

3次元骨組み感度解析による2次部材の効果に関する考察

東洋大学 学生会員 ○稲葉 政宏
東洋大学 正会員 新延 泰生
東洋大学 学生会員 樋口 幸太郎

1、はじめに

昨今3次元解析が普及し、従来の分類による1次部材と2次部材の区別が明確でなくなっている。

また構造物によっては2次元解析を行う場合も多くあるが、この場合2次部材の影響による荷重分担が正當に評価されない場合も出てくる。そこで、2次部材の影響を定量的に求める事ができるならば、設計などの際に有効になると考えられる。本研究では3次元感度解析を用いて2次部材の効果に関して検討する。

2、感度解析

変位法による剛性方程式は一般に、

$$[K]\{z\} = \{F\} \quad (1)$$

$[K]$: 剛性マトリクス

$\{z\}$: 変位ベクトル

$\{F\}$: 外力ベクトル

で与えられる。感度変数を X_i として剛性を考える。

外力ベクトル $\{F\}$ が感度変数 X_i の関数でないとし、両辺を感度変数 X_i で偏微分すると(2)が得られる。

$$[K]\left\{\frac{\partial z_i}{\partial X_i}\right\} + \left[\frac{\partial K}{\partial X_i}\right]\{z_i\} = 0 \quad (2)$$

これを整理すると(3)となる。

$$\frac{\partial z_i}{\partial X_i} = -[K]^{-1}\left[\frac{\partial K}{\partial X_i}\right]\{z_i\} \quad (3)$$

(3)の左辺の $\{\partial z_i / \partial X_i\}$ が、 i 要素の感度変数 X_i の微小変動に対する各変位の変動量を示すものであり、 i 要素の感度変数 X_i に対する変位の感度係数を示している。

また、右辺の外力ベクトル $\{F\}$ は自重や温度変化などの影響を考慮する場合、感度係数 X_i の関数となる。

e 部材の断面力 r_e は

$$\{r_e\} = \{r_{0e}\} + [k_e]\{z_e\} \quad (4)$$

$\{r_e\}$: e 部材の断面力 r_e ベクトル

$\{r_{0e}\}$: 自重や温度変化などの影響よ

て発生する断面力ベクトル

$[k_e]$: e 部材の要素剛性マトリクス

$\{z_e\}$: e 部材の節点変位ベクトル

で与えられる。自重や温度変化などの影響によって発生する断面力ベクトル $\{r_{0e}\} = 0$ として、両辺を感度変数 X_i で偏微分すると(5)が得られる。

$$\left\{\frac{r_e}{X_i}\right\} = \left[\frac{k_e}{X_i}\right]\{z_e\} + [k_e]\left\{\frac{z_e}{X_i}\right\} \quad (5)$$

(4)の左辺の $\{r_e / X_i\}$ が、 e 要素の感度変数 X_i の微小変動に対する各断面力の変動量を示すものであり、 e 要素の感度変数 X_i に対する断面力の感度係数を示している。

3、解析モデル

断面諸量

$$E = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 100 \text{ mm}$$

$$I_x = I_y = I_z = 1591.55 \text{ mm}^4$$

$$G = 77000 \text{ N/mm}^2$$

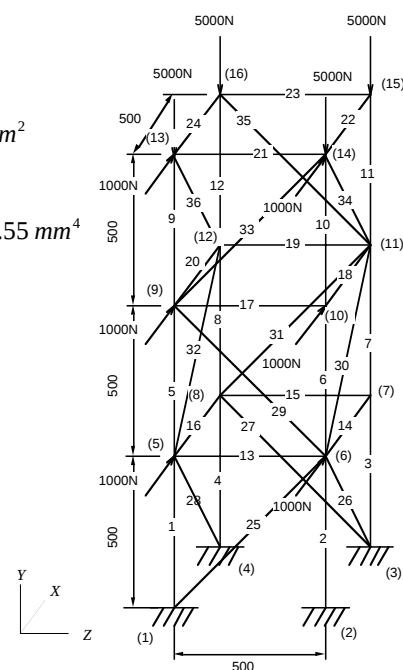


fig.1 解析モデル

3次元解析モデルとして16節点36要素のシングルワーレンラーメンをfig.1に示す。このモデルを2次

キーワード 3次元 感度解析 2次部材

連絡先 〒350-0815 埼玉県川越市鯨井2100 TEL 0492-39-1312 E-mail gd0300043@toyonet.toyo.ac.jp

元解析をするにあたっては、節点番号2、3、6、7、10、11、14、15を含む平面で行った。

ここでfig.1～3において数字のみは部材番号、()内の数字は節点番号を意味する。

4、解析結果

tab.1 応答変位の比較

変位成分	3Dimension	2Dimension	変位成分	3Dimension	2Dimension
x 6	0.437	0.237	x 1 1	1.387	0.802
y 6	0.162	0.025	y 1 1	-0.585	-0.400
z 6	0.000	-	z 1 1	-1.387	-
α 6	-0.001	-	α 1 1	-0.002	-
β 6	0.074	0.001	β 1 1	0.000	0.001
γ 6	0.001	-	γ 1 1	-0.001	-
x 7	0.437	0.237	x 1 4	2.167	1.098
y 7	-0.292	-0.200	y 1 4	0.057	-0.175
z 7	0.000	-	z 1 4	-2.167	-
α 7	-0.001	-	α 1 4	-0.003	-
β 7	0.074	0.001	β 1 4	-0.003	0.001
γ 7	0.000	-	γ 1 4	0.001	-
x 1 0	1.412	0.827	x 1 5	2.191	1.098
y 1 0	0.110	-0.075	y 1 5	-0.710	-0.525
z 1 0	-1.412	-	z 1 5	-2.191	-
α 1 0	-0.002	-	α 1 5	-0.001	-
β 1 0	0.000	0.001	β 1 5	-0.001	0.001
γ 1 0	0.001	-	γ 1 5	0.000	-

2次元解析、3次元解析を行った時の応答変位をtab.1に示し、節点15のx軸方向変位の感度係数の分布を、fig2、3に示す。

応答変位を比較してみると、ほぼすべての成分で2次元解析よりも3次元解析の方が大きく変形していることが分かる。また、2次元解析では捉えられないz軸方向の変位や、x軸まわり、z軸まわりの回転角も大きく出ているところがあるのが分かる。

感度係数の分布図では2次元解析、3次元解析共に同じような比率で分布しているが、全体的に3次元解析の方が応答が小さくなっていることが特徴的である。

5、終わりに

感度係数の分布図により、各要素の断面積の変動がそれぞれの変位や断面力に対してどの程度の影響を及ぼすのか、全体のイメージとしてとらえることが容易となった。

今回の解析例のような構造物、および荷重条件においては2次元解析を行うことがあるが、3次元解析をした方が変位は大きく、応答感度係数は小さくなった。2次元解析の結果から設計などを行った場合、断面積の設定が過度に大きくなったり、小さくなってしまふ。このことより、3次元解析を行い2次部材の影響を考慮していかなければならない。

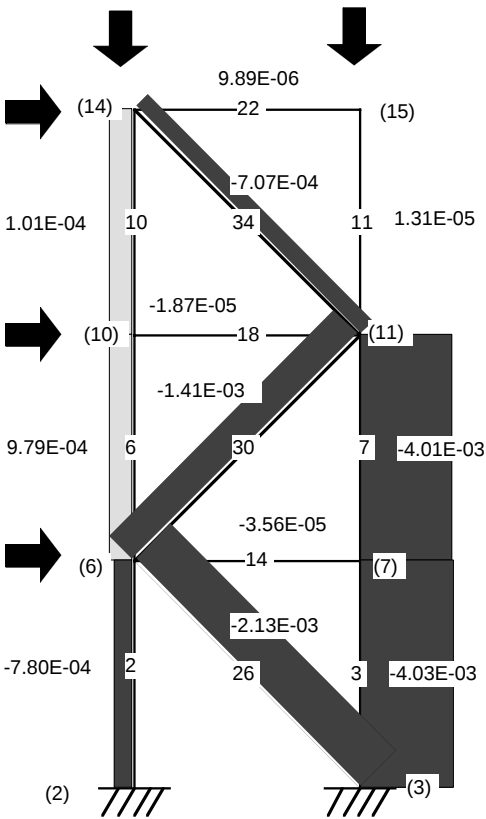


fig.2 2次元解析

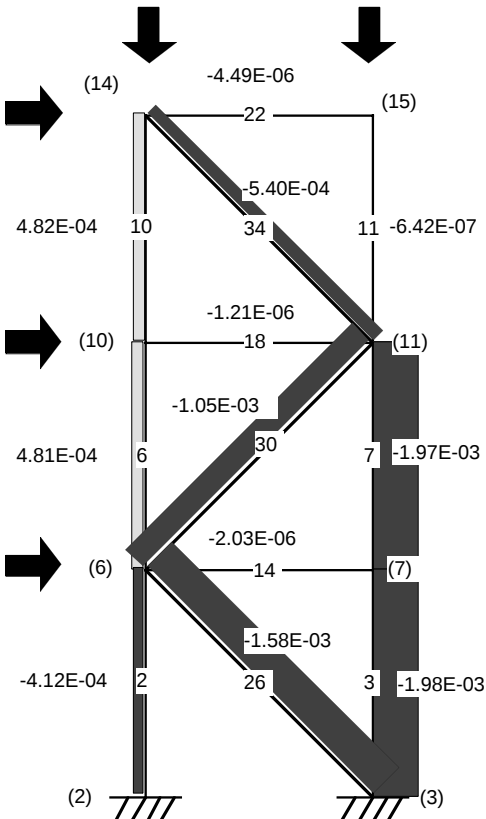


fig.3 3次元解析