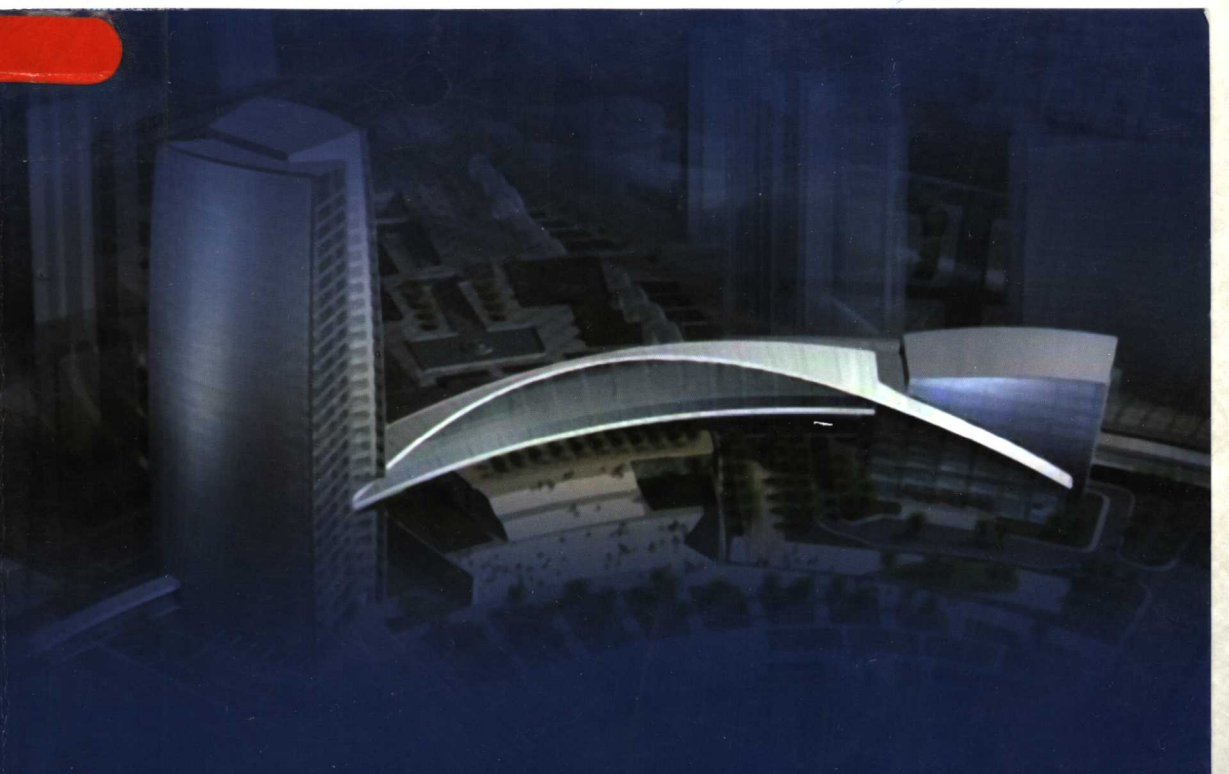




JIEGOU SHIYAN YU JIANCE

结构试验与检测

■ 主 编 王柏生
副主编 秦建堂



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

TU317/24

2007

结构试验与检测

主 编 王柏生
副主编 秦建堂



浙江大學出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

结构试验与检测 / 王柏生主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2007. 9

ISBN 978-7-308-05508-6

I. 结… II. 王… III. ①工程结构—结构试验 ②工程结构—检测 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 134490 号

结构试验与检测

王柏生 主编 秦建堂 副主编

责任编辑 王大根 张真

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州好友排版工作室

印 刷 富阳市育才印刷有限公司

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 16.5

字 数 288 千

版 印 次 2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-05508-6

定 价 25.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)880725228

前 言

结构试验与检测技术是研究工程结构新材料、新体系、新工艺、新理论、新方法以及工程结构质量鉴定、事故处理的重要手段,在结构工程学科的科学研究、技术创新与开发中起着举足轻重的作用,与结构设计、施工技术以及土木工程学科的研究和发展有着密切的关系。近年来,随着我国基本建设的蓬勃发展,结构试验与检测技术已越来越受到相关科研人员、工程技术人员的广泛关注和重视。

结构试验作为土木工程专业的一门专业技术课程,其任务是通过理论和实践的各个环节,使学生获得并掌握工程结构试验与检测方面的基本知识和基本技能,能根据设计、施工和科研任务的需要,完成一般建筑结构试验的设计与规划,并能进行试验与分析。

本教材是在参考结构试验类已出版书目的基础上,结合作者在科研和大量工程结构试验检测的工作经验编写而成。相对于同类书籍,本书在内容上更注重与现行标准规范的衔接,更注重工程建设的实际应用需要,力求介绍最新的试验理论与方法、最新的试验检测仪器与技术以及发展情况。本书除可作为本科生的结构试验课程的教材外,同时可作为研究生的参考用书,也可供有关科研人员、工程技术人员参考。

本教材由王柏生、秦建堂、王步宇、刘承斌合编,其中王柏生编写了第1、2、3、4、5章,秦建堂编写了第6、7章,王步宇参与了第4章的编写,刘承斌参与了第2章的编写,全书由王柏生负责统稿。

本书在书稿整理的过程中,得到了硕士研究生孙列、郭仁杰、徐仲杰、沈旭凯的许多帮助,在此表示衷心感谢!由于作者的水平有限,编写中难免存在错误或不妥之处,敬请专家、同行和读者批评指正。

王柏生
2007年5月

目 录

第 1 章 概 述	1
1.1 结构试验的重要性	1
1.2 结构试验的目的与任务	2
1.3 结构试验的分类	2
第 2 章 结构静载试验	8
2.1 概 述	8
2.2 结构静载试验的程序与试验准备工作	9
2.3 试验荷载与加载方案.....	13
2.4 加载方法与设备.....	17
2.5 检测方法 with 仪器.....	34
2.6 试验观测方案.....	63
2.7 研究结构抗震性能的静载试验.....	67
2.8 静载试验数据处理要点.....	78
第 3 章 结构检测技术	92
3.1 概 述.....	92
3.2 混凝土结构现场检测技术.....	92
3.3 钢结构现场检测技术	124
3.4 砌体结构现场检测技术	133
第 4 章 既有建筑的可靠性鉴定	142
4.1 概 述	142
4.2 可靠性鉴定的调查工作	143
4.3 民用建筑可靠性鉴定的评级	145

4.4	构件安全性鉴定评级	152
4.5	构件正常使用性鉴定评级	154
4.6	子单元安全性鉴定评级	155
4.7	子单元正常使用性鉴定评级	158
4.8	鉴定单元的评级	162
4.9	民用建筑可靠性评级	162
第5章	结构模型试验	164
5.1	模型试验理论基础	165
5.2	结构模型的分类	173
5.3	模型设计与制作	174
5.4	模型试验材料及制作要求	181
第6章	结构动载试验	185
6.1	概 述	185
6.2	加载方法和设备	187
6.3	振动测量系统	195
6.4	动力特性测试	213
6.5	振动量测试	222
第7章	试验数据处理基础	230
7.1	概 述	230
7.2	数据的整理与转换	231
7.3	试验误差分析	234
7.4	试验结果的表达	243
参考文献		255

第 1 章 概 述

1.1 结构试验的重要性

从科学的发展史可以知道,科学的进步和发展是与科学实验密不可分的,新的科学理论、科学假设需要通过实验进行验证。因此,科学研究促进了实验技术的发展,与此同时,实验技术的不断更新,也会带动科学的新发展。结构学科的发展也是一样,其中结构试验的作用是功不可没的。1767年由法国科学家容格密里完成的梁的试验可算是最早的结构试验,该试验在简支木梁上缘开一槽,槽的方向与梁轴垂直,并用同样大小的硬木块塞入槽内。试验证明了这种木梁的抗弯承载力丝毫不低于未开槽的木梁,因此,验证了梁受弯时并非整个断面都受拉,而是上缘受压、下缘受拉。容格密里的这个实验受到当时科学家们的高度评价,给人们指出了进一步发展结构强度计算理论的正确方向和方法,因此被誉为“路标试验”。

新中国成立以后,国家对建筑结构试验十分重视。1956年,各有关高校开始设置建筑结构试验课程,各有关研究机构 and 高等院校也开始建立建筑结构实验室。虽然当时的试验条件和技术水平无法与现在相比,但通过系统的试验研究,为制定我国自己的设计标准、施工验收标准、试验方法标准和结构可靠性鉴定标准,为我国一些重大工程结构的建设做出了贡献。改革开放以后,随着计算机技术的普及、发展,大量的研究者都热衷于研究结构数值计算分析技术与软件开发,一些设计、计算分析的实用软件被成功开发并得到广泛应用,但结构试验研究却一度不被许多研究人员所重视。随着我国城市化进程的发展、基本建设规模的不断扩大,许多工程建设项目尤其是重大工程项目对试验检测技术不断提出新的要求。而国家对防灾减灾的重视,更使结构抗震、抗风方面的试验研究显得非常重要。同时,我国对教育科技投入也不断增加,许多学者也意识到试验研究的重要性,国家启动的211建设、985计划等都加大了对实验室建设的力度,这些都促成了我国许多高校和相关研究所

加大对结构试验研究的投入,加强对结构工程相关实验室的建设,加上试验检测技术的日新月异,使得我国结构试验研究的能力与水平得到了很大的提高。

1.2 结构试验的目的与任务

结构在外荷载作用下,它就会产生各种反应。例如,钢筋混凝土简支梁在静力集中荷载作用下,可以通过测得梁在不同受力阶段的挠度、角变位、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以及结构的强度、刚度和抗裂性能。当一个框架承受水平的动力荷载作用时,同样可以从测得结构的自振频率、阻尼比、振幅(动位移)和动应变等参数,研究结构的动力特性和结构承受动力荷载作用下的动力反应。近年来,在结构抗震研究中,经常是通过结构在承受低周反复荷载作用下,由试验所得的反应力与变形关系的滞回曲线为分析抗震结构的强度、刚度、延性、刚度退化和变形能力等提供数据资料。

由此可见,“结构试验”这门科学的任务就是在结构物或试验对象(实物或模型)上,以仪器设备为工具、各种实验技术为手段,在荷载(重力、机械扰动力、地震力、风力……)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……),从强度(稳定)、刚度和抗裂性以及结构实际破坏形态来判断建筑结构的实际工作性能,评估结构的承载能力,确定结构对使用要求的符合程度,检验和发展结构的计算理论。

由结构试验的任务可知,它是以实验方式测定有关数据,由此反映结构或构件的工作性能、承载能力和相应的安全性能,为结构的安全使用和设计理论的发展提供重要的依据。

1.3 结构试验的分类

1.3.1 按试验目的分类

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。

1. 科学研究性试验

科学研究性试验具有研究、探索和开发的性质。其目的在于验证结构设计的某一理论,或验证各种科学的判断、推理、假设及概念的正确性,或者是为了验证某种新材料结构或新型结构体系的可靠性及其计算理论的建立,而进行的有系统的试验研究。

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,更多的是经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。因而,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实验室进行,需要使用专门的加载设备和数据测试系统,以便对试件的变形性能等反应作连续的观察、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作出某些简化的假定。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,为了理论和设计方法的发展,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以及实体结构物的试验研究,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。事实上现行规范采用的钢筋混凝土结构构件和砌体结构的计算理论,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,纤维混凝土材料、节能建筑材料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施工等。但是一种新材料的应用,一个新结构的设计和新工艺的应用,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,由认识到实践的多次反复,从而积累资料,丰富认识,使设计计算理论不断改进和不断完善。

2. 生产鉴定性试验

生产鉴定性试验是非探索性的。一般是在比较成熟的设计理论基础上进行。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,并对检验结果作出技术结论。

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。

(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。例如,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、特种桥梁、高耸桅杆和焊接构件等)均应进行严格的质量检验。检验性试验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。当结构物由于使用功能发生了变化,原有结构物需要加固、改造时(如厂房、桥梁等)往往需要通过试验实测及分析,从而确定原有结构物的实际潜力。

(4)检验和鉴定已建结构物的可靠性。这类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。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。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。

工程结构试验除了上述按试验目的分为生产鉴定性试验和研究性试验以外,还经常以试验对象、荷载性质、试验场合、试验时间等不同因素进行分类。现简述如下。

1.3.2 按试验对象分类

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。

对于实际结构试验一般均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、楼盖承载能力试验以及桥梁在移动荷载下的动力特性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此类。在原型试验中,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的对象就是一根梁、一块板或一榀屋架之类的实物构件,它可以在试验室内试验,也可以在现场进行。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,因为通过对这类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了解。

2. 模型试验

由于进行原型结构试验投资大、周期长、测量精度受环境因素等影响,在经济上或技术上存在一定困难。因此,人们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)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。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),使模型受力后重演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。为此,这类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。目前在试验室内进行的大量结构试验均属于这一类。

1.3.3 按荷载性质分类

1. 静力试验

静力试验是结构试验中最大量最常见的基本试验,因为大部分建筑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和满足加载要求。静力试验的基本特征是加载速率低,以至于不必考虑其影响,其加载过程是从零开始逐步递增,一直到结构破坏为止,也就是在一个不长的时间段内完成试验加载的全过程,我们称它为结构静力单调加载试验。

近年来,由于探索结构抗震性能,结构抗震试验无疑成为一种重要的手段。结构抗震静力试验是以静力的方式模拟地震作用的试验,它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荷载,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。亦有称之为伪静力试验,目前国内外结构抗震试验较多集中在这一方面。

静力试验的最大优点是加载设备相对来说比较简单,荷载可以逐步施加,还可以停下来仔细观测结构变形的发展,给人们以最明确和清晰的破坏概念。在实际工作中,即使是承受动力荷载的结构在试验过程中为了了解静力荷载下的工作特性,在动力试验之前往往也先进行静力试验,如结构构件的疲劳试验就是这样。静力试验的缺点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,在抗震静力试验中虽然发展一种计算机与加载器联机试验系统,可以弥补后一种缺点,但设备耗资大大增加,而且静力试验的每个加载周期还是远远大于实际结构的基本周期。

2. 动力试验

对于那些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。如研究厂房结构承受吊车及动力设备作用下的动力特性,吊车梁的疲劳强度与疲劳寿命问题,多层厂房由于机器设备上楼后所产生的振动影响,又如高层建筑和高耸构筑物(塔桅、烟囱)等在风载作用下的动力问题,结构抗爆炸抗冲击荷载(冲击波)的影响等。特别是结构抗震性能的研究中除了用上述静力加载模拟以外,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来进行。对于现场或野外的动力试验,利用环境随机振动试验测定结构动力特性模态参数也日益增多。另外,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,并且要比静力试验复杂得多。

1.3.4 按试验时间分类

按试验时间可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上荷载是长期作用的。但是在进行结构试验时限于试验条件、时间和基于解决问题的步骤,我们不得不大量采用短期荷载试验,即荷载从零开始施加到最后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。对于承受动荷载的结构,即使是结构的疲劳试验,则整个加载过程也仅在几天内完成,与实际工作有一定差别。对于爆炸、地震等特殊荷载作用时,整个试验加载过程只有几秒甚至是微秒或毫秒,这种试验实际上是一种瞬态的冲击试验。所以严格地讲,这种短期荷载试验不能代替长年累月进行的长期荷载试验。这种由于具体客观因素或技术的限制所产生的影响,我们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要进行静力荷载的长期试验。这种长期荷载试验也可称为持久试验,它将连续进行几个月或甚至于数年,通过试验以获得结构的变形随时间变化的规律。为

了保证试验的精度,经常需要对试验环境进行严格的控制,如保持恒温恒湿、防止振动影响等,当然这就必须在试验室内进行。如果能在现场对实际工作中的结构物进行系统长期的观测,则这样积累和获得的数据资料对于研究结构的实际工作,进一步完善和发展工程结构的理论都具有极为重要的意义。

1.3.5 按试验场合分类

工程结构和构件的试验可以在有专门设备的试验室内进行,也可以在现场进行试验。

试验室试验由于可以获得良好的工作条件,可以应用精密和灵敏的仪器设备进行试验,具有较高的准确度,甚至可以人为地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,所以适宜于进行研究性试验。这样有可能突出研究的主要方面,而消除一些对试验结构实际工作有影响的次要因素。这种试验可以在原型结构上进行,也可以采用模型试验,并可以将结构一直试验到破坏。尤其近年来发展足尺结构的整体试验,大型试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进行观测受到了一定的限制,相对来看,进行试验的方法也比较简单,所以试验精度和准确度较差。现场试验多数用以解决生产鉴定性的问题,所以试验是在生产和施工现场进行的,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,它可以获得近乎完全实际工作状态下的数据资料。

第2章 结构静载试验

2.1 概 述

工程结构在其服役期间要承受各种各样的作用,如:重力荷载、地震作用、风荷载等等,这些作用可以分为直接作用和间接作用。直接作用通常也称为荷载,主要是结构的自重和作用在结构上的外力;其他引起结构外加变形和约束变形的原因有:地震、温度变化、地基不均匀沉降、其他环境影响以及结构内部的物理、化学作用等,称为间接作用。直接作用即荷载可分为静荷载和动荷载两类,严格地说,结构受到的荷载,静是相对的,而动是绝对的。在静荷载作用下,结构的反应不随时间推移产生明显变化,当结构不产生加速度反应或产生的加速度反应很小时可以忽略;而在动荷载作用下,结构的反应呈现随时间推移产生明显变化的特点,使结构产生不可忽略的加速度反应。

结构的主要职能是承受荷载,因此,研究结构在荷载作用下的工作性能是结构试验与分析的主要目的。由于结构承受的荷载中静荷载占主导作用,而且,在结构设计中,为简化计算,一般将动荷载等效折算成静荷载考虑,因此,静荷载作用下的结构性能是工程人员最关心的问题。于是,静荷载试验就成为最常见的结构试验,例如,对结构强度、刚度、稳定性进行的试验研究,通常采用静载试验。当然,静载试验相对动载试验来说,技术与设备都比较简单,容易实现,这也是静载试验经常被应用的原因。

结构静载试验,就是通过对结构构件施加静荷载,并采用各种检测方法和手段,对结构的各种反应(如:位移、应变、裂缝等)进行观测和分析,以得到对结构构件强度、刚度、稳定性的正确评估,从而了解结构的工作性能、正常使用性能和承载能力。

根据试验时间的长短,结构静载试验可以分为短期试验和长期试验。一般情况下,结构静载试验在较短时间(数天)内可以完成,这些试验称为短期试验。但在需要了解结构的长期性能(如:混凝土徐变、收缩、预应力筋松弛等)

时,结构静载试验需要持续很长时间(数月或更长),这些试验称为长期试验,通过长期荷载试验可以获得结构变形等随时间变化的规律。

还有一种特殊的静载试验,是研究结构抗震性能的试验,包括伪静力试验和拟动力试验,虽然是研究抗震性能,所用的加载设备、加载方法基本属于静载的范畴,所以仍称其为静载试验,其试验结果可为结构抗震动力分析提供依据。因此,结构静载试验方法是结构试验的基本方法,也是结构试验的基础。

结构静载试验的项目多种多样,由于试验目的的不同,试验内容也不一样。本章主要讨论结构静载试验的原理、程序、内容和方法,包括低周反复荷载作用与拟动力荷载作用的抗震性能试验,也包括现场的结构试验检测。

2.2 结构静载试验的程序与试验准备工作

结构静载试验的程序大致可以分为三个阶段:第一阶段是试验前的准备,第二阶段是正式试验,第三阶段是数据整理与分析。试验准备阶段又可以进一步分成7个步骤:调查研究与收集资料、试验大纲或方案制订、试件设计与制作、材料力学性能测定、试验设备与试验场地的准备、试件准备与安装就位和加载设备和测量仪器仪表的安装。正式试验阶段则可分成3个步骤:试验预加载、正式试验加载与观测和卸载并观测。数据整理与分析包括:原始数据整理、计算分析和报告编写三个步骤。

2.2.1 调查研究、收集资料

要进行一项静荷载试验,首先要了解试验要求、明确试验目的和任务,确定试验的性质与规模,试验的形式、数量和种类,以便正确地规划和设计试验,要达到这一目的,进行调查研究、收集资料是必不可少的。

对科学研究性试验,调查研究主要是面向有关科研单位和情报部门以及必要的设计与施工单位,收集与本试验相关的历史,即以前是否已做过类似试验,其试验的方法、数据资料;了解有关的现状,即已有的理论、假设、设计与施工技术水平、技术状况等;还应掌握将来的发展趋势,包括生产、生活和科学技术的发展趋势与要求等。

对生产服务性试验,在接受委托后,要向有关设计、施工、监理和使用单位相关人员进行调查,收集试验对象的设计资料包括计图纸、设计荷载、勘探资料等;施工资料包括施工日志、检测资料、监理资料、隐蔽工程验收记录等;实际使用情况包括使用环境、是否超载、损伤或灾害、试件目前的实际情况等。

2.2.2 试验大纲或方案的制订

进行一项静荷载试验往往是比较复杂的,它可能牵涉到:试件设计与制作、加载设备、加载方法、观测仪器、观测方法、安全措施等等。为了保证试验能有条不紊的进行,并能成功的取得预期的试验效果,在调查研究的基础上,制订一个试验大纲或方案是十分必要的。试验大纲一般包含以下内容:

(1)概述,主要介绍试验背景、目的、任务与要求等,并简要介绍调查研究的情况,必要时还应介绍试验所依据的有关标准、规范等。

(2)试件情况,主要介绍所收集的有关试件的技术资料以及目前试件的实际情况,包括试件尺寸、构造、相关的材料参数等。若试件是专为试验设计的,应介绍试件设计的依据及理论分析与计算,试件的规格和数量,制作施工图以及对材料、施工工艺的要求等。

(3)试件安装与就位,包括:就位形式(正位、反位,还是卧位)、支承装置、边界条件模拟、侧向稳定的措施、安装就位的方法和用具等。

(4)试验荷载与加载方案,主要介绍最大试验荷载、荷载分级、荷载布置、加载设备选取和布置等。

(5)试验观测方案,主要介绍观测项目内容、测点布置、仪器仪表的选择、标定、观测方法与顺序、相关的补偿措施等。

(6)辅助试验,一般的研究性结构试验,往往需要做一些辅助性试验,主要是材料力学性能试验、探索性小模型、小试件、节点试验等。在大纲中应列出辅助性试验的内容、种类、试验目的和要求、试件数量、尺寸、制作要求以及试验方法等。

(7)安全措施,应介绍人身、试件和仪器设备等的安全防护措施。

(8)试验计划,试验时间进度安排。

(9)人员组织管理,一个静荷载试验,尤其是大型复杂的试验,参加人员众多,牵涉面广,需要严密组织、严格管理。主要包括技术资料、原始记录管理、人员组织与分工、任务落实、工作检查、指挥调度、必要时的技术培训等,对野外现场的试验任务,还包括交通运输、水电安排等。

(10)附录,包括所有仪器、设备、器材清单、数据记录表格、仪器仪表的标定结果报告等。

2.2.3 试件准备

试验的对象,也称试件,对生产服务性试验一般是实际工程中的结构或构件,而对科学研究性试验,也可以根据试验要求专门设计制作,因此可能是经

过这样或那样的简化,当然也可以是模型,或者是结构的局部(如节点或杆件)。

试件的设计与制作应根据试验目的与有关理论,并按照试验大纲的规定进行,还要考虑试件安装、就位、加载、量测的需要,在试件上作必要的构造处理,如钢筋混凝土试件支撑点预埋钢垫板、局部截面设置加强分布筋等。还有,平面结构侧向支撑点的配件设置、倾斜加载面上设置突肩以及吊环等,都不能遗漏。

试件的制作工艺,必须严格按照相应的施工规范进行,按要求制备材料力学性能试验的试件,并及时编号。尤其是混凝土试件,由于其水泥、沙石料差异性很大,其配比应认真设计,必要时需进行试配。另外,其养护也不能掉以轻心,力学性能试验用的试块要求与试件同条件养护。

不管是科学研究性试验还是生产服务性试验,在试验前均应对试件作详细的检查,对比设计图纸,测量各部分实际尺寸,检查构造情况、施工质量、存在的缺陷(如混凝土的蜂窝麻面、裂缝、木材的疵病、钢结构的焊缝缺陷、锈蚀等)、结构变形、安装误差等。必要时,钢筋混凝土还应检查钢筋位置、保护层厚度和钢筋锈蚀情况等。这些情况可能对试验结果产生重要影响,必须详细记录并存档。

在检查考察后,必要时对试件进行表面处理,如除去或修补一些有碍试验观测的缺陷,钢筋混凝土表面应刷白,以便观测裂缝,并划分区格,便于荷载、测点的准确定位,并记录裂缝发生和发展过程以及描述试件的破坏形态,观测裂缝的区格根据试件的大小可取10~30cm。

2.2.4 材料力学性能试验

结构材料的力学性能指标,直接对结构性能产生影响,是结构计算分析的重要依据,也是结构试验设计、试验数据分析的重要依据,会影响到结构承载能力、工作状况的判断和评估。因此,在正式试验前进行材料力学性能试验测定是非常重要的。

需要测定的力学性能项目,通常有强度、变形性能、弹性模量、泊松比、应力一应变关系等。

测定方法有直接测定法和间接测定法两种。直接测定法是通过制作结构构件时留有的小试件按相关规范标准进行测定。相关的材料试验检测技术规范主要有:

《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T50081),

《钢及钢制品力学性能试验取样位置及试样制备》(GB/T2975),