert little influence on the stress of deck-U rib joint weld.

Key words: steel bridge deck; U rib; fatigue; weld; stress distribution; nominal stress

正交异性钢桥面板是目前大跨径钢结构桥梁,采用的主要桥面结构形式,因其具有自重轻、强度高、跨度大、施工快等优点得受到广泛应用^[1-3]。大量实桥监测情况表明,正交异性钢桥面板各细节易产生疲劳损伤,其主要原因是正交异性钢桥面板纵肋、横肋交叉多,因之产生的焊接残余应力和应力集中会弱化截面的受力性能,从而降低了减少各细节的疲劳寿命^[4-6]。其中,钢桥面板顶板与U肋连接焊缝是钢桥面板发生疲劳开裂的典型细节^[7-9],该裂纹的产生对正交异性钢桥面板危害极大,裂纹贯穿顶板后会导致钢桥面板渗水、腐蚀等一系列问题。因此针对钢桥面板顶板与U肋连接焊缝的疲劳应力开展研究尤为重要。

针对钢桥面板顶板与U肋连接细节,国内外专家进行了大量的疲劳试验,主要采用的试件模型包括完整U肋试件、截断U肋试件以及桥面板足尺试件。Ya等^[10]考虑不同熔透率,制作了U肋足尺截断试件进行疲劳试验,并通过名义应力拟合S-N曲线法进行疲劳寿命评价;Kainuma等^[11]建立了桥面板足尺试件,通

基金项目: 国家自然科学基金(51478163, 51678216);江苏省交通科学研究计划项目(2017Y09);江苏省研究生科研与实践创新计划项目(SJCX17_0140)
作者简介: 吉伯海(1966—),男,教授,博士,从事钢桥疲劳与维护研究。E-mail: bhji@hhu.edu.cn
引用本文: 吉伯海,王益逊,孙谷雨,等. 构造参数对顶板与U肋连接焊缝应力的影响[J]. 河海大学学报(自然科学版),2018,46(6):506-512.
JI Bohai, WANG Yixun, SUN Guyu, et al. Influence of structural parameters on the stress of deck-U rib joint weld[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences),2018,46(6):506-512.

过两点动态加载的方式,提取测点的名义应力,研究了不同熔透率对顶板与 U 肋连接焊缝焊根处残余应力的影响。田洋等^[12]设计了 14 个完整 U 肋试件进行静力和疲劳加载试验,得到了 U 肋连接焊缝的名义应力 $S-N$ 曲线及其疲劳分级。吕彭民等^[13]选取距离焊趾 1.5 倍厚度处的应力为名义应力,采用电液伺服动静试验机进行疲劳加载,获得 200 万循环次数对应的应力容许幅值。朱爱珠等^[14]开展了设内隔板的正交异性钢桥面板足尺模型疲劳试验,为了避免焊缝构造影响,设置名义应力测点距焊缝的距离为 10 mm。由于完整 U 肋试件的刚度较大,裂纹开展缓慢,导致试验周期过长,且不易观察焊根裂纹开展状况,因此常常采用截断 U 肋代替完整 U 肋进行试验,但截断 U 肋与完整 U 肋焊缝处的应力分布规律是否相同尚未得到论证。此外,连接焊缝处名义应力测点位置的选取尚不统一,不同构造参数对 U 肋名义应力大小及分布规律的影响也不明确。

本文研究了不同构造参数对顶板与 U 肋连接焊缝应力变化的影响,分析该细节的受力机理,对比两种不同 U 肋构造的应力分布特征;通过提取顶板焊缝的应力梯度,分析焊缝处的应力集中情况,并给出名义应力点的推荐位置;分析了顶板与 U 肋连接焊缝在不同构造参数下应力的变化规律。

1 顶板与 U 肋连接细节受力分析

1.1 受力机理分析

疲劳特性的获得主要依赖大量的试验数据,由于钢桥面板足尺试验规模大、费用高,数据量较小,故大多时候采用小型构件进行批量试验。采用如图 1(a)所示的完整 U 肋(闭口肋)足尺试件能够较为真实地反映顶板与 U 肋连接焊缝处的应力状况,但是在实际操作中,由于 U 肋中空间狭小,不利于对焊缝的焊根处进行打磨和布置测点,也不利于观察疲劳裂纹的扩展,难以获得理想的试验结果。如果截取如图 1(b)所示的截断 U 肋(开口肋)试件进行试验,可以避免上述缺陷。完整 U 肋试件与截断 U 肋试件的差别在于,U 肋是否受到顶板的约束。从理论上来说,钢桥面板顶板的疲劳性能主要与细节的局部应力有关,与 U 肋是否受到约束关系不大,因此采用截断 U 肋代替完整 U 肋进行顶板与 U 肋连接细节试验是可行的。尽管如此,对两者受力性能的异同点进行验证是十分必要的,下面从受力机理方面对顶板与 U 肋连接细节的应力分布进行研究。

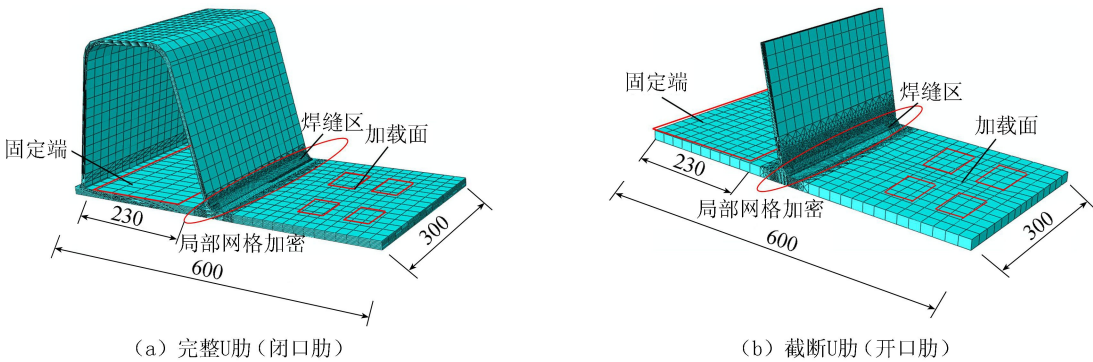


图 1 U 肋构造(单位:mm)
Fig.1 Structure of U rib (units: mm)

采用名义应力法评价 U 肋结构的受力性能。从顶板与 U 肋连接焊缝处截取足够小的连接细节,如图 2 所示,由文献 15 可知,对于顶板与 U 肋连接细节,截面弯矩在顶板产生的弯曲应力远大于薄膜应力,因此可以将顶板薄膜应力忽略,仅考虑弯矩产生的弯曲应力作用,简化后工况如图 3 所示。 N_d 、 N'_d 为顶板轴力的一对反力, N_r 为加劲肋轴力, M_d 、 M'_d 为一对顶板弯矩, M_r 表示加劲肋弯矩, M_1 与 M_2 为 M_d 的分量, $M_d = M_1 + M_2$ 。

采用 ABAQUS 建立三维有限元模型,分析所截取焊缝细节的应力状态,模型设计如图 4(a)所示。顶板、U 肋截取部位尺寸参照 JTG D64—2015《公路钢结构桥梁设计规范》,顶厚度度为 14 mm,纵肋厚度为 8 mm。模型的弹性模量 $E=206\text{ GPa}$,泊松比 $\nu=0.3$,边界条件为顶板一侧采用全自由度约束,顶板另一侧与 U 肋为自由端。采用 C3D8R 八节点线性缩减积分六面体单元以及 C3D10 十节点二次四面体单元进行网格混合划分,非焊缝区域采用 20 mm 的六面体划分,顶板与 U 肋交汇区沿板面方向采用 1 mm 网格加密,沿厚度方向

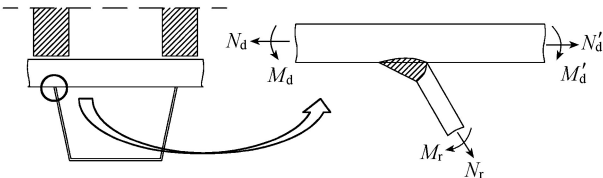


图2 连接细节内力分析

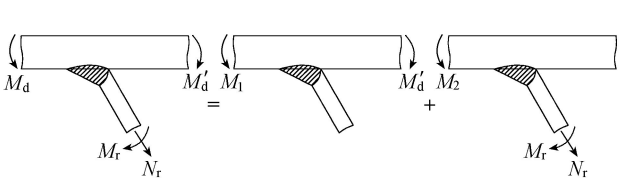
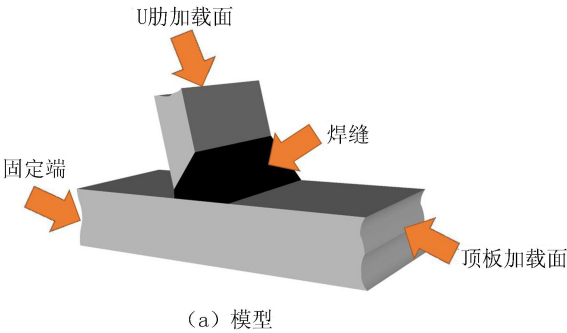


图3 分解工况

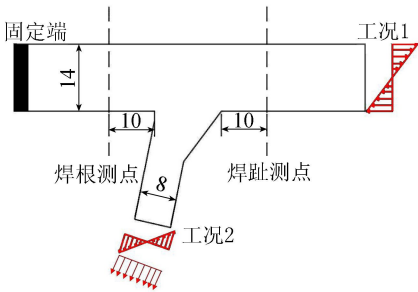
Fig.2 Internal force analysis of the connection detail

Fig.3 Decomposition of internal forces

采用2 mm 网格加密。加密区与其他区域间分别采用8 mm 长的4 mm 网格过渡针对该细节进行内力分析,分别研究两种工况下该细节的受力状态。工况 1:荷载仅施加在顶板上,即对顶板截面施加一个单位弯曲应力;工况 2:荷载仅施加在纵肋上,即对 U 肋截面施加一个单位弯曲应力和一个单位薄膜应力。加载工况如图 4(b)所示。加载完成后,提取名义应力测点的应力值(中轴线纵向距焊趾、焊根 10 mm 处)作为评价标准,对比两种工况下的应力状态,对比结果如图 5 所示。



(a) 模型



(b) 加载工况

图4 截取模型示意图(单位:mm)

Fig.4 Schematic diagram of the intercepted model (units: mm)

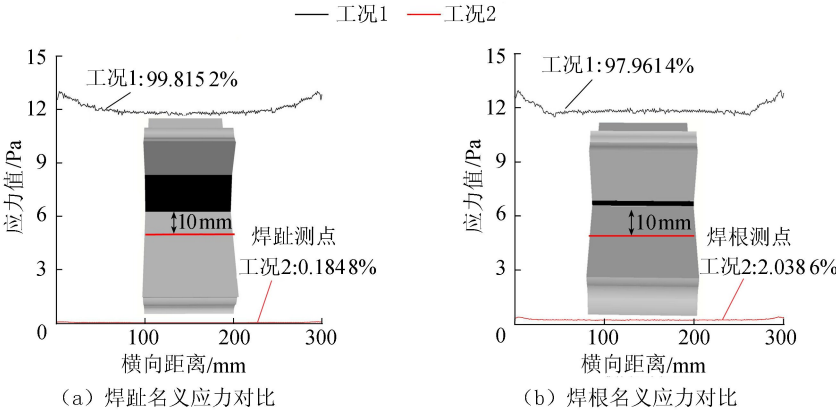


图5 名义应力对比结果

Fig.5 Comparison of nominal stress

由图 5(a)可知,沿 U 肋横向焊趾应力分布呈现两端应力较高,而中间部分应力水平区域平缓,这是由于荷载沿加载面均匀分布,导致名义应力测点截面的应力水平亦呈均匀分布。此外,将两种工况下的应力水平进行叠加,即得到实际弯曲荷载作用下考虑纵肋约束的测点截面应力状态。可以发现,工况 1 作用下名义应力测点的应力值占总应力值的 99.8152%,工况 2 作用下名义应力测点的应力值仅占总应力值的 0.1848%,作用在 U 肋上的弯曲应力对焊趾名义应力的影响极小,可以忽略不计。

沿 U 肋方向焊根应力分布呈现从两端向中间递减的趋势,原因与焊趾名义应力变化趋势相同,如图 5(b)所示。工况 1 作用下名义应力测点的应力值占总应力值的 97.9614%,工况 2 作用下名义应力测点的应力值仅占总应力值的 2.0386%,可见作用在 U 肋上的弯曲应力对焊根名义应力的影响极小,可以忽略不计。因此,受力机理的分析结果表明,U 肋受到的约束作用对焊缝应力的影响极小,该约束作用对应力的影响不足总应力值的 3%,可以忽略不计,即采用截断 U 肋模拟完整 U 肋与顶板连接细节,分析其应力的分

布规律是合理的,模拟结果满足精度要求。

1.2 应力分布规律对比

笔者从宏观角度对顶板与 U 肋连接细节受力特点进行分析,分别建立开口 U 肋与闭口 U 肋足尺有限元模型,模型尺寸、材料、加载面积及边界条件均借鉴参考文献^[16-18]中同种疲劳细节的局部足尺试件及有限元模型。模型顶板长 600 mm,宽 300 mm,厚 14 mm,U 肋厚 8 mm,顶板与 U 肋焊脚尺寸为 6 mm。模型的弹性模量 $E=206\text{ GPa}$,泊松比 $\nu=0.3$ 。模型中选取位于模型几何中央的四个面为加载面,各加载面面积均为 $46\text{ mm}\times 40\text{ mm}$ 。参考前期顶板与 U 肋焊缝疲劳试验^[17]中的加载工况,各工况中最大加载名义应力幅值为 100 MPa ,由于加载幅值在 10% 之内浮动,取其最不利工况,即选取加载应力幅为 110 MPa 。在有限元分析时控制名义应力测点的应力值为 55 MPa ,则对应的加载面荷载集度为 0.53 MPa 。模型顶板与 U 肋非焊接侧距边缘 230 mm 范围内全自由度约束,模拟受力后悬臂端的固定端。采用 C3D8R 八节点线性缩减积分六面体单元以及 C3D10 十节点二次四面体单元进行网格混合划分,全局网格采用 20 mm 的六面体划分,顶板与 U 肋交汇区沿板面方向采用 1 mm 网格加密,沿厚度方向采用 2 mm 网格加密。加密区与其他区域间分别采用 20 mm 长的 4 mm 网格过渡,整体网格划分及局部网格加密如图 1 所示。

针对截断 U 肋模型与完整 U 肋模型,分别提取了距焊趾、焊根 10 mm 截面的名义应力。由于荷载施加在模型中部位置,因此截断 U 肋模型与完整 U 肋模型的焊趾应力分布均呈现从中部向两端递减的趋势。焊根应力分布亦呈现相同的变化趋势。对比名义应力值可以发现,截断 U 肋的焊趾应力值与完整 U 肋的焊趾应力值最大相差约 6.2% ,焊根应力值相差约 0.92% ,该值稍大于受力机理的分析结果。这是由于受力机理分析时仅考虑弯曲应力对顶板与 U 肋连接细节的影响,而在实际模型加载时,焊缝处存在的剪应力也会影响焊缝区域应力分布,此外,实体模型更复杂的构造细节对焊缝区域的应力分布也会产生一定的影响。

2 测点设计

采用名义应力法进行疲劳计算时需要考虑名义应力点的位置。根据 IIW 规范^[19]可知,名义应力测点须避开焊接构件结构交叉或者焊接而产生的应力集中区域。提取 1.2 节中截断 U 肋有限元模型的应力值,分析从焊缝沿纵向的应力变化趋势:从焊缝端部向焊缝中心每隔 30 mm 提取一条应力曲线,应力曲线的跨度为从焊趾向外力加载侧 20 mm 以及从焊根向固定约束侧 20 mm ,由于试件的材料、约束、荷载等性质均以板面中心呈对称分布,因此仅提取焊缝端部到焊缝中心 150 mm 范围应力曲线。

应力提取完成后,绘制如图 6 所示应力梯度曲线,可以发现,焊趾应力值从焊缝向外力加载侧首先急剧下降,然后呈现缓慢递减的趋势,焊根应力值从焊缝向固定约束侧首先急剧下降,然后呈现缓慢递增的趋势。距焊趾、焊根纵向 5 mm 外顶板表面应力趋于平缓,表明距焊趾、焊根纵向 5 mm 以外的区域受应力集中影响极小,因此名义应力测点应布置在距焊趾、焊根纵向 5 mm 以外。对于顶板与 U 肋试件,考虑到试件打磨及应变片黏贴的方便,推荐在距离焊趾、焊根 10 mm 处设置名义应力测点。

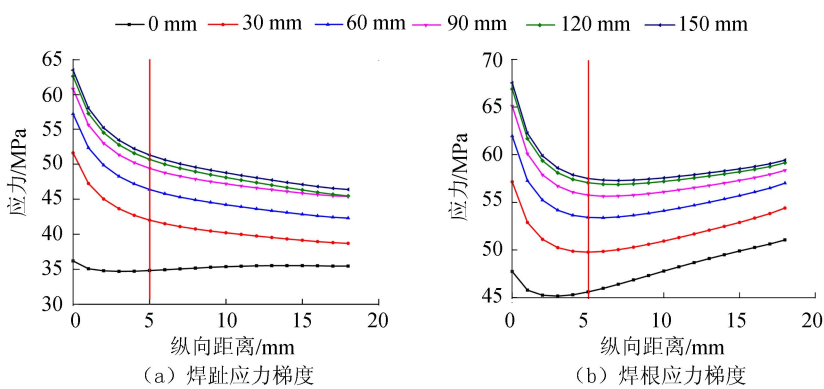


图 6 应力梯度变化曲线
Fig. 6 Change of stress gradient

3 构造参数影响

3.1 顶板厚度

1、2 节研究了顶板与 U 肋连接焊缝在两种构造下的应力分布规律,而不同构造参数会对该细节的应力分布规律产生影响。为了达到不同构造参数对比分析的目的,以 1.2 节中两种模型为标准模型,考虑顶板厚度、U 肋厚度、焊脚尺寸以及熔透率 4 种构造工况,研究不同构造参数对顶板与 U 肋连接焊缝应力变化的影

响。针对顶板厚度参数,选取 12 mm、14 mm、16 mm 以及 18 mm 这 4 种厚度,其他构造参数不变。本文针对开口 U 肋模型与闭口 U 肋模型,分别提取距离焊趾与焊缝 10 mm 处截面的名义应力值。选取截面中央的应力值进行对比,对比结果如图 7 所示。

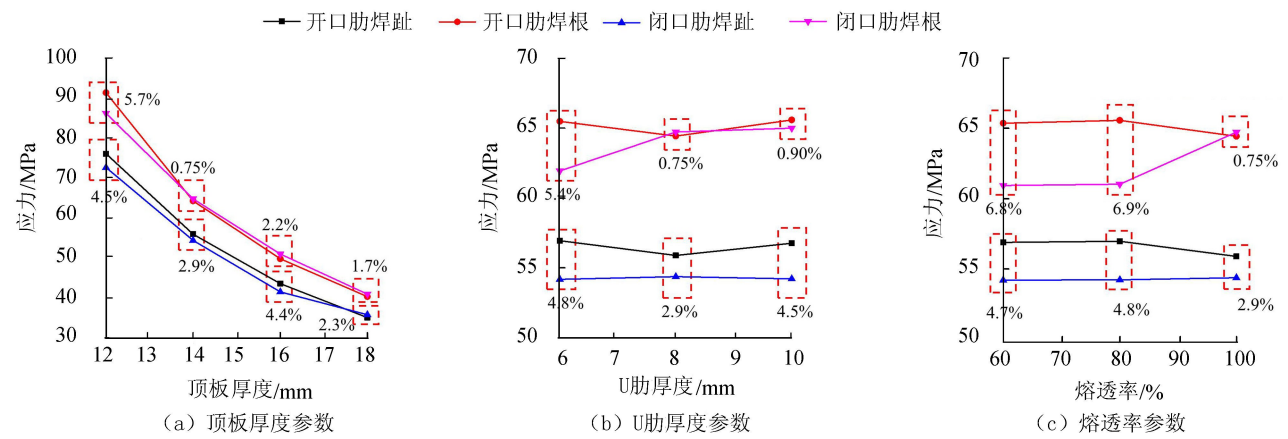


图 7 名义应力测点应力对比

Fig. 7 Comparison of nominal stress under different parameters

由图 7(a)可知,随着顶板厚度的不断增加,测点的名义应力值发生大幅下降,焊趾应力下降最大为 41.0 MPa,焊根应力下降最大为 45.2 MPa,表明增加厚度能够明显降低顶板与 U 肋连接焊缝的名义应力,从而改善该细节的受力性能。其中开口肋与闭口肋的焊趾与焊根应力值大小与变化趋势保持一致,应力值相差最大为 5.7%,表明不同厚度的情况下,开口肋与闭口肋的受力特征几乎相同。

提取模型沿顶板中轴线方向的应力梯度曲线,以焊趾应力梯度为例,绘制应力梯度曲线如图 8(a)所示,可知厚度较小时,闭口肋的名义应力值大于开口肋,随着厚度不断增加,两者应力的差值逐渐减小,最终开口肋的名义应力值超过了闭口肋。

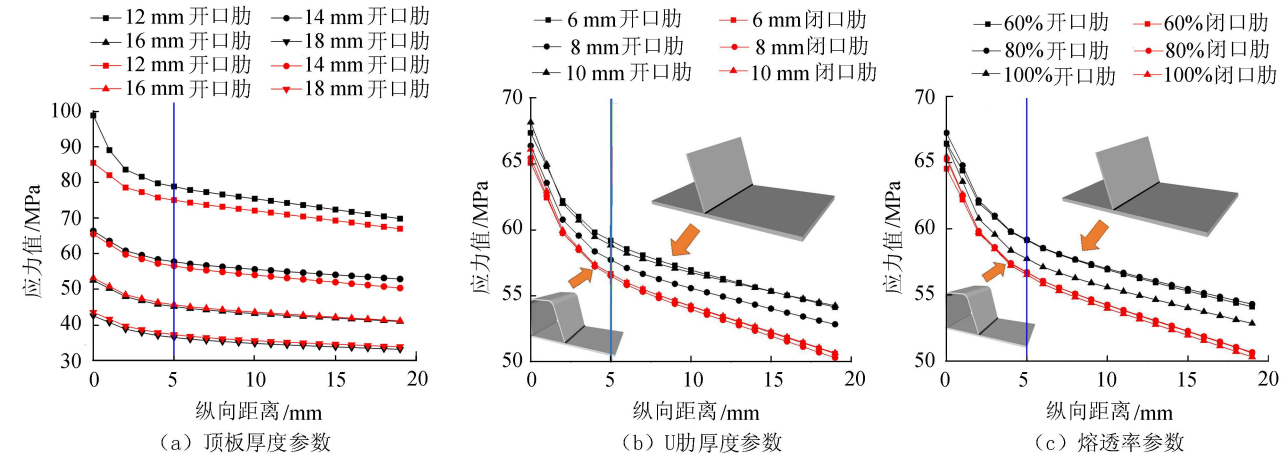


图 8 应力梯度对比

Fig. 8 Comparison of stress gradient under different parameters

3.2 U 肋厚度

针对 U 肋厚度参数,选取 6 mm、8 mm、10 mm 3 种厚度,其他构造参数不变。选取截面中央的应力值进行对比,对比结果如图 7(b)所示。随着 U 肋厚度的不断增加,测点的应力值变化不大,焊趾与焊根应力的变化幅度均保持在 3.1 MPa 以内,表明 U 肋厚度对顶板与 U 肋连接焊缝的名义应力值影响不大。对于开口肋,当 U 肋厚度为 8 mm 时,焊趾与焊根的应力值达到最小;对于闭口肋,当 U 肋厚度为 6 mm 时,焊趾与焊根的应力值达到最小。但同种 U 肋厚度情况下两种 U 肋的应力值相差最大为 5.4%,表明开口形式对顶板与 U 肋连接焊缝的名义应力影响极小。

提取模型沿顶板中轴线方向的应力梯度曲线,发现焊趾、焊根应力梯度的变化趋势与标准模型一致,均为距焊趾、焊根纵向 5 mm 外顶板表面应力趋于平缓,因此以焊趾应力梯度为例,绘制应力梯度曲线如

图 8(b)所示,可知对于这 3 种 U 肋厚度,开口肋的名义应力值始终稍大于闭口肋的名义应力值。

3.3 熔透率

针对熔透率参数,选取 60%、80%、100% 3 种熔透率,其他构造参数不变。选取截面中央的应力值进行对比,对比结果如图 7(c)所示。随着熔透率的不断增加,焊趾与焊根应力的变化幅度均保持在 4.5 MPa 以内,对于开口肋,当熔透率增大到 100% 时,焊趾与焊根名义应力均呈现降低趋势;对于闭口肋,当熔透率增大到 100% 时,焊趾与焊根应力呈现较小的增长。但同种熔透率情况下两种 U 肋的应力值相差最大为 6.9%,表明开口形式对顶板与 U 肋连接焊缝的名义应力影响极小。

提取模型沿顶板中轴线方向的应力梯度曲线,发现焊趾、焊根应力梯度的变化趋势与标准模型一致,均距焊趾、焊根纵向 5 mm 外顶板表面应力趋于平缓。随着熔透率的增加,名义应力值总体呈现下降趋势,表明熔透率能够改善顶板与 U 肋连接焊缝的受力状况。以焊趾应力梯度为例,绘制应力梯度曲线如图 8(c)所示,可知对于这 3 种熔透率,开口肋的名义应力值始终稍大于闭口肋的应力值。

4 结 论

a. 综合受力机理与足尺模型的焊缝应力分布情况可知,由于截断 U 肋焊缝区域的总体应力值与完整 U 肋焊缝区域的总体应力值相差较小,且应力分布规律相同,因此两种形式的 U 肋均可如实反映顶板与 U 肋连接焊缝的受力性能。

b. 焊趾与焊根的应力值沿顶板中轴线方向发生急剧下降,在距焊趾、焊根纵向 5 mm 处趋于平缓,表明距焊趾、焊根纵向 5 mm 以外的区域受应力集中影响极小,因此名义应力测点应选择在距焊趾、焊根纵向 5 mm 以外。

c. 顶板厚度与熔透率越大,顶板与 U 肋连接焊缝的总体名义应力值越小,即改善该细节受力性能的效果越好;U 肋厚度对顶板与 U 肋连接焊缝的名义应力影响不大。

参考文献:

[1] 朱劲松, 郭耀华. 正交异性钢桥面板疲劳裂纹扩展机理及数值模拟研究[J]. 振动与冲击, 2014, 33(14):40-47. (ZHU Jingsong, GUO Yaohua. Numerical simulation on fatigue crack growth of orthotropic steel highway bridge deck[J]. Journal of Vibration & Shock, 2014, 33(14):40-47. (in Chinese))

[2] 袁周致远, 吉伯海, 杨沐野, 等. 正交异性钢桥面板顶板竖向加劲肋焊接接头疲劳性能试验研究[J]. 土木工程学报, 2016, 49(2):69-76. (YUAN Zhouzhiyuan, JI Bohai, YANG Muye, et al. Study on fatigue performance of welded joints for out-of-plane gusset in orthotropic steel bridge decks[J]. China Civil Engineering Journal, 2016, 49(2):69-76. (in Chinese))

[3] 吴冲, 刘海燕, 张志宏, 等. 桥面铺装温度对正交异性钢桥面板疲劳的影响[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2013, 41(8):1213-1218. (WU Chong, LIU Haiyan, ZHANG Zhihong, et al. Influence of pavements temperature on fatigue life of orthotropic deck of steel bridge[J]. Journal of Tongji University(Natural Sciences), 2013, 41(8):1213-1218. (in Chinese))

[4] 陶晓燕. 正交异性钢桥面板节段模型疲劳性能试验研究[J]. 中国铁道科学, 2013, 34(4):22-26. (TAO Xiaoyan. Experimental study on the fatigue performance of the section model of orthotropic steel bridge deck[J]. China Railway Science, 2013, 34(4):22-26. (in Chinese))

[5] 周晖, 施刚, 王元清, 等. 钢桥疲劳评估研究进展[J]. 钢结构, 2013, 28(4):1-6, 19. (ZHOU Hui, SHI Gang, WANG Yuanqing, et al. Research progresses in fatigue assessment of steel bridges[J]. Steel Construction, 2013, 28(4):1-6, 19. (in Chinese))

[6] 贾恩实, 马润平, 张强. 欧美规范中公路桥梁正交异性钢桥面板抗疲劳设计对比分析[J]. 世界桥梁, 2013, 41(2):31-34. (JIA Enshi, MA Runping, ZHANG Qiang. Contrastive analysis of anti-fatigue design of orthotropic steel bridge deck for highway bridges in aashto and eurocode 3[J]. World Bridges, 2013, 41(2):31-34. (in Chinese))

[7] 刘益铭, 张清华, 张鹏, 等. 港珠澳大桥正交异性钢桥面板 U 肋对接焊缝疲劳寿命研究[J]. 中国公路学报, 2016, 29(12):25-33. (LIU Yiming, ZHANG Qinghua, ZHANG Peng, et al. Study on fatigue life of u-rib butt weld in orthotropic steel bridge deck of hong kong-zhuhai-macao bridge[J]. China Journal of Highway & Transport, 2016, 29(12):25-33. (in Chinese))

[8] 吉伯海, 陈祥, 刘荣, 等. 钢桥面板顶板与 U 肋接头疲劳效应分析[J]. 建筑钢结构进展, 2014, 16(6):56-62. (JI Bohai, CHEN Xiang, LIU Rong, et al. A numerical study on the fatigue effect of trough-deck plate weld joint to steel bridge deck

system[J]. Progress in Steel Building Structures, 2014, 16(6):56-62. (in Chinese))

[9] 付坤, 冯鹏程, 陈毅明. 宽幅钢箱梁横隔板与 U 肋过焊孔构造研究[J]. 桥梁建设, 2017, 47(3):65-70. (FU Kun, FENG Pengchen, CHEN Yiming. Study of cutouts at joints of diaphragms and u rib of wide steel box girder[J]. Bridge Construction, 2017, 47(3):65-70. (in Chinese))

[10] YA S, YAMADA K, ISHIKAWA T. Fatigue evaluation of rib-to-deck welded joints of orthotropic steel bridge deck[J]. Journal of Bridge Engineering, 2011, 18(5):492-499.

[11] KAINUMA S, YANG M, JEONG Y, et al. Experiment on fatigue behavior of rib-to-deck weld root in orthotropic steel decks [J]. Journal of Constructional Steel Research, 2016, 119:113-122.

[12] 田洋, 李运生, 张德莹, 等. 正交异性板 U 肋与桥面板焊缝连接的静力及疲劳试验研究[J]. 铁道科学与工程学报, 2011, 8(2):34-39. (TIAN Yang, LI Yunsheng, ZHANG Deying, et al. Fatigue test research on welded rib-to-deck connections in steel orthotropic bridge deck[J]. Advanced Materials Research, 2011, 8(2):34-39. (in Chinese))

[13] 吕彭民, 李大涛. 正交异性钢桥面板 U 肋与桥面板焊缝连接处疲劳试验研究[J]. 郑州大学学报(工学版), 2013, 34(2):89-93. (LUY Pengmin, LI Datao. Fatigue test research of rib-to-deck welded joints of orthotropic steel bridge deck[J]. Journal of Zhengzhou University(Engineering Science), 2013, 34(2):89-93. (in Chinese))

[14] 朱爱珠, 李牧, 田杨, 等. 设内隔板正交异性钢桥面板足尺模型疲劳试验[J]. 钢结构, 2017, 32(1):45-50. (ZHU Aizhu, LI Mu, TIAN Yang, et al. Fatigue test on full-scale orthotropic steel bridge deck with inner diaphragm[J]. Steel Construction, 2017, 32(1):45-50. (in Chinese))

[15] YA S, YAMADA K. Fatigue durability evaluation of trough to deck plate welded joint of orthotropic steel deck[J]. Structural Engineering/earthquake Engineering, 2008, 64(3):603-616.

[16] FU Zhongqiu, JI Bohai, ZHANG Chengyi, et al. Fatigue performance of roof and U-rib weld of orthotropic steel bridge deck with different penetration rates[J]. Journal of Bridge Engineering, 2017, 22(6):04017016.

[17] 张呈奕, 傅中秋, 吉伯海, 等. 钢材强度对钢桥面板焊缝疲劳强度的影响[J]. 工业建筑, 2017, 47(5):12-16. (ZHANG Chengyi, FU Zhongqiu, JI Bohai, et al. The influence of steel strength on fatigue strength of orthotropic steel bridge deck welds [J]. Industrial Construction, 2017, 47(5):12-16. (in Chinese))

[18] 谢曙辉, 吉伯海, 姚悦, 等. 钢桥面板顶板角焊缝疲劳裂纹钻孔孔位分析[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2017, 42(1):290-298. (XIE Shuhui, JI Bohai, YAO Yue, et al. Analysis on location of retrofit hole for fatigue crack near fillet weld on steel bridge deck[J]. Journal of Guangxi University(Natural Science Edition), 2017, 42(1):290-298. (in Chinese))

[19] International Institute of Welding. Stress determination for fatigue analysis welded components[S]. Switzerland: Springer International Publishing, 2016.

(收稿日期:2017 -08 -21 编辑:张志琴)

• 简讯 •

《河海大学学报(自然科学版)》获 2018 年度中国高校百佳科技期刊奖

2018 年 10 月 18 日,中国高校科技期刊研究会正式公布了“2018 年度中国高校杰出·百佳·优秀科技期刊”入选名单。《河海大学学报(自然科学版)》获评为“中国高校百佳科技期刊”。

此次评选采用定性和定量相结合的方法,由数十位评审专家组成的评委会对期刊学术质量和编辑出版质量进行严格审查,利用国内外重要数据库及评价机构的学术指标进行客观评分,并结合期刊的学术影响力、行业影响力进行遴选,共评选出“中国高校杰出科技期刊”24 种、“中国高校百佳科技期刊”120 种、“中国高校优秀科技期刊”238 种,“中国高校编辑出版质量优秀科技期刊”53 种。

(本刊编辑部供稿)