

砼斜拉桥挂篮受力分析

杨轶

(湘西自治州交通建设中心, 湖南 吉首 416000)

摘要:大跨度砼斜拉桥一般采用挂篮现浇施工,挂篮的设计分析是重点。文中以某大跨度砼斜拉桥为例,采用 ANSYS 软件对挂篮结构整体变形和应力应变进行分析计算。结果表明,挂篮整体受力性能较好,变形数据可为施工阶段目标参数控制提供依据。

关键词:桥梁;砼斜拉桥;挂篮;变形;施工控制

中图分类号:U441

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2020)04-0101-04

1 工程概况

某双塔双索面砼斜拉桥全长 840 m(210 m+420 m+210 m),主梁采用 PK 断面预应力砼梁,C55 砼。主梁中心线处高 3.2 m,边箱底板宽 8.9 m,中间桥面板宽 18 m,全宽 35.8 m。横桥向主梁底板水平,桥面设 2% 双向横坡。标准断面厚度为 30 cm,水平底板厚度 60 cm,斜底板厚度 28 cm,中腹板厚度 40 cm。

0# 块施工完成后,J1~J28 节段、A1~A34 节段采用前支点挂篮悬浇,即挂篮在主梁中部利用斜拉索形成前支点,与已浇筑节段上的锚固点一起形成简支体系。挂篮体系分为后锚点、前支点、移动平台和拉索转换装置,其中移动平台由后锚点和前支点提供支撑力。J1 梁段浇筑前挂篮锚固在 0# 块,行走装置位于梁段正下方。待移动平台移动到位后,将斜拉索固定在挂篮拉索锚固装置上,进行索力第一次张拉;移动平台模板安装后进行第一阶段砼浇筑,先浇筑 1/2 梁端砼,然后将斜拉索张拉至第二阶段索力并进行剩余砼浇筑;待砼全部养护完成后通过拉索转换装置将斜拉索转移到梁端锚点,并进行第三次索力张拉。主梁标准断面见图 1,挂篮布置见图 2。

2 有限元模型的建立

2.1 有限元建模

根据挂篮结构特点,采用 ANSYS 软件对其结构强度进行计算分析。主要结构采用 Beam188 梁单元模拟,桁架结构中仅受轴力杆件采用 Link8 单元模拟,斜拉索、锚固系统及顶升机构等单向受力构件采用 Link10 单元模拟,各部分装配采用共用节点

固结、节点耦合及接触分析等方式模拟。根据有限元分析所得内力等信息对结构杆件及相关构件进行详细计算。

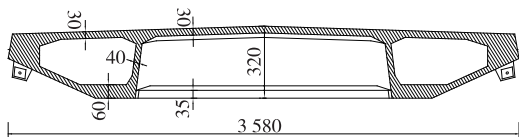


图 1 主梁标准断面示意图(单位:cm)

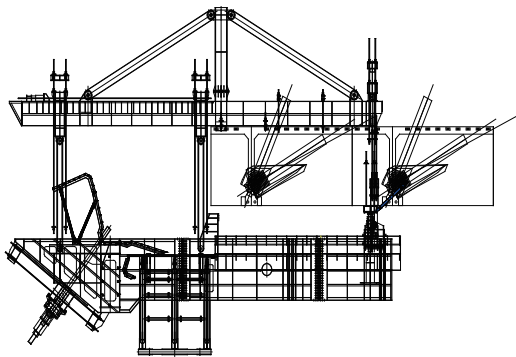


图 2 挂篮布置示意图

建模过程中作如下假设与简化:1) 除主要受力构件外,其余附属结构和模板系统等采用等效质量的方式作用到主要受力构件的节点、单元上。2) 分析模型中采用同一位置利用一个节点的方式模拟焊缝和螺栓的连接,界面参数由单元界面参数代替,其余连接方式也采用共用连接单元或节点连接等方式模拟。3) 挂篮与斜拉索的转换装置采用直接连接单元的方式,索力转换通过改变连接节点实现,索力通过应变来控制。4) 挂篮在梁段锚固端的止推机构和部分行走装置在模型分析中忽略不计,挂篮主要通过约束受力构件来控制边界条件。5) 挂篮所受荷载按箱梁截面及模板等在各箱梁的分布状况简

化为均布荷载施加在各节点上。在 ANSYS 中建模完成后的挂篮结构见图 3。

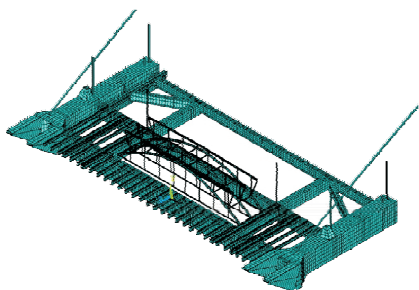


图 3 挂篮有限元计算模型

ANSYS 中的 DOF constraint 将对挂篮的自由度进行约束,在结构分析过程中,作为位移和边界条件出现。挂篮模型的约束见表 1。

表 1 挂篮模型的约束

工况	约束位置	约束
浇筑工况	锚点	UX,UY,UZ
	止推机构	UZ
	垫块	单向 UY
	挂腿	UY,UZ
行走工况	横梁中心	UX
	行走反滚轮	单向 UY

2.2 计算工况

浇筑过程中的工况如下:工况 1 为挂篮移动至 34[#] 节段,砼浇筑完成 1/2(砼重 511 t),风向竖直向下(风速 13.6 m/s),二次张拉单索索力 4 327 kN,计算挂篮工作状态和受力变形。工况 2 为挂篮移动至中跨 34[#] 节段,砼浇筑完成(砼重 511 t),风向竖直向下(风速 13.6 m/s),二次张拉单索索力 6 181 kN,计算挂篮工作状态和受力变形。

行走过程中的工况即工况 3 为挂篮移动至 2[#] 节段,挂篮完成一个标准节段行走,挂篮头部通过吊带与行走滑靴连接支撑在行走轨道上,后部移动装置固定在移动轨道上,风向竖直向下(风速 13.6 m/s),计算挂篮行走状态和受力。

在砼浇筑阶段,整个梁段的砼分两次浇筑,第一次浇筑整体重量的 1/2,第二次完成全部浇筑。由于砼的质量较大,挂篮和拉索的受力会随着砼重量的增大而增加,挂篮的变形也会变大,挂篮的变形将引起索力变化,即使在已调好索力的情况下,随着挂篮的变形索力也会产生较大变化。因此,应保证挂篮的刚度,严格控制挂篮变形,防止索力变化太大。

通常经过有限元受力分析计算后,现场施工时在挂篮安装到位后进行预压试验,采用挂篮理论极限承载力进行预压,并根据实际工况结果对挂篮进行刚度修正。

3 计算分析

3.1 工况 1

工况 1 下挂篮竖向位移、应力、轴力计算结果见图 4~6。

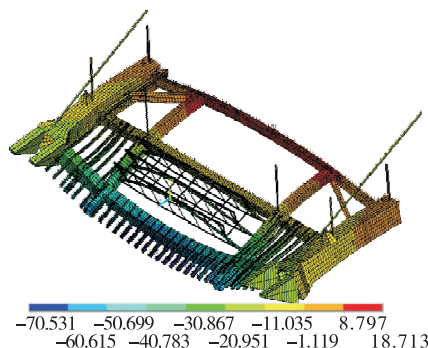


图 4 工况 1 下挂篮竖向位移云图(单位:mm)

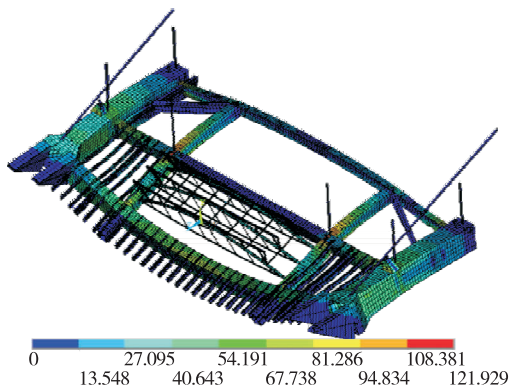


图 5 工况 1 下挂篮应力云图(单位:MPa)

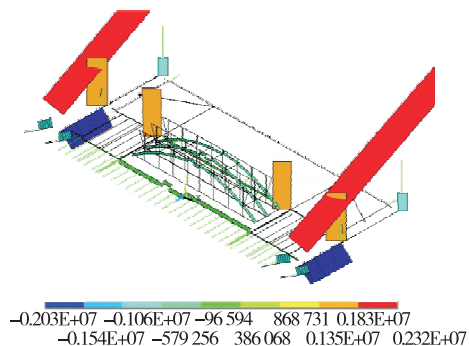


图 6 工况 1 下挂篮轴力云图(单位:kN)

由图 4~6 可知:工况 1 下挂篮横梁的相对变形 $\epsilon = 61.1 \text{ mm} < L/500 = 66.2 \text{ mm}$,挂篮整体变形较

均匀。最大应力出现在主纵梁前锚杆组吊点位置， $\sigma_{\max}=164.7\text{ MPa}<[\sigma]=241\text{ MPa}$ ，没有出现整体倾斜和受力不均匀的情况。挂篮各支点支反力最大值出现在张拉机构(5 180 kN)，张拉机构与拉索相连，直接承担斜拉索的拉力；止推机构的支反力(4 692 kN)也较大，后锚处的止推机构也承担较大的反力。挂篮整体计算结果符合基本受力规律，强度和刚度均满足要求。各部件的最大应力见表 2。

表 2 工况 1 下挂篮各部件的最大应力 MPa

部件	最大应力	部件	最大应力
主纵梁	170.5	中横梁	75.2
次纵梁	88.0	后横梁	48.7
前横梁	73.7		

3.2 工况 2

工况 2 下挂篮竖向位移、应力、轴力计算结果见图 7~9。

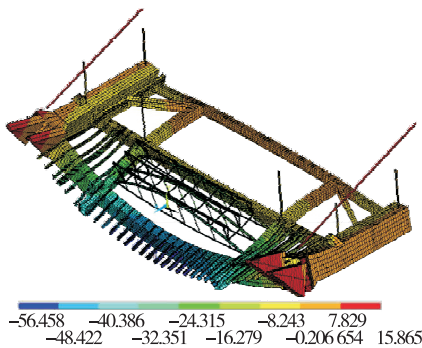


图 7 工况 2 下挂篮竖向位移云图(单位: mm)

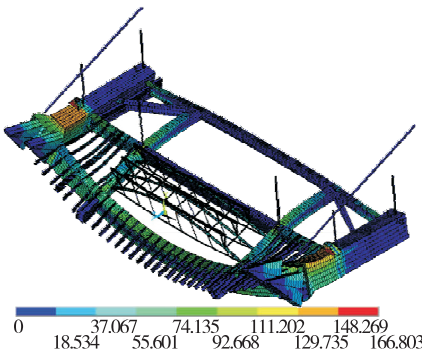


图 8 工况 2 下挂篮应力云图(单位: MPa)

由图 7~9 可知: 工况 2 下挂篮横梁的相对变形 $\epsilon=61.1\text{ mm}<L/500=66.2\text{ mm}$; 最大应力出现在止推机构根部, $\sigma_{\max}=164.7\text{ MPa}<[\sigma]=241\text{ MPa}$ 。挂篮的强度和刚度均满足要求。各部件的最大应力见表 3。

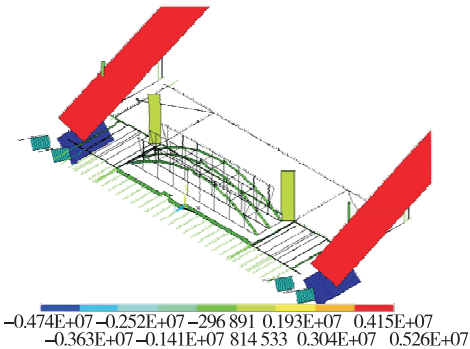


图 9 工况 2 下挂篮轴力云图(单位: kN)

表 3 工况 2 下挂篮各部件的最大应力 MPa

部件	最大应力	部件	最大应力
主纵梁	142.0	中横梁	98.1
次纵梁	123.0	后横梁	87.0
前横梁	101.4		

根据工况 1 和工况 2 的计算结果, 挂篮的竖向位移与应力并不会随着砼重量的增加而产生较大变化, 因为随着砼浇筑的完成, 斜拉索会相应地张拉到合适的索力, 保证在砼增加的情况下挂篮变形和应力都得到很好的控制。施工时应注意及时调整索力并保证索力张拉到理论值。

3.3 工况 3

工况 3 下挂篮竖向位移、应力计算结果分别见图 10、图 11。

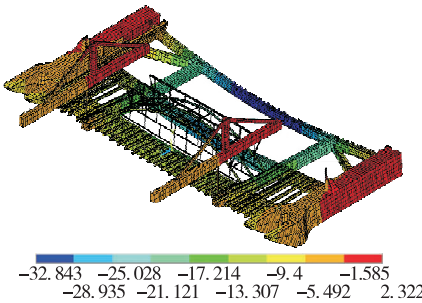


图 10 工况 3 下挂篮竖向位移云图(单位: mm)

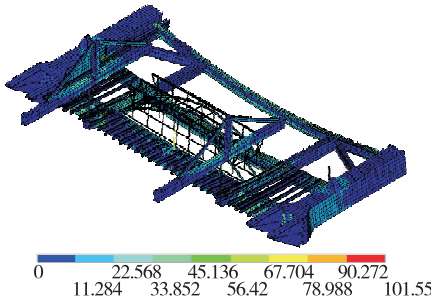


图 11 工况 3 下挂篮应力云图(单位: MPa)

由图10、图11可知:工况3下挂篮的最大应力出现在次纵梁与前横梁交叉位置, $\sigma_{\max} = 164.7 \text{ MPa}$ $< [\sigma] = 241 \text{ MPa}$, 挂篮强度满足要求。行走机构前吊点单点反力为660 kN, 行走机构后吊点单点反力为1 040 kN。行走工况下主要受力结构为行走装置, 在控制行走装置的同时应注意行走过程中结构整体和局部的稳定性。

4 结论

(1) 挂篮设计分析中刚度的正确模拟较重要, 在分阶段浇筑过程中配合索力调整, 有利于施工过程中主梁线形控制。

(2) 挂篮的整体变形与应力分布应随主梁砼的分布情况而均匀分布, 以控制整体的稳定性, 保证施工安全。

(3) 应根据不同施工步骤和梁段信息对挂篮进行多工况组合分析, 结合工程实际及时对挂篮进行优化和调整, 保证施工又快又好地进行。

参考文献:

[1] 叶锡钧, 孙卓, 颜全胜, 等. 斜拉桥牵索挂篮有限元计算

与静载试验对比分析研究[J]. 公路工程, 2017, 42(2): 108—110.

[2] 方淑君, 杨耀, 阮翔, 等. 三角形挂篮和菱形挂篮有限元对比分析[J]. 公路工程, 2017, 42(1): 55—59.

[3] 佚名. 海华大桥超宽前支点牵索挂篮安装关键技术[J]. 施工技术, 2018, 47(19): 111—115.

[4] LI Z Z, WANG L B, XU G X, et al. Analysis of link-hanging basket in cable-stayed bridge using finite element method[J]. Journal of Nanjing Forestry University, 2009, 33(3): 121—124.

[5] 吴明威, 陈林, 刘冬冬, 等. PC斜拉桥大型前支点挂篮安装技术[J]. 中外公路, 2017, 37(1): 102—105.

[6] 乔永和, 李盼盼. 涪江五桥主梁前支点挂篮悬浇施工技术[J]. 筑路机械与施工机械化, 2017, 34(7): 83—87.

[7] AGIUS H, ANGELIDES M C. Closing the content-user gap in MPEG-7: the hanging basket model[J]. Multimedia Systems, 2007, 13(2): 155—172.

[8] 陈文博. 大冲邕江特大桥前支点挂篮设计与施工[J]. 公路, 2017(2): 121—124.

[9] 李海方, 李清华. 新型下承式施工挂篮设计[J]. 公路, 2017(11): 96—98.

收稿日期: 2019—10—08

(上接第96页)

统筹考虑, 最大程度控制取、弃土场的用地规模, 减少取、弃土场的水土流失, 保护原始生态。

(2) 弃土场的生态恢复设计遵循简洁、易养护的原则, 建立与项目地形地貌相一致的植被景观或生态系统。

3 弃土场稳定性分析

根据地质勘探报告, 该项目所在地区粉质黏土土体荷载为 19 kN/m^3 , 粘聚力为 18.8 kPa , 内摩擦角为 0.65° 。弃土场为临时工程, 稳定性计算中只考虑土体自重, 不考虑附加荷载。借助理正软件进行计算, 得: 最不利滑动面滑动圆心 = (6.207, 28.927) m; 滑动半径 = 29.580 m; 滑动安全系数 = 1.512; 总下滑力 = 1 197.580 kN; 总抗滑力 = 1 811.099 kN; 土体部分下滑力 = 1 197.580 kN; 土体部分抗滑力 = 1 811.099 kN。弃土场整体稳定性满足规范要求。

4 结论

(1) 在具有特殊生态环境和地理环境的甘肃黄

土地地区高速公路建设中, 需在项目规划、设计、施工阶段采用灵活的设计开发思路并采取措施, 在尽量减少对沿线生态环境永久性破坏的基础上, 实现总体路线走向与沿线环境相协调、公路建设与生态环境保护相协调, 最终实现地理、人文、经济、生态的和谐统一。

(2) 在资金允许的情况下, 黄土河谷地区的高速公路线位应以桥隧为主, 尽量避免大量废方。

(3) 高填方的弃土场施工前, 应结合地形及设计图中的永久排水系统做好临时排水系统, 将临时与永久相结合, 使弃土场范围内的水流可迅速排走, 边坡应随填随护, 防止集中水流冲毁弃渣。

参考文献:

[1] 中交第二公路勘察设计研究院有限公司. 公路路基设计规范: JTG/T D30—2015[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.

[2] 吴畏. 赤水河河谷地段高速公路综合弃土方案设计与环境保护研究[J]. 中外公路, 2015, 35(3): 24—26.

收稿日期: 2019—09—22