

# 高墩长大纵坡桥梁坡型支座受力特性及安装技术研究

文 / 何 彬 湖南省湘筑工程有限公司

刘 坤 湖南省高速公路集团有限公司

傅鹤林 中南大学 土木工程学院

孙广臣 中南林业科技大学 土木工程学院 (通讯作者)

**摘要:** 为了克服传统长大坡度桥梁底部浇筑质量控制难度大和支座后期易出现病害的问题,开发了一种适用于高墩长大纵坡桥梁的可调坡式坡型支座,替换传统等厚度上座板盆式支座。该类坡形支座可按照每个盖梁上的纵坡单独设计和加工,能满足不同桥梁坡度的具体要求。通过数值模拟软件建立了多个三维支座模型,对比分析了变角度上座板支座与传统等厚度上座板盆式支座的受力和变形特性,并给出了主要制作、安装步骤和施工控制要点。研究表明,对于高墩长大纵坡桥梁,此类上座板可调式坡型支座的力学性能与普通盆式橡胶支座的力学性能相近,对长大纵坡桥梁的具有较好的适用性。此类坡型支座具有典型的优势和可靠性,可为类似长大纵坡桥梁支座设计、施工及其推广应用提供分析方法和工程实例参考。

**关键词:** 长大纵坡桥梁; 可调式坡形支座; 受力特性; 安装技术; 工程应用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.17.059

## 引言

多来的病害调查发现,我国高速公路中已有不少位于大纵坡路段的桥梁出现墩柱偏移、支座纵向滑移或损毁等问题,危及工程安全,需引起高度重视。既有研究中,邱文<sup>[1]</sup>等对某高速公路支座病害进行了分析,发现主要病害成因为上部结构徐变、支座顶面润滑度不足、施工动荷载影响等;林俊<sup>[2]</sup>等运用有限元建立模型对在多荷载组合下不同摩擦系数的大纵坡桥梁的受力性能进行了对比分析;孙森林<sup>[3]</sup>等对金属橡胶桥梁支座开展了拟静力压剪试验;吴刚<sup>[4]</sup>等对比分析了不同边界约束对支座内部应力分布、应力响应值变化等力学性能的影响。此外,在桥梁支座的病害特征及原因分析方面,吴玉财<sup>[5]</sup>等对板式橡胶支座的典型常见病害进行了分类;高小妮<sup>[6]</sup>等统计分析了调研路段中小跨径桥梁近16万个支座病害类型情况;郝慧荣<sup>[7]</sup>发现支座长期受垂直压力及纵向剪切力的双重作用,易产生蠕变、偏斜变形;陈放<sup>[8]</sup>对圆板式橡胶支座的力学破坏机理进行了研究;李晓翔<sup>[9]</sup>等对某高速公路桥梁板式橡胶支座病害及原因进行了调查和分析,发现加工制作及施工安装为主要因素;赵芳<sup>[10]</sup>认为桥梁橡胶支座病害的主要影响要素为:对中偏差、测量误差等。

综上,目前对公路桥梁支座的研究,大多侧重于病害调查及原因分析、支座加工制作及施工控制等方面,而对长大纵坡桥梁支座受力特性及其施工技术方面的研究,罕见深入研究或报道。故本文针对该类长大纵坡桥梁支座,开展不同类型支座受力特性及其适用性分析等工作,以期类似桥梁支座设计与施工提供借鉴或参考。

## 一、工程概况

芷铜高速位于湘西丘陵向云贵高原的过渡地带,桥址沟谷地形多呈类“U”型。该路段的桥梁工程多具有结构复杂、桥梁坡度大、施工难度大且施工风险高的特点。芷铜高速公路拖冲特大桥为三跨连续梁桥,单跨长60m,桩基及桥梁上部结构混凝土的物理力学参数,如表1所示。

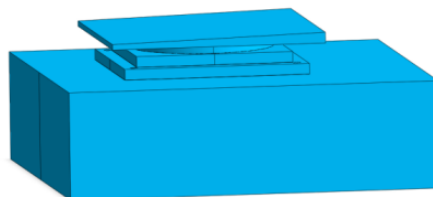
表1 构件材料力学参数

材料强度	弹性模量 E (GPa)	容重 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	泊松比 $\mu$
C30	30	24.2	0.21
C50	38.4	24.6	0.18

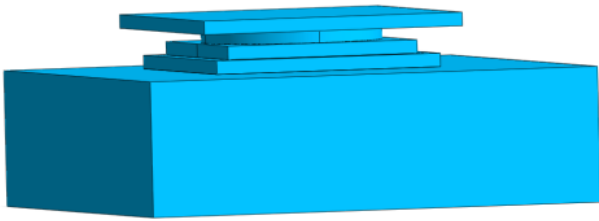
## 二、坡形支座受力及变形特性分析

### (一) 不同支座三维计算模型的建立

对于高墩长大纵坡桥梁采用的新型坡形支座,其支座上座板、下座板、不锈钢钢板均采用Q235低碳钢,橡胶板厚30mm,垫石采用C40钢筋混凝土。其中,支座上座板采用不等厚四边形板;垫石上边界与支座下座板为固定约束,底部全部约束,对其在设计荷载工况同样竖向压力和弯矩的作用下进行受力、变形模拟和分析。本文建立的支座三维实体模型,分别为具有坡形上座板的坡形支座和具有等高度上座板的等高支座两种模型(即支座类型1和支座类型2),如图1所示。



(a) 支座类型1-坡型支座



(b) 支座类型2-等高支座

图1 支座的三维数值模型

(二) 不同支座的数值计算结果

1. 支座变形特性

经过数值模拟计算，得到了两种支座的最大位移情况，分别如图2、3所示。

由图2可见，坡型支座1的最大位移为0.014mm，位于支座上座板的薄边处。支座上座板中央的位移为 $2 \times 10^{-4}$ mm，厚边处最大位移为0.011mm。支座上座板的位移从中央逐渐向四周递增，位移等值线薄边稍密于厚边。橡胶层的最大位移发生在其与支座上座板相连接的位置，且从顶部到底部逐层递减，至橡胶层与不锈钢板相连接的位置，减至最小。

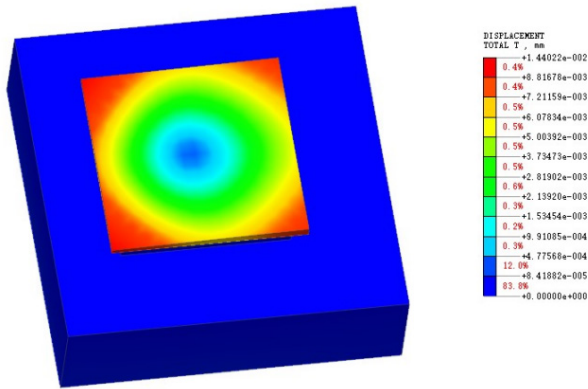


图2 坡型支座1最大位移云图(单位: m)

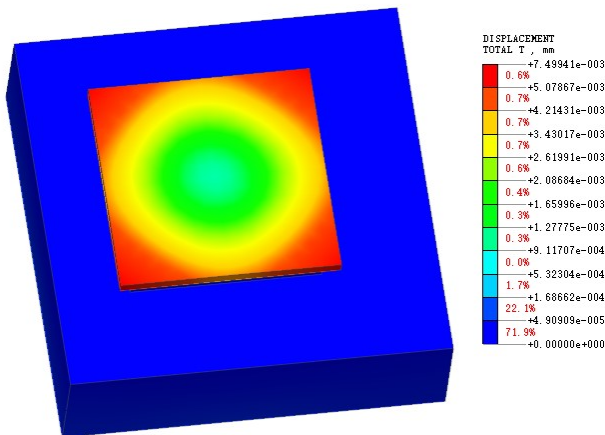


图4 等高支座2最大位移云图(单位: m)

由图3可知，等高支座2的最大位移为 $7.50 \times 10^{-3}$ mm，

位于支座上座板的四个角落。支座上座板中央的位移趋近于0。其中，最大位移区间为 $4.21 \times 10^{-3} \sim 7.50 \times 10^{-3}$ mm，区域占比为1.3%；其橡胶层的最大位移也发生在与支座上座板相连接的位置，并且其变化规律与坡形支座相同。

对比图2和图3的计算结果可知，坡形支座上座板的最大位移通常出现在四个角落，且与支座上座板厚度相关。

2. 支座应力情况

两种支座的最大应力结果，如图4、5所示。

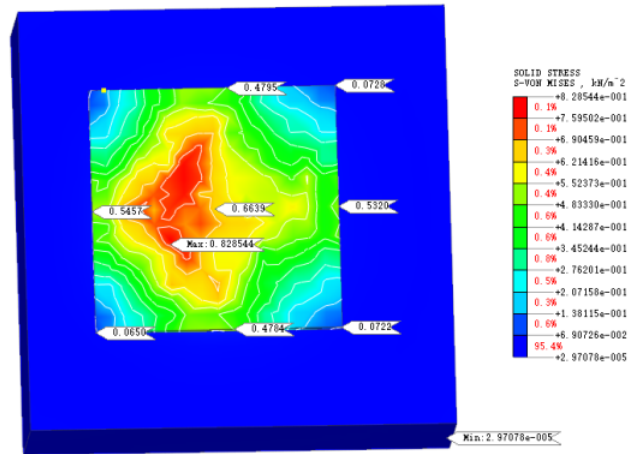


图4 坡型支座1最大应力云图

由图4可知，坡型支座1的最大应力为 $0.829 \text{ kN/m}^2$ ，位于中间偏支座上座板薄边处。

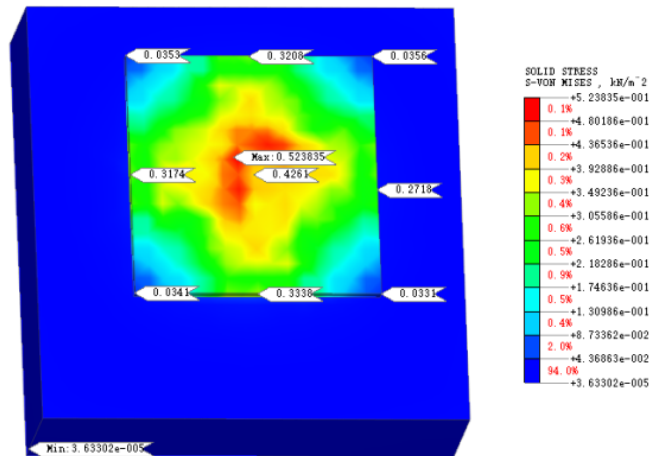


图5 等高支座2最大应力云图

由图5可知，等高支座2的最大应力为 $0.524 \text{ kN/m}^2$ ，出现在中部位置，并呈现从中间向四周呈菱形逐层递减的趋势。

综上可见，虽然坡形支座最大位移和最大应力分别为等高支座的2倍和1.58倍，其数值均在允许范围内，满足安全施工和正常使用要求。

### 三、高墩长大纵坡桥梁坡形支座安装技术

#### (一) 可调角度坡形支座结构特点

应用于高墩长大纵坡桥梁的坡形支座，上座板按照每个盖梁上的纵坡进行单独设计和加工，其坡度与桥梁纵坡相匹配，从而实现支座“专桥专设”定制化、工厂化、精确化。

#### (二) 支座制作和安装步骤

##### (1) 步骤 1：支座定制加工。

坡型支座可根据每个桥梁盖梁的纵坡，单独进行上座板的设计和加工。

##### (2) 步骤 2：支座安装前的施工准备

① 技术准备：检查支座外观，与设计型号对照确认，并计算支承中心的预偏值。

② 设备准备：吊车、运输车等安装运输设备调试和改装，满足 30～50m 高桥墩的吊装要求；此外，需准备配套的测量、灌浆设备并搭设作业平台。

##### (3) 步骤 3：支座安装

① 复测桥墩：安装前复测长大纵坡桥梁桥墩中心距离及垫石高程。

② 支座安装：确保支座下板与垫石水平，并使用专用环氧砂浆注浆螺栓孔固定，避免偏位。

##### (4) 步骤 4：桥梁落梁并再次检查

检查坡形支座纵向和横向位置、平整度，以及支座板的四角高差，确保支座与梁底密贴无缝隙。

#### (三) 支座安装控制要点

##### (1) 坡型支座安装注意事项

① 支座安装前不得任意拆卸、解锁；  
② 活动支座安装时注意支座方向，按照施工设计图放置，确保支座主位移方向正确；

③ 支座吊装时，注意保护支座油漆，避免损坏，不得使用钢丝绳触碰支座的橡胶密封圈；

④ 桥墩墩顶锚栓孔孔深至少应大于预埋套筒长度，且孔径应稍大于预埋套筒直径。

##### (2) 桥梁上部结构架设施工注意事项

① 落梁需缓慢平稳，避免梁体压偏、脱空和剪切（倒歪）现象；

② 在梁底和梁端标出支座定位标志，保证落梁时与墩台上的预定位置相吻合；

③ 若出现压偏或脱空现象，需再次调整，以确保支座上下表面与梁底及墩台顶面密贴。

### 结语

(1) 坡形支座和等高支座的最大位移，在同样荷载作用下的位移值处于同一数量级且其变化趋势基本一致。坡形支座最大位移虽然是等高支座的 2 倍，但在允许范围内，满足正常使用要求。

(2) 坡形支座和等高支座的最大应力均出现在中间偏支座上座板的薄边处，随着从中间向四周逐层递减，表现为棱形逐层递减的规律。坡形支座最大应力为等高支座的 1.58 倍，但其数值在正常使用范围内，满足实际工程需要，具有较好的可行性和适用性。

总之，坡型支座各部件在设计荷载下的受力状态均满足要求，表明其满足长大纵坡桥梁工程的受力和变形需求，具有较好的适用性和可靠性，因而对于类似长大纵坡桥梁支座选型、设计分析和推广应用具有一定的参考和指导意义。

### 参考文献

- [1] 邱文, 邹开泰. 高速公路桥梁支座病害分析及修复 [J]. 公路, 2021, 66 (02): 129-132.
- [2] 林俊, 黄志刚. 多荷载作用下考虑支座接触滑移的大纵坡桥梁受力分析 [J]. 公路与汽运, 2022, (06): 95-98+103.
- [3] 孙森林, 夏修身, 姬雷, 等. 金属橡胶桥梁支座滞回性能试验研究 [J]. 公路交通科技, 2023, 40 (08): 96-101.
- [4] 吴刚, 王克海, 张盼盼, 等. 不同边界约束对橡胶支座受力性能影响研究 [J]. 公路交通科技, 2019, 36 (04): 88-94.
- [5] 吴玉财, 张勇. 广东省公路桥梁板式橡胶支座病害调查分析 [J]. 铁道建筑, 2014, (06): 47-49.
- [6] 高小妮, 沈理斌, 沈健聪. 桥梁板式橡胶支座典型病害下的力学性能研究 [J]. 公路交通科技, 2022, 39 (10): 59-63+74.
- [7] 郝慧荣, 曹艳状, 程利军, 等. 基于有限元的板簧橡胶支座失效形式分析 [J]. 科学技术与工程, 2023, 23 (05): 2156-2163.
- [8] 陈放, 徐健. 圆板式橡胶支座力学破坏机理仿真分析 [J]. 重庆建筑, 2020, 19 (10): 39-41.
- [9] 李晓翔, 张勇. 公路桥梁板式橡胶支座典型病害及原因分析 [J]. 铁道建筑, 2013, (06): 27-30.
- [10] 赵芳. 桥梁橡胶支座的影响要素及检测方法研究 [J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44 (10): 122-123.