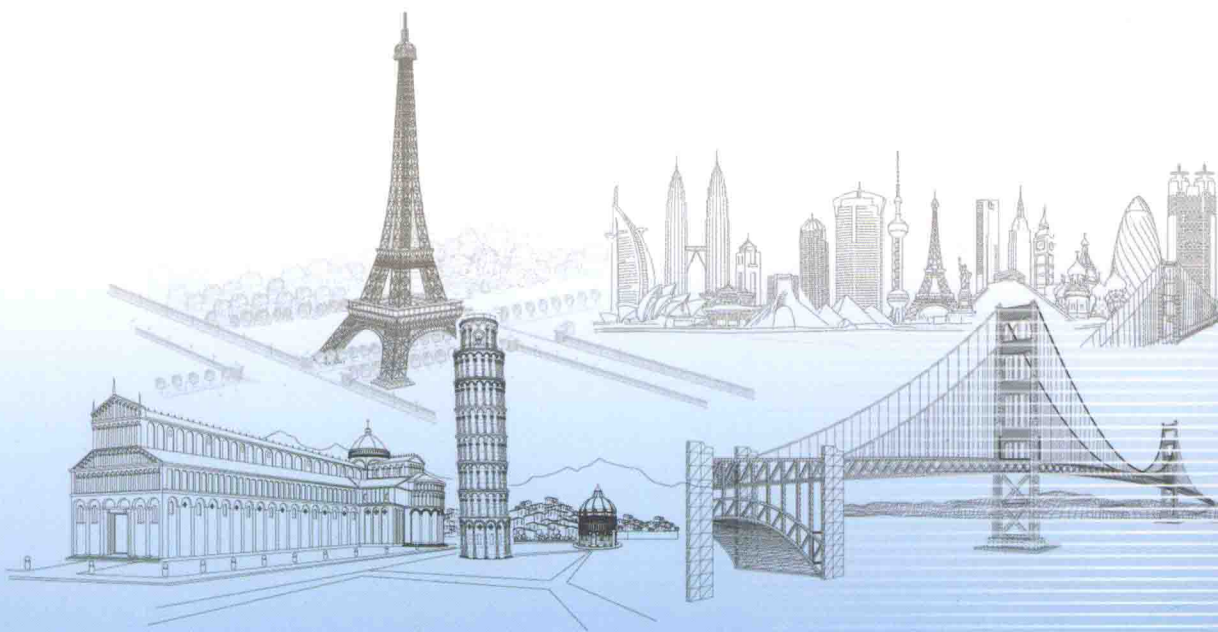




高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十二五”规划教材
普通高等教育土木工程专业指导性规范配套“十二五”规划教材

土木工程结构试验

■ 主 编 张曙光
■ 主 审 潘景龙



武汉理工大学出版社

高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十二五”规划教材
普通高等教育土木工程专业指导性规范配套“十二五”规划教材

土木工程结构试验

主 编 张曙光
副主编 林明强 李新乐 张国侠
主 审 潘景龙

武汉理工大学出版社

内 容 提 要

本书是根据高等学校土木工程专业的教学要求,按照《高等学校土木工程本科指导性专业规范》中“土木工程结构试验”知识点的要求编写的。主要包括:工程结构试验概论、结构模型设计、工程结构试验荷载模拟、工程结构试验量测技术、工程结构静力试验、工程结构动力试验、工程结构抗震试验、结构现场检测技术、工程结构试验的数据处理。

本书可作为高等学校土木工程专业的教材,也可供从事结构试验的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程结构试验/张曙光主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2014.6

ISBN 978-7-5629-4221-4

I. ① 土… II. ① 张… III. ① 土木工程-工程结构-结构试验-高等学校-教材
IV. ① TU317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 047075 号

项目负责人:高 英 汪浪涛 戴皓华

责任编辑:戴皓华

责任校对:余士龙

装帧设计:牛 力

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.techbook.com.cn>

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉兴和彩色印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:14.5

字 数:344 千字

版 次:2014 年 6 月第 1 版

印 次:2014 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:28.00 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 ·

前 言

本书是根据卓越工程师培养目标,按照《高等学校土木工程本科指导性专业规范》中“土木工程结构试验”知识点的要求编写而成。可作为高等学校土木工程专业的教材,也可供从事结构试验的工程技术人员参考。

本书主要包括:工程结构试验概论、结构模型设计、工程结构试验荷载模拟、工程结构试验量测技术、工程结构静力试验、工程结构动力试验、工程结构抗震试验、结构现场检测技术、工程结构试验的数据处理。

参加本教材编写工作的有:长春工程学院张曙光(第1章、第7章、第9章),大连民族学院李新乐(第2章、第5章),佳木斯大学张国侠(第3章、第6章),济南大学林明强(第4章、第8章)。全书由张曙光任主编并负责统稿,林明强、李新乐、张国侠任副主编。

哈尔滨工业大学潘景龙教授担任主审并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

本书在编写过程中参考了国内同行的著作、教材,在此表示谢意。

限于编者的水平,书中难免有错误和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2013年10月

目 录

1 工程结构试验概论	(1)
1.1 工程结构试验的目的与任务	(1)
1.1.1 工程结构试验的目的	(1)
1.1.2 工程结构试验的任务	(3)
1.2 工程结构试验分类	(3)
1.2.1 原型试验和模型试验	(4)
1.2.2 静力试验和动力试验	(4)
1.2.3 短期荷载试验和长期荷载试验	(5)
1.2.4 实验室试验和现场试验	(5)
1.3 工程结构试验设计	(6)
1.3.1 工程结构试验的一般程序	(6)
1.3.2 工程结构试验的试件设计	(8)
1.3.3 工程结构试验方案拟定	(9)
1.3.4 工程结构试验结果分析与结论	(11)
本章小结	(11)
思考题	(12)
2 结构模型设计	(13)
2.1 概 述	(13)
2.1.1 模型试验遵循的基本原则、分类及特点	(13)
2.1.2 模型试验的应用和适用范围	(14)
2.1.3 结构模型试验的意义	(14)
2.2 模型设计相似原理	(15)
2.2.1 相似的含义	(15)
2.2.2 相似常数	(16)
2.2.3 相似原理	(17)
2.3 相似条件的确定方法	(19)
2.3.1 方程式分析法	(19)
2.3.2 量纲分析法	(20)
2.4 模型设计	(23)
2.4.1 结构静力模型设计	(23)
2.4.2 结构动力模型设计	(25)
2.4.3 热应力结构模型设计	(26)

2.5 试验模型材料与选用	(27)
2.5.1 模型材料的指标	(28)
2.5.2 常用模型材料	(28)
本章小结	(32)
思考题	(33)
3 工程结构试验荷载模拟	(34)
3.1 概 述	(34)
3.2 静力荷载模拟	(34)
3.2.1 重力模拟荷载	(35)
3.2.2 液压模拟加载	(36)
3.2.3 其他加载技术	(40)
3.3 动力荷载模拟	(42)
3.3.1 惯性力加载	(42)
3.3.2 激振器加载	(44)
3.3.3 爆炸激振	(46)
3.4 结构试验反力装置	(47)
3.4.1 反力装置	(47)
3.4.2 其他加载装置	(48)
3.4.3 试验台座	(50)
本章小结	(53)
思考题	(53)
4 工程结构试验量测技术	(54)
4.1 概 述	(54)
4.2 应变量测	(55)
4.2.1 应变量测概述	(55)
4.2.2 电阻应变片	(55)
4.2.3 电阻应变仪	(58)
4.2.4 应变测点的布置	(63)
4.2.5 应变的其他量测方法与仪表	(64)
4.3 位移与变形量测	(65)
4.3.1 线位移量测	(65)
4.3.2 角位移测量	(69)
4.4 力的量测	(72)
4.4.1 荷载和反力测定	(72)
4.4.2 拉力和压力测定	(73)
4.4.3 结构内部应力测定	(73)
4.5 裂缝、应变场应变及温度测定	(75)

4.5.1	裂缝检测	(75)
4.5.2	内部温度测量	(77)
4.6	测振仪器	(78)
4.6.1	拾振器的力学原理	(78)
4.6.2	测振传感器	(82)
4.7	记录仪器	(85)
4.7.1	x - y 记录仪	(85)
4.7.2	光线示波器	(86)
4.7.3	磁带记录仪	(87)
4.8	数据采集系统	(88)
4.8.1	数据采集系统的组成	(88)
4.8.2	数据采集的过程	(89)
	本章小结	(90)
	思考题	(91)
5	工程结构静力试验	(92)
5.1	概 述	(92)
5.2	试验前的准备	(93)
5.2.1	试验规划阶段	(93)
5.2.2	试验准备阶段	(93)
5.3	加载与量测方案的制定	(96)
5.3.1	加载方案	(96)
5.3.2	量测方案	(99)
5.4	一般结构构件静载试验	(102)
5.4.1	受弯构件的试验	(102)
5.4.2	受压构件的试验	(106)
5.4.3	桁架静力试验	(108)
5.4.4	屋架试验	(109)
5.5	静载试验量测数据的整理和分析	(110)
5.5.1	截面内力计算	(111)
5.5.2	挠度计算	(113)
5.5.3	平面应力状态下的主应力计算	(115)
5.5.4	试验曲线与图表绘制	(116)
	本章小结	(119)
	思考题	(119)
6	工程结构动力试验	(120)
6.1	概 述	(120)
6.2	结构动力特性试验	(120)

6.2.1	自由振动法	(121)
6.2.2	共振法	(123)
6.2.3	随机振动法	(125)
6.3	结构动力反应试验	(128)
6.3.1	动力荷载特性的测定	(128)
6.3.2	结构特定部位动参数的测定	(129)
6.3.3	测定结构的振动变位图	(130)
6.3.4	结构动力系数的试验测定	(131)
6.4	结构疲劳试验	(131)
6.4.1	结构疲劳试验的目的	(132)
6.4.2	结构疲劳试验的方法	(132)
	本章小结	(135)
	思考题	(135)
7	工程结构抗震试验	(136)
7.1	概 述	(136)
7.1.1	结构抗震试验的特点	(136)
7.1.2	结构抗震试验的内容	(136)
7.1.3	结构抗震试验分类	(136)
7.2	拟静力试验	(138)
7.2.1	加载设备与装置	(138)
7.2.2	拟静力加载方法	(138)
7.2.3	滞回曲线和骨架曲线的主要特征	(141)
7.2.4	恢复力特性的模型化	(144)
7.3	拟动力试验	(146)
7.4	模拟地震振动台试验	(149)
7.4.1	振动台	(149)
7.4.2	试验加载过程	(151)
7.4.3	试验的观测和动态反应测量	(152)
7.5	人工地震模拟试验	(152)
7.5.1	爆破方法	(152)
7.5.2	人工地震与天然地震的差异	(153)
7.6	天然地震试验	(154)
	本章小结	(155)
	思考题	(156)
8	结构现场检测技术	(157)
8.1	概 述	(157)
8.1.1	检测的作用和意义	(157)

8.1.2	建筑结构检测范围和分类	(158)
8.1.3	检测的内容及分类	(158)
8.1.4	检测的原则和抽样方案	(158)
8.1.5	检测的工作程序	(159)
8.2	混凝土结构的检测技术	(160)
8.2.1	混凝土结构耐久性损伤机理	(160)
8.2.2	混凝土结构的外观及裂缝和变形检测	(161)
8.2.3	混凝土强度检测	(163)
8.2.4	超声波法检测混凝土缺陷	(171)
8.2.5	混凝土结构钢筋位置与钢筋锈蚀检测	(176)
8.3	砌体结构现场检测	(177)
8.3.1	概述	(177)
8.3.2	原位轴压法	(180)
8.3.3	扁顶法	(182)
8.3.4	切制抗压试件法	(184)
8.3.5	原位单剪法	(185)
8.3.6	原位单砖双剪法	(186)
8.3.7	推出法	(188)
8.3.8	回弹法	(189)
8.3.9	筒压法检测砂浆强度	(192)
8.4	钢结构现场检测技术	(193)
8.4.1	构件尺寸及平整度的检测	(193)
8.4.2	表面质量检测	(194)
8.4.3	钢材强度检测	(195)
8.4.4	连接(焊接、螺栓连接)的检测	(195)
8.4.5	超声法测钢材和焊缝缺陷	(196)
8.4.6	防腐涂层厚度检测	(197)
8.4.7	钢材锈蚀的检测	(198)
8.4.8	防火涂层厚度检测	(198)
8.4.9	钢结构动力检测	(199)
	本章小结	(199)
	思考题	(200)
9	工程结构试验的数据处理	(201)
9.1	概 述	(201)
9.2	试验测量的误差	(201)
9.2.1	系统误差	(201)
9.2.2	偶然误差	(202)

9.2.3 过失误差	(202)
9.3 试验数据的误差分析	(203)
9.3.1 误差的分布	(203)
9.3.2 误差的计算	(206)
9.3.3 间接测定值的误差分析	(207)
9.3.4 误差的检验	(208)
9.4 数据的表达方式	(211)
9.4.1 表格方式	(211)
9.4.2 图像方式	(212)
9.4.3 函数方式	(214)
本章小结	(219)
思考题	(220)
参考文献	(221)

1 工程结构试验概论

土木工程结构试验是一项科学性、实践性很强的活动,是研究和发展结构新材料、新体系、新工艺以及探索工程结构设计新理论的重要手段,在工程结构科学研究和技术革新等方面起着重要的作用。

土木工程结构中的建筑结构、桥梁结构、地下结构、水工结构、隧道结构及各类特种结构(如高耸结构及各种构筑物),都是以各种工程材料为主体构成的不同类型的承重构件相互连接而成的组合体。在一定的经济条件制约下,为满足结构在功能及使用上的要求,必须使得这些结构在规定的使用期内能安全有效地承受外部及内部形成的各种作用。为了进行合理的设计,要求工程技术人员必须掌握在各种作用下结构的实际工作状态,了解结构构件的承载力、刚度、受力性能以及实际所具有的安全储备等。

在进行结构应力分析时,一方面可以利用传统的力学理论计算方法解决,另一方面也可以利用试验方法,即通过工程结构试验,采用试验应力分析方法来解决。特别是电子计算机技术的飞速发展,为采用数学模型方法进行结构计算分析创造了条件。同样,利用计算机控制的工程结构试验技术,也为实现荷载模拟、数据采集、数据处理,以及整个试验过程实现自动化提供了有利条件,使工程结构试验技术的发展,产生了根本性的变化。利用计算机控制的多维地震模拟振动台可以实现地震波的人工再现,模拟地面运动对结构作用的全部过程;用计算机联机的拟动力伺服加载系统可以实现在静力状态下量测结构的动力反应;由计算机完成的各种数据采集和自动处理系统可以准确、及时、完整地收集并表达荷载与结构行为的各种信息。计算机增强了人们进行结构试验的能力。因此,结构试验仍然是发展结构理论和解决工程设计方法的重要手段。

土木工程结构试验是土木工程专业的一门专业课程。它研究的主要内容有:结构静力试验和动力试验的加载模拟技术,结构各参数的量测技术,试验数据的采集、信号分析及处理技术,最终对试验对象做出科学的技术评价或理论分析。

1.1 工程结构试验的目的与任务

1.1.1 工程结构试验的目的

在实际工作中,根据不同的试验目的,结构试验可归纳为两大类,即科学研究性试验和生产鉴定性试验。

1.1.1.1 科学研究性试验

科学研究性试验的目的在于验证结构设计理论,或验证各种科学判断、推理、假设及概念的正确性,或者是为了创造某种新型结构体系及其计算理论,而系统地进行的试验研

究,因此具有研究、探索和开发的性质。

研究性试验的试验对象即试件,它不一定是研究任务中的具体结构,也可以是通过力学分析后抽象出来的模型。模型必须反映研究任务中的主要参数。因此,研究性试验的试件都是针对某一研究目的而设计和制作的。研究性试验一般都在室内进行,需要使用专门的加载设备和数据测试系统,以便对受载荷试件的变形性能进行连续观察、测量和全面的分析研究,从而找出其变化规律,为验证设计理论和计算方法提供依据。这类试验通常研究以下几个方面的问题:

(1)验证结构计算理论的假定

在结构设计中,人们经常为了计算上的方便,对结构构件的计算图式和本构关系做出某些简化的假定。如在构件静力和动力分析中,本构关系的模型化,则完全是通过试验加以确定的。

(2)为制订设计规范提供依据

我国现行的各种结构设计规范除了总结已有大量科学试验和经验以外,还为理论和设计方法的进一步发展,进行了大量钢筋混凝土结构、砌体结构和钢结构的构件及足尺和缩尺模型的试验,为我国编制各类结构设计规范提供了基本资料与试验数据。事实上现行规范的计算理论,几乎全部是以试验研究的直接结果为基础的。这也进一步体现了结构试验学科在发展设计理论和改进设计方法上的作用。

(3)为发展和推广新结构、新材料与新工艺提供实践经验

随着土木工程科学和基本建设发展的需要,新结构、新材料和新工艺不断涌现。例如,在钢筋混凝土结构中各种新结构体系的应用,钢-混凝土组合结构、轻型钢结构的设计推广,升板、滑模施工工艺的发展,以及大跨度结构、高耸结构、超高层建筑与特种结构的设计与施工等,都离不开工程结构试验。而且一种新材料的应用,一个新结构的设计和新工艺的使用,往往需要经过多次的工程实践与科学试验,即由实践到认识,再由认识到实践的多次反复,以便积累资料,丰富认识,使设计计算理论不断改进、不断完善。

1.1.1.2 生产鉴定性试验

生产鉴定性试验一般是在比较成熟的设计理论基础上的。其目的是通过试验来检验结构构件是否符合结构设计规范及施工验收规范的要求,并对检验结果做出技术结论。因此生产鉴定性试验是非探索性的。

检验性试验的试验对象一般是真实的结构或构件,这类试验通常应用在以下几方面:

(1)检验结构的质量,说明工程的可靠性

对某些重要性结构或采用新材料、新工艺及新设计计算理论而设计建造的结构物或构筑物,在建成后需进行总体的结构性能检验,以综合评价其结构设计及施工质量的可靠性。例如,南浦大桥、杨浦大桥建成后的载荷试验就是为检验该结构的质量,说明工程的可靠性而进行的试验。

(2)检验构件或部件的结构性能,判定构件的设计及制作质量

对于预制构件厂或建设工地生产的预制构件,在出厂或吊装前均应对其承载力、刚度和变形性能进行抽样检验,以确定其结构性能是否满足结构设计和构件检验规程所要求

的指标。此外,对某些结构构造较复杂的部件(如网架节点、焊接构件等)均应进行严格的质量检验。检验时应严格按照有关的检验规程或规定进行。

(3)判断旧结构的实际承载力,为改造、扩建工程提供数据

如果结构物由于使用功能发生了变化,例如,已使用多年的结构需要扩建加层,或由于生产需要提高吊车起重能力,要求对原有结构物进行加固、改造。这时往往需要通过现场试验实测及分析,来确定原有结构物的实际潜力。

(4)检验和鉴定既有结构物的可靠性

既有结构一般是指经过几十年的使用,发生过异常变形或局部损伤,继续使用时人们对其安全性及可靠性持有怀疑,必须进行检验和鉴定的结构。鉴定这类结构的性能首先应进行全面的科学调查。调查的方法包括观察、检测和分析。检测手段大多采用无损检测方法,或微破损检测方法。在调查和分析基础上评定其所属安全等级,最后推算其可靠性。这类鉴定工作应按照可靠性鉴定规程的有关规定进行。

(5)为处理工程事故提供依据

对于因遭受地震、水灾、火灾、爆炸而损伤的结构,或在建造期间及使用过程中发生过严重的工程事故,产生了过度变形和裂缝的结构,都要通过试验为加固和修复工作提供依据。

1.1.2 工程结构试验的任务

结构在外荷载作用下,就会产生各种反应。如钢筋混凝土简支梁在静力集中荷载作用下,可以通过测定梁在不同受力阶段的挠度、截面转角、截面上纤维应变和裂缝宽度等参数,来分析梁的整个受力过程及其承载力、刚度和抗裂性能。当一个桥梁承受动力荷载或移动荷载作用时,同样可以通过测定结构的自振频率、阻尼系数、振幅(动位移)和动应变等,来研究结构的动力特性和结构承受动力荷载时的动力反应。近年来在结构抗震研究中,经常是通过结构在低周反复荷载作用下,由试验所得的恢复力与变形关系,即滞回曲线来分析结构的承载力、刚度、延性、耗能及抗倒塌能力等。

由此可见,结构试验的任务就是在结构物或试验对象(实物或模型)上,以设备、仪器为工具,采用各种试验技术手段,在荷载(重力、机械扰动力、地震作用、风力等)或其他因素(温度、变形)作用下,通过量测与结构工作性能有关的各种参数(变形、挠度、应变、振幅、频率等),从强度(稳定性)、刚度和抗裂性以及结构实际破坏形态来判断结构的实际工作性能,估计结构的承载能力,确定结构对使用要求的符合程度,并用以检验和发展结构的计算理论。

综上所述,结构试验是以不同形式的试验方法为手段,以测定结构构件的工作性能、承载能力和相应的安全程度为目的,为结构的安全使用和设计计算理论的建立提供重要的根据。

1.2 工程结构试验分类

工程结构试验除了按试验目的分为生产鉴定性试验和科学研究性试验以外,还经常

按试验对象、荷载性质、试验场合、试验时间等不同因素进行分类。

1.2.1 原型试验和模型试验

工程结构试验按照试验对象分为原型试验和模型试验。

1.2.1.1 原型试验

原型试验的试验对象是实际结构或是按实物结构足尺复制的结构或构件。

对于实际结构的试验一般用于生产鉴定性试验。例如,核电站安全壳加压整体性的试验、工业厂房结构的刚度试验、楼盖承载力试验等均在实际结构上加载量测,另外在高层建筑上直接进行风振测试和通过环境随机振动测定结构动力特性等均属于这一类。原型试验中另一类就是足尺结构或构件的试验。以往一般对构件的足尺试验做得较多,如一根梁、一块板或一榀屋架等实物构件,可以在实验室内进行试验,也可以在现场进行试验。由于工程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,因为通过对足尺结构物进行试验,可以对结构构造、各构件之间的相互作用、结构的整体刚度以及结构破坏阶段的实际工作性能进行全面观测。

1.2.1.2 模型试验

由于进行原型结构试验投资大、周期长,而且测量精度容易受环境因素等影响,在经济上或技术上存在一定困难。因此,在结构设计的方案阶段进行初步探索比较或对设计理论和计算方法进行科学研究时,可以采用按原型结构缩小的模型进行试验。

模型是仿照原型(真实结构)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。模型的设计制作及试验是根据相似理论,用适当的比例和相似材料制成与原型几何相似的试验对象,在模型上施加相似力系(或称比例荷载),使模型受力后再现原型结构的实际工作,最后按照相似理论由模型试验结果推算实际结构的工作情况。为此,模型要求有比较严格的模拟条件,即要求做到几何相似、力学相似和材料相似。目前在实验室内进行的大量结构试验均属于这一类。

1.2.2 静力试验和动力试验

工程结构试验按照荷载性质分为静力试验和动力试验。

1.2.2.1 静力试验

静力试验是结构试验中最常见的基本试验。因为大部分工程结构在工作时所承受的是静力荷载。一般可以通过重力或各种类型的加载设备来实现并满足加载要求。静力试验的加载过程是从零开始逐步递增一直到结构破坏为止,即在一个不长的时间段内完成试验加载的全过程,故称其为结构静力单调加载试验。

静力试验的最大优点是加载设备相对比较简单,荷载可以逐步施加,并可根据试验要求分阶段观测结构的受力及变形的发展情况和破坏状态。静力试验的不足是不能反映应变速率对结构的影响,特别是在结构抗震试验中与任意一次确定性的非线性地震反应相差很远。目前在抗震静力试验中的计算机与加载器联机试验系统,可以弥补这一不足,但设备耗资较大,每个加载周期远大于实际结构的基本周期。

1.2.2.2 动力试验

对于在实际工作中主要承受动力作用的结构或构件,为了了解结构在动力荷载作用下的工作性能,一般要进行结构动力试验,通过动力加载设备直接对结构构件施加动力荷载。如研究厂房结构及桥梁结构等在动力设备作用下的振动特性,吊车梁及桥墩的疲劳强度与疲劳寿命,高层建筑和高耸结构(电视塔、烟囱等)在风载作用下的动力问题等。特别是在结构抗震性能的研究中除了用静力加载模拟外,更为理想的是直接施加动力荷载进行试验,目前抗震动力试验一般用电液伺服加载设备或地震模拟振动台等设备实现动力荷载。对于现场或野外的动力试验,则可以利用环境随机振动试验测定结构动力特性及模态参数。此外,还可以利用人工爆炸产生人工地震的方法,甚至直接利用天然地震对结构进行试验。由于荷载特性的不同,动力试验的加载设备和测试手段也与静力有很大的差别,较静力试验复杂得多。

1.2.3 短期荷载试验和长期荷载试验

工程结构试验按照试验进行时间长短分为短期荷载试验和长期荷载试验。

对于主要承受静力荷载的结构构件,实际的荷载是长期作用的。但在进行结构试验时限于试验条件、时间等,不得不大量采用短期荷载试验,即荷载从零开始施加到结构破坏或到某阶段进行卸荷的时间总和只有几十分钟、几小时或者几天。对承受动荷载的结构,即使是结构的疲劳试验,整个加载过程也仅在几天内完成,与工程结构实际工作情况有一定差别。对于爆炸、地震等特殊荷载作用,整个试验加载过程只有几秒甚至是几毫秒或几微秒,实际上是一种瞬态的冲击试验。严格地讲短期荷载试验不能代替长年累月进行的长期荷载试验。因此,这种由于具体客观因素或技术的限制所产生的影响,在分析试验结果时必须加以考虑。

对于研究结构在长期荷载作用下的性能,如混凝土结构的徐变,预应力结构中钢筋的松弛,钢筋混凝土受弯构件裂缝的开展与刚度退化等,就必须进行静力荷载的长期试验。长期荷载试验将连续进行几个月甚至于数年才能完成,通过长期荷载试验可以获得结构的变形随时间变化的规律。为了保证试验精度,通常需要对试验环境进行严格控制,如保持恒温恒湿,防止振动影响等,要求试验必须在实验室内进行。如果能在现场对实际结构进行系统、长期的观测,现场积累和获得的数据资料对于研究结构的实际工作情况,以及进一步完善和发展工程结构理论都具有极为重要的意义。

1.2.4 实验室试验和现场试验

工程结构试验按照试验场合分为实验室试验和现场试验。

结构和构件的试验可以在有专门设备的实验室内进行,也可以在现场进行。实验室试验可以获得良好的工作条件,因此可以应用精密和灵敏的仪器设备进行试验,量测结果具有较高的准确度。在实验室内,可以创造一个适宜的工作环境,以减少或消除各种不利因素对试验的影响,适宜于进行研究性试验。这样可以突出研究的主要方面,消除一些对试验结构实际工作情况有影响的次要因素。试验对象既可以是原型结构,也可以是模型。

近年来发展起来的足尺结构整体试验,大型实验室为之提供了比较理想的条件。

现场试验与室内试验相比由于客观环境条件的影响,使用高精度的仪器设备来进行观测受到了一定程度的限制,进行试验的方法相对比较简单,因此试验精度和准确度较差。现场试验多用于解决生产鉴定性的问题,试验通常是在生产和施工现场进行,有时研究或检验的对象就是已经使用或将要使用的结构物,可以获得近乎完全实际工作状态下的数据资料。

1.3 工程结构试验设计

1.3.1 工程结构试验的一般程序

结构试验包括结构试验设计、结构试验准备、结构试验实施和结构试验分析等主要环节。它们之间的关系如图 1.1 所示。

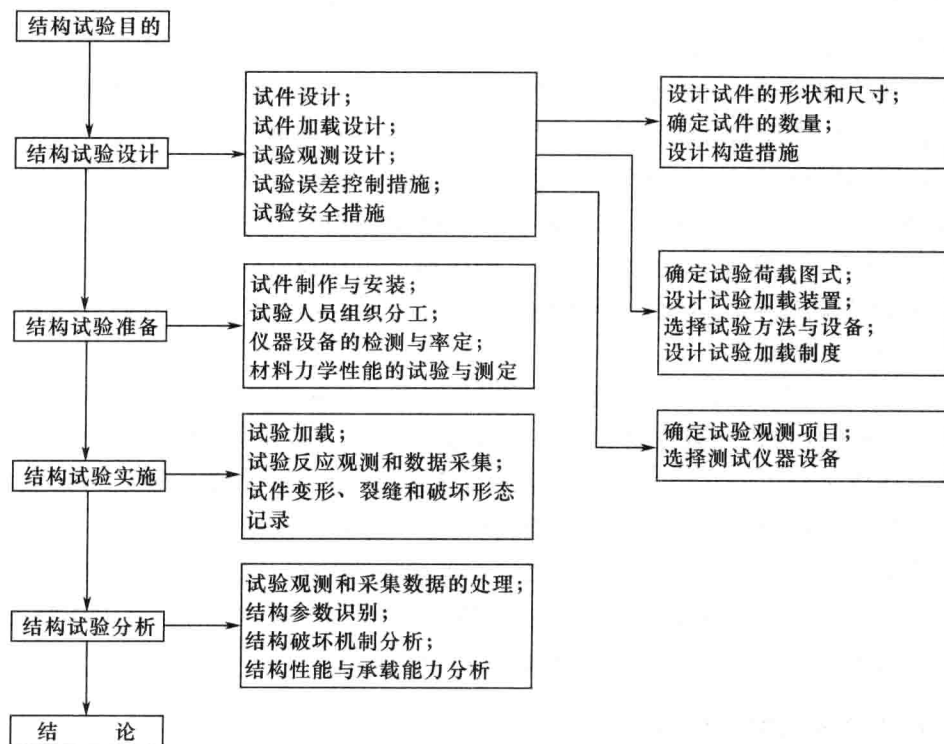


图 1.1 结构试验总框图

1.3.1.1 结构试验设计

结构试验设计在整个结构试验中最为重要,是具有全局性的一项工作。其主要内容是对试验工作进行全面的设计与规划,使设计的计划与试验大纲能对整个试验起到统管全局和具体指导的作用。

在进行结构试验的总体设计时,首先应该反复研究试验目的,充分了解本项试验的任

务要求。因为结构试验所具有的规模与所采用的试验方法都是根据试验研究的目的、任务、要求不同而变化的。试件的设计制作、加载量测方法的确定等各个环节不可单独考虑,必须对各种因素的相互联系综合考虑才能使设计结果在执行与实施中最后达到预期目的。

研究性试验的一般工作程序如图 1.2 所示,反映了试验设计的主要内容。对于研究性试验,首先应根据研究课题,了解其在国内外的发展现状和前景,并通过收集和查阅有关的文献资料,确定试验研究的目的和任务;确定试验的规模和性质,在此基础上决定试件设计的主要组合参数,并根据试验设备的能力确定试件的外形和尺寸;进行试件设计及制作;确定加载方法和设计加载系统;选定量测项目及量测方法;进行设备和仪表的率定;做好材料性能试验或其他辅助试件的试验;制订试验安全防护措施;提出试验进度计划和试验技术人员分工;提出工程材料需用计划,经费开支及预算,试验设备、仪表及附件的清单,等等。

生产鉴定性试验的设计,试件往往是某一具体结构,一般不存在试件设计和制作问题,但需要收集和研究的该试件设计的原始资料、设计计算书和施工文件等,并应对构件进行实地考察,检查结构的设计和施工质量状况,最后根据检验的目的要求制订试验计划。对既有结构物作技术鉴定时,其工作程序如图 1.3 所示。这时需要了解该结构物在使用期限内是否遭受过严重损伤以及地震、爆炸或火灾等损害,根据初步调查情况成立专门的鉴定机构,组织有关技术人员拟定试验方案和鉴定计划。

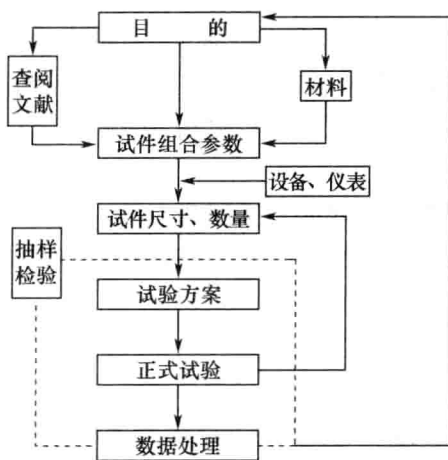


图 1.2 研究性试验工作程序

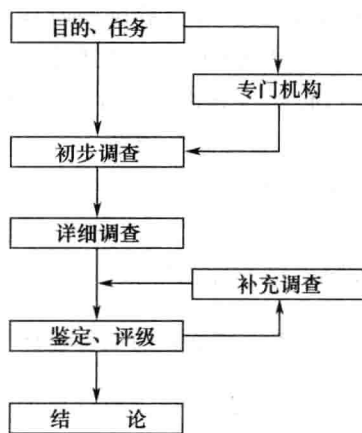


图 1.3 生产鉴定性试验工作程序

制订试验计划应具有针对性。先对试件做初步的理论计算及必要分析,有目的地设置观测点,选取相匹配的试验设备和量测仪表,并确定加载程序,等等。由于现代仪器设备和测试技术的不断发展,大量新型的加载设备和测量仪器被使用到结构试验领域,这对试验工作者又提出了新的技术要求。对新技术的知识掌握不足和操作过程中的微小疏忽,都会导致整个试验的不利后果,因此在进行试验总体设计时,要求对所使用的仪器设备性能进行综合分析,要求对试验人员事先组织学习,以利于试验工作的顺利进行。