

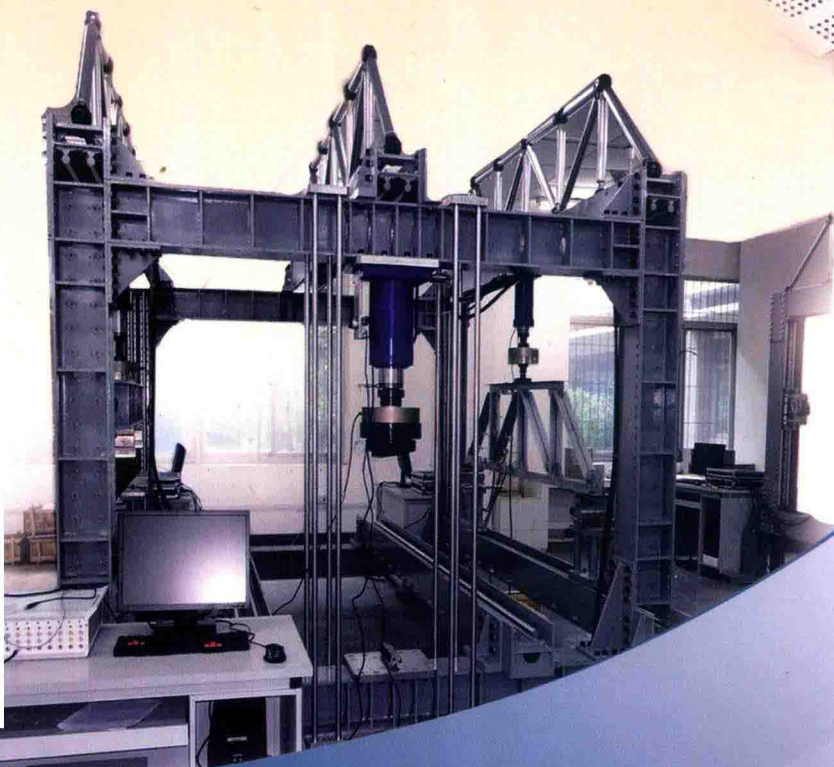
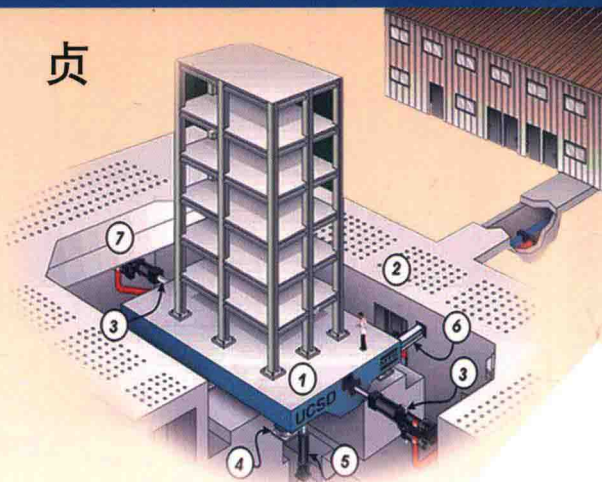


高等学校土建类专业**应用型本科**“十三五”规划教材

建筑结构试验与检测加固

JIANZHU JIEGOU SHIYAN YU JIANCE JIAGU (第2版)

主编 胡忠君 贾 贞



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press



高等学校土建类专业应用型本科“十三五”规划教材

建筑结构试验与检测加固

(第2版)

主 编 胡忠君 贾 贞
副主编 吴 芳

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书依据高等院校土木工程专业相关课程教学大纲、国家最新颁布的相关规范、规程进行编写。内容包括:绪论、加载设备与试验装置、结构试验的测量仪器与数据采集、结构静载试验、结构动力试验、结构抗震试验、混凝土结构现场检测技术、混凝土结构加固技术等。全书在编写的过程中以结构试验和检测加固的基本理论为重点,注重案例分析,力争通过案例分析使相关内容具体化、形象化,方便读者的学习和理解。

本书可作为高校土木工程专业的教材,也可供从事结构试验与检测加固的工程技术人员作为参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构试验与检测加固/胡忠君,贾贞主编. —2版. —武汉:武汉理工大学出版社,2017.5
ISBN 978-7-5629-5522-1

I. ①建… II. ①胡… ②贾… III. ①建筑结构-结构试验-高等学校-教材 ②建筑结构-检测-高等学校-教材 ③建筑结构-加固-高等学校-教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 082193 号

项目负责人:王利永 责任编辑:王利永
责任校对:李正五 封面设计:许伶俐
出版发行:武汉理工大学出版社
地 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号
邮 编:430070
网 址:<http://www.wutp.com.cn>
经 销 者:各地新华书店
印 刷 者:荆州市鸿盛印务有限公司
开 本:787×1092 1/16
印 张:11
字 数:275 千字
版 次:2013 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 2 版
印 次:2017 年 5 月第 1 次印刷
印 数:1~3000 册
定 价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

高等学校土建类专业应用型本科“十三五”规划教材

编审委员会

顾问: 马成松 江义声 杜月中 孟高头 唐友尧 熊丹安

主任: 李新福 杨学忠

副主任: (按姓氏笔画排列)

许立强 许程洁 向惠生 陈蓓 陈升平 陈礼和
陈宜虎 陈俊杰 张秀成 张志国 张伯平 杨子江
杨和礼 郑毅 柳立生 姜袁 荀勇 姚金星
胡铁明 袁海庆 蒋沧如

委员: (按姓氏笔画排列)

牛秀艳 邓训 王有凯 王晓琴 卢晓丽 史兆琼
毕艳 孙艳 许汉明 刘江 刘伟 刘芳
刘斌 刘广杰 刘红霞 刘富勤 刘黎虹 吴秀丽
邹祖绪 张敏 张淑华 张朝新 张端丹 张耀东
陈金洪 沈中友 杜春海 苏卿 李永信 李武生
宋平 宋非非 杨双全 罗章 周燕 周先齐
赵亮 赵峰 赵元勤 胡忠君 柯于锴 施鲁莎
徐珍 徐中秋 董晓琳 韩东男 程瑶 鲁晓俊
赫桂梅 熊海滢 熊瑞生

总责任编辑: 于应魁

秘书长: 王利永

前 言

(第2版)

本书第1版于2013年5月由武汉理工大学出版社出版,主要是作为普通高等学校土建类专业应用型本科“十二五”规划教材之一。

本书是根据高等院校土木工程专业相关课程教学大纲和国家最新颁布的相关规范、规程编写的专业基础课教材。教材编写过程中以结构试验和检测加固的基本理论为重点,力争通过案例分析使相关内容具体化、形象化,注重应用型人才实践动手能力的培养。

本教材内容共分8章,主要包括:绪论、加载设备与试验装置、结构试验的测量仪器与数据采集、结构静载试验、结构动力试验、结构抗震试验、混凝土结构现场检测技术、混凝土结构加固技术等。

本书由吉林大学胡忠君、哈尔滨学院贾贞担任主编,长春建筑学院吴芳担任副主编。参加本书第2版编写工作的有:长春建筑学院吴芳(第1章、第5章),吉林大学胡忠君(第2~4章、第6章),哈尔滨学院贾贞(第7章、第8章、附录)。全书由胡忠君负责统稿工作。

本书在编写的过程中参考了近年来出版的多部优秀教材、同行专家学者的相关论文和试验资料,也参考了仪器设备生产厂家的资料和说明书、部分网络资料,书中直接或间接引用了参考文献所列书目中的部分内容,对上述作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在不当和遗漏之处,敬请专家、同行和读者批评指正。

编 者

2017年3月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 结构试验的任务	(1)
1.2 结构试验的分类	(1)
1.2.1 按试验目的分类	(1)
1.2.2 按试验对象分类	(2)
1.2.3 按荷载性质分类	(3)
1.2.4 按试验时间分类	(3)
1.2.5 按试验场地分类	(4)
1.3 建筑结构试验技术新进展	(4)
1.3.1 先进的大型和超大型试验设备	(4)
1.3.2 结构抗震混合试验技术	(5)
1.3.3 结构远程协同试验技术	(5)
1.3.4 先进的试验测试技术	(6)
1.4 课程开设的目的与学习方法	(6)
本章小结	(6)
思考题	(6)
2 加载设备与试验装置	(7)
2.1 概述	(7)
2.2 重物加载法	(7)
2.2.1 重物直接加载法	(7)
2.2.2 杠杆间接加载法	(8)
2.3 液压加载法	(8)
2.3.1 液压加载器	(9)
2.3.2 大型结构试验机	(10)
2.3.3 电液伺服试验加载系统	(11)
2.3.4 地震模拟振动台	(12)
2.4 其他加载方法	(15)
2.5 试验台座及加载支承装置	(16)
2.5.1 试验台座	(16)
2.5.2 水平反力墙或反力架	(18)
2.5.3 竖向荷载支承装置	(18)
2.5.4 分配梁与支座	(19)

本章小结	(20)
思考题	(21)
3 结构试验的测量仪器与数据采集	(22)
3.1 概述	(22)
3.2 应变测量	(22)
3.2.1 电阻应变片	(22)
3.2.2 电阻应变仪	(25)
3.2.3 电阻应变片粘贴技术	(27)
3.2.4 应变的其他测量方法(机械法)	(29)
3.3 位移测量	(30)
3.3.1 线位移测量	(30)
3.3.2 转动变形测量	(32)
3.4 力值测量	(33)
3.4.1 机械式力传感器	(33)
3.4.2 电阻应变式力传感器	(33)
3.5 裂缝测量	(34)
3.6 数据采集系统	(36)
本章小结	(38)
思考题	(38)
4 结构静载试验	(39)
4.1 概述	(39)
4.2 结构试验的主要环节	(39)
4.3 结构静载试验案例分析——受弯构件	(39)
4.3.1 确定试验内容	(39)
4.3.2 试件设计	(40)
4.3.3 试验加载设计	(40)
4.3.4 试验观测设计	(42)
4.3.5 试验安全措施	(43)
4.3.6 试验准备阶段	(44)
4.3.7 试验实施阶段	(46)
4.3.8 测量数据整理与分析	(47)
4.3.9 试验结果表达	(47)
4.4 结构静载试验案例分析——受压构件	(48)
4.4.1 试件设计	(49)
4.4.2 试验装置及加载方案	(49)
4.4.3 试验观测方案	(50)
4.4.4 试验结果表达	(51)

4.5	结构性能评定	(53)
4.5.1	结构承载力评定	(53)
4.5.2	结构挠度评定	(54)
4.5.3	结构抗裂性评定	(55)
4.5.4	结构裂缝宽度评定	(55)
	本章小结	(55)
	思考题	(55)
5	结构动力试验	(56)
5.1	概述	(56)
5.2	结构动荷载特性试验	(56)
5.3	结构动力特性试验	(56)
5.3.1	自由振动法	(57)
5.3.2	共振法	(58)
5.3.3	脉动法	(59)
5.4	结构动力反应试验	(59)
5.4.1	动应变测量	(60)
5.4.2	动位移测量	(60)
5.4.3	动力系数测量	(60)
5.5	结构风洞试验	(61)
	本章小结	(63)
	思考题	(63)
6	结构抗震试验	(64)
6.1	概述	(64)
6.1.1	结构抗震试验的任务	(64)
6.1.2	结构抗震试验的分类	(65)
6.2	低周反复加载试验	(66)
6.2.1	低周反复加载试验的加载制度	(66)
6.2.2	低周反复加载试验的加载装置	(68)
6.2.3	低周反复加载试验的观测方案	(73)
6.2.4	低周反复加载试验的数据整理	(75)
6.3	拟动力试验	(77)
6.3.1	拟动力试验的加载流程	(77)
6.3.2	拟动力试验的加载设备	(78)
6.3.3	拟动力试验的数据处理	(79)
6.4	地震模拟振动台试验	(79)
6.4.1	试验模型设计与制作	(80)
6.4.2	试验方案制定	(81)

本章小结	(82)
思考题	(82)
7 混凝土结构现场检测技术	(83)
7.1 混凝土结构检测的相关规范	(83)
7.2 混凝土结构检测	(83)
7.2.1 现场检测的范围和分类	(83)
7.2.2 现场检测工作程序	(84)
7.2.3 现场检测项目和检测方法	(84)
7.3 混凝土力学性能检测	(85)
7.3.1 回弹法测定混凝土强度	(85)
7.3.2 超声法测定混凝土强度	(91)
7.3.3 超声回弹综合法测定混凝土强度	(92)
7.3.4 钻芯法测定混凝土强度	(93)
7.3.5 拔出法测定混凝土强度	(95)
7.4 超声波检测混凝土缺陷	(97)
7.4.1 混凝土裂缝检测	(98)
7.4.2 混凝土内部缺陷检测	(99)
7.4.3 混凝土表层损伤的检测	(104)
7.5 混凝土结构钢筋定位和钢筋锈蚀检测	(105)
7.5.1 混凝土结构钢筋位置检测	(105)
7.5.2 混凝土结构钢筋锈蚀检测	(107)
本章小结	(108)
思考题	(108)
8 混凝土结构加固技术	(109)
8.1 混凝土结构加固的工程背景	(109)
8.2 加大截面加固法	(110)
8.2.1 概念	(110)
8.2.2 计算方法举例	(111)
8.2.3 受弯构件正截面加固案例施工工序	(115)
8.3 外包型钢加固法	(116)
8.3.1 概念	(116)
8.3.2 计算方法	(117)
8.3.3 外包型钢加固法施工工艺	(121)
8.4 粘贴钢板加固法	(121)
8.4.1 概念	(121)
8.4.2 计算方法	(122)
8.4.3 受弯构件正截面加固施工工艺	(126)

8.5	粘贴纤维复合材料加固法	(129)
8.5.1	概念	(129)
8.5.2	计算方法	(130)
8.5.3	碳纤维布加固施工工艺	(132)
8.6	其他加固方法	(134)
8.6.1	增设支承加固法	(134)
8.6.2	体外预应力加固法	(134)
	本章小结	(136)
	思考题	(136)
	附录	(137)
附录 A	回弹法检测混凝土强度测区混凝土强度换算表(非泵送混凝土)	(137)
附录 B	测区泵送混凝土强度换算表	(144)
附录 C	非水平状态检测时的回弹值修正值	(150)
附录 D	不同浇筑面的回弹值修正值	(151)
附录 E	应变片粘贴与防潮处理实验	(151)
附录 F	钢筋混凝土梁正截面受弯性能试验	(154)
附录 G	回弹法检测混凝土强度试验	(157)
附录 H	混凝土构件裂缝宽度与深度检测试验	(159)
	参考文献	(163)

1 绪 论

1.1 结构试验的任务

结构试验的任务是在结构物或试验对象(梁、板、柱、墙、子结构或结构模型等)上,以仪器设备为工具,以各种试验技术为手段,在施加各种作用(荷载、模拟的地震作用、风、海浪、温度、变形等)的工况下,通过测量与试验对象工作性能有关的各种参数(力值、变形、裂缝、振幅、频率等)和观察试验对象的实际破坏形态,来评定试验对象的承载力、刚度、抗裂性、延性和耗能能力等,并用以检验和发展结构的计算理论。结构试验的任务具体流程如图 1.1 所示。

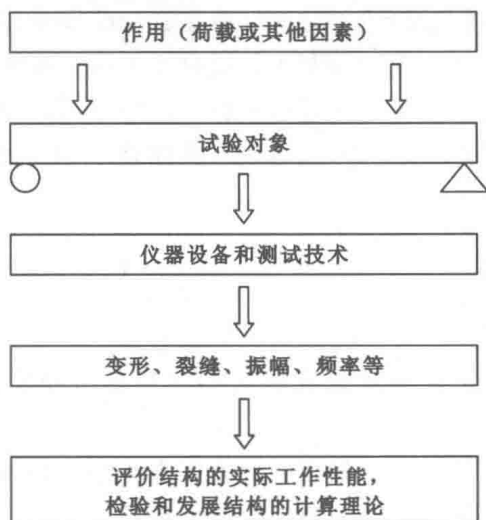


图 1.1 结构试验任务流程图

1.2 结构试验的分类

结构试验通常按照试验目的、试验对象、荷载性质、试验时间、试验场地等不同因素进行分类。

1.2.1 按试验目的分类

1.2.1.1 生产鉴定性试验

这类试验以实际的建筑物或结构构件为对象,其目的是通过试验来检验结构构件是否符合国家颁布的相关设计规范及施工验收规范的要求。试验经常要解决以下几方面的问题:

- (1) 鉴定预制构件产品的质量;
- (2) 为处理工程事故提供技术依据;

- (3) 已有结构的可靠性检验,通过试验推断结构的残余承载力和剩余寿命;
- (4) 工程结构加固与改造,通过试验判定结构的实际承载力;
- (5) 检验结构工程质量,评价其设计及施工质量的可靠性。

近年来,工程结构质量与安全事故频发,更体现出生产鉴定性试验的重要性。例如在大量的已建桥梁坍塌,以及建筑的“楼倒倒”、“楼脆脆”事故鉴定中,生产鉴定性试验发挥了至关重要的作用,为事故的责任划分提供了强大的技术支撑。

1.2.1.2 研究性试验

研究性试验具有研究、探索的属性,其目的是验证结构设计理论和各种科学判断、推理、假设及概念的正确性,为制定或修订各种结构设计规范,发展新的设计理论,发展和推广新型结构体系、新材料及新工艺提供理论和实践经验。研究性试验主要解决以下几个方面的问题:

- (1) 验证结构计算理论的假定;
- (2) 为各种设计规范的制定与修订提供依据;
- (3) 为发展和推广新结构、新材料与新工艺提供试验依据。

我国现行的各种结构设计规范,除了总结已有工程经验以外,还进行了大量结构或构件的试验研究,试验数据为各类设计规范的编制工作提供了依据。近年来,由于科学研究性试验的广泛开展,我国现行结构设计规范每几年就会进行一次修订,修订的主要目的就是将最新的工程经验及试验研究成果扩充到规范中来,这也进一步体现了结构试验在发展新的设计理论和改进设计方法上的重要作用。

1.2.2 按试验对象分类

1.2.2.1 真型试验

真型试验(原型试验)的试验对象是实际结构或者是按照实际结构足尺复制的结构或构件。

真型试验一般用于生产性试验,例如核电站的安全壳加压整体性试验就是一种非破坏性的现场试验。此外,诸如大跨钢结构的网架承载能力试验、超高层建筑的现场风振试验、大型桥梁的现场承载力及动力测试等,均属此类试验。

在真型试验中另外一类就是足尺结构或构件的试验。试验的对象是一根梁、一根柱、一块板或一榀桁架之类的实物构件,这类试验可以在实验室内开展,也可以在现场进行。

由于结构抗震研究的发展,国内外开始重视对结构整体性能的试验研究,通过这类足尺结构试验,可以对结构构造、各构件之间的相互作用、结构的整体刚度及破坏过程进行全面的观测。

1.2.2.2 模型试验

模型是仿照真型结构(原型结构)并按照一定比例关系复制而成的试验代表物,它具有实际结构的全部或部分特征。图 1.2 所示为 CCTV 主楼抗震性能模型试验,图 1.3 所示为方钢管混凝土长柱受压性能模型试验。模型的设计、制作及试验根据相似理论,在模型上施加相似力系或作用,使模型受力后反映原型结构的实际工作状态,再按相似理论由模型试验结果推算实际结构的工作性能。模型试验对于模拟条件要求较为严格,要求几何相似、材料相似和力学相似等。

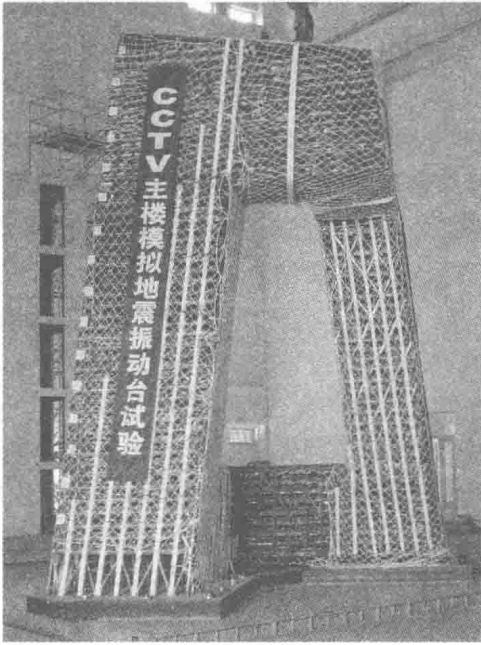


图 1.2 CCTV 主楼抗震性能模型试验

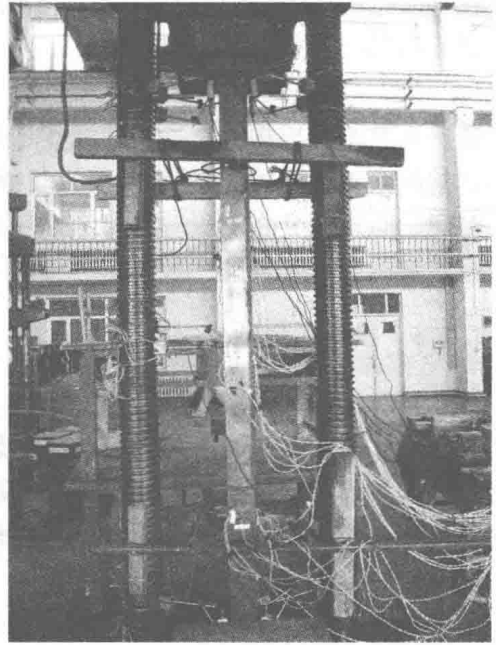


图 1.3 方钢管混凝土长柱受压性能模型试验

1.2.3 按荷载性质分类

1.2.3.1 静力试验

静力试验是结构试验中最常用的基本试验,因为大部分建筑结构在服役期间主要承受的是静荷载,所以通过重力或者常用的加载设备即可实现加载需求。静力试验分为静力单调加载试验和低周反复静力加载试验两种。

静力单调加载试验是在一个不长的时间段内完成的加载试验,其加载过程是从零开始逐步递增直到结构破坏为止。

为了研究不同结构或构件的抗震性能,常采用以静力的方式模拟地震作用的方法。结构抗震静力试验是一种控制荷载或控制变形作用于结构的周期性的反复静力试验,为区别于一般单调加载试验,称之为低周反复静力加载试验,俗称伪静力试验,这是目前广泛应用于国内外结构抗震试验研究的一种试验方法。

1.2.3.2 动力试验

为了了解某些结构或构件在动力荷载作用下的工作性能,往往需要进行结构动力试验,如研究吊车梁的疲劳问题、工程结构的抗风和抗爆炸问题等。对于结构抗震性能的研究,可采用静力试验模拟,但最为真实的是施加动力荷载进行试验。由于加载速率要求高,动力试验的加载设备和测试手段也更为复杂,试验费用高。

1.2.4 按试验时间分类

1.2.4.1 短期试验

在进行结构试验时,受试验条件、时间的限制,一般情况下都是采用短期荷载试验,即荷载从零开始施加到结构破坏或到某阶段进行卸荷,时间总共只有几十分钟、几小时或者几天。

在真实工程中,由于结构或构件上的荷载是长期存在的,而试验时大量采用短期荷载,在分析试验结果时必须对此加以考虑。

1.2.4.2 长期试验

若要探究结构或构件在长期荷载作用下的工作性能,例如研究混凝土的徐变、预应力结构中钢筋的应力松弛等问题,就必须要进行静力荷载的长期试验,一般会持续进行几个月甚至是几年时间。长期试验在进行时需要考虑环境因素的影响,如在室内进行试验,需要考虑试验环境与真实结构所处环境的一致性。

1.2.5 按试验场地分类

1.2.5.1 实验室试验

实验室试验是指在有专门加载与测试设备的实验室内进行的试验。实验室试验由于具有良好的工作条件,可以应用精密和灵敏的仪器设备进行试验,这样可以有效地消除客观因素带来的不必要的试验误差。如图 1.4 所示为钢筋混凝土梁室内加载试验。

1.2.5.2 现场试验

现场试验是指在生产和施工现场进行的试验。与室内试验相比,由于受到客观环境条件的影响,加载方法和测量方法均受到了一定程度的限制,试验时需要保证加载的有效性。如图 1.5 所示为某单桩承载力现场加载试验。

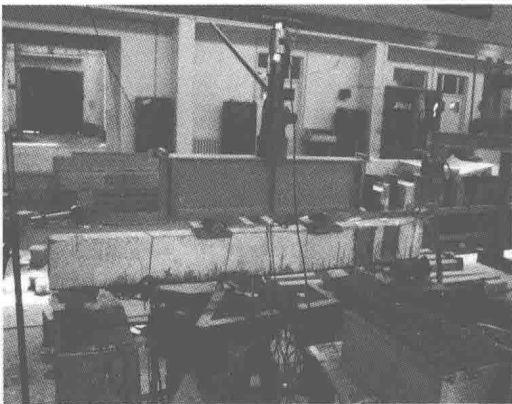


图 1.4 钢筋混凝土梁室内加载试验



图 1.5 某单桩承载力现场加载试验

1.3 建筑结构试验技术新进展

从 17 世纪初材料力学理论的发展到近年来大型复杂结构的抗震、抗倒塌分析,结构试验一直是推动理论发展的主要手段。现代科学技术的不断进步,为结构试验技术水平的提高创造了良好的机遇,使得结构试验技术在以下几个方面取得了新进展。

1.3.1 先进的大型和超大型试验设备

在现代制造技术的支持下,大型火灾模拟结构试验系统、大型电液伺服压力试验机(最大加载 5000 t)、大型风洞试验系统、地震模拟振动台、大型离心机、复杂多向加载系统等设备相继投入使用,使试验加载设备模拟结构实际受力条件的能力越来越强,科研人员和工程师等能

够通过结构试验更准确地掌握结构性能,改善结构防灾、抗灾的能力,进而发展结构设计理论。

1.3.2 结构抗震混合试验技术

振动台试验是进行结构抗震性能试验的主要方法之一,然而受振动台台面尺寸、加载能力等因素的限制,结构模型缩尺较大,比尺效应、重力失真效应的存在容易给试验结果造成一定的误差。为解决这一问题,近年来国内外相继建成了更大尺寸和更强加载能力的振动台,但人们对振动台模拟地震试验的要求也随之提高,结构体型与结构形式日趋复杂,传统的振动台试验方法仍显力不从心。

结构抗震混合试验方法是近年来国内外学者提出的一种新型的结构抗震试验方法,它是将振动台试验技术、拟动力试验技术和子结构分析技术结合起来,以满足科研和工程抗震试验研究的需要。结构抗震混合试验是指将大型复杂结构中的重要部位或构件作为子结构制作成模型,放在振动台上进行地震波输入激振试验,而该子结构与整体结构间的连接反应则由布置在模型顶面和侧面的有限个电液伺服作动器来模拟,振动台与作动器实时配合共同完成试验。

1.3.3 结构远程协同试验技术

结构远程协同试验是近年来拟动力试验研究重要的进展之一,解决了土木工程结构试验日趋大型化和复杂化与单个实验室的规模及试验能力有限之间的矛盾。为了充分发挥现有的有限试验资源,把各地的大型结构实验室资源都充分利用起来,进行相应的实验室模型协同试验,从而达到资源共享,世界上许多国家已经开展了基于 Internet 的远程协同结构试验研究,并已取得了很大的进展。如美国的 NEES 计划(图 1.6)、欧洲的“减轻地震风险的欧洲网络”协同研究计划,以及日本建立的世界最大的振动台 E-Defense 和开展的桥梁结构远程协同拟动力试验的研究。我国湖南大学、清华大学、哈尔滨工业大学也正积极致力于这方面的研究工作。

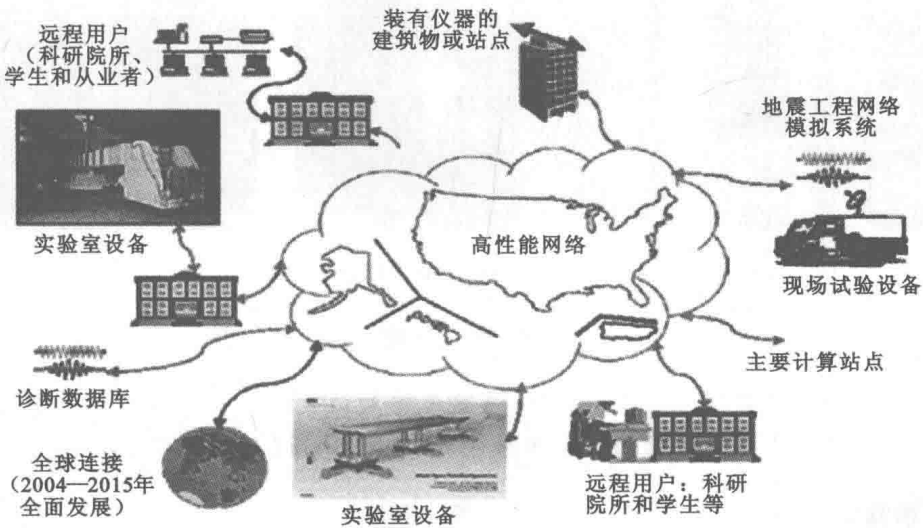


图 1.6 NEES 网络系统构想

1.3.4 先进的试验测试技术

试验测试技术的发展主要体现在传感器和数据采集方面。传感器是检测信号的工具,对于工程结构中的抗爆试验、大型桥梁的健康检测等,没有相适应的传感器是不可能实现的。一些新型智能和高灵敏度的检测传感器的出现,使得试验测试技术向着更广泛的领域快速发展。

另一方面,数据采集技术发展更为迅速。例如对脆性材料损伤演变进行的声发射特性试验中,声发射采集系统的采样频率可以达到 $20\sim 400\text{ kHz}$,可以实时检测材料的微观破坏和裂纹的演化过程。由于计算机存储技术的快速发展,长时间、大容量的数据采集也已不存在困难。

1.4 课程开设的目的与学习方法

《建筑结构试验与检测加固》是土木工程专业的一门专业基础课,课程开设的目的是通过理论与实践环节的学习,使学生了解结构试验与检测加固方面的基础知识和基本技能,掌握常规试验加载设备与测量技术的使用方法;掌握组织和进行结构试验的方法;具有规划一般结构试验的基本能力;能正确分析处理试验获取的试验数据;了解结构检测与加固的常用方法。

课程具有实践性强的特点,整个教学的核心思想是通过课程的学习,培养学生的试验动手和创新能力。要求学生在掌握理论知识的基础上,亲自参与每一个试验的设计、制作、加载和数据处理环节,逐步提高试验技能和实践动手能力,体验试验带来的乐趣。图 1.7 所示为学生正在进行钢管约束混凝土柱分组试验。



图 1.7 钢管约束混凝土柱分组试验

本章小结

本章系统地介绍了建筑结构试验的任务、建筑结构试验的分类以及结构试验技术的最新进展。学习本章后应掌握结构试验的任务和分类,了解本门课程的学习方法,提高学习兴趣。

思考题

- (1) 建筑结构试验的任务是什么?
- (2) 建筑结构试验如何进行分类?
- (3) 建筑结构试验技术的最新进展有哪些?

2 加载设备与试验装置

2.1 概 述

在对结构或构件进行试验时,除个别情况外,一般都需要根据试验加载要求采用不同的加载方法。试验中产生荷载的方法和加载设备种类很多,可用于结构试验的加载方法有重物、液压、气压、机械力、惯性力、电磁、动力激振等。本章重点介绍结构试验中常用的加载方法和加载设备。

2.2 重物加载法

重物加载法是将物体本身的重力施加于结构上作为荷载,该加载方法具有加载方便、能够就地取材和加载稳定等优点。常用的加载重物有标准铸铁砝码、混凝土块、水、砂、石、砖块和汽车(用于桥梁)等。重物可以直接施加或者通过杠杆间接施加于试验结构或构件上。

2.2.1 重物直接加载法

重物直接加载法就是将重物直接作用于结构上的加载方法,即在结构或构件表面堆放重物来模拟所承受的均布荷载(图 2.1)或集中荷载(图 2.2)。试验一般采用分级加载方式,适用于平板结构的加载试验,如楼盖、屋面和桥面等结构的加载试验。

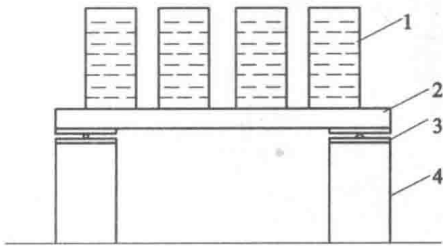


图 2.1 重物直接加载(均布荷载)

1—重物;2—试件;3—支座;4—支墩

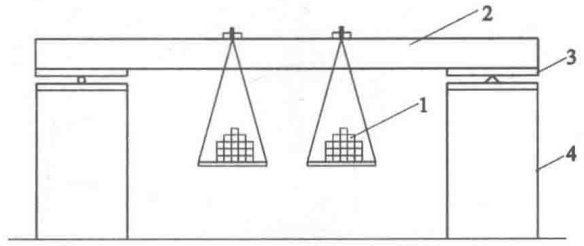


图 2.2 重物直接加载(集中荷载)

1—重物;2—试件;3—支座;4—支墩

【例 2.1】 楼盖承载力检验试验

新建成的新型组合楼盖或是使用功能发生改变的已建楼盖,均需要采用现场加载试验,实测各级荷载作用下构件的反应,以检验其承载力及刚度是否满足相关规范的要求。例如某办公楼,一、二层由于使用功能的需要变成商场,这会导致二层楼盖(一层顶)活荷载增加很多(办公楼活荷载 2.0 kN/m^2 ,商场活荷载 3.5 kN/m^2),原有楼盖在不加固的前提下,是否能够满足新的使用要求,需要通过现场楼盖加载试验进行检验。试验可以采用袋装水泥进行加载,每袋 50 kg ,每铺设一层相当于 0.5 kN/m^2 ,办公楼活荷载需要铺设 4 层,商场活荷载需要铺设 7 层,在考虑活荷载最不利布置的基础上,试验采用分级加载,每级荷载 0.5 kN/m^2 ,由于需要铺