

横向湿接头及其浇筑顺序对装配式斜转正梁桥的影响分析

王思伟

(湖南中大设计院有限公司, 湖南 长沙 410075)

摘要: 为研究横向湿接头与预制梁龄期差和横向湿接头浇筑顺序对装配式斜转正梁桥结构受力的影响,以 5 片 30 m 跨径装配式小箱梁为研究对象,采用 MIDAS/Civil 有限元软件对多个模型进行对比分析。结果表明,考虑横向湿接头的梁格分析模型所得支座反力更不利;综合施工和成桥阶段,横向湿接头同时浇筑施工能得到最合理的支座反力和主梁跨中竖向挠度。

关键词: 桥梁;装配式斜转正梁桥;横向湿接头;浇筑顺序;支座反力;竖向挠度

中图分类号:U441

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2021)05-0103-03

市政桥梁受周围环境影响较大,特别是桥下线路复杂,穿越形式多样,斜桥和斜转正桥层出不穷。斜转正桥作为斜桥的一种特殊结构,兼具正交桥和斜桥两者的受力特点。李建、杨永平等基于梁格方法分析了装配式斜转正梁桥的受力特点,并总结了弯矩、扭矩及支反力的变化特征。李江龙通过对现浇斜转正连续梁应力特点的分析,提出了预应力钢束和钢筋的配置建议。韩锋等采用有限元方法对常规斜转正桥梁布跨提出了建议。目前研究中关于斜转正梁桥的计算分析较少,大多依据项目需要对单一斜转正桥进行分析,不能系统和深刻地认识该类桥的受力特点。同时横向湿接头浇筑时,预制梁已存梁 2~3 个月,导致其与预制梁存在收缩龄期差,而大多数建模通常忽略横向湿接头的影响,将其与主梁同时受力,缺乏对施工过程的认识,影响结构安全性。该文考虑横向湿接头的影响,以前后跨径线差为 6° 的斜转正梁桥为例,分析横向湿接头的存在对主梁支座反力的影响及常见横向湿接头浇筑顺序对斜转正桥受力的影响,基于计算结果提出建模方法和浇筑顺序的相关建议。

1 工程背景

某 30 m 跨径装配式小箱梁桥采用斜转正梁桥结构,梁高 1.7 m,桥宽 13.95 m,桥面按单向三车道布置,梁片数为 5 片。跨中钢束直线段长为 1.6 m,斜边与直角边角度差按 6° 控制,最短边梁长度为 28.5 m,与 30 m 标准跨径相对误差为 5%,梁长整体变化较合理。主梁和横向湿接头材料均为 C50

砼,预应力钢束为抗拉强度 1 860 MPa 的 $\phi^s 15.2$ 钢绞线,在砼强度达到设计强度的 90% 后张拉,张拉控制应力为 1 395 MPa。

由于道路中心线右幅桥梁长整体较短,其斜交特性比左幅桥更突出,以右幅桥为分析对象。梁片布置见图 1。

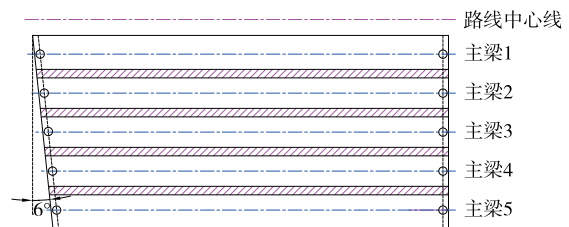


图 1 梁片布置示意图

2 梁格分析模型选取

对于装配式正交桥,可采用考虑横向分布的单梁模型进行分析,也可考虑车道偏载采用梁格模型进行分析,2 种方法的分析结果较接近,均能满足工程应用要求。但对于斜交桥,跨中弯矩比同跨度正交桥小且锐角和钝角受力差异显著,采用单梁模型不能真实反映斜桥特点,必须采用实体单元模型或空间梁格模型进行分析,而实体单元模型建模较繁琐,对预应力损失不能准确考虑。因此,梁格模型是进行斜交桥分析的重要手段。

正交桥横向湿接头长度相同,收缩徐变效应导致的梁体轴向变形一致,而斜交桥横向湿接头长度不一致,且横向湿接头浇筑时预制梁已张拉完成,两者龄期差别较大。为反映横向湿接头对结构受力的

影响,建立2种梁格模型:一种是把横向湿接头作为主梁的一部分,仅建立每片单梁模型形成梁格;另一种是把横向湿接缝单独按照梁单元考虑,与预制梁形成梁格。2种梁格分析模型中虚拟横梁间距均按照跨径的1/10考虑。该桥湿接头宽度为61.25 cm,为分析方便,斜转正按照正转斜建模。2种梁格模型见图2。

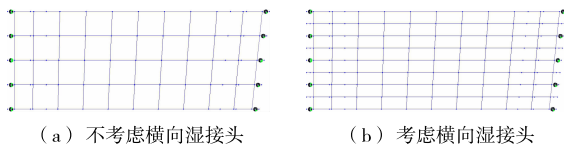


图2 梁格模型

支座反力是反映斜交桥特点的重要参数,以二期铺装完成后为关注施工阶段,提取不考虑横向湿接头和考虑横向湿接头2种模型的直角边和斜角边支座反力计算结果,其中横向湿接头同时进行浇筑施工(见图3)。

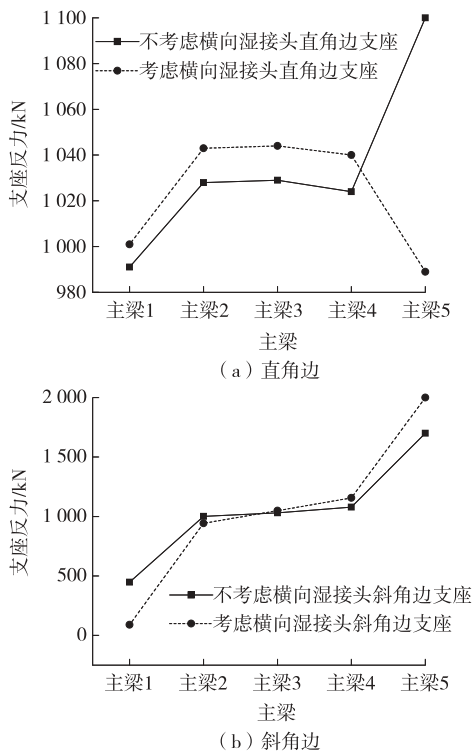


图3 2种梁格模型的支座反力

由图3可知:将横向湿接头单独建立为梁单元所形成的梁格模型的斜交特征更显著,直角边除主梁5支座反力外,其支座反力值均大于不考虑横向湿接头的梁格模型,同时斜角边锐角处的支座反力(主梁1)和钝角处的支座反力(主梁5)差异显著,其差值大于不考虑横向湿接头梁格模型。说明考虑横

向湿接头作用的计算结果整体最为不利,可为支座选型提供依据。

3 横向湿接头浇筑顺序

为研究横向湿接头浇筑顺序对结构受力的影响,选取5种工况进行分析:工况1为同时浇筑;工况2为从中梁向边梁对称浇筑;工况3为从边梁向中梁对称浇筑;工况4为从短梁向长梁浇筑;工况5为从长梁向短梁浇筑。

通过支座反力影响线得到对最长边梁跨中加载易引起锐角支座负反力作用,而二期铺装完成后结构支座最为不利,最后分析10年收缩徐变完成即结构内力重分配后结构受力状态。模型施工阶段如下:阶段1为主梁预制并张拉钢束;阶段2为存梁60 d;阶段3为横向湿接头浇筑;阶段4为二期铺装;阶段5为收缩徐变10年。斜角边受力特征决定斜桥的受力性能。成桥后,支座反力不宜相差较大,否则不利于支座选型。同时各片主梁挠度变化应较均匀,以利于施工线形控制和保持较好的结构整体性。

以二期铺装完成后为关注施工阶段,各工况下斜角边支座反力与各主梁跨中挠度分别见图4、图5,假定斜角边主梁1~5对应支座分别为支座1~

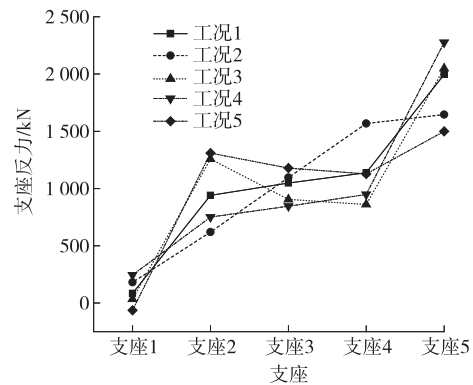


图4 二期铺装完成后支座反力

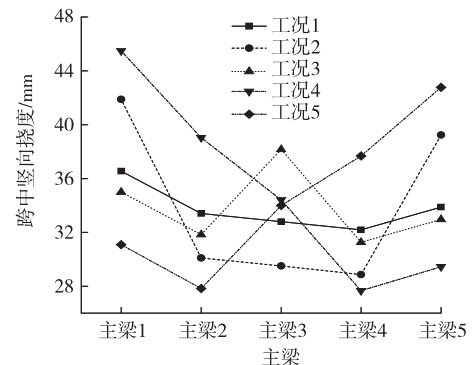


图5 二期铺装完成后主梁跨中竖向挠度

5. 由图4、图5可知:1) 二期铺装完成后,工况4、工况5对应的支座反力分别在边支座处达到最值。工况4引起的支座5反力为2 260 kN,其余支座反力均在1 000 kN以下,工况4的施工顺序对边支座较不利。工况5支座反力规律与工况4相反,在支座1处引起最小支座反力,其余支座反力均在1 000 kN以上,且支座1为负反力,需采取抗拔装置保证梁体安全。因此,工况5的施工顺序不建议采用。2) 工况4、工况5引起的主梁跨中挠度最为不利,挠度波动较大,两工况下主梁跨中挠度最大差值为18 mm,施工时应避免从一端开始向另一端浇筑。3) 就支座反力而言,工况2较均匀,数值分布较合理。综合支座反力和跨中挠度,工况1是较好的横向湿接头浇筑顺序,该工况下支座反力和跨中挠度均未发生跳跃或明显不合理之处。

考虑到砼收缩徐变对结构内力的影响,以收缩徐变10年后为分析对象,各工况下斜角边支座反力与各主梁跨中挠度分别见图6、图7。由图6、图7可知:1) 与二期铺装完成后相比,收缩徐变10年后的支座反力发生重分配现象,数值规律差异较大,但各主梁跨中挠度规律基本一致,数值整体变大。2)

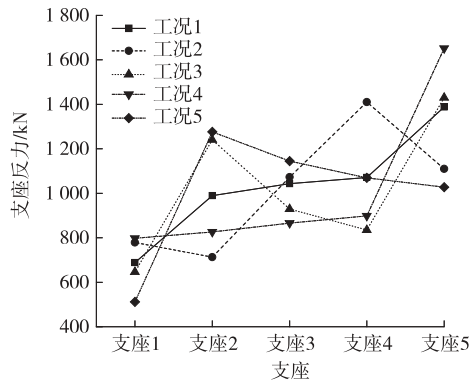


图6 收缩徐变10年后支座反力

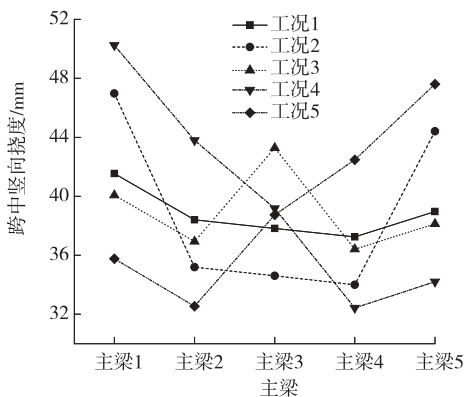


图7 收缩徐变10年后主梁跨中竖向挠度

就收缩徐变10年后受力特征而言,工况1具有明显优势,各支座反力从锐角到钝角依次增加,符合斜桥基本受力模式。同时工况1下各主梁竖向挠度由长梁至短梁依次减小,挠度分布较好。3) 除工况1外,其他施工顺序受力特征变化较大,易引起锐角处出现较小的支座反力,导致在汽车偏载作用下出现负反力,钝角处支座受力较大,对全桥采用统一支座规格不利,不方便施工控制。

对于装配式正转斜梁桥,综合考虑施工全过程受力特征,横向湿接头同时浇筑是最合适的施工方法。在难以保证横向湿接头同时浇筑时,应尽量从中梁向边梁对称浇筑,避免因从长边梁向短边梁或短边梁向长边梁浇筑而引起锐角处出现负反力。

4 结论

采用MIDAS/Civil软件对前后跨径线角度差为 6° 的30 m跨径装配式斜转正梁桥进行计算分析,得到以下主要结论:

(1) 与不考虑横向湿接头的梁格分析模型相比,采用考虑横向湿接头的梁格分析模型对施工过程进行分析,所得斜角边支座受力更不利,有利于指导工程施工。

(2) 横向湿接头浇筑顺序对施工过程中及成桥后支座反力影响较大,综合考虑支座反力和主梁跨中竖向挠度,横向湿接头同时浇筑整体受力较好,建议采取横向湿接头同时浇筑的方法进行施工。

参考文献:

- [1] 范立础.桥梁工程(上册)[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.
- [2] 李健,王彬鹏.预制斜转正桥梁受力特征与设计分析[J].智能城市,2020,6(8):27-28.
- [3] 杨永平,袁卫兵.空间剪力-柔性梁格法在斜转正梁桥计算分析中的应用[J].山西建筑,2019,45(11):125-126.
- [4] 李江龙.斜转正桥梁梁格分析[J].特种结构,2017,34(3):99-101+114.
- [5] 韩锋,杨华.常规斜交桥梁总体布置方案研究[J].山西交通科技,2018(3):69-73.
- [6] 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:JTG 3362-2018[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.
- [7] 刘志宏,张明,黄宏力.梁格法在桥梁结构分析中的应

适应度函数可正确对索力目标进行优化。

(3) 索力优化后其值小幅增加,主梁线形、主梁弯矩、索塔偏位相较于优化前在峰值上均有不同程度减小,且分布更均匀合理,优化方法可行。该方法也适用于双塔斜拉桥、多塔斜拉桥等的索力优化。

参考文献:

[1] 田源,杨海霞.斜拉桥成桥索力优化理论及方法的最新进展[J].三峡大学学报(自然科学版),2013,35(2):47-52.

[2] 颜东煌,李学文,刘光栋,等.用应力平衡法确定斜拉桥主梁的合理成桥状态[J].中国公路学报,2000,13(3):49-52.

[3] 谢剑,王绪续,谢宝来.独塔混合梁转体斜拉桥合理成桥状态确定方法研究[J].特种结构,2018,35(5):51-56+62.

[4] 张峻峰,丁志威,罗学成.基于影响矩阵法的斜拉桥成桥索力优化[J].交通科技,2011(3):4-6.

[5] 朱敏,刘荣桂,谢桂华,等.基于多种群遗传算法的大跨度斜拉桥索力优化[J].世界桥梁,2016,44(3):38-42.

[6] 陈志军,刘洋,杨立飞,等.基于粒子群优化算法的独塔斜拉桥成桥索力优化[J].桥梁建设,2016,46(3):40-44.

[7] 戴杰,秦凤江,狄谨,等.斜拉桥成桥索力优化方法研究综述[J].中国公路学报,2019,32(5):17-37.

[8] SHI Y H, EBERHART R C. A modified particle swarm optimizer[C]//Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 1998). Piscataway: IEEE, 1998:69-73.

[9] 高岳林,任子晖.带有变异算子的自适应粒子群优化算法[J].计算机应用,2008,28(25):28-30.

[10] 李宁,孙德宝,岑翼刚,等.带变异算子的粒子群优化算法[J].计算机工程与应用,2004(17):12-14+35.

[11] SHI Y, EBERHART R. Empirical study of particle swarm optimization [C]//International Conference on Evolutionary Computation, Washington, USA: IEEE, 1999: 1945-1950.

[12] 董宇航,张谢东,郭子会,等.异形拱塔斜拉桥桥塔结合部受力研究[J].公路与汽运,2018(6):88-91.

收稿日期:2020-11-16

(上接第 102 页)

(2) 环境温度为 20~40 ℃时,黄石侧索股在散索鞍压力下产生的摩擦力为 21.637~22.953 kN,黄冈侧索股在散索鞍压力下产生的摩擦力为 20.577~22.148 kN。

(3) 设棋盘洲长江公路大桥的工作环境温度为 20~40 ℃,则黄石侧、黄冈侧散索需提供给索股的最小摩擦力分别为 58.02、56.02 kN。索股的竖向压力产生的摩擦力不足以满足 20 ℃温差所产生的不平衡张力,单纯的摩擦力只能满足 6~7 ℃温差所带来的不平衡张力,需采用各种措施增加摩擦力。

(4) 施工期白天温度较高,为保证索股在散索鞍槽内不滑动,施工单位应采取有效措施防止索股在散索鞍中产生滑动。锚跨索股不仅需要超张拉,还需通过张拉验证增加摩擦力的措施是否能消除温度荷载的影响。锚跨的超张拉力为当前温度下锚跨的力与所需最小摩擦力之和,验证摩擦力张拉力是当前温度下边跨的张拉力与所需最小摩擦力之和。

参考文献:

[1] 沈锐利,薛光雄.悬索桥主缆丝股锚固力的计算方法探讨[J].桥梁建设,2003,33(6):25-29.

[2] 罗喜恒,肖汝诚,项海帆.悬索桥锚跨索股分析研究[J].公路交通科技,2004,21(12):45-49.

[3] 许汉铮.大跨悬索桥主缆锚跨张力控制[J].长安大学学报(自然科学版),2002,22(5):32-34.

[4] 黄浩.风荷载作用下悬索桥受力分析与静风稳定性研究[J].公路工程,2019,44(4):98-102+148.

[5] 沈良成,文武,沈锐利,等.高温下悬索桥主缆丝股锚跨张力的合理控制研究[J].桥梁建设,2004,34(4):7-9.

[6] 周伟,夏雪莲,胡铁山,等.悬索桥索股架设参数敏感性分析[J].公路与汽运,2020(3):104-105.

[7] 中交公路规划设计院有限公司.公路悬索桥设计规范:JTG/T D65-05-2015[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.

收稿日期:2021-01-04

(上接第 105 页)

用研究[J].建筑技术开发,2019(14):1-3.

[8] 葛素娟,李静斌.小箱梁桥虚拟横梁建模法中虚横梁间距选取研究[J].河南科学,2009,27(10):1289-1291.

[9] 梁峰,陈栋宇.斜交转正交梯形装配式桥梁设计[J].现代交通技术,2011,8(4):26-28.

收稿日期:2021-01-11