

岩土介质应变局部化问题的 广义塑性梯度理论研究

赵冰^{1,2}

(1. 西安理工大学 岩土工程研究所, 陕西 西安 710048; 2. 长沙理工大学 桥梁与结构工程学院, 湖南 长沙 410076)

博士学位论文摘要: 进一步探索岩土介质的强度与变形机制, 就必然要深入分析其细观变形和破坏性态。大量试验表明, 由于试样的微细观层面上的不均匀性的影响, 试样在破坏时常常出现狭窄带状高应变梯度区的应变局部化现象。研究应变局部化问题实质上是研究岩土工程的基本科学问题——岩土介质的一种真实破坏过程。基于传统连续介质力学的应变梯度理论难以反映岩土介质最基本的力学性质, 如果将广义塑性力学同应变梯度理论结合起来, 应该能够得到一些新的启迪。

通过对宏观试验结果和 CT 试验结果的分析, 提出一种可包含局部化变形的相当小而非无穷小的研究单元——塑性梯度体元, 基于塑性梯度体元分析了应变局部化启动机制; 建立起塑性应变的微分表达式后, 随着硬(软)化模量从正值变为负值, 变形模式将由均匀变形模式变为局部化变形模式。

进而, 基于广义塑性力学的双屈服面模型和对塑性梯度体元的分析, 构造由梯度依赖的双屈服面得到的塑性剪切应变和塑性体积应变的微分方程表达式, 从而建立广义塑性梯度模型的理论框架, 使其在反映岩土介质的基本力学性质的同时, 也能反映介质的应变局部化特征, 给出一种可能的梯度依赖的双屈服面的形式。阐述广义塑性梯度模型模拟局部化变形模式的机制。提出模型各个参数, 尤其是其中局部化参数的物理意义和通过宏观可测量的物理量结合数值分析反推材料局部化参数的途径。

然后, 在将位移进行离散的同时, 也通过构造的 C^1 连续性的插值函数将塑性乘子在空间离散, 得到一组以节点位移向量和节点塑性乘子向量为基本未知量的非线性方程组, 从而建立广义塑性梯度模型的数值模型, 给出了相应的边界条件处理方法和数值算法。

最后, 编制二维 FORTRAN90 数值分析程序和 VB 后处理程序, 并给出数值算例。算例显示塑性应变局限于局部处发生和急剧发展的过程; 塑性剪切应变和塑性体积应变进入局部化变形模式后都主要集中在局部化带内, 反映出岩土在一定条件下的剪胀机制; 避免了病态的网格敏感性; 且局部化带宽度受局部化参数影响。

关键词: 岩土工程; 岩土介质; 应变局部化; 破坏; 应变梯度; 广义塑性力学; 算法

中图分类号: TU 47

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 6915(2006)10 - 2160 - 01

RESEARCH ON GENERALIZED PLASTICITY GRADIENT THEORY FOR STRAIN LOCALIZATION ANALYSIS OF GEO-MATERIALS

ZHAO Bing^{1, 2}

(1. Institute of Geotechnical Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China;

2. College of Bridge and Structure Engineering, Changsha University of Science and Technology,
Changsha, Hunan 410076, China)

收稿日期: 2006 - 09 - 04

作者简介: 赵冰(1972 -), 男, 2006年于西安理工大学水利水电学院岩土工程专业获工学博士学位, 导师为李宁教授, 主要从事岩土力学方面的教学与研究工作。E-mail: zhaob_m-y@163.com