# FEM原理说明

1. **单元劲度矩阵**

这一节中1-1~1-4都是对单元劲度矩阵的推导，同时在最后求解出结点位移之后可以进行节点内部的计算。本部分仅仅对变成需要的公式进行罗列，不涉及细节的原理推导。

单元劲度矩阵的见1.5。

* 1. **位移模式—结点位移到单元位移函数**



其中为单元的结点位移向量

为形函数矩阵



这一部分我们有了通过三个结点的坐标和位移求出单元中所有点位移的能力。

* 1. **几何方程—结点位移到单元应变**

根据几何方程我们可以得到



其中



实际上，分别是矩阵



第一、二、三列的代数余子式

其中A为单元的面积



这一部分，我们实现了结点位移和坐标到单元应变的计算。

* 1. **物理方程—单元应变到单元应力**

根据物理方程可得



可以得到我们的应力转换矩阵，其中



**需要注意的是**：对于平面问题，要把E换为 ，换为

这一部分，我们得到了从单元应变到单元应力的转换。

* 1. **虚功方程—单元应力与结点荷载的关系**

经过推导可得



这一部分我们得到了从结点位移和坐标到结点力的方程。

* 1. **单元劲度矩阵**

综上，我们可以得到



其中



同时



其中，平面问题时，需要进行如下转换



对于E变换后的需不需要变换的问题，我认为不需要变换，具体带稍后查资料验证。式中的其他未知量A,b,c等可以在1.2中查到。

这样我们就得到了单元的劲度矩阵。

1. **单元集成**
   1. **整体劲度矩阵的集成**
   2. **整体结点作用力的集成**