

3. 剛性マトリックスの作成：図-4に示す節線(i, j)の任意の材端力(任意方向の断面に対するモーメントMn, 換算せん断力Vn)と隅角点を含む任意の材端変位(任意方向の断面におけるたわみWとたわみ角θn)を結ぶ剛性マトリックスを次の方法によって求める。すなわち剛性マトリックスは図-3に示すような辺長(B, L)の矩形板内に設けた節線(i, j)に線荷重(p)と線モーメント(m)を作用させたモデルI, IIを重ね合わせ、選点法によって作成される。ここで、節線上の選点の材端力、材端変位は、次式で与えられる。

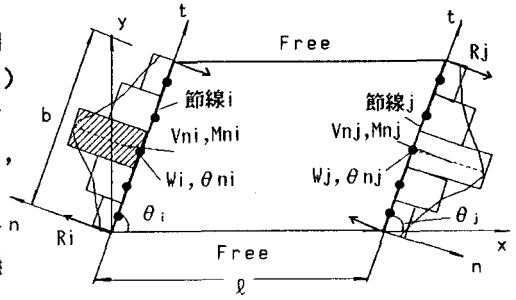


図-4

● : 選点

$$Mn = Mx \cdot \sin^2 \theta + My \cdot \cos^2 \theta - 2Mxy \cdot \sin \theta \cos \theta$$

$$Vn = Vx \cdot \sin \theta - Vy \cdot \cos \theta + \{(1-\nu)(Qx \cdot \cos \theta - Qy \cdot \sin \theta)$$

$$+ 4(\frac{\partial Mxy}{\partial x} \sin \theta - \frac{\partial Mxy}{\partial y} \cos \theta) - \frac{EI}{a}(\nu \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} \cos \theta + \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} \sin \theta)\} \sin \theta \cos \theta$$

$$\theta n = \theta x \cdot \sin \theta + \theta y \cdot \cos \theta \quad (2)$$

ここに、Mx, Myはx, y方向の曲げモーメント、Qx, Qyはせん断力、Vx, Vyは換算せん断力、Mxyはねじりモーメント、θx, θyはたわみ角、θは節線iまたはjにおける角度、EIはリブの曲げ剛度。また、節線(i, j)上の隅角点定着力(R)は自由辺上のねじりモーメントMxyと任意方向の断面におけるねじりモーメントMntにより次の様に表される。

$$R = Mnt + Mxy, \quad Mnt = Mxy(\sin^2 \theta - \cos^2 \theta) + (Mx - My)\sin \theta \cos \theta \quad (3)$$

したがって、図-4のように任意方向の断面に対する材端力の分布は節線上で分割された小区間の選点における平均量の重ね合わせによって近似され、それぞれの選点の材端変位と関係づけられる。

4. 計算例：ここでは、斜板要素の剛性マトリックスの精度を検証するための基本的な例題を示す。図-5の解析モデルは、2枚の台形板要素を直接剛性法を用いて接続した矩形板に全面等分布荷重(q)を満載させたもので、節線上の小区間の分割は等7分割(d=b/7)とした。表-1には、A-A断面での各選点における変位と断面力の値を示し、モデルを単一板として計算した級数解と比較している。この結果より級数解との差異は、単精度で5%以内に留まっている。

なお、本研究を行うにあたって、

当時の大阪工業大学土木工学科
卒研究生の相場悟君、芦田雅秀君、
伊藤進君の協力を得たことを記し、
謝意を表する。

● : 選点 ○ : 板要素番号

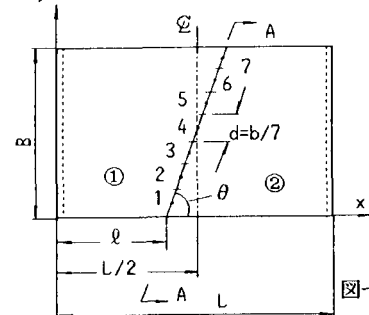


図-5

表-1

選点	W $qL^4/D \cdot 10^{-4}$				θn $qL^3/D \cdot 10^{-5}$			
	$\theta=50$ 度		$\theta=70$ 度		$\theta=50$ 度		$\theta=70$ 度	
	級数解	本解析値	級数解	本解析値	級数解	本解析値	級数解	本解析値
1	9.653	9.344	10.60	10.26	56.33	54.56	24.47	23.70
2	9.372	9.327	9.748	9.701	19.81	19.05	7.905	7.600
3	9.015	8.999	9.095	9.079	2.257	2.186	0.703	0.725
4	8.843	8.827	8.842	8.858	0.0	0.0	0.0	0.0
5	9.015	8.999	9.095	9.079	-2.257	-2.186	-0.703	-0.725
6	9.372	9.327	9.748	9.701	-19.81	-19.05	-7.905	-7.600
7	9.653	9.344	10.60	10.26	-56.33	-54.56	-24.47	-23.70
選点	Vn $qL \cdot 10^{-2}$				Mn $qL^2 \cdot 10^{-1}$			
	$\theta=50$ 度		$\theta=70$ 度		$\theta=50$ 度		$\theta=70$ 度	
	級数解	本解析値	級数解	本解析値	級数解	本解析値	級数解	本解析値
1	15.72	14.97	4.454	4.240	6.411	6.100	1.299	1.249
2	7.521	7.231	1.284	1.234	6.198	6.141	1.194	1.183
3	2.451	2.446	-0.037	-0.037	5.985	5.980	1.115	1.114
4	0.0	0.0	0.0	0.0	5.887	5.887	1.085	1.085
5	-2.451	-2.446	0.037	0.037	5.985	5.980	1.115	1.114
6	-7.521	-7.231	-1.284	-1.218	6.198	6.141	1.194	1.183
7	-15.72	-14.97	-4.454	-4.240	6.411	6.100	1.299	1.249