

摘要

工程计算是对现实世界的一种近似，不可避免地会引入不确定性。因此，在结构设计和评估中，有必要考虑不确定性开展可靠度校核。目前基于概率论的分项系数被广泛应用于结构设计规范的结构可靠度校核条文中。伴随着工程知识技术的发展，安全系数也需要相应地标定和更新。

对于钢筋混凝土结构，随着非线性结构抗力分析方法（例如基于应变的抗力分析和非线性有限元分析等数值方法）的广泛使用和新材料的应用，安全系数系统标定面临着一些新的挑战。本项研究在分项安全系数的框架体系内研究了以下几个问题：

本论文的第一部分，针对隐式的非线性结构分析模型中多重失效模式的影响，首先研究了经典钢筋混凝土结构抗力分项系数标定过程中所采用的简化和假设的适用性。基于不同尺度结构承载力（截面、构件和体系）的可靠度案例分析表明，应用于材料强度变量的分项系数可以实现有效的可靠度校核，并且不受材料不确定性引发的多重失效模式的影响。

本论文的第二部分，以基于“临界斜裂缝理论（CSCT）”的冲切抗剪模型为例，研究了基于应变的抗力分析方法的模型不确定性特点。结果表明，对此类模型，抗力解的总模型不确定性可被视为子模型不确定性的结果；而总模型的不确定性可能小于子模型的不确定性；他们之间的关系取决于总模型与子模型之间的敏感性关系。针对这一特点，提出了两种适用于基于应变的抗力模型的分项系数体系。此外，本研究还阐明了第二代欧洲混凝土结构设计规范中针对新结构设计和既有结构评估的冲切抗剪模型分项安全系数之间的关系。

本论文的最后一部分研究了脆性结构的安全系数标定问题。以织物增强混凝土结构（TRC）抗弯分析的分项安全系数为例，研究了脆性结构体系的内力分析模型的不确定性特点及其对此类结构的可靠度与安全系数的影响。

本文研究表明，对基本不确定性（材料，几何尺寸和模型不确定性）合理概率建模是有效标定分项系数基础，而基本不确定性的概率建模则需要基于对结构承载机制的全面认知。在此基础上，无论对于经典的显式设计公式还是更为复杂的非线性结构抗力分析方法而言，由施加于主导的不确定性上的分项系数组成的分项安全系数体系都是一项有效的结构可靠度验核手段。

关键词：钢筋混凝土结构，可靠度分析，分项安全系数体系，指数敏感性分析，非线性分析，多重失效模式，基于应变的结构抗力分析，模型不确定性量化，贝叶斯推断，脆性结构体系，织物增强混凝土。