

结构试验基础教程

宋 戡 李丽娟 张贵文 狄生奎 编著

土木工程专业教程

甘肃民族出版社

土木工程专业教材

结构试验基础教程

宋 彧 李丽娟 张贵文 狄生奎 编著

甘肃民族出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

结构试验基础教程/宋或等编著. —兰州: 甘肃民族出版社, 2001
ISBN 7-5421-0778-X

I. 结… II. 宋… III. 建筑结构—结构试验—高等学校—教材 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 02251 号

结构试验基础教程

宋 或 李丽娟 编著
张贵文 狄生奎

甘肃民族出版社出版发行

(730000 兰州市滨河东路 296 号)

兰州中正印刷有限责任公司印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 8.25 字数 200 千

2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1—1,000

ISBN 7-5421-0778-X/G·110 定价: 20.00 元

前 言

结构试验是土木工程专业的一门专业技术基础课。本课程的任务是通过理论和实践教学环节,使学生获得结构试验技术的基础知识和基本技能,掌握试验组织的一般程序,并得到初步的训练和实践。

本教材编写的指导思想是突出“双基”教学内容,优化知识模块结构,不但要重视培养学生的试验技术能力,而且也要重视培养学生的试验组织能力和试验结果的表达能力。

全书的前六章为结构试验理论基础部分,首先对结构试验的概念作了比较全面的介绍;其次引进 PDCA 循环概念,新增了结构试验组织计划的内容;接着介绍了试验荷载技术、试验测试技术和模型设计的基础知识;最后介绍了数据处理常识,并增加了写作格式的新内容。第七章是科研试验示例。

本教材由甘肃工业大学宋 戡负责主编,第五章由广东工业大学李丽娟编写,第七章由甘肃工业大学狄生奎编写,第一、二、三、四、六章由宋 戡和甘肃工业大学张贵文合作完成。全书反映了两高校在建筑结构试验教学研究中的成果。

在编写过程中,刘翠兰教授、杜永峰教授、周茗如副教授、孙玉萍副教授以及周维国高级工程师给予了帮助和支持;部分工作得到了广东省自然科学基金的资助;全书 15 万汉字的录入工作由甘肃定西第一职业中学卢慧萍同学完成,在此一并致谢!

由于编者业务水平有限,编写中必有漏误之处,敬希专家同行和广大读者批评指正。

编 者

2000. 10.

目 录

第一章 结构试验概论	(1)
第一节 结构试验的任务	(1)
第二节 结构试验的作用	(1)
第三节 结构试验的分类	(3)
第四节 结构试验的发展	(7)
第二章 结构试验组织计划	(8)
第一节 结构试验组织计划理论概述	(8)
第二节 试验前期工作方案设计	(12)
第三节 试验构件方案设计	(13)
第四节 试验荷载方案设计	(18)
第五节 试验观测方案设计	(30)
第六节 结构试验与材料力学性能的关系	(32)
第七节 试验大纲及其它文件	(33)
第三章 结构试验荷载	(35)
第一节 概述	(35)
第二节 重力荷载	(36)
第三节 机械力荷载	(37)
第四节 液压荷载	(38)
第五节 惯性力荷载	(43)
第六节 气压荷载	(45)
第七节 电磁荷载	(46)
第八节 人力激振荷载	(48)
第九节 荷载反力设备	(48)
第四章 结构试验测试技术	(54)
第一节 概述	(54)
第二节 电阻应变片	(55)
第三节 应变测量	(58)
第四节 常用传感设备	(64)
第五节 试验记录方法	(71)
第六节 结构现场测试技术	(74)

第五章 结构试验模型设计基础 (87)

第一节 概述 (87)

第二节 相似概念 (88)

第三节 相似原理 (89)

第四节 量纲分析 (91)

第五节 模型设计 (94)

第六章 结构试验数据处理基础 (98)

第一节 数据整理和换算 (98)

第二节 数据整理和换算 (98)

第三节 数据误差分析 (99)

第四节 数据的表达 (106)

第五节 结构试验期刊论文写作格式 (113)

第七章 结构试验科研示例 (116)

试验一 钢筋混凝土连续梁调幅限值的试验研究 (116)

试验二 框筒结构动力分析方法的模型试验研究 (120)

试验三 砖砌体伺服加载器周期性动力加载试验研究 (123)

第一章 结构试验概论

第一节 结构试验的任务

《结构试验基础教程》是土木工程专业的一门专业技术基础课。其研究对象是建设工程的结构物。这门学科的任务是在试验研究对象上应用科学的试验组织程序,使用仪器设备为工具,利用各种实验为手段,在荷载或其它因素作用下,通过量测与结构工作性能有关的各种参数,从强度、刚度和抗裂性以及结构实际破坏形态来判明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。例如:

(1) 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、挠度和抗裂性能。

(2) 当一个框架承受水平的动力荷载作用时,同样可以测得结构的自振频率、阻尼系数、振幅和动应变等参量,来研究结构的动力特性和结构承受动力荷载的动力反应。

(3) 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、变形能力等提供数据资料。

所以,结构试验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度,为结构的安全使用和设计理论的建立提供重要根据的学科。

第二节 结构试验的作用

一、结构试验是发展结构理论的重要途径

17 世纪初期伽里略(1564 年-1642 年)首先研究材料的强度问题,提出许多正确理论,但在 1638 年出版的著作中,也错误地认为受弯梁的断面应力分布是均匀受拉。过了 46 年,法国物理学家马里奥脱和德国数学家兼哲学家莱布尼兹对这个假定提出了修正,认为其应力分布不是均匀的,而是按三角形分布的。后来虎克和伯努里又建立了平面假定。1713 年法国人巴朗进一步提出中和层的理论,认为受弯梁断面上的应力分布以中和层为界,一边受拉,另一边受压。由于当时无法验证,巴朗的理论不过只是一个假设而已,受弯梁断面上存在压应力的理论仍未被人们接受。

1767 年法国科学家容格密里首先用简单的试验方法,令人信服地证明了断面上压应力的存在。他在一根简支梁的跨中,沿上缘受压区开槽,槽的方向与梁轴垂直,槽内塞入硬木垫块。试验证明,这种梁的承载能力丝毫不低于整体的未开槽的木梁。这说明只有上缘受压力,才可能有这样的结果。当时,科学家们对容格密里的这个试验给予极高的评价,誉为“路标试验”,因为它总结了人们 100 多年来的摸索,像十字路口的路标一样,

为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。

1821 年法国科学院院士拿维叶从理论上推导了现在材料力学中受弯构件断面应力分布的计算公式, 又经过了 20 多年后, 才由法国科学院另一位院士阿莫列恩用实验的方法验证这个公式。

人类对这个问题经历了 200 多年的不断探索, 至此才告一段落。从这段漫长的历程中可以看到, 不仅对于验证理论, 而且在选择正确的研究方法上, 试验技术起了重要作用。

二、结构试验是发现结构设计问题的主要手段

人们对于框架矩形截面柱和圆形截面柱的受力特性认识较早, 在工程设计中应用最广。建筑设计技术发展到了 20 世纪 80 年代, 为了满足人们对建筑空间的使用需要, 出现了异形截面柱, 如“T”型、“L”型和“+”型截面柱。在未做试验研究之前, 设计者认为, 矩形截面柱和异形截面柱在受力特性方面没有区别, 其区别就在于截面形状不同, 因而误认为柱子的受力特性与柱截面形式无关。试验证明, 柱子的受力特性与柱子截面的形状有很大关系, 矩形截面柱的破坏特征属拉压型破坏, 异形截面柱破坏特征属剪切型破坏; 所以, 异型截面柱和矩形截面柱在受力性能方面有本质的区别。

钢筋砼剪力撑结构的设计技术已经被人们所掌握, 这种新结构的设计思想源于三角形的稳定性, 是框架和桁架相互结合的产物。设计者试想把框架的矩形结构通过加斜撑的方式分隔成若干个三角形。最初, 有人把这种结构形式叫做框桁结构, 设计者第一樁试验研究的结构简图见图 1-1。

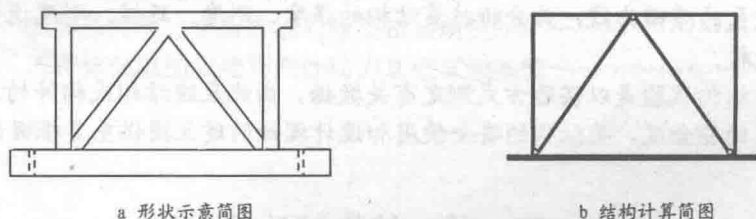


图 1-1 钢筋砼剪力撑结构雏形示意图

从计算理论的角度看, 这种结构是合理的、可行的, 但经过试验研究, 才发现图 1-1 的结构形式是失败的, 因为斜撑的拉杆几乎不起作用, 不能抵消压杆的竖向分力, 整个结构由于两斜撑交点处的框架梁首先出现塑性角而破坏。在试验研究的基础上, 经过多次改进, 才形成了图 1-2 的结构形式。

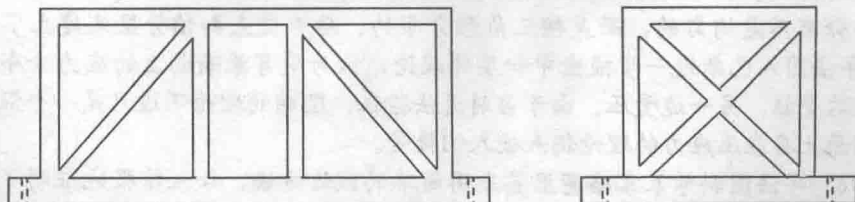


图 1-2 钢筋砼剪力撑结构设计示意图

笼式建筑结构是 20 世纪 90 年代末出现的一种能够减小地震作用的结构形式, 因地震作用的大小与建筑结构平面刚度的大小相关, 即建筑结构的平面刚度越大, 地震对建筑物

的影响也越大,反之则越小。所以,设计者以住宅建筑属小开间建筑这一特点入手,将普通框架结构的大截面梁柱,改变成数量较多的小截面梁柱,并将小梁小柱沿墙的长度方向和高度方向密布,使房间就像笼子一样。将该结构做成 1:3 的模型,经试验发现,模型的底层有数量不多的斜裂缝,5 层~8 层几乎没有破坏,顶层墙面有几条斜裂缝,第 2 层下部砼局部被压碎,钢筋屈曲,破坏程度最严重,第 3 层下部破坏程度次之。所以,就结构破坏特征而言,笼式建筑结构与普通建筑结构有差异。

钢管砼结构的梁柱连接方式有焊接连接和螺栓连接两大类数十余种具体形式,究竟哪一种最优也必须通过试验研究才能确定。

三、结构试验是验证结构理论的唯一方法

从最简单的结构受弯杆件截面应力分布的平截面假定理论、弹性力学平面应力问题中应力集中现象的计算理论到比较复杂的结构平面分析理论和结构空间分析理论,都可以通过试验方法来加以证实。

四、结构试验是建筑结构质量鉴定的直接方式

对于已建的结构工程,不论是某一具体的结构构件还是结构整体,也不论进行质量鉴定的目的如何,所采用的直接方式仍是结构试验。

五、结构试验是制定各类技术规范和技术标准的基础

为了土木建筑技术能够得到健康的发展,需要制定一系列技术规范和技术标准,土木界所用的各类技术规范和技术标准都离不开结构试验成果。

我国现行的各种结构设计规范除了总结已有的大量科学实验的成果和经验以外,为了理论和设计方法的发展,进行了大量钢筋混凝土结构、砖石结构和钢结构的梁、柱、框架、节点、墙板、砌体等实物和缩尺模型的试验,以及实体建筑物的试验研究,为我国编制各种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砖石结构的计算理论,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和改进设计方法上的作用。

六、结构试验是自身发展的需要

从加荷技术发展的历史过程看,重物加载→机械加载→电磁加载→液压加载→伺服加载;从测试技术发展的历史过程看,直尺测试→机械测试→电子测试→计算机智能测试技术,都是结构试验自身发展的产物。

第三节 结构试验的分类

结构试验按试验目的、荷载性质、试验对象、试验周期、试验场合等因素进行分类。

一、生产性试验和科研性试验

1. 生产性试验

这类试验经常是具有直接的生产目的,它是以实际建筑物或结构构件为试验对象,经过试验对具体结构作出正确的技术结论。这类试验经常用来解决以下有关问题。

(1)鉴定结构设计和施工的质量可靠程度。对于一些比较重要的结构与工程,除在设计阶段进行必要而大量的试验研究外,在实际结构建成以后,要求通过试验综合性地鉴定其质量的可靠程度。

(2)为工程改建或加固判断结构的实际承载能力。对于旧有建筑的扩建加层或进行加固,在单凭理论计算不能得到分析结论时,经常需通过试验来确定这些结构的潜在能力,这对于缺乏旧有结构的设计计算与图纸资料时,在要求改变结构工作条件的情况下更有必要。

(3)为处理工程事故提供技术根据。对于遭受地震、火灾、爆炸等原因而受损的结构,或者在建造和使用过程中发现有严重缺陷的危险性建筑,也往往有必要进行详细的检验。唐山地震后,为对北京农业展览馆主体结构加固的需要,通过环境随机振动试验,采用传递函数谱进行结构模态分析,并通过振动分析获得该结构模态参数。

(4)检验结构可靠性、估算结构剩余寿命。已建结构随着建造年份和使用时间的增长,结构物逐渐出现不同程度的老化现象,有的已到了老龄期、退化期和更换期,有的则到危险期。为了保证已建建筑的安全使用,尽可能地延长它的使用寿命和防止建筑物破坏、倒塌等重大事故的发生,国内外对建筑物的使用寿命,特别是对使用寿命中的剩余期限,即剩余寿命特别关注。通过对已建建筑进行观察、检测和分析普查后,按可靠性鉴定规程评定结构所属的安全等级,由此推断其可靠性和估计其剩余寿命。可靠性鉴定大多数采用非破损检测的试验方法。

(5)鉴定预制构件的质量。对于在构件厂或现场成批生产的钢筋混凝土预制构件,在构件出厂或现场安装之前,必须根据科学抽样试验的原则,按照预制构件质量检验评定标准和试验规程的要求,通过少量试件的试验,推断成批产品的质量。

2. 科研性试验

科学研究性试验的目的在于:①验证结构设计计算的各种假定;②制定各种设计规范;③发展新设计理论;④改进设计计算方法;⑤为发展和推广新结构、新材料及新工艺提供理论与实践的经验。

(1)验证结构设计计算的各种假定。结构设计中,人们经常为了计算上的方便,对结构计算图式和本构关系作某些简化。构件静力和动力分析中的本构关系的模型化,则完全是通过试验加以确定的。

(2)为发展和推广新结构新材料与新工艺提供实践经验。随着建筑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钢种的应用,薄壁弯曲轻型钢结构的设计,升板、滑模施工工艺的发展,以及大跨度结构、高层建筑与特种结构的设计施工等。但是一种新生材料的应用,一个新结构的设计和新工艺的施工,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,使设计计算理论不断改进和完善。

二、静力试验和动力试验

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,因为大部分土木工程的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。静力试验分为结构静力单调加载试验和结构低周反复静力加载试验两种；结构静力单调加载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，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。

为了探索结构抗震性能，常采用结构抗震静力试验的方式来模拟地震作用的动力试验，它是一种控制荷载或控制变形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，也叫伪静力试验，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讲比较简单，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、最清晰的破坏概念。在实际工作中，对于承受动力荷载的结构，人们为了了解结构在试验过程中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，结构抗震试验中虽然有计算机与加载器联机试验系统，可以弥补后一种缺点，但设备耗资较大，而且加载周期还是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，为了研究结构在施加动力荷载作用下的工作性能，一般要进行结构动力试验。如研究厂房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，高层建筑和高耸构筑物在风载作用下的动力问题，结构抗爆炸、抗冲击问题等，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试验有很大的差别，并且要比静力试验复杂得多。

三、真型试验、模型试验以及小构件试验

1. 真型试验

真型试验的试验对象是实际结构或者是按实物结构足尺复制的结构或构件。

对于实物试验一般均用于生产性试验，例如秦山核电站安全壳加压整体性的试验就是一种非破坏性的现场试验。对于工业厂房结构的刚度试验、楼盖承载能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此类。

在真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，事实上试验对象就是一根梁、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等进行全面观测了解。从 1973 年起，我国各地先后进行的装配整体式框架结构、钢筋混凝土大板结构、砖石结构、中型砌块结构、框架轻板结构等不同开间不同层高的足尺结构试验有 10 多例，其中 1979 年夏季，在上海进行的五层硅酸盐

砌块房屋的抗震破坏试验中,通过液压同步加载器加载,在国内足尺结构现场试验中第一次比较理想地测得结构物在低周重复力作用下的特性曲线。在甘肃进行了足尺砌体结构现场爆破震动试验,取得了良好的试验成果。

2. 模型试验

进行真型结构试验由于投资大、周期长、测量精度受环境因素影响,在物质上或技术上存在某些困难时,人们在结构设计的方案阶段进行初步探索或对设计理论计算方法进行探讨研究时,可以采用比真型结构缩小的模型进行试验。

模型是仿照真型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,但尺寸却比真型小得多的缩尺结构。

模型的设计制作与试验是根据相似理论,用适当的比例尺和相似材料制成的与真型几何相似的试验对象,在模型上施加相似力系使模型受力后重演真型结构的实际工作,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等等。

3. 小构件试验

小构件试验是结构试验常用的研究形式之一,它有别于模型试验。采用小构件进行试验,不依靠相似理论,无须考虑相似比例对试验结果的影响,即试验不要求满足严格的相似条件,只是用试验结果与理论计算进行对比校核的方式来研究结构的性能,验证设计假定与计算方法的正确性,并认为这些结果所证实的一般规律与计算理论可以推广到实际结构中去。

四、短期荷载试验和长期荷载试验

1. 短期荷载试验

对于主要承受静力荷载的结构构件实际上荷载经常是长期作用的。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,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级的时速,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。

2. 长期荷载试验

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以称为持久试验,它将连续进行几个月或几年时间,通过试验以获得结构变形随时间变化的规律。

五、试验室试验和现场试验

1. 实验室试验

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。

试验室试验由于具备良好的工作条件,可以应用精密和灵敏的仪器设备,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向,而消除一些对试验结构实际工作有影响的次要因素。

2. 现场试验

现场试验与室内试验相比,由于客观环境条件的影响,不宜使用高精度的仪器设备来进行观测,相对来看,进行试验的方法也可能比较简单粗率,所以试验精度较差。现场试验多数用以解决生产性的问题,所以大量的试验是在生产和施工现场进行,有时研究的对象是已经使用或将要使用的结构物,现场试验也可获得实际工作状态下的数据资料。

第四节 结构试验的发展

1949年前,我国处于半封建半殖民地社会,根本没有这门学科。1949年后,结构试验和其它科学一样,获得了迅速的发展。现在,我国已建立了一批各种规模的结构试验室,拥有一支实力雄厚的专业技术队伍,并积累了丰富的试验技术经验。

例如在1953年,对长春市25.3米高的酒杯形输电铁塔的原型试验,是我国第一次规模较大的结构试验。试验时,垂直荷载用吊盘施放铁块,水平荷载用人工绞车施加。当时国内尚无电测仪器,用手持式引伸仪及杠杆引伸仪测量应变,用经纬仪观测水平变形。

1956年,各有关大学开始设置结构试验课程,各建筑科学研究机构和高等学校也开始建立结构试验室,同时也开始生产一些测试仪器和设备。

1957年,对武汉长江大桥进行了静力和动力试验,这是我国桥梁建筑史上第一次正规化验收工作。

1959年,北京车站建造时,对中央大厅的35米×35米双曲薄壳进行了静力试验。

1973年,对上海体育馆和南京五台山体育馆进行了网架模型试验。在此之后,在北京、昆明、南宁、兰州等地先后进行了十余次规模较大的足尺结构抗震试验。

1977年,我国制定了“建筑结构测试技术的研究”的八年规划,为使测试技术达到现代化水平奠定了良好的基础。

现在,全国各地进行的各种类型的结构试验,日益增多,枚不胜数。

此外,大型结构试验机、模拟地震台、大型起振机、高精度传感器、电液伺服控制加荷系统、信号自动采集系统等各种仪器设备和测试技术的研制,以及大型试验台座的建立,标志着我国结构试验达到一个新的水平。

目前,随着智能仪器的出现,计算机和终端设备的广泛使用,各种试验设备自动化水平的提高,将为结构试验开辟新的广阔前景。

第二章 结构试验组织计划

第一节 结构试验组织计划理论概述

一、结构试验组织计划的意义

1. 结构试验组织计划是组织工作的需要

组织就是对某一项劳动任务从计划到完成进行的全过程、全方位的统筹,比如组织一次报告会,或组织一项试验等等。计划工作是组织工作最关键的一个环节,要完整地完一项劳动任务,首先应该就该项劳动任务进行一番思考或计划,比如弄清楚任务的来源和目的,搞明白任务的目标和要求,以及影响因素等问题,然后才能决定怎么干。劳动任务不论大小都是如此。事先没有计划的行动是盲目的行动,盲目的行动结果只能是失败或事倍功半,所以计划是组织工作的需要。

2. 结构试验组织计划是结构试验特点的要求

(1)结构试验没有固定的模式。结构试验不像建筑材料实验,有规范化的仪器仪表,有规范化的实验程序和要求,实验工作从头到尾都是标准化的,结构试验的个别性很强,一个试验和另一个试验的组织内容不可能完全一样。

(2)结构试验耗资较大。结构试验试件的设计要求比较特殊,施工成本较高,实验设备数量多、品种多,试验人员数量多,易耗品数量大、费用高,测点数量多、品种也多,使实验组织工作的难度较大、成本高。试验一旦失败,其损失难以挽回,即结构试验的重复性差。

(3)结构试验周期长。结构试验的耗时量大是其又一特点。

3. 结构试验组织计划关系到试验的成败

俗语讲得好,“良好的开头是成功的一半。”结构试验也是如此,不完整的试验方案

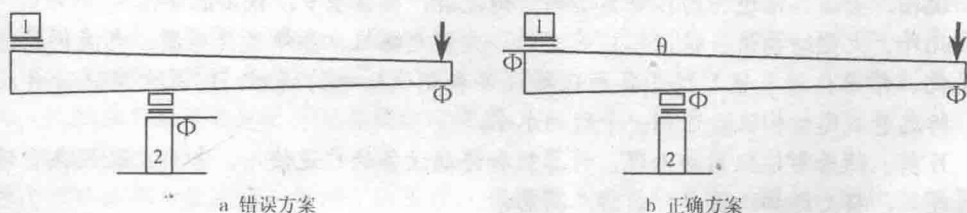


图 2-1 某钢管空心砼受弯构件抗弯试验组织方案对比图

只能导致试验的失败。下面举例说明:

某钢管空心砼受弯构件抗弯试验的两个方案对比见图 2-1 所示。

图 2-1 中“1”表示压梁及其垫块,“2”表示支墩及其垫块,“ θ ”表示倾角传感器,“ Φ ”表示位移传感器。“ $\downarrow$ ”表示荷载。

a 方案的错误有:

(1)“1”处试件的上表面没有位移传感器,使试件悬臂端实际位移因产生一个增加量

Δ_1 而失真, 见图 2-2a 所示。

(2) “2” 处左上方试件的上表面没有倾角传感器, 使试件悬臂端实际位移因产生一个增加量 Δ_2 而失真, 见图 2-2b 所示。

(3) “2” 处右上方的位移传感器没有布置在其上方试件的下表面, 使试件悬臂端实际位移因产生一个增加量 Δ_3 而失真, 见图 2-2c 所示。

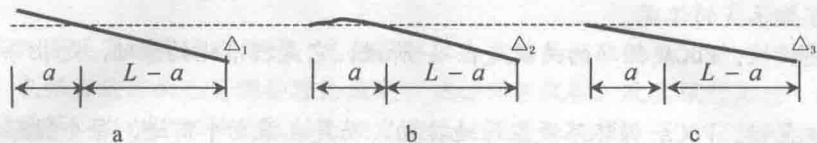


图 2-2 位移增量分析简图

4. 结构试验组织计划是体现技术水平和管理水平的窗口

组织者优秀的组织才华和组织艺术均体现在细致周全的组织方案中, 像图 2-1 所示的两方案中, 哪个方案优秀则一目了然。

从以上四个方面充分证明了结构试验组织计划工作的重要性。

二、PDCA 循环的基本内容

美国质量管理专家戴明 (W. E. Deming) 50 年代初提出一项质量管理循环体系, 叫 PDCA 循环, 也称戴明循环, 是一项提高工程质量和工作质量、改善企业经营管理十分有效的科学方法, 被工程界广泛采用。

PDCA 质量管理循环体系的基本思想是把质量管理的工作过程划分为四个工作阶段, 即计划阶段、实施阶段、检查阶段和处理阶段。PDCA 是 Plan Do Check 和 Action 四个单词编写。

(1) 计划阶段 (P)。主要解决打算干什么? 在哪儿干? 何时干? 由谁干? 怎么干等问题。计划阶段包括四个具体步骤:

第一步, 分析工作现状, 认准工作对象, 明确存在的问题。

第二步, 分析产生问题的所有原因或所有影响因素, 在诸原因或影响因素中找出主要的原因和影响。

第三步, 分析目前的工作和条件。

第四步, 制定完成工作的具体方案。

(2) 实施阶段 (D)。按计划的措施方案去执行。

(3) 检查阶段 (C)。把执行的结果与计划的目标相比较, 检查计划实施的情况, 找出问题, 肯定经验。

(4) 处理阶段 (A)。总结经验, 巩固措施, 制订标准, 形成制度, 以便遵照执行; 同时, 提出尚未解决的问题, 转入下一个循环, 再来研究措施, 制订计划, 予以解决。

三、PDCA 循环的存在范围和特点

1. PDCA 循环的应用范围

PDCA 循环体系是质量管理专家提出来的, 但其思想存在的范围很广, 遍布各行各业, 可以这样理解, PDCA 循环和矛盾一样, 无处不在处处在, 无时不存时时存。

2. PDCA 循环的特点

(1)有序性。四个阶段缺一不可，先后次序不能颠倒，就好像一只转动的车轮，在解决质量问题中滚动前进，逐步使产品质量提高。

(2)嵌套性。PDCA 循环在企业内部的各级都有，整个企业是一个大循环，企业各部门又有自己的小循环。如图 2-3a 所示。大循环是小循环的依据，小循环又是大循环的具体和逐级贯彻落实的体现。

(3)关键性。PDCA 循环的关键是在 A 阶段，它是标准化的基础，是指导同级其它环节的关键。

(4)重复性。PDCA 循环不是在原地转动，而是在滚动中前进。每个循环结束，质量提高一步。如图 2-3b 所示。

四个阶段，周而复始，循环一回，改善一次，提高一步，螺旋上升。

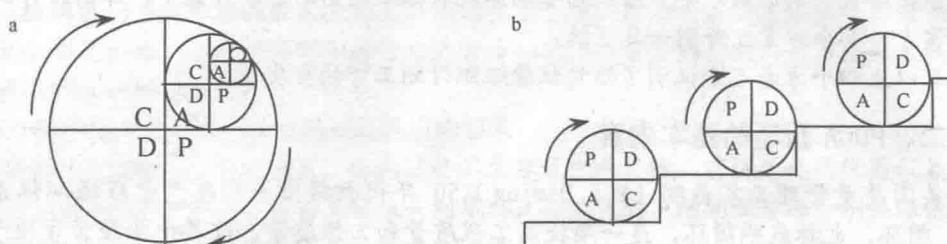


图 2-3 PDCA 循环特点示意图

四、结构试验组织计划的内容

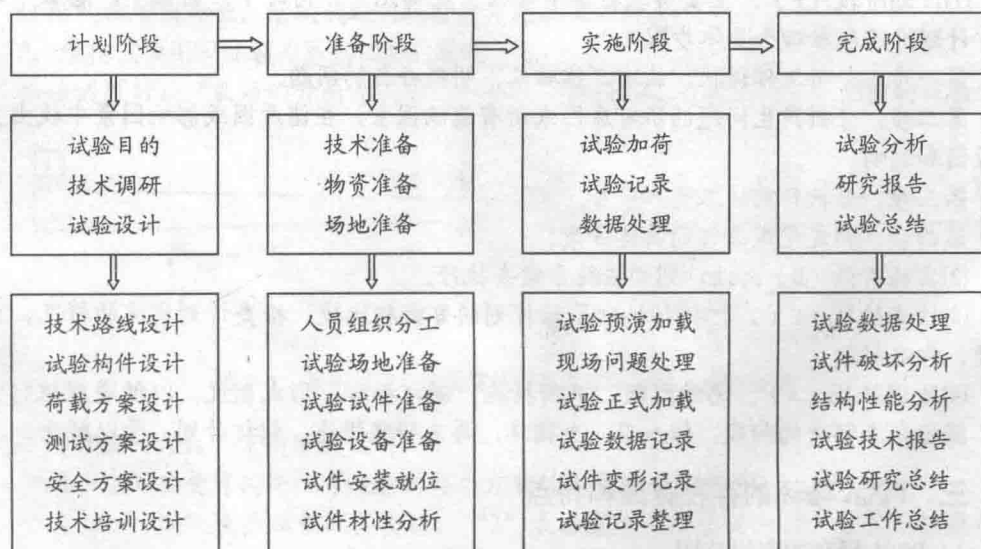


图 2-4 结构试验 PDCA 循环四个阶段的内容及关系示意图

结构试验和其它工作一样，按照 PDCA 循环规律，也可分为四个循环阶段，即结构试

验的设计阶段(P)、准备阶段(D)、实施阶段(C)和完成阶段(A),这四个阶段的主要内容及其关系如图2-4所示。

1. 试验规划阶段

结构试验是一项细致复杂的工作,必须严格认真地对待,任何疏忽都会影响试验结果或试验的正常进行,甚至导致试验失败或危及人身安全,因此在试验前需对整个试验工作作出规划。

规划阶段首先要反复研究试验目的,充分了解体会试验的具体任务,进行调查研究,搜集有关资料,包括在这方面已有哪些理论假定,做过哪些试验,及其试验方法、试验结果和存在的问题等等。在以上工作的基础上确定试验的性质与规模。若为研究性试验,应提出本试验拟研究的主要参量以及这些参量在数值上的变动范围,并根据实验室的设备能力确定试件的尺寸和量测项目及量测要求,最后,提出试验大纲。

2. 试验准备阶段

试验准备工作要占全部试验工作的大部分时间,工作量也最重。试验准备工作的好坏直接影响到试验能否顺利进行和能获得试验结果的多少。有时由于准备工作上的疏忽大意会使试验只取到很少的结果,因此切勿低估准备工作阶段的复杂性和重要性。试验准备阶段的主要工作有:

(1)试件的制作。试验研究者应亲自参加试件制作,以便掌握有关试件质量的第一手资料。试件尺寸要保证足够的精度。

在制作试件时还应注意材性试样的留取,试样必须能真正代表试验结构的材性。

材性试件必须按试验大纲上规划的试件编号进行编号,以免不同组别的试件混淆。

在制作试件过程中应作施工记录日志,注明试件日期、原材料情况,这些原始资料都是最后分析试验结果不可缺少的参考资料。

(2)试件质量检查。包括试件尺寸和缺陷的检查,应作详细记录,纳入原始资料。

(3)试件安装就位。试件的支承条件应力求与计算简图一致。一切支承零件均应进行强度验算并使其安全储备大于试验结构可能有的最大安全储备。

(4)安装加载设备。加载设备的安装应满足“一稳二准三方便,四强五刚六安全”的要求,即就位要稳固准确方便,固定设备的支撑系统要有一定的强度、刚度和安全度。

(5)仪器仪表的率定。对测力计及一切量测仪表均应按技术规定要求进行率定,各仪器仪表的率定记录应纳入试验原始记录中,误差超过规定标准的仪表不得使用。

(6)作辅助试验。辅助试验多半在加载试验阶段之前进行,以取得试件材料的实际强度,便于对加载设备和仪器仪表的量程等作进一步的验算。但对一些试验周期较长的大型结构试验或试件组别很多的系统试验,为使材性试件和试验结构的龄期尽可能一致,辅助试验也常常和正式试验同时穿插进行。

(7)仪表安装、连线试调。仪表的安装位置、测点号,在应变仪或记录仪上的通道号等等都应严格按照试验大纲中的仪表布置图实施,如有变动,应立即作好记录,以免时间长久后回忆不清而将测点混淆。这会使结果分析十分困难,甚至最后只好放弃这些混淆的测点数据,造成不可挽回的损失。

(8)记录表格的设计准备。在试验前应根据试验要求设计记录表格,其内容及规格应周到详细地反映试件和试验条件的详细情况,以及需要记录和量测的内容。记录表格的设计反映试验组织者的技术水平,切勿养成试验前无准备地在现场临时用白纸记录的习惯。记