

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.11.021

# 大跨连续梁中横梁横向钢束对人孔受力的影响分析

尹华,李炼

(广东省建筑设计研究院有限公司,广东 广州 510010)

**摘要:**某高架桥采用 60 m+105 m+105 m+60 m 连续梁结构,采用悬臂施工方式,中横梁受力较为复杂。在中横梁设计时,通常会在中横梁处增设人孔以满足检修人员通过,但人孔的设置会改变中横梁的应力分布,使得人孔周边出现较多拉应力区域。在一般设计时,会在人孔周边配置一定的横向钢束来解决该问题。采用 ANSYS 有限元软件,建立中横梁实体模型,对计算结果进行分析。结论认为,可通过改变人孔尺寸来分析人孔周边应力的分布情况。

**关键词:** ANSYS 有限元软件;中横梁;人孔受力;连续梁

中图分类号: U442

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)11-0084-04

## 0 引言

在连续梁设计时,为了满足检修功能,通常会在 0 号块中横梁处设置人孔。对于很多大跨连续梁结构,0 号块的空间形状十分复杂。在 0 号块范围内,有沿桥跨方向变化的顶板、底板和腹板,并且在各个板件之间设置了不同形状的承托和倒角,各板件的受力分布很不均匀<sup>[1]</sup>。同时,由于设置人孔,在人孔周边会出现更为复杂的应力状态。在桥梁设计时,为准确把握该部位的应力分布情况,通常对 0 号块人孔进行单独分析。

本文结合工程实例,通过 MIDAS CIVIL 对桥梁整体受力情况进行分析,同时根据圣维南原理,采用“把梁单元进行整体计算所得内力和位移作为局部切开处的内力和位移边界条件”的方法,提取整体计算中的结果,采用 ANSYS 软件,提取 0 号块人孔局部结构进行实体分析<sup>[2]</sup>。

## 1 工程概况

某工程新建桥梁上部结构采用 60 m+105 m+105 m+60 m 连续梁结构。上部结构总宽 17.7 m,采用单箱双室结构,施工时采用挂篮悬臂施工。桥梁的桥型布置如图 1 所示。

由于桥墩高度不高(4.5~10 m),14 号墩采用固结墩,13 号和 15 号墩设置支座。上部结构按照全预应力设计,采用纵向、横向和竖向三项预应力体系。

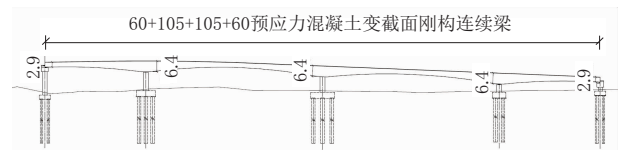


图 1 桥型布置图(单位:m)

主桥上部结构采用 60 m+105 m+105 m+60 m 连续梁结构,14 号墩墩梁固结,13、15 号墩设置支座,12、16 号墩为过渡墩。主梁采用 C60 混凝土。桥宽 17.7 m,采用单箱双箱型断面,其中箱宽 12 m,两侧悬臂各长 2.85 m。腹板采用直腹板。主梁根部梁高 6.3 m,跨中及边跨端部梁高为 2.8 m。主桥 0 号块中横梁高 6.3 m,厚 3 m,中横梁与顶板和底板相交处均设置加腋,为方便以后检修,在中横梁处设置人孔。人孔为椭圆形,人孔高 1.6 m、宽 1 m,人孔中心距离中腹板边 1.775 m,人孔底部距底板底 1.75 m。为改善人孔周边局部受力,在人孔上下各设置了 15 根  $\phi^*15.2-3$  的钢束,钢束平行于顶底板,采用交错单端张拉,均为直线线形。中横梁人孔横断面如图 2 所示。

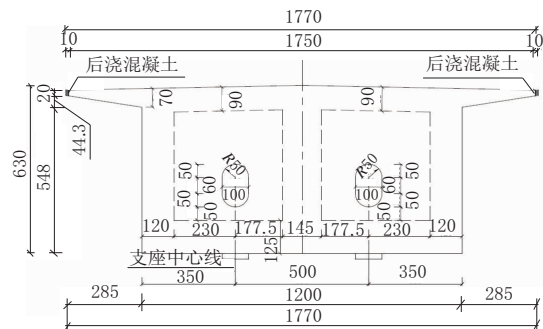


图 2 中横梁人孔横断面图(单位:cm)

## 2 计算建模

### 2.1 整体模型

采用 MIDAS CIVIL 建立全桥单梁整体模型<sup>[3]</sup>。建

收稿日期: 2023-03-06

作者简介:尹华(1983—),男,硕士,高级工程师,从事路桥设计工作。

模时,全桥上下部整体建模。上部结构采用变截面三维空间梁单元模拟;桥墩单元采用等截面三维空间梁单元;桩基采用圆形截面梁单元,同时设置土弹簧来模拟土层的约束作用。全桥模型设置时考虑各个悬臂施工阶段,同时对施工挂篮荷载进行模拟。全桥共划分 622 个空间梁单元,677 个节点。全桥空间模型如图 3 所示。

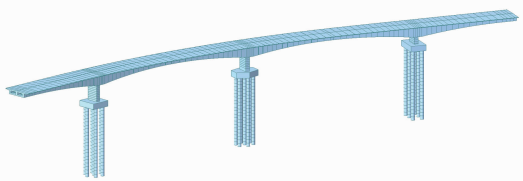


图 3 MIDAS 单梁模型图

## 2.2 0 号块人孔局部实体建模

整体计算结束后,提取运营状态下 14 号固结墩和 13 号支座墩的内力,分别对两种不用约束条件下的 0 号块人孔应力进行分析。

在进行 0 号块空间应力分析时,根据圣维南原理,建模时应选取除包括 0 号块本身梁段外的一定范围的梁段<sup>[4]</sup>。分析时根据箱梁尺寸,各往外选取 1 个梁段范围的梁段(即 1 号块位置),同时对固结墩建立桥墩模型,对支座墩建立支座约束模型。限于篇幅,本文主要给出支座墩 13 号墩的 0 号块人孔分析。

采用 ANSYS 建模时,箱梁和桥墩模型采用 solid95 号单元,钢束采用 link8 单元,共划分 61 552 个单元,92 944 个节点。为简化分析,不考虑普通钢筋的作用。钢束采用 Link8 单元,link8 单元与 solid95 单元之间采用约束方程,将 link8 单元节点与离其最近的 solid95 单元节点进行耦合。0 号块局部分析模型如图 4 所示。

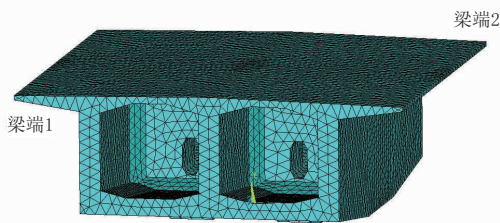


图 4 0 号块实体模型图

施加荷载时,为将 MIDAS CIVIL 中整体模型的内力施加在实体模型上,需要在实体模型梁端建立质量单元 mass21,然后将该单元与梁端截面上各个点之间采用刚臂进行连接,进而在质量单元上施加的节点内力就可以转化到梁端截面上。建模时质点位于节段两端截面的重心处。质量单元设置如图 5 所示。

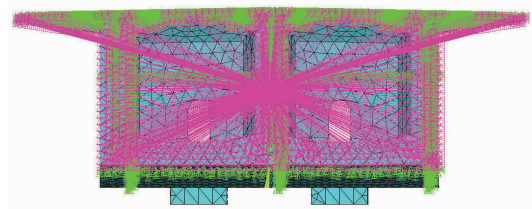


图 5 梁端 mass21 单元刚臂图

## 2.3 计算参数选择

### (1) 边界条件

梁底建出支座,支座底约束住平动方向,释放转动方向的约束。

### (2) 材料

主梁采用 C60 混凝土,预应力钢束采用钢绞线。材料参数见表 1。

表 1 材料参数

材料	弹性模量 /GPa	容重 $\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	备注
C60	36	25	箱梁
钢绞线	195	—	钢束

### (3) 荷载

铺装荷载:按照 10 cm 沥青铺装荷载,在梁顶面按照均布荷载施加。

梁端内力:读取 MIDAS 整体模型中对应该实体模型梁端位置频遇组合下的内力,选取某一工况下弯矩和剪力均较大的内力值(见表 2)。

表 2 梁端内力值

内力	梁端 1	梁端 2
$M_x/(\text{N}\cdot\text{mm})$	-6.41E+11	6.30E+11
$M_y/(\text{N}\cdot\text{mm})$	-5.80E+09	5.72E+09
$M_z/(\text{N}\cdot\text{mm})$	-6.75E+09	1.28E+10
$F_y/\text{N}$	-3.22E+07	-3.39E+07

车道荷载:对应在中 MIDAS 整体模型中,查看该工况下的车道影响线分布,按照车道的布置形式,将车道荷载转化为均布力施加在梁顶面。

## 2.4 计算工况

为了分析不同尺寸人孔周边应力的分布情况,按照以下三个工况分析:

工况 1:人孔尺寸 0.8 m × 1.6 m(宽 × 高)。

工况 2:人孔尺寸 0.8 m × 1.2 m(宽 × 高)。

工况 3:人孔尺寸 0.8 m × 1.0 m(宽 × 高)。

## 3 分析结果

根据实体模型,查看 3 种工况下中横梁人孔周边应力分布(见图 6 至图 11)。

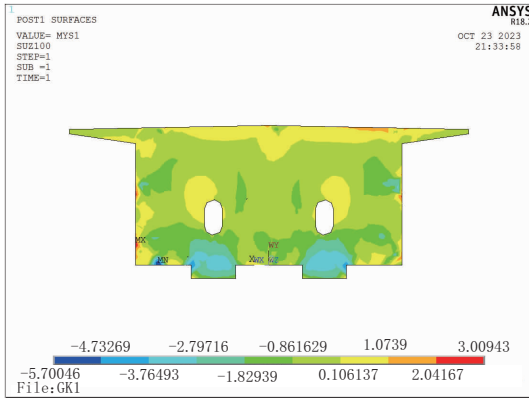


图6 中横梁中心主拉应力云图(工况一)(单位:MPa)

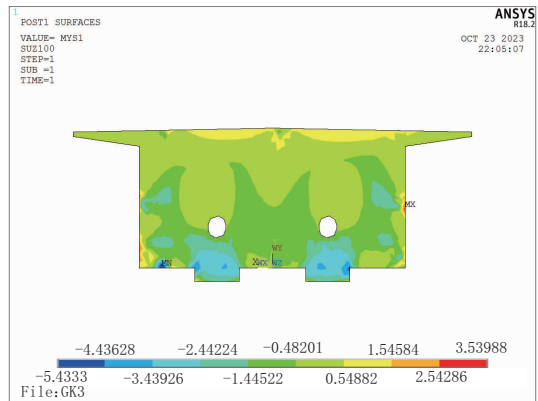


图10 中横梁中心处主拉应力云图(工况三)(单位:MPa)

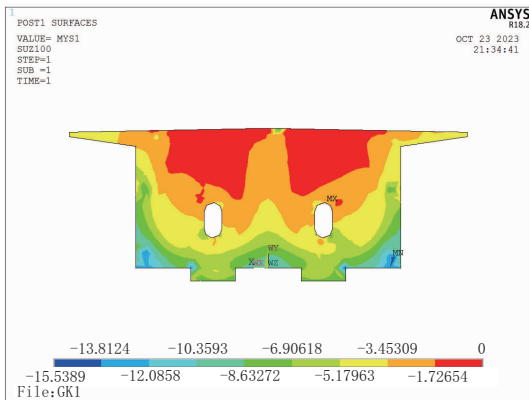


图7 中横梁中心主压应力云图(工况一)(单位:MPa)

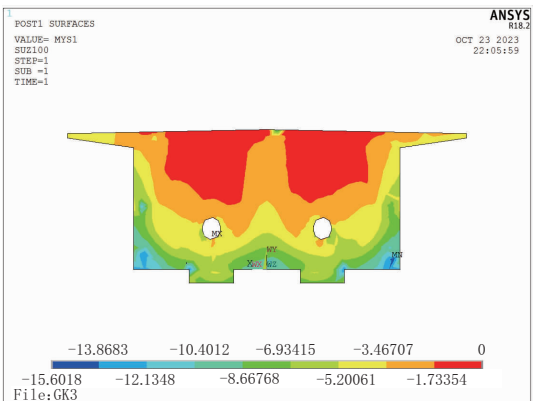


图11 中横梁中心处主压应力云图(工况三)(单位:MPa)

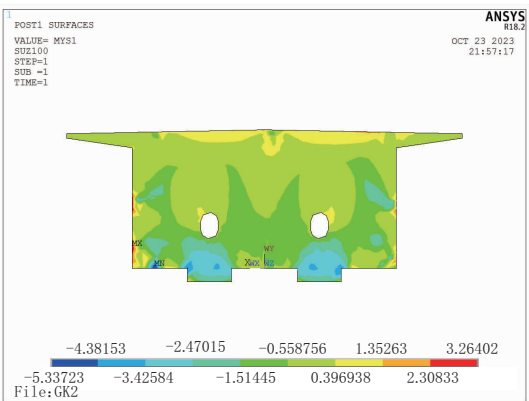


图8 中横梁中心处主拉应力云图(工况二)(单位:MPa)

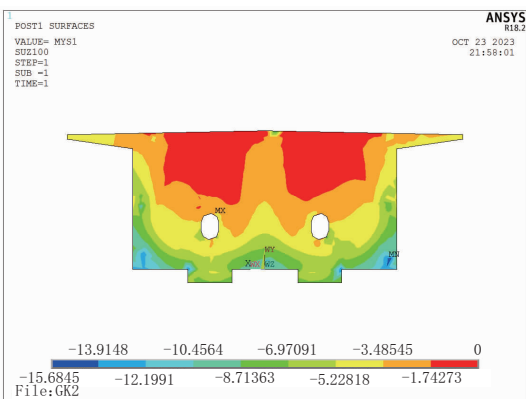


图9 中横梁中心处主压应力云图(工况二)(单位:MPa)

表3 中横梁人孔周边应力分析结果对比表

应力	工况一	工况二	工况三
主拉应力 /MPa	-1.8~1.1	-1.5~0.4	-1.4~-0.5
主压应力 /MPa	-6.9~-3.4	-5.2~-3.4	-5.2~-3.4

组合下混凝土截面最大拉应力容许值为  $\sigma_{tp} \leq 0.4 f_{tk} = 0.4 \times 2.85 = 1.14$  MPa; 最大压应力容许值为  $\sigma_{cp} \leq 0.6 f_{ck} = 0.6 \times 38.5 = 23.1$  MPa。

由上述应力云图及数值表可知,在成桥运营状况下:

工况1时,中横梁人孔上部约有一半的范围内出现了拉应力,最大主拉应力约1.1 MPa;主压应力分布呈下大上小趋势,最大主压应力约6.9 MPa。

工况2时,中横梁人孔周边大部分都是压应力,仅局部很小的范围内出现了拉应力,最大主拉应力约0.4 MPa;主压应力分布呈下大上小趋势,最大主压应力约5.2 MPa。

工况3时,中横梁人孔周边几乎全部是受压状态,最小压应力约0.5 MPa;主压应力分布呈下大上小趋势,最大主压应力约5.2 MPa。

#### 4 结语

综上,本文以实际工程为例,采用ANSYS对0

中横梁应力分析结果对比见表3。

根据箱梁C60混凝土标号,全预应力结构频遇

号块进行实体分析。通过对不同尺寸的人孔进行分析计算,得到了人孔周边的应力分布情况。

计算结果表明,0号块中设置人孔,人孔上缘更容易出现拉应力。在人孔宽度不变的情况下,人孔越大,人孔周边出现拉应力的范围越大;人孔越小,人孔周边出现压应力的范围越大。人孔周边最大压应力主要取决于人孔距离底板的距离,如人孔底距离底板距离不变,人孔周边最大主压应力值随人孔高度变化较小。

故在工程设计时,在需要设置人孔的情况下,可以适当减小人孔尺寸,可以通行检修即可。较大的人孔尺寸,人孔周边可能会出现较大和较多范围的拉

应力,不利于整个0号块的受力。

#### 参考文献:

- [1] 葛素娟,李静斌.预应力混凝土连续刚构0号块空间分析[J].郑州大学学报(工学版),2006(3):1-5.
- [2] 肖礼,彭文立,秦荣.圣维南原理在钢管混凝土拱桥分析中的应用[J].中国公路学报,2001,14(2):33-35.
- [3] 王新敏,李义强,徐宏伟.ANSYS结构分析单元与应用[M].北京:人民交通出版社,2011.
- [4] 陈达章,方世乐,代希华.亚门大桥主桥局部有限元分析[J].桥梁建设,2003(1):27-30.
- [5] 吴忠振,魏海伟.连续刚构0号块应力分布分析与研究[J].工程技术研究,2019(3):13-15.
- [6] 陈丽军,胡宁,李运,等.某连续刚构桥0号块局部应力分析[J].公路工程,2015(5):228-230.

---

## 《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@smedi.com