

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2022.05.028

桥梁 T 梁与箱梁斜向拼接结构 受力性能有限元分析

杨新燕

(福建省交通规划设计院有限公司, 福建 福州 350004)

摘要:为研究公路桥梁升级改造为立交城市桥梁的合理拼接构造问题,以某实际工程为例,进行了 T 梁与箱梁斜向拼接结构的受力性能有限元分析。通过梁单元法分析采用不同拼接型式的主梁内力,研究了匝道桥基础沉降、汽车荷载、混凝土收缩徐变、温度变化等主要作用的宏观影响规律以及不同拼接型式结构响应之间的差异性,在此基础上,通过精细实体模型对主流拼接型式的主梁及其拼接缝的拉应力进行研究。研究表明:不同截面主梁斜向拼接宜设置建设搁置期或加强横向配筋,采用刚接时可通过控制横隔板高度和厚度提高主梁及拼接缝的抗裂性。

关键词:桥梁工程;拼接结构;精细有限元模型;设计优化;建设搁置

中图分类号:U416.1

文献标识码:A

文章编号:1672-1144(2022)05-0178-07

Finite Element Analysis of Mechanical Behavior of Oblique Splice Between Bridge's T Girder and Box Girder

YANG Xinyan

(Fujian Communications Planning and Design Institute Co., Ltd., Fuzhou, Fujian 350004, China)

Abstract: In order to analyze the reasonable splice construction that upgrading highway bridge to urban overpass bridge, finite element analysis on the mechanical behavior of oblique splice between T girder and box girder was carried out. Through analyzing main girder's internal forces for different splice configuration by beam element method, the overall influence law of actions like ramp bridge's foundation settlement, vehicle load, concrete shrinkage-creep effect and temperature change, as well as the difference of structural responses between various splice configuration were analyzed. Furthermore, the tensile stress in main girder and the splice were investigated by refined solid element model for prevalent splice type. It is revealed that from the research that construction shelve period or enhanced transverse reinforcement should be adopted for all kinds of oblique splice between different type girders, and that cracking resistances of main girder and the splice for rigid joint could be improved by controlling the height and thickness of diagonal plate.

Keywords: bridge engineering; splice construction; refined solid element model; design optimum; construction shelve period

随着城市区域的扩展,原先隶属于郊区的公路桥梁逐渐被升级改造为城市桥梁,甚至拼接上匝道形成立体交叉结构。为了实现立体交叉,一般采用匝道与主线桥引桥进行斜向拼接。匝道一般采用抗扭和抗弯刚度大的箱梁以满足受力需要^[1],而主线桥引桥往往采用标准跨径的预制 T 梁或板梁以降

低造价和缩短工期,这就导致匝道桥与主线桥引桥的主梁截面不一致,且匝道桥主梁需要变宽度以实现桥面交通变道。传统桥梁拼接一般采用相同截面的主梁^[2],如福厦高速公路拓宽时 411 座桥梁全部采用相同截面的主梁,而且都是横向平行拓宽。对于匝道箱梁与主线桥 T 梁或板梁斜向拼接,由于主

收稿日期:2022-06-30

修稿日期:2022-07-22

基金项目:福建省交通运输科技项目(编号 201905)

作者简介:杨新燕(1968—),女,高级工程师,主要从事道路桥梁设计等方面工作。E-mail:1071652400@qq.com

梁截面型式不同、刚度差异大、结构体系不同、边界支撑条件有别,与传统桥梁拼接相比,桥面荷载传力路径将发生改变,在构造和受力上有较大区别。

文献[3-5]调查表明,传统横向拓宽拼接的桥梁在运营期间发生诸多病害,严重影响服务质量和维养成本。对于不同截面主梁的斜向拼接,尤其是对于增设匝道的桥梁斜向拼接,在新桥基础沉降、匝道交通荷载、混凝土收缩徐变、温度作用等不利影响下,旧桥主梁和拼接缝的受力性能和耐久性,以及桥面铺装层开裂性能等究竟如何,显然有待深入研究。为此,针对在城市扩张建设工程中常见的公路平交桥梁提升改造工程,选取典型案例,对桥梁斜向拼接后受力性能和主流构造方法进行参数分析,以资同类结构设计借鉴。

1 桥梁改造拼接方法

1.1 背景工程简介

某工程主线桥主桥为连续刚构桥,引桥为每跨30 m的预应力混凝土连续 T 梁桥,分幅单向三车道,横桥向布置有七根主梁,见图1,设计荷载为汽-超20^[6]。新建的匝道桥主梁采用单箱单室逐渐变宽为单箱三室结构,以实现车辆驶出分离或驶入汇合。匝道桥墩台纵桥向距离同主线桥保持一致。匝道桥与主线桥引桥拟采用上部结构连接而下部结构分离的拼接方案^[6]。主线桥引桥 T 梁高2 m,翼缘宽1.2 m,翼缘厚160 mm,跨中梁肋宽200 mm,支点梁肋宽500 mm,主梁间距2.35 m,混凝土强度等级为C40,纵向预应力筋采用1860级8-11 ϕ 15.2钢绞线。匝道桥箱梁高1.8 m,顶板宽5.500 m~15.355 m,底板宽4.000 m~13.855 m,顶板厚250 mm,底板厚200 mm,跨中腹板厚400 mm,支点腹板厚700 mm,混凝土强度等级为C50。

1.2 桥梁拼接型式

桥梁拼接型式可以分为铰接、弱刚接和刚接三种^[7]。其中,铰接一般通过植筋将两相邻主梁连接在一起,并填塞木条、沥青玛蹄脂等柔性材料以形成桥面连续利于行车^[8],但拼接缝上方的桥面铺装层易破损,交通舒适性和安全性降低,维养工作量大;弱刚接是在铰接的基础上,采用混凝土替代木条及沥青玛蹄脂,并布设少量纵横向钢筋以提高连接整体性;刚接是在弱刚接的基础上增设横隔板等横向连接构造,桥梁整体性最好,可改善拼接缝受力状态,但易受基础沉降和混凝土收缩等影响。

对于背景工程,边 T 梁与箱梁拼接若采用翼缘

连接时可实现铰接和弱刚接,若在弱刚接的基础上继续延伸边 T 梁的横隔板至箱梁腹板时则可实现刚接。

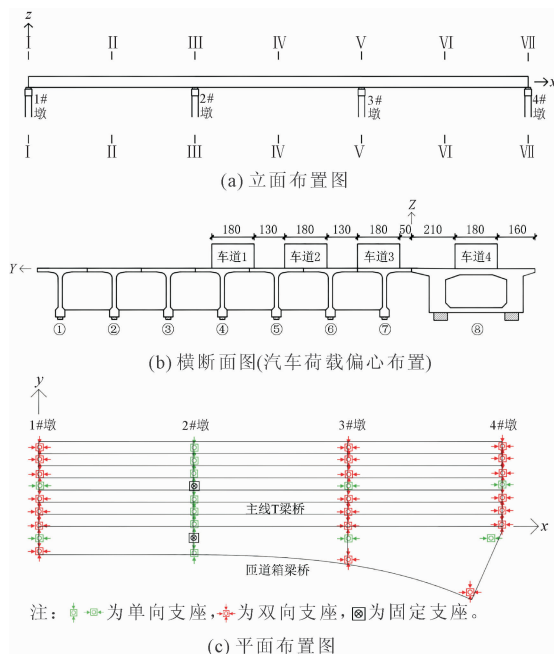


图1 拼接后桥梁布置图(单位:cm)

2 拼接对结构整体受力的影响

2.1 梁单元模型简介

在采用 Midas 有限元软件进行桥梁整体受力分析时,主线桥上部结构采用梁格法模拟主梁(T梁)和横隔板,匝道桥箱梁采用变截面单梁法模拟。在有限元模型中,采用弹性支撑模拟实桥支座的约束条件,见图1。

为分析拼接刚度对主梁及其拼接缝受力的影响,分别模拟了铰接、弱刚接和刚接三种拼接型式。对于铰接模型,在 T 梁与箱梁翼缘拼接处释放转动约束,并耦合主梁之间的线位移自由度;对于弱刚接模型,耦合 T 梁与箱梁翼缘之间的全部线位移和角位移自由度;对于刚接模型,采用虚拟横梁模拟支点、 $l/4$ 、 $l/2$ 和 $3l/4$ 处的五道横隔板。

2.2 拼接后主线桥主梁内力变化

桥梁拼接后,在新建匝道桥的基础沉降、混凝土收缩徐变、汽车荷载以及温度变化等作用下,主线桥随拼接缝变形而参与受力。其中,最不利的汽车荷载布置方式见图1(b),混凝土收缩根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》^[9](JTG 3362—2018)取值,匝道桥相对于主线桥发生整体沉降5 mm^[10],温度作用按《公路桥涵设计通用规

范》^[11] (JTG D60—2015) 规定, 试算可知正温度梯度最不利。主线桥边 T 梁(⑦梁) 内力变化最为显著, 而最不利弯矩控制截面为中跨跨中截面(Ⅳ -

Ⅳ断面), 最不利剪力和扭矩控制截面均为边跨支点截面(Ⅲ - Ⅲ断面), 各作用效应见表 1—表 4。

表 1 拼接后主线桥主梁最大横向弯矩 M_y

模型	恒载		汽车荷载		匝道桥基础沉降		正温度梯度		混凝土收缩	
	绝对值 /(kN·m)	相对值 /%	绝对值 /(kN·m)	相对值 /%	绝对值 /(kN·m)	相对值 /%	绝对值 /(kN·m)	相对值 /%	绝对值 /(kN·m)	相对值 /%
铰接	5079.3	100	2047.5	104	5.5	9	61.4	97	-54.9	93
弱刚接	5079.3	100	1966.4	100	63.6	99	62.4	99	-57.7	97
刚接	5079.3	100	1962.7	100	64.0	100	63.1	100	-59.2	100

表 2 拼接后主线桥主梁最大竖向剪力 Q_z

模型	恒载		汽车荷载		匝道桥基础沉降		正温度梯度		混凝土收缩	
	绝对值/kN	相对值/%	绝对值/kN	相对值/%	绝对值/kN	相对值/%	绝对值/kN	相对值/%	绝对值/kN	相对值/%
铰接	644.5	100	640.4	130	1323.6	76	4.8	96	-4.1	95
弱刚接	644.5	100	578.2	117	1415.6	82	4.9	98	-4.2	98
刚接	644.5	100	492.6	100	1733.5	100	5.0	100	-4.3	100

表 3 拼接后主线桥主梁最大横向剪力 Q_y

模型	恒载		汽车荷载		匝道桥基础沉降		正温度梯度		混凝土收缩	
	绝对值/kN	相对值/%	绝对值/kN	相对值/%	绝对值/kN	相对值/%	绝对值/kN	相对值/%	绝对值/kN	相对值/%
铰接	27.9	100	115.1	296	126.8	79	2.1	88	-796.4	72
弱刚接	27.9	100	58.1	149	128.0	80	2.3	96	-843.1	77
刚接	27.9	100	38.9	100	159.7	100	2.4	100	-1099.2	100

表 4 拼接后主线桥主梁最大纵向扭矩 M_x

模型	恒载		汽车荷载		匝道桥基础沉降		正温度梯度		混凝土收缩	
	绝对值 /(kN·m)	相对值 /%	绝对值 /(kN·m)	相对值 /%	绝对值 /(kN·m)	相对值 /%	绝对值 /(kN·m)	相对值 /%	绝对值 /(kN·m)	相对值 /%
铰接	2.1	100	15.1	114	10.2	76	1.0	50	-58.9	94
弱刚接	2.1	100	14.7	111	11.7	87	1.0	50	-60.1	96
刚接	2.1	100	13.3	100	13.4	100	2.0	100	-62.9	100

对于横向弯矩 M_y , 见表 1, 恒载和汽车荷载是最主要的作用, 而匝道桥基础沉降、温度作用、混凝土收缩均可忽略。对于三种拼接型式, 恒载和汽车荷载产生的作用效应差值在 4% 以内, 故在桥梁拼接设计时可以忽略拼接刚度对主线桥主梁弯矩的影响。

对于竖向剪力 Q_z , 见表 2, 匝道桥基础沉降的影响超过了恒载和汽车荷载, 而温度作用和混凝土收缩均可忽略。在匝道桥基础沉降作用下, 铰接和弱刚接模型的竖向剪力分别是刚接模型的 76% 和 82%, 拼接刚度越小则基础沉降引起的竖向剪力越小, 对结构越有利; 但在汽车荷载作用下, 铰接和弱刚接模型的竖向剪力分别是刚接模型的 130% 和

117%, 拼接刚度越小则汽车荷载引起的竖向剪力越大, 对结构越不利。但是, 考虑作用效应组合后, 三种拼接型式的主梁竖向剪力之比为 93.6% : 93.8% : 100%, 即可以忽略拼接刚度对主线桥主梁竖向剪力的影响。

对于横向剪力 Q_y , 见表 3, 混凝土收缩的影响最大, 基础沉降和汽车荷载次之, 温度和结构自重可忽略不计。对于混凝土收缩引起的横向剪力 Q_y , 铰接和弱刚接模型的计算值分别为刚接模型的 72% 和 77%; 类似的, 对于基础沉降引起的横向剪力 Q_y , 铰接和弱刚接模型的计算值分别为刚接模型的 79% 和 82%; 但是, 对于汽车荷载引起的横向剪力 Q_y , 铰接和弱刚接模型的计算值分别为刚接模型的 296%

和 149%。考虑作用效应组合后,三种拼接型式的横向剪力 Q_y 之比为 55.6% : 70.4% : 100%,这说明不同拼接型式对主线桥主梁的横向剪力 Q_y 影响较大,即横向剪力随拼接刚度增大而增大。不过,拼接刚度越大即横向连接构造越强,则抗剪能力越强,从这个角度上讲,可忽略不同拼接型式在横向抗剪设计的差异性。

与横向剪力 Q_y 类似,纵向扭矩 M_x (见表 4) 主要源于混凝土收缩、汽车荷载以及基础沉降,其他因素的影响可忽略不计。考虑作用效应组合后,三种拼接型式的纵向扭矩 M_x 值之比为 91.3% : 92.3% : 100%。由此可见,可忽略拼接型式对扭矩的影响。

总的来说,虽然匝道桥基础沉降对主梁横向弯矩 M_y 影响可以忽略不计,但对竖向剪力 Q_z 、横向剪力 Q_y 和纵向扭矩 M_x 的影响很大。因此,应重视设置合理的建设搁置期以减小基础沉降对结构的影响。此外,混凝土收缩的影响主要体现在横向剪力 Q_y 方面,应设计合理的(拼接)合龙温度。当设计有搁置期时,可选择在气温较低且温度变化较缓慢的季节进行拼接,以最大程度消除基础沉降和混凝土收缩的不利影响。

由于三种拼接型式对主线桥主梁内力影响的差异性不大,而且采用刚性连接可以使得主线桥和匝道桥更协调地共同受力,提高上部结构的整体性及行车的舒适性、安全性,因此采用刚性连接是最合理的。

3 拼接对结构局部应力的影响

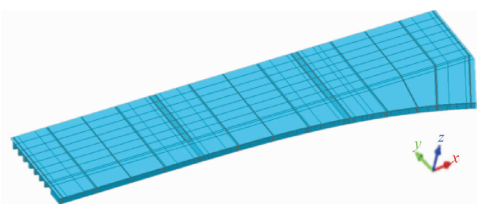
对于综合性能最优的刚接,拼接所引起的主梁竖向剪力 Q_z 、横向剪力 Q_y 和纵向扭矩 M_x 仍不可忽视,这些内力将在拼接缝和 T 梁翼缘处产生竖向剪应力 τ_{xz} 和 τ_{yz} ,以及横向弯曲应力 σ_y 。这些应力势必增大主应力,当主拉应力较大时,可能导致主梁和拼接缝开裂,进而形成反射裂缝导致桥面铺装层开裂。因此,需要采用精细实体模型对刚接的主梁和拼接缝的局部应力状态进行研究。

3.1 实体单元建模方法

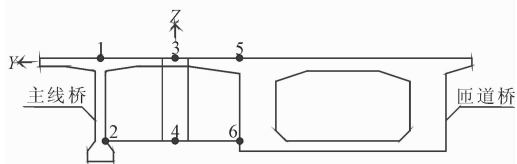
有限元全尺寸实体模型见图 2,图 2(b)中阿拉伯数字为截面特征点的编号。

3.2 基础沉降差对拼接结构的影响

当匝道桥 1#~4#墩同时下沉 5 mm 时,主梁及拼接缝的下挠值见表 5。



(a) 有限元几何模型



(b) 截面特征点编号

图 2 精细有限元实体模型

表 5 基础沉降引起的主梁及拼接缝下挠值 单位:mm

断面	截面特征点		
	1	3	5
I-I	0.28	2.49	4.50
III-III	1.06	2.64	4.13
V-V	1.13	2.79	4.31
VII-VII	0.23	1.48	2.75

如表 5 所示,沿横桥向(截面特征点 1→3→5)的下挠值均为线性增大,但是沿纵桥向(断面 I-I→VII-VII)的下挠值变化规律不一致,截面特征点 1 和 3 的下挠值为先增大后减小,而截面特征点 5 的是先减小后增大再减小。这表明整个桥梁拼接区域呈现复杂的空间变形模式,主梁及其翼缘同时发生纵桥向和横桥向弯曲,因此在拼接缝设计时应注意对横桥向应力分析。

在 1#墩处匝道桥与主线桥支座的横向距离最小,拼接缝剪切刚度相对最大,故基础沉降引起的主梁及拼接缝应力最大出现在 I-I 断面上,见图 3。

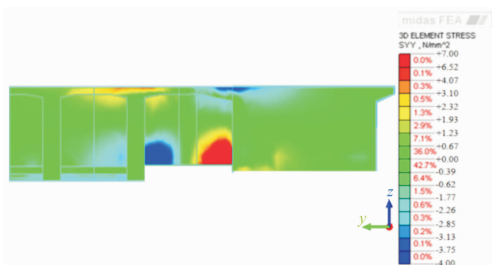


图 3 基础沉降引起的横向应力 σ_y 云图(单位:MPa)

如图 3 所示,主线桥 T 梁翼缘根部上缘(截面特征点 1)以及横隔板下缘(截面特征点 6)分别出现了 4.06 MPa 和 5.00 MPa 的横向拉应力。由于有限元模拟的基础沉降是瞬时发生的,不考虑混凝土

徐变影响和钢筋作用,因此有限元计算结果显著偏大。文献[12-16]建议采用有限元线弹性分析时需对混凝土应力进行折减,文献[12]建议折减系数取为 0.45。据此折减后的 T 梁翼缘根部上缘和横隔板下缘最大横向拉应力仍分别为 1.83 MPa 和 2.25 MPa,接近 C50 混凝土的轴心抗拉强度标准值 2.65 MPa。因此,当不设置搁置期时,应重视拼接缝的构造设计,以避免桥面板和横隔板出现纵向裂缝。

3.3 汽车荷载对拼接结构的影响

桥梁拼接后,由车道荷载引起的主线桥主梁内力虽未增加,但出入匝道的车辆荷载将直接作用于⑦梁与箱梁的翼缘拼接处,使得拼接缝处于最不利的受力状况。在车辆荷载作用下,在 2#和 3#墩之间跨中截面(IV-IV 断面),由于翼缘动挠度最大,车辆荷载的冲击作用也最大。冲击系数取 0.3 且重车后轮作用于拼接缝时,最不利的应力为横桥向,见图 4。

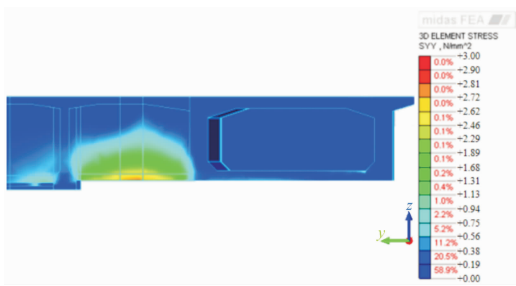


图 4 车辆荷载引起的横向应力 σ_y 云图(单位:MPa)

如图 4 所示,翼缘的横向应力均为压应力,有利于桥面板抗裂;不过,横隔板下缘中部则出现较大的横向拉应力,最大值为 2.62 MPa。这表明横隔板对翼缘的承托作用可显著改善翼缘的受力状态,但应优化横隔板设计,加强其下缘的横向配筋。

3.4 混凝土收缩徐变的影响

混凝土徐变会导致应力重分布,增大结构变形。桥梁拼接时,主线桥的收缩徐变已基本收敛,在匝道桥经历两年混凝土徐变发展后,由于匝道桥收缩变形受到主线桥约束,因此主线桥和匝道桥整体将发生横向弯曲,见图 5,表现为主线桥两端偏向匝道桥移动,而匝道桥中部向主线桥移动。计算时,收缩徐变函数根据我国现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》^[9](JTG 3362—2018)进行设置,环境相对湿度根据当地条件取 77%,而截面的构件理论厚度通过定义多个材料属性,分别赋予不同的构件理论厚度进行输入^[17]。

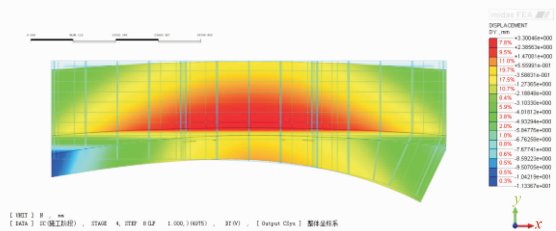


图 5 混凝土收缩徐变引起的横向位移图(单位:mm)

如图 5 所示,对于主线桥因匝道桥收缩徐变引起的横向位移,最大值 11.34 mm 发生在 I-I 断面。虽然主梁横向位移小于抗震挡块 50 mm 变位的限值,但将在支座中产生很大的横向水平剪切力。因此,应合理设置搁置期和主梁合龙时间以减小混凝土收缩徐变的不利影响,并重视拼接缝的变形能力设计和支座变形能力检查。

4 结构抗裂设计参数分析

拼接缝横隔板既有利于提高整体性,改善汽车荷载作用下的结构受力性能,也增强赘余约束,放大基础沉降、混凝土收缩等作用的不利影响,因此,合理的拼接缝构造对于改善主梁和拼接缝横向抗拉意义重大。若不设置搁置期,合理的拼接缝尺寸应使得拼接不利影响尽量小,尤其是控制主梁翼缘根部和横隔板底部的横向拉应力。对于横隔板拉应力问题,可在浇筑拼接缝时通过合理配筋予以适当解决,而主梁翼缘根部的横向拉应力可能引起桥面板及铺装层出现纵向裂缝,这对于桥梁承载力和耐久性很不利,更不利于主线桥(旧桥)维修加固,因此在评价拼接缝构造合理性时应以主线桥主梁翼缘拉应力为主要指标。

对于桥梁拼接部位,一般设在采用标准跨径和截面尺寸的主线桥引桥上。与引桥拼接的匝道桥,基于桥墩平面布置之需一般采用与引桥相匹配的跨径,故拼接缝构造尺寸主要取决于横隔板高度 h 、横隔板厚度 t 和湿接缝宽度 w (指主线桥和匝道桥主梁翼缘之间的净距)。以中小跨径 T 梁和箱梁为应用对象,则拼接缝构造参数取值见表 6。

表 6 拼接缝构造参数取值 单位:mm

横隔板高度 h	横隔板厚度 t	湿接缝宽度 w
500、750、1000、1500	100、150、200、250	250、500、750、1000

4.1 横隔板高度的影响规律

横隔板高度是影响拼接缝抗弯刚度的最主要因素,将影响各种作用效应在主线桥与匝道桥之间的

内力分配。横隔板高度 h 对主梁和横隔板应力的影响曲线见图 6, 图中应力 σ 的上角标 F、D 分别表示翼缘和横隔板, 下角标 base、con 分别表示基础沉降和混凝土收缩徐变, 即 σ_{base}^F 、 σ_{con}^F 分别表示翼缘因基础沉降或混凝土收缩徐变产生的横向拉应力, 而 σ_{base}^D 、 σ_{con}^D 分别表示横隔板因基础沉降或混凝土收缩徐变产生的横向拉应力。

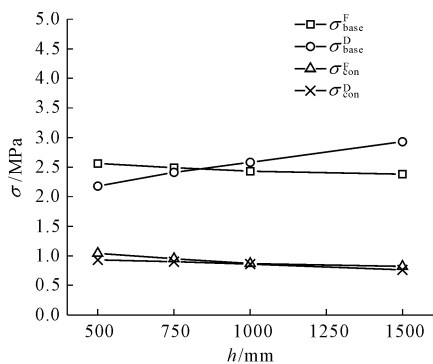


图 6 主梁和横隔板应力随横隔板高度变化曲线

如图 6 所示, 基础沉降的影响显著大于混凝土收缩徐变。在基础沉降作用下, 当 h 由 500 mm 增大至 1 500 mm 时, 翼缘应力 σ_{base}^F 由 2.56 MPa 减小为 2.38 MPa, 减小了 7%, 而横隔板应力 σ_{base}^D 由 2.18 MPa 增大为 2.93 MPa, 增大了 35%; 在混凝土收缩徐变作用下, 翼缘应力 σ_{con}^F 由 1.04 MPa 减小为 0.82 MPa, 横隔板应力 σ_{con}^D 由 0.93 MPa 减小为 0.76 MPa, 分别减小了 21% 和 18%。简言之, 增大横隔板高度可减小主梁翼缘因基础沉降和混凝土收缩徐变而产生的横向拉应力, 但对横隔板横向拉应力有利有弊。因此, 横隔板采用较大的高度 h , 利用其刚度对翼缘的承托作用, 对结构更加有利。

4.2 横隔板厚度的影响规律

横隔板厚度是影响拼接缝抗剪刚度的最主要因素。横隔板厚度 t 对翼缘和横隔板应力的影响曲线见图 7。

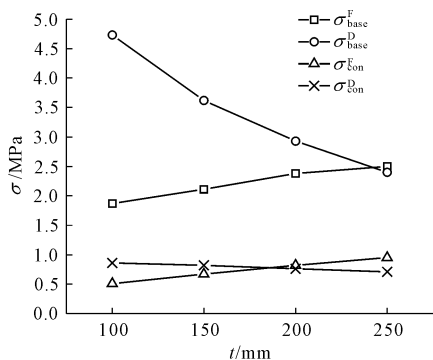


图 7 主梁和横隔板应力随横隔板厚度变化曲线

如图 7 所示, 基础沉降的影响同样要远大于混凝土收缩徐变。当 t 由 100 mm 增大至 250 mm 时, 在基础沉降作用下, 翼缘应力 σ_{base}^F 由 1.85 MPa 增大为 2.56 MPa, 增加了 34%, 而横隔板应力 σ_{base}^D 由 4.75 MPa 减小为 2.18 MPa, 减小了 49%; 在混凝土收缩徐变作用下, 翼缘应力增加了 86%, 对受力不利, 而横隔板应力减小了 17%, 对受力有利。综合来看, 宜选择厚度 t 较小的横隔板, 但应对横隔板进行配筋防裂。

4.3 湿接缝宽度的影响规律

桥梁拼接工程设计的难点之一是新旧桥空间关系处理尤其是新桥的平面布置。为了减小占地和利于拼接缝设计, 新旧桥上部结构之间宜尽量靠近, 但应满足下部结构之间最小距离限制、基础构造尺寸、翼缘植筋长度、施作空间等要求。鉴于 T 梁和箱梁的翼缘长度取决于主梁和桥面板的截面设计要求, 尺寸相对于梁肋或腹板是固定的, 拼接缝横向尺寸设计只能通过变化湿接缝宽度来实现。湿接缝宽度 w 对翼缘和横隔板应力的影响曲线见图 8。

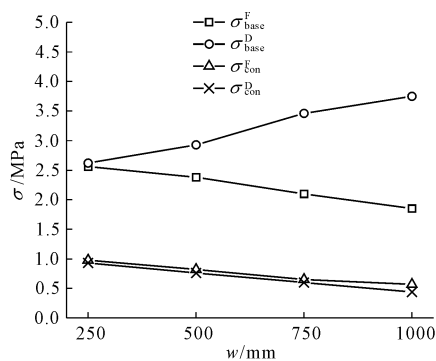


图 8 主梁和横隔板应力随湿接缝宽度变化曲线

由图 8 可知, 在基础沉降作用下, 当 w 由 250 mm 增大为 1 000 mm 时, 翼缘应力由 2.56 MPa 减小为 1.85 MPa, 减小了 28%, 而横隔板应力由 2.62 MPa 增大为 3.75 MPa, 增大了 43%; 在混凝土收缩徐变作用下, 翼缘和横隔板的应力分别减小了 42% 和 53%。由此可见, 增大宽度 w 对结构更有利, 但同样应验算横隔板的抗裂性。

5 结论

对于主线桥 T 梁与匝道桥箱梁斜向拼接, 与采用相同主梁横向拓宽的桥梁相比, 其受力性能有如下显著特点:

(1) 铰接、弱刚接和刚接三种拼接型式对主梁横向弯矩、竖向剪力、横向剪力和扭矩影响的差异性

不大,从主梁结构设计角度看,可不考虑拼接型式的影响;从结构受力性能、行车舒适性和安全性综合角度看,不同截面主梁的斜向拼接宜采用带横隔板承托的刚接型式。

(2) 新建匝道桥的基础沉降、混凝土收缩和汽车荷载是影响主线桥和匝道桥的主梁及其拼接缝受力状态的主要影响因素,其中基础沉降和混凝土收缩分别是产生竖向剪力和横向拉力的控制因素。

(3) 桥梁拼接应尽可能设置搁置期,以减小基础沉降和混凝土收缩徐变的不利影响;若设置足够的搁置期并选择合适的合龙时间点,可不对主线桥主梁进行加固;当搁置期不长或没有设置搁置期时,应加强拼接缝的横向配筋设计以避免桥面板和横隔板出现纵向裂缝,并注意对主梁限位措施和支座的维养。

(4) 当采用带横隔板承托的刚接型式时,基础沉降、混凝土收缩徐变和汽车荷载将在主梁及其拼接缝中产生较大的横向拉应力;增大横隔板高度、减小横隔板厚度或增大湿接缝宽度对主梁及桥面板有利,对横隔板不利;综合设计、施工和维养考虑,宜采用较高、较薄的横隔板,但应注意加强横隔板下缘横向配筋设计。

参考文献:

- [1] 崔芳宇. 匝道桥的设计及结构计算[J]. 科技创新与应用, 2014(16):202.
- [2] 吴文佑, 吴文清, 叶见曙. 预应力混凝土桥梁拓宽的若干关键问题研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2009, 5(8):17-19.
- [3] 高 冉, 刘其伟. 拼宽连续箱梁桥支座病害分析及处理方案的研究[J]. 中外公路, 2012, 32(6):218-222.
- [4] 刘 丹, 吴文清. 某高速公路桥梁拓宽后伸缩缝锚固区混凝土破坏原因分析[J]. 现代交通技术, 2008, 5(1):41-43.
- [5] 吴文清, 叶见曙, 鞠金荧, 等. 高速公路扩建中桥梁拓

宽现状与方案分析[J]. 中外公路, 2007, 27(6):100-104.

- [6] 魏梦伟. 公路 T 梁桥与匝道箱梁桥拼接结构受力性能有限元分析[D]. 福州: 福建农林大学, 2021.
- [7] 李爱军. 高速公路预制小箱梁拼宽关键技术[J]. 中外公路, 2019, 39(5):139-142.
- [8] 吴江鸿. 集灌路分离式立交桥的拼宽及加固设计[J]. 现代交通技术, 2015, 12(3):17-20.
- [9] 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范: JTG 3362—2018[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.
- [10] 吴文清, 唐章翔, 张 慧, 等. 混凝土连续箱梁桥拼接拓宽后箱梁顶板病害分析[J]. 中国公路学报, 2018, 31(5):63-73.
- [11] 公路桥涵通用设计规范: JTG D60—2015[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.
- [12] 温庆杰, 朱玉晓, 王东权. 箱梁桥横向拓宽后的基础沉降附加内力分析[J]. 中国矿业大学学报, 2011, 40(3):351-356.
- [13] In-Hwan Y. Probabilistic analysis of creep and shrinkage effects in PSC box girder bridges[J]. KSCE Journal of Civil Engineering, 2003, 7(3):275-284.
- [14] 韩重庆, 冯 健, 吕志涛. 大面积混凝土梁板结构温度应力分析的徐变应力折减系数法[J]. 工程力学, 2003, 20(1):7-14.
- [15] Shi X F, Li X X, Ruan X, et al. Analysis of structural behaviour in widened concrete box girder bridges[J]. Structural Engineering International, 2008, 18(4):351-355.
- [16] Mohseni Iman, Khalim Rashid A. Transverse load distribution of skew cast-in-place concrete multicell box-girder bridges subjected to traffic condition[J]. Latin American Journal of Solids and Structures, 2013, 10(2):247-262.
- [17] 张 慧. 适用于长联混凝土连续梁桥拓宽的横向拼接构造研究[D]. 南京: 东南大学, 2019.