

# 高速公路改扩建项目既有空心板桥的拼宽计算分析

孙宁, 高鹏, 康健

(中交第一公路勘察设计研究院有限公司, 陕西 西安 650054)

**摘要:** 中小跨径空心板梁桥是高速公路改扩建的主要桥型, 该文依托济南至青岛高速公路改扩建项目, 采用结构空间有限元法分析了影响新旧桥主梁及其连接处性能的两个最主要因素, 即新旧桥的基础沉降差和新旧桥混凝土收缩徐变差。得到以下结论: 空心板桥拼宽允许沉降差应控制为 4~6 mm, 且尽可能选择在 6 个月以后进行新旧桥梁的拼接。

**关键词:** 改扩建项目; 空心板桥; 拼宽; 沉降差; 收缩徐变差

国内外桥梁加宽的大量工程实践表明: 新旧桥的连接问题是桥梁拓宽工程成败的关键所在, 对桥梁的拼宽来说, 主要有 3 种连接方式: ① 新旧桥梁的上、下部构造均连接; ② 新旧桥梁的上、下部构造均不连接; ③ 新旧桥梁的上部构造相互连接、下部构造不连接。济南至青岛高速公路(以下简称“济青高速”)改扩建工程中桥梁采用了上部构造相互连接、下部构造不连接的方式进行拼宽连接。

新旧桥上部结构连接后, 其应力和变形均存在相互影响。根据目前的研究和中国国内改扩建桥梁病害的调查结果, 在影响新旧桥主梁及其连接处性能的各种因素中, 新旧桥的基础沉降差和新旧桥混凝土收缩徐变差是两个最主要因素。该文依托济青高速改扩建项目, 采用有限元法对影响空心板桥拼宽结构受力的

主要因素进行详细的分析。

## 1 工程概况

济青高速改扩建项目是 2014 版 JTG B01—2014《公路工程技术标准》和 JTG/TL 11—2014《高速公路改扩建设计细则》颁布后实施的第一条改扩建项目。济青高速现状为双向四车道高速公路, 设计车速 120 km/h, 路基宽度 26 m。该项目桥梁上部构造类型主要为 16 m 及以下空心板桥, 其中 5、6、8 m 为钢筋混凝土实心(空心)板, 10、13、16 m 为预应力混凝土空心板。该文将以 13 m 空心板为例, 其他跨径分析与该文方法类似。拼宽桥梁的标准横断面示意和拼接部位细部构造示意如图 1、2 所示。

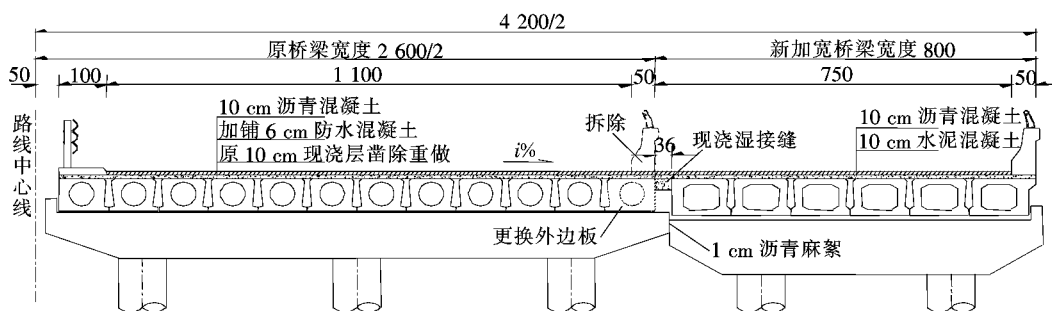


图1 预应力混凝土空心板桥拼宽横断面示意图(单位:cm)

## 2 拼宽桥梁的结构分析

根据上述空心板桥的拼接方案, 采用 Midas 空间

有限元梁格法对 13 m 跨径空心板桥梁拼宽后的受力性能进行计算分析。拼宽计算分析包括以下几方面: 新旧桥沉降差影响分析、新旧桥徐变差影响分析、拼接部位安全性分析、拼接后新旧桥梁验算, 具体分析模型

如图 3 所示。

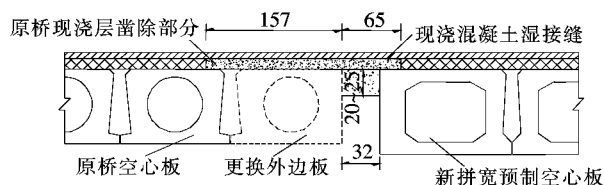


图 2 预应力混凝土空心板桥拼接部位细部构造示意(单位:cm)

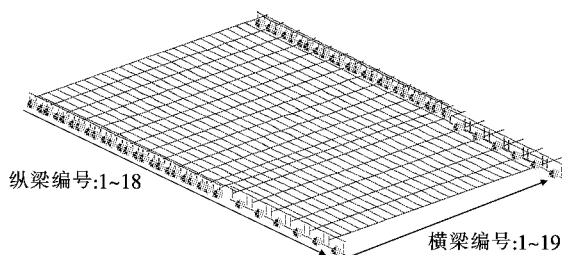


图 3 预应力混凝土空心板总体计算分析模型

## 2.1 新旧桥沉降差影响分析

按照新老结构差异沉降值 2、4、6、10、15 mm 对新、旧桥各主梁控制截面及拼宽部位的内力变化进行计算分析。13 m 跨径桥梁不同差异沉降工况下主梁弯矩影响情况如图 4、5 所示,主梁支点剪力影响情况如图 6 所示,现浇湿接缝位置产生的剪力及弯矩如图 7、8 所示。

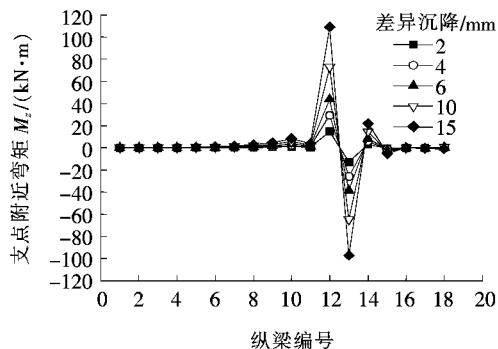


图 4 不同差异沉降对主梁支点附近弯矩的影响

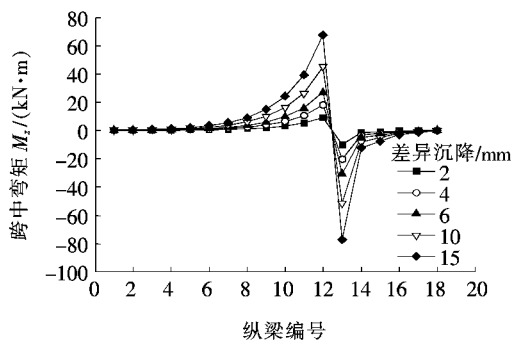


图 5 不同差异沉降对主梁跨中弯矩的影响

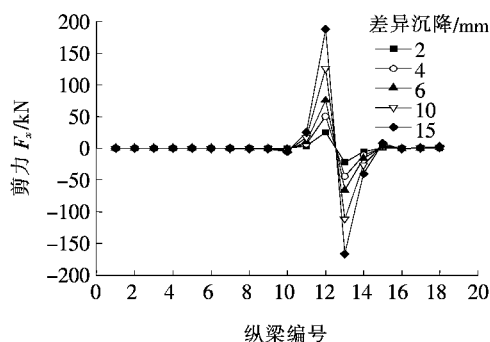


图 6 不同差异沉降对主梁支点剪力的影响

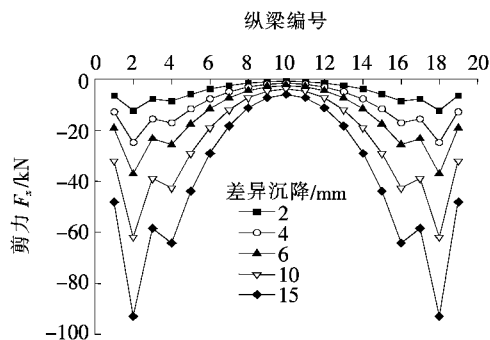


图 7 不同差异沉降对现浇湿接缝产生剪力的影响

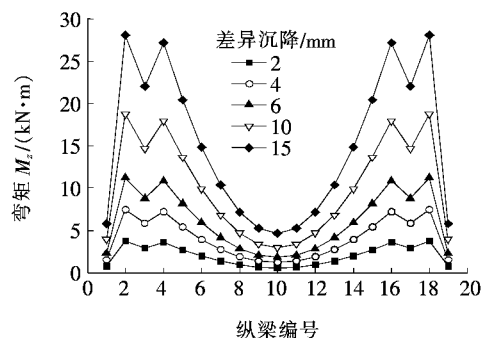


图 8 不同差异沉降对现浇湿接缝产生弯矩的影响

由图 4、5 可得:① 随着新旧桥差异沉降量的增大,主梁的附加内力和拼接部位的内力成线性增大;② 差异沉降对与新旧桥拼接湿接缝相邻主梁及次主梁内力值影响较大,对其余主梁内力影响较小,其主要原因是空心板梁之间的连接近似为铰接连接,内力传递距离有限,主梁横向整体性较弱;③ 差异沉降产生的主梁支点竖向弯矩横向分布较窄,有明显的突变性,主梁跨中竖向弯矩横向分布较宽,湿接缝两侧主梁至边主梁变化较为缓慢;④ 差异沉降增加了旧桥主梁跨中弯矩,对新拼宽部分主梁跨中弯矩有所减小。因此,沉降差对旧桥主梁是不利的,对新桥主梁是有利的。

由图 6 可得:差异沉降对主梁支点剪力影响较大,表明主梁支座受沉降差影响较大,同时沉降差将进一

步增大旧桥支座反力,减小新桥支座反力。

由图 7、8 可知:差异沉降对梁端拼接部位湿接缝的内力影响较大,对跨中拼接部位湿接缝的内力影响较小。

## 2.2 新旧桥收缩徐变差影响分析

新、旧桥梁之间拼接的时间不同,收缩徐变差产生影响的程度不同,在新旧桥收缩徐变差(新旧结构拼接时间取 30、60、90、180、360 d 共 5 种计算工况)作用下,计算分析新、旧桥各主梁控制截面及拼宽部位的内力变化趋势,得出较合理的拼接时间,从而减少新桥混凝土的收缩徐变对旧桥产生的不利影响。

13 m 跨径桥梁不同拼接时间对主梁弯矩的影响如图 9~11 所示,对拼接湿接缝的纵桥向剪力影响如图 12 所示。

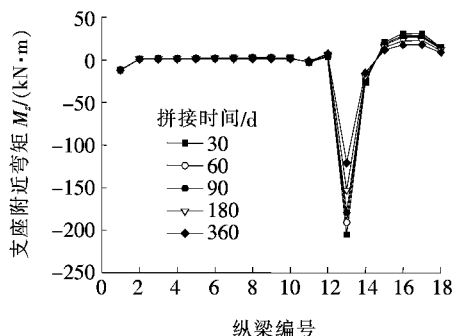


图 9 不同拼接时间对主梁支点附近弯矩的影响

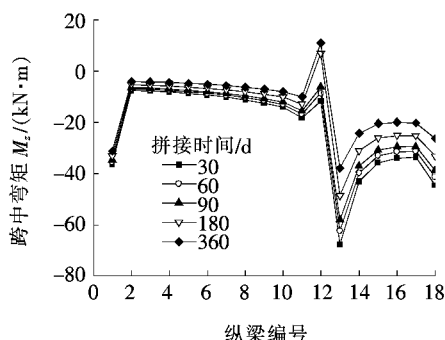


图 10 不同拼接时间对主梁跨中弯矩的影响

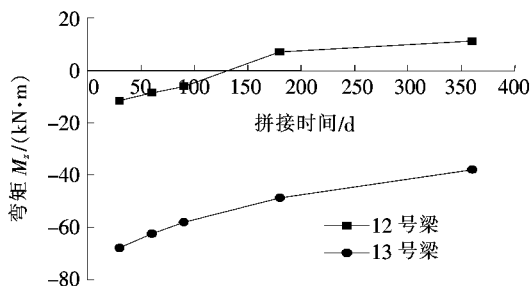


图 11 12、13 号梁跨中弯矩随拼接时间的变化曲线

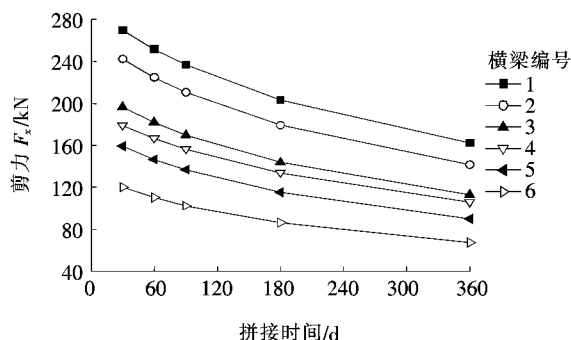


图 12 拼接湿接缝剪力随拼接时间的变化曲线

由图 9、10 可得:① 不同的拼接时间对新老桥主梁弯矩影响较大;其中,对拼接部位两侧主梁影响较大,对其余主梁影响相对较小,新拼宽主梁产生的附加弯矩大于旧桥主梁;② 随着新老结构拼接时间的增加,主梁弯矩值呈逐渐减小趋势,且显示混凝土的收缩徐变在初期对主梁影响较大,180 d 后收缩徐变对主梁的影响逐渐减小。

由图 12 可知:① 不同拼接时间对拼接部位湿接缝的纵桥向剪力影响较大,且靠近支点附近剪力较大,靠近跨中部位剪力较小,湿接缝纵桥向剪力由梁端向跨中递减;② 随着拼接时间的增长,混凝土收缩徐变对湿接缝产生的剪力逐渐减小,且前 180 d 减小较快,后期减小较慢。

## 2.3 拼接部位安全性分析

根据上部结构拼接加宽的方案及拼接部位构造,按上述确定的拼接时间(180 d),分别在新旧桥基础不同沉降差(沉降差取 2、4、6、10、15 mm 共 5 种工况)作用下,对拼接部位(连接湿接缝、横隔板)的承载能力及裂缝宽度进行进一步验算,以确定拼接部位的容许沉降差。13 m 跨径空心板拼接湿接缝拉弯承载力及裂缝宽度计算结果如表 1、2 所示。

由表 1、2 可知:在沉降差取 2~10 mm 下,13 m 空心板的拼接湿接缝抗剪、拉弯承载力均能满足要求;在沉降差取 2~6 mm 下,13 m 空心板的拼接湿接缝裂缝宽度均小于规范裂缝宽度容许值 0.2 mm,计算最大裂缝宽度为 0.167 mm,在沉降差取 8~10 mm 下,拼接湿接缝裂缝宽度超过规范裂缝宽度容许值。

## 2.4 拼宽后新、旧桥梁验算

在上述确定的拼接部位构造、拼接时间(180 d)、新旧桥沉降差(6 mm)的基础上,对新拼宽桥梁和旧桥分别进行验算。

按公路—I 级(JTG B01—2014 荷载),对新拼宽部分桥梁进行承载能力和正常使用极限状态验算。通

表 1 13 m 跨径空心板拼接湿接缝拉弯承载力验算

差异沉降/mm	最大弯矩/(kN·m)	对应轴力/kN	抗力/(kN·m)	安全系数	差异沉降/mm	最大轴力/kN	对应弯矩/(kN·m)	抗力/kN	安全系数
2	32.9	—1.5	49.1	1.5	2	47.6	6.8	145	3.0
4	33.2	—0.4	49.1	1.5	4	48.7	7.2	140	2.9
6	33.6	0.7	49.1	1.5	6	49.8	7.5	138	2.8
8	34.3	3.0	48.0	1.4	8	52.0	—10.0	122	2.3
10	35.2	5.8	38.7	1.1	10	54.9	—15.0	98.3	1.8

表 2 13 m 跨径空心板拼接湿接缝裂缝宽度验算

差异沉降/mm	最大弯矩/(kN·m)	对应轴力/kN	裂缝宽度/mm	差异沉降/mm	最大轴力/kN	对应弯矩/(kN·m)	裂缝宽度/mm
2	15.0	17.9	0.150	2	35.9	5.5	0.088
4	15.7	20.1	0.159	4	38.1	—8.3	0.115
6	16.4	22.3	0.167	6	40.3	—12.3	0.152
8	17.9	26.8	0.185	8	44.8	—20.3	0.226
10	19.6	32.4	0.206	10	50.4	—30.3	0.319

过计算得知:13 m 空心板新拼接各板正截面抗弯承载力、斜截面抗剪承载力、最大裂缝宽度以及挠度验算均满足规范要求;按照“汽车—超 20 级,挂车—120”的荷载等级对旧桥承载能力进行验算。通过计算得知:13 m 空心板旧桥各板正截面抗弯承载力、斜截面抗剪承载力均满足规范要求。

3 结论

对于高速公路改扩建项目中既有空心板桥的拼宽,新旧梁结构的互相影响不容忽视,为使拼宽后的桥梁达到安全性、适用性和耐久性的要求,设计者必须采用合理的措施。通过对济青高速改扩建项目中典型跨径空心板的计算分析,得出以下结论:

(1) 沉降差主要由拼接湿接缝的裂缝宽度控制,在Ⅱ类环境条件下,按规范对湿接缝裂缝宽度 0.2 mm 的控制要求,同时考虑新旧桥变形差对行车舒适性和安全性的影响,建议 5、6、8 m 跨径空心板的容许沉降差取为 4 mm;建议 10、13、16 m 跨径空心板的容许沉降差取为 6 mm。

(2) 不同的拼接时间对新老桥主梁及湿接缝的内力影响较大,为减小新老桥收缩徐变差对结构的影响,建议在新桥建成 180 d 以后,再进行新老桥梁的连接。同时加强混凝土的早期养护,保证良好的施工养护条件。

参考文献:

[1] 张世平,廖朝华.高速公路桥涵构造物扩建的拼接设计思路[J].中外公路,2006(2).  
[2] 吴文清,叶见曙,鞠金炎,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(6).  
[3] 胡胜刚,黄古剑,张晟斌,等.高速公路改扩建预应力简支 T 梁拼宽结构分析[J].中外公路,2009(8).  
[4] 陈智俊,杨植春,李勇.高速改扩建预应力 T 梁拼宽结构分析[J].华东公路,2009(6).  
[5] 李王辉.石安高速公路预制拼装梁桥加固与扩宽拼接技术研究[D].长安大学硕士学位论文,2014.  
[6] JTG B01—2014 公路工程技术标准[S].  
[7] JTG/TL 11—2014 高速公路改扩建设计细则[S].  
[8] 毛建平,覃乐勤,蒙方成.拼宽箱梁横向分布效应理论与试验研究[J].中外公路,2017(5).