

基于 FEA 全桥模型的预制小箱梁隐盖梁受力分析研究

罗干生¹, 史贤豪², 肖海波²

(1.宁波市城市基础设施建设发展中心, 浙江 宁波 315042; 2.宁波市城建设计研究院有限公司, 浙江 宁波 315012)

摘要:结合工程实际,提出采用数值分析的方法研究了隐盖梁受力特点,在同类工程中具有借鉴意义。通过 Midas Civil 梁单元模型和 Midas FEA 全桥实体单元模型进行对比分析,可得到以下结论:采用 FEA 整体建模能有效模拟隐盖梁受力情况;小箱梁与隐盖梁交界处存在应力集中,导致主拉应力较大,设计时应保证小箱梁纵向钢筋的完整并减少隐盖梁预应力开槽对结构的削弱;由于边墩隐盖梁嵌固效应,导致边跨跨中正弯矩减小,设计中可适当减小边跨小箱梁预应力筋。

关键词:隐盖梁;FEA 计算;应力集中

中图分类号:U443.3

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2022)08-0170-03

0 引言

城市桥梁建设中,为节约造价多以简支梁和连续梁为主,常用的结构形式为工字梁、T梁、空心板梁和小箱梁等。在桥梁设计中,由于预制小箱梁结构简单,受力性能良好,施工技术成熟等优点,可以适应现行施工方法的要求,能做到上下部结构同步施工,最大限度地缩短现场占用周期;此外还兼具经济指标较低,外观美观等优点,因此得以广泛应用。

城市立交桥不仅需要满足受力性能的要求,同时需要保证美观协调,有效地利用桥下空间。随着城市交通的发展,传统桩柱式盖梁已经难以满足城市桥梁对于空间限制以及美观协调的高要求,隐盖梁结构应运而生。相对于传统盖梁构造,隐盖梁能有效降低结构高度、增加桥梁美观性等优势。然而由于结构自身受力复杂,荷载传递至隐盖梁的传递方式和作用机理尚不明了。目前国内有关桥梁设计的各类设计规范和标准中,尚无预制小箱梁隐盖梁计算方法的规定和依据。

1 隐盖梁受力分析

1.1 工程概况

宁波市某市政快速路高架标准横断面宽度为 25.5 m(见图 1),设计荷载城-A 级,主线及匝道路宽小于 35 m 跨径全部采用预制小箱梁。

收稿日期:2022-04-20

作者简介:罗干生(1970—),男,本科,高级工程师,从事道路桥梁工程管理工作。

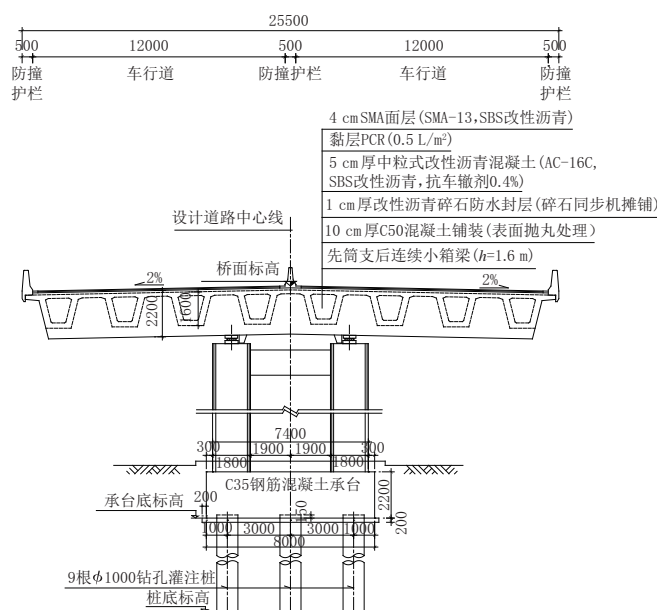


图 1 桥梁横断面图(单位:mm)

由于规划道路距离较近,桥梁需降低桥面标高来减少匝道长度,满足路口通行要求。因此在此路段高架上部结构采用隐盖梁小箱梁,降低桥面标高约 2 m,减少匝道长度约 35 m。

1.2 三维建模

本文取 3×29 m 小箱梁进行计算,桥梁宽度 25.5 m。根据隐盖梁和小箱梁实际尺寸建立全桥 FEA 模型(见图 2),每个墩位布置双支座,支座间距 5.6 m,其中一根中横梁处采用固定支座和横桥向单向支座,其余横梁均采用一个单向支座和双向支座,保证结构能够自由变形。混凝土部分采用四面体单元生成实体网格,隐盖梁和小箱梁预应力钢束采用植入式钢筋模拟,与混凝土耦合共同受力,见图 3。

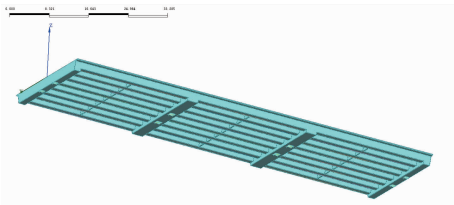


图 2 FEA 有限元全桥模型

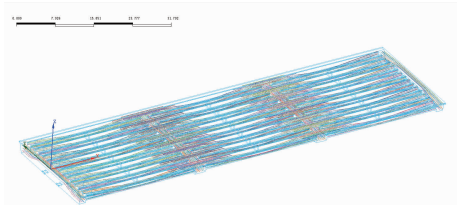


图 3 全桥预应力布置

桥面铺装荷载采用压力荷载进行施加，同时考虑升降温的影响，汽车荷载根据 Midas 模型计算的最不利工况，进行车辆荷载等效布置。

1.3 计算结果分析

(1)结构整体应力计算

小箱梁及隐盖梁预应力采用 Midas 简化模型进行计算，其中纵向配索为考虑隐盖梁的连续梁模型；横向计算中 Midas Civil 模型考虑隐盖梁自重、简支小箱梁自重、二期铺装、预应力和温度荷载，其中二期铺装为 $3 \times 29\text{ m}$ 三跨连续单梁模型成桥阶段的支点反力与简支小箱梁自重之差，汽车荷载按照横向等效车轮进行加载。

在三跨连续小箱梁计算中，由于边跨受力较大，应力储备较低，故在 FEA 整体模型中，按照边跨最不利进行汽车荷载布置，全桥正应力计算结果见图 4、图 5。

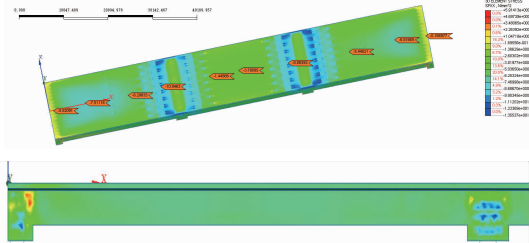


图 5 边跨最不利汽车加载下全桥底面正应力云图(单位:MPa)

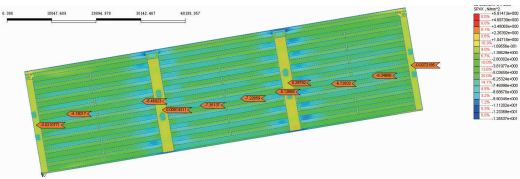


图 4 边跨最不利汽车加载下全桥顶面正应力云图(单位:MPa)

采用 Midas 简化模型计算配索结果，在全桥模型中各部位正应力均满足规范要求，具有较强可实施性。仅在小箱梁与隐盖梁交界处，由于预应力张拉导致交界处存在应力集中现象，设计中应采用构造措

施和配筋进行加强。
(2)小箱梁与隐盖梁交界处应力计算
FEA 计算后提取本联小箱梁在恒载作用下产生竖向挠度，位移云图见图 6。

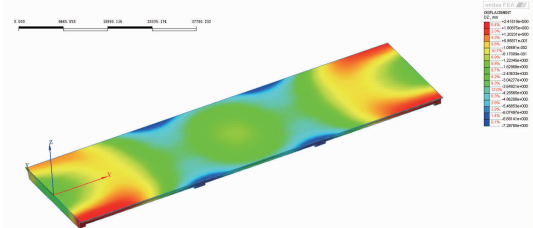


图 6 恒载作用下竖向位移云图

由图 6 可得边墩隐盖梁在荷载作用下呈现上拱趋势，中墩隐盖梁呈现下挠趋势，见图 7。竖向位移不协调导致边梁在隐盖梁处主应力较大，需加强配筋。在恒载作用下，小箱梁与隐盖梁交界处存在应力集中，导致主拉应力较大，主压应力较均匀，见图 8，设计时应保证小箱梁纵向钢筋的完整并减少隐盖梁预应力开槽对结构的削弱，避免主拉应力过大导致结构开裂，可采用如下措施：采用单端交叉锚固，锚槽口远离应力集中点；横梁适当外伸，避开应力集中点；采用深埋套筒，避免结构开槽。

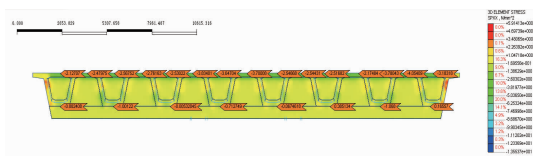


图 7 荷载作用小箱梁与中墩隐盖梁交界处正应力(单位:MPa)

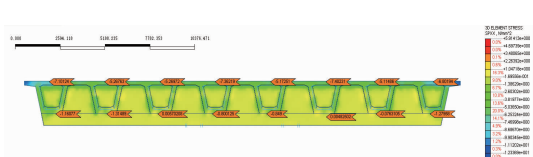


图 8 荷载作用小箱梁与边墩隐盖梁交界处正应力(单位:MPa)

(3)边墩隐盖梁嵌固效应

取恒载作用下 Midas 模型和 FEA 全桥模型进行对比(见图 9、图 10)，在恒载作用下 Midas 模型边跨正应力为 -6.2 MPa ，而 FEA 模型边跨平均正应力为 -6.6 MPa ，通过对比可得由于边墩隐盖梁对纵梁的嵌固作用，导致跨中正弯矩减少约 6%，压应力储备增加，因此在边跨预应力束设计中，可在 Midas 杆系模型基础上适当减少预应力，节约桥梁造价，而中跨可按常规小箱梁设计。

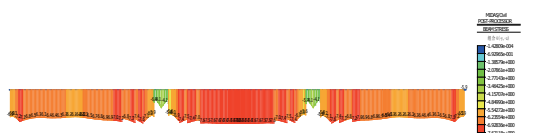


图 9 恒载作用下 Midas 模型梁底正应力(单位:MPa)

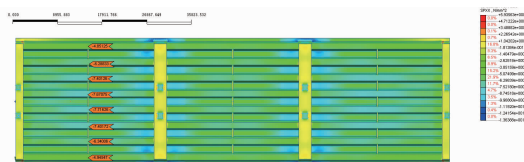


图 10 恒载作用下 FEA 模型梁底正应力(单位:MPa)

(4)小箱梁横向分布系数

基于 FEA 计算软件,采用实体单元建立隐盖梁全桥模型,模型计算中将集中力 $P=1\,000\text{ kN}$ 依次作用于各片小箱梁跨中截面,采用计算各小箱梁的横向分布系数。对各片小箱梁进行编号,见图 11。



图 11 小箱梁编号示意图

各片小箱梁横向分布系数见图 12。

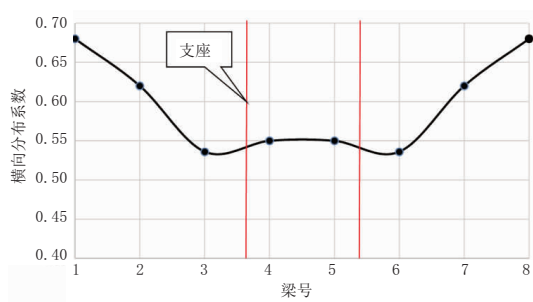


图 12 小箱梁横向分布图

由图 12 可得,隐盖梁小箱梁的横向分布系数与常规小箱梁基本一致,但由于隐盖梁支座影响,导致

靠近支座处小箱梁横向分布系数增大。

2 结 论

本文通过 Midas Civil 梁单元模型和 Midas FEA 全桥实体单元模型进行对比分析,可得到以下结论:(1)采用 FEA 整体建模能有效模拟隐盖梁受力情况,由于隐盖梁支座影响,导致靠近支座处小箱梁横向分布系数增大。(2)小箱梁与隐盖梁交界处存在应力集中,导致主拉应力较大,设计时应保证小箱梁纵向钢筋的完整并减少隐盖梁预应力开槽对结构的削弱。(3)由于边墩隐盖梁对边跨小箱梁的嵌固效应,相比于常规简支变连续小箱梁,隐盖梁小箱梁设计中可考虑适当优化边跨预应力钢束。

参考文献:

- [1] 张恺,刘庆仁,钟健,等.预应力张拉对隐盖梁内力的影响[C]//中国土木工程学会桥梁及结构工程学会第十三届年会论文集,1998.
- [2] 孙全胜,张鹤然.横隔梁及隐形盖梁对异形桥受力性能影响研究[J].山西建筑,2014,40(8):3.
- [3] 郝晨琦.现浇连续箱梁中预应力隐形盖梁的受力分析[J].城市道桥与防洪,2014(7):3.
- [4] 刘彬,万淑敏.半倒 T 隐形盖梁设计初探[J].工程建设,2020,52(11):4.
- [5] 孙圳.预应力混凝土隐形盖梁计算方法研究[D].重庆:重庆交通大学,2008.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smcdi.com