

保通钢便桥施工技术及运维期间评估、维护研究

蔡欣荣

上海建工五建集团有限公司, 上海 200062

[摘要]文中以外环东段(华夏中路-龙东大道)交通功能提升工程2标项目-保通钢便桥为例,结合现状外环线主线交通任务重,大重型车辆多、施工周边复杂,钢便桥使用时间长等情况。浅析保通钢便桥施工技术研究及钢便桥运行期间安全评估及维护要点管理研究,为类似工程提供参考。

[关键词]钢便桥施工;安全评估;维护要点

DOI: 10.33142/ect.v3i7.17168

中图分类号: U45

文献标识码: A

Construction Technology and Evaluation and Maintenance Research during the Operation and Maintenance Period of Baotong Steel Bridge

CAI Xinrong

Shanghai Construction No. 5 Construction Group Co., Ltd., Shanghai, 200062, China

Abstract: Taking the example of Section 2 of the Traffic Function Improvement Project for the Eastern Section of the Outer Ring Road (Huaxia Middle Road - Longdong Avenue) - Baotong Steel Bridge, combined with the current heavy traffic tasks on the main line of the Outer Ring Road, the large number of heavy vehicles, the complex construction surroundings, and the long service life of the steel bridge. The article analyzes the research on construction technology of Baotong Steel Bridge and the management of safety assessment and maintenance points during the operation of the steel bridge, providing reference for similar projects.

Keywords: construction of steel temporary bridge; safety assessment; maintenance points

引言

在国家倡导“城市更新”背景下,钢便桥因其高强度和良好的承重能力,适用于多种地形,能快速搭建和拆卸(反复使用)等优点,广泛应用于城市建设、市政工程、水利工程、矿业、应急救援及大型活动等多个领域。当钢便桥使用时间长,通过车辆要求高的情况下,易腐蚀、噪声和振动、钢材疲劳等问题随着使用时间的推移,越来越影响行驶的舒适度和安全。

本文结合外环东段(华夏中路-龙东大道)交通功能提升工程2标项目-保通钢便桥具体案例,在荷载要求高(外环线快速路交通任务重,大型、重型车辆多),临时钢便桥使用时间长(设计年限2年)的条件下,开展保通钢便桥施工技术研究,以及长期使用过程中钢便桥安全评估及维护要点管理研究。

1 工程概况

1.1 工程概况

外环东段(华夏中路-龙东大道)交通功能提升工程2标,工程范围南起高科中路,北至龙东大道,桩号范围K2+281.902~K4+528.821,全长约2.247km,采用“主线高架+地面道路”的建设形式。主线将现状地面快速路改建为高架快速路,维持标准段双向8车道规模,设计速度80km/h,并同步改造现状高科路匝道及龙东立交局部匝道。地面道路按城市主干路标准,采用双向6快2慢规模,设计速度50km/h。

1.2 钢便桥概况

钢便桥设置目的:龙东立交区域新建的主线高架下部结构与老的外环线高架重叠,在“不能断交、占一还一”的交通要求下,为确保施工期间主线及匝道具备作业面,结合现状外环线大型车辆多,对行车舒适性和功能要求高。在综合考虑现场狭窄及工期紧张等情况下,采取临时钢便桥保通。

施工期间翻交顺序:先施工匝道钢便桥ZD1\ZD2\ZD3\ZD4,并通过验收→将现状匝道交通翻交至匝道钢便桥上→拆除老的匝道,并在拆除后的位置修建主线W\E钢便桥,并通过验收→老桥主线交通翻交至W\E钢便桥上→拆除老桥主线位置,新建桥梁具备施工场地。

本文针对现状交通最复杂、钢便桥搭设长度最大的龙东立交匝道钢便桥和龙东立交主线钢便桥进行研究分析。本工程钢便桥为临时结构,设计使用年限为二年,设计荷载采用城-A级,结构的设计安全等级为二级,结构的重要性系数为1.0。本工程钢便桥桥面标准宽度:二车道8.5m,三车道12m。



图1 龙东立交区域钢便桥平面图

1.3 钢便桥施工概况

1.3.1 钢便桥下部结构设计

钢便桥下部结构采用“钢盖梁+钢管桩”形式，桥台下部结构采用“混凝土桥台+钢管桩”形式。

标准钢盖梁采用三拼或双拼 45b 工字钢型钢，标准跨连续梁中墩位置采用双拼，异型段位置以及 15m 跨桥墩采用三拼。桩基采用外径 0.63m 的钢管桩，壁厚 10mm，同时，为加强桥墩的横向稳定性选用 2×20b 槽钢横系梁，桥墩设置一般采用单排桩，桥台采用梅花桩，伸缩缝及局部加强墩采用双排桩。路口处钢管桩以及距匝道水平距离 5m 以内的钢管桩外包混凝土防撞。

桥台采用轻型桥台，桥台宽度 2.2m，台后填土高度 2m 左右，钢管桩采用梅花排列，排距 0.6m，钢管桩伸入桥台 0.1m，保证钢管桩与混凝土桥台的有效连接，桩头 5m 范围内填充 C30 低收缩混凝土，并布置纵向钢筋深入桥台内。

1.3.2 钢便桥上部结构设计

龙东立交主线及匝道钢便桥按结构连续体系设计，贝雷主梁选用国产 321 型贝雷片为受力单元，9m、12m、15m、21m、24m 跨钢便桥采用标准贝雷架作为承载结构，顺桥向以 3m 间距设横向支撑架，确保纵梁横向稳定共同参与受力。钢便桥桥面采用 126mm 钢桥面板和 20cm 厚现浇整体化层组成，桥面板与铺装层通过剪力钉进行连接。匝道二车道 9m、12m 跨径采用 10 片贝雷，匝道二车道 15m 跨径采用 14 片贝雷，主线三车道采用 21 片贝雷。跨径小于 20m 采用不加强贝雷，跨径大于 20m 采用加强型贝雷。

1.3.3 附属结构设计

(1) 桥面铺装：10cm 钢筋砼+10cm 沥青砼（贝雷桥），8cm 钢筋砼+6cm 沥青砼（型钢桥）。(2) 桥面铺装防水层，防水等级为 II 级，防水层采用符合国家标准《城市桥梁桥面防水工程技术规程》（CJ1139—2010）的纤维增强聚合物改性沥青防水涂料。(3) 防撞护栏：防撞等级 SB 级（加强型防撞等级）。(4) 支座：采用板式橡胶支座。(5) 桥面排水：自然排水。

2 钢便桥施工技术研究

本工程在施工过程中，根据现场管线错综复杂、现状

外环线交通负荷要求高，钢便桥使用时间长等实际情况，相对于常规的钢便桥施工方法，采取了以下一些因地制宜的施工技术措施。

2.1 新老桥拼接

对于钢便桥和现状老桥的拼接处理，根据以往施工经验，有以下 3 种常规方案，分别为型钢拼缝、弹性拼缝和桥面铺装连续。

(1) 采用型钢拼缝时，钢便桥和老桥结构完全分离，各自单独受力，互不干扰。但由于拼缝与车道斜交，雨天车辆容易打滑，且拼接处平面线形较差，打滑后容易发生事故，故不推荐采用该方案。

(2) 采用弹性拼缝时，由于钢便桥为临时结构，考虑到经济性，拼缝材料可采用 STS 弹塑体，但外环重载交通多，弹塑体在重载交通作用下易损坏，且外环交通繁忙，弹塑体修复需要临时封闭交通，故不推荐采用该方案。

(3) 采用桥面铺装连续时，由于桥面铺装连续，耐久性好，且无车轮打滑风险。同时在拼缝处设置 800mm 宽橡胶垫片，可很好地适应拼缝位置新老桥的相对变形。另外再适当增加桩长，控制钢便桥沉降量小于 10mm，减小与老桥之间的差异沉降。

经施工单位结合现状外环线交通现状与设计讨论、综合分析后，最终采用桥面铺装连续的拼接方案。该方案在匝道和主线钢便桥的运行、维护期间，钢便桥与老桥无明显高差，拼缝无破坏、开裂、打滑等问题，行车舒适度满足外环线交通需求。

2.2 特殊节点处理（利用老桥承台、利用老桥外伸横梁等）

ZD1 匝道 ZD13~ZD14 墩位置，由于钢便桥下存在高压燃气管和上水管，无落桩条件。钢便桥在该位置处，需设置门架钢盖梁形式跨越现状管线，由于该位置的北侧存在现状老桥基础，门架也无落桩条件，故考虑门架钢盖梁北侧基础部分利用龙东立交老桥承台基础作为支撑，实现门架的架设。施工期间及钢便桥运行期间，对现状老桥沉降和横向变形进行监测，结构无变形，沉降符合要求。

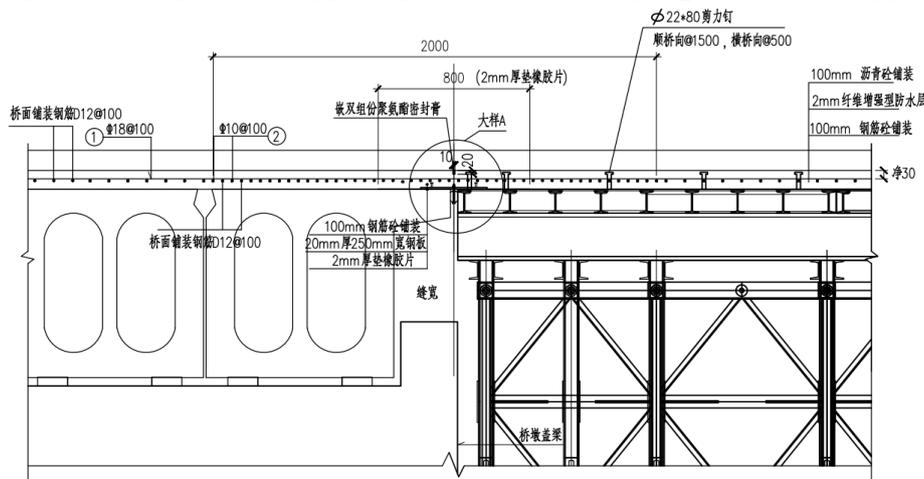


图 2 桥面铺装连续拼缝构造示意图

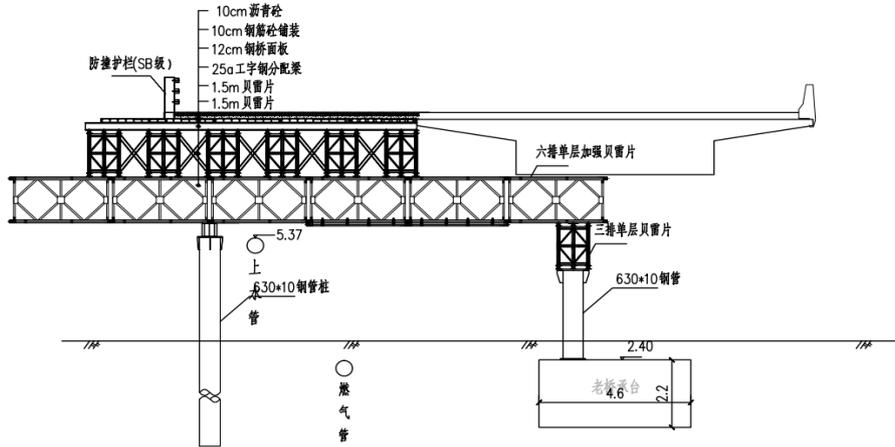


图3 利用老桥承台 A-A 断面示意图

调整后钢管桩荷载计算（摩擦桩改为老承台承载，仅计算钢管桩轴向承载力）：

钢管桩：钢管桩直径 630mm，壁厚 10mm。考虑锈蚀情况，壁厚最不利按照 6mm 进行计算。其截面特性为：

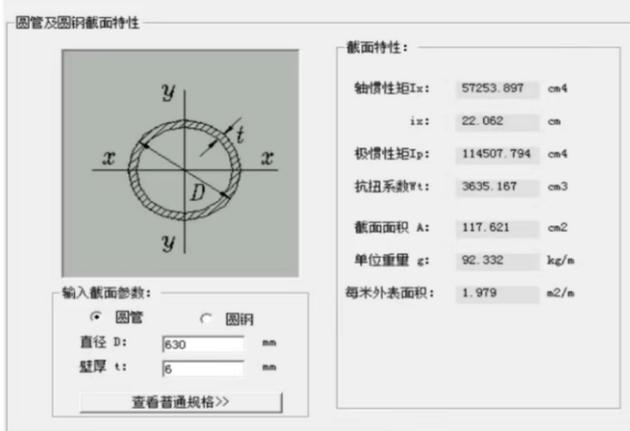


图4 钢管桩截面特性计算图

回转半径 $i_x=22.062\text{cm}$ 。

考虑钢管桩横联间距为 10m，即钢管桩的自由长度按 10m 计算，钢管桩一端固定，一端自由，自由长度系数为 2.0，则计算长度为 $2*10=20\text{m}$ 。

钢管桩的长细比： $\lambda=L/i_x=20/0.22=90.7$ 。

查《钢结构设计规范》表 C-2 得： $\eta=0.616$ 。

考虑钢材的容许应力为 $[\sigma]=180\text{Mpa}$ 。

最大轴向力计算：

$$\sigma=N/(\Phi*A)+N*a/Wt=N/((.616*0.0118))+N*0.2/(.364*10^{-2})=192.5N=[\sigma]=180*10^6$$

求得： $N=935.1\text{KN}$ ，即直径 630mm，最不利壁厚 6mm 情况下，单根钢管桩可承载 935.1KN，远大于设计荷载采用城-A 级，符合要求。

3 钢便桥运维期间安全评估、维护研究

3.1 钢便桥巡查

钢便桥的巡查分为经常性检查、定期检查和特殊检查三种。

(1) 经常检查：经常检查主要以目测方式配合简单工具进行，每月至少进行两次，汛期应加强检查。主要对钢便桥的基本状况进行日常巡视检查。对经常检查中发现重要部（构）件出现问题的，应立即安排进行维修。

(2) 定期检查：定期检查主要以目测结合仪器检查方式进行。其检查周期一般不低于每季度一次。定期检查应该制定钢便桥定期检查计划，组织项目相关人员对钢便桥进行全面检查工作，及时对发现的问题进行整改。

(3) 特殊检查：当经常检查及定期检查中发现难以判断损坏原因及程度的部位。或沉降观测超过预警值时，存在严重威胁钢便桥结构及上部通车安全的情况下，可采取特殊检查，特殊检查应委托有相应资质和能力的单位实施。本工程暂不涉及特殊检查。

本工程巡查 101 次，统计数据如下表 1：

3.2 钢便桥监测

为避免钢便桥自重和其上行驶的车辆荷载导致桥梁出现变形，当变形量超过安全值时就会危及钢便桥运行安全，根据建设单位及相关规范要求应对钢便桥进行沉降观测，以确保钢便桥的安全，如表 2。

表 2 监测项目一览表

序号	监测项目	警戒值（单位 mm）		
		变化速率（mm/次）		累计变化量（mm）
		预警值	报警值	
1	钢便桥沉降位移	6	10	50

监测点布置在各组管桩桩顶正上方所对应的桩顶横梁边缘处，此处不会因车辆不断经过变形，也便于监测，用水准仪对监测点的标高进行监测汇总后进行数据对比。施工期间观测频次一般情况下每日需观测一次，观测时间不少于 15d。前 15d 内每天观测一次，第 15~30d 每星期观测一次。

以本工程运行最长时间的匝道 ZD2 钢便桥和跨度最大的主线 W 钢便桥为例，进行钢便桥运行期间的监测分析：

3.3 钢便桥运维期间评估

本工程在钢便桥运行期间通过日常巡视及沉降观测等方法，发现主要问题集中在：

表 1 钢便桥巡查项目及统计表

序号	检查内容	经常及定期巡查结果
1	桩间桩帽连接焊缝是否有裂纹	检查 101 次，全部合格，100%
2	承重梁与钢管桩连接是否牢固，焊接部位是否变形	检查 101 次，全部合格，100%
3	横向分配梁与贝雷梁连接是否紧固、横向分配梁是否存在变形	检查 101 次，全部合格，100%
4	贝雷梁有无严重锈蚀、变形损坏等现象	检查 101 次，变形损坏全部合格，100%局部锈蚀较严重；5 次，合格率：95%。
5	检查贝雷片连接处的销子、定位销子的松动情况	检查 101 次单体，每个单体跨下随机检查约 20 个点，个别跨下有定位销子松动，随时间推移，频率增多，整体合格率：90%。
6	检查 U 形螺栓松动情况，对螺栓、螺帽脱落的部位及时安装复原	检查 101 次单体，每个单体跨下随机检查约 20 个点，个别跨下有贝雷架之间的斜撑螺栓松动，随时间推移，频率增多，整体合格率：95%。
7	桥面板是否存在翘曲、损坏及位移的现象	检查 101 次单体，3 次沥青面层局部轻微破损，出现在拼接部位，合格率约：97%。
8	检查桥面护栏有无松动、严重锈蚀及警示标志标牌情况	检查 101 次，全部合格，100%

统计时间：2024.1~2024.10；
巡查对象：龙东立交区域 ZD1、ZD2、ZD3、ZD4 钢便桥及主线 W、E 钢便桥；
巡查频率：每个月两次，总计次数（按单个钢便桥计算）：101 次。

表 3 监测点位统计表

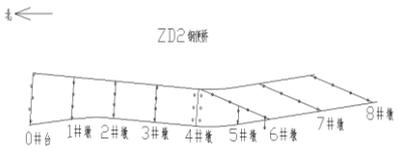
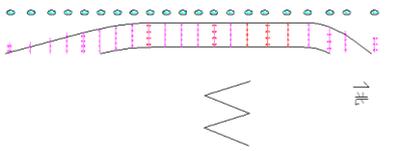
钢便桥名称	监测点位平面图
ZD2 钢便桥 (9 个监测点) 2024.1.12 翻交	
主线 W 钢便桥 (20 个监测点) 2024.6.4 翻交	

表 4 ZD2 钢便桥沉降数据统计表

ZD2 钢便桥沉降观测（单位：mm）

序号	观测日期	单次沉降均值	单次沉降最大值	累计沉降均值	观测日期	单次沉降均值	单次沉降最大值	累计沉降均值
1	2023.12.1	初始值	/	/	13	2024.5.29	1.33	3
2	2023.12.16	1.33	3	1.33	14	2024.6.15	1.22	4
3	2024.1.2	1	2	2.33	15	2024.7.1	1.22	3
4	2024.1.16	3.89	5	6.22	16	2024.7.15	0.87	3
5	2024.1.31	2	3	8.22	17	2024.8.1	0.91	3
6	2024.2.15	1.33	2	9.55	18	2024.8.15	0.89	3
7	2024.3.1	1.89	2	11.44	19	2024.9.1	0.89	3
8	2024.3.15	1.55	4	12.99	20	2024.9.15	0.67	2
9	2024.4.1	1.33	3	14.32	21	2024.9.30	0.89	2
10	2024.4.15	1.33	2	15.65	22	2024.10.15	1.33	2
11	2024.5.1	1.11	3	16.76	23	2024.10.28	0.78	2
12	2024.5.13	1	2	17.76				

注：ZD2 钢便桥 9 个监测点，2024.1.12 翻交。
监测点累计沉降均值 28.76mm，单个监测点最大值 33mm。

表 5 主线 W 钢便桥沉降数据统计表

主线 W 钢便桥沉降观测 (单位: mm)

序号	观测日期	单次沉降均值	单次沉降最大值	累计沉降均值	观测日期	单次沉降均值	单次沉降最大值	累计沉降均值
1	2024.5.15	初始值	/	/	7	2024.8.15	1.4	3
2	2024.5.31	1.2	2	1.2	8	2024.8.31	1.5	3
3	2024.6.15	3.25	5	4.45	9	2024.9.15	1.3	3
4	2024.6.30	2	4	6.45	10	2024.10.1	1.4	2
5	2024.7.15	1.9	4	8.35	11	2024.10.15	1.2	2
6	2024.7.31	1.8	3	10.15	12	2024.10.30	1	2

注: 主线 W 钢便桥 20 个监测点, 2024.6.4 翻交。监测点累计沉降均值 17.95mm, 单个监测点最大值 21mm。


图 7 监测点位断面图

3.3.1 钢便桥的锈蚀

具备两个特点: (1) 随着时间推移, 锈蚀越来越多。(2) 恶劣环境下, 尤其是 ZD1 钢便桥, 在河道里设置, 下部结构钢管桩长时间接触水源, 由于钢材特性, 较其他几个单体钢便桥锈蚀更为严重。

3.3.2 插销、限位铁丝螺栓松动

具备以下两个特点: (1) 随着时间推移, 出现的频率变高, 难以避免。(2) 频发于结构转弯、拼接、结构异形处。

3.3.3 钢便桥与老桥桥面拼接区域沥青面层的轻微破坏

具备以下两个特点: (1) 主要在钢便桥与桥台/老桥拼接处、转弯、坡度变化处。(2) 随时间推移, 不及时处理, 现象会越来越严重。

3.4 钢便桥运维期间维修、保养

针对发现的问题, 维修保养主要针对以下几点:

3.4.1 钢便桥锈蚀

钢便桥钢管桩、贝雷架、分配梁等承重结构锈蚀后, 厚度减少, 承载力下降, 严重威胁结构安全。

针对钢便桥使用时间长, 涉及恶劣环境的情况下, 钢便桥运维期间的锈蚀维修养护措施: 钢结构表面清理→防腐底漆涂刷→中间涂层涂刷→色漆面层涂刷, 在此基础上, 防腐底漆、面漆的选择根据使用环境和防腐要求来选择长效、重防腐涂料。尤其是涉及到临水等恶劣施工环境下, 在钢结构锈蚀无法避免的情况下, 既减缓锈蚀, 同时减少维护保养次数, 以达到更好的防腐效果, 确保钢便桥结构的安全。

3.4.2 钢便桥连接部位螺栓松动、限位铁丝掉落等

钢便桥属于临时承重结构, 在承受车辆反复荷载及不均匀荷载的情况下, 尤其是长时间使用, 对于钢便桥的连接部位的牢固性、安全性有很大的挑战。

针对该问题维修养护: (1) 运行期间采取勤巡查, 全

数检查, 尤其是钢便桥转弯、拼接、结构异形处, 发现松动立即修复, 保证钢便桥运行期间的安全。(2) 普通螺栓或高强螺栓连接的构件, 若发现松动应及时加以拧紧, 对于高强螺栓必须施加设计的预拉应力。为了便于螺栓的更换, 销子周围应涂油脂, 防止雨水进入销孔缝隙; 外露的螺栓丝扣应涂油, 防止锈蚀。

3.4.3 钢便桥桥面板面层破损

钢便桥桥面沥青层破损主要原因在于拼接处两侧不均匀沉降引起的变形缝、大重型不均匀荷载以及拼接部位沥青铺装压实等不到位等原因产生, 严重影响行车安全及舒适度。

针对该问题维修养护: (1) 因社会车辆保通等需要, 对于小面积或局部松散病害, 可以使用快速沥青修复材料进行修复。这种修复材料具有高渗透性和防水封闭功能, 能够固化骨料颗粒、修复细微裂缝, 且施工简单, 施工完成后短期即可开放交通。(2) 根据夜间封道等条件, 尽量选择上半夜, 温度较高时施工, 确保压实度足够, 减少内部空隙率。对于钢便桥沥青面层问题, 最科学合理的方法是在施工期间进行沥青面层施工管控, 通过沥青的施工温度、压实度、沥青含量、机械选择等控制。尤其是针对拼接处、转弯、坡度变化处采取加强处理措施。以达到更好的预防效果。

4 结语

在我国, 临时钢便桥在现状道路修缮、功能提升等市政道路工程中作为保通道路, 出现的频率越来越高。钢便桥荷载能力强、施工简单方便、可重复利用等特点能在保证现有交通通行、周边环境复杂的情况下能良好地完成施工。本文以外环东段(华夏中路-龙东大道)交通功能提升工程2标项目-钢便桥的施工及维护、保养期间的措施, 结合具体的数据, 分析钢便桥施工过程中及运营期间需要重点控制的地方, 为上海地区其他类似工程提供参考。

[参考文献]

[1] 吕科, 王举鹏. 现浇梁施工钢便桥平台施工要点探讨[J]. 工程地质学, 2020(4): 67.

[2] 胡胜. 浅谈钢便桥施工过程及注意事项[J]. 建筑设计及理论, 2018(12): 78.

作者简介: 蔡欣荣(1989.7—), 毕业院校: 同济大学浙江学院, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 上海建工五建集团有限公司, 职务: 项目经理, 职称级别: 中级工程师。