

曲げを受ける大形斜板要素の剛性マトリックスの作成

新構造技術部

大阪工業大学

東洋技研コンサルタント部

正員 ○松尾法弘

正員 岡村宏一

正員 石川一美

1. まえがき：これまでに、任意の支持条件を持つような多径間平板構造の全体系と局所系を同時に解析する場合の離散化の手段として、例えば1径間にわたるような大形の平板要素の剛性マトリックスを作成し、その接続に際してリラクセーション法に属する1種の分配法を併用する方法を提案した。あわせて、長方形平板要素、扇形平板要素の一方向の剛性マトリックスを作成し、多径間平板構造の解析を行い良好な結果を得た。^(1),2) 今回はこの方法を、多径間斜板構造の解析に拡張していく目的で、曲げを受ける一方向の大形の斜板要素の剛性マトリックスを作成し、基本的な精度についての検討を行ったので、その結果について報告する。

2. 斜板要素の剛性マトリックスの作成：本解析では、矩形板の級数解を基本解として斜板要素の剛性マトリックスを作成した。

まず、図-1に示すように、矩形板を集中力(P, M)が作用する節線上で2分割し、それぞれのパネルにおける、曲げの基礎方程式の同次解を相対2辺単純支持、他の2辺が自由の境界条件、ならびに外力のつり合い条件と変位の連続条件を満足するように、級数解法によってあたえる。ここで、集中荷重(P)が作用する解を直角座標(x, y)における ξ, η に極をもった極座標(r, θ)に変換する。また、集中モーメント(M)を受ける場合は座標変換した集中荷重の解に微分操作を加えて任意方向に作用する集中モーメントの解として与えている。さらに、図-2に示すような任意方向に分布幅(d)を持った荷重を受ける場合の解は、

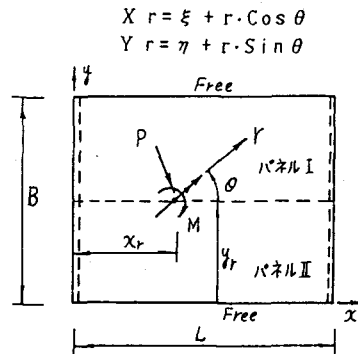


図-1

図-1の荷重状態での解を分布幅で積分することによって求める。

次に、図-3に示す節線(i, j)に任意の材端力(任意方向

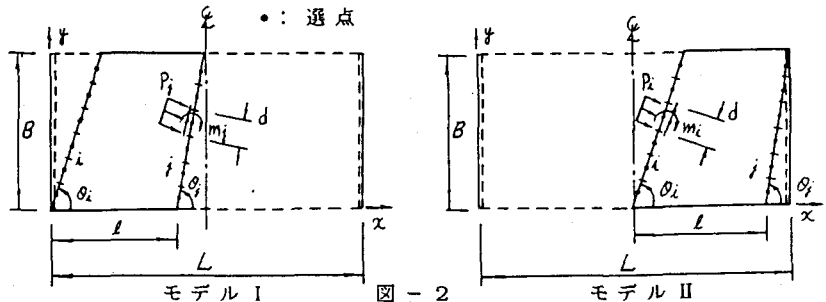


図-2

1)岡村,石川:小型計算機による多径間平板構造の解析,土木学会論文集, No.344, 1984

2)岡村,石川:多径間曲線構造の一解法,土木学会論文集, No.374, 1986

の断面に対するモーメント M_n , 換算せん断力 V_n) 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 θ_n) 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-2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。

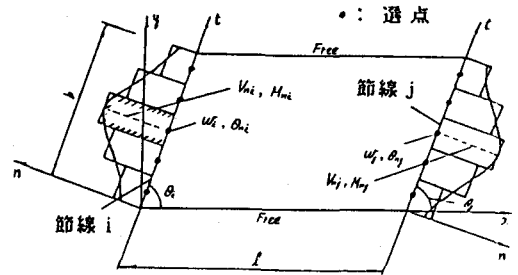


図-3

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。

$$\begin{aligned} M_n &= M_x \cdot \sin^2 \theta + M_y \cdot \cos^2 \theta - 2 M_{xy} \cdot \sin \theta \cos \theta \\ V_n &= M_x \cdot \sin \theta + V_y \cdot \cos \theta - \{ (1-\nu)(Q_x \cdot \cos \theta - Q_y \cdot \sin \theta) \\ &\quad - 4 \left(\frac{\partial M_{xy}}{\partial x} \sin \theta - \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} \cos \theta \right) \} - \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} \cos \theta \\ \theta_n &= \theta_x \cdot \sin \theta + \theta_y \cdot \cos \theta \end{aligned} \quad (1)$$

ここに、 M_x, M_y は x, y 方向の曲げモーメント、 Q_x, Q_y はせん断力、 V_x, V_y は換算せん断力、 M_{xy} はねじりモーメント、 θ_x, θ_y はたわみ角、 θ は節線 i または j における角度。

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 M_{xy} と任意方向の断面におけるねじりモーメント M_{nt} により次の様に表される。

$$\begin{aligned} R &= M_{nt} + M_{xy} \\ M_{nt} &= M_{xy} (\sin^2 \theta - \cos^2 \theta) \\ &\quad + (M_x + M_y) \sin \theta \cos \theta \end{aligned} \quad (2)$$

したがって、図-3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。

3. 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题を示す。図-4の解析モデルは、2枚の台形板要素を接続した矩形板に部分等分布荷重 (q) を偏心載荷させたもので、節線上の小区間の分割は等5分割 $(d=b/5)$ とした。表-1には、A-A断面

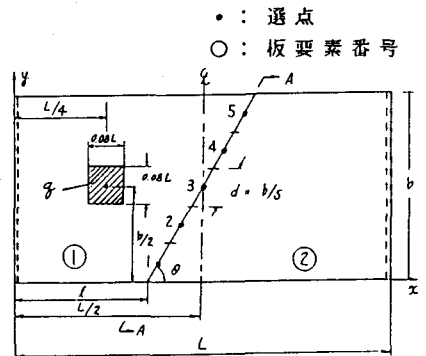


図-4

表-1

	選点	$\theta = 0.0$ 度		$\theta = 50$ 度	
		級数解	本解時刻	級数解	本解時刻
W $qL/d \cdot 10^3$	1	2.494	2.494	2.422	2.422
	2	2.440	2.440	2.459	2.457
	3	2.412	2.412	2.412	2.412
	4	2.406	2.406	2.294	2.294
	5	2.424	2.424	2.117	2.117
	6	-6.242	-6.248	20.85	20.85
θ_n $qL/d \cdot 10^3$	1	-9.594	-9.600	2.641	2.460
	2	-12.73	-12.74	-12.73	-12.89
	3	-16.60	-16.61	-26.01	-26.00
	4	-10.69	-10.71	-30.27	-30.31
	5	-2.603	-2.603	-1.731	-1.712
	6	-3.912	-3.912	-4.608	-4.768
V_n $qL \cdot 10^3$	1	-4.396	-4.396	-4.396	-4.892
	2	-3.641	-3.640	-3.220	-3.175
	3	-2.665	-2.665	-2.461	-2.467
	4	2.141	2.141	2.644	2.649
	5	2.043	2.043	2.254	2.235
	6	1.971	1.970	1.971	1.992
M_n $qL \cdot 10^3$	1	1.931	1.931	1.723	1.736
	2	1.909	1.909	1.475	1.475

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、5%以内に留っている。なお、本研究を行うにあたって、当時的大阪工業大学卒研生の佐々木雄一郎君、長尾伸哉君、南邦明君の協力を得たことを記し、謝意を表する。