

考虑纵向加劲肋局部缺陷的组合箱梁下翼缘板弹性屈曲分析

陈齐风 宁杰钧 骆俊晖 郝天之

广西北投交通养护科技集团有限公司 广西南宁 530201

摘要: 本文主要讨论了带有加劲肋初始局部缺陷板件的弹性屈曲分析。采用有限元计算软件ANSYS进行数值模拟,通过建立不同缺陷参数的加劲板件计算模型,分析了加劲肋局部缺陷数量与尺寸对组合箱梁下翼缘板件临界屈曲应力系数的影响。结果显示,加劲肋局部缺陷的数量增多、尺寸增大均会导致临界屈曲应力系数下降。本文的研究成果对带加劲肋板件的局部缺陷分析与加劲肋设计具有一定的理论参考价值。

关键词: 局部缺陷; 纵向加劲肋; 板件屈曲; 临界屈曲应力系数

Elastic Buckling Analysis of Bottom Flange Plate of Composite Box Girder with Local Defects of Longitudinal Stiffener

Qifeng Chen, Jiejun Ning, Junhui Luo, Tianzhi Hao

Guangxi Beitou Transportation Maintenance Technology Group Co., LTD., Nanning 530201, Guangxi, China

Abstract: This paper mainly discusses the elastic buckling analysis of plates with initial local defects of stiffeners. The finite element calculation software ANSYS was used for numerical simulation. By establishing the calculation models of stiffened plates with different defect parameters, the influence of the number and size of local defects on the critical buckling stress coefficient of the lower flange plate of the composite box girder was analyzed. The results show that the increase in the number and size of local defects of stiffeners will lead to a decrease in the critical buckling stress coefficient. The research results of this paper have certain theoretical reference value for local defect analysis and stiffener design of stiffened panel.

Keywords: Local defect; Longitudinal stiffener; Plate buckling; Critical buckling coefficient

引言:

大跨径钢混组合梁桥的负弯矩区处于下翼缘受压,上翼缘受拉的不利受力状态,下翼缘的稳定性问题极为突出,工程中一般采用梯形或一型加劲肋来加强下翼缘板。然而在大跨径钢混组合梁桥的预制、运输及吊装过程中可能发生的磕碰常使加劲肋出现局部缺陷,局部缺陷对翼缘板的施工及运营稳定性具有重大影响,过大的缺陷可能使加劲肋发生突然失稳。对于一字型加劲肋,其加劲肋截面为开口截面,极易在制作、运输与吊装过程中发生碰撞并产生局部缺陷,是板件设计中一个不可忽视的重要因素,在下翼缘板的设计中,必须考虑局部缺陷对加劲翼缘板稳定性的影响。国内外学者针对加劲板件的稳定性及缺陷影响开展了一系列研究。

Badran等^[1]分析了不同程度初始缺陷对加T型肋加劲板件极限承载能力的影响; Graciano^[2]基于有限元方法分析了局部荷载作用下初始缺陷对钢板梁屈曲特性的影响; Hassanein等^[3]指出初始缺陷的增大使I字型钢板梁腹板的受剪承载能力逐步削减; Papadopoulos等^[4]基于蒙特卡罗法模拟I型截面钢梁的随机缺陷并研究了该情况下钢梁的屈曲特性; Xu^[5]分析了初始圆形压痕缺陷对加劲板多种工况下的极限承载能力影响。

上述文献主要针对板梁结构的初始缺陷及对板件稳定性的影响开展研究,没有研究加劲肋局部缺陷的数量与尺寸对板件稳定性的影响。本文采用有限元数值分析方法,对组合箱梁负弯矩区下翼缘板进行模型边界简化,探究局部缺陷的数量与尺寸对加劲板件弹性屈曲特性的

影响。

一、带有局部缺陷的加劲板件的有限元数值模拟

本节通过对纵向加劲肋局部缺陷的精确模拟,分析局部缺陷的数量与尺寸对加劲下翼缘板件临界屈曲应力的影响。

本模型以某组合连续箱梁桥作为研究背景,见图1。连续箱梁负弯矩区下翼缘母板厚度为44mm,纵向加劲肋截面尺寸为280mm×20mm,纵向加劲肋之间的布置间距为1200mm,见图2。

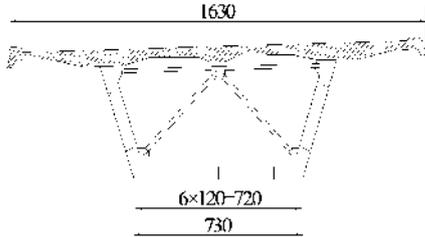


图1 某组合连续箱梁桥横截面图 (cm)

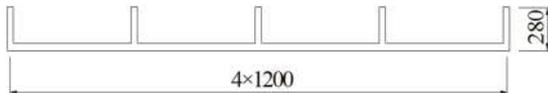


图2 下翼缘5纵向加劲板模型横截面示意图 (mm)

使用有限元计算软件ANSYS来进行数值模拟,有限元模型采用shell63单元建立,加载方式为在下翼缘板与加劲肋的两端进行节点力加载,均匀施加纵向轴力,每个节点力的大小均为320kN,加载方式见图3。

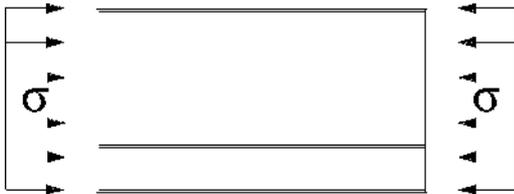


图3 模型加载示意图

加劲肋尺寸采用280mm×20mm,刚度比为20,面积比为0.05,通过理论计算与有限元推导,加劲肋均满足宽高比为1的板在加劲肋处形成波节的条件^[6]。建立两种类型的有限元模型:①中间加劲肋上有一处局部缺陷,

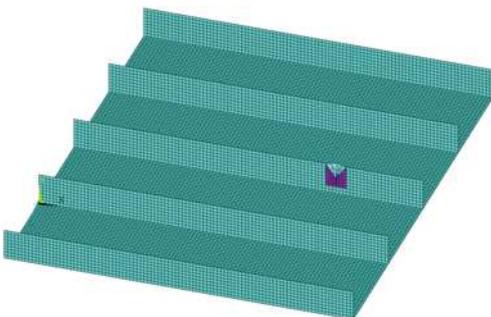


图4 有一处局部缺陷的计算模型

其位置为1/4纵向长度处;②中间加劲肋上有两处局部缺陷,其位置分别为前后1/4纵向长度处。本文采用三角尖型变形模拟局部缺陷,通过有限元精确建模得到,模型缺陷的布置方式主要有两种,见图4、图5。

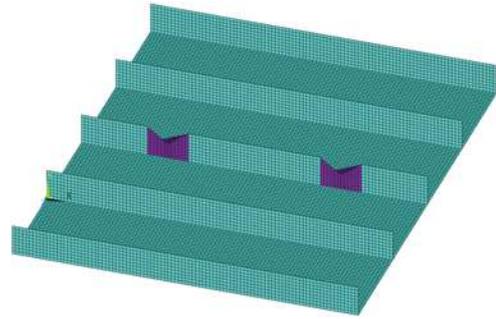


图5 有两处局部缺陷的计算模型

二、计算结果分析

局部缺陷的尺寸参数: n 为缺陷数量, a 为单个缺陷长度, b 为单个缺陷深度。本文进行的各带局部缺陷下翼缘板模型工况、缺陷参数及屈曲特性分析结果见表1。

表1 板件局部缺陷分析参数与有限元分析结果

工况 $n-a-b$	缺陷参数		临界屈曲 应力系数
	a (mm)	b (mm)	
无缺陷	-	-	0.989
1-240-50	240	50	0.982
1-480-100	480	100	0.971
2-240-50	240	50	0.970
2-480-100	480	100	0.920

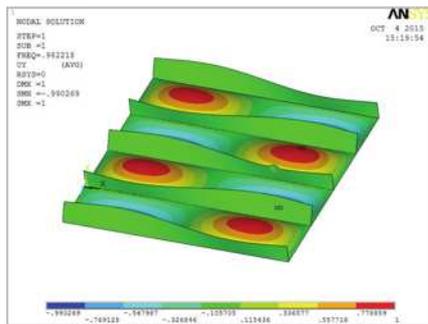
从表1可见,局部缺陷会引起临界屈曲应力系数下降,当中间加劲肋在距离边缘1/4纵向长度处存在一处较小的缺陷时,临界屈曲应力系数值减小幅度为0.7%,说明一处较小尺寸的局部缺陷对下翼缘板的抗屈曲能力影响较小,其有限元计算结果见图6(a)。

若该局部缺陷的长度 a 与深度 b 增大,由表1可以看出,其临界屈曲应力系数进一步下降为0.971,相较于无缺陷工况,临界屈曲应力系数减小幅度为1.8%。同时,由图6(b)可以看出,该工况中缺陷尖角的朝向与工况1-240-50相反,其屈曲模态也随之发生了变化,发生屈曲时,局部缺陷处加劲肋的弯曲方向总是与局部缺陷尖角的朝向相反。

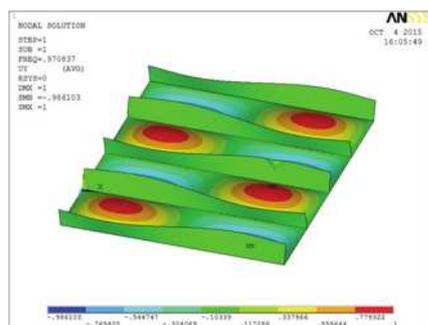
当下翼缘板中间加劲肋存在两处较小尺寸的局部缺陷时,由表1与图6(c)可以看出,相较于无缺陷工况,其临界屈曲应力系数出现较为明显的下降,下降幅度为1.9%,相较于仅存在一处较小尺寸局部缺陷的工况1-240-50,临界屈曲应力系数下降幅度则为1.2%。

若加劲肋上两处缺陷的尺寸进一步发展,当

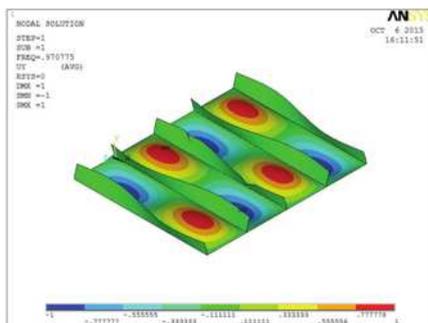
$a=480\text{mm}$, $b=100\text{mm}$ 时, 由表1与图6(d)可以看出, 临界屈曲应力系数则出现大幅度的下降, 相较于无缺陷工况, 下降幅度可达7%, 说明当存在两处或以上的缺陷时, 对原结构的抗屈曲能力有较大的影响。



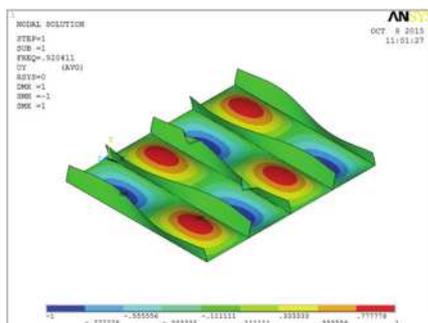
(a) 工况1-240-50



(b) 工况1-480-100



(c) 工况2-240-50



(d) 工况2-480-100

图6 计算结果

三、结论

本文采用有限元计算软件ANSYS, 对带局部缺陷的加劲肋进行了数值模拟研究, 探究了缺陷数量与尺寸对下翼缘板的屈曲特性的影响规律, 主要结论有:

(1) 加劲肋板存在缺陷会引起下翼缘板的临界屈曲应力系数下降, 若只存在一处缺陷, 其尺寸大小对下翼缘板的抗屈曲能力影响较小。

(2) 当加劲肋板仅存在一处缺陷时, 在其发生屈曲时, 局部缺陷附近加劲肋的弯曲方向总是与缺陷尖角的朝向相反。

(3) 随着缺陷的尺寸增大, 板件的临界屈曲应力系数会出现下降, 当加劲肋存在两个局部缺陷时, 临界屈曲应力系数进一步下降。在本文分析中, 由于加劲肋存在两处大尺寸局部缺陷造成的板件临界屈曲应力系数最大下降幅度达到7%。

本文的研究成果对带加劲肋板件的局部缺陷分析与加劲肋设计具有一定的理论参考价值。

参考文献:

- [1] S. F. Badran, A.B. Saddek, H. W. Leheta. Ultimate strength of Y and T stiffeners subjected to lateral loads with three different levels of initial imperfection[J]. Ocean Engineering, 61(2013): 12 - 25.
- [2] C. Graciano, E. Casanova, J. Mart í nez Imperfection sensitivity of plate girder webs subjected to patch loading[J]. Journal of Constructional Steel Research, 67(2011):1128 - 1133.
- [3] M. F. Hassanein. Imperfection analysis of austenitic stainless steel plate girders failing by shear[J]. Engineering Structures, 2010, 32(3): 704-713.
- [4] Vissarion Papadopoulos, George Soimiris, Manolis Papadrakakis. Buckling analysis of I-section portal frames with stochastic imperfections[J]. Engineering Structures, 47(2013): 54 - 66.
- [5] Ming Cai Xu, C. Guedes Soares. Assessment of residual ultimate strength for wide dented stiffened panels subjected to compressive loads[J]. Engineering Structures, 49(2013): 316 - 328
- [6] Timoshenko S. Theory of elastic stability[M]. New York: McGraw Hill; 1936.