

孔隙水压力的有限元分析

1 模型信息

本例分别采用 SAP2000 中的平面应力单元、轴对称单元和实体单元，计算地基土在孔隙水压力作用下的竖向应力。

如图 1 所示，以地下水位（-3m）为分界线，上部地基土的干容重为 20kN/m^3 ，下部地基土的湿容重为 24kN/m^3 ，地下水容重为 10kN/m^3 ，据此计算-6m 深度处的竖向应力。此外，地基土的泊松比为 0.25，弹性模量为 100MPa 。

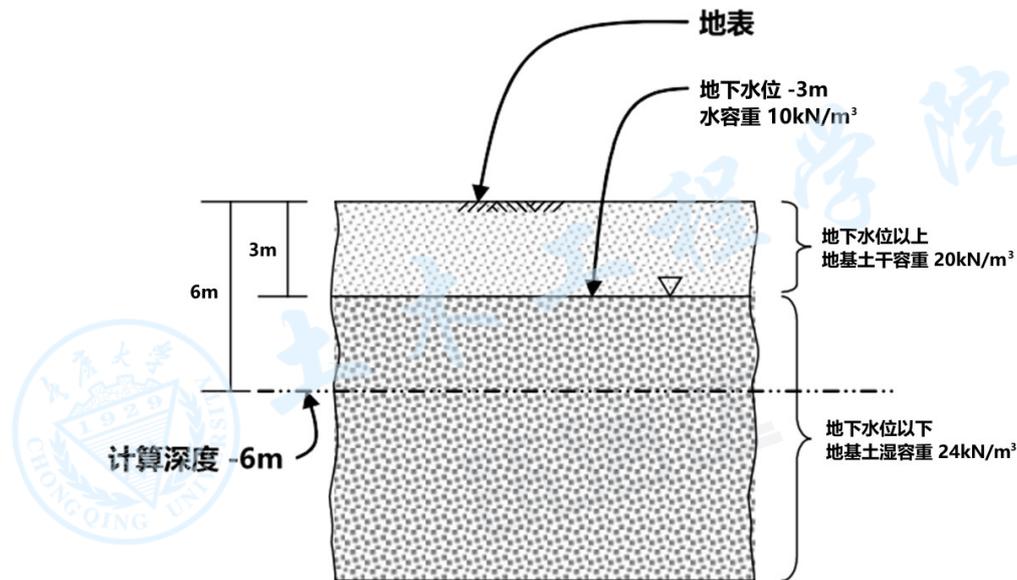


图 1 地基土剖面示意图

2 理论计算

位于地下水位以下的地基土在计算竖向应力时应采用浮容重，即：浮容重=湿容重-水容重。因此，-6m 深度处的竖向压应力等于 $20 \times 3 + (24 - 10) \times (6 - 3) = 102\text{kN/m}^2$ 。

3 SAP2000 各种单元的计算结果分析及其与理论解的对比

3.1 平面应力单元

平面应力单元属于平面连续体单元，包括三节点三角形单元和四节点四边形单元，每个节点有两个平动自由度，无转动自由度。

本例中的地基土采用 $12 \times 12 \times 12\text{m}$ 的立方体，平面网格密度为 8×8 ，平面应力单元的厚度为 12m 。其中，底面节点约束竖向的平动自由度，四个侧面的节点约束法向的平动自由度。

在-6m 深度处任取一个节点及其相连的全部 N 个平面应力单元（ N 可取 2 或 4），在数据表格中显示平面应力单元的应力结果。由于该节点从属于 N 个实体单元，所以共输出 N 个应力值。其中， N 个竖向应力 S_{22} 的平均值与理论解完全相同，如表 1 所示。

表 1 平面应力单元分析结果

计算结果	SAP2000	理论值	误差
竖向应力	102	102	0%

3.2 轴对称单元

轴对称属于连续体单元，包括三节点三角形单元和四节点四边形单元，每个节点有两个平动自由度，无转动自由度。轴对称单元以 Z 轴为对称轴，故用户应在 XZ 平面或 YZ 平面内建模。

本例中的地基土采用直径和高度为 12m 的圆柱体，平面网格密度为 4x8，轴对称单元的圆弧角度为 15°。其中，底面节点约束竖向的平动自由度，侧面节点约束法向的平动自由度。

在-6m 深度处任取一个节点及其相连的全部 N 个轴对称单元（N 可取 2 或 4），在数据表格中显示轴对称单元的应力结果。由于该节点从属于 N 个实体单元，所以共输出 N 个应力值。其中，N 个竖向应力 S22 的平均值与理论解完全相同，如表 2 所示。

表 2 轴对称单元分析结果

计算结果	SAP2000	理论值	误差
竖向应力	102	102	0%

3.3 实体单元

实体单元属于空间连续体单元，每个节点有三个平动自由度，无转动自由度。

本例中的地基土采用 12x12x12m 的立方体和 8x8x8 的网格密度。其中，底面节点约束竖向的平动自由度，四个侧面的节点约束法向的平动自由度。

在-6m 深度处任取一个节点及其相连的全部 N 个实体单元（N 可取 2、4 或 8），在数据表格中显示实体单元的应力结果。由于该节点从属于 N 个实体单元，所以共输出 N 个应力值。其中，N 个竖向应力 S33 的平均值与理论解完全相同，如表 3 所示。

表 3 实体单元分析结果

计算结果	SAP2000	理论值	误差
竖向应力	102	102	0%

