

上の法線方向変位 w を示した。

(2) 計算例 2 (図-5)

縦補剛材を有する円筒殻のスパン中央に相対する一対の集中荷重 P が作用する場合について計算した。NSMの解析領域は円筒殻全体の $1/8$ とした。

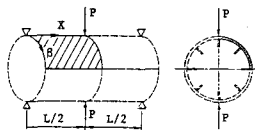


図-5 計算例 2

図-6, 7 に $\beta = 0$ の節線上の法線方向変位 w と直応力 σ_x の分布を示した。

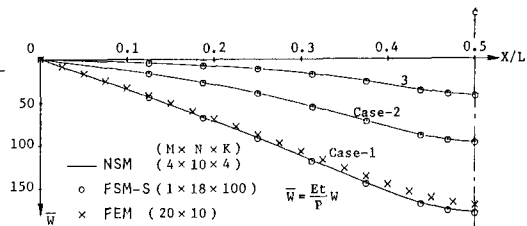


図-6 たわみ w の分布 (計算例 2)

(3) 計算例 3: 環補剛材を有する場合について計算した。3枚と15枚の環補剛材をそれぞれスパンの $1/4$ 点と $1/16$ 点に配置した場合を考えて、Case-4, 5とする。計算例3は軸対称問題であるので、NSMの解析領域は、 $L/2$ の円筒殻において円周方向に任意の幅の節点帯板要素を用い、FSM-Rでは全体の $1/2$ をリング要素に分割した。

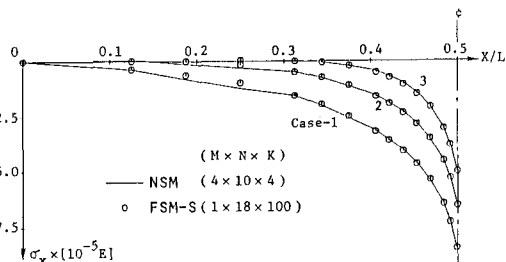


図-7 応力 σ_x の分布 (計算例 2)

図-8 に Case-4、図-9 に Case-5 において展開項数を変えた場合の変位 w の母線方向の分布を示した。

4. 考 察

各計算例において、要素の分割数 M , N と展開項数 K による解の精度を表-1, 2, 3に示す。いずれの場合にも、変位 w の最大値をFSMによる値に対する比で表わした。

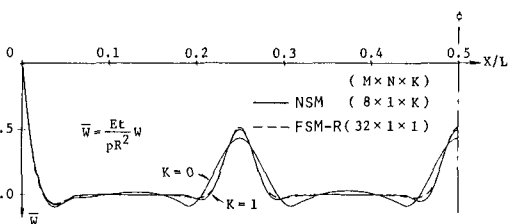


図-8 たわみ w の分布 (計算例 3, Case-4)

NSMによる解は、 M , N , K を増せば十分な精度の値が得られる。これらの計算例において級数項(節線変位)を1~2項用いると解の精度は急に改善され、図-9の場合には特に顕著である。集中荷重が作用する場合には解の収束性はやや悪いが、それでも4項採れば十分である(表-2)。一般的に、2~3項で収束解が得られるように変形状態に応じた要素分割を行うのがよいようである。

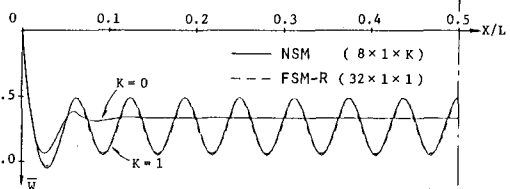


図-9 たわみ w の分布 (計算例 3, Case-5)

補剛材をオフセット・ビームで扱った解法は、表-3から十分な精度を有し、計算時間と記憶容量の縮小の効果が大きい。なお、計算例2において、 10×10 の要素を用いたFEMの誤差は10%、 20×10 要素の場合(図-6)では5%であった。この場合の計算時間はNSMの $4 \times 6 \times 2$ (誤差は4%, 表-2)に比べて3.7倍であった。

表-1 計算例1の w_{max} ($X/L = 1/16$)

Method	M	N	K	Case-1	Case-2	Case-3
NSM	3	2	0	1.023	1.024	0.990
	1	1	1	1.033	1.008	0.997
	2	1	2	1.057	1.020	1.003
	3	1	3	1.059	1.018	1.001
	3	4	0	0.972	1.018	1.028
	1	1	1	0.980	0.986	0.990
FSM-S	2	0	2	0.994	0.999	1.003
	3	0	3	0.995	0.999	0.999
	1	4	25	1.004	1.005	1.005
	50			1.000	1.000	1.000
	100			1.0	1.0	1.0

表-2 計算例2の w_{max} ($X/L = 1/2$)

Method	M	N	K	Case-1	Case-2	Case-3
NSM	4	6	0	0.857	0.935	
	1	1	1	0.875	0.945	
	2	1	2	0.959	0.970	
	4	1	4	0.973	0.974	
	6	1	6	0.977	0.974	
	4	10	0	0.882	0.949	0.959
FSM-S	1	1	1	0.900	0.961	0.967
	2	1	2	0.981	0.990	0.979
	4	1	4	0.993	0.994	0.981
	6	1	6	0.996	0.995	0.982
	1	18	25	1.000	1.000	0.997
	50			1.000	1.000	1.000
	100			1.0	1.0	1.0

表-3 計算例3の w_{max} ($X/L = 1/32$)

Method	M	N	K	Case-4	Case-5
NSM	4	1	0	0.929	—
	1	1	1	0.990	1.041
	2	1	2	0.988	—
	3	1	3	1.009	1.010
	8	1	0	0.998	0.890
	1	1	1	1.010	1.018
FSM-R (beam)	32	1	1	1.000	1.001
	64	1	1	1.000	1.001
	FSM-R (plate)	32	1	1.000	1.001
	64	1	1	1.0	1.0

以上のように、節点帯板法は補剛円筒殻の場合にも母線方向の要素分割を少なくすることができて、計算効率のよい解析法であることがわかった。本計算例のCPU時間はM-280H(東大センター)で2~25秒であった。

- 1) 笹戸・林・中野: 節点帯板法による円筒殻の応力解析, マトリックス解析法研究発表論文集, JSSC第17回大会, 1983.
- 2) 笹戸・林・伊藤・林: 有限帯板による補剛円筒殻の解析, マトリックス解析法研究発表論文集, JSSC第15回大会, 1981.