

JIEGOU GONGCHENG
SHIGONG YU
ANQUAN GUANLI

结构工程施工与 安全管理

胡贤 武林 罗毅 主编

 江西科学技术出版社



第一主编简介：胡贤，1991年1月参加工作，先后负责汉阳体育馆、华中电力实验大楼、厦门九州大厦等钢结构项目。2009年年底到鄂尔多斯国泰项目任安全总监兼吊装工长，针对高原钢结构施工中的难点、特点，及时组织合理的安全防护计划、吊装施工计划。2011年10月调入天健现代城项目，从事安全工作。



第二主编简介：武琳，女，中共党员，1989年2月出生，硕士研究生，毕业于东北电力大学建筑与土木工程专业。2016年至今在吉林农业科技学院工作，专职教师岗位。发表论文，参与多项课题研究，发表论文2篇。取得国家二级注册建造师职业资格证书。




第三主编简介：罗毅，现任新疆建筑科学研究院监理公司总工程师，高级工程师。先后从事工程地质勘察、岩土工程、建筑结构设计、建筑工程质量检测鉴定、工程建设监理工作，主持多项课题研究。

JIEGOU GONGCHENG SHIGONG YU ANQUAN GUANLI

结构工程施工与安全管理

胡 贤 武 琳 罗 毅 主编

江西·南昌

 江西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

结构工程施工与安全管理 / 胡贤, 武琳, 罗毅主编

. -- 南昌: 江西科学技术出版社, 2018. 10

ISBN 978 - 7 - 5390 - 6536 - 6

I. ①结… II. ①胡… ②武… ③罗… III. ①结构工

程 - 工程施工 - 安全管理 IV. ①TU714

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 216693 号

国际互联网(Internet)地址:

<http://www.jxkjcs.com>

选题序号: ZK2018286

图书代码: B18172 - 101

结构工程施工与安全管理

胡贤 武琳 罗毅 主编

出版

江西科学技术出版社

发行

社址 南昌市蓼洲街2号附1号

邮编: 330009 电话: (0791) 86623491 86639342(传真)

印刷

虎彩印艺股份有新公司

经销

各地新华书店

开本

787mm × 1092mm 1/16

字数

300 千字

印张

17.5

版次

2018年10月第1版 2018年10月第1次印刷

书号

ISBN 978 - 7 - 5390 - 6536 - 6

定价

45.00 元

赣版权登字 - 03 - 2018 - 356

版权所有, 侵权必究

(赣科版图书凡属印装错误, 可向承印厂调换)

编者及工作单位

主 编

胡 贤 中建钢构有限公司
武 琳 吉林农业科技学院
罗 毅 新疆建筑科学研究院

副主编

梁 阼 台州中建现代大道投资建设有限公司

编 委

钱春志 江苏江都建设集团有限公司
张 琼 中煤科工集团北京华宇工程有限公司监理分公司

前 言

土木结构工程是直接面向经济社会发展的科学技术,深刻影响着人居环境、城镇化进程,以及社会的可持续发展。中央城镇化工作会议将新型城镇化建设作为中国未来发展的重要战略,城镇与基础设施建设已成为中国未来经济社会发展的重要引擎。土木结构工程作为城镇化的重要载体和标志,创造人居环境,必将成为中国城镇化品质提升的核心突破口之一。

本书内容包括土木工程与建筑、结构工程的关系介绍、土木工程、结构工程、建筑工程、工程造价、工程安全管理、施工工法的创新等方面的介绍,从组织管理和环境保护角度的出发,以可持续发展思想为基础,研究结构工程的施工与安全管理,以期能为结构工程的施工建设提供更新更全面的理论知识,为结构工程新技术的发展与突破添砖加瓦。

由于本书包罗内容较多,涉及知识较繁琐,编写人员很多,各章节内容的格式、深度和广度可能并不一致,且谬误无可避免,敬请广大读者批评指正。



目 录

第一章 绪论 1

- 第一节 土木工程与结构工程概述 / 1
- 第二节 结构工程的现状 / 2
- 第三节 我国结构工程学科发展 / 5
- 第四节 中国土木结构工程科技 2035 发展路径 / 10
- 第五节 我国结构工程的未来 / 17

第二章 土木工程结构 30

- 第一节 土木工程建筑中混凝土结构的施工技术 / 30
- 第二节 钢结构建筑 / 32
- 第三节 土木工程结构加固施工方案 / 36
- 第四节 土木工程信息化发展 / 38
- 第五节 土木工程可持续发展战略 / 47



第三章 结构工程

79

- 第一节 结构工程施工要点 / 79
- 第二节 结构工程的安全性与耐久性 / 82
- 第三节 建筑工程中结构工程的常见问题与措施 / 84

第四章 建筑工程

88

- 第一节 典型建筑工程的分类 / 88
- 第二节 建筑工程中的土建施工技术 / 90
- 第三节 建筑工程中大体积混凝土结构施工 / 92
- 第四节 建筑工程中注浆施工方法的实际运用 / 96
- 第五节 建筑工程中钢结构设计的稳定性 / 99
- 第六节 土木建筑工程的质量影响因素及其管理 / 101

第五章 工程造价

104

- 第一节 建筑结构设计阶段造价控制 / 104
- 第二节 建设项目工程造价全过程管控机理 / 120
- 第三节 建筑材料价格波动对建筑工程造价的影响 / 133

第六章 工程安全管理

141

- 第一节 基于危险源管理的建筑施工现场安全管理 / 141
- 第二节 基于事故理论的建筑施工项目安全管理 / 159
- 第三节 建筑工程安全管理影响因子及评价模型 / 177
- 第四节 土木工程施工安全管理创新实践 / 199



- 第一节 复杂环境下施工工法的概述 / 213
- 第二节 复杂环境下国内施工企业工法开发及有效性评价 / 223
- 第三节 面向技术应用的复杂工法开发工程机理 / 234
- 第四节 面向技术创新的技术工法模块化机理 / 243
- 第五节 工法创新中知识管理的功能及作用机理研究 / 250
- 第六节 知识资源整合视角下工法开发协同平台研究 / 256



第一章 绪论

第一节 土木工程与结构工程概述

一、土木工程的概念

土木工程是建造各类土地工程设施的科学技术的统称。它既指所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、保养、维修等技术活动,也指工程建设的对象。即建造在地上或地下、陆上,直接或间接为人类生活、生产、军事、科研服务的各种工程设施,例如房屋、道路、铁路、管道、隧道、桥梁、运河、堤坝、港口、电站、飞机场、海洋平台、给水排水以及防护工程等。

中国目前将土木工程分为:房屋工程、铁路工程、道路工程、机场工程、桥梁工程、隧道及地下工程、特种工程结构、给排水工程、城市供热供燃气工程、交通工程、环境工程、港口工程、水利工程、土木工程。

二、土木工程与结构工程的关系

结构工程是土木工程的六个二级学科之一。研究土木工程中具有共性的结构选型、力学分析、设计理论和建造技术和管理学科。结构工程学是用力学的方法来分析建筑物(如房屋、桥梁、水坝等)和构筑物(如:挡土墙、烟囱、构架等)在各种荷载作用下的内力和变形,通过控制结构的内力和变形,达到结构在施工和使用过程中保证一定安全可靠度的目的。

结构工程学传统分析方法是利用坐标轴简化各类张量数值方程(如内力、位移等)以求得结构构件(如梁、柱等)的内力及位移。在电脑出现后,有限元法、非线性分析法等新型分析方法得到广泛的应用以用于求解各类更加复杂的结构问题(如多种不同性质材料协调工作等)。



第二节 结构工程的现状

改革开放以来,特别是1987年国家自然科学基金委员会材料与工程学部召开了“全国结构工程学科的未来”研讨会,国家教委土木、建筑、水利学科组在同济大学召开了“学科发展趋势与基础性研究规划的轮廓设想”讨论会以后,我国结构工程研究进展迅速。近十几年来,在建筑材料、结构分析方法、设计理论等方面有许多新的研究成果。

一、材料方面

(一) 混凝土

混凝土是现代工程结构的主要材料,而且仍将是我国今后相当长时期内一种重要的工程材料。混凝土的主要发展方向是高强、轻质、耐久,并考虑可持续发展。

(二) 钢材

工程结构用钢材也在朝着高强度的方向发展,并应具有较好的变形能力、良好的加工性能和较好的耐腐蚀性。目前我国在普通钢筋混凝土结构中已推广使用HRB400和RRB400级钢筋。在预应力构件中,高强钢绞线、大吨位群锚技术也日益普及,1860MPa的高强钢绞线在大跨度预应力结构中已得到普遍的应用。随着高层钢结构建筑的发展,型钢和中厚钢板也得到了进一步的应用和发展。实现了热轧H型钢的国产化,但与国外相比,我国H型钢的规格较少,还不能完全适应工程建设的需要。

(三) 薄膜材料

膜结构是近年才逐渐得到应用的一种新型结构形式,而薄膜材料的发展是膜结构得以发展和应用的前提。目前国产建筑膜材在品种开发、产品尺寸稳定性、抗蠕变性、自洁性等方面与进口产品存在很大差距,高档建筑膜材全部依赖进口,这在很大程度上影响了膜结构建筑在我国的推广使用。

二、结构分析

(一) 结构整体分析模型

目前在结构的整体分析方面,普遍采用的是平面非线性分析模型,主要有层间模



型与杆系模型。平面模型把结构分解为独立的平面单元,计算工作量较小。但在地震作用下,结构的动力响应是极其复杂的空间问题,平面分析模型在考虑双向弯矩、轴力以及扭转等分量的耦合上还存在较大的困难。空间模型针对的是结构的整体,对结构进行整体的弹塑性动力时程分析,对结构没有做大的简化,精度很高。但计算工作量很大,所需的时间也很长,随着结构自由度的增加,计算时间将成倍增加。空间分析是一项相当复杂的工作,目前在如何选取计算模型并选择合适的计算机应用程序,还有许多工作要做。

(二) 结构动力弹塑性分析

目前普遍采用的底部剪力法、振型分解反应谱法是建立在结构弹性动力反应基础上的,只适用于结构弹性地震反应分析。而在“中震”和“大震”作用下,结构将进入塑性阶段,必须对结构进行弹塑性分析。动力弹塑性分析方法可以较真实地模拟地震作用过程,在结构采用的计算模型比较精确的情况下,可以较准确地得到结构响应。作为一种结构直接动力分析的数值方法,动力弹塑性分析在进行结构地震反应分析、特别是进行三维空间分析时,计算工作量很大,存在诸如位移—内力的滞回关系、轴力—弯矩的屈服关系等不确定因素。而且同一结构在选取不同的地震波时所得出的结果差别很大,很难在实际工程中使用。到目前为止,动力弹塑性分析方法还主要停留在科学研究阶段,应用于实际的高层建筑结构分析还十分困难。

(三) 结构静力弹塑性分析

结构静力弹塑性分析法,也叫推倒分析或推覆分析法,作为一种静力非线性计算方法,在国外应用较早,近几年才在国内开始采用。这种方法把结构等效为单自由度体系,根据目标谱曲线和抗力谱曲线判定结构的抗震性能。与以往的抗震静力计算方法不同,结构静力弹塑性分析法把设计反应谱引入了计算过程。

根据结构在不同工作阶段的周期由设计反应谱求得作用在结构上的水平力的大小,根据结构的振型变化求得水平力的分布形式。将所求得水平力施加在结构上,并逐渐增大水平力使结构各杆件逐步进入塑性。由于某些构件进入塑性,结构的特性发生改变,又可以反过来调整水平力的大小和分布,这样相互调整,直到结构达到预定的破坏(成为机构或者位移超限)。结构静力弹塑性分析法具有良好的工程实用性,我国学者就此展开了许多研究,改进了地震力的加载模式,提出了能力谱、概率 P_u5h -over 分析法等改进方案。

但目前对结构静力弹塑性分析的研究仍停留在平均谱的水平上,在进行结构的



非线性分析时如何很好地考虑地震和结构反应的随机性,仍需深入研究。而且把结构等效为单自由度体系也使得对结构的分析只考虑了第一振型,而忽略了高阶振型对结构的影响。

三、设计理论

(一) 概率论思想被用于结构设计

极限状态设计法是世界各国现行的主要设计方法。这种方法采用抗力和荷载分项系数代替原来单一的安全系数,考虑了荷载和材料的变异性和在各种荷载作用下结构产生的效应以及结构抗力的不确定性。但由于在分析中忽略或简化了一些基本变量随时间的变化关系,确定基本变量分布时有一定的近似性,而且为了简化计算将一些复杂的关系进行了线性化,所以还只是一种近似的概率设计法。完全的、真正的概率设计法,还有待进一步研究。

(二) 结构设计理论的提出和应用

基于性能的结构设计理论是20世纪90年代提出的新概念,是抗震设计理念的一次变革。性能设计考虑了灾害作用的不确定性,以及抗力的不确定性。根据灾害荷载作用的不同风险水平,将结构设计成满足不同的功能要求。这些功能要求,一是规范给定的各类结构的最低功能要求,即结构的“共性”,另一类是根据建筑用途以及经济条件等由业主与设计人员共同确定的功能要求,即结构的“个性”。性能设计的基本思想是在“投资—效益”准则下和强调“个性”,确保建筑物在稀有大震时的安全,同时使建筑物在整个运行期充分发挥功能,维护和改建方便,符合经济目的。这是我国建筑抗震设计规范“小震不坏,中震可修,大震不倒”原则的进一步发展。

(三) 结构控制逐步应用于工程设计和实践

长期以来,在结构抗震设计中,人们一直采用单一的“抗”的方法。即通过增加结构的刚度和延性以抵抗地震对结构的作用。但是地震作用的大小具有不确定性,很难确定结构在将来会遭遇多大的地震作用。这种方法既不经济,也达不到预期的效果。结构控制方法是控制理论在结构工程的具体应用。在结构上安装一些控制系统(包括传感器、处理器和作动器等)。当受到地震或风荷载激励时,传感器感受外部激励及结构反应的变化信息,处理器接受这些信息并依据一定的控制算法计算所需控制力,作动器产生所需控制力并作用到结构上,从而实现了对结构的控制。结构控制的概念提出较早,在国内也有了很大的研究成果,并在近几年高层建筑中得到大量的应用。但目前还需要在结构控制模型、控制理论、控制措施等方面进行更为深入的研究。



第三节 我国结构工程学科发展

自 21 世纪 60 年代以来,世界生产力的发展有明显的飞跃,其重要特征在于城市化进程的速度大大加快。现代土木工程可以反映在工程越来越鲜明的功能化。为了满足日益复杂、高效的现代化生产过程以及日益上升的生活水平所提出的各种功能要求,土木工程的任务越来越艰巨。特别是与能源、交通、生产生活息息相关的高坝大库、地铁工程、高层及大跨建筑、大型桥隧工程、核能工程和海洋及沿岸工程等,构成了现代土木工程的代表群,以及由此延伸开的能源交通的高效网络系统、城市的三维立体布局等大型系统工程。现代土木工程的应用范围不断扩大,空间的利用不断拓展,工作环境更加苛刻,而投资越来越大。在价值规律的作用下,工程不仅应该有高质量和高速度的安全施工,而且也应该有合理的使用要求和维修方法。面对这一背景,土木工程的传统三要素,即工程材料、设计理论和施工工艺势必要经历一番改造、更新与发展。从这个意义上看,土木工程面临着一场新的革命。作为土木工程中基础性学科的结构工程学科也同样面临这一形势。

一、结构工程学科面临的新特点

结构工程学科是一门应用型的基础性学科。与其他的工程学科一样,它必须要有工程应用的背景,同时又少不了其他基础学科的支持。可以说,此类学科是应用与基础中间的桥梁。近几十年以来,由于计算机科学、材料科学、现代测量技术及其他基础科学(数学、物理、化学等)出色的成果,为结构工程学科的全面更新与发展创造了前所未有的可能性。整个结构工程学科从学科的基本构成到研究内涵,均发生着根本性的变化。认识到这种变化,将使我们在今后改造世界的竞争中逐渐变得主动,否则将会越来越被动。下面将分别论述这些变化。

(一) 电子计算机的发展引起整个学科变革

工程结构学科已由理论与试验(包括工程实践与观察)两级构成变为理论、试验和计算的三级构成。在许多成熟的结构硬理论中开始考虑不确定性和不确知性而出现软化,与此同时许多依靠工程经验解决问题的软方法又可以用计算机储存起来让他人共享,这又是一种硬化。此外,由计算机参与的结构试验和工程材料试验在工程实践的基础上开始形成一门真正的试验科学。



(二) 系统工程的观点导致学科思想的进步

目前我国工程设计的主要内容往往是各项具体结构的单体设计,而且很少考虑设计前许多必要的决策工作;有时即使有打算,也缺乏科学的决策方法。事实上,这部分决策工作也是工程设计的重要组成部分;而且它们对工程的经济效益和效果的影响,远比结构设计本身为大。就单项结构而论,也必须考虑结构整个“生命周期”中的三个阶段,即建造阶段、正常使用阶段和老化阶段。建造阶段的风险多来自设计、施工的失误和疏忽;正常使用阶段的风险主要来自非正常的外界活动,特别是自然和人为的灾害;而老化阶段的风险则主要来自各种损伤的积累和正常抗力的丧失。

(三) 各学科之间的交叉共同构成学科的基础

结构工程学科仅仅依靠力学的时代已经过去了,现代新技术的出现和学科之间的相互渗透使结构工程学科得以不断地开拓。目前已形成的地震工程、海洋工程、核能工程、风工程等新兴的边缘学科,都是由多学科交叉形成的。现代的结构设计,不仅包括了力学、数学,而且渗透了系统工程、价值工程、思维科学、环境科学和美学的观点。

(四) 工程材料的发展酝酿着学科新的飞跃

工程材料是结构工程的物质基础。历史上结构工程学科发展过程中每一个飞跃,都离不开材料的变革;工程材料的变革和进步,往往使结构发生在效能上的质的变化。从使用土、木、石材料到钢材、混凝土,已实现了结构工程的一次飞跃,这是众所周知的。国际上正期待着未来将有能提供人类大量使用的、极高效能的全新工程材料的出现;然而近几十年内还未发现其他优质材料可以替代钢材和混凝土的趋势。结构工程由于材料的更新而出现的飞跃正处于一个酝酿的阶段,传统材料的改性与新材料的探索同时存在。目前钢材和混凝土两种基本工程材料的共同发展方向主要是提高强度。

(五) 信息交流已成为学科发展的命脉

应该清楚地意识到,现代信息的半衰期越来越短。目前仅仅依靠国际上最新杂志获取科技动态的办法已无法追踪学科的前沿脉搏了。国际学术交流会议、各种最新的研究报告所起的信息交流作用越来越大。

二、结构工程学科的总趋势

(一) 横向: 由个别构件的分析扩展到整个结构及其藕联系统的综合与控制

目前人们已瞬发现在结构工程学科的研究工作中存在一种错误并开始纠正它,即结构局部的计算精度大大超过整体结构系统的计算精度,从而造成整体精度仍然不



高。仅仅利用概率的方法来计算构件截面的失效概率可以算得很细,但对整个结构而言,整体的失效概率至今仍未能满意地解决。目前国际上无论是试验还是理论和计算,凡是能从结构系统及其藕联系统综合考虑的都引起人们的普遍关注,认为是学科的前沿水平。

(二) 纵向: 由单纯考虑正常使用的设计延伸到考虑包括建造、使用和维修在内的全过程

目前在世界范围内,关于现有结构的寿命与评价问题已日益突出。对结构在建造过程中的安全问题,以往在桥隧工程中比较注意,近来发现在房屋建造过程中安全问题很大。美国统计资料表明,大约60%的事故是发生在施工过程中,而苏联的数字接近70%。这里还需要研究的是设计和施工过程中人为错误的问题。结构正常使用阶段相对于建造和老化阶段其风险函数是最低的,危险主要来自自然或人为的灾害。工程的防灾和减灾工作是这个阶段的重点。然而,问题的难点在于我们一般不可能按灾害的极端条件设计结构,而严重灾害出现的概率毕竟不大。合理的途径应该既能防止一般小的灾害,又能使大灾害出现时损失不要过大。

(三) 深度: 由单纯依靠力学深化到依靠多学科交叉

由于结构工程项目多是淘本设计、建造,可统计性差,影响因素多,而且因素之间相互影响大,加之所依据的许多信息不完整、不确定,使结构工程学科有其特有的难度。长期以来,大量的工程实际问题不是依靠计算而是依靠经验解决的。随着知识工程的发展,利用电子计算机使储存人类的经验知识成为可能,这使结构工程学科出现了许多重要的变化。最明显的是各类专家系统发展很快。在解决结构耐久性问题中,不可避免地要遇到长期非稳态过程,如混凝土中钢筋的锈蚀和冻融现象等。在世界范围内,人们已经积累了大量的实测数据,但由于在化学、物理方面缺少更深入的研究,目前在理论上还没有突破。

三、结构工程学科在我国战略地位和基础性研究

我国的四化建设是世界上最大规模的基本建设,而且正处在一个经济大飞跃的前夕。这种发展背景将为土木工程各学科(包括结构工程学科在内)提供优厚的发展环境。这一优势,甚至西方国家目前亦不具备。土木工程是国民经济发展的主要支柱之一,而结构工程学科则是这根支柱的基础。作为基础性学科的结构工程科学研究项目选择的总体原则应考虑国家建设的需求和结构工程学科本身发展规律这两个方面。应该面向我国的实际情况,同时又要跟踪学科发展的前沿,准备迎接未来的挑战。



在总原则确定之后,关键在于解决财力和队伍的安排以及科研的布局。

尽管我国建筑业年总产值是一笔重要收入,但其每年建筑科技经费仅为国民生产总值的0.16‰,实在少得可怜。而其中每年用于本学科的基础性研究的经费不足200万元。应该说科技经费是很紧张的。为此,我们已经付出了代价。1976年,唐山7.8级地震,使拥有150万人口的城市夷为一片废墟,死亡24万人、伤16万人,直接经济损失近百亿元。然而,1985年智利100万人口的瓦尔帕莱索城,同样遭到7.8级的地震,但由于该城市建筑采用现代抗震技术,地震中房屋基本上没有大的破坏,仅死150人。21世纪全球7级以上的地震共1200次左右,其中1/10发生在我国,而我国46%的城市和重大项目均在地震区,如果仍然缺乏科技经费,我们还要付出惨重的代价。

应该注意到,欧、美、日本各国都是从工程方面获取科技经费的。在我国,应该从重大工程项目投资、城市建设项目投资、土地有偿使用或住房出售中提取3%~5%补充科技经费,包括资助基础性研究在内。

在队伍方面,国际上一切先进的国家都是以高等学校作为学科基础性研究的主力军,即使几十年前以研究院为主体的苏联,当前重点也已移向高校。高等学校集中了大量学术水平高、研究经验丰富的人才,学科齐全而相互渗透,有利于进行基础理论研究,有利于开展新兴学科和边缘学科的研究。此外,高校有一支相对稳定、独立的研究生队伍,是一支活跃的科研生力军。为此,基础性研究资助的主要对象应是高等学校。

作为基础性学科的结构工程研究方面,尽管我们有优厚的发展环境,也取得了一些科研成果,但认真评价一下其现状,应该说我国的结构工程学科在世界上的地位并不高。在试验、理论和计算三方面,我们与国外差距最小的是理论部分,即便如此,也很难找到目前国际上较优秀的结构工程理论出自中国。在计算方面,由于硬件条件限制,我们往往比国外落后一个相位;而在试验方面,除个别方面之外,则差距更远。我国在国际上知名的工程结构专家是有限的,这个状态与我国的人口总数和四化建设规模是不相称的。

也应当看到,尽管我国经济条件和科技人员有限,在一个部门一个单位我们很难一时建立起可以与西方一流高校、研究单位相当的研究条件,但是从整个国家讲,我国整体的哪起来的实力包括试验条件在内并不差。关键就在于统一领导下科学的卓有成效的集团作战。只有加强统一的领导,才能变弱势为优势,迎接国际的挑战。

四、结构工程学科基础性研究的战略布局

结构工程学科发展的总战略应是:在国家的集中统一领导下,在二十年的时间内,