

基于数值模拟的龙门吊贝雷梁稳定性分析

韩雷雷^{1,2}

¹中冶南方城市建设工程技术有限公司, 湖北 武汉

²中冶南方工程技术有限公司, 湖北 武汉

收稿日期: 2023年7月16日; 录用日期: 2023年8月6日; 发布日期: 2023年8月16日

摘要

贝雷梁被广泛应用于临时架设简易桥梁之中, 为了探究贝雷梁在实际使用中的稳定性, 本文通过数值模拟的方法, 分别分析了横向8片、10片、12片贝雷梁在本工程实际使用情况下的稳定性, 发现8片贝雷梁的刚度不满足设计要求, 10片贝雷梁的强度和刚度都满足设计要求, 12片贝雷梁的强度和刚度也都满足设计要求, 但会出现性能浪费的情况, 因此选择10片贝雷梁作为实际施工方案。

关键词

贝雷梁, 数值模拟, 稳定性

Stability Analysis of Gantry Crane Bailey Beam Based on Numerical Simulation

Leilei Han^{1,2}

¹WISDRI City Construction Engineering & Research Incorporation Ltd., Wuhan Hubei

²WISDRI Engineering & Research Incorporation Ltd., Wuhan Hubei

Received: Jul. 16th, 2023; accepted: Aug. 6th, 2023; published: Aug. 16th, 2023

Abstract

Bailey beams are widely used in the temporary erection of simple bridges. In order to investigate the stability of Bailey beams in actual use, this paper analyzes the stability of transverse 8, 10 and 12 pieces of Bailey beams in actual use in this project by numerical simulation, and finds that the stiffness of 8 pieces of Bailey beams does not meet the design requirements, the strength and stiffness of 10 pieces of Bailey beams meet the design requirements, and the strength and stiffness of 12 pieces of Bailey beams also meet the design requirements, but there will be a waste of per-

文章引用: 韩雷雷. 基于数值模拟的龙门吊贝雷梁稳定性分析[J]. 土木工程, 2023, 12(8): 1051-1059.

DOI: 10.12677/hjce.2023.128120

formance, so 10 pieces of Bailey beams are selected as the actual construction solution.

Keywords

Bailey Beam, Numerical Simulation, Stability

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

门式起重机又称龙门吊，是桥式起重机的一种变形，采用门形框架，承载主梁下安装两个支脚，支脚前后各设有滑轮，使其可以在轨道上前后移动，主梁两端具有外伸悬臂梁，外伸悬臂梁可扩大起重机的作业范围[1] [2]。本文研究的龙门吊为轨道龙门吊，工作于地铁开挖基坑上方，用于将盾构机排出的土体搬运到基坑外指定位置，在工作过程中需经常依靠轨道变换位置，因此必须保证轨道在龙门吊工作过程中的安全稳定。

贝雷梁起源于英国，由唐纳德·贝雷在 1938 年第二次世界大战初期设计，后来改进为轻便 100 型钢桥，经长期使用后发现具有承载力不足、寿命较短等缺点，20 世纪 90 年代英国研制了 200 型装配式钢桥，我国于 20 世纪 60 年代初开始研究装配式钢桥，后来引入英国的贝雷梁装配技术[3] [4] [5]。贝雷架是形成的一定单元的桁架，而贝雷梁是由贝雷架组成的桁梁，贝雷梁因其具有结构简单、组合灵活、拼装快、机动性强、可重复利用的特点，被广泛应用于临时架设简易桥梁之中，在国内外军事运输、抢险救灾、工程施工等领域发挥着重要的作用[6] [7] [8]。

跨径龙门吊的基础设计要综合考虑龙门吊的结构形式、结构自重、地基承载力、走行形式、架梁设备组装的工作面等要素。采用跨径龙门吊施工时需先用跨径龙门吊架设箱梁作为架桥机、运梁车拼装的工作面，因此在设计跨径龙门吊长度时应保证有足够的长度，以支持运架设备在桥面组拼[9] [10] [11]。此外在设计龙门吊基础时要根据龙门吊的结构自重、吊装时最不利荷载受力状况、地基的承载力以及基础的不均匀沉降对跨径龙门吊基础进行综合检算，以确定基础的深度、配筋形式，保证跨径龙门吊的基础有足够的受力特性及较小的不均匀沉降。确保其运营的安全。在基础设计时可根据不同的龙门吊走行形式在基础上设置走行装置预埋件。在跨径龙门吊基础施工时要特别注意地基的实际地质状况与勘测的结果是否相同，若实际地质情况较差，可对基础的结构做相应的调整或对地基进行处理后再进行基础施工[12] [13] [14]。

2. 工程概况

本工程为地铁隧道开挖工程，区间全线采用盾构法施工，在车站始发位置开挖基坑，基坑上方悬空假设贝雷梁，贝雷梁上方铺设轨道，用于龙门吊在上方行走搬运盾构施工时管片、渣土、油脂等器材的垂直运输。基坑大小及贝雷梁选取长度如图 1 所示，根据基坑大小设计贝雷梁长度为 14,325 mm，采用层“321”型贝雷桁架拼装。

龙门吊自重 160.7 t，最大载重 50 t，考虑到龙门吊走时的动荷载，外荷载考虑 62.5 t。龙门吊主梁跨度 30 米，悬臂端单边悬臂，且悬臂有效长度为 5 米，每侧设计两组轮子，单侧轮距 9.4 m，每组共两轮，

四根支柱共八个轮，每组轮距 0.96 m，轮半径 30 cm。贝雷梁初步选择为单排 8、10、12 片，纵向采用 5 m × 3 m (长) × 1.5 m (高) = 15 m，横向宽度约 2 m~3 m。

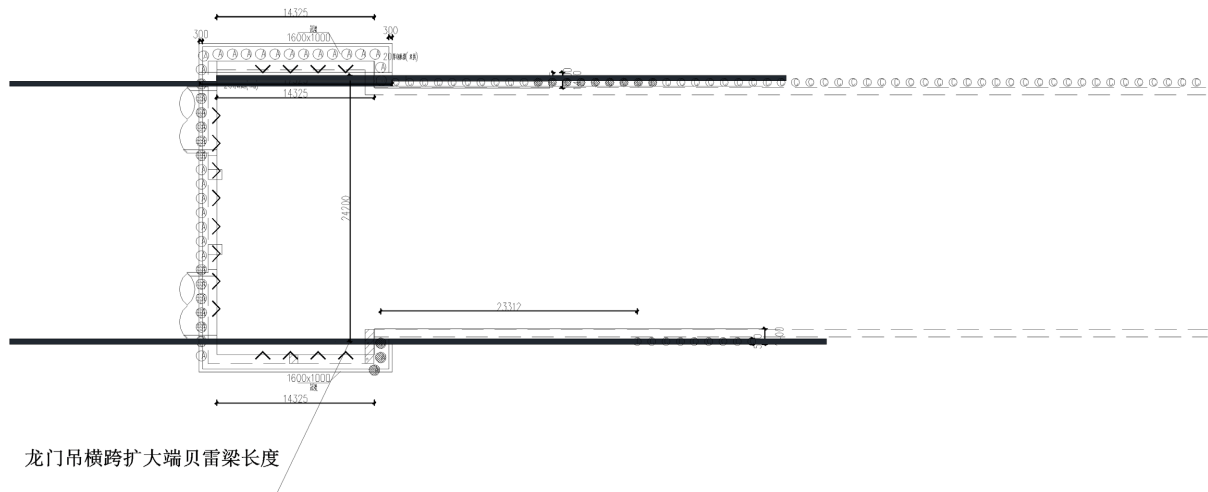


Figure 1. Foundation pit excavation
图 1. 基坑开挖图

3. 初步计算及材料属性

根据龙门吊的使用工况，将四组轮受力简化为两侧的受力情况，龙门吊起吊时在轨道梁正上方时为最不利荷载，再根据单侧受力将力平均分配到单侧两组(四个)轮子上。

两组轮子最大外力 625 kN，共 4 个轮子，两个轮子为一组，一组外力为 312.5 kN。门吊自重 1607 kN。一组轮子最大受力 $1607/4 + 312.5 = 714.25$ kN，动载的安全系数取 1.4，则一组轮子最大受力 $1.4 \times 714.25 = 1000$ kN。

假设每侧每组轮子的压力均匀分配在 8、10、12 片贝雷梁上。即：

$1000 \div 8 = 125$ kN，则每组轮子向下荷载为 125 kN。

$1000 \div 10 = 100$ kN，则每组轮子向下荷载为 100 kN。

$1000 \div 12 = 83.3$ kN，则每组轮子向下荷载为 83.3 kN。

确定最不利位置为贝雷梁中点位置，简支梁荷载施加简化如图 2 所示：

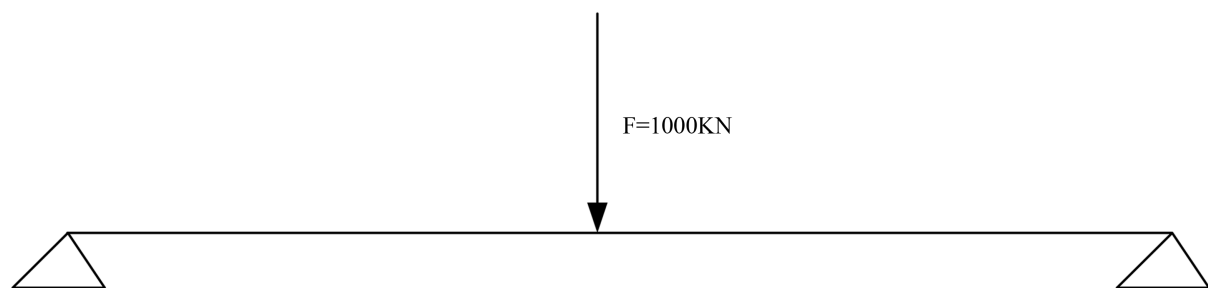


Figure 2. The most unfavorable position of Bailey beam
图 2. 贝雷梁最不利位置

贝雷梁基本组成单元是贝雷片。贝雷片由上下弦杆、竖杆及斜杆焊接而成，上下弦杆分别为双[10 槽钢，竖杆和斜杆为 I8 的工字钢，详细参数见表 1 和表 2。

Table 1. Mechanical properties of Bailey beam element bar
表 1. 贝雷梁单元杆件力学性能

杆件名称	材料	断面形式	横截面面积(cm ²)	惯性矩(cm ⁴)	允许承载力(KN)
弦杆	16Mn	∟10	2*12.74	397	560
竖杆	16Mn	I8	9.52	99	210
斜杠	16Mn	I8	9.52	99	171.5

Table 2. Material, yield strength and allowable stress
表 2. 材料、屈服强度及容许应力

部件	材料	屈服正应力	许用正应力	许用剪应力
构件	16Mn	300	273	208
销子	30CrMnTi	1300	1105	585

4. 数值模拟

4.1. 横向 8 片贝雷梁稳定性分析

采用 Ansys 软件进行建模计算，选择 beam189 作为梁单元进行分析贝雷梁，按照常用贝雷梁参数定义模型参数，即采用 Q345 钢的物理参数。弹性模量为 210 GPa，泊松比为 0.3。

横向采用 8 片贝雷梁计算，单片贝雷梁施加荷载为 125 KN，作为简支梁计算。线模型如图 3 所示，实体模型如图 4 所示，荷载施加如图 5 所示。

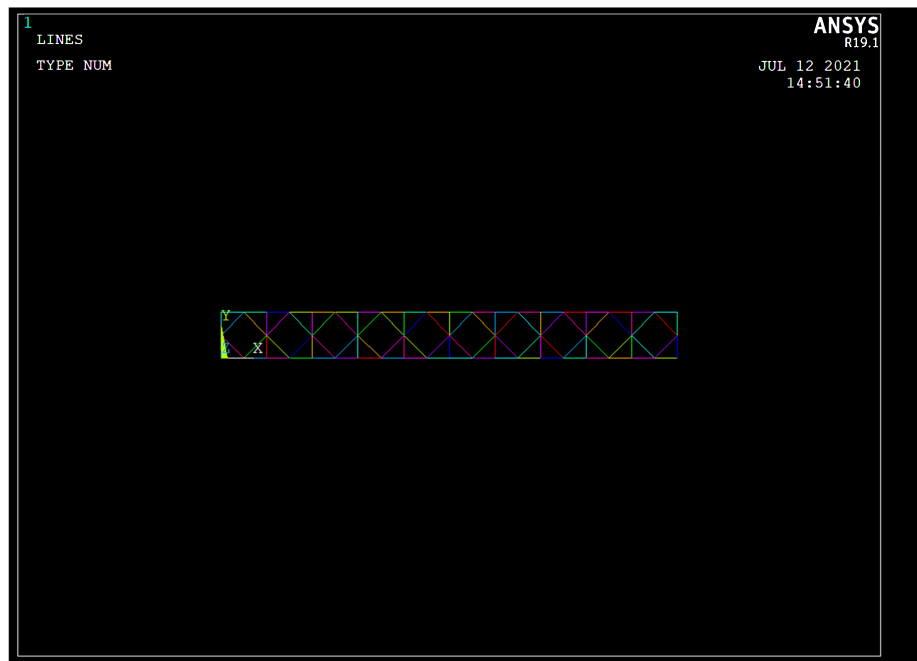


Figure 3. Line model
图 3. 线模型

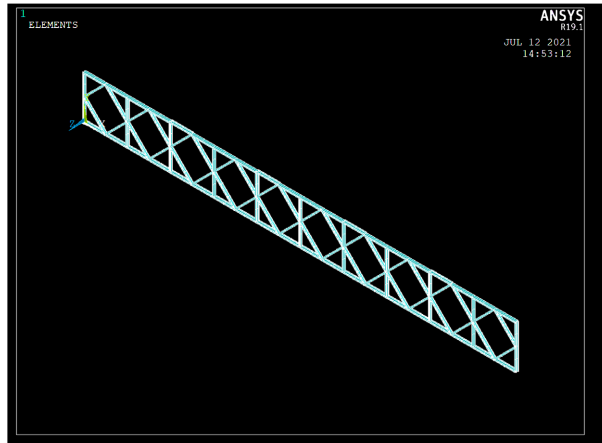


Figure 4. Solid models
图 4. 实体模型

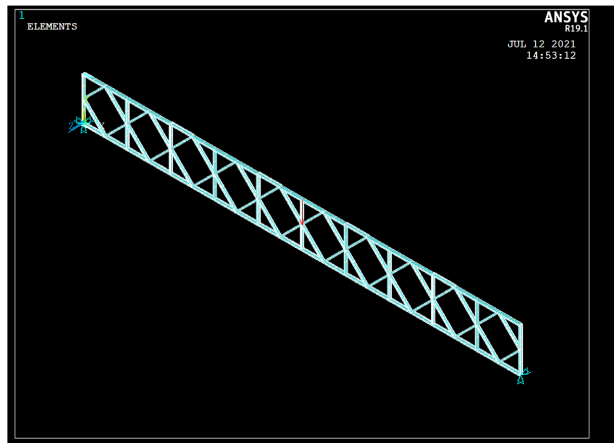


Figure 5. Load application diagram
图 5. 荷载施加图

变形挠度云图如图 6 所示、轴力云图如图 7 所示。

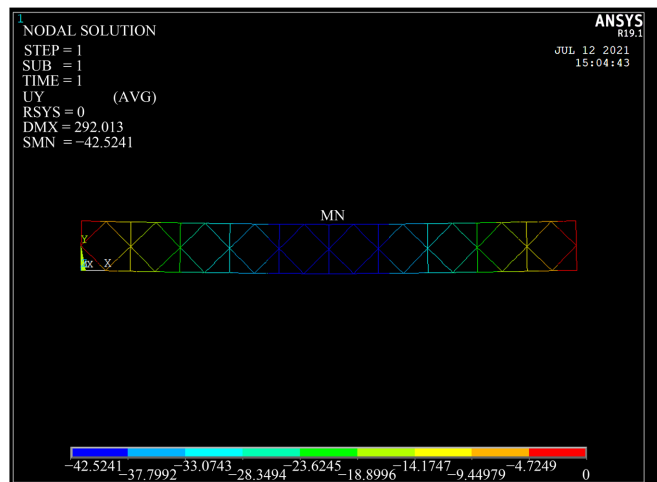


Figure 6. Transverse 8 pieces of Bailey beam deformation deflection cloud diagram
图 6. 横向 8 片贝雷梁变形挠度云图



Figure 7. Axial force cloud diagram of 8 transverse Bailey beams
图 7. 横向 8 片贝雷梁轴力云图

根据变形挠度及轴力云图显示，该贝雷梁最大挠度为 42.5241 mm，弦杆最大拉应力为 311,849 N、最大压应力为 311,366 N，竖杆最大轴力为 172,894 N，斜杆最大轴力为 104,110 N。

强度校核：

弦杆最大轴力值为 311,849 N < 560,000 N；竖杆最大轴力为 172,894 N < 210,000 N；斜杆最大轴力为 104,110 N < 171,500 N；杆件受力满足要求。

通常使用挠跨比较核结构刚度， $N = 42.5241/15,000 = 7/2500 > 1/400$ ；刚度不满足要求。

因此横向采用 8 片贝雷梁，刚度不符合要求。

4.2. 横向 10 片贝雷梁稳定性分析

施加荷载为 100 KN。梁截面如图 8 所示。

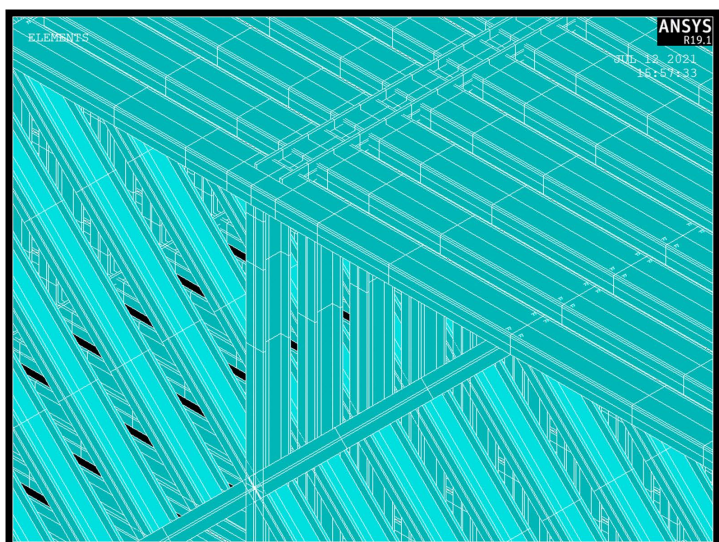


Figure 8. Bailey beam section
图 8. 贝雷梁截面

变形挠度云图如图 9 所示、轴力云图如图 10 所示。

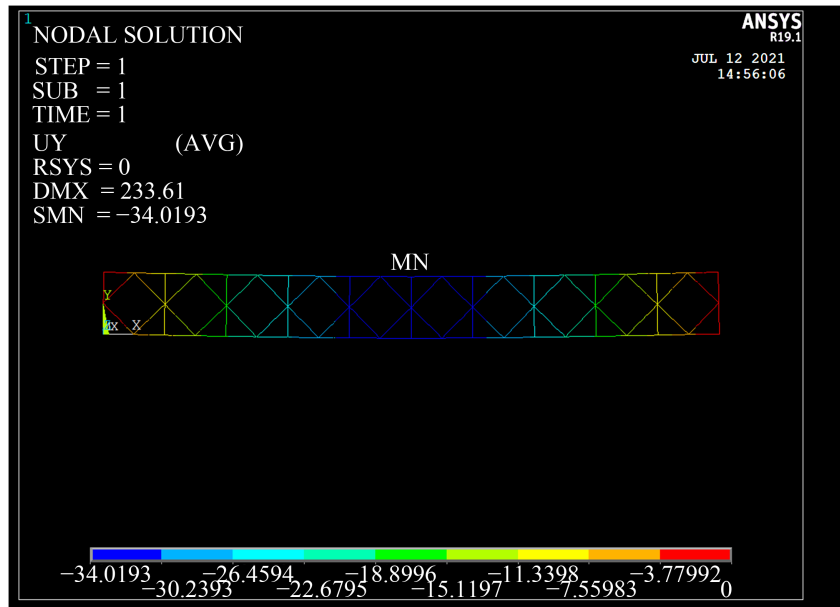


Figure 9. Transverse 10 pieces of Bailey beam deformation deflection cloud diagram
图 9. 横向 10 片贝雷梁变形挠度云图

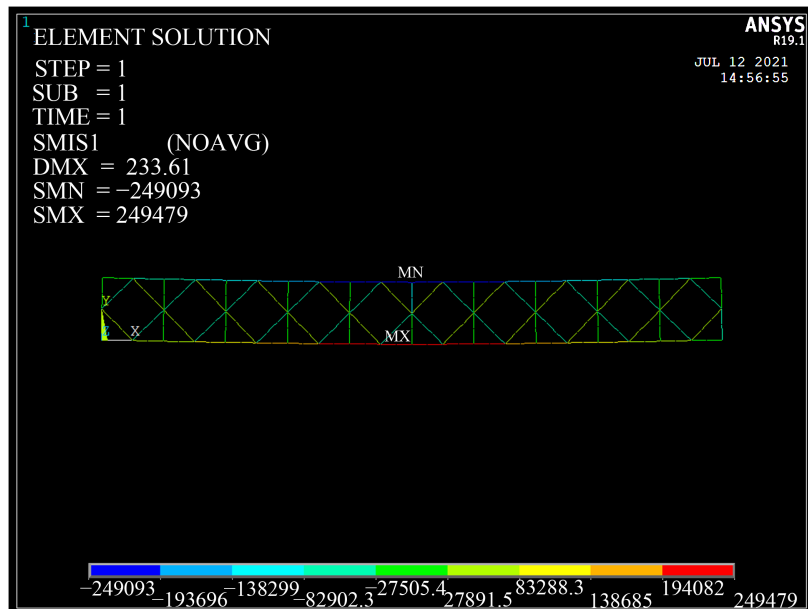


Figure 10. Axial force cloud diagram of 10 transverse Bailey beams
图 10. 横向 10 片贝雷梁轴力云图

根据变形挠度及轴力云图显示, 该贝雷梁最大挠度为 34.0193 mm, 弦杆最大拉应力为 249,479 N、最大压应力为 249,093 N, 竖杆最大轴力为 138,299 N, 斜杆最大轴力为 83,288.3 N。

强度校核:

弦杆最大轴力值为 249,479 N < 560,000 N; 竖杆最大轴力为 138,299 N < 210,000 N; 斜杆最大轴力为 83,288.3 N < 171,500 N; 杆件受力满足要求。

使用挠跨比较核结构刚度， $N = 34.0193/15,000 = 17/7500 < 1/400$ ；刚度满足要求。横向采用 10 片贝雷梁，杆件受力与结构刚度都满足要求。

4.3. 横向 12 片贝雷梁稳定性分析

施加荷载为 83.3 kN，变形挠度云图如图 11 所示、轴力云图如图 12 所示。

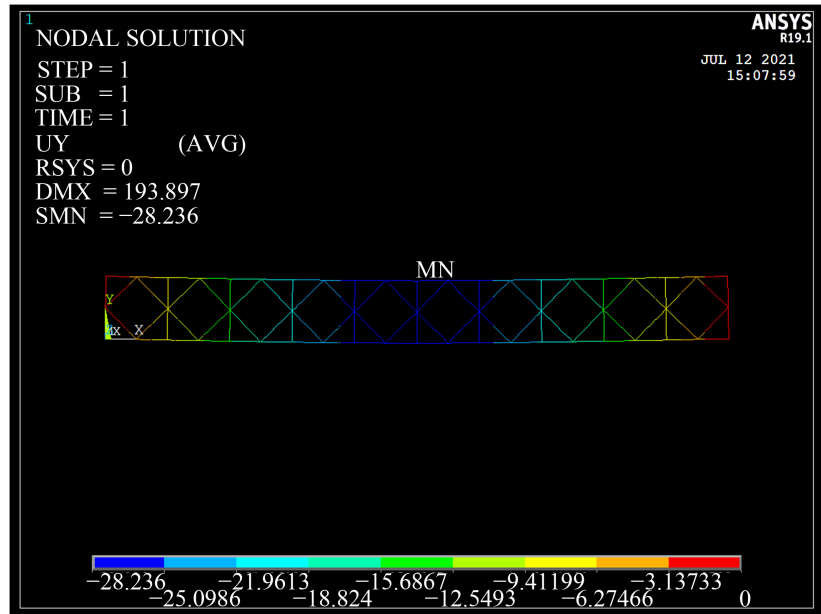


Figure 11. Transverse 12 pieces of Bailey beam deformation deflection cloud diagram

图 11. 横向 12 片贝雷梁变形挠度云图

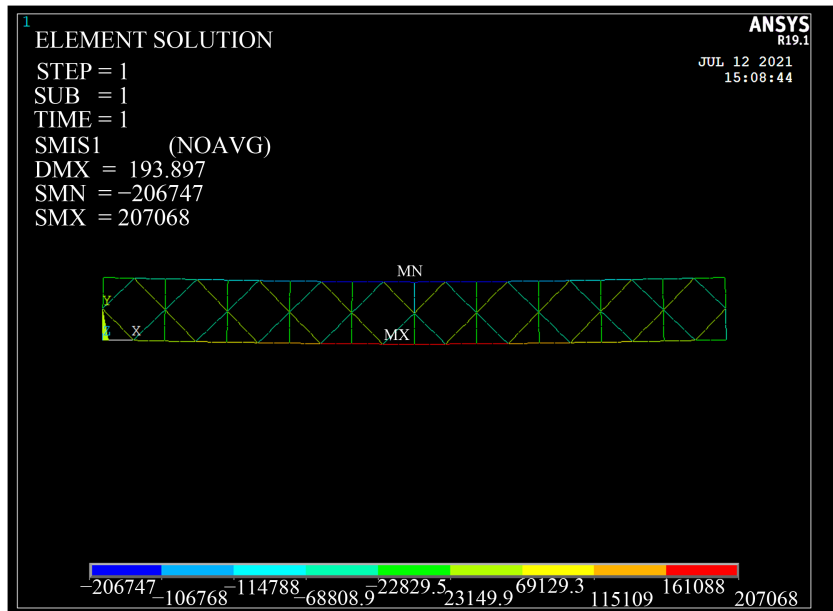


Figure 12. Axial force cloud diagram of 12 transverse Bailey beams

图 12. 横向 12 片贝雷梁轴力云图

根据变形挠度及轴力云图显示，该贝雷梁最大挠度为 28.236 mm，弦杆最大拉应力为 207,068 N、最

大压应力为 206,747 N，竖杆最大轴力为 114,788 N，斜杆最大轴力为 69,129.3 N。

强度校核：

弦杆最大轴力值为 207,068 N < 560,000 N；竖杆最大轴力为 114,788 N < 210,000 N；斜杆最大轴力为 69,129.3 N < 171,500 N；杆件受力满足要求。

挠跨比较核结构刚度， $N = 28.236/15,000 = 14/7500 < 1/400$ ；刚度满足要求。

5. 总结

本文通过数值模拟的方法，分别分析了横向 8 片、10 片、12 片贝雷梁稳定性，结果表明 8 片贝雷梁的强度满足设计要求，但刚度不满足要求；10 片贝雷梁的强度和刚度都满足设计要求；12 片贝雷梁的强度和刚度都满足设计要求，但其性能产生了浪费的情况；综合比较，10 片贝雷梁更适用于本工程。

参考文献

- [1] 李浩, 颜显玉, 李新平. 长江北路大桥跨径 62m 120t 龙门吊机分析计算[J]. 中外公路, 2007, 27(6): 111-115.
- [2] 李文强. 应用龙门吊分段吊装钢结构拱桥安全性计算分析[J]. 交通世界, 2021(11): 116-117.
- [3] 程明明. 贝雷梁结构计算方法对比分析[J]. 北方交通, 2022(7): 22-25.
- [4] 李翠雅. 贝雷梁在地铁工程施工中的应用分析[J]. 运输经理世界, 2022(33): 4-6.
- [5] 易杨平. 贝雷梁下挂模法浇筑混凝土桥板施工技术[J]. 浙江建筑, 2023, 40(1): 48-51.
- [6] 温小峰. 贝雷梁在渡槽施工中的应用分析[J]. 四川水泥, 2023(5): 104-106.
- [7] 郭新瑞. 钢管柱贝雷梁现浇箱梁支架施工技术[J]. 设备管理与维修, 2023(8): 147-149.
- [8] 范宁辉. 基于有限元分析的贝雷梁钢便桥设计[J]. 中国新技术新产品, 2023(5): 96-98.
- [9] 胡晓东, 季想. 偏心荷载作用下龙门吊轨道梁受力特性分析[J]. 水运工程, 2023(S2): 143-146.
- [10] 许凯, 朱庆海, 贾丁, 等. 龙门吊荷载作用下车站结构受力变形影响分析[J]. 山西建筑, 2022, 48(3): 57-59, 72.
- [11] 姚艳, 李雨. 广河 S01 标 60T 龙门吊分析计算[J]. 门窗, 2013(3): 238-239.
- [12] 马超. 明挖地铁车站龙门吊轨道梁加固方法分析[J]. 建筑安全, 2021, 36(5): 20-23.
- [13] 周淦成. 弹性地基上龙门吊轨道基础计算[J]. 工程建设与设计, 2021(19): 29-31, 40.
- [14] 吕涛, 龙彪, 王文, 等. 跨径式龙门吊轨道基础设计与施工[J]. 工程技术研究, 2019, 4(11): 152-154.