

# 多孔材料的透水过程模拟

彭红涛<sup>1</sup>, 曾宪沂<sup>1</sup>, 杨钰铤<sup>1</sup>, 宋子豪<sup>1</sup>, 马国星<sup>1</sup>, 王重阳<sup>1</sup>  
1. 土木工程系, 中国农业大学, 北京市

**简介:** 多孔材料的透水过程模拟; 假定多孔材料有限元模型中连通孔隙的水体, 以自由渗透的方式通过所构建的多孔材料模型。



图 1. 多孔材料透水现象

**计算方法:** 纳维-斯托克斯方程 (Navier-Stokes equation) 是用于描述流体运动的方程, 可以看作是流体运动的牛顿第二定律, 简称N-S方程。对于可压缩的牛顿流体, 可以得到。

$$\rho \left( \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} \right) = -\frac{\nabla p}{\rho} + \nabla \cdot \left( \mu (\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) \right) - \frac{2}{3} \mu (\nabla \cdot \mathbf{u}) \mathbf{I} + \mathbf{F}$$

其中,  $\mathbf{u}$  是流体速度,  $p$  是流体压力,  $\rho$  是流体密度,  $\mu$  是流体动力粘度。

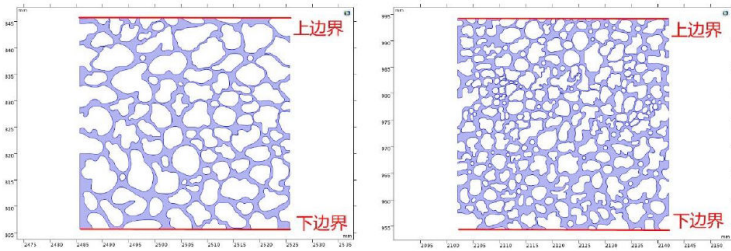


图 2. 多孔材料有限元模型边界条件设置

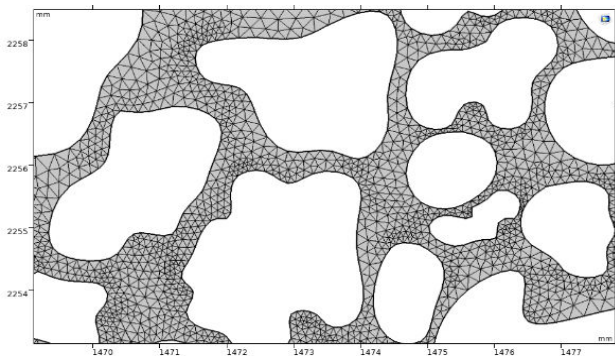


图 3. 多孔材料有限元模型细部网格划分

**结果:** 仿真研究的结果见多孔材料有限元模型渗流速度云图和多孔材料有限元模型二维截线处水头压力分布图。

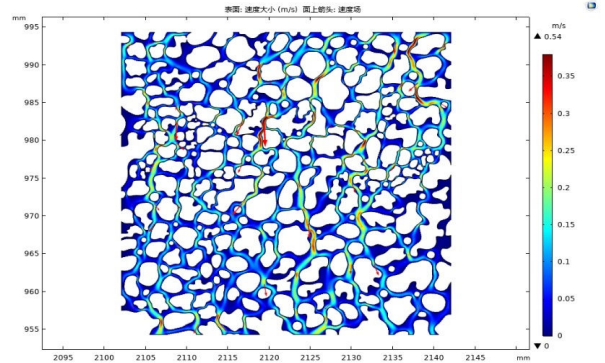


图 4. 多孔材料有限元模型渗流速度云图

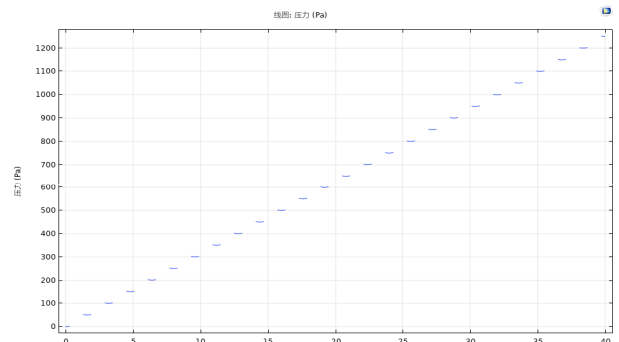


图 5. 多孔材料有限元模型二维截线处水头压力分布图

**结论:** 多孔材料二维有限元模型的渗流速度在整个渗流段呈现不均匀分布趋势。孔隙之间的间隙越小, 渗流速度越大, 孔隙间隙越大则渗流速度越小。在最窄的孔隙中, 速度幅度高于进口处, 在通道横截面积增大的地方, 速度幅度有减少的趋势。水平方向上, 水头压力近似呈均匀分布, 从上到下, 水头压力依次降低, 渗流模型基本上近似于一维渗流模型。

## 参考文献:

1. ZIMMERMAN等 WILLIAM B. J., COMSOL Multiphysics有限元法多物理场建模与分析, 北京: 人民交通出版社, 2007
2. 王刚等, COMSOL Multiphysics工程实践与理论仿真, 北京: 电子工业出版社, 2012
3. 程学磊等, COMSOL Multiphysics在岩土工程中的应用, 北京: 中国建筑工业出版社, 2014