



## 付2話 基本構造の曲げモーメント図 を求める(基礎24話)

ex3\_1 ~ ex3\_4  
上記の名称は、SPACE で用  
いたファイル名を表す

ここでは、図1と2の静定基礎構造について、SPACEによる応力解析を行い、解析解と比較することで結果の検証を行う。

### 1: 図1(a)中央集中荷重を受ける単純梁(ex3\_1)

解析解である曲げモーメント図とせん断力図を図3に示す。

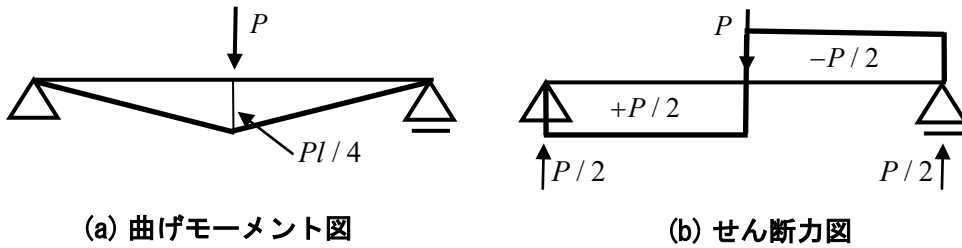


図3 単純梁+中央集中荷重の断面力図

数値解析モデルは、スパン  $l=10m$ 、集中荷重  $P=10kN$  である。

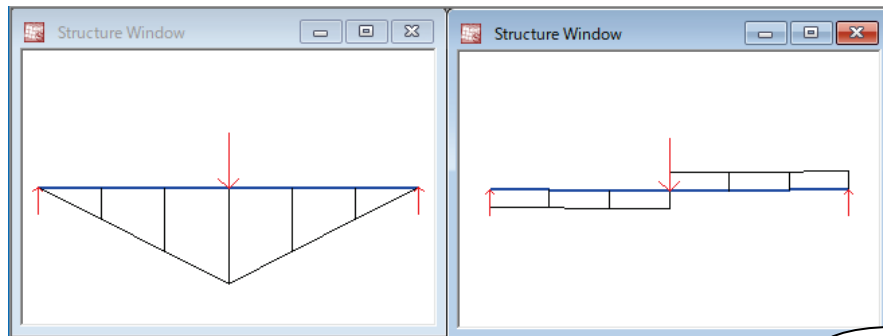


図4 SPACEで求めた曲げモーメント図とせん断力図

使用した梁材の断面性能は以下のものであり、

	E	G	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>
1 1	0.2050E+05	0.7900E+04	0.8337E+02	0.3568E+02	0.2350E+05	0.1740E+04

解析で求めた最大曲げモーメントとせん断力は次式で与えられる。

$$M_{\max} = Pl/4 = 10 \cdot 10/4 = 25kNm; \quad Q = P/2 = 5kN$$

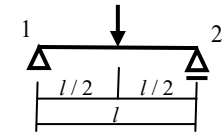
また、最大たわみと最大回転角は次のようである。

$$\theta_{\max} = \frac{Pl^2}{16EI} = \frac{10 \cdot 1000^2}{16 \cdot 20500 \cdot 23500} = 0.1297 \cdot 10^{-2}$$

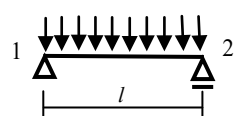
$$v_{\max} = \frac{Pl^3}{48EI} = \frac{10 \cdot 1000^3}{48 \cdot 20500 \cdot 23500} = 0.4325cm$$

SPACEによる各部材の断面力と節点変位を示す。

部材番号	部材モデル	N <sub>x</sub>	Q <sub>y</sub>	Q <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
1	1	0.0000	0.0000	-5.0000	0.0000	0.0000	0.0000

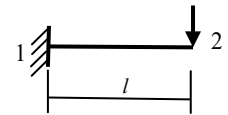


(a) 中央集中荷重

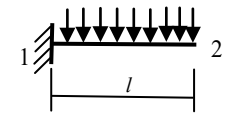


(b) 等分布荷重

図1 単純梁



(a) 先端集中荷重



(b) 等分布荷重

図2 片持ち梁

SPACEによる表示の単位は、長さは  $cm$ 、力は  $kN$  を使用する。例えば、ヤング係数は  $kN/cm^2$ 、断面二次モーメントは  $cm^4$  である。

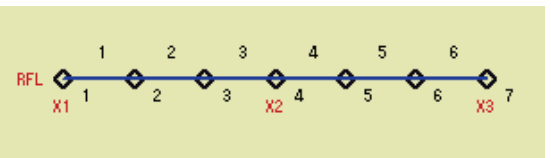


図5 解析モデルの節点番号と部材番号

SPACEで使用する単位は、 $N_x, Q_y, Q_z$  では  $kN$ 、 $M_x, M_y, M_z$  では  $kNcm$  である。

		0.0000	0.0000	-5.0000	0.0000	-833.3335	0.0000
2	1	0.0000	0.0000	-5.0000	0.0000	-833.3335	0.0000
		0.0000	0.0000	-5.0000	0.0000	-1666.6665	0.0000
3	1	0.0000	0.0000	-5.0000	0.0000	-1666.6665	0.0000
		0.0000	0.0000	-5.0000	0.0000	<b>-2500.0000</b>	0.0000
4	1	0.0000	0.0000	5.0000	0.0000	-2500.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	5.0000	0.0000	-1666.6665	0.0000
5	1	0.0000	0.0000	5.0000	0.0000	-1666.6665	0.0000
		0.0000	0.0000	5.0000	0.0000	-833.3330	0.0000
6	1	0.0000	0.0000	5.0000	0.0000	-833.3330	0.0000
		0.0000	0.0000	5.0000	0.0000	0.0000	0.0000
節点番号	u (cm)	v (cm)	w (cm)	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	
1	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	<b>0.12973534E-02</b>	0.00000000E+00	
2	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.20821725E+00	0.00000000E+00	0.11532030E-02	0.00000000E+00	
3	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.36838427E+00	0.00000000E+00	0.72075200E-03	0.00000000E+00	
4	0.00000000E+00	0.00000000E+00	<b>-0.43245113E+00</b>	0.00000000E+00	0.82670416E-18	0.00000000E+00	
5	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.36838427E+00	0.00000000E+00	-0.72075200E-03	0.00000000E+00	
6	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.20821714E+00	0.00000000E+00	-0.11532032E-02	0.00000000E+00	
7	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.12973534E-02	0.00000000E+00	

2 : 図1(b)等分布荷重を受ける単純梁(ex3\_2)

解析解である曲げモーメント図とせん断力図を、図6に示す。

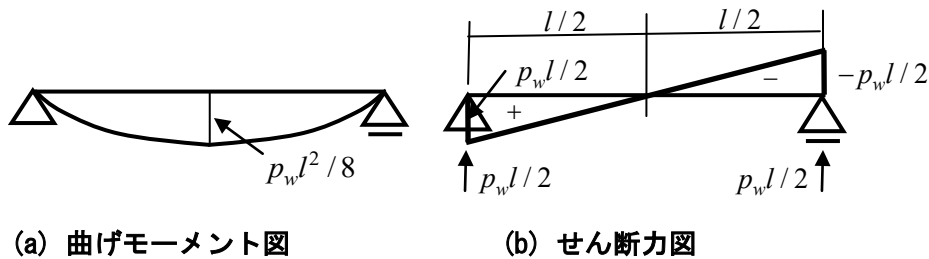


図6 等分布荷重を受ける単純梁の断面力図

数値解析モデルは、スパン  $l=10m$ 、等分布荷重  $p_w=1kN/m$  である。

使用した梁材の断面性能は、

	E	G	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>
1 1	<b>0.2050E+05</b>	0.7900E+04	0.8337E+02	0.3568E+02	<b>0.2350E+05</b>	0.1740E+04

であり、梁の最大曲げモーメントとせん断力は、

$$M_{\max} = p_w l^2 / 8 = 1 \cdot 10^2 / 8 = 12.5 kNm;$$

$$Q_{\max} = p_w l / 2 = 5 kN$$

最大たわみと最大回転角は次のようである。

$$\theta_{\max} = \frac{p_w l^3}{24EI} = \frac{0.01 \cdot 1000^3}{24 \cdot 20500 \cdot 23500} = 0.8649 \cdot 10^{-3}$$

$$v_{\max} = \frac{5p_w l^4}{384EI} = \frac{5 \cdot 0.01 \cdot 1000^4}{384 \cdot 20500 \cdot 23500} = 0.2703 cm$$

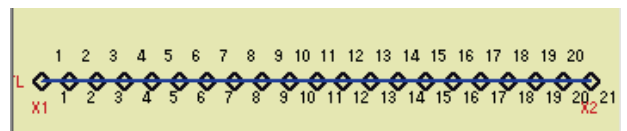


図7 解析モデルの節点番号と部材番号

SPACE には分布荷重が用意されていないため、部材を 20 分割し、集中荷重に置き直す。従って、少しの誤差が含まれる。

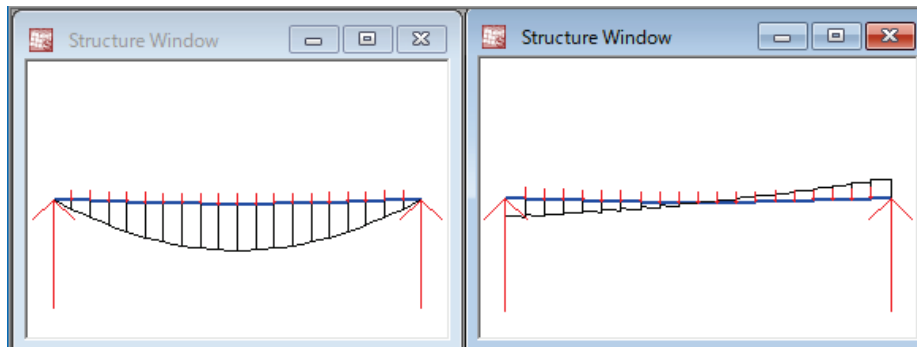


図8 SPACE で求めた曲げモーメント図とせん断力図

対称応力・対称変位であることから、表示は骨組の半分とする。

部材番号	部材モデル	Nx	Qy	Qz	Mx	My	Mz
1	1	0.0000	0.0000	<b>-4.7500</b>	0.0000	0.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	-4.7500	0.0000	-237.5000	0.0000
2	1	0.0000	0.0000	-4.2500	0.0000	-237.5000	0.0000
		0.0000	0.0000	-4.2500	0.0000	-450.0000	0.0000
3	1	0.0000	0.0000	-3.7500	0.0000	-450.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	-3.7500	0.0000	-637.5000	0.0000
4	1	0.0000	0.0000	-3.2500	0.0000	-637.5000	0.0000
		0.0000	0.0000	-3.2500	0.0000	-800.0000	0.0000
5	1	0.0000	0.0000	-2.7500	0.0000	-800.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	-2.7500	0.0000	-937.5000	0.0000
6	1	0.0000	0.0000	-2.2500	0.0000	-937.5000	0.0000
		0.0000	0.0000	-2.2500	0.0000	-1050.0000	0.0000
7	1	0.0000	0.0000	-1.7500	0.0000	-1050.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	-1.7500	0.0000	-1137.5000	0.0000
8	1	0.0000	0.0000	-1.2500	0.0000	-1137.5000	0.0000
		0.0000	0.0000	-1.2500	0.0000	-1200.0000	0.0000
9	1	0.0000	0.0000	-0.7500	0.0000	-1200.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	-0.7500	0.0000	-1237.5000	0.0000
10	1	0.0000	0.0000	-0.2500	0.0000	-1237.5000	0.0000
		0.0000	0.0000	-0.2500	0.0000	<b>-1250.0000</b>	0.0000
節点番号	u (cm)	v (cm)	w (cm)	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	
1	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	<b>0.86274004E-03</b>	0.00000000E+00	
2	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.42931587E-01	0.00000000E+00	0.85041515E-03	0.00000000E+00	
3	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.84652312E-01	0.00000000E+00	0.81473793E-03	0.00000000E+00	
4	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.12405942E+00	0.00000000E+00	0.75830310E-03	0.00000000E+00	
5	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.16017990E+00	0.00000000E+00	0.68370526E-03	0.00000000E+00	
6	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.19217047E+00	0.00000000E+00	0.59353921E-03	0.00000000E+00	
7	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.21931760E+00	0.00000000E+00	0.49039960E-03	0.00000000E+00	
8	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.24103746E+00	0.00000000E+00	0.37688116E-03	0.00000000E+00	
9	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.25687596E+00	0.00000000E+00	0.25557863E-03	0.00000000E+00	
10	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.26650882E+00	0.00000000E+00	0.12908666E-03	0.00000000E+00	
11	0.00000000E+00	0.00000000E+00	<b>-0.26974139E+00</b>	0.00000000E+00	0.34423419E-17	0.00000000E+00	

等分布荷重を集中荷重に置き換えていることから、得られた結果に誤差が含まれている。ただし、断面力分布の定性的傾向は良く合っている。

3 : 図2(a)先端集中荷重を受ける片持ち梁(e3\_3)

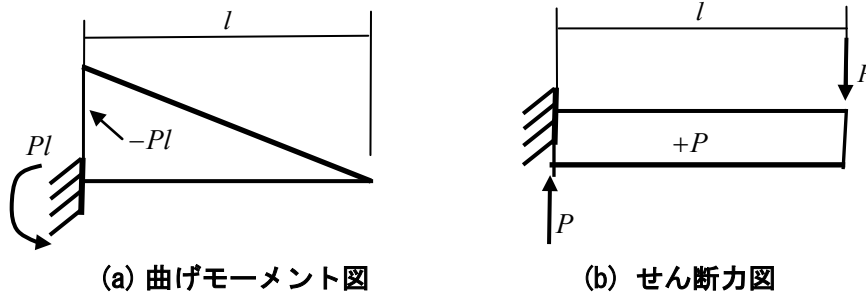


図9 先端集中荷重+ 片持ち梁の断面力図

数値解析モデルは、スパン  $l=10m$ 、集中荷重  $P=10kN$  である。

使用した梁材の断面性能:

	E	G	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>
1 1	0.2050E+05	0.7900E+04	0.8337E+02	0.3568E+02	0.2350E+05	0.1740E+04

梁の最大曲げモーメントとせん断力:

$$M_{\max} = -Pl = -10 \cdot 10 = -100kNm; \quad Q_{\max} = P = 10kN$$

このモデルの最大たわみと最大回転角:

$$\theta_{\max} = \frac{Pl^2}{2EI} = \frac{10 \cdot 1000^2}{2 \cdot 20500 \cdot 23500} = 0.01038$$

$$v_{\max} = \frac{Pl^3}{3EI} = \frac{10 \cdot 1000^3}{3 \cdot 20500 \cdot 23500} = 6.919cm$$

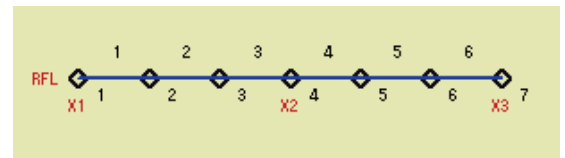


図10 解析モデルの節点番号と部材番号

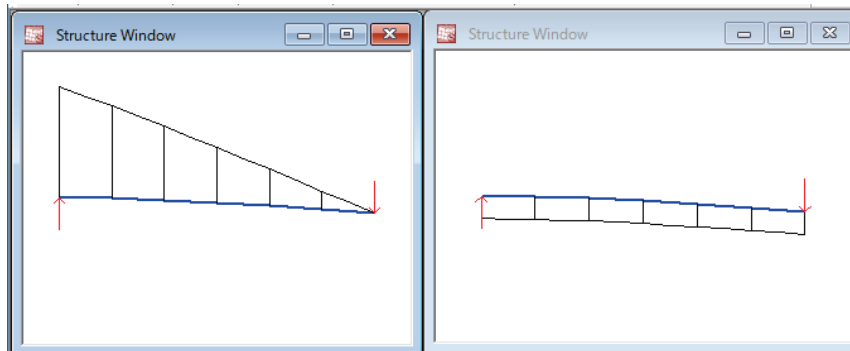


図11 SPACE で求めた曲げモーメント図とせん断力図

部材番号	部材モデル	N <sub>x</sub>	Q <sub>y</sub>	Q <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
1	1	0.0000	0.0000	<b>-10.0000</b>	0.0000	<b>10000.0001</b>	0.0000
		0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	8333.3331	0.0000
2	1	0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	8333.3331	0.0000
		0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	6666.6671	0.0000
3	1	0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	6666.6671	0.0000
		0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	5000.0001	0.0000
4	1	0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	5000.0001	0.0000
		0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	3333.3330	0.0000
5	1	0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	3333.3330	0.0000

		0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	1666.6660	0.0000
6	1	0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	1666.6660	0.0000
		0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	0.0000	0.0000
節点番号	u (cm)	v (cm)	w (cm)	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	
1	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	
2	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.27228415E+00	0.00000000E+00	0.31713089E-02	0.00000000E+00	
3	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.10250691E+01	0.00000000E+00	0.57660146E-02	0.00000000E+00	
4	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.21622558E+01	0.00000000E+00	0.77841207E-02	0.00000000E+00	
5	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.35877430E+01	0.00000000E+00	0.92256246E-02	0.00000000E+00	
6	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.52054310E+01	0.00000000E+00	0.10090527E-01	0.00000000E+00	
7	0.00000000E+00	0.00000000E+00	<u>-0.69192181E+01</u>	0.00000000E+00	<u>0.10378827E-01</u>	0.00000000E+00	

4 : 図2(b)等分布荷重を受ける片持ち梁(ex3\_4)

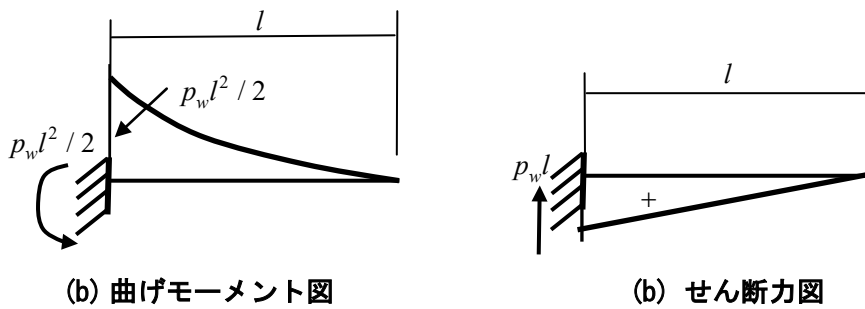


図12 等分布荷重を受ける片持ち梁の断面力図

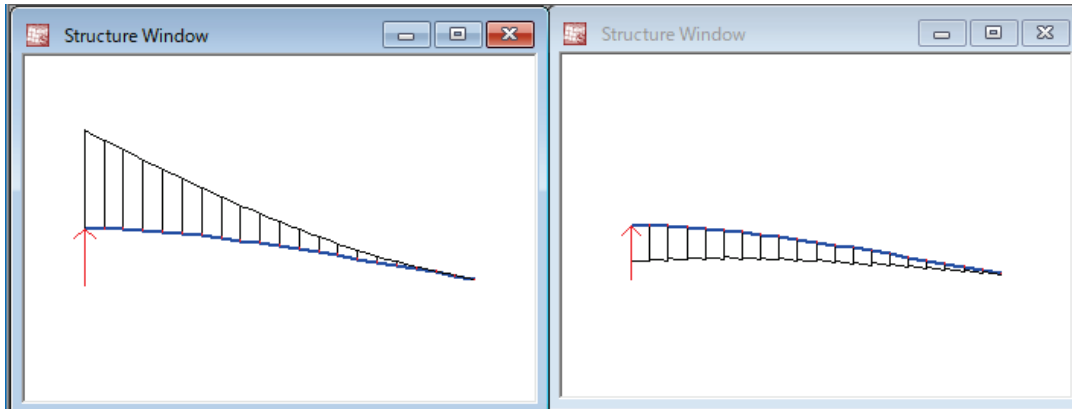


図14 SPACE で求めた曲げモーメント図とせん断力図

数値解析モデルは、スパン  $l=10m$ 、等分布荷重  $p_w=1kN/m$  である。

使用した梁材の断面性能:

	E	G	A	$I_x$	$I_y$	$I_z$
1 1	<u>0.2050E+05</u>	0.7900E+04	0.8337E+02	0.3568E+02	<u>0.2350E+05</u>	0.1740E+04

梁中の曲げモーメントとせん断力:

$$M_{\max} = -p_w l^2 / 2 = -1 \cdot 10^2 / 2 = -50kNm;$$

$$Q_{\max} = p_w l = 10kN$$

このモデルの最大たわみと最大回転角:

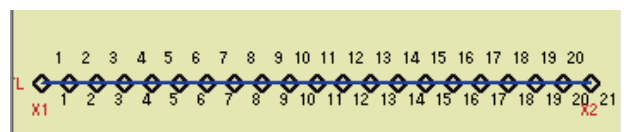


図13 解析モデルの節点番号と部材番号

$$\theta_{\max} = \frac{p_w l^3}{6EI} = \frac{0.01 \cdot 1000^3}{6 \cdot 20500 \cdot 23500} = 0.3460 \cdot 10^{-2}$$

$$v_{\max} = \frac{p_w l^4}{8EI} = \frac{0.01 \cdot 1000^4}{8 \cdot 20500 \cdot 23500} = 2.595 \text{cm}$$

SPACE には分布荷重が用意されていないため、部材を 20 分割し、集中荷重に置き直す。従って、少しの誤差が含まれる。

部材番号	部材モデル	Nx	Qy	Qz	Mx	My	Mz
1	1	0.0000	0.0000	<b>-9.7500</b>	0.0000	<b>5000.0001</b>	0.0000
		0.0000	0.0000	-9.7500	0.0000	4512.5001	0.0000
2	1	0.0000	0.0000	-9.2500	0.0000	4512.5001	0.0000
		0.0000	0.0000	-9.2500	0.0000	4050.0001	0.0000
3	1	0.0000	0.0000	-8.7500	0.0000	4050.0001	0.0000
		0.0000	0.0000	-8.7500	0.0000	3612.5001	0.0000
4	1	0.0000	0.0000	-8.2500	0.0000	3612.5001	0.0000
		0.0000	0.0000	-8.2500	0.0000	3200.0000	0.0000
5	1	0.0000	0.0000	-7.7500	0.0000	3200.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	-7.7500	0.0000	2812.5000	0.0000
18	1	0.0000	0.0000	-1.2500	0.0000	112.5000	0.0000
		0.0000	0.0000	-1.2500	0.0000	50.0000	0.0000
19	1	0.0000	0.0000	-0.7500	0.0000	50.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	-0.7500	0.0000	12.5000	0.0000
20	1	0.0000	0.0000	-0.2500	0.0000	12.5000	0.0000
		0.0000	0.0000	-0.2500	0.0000	0.0000	0.0000
節点番号	u (cm)	v (cm)	w (cm)	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	
1	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	
2	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.12551894E-01	0.00000000E+00	0.49364299E-03	0.00000000E+00	
3	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.48542641E-01	0.00000000E+00	0.93798654E-03	0.00000000E+00	
4	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.10557213E+00	0.00000000E+00	0.13356253E-02	0.00000000E+00	
5	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.18137001E+00	0.00000000E+00	0.16891542E-02	0.00000000E+00	
6	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.27379563E+00	0.00000000E+00	0.20011677E-02	0.00000000E+00	
7	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.38083810E+00	0.00000000E+00	0.22742606E-02	0.00000000E+00	
8	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.50061625E+00	0.00000000E+00	0.25110275E-02	0.00000000E+00	
9	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.63137865E+00	0.00000000E+00	0.27140633E-02	0.00000000E+00	
10	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.77150363E+00	0.00000000E+00	0.28859626E-02	0.00000000E+00	
11	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.91949922E+00	0.00000000E+00	0.30293202E-02	0.00000000E+00	
12	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.10740032E+01	0.00000000E+00	0.31467308E-02	0.00000000E+00	
13	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.12337831E+01	0.00000000E+00	0.32407888E-02	0.00000000E+00	
14	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.13977362E+01	0.00000000E+00	0.33140893E-02	0.00000000E+00	
15	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.15648893E+01	0.00000000E+00	0.33692268E-02	0.00000000E+00	
16	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.17343993E+01	0.00000000E+00	0.34087962E-02	0.00000000E+00	
17	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.19055527E+01	0.00000000E+00	0.34353919E-02	0.00000000E+00	
18	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.20777655E+01	0.00000000E+00	0.34516088E-02	0.00000000E+00	
19	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.22505839E+01	0.00000000E+00	0.34600415E-02	0.00000000E+00	
20	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-0.24236832E+01	0.00000000E+00	0.34632850E-02	0.00000000E+00	
21	0.00000000E+00	0.00000000E+00	<b>-0.25968690E+01</b>	0.00000000E+00	<b>0.34639337E-02</b>	0.00000000E+00	

このモデルでは、等分布荷重を集中荷重に置き換えているが、得られた断面力分布や変位も比較的良く合っている。