

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2018.10.011

承插型盘扣钢管支架在桥梁工程中的应用

桂志敬¹, 张建东^{2,3}, 冯晓楠², 刘 朵²

(1. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064; 2. 苏交科集团股份有限公司, 江苏 南京 211112;
3. 南京工业大学, 江苏 南京 211816)

摘要: 针对承插型盘扣钢管支架(以下简称“盘扣支架”), 采用现场检测、整架荷载试验、节点刚度试验以及数值分析等方法, 开展了技术指标、力学性能、施工性能等研究。通过对某现场所采用盘扣支架构配件的插销抗拔力、水平杆接头强度等9项力学指标进行检测, 结果表明支架外观、几何尺寸、力学性能等构配件指标基本满足施工质量要求; 通过节点刚度加载试验, 得出目前常规使用的盘扣支架节点刚度值约为 $27 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$, 达到规范要求的1.4倍; 针对3个步距的盘扣支架足尺模型, 采用竖向、水平双向同时加载, 进行了整架荷载试验, 盘扣支架破坏形式呈现为顶部立杆局部失稳, 整体支架的极限承载能力为规范计算值的1.6倍, 具有较大的安全储备; 盘扣支架安装较为方便, 其搭设效率约为碗扣支架的2倍, 可有效缩短施工时间。因此, 盘扣支架作为一种新型的承重支架形式, 在承载能力、材料用量、搭设速度、施工安全性等方面具有明显优势, 在桥梁工程中具有广泛的应用推广前景。

关键词: 桥梁工程; 支架安全; 荷载试验; 盘扣支架; 节点刚度

中图分类号: U445.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268(2018)10-0076-06

Application of Socket Type Disk Buckling Steel Tubular Scaffold in Bridge Engineering

GUI Zhi-jing¹, ZHANG Jian-dong^{2,3}, FENG Xiao-nan², LIU Duo²

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an Shaanxi 710064, China; 2. JSTI Group, Nanjing Jiangsu 211112, China;
3. Nanjing University of Technology, Nanjing Jiangsu 211816, China)

Abstract: For socket type disk buckling steel tubular scaffold (hereinafter referred to as “disk buckling scaffold”), by means of field test, load test on the whole scaffold, stiffness test on nodes and numerical analysis, the research on technical index, mechanical performance and construction performance is carried out. Through the test on 9 mechanical indexes of disk buckling scaffold accessories used at a construction site such as bolt pull-out resistance and joint strength of horizontal bar, it is found that the appearance, geometric dimensions and mechanical properties of the scaffold basically meet the construction quality requirements. According to the joint stiffness loading test, the joint stiffness of present normally used disk buckling scaffold is about $27 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$, which is about 1.4 times as much as the specification. For the full-scale model of 3-step disk buckling scaffold, the vertical, horizontal simultaneous loading is used for load test on the whole scaffold. The failure form of the disk buckling scaffold presents as the local instability of the top shaft, and the ultimate bearing capacity of the whole scaffold is 1.6 times of the calculated value in the specification, which has a large safety reserve. The installation of disk buckling scaffold is convenient and its installation efficiency is about 2 times as much as that of cup buckling scaffold, and the construction time can be shortened effectively. Thus, as a new type of load-bearing bracket, disk buckling scaffold has obvious advantages in bearing capacity, material consumption, erection speed, construction safety and so on. It has a

收稿日期: 2018-01-12

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0805300, 2017YF0805302)

作者简介: 桂志敬(1977-), 男, 北京人, 博士研究生, 高级工程师。(306098766@qq.com)

broad application prospect in bridge engineering.

Key words: bridge engineering; safety of scaffold; loading test; disk buckling scaffold; stiffness of joint

0 引言

满堂支架法是桥梁施工中较为常见的施工方法, 该施工方法是按一定间隔密布搭设起支撑作用的脚手架, 将上部荷载传至地基^[1-4]。桥梁施工中常采用的支架种类为扣件式钢管支架、碗扣式钢管支架、门式钢管支架和盘扣支架。其中, 盘扣支架作为一种新型的产品形式, 在承载能力、材料用量、搭设速度、安全性及外观方面优势明显^[4-8], 近些年在支架施工中异军突起, 大受青睐^[1]。但因其造价比较高, 租赁单价明显高于其他常用支架, 一时无法在桥梁工程上实现大规模推广使用。

因此, 本研究通过对某桥梁工程中盘扣支架的构配件质量测试、节点刚度试验和整架承载能力试验研究, 分析盘扣支架的受力性能和结构适用性, 总结盘扣支架在桥梁工程中的应用情况, 探讨其推广利用价值。

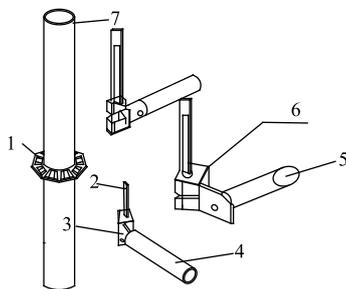
1 结构特点

根据规范^[9-10]可知, 盘扣支架构配件主要包括立杆、水平杆、斜杆、可调底座、可调托撑、连接盘等, 其结构特点见表 1, 节点构造如图 1 所示。

表 1 盘扣支架的主要结构特点

Tab. 1 Main structural features of disk buckling scaffold

序号	项目	盘扣支架
1	立杆钢管材料	Q345
2	防腐工艺	热浸镀锌
3	立杆外径×壁厚/mm×mm	48.3×3.2, 60×3.2
4	节点间距/m	0.5
5	剪刀撑	节间斜撑



1—连接盘; 2—插销; 3—水平杆杆端扣接头; 4—水平杆;
5—斜杆; 6—斜杆杆端扣接头; 7—立杆

图 1 盘扣节点构造图

Fig. 1 Structure of disk buckling node

从表 1 可知, 盘扣支架立杆采用的是 Q345 钢材, 普通立杆 (截面为 48.3 mm×3.2 mm) 横截面积为 453 mm², 其单根立杆理论极限承载力为 135 kN, 满足桥梁工程中对承重支架的承载力要求。盘扣支架是采用热浸镀锌, 其防腐能力强, 耐久性好, 可以减少维修保养成本, 延长使用寿命。同时, 盘扣支架节点间距模数为 0.5 m, 布置比较灵活; 采用斜撑形式, 可以使每个搭设单元形成一个稳定体系, 支架结构的安全性和稳定性更容易得到保证^[11-12]。因此, 盘扣支架的结构特点在桥梁工程应用中具有一定的优势。

2 构配件质量测试

本研究针对某现浇混凝土桥梁工程 (以下依托工程) 中使用的盘扣支架, 对其构配件质量进行了随机测试, 主要包括外观质量、几何尺寸及力学性能 3 个方面。

2.1 外观质量

从现场调查结果来看, 盘扣支架可调底座中, 约 90% 的底板变形超过了规范^[9-10]要求的 1 mm; 部分可调底座的底板存在少量变形以及部分构配件外观留有少量混凝土污泽等情况, 其他外观指标均满足要求。

2.2 几何尺寸

从依托工程现场随机抽取了 2 m 立杆 60 根、1 m 立杆 20 根、1.5 m 横杆 21 根、1.2 m 横杆 124 根、0.9 m 横杆 54 根、0.6 m 横杆 15 根、0.9 m×1.5 m 斜杆 31 个、1.2 m×1.5 m 斜杆 86 个、1.5 m×1.5 m 斜杆 20 个、连接盘 109 个、防拔出销 104 个、可调底座 21 个、可调托撑 21 个, 对其几何尺寸进行了检测。根据规范^[9-10]的相关要求, 现将部分测试结果与规范值相对比, 分析目前盘扣支架市场的产品质量。

盘扣支架立杆部分关键技术指标检测结果如图 2 所示。盘扣立杆的外径、壁厚、直线度和连接套管外伸长度虽不满足规范比例分别为 26.7%, 55%, 11.1% 和 8.7% (见表 2), 但是从图 2 中可以看出其中有大部分是超过了技术指标的上限值而不是下限值, 这将增加单根立杆的极限承载力, 对于结构整体受力是有益的。以盘扣支架立杆横截面积最不利值考虑, 规格 $\phi 48.25 \text{ mm} \times 3.04 \text{ mm}$ 的立杆比规

表2 盘扣支架构件几何尺寸抽样检测

Tab. 2 Sampling inspection of geometric dimensions of disk buckling scaffold components

构配件	检测项目	规范要求/mm	现场测试结果		
			均值/mm	最不利值/mm	不满足比例/%
立杆 (长2 m)	外径	$48.3^{+0.2}_{-0.1}$	48.5	48.2	43
	壁厚	$3.2^{+0.1}_{-0.1}$	3.3	3.0	55
	直线度	$\leq L/1\ 000$	0.8	3.4	11
	连接套管外伸长度	≥ 75	75.6	74.5	9
横杆 (长1.2 m)	外径	$48.3^{+0.2}_{-0.1}$	48.6	48.1	59
	壁厚	$2.5^{+0.1}_{-0.1}$	2.7	2.4	73
可调底座	底板厚度	$5^{+0.2}_{-0.2}$	5	4.6	29
可调托撑	螺杆与螺母旋合长度	≥ 5	4.1	3.0	81
	托板厚度	$5^{+0.2}_{-0.2}$	4.8	4.6	62
	支挡板高度	50^{+1}_{-1}	50.1	49.1	10
	螺杆与螺母旋合长度	≥ 5	4.0	4.0	100

注:表中螺杆与螺母旋合长度的单位为扣。

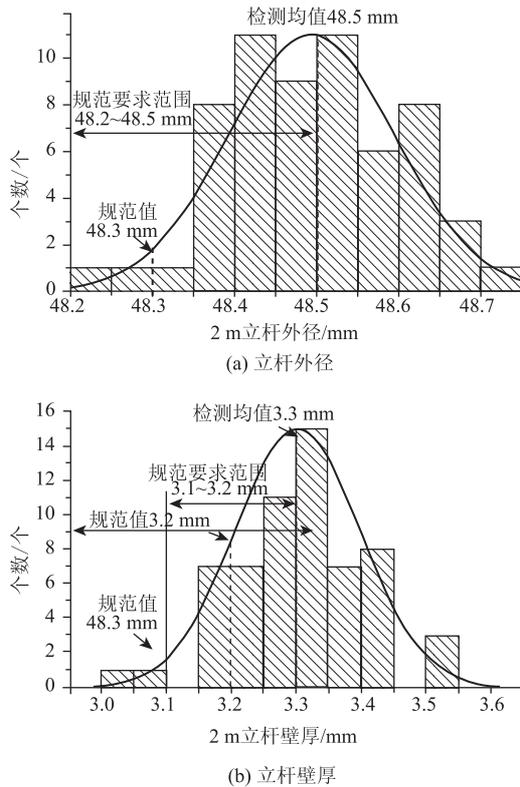


图2 构配件几何尺寸测试结果分布图

Fig. 2 Distributions of geometric dimension test result of components

规范要求 $\phi 48.3\text{ mm} \times 3.2\text{ mm}$ 的承压面积减少 1.9%, 但因此引起的单根立杆的承载力几乎没有影响。

2.3 力学性能

根据盘扣支架规范^[10]中的构件强度要求, 从依托工程现场随机选择 4~24 组构配件进行插销抗拔力、水平杆接头强度等 9 项力学指标性能进行试验,

试验结果如表 3 所示。

从表 3 中力学性能试验结果看出: 除插销抗拔力及连接盘双侧抗剪强度分别有 2 组不满足规范要求外, 其余检测项目均满足规范要求。盘扣支架插销抗拔力与连接盘双侧抗剪强度不满足规范要求, 会降低盘扣支架的节点刚度。

表3 盘扣支架构件力学性能试验结果

Tab. 3 Test result of mechanical property of disk buckling scaffold components

构配件	组数/组	试验项目	规范要求	测试结果
插销	24	抗拔力	加载至 $P = 3\text{ kN}$ 未破坏	2 组不符合要求
水平杆接头	8	强度	加载至 $P = 30\text{ kN}$ 未破坏	全部符合要求
连接盘	8	单侧弯剪极限承载力	加载至 $P = 45\text{ kN}$ 未破坏	全部符合要求
	24	双侧弯剪极限承载力	加载至 $P = 105\text{ kN}$ 未破坏	2 组不符合要求
可调底座	8	焊接强度	加载至 $P = 155\text{ kN}$ 未破坏	全部符合要求
	4	轴心抗压强度	加载至 $P = 180\text{ kN}$ 未破坏	全部符合要求
可调托座	4	偏心抗压强度	加载至 $P = 150\text{ kN}$ 未破坏	全部符合要求
	4	轴心抗压强度	加载至 $P = 180\text{ kN}$ 未破坏	全部符合要求
可调托座	4	偏心抗压强度	加载至 $P = 150\text{ kN}$ 未破坏	全部符合要求

3 节点刚度

3.1 试验

在依托工程中随机挑选 8 组盘扣支架的构配件组成节点进行节点刚度试验, 试验结果见表 4, 结果分析如图 3 所示。

由表 4 可知, 此 8 组节点刚度试验节点刚度的平均 K 值为 $27.4\text{ kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$, 建议取值 $27\text{ kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$ 。因此, 满足规范^[13-14]中盘扣支架的节点刚度为 $20\text{ kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$ 的相关规定。

表4 节点刚度试验 K 值试验结果 (单位: $\text{kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$)Tab. 4 Test result of node stiffness K values (unit: $\text{kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$)

加载范围/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	1 组	2 组	3 组	4 组	5 组	6 组	7 组	8 组	平均值
$0 < M \leq 0.875$	25.8	22.4	29.0	16.5	32.5	33.8	29.2	29.6	27.4

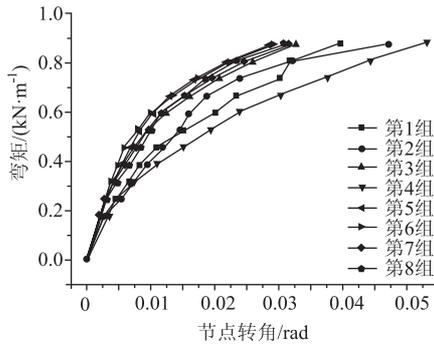


图 3 盘扣支架节点弯矩 - 转角汇总

Fig. 3 Summary of bending moments and rotation angles of disk buckling scaffold nodes

3.2 有限元分析

为研究盘扣支架节点刚度对其整架承载力的影响, 本研究根据盘扣支架的结构特点、规范要求 and 实际搭设情况, 通过 MiDas Civil 有限元分析软件建立盘扣支架半刚性节点空间模型进行分析。模型建立原则如下:

- (1) 利用 Midas Civil 有限元软件中的梁单元模拟盘扣支架的立杆和横杆。
- (2) 盘扣支架为三维空间杆系结构, 立杆底部

表 5 盘扣支架节点刚度实体模型分析参数设置

Tab. 5 Parameter setting for solid model analysis on stiffness of disk buckling scaffold node

架体/m			立杆顶端伸出	首层水平杆	水平斜杆设置	截面尺寸/mm		水平荷载 ^[15]
宽度	长度	高度	长度/m	离地高度/m	间隔	立杆	水平杆	
2.4	2.4	7.2	0.65	0.55	4 个步距	48 × 3.2	42 × 2.5	2.5% 混凝土自重

因此, 分别建立水平杆和斜杆与立杆之间节点刚度为 0 ~ 50 kN · m/rad, 共 12 种工况, 计算结果如表 6 所示。

表 6 节点刚度对盘扣支架承载能力的影响分析

Tab. 6 Analysis on effect of node stiffness on bearing capacity of disk buckling scaffold

工况	节点刚度 $K/[(kN \cdot m) \cdot rad^{-1}]$	立杆极限承载力 P/kN		安全系数 P_f/P_g
		有限元分析值 P_f	规范设计值 P_g	
WK-1	0	48.38	30.38	1.59
WK-2	5	53.52	30.38	1.76
WK-3	10	57.12	30.38	1.88
WK-4	15	59.71	30.38	1.97
WK-5	20	61.68	30.38	2.03
WK-6	25	63.23	30.38	2.08
WK-7	30	64.49	30.38	2.12
WK-8	35	65.52	30.38	2.16
WK-9	40	66.39	30.38	2.19
WK-10	43	66.85	30.38	2.20
WK-11	45	67.13	30.38	2.21
WK-12	50	67.77	30.38	2.23

铰接, 顶端自由且在横向方向设置工字钢梁 (工字钢截面特性采用 10# 钢), 模拟承重支架实际施工受力。

(3) 立杆与立杆之间为刚接, 立杆与水平杆和斜杆之间为半刚性连接, 可以用释放梁端约束来实现, 释放方向为梁单元 Y 方向, 其 X, Z 方向均设置为刚接。

(4) 根据规范要求, 盘扣支架基准模型每层设置竖向斜杆, 每隔 4 个步距设置一层水平斜杆。

(5) 基准模型基本参数为: 立杆、水平杆、竖向斜杆和水平斜杆的钢管材质分别为 Q345A、Q235A、Q195A 和 Q235B; 立杆、水平杆、竖向斜杆和水平斜杆的钢管标准截面尺寸为 $\phi 48 \text{ mm} \times 3.2 \text{ mm}$ 、 $\phi 42 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm}$ 、 $\phi 33 \text{ mm} \times 2.3 \text{ mm}$ 和 $\phi 42 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm}$; 其他设计参数详见表 5。

(6) 考虑由施工时混凝土的振动、冲击、不均匀恒载等未预见因素产生的水平恒载作用, 其标准值取 2.5% 的垂直永久恒载标准值^[15], 即 2.5% 的新浇注的钢筋混凝土自重标准值, 分别获同时施加在整体坐标下立杆顶端的 X 和 Y 方向。

由表 6 和图 4 可知, 盘扣支架随着水平杆和斜杆与立杆之间节点刚度的增加, 其极限承载力也在不断增大, 呈非线性增长。而规范计算值则不变, 因此当节点变为铰接时, 其极限承载力为 48.38 kN, 此时安全系数仅为 1.59, 远远小于规范中安全系数为 2 的要求; 当节点刚度为 20 kN · m/rad 时, 其极限承载力为 61.68 kN, 此时安全系数仅为 2.03, 满

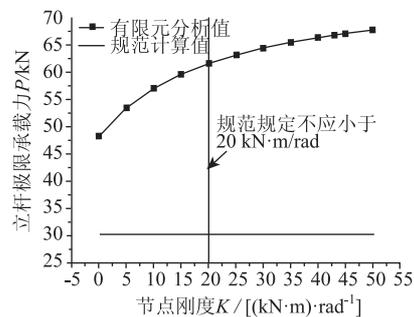


图 4 节点刚度对盘扣支架极限承载力的影响分析
Fig. 4 Analysis on effect of node stiffness on ultimate bearing capacity of disk buckling scaffold

足规范要求2;当节点刚度超过 $30 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$ 时,其极限承载力增长缓慢,当达到 $50 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$ 时,与节点刚度为 $30 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$ 相比增长率约为5%。同时,结合以上节点刚度试验,说明目前的盘扣支架的节点刚度满足整架承载力要求。

4 整架荷载试验

为了研究盘扣支架竖向破坏加载对其整架失稳模式的影响,并分析其工作性能。在考虑试验的真实性和可操作性的基础上,开展盘扣支架1:1足尺模型试验研究,模型设计参数如表7所示。其位移测点布置如图5所示,加载装置和破坏形态如图5所示。

表7 整架荷载试验模型参数设置

Tab. 7 Parameter setting for whole scaffold load test model

立杆截面尺寸 ^① /mm × mm	步距 h/m	立杆间距 $l_a \times l_b/\text{m}$	天杆高度 度 a/m	地杆高度 b/m	架高 H/m	加载方法 破坏阶段
$\phi 48.3 \times 3.2$	$3 \times 1.5 + 0.5$ ^②	1.2×1.2	0.35	0.25	5.6	竖向加载, 破坏阶段

注:①立杆截面尺寸是指钢管外径×壁厚;② $3 \times 1.5 + 0.5$ 指盘扣支架有3步步距为1.5 m,1步步距为0.5 m。

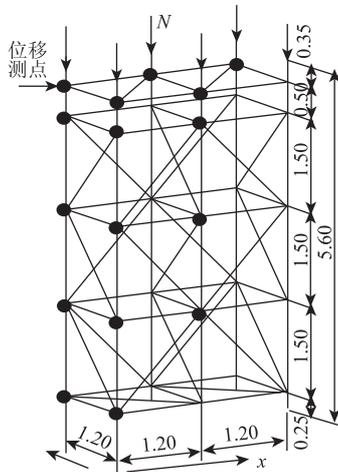


图5 荷载试验位移测点示意图(单位:m)

Fig. 5 Diagram of displacement measuring point of loading test (unit: m)

在盘扣支架破坏试验中,当荷载施加到支架极限荷载688 kN时,支架横向顶部侧向位移快速增加,支架主要发生 y (横向)方向整体屈曲破坏,因斜撑布置周密且支架底部约束较强,故失稳形式主要呈现出支架顶部悬臂端失稳,最大位移为9.5 cm,发生在标高5.60 m处,在 x (纵向)方向位移很小。

盘扣支架极限承载力试验值和计算值见表8,可知,盘扣支架单根立杆极限承载力试验值为111.3 kN,是规范计算值69.67 kN的1.6倍,说明规范计算值具有一定的安全储备,适用于实际工程计算。

表8 盘扣支架极限承载力试验值和计算值

Tab. 8 Test values and calculation values of ultimate bearing capacity of disk buckling scaffold

截面尺寸/ mm	节点抗弯刚度/ $[(\text{kN} \cdot \text{m}) \cdot \text{rad}^{-1}]$	极限承载力/kN	
		试验值	规范值
$\phi 50.31 \times 3.87$	42.95	111.3	69.67

5 施工性能

由盘扣支架结构特点分析可知,其普通单根立杆极限承载力可以达到135 kN;剪刀撑采用斜杆形式,搭设比较灵活,稳定性比较好;同时横杆的长度规格有1.2 m,1.5 m及1.8 m。因此,在实际施工中可以“田”字形进行塔状搭设,施工比较方便。

根据对某桥梁工程中两个标准施工阶段中碗扣支架和盘扣支架的搭设效率进行统计发现,盘扣支架的搭设效率大约是碗扣支架的2倍。其原因为,按相关规范^[16]要求普通碗扣支架单根立杆的承载力为101 kN,相比之下盘扣支架的极限承载力比较高,减少了支架总用钢量;同时盘扣支架搭设工艺简单,安装较为方便,施工质量容易控制^[10]。因此,盘扣支架的施工性能具有一定的优势。

6 结论

本研究从结构性能、构配件质量检测、节点刚度试验、整架荷载试验、施工性能等方面对承插式盘扣支架进行了分析研究,得出如下结论。

(1) 盘扣支架采用热浸镀锌钢管,其防腐能力强,耐久性好,维修保养成本较低。与常规碗扣支架相比,盘扣支架的剪刀撑采用斜杆形式,搭设较为灵活,稳定性能好,且单根立杆的承载能力较大,减少了支架总用钢量。同时,搭设工艺简单、安装质量易于控制、施工效率高,具有较为明显的技术优势。

(2) 盘扣支架构配件的外观、几何尺寸、力学性能等指标的现场检测结果基本满足规范要求,且部分关键指标明显超出规范要求的技术指标上限值,增大了单根立杆的承载能力富余度。

(3) 通过8组盘扣支架节点刚度的试验测试结果可知,目前施工现场所采用的盘扣支架节点刚度平均值约为 $27 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$,约为规范要求的1.4倍。

(4) 针对3个步距的盘扣支架足尺模型,采用竖向、水平双向同时加载,支架破坏形式呈现为顶部立杆局部失稳,整体支架的极限承载能力为规范计算值的1.6倍,具有较大的安全储备。

综上所述,盘扣支架作为一种新型的承重支架

形式, 在承载能力、材料用量、搭设速度、安全性等方面具有明显优势, 总体上而言, 其力学性能和施工性能均优于碗扣支架, 在桥梁工程中具有广泛的推广价值。

参考文献:

References:

- [1] 刘凯凯. 浅谈承插型盘扣钢管支架在现浇箱梁施工中的应用标准 [J]. 中国标准化, 2017 (18): 190-191.
LIU Kai-kai. Application Standard of Socket Type Disk Lock Steel Pipe Support in Cast-in-situ Box Girder Construction [J]. China Standardization, 2017 (18): 190-191.
- [2] 贾二虎. 满堂支架现浇连续梁桥施工技术分析 [J]. 山西建筑, 2018, 44 (20): 167-168.
JIA Er-hu. Analysis on Construction Technology of Cast-in-situ Continuous Beam Bridge with Full Hall Support [J]. Shanxi Architecture, 2018, 44 (20): 167-168.
- [3] 卢维兵. 满堂支架法现浇混凝土连续箱梁施工技术 [J]. 交通世界, 2017 (18): 72-73.
LU Wei-bing. Construction Technology of Cast-in-situ Concrete Continuous Box Girder with Full Hall Support Method [J]. TranspoWorld, 2017 (18): 72-73.
- [4] 李祥营. 现浇混凝土简支箱梁的满堂支架法施工 [J]. 山西建筑, 2016, 42 (5): 178-180.
LI Xiang-ying. On Full Scaffold Method Construction of Cast-in-place Concrete Simply-supported Box Girder [J]. Shanxi Architecture, 2016, 42 (5): 178-180.
- [5] 黄沁文, 薛东焱. 桥梁施工承重支架现状调研与安全分析 [J]. 施工技术, 2014, 43 (23): 55-57.
HUANG Song-wen, XUE Dong-yan. Investigation and Safety Analysis of Load-bearing Scaffolds for Bridge Construction [J]. Construction Technology, 2014, 43 (23): 55-57.
- [6] 余孟军, 朱跃球. 盘扣支架在现浇箱梁施工中的应用 [J]. 西部交通科技, 2018 (4): 140-143.
YU Meng-jun, ZHU Yue-qiu. Application of Disc Buckling Support in Construction of Cast-in-place Box Girder [J]. Western China Communications Science & Technology, 2018 (4): 140-143.
- [7] 邓伟, 魏江东. 盘扣式支架在现浇箱梁施工中的应用 [J]. 西南公路, 2018 (1): 11-15.
DENG Wei, WEI Jiang-dong. Application of Disk-button Bracket in Cast-in-place Box Girder Construction [J]. Southwest Highway, 2018 (1): 11-15.
- [8] 冯小军. 大跨井字梁板施工中的承插型盘扣支架设计与应用 [J]. 建筑施工, 2018, 40 (2): 217-218.
FENG Xiao-jun. Design and Application of insert Type Plate Support in Construction of Large Span Beam Plate [J]. Building Operations, 2018, 40 (2): 217-218.
- [9] JGJ 231—2010, 建筑施工承插型盘扣式钢管支架安全技术规程 [S].
JGJ 231—2010, Technical Specification for Safety of Disk Lock Steel Tubular Scaffold in Construction [S].
- [10] JG/T 503—2016, 承插型盘扣式钢管支架构件 [S].
JG/T 503—2016, Disk Lock Steel Tubular Scaffold Components [S].
- [11] 冯晓楠, 刘朵, 张建东, 等. 碗扣式与盘扣式钢管支架综合性能对比分析 [J]. 施工技术, 2018, 47 (2): 73-76.
FENG Xiao-nan, LIU Duo, ZHANG Jian-dong, et al. Comparative Analysis of Comprehensive Performance of Bowl Buckle and Buttoned Steel Pipe Support [J]. Construction Technology, 2018, 47 (2): 73-76.
- [12] 毛晓兵. M60 承插式盘扣支架在铁路现浇梁施工中的运用 [J]. 中国建材科技, 2017, 26 (1): 83-85.
MAO Xiao-bing. Application of M60 Socket Type Disc Buckle Support in the Construction of Railway Cast-in-place Beam [J]. Chinese Building Materials Science and Technology, 2017, 26 (1): 83-85.
- [13] JGJ 300—2013, 建筑施工临时支撑结构技术规范 [S].
JGJ 300—2013, Technical Code for Temporary Support Structures in Construction [S].
- [14] JGJ 166—2016, 建筑施工碗扣式脚手架安全技术规范 [S].
JGJ 166—2016, Technical Code for Safety of Cup Lock Steel Tubular Scaffolding in Construction [S].
- [15] BS5975: 1996 Code of Practice for Falsework [S].
- [16] GB 24911—2010, 碗扣式钢管脚手架构件 [S].
GB 24911—2010, Bowl-couple Type Steel Tube Scaffolding Member [S].
- [17] 宋一凡, 崔军, 赵小星, 等. 钢筋混凝土 T 型梁桥裂缝特征参数与结构评估试验研究 [J]. 交通运输工程学报, 2001, 1 (3): 46-49.
SONG Yi-fan, CUI Jun, ZHAO Xiao-xing, et al. Testing Research on the Relation between the Crack Distinctive Feature and the Structural Performance of Reinforced Concrete T-girders [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2001, 1 (3): 46-49.
- [18] 崔军, 贺拴海, 宋一凡, 等. 基于裂缝特征的钢筋混凝土板结构评估研究 [J]. 中国公路学报, 2001, 14 (2): 58-60.
CUI Jun, HE Shuan-hai, SONG Yi-fan, et al. Research on Evaluation of Reinforced Concrete Board Structure Based on Crack Feature [J]. China Journal of Highway and Transport, 2001, 14 (2): 58-60.

(上接第 68 页)