

双柱式桥墩的有限元静力分析

罗皓然, 常永在, 刘亚东, 胡 梦

重庆科技学院建筑工程学院, 重庆

收稿日期: 2023年1月16日; 录用日期: 2023年2月6日; 发布日期: 2023年2月21日

摘 要

为了研究荷载作用对山区双柱式桥墩的影响, 采用ABAQUS建立双柱式桥墩模型, 模拟了受到荷载作用下的双柱式桥墩, 并对桥墩的应力位移等进行了分析。以重庆某山区的双柱式桥墩为例, 对双柱式桥墩施加300 KN荷载, 在荷载作用下进行应力位移分析, 并对1/4处、1/2处和3/4处三个控制点进行分析。经过模型分析之后可以得出: 在300 KN大小荷载下, 双柱式桥墩混凝土部分盖梁中部受到的应力较大, 由上至下1 m处的位移较大, 钢筋笼在与盖梁连接内侧处的应力与位移都较大, 并获得了1/4处、1/2处和3/4处三个控制点的应力位移值, 一旦遇到过大荷载或者其他的破坏容易造成损伤, 研究桥墩的受力情况可以对桥墩的破坏形式研究打好基础, 也可以为如何加固桥墩提供方向。

关键词

静力分析, 有限元分析, 双柱式桥墩, 荷载分析

Finite Element Static Analysis of Double-Column Piers

Haoran Luo, Yongzai Chang, Yadong Liu, Meng Hu

School of Civil Engineering and Architecture, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

Received: Jan. 16th, 2023; accepted: Feb. 6th, 2023; published: Feb. 21st, 2023

Abstract

In order to study the influence of load on double-column piers in mountainous areas, ABAQUS was used to establish a double-column pier model, simulate the double-column pier under load, and analyze the stress-strain of the pier. Taking the double-column pier in a mountainous area of Chongqing as an example, a 300 KN load is applied to the double-column pier, and the stress-strain analysis is carried out under the load, and the three control points at 1/4, 1/2 and 3/4 are analyzed. The stress-strain values of the three control points at 1/2 and 3/4, once encountering ex-

cessive load or other damage is easy to cause damage. Studying the force of the pier can lay a good foundation for the study of the failure form of the pier, and can also provide directions for how to strengthen the pier.

Keywords

Static Analysis, Finite Element Analysis, Double-Column Piers, Load Analysis

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

近些年,随着国家“一带一路”、“十四五交通运输发展规划”等政策的不断推进执行,已经有越来越多的地区拥有了十分便利的交通。但是在山地地形中,直接修建公路难度较大,桥梁的运用大大增加,其中双柱式桥墩的使用十分常见。但是在山区等地方常常发生因滑坡、地震等导致滚石对桥墩造成损伤,在对受到损伤的桥墩进行加固修复时,应该对未受损的桥墩本身进行荷载分析,从而得出桥墩结构的数据,为桥墩的加固修复提供参考数据。本文将用有限元软件 ABAQUS 对重庆市某双柱式桥墩进行模型分析。

本试验研究是对整个桥墩的受损加固的前行研究,由于我国地广人多,交通枢纽的建立非常重要,但是在一些地质灾害较为频繁的地区,作为交通枢纽重要一环的桥梁常常因为各种原因导致桥墩受损。尤其是滚石的影响尤为突出,此类滚石造成的破坏力非常大,并且作用的时间也非常迅速,容易造成极大的人员经济损失,在桥墩受到损伤之后极容易造成交通堵塞,这无论是对灾情的抢救,还是经济的影响都是巨大的,2020年雅西高速公路的山体滑坡事件和2008年百花大桥受到地震破坏的事件都无疑是在证明此等灾害造成的巨大影响。在发生此类事件之后,应该根据桥墩的受损情况进行及时处理,对一些受损程度在一定范围内的桥墩,应该采取加固修复的措施,但是在进行损伤后的加固之前,应该了解整个桥墩在正常行车作用下的受力情况,不仅在不同的控制点进行研究,还应该了解正常荷载作用下的桥墩的薄弱点,以方便后期试验和日后加固的有效进行。

当今在土木领域有限元软件的应用已经越来越多,适用面也越来越广,在施工、设计、监控、维护中都经常使用,也有很多学者已经采用有限元对桥墩进行模拟分析。近年来有张攀[1]基于 ABAQUS 软件对装配式的混凝土桥墩进行冻融循环研究;还有李振东[2]为了满足抗震性能,采用 ABAQUS 软件对于碳纳米管混凝土桥墩进行抗震分析,研究分析了碳纳米管混凝土桥墩具有更高的抗震性;谭宇光[3]等人采用 ANSYS 软件研究分析了在不同冲刷深度中的桥墩的受力情况;陈宝喜、于天来[4]基于 ANSYS 分析了寒冷地区流冰对桥墩撞击的影响。本文将运用有限元软件 ABAQUS 对双柱式桥墩进行静力分析,从而获得双柱式桥墩在正常荷载作用下的受力情况。

2. 工程背景

本位以重庆某山区双柱式桥墩为背景,此桥墩由盖梁、墩身、基础组成。墩身为钢筋混凝土结构,直径为 1.8 m,每一个墩拥有 42 根 HRB335 主筋,从桥墩底部 2 m 处由下至上每隔 10 cm 设置一个 HPB200 箍筋,保护层厚 20 cm,桥墩结构采用 C30 混凝土;本桥墩柱高 14 m,盖梁尺寸为 1120 cm × 200 cm,基础尺寸为 1120 cm × 300 cm,厚 2 m。桥墩立面如图 1 所示。

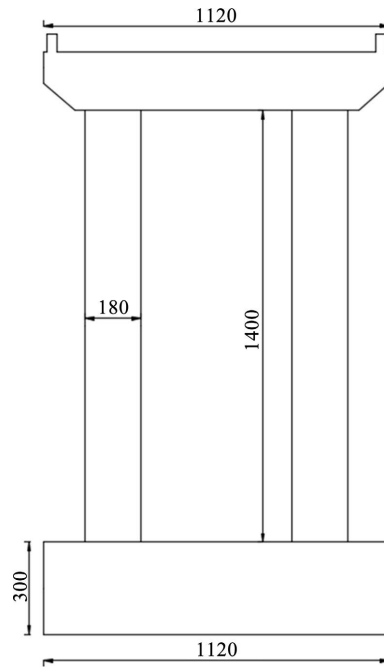


Figure 1. Elevation of the piers
图 1. 桥墩立面图

3. 有限元模型

选择 ABAQUS 软件对双柱式桥墩进行有限元分析, 根据双柱式桥墩的构造建立有限元模型, 有限元模型如图 2 所示。并在双柱式桥墩内部设置钢筋笼, 采用相互作用的内部区域达到整体创建, 有限元模型如图 3 所示。建立模型时, 材料采用 C30 混凝土和 HRB335 钢筋, 其中 C30 混凝土的弹性模量为 30 KN/mm^2 , HRB335 的强度为 335 MPa; 施加 300 KN 的荷载, 基础处采用三项约束, 其他参数按照常用数据进行选择。

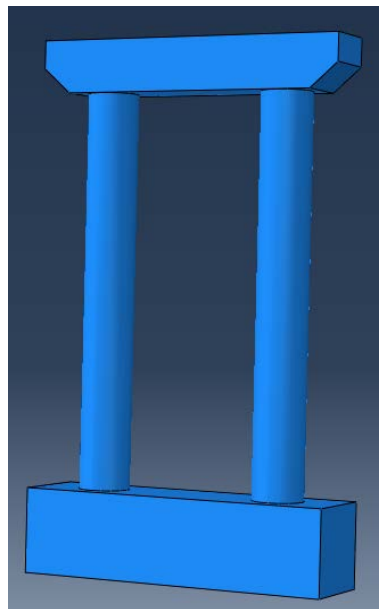


Figure 2. Bridge pier structure model diagram
图 2. 桥墩结构模型图

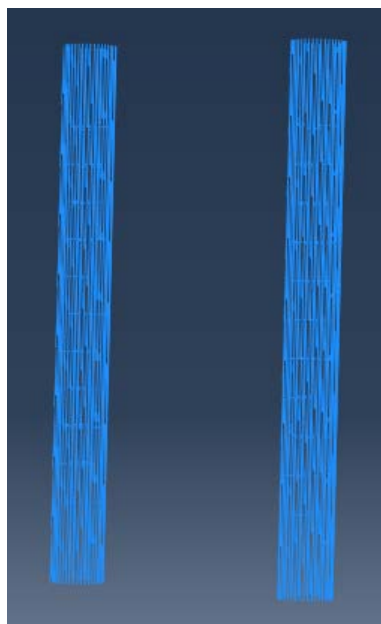


Figure 3. Rebar cage model diagram
图 3. 钢筋笼模型图

4. 有限元计算分析

4.1. 有限元模型创建

本模型将利用 ABAQUS 有限元软件进行合理的分块创建, 再将创建好的盖梁、墩身、基础和钢筋笼进行装配, 装配之后对材料属性进行设置, 对基础进行三项约束并分别施加 300 KN 作用在盖梁上, 模拟桥墩受到荷载的效果, 之后进行网格划分计算。对建立的重庆某桥墩的有限元模型进行静力分析, 模型采用的是三维实体单元建立, 设置对应的混凝土钢筋的参数, 建立桥墩有限元模型。

4.2. 静力分析

4.2.1. 荷载选取

我国国土面积有 960 万平方公里, 如此大的国土面积下拥有超过 70 万座桥梁, 但是每一座桥的限载是不同的, 本文将以重庆某座限重 30 t 的桥梁为例, 研究此情况下桥墩的静力分析, 根据限重折算采用 300 KN 的荷载作用在桥墩的盖梁上。此荷载研究的是桥墩正常使用情况下的静力分析, 所以采用的荷载大小接近桥梁最大限重, 但由于是分部于桥墩的盖梁上, 可以确保桥梁正常使用, 桥墩不会出现损伤; 再分析 1/4 处、1/2 处和 3/4 处的应力位移, 对特殊节点进行分析。根据具体地点的桥梁规定和地貌形式选择施加的 300 KN 荷载, 在桥墩盖梁上施加荷载, 施加荷载模拟图如图 4 所示。

4.2.2. 整体应力位移分析

在桥墩的盖梁位置施加 300 KN 荷载, 模拟桥梁正常使用下的荷载, 再使用 ABAQUS 软件模拟分析, 获得整个桥墩的应力云图如图 5 所示, 由图可知在桥墩盖梁中部应力最大, 为 1.349×10^{-6} MPa; 钢筋笼的应力云图如图 6 所示, 由图可以看出在内侧顶部应力最大, 为 1.036×10^{-6} MPa。

同时, 在施加 300 KN 的荷载作用后, 进行 ABAQUS 有限元软件模拟获得的位移云图如图 7 所示, 由图可以看出由上至下 1 m 处出现了最大的位移, 其值为 26.45 mm; 钢筋笼的位移云图如图 8 所示, 由图可以看出在内侧顶部应力最大, 为 177.8 mm。

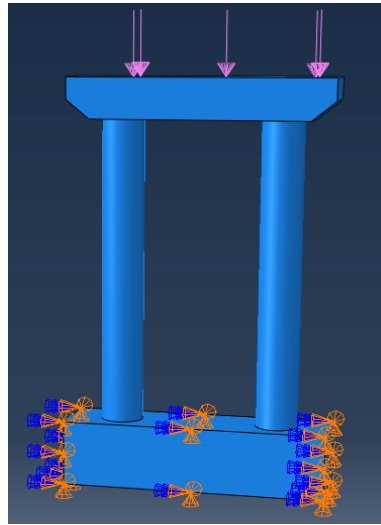


Figure 4. Load application simulation
图 4. 荷载施加模拟图

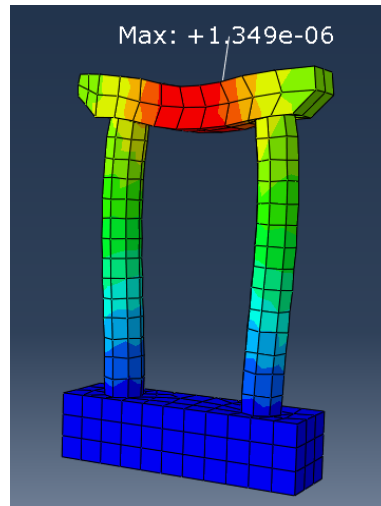


Figure 5. Bridge pier stress cloud map
图 5. 桥墩应力云图

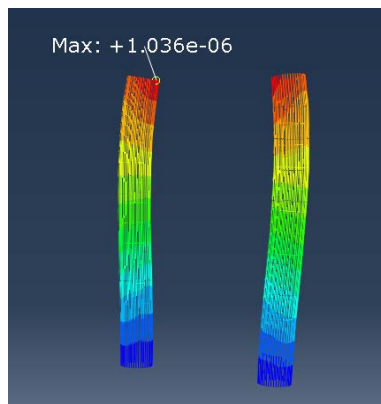


Figure 6. Rebar cage stress cloud map
图 6. 钢筋笼应力云图

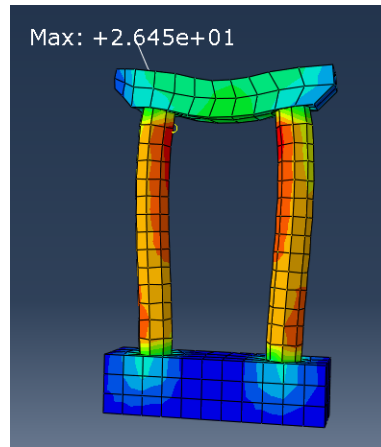


Figure 7. Bridge pier displacement cloud map
图 7. 桥墩位移云图

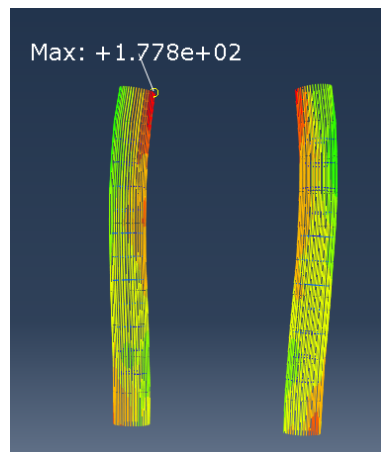


Figure 8. Rebar cage displacement cloud map
图 8. 钢筋笼位移云图

4.2.3. 1/4 处应力位移

在对桥墩有限元模型进行施加 300 KN 的荷载之后, 还需要对 1/4 处的应力位移进行分析研究, 因为 1/4 处作为后续试验的控制点, 需要在有限元模拟中获得有效数据对日后的相关研究打下基础。进行 ABAQUS 软件模拟分析计算之后, 可以获得 1/4 处的应力位移, 分别为位移: 18.10 mm, 应力: 7.68×10^{-7} MPa。

4.2.4. 1/2 处应力位移

同理对施加 300 KN 荷载之后的有限元桥墩模型的 1/2 处进行应力位移分析研究, 1/2 处同样作为控制点之一, 需要获得具体数值。经过计算之后可以获得, 在桥墩 1/2 处的位移为 20.50 mm, 应力为 5.74×10^{-7} MPa。

4.2.5. 3/4 处应力位移

按照上述条件继续对施加 300 KN 荷载之后的有限元桥墩模型的 3/4 处进行应力位移分析研究, 3/4 处是 3 个控制点的最后一个, 同样需要具体数值。经过计算之后可以获得, 在桥墩 3/4 处的位移为 22.72 mm, 应力为 3.18×10^{-7} MPa。

4.2.6. 整体模型其他数据

整个模型施加 300 kN 之后还可以获得最大应变 E 值，最大值为 1.24×10^{-10} ，应变云图如图 9 所示，以及最大支座反力 3.579×10^4 ，模型支座反力云图如图 10 所示。

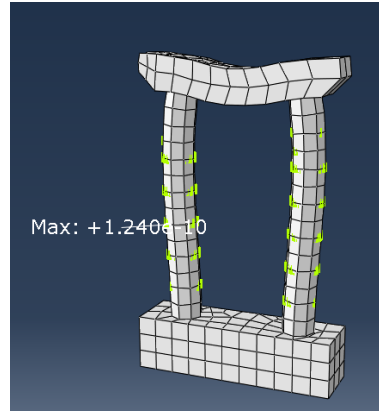


Figure 9. Bridge pier strain cloud map

图 9. 桥墩应变云图

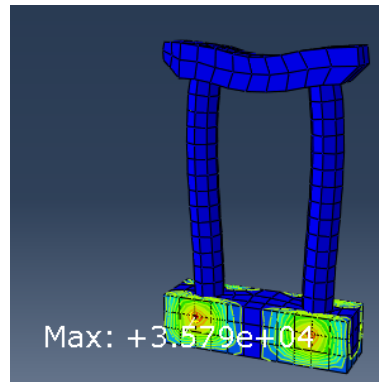


Figure 10. Support reaction cloud map

图 10. 支座反力云图

5. 结论

通过建立重庆某桥墩的有限元模型，模拟正常行驶车流量的情况下，施加了 300 kN 的荷载作用于桥墩的盖梁上，对施加荷载之后的桥墩进行分析研究，获得以下结论：

1) 在施加了 300 kN 的荷载作用下，桥墩盖梁中部应力最大，为 1.349×10^{-6} MPa；钢筋笼内侧顶部应力最大，为 1.036×10^{-6} MPa。

2) 在施加了 300kN 的荷载作用下，桥墩由上至下 1 m 处位移最大，为 26.45 mm；钢筋笼内侧顶部位移最大，为 177.8 mm。

3) 在控制点位置的 1/4 处、1/2 处和 3/4 处的应力位移分别为：1/4 处的位移：18.10 mm，应力： 7.68×10^{-7} MPa；1/2 处的位移为 20.50 mm，应力为 5.74×10^{-7} MPa；3/4 处的位移为 22.72 mm，应力为 3.18×10^{-7} MPa。

基金项目

碳纤维加固受到滚石损坏的桥墩试验研究(YKJCX2120615)。

参考文献

- [1] 张攀. 基于 ABAQUS 二次开发的装配式混凝土桥墩抗冻耐久性研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2021
- [2] 李振东. 基于 ABAQUS 的碳纳米管混凝土桥墩抗震性能的分析与研究[D]: [硕士学位论文]. 苏州: 苏州科技大学, 2021.
- [3] 谭宇光, 江胜华, 侯建国. 冲刷作用下桥墩结构体系的有限元计算[J]. 武汉大学学报(工学版), 2022: 1-8.
- [4] 陈宝喜, 于天来. ANSYS 在流冰对桥墩撞击仿真中应用[J]. 低温建筑技术, 2008, 30(4): 68-69.