地基承载力的模糊可靠度分析 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/449/2021_2022__E5_9C_B0_E5_9F_BA_E6_89_BF_E8_c58_449567.htm 1 引言 我国现行规范是利用地基容许承载力进行基础及地基设计,所采用的容许承载力是利用极限承载力除以定值安全系数而得到的,即所谓的定值安全系数法。在计算极限承载力时使用了传统的定值分析模式,没有考虑各个参数的变异性对极限承载力的影响。即使在强度计算时取用的安全系数来考虑包括参数变异在内的所有不利因素的影响又缺乏一定的科学依据,本质上仍属于定值分析的范畴。事实上,由于各种复杂因素的影响,岩土参数的不确定性不可避免,所以用考虑影响地基稳定的各随机变量的变异性,并用严格的概率来度量安全度,用可靠度理论对地基稳定进行分析更符合实际。 概率分析是针对随机事件发生的可能性而言,但事件本身的含义明确。当事件本身的含义具有模糊性,对事件发生与否可能性的描述则用模糊概率的分析方法。就地基的稳定性而言,失稳和稳定本身就是带有一定模糊性的事件,在二者之间存在一个模糊过渡区。本文视地基失稳为一模糊概率事件,利用概率理论与模糊数学建立分析地基失稳的方法及其相应的隶属函数,并对安全系数与模糊可靠度之间的关系作进一步的分析。 2 模糊概率的基本概念及其模糊可靠度 工程问题的数学模型通常可分为三种:背景对象具有确定性或固定性,且对象又具有必然关系的确定性模型；背景对象具有或然性或随机性的随机性模型；背景对象及其关系均具有模糊性的模糊数学模型。工程中传统的定值分析属于确定性模型,它以定值参数及定值安全系数来衡量工程的安全度。

工程中目前使用较多的概率分析法是第二类随机数学模型,它以可靠度作为工程安全的评价标准,从而比定值安全系数法显得更加合理。如果既考虑事件的随机性,又考虑事件的模糊性,则对事件的描述更加科学,此时的评价标准就是模糊失效概率或模糊可靠度。 由模糊数学理论可知,如果模糊事件A在区域X上的隶属函数为u,则该模糊事件的概率为: P(A)＝∫Xua（x）．f（x）dx （1） 式中 f为X的概率密度函数若区域X是离散区域,则 P(A)＝1ua（x）P（xi） （2） 则模糊可靠度为: β＝Φ－1（1－Pf） （3） 3 地基失稳的模糊性及其隶属函数的确定 进行地基模糊可靠度分析前,首先要建立地基稳定的极限状态方程。以综合随机变量表示的极限状态方程为: g＝fu－s （4） 式中 fu为地基的极限承载力,s为作用于基础底面的点荷载效应,等于恒载与活载之和,即为: s＝sG＋sq （5） 地基极限承载力的计算公式较多,一般的表达式为: fu＝0．5γbbNr＋cNc＋γdhNq （6） 式中 Nr，Nc，Nq为承载力系数,按Vesic公式有: Nq＝tg2（45°＋）exp（π．tgφ） （7） Nc＝（Nq－1）ctgφ （8） Nr＝2（Nq＋1）tgφ （9） 按传统的非此即彼的思维方法,可知Z＜0,地基失效；Z＞0地基稳定。实际上地基失效是一个过程,而不是由一个点决定,是一个模糊事件,用uA表示失效程度。当uA接近0时,失效的可能性小.当uA＝0．5时,处于最模糊状态,可作为传统分析的极限平衡状态.当uA＝1时,失效的可能性大，因此公式(3)中z为随机变量,其数字特征值为: E［z］＝E［fu］－E［s］ （10） σ［z］＝σ［fu］＋σ［s］－2cov（fu，s） （11） 当u采用降半梯型分布: （12） 根据前面讨论: E［z］＝0，即E［fu］＝E［s］，uA（Z）＝0．5 考虑极限情况,E［s］＝0时，E［z］＝E［fu

］，uA（Z）＝0 故计算得:（13） 4 总安全系数下地基稳定的模糊可靠度计算 总安全系数下地基承载力的实用设计表达式写为: uG＋uQ＝ （14） 式中 uG为恒载效应均值,uQ 为活载效应均值,ufu为c，φ均值代入式(6)所计算的结果。 考虑荷载效应比值ρ＝，代入(14)可以确定uG，uQ为: 式(15)、(16)代入(10)得到: E［Z］＝．ufu （17） 按《建筑结构设计统一标准》的规定,恒载效应的变异系数为0．07,活载效应的变异系数取为0.29,所以有: 不考虑fu，s之间的相关性,即cov（fu，s）＝0，则有:（20） 本文视几何尺寸B、D，土性指标γ，γ0为常量,仅把抗剪指标c、φ作为随机正态变量,简化假设fu，s也服从正态分布,则z近似服从正态分布,分布密度函数为:（21） 将(13)、(17)、(20)、(21)代入(1)得到地基失效的模糊概率为:（22） 式中 a＝ λ1＝0．2369268851 λ2＝0．4786286705 λ3＝0．5688888889 λ4＝0．4786286705 λ5＝0．2369268851 t1＝－0．9061798459 t2＝－0．5384693101 t3＝0 t4＝－0．5384693101 t5＝－0．9061798459 地基失效的模糊可靠度为: β＝Φ－1（1－Pf） （23） 5 算例分析及一些规律性研究 已知某条形基础,基底宽度3m,埋深2m,各随机变量均服从正态分布,其均值和变异系数如表1所示,取总安全系数为2,荷载效应比值为0．5，试求地基的模糊可靠度。 表1 随机变量特征值 随机 变量 γB γD C φ SG SQ 均值 21．5kN／m3 21．5kN／m3 36．61KPA 0．33 变异 系数 0．005 0．005 0．118 0．073 0．07 0．29 （1）将各基本随机变量代入公式（22）、（23）可以计算得到: Pf＝24．16%,此时模糊可靠度β＝0．7。 （2）基本随机变量对模糊可靠度的影响 为了分析不同随机变量的变异对模糊失效概率的敏感程度,特对某一随机变量的变异

系数进行了单独调整,并分析计算结果的变化，见表2。 表2 参数的变异系数对模糊失效概率的敏感分析 变异系数 模糊失效概率Pf Vc＝0．10～0．40 24．08%～25．47% Vφ＝0．02～0．22 16．10%～28．37% Vγ＝0．005～0．02 24．16%～24．16% 从表中结果可知c、φ值的敏感性大,而γ的敏感性小,为简化计算,γB、γD可视为常量。为了反映c、φ的变异性对模糊失效概率的影响规律,给出如下两组Vc～Pf、Vφ～Pf变化关系曲线。 （3）安全系数K与模糊可靠度的关系 表3给出安全系数与模糊失效概率的对应关系,随着安全系数的增大其对应的模糊失效概率相应的增加,这与定值分析的结论是一致的。 表 3 安全系数K 模糊失效概率 1．5 33．78% 2．0 24．16% 3．0 16．39% （4）荷载效应ρ与模糊可靠度的关系 由表4的结果可知，当荷载效应系数增大时,活荷载的比重相应增加,而其变异性比恒载大,故模糊失效概率就相应的增加。 表 4 安全系数K 荷载效应ρ 模糊失效概率 K＝2 0．2 23．63% 0．5 24．16% 1．0 24．56% 6 结论 地基承载力的模糊失效概率值,不仅考虑到了基本随机变量的随机变异性,而且考虑到判别模式的模糊性,因此分析计算更为合理,全面。 地基承载力的模糊概率分析中,主要的影响因素来于强度参数c、φ的变异,而γ的变异性可以不计,计算中按常量考虑。 当安全系数K一定时,模糊概率与极限状态方程中各基本随机变量的统计参数密切相关,而在统计参数一定的条件下,模糊概率随K的增大而增大。 