

文章编号: 1009-6825(2013)01-0138-02

某轨道交通 U 型梁架设施工过程力学行为分析

忽慧涛¹ 范伟¹ 孙九春²

(1. 山东建筑大学, 山东 济南 250101; 2. 腾达建设集团股份有限公司, 上海 200000)

摘要: 利用有限元程序, 以上海某轨道交通 U 型梁运架施工为例进行了验算, 对施工技术过程中的力学行为进行了研究, 以期对国内外相应的 U 型梁架设提供有益的建议。

关键词: 轨道交通, U 型梁, 有限元, 运架施工, 运架荷载

中图分类号: U448.213

文献标识码: A

0 引言

城市轨道交通具有运量大、速度快、安全、准点、保护环境、节约能源和用地等特点。新型梁体 U 型梁具有降噪效果好、建筑高度低、面空间利用率高等优点, 一般采用工厂化预制运至现场安装的方法施工。吊机吊装或者龙门吊安装施工成本很高, 占用线下场地面积很大, 因此施工人员对上部结构 U 梁架设方法进行了大胆地创新, 采用架桥机梁上架梁方案, 即“定点上梁, 梁上运梁, 桥机架梁, 自行转跨”的方案。本文针对上海轨道交通中一简支梁体采用仿真分析方法对其进行施工过程分析, 了解运架过程中已建梁体由于施工荷载作用引起的内力变化, 找出施工过程中的薄弱环节, 使运架施工进一步的成熟, 可作同类桥梁施工的参考。

1 工程背景

新建的上海某轻轨为 U 型梁简支结构, 标准跨径为 25 m, 30 m 和 35 m。U 型梁为预应力钢筋混凝土结构, 由于施工环境的影响, 上部结构 U 梁架设采用架桥机梁上架梁方案, 即“定点上梁, 梁上运梁, 桥机架梁, 自行转跨”的方案。在此施工方案下, 运梁车采用横跨两片 U 型梁的方式布置, 即将一榀 U 型梁的重量横向分散到两榀 U 型梁上, 在纵桥向上每侧设置了 8 个轮子, 从而大大降低轮压对结构的影响。针对梁上运梁的施工过程中的最不利的荷载位置, 对已建 U 型梁进行以下的分析。

2 计算模型

该 U 型梁采用先张法预应力混凝土简支结构, 标准跨径为 30 m, 断面采用 U 型布置, 梁高为 1.8 m, 总宽为 5.4 m, 内侧净宽为 3.103 m, 主梁(腹板)呈倾斜弧线布置, 厚为 0.25 m, 道床板厚为 0.25 m, 道床板与主梁内侧倒角为 0.45 m × 0.2 m。

针对该梁体的构造及受力特点, 采用桥梁专用有限元软件 Midas/Civil 建立 U 型梁的三维有限元模型, 建模方法如下: 采用 2 节点空间梁单元建立单元模型, 共 30 个单元, 共配预应力钢束 84 束, 采用刚性连接和弹性连接模拟双支座, 为了使模型简化, 将运梁及架梁设备等等效为荷载作用。按上述原则建立的有限元模型如图 1 所示。

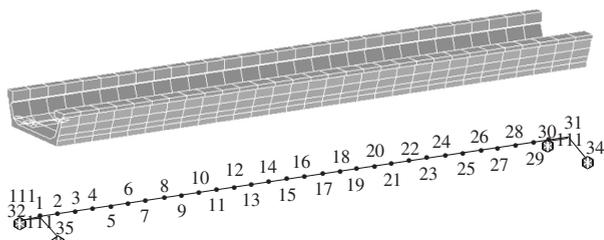


图 1 U 型梁计算模型

3 U 型梁运架工艺流程及计算工况

完整的 U 型梁架设工艺包括提、运、架三部分, 即通过提梁机把 U 型梁安装到运梁小车上, 由运梁车把 U 型梁运送到架桥机尾部, 然后由架桥机架设。其中关键工艺为架梁, 由架桥机过孔和架桥机运梁组成(架设设备示意图见图 2)。

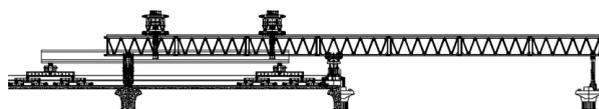


图 2 运架设备示意图

根据 U 型梁的架设工艺流程, U 型梁的力学行为分析分为以下 13 个计算工况:

- 1) 计算工况一: 后天车吊梁。
- 2) 计算工况二: 天车同步吊梁纵移(直线段架设)。
- 3) 计算工况三: 天车同步吊梁纵移(曲线段架设)。
- 4) 计算工况四: 天车吊梁横移落梁。
- 5) 计算工况五: 运梁车纵移。
- 6) 计算工况六: 纵移前, 架桥机由中支腿和运梁车支承, 中支腿和运梁车不在同一跨 U 梁上, 运梁车所在的 U 梁分析。
- 7) 计算工况七: 纵移前, 架桥机由中支腿和运梁车支承, 中支腿和运梁车不在同一跨 U 梁上, 中支腿所在的 U 梁分析。
- 8) 计算工况八: 纵移到位, 中支腿和运梁车在同一跨 U 梁上, 前支腿支撑前。
- 9) 计算工况九: 纵移到位, 中支腿和运梁车在同一跨 U 梁上, 前支腿支撑后。
- 10) 计算工况十: 后天车吊梁。
- 11) 计算工况十一: 天车同步吊梁纵移(直线段架设)。
- 12) 计算工况十二: 天车同步吊梁纵移(曲线段架设)。
- 13) 计算工况十三: 天车吊梁横移落梁。

4 计算结果及分析

1) 架设施工阶段 U 型梁正截面强度分析。

各计算工况下, 最不利荷载引起的正截面弯矩最大值见图 3。

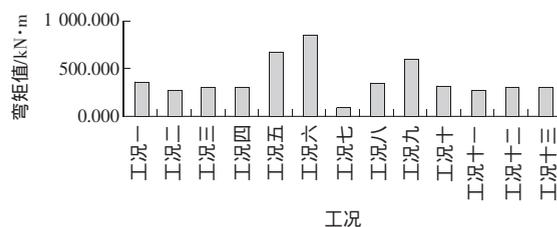


图 3 各工况梁体各节点的弯矩最大值

结论: 强度安全系数 K 最小值为 16.6(不考虑二期恒载), 满足规范要求。

2) 架设施工阶段 U 型梁正应力分析。

各计算工况下, 各截面混凝土最大压应力见图 4。

各计算工况下, 各截面混凝土最大的拉应力见图 5。

收稿日期: 2012-11-03

作者简介: 忽慧涛(1985-) 男, 在读硕士; 范伟(1971-) 男, 副教授; 孙九春(1976-) 男, 工程师

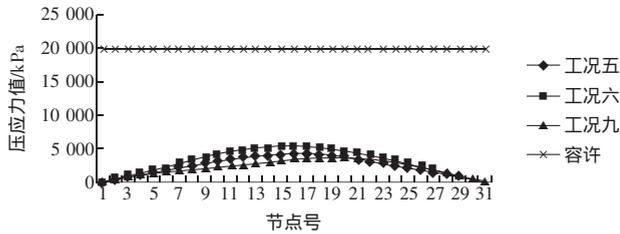


图 4 各计算工况下 U 型梁各节点混凝土的压应力最大值及压力容许值(本图择取应力较大的几个工况)

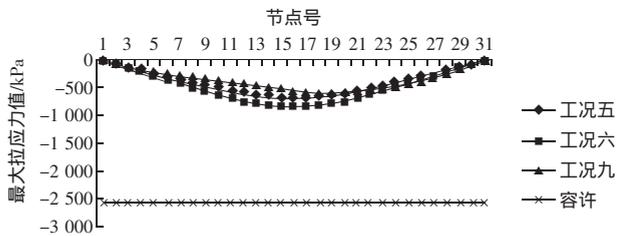


图 5 各计算工况下 U 型梁各节点混凝土的拉应力最大值及拉力容许值(本图择取应力较大的几个工况)

结论: 各计算工况中, 混凝土拉应力最大值为 $0.839 \text{ MPa} \leq 0.5 \times 1.96 = 0.98 \text{ MPa}$, 满足规范要求。

3) 架设施工阶段受拉区钢筋拉应力验算分析。

经计算可知, 架设施工阶段, 扣除短期预应力损失后的预应力钢筋的有效预应力小于预应力钢筋张拉控制应力容许值, 满足规范要求。

4) 架设施工阶段混凝土下边缘拉应力控制。

各计算工况下, 各截面混凝土下边缘拉应力见图 6。

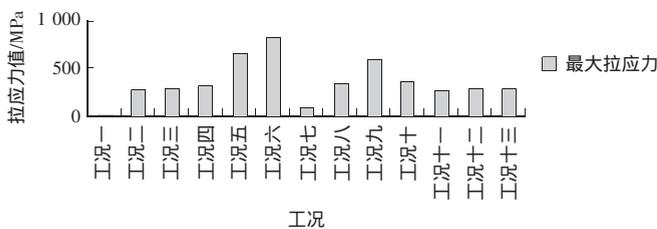


图 6 各截面混凝土下边缘拉应力

结论: 混凝土下边缘最大的拉应力为 0.839 MPa , 相对于 C55 混凝土轴心抗拉强度设计值 1.96 MPa , 仍有大于 50% 的应力储备。

5) 架设施工阶段竖向挠度控制。

架设施工阶段, 各计算工况下 U 型梁产生的最大挠度值如图 7 所示。

结论: 由以上计算结果可知, 各计算工况荷载作用下, 挠度最大值为 $0.0189 \text{ m} \leq L/800 = 0.0375 \text{ m}$, 施工荷载挠度满足规范要求, 即 U 型梁的整体刚度满足正常使用状态要求。

5 结论与建议

结合轨道交通 U 型梁的实际施工状况, 利用桥梁结构分析软

件 Midas, 对 U 型梁进行了静力计算分析。根据静力计算分析可以得到以下结论:

1) 在理想状态下, 由计算结果可知, 各施工工况中, 在架桥机荷载作用下, 各截面应力及预应力钢筋应力均满足规范的规定, 并且具有很高的安全储备。另外由于施工荷载所引起的挠度值为总挠度值的 30% 左右, 因此, 恒载作用是引起挠度变化的主导作用。由以上结果可知, U 型梁体最大的应力应变出现在自行过孔阶段, 此阶段应是运架施工的关键步骤。

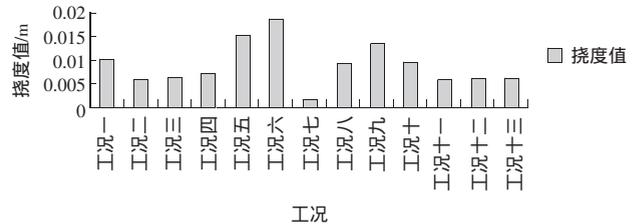


图 7 各计算工况下 U 型梁产生的最大挠度值

2) 梁上运梁的架设施工方法与其他施工方法(如双机抬吊法等)相比较, 受工程所在区域的外部环境影响较小, 经过计算分析, 安全性也大大提高。该技术相对于双机抬吊或龙门吊施工更省钱, 经济效益更明显。

3) 本文对 U 型梁运架施工过程中 U 型梁纵向结构进行了力学分析, 由于架设过程需在开口薄壁 U 型梁上进行运架梁作业, 因此 U 型梁横向结构受力有待进一步进行探索, 以便严格控制作用其上的运架梁的施工荷载, 从而降低施工风险。

4) 可对架桥机进行进一步结构设计优化, 减轻自重, 从而可以使梁体得到优化以后, 仍能满足此种施工方法的使用条件, 从经济上带来更大的价值。

参考文献:

- [1] TB 10002.1-2005, 铁路桥涵设计基本规范[S].
- [2] GB 50010-2010, 混凝土结构设计规范[S].
- [3] CJJ 77-98, 城市桥梁设计荷载标准[S].
- [4] DF50/200 III 型架桥机及配套 DYP120 轮轨式运梁车运架工况施工荷载(2010 年 12 月修订版)[Z].
- [5] TB 10002.3-2005, 铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范[S].
- [6] 王凤元, 陆元春, 吴育芬. U 型梁在上海轨道交通 8 号线中的应用[J]. 上海建设科技, 2009(5): 37-38.
- [7] 黎庆. 南京地铁 2 号线东延高架线路 U 型梁结构计算及试验[J]. 城市轨道交通研究, 2009(4): 71-72.
- [8] 孙九春. U 型梁架桥机架设施工的关键技术[J]. 上海公路, 2011(3): 54-55.
- [9] 卢岩. 预应力混凝土槽型梁力学性能研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2008.

On dynamic behavior analysis of erection construction process of U-shaped beam of some rail traffic

HU Hui-tao¹ FAN Wei¹ SUN Jiu-chun²

(1. Shandong Architecture University, Jinan 250101, China; 2. Tengda Construction Group Co., Ltd, Shanghai 200000, China)

Abstract: The paper adopts the finite element program, undertakes the calculation by taking the U-shaped beam shipping frame construction of some rail traffic in Shanghai as the example, and researches the dynamic behaviors in the construction technical process, so as to provide some beneficial suggestions for the erection of U-shaped beam at home and abroad.

Key words: rail traffic, U-shaped beam, finite element, shipping frame construction, loading capacity of shipping frame