

荷载与结构设计方法

LOAD AND METHOD OF STRUCTURE DESIGN

(学科基础课适用)

张晋元 编著 姜忻良 主审



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

普通高等教育土木工程学科精品规划教材(学科基础)

荷载与结构设计方法

LOAD AND METHOD OF STRUCTURE DESIGN

张晋元 编著
姜忻良 主审

内 容 简 介

本书按《高等学校土木工程本科指导性专业规范》(2011年版)知识体系的要求,结合最新修订的土木工程相关规范、标准编写。全书共分为10章,包括:绪论、竖向荷载、风荷载、水压力和土压力、地震作用、偶然荷载及其他作用、荷载的统计分析、结构构件抗力的统计分析、结构可靠度分析与计算、概率极限状态设计法。附录内容包括与荷载设计相关的常用数据以及与系统结构可靠度分析相关的常用概率知识。

本教材可作为高等学校土木工程及相关专业的教学用书,也可用作继续教育的教材或土木设计和工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

荷载与结构设计方法/张晋元编著. —天津:天津大学出版社,2014.8

普通高等教育土木工程学科精品规划教材. 学科基础课适用

ISBN 978-7-5618-5175-3

I. ①荷… II. ①张… III. ①建筑结构—结构荷载—结构设计—高等学校—教材 IV. ①TU312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 198257 号

出版发行 天津大学出版社

出版人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647

网 址 publish.tju.edu.cn

印 刷 廊坊市海涛印刷有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm × 260mm

印 张 18.75

字 数 468 千

版 次 2015 年 1 月第 1 版

印 次 2015 年 1 月第 1 次

定 价 48.00 元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

普通高等教育土木工程学科精品规划教材

编审委员会

- 主任:顾晓鲁 天津大学教授
- 委员:戴自强 天津大学教授
- 董石麟 浙江大学教授
- 郭传镇 天津大学教授
- 康谷贻 天津大学教授
- 李爱群 东南大学教授
- 李国强 同济大学教授
- 李增福 天津大学教授
- 刘惠兰 天津大学教授
- 刘锡良 天津大学教授
- 刘昭培 天津大学教授
- 石永久 清华大学教授
- 沈世钊 哈尔滨工业大学教授
- 沈祖炎 同济大学教授
- 谢礼立 中国地震局工程力学研究所研究员

普通高等教育土木工程学科精品规划教材

编写委员会

主 任:姜忻良

委 员:(按姓氏汉语拼音排序)

毕继红	陈志华	丁 阳	丁红岩	谷 岩	韩 明
韩庆华	韩 旭	亢景付	雷华阳	李砚波	李志国
李忠献	梁建文	刘 畅	刘 杰	陆培毅	田 力
王成博	王成华	王 晖	王铁成	王秀芬	谢 剑
熊春宝	闫凤英	阎春霞	杨建江	尹 越	远 方
张彩虹	张晋元	郑 刚	朱 涵	朱劲松	

总序

随着我国高等教育的发展,全国土木工程教育状况有了很大的发展和变化,教学规模不断扩大,对适应社会的多样化人才的需求越来越紧迫。因此,必须按照新的形势在教育思想、教学观念、教学内容、教学计划、教学方法及教学手段等方面进行一系列的改革,而按照改革的要求编写新的教材就显得十分必要。

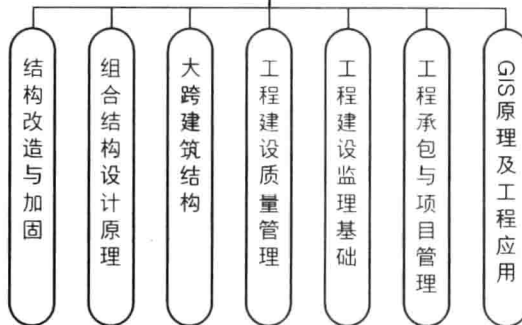
高等学校土木工程学科专业指导委员会编制了《高等学校土木工程本科指导性专业规范》(以下简称《规范》),《规范》对规范性和多样性、拓宽专业口径、核心知识等提出了明确的要求。本丛书编写委员会根据当前土木工程教育的形势和《规范》的要求,结合天津大学土木工程学科已有的办学经验和特色,对土木工程本科生教材建设进行了研讨,并组织编写了“普通高等教育土木工程学科精品规划教材”。为保证教材的编写质量,我们组织成立了教材编审委员会,聘请全国一批学术造诣深的专家作教材主审,同时成立了教材编写委员会,组成了系列教材编写团队,由长期给本科生授课的具有丰富教学经验和工程实践经验的老师完成教材的编写工作。在此基础上,统一编写思路,力求做到内容连续、完整、新颖,避免内容重复交叉和真空缺失。

“普通高等教育土木工程学科精品规划教材”将陆续出版。我们相信,本套系列教材的出版将对我国土木工程学科本科生教育的发展与教学质量的提高以及土木工程人才的培养产生积极的作用,为我国的教育事业和经济建设作出贡献。

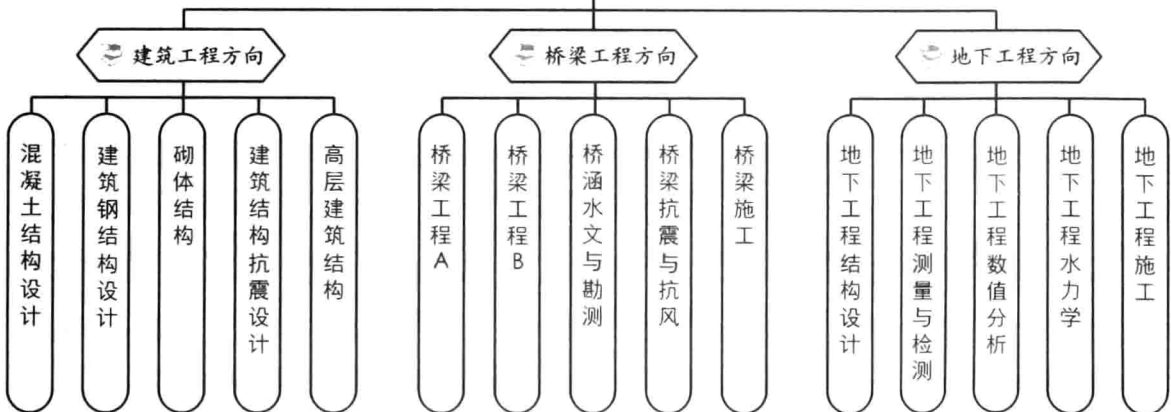
丛书编写委员会

土木工程学科本科生教育课程体系

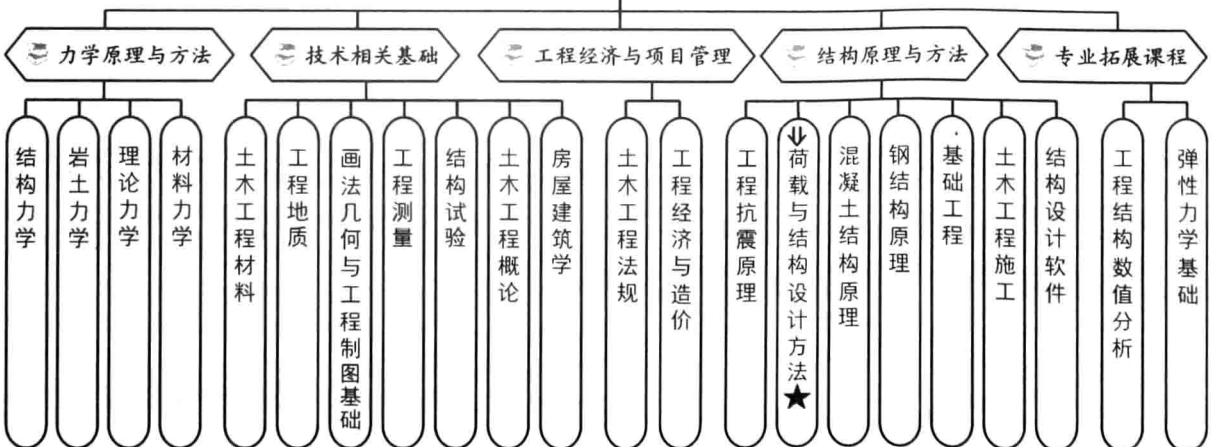
专业任选课程



课群方向课程



学科基础课程





前言

高等学校土木工程学科专业指导委员会 2011 年颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》将“荷载与结构设计方法”列为“结构基本原理与方法知识领域的核心知识单元和知识点”,作为土木工程专业本科学生必修的专业基础课程。

该课程的内容分两部分:一部分介绍工程结构可能承受的各种作用(荷载)与环境影响;另一部分介绍工程结构设计可靠度设计原理的背景、方法及其在相关规范中的应用。通过对本课程的学习,学生应掌握工程结构设计时需考虑的各种主要荷载,包括这些荷载产生的背景、荷载的计算方法、荷载代表值的确定;并掌握结构设计的主要概念、结构可靠度原理和满足可靠度要求的实用结构设计方法等。

本书按《高等学校土木工程本科指导性专业规范》(2011 年版)知识体系的要求,结合最新修订的土木工程相关规范、标准编写。编写内容力求做到符合国家最新结构设计规范、规程和标准要求,反映工程结构荷载取值和结构设计方法在理论和实践上的新进展。

本书由张晋元编著,姜忻良教授主审。

由于编者水平有限,书中不妥和疏漏之处,敬请读者批评指正,不胜感谢。

电子邮箱地址:zjytdtm@163.com, zjytdtm@tju.edu.cn。

编 者
2014 年 7 月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 作用(荷载)与环境影响	(1)
1.1.1 作用的分类	(2)
1.1.2 作用(荷载)代表值	(4)
1.1.3 环境影响	(5)
1.2 结构设计可靠度的概念	(5)
1.3 工程结构设计理论	(6)
1.3.1 工程结构设计理论的发展	(6)
1.3.2 我国工程结构设计理论的发展	(10)
1.3.3 我国各类工程结构设计规范的设计方法	(11)
思考题	(12)
第2章 竖向荷载	(13)
2.1 竖向恒荷载	(13)
2.1.1 恒荷载标准值	(13)
2.1.2 材料自重	(14)
2.1.3 例题	(14)
2.2 雪荷载	(15)
2.2.1 基本雪压	(15)
2.2.2 屋面积雪分布系数	(17)
2.2.3 雪荷载代表值	(20)
2.2.4 特殊的雪荷载	(20)
2.2.5 例题	(21)
2.3 屋面活荷载	(22)
2.3.1 屋面均布活荷载	(22)
2.3.2 屋面积灰荷载	(23)
2.3.3 屋面构件施工、检修荷载	(24)
2.3.4 例题	(25)
2.4 楼面活荷载	(25)
2.4.1 民用建筑楼面活荷载	(25)
2.4.2 工业建筑楼面活荷载	(29)
2.4.3 楼面活荷载的动力系数	(31)
2.4.4 例题	(32)
2.5 吊车荷载	(34)
2.5.1 吊车的工作级别	(34)
2.5.2 吊车荷载的作用形式和特点	(35)
2.5.3 吊车竖向荷载和水平荷载	(36)

2.5.4 例题	(38)
2.6 桥梁结构的车辆荷载和人群荷载	(39)
2.6.1 汽车荷载的等级	(39)
2.6.2 汽车荷载的取值	(40)
2.6.3 铁路桥梁列车荷载	(42)
2.6.4 车辆荷载的离心力	(43)
2.6.5 车辆荷载的冲击力	(44)
2.6.6 车辆荷载的制动力	(45)
2.6.7 人群荷载	(45)
2.7 栏杆荷载	(46)
思考题	(47)
习题	(47)
第3章 风荷载	(48)
3.1 风的有关知识	(48)
3.1.1 两类性质的大风	(48)
3.1.2 我国风气候总况	(49)
3.1.3 风力等级	(49)
3.2 风压	(51)
3.2.1 风压(风荷载)的产生	(51)
3.2.2 风速与风压的关系	(53)
3.2.3 《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012 规定的基本风速(风压)	(53)
3.2.4 不同标准下基本风速(风压)的换算	(55)
3.3 风压高度变化系数	(56)
3.3.1 地面粗糙度类别	(58)
3.3.2 风压高度变化系数表	(58)
3.4 风荷载体型系数	(60)
3.4.1 单体结构物风荷载体型系数	(60)
3.4.2 群体风荷载体型系数	(62)
3.4.3 局部风荷载体型系数	(63)
3.5 结构抗风计算的几个重要概念	(65)
3.5.1 顺风向平均风与脉动风	(65)
3.5.2 横风向风振	(66)
3.6 顺风向结构风振效应	(67)
3.6.1 风振系数	(67)
3.6.2 脉动风荷载的共振分量因子 R	(68)
3.6.3 脉动风荷载的背景分量因子 B_z	(68)
3.6.4 结构振型系数	(69)
3.6.5 结构基本周期经验公式	(70)
3.6.6 阵风系数	(71)
3.6.7 顺风向风荷载标准值	(72)

3.6.8 例题	(72)
3.7 横风向风振及扭转风效应	(75)
3.7.1 横风向风振的锁定现象	(75)
3.7.2 共振区高度	(75)
3.7.3 圆形截面结构的横风向风振等效风荷载	(76)
3.7.4 矩形截面结构的横风向风振等效风荷载	(78)
3.7.5 矩形截面结构的扭转风振等效风荷载	(78)
3.7.6 共振效应	(79)
3.7.7 例题	(79)
思考题	(81)
习题	(81)
第4章 水压力和土压力	(82)
4.1 土的自重应力	(82)
4.2 土的侧压力	(83)
4.2.1 土的侧向压力分类	(83)
4.2.2 土压力计算的基本原理	(85)
4.2.3 土侧压力的计算	(86)
4.2.4 几种挡土墙后的土压力计算	(88)
4.2.5 例题	(90)
4.3 水压力	(92)
4.3.1 静水压力	(92)
4.3.2 浮力作用	(93)
4.3.3 流水压力	(94)
4.4 波浪荷载	(95)
4.4.1 波浪特性	(95)
4.4.2 波浪的推进过程	(96)
4.4.3 波浪对建筑物的作用	(97)
4.5 冰荷载	(102)
4.5.1 冰堆整体推移的静压力的计算	(102)
4.5.2 大面积冰层的静压力	(103)
4.5.3 冰覆盖层受到温度影响膨胀时产生的静压力	(103)
4.5.4 冰层因水位升降产生的竖向作用力	(104)
4.5.5 流冰冲击力	(104)
思考题	(105)
习题	(105)
第5章 地震作用	(106)
5.1 地震的基本知识	(107)
5.1.1 地震的类型和成因	(107)
5.1.2 地震波、震级和烈度	(110)
5.2 工程抗震设防	(113)
5.2.1 地震烈度区划	(113)

5.2.2	抗震设防分类与设防标准	(114)
5.2.3	抗震设防目标与抗震设计方法	(115)
5.3	地震作用计算理论概述	(117)
5.3.1	静力理论阶段	(117)
5.3.2	反应谱理论阶段	(117)
5.3.3	动态分析阶段	(118)
5.4	单质点弹性体系的水平地震作用计算	(119)
5.4.1	单质点弹性体系的水平地震反应	(119)
5.4.2	单质点弹性体系水平地震作用——反应谱法	(123)
5.4.3	例题	(127)
5.5	多质点弹性体系的水平地震作用计算	(128)
5.5.1	多质点弹性体系的地震反应	(128)
5.5.2	多质点弹性体系的水平地震作用和作用效应	(136)
5.6	结构自振周期和振型的计算	(142)
5.6.1	能量法	(142)
5.6.2	顶点位移法	(143)
5.6.3	矩阵位移法	(143)
5.6.4	例题	(144)
5.7	竖向地震作用的计算	(147)
思考题		(149)
习题		(149)
第6章	偶然荷载及其他作用	(151)
6.1	爆炸荷载	(151)
6.1.1	爆炸的类型及其特点	(151)
6.1.2	爆炸荷载计算	(152)
6.2	撞击作用	(154)
6.3	温度作用	(156)
6.3.1	温度的基本参数	(157)
6.3.2	结构的温度作用	(158)
6.3.3	结构的温度作用效应	(160)
6.4	变形作用	(162)
6.4.1	基础的移动或不均匀沉降	(162)
6.4.2	收缩和徐变	(162)
6.5	覆冰荷载	(164)
6.5.1	基本覆冰厚度	(165)
6.5.2	覆冰荷载的计算	(165)
6.5.3	例题	(166)
6.6	预应力	(166)
6.6.1	预应力混凝土结构的概念	(166)
6.6.2	预应力混凝土	(167)
6.6.3	预应力钢结构	(170)

思考题	(171)
第7章 荷载的统计分析	(172)
7.1 荷载的概率模型	(172)
7.1.1 平稳随机过程	(172)
7.1.2 概率模型的统计参数	(173)
7.2 荷载效应组合规则	(175)
7.2.1 Turkstra 组合规则	(175)
7.2.2 JCSS 组合规则	(175)
7.3 常遇荷载的概率模型统计参数	(176)
7.3.1 永久荷载	(176)
7.3.2 民用建筑楼面活荷载	(177)
7.3.3 风荷载与雪荷载	(178)
7.3.4 基本气温	(179)
7.4 荷载代表值的确定	(179)
7.4.1 永久荷载标准值	(180)
7.4.2 可变荷载标准值	(180)
7.4.3 可变荷载组合值	(181)
7.4.4 可变荷载频遇值	(182)
7.4.5 可变荷载准永久值	(183)
7.4.6 荷载设计值与荷载分项系数	(184)
思考题	(184)
第8章 结构构件抗力的统计分析	(185)
8.1 结构构件抗力的不定性	(186)
8.1.1 结构构件材料性能的不定性	(186)
8.1.2 结构构件几何参数的不定性	(186)
8.1.3 结构构件计算模式的不定性	(188)
8.1.4 例题	(188)
8.2 结构构件抗力的统计特征	(189)
8.2.1 结构构件抗力的统计参数	(189)
8.2.2 例题	(191)
8.2.3 结构构件抗力的分布类型	(192)
8.3 材料强度的标准值和设计值	(192)
思考题	(194)
习题	(194)
第9章 结构可靠度分析与计算	(195)
9.1 结构可靠度的基本概念	(195)
9.1.1 结构的功能要求	(195)
9.1.2 结构的极限状态	(195)
9.1.3 结构功能函数	(196)
9.1.4 结构可靠度和可靠指标	(197)
9.1.5 例题	(199)

9.2 结构可靠度计算	(200)
9.2.1 中心点法	(200)
9.2.2 例题	(201)
9.2.3 验算点法	(203)
9.2.4 随机变量间的相关性	(208)
9.3 结构体系的可靠度计算	(210)
9.3.1 结构系统的基本模型	(210)
9.3.2 结构系统中功能函数的相关性	(211)
9.3.3 结构体系可靠度计算	(212)
9.3.4 结构体系可靠度的上下界	(212)
思考题	(213)
第10章 概率极限状态设计法	(214)
10.1 极限状态设计要求	(214)
10.1.1 设计要求	(214)
10.1.2 设计状况和设计方法	(217)
10.1.3 目标可靠指标 $[\beta]$	(218)
10.2 直接概率设计法	(222)
10.2.1 直接概率法的应用	(222)
10.2.2 直接概率设计法目前存在的问题	(223)
10.2.3 例题	(224)
10.3 分项系数表达的极限状态设计法	(225)
10.3.1 分项系数的分离	(225)
10.3.2 分项系数的确定	(227)
10.3.3 以分项系数表达的极限状态设计表达式	(228)
10.3.4 作用组合的效应 S_d	(229)
10.4 各类工程的分项系数设计表达式	(231)
10.4.1 建筑结构	(231)
10.4.2 公路桥涵结构	(235)
10.4.3 例题	(237)
思考题	(238)
习题	(238)
附录A 常用材料和构件的自重	(239)
附录B 全国各城市的雪压、风压和基本气温	(251)
附录C 《中国地震烈度表》GB/T 17742—2008	(271)
附录D 随机变量的统计参数和概率分布	(275)
附录E 标准正态分布函数表	(279)
参考文献	(281)

第1章 绪论

【内容提要】

本章叙述了结构上的作用(荷载)及其代表值的概念、分类以及环境影响的概念;扼要说明了结构设计可靠性与经济性之间的关系;详细介绍了工程结构设计理论经历了从弹性理论到极限状态理论的转变,设计方法经历了从定值法到概率法的发展;总结了我国的主要工程结构设计规范、设计方法的发展历程、现状和前景。

工程是指用各种建筑材料(如石材、砖、砂浆、水泥、混凝土、钢材、钢筋混凝土、木材等)建造的房屋、铁路、公路、桥梁、隧道、堤坝、港口、塔架等为人类生产和生活服务的设施。构成这些设施的骨架系统称为工程结构,它是由不同功能的基本构件(梁、板、壳、柱、墙、支撑等)通过合理可靠的连接方式组成的,能够在预定使用期内安全可靠地承受各种外界因素的影响,并完成预定功能的合理的受力系统。

外界因素包括在工程结构上可能出现的各种作用和环境影响。工程结构从建造开始,直至其使用寿命结束的整个期间,将承受各种作用(如风、地震等)和环境影响(如温度、侵蚀性介质等),并可能遭受意外事件(如火灾、爆炸、撞击等)和极端自然灾害(如强烈地震、飓风、特大洪水等)的影响。这些作用、环境影响、意外事件和极端自然灾害不仅使工程结构产生各种内力和变形,也会导致结构材料的劣化和损伤,乃至造成结构严重破坏,甚至倒塌。虽然对于具体的工程对象,建造足够安全的结构总是可以做到的,但这可能需要很大的经济代价,并不具有普遍意义。

因此,要使所设计的工程结构既具有足够的安全可靠性,又能将工程结构的造价控制在合理的经济范围内,即在安全可靠性与经济性之间取得合理的平衡,这就必须有正确的设计方法,即研究各种作用、环境影响、意外事件和极端自然灾害的特征,使其产生的影响不超过工程结构的抵御能力,避免发生不适合工程结构正常使用状态,或出现不可接受的破坏状况,或将意外事件和极端自然灾害造成的损失控制在可接受的范围内。

1.1 作用(荷载)与环境影响

作用是土木工程经常涉及的名词术语。在国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153—2008 中,将作用(action)定义为:施加在结构上的集中力和分布力(直接作用,也称为荷载)和引起结构外加变形和约束变形的原因(间接作用)。

直接作用(direct action)以外加力的形式直接施加在结构上,其大小与结构本身的性能无关。例如,结构自重、土压力、水压力、风压力、积雪重量,房屋建筑中楼面上的人群和家具等的重量,路面和桥梁上的车辆重量,桥梁、水工结构、港口及海洋工程中的流水压力、波浪荷载、水中漂浮物(如浮冰)对结构的撞击力等。

间接作用(indirect action)是引起结构外加变形和约束变形的原因,其大小与结构本身的性能有关。例如,地基变形、混凝土收缩徐变、温度变化、焊接变形、地震作用等。

直接作用和间接作用对结构的作用方式虽然不同,但结果是一样的:引起结构或构件的反应(内力、位移、应力、应变、变形、裂缝宽度等)。这种反应称为作用(荷载)效应(effect of action),用 S 表示。因此,也可以将作用定义为:使结构或构件产生效应的各种原因。

当作用为直接作用(荷载)时,其效应也被称为荷载效应(effect of load)。荷载 Q 与荷载效应 S 之间,一般可近似按线性关系考虑:

$$S = C \cdot Q \quad (1-1)$$

式中 C ——荷载效应系数,与荷载形式、构件约束条件、构件几何参数等有关。

例如,简支梁承受均布荷载 q 作用时,在 $l/2$ 处的最大弯矩为 $M = ql^2/8$, M 即是荷载效应, $l^2/8$ 称为荷载效应系数, l 为简支梁的计算跨度。

1.1.1 作用的分类

结构上的作用种类很多,直接作用和间接作用是根据其产生的原因划分和命名的。这些作用中,某些作用产生的原因可能不同,但其效应对结构的影响是相同的;而另一些作用虽然产生的原因可能相同,但其效应对结构的影响是不同的。

因此,在工程结构设计中,不仅要重视作用产生的原因及其大小,更应关注作用效应及其对结构的影响。根据作用的性质、设计计算和分析的需要,工程结构上的作用可按下列性质分类。

1. 按随时间的变异分类

按随时间的变异,工程结构上的作用可分为永久作用、可变作用和偶然作用。

1) 永久作用(permanent action)

在设计使用年限内,其量值不随时间变化,或其量值的变化与平均值相比可以忽略不计,或其变化是单调的并能趋于限值的作用,称为永久作用。永久作用包括结构自重、随时间单调变化而能趋于限值的土压力、水位不变的水压力、预应力、地基变形(基础沉降或转动)、在若干年内基本上完成的混凝土收缩和徐变、钢材焊接变形以及引起结构外加变形或约束变形的各种施工因素等。

永久作用中的直接作用,也称为永久荷载或恒荷载(dead load)。

2) 可变作用(variable action)

在设计使用年限内,其量值随时间变化,且其量值的变化与平均值相比不可忽略不计的作用,称为可变作用。可变作用包括使用时人员和物件等荷载、施工时结构的某些自重、安装荷载、车辆荷载、吊车荷载、风荷载、雪荷载、冰荷载、地震作用、撞击力、水位变化的水压力、扬压力、波浪荷载以及温度作用等。

可变作用中的直接作用,也称为可变荷载或活荷载(live load)。

3) 偶然作用(accidental action)

在设计使用年限内不一定出现,而一旦出现,其量值很大且持续时间很短的作用,称为偶然作用。偶然作用包括撞击力、爆炸力、地震作用、强风(台风、飓风、龙卷风)、火灾、严重的侵蚀以及洪灾(洪水、泥石流)等。

上述分类中,地震作用和撞击力既可作为可变作用,也可作为偶然作用,这完全取决于对结构重要性的评估。对一般结构,这两种作用均可作为规定条件下的可变作用;对重要结构,可以通过偶然设计状况将作用按量值较大的偶然作用来考虑,其意图是要求一旦出现意外作用时,结构也不至于出现灾难性的后果。

作用按随时间的变异分类,是作用的基本分类,应用非常广泛。在分析结构可靠度时,它直接关系到作用概率模型的选择;在按各类极限状态设计时,它关系到作用(荷载)代表值及其效应组合形式的选择。如可变作用的变异性比永久作用的变异性大,可变作用的相对取值应比永久作用的相对取值大;偶然作用出现的概率小,结构抵抗偶然作用的可靠度可比抵抗永久作用的可靠度小。

2. 按随空间位置的变异分类

按随空间位置的变异,工程结构上的作用可分为固定作用和自由作用。

1) 固定作用(fixed action)

在结构上具有固定空间分布的作用,称为固定作用。当固定作用在结构某一点上的大小和方向确定后,该作用在整个结构上的作用即得以确定。固定作用的量值可能具有随机性。例如固定设备荷载、屋顶水箱重量等。

2) 自由作用(free action)

在结构上给定的范围内具有任意空间分布的作用,称为自由作用。自由作用出现的位置和量值都可能是随机的。例如车辆荷载、吊车荷载等。由于自由作用是可以任意分布的,结构设计时应考虑其位置变化在结构上引起的最不利效应分布。

3. 按结构的反应特点分类

按结构的反应特点,工程结构上的作用可分为静态作用和动态作用。

1) 静态作用(static action)

不使结构或构件产生加速度或产生的加速度很小可以忽略不计的作用,称为静态作用。例如结构自重、楼面上人员荷载、雪荷载、土压力等。

2) 动态作用(dynamic action)

使结构或构件产生的加速度不可忽略的作用,称为动态作用。例如地震作用、吊车荷载、设备振动、作用在高耸结构上的风荷载、打桩冲击等。

在进行结构分析时,对于动态作用应当考虑其动力效应,用结构动力学方法进行分析,或采用乘以动力系数的简化方法,将动态作用转换为等效静态作用。

4. 按有无限值分类

按有无限值,工程结构上的作用可分为有界作用和无界作用。

1) 有界作用(bounded action)

具有不能被超越的且可以确切或近似掌握其界限值的作用,称为有界作用。该界限值是由于客观条件的限制或由于人为严格控制而不能被超越的量值。例如,起重运输机械荷载、静水压力及浮托力、汽车荷载、人群荷载等与人类活动有关的非自然作用,其荷载值是由材料自重、设备自重、载重量或限定的设计条件下的不均匀性决定的,因而其限值是可以确定或近似可以确定的,属于有界作用。

2) 无界作用(unbounded action)

没有明确界限值的作用,称为无界作用。例如,风荷载、波浪荷载、冰荷载等均是自然因素产生的作用,由于其自身的复杂性和人类认知的局限性和阶段性,这些荷载的取值需不断调整,属于没有明确界限值的无界作用。在将作用作为随机变量选择其概率模型时,很多典型的概率分布类型的取值往往是无界的。

5. 按作用的施加方向分类

按作用的施加方向,工程结构上的作用可分为竖向作用和水平作用。