

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.11.063

# 基于有限元的盘扣支架稳定性及影响因素研究

宋国芳

(杭州水电建筑集团有限公司, 浙江 杭州 310017)

**摘要:** 随着桥梁等大基建的发展,大临结构盘扣支架稳定性的分析越来越重要。依托工程背景为某现浇桥梁支架,通过对不同设计参数的变化,分析对盘扣支架承载性能的影响。基于数值模拟分析软件研究该盘扣支架的应力、变形、承载极限等变化。重点对立杆间距和立杆高度两种设计参数对盘扣支架的承载性能影响开展研究。结果表明:随着立杆间距、立杆高度的增大,支架承载性能逐渐降低;立杆间距为 0.6 m 时,支架的承载能力最强;在强风地带搭设支架时建议增设连墙杆件或者缩小立杆间距来增强支架稳定性。在实际工程中,若搭设高模板支架,可以通过增设斜杆或者连墙杆件增强支架的稳定性。高度大于 16 m 小于 24 m 支架顶层满布斜杆,大于 24 m 支架整体满布斜杆设置。

**关键词:** 盘扣支架;跨度;高度;稳定性;有限元分析

**中图分类号:** U455

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2024)11-0276-04

## 0 引言

随着国家一带一路的建设,对铁路、公路、桥梁等行业的投资也在增加。在桥梁建设中,盘扣支架的应用场景多,这是由于其承载能力强、安全稳定、安装方便、外形美观等特点<sup>[1-2]</sup>。然而,施工人员对支架的参数设计重视程度不足,近年来支架倒塌事故频发。因此,科研人员对支架的力学性能及稳定性开展了多项研究。

东南大学钱晓军<sup>[3]</sup>对盘扣模板支架进行了节点试验研究,包括节点抗弯、连接盘抗剪、连接盘抗拉强度、可调底座和夹具压缩试验等。中南大学陈龙<sup>[4]</sup>使用有限元分析软件 SAP2000,对整个框架进行建模和分析,通过节点的力学性能试验、插销式钢管模板支架的足尺试验,比较分析了模板支架系统各种力学性能的影响因素。

因此,盘扣式满堂支架将不稳定的风险降至最低变得越来越重要。本文以数值模拟的方法建立模型,探讨其影响参数和稳定性,以期有效解决工程实际问题<sup>[5-9]</sup>。

## 1 有限元模型

根据实际工程情况,箱梁需采用盘扣式满堂支架

施工。梁的横截面见图 1,支架由 Q235 钢制成。上部的荷载由方木传递至钢管上。结构计算的尺寸见表 1。

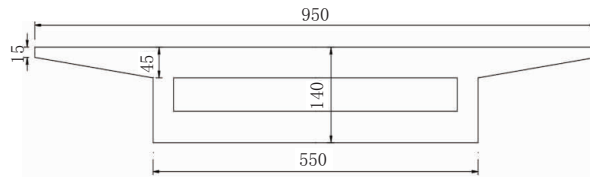


图 1 梁横断面图(单位:cm)

表 1 结构尺寸计算参数表

类型	D/mm	tw/mm	B/mm	H/mm
竖直钢管	60.3	3.2	—	—
水平钢管	48.3	2.5	—	—
斜撑钢管	48.3	2.5	—	—
纵向方木	—	—	150	50
横向方木	—	—	100	120

为了探究盘扣式满堂支架的稳定性及其影响因素,建立了盘扣式满堂支架模型。垂直钢管和水平钢管采用斜撑钢管连接,释放梁端约束。模型的条件是底部约束 DX、DY 和 DZ。木板和方木之间以及方木和垂直钢管之间使用弹性连接。施加自重和人工机具荷载,并通过分布表面荷载来模拟梁的重量<sup>[10]</sup>,梁荷载见图 2,有限元模型见图 3。

## 2 影响因素分析

### 2.1 立杆不同间距的影响

桥梁横断面方向立杆间距为:  $2 \times 1.5 \text{ m}$ (翼板)+

收稿日期: 2023-10-28

作者简介: 宋国芳(1973—),男,本科,高级工程师,从事道路桥梁施工重难点研究工作。

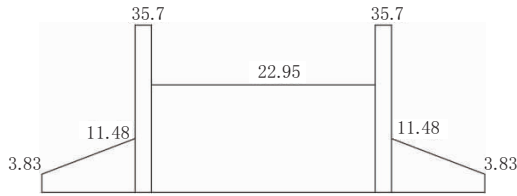


图2 立杆荷载布置图(单位:kN/m<sup>2</sup>)

0.9 m(腹板)+1.2 m(调整)+1.5 m(底板)+1.2 m(调整)+0.9 m(腹板)+2 × 1.5 m(翼板),桥梁纵向分别采用立杆间距为 0.6、1.2、1.5、2.1 m 建立四个模型。不同跨径支撑架各项数值见表 2,值 1 表示不组合风荷载,值 2 表示组合风荷载。不同间距支撑架各项数

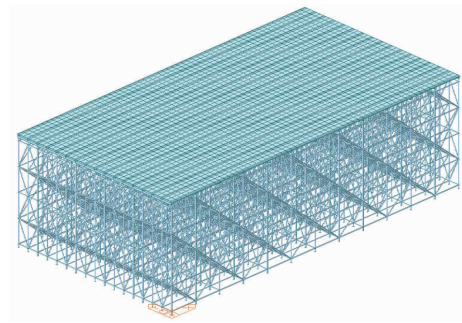
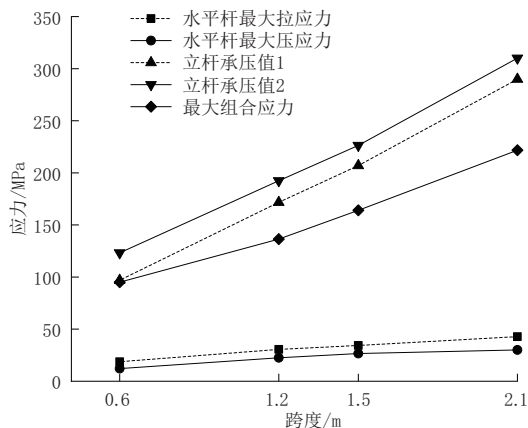


图3 有限元模型图

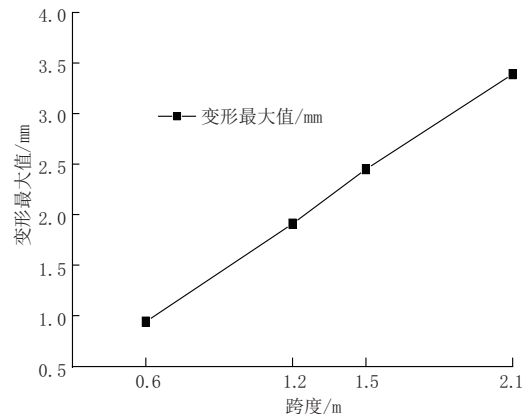
据对比见图 4,不同间距下地基承载力、承载极限对比见图 5,不同间距下临界荷载对比见图 6。

表2 不同跨径支撑架各项数值表

跨度	数值										
	立杆轴力最大值 1/kN	立杆轴力最大值 2/kN	水平杆最大拉应力 / MPa	水平杆最大压应力 / MPa	临界荷载系数	变形 / mm	立杆承压值 1/MPa	立杆承压值 2/MPa	最大组合应力 /MPa	地基承载力 / kPa	承载极限 / kPa
2.1	107.8	108.2	42.8	30.0	2.726	3.39	289.9	310.1	221.8	347	953.4
1.5	77.0	77.3	34.3	26.6	3.611	2.45	207	226.4	164.1	246	1 389.7
1.2	63.9	64.5	30.6	22.5	4.519	1.91	171.7	192.4	136.4	204	1 690.5
0.6	36.1	37.1	18.7	12.1	8.904	0.94	97.0	123.2	95.1	117	3 108.9



(a)应力对比图



(b)变形对比图

图4 不同间距支撑架各项数据对比图

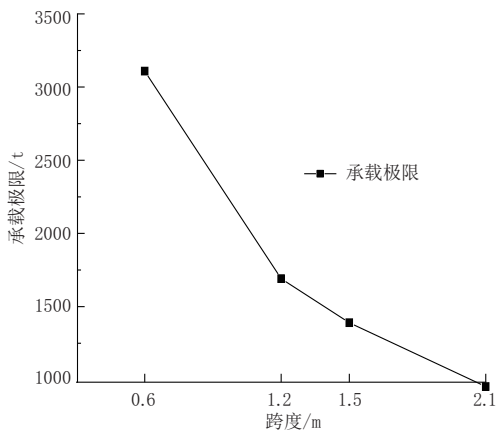


图5 不同间距下承载极限对比图

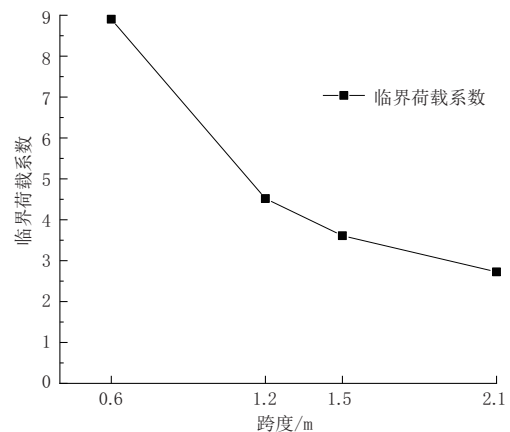


图6 不同间距下临界荷载对比图

随着支架间距减小,支撑架组合应力、立杆承压值逐渐减小,不组合风荷载时,当立杆间距 2.1 m,支

架组合应力值为 205.45 MPa,立杆间距 1.5 m 时,支撑架组合应力值为 155.61 MPa,下降幅度 24.26%;立

杆间距 1.2 m 时,支架组合应力值为 125.91 MPa,下降幅度 19.09%;立杆间距 0.6 m 时,支架组合应力值 67.47 MPa,下降幅度 46.41%。

当立杆间距从 2.1 m 变为 0.6 m 时,支架应力值大幅度下降,立杆间距 0.6 m 时,支架的承载能力最强,但间距为 0.6 m 时,支架承载能力明显过剩导致造价提高。当间距取 1.5 m 时,支架的应力值相较于间距 2.1 m 下降幅度明显,且支架承载能力满足要求,间距 2.1 m 时立杆承压大于 300 MPa,不满足要求。所以实际工程中建议采用立杆间距 1.5 m 搭设支架,节约成本,减小工作量。若对承载能力有更高要求可以考虑选择间距 1.2 m 或 0.6 m。

组合风荷载后支架整体组合应力值有所增加,但增加幅度不明显且比较均匀,说明随着立杆间距的缩小,风荷载对于支架的影响不大。

随着架体立杆间距减小,临界荷载系数逐渐增

大。立杆间距为 2.1 m 时,临界荷载系数 2.726,立杆间距为 1.5 m 时,临界荷载系数 3.6 [11],增大幅度 32.47%;立杆间距 1.2 m 时,临界荷载系数 4.519,增大幅度 25.15%;立杆间距 0.6 m 时,临界荷载系数 8.904,增大幅度 97.03%。随着架体立杆间距减小,临界荷载系数逐渐增大,当立杆间距取 0.6 m 时,相较于 1.2 m 时临界荷载系数变化最明显,而立杆间距从 2.1 m 到 1.2 m,临界荷载系数变化比较均匀,当立杆间距为 0.6m 时,支架的承载能力最强。

### 2.2 支架不同高度的影响

立杆间距取 1.2 m 不变,分别建立支架高度为 6.5、9.5、18.5、27.5 m 四种支架模型,通过有限元分析软件分析对比支架随着高度增加的内力、挠度、应力等变化。不同高度支撑架各项数值见表 3,不同高度支撑架各项数据对比见图 7,不同跨径下地基承载力、承载极限对比见图 8,不同高度下临界荷载对比见图 9。

表 3 不同高度支撑架各项数值表

高度	数值										
	立杆轴力 最大值 1/kN	立杆轴力 最大值 2/kN	水平杆最大 拉应力 / MPa	水平杆最大 压应力 / MPa	临界荷载 系数	变形 / mm	立杆承压值 1/MPa	立杆承压值 2/MPa	最大组合 应力 / MPa	地基承载力 / kPa	承载 极限 /t
6.5	63.9	64.5	30.6	22.5	4.519	1.91	171.7	192.4	136.4	204	1 690.5
9.5	64.9	67.7	29.5	20.9	4.584	2.66	174.7	202.2	153.4	208	1 672.6
18.5	64.9	81.3	30.6	26.5	4.529	4.97	174.7	240.8	213.5	210	1 117.5
27.5	65.3	106.2	31.1	30.8	4.532	7.28	175.5	383.9	305.6	212	791.5

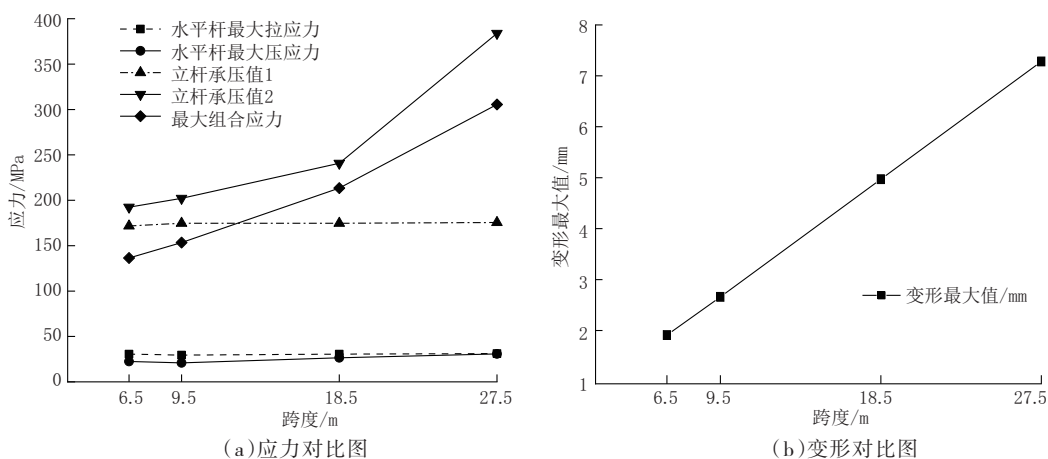


图 7 不同高度支撑架各项数据对比图

随着支架高度的增加,支架的组合应力、立杆承压压力都有所增加,在不考虑风荷载的情况下,应力变化不明显,说明高度的增加对于支架内力、应力的变化影响不大,所有支架应力值均小于 Q355 钢抗压强度设计值,满足要求。在考虑风荷载的情况下,高度 6.5m 时组合应力值为 136.39 MPa,高度 9.5 m 时组合应力值为 153.44 MPa,增大幅度为 12.5%,高度

18.5 m 时组合应力值为 213.4 6MPa,增大幅度为 39.12%,高度 27.5 m 时组合应力值为 305.63 MPa,增大幅度 43.19%,立杆的应力以及组合应力变化幅度明显,且呈现上升的趋势。

当高度为 6.5 m 时,不组合风荷载应力值为 125.91 MPa,组合风荷载应力值为 136.39 MPa,增大幅度 8.32%;高度为 9.5 m 时,不组合风荷载应力值

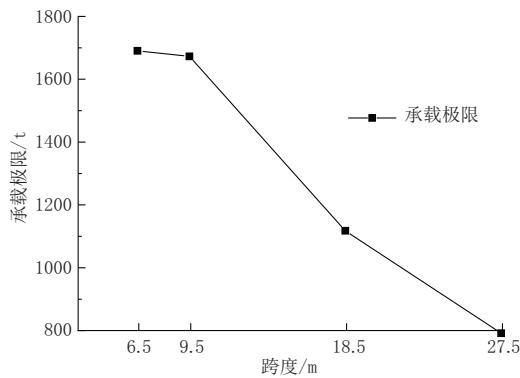


图8 不同跨径下承载极限对比图

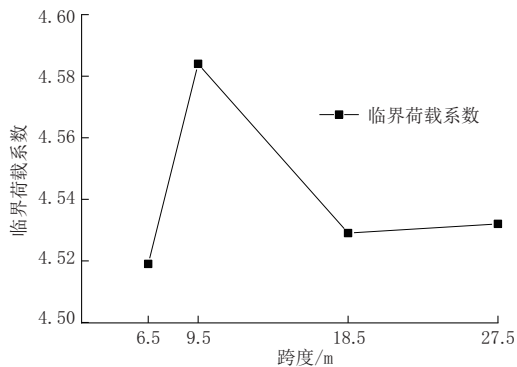


图9 不同高度下临界荷载系数对比图

134.52 MPa, 组合风荷载应力值 153.44 MPa, 增大幅度 14.23%, 高度为 18.5 m 时, 不组合风荷载应力值 129.70 MPa, 组合风荷载应力值 213.46 MPa, 增大幅度 64.58%, 高度为 27.5 m 时, 不组合风荷载应力值 131.69 MPa, 组合风荷载应力值 305.63 MPa, 增大幅度 132.08%, 说明随着高度增加, 风荷载对于支架有着很大的影响, 尤其是高度达到 27.5 m 时最为明显, 甚至减小支架的稳定性以及承载能力。当支架高度为 27.5 m 时, 组合风荷载情况下组合应力值为 305.63 MPa, 不满足 Q355 钢抗压强度设计值 300 MPa, 所以实际工程若在强风地带搭设支架时建议增设连墙杆件或者缩小立杆间距来增强支架稳定性。

支架高度达到 9.5 m 时, 支架临界荷载系数最大, 系数为 4.584, 然后随着支架高度的增加, 临界荷载系数减小, 高度 18.5 m 时系数为 4.529, 下降幅度 1.2%。在实际工程中, 若搭设高模板支架, 可以通过增设斜杆或者连墙杆件增强支架的稳定性。高度大

于 16 m 小于 24 m 支架顶层满布斜杆, 大于 24 m 支架整体满布斜杆设置。

## 5 其他工程应用

本文以有限元法为基础, 结合工程实例, 建立了盘扣满堂支架不同跨度、不同高度的有限元模型, 对盘扣支架进行应力、位移、临界荷载、承载极限对比分析, 得到以下结论:

(1) 随着立杆间距、立杆高度的增大, 支架承载性能逐渐降低;

(2) 立杆间距为 0.6 m 时, 支架的承载能力最强;

(3) 在强风地带搭设支架时建议增设连墙杆件或者缩小立杆间距来增强支架稳定性;

(4) 搭设高模板支架, 可以通过增设斜杆或者连墙杆件增强支架的稳定性。高度大于 16 m 小于 24 m 支架顶层满布斜杆, 大于 24 m 支架整体满布斜杆设置。

### 参考文献:

- [1] 桂志敬, 张建东, 冯晓楠, 等. 承插型盘扣钢管支架在桥梁工程中的应用[J]. 公路交通科技, 2018, 35(10): 76-81.
- [2] 徐蓉, 刘碧波, 马荣全. 承插型盘扣式模板支架体系试验研究[J]. 施工技术, 2014, 43(5): 77-81, 91.
- [3] 钱晓军. 盘扣式及碗扣式钢管支架节点试验及应用技术研究[D]. 南京: 东南大学, 2016.
- [4] 陈龙. 承插型盘扣式钢管模板支架受力性能影响因素分析[D]. 长沙: 中南大学, 2013.
- [5] 郭子毅, 李世悦, 宣立发, 等. 承插型盘扣式满堂支架稳定性及影响因素研究[J]. 化学工程与装备, 2022(11): 16-20.
- [6] Tom Koole, Ed Elbers. Responsiveness in teacher explanations: A conversation analytical perspective on scaffolding[J]. Linguistics and Education, 2014: 15-26.
- [7] 桂志敬, 张建东, 冯晓楠, 等. 承插型盘扣钢管支架在桥梁工程中的应用[J]. 公路交通科技, 2018, 35(10): 76-81.
- [8] 班晓军. 桥梁现浇箱梁盘扣式满堂支架安全设计与验算分析[J]. 北方交通, 2019(1): 14-18, 22.
- [9] 周继忠, 吴培良, 郑永乾, 等. 盘扣式钢管承重支架力学性能试验研究[J]. 工业建筑, 2019, 49(11): 119-124, 130.
- [10] 章贝贝, 樊训良, 林京京, 等. 基于有限元的盘扣式钢管满堂支架稳定性研究分析[J]. 地基处理, 2020, 2(6): 492-496.
- [11] JGJ 162—2014, 建筑施工模板安全技术规范[S].