



垫,单个临时支垫设置 28 根 28 mm 精轧螺纹钢,竖向穿过临时支垫,两端分别锚入 80 cm 至桥墩和 0# 块横梁中;同时墩身中心线两侧各设置 2 根直径 1 m、厚 16 mm 的钢管,每根钢管下口与承台预埋钢筋焊接,管内浇筑 C50 砼,钢管上口预埋钢筋与 0# 块连接,钢管上部与 0# 块连接处设置 1 层高强度硫磺水泥砂浆。临时支撑粗钢筋采用直径 32 mm 精轧螺纹钢,单根钢管支撑共设置 12 根精轧螺纹钢,并竖向穿过钢管,两端分别锚入盖梁底及墩顶 0# 块箱梁顶。

采用钢管砼临时支撑和临时支垫结合的临时固结形式,具有抵抗不平衡荷载强、拆除方便、材料利用率高的特点,同时弥补钢管砼临时支撑顶部与梁底接触面倾斜而导致在荷载下发生微小位移的不足。在中跨合龙、合龙段预应力钢束张拉完成后拆除临时支撑和临时支垫,实现结构体系转换。

### 3 体系转换的模拟方法分析

#### 3.1 方案一

直接对主梁节点进行约束,用一般支承约束主梁在临时支撑设置处节点的所有自由度来模拟临时固结。全桥合龙后,体系转换,将临时支撑设置处节点的一般支承钝化,并约束墩顶位置节点的相应自由度来模拟永久支座。

#### 3.2 方案二

假设临时固结与桥墩的刚度无穷大,将临时支撑对应的主梁节点复制至梁底生成临时固结节点,并约束所有自由度,与相应的主梁节点建立刚性连接来模拟临时固结。体系转换后,钝化临时固结,在永久支座的下端建立节点并将其固结约束,复制该节点至梁底生成支座顶端节点,用弹性连接的一般连接将支座上下节点连接起来,根据支座的实际刚度输入一般弹性连接各方向的刚度值,再以主梁节点为主节点、支座顶部节点为从属节点建立支座顶端节点与主梁单元节点之间的刚性连接,以此模拟永久支座。

#### 3.3 方案三

建立桥墩单元,建立墩顶节点与主梁节点的刚性连接来模拟临时固结。体系转换后,将临时固结钝化,永久支座节点建立与主梁连接同方案二,以支座底部节点为主节点、墩顶节点为从属节点建立桥墩与支座底部节点的刚性连接,以此模拟桥墩和永久支座的作用。

#### 3.4 方案四

根据图 1 建立桥墩单元与临时支撑钢管柱单元,将墩底节点与临时支撑底部节点完全固结;在钢管柱顶部节点与主梁节点间建立刚性连接来模拟临时支撑的作用,并通过弹性连接的一般连接将钢管柱单元与主墩单元连接;建立临时支垫底部节点,将其与墩顶节点和主梁节点均建立刚性连接来模拟临时固结。体系转换后,钝化临时支撑钢管柱单元、临时支垫及其相应的边界约束,激活永久支座组,永久支座模拟同方案三。

#### 3.5 建立模型

运用 MIDAS/Civil 分别建立 4 种方案对应的仿真模型,除体系转换模拟不同外,其他参数均相同,以便进行方案对比分析。

### 4 模拟方法对施工阶段内力的影响

文献[8]提出悬臂浇筑分段施工中结构受力状态是逐个工况逐个阶段累积形成的,每个阶段的施工都会对后续施工阶段和成桥结构受力产生影响。该桥上部结构施工分为 0# 块、15 个悬臂浇筑阶段、边跨现浇阶段和合龙段,在 0# 块施工前完成临时固结构造施工,在全桥合龙后进行体系转换。下面对 4 种模拟方案时关键施工状态下桥梁结构内力进行对比分析。

#### 4.1 最大悬臂状态

大跨径连续梁桥悬臂浇筑施工中,恒荷载对结构受力影响最大。对最不利施工状态即最大悬臂状态下桥梁结构弯矩、剪力和轴力进行分析,结果见图 2~4。

由图 2 可知:由于方案一、方案二未考虑桥墩的影响,最大负弯矩出现在临时支座对应的主梁节点处;方案三和方案四考虑了桥墩的作用,最大负弯矩

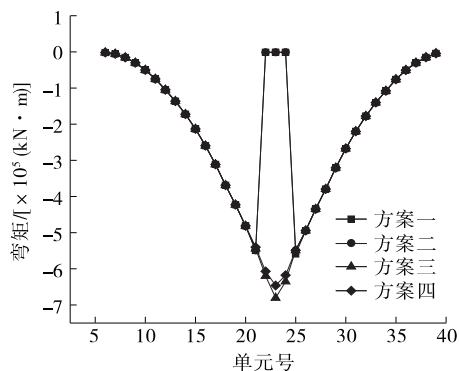


图 2 不同模拟方案下最大悬臂状态弯矩对比

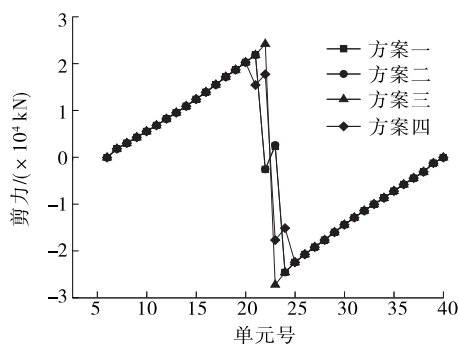


图3 不同模拟方案下最大悬臂状态剪力对比

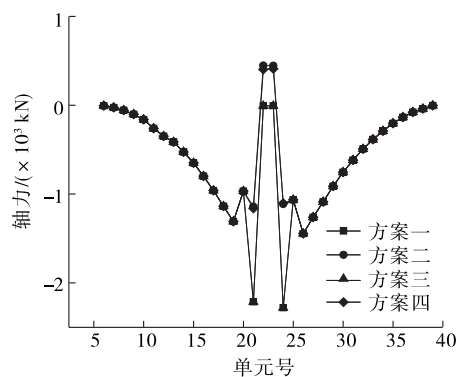


图4 不同模拟方案下最大悬臂状态轴力对比

出现在墩顶节点位置,其中方案四考虑了临时支垫及临时支撑的影响,其最大弯矩有一定减少,与工程实际受力状况更吻合。

由图3可知:各方案下剪力分布差异与弯矩基本一致,方案四根据工程实际模拟了临时固结,0#块剪力在临时支撑和临时支垫设置处有一个渐变,分布情况更理想。

由图4可知:方案一、方案三在墩顶位置轴力为零;方案二、方案四模拟了临时固结,在墩顶出现较小拉应力。

#### 4.2 体系转换后成桥状态

连续梁悬臂浇筑完成后,依次将边跨、中跨合龙,解除临时固结,完成体系转换。不同模拟方法下体系转换后弯矩、剪力、轴力见图5~7。

由图5可知:方案三、方案四的弯矩分布基本一致;方案一、方案二未考虑桥墩刚度的影响,其在墩顶的负弯矩大于方案三、方案四。

由图6可知:4种方案下体系转换后剪力分布大体一致,墩顶附近位置有些许不同,但差异不大。

由图7可知:成桥后4种方案下轴力基本相同,差值最大处在墩顶单元,方案一、方案二与方案三、方案四的差值仅2%。

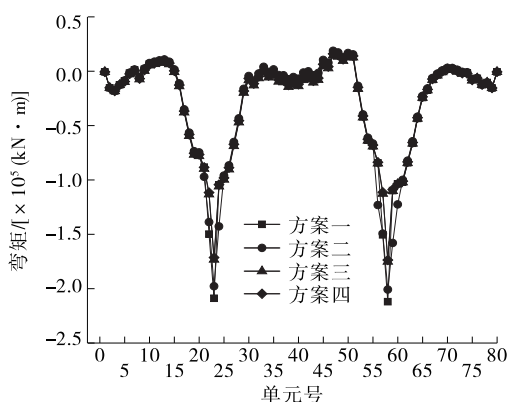


图5 不同模拟方案下体系转换后弯矩对比

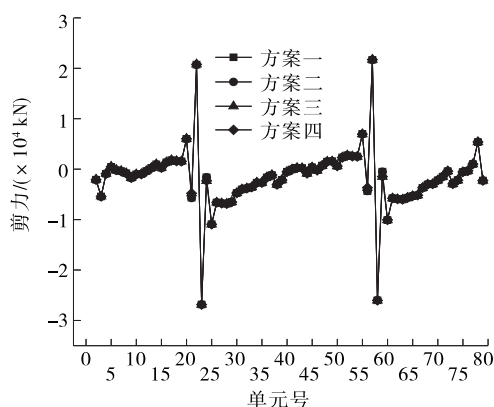


图6 不同模拟方案下体系转换后剪力对比

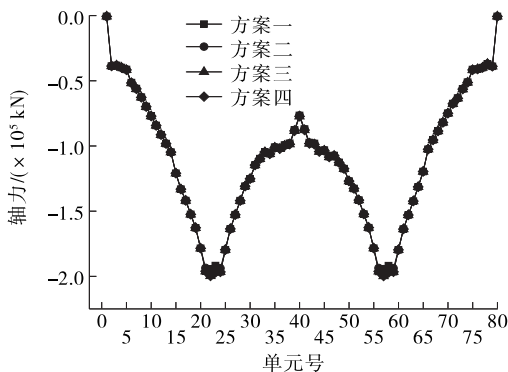


图7 不同模拟方案下体系转换后轴力对比

#### 5 模拟方法对成桥位移的影响

为更好地对比两种合龙方案对主梁竖向挠度的影响,对不同模拟方案下成桥10年后主梁竖向挠度进行对比(见图8)。

由图8可知:4种方案下成桥10年后桥梁各节点处的位移变化趋势一致。方案一直接对主梁节点进行约束,约束刚度大,变形相对其他方案较小;方案二未考虑桥墩的影响,支座处的刚度大,相对于方

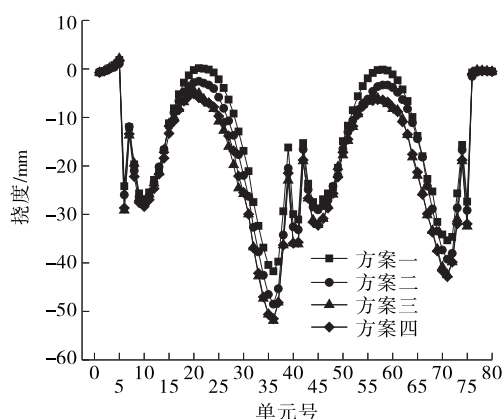


图8 不同模拟方案下成桥10年后主梁挠度对比

案三、方案四其变形较小,差值最大9 mm;方案三、方案四的位移结果很接近,差值最大仅3 mm。

## 6 结论

模拟方案一、方案二未考虑桥墩的作用,将临时固结和桥墩的刚度视为无穷大,不能很好地模拟实际结构的受力与变形情况。方案三对于临时固结的模拟较简单,适用于临时固结刚度相对较大的结构。方案四在模拟工程实际临时固结的基础上考虑桥墩的影响,主梁的弯矩可有效传递给桥墩,有利于施工中桥梁结构的稳定性控制;桥墩在其自身和上部结构自重及收缩徐变作用下会产生一定位移,体系转换后,主梁挠度更符合实际,可为施工预拱度提供更准确的数值。建议在对连续梁进行建模时,建立桥墩单元及与工程实际相符的临时支撑单元,将其与

相应位置的主梁节点刚性连接,以此模拟临时固结;体系转换后,将临时支撑单元与刚性连接钝化,根据设计资料建立支座上、下节点,通过刚性连接将墩顶和主梁节点分别与支座上、下节点连接,支座上、下节点使用一般弹性连接,设置各方向的刚度模拟支座各方向的刚度,以此模拟连续梁的体系转换。

## 参考文献:

- [1] 魏胜勇,王根会.结构体系转换对PC连续梁桥变形的影响研究[J].兰州交通大学学报,2004,36(1).
- [2] 范立础.预应力混凝土连续梁桥[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [3] 向中富.桥梁施工控制技术[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [4] 徐君兰.大跨度桥梁施工控制[M].北京:人民交通出版社,2000.
- [5] 尤振华.连续梁桥悬臂施工临时固结措施及其影响研究[D].南京:东南大学,2015.
- [6] 高翔,李广平.南丫大桥上部施工0#块临时固结施工技术[J].中国水运,下半月,2012,12(4).
- [7] 靳敏超,管昌生,冯仲仁,等.多跨连续梁桥临时固结及挠度影响研究[J].武汉理工大学学报,2010,32(10).
- [8] 郝海峰.多跨预应力混凝土连续梁桥合理合龙方案研究[D].西安:长安大学,2011.
- [9] 陈麟.超静定多跨连续梁体系转换中应注意的问题[J].铁道标准设计,1999(增刊2).

收稿日期:2018-11-27

(上接第74页)

- [6] 王闫超,晏鄂川,陆文博,等.无黏性有限土体主动土压力解析解[J].岩土力学,2016,37(9).
- [7] 陈建功,徐晓核,张海权.一般条件下主动土压力的变分求解[J].岩土力学,2015,36(增刊2).
- [8] 赵均海,梁文彪,张常光,等.非饱和土库仑主动土压力统一解[J].岩土力学,2013,34(3).
- [9] 王仕传,孙本杰,邵艳.改进的主动土压力计算方法[J].岩土力学,2015,36(5).
- [10] 应宏伟,黄东,谢新宇.考虑邻近地下室外墙侧压力影响的平动模式挡土墙主动土压力研究[J].岩石力学与工程学报,2011,30(增刊1).
- [11] Fan C C, Fang Y S. Numerical solution of active earth pressures on rigid retaining walls built near rock faces [J]. Computers and Geotechnics, 2010, 37(7/8).

- [12] 高印立.极限分析法计算有限范围土体土压力[J].建筑结构,2001,31(8).
- [13] 马平,秦四清,钱海涛.有限土体主动土压力计算[J].岩石力学与工程学报,2008,27(增刊1).
- [14] 王文杰,曾进群,陈小丹.深基坑开挖中有限土体土压力计算方法探讨[J].岩土工程界,2004,8(3).
- [15] 黄旺,杨建军,黄娟.几种挡土墙主动土压力理论对比及墙体应力分析[J].长沙理工大学学报:自然科学版,2017,14(3).
- [16] 周子舟.有限土体主动土压力计算方法的比较[J].工程勘察,2015(1).
- [17] 刘忠玉.有限无黏性填土刚性挡土墙主动土压力计算[J].中国公路学报,2018,31(2).

收稿日期:2019-02-25