

钢箱梁开启桥施工过程有限元分析

苏海霞¹, 符立勇²

(1. 北京铁路局石家庄枢纽改造工程建设指挥部 河北 石家庄 050031;

2. 石家庄铁道大学 工程力学系 河北 石家庄 050043)

摘要:以海河开启桥为工程背景,建立施工全过程的空间数值分析模型,探讨了钢箱梁开启桥的力学性能特点,分析了其应力水平及其分布特点,为海河钢箱梁开启桥安装施工提供了技术参考。该桥的分析方法可供同类桥梁施工参考。

关键词:开启桥;钢箱梁;有限元分析;施工过程

中图分类号:TU375 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-0373(2013)02-0018-05

1 工程概况

海河开启桥工程位于响螺湾与于家堡之间,起讫桩号为TCNK1+251.741,终点桩号为TCNK2+300。其中道路180 m,桥梁868.8 m,跨径布置:3×(3×30)+4×40+76+3×38+38+2×(3×30) m。大桥引桥部分(0[#]~13[#]墩,16[#]~26[#]墩)上部结构采用简支变连续箱梁及简支箱梁,引桥下部结构为钻孔灌注桩基础。

主桥(13[#]~16[#]墩)设计为立转式变截面单箱双室钢箱梁,由2根长50 m钢箱梁组成,主跨76 m,净跨68 m。主桥在纵向桥面以下布置旋转塔室、悬臂梁、均衡重等3部分构造,钢箱梁全宽17 m,配重采用灰口铁。桥梁不能在6级风力以上的情况下开启^[1]。见图1、图2。

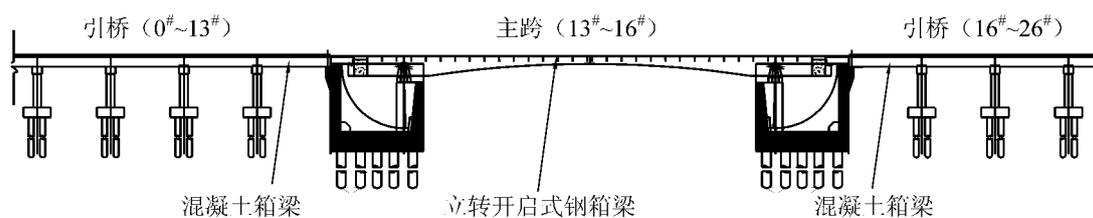


图1 海河开启桥桥型布置

2 海河开启桥钢箱梁施工有限元模型

2.1 主要技术参数

本桥钢箱梁单侧纵向分为0[#]~5[#]共计6个梁段,全桥合计12个梁段。钢梁设计总质量1 414 t(含人行道),设计总配重1 600 t。划分见图3。

主要针对海河开启桥钢箱梁施工过程中不同工况下钢箱梁的检算。海河开启桥主桥钢箱梁主要构件技术参数如下:钢箱梁底板规格型号为20 mm、钢箱梁顶板规格型号为30 mm、钢箱梁横隔板规格型号为16 mm、钢箱梁腹板规格型号为20 mm。以上几个部件的弹性模量都为 2.1×10^{11} Pa,密度为7 850 kg/m³,泊松比为0.3,容许应力为210 MPa。

2.2 主要荷载

结构所承受荷载应包括结构自重、临时施工荷载、冲击荷载及横桥向风荷载。风速超过6级应停工,但结构受力分析按当地最高值考虑。天津当地最高风速为23.3 m/s,属于9级烈风,计算风压为 $q =$

收稿日期:2013-02-28

作者简介:苏海霞 女 1975年出生 工程师

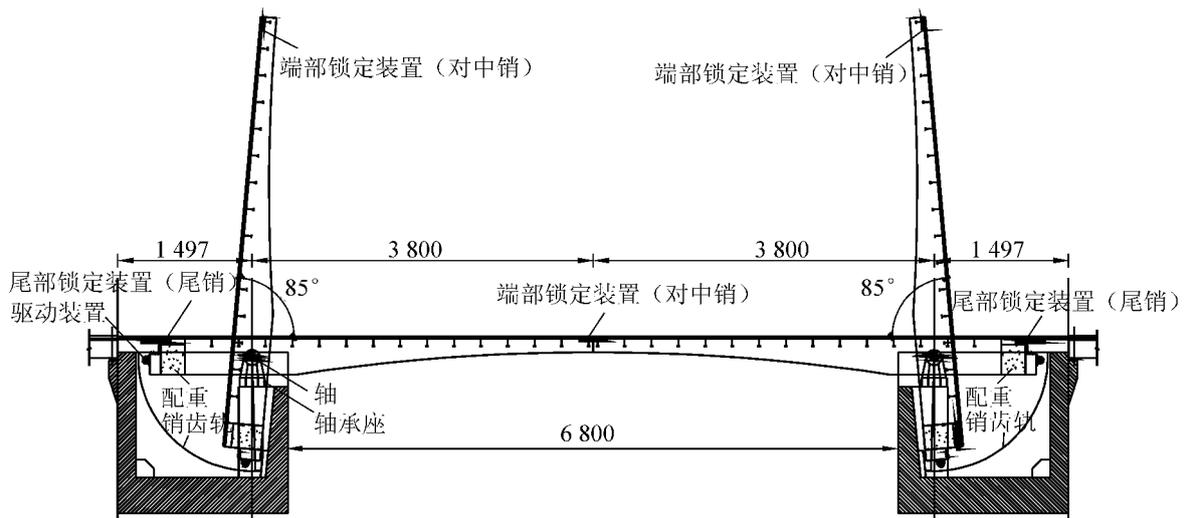


图 2 海河开启桥主桥开启立面图(单位: cm)

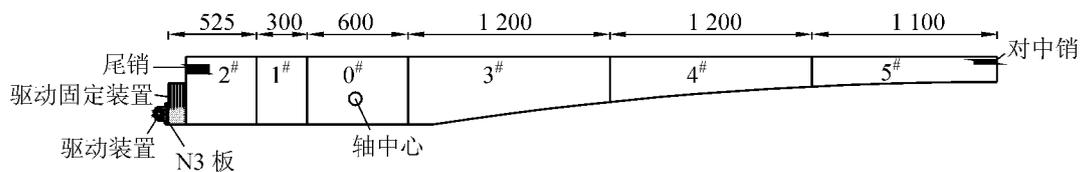


图 3 钢箱梁纵向分段划分图(单位: cm)

$0.613v^2 = 0.613 \times 23.32 = 332 \text{ Pa}$ 取 $q = 350 \text{ Pa}$ 。计算时将风压转化为作用在钢箱梁侧面上的分布载荷, 风向考虑 Z 向(横桥向)情况^[2]。

最不利荷载组合为: 自重 + 冲击荷载 + 吊重 + 施工附加荷载 + 横桥向风荷载。其中冲击系数为 1.1。

2.3 海河开启桥主桥钢箱梁有限元模型

按海河开启桥主桥设计图纸尺寸采用 shell93 单元对主桥钢箱梁结构进行有限元建模, 采用 beam188 单元对主桥铰轴进行有限元建模。模型中 Shell93 单元共计 93 283 个单元。模型中 beam188 单元共计 453 个单元。结构有限元模型共计单元数 101 152 个, 节点数 91 777 个。结构的有限元模型如图 4、图 5 所示。结构有限元模型的边界条件: 约束主桥钢箱梁铰轴处的 $UX、UY、UZ、RX、RY$, 以模拟铰支座, 使主桥钢箱梁可以绕 z 轴自由转动; 约束主桥钢箱梁 3 号块靠近悬臂端横隔板处的竖向位移, 以模拟支架对钢箱梁的约束^[2]。

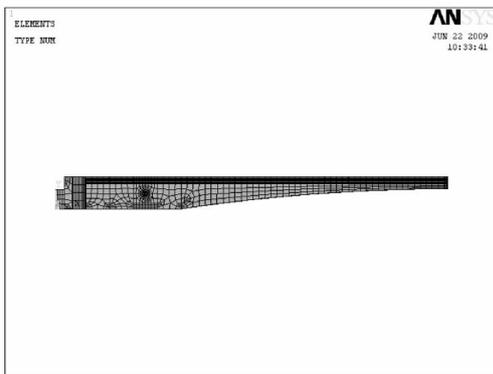


图 4 海河开启桥有限元模型侧视图

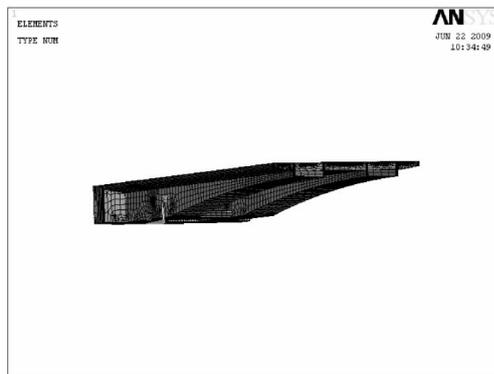


图 5 海河开启桥有限元模型等视图

3 海河开启桥钢箱梁施工计算结果

海河开启桥主桥施工过程基本情况: 按照从 0# 块至 5# 块的安装顺序对钢箱梁进行架设, 3# 块安装完

4#块安装前需在 3#块钢箱梁底部布设支撑^[4]。本文仅列出对钢箱梁内力影响较大工况的分析结果。

3.1 工况 1

工况 1: 3 号块安装完 4 号块吊装前计算工况。

架桥机及 4 号块自重通过架桥机支腿传递到钢箱梁顶板处,在该工况下,结构的最大应力为 36.7 MPa,位于钢箱梁顶板与内腹板连接处。结构的变形情况:最大位移处于钢箱梁悬臂端中部底板处,位移值是 0.005 m,方向向下;尾销处竖向位移为 0.001 9 m,方向向下。如图 6、图 7 所示。

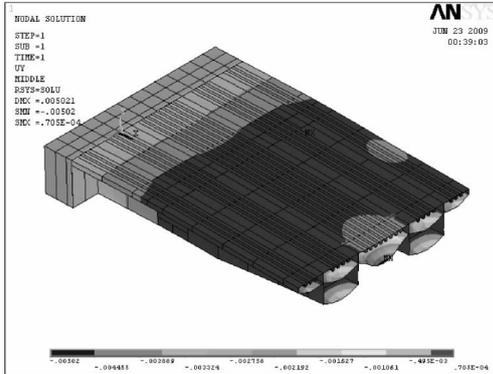


图 6 工况 1 竖向位移云图等视图

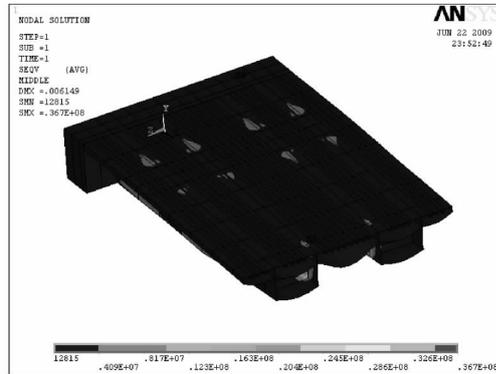


图 7 工况 1 等效应力云图等视图

3.2 工况 2

工况 2: 4 号块安装完毕 5 号块安装前计算工况。

此时,架桥机自重及 5 号块自重均通过架桥机支腿传递到钢箱梁顶板处,在该工况下,结构的最大应力为 29.8 MPa,位于钢箱梁顶板与内腹板连接处。结构的变形情况:最小竖向位移处于钢箱梁悬臂端中部底板处,位移值是 0.009 m,方向向下;尾销处竖向位移为 0.001 9 m,方向向下。最大竖向位移处于钢箱梁 0 号块与 3 号块交界处顶板位置,数值为 0.000 186 m,方向向上。如图 8、图 9 所示。

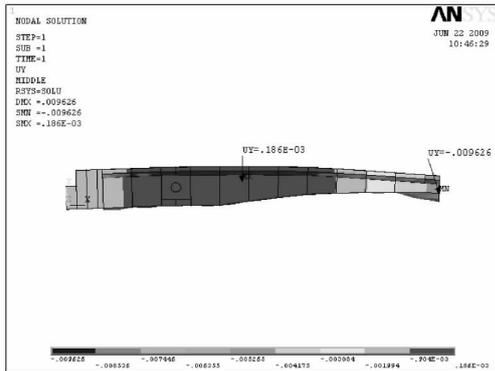


图 8 工况 2 钢箱梁竖向位移云图侧视图

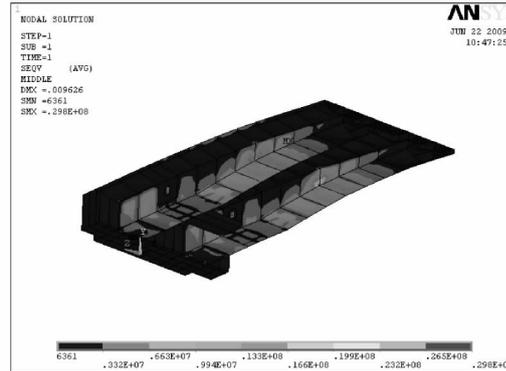


图 9 工况 2 钢箱梁等效应力云图仰视图

3.3 工况 3

工况 3: 4 号块安装完毕 5 号块安装前 3 号块处半幅支架发生 2 cm 竖向向上位移时的计算工况。

此时,架桥机自重及 5 号块自重均通过架桥机支腿传递到钢箱梁顶板处,在该工况下,结构的最大应力为 256 MPa,位于钢箱梁 3 号块底板与支架连接处。结构的变形情况:最小竖向位移处于钢箱梁尾销处,竖向位移为 0.011 824 m,方向向下;最大竖向位移处于发生 2 cm 支座位移半幅钢箱梁的悬臂端顶部角点处,值为 0.033 136 m,方向向上。如图 10、图 11 所示。

3.4 工况 4

工况 4: 5 号块安装完毕 3 号块处支架拆除前的计算工况。

此时,架桥机自重通过架桥机支腿传递到钢箱梁顶板处,在该工况下,结构的最大应力为 51.8 MPa,位于钢箱梁底板与 3 号块支架连接处。结构的最小竖向位移处于钢箱梁悬臂端中部顶板处,位移值是

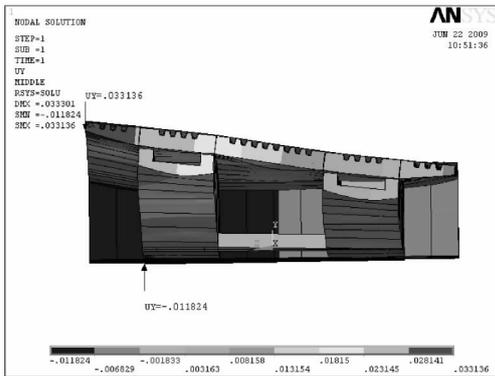


图 10 工况 3 钢箱梁竖向位移云图正视图

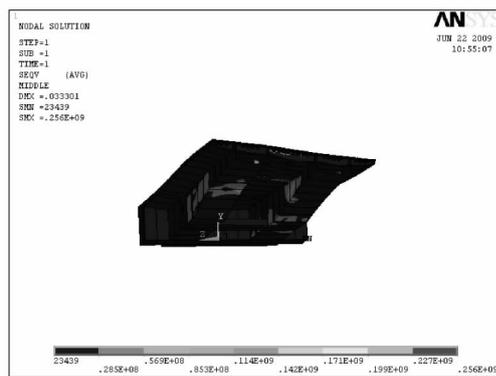


图 11 工况 3 钢箱梁等效应力云图正视图

0.030 5 m ,方向向下;尾销处竖向位移为 0.001 9 m ,方向向下。最大竖向位移处于钢箱梁 3 号块第三块横隔板部位顶板中部位置 ,数值为 0.000 942 m ,方向向上。如图 12、图 13 所示。

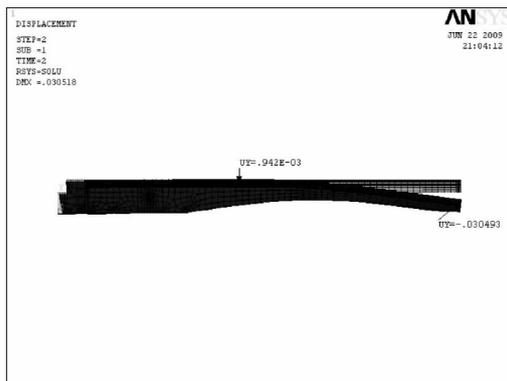


图 12 工况 5 钢箱梁变形侧视图

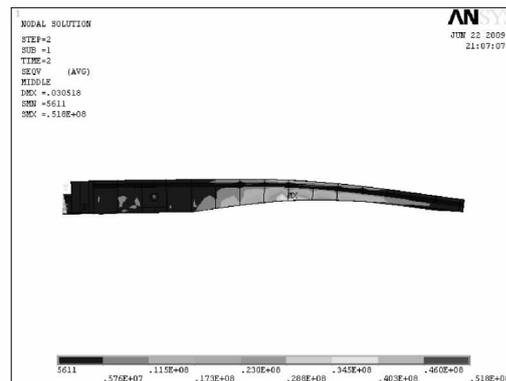


图 13 工况 5 钢箱梁等效应力云图侧视图

4 结论

以天津海河钢箱梁开启桥为工程背景 ,应用程序建立空间有限元模型 ,对其在施工荷载作用下进行计算分析 ,得出以下主要结论:

- (1) 通过建立空间有限元模型对钢箱梁进行受力分析 ,可以比较真实地反映钢箱梁的空间力学行为 ,钢箱梁施工方案中几个主要工况均满足强度、刚度要求。
- (2) 当 3 号块支架处发生起伏时 ,如果左右两箱梁底部竖向位移差值超过 2 cm 时 ,3 号块支撑处钢箱梁应力数值较大 ,不满足强度要求。
- (3) 3 号块支架处避免使用浮船作为支架基础 ,施工时采用钢管桩基础并注意控制桩顶部竖向位移值。

参 考 文 献

[1]邓玉. 钢箱梁开启桥施工控制[D]. 天津: 天津大学建筑学院, 2010.
 [2]陶真林, 曾诚. 单箱单室宽箱梁空间受力分析[J]. 公路与汽运, 2008(3): 156-158.
 [3]张立明. Ansys 在桥梁工程中的应用方法与实例[M]. 北京: 人民交通出版, 2003.
 [4]黄玲, 张勇, 仇高山. 天津海河开启桥钢箱梁架设与合龙控制技术[J]. 桥梁建设, 2011(1): 67-70.

(下转第 30 页)

形零点 S. P. 越远,墩顶水平位移越大,单联长度不宜设置的太大。

(2) 中间墩受到纵向水平力较小,但中间墩墩顶的两排支座受到的纵向水平力较大。

参 考 文 献

- [1] 中交公路规划设计院. JT/T 663—2006 公路桥梁板式橡胶支座规格系列[S]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [2] 中交公路规划设计院. JTG D62—2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社出版, 2009.
- [3] 中交公路规划设计院有限公司. JTG D63—2007 公路桥涵地基及基础设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社出版, 2007.
- [4] 袁伦一. 桥面连续简支梁桥墩身计算实例[M]. 北京: 人民交通出版社出版, 1999.
- [5] 中交公路规划设计院. JTG D60—2004 公路桥涵设计通用规范[S]. 北京: 人民交通出版社出版, 2004.

Calculation and Analysis on Pier Longitudinal Level Force of Continuous Beam Bridge

Ma Huadong

(China Railway Fifth Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Beijing 102600, China)

Abstract: Taking multiple concrete continuous T beam bridge as an example, the longitudinal level force on the bridge piers is calculated and analyzed. The effect of bridge piers is analyzed on the temperature stress, the shrinkage and creepage of concrete, the resistance of the supports and the mobile brake force.

Key words: multiple concrete continuous T beam bridge; longitudinal level force; effect of bridge piers; integrated stiffness

(责任编辑 刘宪福)

(上接第 21 页)

Finite Element Analysis of Construction Process of Movable Bridge with Steel Box Girder

Su Haixia¹, Fu Liyong²

(1. Construction Headquarters of Shijiazhuang Hub Reconstruction Project of Beijing Railway Bureau, Shijiazhuang 050031, China; 2. Department of Engineering Mechanics of Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang, 050043, China)

Abstract: The movable bridge at Haihe river is taken as an example in this paper. A 3-D numerical analysis model, taking into account the complete process of construction, is established to study the mechanical characteristics of the movable bridge with steel box girders. The stress level and distribution characteristic of the movable bridge is analyzed, which provides technology reference for the construction of Haihe river movable bridge with steel box girders. The finite element analysis method of this bridge is suitable for similar bridge construction.

Key words: movable bridge; steel box girder; finite element analysis; construction process

(责任编辑 刘宪福)