

構造解析 第1回

1. ガイダンス

参考文献：マクガイア・ギャラガー，“マトリックス構造解析”，丸善，1981.

範囲： 平面トラス，平面ラーメン骨組の線形弾性挙動を解析する理論，計算法に範囲を限定して解説.

(計算法：節点に関する力の釣合条件式，変位の**適合条件式**を考慮して構造物全体の剛性方程式を組み立て，更に支点の境界条件を考慮して代数的に解く)

板，膜，シェルなどの連続体については，その挙動が偏微分方程式に支配され複雑となり，有限要素法（FEM: Finite Element Method）を用いて解析される．FEMについては本講義の範囲外．

解析理論を学ぶ理由：

解析結果の確認と正しい理解は，プログラム内で使用している解析理論，前提条件，適用限界を把握して初めて可能．構造技術者が自信を持って仕事に対する責任を果たすために必要．

構造解析手順：

- 1) 部材断面，架構などの寸法データ，ヤング率などの材料特性データの入力
- 2) 構造物全体の剛性方程式（多元連立一次方程式）の組み立て
- 3) 上記代数方程式の求解
- 4) 計算結果（変位図，モーメント図，断面設計など）の出力

歴史的経緯

1920 年頃 Maney, Ostenfeld らの努力で変位パラメータを未知量とするトラスや骨組解析法の基礎的考え方が形成される

1929 年 武藤清の D 値法

～コンピュータの普及以前の手計算向き構造解析法（水平荷重時応力計算に使用）

1930 年代 Frezer, Dancan, Collar らがマトリックス理論の数学概念を構造解析に結びつける．

1932 年 Hardy Cross がモーメント分配法（固定法）を導入

～コンピュータの普及以前の手計算向き構造解析法（鉛直荷重時応力計算に使用）

1950 年代初め コンピュータの出現

Argyris, Kelsey の論文，Turner, Clough, Martin, Topp の論文

～マトリックス形式でコンピュータコード化

1981年 新耐震構造設計法（現行設計法）

～ この年を境に，小規模設計事務所でもコンピュータを用いた構造設計が普及

2. 用語の定義およびトラス部材の要素剛性方程式

(1) 用語の定義

節点(node point)～部材と部材の結合点，部材と支点の結合点

自由度(degree of freedom)～**節点変位**の各成分

2次元のラーメン構造の節点変位： u, v の**移動変位**(translational displacement)と θ の**回転変位**(rotation/rotational angle)

1節点当たり3つの自由度

3次元のラーメン構造の節点変位： u, v, w の移動変位と $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ の回転変位

1節点当たり6つの自由度

節点力～節点変位に対応する力の成分．**移動変位（並進変位）**には**直接力**，**回転変位**に

は材端モーメントが対応

3次元のラーメン構造の節点力： $F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$

下図に、3次元のラーメン部材を例とした節点変位、節点力を表示する。ただし、変位と力の正方向は、直交デカルト座標系の右手系に従った例。

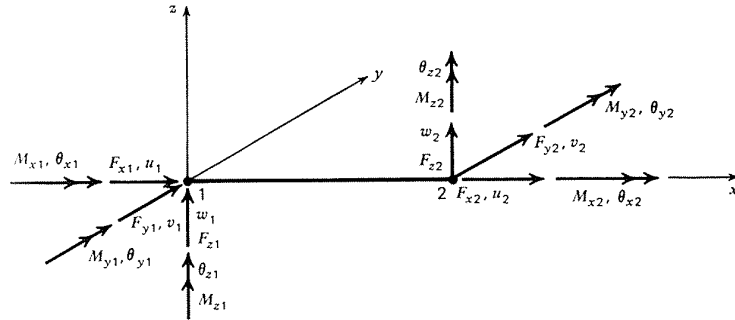


図 2-1 節点変位、節点力（3次元のラーメン部材）

系の自由度数～解析対象骨組を系あるいはシステムと呼ぶ。系の変位成分の総数

与えられた要素の節点における力と変位は、行列式を用いて簡潔に表現する。

$$\{F\} = \begin{bmatrix} F_x & F_y & F_z & M_x & M_y & M_z \end{bmatrix}^T, \quad \{\Delta\} = \begin{bmatrix} u & v & w & \theta_x & \theta_y & \theta_z \end{bmatrix}^T$$

なお、上記では列ベクトルの縦長表記を避けるために、その転置(transpose)行列である行ベクトルを用いて横長表記した。

力と変位を定義するために、節点位置をある座標系の下で定める。骨組構造解析では直交デカルト座標系を使用し、次の2種類を使い分ける。

全体座標系（基準座標系とも呼ぶ）～構造物全体を定義する。

局所座標系（局部座標系、部材座標系とも呼ぶ）～個々の部材（要素とも呼ぶ）を定義する。なお、相互の座標系は、座標変換マトリックスを介して結ばれる。

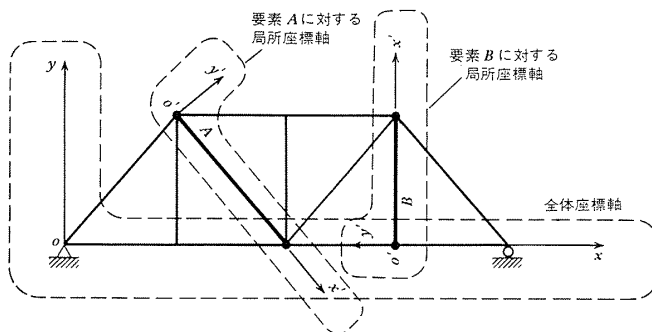


図 2-2 トラスを例とした全体座標系と局所座標系

構造物のモデル化～以下で扱う範囲は、構成要素が一様断面の直線材のみとする。

変断面や曲線材については、考慮の対象外。