

第10届

全国建筑物鉴定与加固 学术交流会论文集(下)

DI 10 JIE QUANGUO JIANZHUWU JIANDING YU
JIAGU XUESHU JIAOLIUHUI
LUNWENJI

朱大勇 完海鹰 胡 成  编



第十届全国建筑物鉴定与加固 学术交流会论文集 (下)

朱大勇 完海鹰 胡 成 编



合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

第十届全国建筑物鉴定与加固学术交流会论文集/朱大勇,完海鹰,胡成编. —合肥:合肥工业大学出版社,2010.9

ISBN 978-7-5650-0288-5

I. ①第… II. ①朱…②完…③胡… III. ①建筑物—鉴定—学术会议—文集②建筑物—加固—学术会议—文集 IV. ①TU746.3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 190453 号

第十届全国建筑物鉴定与加固学术交流会论文集(上、下)

朱大勇 完海鹰 胡 成 编

责任编辑 孟宪余

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2010 年 10 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2010 年 10 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	889 毫米×1194 毫米 1/16
电 话	总编室:0551-2903038 发行部:0551-2903198	印 张	60
网 址	www.hfutpress.com.cn	字 数	1774 千字
E-mail	press@hfutpress.com.cn	发 行	全国新华书店
		印 刷	合肥现代印务有限公司

ISBN 978-7-5650-0288-5

定价:298.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

第十届全国建筑物鉴定与加固学术交流会

大会主席 王梦恕

学术委员会主任委员 孙前元

学术委员会副主任委员 王建国 梁 爽

学术委员会委员(以姓氏汉语拼音排序)

曹双寅	陈国兴	邓 浩	邸小坛	丁克伟	范 峰	高永昭
顾祥林	雷宏刚	李爱群	李延和	李忠献	梁 爽	梁 坦
刘伟庆	刘西拉	吕西林	罗苓隆	牛荻涛	钱礼平	钱文忠
孙前元	滕 康	汪仁和	王建国	王新玲	王元清	项炳泉
叶列平	岳清瑞	曾 伟	周新刚	朱兆晴		

论文集编委会

主 编 朱大勇 完海鹰

副主编 胡 成

编 委 柳炳康 叶献国 曾 伟 钱礼平 朱兆晴

陈道政 周 安 何沛祥 王静峰

组织委员会

主 任 委 员 吴玉程

副主任委员 项炳泉 朱兆晴

委 员 彭 原 完海鹰 胡 成 柳炳康 曾 伟

钱礼平 丁克伟 汪仁和 陈道政 方诗圣

序

进入 21 世纪以来,我国超大规模基础建设拉开帷幕,高层建筑、高速公路、高速铁路、城市地铁等迅猛发展;与此同时,出于集约化发展需要,上世纪的很多建筑物将面临改造加固;随着时间的推移更多的基础设施进入维护阶段。在经历了汶川地震和玉树地震等灾难之后,房屋安全已越来越成为政府和人民关注的焦点,2009 年底以来已在全国范围内开始进行大规模的中小学抗震鉴定与加固,建筑物鉴定与加固技术的作用更为凸显。随着科技日新月异的发展,新技术新材料也逐渐在工程中被广泛使用;社会在进步,人们希望现有房屋具有更好的使用及安全性能,这些对建筑物鉴定与加固提出了更高的要求,同时也提供了更为广阔的发展空间。

2010 年金秋时节,在风景秀丽的黄山市,我们迎来了全国建筑物鉴定与加固改造第十届学术交流会议,本专业领域的诸多科研院所的专家学者云集皖南名城,众多工程设计、施工、检测人员以及规范标准的编制人员等也将参加这次盛会。此次会议将为与会者提供一个专业交流平台,推动建筑物鉴定与加固行业的发展。

本次会议共收到论文 210 余篇,其中收录发表 184 篇。会议议题分为六个部分:工程结构加固改造综述及国内外最新动态;工程结构加固、改造理论分析及试验研究;新技术、新材料的研究与应用;中、小学房屋抗震鉴定与加固;桥梁、构筑物的可靠性评定方法及工程应用;鉴定、加固与改造工程实例。论文集的出版将使更多的同行了解建筑物加固技术的最近进展。

本届会议的大量会务工作是由合肥工业大学土木与水利工程学院、安徽省建筑科学研究设计院、安徽省建筑设计研究院承担的,对他们的辛勤劳动,我们表示衷心的感谢。

中国工程院院士



2010 年 10 月

目 录

第一部分 工程结构加固改造综述及国内外最新动态

在科学发展观的指导下,推进委员会工作可持续发展	孙前元 梁 爽(3)
既有建筑政策与标准规范	邱小坛 田 欣(7)
既有房屋建筑安全使用技术政策介绍	周 燕 唐 钜 邱小坛(15)
建筑物鉴定、改造加固发展中的新途径与展望	王孔藩 朱 雷(20)
氯离子侵蚀环境下钢筋混凝土结构耐久性设计研究现状	周国全 屈文俊 方 瑾(26)
我国建筑抗震鉴定与加固的历史、现状及展望	潘 毅 张蓬勃 杨 琼 林拥军(31)
建筑结构的可靠度设计与鉴定	邱小坛 田 欣(35)
新《建筑抗震鉴定标准》中多层砌体房屋鉴定的比较	武慧芬(42)
工程结构竖向移位技术发展与应用概况	吴二军 张兴龙(48)
历史木结构建筑抗震性能评估	代红超(55)
江南地区典型农村住宅结构现状调查与分析	郑士举 蒋利学 陆伟杰(59)
近代优秀历史建筑结构可靠性鉴定中的若干问题	丁 一 李 荣 肖国平 林志仲(65)
《房屋裂缝检测与处理技术规范》内容及特点介绍	尹 鹏 卜良桃 李 为(70)
既有建筑技术统一标准的研究	周 燕 邱小坛 唐 钜(76)
扣件式钢管脚手架体系风险分析	王 骅 唐雅芳(80)
关于如何应用《建筑结构加固工程施工质量验收规范》的几点理解	张成英(88)

第二部分 工程结构加固、改造理论分析及试验研究

房屋建筑建设与使用阶段的综合防灾	邱小坛 田 欣(95)
对于建筑抗震一些问题的研讨	邱小坛 田 欣(106)
嵌入式 CFRP 板条加固混凝土梁试验研究	陆洲导 苏 磊 皮 锐 周 激(113)
FRP 加固钢筋混凝土梁的刚度简化计算	黄凤霞 曹双寅(117)
超声波平测受火后混凝土损伤深度的算法研究	余江滔 廖杰洪 陆洲导(122)
柱托换节点受力性能的试验研究	
..... 张 鑫 贾留东 夏风敏 王恒 谭天东 司道林 李玉平(129)	
某 105 英尺钢板仓加固有限元分析	潘建伍(138)
基于 ANSYS 有限元软件对聚合物砂浆钢筋网加固 RC 梁受弯性能的分析	黎红兵(143)
某钢框架结构抗震加固及静力弹塑性分析	朱 宁 李敏锋 全国芳(152)
新旧混凝土粘结性能的试验研究	林拥军 王振领 钱永久 潘 毅(158)

截面分层法求解 AFRP 筋混凝土梁的弯矩和挠度研究	江世永 李炳宏 林 峰 姚俊懿 姜仁荣(164)
某后置大跨悬挑钢楼梯的有限元模拟试验分析	杨晓燕 曹双寅 黄凤霞(169)
高强材料置换截面加固偏压混凝土构件的应力分析	潘 立(174)
超高韧性水泥基复合材料加固混凝土三点弯曲梁的试验研究	朱 榆 刘长平 徐世琅(180)
预应力和非预应力钢筋混凝土桥梁重荷载试验	郭春红 弓俊青 张英军 赵振清 田亚庆 张贵成(187)
某冷却水塔主体结构振动原因动测与计算分析	郭 晔 张贵成 常好诵 杨建平(192)
贮仓结构抗震鉴定存在的问题	余志勇 石建光 林挺宁(197)
近现代历史保护建筑结构安全性检测与鉴定分析	李 为 卜良桃 毛海斌(201)
CFRP 加固钢构件粘结性能试验研究	完海鹰 陈大军(204)
预应力 CFRP 片材加固钢筋混凝土梁的抗弯承载力非线性全过程分析	江世永 李炳宏 林 峰 姚俊懿 姜仁荣(209)
混凝土框架结构基于位移的抗震设计方法研究	吕 程 叶献国(213)
混凝土梁穿心式抗剪加固法的试验研究	崔士起 成 勃(217)
火灾后混凝土结构的温度判定	苏树芳 周新刚 李 强 孙华明 鲍海震(222)
生产设备引起厂房振动的测试及分析	王 莉 赵考重(229)
PUSHOVER 在构件权重分析中的应用	陈小杰(234)
锚固钢板加固的非线性有限元分析	卜小兵 董松员(239)
梁侧锚贴钢板加固钢筋混凝土梁抗弯性能试验研究	傅 鹏 高剑平 邓燕华(245)
钢吊车梁剩余寿命计算与评估	郭春红 弓俊青 孙建华 程 旭(249)
原位轴压法推断砌体抗压强度的公式探讨	王庆霖 董振平 赵敬冬 李振华(254)
二次受力下自密实混凝土加固 RC 柱抗震性能试验研究	吴文达 范 炜 郑建岚(260)
传统加固方法与消能减震加固方法在提高设防烈度抗震加固中的运用比较	郑 柯 毛星明 张 勇(268)
钢筋混凝土框架柱的抗震性能研究	舒 平 叶献国 徐 勤(273)
多层砌体结构房屋抗震性能影响因素分析及工程应用	宛阿祥(277)
高强钢丝绳网片对受弯构件加固计算方法及应用	严承璋(281)
基于不确定层次分析法的既有玻璃幕墙安全性综合鉴定评估方法	左勇志 张山山 霍 达 鲁巧稚 李伟峥 周乐云(286)
板式楼梯对钢筋混凝土框架结构的影响	刘守华 朱 芳 吴兆旗(291)
商品混凝土现浇楼板的几种裂缝原因分析及加固处理方法	张径伟 袁广林 姚建国 温发明(298)
考虑填充墙影响的框架结构基本自振周期分析	刘景良 吴兆旗 刘守华(304)
增加次框架支撑对巨型框架结构的影响	詹 森 叶献国(310)
钢筋锈蚀对钢筋混凝土构件承载力影响的数值模拟	王 磊(314)
某机房大楼加固工程楼面荷载试验	蔡国熙(319)
吊车梁卡轨力及制动结构相关问题之讨论	徐善华 邱 斌(323)

第三部分 新技术、新材料的研究与应用

从检测看建筑结构胶在施工中存在的问题·····	马凤淑 曾 兵 祝亦霖 李渝生(329)
5·12 汶川地震对新浇混凝土强度及钢筋握裹的影响 ·····	····· 毛星明 张建明 张 勇 狄 林(333)
横向体外钢筋加固预制楼板设计·····	曹桓铭 牛 宝 刘明辉(337)
耐高温建筑结构粘合剂的研究·····	李晓东 蒋松岩 莫群速 曹 阳 王秉权(341)
烧结多孔砖泛霜实例及引起的相关问题·····	郑玉庆 王文钢(345)
增强塑料纤维加固施工质量的现场硬度检测·····	林文修 刘佐钦 刘文劫 张兴伟(348)
硅烷偶联剂对环氧胶粘剂力学性能的影响·····	田 甜 彭 勃 余鲜桃(352)
碳纤维施工质量评定指标的探讨·····	成 勃 崔士起(359)
建筑结构胶抗冲击剥离性能研究 ·····	····· 王文军 许艳红 李红旭 岳彩艳 蒲国民 张首文 贺曼罗(363)
改性环氧类双管植筋胶及配套工具的研发 ·····	····· 祝亦霖 李胜安 朱天顺 王 玲 施立明 骆 彬 杨红法(367)
钢绞线网—聚合物砂浆面层加固法的工程应用·····	狄玉辉 何小燕(372)
超高韧性水泥基复合材料在修复加固工程中的应用研究进展·····	蔡向荣 刘志刚 徐世琅(376)
无粘结预应力梁、板开洞技术方法 ·····	李 铭(383)
预应力张弦梁在建筑物改造中的应用·····	徐中文 刘亚飞(388)
砖混结构无支撑托换施工技术·····	陈尚建 袁正宇 李大桥(396)
高强钢绞线—聚合物砂浆在某多层框架结构工业厂房加固中的应用 ·····	····· 张重英 滕文川 钱 铭 张茂盛 王正东(401)
中国国家博物馆加固改造工程消能支撑施工技术·····	殷惠君(404)
废钢渣在地基处理中的综合利用及展望·····	王海龙 李 伟 梁 燕(409)
辽宁地区泵送混凝土回弹测强曲线拟合及应用研究·····	刘宏生(414)
混凝土结构严重质量缺陷的置换处理·····	周新刚 鲍海震 李 强 周少红(420)
后装拔出法检测纤维水泥砂浆强度的工程应用·····	周 宁 卜良桃 尹 鹏(424)
一种保护建筑的修缮方法与应用·····	王凤来 孙绪杰 潘景龙(428)

第四部分 中、小学房屋抗震鉴定与加固

安徽省中小学校舍抗震加固设计技术探讨·····	钱礼平 曾 伟 马良浮 王红松 陈卫东(437)
中小学校舍抗震加固不停课施工技术研究·····	李延和(449)
多层砌体教学楼抗震性能加固方法探讨·····	廖新雪 徐志武 刘 燕(453)
地震区某小学教学楼抗震加固方法研究·····	陈大川 唐 宽(456)
多层单跨外挑框架校舍抗震的若干问题·····	杨苏杭 曹双寅 顾瑞南(461)
北京中小学校舍抗震鉴定的几点思考·····	周 浪(465)
日本学校建筑物抗震工程实践·····	陈 涛 高 鹏(473)
中小学建筑抗震鉴定及加固设计若干问题探讨·····	王 欣 李安起 赵考重 赵佳彦(479)

长沙市某区中小学校舍抗震鉴定总结·····	毛海斌	卜良桃	李易越(483)
混合承重结构的中小学校舍抗震鉴定方法·····	李占鸿	陈 洋	(487)
濉溪县中小学校舍抗震调查及房屋损伤分析·····	郑中明	王静峰	李守继 张明明(492)
中小学校舍砖混结构安全性检测方法探讨 ·····			
·····	韩 剑	吴元周	付中英 刘 彬 张春虎 王志坚(497)
中小学校舍砖混结构安全性及抗震鉴定问题探讨·····	姬 倩	吕恒林	李 贤 韩 剑(503)
徐州地区框架结构校舍抗震鉴定关键问题探讨 ·····			
·····	许更龙	易永胜	宋亚林 王 超 刘 彬 王永春(509)
中小学校舍砖混结构加固修复方法探讨 ·····			
·····	易永胜	姬 倩	周淑春 李 贤 赵 晴 张荣富(515)
大庆市让区中小学安全鉴定及加固设计·····	王向楠	孟 卓	王金国 孙醒远(521)
中小学校舍框架结构安全性检测技术探讨 ·····			
·····	王 浩	付中英	张见超 张 杰 张丙利 闫加贺(526)
多层砌体校舍建筑抗震加固若干问题·····	高 炜	高小旺	刘 佳 李清洋 张宜磊(531)
浅谈中小学校舍安全工程中的加固方法·····			戎希杰 邢荷英(536)
某砖混结构校舍抗震鉴定及加固方法研究 ·····			
·····	温海燕	赵 晴	谢海舰 张荣福 张广昌 叶亚飞(540)
某地区中小学砌体结构教学楼加固设计·····	秦 雷	种 迅	(546)

第五部分 桥梁、构筑物的可靠性评定方法及工程应用

碳纤维布加固中小跨径预应力混凝土梁桥的应用·····	曹淑上	林文修(555)
严寒地区冬季箱梁积水对结构的影响·····	肖 辉	江 涛 俞世锋 林 森(559)
钢筋混凝土刚架拱桥加固方法及实例·····		李晓钟(562)
预应力高强不锈钢绞线网快速加固某两座板式桥梁的工程应用 ·····		
·····	王 震	辛克贵 张天申 刘春杰 刘沛林(566)
钢筋混凝土轻型悬索桥外观检测及加固设计研究·····	黄卿维	韦建刚 陈宝春(573)
津滨轻轨桥墩主动托换施工受力与变形监控标准·····	卜建清	孙 宁(578)
现有混凝土桥的结构检测及承载能力评定·····		崔永旭(585)
新河桥的检测与加固·····	完海鹰	吴 杨(589)
海中桥梁桩基维护与加固·····	欧世忠	卓昌志(593)
某大桥的加固改造施工及其效果评价·····	王逢朝	严景明 严 林 刘纪峰(597)
某钢结构人行天桥动力特性测试及有限元分析·····	刘 佳	郭二伟(603)
某双曲拱桥的检测与加固·····	孙学军	任广平 王晔霞 李爱国 李永芳(609)
监测技术在基坑工程中的应用及分析·····	丁 怡	张 亮(614)
注浆法在地基基础加固设计中的应用·····	潘建立	马 衡 束天明(620)
桥台锥坡设计与施工方法的改进·····	胡 鹏	丁克伟(625)
郑村桥维修加固·····	叶东祥	方诗圣 严辉均(630)

第六部分 鉴定、加固与改造工程实例

某砖混住宅楼爆炸后结构损伤分析及处理·····	张兴伟 林文修 易 珂 刘佐钦(635)
采用“巨型框架法”加固某水泥厂增湿塔框架·····	廖新雪 陈 伟(639)
某混凝土框架仓库火灾后结构检测与评定·····	朱红武 王孔藩(643)
功能提升引起的门式刚架轻钢结构厂房加固设计·····	孙 宁 舒贇平(647)
大型古建筑砖木结构房屋检测鉴定和设计·····	张坦贤 吕西林 李培振(651)
已变形大跨度钢桁架通廊检测鉴定与加固纠挠·····	郭 晔 幸坤涛 杨建平 常好诵(655)
某综合楼混凝土柱加固工程实例·····	李易越 卜良桃 周 宁(661)
贮仓结构抗震鉴定存在的问题·····	余志勇 石建光 林挺宁(665)
某商业中心地下室外墙损伤事故分析·····	唐 钜 周 燕 李 明 李书奇(669)
浅谈合肥地区地下室上浮事故的原因分析与处理措施·····	查松亭(673)
施工缝处理不当引发的结构垮塌实例·····	刘兴远 封承九(677)
某混凝土框架结构局部火灾后损伤鉴定与处理方案·····	孙 彬 韩继云(681)
某轻钢厂房检测鉴定与加固设计·····	淳 庆 李今保(687)
废钢渣在地基处理中的综合利用及展望·····	王海龙 李 伟 梁 燕(694)
某工程楼板裂缝检测鉴定·····	白清春 赵 跃(699)
某尾矿库排水管的现场检测及安全性鉴定·····	甘立刚 罗苓隆 肖承波 凌程建 汪建兵(702)
上海食品工业历史展示馆抗震加固设计·····	孙战金 姜文伟(708)
某机场雷达站雷达塔主体结构安全性检测鉴定·····	吴 东 蒋 峰 雷 勇(717)
某建筑功能改造加固设计·····	刘志清 邱洪兴 胡 涛 余 飞(720)
某单层工业厂房可靠性鉴定·····	黄 实(724)
旧貌换新颜——福州大学光催化中心增层扩建改造设计·····	林 翔(728)
某热力工程上煤廊钢结构加固设计·····	刘新强 闫海涛 杜延海(734)
某框架结构厂房检测、加固设计及施工·····	王新波 赵海艳(738)
某住宅楼墙体裂缝分析·····	席向东 张文革(741)
建筑结构振动影响的测试评价方法及工程应用·····	吴小波(744)
某现浇钢筋混凝土楼板裂缝简析·····	王 超 赵考重(751)
某多层框架结构抽柱扩建设计与实施·····	孙学军 任广平 李爱国 李永芳 徐 勇(754)
中国驻洛杉矶总领事馆办公楼抗震加固工程·····	郑 昊 吉 峰(760)
建筑物受相邻地下工程施工影响后的检测与鉴定·····	许天添 李占鸿 陈 洋(765)
某厂房砖烟囱的检测与可靠性鉴定·····	赵海艳 王新波 杜延海(770)
某超限框架剪力墙结构加层改造加固设计·····	张茂盛 滕文川 钱 铭 张重英 王正东(773)
某办公楼不均匀沉降的原因分析与加固处理·····	杜延海 刘长平 刘新强(778)
钢网架屋盖结构的加固应用与研究·····	朱 华(783)
世博宝钢大舞台改建结构设计·····	包联进 黄永强 瞿 璐 童 骏 姜文伟(787)
某热电公司4#炉烟囱检测鉴定及加固方案·····	于长江 张书禹(792)
广州市黄埔区政府办公楼群加建廊桥设计·····	朱昊梁 孙文波(794)

山东大学综合楼屋顶加建钢结构钟楼工程实例·····	王 琴	康介莲	张 鑫(800)
砖混结构托换技术加固方案设计与验算·····	陈尚建	杨 磊	李大桥(804)
某住宅楼混凝土结构裂缝原因分析·····	邓洪亮	冯 茜(809)	
某住宅楼检测鉴定·····	罗 民	高剑平	罗 丹(812)
某钢厂主厂房火灾后鉴定与加固·····	幸坤涛	肖 辉	常好诵 张家启(816)
某公共建筑结构耐久性检测、评估及修复·····	王 玲		郭小华(819)
大型设备对高层工业厂房振动特性的影响及加固·····			
·····	邹立华	黄 凯	曾新发 黄 昆 王黎园(824)
静压混凝土管桩纠偏办公楼·····		阮永怀	侯发亮(830)
地下室上浮后的检测鉴定与加固处理·····		郭 杨	李宏卓(834)
大庆油田采油六厂三矿房屋震后加固设计·····	孙醒远	王金国	王向楠 孟 卓(840)
砌体结构托梁换墙加固改造设计·····		孙昌龄	储 磊(844)
某坡道挡土墙破坏事故分析·····	常 在	周 燕	谢新明(849)
某医院历史保护性建筑的加固改造·····			刘 军(853)
某科技培训中心结构托换改造设计与施工·····			张 江(856)
某建筑物火灾后混凝土强度的评定及加固设计·····		毛星明	张建明(859)
昆山某会所钢筋混凝土梁体外预应力加固实例·····	褚靖宇	邱少峰	吕立新 陈更生(864)
外滩通道工程对相邻优秀历史建筑施工影响的监测与检测·····	蔡乐刚	徐 明	王晓华(867)
某风电场风机基础鉴定及加固治理·····	张文革	席向东	朱丽华(873)
16t 模锻锤基础改造设计·····	李毅伟	杨先健	徐永利 杨 平(878)
四川大学华西医院水塔楼、八角楼保护性加固改造设计·····	陈红艳	毕 琼	雷 雨(883)
上海近现代文物保护建筑检测鉴定(勘察)·····	陈 洋	李占鸿	蔡乐刚 陈小杰(891)
某钢结构厂房基础不均匀沉降检测鉴定与加固·····	李明柱	楼永林	王 磊(897)
明水及潮湿环境下的钢筋植筋·····	亢 清	李 琪	黄 毅(900)
天津电力科技博物馆工程结构加固改造·····	苏靖宇	宋奎山	纪 明(902)
试论旧住房成套改造工程的特点及关键技术·····	倪诗阁	张 亮	曹如扬(906)
关于××市玉皇庙工程的古建维修加固施工·····			张 江(913)
混凝土结构加固方法及工程实例·····		程 献	孙 曦(917)
建筑结构病害检测与加固方法及其应用·····		叶四泉	张尚德(921)
单层钢筋混凝土柱厂房抗震鉴定中的几个问题·····			金来建(925)
某地区小学教学楼抗震鉴定及整体加固案例·····		刘清平	蔡国熙(929)
论经济型酒店改造前的检测鉴定与加固·····		郝晓丽	杨 珏(934)

第五部分

桥梁、构筑物的可靠性评定方法及工程应用

碳纤维布加固中小跨径预应力混凝土梁桥的应用

曹淑上, 林文修

(重庆市建筑科学研究院, 重庆, 400015)

摘 要:中小跨径预应力混凝土梁桥加固, 可有针对性地采用粘贴碳纤维布的方法。本文分析了碳纤维布加固中小跨径预应力混凝土桥梁的适用性, 提出了碳纤维布加固中小跨径预应力梁桥的思路及抗弯承载力计算方法, 并附某 30m 简支预应力混凝土箱梁桥的碳纤维布加固工程为例, 这对中小跨径预应力混凝土旧桥的利用与加固具有借鉴意义和现实意义。

关键词:碳纤维布; 中小跨径预应力混凝土梁桥; 裂缝; 加固方法

0 序言

粘贴碳纤维加固梁类构件因具有轻质高强、耐腐蚀性和耐久性强、施工便捷、结构影响较小等优点, 广泛应用于国内外结构加固改造工程中。目前, 碳纤维加固梁类构件的研究与应用主要集中在普通钢筋混凝土结构加固方面, 其抗弯和抗剪加固设计、施工及应用等已形成一系列规范, 取得了较好的效果; 在预应力混凝土桥梁加固方面, 碳纤维布主要用于裂缝的修补、提高结构的耐久性, 对碳纤维布加固、提高预应力混凝土桥梁结构抗弯承载力方面的研究及应用较少。本文从碳纤维布加固中小跨径预应力混凝土桥梁的适用性分析入手, 提出碳纤维布加固中小跨径预应力梁桥的思路及抗弯承载力计算方法, 并附某一 30m 简支预应力混凝土箱梁桥的碳纤维布加固工程为例, 以供类似工程参考。

1 碳纤维布加固预应力混凝土桥梁适用性分析

虽然粘贴碳纤维加固梁类构件具有诸多优点, 且不增加恒载, 但该项技术在获得良好的加固效果的同时, 应用于桥梁抗弯承载力加固也存在着一些缺点。

对于桥梁的加固而言, 桥梁自重及二期恒载产生的内力由原结构承担, 活载及后加结构的恒载产生的内力由加固后的组合结构承担。因此, 与原桥梁结构钢筋或预应力筋相比, 新增加结构的应变存在滞后效应, 即二次受力效应。新增结构的应变滞后效应大小与梁桥结构恒载弯矩占总弯矩的比例有关, 恒载弯矩比例越大, 应变滞后效应越明显。在极限状态下, 其应力达不到抗拉强度设计值、碳纤维布的高抗拉性能不能充分发挥作用从而造成高强碳纤维布材料的浪费, 加固提载效果不明显。

一般而言, 大跨度混凝土梁桥结构自重占总弯矩的 40% 以上, 特大跨梁桥结构自重占总弯矩的 70%~90%, 跨径越大, 桥梁的运营荷载占总弯矩的比例越低, 结构承载效率越低。对于采用预应力混凝土结构的中小跨径梁桥, 预加应力增大了抵抗活载的能力, 降低了恒载弯矩比例, 采用粘贴碳纤维布加固时新增加结构应变存在的滞后效应较小。

同时, 中小跨径预应力混凝土桥梁的加固多以对裂缝的加固处理为主。采用碳纤维布进行加固, 不仅可以提高结构的抗裂能力、抗弯承载力, 而且对裂缝起到了封闭作用, 兼具了结构承载力加固、耐久性加固的双重作用。因此, 在承载力提高幅度不高、考虑二次受力的前提下, 可以有针对性的将碳纤维布应用于中小跨径预应力梁桥承载力加固。

2 碳纤维布加固中小跨径预应力混凝土桥梁的思路及计算方法

桥梁原结构承载力的评定是旧桥加固设计的基础。与普通钢筋混凝土桥梁相比,预应力混凝土旧桥梁承载力评估的最大难点在于结构中实际有效预应力的确定。由于施工过程、自然环境、使用环境和材料因素等会引起预应力损失,通过理论计算手段难以准确分析结构中实际的有效预应力。目前,通过现场测试手段也不能准确测试结构中实际的有效预加应力。

在中小跨径预应力混凝土桥梁的各种病害中,裂缝是结构有效预应力和承载力的最直接反映和最常见病害之一。对于预应力混凝土受弯构件,出现如下三类裂缝需进行加固处理:对于部分预应力混凝土 B 类构件,使用多年后,由于超重车、预应力损失较大等原因,造成受拉裂缝过多、过宽;对于全预应力混凝土或部分预应力混凝土 A 类构件,使用多年后,由于各种原因出现过多、过宽的受拉裂缝,已转变为部分预应力混凝土 B 类构件;对于其他原因引起的非结构受拉裂缝的预应力混凝土构件,由于裂缝对结构刚度、有效预应力的影响,需要加固处理。

因此,以中小跨径预应力桥梁裂缝等主要病害的分析为主要依据,可对中小跨径预应力桥梁现有承载力进行评定。然后,本着预应力混凝土梁加固后的构件承载力仍由原结构的受拉钢筋达到其强度设计值控制,屈服荷载前碳纤维加固的预应力混凝土梁和非预应力梁承载力提高值相当及加固机理相似的原则,确定碳纤维布加固中小跨径预应力梁桥抗弯承载力的计算思路如下:

(1)首先,按照《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》相关规定计算结构原有理论承载力 M_d 。

(2)按照《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)或《城市桥梁养护技术规范》(CJJ99—2003)对桥梁进行检查、检测,掌握桥梁的开裂情况、技术状况,对梁体开裂原因及其对承载力的影响进行分析。然后参照《公路旧桥承载能力鉴定方法》(1988)及分析结果综合确定承载力折减系数 Z_1 (基于桥梁调查的承载力检算系数)或 Z_2 (如加固前对桥梁实施荷载试验,则取基于荷载试验的承载力检算系数)。

(3)根据桥梁设计、加固或改造要求,求得构件加固后弯矩设计值 M_d' ,若 $M_d' > ZM_d$,需进行加固。

(4)参照《碳纤维片材加固修复混凝土结构技术规程》及《公路桥梁加固设计规范》等规范碳纤维布加固普通钢筋混凝土构件计算方法,并按照相关设计规范计入预应力效应,考虑承载力折减,建立统一公式,进行正截面承载力计算,求得实际应粘贴的碳纤维厚度及截面积。

3 某简支预应力混凝土箱梁桥加固实例一

3.1 工程概况

某桥梁上部结构为 $1 \times 30\text{m}$ 的预应力混凝土简支箱梁,横向为并列双幅桥,布置六个车道。主梁标准梁段为单箱三室断面,桥面宽度为 $2 \times 16.00\text{m}$,梁高均为 1.6m 。采用预应力结构,纵向预应力钢束设置了底板束、腹板束,底板束采用 $\varphi_{s15.20-5}$ 的钢绞线,设计张拉吨位 911.4kN ,腹板束采用 $\varphi_{s15.20-19}$ 的钢绞线,设计张拉吨位 3463.3kN ,预应力束为连续弯束,采用两端张拉。上部箱梁采用满堂支架现浇施工,箱梁采用 C50 混凝土。桥梁两端桥台均采用重力式 U 型桥台,刚性扩大基础。桥梁设计荷载:城—A;人群荷载: 3.0kN/m^2 。

根据该桥竣工验收荷载试验结果,试验过程中,在跨中区域共发现 4 条顺桥向及斜向裂缝,最大裂缝宽度 0.33mm 、裂缝深度 3.4cm ;裂缝处于相对稳定状态;结构承载能力符合短期试验荷载作用下的使用要求、不能满足设计要求,箱梁结构刚度满足设计及相关要求,须进行适当的结构补强并对裂缝进行处理。

3.2 结构检算分析

对该 $1 \times 30\text{m}$ 的预应力混凝土简支箱梁桥原结构进行计算分析进行分析,求得 $M_d = 68400\text{kN} \cdot \text{m}$,按照箱梁裂缝形态、特点及该桥竣工荷载试验结果,取箱梁承载力的折减系数为 0.96 ,那么,箱梁正截

面受弯承载力提高幅度为 4%(约 $2736\text{kN}\cdot\text{m}$),加固后弯矩设计值要求 $M_d' \geq M_d$ 。

3.3 箱梁加固方案

考虑箱梁单箱三室截面以及底板较宽的特点,碳纤维粘贴方案如下:在梁底粘贴碳纤维布条梁肋下部位 3 层粘贴、其他部位 1 层粘贴,能够满足加固提载要求;每跨端部用横向钢板压条、化学螺栓锚固压紧;桥梁纵向及跨中截面加固图如图 1 所示,沿箱梁纵向粘贴总长度为 27m ;粘贴碳纤维布面积约 300m^2 ,端部钢板压条面积约 30m^2 。箱梁加固后,对未封闭的裂缝进行灌浆、粘贴玻璃纤维布封闭。

本加固工程已经完成、通车,目前桥梁使用情况良好,达到了加固的目的。

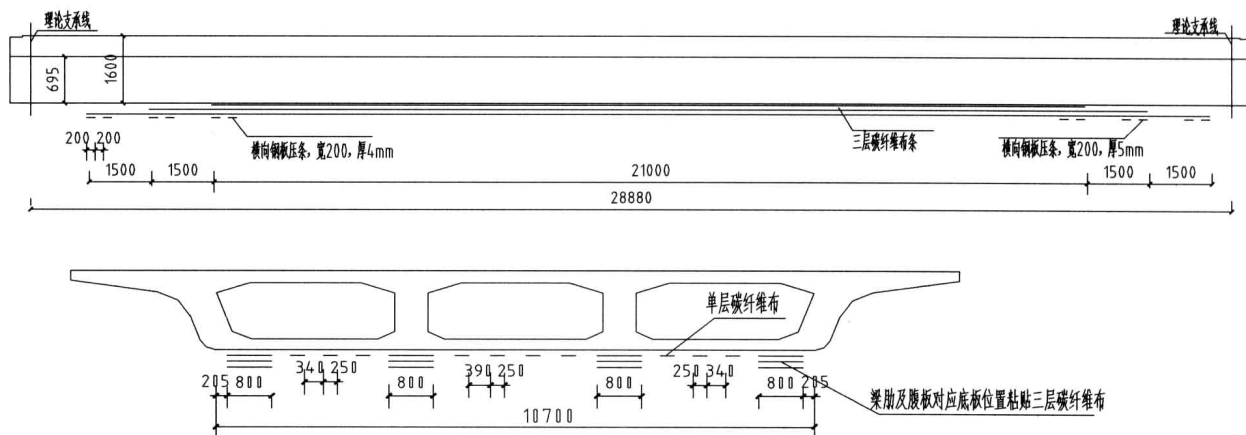


图 1 箱梁粘贴碳纤维布加固纵向及跨中截面示意图

4 某预应力空心板桥碳纤维布加固实例二

4.1 工程概况

某桥梁为 20m 预应力空心板简支梁桥,全桥共 9 跨,桥梁全长 187m ,宽度 48.5m ;本桥于 1998 年建成通车,2007 年 7 月对桥梁进行外观检查发现,桥梁存在空心板纵向开裂、支座破损、桥面破损等病害,影响桥梁的使用功能和承载能力;同时业主拟改变该桥梁的使用用途,原人行道改造成步行街,增加了花池等桥面荷载。工程原设计采用的荷载标准:车辆荷载:汽-20 级,挂-100,人群荷载: $4.0\text{kN}/\text{m}^2$;按业主要求,复核采用的荷载标准为车辆荷载:城-B 级,人群荷载: $4.0\text{kN}/\text{m}^2$ 。为此,需对桥梁进行结构复核、改造和加固。

5.2 结构复核及加固提载幅度

通过对原结构进行计算分析进行分析 $M_d = 1825\text{kN}\cdot\text{m}$,取空心板承载力的折减系数为 0.96,按复核荷载进行计算,加固后弯矩设计值 $M_d' = 2172\text{kN}\cdot\text{m}$ 。

5.3 预应力空心板加固措施

考虑到桥梁的实际状况及技术要求、施工方便可行和经济等各方面的原则,确定采用在空心板板底粘贴 3 层 0.167mm 的碳纤维布进行加固。

5.4 加固后桥梁荷载试验及加固效果评价

本加固工程于 2008 年 1 月完成,为了评价加固效果,加固维修工程完成后,对该桥进行荷载试验。荷载试验结果情况如下:

(1)对试验荷载下空心板挠度的纵向分布、空心板跨中截面应变进行了测试,试验工况主要有试验跨中断面最大正弯矩对称布载及偏载试验工况。

(2)对称加载试验工况结果:实测 17#、18# 板跨中弹性挠度值最大,下挠 -2.84mm ;实测控制板 18# 板横向分布系数为 0.175851,大于按铰接板法计算的理论横向分布系数值 0.166,但 18# 空心板

挠度、应变校验系数均小于 1。卸载后各板相对残余变形及残余应变满足要求。

(3) 偏载试验工况结果:按照理论控制板 16# 板计算其横向分布系数为 0.17634,大于按铰接板法计算的理论横向分布系数值 0.167。实测 17# 空心板实测挠度值最大,为-3.11mm;15# 空心板实测弹性挠度值最大,为-3.02mm。空心板挠度、应变校验系数均小于 1。卸载后各板相对残余变形及残余应变满足要求。

综上试验情况,该桥加固后结构承载力能够满足车辆荷载城-B 级,人群荷载 4.0kN/m^2 的通行要求。本加固工程自加固完成通车以来,现已经过 2 年多时间的通车考验,桥梁使用情况良好,达到了加固的目的。

5 结论

目前我国已进入大量混凝土桥梁需要维修加固的阶段,其中中小跨径桥梁占绝对比例、数量庞大,对中小跨径桥梁结构简单、病害规律明显,对其加固技术的分析研究具有非常重要的现实意义和普遍意义。对于中小跨径预应力混凝土旧桥而言,多以对裂缝的加固处理为主,采用碳纤维布进行加固,兼具了结构承载力加固、耐久性加固的双重作用。因此,碳纤维布加固技术在中小跨径预应力旧桥方面将大有可为。

参考文献

- [1] 碳纤维片材加固修复混凝土结构技术规程(CECS 146:2003)[S].
- [2] 公路桥梁加固设计规范(JTG/T J22—2008)[S].
- [3] 公路旧桥承载能力鉴定方法(试行,1988)[S].