

程

结

构

鉴

定

与

加

固

改

造



主编 尚守平 施楚贤 王济川

工程结构 鉴定与加固改造

第六届全国建筑物鉴定
与加固改造学术会议论文集

(下册)

湖南大学出版社

工程结构鉴定与加固改造

第六届全国建筑物鉴定与加固改造学术会议论文集

(下 册)

中国·长沙
2002年10月

主办单位:全国建筑物鉴定与加固标准技术委员会
承办单位:湖南大学

湖南大学出版社
2002年9月

目 次

(上 册)

综 述 与 动 态

建筑物鉴定、加固领域标准规范后续工作初探	王永维	梁 坦	(3)	
建筑物损伤理论与检测技术的发展	王孔藩	李向民	许清风(6)	
工程结构外粘 FRP 加固技术的发展	周朝阳	莫令文	贺学军	王兴国(17)
房屋结构可靠性的评判依据、原则和方法	王济川	王玉倩	(22)	
关于已建结构加固问题	王济川	(28)		
对混凝土非破损检测方法的应用述评	周明华	(33)		
外粘碳纤维加固法的特点及发展状况	周 磊	刘兴彦	(38)	
国外建筑物整体平移技术的进展	张 鑫	徐向东	都爱华(42)	
动力损伤识别理论在某建筑物火灾检测与评估中的应用	李向民	王孔藩	许清风(47)	
结构三维弹塑性分析程序 CANNY 及其在结构抗震鉴定中应用的探讨	洪 亮	李康宁	罗苓隆(52)	
大直径搅拌桩在地基加固中的发展	胡运杰	卢信雅	(60)	

鉴定加固理论与实验研究

上海展览中心序馆结构消能减震加固的弹塑性分析	伍文杰	叶列平	薛彦涛	宋智斌	(73)		
用外包高强混凝土加固 RC 轴心受压柱正截面承载力计算	吴方伯	程昌熟	(77)				
混凝土强度检测技术中的钻芯修正方法及其原理	邱小坛	徐 骋	(81)				
多层砌块房屋墙体温度裂缝机理及防治的试验研究	马晓儒	唐岱新	(85)				
钢筋强度与里氏硬度之间换算关系的研究及现场应用	邱小坛	段向胜	(91)				
基于 BP 神经网络的服役钢筋混凝土桥梁可靠性评估	杨春侠	施楚贤	杨伟军	(95)			
钢筋锈蚀槽板荷载试验研究	刘兴远	林文修	周 珉	熊 萍	张琦彬(100)		
锈蚀钢筋混凝土粘结性能退化的神经网络模型探讨	刘兴远	郭 伟	(106)				
钢筋混凝土修补梁的试验研究与分析	陈伯望	沈蒲生	(110)				
钢筋混凝土板损伤诊断的动测法研究	易伟建	徐 丽	(115)				
某盐酸槽间屋盖结构的腐蚀与治理	王新泉	汤 华	黄新豪	吕拥军	杨建平	林志伸	(119)
小直径芯样检测高强混凝土强度试验研究	崔士起	孔旭文	(124)				
空旷古砖木结构的抗震性能分析	李 勃	邱洪兴	(129)				
西藏布达拉宫二期维修工程维修技术方案简介	张之平	(133)					

碳纤维布加固混凝土偏心受压柱的试验研究·····	易伟建	丁洪涛	沈巧玲(139)
预应力碳纤维布加固混凝土受弯构件正截面承载力分析 ·····	飞渭	江世永 彭飞飞	陈正平 李床枫 陈龙(145)
碳纤维布加固混凝土梁对延性的影响·····	郭永晶	李丽娟	刘锋 付赣清(153)
纤维增强塑料(FRP)在土木工程结构加固设计中的应用·····	仇一颗	毛丹	李雁(157)
高强玻璃纤维碳纤维混杂加固混凝土梁柱的试验研究 ·····	熊光晶	刘金伟 杨建中	蒋小青 纪梓斌(162)
化学植筋技术研究浅析·····	闫锋		张惠英(167)
钢筋混凝土约束梁斜向贴 CFRP 抗剪加固试验研究 ·····	尚守平	王海东	陈大川(172)
化学植筋技术在加固改造工程中的应用·····	贺学军		周朝阳(178)
外包纤维约束混凝土圆截面短柱的轴压力学性能试验研究 ·····	金熙男	潘景龙	来文汇(182)
芳玻韧布在加固旧预应力混凝土多孔板前后的承载力试验研究·····	周杰		宋志远(188)

结构安全性、耐久性评估

工业厂房钢结构可靠性监控研究·····	罗兴隆	邓长根	陈以一(195)
现有混凝土双曲拱桥的受力分析及承载能力评定·····	方志	李艳	吴鹏扬(200)
钢吊车桁架梁剩余疲劳寿命评估·····	幸坤涛 杨建平	惠云玲	岳清瑞 随超(207)
在役钢结构吊车梁的疲劳可靠性评估·····	幸坤涛	佟晓利	岳清瑞(211)
结构耐久性评定标准探讨·····	何金胜	李昭业	杨明生(216)
老建筑物剩余寿命评估方法的研究·····	许清风	王孔藩	李向民(220)
钢结构吊车梁疲劳可靠性分析与评估·····	张家启 幸坤涛	岳清瑞	佟晓利(226)
双向连续砖土拱城门结构的危险性分析·····	曹双寅 潘建伍	邱洪兴	徐文平(230)
危旧石拱桥的受力分析及承载能力评定·····	方志	汪剑	黄谋钊(236)
已有混凝土结构耐久性损坏与修复·····		惠云玲	岳清瑞(242)
碱-骨料反应对铁路预应力混凝土梁耐久性的危害 ·····	郝挺宇	惠云玲	陈正高(248)
JN 系列建筑结构胶耐久性的研究 ·····	彭勃		单远铭(255)
火灾后混凝土结构的损伤鉴定与可靠性评估·····	吕天启		林志伸(260)
火灾后结构鉴定的性质与《鉴定标准》的框架·····	林志伸		吕天启(266)
21 世纪的钢结构失败学 ·····			雷宏刚(269)
基于目标使用期的既有混凝土结构构件的安全性分析·····	张伟平	许勇	顾祥林(275)

加固设计与计算方法

粘贴碳纤维或钢板条加固混凝土双向板承载力的塑性条带计算法 ·····	张继文	吕志涛 唐传游	褚靖宇(283)
考虑卸荷状态影响的单筋矩形截面梁的三面套层加固计算·····	张望喜		易伟建(289)
底框砖房侧移刚度简化计算及在抗震加固中的应用·····			蔡勇(294)
某营业厅托梁抽柱加固设计·····			林超(298)

上海某研究开发中心办公楼加固工程·····	张培信	(301)
联通机房大楼抗震鉴定与加固·····	王李果 陆洲导	谢莉萍(306)
关于砌体裂缝处理的若干建议·····	王 赫	杨 放(311)
底层框架抗震墙砖房的抗震加固·····	黄 靓 施楚贤	吕伟荣(315)
某粮库基础加固设计与施工·····		赖庆文(320)
立筒库结构破损分析与加固研究·····	何放龙 文学章	刘大喜(325)
拉杆玻璃幕墙结构的技术要求及结构加固设计·····	谢续其	肖志刚(328)
石肋双曲拱旧桥的受力分析及承载力评定 ·····	方 志 周光伟 温庆杰 张门哲	汪政文(333)
矿仓结构裂缝原因分析·····	黄光明	阳永安(339)
混凝土构件裂缝的产生及预控·····		陈争春(343)
大空间厅堂扩建的结构改造 ·····	卫纪德	卫大可(348)
采用外部粘贴 FRP 加固混凝土梁抗剪强度的设计计算 ·····	陈小兵	颜子涵(352)
考虑施工质量分项安全系数的植筋系统承载力设计计算研究 ·····	萧 雯 吴 进	张 欣(357)
钢筋混凝土现浇楼板收缩裂缝的计算分析与控制 ·····	田淑明 谢 剑 赵 彤 谷端勇	熊海军(360)
现浇板四角斜裂缝与中间横裂缝控制计算·····		刘金铃(364)
碳纤维加固钢筋混凝土梁的抗弯承载力计算·····	吕伟荣 施楚贤 张新胜	黄 靓(370)
斜拉桥的地震被动控制研究·····	郑 云	董嘉林(378)
焊接工字钢吊车梁上部区域疲劳开裂的测试分析 ·····	常好诵 杨建平 张家启 惠云玲 李小瑞 涂庆胜 龙浩文	胡幼清(384)
某钢厂高炉热风炉改造结构分析·····	郭子雄	戴嘉川(388)
某体育馆屋面圆弧形网架结构鉴定中的动力分析 ·····	钱 强 徐 劲 江洪波	廖建中(394)
组合网架结构的加固分析与处理对策·····	柳会红 王济川	王海波(399)
混凝土强度降低对结构性能的影响及处理 ·····	何文中 冼明斌 高 源 叶 峰	梁远曦(403)
某住宅楼的加固设计及耐久性分析·····	刘立鹏 唐岱新 潘景龙	张云杰(410)
用预应力技术拓展建筑使用空间·····	卫纪德	卫大可(414)
加固改造中结构体系转换的思考与控制·····	张 晖 余晨岗	刘 雁(417)
某 8 层办公楼整体平移设计·····	贾留东 张 鑫 孙剑平	徐向东(420)
某教学楼群加固方案·····	吕伟荣 黄志平 黄 靓	施楚贤(427)
房屋改造扩建中的连接设计·····	杨 智 施楚贤	王 方(432)
检查鉴定中见到的几则需改进的设计问题·····	雷永森	雷 欣(436)
砾卵石层承载力的注浆加固处理·····	杨跃林 陈惠林	廖 鹏(439)
CFRP 材料加固工字型钢梁的试验研究 ·····	李 鹏	侯发亮(443)
CFRP 板加固砌体结构的抗震性能试验研究 ·····	张伟平 欧阳煜 顾祥林 张 誉 沈 琨	王立民(450)
芳玻韧布复合材料及其加固设计要点·····		宋志远(457)

(下 册)

工程结构检测、鉴定、加固、改造技术及应用

上海展览中心结构抗震鉴定	陆洲导	王李果	王欣(463)		
某体育馆木屋架的性能分析	唐洁	邱洪兴	潘华(472)		
工程结构构件可靠性鉴定			杨巧虹(476)		
某工业厂房框架梁裂缝鉴定与分析	马二琴	李运兴	张光海	李玉霞(480)	
烟囱的检测与可靠性鉴定			王济川	王玉倩(484)	
3座砖砌烟囱的可靠性检测与鉴定			王玉倩	王济川(490)	
高炉热风炉等薄壳结构的检测鉴定与稳定性分析			王海波	王济川(494)	
运用工业建筑加固综合施工技术改造炼钢老厂房			刁鲁明	肖国平(498)	
拉浪水电站弧形钢闸门检测、计算及粘钢加固			侯发亮	刘小明(501)	
现浇钢筋混凝土楼板裂缝控制探讨	侯思军	李颖	李力勇	常好诵(507)	
桥梁结构动力检测试验方法及应用	张阳	李立峰	刘海波	(510)	
砌体结构补强加固技术的新发展	刘敏	谢剑	赵彤	(515)	
结构设计失误导致的工程事故分析	李思明	金国芳	李检保	蔡从德(519)	
建筑结构变形裂缝的成因与对策	刘明学	谢剑	赵彤	宋晓程	王春(525)
某铁路总公司机务段洗修库厂房可靠性评定	汪梦甫	曾铁梁	沈蒲生	(529)	
某电修厂厂房主体结构可靠性检测与鉴定			王玉倩	王济川(534)	
混凝土结构的预应力加固技术探讨			韩金田	周新华(537)	
炼钢转炉基础事故鉴定分析				张文革(543)	
某高层混凝土结构地下室梁开裂事故的分析与处理	吴宇	程文胜	陈大川	(548)	
建筑地基基础设计中常见缺陷及其质量控制			吴学锋	葛勇(553)	
由某民事诉讼案件析邻建建筑的地基问题				陶里(558)	
威海市某工程14#和16#楼地基基础不均匀沉降事故分析				梁学明(562)	
锚杆静压桩纠倾加固某商住楼的应用研究	高久斌	曹双寅	乐巍	(566)	
某中学教学楼缺陷检测及治理			卜良桃	彭湘海(570)	
房屋建筑的病害分析与治理对策	蔚绍峰	张伟杰	卜良桃	(576)	
可靠性鉴定中综合运用多种检测方法确定材料强度			潘振华	张昌叙(580)	
回弹法、超声-回弹综合法在高强度混凝土无损检测中的应用					
	吕龙	赵宝生	刘勇	李昕成(584)	
建筑物检测数据的统计处理与分析				刘运华(590)	
钢筋混凝土梁斜向贴碳纤维抗剪加固施工工艺及质量控制条件			卜良桃	陈大川	王海东(594)
预应力抽除承重墙技术的应用实践	张继文	刘军进	李金根	杜安亮(599)	
某7层框架柱托换设计与施工控制			卜良桃	包健(604)	
长沙市汇源大厦加固改造设计	何益斌	沈蒲生	邹银生	(609)	

某单层厂房增层改造	施红军	王恒华	郁海英(614)
正交斜放平板网架结构的分析与加固处理	王海波	王济川(618)	
√某办公楼加固扩建方案分析	冯晓峰	俞建刚(622)	
√某真空制盐车间技改工程方案	任森智	舒兴平	葛清武(627)
混合结构房屋拆墙托换方案的探讨	赵考重	王莉	张建阳(632)
高层公寓剪力墙开洞加固设计与施工	谭进奎	董宏智	薛云岗(635)
某教学楼框架梁裂缝的成因分析	袁海军	李大展	邱平(637)
某小学教学楼砖混结构的改造加固	徐劲	江洪波	廖建中(641)
悬挑梁的设计要点与相关质量事故的处理对策	肖志刚	谢续其(646)	
√某综合楼钢结构加层设计			周焱(650)
某酒店综合楼裂缝检测及加固处理	肖志刚	谢续其(654)	
山区回填土地基加固工程实例剖析	林文修	杜文龙	刘兴远
深圳市宝安区坪洲开发区海滨大道软基加固施工技术	刘万忠	张伟(664)	
体外预应力加固混凝土梁技术研究	周新华	韩金田(668)	
浅谈混凝土结构的碳纤维布加固技术	韩金田	周新华	曹华先(674)
特定环境下库房加层与加固施工技术和处理办法	陈惠林	代作虎	曾鑫(681)
商品混凝土的发展现状与质量事故预防对策			周明华(684)
新旧构件连接中的钢筋连接方法探讨			廖文彬(688)
新老混凝土界面处理技术与工程应用	刘小明	侯发亮	朱培喜(692)
混凝土用锚栓的性能试验研究			韩继云(698)
灌胶粘钢技术在黄河万家寨水电站尾水管修型中的应用	侯发亮	刘小明(703)	
山西省科协河西住宅楼加固改造	张循当	弓晓丽(708)	
条基建筑纠斜的设计与计算	楼永林	刘名开	姜钟阳(711)
粘钢加固技术总结及经济效果分析			陈其明(714)
桩基施工中易发生的质量问题	崔雅芬	佟毅智	孙新(717)
厦门世贸中心地下室上浮原因与抗浮锚杆基础加固措施			陈科荣(720)

加固、改造材料研究及应用

钢丝网复合砂浆加固 RC 梁的受弯试验研究	尚守平	曾令宏	陈大川	彭晖(727)
提高混凝土梁板修补耐久性的新方法	谢慧才	申豫斌	刘金伟(733)	
混凝土灌注粘贴钢板加固材料及工艺			单远铭	彭勃(738)
对钢筋混凝土结构中 Cl ⁻ 限值的思考	郭小华	郝挺宇	惠云玲(742)	
碳纤维片材加固胶粘剂	王文军	李红旭	张首文	勇本刚(749)
高强复合纤维材料加固混凝土结构应用技术研究			艾军	史丽远(754)
ZL-JGN 结构胶粘钢补强在高速公路立交桥加固中的应用				陈超鹰(758)
原有混凝土结构进行锈蚀防护的新方法				线运恒(762)
碳纤维布加固技术修复与控制砖混结构砌体温度裂缝				
.....	李运兴	马二琴	周国民	王占林
土木工程结构加固用高性能纤维片材	包兆鼎	戴方毕	陈杰	王南
				赵谦(771)

宝钢地下管廊及电缆隧道渗漏状况及处理对策·····	徐 麒	曾元和(775)
大东港码头梁粘贴碳纤维加固·····	刘振清	姜长顺(779)
新型纤维增强塑料筋材在混凝土结构中的应用·····	朱礼敏 谢 剑	赵 彤(782)
混凝土结构加固改造的冬期施工实践·····	严景有 郑文宪	邹国富(788)
植筋技术在寺河矿块煤分选车间的运用·····	谭进奎 梁晓斌	王启龙(791)
浅谈碳纤维结构加固·····		张立科(794)
碳纤维材料在桁架接头补强之应用·····	杨建西 章定文	苏明顺(798)
碳纤维布在混凝土梁、板改造加固中的应用·····	施宇红	李学勤(804)
日本碳素布的接着工法和混凝土建筑物的补强现状 ·····	铃川研二 谷口贵昭 王文俊 小林朗 每熊宏则	(808)
DJR 系列建筑结构胶的研制与应用·····	李力平 刘惠芳	王怀彬(814)
JGN 系列粘贴碳纤维结构黏合剂·····	蒋松岩 丁 琰 李晓东	莫群速(824)

建筑物灾后鉴定及加固改造

燃气爆炸及其对建筑结构的影响·····	王玉倩	王济川(833)
钢筋混凝土结构火灾后的检测与加固·····	刘兴彦	尚守平(836)
混凝土结构火灾事故损伤的检测鉴定与加固处理·····	贺学军	周朝阳(841)
内(圆)钢管增强方钢管混凝土偏压柱温度场分析及耐火极限计算 ·····	吕天启 赵国藩	岳清瑞(845)
砖木古塔火灾后的鉴定与修复加固·····	高久斌	曹双寅(852)
某厂房火灾后结构安全性检测与鉴定分析·····	张志高 邱 鸿 廖沈力	马化峰(856)
某厂房火灾后结构受损检测鉴定与处理·····	裴兆贞	崔士起(859)
某医院门诊楼爆炸事故的鉴定及处理·····	张京街 蒋志军 夏克勤	丁金堂(864)
砖混结构爆炸损伤分析与加固处理对策·····	辛坤涛 张 辉	蔡 铭(867)
郴州市万达市场火灾后结构受损鉴定与处理·····	周朝辉	刘运华(872)
建筑物火灾后的可靠性鉴定及处理对策·····	王耀南 雷 波 张 昊	孙富田(879)

建筑物鉴定、加固工程实例与经济分析

桩基事故抢险加固纪实与思考·····		黄 纲(887)
某住宅楼地基基础综合加固·····	卜良桃	蒋爱民(891)
某广场喷泉地下室顶板裂缝原因分析·····	陈大川	卜良桃(896)
框架结构主次梁开裂的原因分析与加固处理·····	贺学军	周朝阳(901)
某烧结原料库厂房结构可靠性鉴定实例·····	黄保军 汤 华 常好诵	佟晓利(906)
外套结构托换技术的工程应用·····	潘华 邱洪兴 王恒华	龚维明(910)
碳纤维复合材料(CFRP)加固修复混凝土结构新技术在水利工程中的应用 ·····	孟吉复	刘小明(914)
单层工业厂房可靠性鉴定实例·····	刘志刚 崔雅芬	孙 新(920)
南岗中桥可靠性检测评定·····	杨伟军 杨春侠 王青娥	何培勇(925)

某大楼的可靠性评估与加固设计·····	曹国辉	王济川	(928)	
某住宅小区六幢框架房屋的检测鉴定·····	周海浪	赵茂青	(931)	
基框架住宅楼倾斜原因分析及纠倾处理·····		姜长顺	(938)	
某厂房预应力混凝土屋架裂缝原因分析·····	崔永旭	孙新	任满刚(941)	
开洞框架梁裂缝原因分析及加固处理·····		王国民	(945)	
民用建筑整体顶升纠偏施工技术·····	熊焰平	林超	(949)	
某框架结构井字梁加固·····	汤严峰	姚敏	(953)	
东南大学校医院大楼轻钢结构增层设计·····	俞广东	王恒华	施红军(956)	
某游泳馆结构工程质量分析与加固处理对策·····	郝明	任满刚	张洵(959)	
大型污水沉淀池整体上浮底板开裂的加固处理·····		朱铭	(962)	
住宅装修中框架梁损坏的结构加固·····	陆浩亮	金国芳	李思明(966)	
南京某商城正常使用下主楼病害工程桩的加固·····	谢志刚	曹新民	(969)	
某高速公路跨铁路桥墩柱裂缝检测及分析·····		吕沛	(974)	
某综合楼沉管灌注桩工程事故分析与处理·····	李勇	陈烧	仇一颗(979)	
某危房的检测鉴定与加固·····		胡传舫	(982)	
焦炉抵抗墙在热负荷状态下的破损分析及加固·····		胡传舫	(987)	
钢筋混凝土结构施工中应正确掌握和使用水泥性能·····		朱晓鸣	(991)	
中国长城铝业公司氧化铝厂蒸发车间厂房框架梁裂缝鉴定与碳纤维加固 ·····	张书禹	梁学明	(998)	
徐家汇圣母院房屋质量检测·····		郑玉庆	(1001)	
房屋改造工程中梁柱托换的工程实例·····	邓浪沙	梁丙奇	(1008)	
某医院教学楼检测鉴定和改造加固处理·····	钟金周	丁园	(1012)	
刚性防水屋面裂缝防治方法的探讨·····		袁柏青	(1017)	
某综合楼扩建、加层改造结构设计·····		杨贵喜	(1020)	
某校学生公寓质量事故分析·····		肖亚中	(1024)	
工业厂房加固设计与施工·····		罗育方	(1027)	
加固人工挖孔桩建筑沉降的工程实例·····	阳波	唐世柏	张新平(1032)	
钢板混凝土组合体系加固路桥箱梁底板技术·····	李力平	王怀彬	(1038)	
加快住宅的加固改造,提高住宅的结构安全度·····		刘国葵	(1042)	
某砖混结构住宅楼裂缝的鉴定与分析·····	孙新	佟毅智	李仑	何卫东(1045)
现代工业管网技术及其应用·····	李永录	席向东	(1048)	
植筋粘合剂的发展过程和性能比较·····	吴进	李文惠	(1052)	
国内外注射砂浆应用于加气混凝土后锚固系统的经济技术比较 ·····	吴进	张欣	瞿培峰(1056)	
高等级公路沥青路面水损害分析·····	黄凯	包月军	(1061)	

工程结构检测、鉴定、加固、改造技术及应用

上海展览中心结构抗震鉴定

陆洲导*, 王李果, 王欣

(同济大学土木工程学院, 上海 200092)

提 要 对上海展览中心结构抗震鉴定情况进行了介绍。并对上海展览中心作为保护性建筑的结构形式和结构现状作了介绍。

关键词 保护性建筑; 抗震鉴定

上海展览中心又名“中苏友好大厦”, 坐落在上海市中心繁华地段, 南朝延安中路, 北临南京西路, 占地面积为 32 084 m²。该处前身是上海滩出现的显赫人物“犹太富翁哈同”的私人花园, 名为“哈同花园”(亦称爱俪园)。20 世纪 50 年代初, 上海市政府决定将其改建成大型展览馆, 1953 年 7 月由前苏联中央设计院设计, 建筑师安德列也夫、结构工程师郭赫曼以及中方大量设计师参与工作, 1953 年 10 月开工, 1954 年 9 月完工, 主楼建筑面积 4 万余 m²。20 世纪 80 年代以来, 上海展览中心先后由华东建筑设计研究院、上海建筑设计研究院设计, 新建了东二馆、西二馆, 总建筑平面如图 1 所示。20 世纪 50 年代建造的建筑群由如下几部分组成:

(1) 中央大厅, 主体钢筋混凝土结构高为 44.3 m, 铁塔高为 45 m, 塔尖离地高度约为 110.4 m;

(2) 工业馆, 主体为钢筋混凝土结构, 屋盖由跨度 30 m, 高 19.5 m 的 13 个大拱组成, 屋面为钢筋混凝土薄壳, 拱两侧为 2 层框架结构;

(3) 友谊会堂(电影馆)、角亭、友谊会堂原为 2 层钢筋混凝土结构, 后采用钢屋架加 1 层, 角亭为砖混结构;

(4) 东一馆、西一馆, 主体结构均为 2 层内框架结构;

(5) 其他结构主要是长廊, 东西长廊及南北长廊承重柱为砖砌体结构。

由于这些建筑群为上海市重要的展览和会议中心, 是经济、贸易、科技、文化交流的窗口, 上海市许多重大的会议以及国内外许多大型的展览会在这里召开, 作为上海市标志性建筑, 这里曾接待过美国、俄罗斯等国家的元首和来访的国际友人, 故该大楼具有重要的政治意义和经济意义。鉴于该建筑建于 20 世纪 50 年代, 使用年代较久, 原结构也没有抗震设防, 特别是由于地基不均匀沉降等原因, 建筑物的部分位置损坏较严重, 故必须对该楼结构进行抗震鉴定。

上海展览中心属于乙类建筑, 但原设计没有考虑抗震设防。

1 中央大厅

1.1 结构现状

中央大厅, 又名序馆, 共 14 层, 顶部设镏金钢塔, 14 层标高为 66.37 m, 塔顶标高为

* 陆洲导(1957~), 男, 教授, 博士。

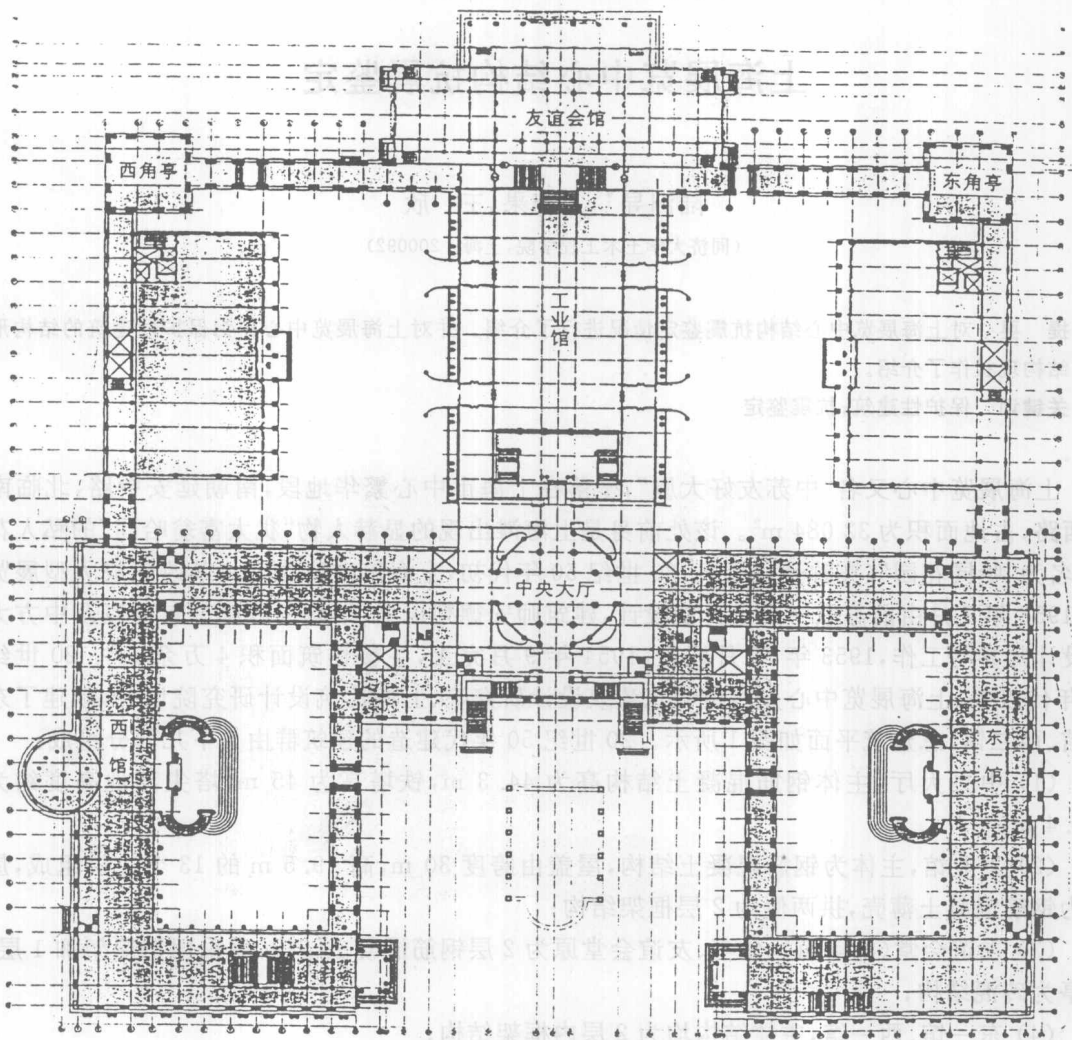


图1 上海展览中心平面图

110.4 m。结构平面呈正方形，基底尺寸为46 m×46 m，从下至上平面尺寸逐渐缩小，其中底层兼为箱形基础，基础底板厚1 m，基底标高为3.1 m，顶板厚0.2 m，局部有夹层，外墙厚0.5 m，内墙厚0.4 m。主体结构形式为钢筋混凝土框架-剪力墙结构，局部楼梯间、电梯井筒设有厚度为0.15 m的钢筋混凝土墙。第3，第4，第5层核心部位楼板开洞，设有一圆拱形钢筋混凝土薄壳。钢塔总高度为53.475 m，共分23节，塔顶部设有高度为3.5 m的钢五角星。钢塔第1~第20节的平面形式为“八”角形，自下至上截面逐渐缩小，第21~第23节平面形式为圆筒形，每节在角部竖向以两根拼接的角钢为骨架，外面以钢板封闭焊接。钢塔通过3个转动支承支撑在13层的梁上，见图1。

该大楼建于1955年，由于使用年代较久，结构损坏较为严重，基础发生了不均匀沉降，房屋变形、倾斜，局部受力构件(包括墙、柱、梁、楼板)出现明显的受力裂缝，屋面、外墙渗水，影响了结构的安全性和耐久性，并影响了房屋的正常使用。钢塔上的重要连接构件和焊缝多处严重锈蚀，存在安全隐患(见图2)。



图2 中央大厅外观

1.2 现场检测

1.2.1 主体框架-剪力墙结构的主要损坏情况

(1) 地下室:钢筋混凝土墙上多处存在着竖向裂缝,裂缝一般贯穿全长,缝宽为 $0.2\sim 0.3$ mm。梁板构件存在着不同程度的蜂窝、麻面、露筋、酥松等缺陷。

(2) 地上结构:楼板上存在大量裂缝,宽度为 $0.2\sim 1$ mm,局部板底开裂严重,且粉刷层有大面积的脱落,钢筋外露并锈蚀;梁侧面也存在温度裂缝,裂缝宽 $0.1\sim 0.2$ mm,中间宽,两头窄,部分裂缝延伸至梁底面;局部墙体上出现多条温度裂缝。

(3) 其他:中央薄壳多处出现露筋,钢筋锈蚀,上面吊筋锈蚀较为严重;门拱上方夹层的结构构件的混凝土不密实,多处有蜂窝、麻面现象,部分露筋并锈蚀;局部填充墙上因房屋的不均匀沉降出现斜裂缝,外墙墙面多处龟裂、风化。

1.2.2 钢塔的主要损坏情况

(1) 外装饰层:钢塔外挂装饰铜皮的镏金层部分已脱落,固定外挂铜皮的钢支架严重锈蚀,部分几乎锈断;顶部五角星渗漏,引起内支架锈蚀;钢塔底部外包砖墙出现多条环向裂缝,水泥栏杆局部断裂。

(2) 主体结构:第5节以上的钢板内侧的螺丝孔处由于渗漏普遍锈蚀,锈蚀深度超过

1 mm,钢板局部穿透;钢板在螺孔处或铜皮接缝处渗漏,钢板外侧锈蚀严重,由螺孔处向外扩展,钢板表面锈蚀面积达总面积的 20%以上,锈蚀深度一般为 2~3 mm,最深处达 4 mm;塔外钢爬梯多处锈断;钢塔与混凝土梁的锚固件的外露部分已锈蚀,支撑钢塔的混凝土梁的跨中出现垂直裂缝,混凝土断裂,缝宽约 0.5 mm;塔身外部部分焊缝由于渗漏锈蚀较为严重,最大锈蚀深度达 2 mm。

1.2.3 材料强度

采用超声回弹法和回弹法对混凝土进行强度测试,用贯入法测试砂浆强度。混凝土原设计强度为 140 号或 170 号,实测强度达到了设计要求。由于受当时的施工工艺和工期影响,混凝土外观不密实,平整度较差,有蜂窝、麻面、孔洞、露筋、缺棱掉角等现象,造成混凝土保护层易碳化,碳化深度达 2~3 cm,引起钢筋锈蚀。

1.2.4 倾斜测量

测得的房屋的最大相对沉降差为 17 cm,最大相对倾斜率为 0.37%(由西北向向东南向倾斜),已略超过了规范允许值。钢塔整体基本向东北方向倾斜,倾斜率为 0.16%。

1.2.5 自振特性

采用 CF-350 FFT 分析仪对房屋进行低频振动测试,测得了结构的前 2 阶自振频率: 1.21 Hz, 1.73 Hz。

1.3 结构抗震验算

1.3.1 结构抗震构造分析

由于受历史条件限制,原结构设计没有考虑抗震设防;故无法满足现行《建筑抗震设计规范》(GBJ11—1989)的要求。

(1) 结构平面形式为正方形,较为规则,质量和刚度在平面内分布比较均匀和对称,但结构沿竖向的刚度有较大的突变,且在第 3,第 4,第 5 层中间核心部位的楼板开有很大的洞口。此外,局部楼层的楼板错层,最大错层高度为 0.96 m。这些方面对结构抗震不利。

(2) 从材料强度看,混凝土的强度等级较低,原设计标号为 140 号和 170 号,实测强度在 C15 以上,砂浆实测强度在 6.2 MPa 以上,达到抗震鉴定标准的要求。但混凝土不密实,有蜂窝、麻面、露筋现象,碳化较为严重,影响了结构的耐久性。

(3) 从主要受力构件的尺寸看,框架柱的尺寸满足鉴定标准和设计规范,但剪力墙的厚度偏小,不满足设计规范的要求。

(4) 柱端没有设箍筋加密区,柱的箍筋设置大部分为 $\phi 6@250$ 、 $\phi 6@300$,仅在柱端的主筋搭接范围内箍筋间距减半,不满足鉴定标准,梁端没有设箍筋加密区,不满足设计规范的要求。

(5) 填充墙与框架柱无有效拉结,不符合鉴定标准。

1.3.2 抗震计算分析

在计算地震作用时按 7 度抗震设防、IV 类场地、近震考虑;在计算风荷载时,基本风压取 0.55 kN/m^2 ,考虑到该建筑为乙类建筑,比较重要,且为高层建筑,故基本风压可乘以系数 1.2 后采用,即取为 0.66 kN/m^2 ,地面粗糙度取 C 类;钢筋取为 I 级钢,混凝土强度等级取 C15。

采用结构通用分析软件 SAP84(Windows 98 版)进行计算分析,分别采用三维框架单元、墙单元和板壳元建立计算模型,为考虑楼板开洞对楼板平面内变形的影响,对第 3,第 4,第 5 层的楼板采用三维板壳元,对 5 层以上的楼板采用刚性楼板假定,整个结构共生成 9614 个节点,共形成 53388 个自由度。

计算得到的结构的前 10 阶自振频率,与实际测得的结果相比,比较一致,证明了结构计算

模型的正确性。第1阶振型如图3所示。

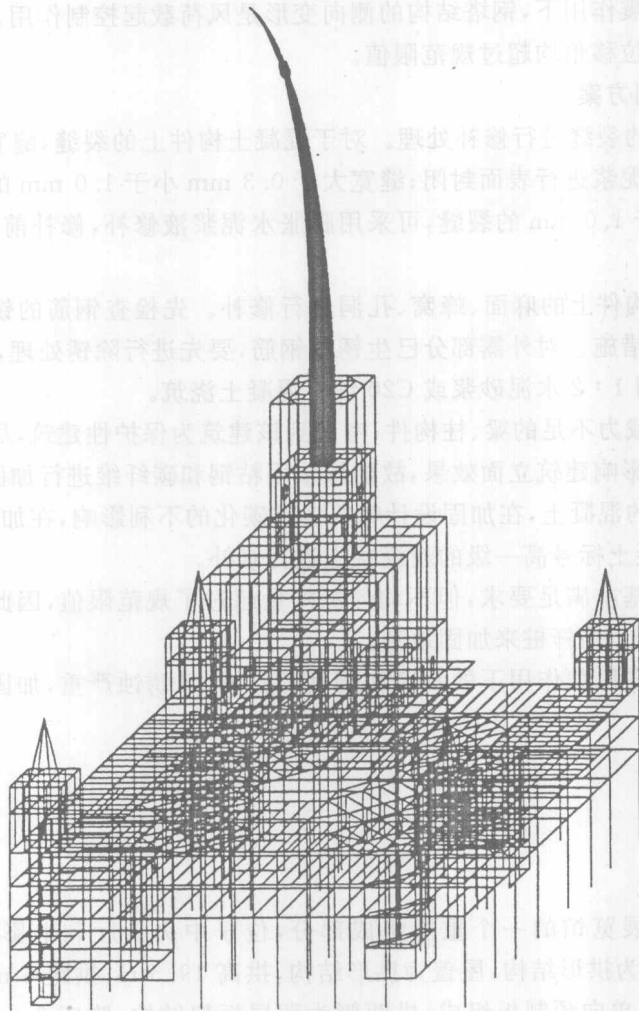


图3 结构第1振型振动曲线

1.3.3 承载力验算结果

采用振型分解反应谱的方法进行抗震计算,采用上海市标准《建筑抗震设计规范》(DBJ08—9—92)中提供的地震影响系数。在地震作用下,有部分柱的轴压比超过设计规范的限值,部分柱的抗弯承载力不足。由于原设计不考虑抗震,梁的端部采用弯起筋抗剪,在正常使用荷载作用下,梁的抗剪承载力满足要求,但由于地震为反复荷载,不能考虑弯起筋的抗剪作用,故许多梁的抗剪承载力不满足要求,部分梁的抗弯承载力也不满足要求。

对于钢塔,在风荷载作用下从第17节(包括第17节)开始各构件的应力均超过了钢材的屈服强度,故承载力不满足要求。在地震作用下,钢塔各构件的应力均小于钢材的屈服强度,承载力满足要求。

1.3.4 变形计算结果

在风荷载和地震作用下,主体结构的侧向变形是地震荷载起控制作用。在风荷载和地震作用下的总位移角和层间位移角均满足规范要求。由于结构的刚度在第5层发生突变,故该

层的变形比较集中,在地震作用下将成为薄弱层。

在风荷载和地震作用下,钢塔结构的侧向变形是风荷载起控制作用。在风荷载作用下,层间位移角和顶点总位移角均超过规范限值。

1.4 抗震加固方案

(1) 需对结构的裂缝进行修补处理。对于混凝土构件上的裂缝,缝宽小于 0.3 mm 的,可采用环氧树脂或水泥浆进行表面封闭;缝宽大于 0.3 mm 小于 1.0 mm 的裂缝,可用环氧树脂浆液灌注;缝度大于 1.0 mm 的裂缝,可采用膨胀水泥浆液修补,修补前应在裂缝表面涂刷一层水泥浆界面。

(2) 对混凝土构件上的麻面、蜂窝、孔洞进行修补。先检查钢筋的锈蚀情况,如钢筋锈蚀严重的要采取加固措施。对外露部分已生锈的钢筋,要先进行除锈处理,再把这部分有缺陷的混凝土凿去,然后用 1:2 水泥砂浆或 C20 细石混凝土浇筑。

(3) 对抗震承载力不足的梁、柱构件,考虑到该建筑为保护性建筑,尽可能不改变原貌,若采用增大截面法会影响建筑立面效果,故建议采用粘钢和碳纤维进行加固,如图 4 所示。

(4) 对于碳化的混凝土,在加固设计时要考虑碳化的不利影响,在加固前先清除碳化部分混凝土,用比原混凝土标号高一级的新混凝土进行修补。

(5) 基础强度基本满足要求,但不均匀沉降量超过了规范限值,因此有必要加固地基,以遏制沉降,可采用静压锚杆桩来加固地基。

(6) 由于钢塔在风载作用下的强度和刚度都不够,且锈蚀严重,加固比较困难,建议拆除重建。

2 工业馆

2.1 结构现状

工业馆是整个展览馆的一个重要组成部分,位于中央大厅和电影馆之间,平面尺寸为 46 m×84 m。主体为拱形结构,屋盖为拱形结构,拱高 19.5 m,拱距 6 m;屋面为钢筋混凝土薄壳,由钢筋混凝土单向预制板组成;拱两侧为两层框架结构,跨度 8 m,柱距 6 m,楼面为钢筋混凝土现浇密肋楼盖;拱结构和框架混凝土混凝土强度等级较低,为 140 号或 170 号,钢筋采用 I 级钢。展馆两端与中央大厅和电影馆相接处设有沉降缝;另外,展馆中间也设有一道伸缩缝;基础采用条形基础,埋深 1.5 m,条形基础下打入 4 m 长木桩。

2.2 现场检测

建筑混凝土构件质量较差,有蜂窝、麻面、孔洞、露筋、酥松等缺陷,钢筋保护层薄厚不均,混凝土碳化严重,碳化深度达 2~3 mm,钢筋锈蚀膨胀,钢筋保护层已基本碳化。框架梁柱节点和梁柱端箍筋未加密,填充墙与混凝土构件无有效拉结措施。地面开裂,最宽达 5 mm,外墙普遍有裂缝,渗水严重,圆拱上有裂缝,贯穿横截面,东西两侧小薄壳上有裂缝。大厅地层地坪变形呈马鞍形,中间高、大拱基础处最低,向外又略高,最大高差为 22 cm,不均匀沉降引起 2 层楼板变形。最大高差约为 37 mm,相对倾斜为 1%,超过规范要求。外墙多处有斜向裂缝,有渗水现象。

2.3 结构抗震验算

取工业馆伸缩缝到端头一段为计算对象,采用 SAP84 微机结构通用程序建立了空间计算模型,进行结构的承载力及抗震计算分析。其中框架梁柱及拱梁均采用三维杆单元,模型共由