

鸦岗村道门洞支架设计与应用

郭志远

(广州公路工程集团有限公司, 广东 广州 510075)

摘要: 依托广州市鸦岗立交简易互通的 A 匝道桥上跨既有高速公路现浇箱梁支架工程, 介绍贝雷支架支撑体系的施工技术和关键控制点, 利用 MIDAS/Civil 建立模型, 校验纵梁、垫梁、螺旋钢管和剪力撑的强度和稳定性, 分析小净空现浇箱梁“型钢支撑体系”的稳定性能。

关键词: 桥梁; 钢管支架; 小净空; 设计与应用

中图分类号: U442.5

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2021)05-0118-03

现浇箱梁是常见桥梁结构形式, 其施工关键控制点是支架搭设。常用支架有满堂支架和贝雷支架 2 种, 贝雷支架结构简单, 运输方便, 拆卸快速, 能克服复杂地形。该文结合广州鸦岗立交简易互通的 A 匝道桥上跨既有高速公路现浇箱梁支架工程, 采用 MIDAS/Civil 建立数值模型, 从工程安全、实用的角度探讨贝雷支架在匝道桥建设中的安全应用。

1 支架体系设计与试验

1.1 试验材料与参数

试验材料包括 Q235B 钢、TB17 阔叶材(截面尺寸 10 cm×10 cm)、胶合板(厚度 15 mm)、梁(16Mn 钢材), 材料参数见表 1。

表 1 试验材料参数

材料名称	弹性模量/ MPa	强度设计值/MPa	
		弯拉强度	抗剪强度
Q235B 钢	2.06×10^5	215	125.0
TB17 阔叶材	1.1×10^4	17	1.7
胶合板	4 200	27	1.7
16Mn 钢材	2.06×10^5	305	175.0

1.2 MIDAS/Civil 数值模拟

A 匝道第 5 联跨鸦岗村门洞支架采用钢管加工型钢形式, 采用 MIDAS/Civil 建模对各构件强度和稳定性进行分析(见图 1)。

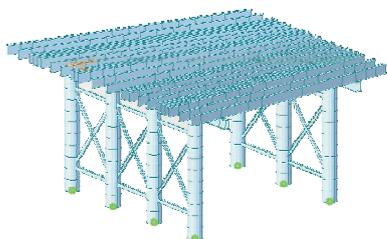


图 1 支架整体模型

1.2.1 强度计算分析

1.2.1.1 40a 工字钢纵梁应力分析

对 40a 工字钢纵梁和 2×I40a 工字钢垫梁进行动态应力加载, 探究其最大剪应力和最大弯曲应力, 模拟结果见图 2。

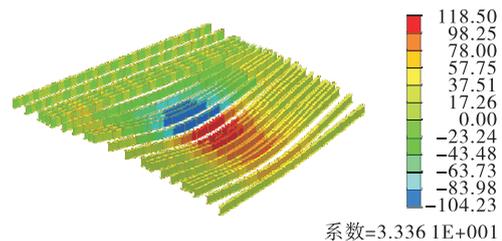


图 2 纵梁组合应力云图(单位: MPa)

最大弯曲应力为:

$$\sigma = E\epsilon = \frac{M}{I_z} y = 118.3 \text{ MPa} < f = 215 \text{ MPa}$$

最大剪应力为:

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{V}{bh} = 21.3 \text{ MPa} < f_v = 125 \text{ MPa}$$

最大组合应力为:

$$\sigma = 118.5 \text{ MPa} < f = 215 \text{ MPa}$$

应力校核:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 1.1f$$

$$\sqrt{\sigma^2 + \sigma_c^2 - \sigma\sigma_c + 3\tau^2} \leq \beta_1 f$$

支架纵梁的强度符合要求。

1.2.1.2 2×I40a 工字钢垫梁应力分析

对 2×I40a 工字钢垫梁进行最大弯曲应力和剪应力校核, 模拟结果见图 3。

最大弯曲应力为:

$$\sigma = 123 \text{ MPa} < f = 215 \text{ MPa}$$

最大剪切应力为:

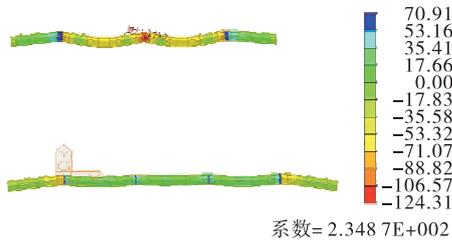


图 3 垫梁组合应力云图(单位:MPa)

$$\tau = 58.2 \text{ MPa} < f_v = 125 \text{ MPa}$$

最大组合应力为:

$$\sigma = 124.3 \text{ MPa} < f = 215 \text{ MPa}$$

支架工字钢垫梁的强度符合要求。

1.2.1.3 螺旋钢管应力分析

对螺旋钢管进行应力分析,模拟结果见图 4。

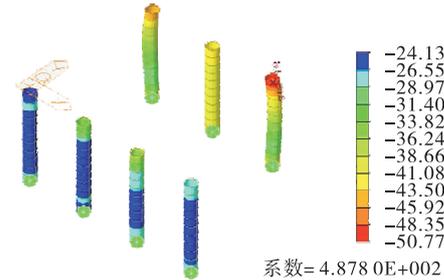


图 4 螺旋钢管应力云图(单位:MPa)

最大组合应力为:

$$\sigma = 50.8 \text{ MPa} < f = 215 \text{ MPa}$$

支架螺旋钢管的强度符合要求。

1.2.1.4 剪刀撑应力分析

剪刀撑采用 [14 槽钢。对剪刀撑进行应力分析,模拟结果见图 5。

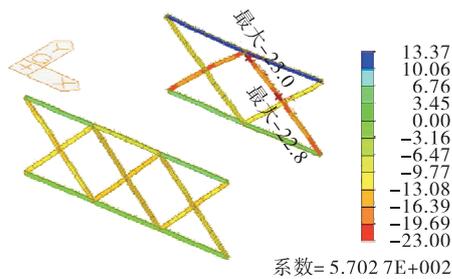


图 5 剪刀撑应力云图(单位:MPa)

最大组合应力为:

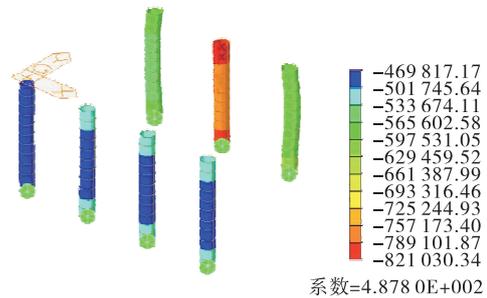
$$\sigma = 23 \text{ MPa} < f = 215 \text{ MPa}$$

支架剪刀撑的强度符合要求。

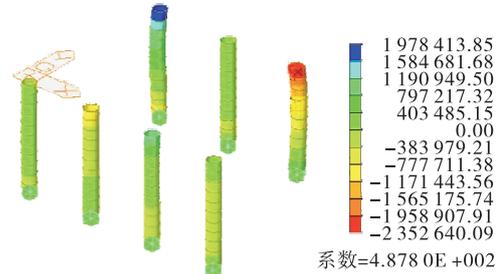
1.2.2 螺旋管稳定性计算

螺旋管的轴力和弯矩模拟结果见图 6。

螺旋管直径 630 mm,壁厚 10 mm,截面积为:



(a) 轴力(单位:kN)



(b) 顺桥向弯矩(单位:kN·m)

图 6 螺旋管轴力和弯矩云图

$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \times (630^2 - 610^2) = 19\,468 \text{ mm}^2$$

惯性矩为:

$$I = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) = \frac{\pi}{64} \times (630^4 - 610^4) = 935\,680\,750 \text{ mm}^4$$

截面积为:

$$W = \frac{\pi D^3}{16} \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right] = \frac{\pi \times 630^3}{16} \times \left[1 - \left(\frac{610}{630} \right)^4 \right] = 8\,573\,986.54 \text{ mm}^3$$

回旋半径为:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{935\,680\,750}{19\,468}} = 219.23 \text{ mm}$$

长细比为:

$$\lambda = \frac{L}{i} = \frac{5\,700}{219.23} = 26$$

根据《钢结构设计规范》,C、B 类截面轴心受压

稳定系数 $\varphi = 0.95$,应力为:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} + \frac{M_x + M_y}{W} = \frac{821\,030.3}{0.95 \times 19\,468} + \frac{2\,352\,640.1}{8\,573\,986.54} = 44.7 \text{ MPa}$$

$\phi 630$ 钢管柱的强度及稳定性满足要求。

1.2.3 变形计算与基础计算

(1) 变形计算。支架最大竖向位移为 16.42

$\text{mm} < 8 \times 200 / 400 = 20.5 \text{ mm}$ (见图 7)。

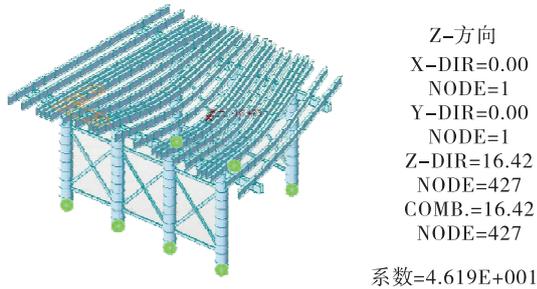


图 7 支架竖向位移云图(单位:mm)

(2) 基础计算。两侧螺旋钢管下方设置条形基础,尺寸为宽 1.2 m×高 1.2 m。标准荷载组合下,两侧螺旋钢管最大单柱反力 $F = 792.9 \text{ kN}$ (见图 8)。钢管通过底部钢板(长 80 cm×宽 80 cm×厚 1.5 cm)传递给 C20 条形基础,基础宽 1.2 m、高 1.2 m,脆性材料按照 45° 刚性角传递,传递到基础底面尺寸为 1.2 m×3.2 m。基底平均应力见式(1)。两侧条形基础安置在既有车道路面上,路面承载力特征值达到 700 kPa 以上,满足要求。

$$\sigma_d = \frac{N}{A} + \gamma_{\text{砼}} h = \frac{792.9}{1.2 \times 3.2} + 25 \times 1.2 = 236.5 \text{ kPa} \quad (1)$$

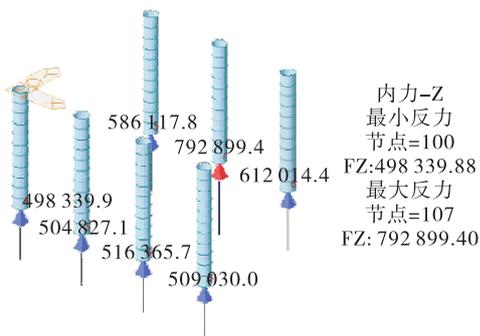


图 8 螺旋管反力云图(单位:N)

2 现浇支架的应用

应力计算和稳定性校核结果表明支架性能良好。基于上述数值模拟结果,进行支架搭建运用。

现浇箱梁为变宽现浇梁(喇叭形),为方便支架搭设、调整,顺桥向布置间距为 120 cm/60 cm(中横梁下 60 cm),横桥向底箱下方布置间距取 120 cm,水平杆步距取 150 cm,水平杆顶层步距减少一个盘扣距离。

采用新型盘扣式支架,竖杆采用 $\phi 60 \times 3.2 \text{ mm}$ Q345 钢管,横杆采用 $\phi 48 \times 2.5 \text{ mm}$ 钢管,竖向斜杆采用 $\phi 42 \times 2.75 \text{ mm}$ 钢管,剪刀撑采用 $\phi 48 \times 2.5$

mm 钢管;立杆步距设为 1.5 m(局部加密为 1 或 0.5 m),中横梁位置立杆布置为横、纵桥向 1.2 m×0.6 m,其他位置横、纵桥向 1.2 m×1.2 m;顺桥向、横桥向竖向斜杆均满格布置;水平剪刀撑步距 4.0~6.0 m;承重梁采用 I12.6 工字钢,横向布置,间距与顺桥向立杆匹配;分配梁采用 100 mm×100 mm 方木,间距 30 cm(空箱部位及翼板部位)或 20 cm(腹板及中横梁部位);模板采用 15 mm 厚优质胶合板。临边操作平台最外侧立柱高出操作平台 1.5 m,纵向向水平安装 3 条 $\phi 48$ 护栏钢管,护栏上安挂密目防护网及 0.5 m 提脚板(见图 9、图 10)。

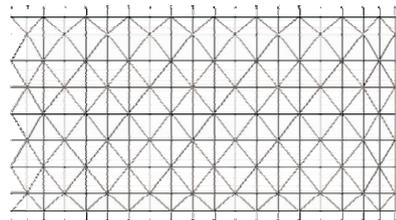


图 9 支架里面示意图

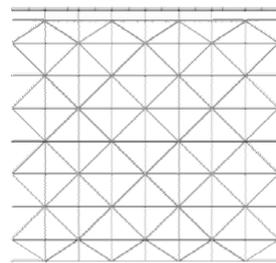


图 10 支架横断面示意图

结果证明,增加钢管直径对提高立杆承载力的效果远大于增加钢管壁厚的效果。考虑到中国尚未全面实现机械化施工,很多项目还不得不手工操作,采用 60 mm 直径的钢管作为支撑架的立杆比较适宜。Q345B 高强度低合金钢材的应用,在有效提高立杆承载力的前提下,可减少架体自重。

3 结语

对鸦岗村道门洞支架使用 MIDAS/Civil 建立数值模型,对纵梁、垫梁、螺旋钢管和剪力撑进行应力强度、稳定性校核,验证支架的安全性和稳定性良好,能达到设计要求和应用要求。

参考文献:

[1] 唐英.现浇箱梁满堂支架大跨径通行门洞设计研究[J].

(下转第 155 页)

4 结论

以屋场坪隧道 K11+125—155 段为研究背景,运用 ANSYS 对隧道开挖过程进行仿真分析,基于不同围岩参数和仿真结果建立正交型灰色关联分析模型,运用 MATLAB 编辑程序求解围岩稳定性对围岩参数的关联系数和关联度。从关联度计算结果来看,围岩力学参数对屋场坪隧道开挖后稳定性的影响大小排序为内摩擦角>黏聚力>弹性模量,内摩擦角对围岩稳定性的影响较大,选取不同的参数值对仿真结果影响较大,需给予足够重视。基于灰色关联分析理论和 ANSYS 软件仿真分析结果建立正交型灰色关联分析模型,运用 MATLAB 软件的编程功能可以确定不同围岩参数对围岩稳定性的敏感程度,为隧道施工和优化设计提供理论依据。鉴于隧道施工是一个动态过程,对于不同的地质情况,需重新构建样本数据和分析模型,从而得到可靠的分析结果。

参考文献:

[1] 董明余.灰色建模方法及其在预测中的应用研究[D].重庆:重庆大学,2016.
 [2] 张英,万文,程宏超.基于灰色 Verhulst 模型的隧道拱顶沉降预测[J].西部交通科技,2010(1):55—59.
 [3] 刘小俊,蒋雅君,陶双江,等.灰色模型在预测隧道围岩

变形中的应用[C]//中国土木工程学会.2016 中国隧道与地下工程大会(CTUC)暨中国土木工程学会隧道及地下工程分会第十九届年会论文集.北京:中国土木工程学会,2016:243—248.
 [4] 黎明星.基于灰色 Verhulst 模型的珠江新城隧道变形监测数据分析[J].科技资讯,2017,15(17):84—86.
 [5] 李梓源,王海亮.基于灰色关联度分析法的浅埋隧道围岩稳定性研究[J].安全与环境学报,2017,17(6):2079—2083.
 [6] 文辉辉,秦强,彭海华.基于 ANSYS 的灰色关联分析模型的围岩稳定性分析[J].水力发电,2018,44(12):27—30.
 [7] 倪健,陈甦,王彬,等.地铁盾构隧道长期沉降的灰色关联分析[J].森林工程,2018,34(1):71—74.
 [8] 刘思峰,党耀国.灰色系统理论及其应用[M].8 版.北京:科学出版社,2017.
 [9] 郝静,贾仰文.应用正交试验法分析地下水模型参数灵敏度[J].人民黄河,2015,37(9):66—68.
 [10] 田庆,李官群.基于施工监测数据及数值回归的山岭隧道围岩稳定性分析[J].公路与汽运,2021(2):123—125.
 [11] 周凯,胡敏.隧道穿越溶洞群对围岩及支护结构稳定性的影响[J].公路与汽运,2020(6):149—155.
 [12] 罗跃锋.大华山隧道围岩稳定性及结构可靠度研究[D].武汉:武汉理工大学,2014.

收稿日期:2020—08—04

(上接第 120 页)

科学技术创新,2021(5):138—139.
 [2] 孙恒.现浇箱梁门洞支架受力分析[J].公路交通科技(应用技术版),2020(9):267—269.
 [3] 王欢.跨国道现浇箱梁支架施工技术研究[J].工程建设与设计,2020(11):250—251+254.
 [4] 李杨.跨公路连续梁支架设计与计算分析[J].交通世

界,2020(11):121—122+125.
 [5] 赵建民.大跨度大面积贝雷梁门洞支架体系设计与应用[J].施工技术,2017,46(增刊 1):394—399.
 [6] 王宁.桥梁大跨径门洞支架的设计及施工[J].铁道勘察,2019,45(3):104—108.

收稿日期:2021—06—08

(上接第 151 页)

[4] 蒋颖.溶洞分布部位对隧道稳定性影响的数值分析[J].铁道标准设计,2009,38(6):67—70.
 [5] 吴梦军,许锡宾,赵明阶,等.岩溶地区公路隧道施工力学响应研究[J].岩石力学与工程学报,2004,23(9):1525—1529.
 [6] 王高波.岩溶隧道围岩稳定性及施工力学行为分析[D].重庆:重庆大学,2011.
 [7] 郭而东.溶洞位置对隧道围岩稳定性的影响及治理方案研究[D].西安:长安大学,2014.

[8] 赵明阶,刘绪华,敖建华,等.隧道顶部岩溶对围岩稳定性影响的数值分析[J].岩土力学,2003,24(3):445—449.
 [9] 宋战平.隐伏溶洞对隧道围岩一支护结构稳定性的影响研究[J].岩石力学与工程学报,2006,31(5):1296.
 [10] 宋战平,杨腾添,张丹锋,等.溶洞对隧道(洞)稳定性影响的数值试验及现场监测分析[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2014,46(4):484—491.

收稿日期:2020—07—13