

# 柔性防撞设施与加固措施在老桥防护中的应用

吴建伟

(湖南省长沙市湖南铁路建设投资有限公司 湖南 长沙 410006)

**[摘要]**老桥防护中应用柔性防撞设施与加固措施的目的是避免桥梁桥墩因船舶撞击力过大而受到损坏,提高桥梁结构的安全性,增强桥梁的承载性能。本文主要对桥梁防撞设施类型及柔性防撞设施与加固措施在老桥防护中应用的必要性进行分析,以某跨江大桥为例,综合考虑桥墩自身抗撞能力、水流速度、水位变化及碰撞速度等因素,选择最佳的柔性防撞设施和加固措施,希望在提高老桥整体安全性的同时,降低对碰撞船舶的损坏。

**[关键词]**柔性防撞设施;加固措施;老桥防护

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6261.2020.02.179

## 引言

随着交通运输业的快速发展,出现了很多跨海、通航江河的大型桥梁,水上航行的船舶数量处于不断增加的趋势,在船舶吨位增大的情况下,增加了船舶撞击事件发生的概率,部分老桥梁会倒塌,不仅影响桥梁运营的安全性,而且会带来一定的经济损失。因此,在老桥防护中应用柔性防撞设施和加固措施具有一定的现实意义。

### 一、桥梁防撞设施类型及柔性防撞设施与加固措施在老桥防护中应用的必要性分析

#### (一) 类型

桥梁防撞设施指的是防止桥梁桥墩受船舶撞击的一种保护装置设施,主要设置于桥梁桥墩的周围,一旦船舶撞击桥墩,所设置的保护设施和装置能够快速吸收能量,减小撞击力,使撞击时间延长,起到保护桥梁的作用。目前桥梁防撞设施被划分为刚性、柔性防撞设施这两类<sup>[1]</sup>,前者主要使用钢材、木材制作的钢结构套筒消能设施,后者是以刚性防撞设施为基础所改进的新型防撞设施,主要使用复合材料来制作防撞设施,通常设计为圆角型,一旦船舶碰撞桥梁,在防止桥梁不受损伤的同时,还能够调拨船头,避免桥墩受到损伤。二者的工作原理、防撞效果、施工难易程度、使用寿命及造价等对比情况如表1所示。

#### (二) 必要性分析

老桥修建的时间比较早,受当时施工技术和工艺、施工材料及设计标准等因素的影响,其防撞性能和荷载标准与当前交通运输业量不相匹配,即老桥建设标准与现行规范之间存在巨大矛盾,部分老桥防撞能力比较弱,桥梁荷载比较低,加之航道等级的不断提升,船舶朝着大型化的方向

发展,且受外部洪水因素的干扰,老桥容易被损毁,引发安全事故,造成人员伤亡及经济损失,而且会缩短桥梁使用寿命,不利于桥梁工程本身功能的发挥。同时,柔性防撞设施和加固措施作为常用的桥梁保护手段,老桥防护中应用柔性防撞设施和加固措施,其本质是对现有的老桥进行改造和改建,施工任务量相对较少,施工操作相对较简单,一方面可以节约桥梁修建时间和费用,缩短工期;另一方面合理地利用老桥,能够节省材料、场地废弃物处理费用,降低对周围环境的污染。因此,将柔性防撞设施与加固措施应用于老桥防护中具有一定的必要性。

### 二、案例概述

本文以某跨河大桥为例,其河道河面宽度为520米,其主桥结构类型为预应力混凝土连续梁,设计车速为250km/h,双线正线线间距为4米。其中主梁设计形式为单箱单室、变截面直腹板,箱梁顶板、底板宽度分别为:12米、7米,主墩为钢筋混凝土结构,墩高、壁厚及薄壁间距分别为:24.5-27米、1.7米、7.1米,通航净空为:74m×10m,通航等级为II。

#### (一) 船舶撞击力计算

目前,采取静力法来计算船舶撞击力,其中忽略掉影响碰撞力的次要因素,以主要因素来准确计算实际碰撞力。其中常用的3种规范中的船舶撞击力计算方法如下:其一,公路规范中船舶撞击力计算需考虑船舶吨位、碰撞时间对撞击力的影响及水流速度等因素;其二,铁路规范中船舶撞击力计算考虑船行速度、撞击角度、弹性形变及船舶吨位等因素;美国规范中驳船撞击力计算比较复杂,通常会综合考虑船舶排水量、撞击能量、撞击速度等因素<sup>[2]</sup>。因此,本文确定使

表1 柔性、刚性防撞设施对比

| 性能         | 柔性消能防撞设施                                   | 刚性钢套筒防撞设施  |
|------------|--|--|
| 工作原理       | 使用复合材料所制作的可行弹性大变形,延长与船舶接触时间,减少冲击力的防撞设施     | 使用金属材料制作的塑性变形破损失消能防撞设施,即破损、变形就能消能                      |
| 防撞性能       | 能够大幅度地消减撞击力,当发生碰撞时,船舶柔性接触桥墩,尽可能地保护桥梁桥墩     | 利用钢结构破损失消能,变形减少船撞力。但钢材刚度大、弹性模量大,会损伤船舶,船撞过程中钢套筒会发生变化或破损 |
| 防撞效果       | 能够消减30%的撞击力                                | 能够消减20%的撞击力  |
| 施工难易程度     | 由于防撞设施比较轻,运输、安装比较便捷                        | 单个箱体由工厂焊接预制,使用内法兰螺栓来连接,但箱体较重,水上施工难度大                   |
| 对船体、水环境的影响 | 弹性模量低,对船舶损伤小,且无需进行防腐处理,不会对水造成污染            | 刚度大,容易损伤船舶,且需进行防腐处理,会污染水环境                             |
| 耐腐蚀性       | 耐腐蚀性强,无需防腐涂装                               | 长期处于水中会被腐蚀   |
| 损伤修复       | 局部出现损伤时,可以使用手糊工艺对其快速修复;若出现大面积损伤,需对单个节段进行更换 | 若出现塑性变形,需将其拆解后来修复;若破损失消能,需进行整体更换                       |
| 使用年限       | 30年以上                                      | 15年左右  |
| 造价         | 较经济  | 成本较高   |

表2 按照规范所计算的船舶撞击力结果

| 规范   | 船舶撞击力 (单位: MN) |       |      |      |      |      |
|------|----------------|-------|------|------|------|------|
|      | 主墩             |       | 交界墩  |      | 引桥桥墩 |      |
|      | 顺桥向            | 横桥向   | 顺桥向  | 横桥向  | 顺桥向  | 横桥向  |
| 公路规范 | 0.86           | 3.58  | 0.86 | 2.03 | 0.86 | 1.74 |
| 铁路规范 | 1.14           | 4.71  | 1.14 | 2.67 | 1.14 | 2.32 |
| 美国规范 | 3.18           | 13.27 | 3.18 | 7.60 | 3.18 | 6.52 |

用1000t级船舶来计算桥墩的抗撞力, 为了保证大桥的安全性, 要求船只过桥时限速或减速航行, 下行安全航速、船舶横桥向撞击主墩、引桥墩、交界墩及船舶顺桥向撞击速度分别取值为4.5、3.5、1.72、2.1、0.84m/s, 分别按照以上3种规范计算出船舶撞击力, 其计算结果如表2所示:

(二) 桥墩最大抗撞力

通过建立全桥模型、各桥墩模型计算主墩、引桥桥墩及交界墩顺桥和横桥向抗撞力, 在反复试算中得出各桥墩所能承受的最大船撞力, 并与表2规范计算出的船撞力相比较, 若所设计的船撞力在各桥墩所能承受的最大船撞力范围内, 说明墩身受力比较安全, 抗撞性能满足设计要求。其中经过反复试算, 得出主墩、交界墩、引桥桥墩抗撞力所承受的横、顺桥向最大船撞力分别为14MN/10MN、5MN/4MN、3MN/3.5MN, 结合各规范所计算的船撞力数据相比较, 得出主墩、交界墩、引桥桥墩横顺桥向抗撞能力均满足3个规范要求。

(三) 柔性防撞措施

根据不同防撞设施的特点、适用范围, 该老桥设计出桥墩加固+浮式防撞设施/固定复合材料护舷、隔离防撞墩+浮式防撞设施/钢丝绳防护/警示桩防护这几种防撞方案<sup>[3]</sup>, 综合考虑造价、抗撞要求、施工工艺及后期维护等因素, 最终确定老桥防撞的方案为桥墩加固+浮式防撞设施, 确保老桥在船舶撞击的情况下结构保持稳定、安全, 其中将混凝土浇筑于桥墩墩底区域, 梁底加设钢挡块, 使其形成一个整体, 增强大桥的承载能力。同时, 为了防止船舶直接破坏桥墩局部, 该工程项目中所采取的防撞措施思路为: 借助不同形式的防撞设施缓冲消能, 使船舶撞击时间得以延长, 减小船舶撞击力, 实现桥梁的保护。其中防撞措施主要为:

1. 设置橡胶块缓冲。在桥墩周围铺设橡胶缓冲吸能材料, 形成一圈保护层, 当船舶碰撞桥梁时, 由橡胶变形来吸收碰撞所产生的能量, 该防撞措施属于被动防撞, 所能吸收的能量有限, 满足小型船只航行。

2. 设置防撞岛、防撞墙。在主墩、交界墩承台上修建钢筋混凝土墙体, 在中洪水位、常水位处抵抗大型船舶的撞击, 将防撞橡胶块安装于表面, 防止船舶被撞毁。同时, 若该河道出现最高通航水位, 所设置的防撞岛无法抵挡船舶撞击力时, 需在桥墩的上下游两侧设施钢筋混凝土防撞墙, 对防撞岛以上的双薄壁墩进行防护, 并将交界墩的承台连接起来, 增强桥墩抗撞能力。

(四) 加固措施

通过实际检测, 发现该老桥评定指标不符合规范要求, 所以, 应结合桥梁技术状况指标对老桥进行加固处理, 通常桥梁加固以优化结构性能、补强构件为主, 使老桥的承载能力增强, 使用寿命得以延长, 满足当前交通运输要求。

1. 桥梁的加固。对于连续梁和普通简支梁, 可以根据其各自受力特点, 将简支梁改为连续梁, 使原桥跨中挠度、截面弯矩减小, 受力特点得以改变, 以增强老桥的承载能

力。在该老桥桥梁加固中, 需将梁端混凝土凿除, 露出钢筋连接, 然后将混凝土层铺设于桥面, 设置负弯矩钢筋<sup>[4]</sup>。同时, 在原桥主梁的下端设置八字形斜撑, 将提前制作的混凝土预制构件下端支撑桥梁墩台下, 上端支撑于梁底, 中间部位加设托梁, 该加固措施在实际使用中, 需在负弯矩区增设足够的钢筋, 增强其承载能力。

2. 提高桥梁承载力

为了提高桥梁的承载性能, 可通过增加构件截面、混凝土截面及主筋截面等方式来实现, 通过实际测评了解到, 该老桥的桥梁现有承载力与设计荷载差异比较小, 可以采取浇筑整体钢筋混凝土的方式, 增加钢筋间距、桥面铺设厚度, 使桥梁上部结构横向刚度增强, 且促使梁的高度增加, 间接提升桥梁的承载性能。

3. 加固内壁拱圈

为了对老桥梁内壁拱圈进行加固, 可采取现浇混凝土法, 在原有拱圈拱腹内部布设锚杆, 然后进行混凝土浇筑, 使原有的拱圈与现做的拱圈融为一体, 形成完整、复合式的拱圈, 增强砖石整体的抗弯拉应力和刚度, 弥补老桥单一结构受力较弱这一缺陷, 在复合式拱圈的作用下, 使桥梁的荷载得以分担, 减少原有拱圈的应力, 起到加固处理的目的。

4. 减轻老桥自身重量。老桥建设时间较早, 其拱上建筑的重量较大, 长时间会影响桥梁的承载能力, 所以, 可通过减轻老桥自重的方式实现拱桥加固, 比如挖掉老桥顶部的填料, 使用自重较轻的灰土填料来代替, 减少原有重量, 或者使用空腹法来减少自重。

三、结束语

综上所述, 随着水上航运事业的不断发展, 船舶承载量快速增加, 老桥的各项建设标准与船舶航行要求出现不同程度的矛盾, 不仅会破坏船舶, 而且在撞击力的作用下, 桥梁容易发生坍塌, 造成严重的损失。因此, 针对老桥实际情况, 综合考虑防撞要求、造价及后期维护等因素, 采取相应的防撞设施和加固措施, 解决老桥防撞能力差、承载能力弱等问题, 提高老桥整体运行安全性, 降低安全事故发生概率。

参考文献

[1] 韩勤, 练登科. 粘钢加固法在港区桥梁修复中的应用[J]. 山西建筑, 2019, 45(22): 132-133+154.  
 [2] 周良肖. 西溪特大桥水中防撞支架的加固与施工[J]. 福建交通科技, 2018(04): 97-99.  
 [3] 刘艳秋, 李建. 柔性防撞设施与加固措施在老桥防护中的应用[J]. 中国水运(下半月), 2018, 18(03): 204-205+208.

作者简介:

吴建伟(1977-10), 男, 益阳南县, 湖南省长沙市湖南铁路建设投资有限公司, 410006, 路桥, 项目公司总经理, 高工。