

重载轻型桁架斜拉式组合挂篮的研究

王治均¹, 成芸², 李三珍¹, 宁晓骏¹

(1. 昆明理工大学 建筑工程学院, 云南 昆明 650224;

2. 同济大学建筑规划设计研究院 桥梁工程研究分院, 上海 200092)

摘要: 主要介绍了重载轻型桁架斜拉式组合挂篮的结构形式、特点, 分析了其计算模型, 并通过工程算例的验证, 表明了该种挂篮结构合理、构思独特. 与其它结构形式的挂篮相比, 它受力较为均匀、节省材料、减轻自重, 是一种较为理想的新型挂篮结构, 有实际应用价值.

关键词: 重载; 轻型; 桁架斜拉式; 组合挂篮

中图分类号: U445.35 文献标识码: A 文章编号: 1007-855X(2003)04-0075-04

Research on a Roof Truss and Cable-state Composite Hanging Basket of Heavy Loads and Light Weight

WANG Zhi-jun¹, CHENG Yun², LI San-zhen¹, NING Xiao-jun¹

(1. Faculty of Architectural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China;

2. Architectural Design and Research Institute of Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The structure form, characteristics and calculation model of a roof truss and cable-state composite hanging basket are mainly introduced. The tests prove that the structure form of the basket is rational. Compared with other hanging baskets, this kind of basket bears better-distributed forces, saves materials and lightens weight, therefore such basket is a new and ideal kind of structure.

Key words: roof truss and cable-state; heavy loads and light weight; composite hanging basket

0 引言

随着桥梁大跨度方向化以及桥型设计的发展, 桥梁的跨度增加导致混凝土的浇筑节段的重量增加, 这对挂篮承载能力的要求也越来越高. 桁架斜拉式组合挂篮是在斜拉式挂篮的基础上, 结合桁架三角型挂篮的特点而提出的一种新型挂篮结构. 这种挂篮构思新颖、结构合理, 并具有实际应用价值, 值得研究和探讨.

1 重载轻型桁架斜拉式组合挂篮的结构形式

桁架斜拉式组合挂篮通常由主梁(纵梁)、主桁、横梁、斜拉带系和模板等几部分组成. 如图 1, 图 2 示意.

主梁是主要的承重结构, 担负灌注梁段和模板等重量. 每根主梁可以用两根工字钢组合而成. 主梁下通过钢垫板、枕木支垫在桥面上, 并利用竖向预应力筋与梁体锚接固定. 挂篮分离后, 主梁后端部通过限位板锚固在已成梁段的桥面上, 前端悬出已成梁段, 中间搁置一斜拉横梁.

考虑到主桁的重要性及通用性, 主桁均采用钢板焊接而成. 主桁的前后拉索通过销子与立柱及上下弦相连接. 这样可以避免主桁产生附加弯矩, 使得结构受力合理.

横梁及斜拉横梁由槽钢拼接(焊接)而成. 横梁除把主梁连成整体外, 主要用来吊挂内外模板; 斜拉横

梁是把底模及待灌注梁段混凝土重量通过斜拉带传递给主梁的主要部件。

斜拉带可用 16Mn 钢板加工而成,是挂篮最主要的受力构件。每一拉杆做成四段,各段端部钻有孔眼,用钢销连接,以适应梁高变化的需要。斜拉带上端通过提升扁担梁固定在斜拉横梁上。提升扁担梁下置千斤顶,用以调节底模标高。

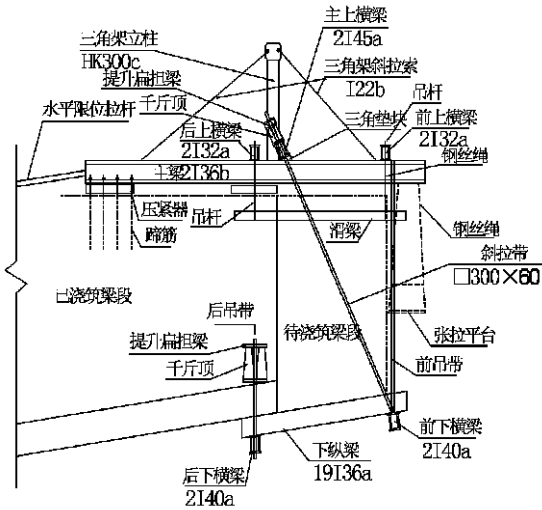


图 1 重载轻型桁架斜拉式组合挂篮侧面示意

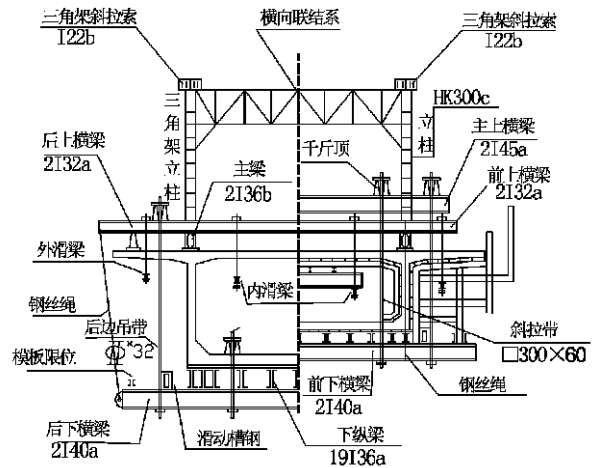


图 2 重载轻型桁架斜拉式组合挂篮立面示意

模板系统由内模、外侧模和底模组成。内模模架可用型钢焊制,模板可用木板包铁皮。

外侧模通过滑梁吊挂在挂篮横梁上,外模架为钢木混合结构,竖带为方木,纵梁为型钢,模板为木板加钉铁皮。

底模纵梁以槽钢制作,固定在前后托架上。纵梁上铺木板加钉铁皮,后端通过托梁、后锚杆等锚固在梁体底板上;前端通过前托架、销轴座、斜拉杆等固定在主梁上的斜横梁上。

一般而言,挂篮主梁后支点锚固放在蹄筋上能够有效地减少压重,从而达到减轻挂篮自重的目的,因此在后支点的锚固问题上,采用自锚体系。

2 重载轻型桁架斜拉式组合挂篮的特点

1) 桁架斜拉式组合挂篮结合了斜拉式挂篮和桁架三角型挂篮的优点,采用三角桁架受力代替纵梁受力的方式,从而使挂篮在承受自重及模板重量时结构更合理,挂篮自身重量得以减轻,同时桁架与斜拉杆组合结构,使得挂篮的水平力可以控制在合理的范围,水平制动装置较为简单安全。

2) 在挂梁前移时,是用混凝土梁上预埋件将上横梁固定,让上横梁与挂梁之间可作相对滑动,这种运动方式是斜拉组合式挂篮的特点之一,它的意义在于挂梁在整个移动过程中,整个挂篮结构重心始终处于已灌注梁段上的安全位置,达到了不加平衡重的目的。

3) 该种形式的挂篮可以灵活转动。挂篮的转动是以限位器锁定转点,并用限位器螺杆顶推主梁后端移动,这样就达到了绕转点旋转的目的。它解决了轻型斜拉式挂篮在施工过程中均不能解除后锚固的约束,难以使挂篮横向转动的问题,在弯桥的悬臂施工中有广阔的发展前景和应用价值。

3 挂篮结构计算模型

重载轻型桁架斜拉式组合挂篮计算模型如图 3,图 4 所示。

P —拟灌注梁段重量; P_1 —挂篮自重; P_2 —施工设备重量; N_1, N_2 —三角架斜拉索的内力; N_3 —三角架立柱内力; N_4, N_5 —主梁内力; N_6 —前吊带内力; N_7 —斜拉带内力; N, L —挂篮锚力; $R_{1上}$ —挂篮桁架支点反力; $R_{2上}$ —挂篮锚固点反力; $R_{下}$ —挂篮底模在箱梁底板上的外荷载。

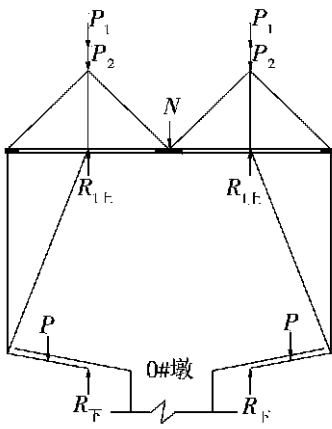


图 3 两挂篮连成一体计算图

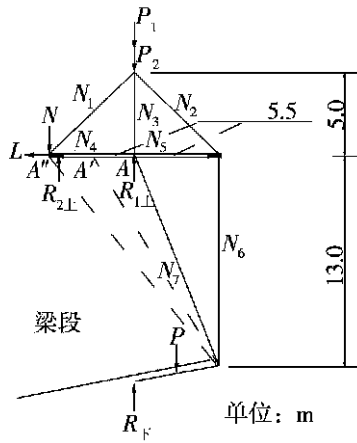


图 4 灌注梁段时挂篮受力图

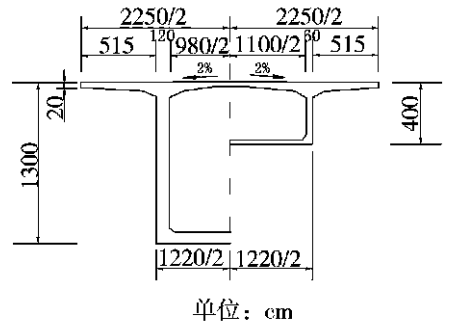


图 5 箱梁断面示意图

4 算例

4.1 结构参数

- 1) 主桥上部结构: 130+ 200+ 85= 415 m 三跨预应力混凝土连续刚构, 由一个 240 m T 构和 1 个 160 m T 构组成的不对称结构;
- 2) 箱梁为单箱单室断面, 箱梁底板宽 12.2 m, 顶板宽 22.5 m;
- 3) 最大块件长度: 4.5 m;
- 4) 箱梁高度变化范围: 13.0~ 4.0 m. 箱梁断面如图 5 所示.

4.2 设计荷载

- 1) 悬臂灌注混凝土结构最大重量 $W_{max} = 320$ t;
- 2) 施工挂篮重: < 160 t (含施工荷载及模板);

4.3 挂篮设计要求

箱梁单 T 构施工采用挂篮对称悬臂施工, 设计要求挂篮的最大承载能力不得小于 3 200 kN, 挂篮自重及模板等施工荷载重应控制在 1 600 kN 以下, 不得随意增加挂篮自重. 同时要求挂篮刚度大、行走方便灵活、拆装容易、安全可靠、经济实用.

4.4 挂篮设计计算及结果

1) 挂篮的计算主要包括各杆件的内力计算、截面设计和挂篮的变形计算, 计算按两个挂篮联成一体时、灌注梁段时等几种情况分别进行, 计算图式如图 3, 图 4 所示.

挂篮灌注梁段时, 后锚及纵梁后端已锚固在已成梁段, 挂篮的计算荷载应包括梁段重、机具设备、施工人员等全部重量, 据此确定锚杆、拉索及挂篮各杆件的内力.

在挂篮设计中, 取最不利受力图式如图 4 示, 分析计算中斜拉索的位置经过对图中 A, A', A'' 三点试算, 最后定位在, 该位置时斜拉索和立柱受力均比较合理. 图中: $P = 3 200$ kN, $P_1 + P_2 = 1 600$ kN.

2) 各杆件(拉索)内力和材料如表 1 所示.

表 1 杆件内力材料表

杆件编号	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N_7
杆件型号	I22b	I22b	HK 300c	2I36b	2I36b	钢丝绳	□ 300× 60 (16Mn 钢加工)
内力/kN	258.23	258.23	- 1 947.4	412.63	- 191.07	173.70	1 548.69
应力/Mpa	55.53	55.53	86.51	49.33	22.84	64.02	86.04

挂篮的变形主要计算在最大荷载作用下, 挂篮在工作荷载时的总弹性变形取 1# 节段时最大变形为: 18.704 mm (挂篮前端的挠度值包括弹性变形和非弹性变形).

3) 桁架斜拉式组合挂篮的材料用量如表 2 所示:

本例与菱形挂篮相比,主桁系统总重量减轻了约6t之多,且使用上,桁架斜拉式挂篮更适合于重载轻型悬臂浇筑施工.

表 2 一套挂篮主桁工程数量表

构件名称	材料	长度/m	单重/t	数量	共重/t
前斜杆	I22b	7.43	0.271	2	0.542
后斜杆	I22b	7.43	0.271	2	0.542
立柱	HK300c	5.00	0.883	2	1.766
横联				1	1.821
主梁	2I36b	按 13.0 计	1.705	2	3.410
下纵梁	4I36a	按 13.0 计	3.120	2	6.240
前上横梁	2I32a	按 6.5 计	2.529	1	2.529
后上横梁	2I32a	按 6.5 计	2.529	1	2.529
主上横梁	2I45a	按 6.5 计	3.858	1	3.858
前下横梁	2I40a	按 6.5 计	1.756	1	1.756
后下横梁	2I40a	按 6.5 计	1.756	1	1.756
斜拉杆	□300×60	14.12	1.98	2	3.96
合计					30.709

5 结束语

桁架斜拉式组合挂篮是一种较为理想的重载轻型挂篮形式,在块件重量较大的大跨度桥梁的施工中有较大的优越性.尤其对保障山区大跨度桥梁混凝土浇筑质量有着极其重要的意义.由于该形式的挂篮还处于探讨阶段,故要应用于大跨度桥梁的施工,需做进一步的试验与检验,在今后实际施工过程中还要做进一步探索和总结实际经验,使之设计更趋合理.

参考文献:

- [1] 李三珍,蒲怀仁,宁晓俊.桁架三角型组合挂篮的可行性和设计[J].昆明理工大学学报,2002,27(5):93~95.
- [2] 雷俊卿.桥梁悬臂施工与设计[M].北京:人民交通出版社,2000.138~139;145~149.
- [3] 赵青山.菱形挂篮的研制及应用[J].施工技术,1994,(5):28~30.
- [4] 王武勤.PC桥梁悬臂灌注施工挂篮的发展[J].桥梁建设,1997,(4):55~57.

(上接第74页)

式(14)即为不考虑路面表面换热系数及路表温度变化时钢纤维混凝土路面板结构的温度场解析解的近似解.

3 计算结果

将(14)式编程计算.其中 $T_0 = 10^\circ\text{C}$, $T_A = 40^\circ\text{C}$, 钢纤维混凝土材料的热传导系数 $\lambda = 5.029.4\text{J}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C})$, 密度 $\rho = 2.454\text{kg}/\text{m}^3$, 比热 $c = 910.8\text{J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$. 图1为利用式(14)计算所得的 $t = 1\text{h} \sim t = 4\text{h}$ 时温度随路面板深度变化的结果;图2为利用式(14)计算所得的不同深度时温度随时间变化的结果.

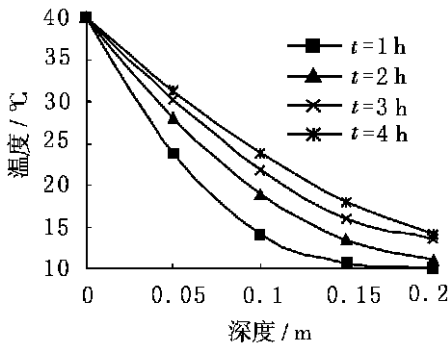


图 1 不同时刻,温度随深度的变化

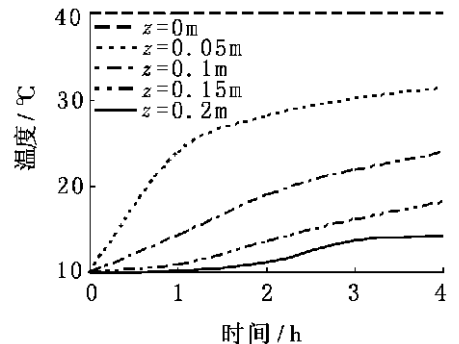


图 2 不同深度处,温度随时间的变化

4 结论

从计算结果可以看出,钢纤维混凝土路面板结构的温度场沿路面板厚度方向呈非线性变换,而且,随着距离路面表面深度的增加,温度的变化逐渐变得缓慢,曲线呈下凸形,这与 Fritz Leonhardt 和 F. kenlbeck 等学者得出得结论是一样的,同时也与实际情况相符合.

参考文献:

- [1] 王洪刚.热弹性力学概论[M].北京:清华大学出版社,1989.168~178.
- [2] 邓学钧,等.刚性路面设计[M].北京:人民交通出版社,1988.138~145.
- [3] 刘北辰.工程计算力学[M].北京:机械工业出版社,1994.345~346.