

普通钢筋砼 V 形托架连续刚构桥的设计与思考

龚晓利¹, 和飞²

(1. 云浮市公路勘察规划设计所, 广东 云浮市 527300; 2. 昆明理工大学 建筑工程学院, 云南 昆明 650224)

摘要: 根据作者设计的工程实例, 说明了钢筋砼 V 形托架连续刚构桥的设计思路及特点, 重点阐述了在较大跨径中使用中此类桥型的计算特点, 并经过与同类型的钢筋砼连续矮箱及斜腿刚构进行比较, 提出了 V 形托架桥的适用范围等。

关键词: V 形托架; 连续刚构; 设计特点

中图分类号: TU 997 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2003)04-0093-04

Design and Consideration of RC Continual Rigid-frame Bridge with V-bracket

GONG Xiaoli¹, HE Fei²

(1. The Highway Survey-design Institute of Yunfu City, Yunfu, Guangdong 5273002, China;

2. Faculty of Architectural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

Abstract: Based on the engineering example designed by the writers, the design methods and features of RC continual rigid-frame bridge with V-bracket, particularly the structural calculation characteristics of this kind of bridge, are illustrated. Furthermore, compared with other kinds of bridges of RC continual low box beam and the rigid-frame bridge with inclined webs, the usage range of the RC continual rigid-frame bridge with V-bracket is brought forward.

Key words: V-bracket; RC continual rigid-frame bridge; design feature

0 引言

广东省省道 S113 线是广东省的省级主干道之一, 良洞桥位于 S113 线新兴县境内, 跨越良洞水库, 桥头为 S113 线的收费站场, 良洞水库是新兴县规划中的旅游景区, 因此对良洞桥有一定的美观要求。

1 桥梁设计标准及桥型选定

桥梁所在路段为山重区一级公路, 路基全宽 21.5 m, 桥上设置中央防撞栏, 荷载标准为汽车-20, 挂车-100; 桥上为平坡, 地震烈度按 VII 度设防。

根据当地政府对该桥的美观上的要求, 该桥要在桥型上作一定的考虑, 桥位附近景观优美, 低山、水库相映生辉, 林木葱郁, 碧波荡漾; 为与周边环境协调, 经多方考证, 并得到上级主管部门的同意, 最终选定采用 25+13+30+13+25 的钢筋砼 V 形托架连续刚构桥型布置, 单箱断面, 在路基全宽范围内设计成上下行完全分离的两座独立桥梁, 如图 1。

2 V 形托架连续刚构的特点

该桥型结构线条流畅, V 形桥墩轻巧美观, V 形托架与主箱固接处有效地减小了主梁的跨中弯矩值, 有效地缩小了主梁高度, 经与同等跨径布置的连续箱梁桥相比, 增加了超静定的约束次数, 由于托架的存在, 实

收稿日期: 2003-01-10.

第一作者简介: 龚晓利(1969~), 男, 工程师; 主要研究方向: 桥梁设计.

实际上缩短了主跨的跨径,因此得以在墩中心距为43 m的情况下采用钢筋砼结构.

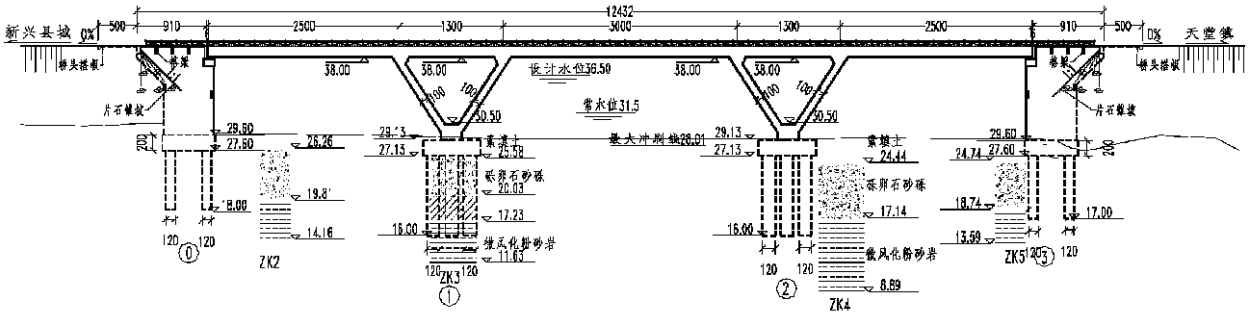


图 1 桥型布置图

3 桥梁的主要结构尺寸布置

3.1 箱梁构造、墩顶断面布置及 V 形托架结构尺寸

如图 2, 图 3, 图 4.

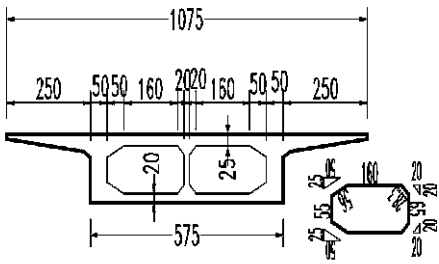


图 2 箱梁构造图

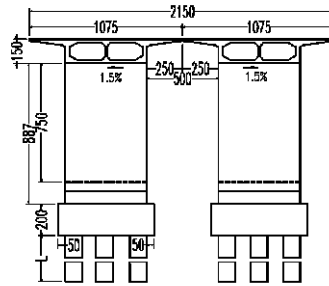


图 3 墩顶断面布置图

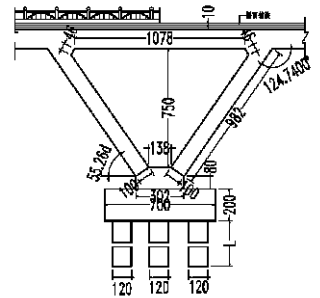


图 4 V 形托架结构图

4 结构受力体系的确定

是否采用预应力砼结构,还是采用钢筋砼结构?本桥如果采用 25+ 13+ 30+ 13+ 25 的跨径组合,主要是为了适应桥位所在地的跨径组合要求,同时考虑了美观因素的结果,考虑至 V 形托架体系如果采用预应力砼结构,施工复杂程度将有所提高,且预应力砼结构的最终破坏形态与钢筋砼结构的最终破坏形态是一致的,亦即是当结构跨径如果允许采用钢筋砼结构时,钢筋砼结构是可靠度的优势是存在的.

但梁式结构是否能够采用钢筋砼结构的主要问题在于,钢筋砼结构的刚度难以满足规范的要求,即结构的正负弯矩裂缝宽度当结构内力达到结构本身难以限制基宽度时,则必需求助于结构的预应力,对本桥而言,中跨加上 V 形托架的跨度达到了 43 m,基本上达到了梁式桥采用钢筋砼结构的上限,是否能够采用钢筋砼结构主要是要看跨中的正弯矩数值和托架顶部的负弯矩的最大值.不过,在本桥设计中,由于考虑当地施工条件和施工单位的情况,偏向于如果能用钢筋砼结构的,就不再采用预应力砼结构.

那么,本结构是否适宜采用钢筋砼结构呢?

结构的计算模式如图 5.

本桥位于直线上,桥上为平坡,对于每幅桥采用单箱双室断面,使本桥有了较好的力学状态,虽然桥梁的宽跨比稍大,但仍可以采用杆系结构对本桥进行力学分析,计算中同时考虑偏载对箱梁的影响,得到结构的离散图如下:

计算中主要考虑的荷载有:恒载、汽车 20 级、挂车 100 级、整体温度升高 20 度、整体温度降低 15 度、箱梁顶底板温度差、支座变位等因素.

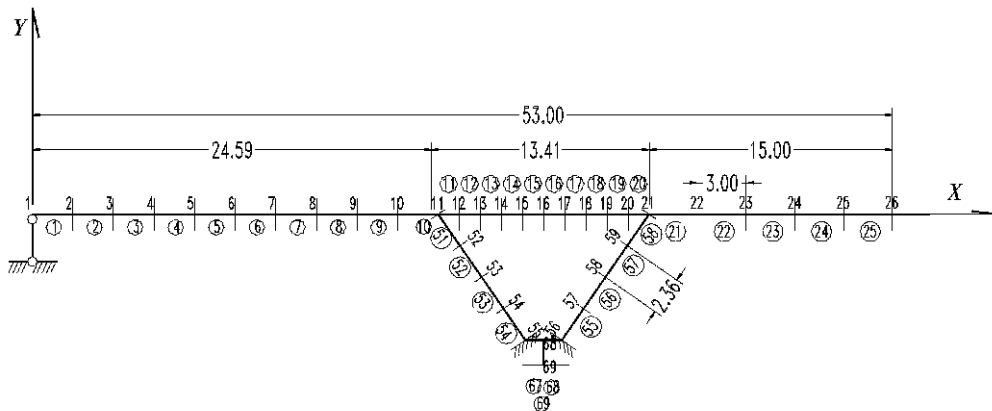


图 5 结构计算简图

对主要计算结果整理一组控制数据如表 1:

由计算结果分析得知, V 形托架在跨中的正弯矩组合值并不完全控制设计, 在中跨主梁与 V 托的相接处(即图中的 N21 号杆件), 出现了绝对值比跨中还要大的负弯矩, 而边跨的跨中正弯矩值比中跨还要略大, 即最大正弯矩并不是出现的中跨跨中, 但全桥的弯矩分布还是均匀合理的,

表 1 主要计算结果

最不利组合后的内力值	$M_j / \text{kN}\cdot\text{m}$	Q_j / kN	N_j / kN
25 m 跨中	19 548.90	845.99	0.00
30 m 跨中	16 953.18	1 052.38	867.72
V 托支点处	21 176.16	5 765.38	1 335.00
V 托斜腿处	1 584.36	1 061.85	18 234.90

这样为截面设计和配筋设计提供了便利, 亦使得桥梁的恒载分布趋于合理. 在内力分析的同时, 亦进行了全桥变形分析, 并对其进行了影响线纵向加载与最不利组合, 由分析结果可以得知: 全桥最大竖向挠度发生在中跨跨中(与边跨跨中值基本相等), 其值为 $2.6\text{cm} < 7.1\text{cm}$, 由此可以推知: 梁式桥在中小跨径中, 跨中挠度一般均能满足 $\leq L/600$ 的要求, 即其刚度一般能够满足要求.

但本桥的一个设计考虑重点是: 在最不利荷载下内力值时, 截面各点的裂缝开展宽度不能超过目前规范规定的值 0.25mm , 根据以上的计算内力值, 在控制截面处, 验算得各截面的裂缝开展宽度为: (见表 2)

表 2 控制截面验算结果

$M_j / \text{kN}\cdot\text{m}$	A_g / cm^2	σ_g / MPa	μ	$\delta' f_{\text{max}}$	C_1	C_2	C_3	$\xi'_{\text{max}} / \text{mm}$
19 548.90	573.74	279.74	0.02	0.18	1.00	1.25	1.00	0.225 8
16 953.18	573.74	242.60	0.02	0.16	1.00	1.25	1.00	0.195 8
21 176.16	589.82	294.77	0.02	0.19	1.00	1.25	1.00	0.238 0

由表 2 得知, 在最不利的跨中与支点断面处, 裂缝宽度值均没有超出规范规定的数值. 但是, 中跨与 V 托相接的处, 裂缝宽度接近 0.25mm , 这就要求在设计中设置适当的构造, 实际设计中, 主要通过桥面铺装的混凝土标高的提高和加密铺装层钢筋间距来保证.

5 构造和施工措施

一个好的设计计算只占整个设计的 $1/3$ 工作量, 余下的工作需要凭设计者积累下的丰富经验去判定计算结果的可信度, 去恰当地选用计算结果, 亦即取用结构的安全度, 并根据实际情况选择不同的、切合实际的构造, 去弥补计算上的某此不足. 在本桥的计算过程中, 我们发现: 设计如此跨度的普通钢筋砼结构的 V 形托架连续刚构, 最主要关心的是结构的裂缝开展宽度的问题, 根据上面的阐述, 在主要控制截面结构的裂缝宽度可以满足规范规定的要求, 但我们同时发现, 在 V 托中, 虽然结构的恒、活载的内力不大, 但由于温度变化(包括结构整体温升和箱梁不均匀温变)导致对主梁的拉应力比较大, 如何控制 V 托段主梁的拉应力是我们重点关注的问题, 为此, 我们主要采取了以下措施: 严格控制 V 托形成封闭三角形的温度, 根据工程所在地气候变化特征和全年平均气温情况, 全年温度均大于 0°C , 设计中规定封闭 V 托的温度不得高于

12℃, 这样有效地降低了结构的整体温降(如果在北方地区, 由于温差太大, 采用普通钢筋砼的 V 托结构将导致温度次内力过大, 而有必要施加预应力); 同时在跨中主梁与 V 托相接处, 封闭施工缝的温度亦不得超过 15℃, 并且全桥对称封闭开成超静定结构. 在施工工艺设计中, 无论是主梁还是桥面恒载的加载, 都有严格的施工工序: 首先, 对全桥支架进行与上部结构相等重量的支架预压, 以消除支架的非弹性变形和不可预见的变形, 这对于在河流上现浇的箱梁结构是非常必要的; 其次, 主梁现浇时根据结构的特点都留有不小于 1.5 m 宽的湿接头, 湿接头采用垂直模板, 模板上留有钢筋孔穿过, 并采用比主梁标号更高一级的砼封闭接头, 桥面恒载的加载次序与主梁相同.

6 与其它类桥梁的比较

为检验 V 形托架对主弯矩的卸载作用, 设计中假设了一种结构与 V 托进行内力比较: 即当截面形式相同、恒载相同、跨径相同的连续梁桥与 V 托结构的内力相差值是多少, 经有限元内力分析得知, 仅在恒载作用下, 连续梁桥的最大弯矩与 V 托比较如表 3.

由表 3 可见, 在同等跨径的 V 形托架连续刚构和同等跨径的连续梁结构中, 由于 V 托的存在, 实际上有效地改善了梁中的内力分布, 使中、边跨及

表 3 连梁与 V 托之 M_{max} 比较

截面号	边跨跨中/kN	中跨跨中/kN	最大负弯矩/kN·m
V 托连续刚构	8 966	8 460	11 864
同等跨径连续梁	12 803	16 940	27 661

负弯矩区的内力值相对接近, 这为采用等截面的结构形式成为可能; 另外, V 托亦有效地减小了负弯矩数值, 使采用普通钢筋砼结构成为可能. 但有一点, 由于 V 托本身是三角形的全封闭结构, 承受着较大的温度内力作用, 对于温差较大的地区如果采用普通钢筋砼结构可能不易, 而有必要在 V 托中施工加预应力.

7 结语

在地方施工的公路桥梁中, 由于施工力量所限制, 作为设计人员往往避免采用较为复杂的结构, 主要是出于对施工安全上的担心, 普通钢筋混凝土结构的桥梁施工上易于实现, 其受力模式比预应力结构更符合传统的混凝土理论, 结构的延性较好. 在中等跨度的公路桥梁中使用比应该有一定的优势, 上面通过实际工程反映了作者的这一设计理念.

参考文献:

- [1] 交通部部颁标准. 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范(JTJ023- 85)[S]. 北京: 人民交通出版社, 1985.
- [2] 交通部部颁标准. 公路桥涵施工技术规范(JTJ041- 89)[S]. 北京: 人民交通出版社, 1989.

(上接第 92 页)

可知系统是形式不变的, 由推论 2, 知系统也是 Lie 对称的, 取规范函数 $G = 0$, 系统有如下守恒量

$$I = p_1 = \text{const.}$$

参考文献:

- [1] 赵跃宇, 梅凤翔. 力学系统的对称性与守恒量[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [2] 梅凤翔, 李群和李代数对约束力学系统的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [3] MEI FX. Form Invariance of Lagrange System[J]. J of Beijing Institute of Technology, 2000, 9(2): 120~ 124.
- [4] MEI FX. Form Invariance of Appell Equations[J]. Chinese Physics, 2001, 10(3): 177~ 180.
- [5] WANG SY, MEI FX. On the form Invariance of Nielsen Equations[J]. Chinese Physics 2001, 10(5): 373~ 375.
- [6] 梅凤翔. 关于 Noether 对称性, Lie 对称性和形式不变性[J]. 北京理工大学学报, 2001, 21(4): 535~ 536.