

某市政独柱墩梁桥的横向抗倾覆因素探讨

赵光盛

身份证号码：430502197208010518

DOI: 10.12238/jpm.v5i3.6622

[摘要] 独柱墩连续梁桥下部只有一个墩柱，而上部梁体连续，可减少土地占用，改善下部结构布局，适用于城市立交、公路匝道等场合。该文针对国内车辆超载现象严重，导致独柱墩连续梁桥发生倾覆事故的问题，采用有限元软件对独柱墩连续梁桥的倾覆稳定性进行数值模拟，分析桥梁的结构特点、受力情况，探讨桥梁跨数、曲率半径、支座间距、中墩偏移、双支座、荷载位置等参数对桥梁倾覆稳定性的影响规律，旨在为独柱墩连续梁桥的设计、施工及运营提供参考。

[关键词] 市政道路桥梁；独柱墩；横向倾覆影响因素；有限元分析

Discussion on the lateral anti-overturning factors of a municipal single-column pier and beam bridge

Zhao Guangsheng

430502197208010518

[Abstract] There is only one pier under the single pier continuous beam bridge, and the upper beam body is continuous, can reduce land occupation, improve the layout of the substructure, suitable for urban interchange, highway ramp and other occasions. In view of the domestic vehicle overload phenomenon is serious, leading to the problem of the continuous beam bridge overturning accident, using the finite element software for the stability of the numerical simulation, analyze the structure of the bridge, stress, discusses the bridge span, curvature radius, support spacing, pier offset, double support, load position parameters on the bridge overturning stability, aims to provide reference for the bridge, design, construction and operation.

[Key words] municipal road and bridge; single column pier; lateral overturning influencing factors; finite element analysis

引言

市政道路桥梁倾覆往往会造成严重的人员财产损失，倾覆事故中有一大部分是由于桥梁横向抗倾覆性能不足导致。可见横向抗倾覆性能是桥梁结构安全性的重要指标，反映桥梁在横向荷载作用下的稳定性。影响桥梁横向抗倾覆性能的因素很多，其中最主要的是桥梁的结构形式、支座布置。独柱墩梁桥占地面积小、线形优美、施工方便，被广泛应用于互通式立交桥交叉口匝道桥等场合。然而独柱墩梁桥只有一个支座支撑，其横向抗倾覆性能较差，易受车辆荷载、风荷载、温度变形等因素的影响，发生横向倾覆失稳。因此，分析独柱墩曲线桥梁的横向抗倾覆性能对于桥梁结构安全具有重要意义。

1 独柱墩桥梁现状分析

某市政道路独柱墩桥梁具有以下特点：1) 桥梁截面采用箱梁或空心板梁，占比达 91%以上；2) 桥梁为 4 跨连续梁，平均跨径为 24.48m；3) 桥梁位于圆曲线或缓和曲线内，占比超过 90%；4) 桥梁中墩只有一个支座，占比为 68.5%，两侧桥台或边墩均为双支座；5) 桥梁中墩很少采取固结措施，占比仅为 8.5%，可见该独柱墩桥梁的横向抗倾覆性能较差，易受各种因素的影响，发生倾覆失稳。因此，有必要分析独柱墩桥梁的横向抗倾覆影响因素，提出合理的设计和加固方案，保证桥梁的安全运营。

2 横向倾覆分析模型

利用 Midas/Civil 软件建立有限元模型,进行横向抗倾覆性能分析。该桥梁采用连续混凝土箱梁结构,箱梁截面如图 1 所示,计算跨径为 24m。为探讨桥梁跨数、曲率半径、支座间距等因素对桥梁横向抗倾覆性能的影响,将桥梁分为三组,每组分别改变一个因素,其他因素保持不变。第一组改变桥梁的跨数,从 2 跨到 6 跨,以 5 跨为基准;第二组改变桥梁的曲率半径,从 50m 到无穷大(直线桥),以 150m 为基准;第三组改变桥梁的支座间距,从 1.3m 到 1.6m,以 1.5m 为基准。在每组中,桥梁的中墩都只有一个支座,边墩都有两个支座,中墩没有固结措施。分别计算这三组桥梁在不同的荷载工况下的支座反力,以支座反力的大小和符号来判断桥梁的横向抗倾覆性能。

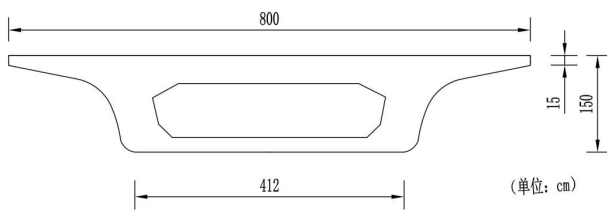


图 1: 箱梁截面

考虑车辆荷载影响,如图 2 所示采用 55t 标准车作为荷载模型。根据相关规范要求,车辆荷载布置需确保支座反力最不利,因此,从曲线桥梁外侧车道开始排列车辆荷载,使双支座内侧支座产生最大负反力。车辆荷载的参数如下:最外侧车胎到梁边缘距离 0.48m,车轴距 1.75m,相邻汽车间距为 1.25m。通过改变车辆荷载位置分析荷载偏心对桥梁横向抗倾覆性能的影响。

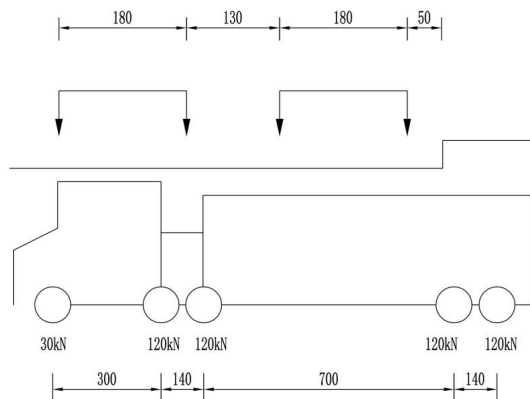


图 2: 55t 标准车荷载分布

3 横向倾覆稳定性的影响因素分析

3.1 桥梁跨数对独柱墩桥梁抗倾覆性能的影响

为分析桥梁跨数与横向抗倾覆性能的影响,桥梁跨数分别设为 2、3、4、5、6 跨,其他条件不变,使用 Midas/Civil 软件计算各跨数对应的支座反力,根据规范要求计算特征 1 的支座反力以及支座脱空时对应的荷载系数。计算结果表明,桥梁跨数增加时,支座反力、支座压力逐渐减小,直到出现支座脱空的现象,说明桥梁跨数越多,桥梁横向抗倾覆性能越差,桥梁稳定性越低。跨数由 2 跨增加到 6 跨时,仅活载作用下,支

座最大负反力增加了 194.5kN,恒载、活载共同作用下,支座最大负反力增加了 240.51kN,其中活载改变量占 82%,恒载改变量占比 18%,说明跨数增加对于活载作用下支座反力影响较大。55t 标准车载荷基础上乘以荷载系数,调整轴重,使支座刚好脱空。计算结果表明,2 跨、3 跨的桥梁在 55t 标准车载荷作用下,支座不会脱空,有一定结构安全储备;4 跨以上的桥梁支座会脱空,无法保证结构安全性。因此,对于跨数较多的独柱墩桥梁,需采取有效措施提高桥梁横向抗倾覆性能,防止发生倾覆失稳。

3.2 曲率半径对桥梁抗倾覆性能的影响

为分析桥梁曲率半径与独柱墩桥梁横向抗倾覆性能的关系,将桥梁曲率半径从 50m 逐渐增加到无穷大(直线桥),其他条件不变,使用 Midas/Civil 软件计算各曲率半径下的支座反力,根据规范要求,计算特征 1 的支座反力以及支座脱空时对应的荷载系数。计算结果表明,曲率半径增大时,支座反力会发生变化,主要表现在两个方面:一是恒载作用下的支座反力会增大,二是活载作用下的支座反力会减小,原因可能是曲率半径增大,导致桥梁曲线内侧支座反力减小,外侧支座反力增大,造成支座反力的不均匀分布。活载的作用下,由于活载从曲线外侧开始布置,加剧曲线内侧支座反力减小,甚至出现支座脱空,说明桥梁的曲率半径越大,桥梁横向抗倾覆性能越好。计算分析支座脱空时对应的荷载系数,结果表明,桥梁曲率半径增大时,支座脱空时对应的荷载系数也会增大,如表 1 所示,说明桥梁能承受更大的车辆荷载。

表 1: 特征 1 为 0 时不同曲率半径对应的车辆荷载

序号	半径 R (m)	荷载系数	汽车荷载值 (kN)
01	50	0.55	31.12
02	150	0.85	47.29
03	300	0.91	50.75
04	∞(直线)	0.97	53.89

3.3 支座间距对桥梁抗倾覆性能的影响

为分析支座间距与独柱墩桥梁横向抗倾覆性能的关系,桥梁支座间距分别设为 1.3m、1.4m、1.5m、1.6m,其他条件不变,使用 Midas/Civil 软件计算各支座间距下的支座反力,根据规范要求,计算特征 1 的支座反力算结果表明,只考虑活载时,支座最大负反力减小 121.8kN;考虑恒载、活载时,支座最大负反力减小 170.41kN。活载改变量占比为 71%,说明活载对支座反力的影响较大。因此,合理选择支座间距,可以有效降低支座反力,提高结构安全性。

3.4 支座偏移对桥梁抗倾覆性能影响

将模型中墩单支座向圆弧曲线外侧分别偏移不同分别为 0.1m、0.2m、0.3m,计算各模型在恒载、车辆荷载作用下的支座反力,与规范的特征 1 支座反力进行比较。结果显示中墩支座偏移能有效降低边墩支座负反力,提高桥梁抗倾覆性能。如图 3 所示,中墩支座偏移 0.3m 时,恒载、车辆荷载作用下的支座负反力减小 527.87kN,占特征 1 的支座反力的 41.7%。说

明通过调整中墩支座预偏移,可在一定程度上缓解边墩支座反力过大问题。但要注意中墩支座反力的增加,不能超过桥墩的承载能力,否则会导致桥墩破坏。

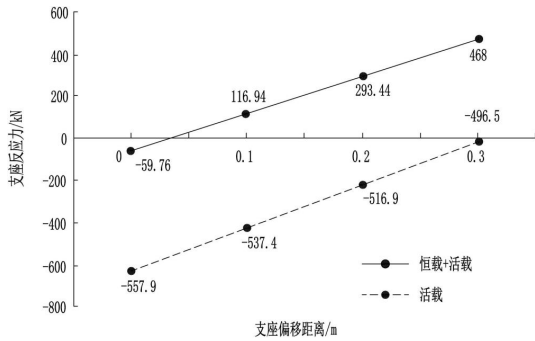


图3: 支座最大负反力随中墩偏移的变化趋势

3.5 荷载偏心对桥梁抗倾覆性能影响

分析荷载偏心与支座反力的关系,将车辆荷载位置分别设置为距离桥面边缘 0.5m、1m、1.55m,对应的最外侧车轮到桥梁中线的距离分别为 3.5m、3m、2.45m,计算各模型在恒载、车辆荷载作用下的支座反力,与规范的特征 1 的支座反力进行比较。加载示意图及有限元模型分别如图 4、图 5 所示。结果显示,荷载偏心对支座反力有显著影响。车辆荷载位置由距离

桥面边缘 0.5m 变为 1.55m 时,仅活载作用下,支座最小反力减小了 223.7kN。而恒载作用下,由于结构形式未改变,支座最小反力保持不变。说明荷载偏心减小,可有效降低支座负反力,提高桥梁的抗倾覆性能。

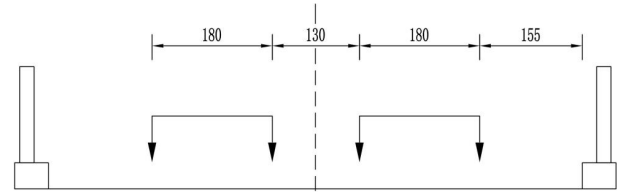


图4: 车轮距桥面边缘 1.55m 加载示意图(对称布置)

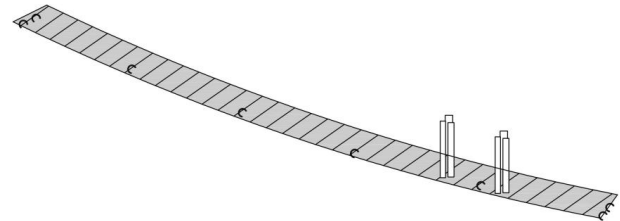


图5: 车轮距桥面边缘 0.5m 处最不利荷载位置有限元模型

表 2: 车轮到桥面边缘的距离对支座反力的影响

序号	到边缘距离(m)	自重作节点反力(kN)	活载下节点最大反力(kN)	特征 1 (支座负反力) 验算(kN)
01	0.5	721.20	-557.89	-59.65
02	1.0	721.20	-450.48	90.58
03	1.5	721.20	-334.28	252.17

桥面上设提示设备,引导重型车辆在桥面中部行驶,可减小支座反力,保证支座始终受压,该方法无需改变桥梁结构。图 6 为支座最小反力随荷载偏心的变化趋势,可以看出,荷载偏心从 0.5m 增加到 1.55m 时,支座最小反力增加 311.93kN,说明荷载偏心对桥梁横向抗倾覆性能有很大影响。

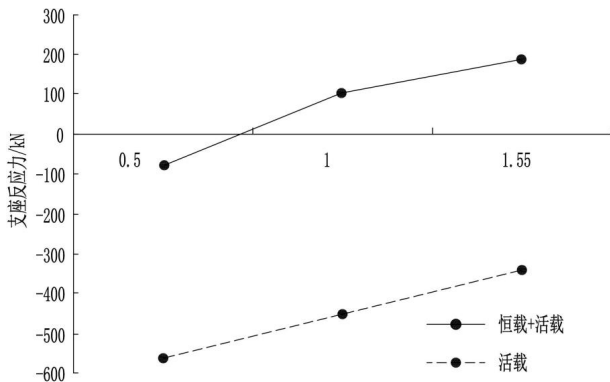


图6: 支座最小反力随荷载偏心的变化趋势

结语

综上所述,本文研究了某独柱墩连续梁桥的结构特点、受力情况,利用有限元软件分析其横向倾覆稳定性。通过改变桥梁的跨数、曲率半径、支座间距、支座预偏移和荷载偏心等参数,探讨这些因素对支座脱空的影响程度。结果表明桥梁跨数越多、曲率半径越小、支座间距越小、支座预偏移越小、荷载偏心越大,支座越容易脱空。因此,独柱墩连续梁桥设计施工时需考虑这些因素的影响,采取相应措施,提高桥梁的安全性。

[参考文献]

[1]张子优.独柱墩桥梁抗倾覆设计与加固方法研究[J].交通世界,2023(18):123-125;
 [2]王俊杰.独柱墩桥梁抗倾覆加固的钢盖梁设计及受力性能研究[D].南昌大学,2023;
 [3]周勇军,王业路,赵煜等.公路独柱墩桥梁抗倾覆研究综述[J].交通运输工程学报,2022,22(06);
 [4]罗定伦.独柱墩桥梁抗倾覆改造加固技术研究[J].江苏科技信息,2022,39(32);
 [5]黄米玲.独柱墩曲线梁桥抗倾覆稳定性分析与加固研究[D].西安理工大学,2022;
 [6]赵利强,战鹏,樊峰宇.曲率半径对独柱墩桥倾覆稳定影响研究[J].山西交通科技,2022,(03);
 [7]章乐.独柱墩连续箱梁桥抗倾覆稳定分析探讨[C]//中国公路学会.新余市交通运输局,2021;
 [8]王钱泱.独柱墩曲线梁桥抗倾覆稳定性研究[D].安徽建筑大学,2022;
 [9]杨帆帆.独柱墩曲线梁桥抗倾覆稳定性及加固方法研究[D].长安大学,2022;
 [10]谢裕平.独柱墩桥梁横向抗倾覆稳定性验算与研究[J].福建建设科技,2021,(04).