

中等跨径变高连续梁不同施工方案对结构受力的分析研究

宋熙龙¹ 杨琪² 贺新礼¹

1. 湖北省交通规划设计院股份有限公司 湖北 武汉 430051

2. 武汉生态环境设计研究院有限公司 湖北 武汉 430051

摘要: 中等跨径变高连续梁常用的施工方案有满堂支架现浇及挂篮悬臂浇筑法等,设计时需结合现场施工条件、工期、经济指标等因素采用合理的施工方案,同时施工方案不同也会影响结构尺寸及钢束的设置。本文利用桥梁计算软件“桥梁博士”对同一桥梁在不同施工方案的情况下受力进行计算分析,从受力性能及工程造价方面阐述各施工方案的利弊,对以后的桥梁设计具有借鉴作用。

关键词: 变高连续梁; 中等跨径; 施工方案; 支架施工; 悬臂浇筑

1 工程概况

某国道改建工程主线采用设计速度为80km/h的双向六车道一级公路兼顾城市道路功能标准建设。本文研究的对象为上跨铁路动车段走行线的跨线桥,主桥上构为39+65+39m的三跨预应力混凝土变截面连续箱梁,桥梁全宽26.3m,采用单箱四室截面,跨中及边支点截面高度为2.1m,中支点截面高4.2m,梁底下缘按照二次抛物线变化。活载按照1.3倍公路I级考虑,主梁混凝土采用C50,

结构按照全预应力混凝土构件验算。原设计方案为挂篮悬臂浇筑施工,因为该方案施工周期较长,动走线联调联试工作的开展会影响跨线桥的施工,并有可能带来较大的风险和费用增加,故将挂篮悬臂施工工艺调整为满堂支架现浇工艺,跨径不变,构造尺寸进行局部微调。本文运用桥梁博士(V4.4.1)对悬臂浇筑施工及满堂支架施工进行建模分析,建模信息如图1~图3。

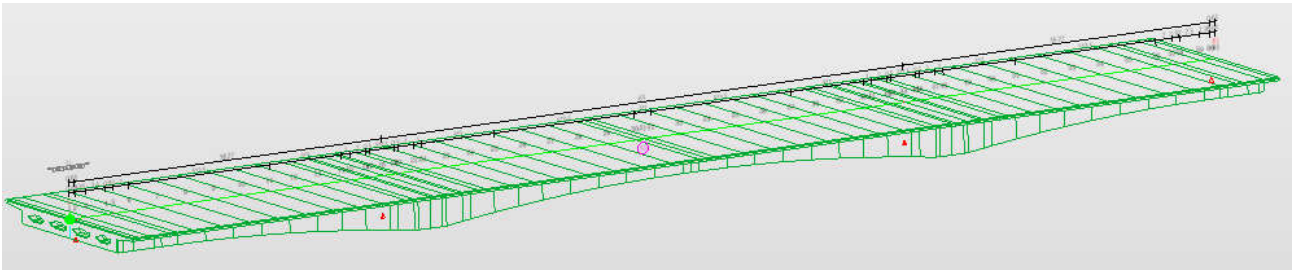


图1 全桥有限元模型

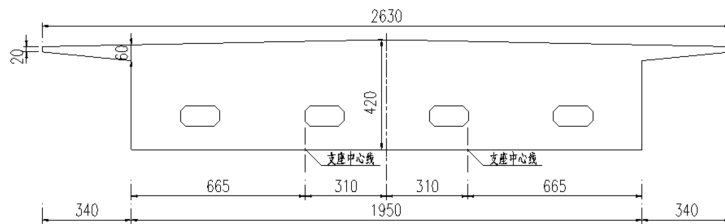


图2 中支点截面

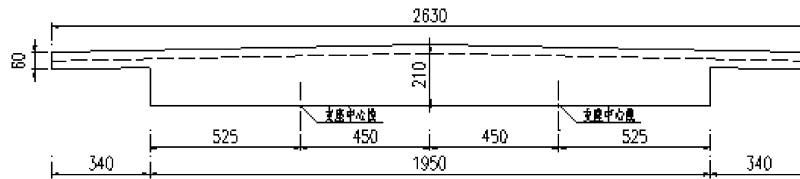


图3 边支点截面

2 施工方案

变高连续梁常用的施工方案有挂篮悬臂浇筑及满堂

支架整体浇筑。

2.1 挂篮悬臂浇筑方案

悬臂浇筑施工方法不需要大规模的临时设备与施工支架,同时可以方便地跨越峡谷、流量较大的河流和交通量大的立交桥梁,而且施工时不会受到桥梁高度及跨度的限制,其经济效益高,故大跨连续梁桥施工时更多选用挂篮悬臂浇筑的方法。由于桥梁施工的主要工作内容均在挂篮中进行,并且挂篮设有外棚,故受外界气

候影响较小,便于养护;挂篮悬浇过程中施工操作几乎相同,有利于提高工作效率,更能保证施工质量,同时在施工过程中可根据实际情况不断调整节段施工误差,提高整体的施工精度。由于梁体逐段浇筑并张拉相应钢束,且需边、中跨合拢时体系转化,所以施工周期较长。悬臂浇筑方案钢束布置详见图4。

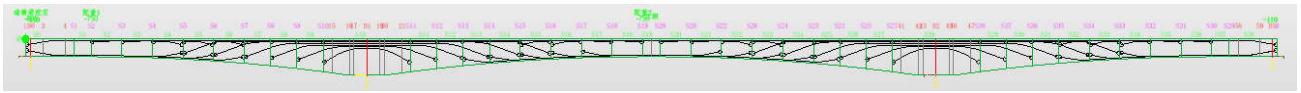


图4 挂篮悬臂施工方案钢束立面图

2.2 满堂支架浇筑方案

支架承受了桥梁的大部分恒载,为了保证施工的顺利进行,支架需要具备足够的强度、刚度及稳定性。浇筑前需对支架进行预压,预压重量为箱梁重量的120%,然后依次浇筑箱梁底板、腹板及顶板。由于为整体浇筑,钢束设置时一般长束多,所以结构预应力损失也较

大。相比悬臂浇筑施工方案,满堂支架浇筑工期较短,更多适用于中小跨径的等高连续梁及变高连续梁施工,但是支架面积大,箱梁同时浇筑对支架的不均匀沉降要求较为严格,而且混凝土集中供应、连续浇筑也会对结构的质量控制提出了较高的要求。支架现浇方案钢束布置详见图5。



图5 支架施工方案钢束立面图

3 有限元模型的建立

运用大型有限元软件桥梁博士V4.4.1对整个桥梁结构进行离散化并建立单梁的有限元模型,有限元模型共计61个节点,60个单元。

4 不同施工方案施工计算分析

由于支架现浇方案与悬臂浇筑方案的跨径一致,结构尺寸基本上一致,所以二者在运营荷载下的效应可以认为

是差异很小,故本文只研究成桥阶段下桥梁受力的不同。

4.1 内力值结果比较

表1及表2为两种施工方案下施工阶段荷载的弯矩(KN·m)、剪力(KN)结果,图6-图7为应力(Mpa)结果,除注明外,其余结果均为徐变十年阶段的数值;其中施工阶段荷载合计包含自重、二期恒载、预应力效应及收缩徐变效应。

表1 两种方案施工阶段竖向弯矩值 (KN·m)

项目	支架方案		悬臂浇筑方案	
	中支点	中跨跨中	中支点	中跨跨中
自重效应	-212796.1	66616.7	-265852.2	7429.6
预应力总效应	344374.1	-94403.5	397449.3	-19881
徐变效应	-736.6		-21980.4	
最大悬臂阶段施工荷载合计	/		120353.3	/
施工阶段荷载合计	107010.2	-36557.2	79206.6	-20392.7

表2 两种方案施工阶段剪力值 (KN)

项目	支架方案	悬臂浇筑方案
	中支点	中支点
自重效应	21567.5	21602.7
预应力总效应	-25119.4	25265.1
徐变效应	19.6	572.7
最大悬臂阶段施工荷载合计	/	21037.4
施工阶段荷载合计	25136.2	25125.1

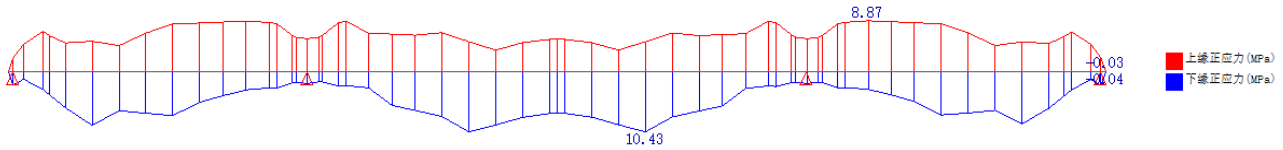


图6 支架浇筑应力图 (施工阶段荷载合计)

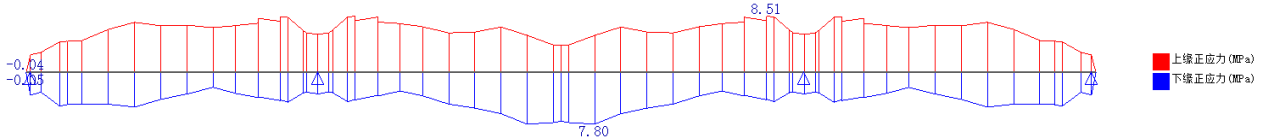


图7 悬臂浇筑应力图 (施工阶段荷载合计)

由图可知,采用支架现浇方法比悬臂浇筑方案自重荷载支点负弯矩小约20%,跨中正弯矩大8倍,支架方案剪力比悬浇方案略小,这是由于悬臂浇筑在合拢前是双悬臂受力,主梁根部负弯矩较大,剪力也较大,而支架现浇方法受力模式为连续梁;预应力总效应支点负弯矩小约13.4%,跨中正弯矩大3.7倍,剪力分布规律相似;徐变总效应弯矩小很多,主要原因是悬浇加载龄期少,收缩徐变预应力损失比较大,预应力引起的轴向力较大,故徐变效应下的次内力较大;最大悬臂下主梁弯矩大于徐变十年阶段,剪力最大值小于徐变十年阶段,主要是由于结构体系转变及二期恒载施加后造成的;施工阶段荷载合计下支架现浇方法支点及跨中均大于悬臂浇筑方法,这与两种体系受力模式及钢束配置方式的不同造成的。

4.2 支座反力结果比较

边支点设置两个支座,支座间距为9m,中支点设置两个支座,支座间距为6.2m,表3为两种施工方案下支座反力结果对比。

表3 支座反力对比表

支架现浇施工	边支座 (KN)	中支座 (KN)	边支座/中支座
恒载	8066.7	47875.8	0.17
活载 (max)	3130	5623.5	0.56
恒载+温度+沉降+活载 (max)	12593.3	55634.2	0.23

悬臂浇筑施工	边支座 (KN)	中支座 (KN)	边支座/中支座
恒载	6648	53013.9	0.13
活载 (max)	3128	5546.9	0.56
恒载+温度+沉降+活载 (max)	11275.1	60852.4	0.19

由表可知,支架现浇方案边支点比悬臂浇筑方案的大,中支点比悬臂浇筑方案的小。其中恒载下边支点反

力相差17.6%,中支点反力相差10.7%;恒+温+沉降+活载 (max) 工况下边支点反力相差10.5%,中支点反力相差9.4%。这是因为悬臂浇筑方案在合拢前受力模式为双悬臂的T构,恒载重量都由中支点承受,故最终中支点反力相对较大,而边支点仅在合拢段合拢后才承受结构自重,故反力相对较小。根据结果在不考虑施工工艺前提下粗略估算支座反力时,边支点/中支点的数值在恒载下取0.15,活载下取0.56,标准组合下取0.21。

4.3 经济指标比较

根据施工图数量表可推算出一些材料技术经济指标,以供其他类似项目参考。具体详见表4。

表4 材料技术经济指标对比表

项目	支架现浇施工	悬臂浇筑施工
每平方米混凝土用量 (m ³ /m ²)	1.076	1.079
钢筋含量 (kg/m ³)	245	230.2
钢绞线含量 (kg/m ³)	50.1	56.6
造价 (元/m ²)	12702.0	12411.5

由表可知,支架方案下混凝土方量相对悬臂浇筑方案小一点,虽然支架现浇方案的边支点腹板加厚段较长些,但是齿块相对较少,总体来说混凝土方量要相对小些。总体来说两种方案的技术指标相差不大,故可知施工方案对技术指标影响不是很大。

4.4 施工方案比较

支架现浇法施工流程大致为:安装膺架,膺架应进行120%的箱梁自重预压,使其变形满足施工规范→现场根据实际情况分阶段立模并浇注梁体混凝土→混凝土强度、弹性模量达到设计的90%,且梁体混凝土龄期>10d后张拉预应力→梁体预应力张拉完毕,拆除施工膺架→施工桥面系及附属工程,通车运营。

悬臂浇筑法施工流程大致为:搭设临时支撑并对支架进行预压,浇筑0号块,张拉钢束→安装挂篮,悬浇

施工,张拉钢束;压浆后移动挂篮,进行下一梁段的悬浇施工直至最大悬臂状态,搭设支架浇筑边跨现浇段→在边跨合拢段处安装合拢吊架,加配重;浇注合拢段混凝土,张拉束,拆除吊架→在中跨合拢段处安装合拢吊架,加配重;浇注合拢段混凝土,张拉钢束,拆除吊架,中跨合拢完成→体系转换→施工桥面系及附属工程,通车运营。

工期方面仅考虑上部结构的施工时间。支架现浇方案支架搭设预计40d,3跨混凝土梁浇筑及张拉共需3个月,预计总共需要130d。悬臂浇筑方案0#块及边跨现浇段各需一个月,一个施工阶段大致15d左右,预计共需要195d。

两种施工方法都有其各自的特点,主要特点详见表5。

表5 施工方法的比较

项目	支架现浇法	悬臂浇筑法
临时支架	需要	需要
临时固结	不需要	需要
挂篮	不需要	需要
施工难度	比较方便	要求较高
施工速度	较快	较慢
桥梁跨越对象	跨线	河道、山谷、跨线

由表可知,在施工条件允许的情况下支架施工方案的施工周期相对悬臂浇筑具有明显的优势,由于本项目上跨高铁动走线,动走线为路基形式,正在进行施工收尾工作,还未进行铁路的联调联试阶段,故有条件进行搭设支架施工,进而减少了施工周期,避免了跨线桥上跨既有线施工的局面,减少了可能带来较大的风险和费用增加。

5 结语

(1) 支架施工方案与悬臂浇筑方案是变高连续梁中常见的两种施工方法,在项目的具体实施过程中应根据

现场地形条件、工期及造价等因素综合考虑选择合适的施工方案。由于本项目现场条件满足支架现浇的要求,更重要的是能够大幅缩短施工周期,有利于推动整个项目的协调作业。

(2) 由于两种施工方案的不同会造成桥梁结构受力模式不同,钢束的形状不同,所以恒载内力也不相同,支点处弯矩相差35.1%,跨中处弯矩结果相差79.3%,进而会影响主梁结构尺寸的选取。

(3) 支架施工方案相对悬臂浇筑方案边支点反力大些,中支点反力小些,数值相差约10%,这对方案阶段桥梁支反力的估算提供了参考。

(4) 根据两种施工方案的工程数量表来看,混凝土、钢筋用量、造价均相差不大,因此仅从材料的技术经济指标来看两种施工方案相差不大。

(5) 如果桥梁跨度不是特别大,场地条件允许搭设支架,且工期紧张,支架现浇方案可能是最优的选择。

参考文献

- [1]中交公路规划设计院有限公司.公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范:JTG3362-2018[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.
- [2]刘效尧,徐岳.公路桥涵设计手册-梁桥(第二版)[M].北京:人民交通出版社,2011.
- [2]范立础.预应力混凝土连续梁桥[M].北京:人民交通出版社,1988.
- [3]祝李钧,程建旗,杜乔乔.中等跨径变高度连续箱梁施工方案比选探讨[J].桥隧工程,2016(5):298-299.
- [4]黄功伟,曹阳,陈锐.满堂支架法与悬臂浇筑法设计方案比较[J].中国西部科技,2012(12):4-6.
- [5]胡立新.悬臂施工与逐孔现浇连续梁受力比较[J].城市道桥与防洪,2010(5):111-113.