

公路桥梁抗倾覆加固方法应用分析

黄巍峰

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 以S32公路桥梁抗倾覆加固项目为研究背景, 针对倾覆破坏的机理, 对比分析了上部结构间设置搭扣、上部结构压重、上下部结构设抗拔销、增设辅助支座等加固形式的优缺点。同时综合考虑施工难度、经济性、养护等因素, 对其结构实现形式进行选择, 确定以增设钢盖梁为本工程加固推荐方案。根据计算结果, 部分连续梁加固后边墩仍会出现较小负反力。设计考虑利用原有支座的抗拉能力, 保证支座不致受拉脱空, 既满足规范要求, 又有效控制加固范围和工程规模, 降低了工程造价。

关键词: 独柱墩桥梁; 抗倾覆; 加固方法; 稳定性

中图分类号: U445.6; TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)06-0256-04

Analysis on Application of Anti-overturning Reinforcement Methods for Highway Bridges

HUANG Weifeng

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: Taking the S32 Highway Bridge Anti-overturning Reinforcement Project as the research background, and aiming at the mechanism of overturning failure, the advantages and disadvantages of reinforcement forms such as setting buckles between the superstructures, weighting the superstructure, installing anti-pull-out pins on the upper and lower structures, and adding auxiliary supports are compared and analyzed. At the same time, the factors such as construction difficulty, economical efficiency and maintenance are comprehensively considered. The structural implementation form is selected, and it is determined that the addition of steel bent cap would be the recommended reinforcement scheme for this project. According to the calculation results, after the reinforcement of some continuous beams, a relatively small negative reaction force will still occur on the side piers. The design takes into account the tensile capacity of the original bearings to ensure that the bearings will not be tensioned and cavities, which not only meets the requirements of the specifications, but also effectively controls the scope of reinforcement and the scale of the project, reducing the engineering cost.

Keywords: single column pier bridge; anti-overturning; reinforcement method; stability

0 引言

随着我国城镇化的不断加速, 城市人口越来越多, 机动车辆更是爆发式增加。为了解决交通拥堵问题, 近几十年来, 各地相继修建了大量的高架、立交, 力求形成立体交通网络来缓解交通压力。大箱梁+独柱花瓶墩的桥型, 因造型美观协调、占用桥下空间少且造价经济等优点, 在立交匝道桥梁中被大量采用。

但是近年来, 多地连续梁桥出现横向失稳并引发倾覆破坏的案例(见图1)。



图1 桥梁倾覆事故

大量事故案例表明, 部分在役桥梁的横向抗倾覆稳定性存在不足, 主要原因如下: (1) 早期独柱墩桥梁的抗倾覆设计没有明确规范指导, 抗倾覆系数取值不统一。同时对造成桥梁结构倾覆破坏的原因和危害认识不足, 导致部分工程抗倾覆系数取值较小, 且未设置可靠的抗倾覆构造措施。(2) 运营管理存在不足, 超载情况时有发生。桥梁结构在超载车辆横向偏载作用下, 安全储备不足^[1]。

收稿日期: 2025-11-13

作者简介: 黄巍峰(1980—), 男, 本科, 高级工程师, 从事桥梁设计工作。

桥梁横向倾覆的事故事前无明显表征,猝然发生,危害极大。事故导致了车毁人亡及大量经济损失,并造成不利的社会影响。因此,桥梁结构的抗倾覆稳定性问题比结构强度问题具有更为重要的意义,对已建桥梁抗倾覆调查和加固势在必行。

1 工程概况

S32 高速公路是上海市骨干路网的重要组成部分,是浦东机场连接浙江地区的快速联通道,支撑长三角互联互通。工程横贯上海,西接浙江申嘉湖高速,途经金山、青浦、松江等五区,东抵浦东机场(见图 2),全长 83.528 km^[2]。



图 2 S32 公路线位

S32 设计荷载等级为公路—I 级,主线主要采用简支空心板和 T 梁结构。沿线共设朱枫、松卫等十一个立交,立交匝道主要采用大箱梁+独柱花瓶墩结构,需进行抗倾覆加固。

2 加固原则

根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JPG 3362—2018)要求,在持久状况下,梁桥不应发生结构体系改变,并应同时满足基本组合下,单向受压支座始终保持受压状态;标准组合时,横桥向抗倾覆稳定性系数不小于 2.5^[3]。

$$\frac{\sum S_{bk,i}}{\sum S_{sk,i}} = k_{qf}$$

式中: k_{qf} 为横桥向抗倾覆稳定性系数,取 2.5; $\sum S_{bk,i}$ 为使上部结构稳定的效应设计值,kN·m; $\sum S_{sk,i}$ 为使上部结构失稳的效应设计值,kN·m。

抗倾覆加固设计方案,应选择合适的加固结构型式和施工方法,尽可能做到在不中断交通的情况下进行。新增的梁桥抗倾覆结构构件应考虑原结构主梁和墩柱的结构型式的匹配,兼顾景观效果。

3 加固方案设计

3.1 倾覆机理分析

S32 公路立交匝道主要采用连续大箱梁结构,每

个墩顶横桥向设置两个球钢支座。根据桥梁倾覆事故的分析研究结果,这类桥梁倾覆主要有两类破坏形态。

第一类为直接横向失稳倾覆。在极端偏载作用的情况下,单侧支座出现脱空,主梁转角急剧增加,横向荷载平衡失稳,主梁直接侧翻。

第二类为单侧支承体系破坏倾覆。在偏载作用下,横桥向一侧支座脱空,另一侧支座反力激增,支座竖向反力发生重分布,支座或下部结构出现局部破坏,最终造成结构整体倾覆倒塌。

3.2 加固形式比选

针对上述倾覆破坏的机理,可采用的加固形式主要有上部结构压重、上部结构间设置搭扣、增设辅助支座及上下部结构设抗拔销等^[4]。

(1)通过在相邻联梁端设置搭扣,将两联桥梁的转动进行一定程度的约束(见图 3),其加固理念在于多联极端偏载的概率小于单联重车偏载概率,从而对抗倾覆性能有所改善。这种加固形式的优点在于构造简单,施工不影响桥上交通,但无法从根本上改善抗倾覆安全系数和脱空,极端车列荷载下甚至可能发生多联倾覆。



图 3 梁间搭扣

(2)上部结构压重是在靠近梁端一定范围内的箱梁内侧采用浇筑混凝土的方式进行压重,从而增大恒载下的支座反力,有效防止支座脱空和倾覆。这种加固形式的优点在于对景观、环境不产生影响,但施工时需临时在箱体顶开洞,进行封交。同时压重增大了结构受力,对上下部结构均产生不利影响,需重新进行结构验算,综合设计。

(3)上下部结构设抗拔销(见图 4)是在上部梁体及下部盖梁、桥墩或桥台上设置钢结构抗拔销拉结,从而在梁体扭转时产生约束,提高结构的抗倾覆性能^[5]。其构造简单,施工空间占用小,加固施工中不影响桥梁的正常营运,但仅适用于支座脱空吨位较小的情况。此外,为避免承担温度等广义荷载,一般

会设置一定的构造间隙,因而构造仅在极端活载和大转角下发挥作用。



图4 抗拔销

(4)增设辅助支座(见图5)是通过在墩顶增设盖梁或增设立柱等结构形式,在现有支座两侧新增辅助支座。正常运营中,现有支座仍起主要承载作用;在出现偏载情况下,新增支座自行起到安全辅助作用,提高桥梁抗倾覆能力。这种构造设计不影响结构原有受力模式,仅在活载下限制梁体扭转、支座脱空。施工也对桥上通行不产生影响。



图5 增设辅助支座

综上所述,增设辅助支座的加固形式能从根本上解决桥梁支座脱空和抗倾覆问题^[6]。根据计算结果,可调节辅助支座位置,以满足不同结构形式、桥宽、线形及跨径的桥梁抗倾覆需求,做到精细化设计。同时施工在桥下进行,且不会改变原有结构受力模式,对结构产生不利影响。本工程优先选择增设辅助支座形式进行加固。

3.3 结构选型

针对增设辅助支座的加固形式,通常可选择墩柱加宽、增设盖梁及增设辅助墩等形式^[7]。

(1)墩柱加宽(见图6)是通过在老桥立柱外侧植筋并浇筑混凝土,增加墩顶断面尺寸,在原有支座外侧增设辅助支座^[8]。加固后的墩柱直接承受新增支座力,安全性高。但新增桥墩与既有桥墩间的连接需要进行大量的植筋和表面凿毛,操作复杂且施工质量难以保证。此外,加固支座发挥作用需要一定

的支座间距,对于支座间距要求较大的桥梁,墩柱加宽的工程量较大,对承台桩基增加额外负担。



图6 墩柱加宽

(2)增设盖梁(见图7)可采用钢盖梁,也可采用混凝土盖梁,对于抗倾覆作用而言并无区别^[9]。具体采用的结构形式需综合结构受力、周边环境和经济性进行考虑。钢盖梁自重轻,对既有桥梁下部结构增加荷载较小,加固施工现场工期短,对周边影响较小,但存在造价较高、后续需要持续进行防腐养护的不足。混凝土盖梁通常具备更大的结构刚度,利于新增支座的传力,且造价相对较低,但存在自重大、现场工期长的不足。



图7 增设盖梁

(3)增设辅助墩(见图8)可通过在现状桥墩外侧增设桥墩、在墩顶增设辅助支座的方式进行加固。这种方法几乎不影响对上部结构的受力模式,新增墩柱直接承受新增支座力,安全性高。但加固支座发挥作用需要一定的支座间距,新增立柱若超出原有承台范围,就需要从桩基、承台进行重新建设,工程量较大,造价较高,同时影响桥下空间使用。



图8 增设辅助墩

S32公路立交匝道桥宽8.0~9.5 m,多条匝道上跨地面道路,同时附近居民区较多,对加固方案的景观

