

基于非线性接触本构的颗粒材料离散元数值模拟

张洪武, 秦建敏

(大连理工大学工业装备结构分析国家重点实验室, 辽宁 大连 116024)

摘要: 在考虑颗粒间细观非线性接触关系的基础上, 基于空隙胞元法, 采用颗粒离散元法对二维颗粒体试样进行了平面应变数值模拟。颗粒间接触用广义弹簧单元表示, 相邻颗粒接触点的塑性变形用非线性弹簧表示。在准静态、小变形条件下, 研究了试样的微观结构变化和宏观力学行为。单个空隙胞元的变形通过周围颗粒的相对运动来计算, 将离散系统中的变形与连续体中的相应变形联系起来, 应用于颗粒离散元方法中平均应力的计算。文中给出了细观尺度上局部结构(通过空隙数, 接触价键, 配位数来表征)的变化过程, 对比了不同情况下的应力-应变关系曲线, 再现了试样的加卸载曲线。结果表明了颗粒介质之间的咬合作用对材料的宏观力学行为有比较明显的影响。

关键词: 颗粒材料; 离散元; 空隙胞元; 细观非线性接触; 微观结构; 细观力学

中图分类号: Q343.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2006)11-1964-06

作者简介: 张洪武(1964-), 男, 辽宁大连人, 博士, 教授, 主要从事工程力学与计算力学的研究。

Simulation of mechanical behaviors of granular materials by discrete element method based on mesoscale nonlinear contact law

ZHANG Hong-wu, QIN Jian-min

(Department of Engineering Mechanics, State Key Laboratory of Structural Analysis for Industrial Equipment, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: Numerical simulation of two-dimensional assembly of disks was carried out based on discrete element method (DEM) where the non-linear contact relationship between particles was considered. Each particle was located by a node at its centre and the plastic indentation of the contacts between neighboring particles was represented by a non-linear spring. The local fabric evolution (void number, the valence and the coordination number) and macroscopic mechanical behavior were investigated under quasi-static biaxial loading at small deformation. By making a link between the discrete force system and its continuum equivalent, macroscopic average stress in the granular assembly could be derived. The macrocosmic stress-strain relationships under different circumstances were presented and loading-unloading cycle could be reproduced by DEM. The effect of friction coefficient between particles on the intensity was compared and discussed. It was shown that the microscopic parameters of granular materials affected greatly the macroscopic response of the granular materials.

Key words: granular materials; discrete element method; void cell; mesoscale nonlinear contact; micro fabric; mesomechanics

0 引言

离散元法自问世以来, 在岩土工程和粉体(颗粒散体)工程这两大传统的应用领域中发挥了重要的作用^[1-3]。离散元法弥补了传统数值方法的缺陷, 能够更合理地描述颗粒物性、粒度和形状的分散性, 以及运动的瞬态、波动、碰撞、颗粒凝聚和聚团的破裂、破碎行为。基于二维圆盘形状的离散元模型已经被成功应用于干、湿土颗粒微观力学、粉末加工以及两相流、冲击分析等^[4-6]。许多学者对颗粒体材料的微观力学特性进行过分析, Fleck 在微观力学的基础上对金属粉末的压缩特性进行了研究^[7], Houlsby^[8]将其推广到对粘土的力学特性的研究, 得出了一些符合粘土特性的结

论; 笔者进一步建立了基于细观层次的具有内部粘连接触特征的金与岩土材料力学模型^[9-11]。Storåkers 等得到了两接触颗粒(率无关理想塑性材料)接触的解析近似解^[12], 作为一个简化的接触公式这个解后来被用于粉末压缩的离散元数值模拟中^[13-14]。Mesarovic 和 Fleck 证明了这个解只是在相对密度为 $D < 0.8 \sim 0.85$ (对二维问题)才适用^[15]。在研究土的接触模型

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10225212); 国家自然科学基金资助项目(10421202); 国家基础性发展规划项目(2005CB1704); 教育部长江学者计划资助项目
收稿日期: 2005-09-05

时, 已有的工作主要限于颗粒间的接触是弹性的假设基础上, 考虑颗粒尺寸、颗粒的接触位移量对接触刚度的非线性影响的工作还不多见。

本文的研究重点是基于弹塑性接触力学的解析近似解, 考虑了颗粒间细观非线性接触本构关系, 真实地反应了试样内部的细观结构特性。在引入颗粒间细观非线性接触关系的基础上, 研究小应变情况下, 在缓慢、准静态加载时的颗粒材料在微观尺度上 (几个粒子直径大小) 的变形情况, 并从颗粒体的复杂细观结构入手, 通过不同的细观参数分析宏观的力学行为, 对颗粒体的工程力学特性进行数值模拟。

1 离散元基本原理

颗粒离散元法是离散元法的一种, 它把离散体看作有限个离散颗粒单元的集合, 每个颗粒为一个单元, 将材料理想化为相互独立、相互接触和相互作用的颗粒群体。通过循环计算的方式, 跟踪计算材料颗粒的移动状况。每一次循环包括以下两个主要的计算步骤:

(1) 由作用力、反作用力原理和相邻颗粒间的接触本构关系确定颗粒间的接触作用力和相对位移。

(2) 由牛顿第二定律确定由相对位移在颗粒间产生的新的不平衡力, 直至要求的循环次数或颗粒移动趋于稳定或颗粒受力趋于平衡。

每个单元的运动包括颗粒的平动和围绕其形心的转动, 这两种运动形式由作用在单元上的合力及合力矩所决定。在 Δt 时间内, 控制颗粒的线运动和转动的方程为

$$\left. \begin{aligned} F_i - \alpha V_i &= m \Delta V_i / \Delta t, \\ M_i - \alpha \omega_i &= I \Delta \omega_i / \Delta t. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中 F_i 和 M_i 分别为合外力和力矩; V_i 和 ΔV_i 为线速度及其增量; ω_i 和 $\Delta \omega_i$ 为角速度及其增量; m 为颗粒质量; I 为惯性矩; α 为阻尼系数。

由方程 (1) 可得到任意颗粒单元的运动线速度 V_i 和角速度 ω_i , 进一步求出颗粒的新位置为

$$\left. \begin{aligned} x_i &= x_i + V_i \Delta t, \\ \theta_i &= \theta_i + \omega_i \Delta t. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

当得到颗粒的新位置坐标以后, 就可以确定颗粒之间的相对空间关系 (接触或脱离)。此时需要利用合适的接触模型公式分别求出接触力 F_i 和 M_i , 返回式 (1) 迭代, 直到满足平衡条件。

2 颗粒接触模型

土体是由许多团粒组成的, 而这些团粒则是由大量的土微粒组成。为了便于分析, 作如下假设: 颗粒的变形是这些颗粒接触点变形的总和; 假设颗粒为刚

塑性体, 即除了接触点发生塑性变形外其它部分为刚性体; 假设当颗粒接触点变形时, 颗粒中心点的运动处在各向同性应变场中; 颗粒接触点是均匀分布的。为了简便起见, 假设土颗粒为圆形, 两个颗粒之间的接触如图 1 (a) 所示。取两个接触颗粒, 半径分别为 R_1 和 R_2 , 两颗粒间的接触力包括垂直于接触面的法向力 F_n 和由摩擦产生的平行于接触面方向的切向力 F_t , 本文不考虑弹簧转动力矩的影响。每个接触用广义弹簧单元表示, 粒子中心用节点表示, 如图 1 (b) 所示。切向接触力 F_t 会产生作用于颗粒中心的力矩 $M_i = -d_i F_t$, 其中 d_i 是粒子 i 的中心到接触点的距离, u_n 为垂直于两颗粒接触平面的法向位移。下面详细介绍接触弹簧单元的本构关系。

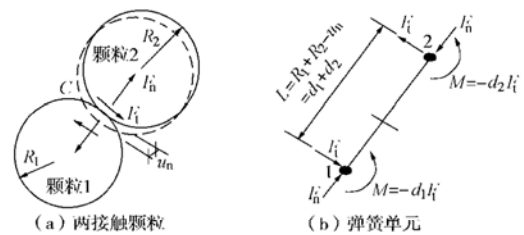


图 1 颗粒接触模型

Fig. 1 Contact model of contacting particles

2.1 法向本构关系

与以往工作不同, 本文基于 Storåkers 对两颗粒接触得到的解析近似解^[12], 考虑颗粒尺寸和颗粒间接触位移对接触刚度的影响, 将细观尺度上非线性接触本构关系引入到土颗粒接触模型中。在平面应变条件下, 刚性—理想塑性材料的接触法向压力 p 等于 Prandtl 值, 即屈服应力的 3 倍, $p = 3\sigma_y$ 。由此得到法向接触力和颗粒间重叠量的关系以及法向接触刚度的表达式

$$F_n = 3\sigma_y A_c = 6\sigma_y \sqrt{u_n R_0}, \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} F_n &= k_n u_n, \\ k_n &= 3\sigma_y / \sqrt{u_n R_0}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式中 σ_y 为接触颗粒的屈服强度; A_c 为由 u_n 确定的单位厚度上的接触面积; R_0 为两不等半径颗粒的等效半径, $R_0 = 2R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$; k_n 为接触弹簧的法向刚度。

由式 (4) 可以看出, 在颗粒压缩过程中, 接触刚度并不是常数, 而是一个关于接触位移、颗粒半径的函数, 随着接触位移的增大, 接触刚度变小。

文献[3]用有限元法分别给出了四分之一圆柱在两颗粒法向加载、四颗粒简单立方加载、六边形加载时理想弹塑性颗粒材料的法向接触力和接触位移的关系曲线, 数值结果表明在小应变条件下 ($u_n / R_0 \leq 0.025$), 公式 (3) 给出的解析解是合理的。由于本文是研究小变形情况下的材料力学行为, 两颗粒间的接触位移都在该范围之内, 所以应用式 (4)

作为法向接触的本构方程是合理的。

2.2 切向本构关系

假设颗粒的接触力满足库伦摩擦定律, 接触点的剪应力和相对滑动位移 u_t 的关系为

$$\left. \begin{aligned} F_t &= k_t u_t & (|F_t| \leq F_{\max}^s = \mu |F_n|), \\ F_t &= \mu |F_n| & (|F_t| > F_{\max}^s = \mu |F_n|), \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

其中, μ 为库伦摩擦系数, k_t 为接触弹簧的切向刚度。

3 颗粒体模型

本文采用基于空隙胞元的方法, 计算微观尺度上颗粒体的速度梯度, 每个空隙胞元的变形通过周围颗粒的相对运动来计算, 用虚功原理扩展平衡方程, 将离散系统中的变形与连续体中的相应变形联系起来, 用来计算颗粒体的平均应力。

3.1 粒子图和变形的计算方法

二维颗粒体区域 S 的拓扑结构可以分成 n 个多边形子结构 S^i 的集合, 每个子结构表示接触颗粒的接触支链围成的空隙胞元, 如图 2 所示。粒子图可以看作由小的空隙胞元组成, 而每一个胞元又由面、边和顶点组成。

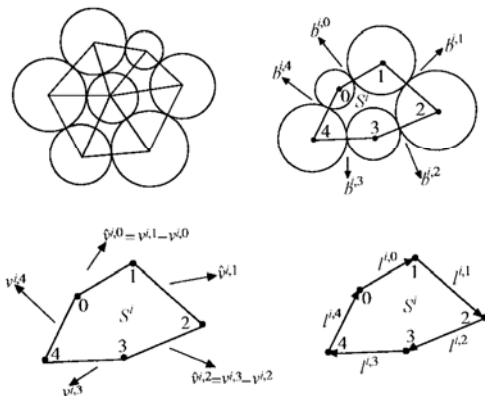


图 2 粒子图和对第 i 个空隙胞元的矢量图

Fig. 2 Particle arrangement and vectors associated with the i th void cell

区域 S 的变形率由速度梯度 L 表示, L 是位置坐标 x 的函数, 在微观尺度上有较大的变化, 在宏观尺度上是均匀化的。整个区域的平均速度梯度 $\bar{L}$ 与每个空隙胞元的平均速度梯度 $\bar{L}^i$ 关系为

$$\bar{L} = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^n S^i \bar{L}^i. \quad (6)$$

假设速度沿着空隙胞元的边是线性变化的, Kuhn 推导出有 m 条边的多边形孔隙胞元 S_i 的 $\bar{L}^i$ 的表达式为^[16]

$$\bar{L}^i = \frac{1}{6S^i} \sum_{j_1, j_2 \in \{0, 1, \dots, m^i-1\}} Q_{j_1, j_2}^m \hat{v}^{i, j_1} \otimes \hat{b}^{i, j_2}. \quad (7)$$

式 (7) 的右端是 m^2 个 $\hat{v}^{i, j_1}$ 和 $\hat{b}^{i, j_2}$ 并矢乘积的线性

组合, $\hat{v}^{i, j}$ 表示第 i 个空隙胞元 S^i 的第 j 条边上两个颗粒的相对速度, 即两个相邻颗粒 j 和 $j+1$ 的相对速度 (见图 2); $\hat{b}$ 矢量确定了多边形的几何性质, 矢量 $\hat{b}^{i, j}$ 是第 j 条边的外法向量, 大小等于第 j 条边的长度。 $m \times m$ 矩阵 Q^m 的元素作为权系数, 采用反对称的轮换矩阵形式, 即 $Q_{pt}^m = Q_{p-1, t-1}^m$, 在文献[16]中 Kuhn 给出了 Q^m 矩阵的递归表达式。

式 (6)、(7) 中用相邻颗粒的相对运动来计算平面颗粒体集合的平均变形, 式 (7) 用来计算具有物理意义的最小尺度 (单个空隙胞元) 的变形, 从中反应出相邻颗粒间的运动 (颗粒间滑动、转动、分离) 对微观变形的影响。

3.2 平均应力的计算

在颗粒体中取参考粒子 n , 将颗粒体置于笛卡儿坐标系 X^n 中。采用 Bardet 和 Vardoulakis^[17] 的方法, 将离散系统与连续体的变形联系起来, 得到表征体积中的平均应力表达式

$$\bar{\sigma}_{ji} = \frac{1}{V} \sum_{c \in V} f_i^c l_j^c. \quad (8)$$

式中 边矢量 $l_j^c = x_j^m - x_j^n$; f_i^c 为与 n 相邻的粒子 m 作用在粒子 n 的接触力, $f_i^c = f_i^{nm} = -f_i^{mn}$; l_j^c 由 x_j^n 到 x_j^m 的连线矢量; V 为整个颗粒体的体积。

4 数值试验

4.1 程序验证

根据前面介绍的方法, 本文做了与文献[6]中相同的 4008 个二维圆形颗粒体集合, 在该模型中, 接触刚度是常数, 取与文献中相同的材料参数, 得到试样的应力应变曲线, 如图 3 所示。可以看出, 应力 - 应变曲线结果十分相近, 表明了程序的可靠性。

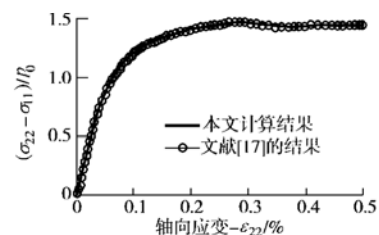


图 3 4008 个二维颗粒集合与应力 - 应变曲线

Fig. 3 Stress-strain curve of 4008 particles assembly

4.2 试验模型

取排列紧密的 1000 个粒径不等的圆形颗粒体为研究对象, 如图 4 所示, 对该试样进行双轴加载试验。试样为高度、宽度均为 30 mm 的正方形, 颗粒的粒径在 $0.45d_{50} \sim 1.4d_{50}$ 随机分布, 其中 d_{50} 为颗粒体的中值粒径, 为 1.1 mm, 不均匀系数为 $C_u=1.69$, 粒径分布曲线如图 5 所示。试样的初始状态为紧密、随机、各向同性排列, 初始孔隙比为 0.189, 四周采用周期性边

界, 颗粒比重为 2.7, 颗粒间、颗粒与墙体边界之间的摩擦系数均为 0.5, 时间步长取 0.215 s。

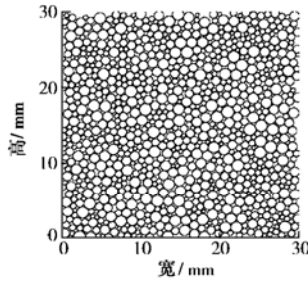


图 4 1000 个圆形颗粒的初始排列

Fig. 4 Initial arrangement of 1000 particles

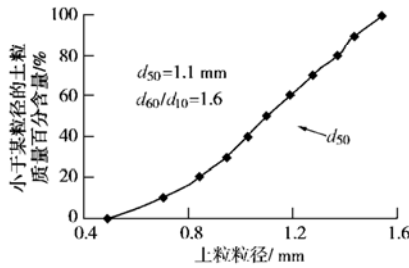


图 5 颗粒体的粒径分布

Fig. 5 Particle size distribution for the array

每个颗粒都可以平动、转动, 与边界位移、外力和相邻颗粒所施加的约束相一致。在双轴加载过程中, 颗粒体试样的高度以恒定的速度减小, 程序中采用伺服应力控制原理使水平应力 $\sigma_{11} = 550$ Pa 保持常数值, 轴向变形以 $\Delta\epsilon_{22} = 5.0 \times 10^{-7}$ 的值增加, 如图 6 所示。

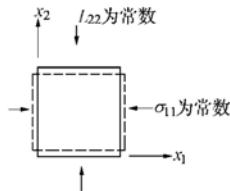


图 6 载荷情况

Fig. 6 Loading conditions

5 结果分析

在小应变、缓慢、准静态加载的情况下, 计算出颗粒体的微观结构随加载过程的变化、宏观的平均应力-应变关系, 研究了颗粒介质间的相互作用所体现的细观力学行为与宏观应力应变相应特性的关系。

5.1 微观结构变化

为了研究局部空隙结构随变形的变化过程, 我们考虑每个空隙胞元范围内的几何结构的变化, 包括接触价键 (每个胞元的边数, valence)、配位数 (coordination number) 和空隙胞元数。在初始状态 (如图 3), 粒子图中包括 758 个空隙胞元 (ϕ)、1628 个接触 (u) 和 870 个有效承受外部荷载的颗粒 (N)。

在加载过程中, 粒子图中的各个结构重新排列, 形成新的空隙胞元。

图 7 给出了双轴试验过程中空隙数、平均配位数和接触价键随着变形过程中的变化。图中的平均配位数 $n = 2u/N$, 接触价键 $m = 2u/\phi$ 。由图 2 的粒子图中可以得出, 对有周期性边界的二维颗粒体, 以上参数有如下关系

$$\left. \begin{aligned} \phi - u + N &= 0, \\ m &= 2 + 4/(n - 2). \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

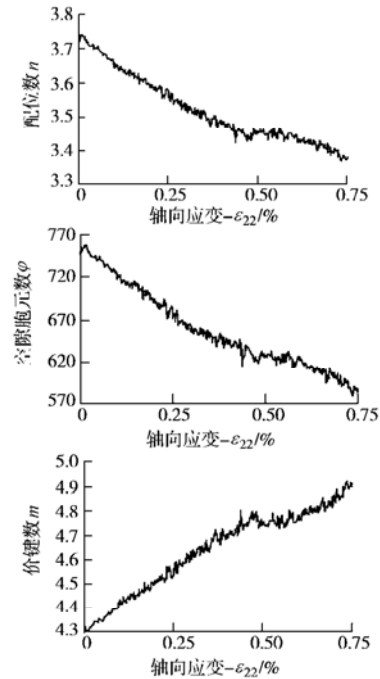


图 7 微观结构随轴向应变的变化

Fig. 7 Variation of microscopic fabric versus axial strain

从图 7 中可以看出, 平均配位数 n 在变形的过程中总体上呈减小趋势, 接触的个数变少, 这是由于试样在加载过程中水平方向是不断膨胀的, 这与文献 [6] 是一致的。随着轴向应变的增大, 空隙胞元的数目减小, 每个空隙胞元中的接触价键则呈增大趋势。

5.2 宏观变形结果

图 8 给出了加载过程中的平均力学响应, 并通过改变加载方式得到了加载-卸载曲线。图 8 (a) 分别给出了在法向刚度为常数和采用式 (4) 刚度情况下的应力-应变曲线, 压缩应变最大到了 0.5%, 远小于剪切带形成的应变值 2.5% ~ 6%。纵轴采用 $\Delta\sigma_{22} = \sigma_{22} - \sigma_{11}$ 除以初始的平均应力 p_0 的无量纲形式。从图中可以看到, 两条曲线均呈现近似理想弹塑性关系, 当轴向应变为 0.023% 时, 主要是弹性变形, 在应变达到 0.17% 后, 塑性变形占主要地位。比较两条曲线, 可以看出考虑接触刚度随接触位移变化时, 初始弹性模量变小, 应力的峰值变小。

图 8(b)给出了加卸载曲线,当轴向应变为 0.025% 时,然后逐级卸载,可以看到颗粒体的变形由弹性变形 $-\Delta\epsilon_{22}^{\text{el}}$ 和残余变形 $-\Delta\epsilon_{22}^{\text{pl}}$ 组成;再加载,形成新的滞后环。比较第二次加载曲线可以看到,弹性阶段变形有所提高,而塑性阶段变形有所降低。

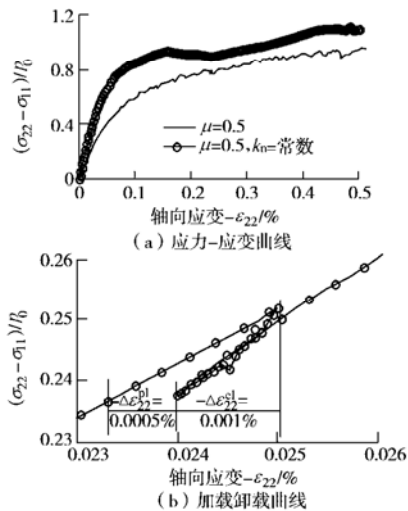


图 8 应力 - 应变关系及加载卸载曲线

Fig. 8 stress-strain curve and loading-unloading cycle

图 9 给出了不同摩擦系数下的应力 - 应变关系曲线,从图中可以看出,随着摩擦系数的增加,应力 - 应变关系曲线的峰值在增加,初始弹性模量也有所提高,反应出颗粒材料的细观参数即颗粒间所发生的相互作用对颗粒体骨架的细观力学行为的影响,进而对颗粒体的宏观性质的影响。从图中还可以看出,当摩擦系数越小的时候,应力 - 应变关系曲线更接近于理想弹塑性关系。

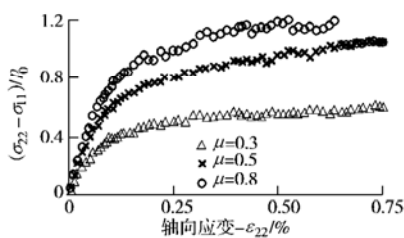


图 9 不同摩擦系数下应力 - 应变曲线

Fig. 9 Stress-strain curve under different frictional coefficients

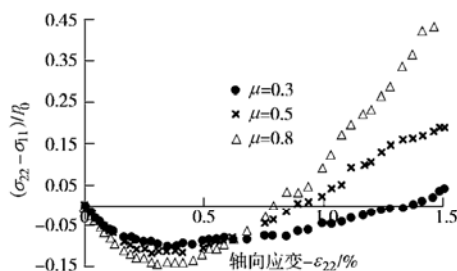


图 10 体积应变曲线

Fig. 10 Volumetric strain during compression

从体积应变曲线图 10 可以看到,当轴向应变 $-\epsilon_{22} = 0.4\%$ 时,试样的体积应变曲线由剪缩变成剪胀。随着摩擦系数的增大,初始压缩性变大,在轴向应变较大时,膨胀性变大。这表明了试样的膨胀性不仅仅与孔隙比有关,还与土颗粒的微观力学参数有关。

6 结 语

考虑颗粒尺寸、接触位移对粒子间接触力的影响,用颗粒离散元法对二维圆盘颗粒体进行了双轴加载平面应变试验。给出加载过程中微观结构的变化,得到了变形与局部空隙结构的关系曲线。通过改变计算模型中颗粒单元的细观参数,比较了力学本构行为,模拟了双轴试验的应力 - 应变曲线,得到了加载卸载曲线。比较了颗粒的细观力学参数的变化对试验结果的影响。可以发现,对于所计算的问题,随着摩擦系数的增加,应力 - 应变曲线的峰值在提高,初始切线模量也有一定程度的提高;在应变大的情况下,膨胀性也会变大。

本文意义在于基于颗粒离散元理论的数值试验突破常规上土工试验的局限性,对实际土样的本构行为做出理论方面的预测。当然,为了获得普适性的结果,实验验证同样是十分重要的,这是将来的工作。

参考文献:

- [1] CUNDALL P A. A computer model for simulating progressive large scale movement in block rock system[M]. Nancy: Symposium ISRM, 1971,2:129 - 136.
- [2] 王永嘉, 邢纪波. 离散元法及其在岩土力学中的应用[M]. 沈阳: 东北工业出版社, 1991:194 - 260. (WANG Yong-jia, XING Ji-bo. Discrete element methods and its applications in geomechanics [M]. Shenyang: Dongbei Industry Publishing Company, 1991:194 - 260.)
- [3] ADAM T P, ANTONIOS Z. Simulation of multi-axial compaction of granular media from loose to high relative densities[J]. Journal of the Mechanics and Physics of Solids, 2005, 53: 1523 - 1551.
- [4] CAMPBELL C S, BRENNEN C E. Computer simulation of chute flows of granular materials[J]. Journal of Fluid Mechanics, 1985, 151: 167 - 188.
- [5] GILI J A, ALONSO E E. Microstructural deformation mechanisms of unsaturated granular soils[J]. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, 2002, 26: 433 - 468.
- [6] KUHN M R. Structured deformation in granular materials[J]. Mechanics of Materials, 1999, 31: 407 - 429.

- [7] FLECK N A. On the cold compaction of powders[J]. Journal of the Mechanics and Physics of Solids, 1995, **43**(9): 1409 - 1431.
- [8] HOULSBY G T, SHARMA R S. A conceptual model for the yielding and consolidation of clays[J]. Geotechnique, 1999, **49**(4):491 - 501.
- [9] ZHANG H W, GALVANETTO U, SCHREFLER B A. Local analysis and global nonlinear behaviour of periodic assemblies of bodies in elastic contact[J]. Computational Mechanics, 1999, **24**(4):217 - 229.
- [10] ZHANG H W, SCHREFLER B A. Global constitutive behaviour of periodic assemblies of inelastic bodies in contact[J]. Mechanics of Composite Materials and Structures, 2000, **7**(4):355 - 382.
- [11] 张洪武. 微观接触颗粒岩土非线性力学分析模型[J]. 岩土工程学报, 2002, **24**(1):12 - 15.(ZHANG Hong-wu. A non-linear mechanical model for analysis of granular contact geomaterials[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2002, **24**(1):12 - 15.)
- [12] STORAKERS B, BIWA S, LARSSON P L. Similarity analysis of inelastic contact[J]. International Journal of Solids and Structures, 1997, **34**:3061 - 3083.
- [13] REDANZ P, FLECK N A. The compaction of a random distribution of metal cylinders by the discrete element method[J]. Acta Materials, 2001, **49**:4325 - 4335.
- [14] MARTIN C L, BOUVARD D, SHIMA S. Study of particle rearrangement during powder compaction by the discrete element method[J]. Journal of the Mechanics and Physics of Solids, 2003, **51**(4):667 - 693.
- [15] MESAROVIC S, FLECK N. Frictionless indentation of dissimilar elastic-plastic spheres[J]. International Journal of Solids and Structures, 2000, **37**:7071 - 7091.
- [16] KUHN M R. Deformation measures for granular materials[C]// CHANG C S, MISRA A, LIANG R Y, BABIC M. Mechanics of Deformation and Flow of Particulate materials. New York: ASCE, 1997:91 - 104.
- [17] BARDET J P, VARDOULAKIS I. The asymmetry of stress in granular media[J]. International Journal of Solids and Structures, 2001, **38**:353 - 367.

第九届全国地基处理学术讨论会在山西太原召开

由中国土木工程学会土力学及岩土工程分会地基处理学术委员会主办, 山西省土木建筑学会地基基础专业委员会和太原理工大学建筑与土木工程学院承办的第九届全国地基处理学术讨论会于 2006 年 8 月 22 日至 26 日在山西省太原市迎西大厦召开。

本届会议是全国地基处理学术讨论会的一次盛会。来自全国各行业的地基处理专家、学者、工程师、工程技术人员和有关厂家的代表会聚一堂, 交流地基处理工程勘察、设计计算、施工技术、施工机械和现场测试等方面的理论和经验, 介绍新材料、新产品和新工艺的开发和应用, 讨论如何进一步发展和提高我国地基处理水平, 更好地为国家经济建设服务。

8 月 23 日上午大会举行了开幕式, 开幕式由地基处理学术委员会副主任委员滕延京研究员主持, 首先由龚晓南教授致开幕词, 接着山西省土木建筑学会、山西省建设厅、太原大学的有关领导先后发言致词, 最后所有与会代表进行了合影留念。

开幕式后进行大会报告, 20 余位专家学者应邀作了专题报告和论文报告, 分别就当前地基处理领域中诸多难点、热点问题

题以及若干重大工程技术等问题进行了深入的交流和探讨。老中青济济一堂, 学术气氛十分活跃。

会议闭幕式由地基处理学术委员会副主任委员、福建省建筑科学研究院侯伟生教授级高工主持, 龚晓南教授致闭幕词。

会议期间还召开了地基处理学术委员会核心组和全体委员会议, 龚晓南主任委员首先总结前阶段学会工作, 接着各位委员对如何进一步更好地开展学会工作进行了讨论。会议决定下届会议于 2008 年在南京召开。

会议共收到论文 92 篇, 经审查后录用 89 篇, 内容包括基础理论、排水固结, 振密、挤密(强夯、强夯置换、碎石桩、灰土桩), 灌入固化物(深层搅拌法、高压喷射注浆法、灌浆法), 加筋(土工合成材料), 刚性桩复合地基和长短桩复合地基, 桩基工程, 基坑工程, 托换与纠倾及其它共 9 个专题。论文集的内容反映了当前我国地基处理领域的主要成就和发展水平, 可供同行们参考。

(中国土木工程学会土力学及岩土工程分会
地基处理学术委员会 供稿)