

Eurocode

桥梁混凝土结构设计

杨 春 张大伟 编著
贡金鑫 张文君 主审

中国建筑工业出版社

Eurocode 桥梁混凝土结构设计

杨 春 张大伟 编著

贡金鑫 张文君 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

Eurocode 桥梁混凝土结构设计/杨春, 张大伟编著.

北京: 中国建筑工业出版社, 2016.6

ISBN 978-7-112-19473-5

I. ①E… II. ①杨… ②张… III. ①桥梁结构-混凝土结构-结构设计 IV. ①U443

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 121663 号

本书是作者在长期深入研究欧洲规范桥梁混凝土结构设计理论方法的基础上, 结合欧洲标准化委员会 (CEN) 最近颁布的与桥梁混凝土结构设计有关的系列欧洲规范 (Eurocodes) 编写而成。系统地介绍了结构设计基础、桥梁结构上的作用、材料特性、结构分析、构件承载能力设计、正常使用验算、构造细节、地基基础设计、耐久性设计和桥梁抗震设计等内容。由于篇幅有限, 本书未对规范的理论背景作过深的介绍, 而是侧重于对规范的理解和应用。书中还对规范的一些概念性的理论进行了细化, 包括构件的抗弯承载力设计、构件变形计算、地基沉降计算和桥梁抗震非线性元件建模等。

本书可供桥梁结构设计人员、规范编制人员, 以及高等院校相关专业的教师和学生参考。

责任编辑: 朱晓瑜

责任设计: 李志立

责任校对: 王宇枢 李美娜

Eurocode 桥梁混凝土结构设计

杨 春 张大伟 编著

贡金鑫 张文君 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京佳捷真科技发展有限公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 21 $\frac{3}{4}$ 字数: 541 千字

2016 年 7 月第一版 2016 年 7 月第一次印刷

定价: 49.00 元

ISBN 978-7-112-19473-5

(28727)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 序

桥梁建筑在人类文明发展史中占有重要的一页，中国桥梁建筑与技术曾经有过辉煌的业绩，我国古代的石桥和铁索桥都长时间占据世界领先地位。由隋朝匠师李春设计建造的赵州桥是当今世界上最古老的石拱桥，距今已传世 1400 余年。如今，中国从桥梁古国成为桥梁大国，并向桥梁强国迈进。据统计，世界上跨径最大的 10 座悬索桥我国占了 5 座，跨径最大的 10 座斜拉桥我国占了 6 座，跨径最大的 10 座拱桥我国占了 5 座。这些无不体现我国桥梁工程师的聪明智慧和敢于探索的勇气。

面对我国桥梁工程已经取得的巨大成就，我们该何去何从？这是我们桥梁工程界在不断思考的问题。作为国内众多设计院中的一员，上海浦东建筑设计研究院深刻认识到唯有创新才是驱动桥梁工程继续发展的动力，整个桥梁工程界才不会故步自封、裹足不前。浦东设计院一直秉持“砺炼品质，熔铸精华”的理念，坚持技术创新，不断吸纳国内外先进的结构设计理论和建造方法。着眼于国家制定的“一带一路”发展战略，我国同其他亚洲国家、欧洲以及非洲国家将开展大范围、深层次的合作交流，国内的设计院有更多机会开拓国际市场，但也面临更大的挑战。为了适应国家发展的需要，浦东设计院于 2015 年制定了“立足国内市场，探索国际市场”的企业规划，组织院内精英团队编写基于 Eurocode 的桥梁混凝土结构设计和桥梁钢结构设计两套专著。经过一年多的辛勤写作，姊妹篇之一的《Eurocode 桥梁混凝土结构设计》终于问世了，这是我国第一本介绍欧洲规范桥梁混凝土结构设计原理的书籍。毋庸置疑，这本书的出版有助于将我国桥梁设计技术提高到一个更高的水平，为推动我国的“一带一路”战略以及今后修订桥梁设计规范起到积极的作用。

杨春同志是年轻一代从事桥梁结构设计理论研究的中坚力量，他在攻读研究生期间就开始接触欧洲规范，长期以来对欧洲规范桥梁设计的原理和方法进行了深入的研究。在这次浦东设计院组织的编书工作中，杨春同志勇挑重担，同院内其他桥梁工程师一起利用业余时间翻阅了大量参考资料，将欧洲规范中桥梁混凝土结构设计原理的主要内容浓缩成本书。为了尽可能做到对欧洲规范内容的正确理解，特邀请大连理工大学贡金鑫教授对本书做了细致的审查。

在本书出版之际，谨向全体作者及中国建筑工业出版社有关工作者的辛勤付出和珍贵成果表示热烈祝贺，对贡金鑫教授的热情帮助表示衷心感谢。

王 伟

上海浦东建筑设计研究院有限公司总经理

2016 年 3 月 31 日

前 言

欧洲规范 (Eurocodes) 是当今土木工程领域最具影响力和权威性的国际标准。早在 1975 年, 欧洲共同体内部就在酝酿用一部欧洲的指导规范来协调、统一各成员国的规范。1980 年正式成立了混凝土结构欧洲规范的起草小组, 并于 1984 年颁布了第一本欧洲规范。1990 年欧洲标准化委员会 CEN/TC—250 成立了 9 个分委会, 分别负责结构荷载作用、混凝土结构、钢结构、组合结构、木结构、砌体结构、岩土、结构抗震和铝合金结构技术标准的制定。欧洲规范首先以试行标准 (ENV) 的名义公布, 在各成员国试行一段时间, 经过评议、讨论和修订, 于 2006 年颁布正式的欧洲规范 EN 1990~1999。截至 2010 年, 成员国的所有与欧洲规范相抵触的国家标准均被废除。如今, 欧洲规范不仅成为欧盟国家的官方标准, 也逐渐被许多非欧盟国家采用。

三十多年来, 我国的经济高速发展, 国家建设日新月异。传统的土木工程行业获得了技术积累和科研创新的良机, 在当前国家制定的“一带一路”战略引领下, 国内许多知名设计院由以前的技术输入型企业转变成技术输出型企业, 纷纷开始涉猎国际市场, 熟悉和掌握国际标准成为这些企业的当务之急。另外, 我国的建筑行业虽然有自己的规范体系, 但还有很多理论方法比较落后, 某些规范要求还不完善, 设计人员不得不参考国际标准。因此, 欧洲规范近年来受到了许多科研工作者和设计人员的关注。然而, 欧洲规范与我国规范在编排上的最大差别是没有条文说明, 这使得设计者在很多时候感到迷惑和费解。本书第一作者从 2008 年开始接触欧洲规范, 多年来结合自身工作, 对桥梁结构设计的相关内容做了深入研究, 掌握了欧洲规范的基本理论。为了使这套先进的规范早日被国内的桥梁技术人员理解和应用, 本书作者以桥梁混凝土结构设计为主线, 将欧洲规范的重点理论整理编撰, 并辅以大量算例, 形成本书。

编写本书的目的是让读者能够系统地认知欧洲规范, 因此本书内容并不局限于混凝土结构五种基本受力状态的设计, 而是涵盖了结构设计基础、桥梁结构上的作用、材料特性、结构分析、构件承载能力设计、正常使用验算、构造细节、地基基础设计、耐久性设计和抗震设计等内容。为了方便读者理解, 欧洲规范中的一些专业术语被替换成我国的习惯表述, 一些变量符号也参照我国规范作了相应的修改。

全书共 17 章和 1 个附录, 上海浦东建筑设计研究院有限公司杨春编写第 1~3、5、6、15、17 章和附录, 张大伟编写第 4、10~12、16 章, 孔令熙编写第 13、14 章, 上海河图工程股份有限公司梁田甜编写第 7~9 章。

本书在编写过程中得到了上海浦东建筑设计研究院有限公司张大伟总经理、凌宏伟院长的鼓励和支持。大连理工大学贡金鑫教授和浦东设计院张文君总工对本书进行了认真审阅, 提出了许多宝贵建议。浦东设计院张芳途、马晓刚等为本书做了全程的技术咨询和细心的校对。我的导师欧进萍院士充分认可和肯定了本书的编写工作。责任编辑朱晓瑜为本书的顺利出版做了大量工作。在此表示衷心感谢!

限于作者的学识和水平，书中难免存在一些谬误和不完善之处，恳请读者不吝指正，并将意见和建议反馈给作者（Email: yangchun4754@163.com），以供本书今后修订时参考。

目 录

杨 春

2016年1月于上海

1.1 绪论	1.1.1 绪论	1.1.2 绪论	1.1.3 绪论	1.1.4 绪论	1.1.5 绪论	1.1.6 绪论	1.1.7 绪论	1.1.8 绪论	1.1.9 绪论	1.1.10 绪论	1.1.11 绪论	1.1.12 绪论	1.1.13 绪论	1.1.14 绪论	1.1.15 绪论	1.1.16 绪论	1.1.17 绪论	1.1.18 绪论	1.1.19 绪论	1.1.20 绪论	1.1.21 绪论	1.1.22 绪论	1.1.23 绪论	1.1.24 绪论	1.1.25 绪论	1.1.26 绪论	1.1.27 绪论	1.1.28 绪论	1.1.29 绪论	1.1.30 绪论	1.1.31 绪论	1.1.32 绪论	1.1.33 绪论	1.1.34 绪论	1.1.35 绪论	1.1.36 绪论	1.1.37 绪论	1.1.38 绪论	1.1.39 绪论	1.1.40 绪论	1.1.41 绪论	1.1.42 绪论	1.1.43 绪论	1.1.44 绪论	1.1.45 绪论	1.1.46 绪论	1.1.47 绪论	1.1.48 绪论	1.1.49 绪论	1.1.50 绪论	1.1.51 绪论	1.1.52 绪论	1.1.53 绪论	1.1.54 绪论	1.1.55 绪论	1.1.56 绪论	1.1.57 绪论	1.1.58 绪论	1.1.59 绪论	1.1.60 绪论	1.1.61 绪论	1.1.62 绪论	1.1.63 绪论	1.1.64 绪论	1.1.65 绪论	1.1.66 绪论	1.1.67 绪论	1.1.68 绪论	1.1.69 绪论	1.1.70 绪论	1.1.71 绪论	1.1.72 绪论	1.1.73 绪论	1.1.74 绪论	1.1.75 绪论	1.1.76 绪论	1.1.77 绪论	1.1.78 绪论	1.1.79 绪论	1.1.80 绪论	1.1.81 绪论	1.1.82 绪论	1.1.83 绪论	1.1.84 绪论	1.1.85 绪论	1.1.86 绪论	1.1.87 绪论	1.1.88 绪论	1.1.89 绪论	1.1.90 绪论	1.1.91 绪论	1.1.92 绪论	1.1.93 绪论	1.1.94 绪论	1.1.95 绪论	1.1.96 绪论	1.1.97 绪论	1.1.98 绪论	1.1.99 绪论	1.1.100 绪论
--------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------

6

第 6 章 构件抗弯和抗压承载力	135
6.1 基本假定	135
6.2 混凝土受压区等效应力图	136
6.3 相对界限受压区高度	136
6.4 钢筋混凝土构件抗弯承载力	137
6.5 预应力混凝土构件抗弯承载力	144
6.6 钢筋混凝土构件轴心抗压承载力	147
6.7 钢筋混凝土偏心受压构件的正截面承载力	147
6.8 钢筋混凝土双向偏心受压构件的正截面承载力	153
第 7 章 构件抗剪承载力	154
7.1 计算截面	154
7.2 无腹筋构件抗剪承载力	154
7.3 有腹筋构件抗剪承载力	158
7.4 T 形截面腹板与翼缘交界面的剪切	162
7.5 构件施工缝的剪切	164
第 8 章 构件抗扭承载力	167
8.1 构件扭转类型	167
8.2 闭口薄壁截面抗扭承载力计算	168
8.3 开口截面抗扭承载力计算	171
8.4 翘曲扭转	173
第 9 章 构件抗冲切承载力	174
9.1 荷载分布和基本控制周长	174
9.2 冲切应力计算	176
9.3 无抗冲切钢筋板的抗冲切强度	178
9.4 有抗冲切钢筋板的抗冲切强度	180
9.5 桩基承台抗冲切验算截面	181
第 10 章 构件局部抗压与压杆—拉杆模型承载力	185
10.1 局部抗压承载力	185
10.2 压杆—拉杆模型的验算强度	187
10.3 按压杆—拉杆模型的设计方法	190
第 11 章 构件疲劳	195
11.1 疲劳应力幅	195
11.2 钢筋疲劳强度验算	198
11.3 混凝土疲劳强度验算	202
第 12 章 构件应力、裂缝与变形	205
12.1 应力控制	205
12.2 裂缝控制	207
12.3 温度与收缩裂缝控制	216

12.4 变形计算	216
第 13 章 钢筋和预应力筋的构造要求	227
13.1 钢筋间距	227
13.2 钢筋弯钩直径	227
13.3 纵向钢筋锚固	228
13.4 箍筋锚固	232
13.5 用焊接钢筋锚固	232
13.6 钢筋搭接	233
13.7 粗钢筋的附加规定	236
13.8 钢筋束	237
13.9 预应力筋	238
第 14 章 构件构造要求及特殊规定	242
14.1 钢筋混凝土梁	242
14.2 实心板	245
14.3 柱	246
14.4 深梁	247
14.5 基础	247
14.6 预应力混凝土梁	248
第 15 章 地基和基础设计	250
15.1 土工设计基础	250
15.2 浅基础	261
15.3 桩基础	273
第 16 章 耐久性设计	282
16.1 环境暴露等级	282
16.2 混凝土材料要求	284
16.3 混凝土保护层厚度	285
第 17 章 桥梁抗震设计	291
17.1 抗震性能要求与抗震结构体系	291
17.2 场地类别与地震作用	292
17.3 抗震概念设计	298
17.4 计算模型与分析方法	303
17.5 结构验算	316
17.6 构造设计	321
17.7 桥梁隔震设计	324
17.8 算例	330
附录 A 欧洲地面雪荷载标准值	336
参考文献	337

第1章 绪 论

欧洲规范 (Eurocodes) 是具有当代技术水平、系统性较强的一系列关于建筑设计、土木工程和建筑产品的欧洲标准。它们凝聚了欧洲各国的经验和研究成果, 以及欧洲标准技术委员会 CEN/TC—250 和国际科技与科学组织的专家意见, 对当今国际建筑业产生了重大影响。一些非欧盟国家参照欧洲规范, 修改或制定了本国规范, 另有一些国家正打算直接采用欧洲规范作为本国标准, 许多国际性的工程公司也推荐采用欧洲规范。

可见, 研究欧洲规范的最新体系不仅对我国土木工程行业的发展有重要的学习借鉴作用, 而且对实践“一带一路”发展战略、提升我国建筑企业的国际竞争力都有现实意义。

1.1 欧洲规范体系

1.1.1 欧洲规范的组成

1975 年, 为协调欧洲各国土木建筑方面的技术条件, 并消除统一市场内部贸易的技术壁垒, 欧洲经济共同体委员会决定在建筑、土木工程领域编制一套适用于欧洲工程结构的设计规范, 即欧洲规范 (Eurocodes, 简记为 EC)。1980 年, 开始在国际范围征询建筑法规的实施意见。1984 年, 颁布了第一部欧洲规范。1989 年, 欧共体颁布了《关于统一成员国建设产品的法律、法规和管理条例的指令》(89/106/EEC), 并决定由欧洲标准化委员会 (CEN) 下属的技术委员会 CEN/TC—250 来编制和出版欧洲规范。

在欧洲标准技术委员会 CEN/TC—250 的组织和协调下, 根据欧洲规范的规划又成立了 9 个分技术委员会。1990 年, 开始编制欧洲试行规范 (ENVs), 并自 1992 年起陆续出版 9 卷 57 分册的欧洲试行规范。并且明确指出, 试行规范只供试用并提交委员会讨论, 自开始试行之日起, 两年后还将邀请欧洲标准化委员会成员提交正式的评论以决定未来要进行的进一步工作。在经过一段时间的使用后, 1998 年, 逐步将试行规范 (ENVs) 转化为欧洲规范 (ENs, 若为标准草案则编号为 prEN)。2006 年欧洲规范最终形成 10 卷 58 分册, 并于 2010 年替代所有成员国的国家标准。

欧洲规范是一相互配套使用的土木工程结构设计规范, 这套规范具体由下面的规范组成 (每一规范又包括几个部分):

EN 1990 Eurocode 0: 《结构设计基础》;

EN 1991 Eurocode 1: 《结构上的作用》;

EN 1992 Eurocode 2: 《混凝土结构设计》;

EN 1993 Eurocode 3: 《钢结构设计》;

EN 1994 Eurocode 4: 《钢—混凝土组合结构设计》;

- EN 1995 Eurocode 5:《木结构设计》;
- EN 1996 Eurocode 6:《砌体结构设计》;
- EN 1997 Eurocode 7:《土工设计》;
- EN 1998 Eurocode 8:《结构抗震设计》;
- EN 1999 Eurocode 9:《铝合金结构设计》。

欧洲规范具有如下特点:

(1) 欧洲规范体系中, EN1990 为 EN1991~EN1999 的指导性文件, 就建筑物的安全性、适用性、健壮性、耐久性及防火要求为所有欧洲规范确立了设计的一般准则。EN1990 执行极限状态设计结合分项系数法的设计理念, 给出了作用及其组合, 建立了材料和结构的模型, 并提出了可靠性公式中的数值, 体现了创新性和灵活性。EN1991~EN1999 必须与 EN1990 一同使用, 一些特殊的结构(如核电站、大坝等)则在 EN1991~EN1999 的附加规定中加以考虑。图 1-1 给出了欧洲规范的结构体系和相互关系。

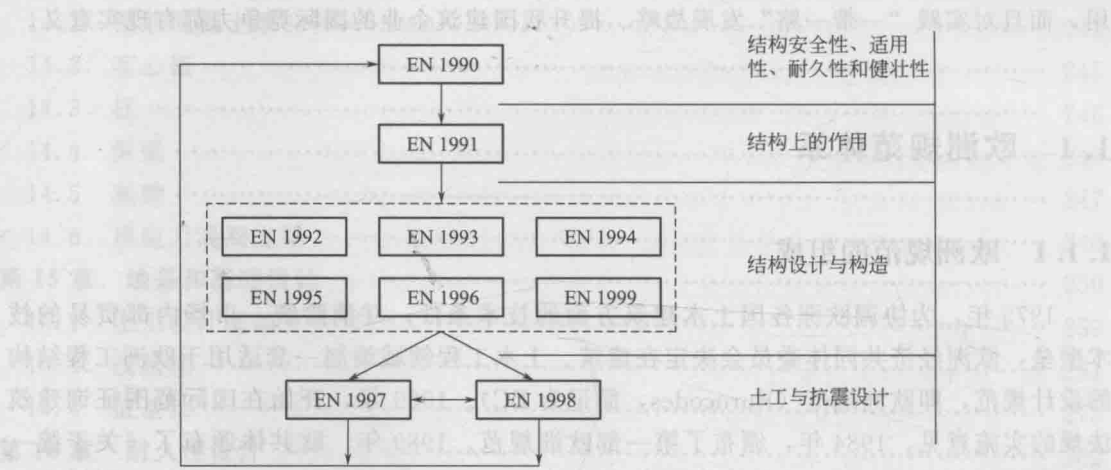


图 1-1 欧洲规范的结构体系与相互关系

(2) 欧洲规范条文分为“基本原则”和“应用规则”两类, 前者在条文序号后加标识“P”, 后者则无标识符。基本原则是指无选择、通用的定义和陈述, 以及不允许选择的分析模式和技术要求。应用规则是指满足基本原则要求、普遍认可的规则, 允许各成员国在欧洲规范给出的应用规则和与它不同的其他规则间来加以选择, 但后者必须满足基本原则, 即至少与欧盟指令 89/106/EEC 基本要求的相关规定及其解释性文件等效。

(3) 考虑到各成员国规范管理机构的责任, 国与国之间安全水平的不同, 保留各成员国根据他们的具体情况确定与安全有关的参数值的权利。国家附录为那些欧洲规范中留做待定、供成员国选择的参数和有关信息, 这些参数称为用来进行建筑和土木工程设计的国家参数, 包括: ①欧洲规范给出的可供选择的值或等级; ②在欧洲规范中只给出了符号的值; ③国家的专用数据(地理、气候等), 如雪压分布图; ④欧洲规范给出的可供选择的方法, 包括应用信息性附录和为帮助用户使用欧洲规范、无抵触的补充参考资料。

(4) 欧洲规范的附录包括“标准性的”和“信息性的”。“标准性的”具有与正文同等的效力, 而“信息性的”只是为国家或规范使用者提供有关的背景和资料, 国家有权不承

认信息性附录在本国得到认同。在这种情况下，相关的国家附录^①中必须明确不采纳信息性附录。如果被抵制的信息性附录内容出现在适当的国家文件中，那么在国家附录中的“非抵触补充信息”项下允许以此文件作参考。

1.1.2 桥梁混凝土结构设计相关规范

桥梁混凝土结构设计需用到 5 套欧洲规范，共 14 分册。各分册的中文名称和主要使用内容见表 1-1。

桥梁混凝土结构设计相关规范 表 1-1

规范名称	分册编号	中文名称/主要使用内容
Eurocode 0	EN 1990 : 2002	名称:结构设计基础; 内容:结构设计基础,包括结构安全性、耐久性和可靠性管理
	EN 1991-1-1 : 2002	名称:一般作用——建筑的材料重度、自重及施加的荷载; 内容:材料重度
	EN 1991-1-3 : 2003	名称:一般作用——雪荷载; 内容:雪荷载
	EN 1991-1-4 : 2005	名称:一般作用——风荷载; 内容:风荷载
Eurocode 1	EN 1991-1-5 : 2003	名称:一般作用——温度作用; 内容:温度作用
	EN 1991-1-6 : 2005	名称:一般作用——施工期荷载; 内容:桥梁施工期荷载
	EN 1991-1-7 : 2006	名称:一般作用——偶然荷载; 内容:偶然荷载,包括车辆撞击和船舶撞击
	EN 1991-2 : 2003	名称:桥梁交通荷载; 内容:交通荷载,包括公路桥梁、人行桥梁的交通荷载
Eurocode 2	EN 1992-1-1 : 2004	名称:混凝土结构设计的一般规定及建筑的准则; 内容:混凝土结构设计一般原理和混凝土耐久性
	EN 1992-2 : 2005	名称:桥梁混凝土结构与细部规定; 内容:桥梁混凝土结构设计原则和细部规定,配合 EN 1992-1-1 : 2004 使用
Eurocode 7	EN 1997-1 : 2004	名称:土工设计的一般规定; 内容:土工设计一般原理,包括地基和基础设计
Eurocode 8	EN 1998-1 : 2004	名称:结构抗震设计的一般规定及建筑的地震作用与准则; 内容:抗震设计一般原则及场地类别、地震作用
	EN 1998-2 : 2005	名称:桥梁结构抗震设计; 内容:桥梁抗震设计原理,包括延性、有限延性性能设计和桥梁隔震设计
	EN 1998-5 : 2004	名称:结构抗震设计的基础、挡土结构及其土工问题; 内容:桩土相互作用的等效刚度

注：本书后文讲到的欧洲规范均用其编号表示。

① 国家附录为某成员国将欧洲规范转化成本国的国家标准时，附加在欧洲规范全文之后的附录，内容主要为该成员国根据本国结构安全度而设定的国家参数值。

1.2 重要概念术语

1. 结构体系 structural system

建筑或土木工程结构中的所有受力构件及其工作的方式。

2. 结构模型 structural model

用于计算分析、设计和验算等的理想化结构体系。

3. 极限状态 limit states

结构或构件超过某一特定状态就不能满足某一预定功能要求，此特定状态为该功能的极限状态。

4. 承载能力极限状态 ultimate limit states

对应于结构倒塌或其他类似结构失效形式的极限状态。

5. 正常使用极限状态 serviceability limit states

结构或构件不再满足某一设计使用功能时对应的特定状态。

6. 可逆正常使用极限状态 reversible serviceability limit states

当导致结构或构件使用功能丧失的外部作用移除后，已失去的使用功能可以恢复，与之相应的正常使用极限状态。

7. 不可逆正常使用极限状态 irreversible serviceability limit states

当导致结构或构件使用功能丧失的外部作用移除后，已失去的使用功能不能恢复，与之相应的正常使用极限状态。

8. 设计准则 design criterion

用于描述满足极限状态条件的量化公式。

9. 使用准则 serviceability criterion

用于正常使用极限状态的设计准则。

10. 设计使用年限 design working life

结构或构件不需进行大修即可按其预定功能使用的年限。

11. 设计状况 design situations

代表一定时段内所有实际情况的一组设计条件，设计时必须做到结构在该时段内不超过有关的极限状态。

12. 持久设计状况 persistent design situation

设计持续期与结构设计使用年限同一数量级的设计状况。

13. 短暂设计状况 transient design situation

设计持续期远小于结构设计使用年限，且出现概率较大的设计状况。

14. 偶然设计状况 accidental design situation

设计持续期很短，且出现概率很小的设计状况。

15. 地震设计状况 seismic design situation

结构遭受地震作用时的设计状况。

16. 荷载工况 load case

为特定的验算目的，一组同时考虑的由永久作用、可变作用组成的某种相容荷载布置以及变形和几何偏差。

17. 抗力 resistance

在不出现力学破坏的情况下, 结构、构件或构件截面承受作用效应的能力。

18. 可靠性 reliability

结构在设计使用年限内, 在规定条件(安全、适用、耐久)下, 完成预定功能的能力。

19. 可靠度 degree of reliability

结构在设计使用年限内, 在规定条件(安全、适用、耐久)下, 完成预定功能的概率。

20. 基本变量 basic variable

用于表征荷载作用、环境影响、材料特性和几何参数等物理量的一组指定变量。

21. 设计基准期 design reference period

用于评估可变作用的统计特征和偶然作用出现的可能性而选用的时间参数。

22. 作用 action

施加在结构上的力(直接作用)和引起结构变形或振动的原因(间接作用)。

23. 作用效应 effect of action

由作用引起的结构或构件的反应。

24. 永久作用 permanent action

在所考虑的基准期内始终存在且量值变化可忽略不计, 或其变化是单调的并趋于某个限值的作用。

25. 可变作用 variable action

在设计基准期内量值变化既不能忽略也不呈单调变化的作用。

26. 偶然作用 accidental action

在结构设计使用年限内不一定出现, 而一旦出现其量值很大, 且持续期很短的作用。

27. 地震作用 earthquake action

地面运动对结构产生的作用。

28. 土工作用 geotechnical action

由岩土、填土或地下水传递到结构的作用。

29. 静力作用 static action

使结构或构件产生的加速度可以忽略不计的作用。

30. 动力作用 dynamic action

使结构或构件产生显著加速度的作用。

31. 准静力作用 quasi-static action

动力作用按某种等效原则转化而成的静力作用。

32. 作用的标准值 characteristic value of an action

作用的主要代表值, 一般取设计基准期内作用的统计概率分布的某一分位值。

33. 可变作用的组合值 combination value of a variable action

使组合后的作用效应在设计基准期内的超越概率, 与该作用单独出现时其标准值作用效应的超越概率趋于一致的作用值。

34. 可变作用的频遇值 frequent value of a variable action

在设计基准期内, 超越的总时间与设计基准期之比为一较小的规定比例, 或超越频率为一较小的规定频率的作用值。

35. 可变作用的准永久值 quasi-permanent value of a variable action
在设计基准期内, 超越的总时间占设计基准期的比例较大的作用值。
36. 可变作用的伴随值 accompanying value of a variable action
在作用组合中, 伴随主导作用的可变作用值。可变作用的伴随值可以是组合值、频遇值或准永久值。
37. 作用的代表值 representative value of an action
极限状态设计所采用的作用值。代表值可以是作用的标准值或伴随值。
38. 作用的设计值 design value of an action
作用的代表值与作用分项系数相乘所得的作用值。
39. 作用组合 combination of actions
在不同作用的同时影响下, 为验证结构在某一极限状态下的可靠度而采用的一组作用设计值。
40. 名义值 nominal value
用非统计方法确定的值。
41. 材料特性的标准值 characteristic value of a material
材料特性统计概率分布的某一分位值或材料特性的名义值。
42. 材料特性的设计值 design value of a material
材料特性的标准值除以材料特性分项系数所得的值。
43. 材料特性的名义值 nominal value of a material
根据某些适当的标准法规 (如 European Standard 或 European Prestandard) 建立而作为标准值的材料特性值。
44. 几何特征的标准值 characteristic value of a geometrical property
设计规定的几何特征名义值或几何特征统计概率分布的某一分位值。
45. 几何特征的设计值 design value of a geometrical property
一般取标准值, 或者取几何特征统计概率分布的某一分位值。
46. 一阶线弹性分析 first order linear-elastic analysis
基于线性应力-应变关系或弯矩-曲率关系, 对结构的初始几何形体采用的弹性理论分析方法。
47. 有重分布的一阶线弹性分析 first order linear-elastic analysis with redistribution
结构设计中对内力进行调整的一阶线弹性分析, 与结构的外部作用协调, 不做明确的转动能力计算的结构分析。
48. 二阶线弹性分析 second order linear-elastic analysis
基于线性应力-应变关系, 对已变形的结构几何形体采用的弹性理论分析方法。
49. 一阶非线性分析 first order non-linear analysis
采用材料的非线性变形关系, 对结构的初始几何形体进行的结构分析。
50. 二阶非线性分析 second order non-linear analysis
采用材料的非线性变形关系, 对已变形的结构几何形体进行的结构分析。
51. 一阶理想弹塑性分析 first order elastic-perfectly plastic analysis
基于线弹性阶段和随后的无硬化阶段构成的弯矩-曲率关系, 对结构的初始几何形体

进行的结构分析。

52. 二阶理想弹塑性分析 second order elastic-perfectly plastic analysis

基于线弹性阶段和随后的无硬化阶段构成的弯矩-曲率关系,对已变形的结构几何形体进行的结构分析。

53. 弹塑性分析 elasto-plastic analysis

基于线弹性阶段和随后的硬化阶段构成的应力-应变关系或弯矩-曲率关系的结构分析。

54. 刚塑性分析 rigid plastic analysis

假定弯矩-曲率关系为无弹性变形和无硬化阶段,对结构的初始几何形体采用极限分析理论直接确定其极限承载力的结构分析。

55. 地面雪荷载标准值 characteristic value of snow load on the ground

年超越概率为 0.02 的地面雪荷载。

56. 罕遇地面雪荷载 exceptional snow load on the ground

罕遇降雪形成的地面雪荷载。

57. 原始基本风速 fundamental basic wind velocity

空旷平坦地面 10m 高度处,不计风向,年超越概率为 0.02 的 10min 平均风速的年最大值。

58. 基本风速 basic wind velocity

经风向因子和季节性因子修正后的原始基本风速。

59. 平均风速 mean wind velocity

经地面粗糙度因子和地形因子修正后的基本风速。

60. 气温 shade air temperature

在标准百叶箱内测量所得按小时定时记录的温度。

61. 最高气温 maximum shade air temperature

年超越概率为 0.02 的年最高气温值。

62. 最低气温 minimum shade air temperature

年超越概率为 0.02 的年最低气温值。

63. 性能因子 behavior factor

结构抗震设计时,为了简化地获取由结构材料、结构体系和设计方法引起的结构非线性响应,对线性理论分析结果的折减因子。

64. 能力设计方法 capacity design method

通过选择部分构件进行合理设计、合理构造,使其可以消耗大量的变形能量,而其余构件提供足够的强度以确保耗能构件持续耗能的一种抗震设计方法。

1.3 主要符号说明

1.3.1 与作用和作用效应有关的符号

a_g ——设计地面加速度;

d_{set} ——基础不均匀沉降量;

- Δd_{set} ——基础不均匀沉降的不确定性附加量;
 d_u ——极限位移;
 d_y ——屈服位移;
 F ——作用;
 F_{Ad} ——偶然作用设计值;
 F_d ——作用设计值;
 F_{Ed} ——地震作用设计值;
 F_{Ek} ——地震作用标准值;
 F_{fr} ——风荷载摩擦力;
 F_k ——作用标准值;
 F_{rep} ——作用代表值;
 F_w ——风荷载;
 F_{wk} ——风荷载标准值;
 F_w^* ——车辆荷载同时参与组合情况下的主梁横向风荷载组合值的上限值;
 G ——永久作用;
 G_d ——永久作用设计值;
 $G_{d,\text{inf}}$ ——永久作用下限设计值;
 $G_{d,\text{sup}}$ ——永久作用上限设计值;
 $G_{d,\text{dst}}$ ——抗浮验算的非稳定永久作用设计值;
 $G_{d,\text{stb}}$ ——抗浮验算的稳定永久作用设计值;
 G_k ——永久作用标准值;
 G_{set} ——不均匀沉降导致的永久作用;
 M_0 ——超强弯矩;
 M_d ——弯矩设计值;
 M_{cr} ——混凝土构件的开裂弯矩;
 N_d ——构件轴力设计值(拉力或压力);
 P ——预应力作用代表值;
 P_d ——预应力作用设计值;
 P_k ——预应力作用标准值;
 P_m ——预应力作用平均值;
 Q ——可变作用;
 Q_d ——可变作用设计值;
 Q_k ——可变作用标准值;
 $Q_{d,\text{dst}}$ ——抗浮验算的非稳定可变作用设计值;
 Q_{fat} ——车辆疲劳荷载;
 Q_{nk} ——公路桥梁荷载模型 LM2 的轴载标准值;
 Q_{ik} ——公路桥梁名义车道上荷载模型 LM1 的轴载标准值;
 Q_{lk} ——公路桥梁纵向水平力(制动力和加速度力)标准值;
 Q_{tk} ——公路桥梁横向水平力或离心力标准值;