

非球形岩土颗粒离散元法接触解析理论研究

Contact resolution study for nonspherical particle DEM in geotechnics

彭镒¹ 王利戈² 徐文杰³ 熊清蓉⁴ 何毅⁵

Di Peng¹ LiGe Wang² Wen-Jie Xu³ Qingrong Xiong⁴ Yi He⁵

(1. 中国建筑科学研究院有限公司地基基础研究所, 北京 100013;

2. 山东大学齐鲁交通学院, 山东济南 250061;

3. 清华大学水利水电工程系, 水圈科学与水利工程国家重点实验室, 北京 100084;

4. 山东大学土建与水利学院, 山东济南 250061;

5. 深圳十沣科技有限公司, 广东深圳 518052)

(1. Institute of Foundation Engineering, China Academy of Building Research, Beijing 100013, China;

2. School of Qilu Transportation, Shandong University, Jinan 250061, China;

3. State Key Laboratory of Hydrosience and Hydraulic Engineering, Department of Hydraulic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

4. School of Civil Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China;

5. TenFong Technology Co., Ltd., Shenzhen 518052, China)

摘要: 离散单元法是一种岩土体宏观力学研究的数值计算方法。在离散元中, 岩土颗粒间的接触本构模型需要将接触法向和接触重叠量作为基本输入参数, 进行接触力的计算; 一些复杂接触模型, 如胶结模型、黏聚力模型等, 甚至需要接触区域的横向宽度输入。以胶结模型为例, 胶结的横向宽度, 往往以球形颗粒半径乘上折减系数的方式表达。这可以有效地表达球形颗粒间胶结的宽度, 但对于非多球团簇表达的非球形颗粒(如多面体、超椭球体等)而言, 这些颗粒缺乏一个特征“半径”系数, 若简单使用等体积球半径, 物理意义欠缺, 且对于细长型非球形颗粒尖点处的胶结, 其胶结宽度将远超颗粒自身宽度, 产生错误结果。本研究提出了一种全新算法, 考虑了多面体-多面体、多面体-超椭球体、超椭球体-超椭球体三种接触情况, 通过数值计算两个非球形颗粒接触平面上的接触面积, 从几何角度解决非球形颗粒之间接触的横向接触尺寸问题。算法通过自编 C++ 代码实现, 并使用若干算例验证了其有效性。利用该算法, 非球形颗粒系统中的横向接触尺寸可以得到精确的解决, 从而为球形颗粒离散元接触本构模型快速移植适用于非球形颗粒体系提供了可能。

关键词: 离散单元法; 非球形颗粒; 接触解析; 接触模型; 理论分析