

橡胶护舷作水中桩柱防撞装置的应用分析

张汉平, 钟穗东

(华南理工大学 土木与交通学院, 广东 广州 510640)

摘要:从橡胶护舷的材料特性、产品结构和力学性能等方面分析其用作水中桩柱防撞装置的可行性和优势。结果表明, 柔性防撞装置——橡胶护舷配置在内河航道的水中桩柱(桥墩)上作防撞装置是安全实用的。通过实例分析, 阐明方案选型的重要性和应注意的问题。

关键词:柔性防撞装置; 橡胶护舷; 水中桩柱; 撞击力; 力学性能

中图分类号: TQ336.4⁺2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-890X(2014)08-0483-05

伴随着经济的持续发展, 水陆交通运输十分兴旺, 新建路桥不断涌现, 过往桥下航道的船舶日益增多, 船舶日趋大型化且航速逐渐提高, 船撞桥的几率递增。船撞桥墩的力通常在新桥工程的可行性分析时进行计算, 以配合桥址选择、桥墩设置和桥型确定, 而船撞桥的力与桥墩所选用的防撞装置有关。防撞装置有多种, 利用天然岛礁或沙滩、围堰、护桩和钢浮围等间接结构使船及早搁浅或不能与墩接触对保护桥是很有效的, 但通常不能保护船, 且受条件限制, 成本高。

在水很深的桥墩处等场合不便于采用间接结构, 就要使用直接结构, 同时希望在降低船撞力的过程中能做到既保护桥又保护船, 这就必须选择柔性防撞装置。

柔性防撞原理恰好说明橡胶护舷是水中桩柱(桥墩)的一种理想防撞设备^[1-3]。

1 柔性防撞原理和柔性防撞设备——橡胶护舷简介

用冲击动力学理论^[4]和 LS-DYNA 程序对船撞桥进行简化分析, 根据粘性阻尼对碰撞的影响, 可从原理上说明采用柔性防撞装置可以起到既保护桥墩又保护船只的作用。

分析表明, 介入阻尼元件后碰撞应力降低很大, 形成了一个新的柔性吸能撞击系统^[5]。

作者简介:张汉平(1981—), 男, 广东云浮人, 华南理工大学工程师, 学士, 主要从事土木工程与工程力学实验教学和工程检测工作。

1.1 材料特性

制造橡胶护舷的基材是橡胶。橡胶是高分子化合物, 分子结构决定了其属于粘弹性高阻尼材料, 具有弹性和粘性双重特性。橡胶的粘弹性质主要表现在下述两方面。

(1) 弹性模量小、形变大。这是由于大分子的链段在外力作用下可以运动, 即分子沿受力方向进行取向, 能使橡胶的弹性形变高达1 000%。桥墩保护对柔性防撞装置的基本要求就是必须具有反力小、变形(位移)大的良好碰撞性能。用橡胶护舷制造的防撞装置完全具备该特性。

(2) 形变需要时间。弹性形变和塑性形变同时发生是高分子材料的形变行为特征, 称为粘弹性, 粘弹行为则依赖于时间^[6]。形变落后于应力称为滞后现象^[7], 滞后现象会使一部分弹性能转变成热能损耗掉。将具有粘弹性能的橡胶制作桥墩防撞设备——橡胶护舷, 因其表现出粘滞性, 能消耗掉船舶一部分的撞击能, 同时撞击过程需要较长时间, 大大降低撞击力。

1.2 结构与性能

我国于1987年制订并实施 GB/T 7540《橡胶护舷》国家标准, 在2003年用新标准 HG/T 2866 替代了 GB/T 7540—1987 和 HG/T 2866—1997, 使橡胶护舷产品实现了标准化和系列化。

1.2.1 结构

橡胶护舷按结构分为圆筒型(CY)、半圆型(D)、超级拱型(A, SA)和超级鼓型(SC)等^[2]。

每种结构的产品规格已经形成系列化, 例如

圆筒型护舷,从 $CY150 \times L$ 到 $CY1600 \times L$ 共有 17 个规格等级。D 型、A 型(V 型)、SA 型和 SC 型等均各自形成相关规格系列,具体可参见 HG/T 2866—2003《橡胶护舷》标准。

每种结构的橡胶护舷的压缩变形量均达本体的 50% 以上,这个结构特点证明用其完全符合桥墩防撞装置“反力要小,变形要大”的实用要求。

1.2.2 性能

HG/T 2866—2003《橡胶护舷》标准对各规格橡胶护舷的力学性能已作出相应的规定。

GB 50139—2004《内河通航标准》将内河航道按可通航内河船舶的吨级划分为 7 级(见表 1)。我国两个行业标准 JTG D 60—2004《公路桥涵设计通用规范》和 TB 10002.1—2005《铁路桥涵设计基本规范》均提出对位于通航河流中的桥梁墩台设计时应考虑船舶或漂流物的撞击作用,并列出了撞击作用的标准值(见表 1)。

表 1 内河船舶撞击作用标准值

内河航道等级	船舶吨位/t	横桥向撞击	顺桥向撞击
		作用/kN	作用/kN
I	3 000	1 400	1 100
II	2 000	1 100	900
III	1 000	800	650
IV	500	550	450
V	300	400	350
VI	100	250	200
VII	50	150	125

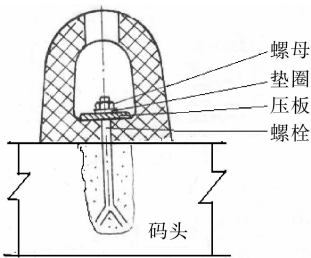
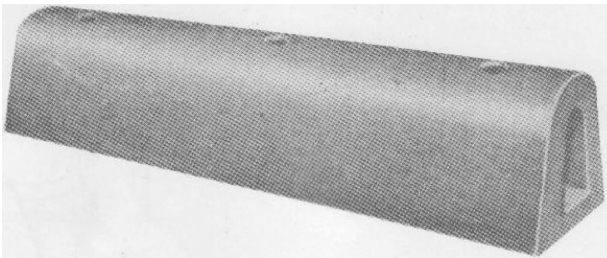


图 1 D 型橡胶护舷

2.2 广东江门水道特大桥防撞设施工程

广州至珠海铁路在江门水道上建白泥河特大桥,其桥墩的防撞设计考虑 1 000 吨级船舶通航的安全,选用 BPE(SA)600×1500 型橡胶护舷作防撞设施。施工现场考察发现该防撞设施的选型存在如下几点问题。

(1)力学性能过剩。原设计在防撞墙的周边

将表 1 数据与橡胶护舷标准对照可以看出, HG/T 2866—2003 所列的各种型号规格的橡胶护舷的力学性能完全满足内河各等级航道上的水中桩柱(桥墩)建防撞装置的要求,并给予设计者在进行桥墩防撞设计时丰裕的选型空间^[8]。

2 柔性防撞装置——橡胶护舷的选型

橡胶护舷防撞装置既能保护桥也可保护船,不需要每次撞击后维修,可以达到“小撞不坏,中撞可修,大撞不倒”的建造要求。近年来,橡胶护舷已越来越多地应用于水中桩柱(桥墩)的防撞设施。

为了拓展橡胶护舷的应用空间,必须做好选型工作。这是设立水中桩柱(桥墩)的桥梁设计者应关注的要点。本研究通过工程实例分析,论证选型工作的重要性。

2.1 广东四会市黄田绥江大桥防撞设施工程

绥江大桥桥墩防撞的设计按 500 t 船舶通航的安全而配置。从表 1 查得 500 t 船舶的横桥向撞击力标准值为 550 kN,选用 D300×300×1000 型橡胶护舷(见图 1)可以满足防撞设计的要求。

由于绥江大桥主桥桥墩设计为圆矩形及圆形(见图 2),而 D 型橡胶护舷不可能变曲造型,因此安装时在 D 型内腔还要加进一块金属压板,预埋螺栓方可紧固护舷,若按图 2 设计的防撞护舷构造图进行施工,显然是不可能的。

布置 12 组(每组 2 条)规格为 BPE600×1500 的橡胶护舷,1 000 吨级船舶正向撞击桥墩时,船体会接触 2 组(共 4 条)以上橡胶护舷。查 HG/T 2866—2003 得 SA600×1000 的力学性能:反力(即撞击力) $R=412$ kN,吸能 $E=104$ kJ,换算成 BPE600×1500 的力学性能为: $R=618$ kN, $E=156$ kJ。可见一组(2 条)BPE600×1500 橡胶护

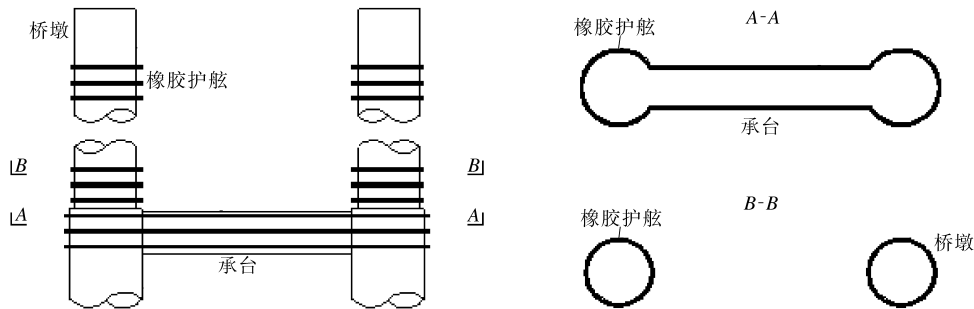


图 2 主桥桥墩防撞护舷构造

舷(总反力为 1 236 kN,总吸能为 312 kJ)承载 1 000 吨级船舶的撞击力已经大大超过 TB 10002.1—2005 给出的 750 kN 撞击作用标准值。

根据 TB 10002.1—2005 验算,1 000 吨级船舶撞击桥墩的有效动能也远小于一组 BPE600×1500 的吸能值。

(2)成本过高。安装一条 BPE600×1500/1800 橡胶护舷的成本构成为橡胶护舷本体(质量

780 kg)、贴面板(超高分子聚乙烯材质)、贴面板安装用的不锈钢螺栓、预埋螺栓(安装护舷用)、定位板(厚 6 mm),合计约 15 000 元。

(3)安装难度大。防撞设施设计是利用定位板将橡胶护舷安装在圆弧防撞围墙上(见图 3),但会出现两端翘起现象,护舷不能紧固,必须加工有弧度的支支护舷底座,才能安装橡胶护舷,使之与圆弧防撞墙紧固,但是底座与预埋套筒的连接

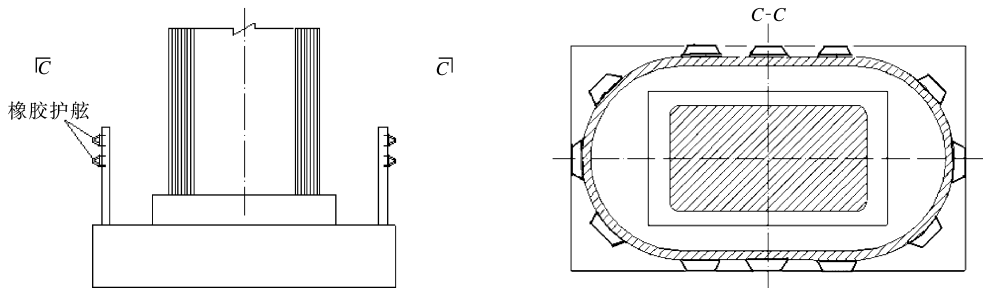


图 3 防撞墙结构

难度较大,不容易实施。

因此,本工程设计时建议选用 V 型(A 型)500 橡胶护舷,并提供相关的安装结构图,获得施工部门采纳。

2.3 四川通善大桥桥墩防撞设施工程

通善大桥原是四川遂宁培江一、二桥,要求通航 100 吨级旅游船。

通过现场勘察,知道大桥的水中桩柱均为圆形,选用艳色(黄色)圆筒型 $\Phi 200 \times 2500$ 橡胶护舷作桥墩防撞装置的主要构件,将其圆周均匀布置在桩柱上,防撞装置效果图见图 4。



图 4 通善大桥桥墩防撞装置效果图

圆筒型橡胶护舷具有下列特点。

(1)圆筒型橡胶护舷被撞上时会后退(受压缩),此时虽受力较小,变形会很大;由于护舷是圆型,其被撞的每一点都是切点,撞点能给船头一个

侧向推力使船头滑开,这是一种理想的防撞态势(见图 5)。

(2)圆筒型橡胶护舷安装固定点是各类型橡胶护舷中最少的,将其配置于正在运作使用中的桥墩(旧桥墩)是较理想的防撞构件。采用创新型的紧固护舷的结构使施工过程不损伤水中桩柱的

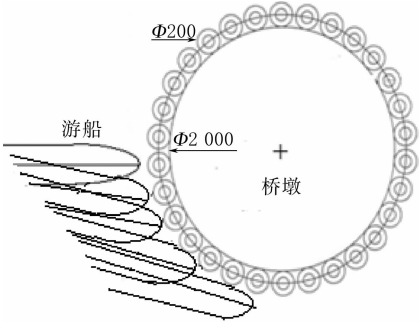


图5 CY型护舷防撞装置结构及撞击示意

钢筋或桥墩内在结构,由于桥墩受到橡胶护舷防撞装置的合理保护,因此还会延长桥墩的使用寿命。

(3)规格为 $\Phi 200 \times 2500$ 的圆筒型橡胶护舷的力学性能完全能够满足100吨级旅游船通航的安全要求。查HG/T 2866—2003得CY200 $\times$ 1000的 $R=59.8\text{ kN}$, $E=2.6\text{ kJ}$,换算得CY200 $\times$ 2500的 $R=59.8 \times 2.5=149.5\text{ kN}$, $E=2.6 \times 2.5=6.5\text{ kJ}$ 。根据GB 50139—2004所列100吨级船舶的船型宽5.5 m,那么不管船体是以横桥向还是顺桥向碰撞桥墩,都会触及两组以上的圆筒型橡胶护舷,可见其抵御船舶的撞击力是绰绰有余的。此项工程的实施得到遂宁市的好评。

2.4 广州珠江大桥防撞设施工程

2008年6月30日广州珠江大桥发生船撞桥墩事故后,业主方委托华南理工大学船舶与海洋工程研究所承担“广州市内环路广佛出口放射线工程”珠江大桥东西桥防撞装置的设计,为维持大桥桥墩现状,橡胶护舷防撞装置采用挂靠式结构,利用墩台将整座防撞装置承托起来(见图6)。

防撞装置设计要求鼓型橡胶护舷能承载整座

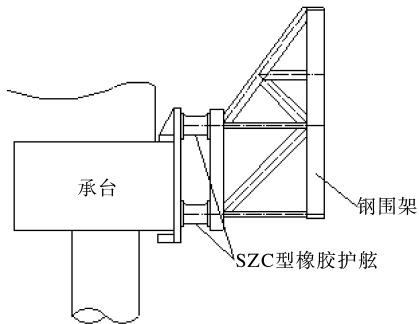


图6 东桥防撞装置剖面示意

钢围架的质量,同时当钢围架被船体碰撞时能抵御横向撞击力的作用,保护桥墩。

广州市海盾橡胶有限公司接受研制防撞装置的核心部件——SZC型橡胶护舷的任务,成功制造出具有预应力角的SZC鼓型橡胶护舷(见图7)。

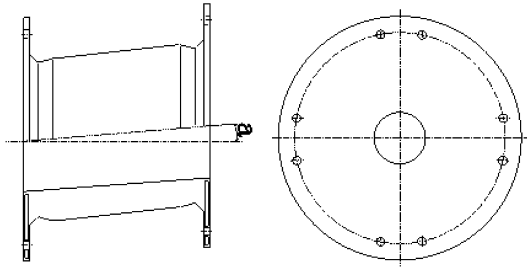


图7 SZC鼓型橡胶护舷

由华南理工大学土木与桥梁检测中心对钢围架橡胶护舷防撞装置进行相关检测,具体方法是:通过对SZC型橡胶护舷基本单元构造施加力(即防撞装置自垂与船体碰撞力的共同作用)进行力学性能测试,模拟该新型桥墩防撞装置被船体碰撞时的抗碰撞承受能力。

在压力试验机上做了鼓型橡胶护舷反力试验,也对基本单元构造的两鼓一板SZC鼓型橡胶护舷进行抗剪切与抗压试验。检测结果表明:SZC鼓型橡胶护舷基本单元构造能满足设计要求。由SZC型橡胶护舷组成的桥墩防撞装置可抵御船舶的冲撞力。

钢围架防撞装置实体工作照片如图8所示,本装置投入运作近3年,运行正常。



图8 钢围架防撞装置实体工作照片

3 结语

(1)防撞设备——橡胶护舷的选型看似容易,

桥梁设计者只要根据标准所列的型号规格,就可以选择到力学性能相应满足设计该吨级船舶的横向撞击力要求的防撞产品,无需进行相关的计算来确定。但是进行施工的实际操作时,就可能出现不能按图施工的问题。

(2)防撞产品选型正确,橡胶护舷对桥墩的布防合理,防撞装置使桥墩能安全抵御通航船舶偏航的撞击,防撞设施工程投入的资金较少,经济实用;针对在用桥(或旧桥)进行设计时,不使用植根螺栓固定防撞设备,避免因安装需要而损坏桥墩钢筋,影响桥梁使用寿命。

(3)目前,国内外对大桥防撞没有统一的设计规范和标准,通过上述的工程案例,期待为大桥工程防撞设施设计提供一个新的模式,就是桥梁设计部门与橡胶护舷生产企业之间的沟通合作。采用设计与生产相结合的模式,推出新型桥墩防撞设施,推进大桥建设的发展。

参考文献:

- [1] 于智,智放,王影,等. 超级拱形橡胶护舷的设计原则及制造工艺[J]. 世界橡胶工业, 2009, 36(6): 33-37.
- [2] 王涛,钟穗东,张汉平. 大型橡胶护舷试验方法研究[J]. 建筑监督检测与造价, 2009, 2(10): 18-20.
- [3] 张建,唐文献. 鼓型橡胶护舷非线性有限元分析及试验验证[J]. 船舶工程, 2012, 34(3): 21-24.
- [4] 王礼立. 应力波基础[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985: 48-117.
- [5] 陆宗林. 一种新型的柔性吸能防撞装置[A]. 中国公路学会桥梁和结构工程分会 2004 年全国桥梁学术会议论文集[C]. 北京: 中国公路学会桥梁和结构工程分会等, 2004: 605-609.
- [6] 李斌才. 高聚物的结构和物理性质[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 312-318.
- [7] 陈耀庭. 橡胶加工工艺[M]. 北京: 化学工业出版社, 1982: 102-153.
- [8] 顾民权. 海港工程设计手册(中册)[M]. 北京: 人民交通出版社, 1994: 242-324.

收稿日期: 2014-02-16

Application Analysis on Rubber Fender as Column Protection in Water

ZHANG Han-ping, ZHONG Sui-dong

(South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The feasibility and advantages of rubber fender as anti-collision device for column protection in water were analyzed in terms of material characteristics, structure and mechanical property. The results showed that the flexible rubber fender provided safe and useful protection for the columns in inland waterway. In addition, the importance of fender design and key points for attention were highlighted through analysis of examples.

Key words: flexible anti-collision device; rubber fender; columns in water; impact force; mechanical property

一种改性沉淀法白炭黑的制备方法

中图分类号: TQ330.38⁺3 文献标志码: D

由北京橡胶工业研究设计院申请的专利(公开号 CN 102951649A, 公开日期 2013-03-06)“一种改性沉淀法白炭黑的制备方法”, 提供了一种用于轮胎和橡胶制品的改性沉淀法白炭黑的制备方法: 首先在反应器中加入液体硅酸钠(总量的10%~50%); 再向反应器中同时加入剩余的硅酸

钠和质量分数为 0.10~0.30 的硫酸溶液(与全部硅酸钠的物质的量相等), 并加入改性剂十二烷基硫酸钠或硬脂酸或硬脂酸锌, 升温至 50~95℃, 在搅拌下反应 1~2 h, 然后用氨水调节 pH 值到 7~9, 同时加入沉降剂十二水合硫酸铝钾, 继续反应 0.5~2 h, 最后将反应生成物水洗、抽滤, 并干燥得到产品。

(本刊编辑部 赵敏)