

# The Study on the Design of a New Type of Light Steel Bridge for City

Jingchen Yang

School of Civil Engineering, Dalian Jiaotong University, Dalian Liaoning  
Email: 1723909861@qq.com

Received: Mar. 6<sup>th</sup>, 2020; accepted: Mar. 20<sup>th</sup>, 2020; published: Mar. 27<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

In order to alleviate the traffic jam of urban road in China, a new type of light bridge is designed and developed. Referring to the existing steel bridge code, combined with the characteristics of light frame bridge, the structural design is carried out. The strength and stiffness of the system are checked and the weight is reduced. Urban road light bridge has the advantages of economy, not occupying the original road resources, rapid construction speed and so on. It will play a very important role in easing the current road congestion in large and medium-sized cities.

## Keywords

Light Bridge, Urban Highway Bridge, Steel Bridge, Strength, Rigidity

---

# 城市道路新型轻架桥设计研究

杨敬晨

大连交通大学土木工程学院, 辽宁 大连  
Email: 1723909861@qq.com

收稿日期: 2020年3月6日; 录用日期: 2020年3月20日; 发布日期: 2020年3月27日

---

## 摘要

为减缓我国城市道路交通堵塞问题, 设计研究出一种新型轻架桥。参考现有的钢桥规范, 结合轻架桥自身的特点进行了结构设计。并对其进行了强度与刚度验算及优化减重。城市道路轻架桥具有经济, 不占原有道路资源, 建设速度快等优点。其对缓解目前大中城市道路拥堵将起到非常重要的作用。

## 关键词

轻架桥, 城市公路桥梁, 钢桥, 强度, 刚度

---



## 1. 引言

目前我国城市交通堵塞问题日益严重,交通堵塞不仅影响了人们的日常生活,而且大量尾气的排放还污染了环境。据统计,目前在大中型城市道路上堵塞的车辆百分之八十以上都是小型汽车(图 1)。这些小型汽车又有一大部分属于长距离车辆,由于城市道路中还有很多短距车辆和一些大型车辆,红绿灯和岔道口的设置又较多,那么这些跑长距的小型车辆就会被耽误,在上下班高峰期必然会导致交通堵塞加剧,因此希望通过引入城市轻架桥的方法,来缓解现有的交通堵塞问题。



Figure 1. Traffic congestion map

图 1. 交通拥堵图

## 2. 轻架桥设计创新

### 2.1. 分类行驶的交通模式

只允许小型汽车上桥通行,在城市中几个关键点上设计匝道口,意在疏通城市中跑长距离的小型车辆,这些小型车就会行成点到点的无阻交通模式,而大型车和短距离小型车会在原有的道路上行驶,这样对通行的车辆进行分类规划形式,大型车和小型车的通行互不干扰,有助于减缓交通堵塞问题。

### 2.2. 桥体轻盈及经济

因为轻架桥的设计理念是让小型车辆上桥,而国内现有的桥梁其不没有限制,这样相比于现有的桥梁,轻架桥的载重较小,桥体可设计的较轻,桥面顶板及腹板采用 6 mm 的钢板,横隔板采用 4 mm,桥面底板及部分加劲肋采用 8 mm 的钢板,因而材料用料就少,比较经济。

### 2.3. 小截面独立柱桥墩设计

新型轻架桥,采用钢结构,独立柱桥墩。桥墩宽度仅有 1 m,由于桥墩截面较小,一般可以设置于原有的道路中央,这样不占用原有的道路资源。

### 2.4. 轻架桥可拆卸挪移

轻架桥采用装配式钢结构,架设速度快,易于拆卸挪移,如果已经建造轻架桥的地方需要建造地铁或者其它原因不再需要轻架桥了,那么可以把它拆掉,安放到其它地方继续使用,这样即快捷方便又节省了资源。

### 3. 轻架桥结构设计

#### 3.1. 设计思路及难点

轻架桥的载重与传统的桥梁相比小很多,因而就体现了其桥体较轻的特点。轻架桥为跨径为 30 m 的两跨连续钢箱梁桥,采用双向双车道的设计,桥梁总宽 8.5 m。总高 6 m,其中桥墩高 5 m,箱梁高 1 m。轻架桥桥体轻即是它的一个优点,也是一个设计中的一个难点,表现在刚度不足上,主要通过改进结构与局部加劲的方法来提高它的刚度。

#### 3.2. 材料选择

轻架桥的设计采用钢材材质,相比于钢筋混凝土桥梁,钢桥具有许多混凝土桥梁不具备的特点,如:轻质高强,更大的跨越能力,可工厂化生产,施工周期短,及增加桥下净空等。根据对轻架桥的强度分析,为保证轻架桥的经济性和安全性,根据设计经验[1],轻架桥可采用 Q235 强度的低合金钢。

#### 3.3. 横断面设计

轻架桥的横断面采用的是扁平钢箱梁的形式[2],它不仅具有普通箱梁抗扭,抗弯刚度大的特点,而且具有比普通箱梁更好的抗风性能。钢箱梁的设计高跨比一般在 1/30~1/20,轻架桥的跨径采用标准化跨径 30 m [3],为了减轻轻架桥的重量和增加轻架桥的横向稳定性,让梁高尽量的小,所以高跨比采用 1/30,即梁高取 1 m,其具体形式见图 2 所示。

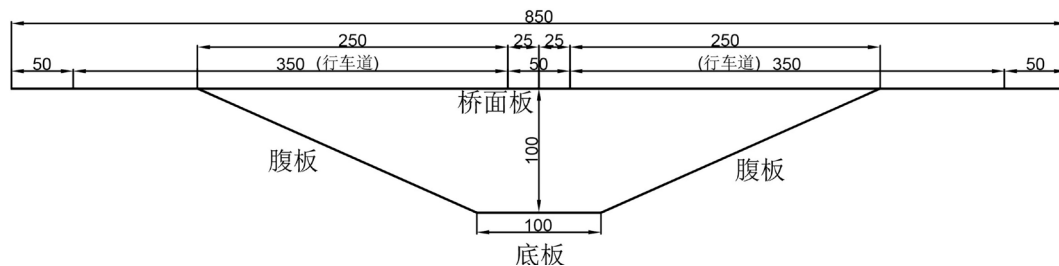


Figure 2. Cross section arrangement (cm)

图 2. 横断面布置(cm)

#### 3.4. 正交异性钢桥面板的设计

正交异性钢桥面板的设计包括顶板,梯形加劲肋,横隔板(横肋)进行合理匹配设计[4]。由于轻架桥顶板较薄,抗弯刚度和抗扭刚度小,在垂直荷载作用下易发生较大的凹凸变形,所以根据规范,进行了桥面顶板梯形加劲肋的设计,其顶板梯形加劲肋横断面如图 3 所示,横向间距为 25 cm,桥面顶板厚度选用 6 mm,横隔板(横肋)纵向间距采用 5 m。

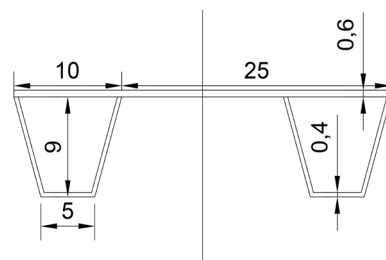


Figure 3. Structural diagram of trapezoidal rib of roof (cm)

图 3. 顶板梯形肋构造图(cm)

### 3.5. 横隔板设计

钢箱梁桥中，在偏心活载的作用下，箱梁截面易发生畸变和横向弯曲变形。横隔板的作用就是为了减少钢箱梁的这种变形和防止过大的局部应力。横隔板按挖空比率分为实腹式，框架式和桁架式，实腹式横隔板多用于尺寸较小的钢箱梁，它制作简单，应用广。桁架式则多用于横截面较大的箱梁，可以有效减轻自重。轻架桥采用的是介于实腹式和桁架式之间的框架式横隔板[5]，其具体形式及尺寸见图4所示。

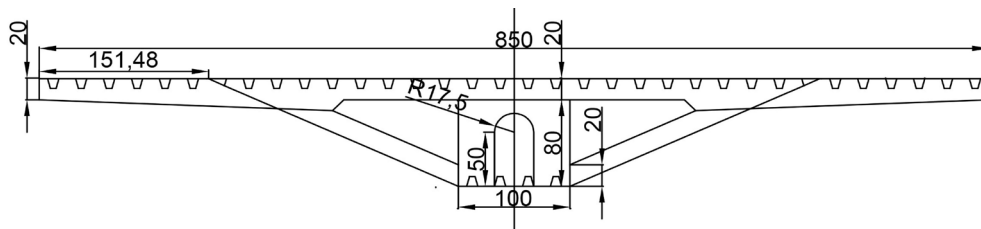


Figure 4. Dimension drawing of diaphragm (cm)  
图4. 横隔板尺寸图(cm)

## 4. 荷载及加载方式

### 4.1. 计算模型

轻架桥为跨径为 30 m 的两跨连续钢箱梁桥。

### 4.2. 荷载

#### 4.2.1. 恒荷载

恒荷载包括自重和二期荷载[6]，自重通过软件设置重力加速度获得，二期荷载包括桥面铺装和护栏，由于轻架桥主要疏通小型汽车，荷载较小，所以桥面铺装根据以往工程的案列，取最小值 38 mm，材料选用沥青混凝土，密度取 2.4 t/m<sup>3</sup>，换算成均布荷载 893.8 Pa 加载到桥面板上，护栏按在软件中的设计直接读取重力，换算成均布荷载加载到护栏的宽度 7.5 cm 上，其大小为 1914.3 Pa。

#### 4.2.2. 汽车荷载

由于轻架桥只允许小型汽车通行，而目前的规范还没有规定小型汽车荷载的大小，所以统计目前常用的小型汽车质量，选择质量最大的汽车模型，按密集行车状态建立车辆队模型[7]，换算成均布荷载为 1586.7 Pa 加载到 3.5 m 的行车道上。

#### 4.2.3. 加载方式

本次加载采用影响线加载，通过计算分析，可以确定有四种工况可能成为最不利工况，通过有限元软件的仿真模拟，发现当加载方式为将车道荷载偏载布置到一个行车道上时为最不利工况，最不利布载情况如图5所示，本文的强度刚度分析也只给出最不利工况。

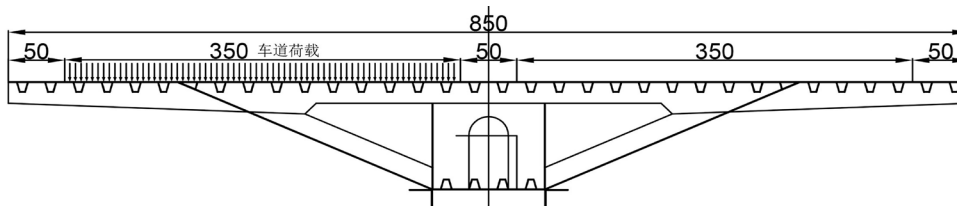


Figure 5. Lane load layout  
图5. 车道荷载布载图

## 5. 轻架桥有限元分析

### 5.1. 轻架桥几何模型

通过有限元软件对轻架桥进行强度与刚度分析，轻架桥几何模型如图 6 所示。

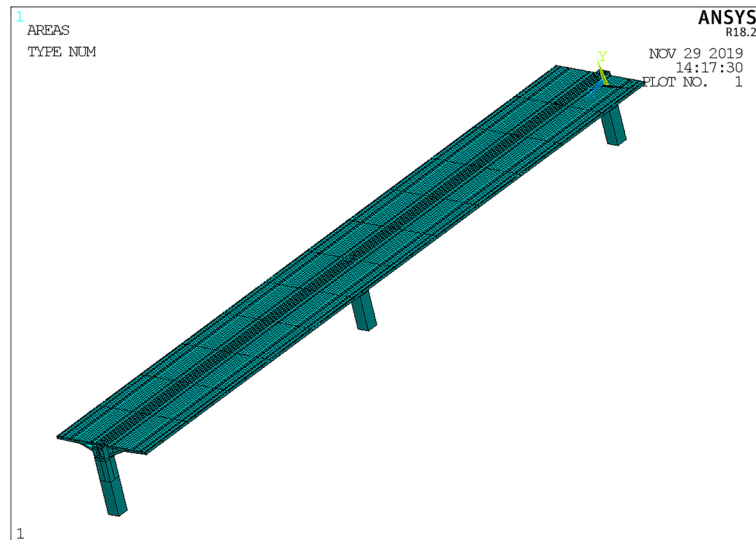


Figure 6. Geometric model of light frame bridge  
图 6. 轻架桥几何模型

### 5.2. 刚度分析

根据有限元分析结果，在汽车活载作用下，桥面板最大竖向位移为 3.62 cm，如图 7 所示，发生在跨中附近。根据《公路钢结构桥梁设计规范》[8]，如果是钢箱梁桥，那么在车辆荷载作用下，正交异性桥面板的挠跨比  $D/L$  不应大于  $1/700$ ，即  $D/30$  小于等于  $1/700$ ，即得出挠度  $D$  小于等于  $4.286 \times 10^{-2}$  m，所以刚度是满足要求的。

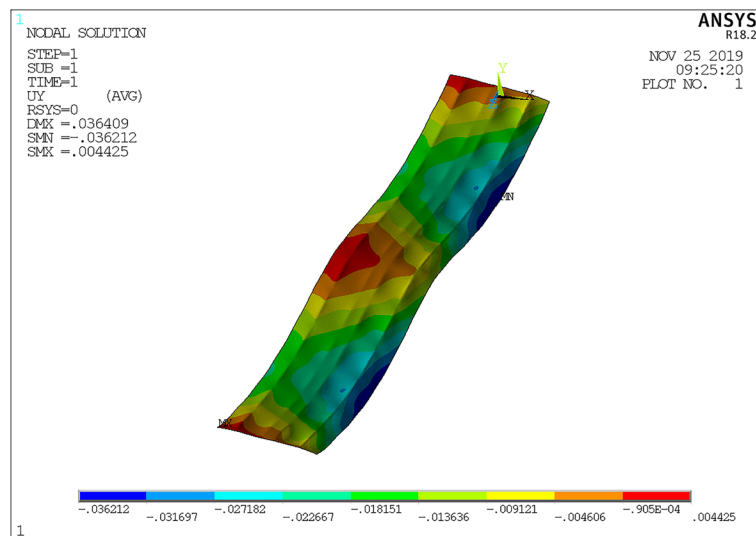


Figure 7. Cloud chart of vertical displacement of bridge deck  
图 7. 桥面板竖向位移云图

### 5.3. 强度分析

根据有限元分析结果，得到全桥的 Mises 应力云图，如图 8 所示。

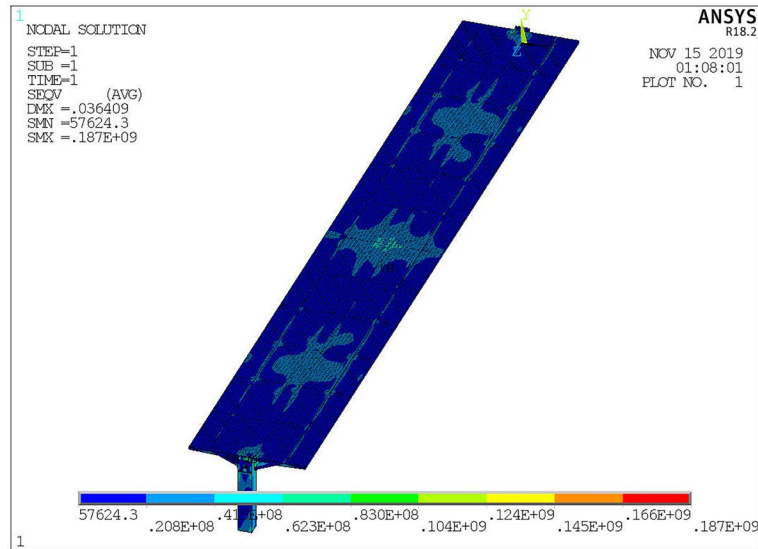


Figure 8. Mises stress diagram of the whole bridge  
图 8. 全桥 Mises 应力图

全桥 Mises 应力的最大值为 187 MPa，发生在端部桥墩墩顶附近，若采用 Q235 钢，其屈服强度是 235 MPa，所以轻架桥强度是满足要求的。

### 6. 轻架桥开孔减重

为减少轻架桥自重，降低成本，根据受力特性，将箱梁两块腹板受力较小的部分进行开孔，经过分析，将箱梁腹板开孔如图 9 所示。

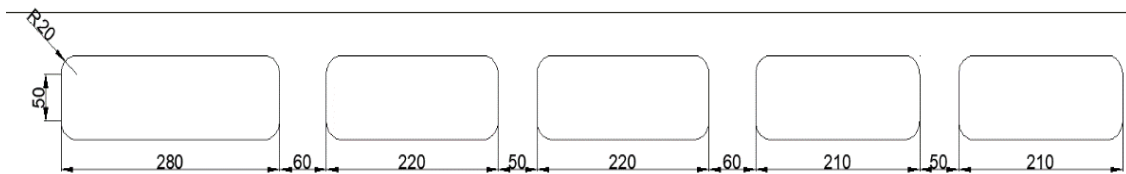


Figure 9. Dimension drawing of web opening of light frame bridge (cm)  
图 9. 轻架桥腹板开孔尺寸图(cm)

经计算，轻架桥减轻了 2 t 的重量，减重后轻架桥的强度和刚度分别如图 10 和图 11 所示，其竖向位移最大值为 3.76 cm，Mises 应力最大值为 182 MPa，相比开孔减重之前，位移和应力变化都不大，说明开孔减重达到了减轻重量，降低成本的作用。

### 7. 结论

新型城市轻架桥的概念首次被提出，它与传统的城市桥梁相比有着一定的特殊性，参考现有钢桥规范对轻架进行结构设计，并用有限元分析方法对其进行强度分析，刚度分析，及开孔优化减重。结果表

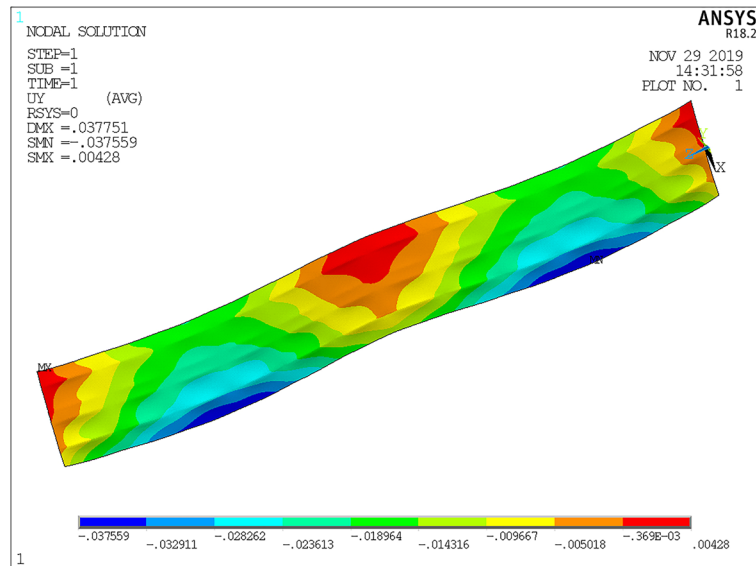


Figure 10. Vertical displacement of bridge deck after opening  
图 10. 开孔后桥面板竖向位移

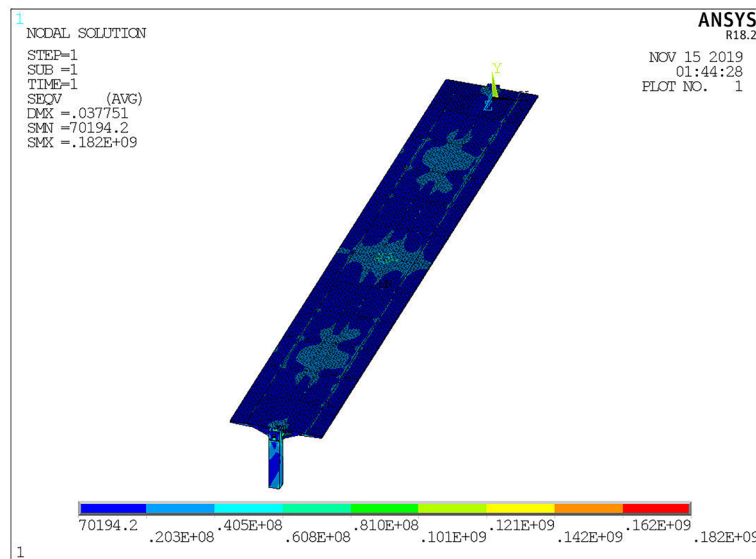


Figure 11. Mises stress nephogram of light bridge after weight reduction  
图 11. 减重后轻架桥 Mises 应力云图

明其设计强度和刚度均能满足要求。研究和推广城市轻架桥，对减缓我国城市道路拥堵，减少城市环境污染，提高运输效率都具有重要的实际意义。

## 参考文献

- [1] 袁霖宇. 成都市二环高架桥特殊钢箱梁设计研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2014.
- [2] 赵秋, 吴冲. 钢桥 - 钢结构与组合结构桥梁[M]. 北京: 人民交通出版社, 2017: 148-182.
- [3] 中华人民共和国交通运输部. JTGD60-2015 公路桥涵设计通用规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2015.
- [4] 龙小湖. 大跨径简支钢箱梁桥设计分析[J]. 黑龙江交通科技, 2018(2): 115-118.
- [5] 苏彦江, 杨子江. 钢桥构造与设计[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2006: 38-46.

- [6] 舒琳智. 城市钢箱梁人行天桥结构计算分析研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2013.
- [7] 胡益良. 城市桥梁在车辆拥堵作用下的动静力分析[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [8] 中华人民共和国交通运输部. JTGD64-2015 公路钢结构桥梁设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2015.