

欧洲岩土工程设计规范 Eurocode7 简介

陈立宏

(北京交通大学土木建筑工程学院, 北京 100044)

摘 要: 基于极限状态设计的欧洲岩土工程设计规范包含了几乎所有欧洲国家最新的信息和最顶尖专家的意见, 代表了当前的最高水平。它的出现极大地促进了欧盟内部的技术交流, 影响着世界各国的岩土工程设计理念与规范。为了增加对欧洲规范的了解, 简要介绍了欧洲规范的发展过程和岩土工程设计规范的特点。

关键词: 欧洲规范; 极限状态; 分项系数

中图分类号: TU4

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 4548(2009)01 - 0135 - 04

作者简介: 陈立宏(1975 -), 男, 浙江桐庐人, 副教授, 从事岩土工程研究与教学。E-mail: lhchen@bjtu.edu.cn。

Introduction to geotechnical design code: Eurocode 7

CHEN Li-hong

(School of Civil Engineering Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: Eurocodes have been set up based on the latest information from almost all countries of the European Union and suggestions from the best professionals. The main philosophy of Eurocodes is the limit state design. The issue of Eurocodes encourages the intercommunication in the European Union and makes much benefit for the construction industry. The worldwide design methods and codes are influenced. To know more about the Eurocodes, the establishment of Eurocodes and the features of Eurocode 7 are introduced.

Key words: Eurocode; limit state; partial factor

0 引 言

经过几十年的发展, 极限状态理论在结构设计中的应用越来越广泛, 许多规范也从工作应力设计方法转向极限状态设计方法。近年来欧洲结构设计规范的发布和基于性能设计理论的出现更是促进了世界上规范升级和修订的热潮。国际标准组织 ISO 也在讨论将欧洲规范采用为国际标准的可能性。中国已经加入世界贸易组织 (WTO), 在全球化进程下, 如果 ISO 标准成为 WTO 成员国的强制标准, 那么我国各种结构设计技术规范也可能需要与 ISO 标准保持一致。在美国科学院关于岩土工程中风险分析的可靠度方法的报告中就提到: “……在标准规范的发展中通常会涉及到岩土工程界, 可能要求在岩土工程中使用概率论方法。如果在本国标准规范的发展失败, 就可能导致采用国外岩土工程的设计方法和标准代替的局面”^[1]。

1 欧洲结构规范发展简史及主要特点

1.1 欧洲结构规范的发展过程

欧洲结构规范 (Structural Eurocodes) 的制定工作始于 20 世纪 70 年代初期, 实行欧洲规范的主要目的

在于提供统一的规范替代现有的不同国家的标准, 提供一致的设计准则和方法, 促进欧盟内部的交流, 提高欧洲建筑业的全球竞争力。1989 年总部设在布鲁塞尔的欧洲标准化委员会 (CEN) 开始主持欧洲规范的工作。其中 CEN/TC250 委员会负责目前欧洲结构规范 (Structural Eurocodes) 的制订工作, 秘书处设在英国标准研究院 (BSI)。

CEN 提供的规范分为试行规范 (ENV) 和正式规范 (EN) 两种类型。正式规范 (EN) 需成员国国家投票同意后才能颁布执行, 试行标准 (ENV) 则不需要。从 1991 年~1998 年发行了欧洲结构规范各部分的试行版本 ENV。此后许多部分的正式规范也陆续发行。根据 2002 年欧盟协会设定的时间表, 当 CEN 发布 Eurocode 的正式版本 EN 后 (CEN 发布三种语言的版本, 英文版、法文版和德文版, 对于非英语、法语或德语国家, 需要在不到 1 a 时间内将 Eurocode 翻译成本国语言), 各个国家在 2 a 时间内 (这段时间被称为

基金项目: 水利部公益性行业科研专项项目 (1260941006)

收稿日期: 2007 - 11 - 14

国家标定期) 标定各自的相关设计标准, 准备各自的国家附录, 附录中提供使用欧洲规范所需的各种分项系数或者其它系数 (这些系数称为国家确定参数, NDPs)。在 2 a 末, 每个国家将欧洲正文和各自的国家附录一起作为国家标准发布。随后的 3 a 是一个标准共存期, 设计中可采用原有的国家标准或者欧洲规范。3 a 后, 也就是欧洲规范正式版发布 5 a 后, 各个国家的标准将完全由欧洲规范代替^[2-3]。

通过三十多年的工作, 欧洲结构规范的制订现已进入最后阶段。大部分规范或规范的一部分已经通过投票成为正式规范 (EN)。目前主要进行的工作是将试行规范 (ENV) 转变成正式规范 (EN), 以及各个国家根据正式规范的正文编制各自国家附录的工作。

1.2 欧洲规范的组成与特点

如表 1 所示, 欧洲结构规范共包括编号为 EN1990~EN1999 的 10 个规范。其中 EN1990 是结构设计基本原理, EN1991 是结构上的作用。EN1992~EN1996, EN1999 分别是混凝土结构、钢结构、钢筋混凝土结构、木结构、砖石结构设计规范和铝合金结构设计规范, 这些都是和材料有关的规范。EN1997 是岩土工程结构设计规范, EN1998 是结构抗震设计规范。除了 EN1990 外, 其它 9 个规范按照编号的最后一个数字分别被称为 Eurocode 1~Eurocode 9。这 10 个规范涵盖了结构设计基本理论、各种材料的设计、结构抗震等各个方面。每本规范又分为若干分部, 包括基本规则、房屋建筑和桥梁等不同方面, 共计 58 个分部。

EN1990: 结构设计基础是欧洲结构规范纲领性的文件, 包含了规范几乎所有的新思想。在 1994 年发布的试行规范中, EN1990 只是 ENV1991: 结构设计基础和结构上的作用的第一部分。1997 年将 ENV1991 分成两个部分, EN1990 Eurocode—Basis of structural design 和 EN1991 Eurocode 1: Actions on structures, 并将 Eurocode 2~7 和 Eurocode 9 中间与材料无关的

条款剥离出来都放到 EN1990 中, 这使得 EN1990 成为了一部与材料无关的、涵盖了极限状态验算、设计标准值等极限状态设计基础的规范。它既对欧洲结构规范其它各篇中的荷载、荷载组合、分项系数的制定有指导意义, 也对其它各部分的制定有指导作用^[4]。

1.3 国家附录和 NDPs

欧盟各国的欧洲结构规范是由本国的国家标准单位, 而非 CEN 发布。各国的欧洲规范由国家标准名称页、国家前言、CEN 发布的欧洲规范的所有内容 (不得更改), 以及国家附录组成。由于不同国家或地区的地质条件、气候条件不同, 防护要求和对安全性、耐久性等方面的要求也不同, 这些因素均应在国家附录中加以考虑。

NDPs 是各国根据实际情况确定某些设计所需的分项系数等数值、计算方法等, 主要包括以下 4 部分的内容: ①用于替换欧洲规范提供的备选值的数值和/或分类; ②用于给欧洲规范中没有提供具体数值的符号赋值的数值; ③国家特定的数据, 包括地质、地形、气候; ④用于替换欧洲提供的备用程序的程序。

这样每个国家都有符合本国实际的独一无二的国家规范, 在不同的国家进行土木工程必须使用该国的国家规范。

2 Eurocode 7

2.1 概述

Eurocode 7 是欧洲岩土工程结构设计规范, 其中的第一部分: 基本规定 (Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules) 已于 2004 年 4 月获得正式投票通过^[5], 第二部分工程勘察和测试 (Eurocode 7: Geotechnical design - Part 2, Ground investigation and testing) 目前也已正式发布。

表 2 给出了 Eurocode 7 第一部分的章节安排, 包

表 1 欧洲规范的组成

Table 1 Components of Eurocodes

编号	代号	名称	分部数	中文名称
EN1990	Eurocode	Basis of structure design	1	结构设计基础
EN1991	Eurocode 1	Actions on structures	10	结构上的作用
EN1992	Eurocode 2	Design of concrete structures	4	混凝土结构设计规范
EN1993	Eurocode 3	Design of steel structures	20	钢结构设计规范
EN1994	Eurocode 4	Design of composite steel and concrete structures	3	钢筋混凝土结构设计规范
EN1995	Eurocode 5	Design of timber structures	3	木结构设计规范
EN1996	Eurocode 6	Design of masonry structures	4	砖石结构设计规范
EN1997	Eurocode 7	Geotechnical design	2	岩土工程结构设计规范
EN1998	Eurocode 8	Design of structures for earthquake resistance.	6	结构抗震设计规范
EN1999	Eurocode 9	Design of aluminum alloy structures	5	铝合金结构设计规范

表 2 Eurocode 7 的章节安排
Table 2 Contents of Eurocode 7

节号	英文名称	中文名称	总页数
	Foreword	前言	5
1	General	总则	5
2	Basis of geotechnical design	岩土设计基础	18
3	Geotechnical data	岩土数据	12
4	Supervision of construction, monitoring and maintenance	施工监理、监测和维护	6
5	Fill, dewatering, ground improvement and reinforcement	填筑、降水、地基加固和加筋	7
6	Spread foundations	条形基础	10
7	Pile foundations	桩基础	22
8	Anchorage	锚	7
9	Retaining structures	挡土结构	13
10	Hydraulic failure	水力失效	7
11	Overall stability	整体稳定性	7
12	Embankments	土石坝	4
附录A	Partial and correlation factors for ULS states and recommended values	ULS状态的分项系数和相关系数以及推荐的数值	11
附录B	Background information on partial factors for Design Approaches 1,2 and 3	设计方法1, 2, 3的分项系数的背景知识	4
附录C	Sample procedures to determine limit values of earth pressures on vertical walls	直墙上土压力极值确定的过程示例	6
附录D	A sample analytical method for bearing resistance calculation	承载力计算的分析方法示例	5
附录E	A sample semi-empirical method for bearing resistance estimation	承载力估计的半经验方法示例	2
附录F	Sample methods for settlement evaluation	沉降估计方法示例	3
附录G	A sample method for deriving presumed bearing resistance for spread foundations on rock	推导岩基上条形基础承载力的方法示例	3
附录H	Limiting values of structural deformation and foundation movement	结构变形和基础位移的极限值	3
附录I	Checklist for construction supervision and performance monitoring	施工监理和监测的检查表	2

表 3 岩土工程分类和相关要求

Table 3 Category of geotechnical engineering and requirements			
分类	GC1	GC2	GC3
灾害	低	中	高
易损性	低	中	高
风险	可忽略	中	高
需要的专业程度	具有足够经验的人员	合格的专业人员	经验丰富的岩土工程专家
岩土勘察	定性调查, 包括探坑	常规调查, 钻孔、室内和现场试验	附加详细的调查和室内试验
结构示例	简单的低层建筑; 农用房屋; 不超过 2m 的开挖支护、挡土墙	常规的条形基础、桩基; 挡土结构; 桥墩; 土石坝; 支护系统; 硬岩中的隧道	非常大型的建筑物; 大桥; 深开挖; 软土上的坝; 软土或高透水地层中的隧道;
设计要求	有足够的经验表明风险可忽略时	定性的岩土数据和分析确保满足基本要求	使用 Eurocode 7 中的有关规定和标准
设计过程	按常规方法设计	常规设计和执行	

括 12 篇正文和 9 篇附录。Eurocode 7 主要集中于设计原理和设计中要考虑的主要因素，正文中比较少涉及具体计算方法。说明性（informative）附录中给出的计算公式和图表等用于参考，并非是规范强制要求的。

2.2 岩土工程分类

Eurocode 7 根据岩土工程问题的复杂性程度和易损性将岩土工程的风险大小分为低、中、高 3 级，从而将岩土工程问题分为 GC1、GC2 和 GC3 三类，如表 3 所示。基于这一分类模式，提出了不同类别岩土工程问题所需的人员、勘察、设计程序等方面的要求。但是这一分类并非强制性条文，是可选的。

2.3 极限状态验算

Eurocode 7 的主要设计思想是极限状态设计，这在 EN1990 结构设计基础中表述得十分清楚。规范中要求明确区分承载力极限状态（ULS）和正常使用极限状态（SLS），使用不同的计算来验算 ULS 和 SLS。而传统的岩土工程设计通常对于 ULS 和 SLS 使用同样的破坏分析计算，只是使用大的全局安全系数来限制变形，从而满足 SLS 要求。

对于正常使用极限状态，Eurocode 7 沿用了 EN1990 的规定，即验算时，分项系数取 1.0。

对于承载能力极限状态，为了适应不同的情况，Eurocode 7 采用 DA1、DA2 和 DA3（DA 是 Design Approach 的缩写）3 种不同的分项系数设计方法。每

种设计方法涉及 3 组不同的分项系数, 分别是作用的 (组 A), 岩土材料参数的 (组 M) 和抗力的 (组 R)。如果岩土材料参数的分项系数大于 1, 那么抗力的系数就等于 1, 反之亦然。这样只对岩土材料参数或抗力应用分项系数, 而不是同时应用。

DA1 是材料分项系数法, 将分项系数应用于材料参数和作用上, 它有两组不同的分项系数, 一组 (DA1.C1) 适用于作用不确定性控制设计的情况, 另一组 (DA1.C2) 适用于土的工程性质不确定性控制设计的情况。DA2 是荷载抗力分项系数法, 即分项系数应用于作用和抗力上, 而非材料性能上。DA3 也是材料分项系数法, 但是与 DA1 不同, 只采用了一组分项系数。

DA2 的优点在于分项系数作用于荷载和抗力上, 与传统的使用全局安全系数的方法相似。缺点在于不同的结构形式、破坏模式可能需要不同的分项系数。DA1 和 DA3 的优点在于只需要一套分项系数直接应用于土体特性。缺点是由于土体强烈的非线性, 应用分项系数折减后的土体参数进行计算可能与进行标定时的基础出入较大。

目前英国和丹麦使用 DA1; 德国在基础设计中使用 DA2, 而边坡设计中使用 DA3; 法国采用 DA2, 有些情况下也采用 DA3; 其它有些一些国家允许使用所有的方法。

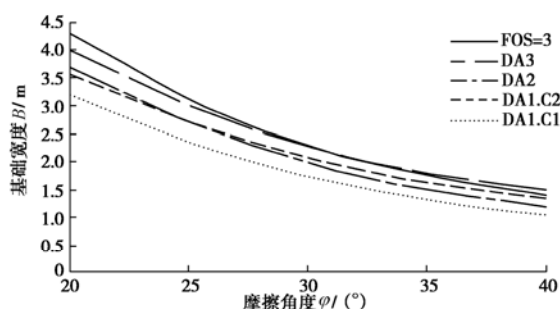


图 1 不同设计方法计算的基础宽度与土体摩擦角的关系^[8]

Fig. 1 Curves of foundation width calculated by different methods and soil friction angle^[8]

2005 年 3 月底, 在爱尔兰的都柏林召开了一个评估 Eurocode 7 使用情况的研讨会。针对 10 个工程例子, 其中 2 个条形基础、2 个桩基础, 3 个挡土墙, 2 个水力破坏, 1 个软土上的路基, 会议收到来自各个国家的解答。结果出现了较大的离散, 但是根据分析,

结果出现差异的主要原因在于使用了不同的计算模型和假设, 而不是计算方法或者对 Eurocode 7 理解的不同所导致的^[6-7]。Orr 等^[8]曾对该次讨论会中的一个条形基础实例重新应用 Eurocode 7 中不同设计方法计算, 计算结果如图 1 所示, 从结果看 DA3 与安全系数法结果十分接近。DA1 和 DA2 的结果基本相同 (由于 DA1 中控制组合是第二种, 因此应采用 DA1.C2 的结果, 此处 DA1.C1 的结果仅做比较)。

3 结 语

Eurocode 7 的发布是岩土工程界的一件大事, 对极限状态设计方法的发展和各个国家与地区的岩土工程设计规范都有着重要的影响。Eurocode 包含了几乎所有欧洲国家最新的信息和最顶尖专家的意见。它的出现极大地促进了欧盟内部的技术交流, 加速了各国从工作应力设计向极限状态设计的转化。希望本文对欧洲规范的简要介绍能起到抛砖引玉的作用, 更多的有识之士来共同关注欧洲规范及其带来的影响。

参考文献:

- [1] National Aladeng of Scierces. Committee on reliability methods for risk mitigation in geotechnical engineering[R]. Washington: National Aladeng of Scierces, 1995.
- [2] GULVANESEAN H. EN1990: basis of structural design[J]. ICE Civil Engineering, 2001, 144(12): 8 - 13.
- [3] BOND A. Euro Code 7 is coming[EB/OL]. <http://www.geocentrix.co.uk/lectures/index.html>, 2006.
- [4] EN 1990: 2002 Eurocode: basis of structural design[S]. 2002.
- [5] EN1997-1 Eurocode 7: geotechnical design - part 1: general rules[S]. 2005.
- [6] ORR T L L. Progress towards harmonized geotechnical design in Europe[J]. Geotechnical Special Publication, 2006(153): 59 - 66.
- [7] ORR T L L. Development and implementation of Eurocode 7[C]// International Symposium on New Generation Design Codes for Geotechnical Engineering Practice, Taipei, 2006.
- [8] ORR T L L, ERIC R F. Geotechnical design to Eurocode 7[M]. London: Springer, 1999.