圧力を受ける矩形コーティング加工平織布膜の
撓みと応力の手計算近似式

南　宏和＊

梗　　概

圧力を受ける膜の撓みと応力の計算には、周知のとおり膜がもつ幾何学的非線形性が考慮される。そのために、極めて単純な形状といえる矩形の膜であっても、その撓みを支配する基本方程式は複雑なものとなる。そこで、互いに交差しながら平織物のたて糸とよこ糸が支持し合う力学的関係を利用することにより、本来高度なコンピュータ解析が必要な矩形コーティング加工平織布膜の応力・変形の計算を手計算で近似的にできる式を導いた。得られた手計算式が実用性をもつことを、単純な平面供試膜についてのことであるが、実験により確認した。

1　はじめに

平面内にある矩形境界で支持され撓んでいるコーティング加工平織布を取りあげる。そして、この材料が静圧力を一様に受けて膜として変形する挙動を検討の対象とする。

膜構造物の膜の形態を考えると、初期撓みのある矩形膜の形態は最も単純かつ基本的なものの一つといえよう。圧力を受けて変形するときのその撓みと引張応力の計算は、今日では有限要素法解析で容易に行うことができる。しかし、そのような高度な解析法による計算にはそれなりに計算作業時間を要し、また計算結果の評価には解析法に関する一定水準以上の知識が要請されると考えるべきであろう。そこで、誘導のための理論が難しいものでなくまた手計算でそれら応力や撓みを容易に計算できる単純な実用計算式が用意されているならば、それは膜構造物設計のために一つの有意義なことといえよう。本検討では、その実用計算式を得ることを主な目的とする。

初期撓みをもつ矩形膜は単純な形態をもつけれども、圧力を受けて変形する時のその基本的な支配方程式は、周知のようにひずみと変位の非線形関係式つまり幾何学的非線形性を考慮することから、膜境界を含む矩形平面の面内とその垂直な方向に定められた直角座標の各軸方向の変位成分３個を未知数とする複雑な方程式の組すなわち３元連立非線形２階偏微分方程式になる。この支配方程式を差分法で近似的に解く方法を追究し、矩形膜の応力や撓みの分布などの特性を調べた研究報告がある[1)2)3)]。一方、この支配方程式を解く代わりに、撓みを三角関数の級数で表してエネルギー法で近似的に解析する方法も追究され報告された[2)]。以上の研究報告に示された応力と撓みの計算手順は、コンピューター利用を前提とした手順であり、今日一般化している有限要素法解析の計算手順と同様に、手計算に供されたものではない。

コーティング加工平織物の矩形膜の応力・撓みを実用上十分な精度で与える手計算式を誘導するためには、応力のほとんどを分担すると考えられる平織物のもつ力学的および幾何学的な特徴、すなわちたて糸とよこ糸がクリンプ（波形に縮み）しつつ直交し力学的に相互作用している特徴をうまく利用してモデル化することがまず肝要であろう。本研究では、平織物のたて糸とよこ糸は矩形境界辺に平行に位置するものとする。そして、矩形の中心を通る糸１本を含み単位幅をもつ細長い１方向の膜要素を抽出しモデル化してその応力を本検討で目的とする応力として計算する式を誘導するようにする。この１方向膜要素を主膜要素と呼ぶことにする。主膜要素の

＊ 太陽工業株式会社 研究開発本部

撓みを解析するときには、これに直交するすべての糸についても同様にその1本を含む単位幅をもつ1方向膜要素を抽出してモデル化し、主膜要素との間の力学的相互作用の考慮を払うようにする。これらの膜要素を直交膜要素と呼ぶことにする。

まず主膜要素と直交膜要素のモデル化の説明をし、つづいて直交膜要素の撓み解析を行う。その解析結果を用いて主膜要素の撓み解析を行い、目的とする応力と撓みを近似的に手計算で求めることができる計算式を誘導する。さらに、得られた手計算式の検証を、空気圧を受ける PTFE コーティング加工ガラス繊維平織物の正方形供試膜の撓みの実験値を用いて行う。そして最後に、得られた手計算式を適用し、矩形膜の撓みおよび応力と、初期撓みおよびアスペクト比との関係について、簡単な考察を行うことにする。

なお、本論での応力は、膜の変形前単位幅当たりの引張力を表す。

2　コーティング加工平織物のモデル化

コーティング加工平織物が平面内にある矩形境界で支持されている。その境界を含む平面の中心に原点を置く直角座標軸x、y、zを定める（図2）。x軸とy軸は境界に平行に定める。コーティング加工平織物は、原点を含むx-z平面が通る位置でz方向の初期撓みw_0をもって境界で支持されており、そこで一様圧力Qをz方向に受けるものとする。そして変形した結果生じる、このx-z平面が通る断面の方向の応力は、どの位置でも一定と仮定しそれをTと表す。また、このx-z平面が通る位置の初期撓みの位置からのz方向の変位をwと表す。x=0（原点つまり矩形中心）の位置でのその変位をw_cと表し、初期撓みはw_{0c}と表す。そして、このx-z平面が通る位置に、前述の主膜要素（図2に示す位置A_0、C_0を通る膜要素）があるとする。本検討で得ようとしているのは、この主膜要素の一定応力Tと中央変位w_cを近似的に手計算で求めることができる実用式である。

コーティング加工平織物のコーティング樹脂は軟質であるし、その塗工層は平織物の厚みに比較して厚いものではない。そのことから、コーティング樹脂部分の引張剛性とせん断剛性を無視することとし、コーティング平織物の膜としての応力は平織物の負担する単位幅当たりの引張力であるとみなすことにする。この近似的取扱いを模式的に図1に表す。

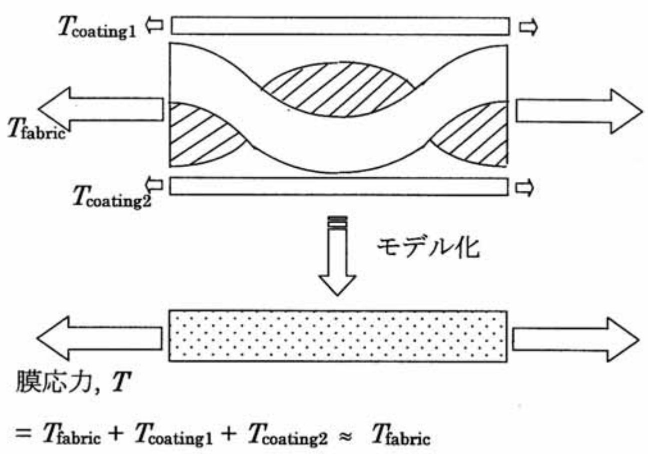

図1　コーティング加工平織物の膜応力の定義

図2に示すように、主膜要素A_0A_0の幅はx-z平面内の糸1本を含む単位の幅とし、支持間隔は$2a$とする。したがって、その幅はx-z平面内織糸の密度（y方向単位長さ当たりのx方向織糸の本数）の逆数で、これをd_yと表す。これに対し、y-z平面内の糸1本を含む単位の幅はd_xと表す。直交膜要素はこの幅をもち、主膜要素A_0A_0に直交するy-z平面内の糸の本数分あると考えることになる。図2には、そのうちの一つを直交膜要素B_nB_nと表して代表的に示した。その隣接のものは直交膜要素$B_{n-1}B_{n-1}$、$B_{n+1}B_{n+1}$と表すようにする。同図に示すように、これら直交膜要素の支持間隔を$2b$とし、主膜要素A_0A_0との交差点をC_{n-1}、C_n、C_{n+1}のように表す。

本検討の膜材料の基布は平織物に限るのであるが、以上の単位幅をもつ膜要素へのモデル化に加えて，この布材料がもつたて糸とよこ糸の交差部での力学的相互作用を適切にモデル化することによって近似解析手順が単純化され、その結果、目的とする実用計算式を導くことができる。

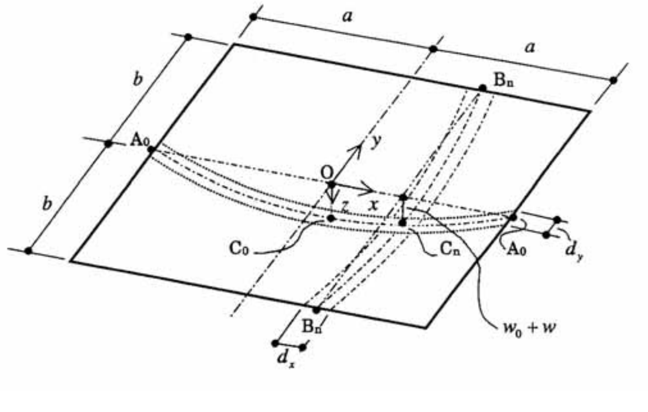

図2　一方向の主膜要素A_0A_0と直交膜要素B_nB_nへのモデル化

図３に、主膜要素と直交膜要素の隣接する交差部を、代表位置を･･･、C_{n-1}、C_n、C_{n+1}、･･･と表して示した。この図に示すように、たとえば位置C_{n-1}やC_{n+1}の交差部では、主膜要素の外表面に圧力Qが作用して膜要素どうしの接触面では相互作用圧力が作用すると考える。また、C_nやC_{n+2}の交差部では、直交膜要素の外表面に圧力Qが作用して、膜要素どうしの接触面では相互作用圧力が作用する。交差部での外表面に作用する圧力による力をQd_xd_y、接触面で相互に作用する力を位置･･･、C_{n-1}、C_{n+1}、･･･では･･･、$q_{n-1}d_xd_y$、$q_{n+1}d_xd_y$、･･･、位置･･･、C_n、C_{n+2}、･･･では･･･、$q_{xn}d_xd_y$、$q_{xn+2}d_xd_y$、･･･と表すことにする。

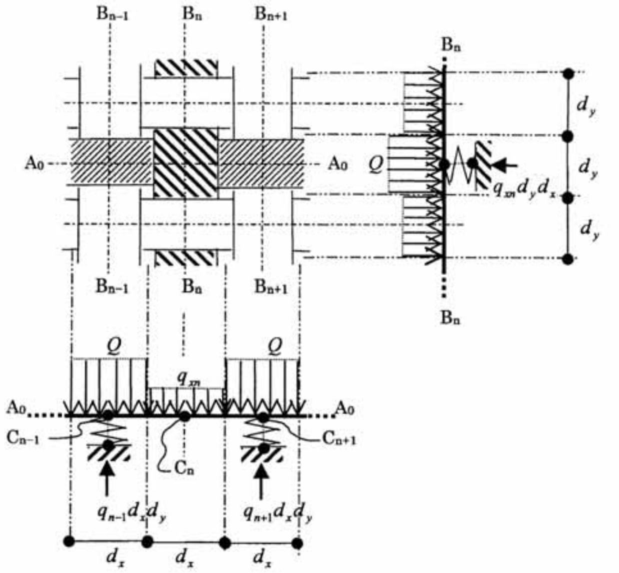

図３　膜要素交差部での外部圧力と交差部接触面相互作用力のモデル化

このように交差部の外部圧力と接触面相互作用力をモデル化して、矩形コーティング加工平織布膜を主膜要素と直交膜要素で構成された近似解析モデルとして表すことができる。それを図４の上段に示す。このモデルで、直交膜要素 B_nB_n の主膜要素との交差部での力の釣合条件に関係する力を考えると、それらは、外部圧力による力、交差部接触面作用力、および直交膜要素 B_nB_n の応力作用による力である。これらの力をそれぞれ第１項から順に用いて釣合方程式を表すと次式のようになる。

$$Qd_xd_y - q_{xn}d_xd_y + (\text{膜要素}B_nB_n\text{の引張力のz方向成分}) = 0.$$

この左辺第３項は、隣接する交差部の接触面圧力$-q_{n-1}$および$-q_{n+1}$による作用力の平均値に近似的に等しいと考えることにし、$-q_nd_xd_y$と表す。すると、上の釣合方程式から次式が得られる。

$$q_{xn}d_xd_y = Qd_xd_y - q_nd_xd_y. \tag{1}$$

この式の右辺の力を、主膜要素の交差位置 C_n に作用する接触面相互作用力とみなすことにより、図４上段のモデルよりも近似解析により適したモデルをつくることができる。それを同図の下段に示す。

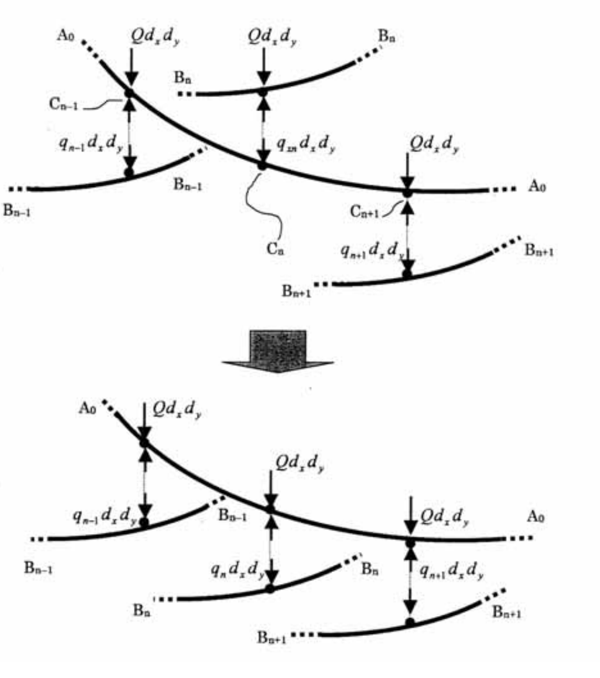

図４　主膜要素と直交膜要素で構成された
コーティング平織物膜モデル

３　直交膜要素の中央位置における撓みと接触面相互作用力との関係式

主膜要素の近似解析をするためには、図４下段に示した直交膜要素との交差部の接触面相互作用圧力･･･、q_{n-1}、q_n、q_{n+1}、･･･が、主膜要素を解析するときのｚ方向の初期変位w_0および未知変位wで表されている必要がある。その関係式を、まず直交膜要素の撓みの近似解析を行って求めることにする。

図５に、代表的に直交膜要素 B_nB_n の近似解析モデルを示す。中央の位置 C_n は、図４にも示したとおり、主膜要素との交差部の位置を表す。この位置でのｚ方向の初期変位と未知変位を前節で説明したとおりそれぞれw_0およびwで表す。後者の未知変位は外部圧力Qの作用による付加変位で、これに初期変位を合わせたものが総

変位である。この総変位を中央でもつ直交膜要素 B_nB_n の任意位置でのｚ方向の初期変位と外部圧力による付加変位をそれぞれ w_{0n} 、w_n と表すことにする。

図４下段に示すように、この膜要素の中央に作用する圧力は q_n である。ここで、この膜要素に作用する分布圧力を近似的に次式のように簡単化して表す。

$$q = \beta\, q_n \ \ (=\text{constant}). \tag{2}$$

ここで、β は定数係数とし、その値の検討を後で行うものとする。

本論ではコーティング平織布を線形弾性膜と考えることにし、この直交膜要素 B_nB_n の引張弾性定数を $E_n t$ と表す。そして、応力、ひずみおよびｙ方向の変位成分をそれぞれ T_n 、ε_n および v_n と表す。まず、この膜要素の応力―ひずみ構成式を

$$\varepsilon_n = T_n / E_n t$$

と表す。また、初期ひずみを考慮したひずみ変位関係式は

$$\varepsilon_n = \left[\frac{dv_n}{dy} + \frac{1}{2}\left\{\left(\frac{dv_n}{dy}\right)^2 + \left(\frac{dw_n}{dy}\right)^2 + 2\frac{dw_{0n}}{dy}\frac{dw_n}{dy}\right\}\right] \Big/ \left\{1 + \left(\frac{dw_{0n}}{dy}\right)^2\right\}$$

と表すことができるが [5]、この式を、右辺において本近似解析では省略可能と考えられる項を除いて次式のように表す。

$$\varepsilon_n = \frac{dv_n}{dy} + \frac{1}{2}\left(\frac{dw_n}{dy}\right)^2 + \frac{dw_{0n}}{dy}\frac{dw_n}{dy}. \tag{3}$$

さらに、この膜要素の応力の釣合い方程式を次式で表すことができる。

$$T_n \frac{d^2\left(w_n + w_{0n}\right)}{dy^2} = -q\,. \tag{4}$$

ここで、この膜要素のｚ方向の初期変位成分と付加変位成分を、境界と中央での条件に適合するｙの２次関数で近似的に次式のように表す。

$$w_n = w\left\{1 - \left(\frac{y}{b}\right)^2\right\} \ \text{and} \ \ w_{0n} = w_0\left\{1 - \left(\frac{y}{b}\right)^2\right\}. \tag{5}$$

類似に、ｙ方向の変位成分を次式のようにｙの３次式で表す。

$$v_n = v_{0n}\left\{1 - \left(\frac{y}{b}\right)^2\right\}\left(\frac{y}{b}\right),$$

$$\text{where} \ \ v_{0n} = \frac{2}{3b}\left(w^2 + 2\,w_0\,w\right) \ . \tag{6}$$

次に、以上の方程式を用いて、目的とする q_n を表す式を Ritz の方法で導く。まず、図２や図５を参考にして、この膜要素のひずみエネルギーおよび外力のポテンシャル・エネルギーは次式のように表すことができる。

$$U_n = 2\int_0^b \frac{1}{2} T_n\, d_x \varepsilon_n\, dy\,, \qquad V_n = 2\int_0^b q\, d_x\, w_n\, dy\,. \tag{7}$$

そして、次の方程式

$$\frac{d}{dw}\left(U_n - V_n\right) = 0 \tag{8}$$

を適用して目的の式が次式のように得られる。

$$q_n = \frac{4E_n t}{3\beta b^4}\left(w^2 + 2\,w_0\,w\right)\left(w + w_0\right). \tag{9}$$

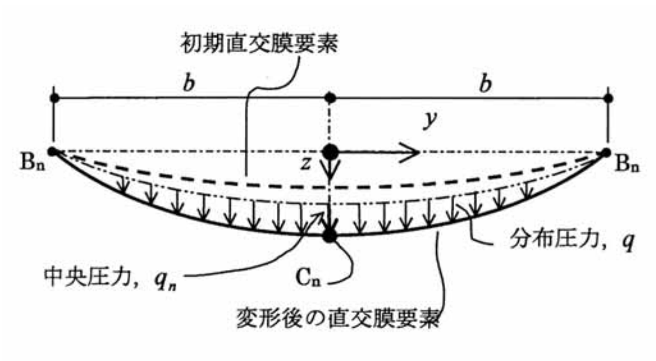

図５　直交膜要素 B_nB_n の解析モデル

４　手計算式の誘導―主膜要素 A_0A_0 の近似解析

次に、(9)式を適用して、主膜要素 A_0A_0 の近似解析をする。そして、本論の目的の手計算式を導く。

図６は主膜要素 A_0A_0 の解析モデルを示す。この膜要素に交差する直交膜要素の様子は図４にしめしたとおりである。前述のとおり、この膜要素の任意位置の初期ｚ方向変位および外圧力による同方向付加変位はそれぞれ w_0 および w と表す。また、中央 C_0 (x=0) のそれらの変位はそれぞれ w_{0c} および w_c と表す。

前節においてと類似に、この膜要素の引張弾性定数を Et と表す。そして、応力、ひずみおよびｙ方向の変位成分をそれぞれ T 、ε および u と表す。そして、この膜要素について応力―ひずみ構成式を

$$\varepsilon = T / Et\,, \tag{10}$$

初期ひずみを考慮したひずみ変位関係式を

$$\varepsilon = \frac{du}{dx} + \frac{1}{2}\left(\frac{dw}{dx}\right)^2 + \frac{dw_0}{dx}\frac{dw}{dx}, \tag{11}$$

さらに、応力の釣合い方程式を次式で表す。

$$T\frac{d^2(w+w_0)}{dx^2} = -Q + q_n. \tag{12}$$

さらに、前節の(5)式と(6)式と類似に、各変位成分を、境界と中央での条件に適合するよう近似的に次式のように表す。

$$w = w_c\left\{1-\left(\frac{x}{a}\right)^2\right\},\quad w_0 = w_{0c}\left\{1-\left(\frac{x}{a}\right)^2\right\}, \tag{13}$$

$$u = u_0\left\{1-\left(\frac{x}{a}\right)^2\right\}\left(\frac{x}{a}\right),$$

$$\text{where}\quad u_0 = \frac{2}{3a}(w_c{}^2 + 2w_{0c}w_c). \tag{14}$$

そして、以上の方程式を用いると、この膜要素のひずみエネルギーおよび外力のポテンシャル・エネルギーをそれぞれ次式のように表すことができる。

$$U = 2\int_0^a \frac{1}{2}T\, d_y\, \varepsilon\, dx,\quad V = 2\int_0^a Q\, d_y\, w\, dx. \tag{15}$$

前節の直交膜要素に対してこの主膜要素の場合では、交差部で直交膜要素から作用する圧力q_nの仕事を考慮する必要がある。それは、蓄積エネルギーとして考慮すると、次式で表される。

$$U_q = 2\int_0^a\int_0^w (q_n\, d_y\, dx)\, dw. \tag{16}$$

以上の方程式を用いて、再びRitz法を適用する。

$$\frac{d}{dw_c}(U + U_q - V) = 0. \tag{17}$$

この式より、主膜要素の中央撓みw_cに関する3次の代数方程式が得られる。それを解いて、目的とするコーティング加工平織物膜の中央撓みの手計算式が、さらにその計算式より対応する応力の手計算式が次式のように得られる。

$$w_c = \sqrt[3]{\alpha_1} + \sqrt[3]{\alpha_2} - \frac{B}{3A}, \tag{18}$$

$$T = \frac{2Et}{3a^2}(w_c{}^2 + 2w_{0c}w_c), \tag{19}$$

ここに

$$\alpha_1 = 0.5\left(-p_2 + \sqrt{p_2{}^2 + 4p_1{}^3}\right),$$

$$\alpha_2 = 0.5\left(-p_2 - \sqrt{p_2{}^2 + 4p_1{}^3}\right),$$

$$p_1 = \frac{3AC - B^2}{9A^2},\quad p_2 = \frac{2B^3 - 9ABC - 27A^2Q}{27A^3},$$

$$A = \frac{4Et}{3a^4}\left(1 + \frac{64}{105}\lambda\right),\quad B = \frac{16Et}{3a^4}\left(1 + \frac{16}{35}\lambda\right)w_{0c},$$

$$C = \frac{16Et}{3a^4}\left(1 + \frac{32}{105}\lambda\right)w_{0c}{}^2,$$

そして $$\lambda = \frac{E_n t}{Et\,\beta}\left(\frac{a}{b}\right)^4.$$

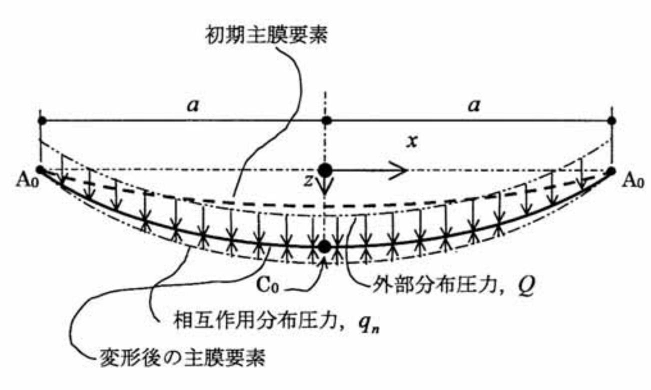

図6 直交膜要素A_0A_0の解析モデル

5　中央撓みの手計算式の実験値による検証

圧力を受ける矩形コーティング加工平織物の中央での変位と応力の手計算近似式が、それぞれ(18)式と(19)式のように得られた。本節では、これらのうち前者について、既報[4]の実験値との比較をして検証する。

既報の供試体は辺長が40cm（$a = b = 20$ cm）の正方形で、大スパンドーム膜屋根などに採用されている膜材料と同種のPTFE(polytetrafluoroethylene)コーティング加工のガラス繊維平織物である。この膜材料のたて糸およびよこ糸の1cm幅あたりの打

ち込み本数（糸密度）はそれぞれ10.0および7.3（本/cm）である。実験は、初期変位なしで取り付けた供試体に空気圧をかけて中央変位（z方向）をダイアルゲージで測定したもので、その状況を図7に示す。

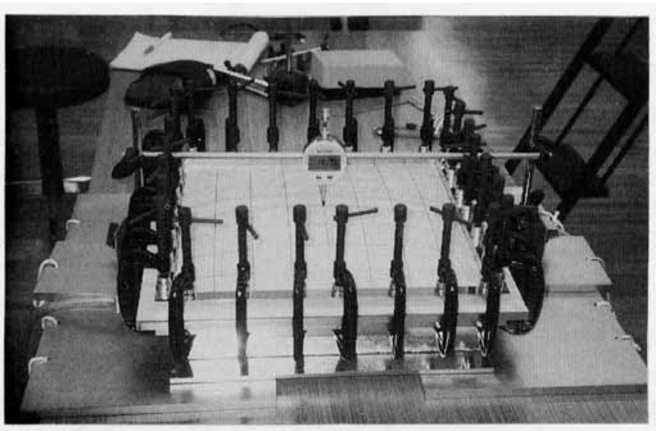

図7 空気圧による正方形膜の中央変位を測定する実験[4]

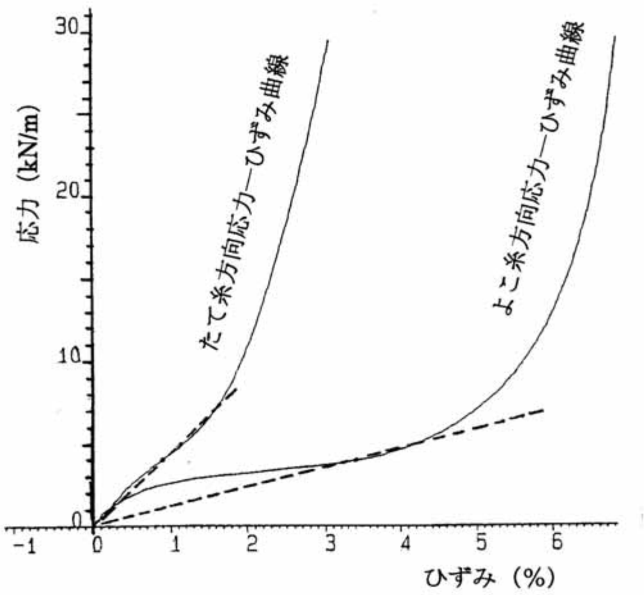

図8 供試膜の測定1軸応力—ひずみ曲線

供試膜材料のたて糸方向およびよこ糸1軸伸長曲線を図8に示す。これらの非線形応力—ひずみ曲線は、1軸引張破断応力のおよそ20%にあたる応力に達するまでの間に測定されたものである。この図には、各伸長曲線について線形近似をした結果を破線で示した。これら破線は、(19)式による応力の計算値がほぼ4kN/mまでの範囲に含まれるものと想定して、伸長曲線上の応力0および4kN/mの点を結んだものである。そして、たて糸方向およびよこ糸方向をそれぞれx軸およびy軸と設定し、引張弾性定数Etおよび$E_n t$をそれぞれ444 kN/mおよび118kN/mと算定した。

供試体中央の(18)式および実験による変位と空気圧力の関係を図9に示す。ここで、計算結果は、βの値を1.0と0.5に定めた場合の二つの結果を示している。二例の計算結果にはほとんど差異はなく、これらの結果は実験結果によく一致していると言える。

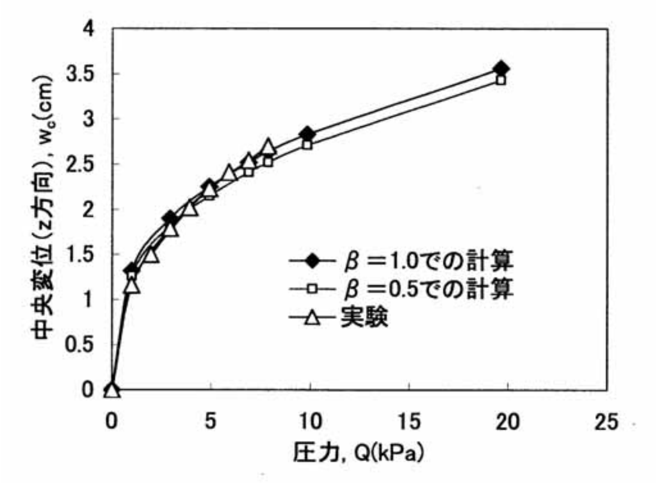

図9 計算と実験による中央変位と圧力の関係

6 矩形コーティング加工平織布膜の応力変形特性の考察

樹脂コーティング加工平織物は、前述のように薄く塗工されたコーティング樹脂が普通は軟質でありまた平織布が織糸の方向に偏って引張剛性をもつものであるので、圧力を受けて変形する場合の変形と応力の関係には連続体膜の場合とは違った特性が含まれるであろうと考えられる。ここでは、そのことを意識しながら、前節で得られた手計算式（(18)式と(19)式）を適用した計算結果に若干の考察を加えることにする。なお、図9の計算結果にみられたように、βの値の違いは計算結果にほとんど影響を及ぼさないので、以下ではこれを1.0と定めて計算を実施した。また、図の縦軸と横軸の表現には、1節で述べた膜の支配方程式を無次元化した場合に現れる項の係数ともいえる無次元量を用いた。

まず、図10に、正方形膜について(18)式で得た圧力と中央変位の関係を示し、その初期撓み依存性を示した。中央変位は、初期撓みがない場合には、圧力に対して強い非線形性を示している。しかし、初期撓みがある場合には、非線形性は顕著でなくなり、主膜要素に

沿う辺長の 5%程度の初期撓みの場合であればほぼ線形であるとみなせるようである。

図11 に、正方形膜について(19)式で得た圧力と応力の関係を示し、その初期撓み依存性を示した。応力は、初期撓みがより大きく与えられるほど低い水準の値になり、圧力に対して線形性が増す。初期撓みのない場合の非線形性はわずかで、初期撓みに関係なく応力は圧力に対してほぼ線形であるとみなせるようである。

図12には、初期撓みのない場合の圧力と中央変位の関係を示し，その矩形膜のアスペクト比依存性を示した。この図をみると、アスペクト比（b/a）が 1.0 の結果は同 2.0 の結果と大差ないことがわかる。このことから、アスペクト比が 1.0 程度およびそれを超える矩形のコーティング加工平織布膜の変形計算は、この矩形膜を主膜要素方向の一方向単位幅膜に１次元モデル化をして計算することも近似的には可能であるといえる。

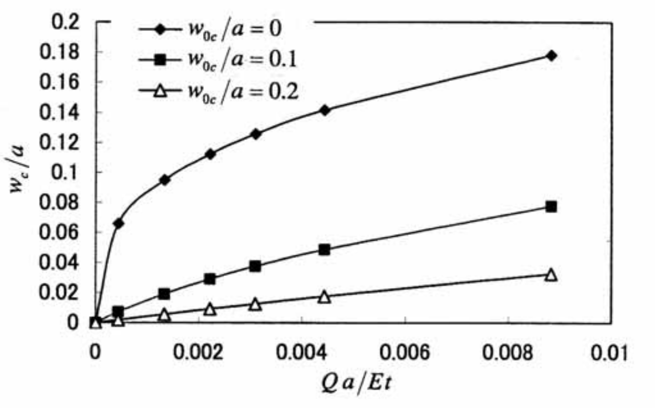

図10　３ケースの初期撓みについて計算した圧力―中央変位関係

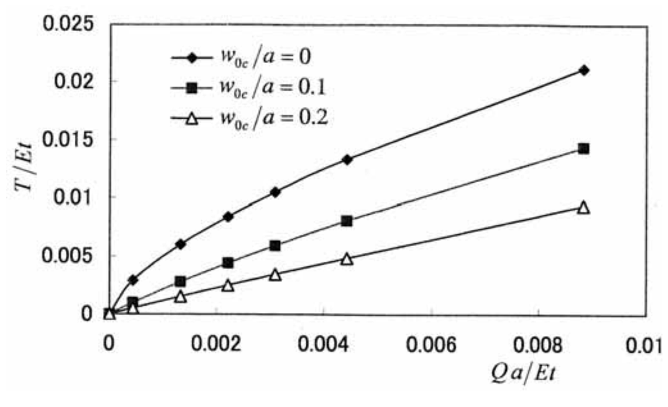

図11　３ケースの初期撓みについて計算した圧力―応力関係

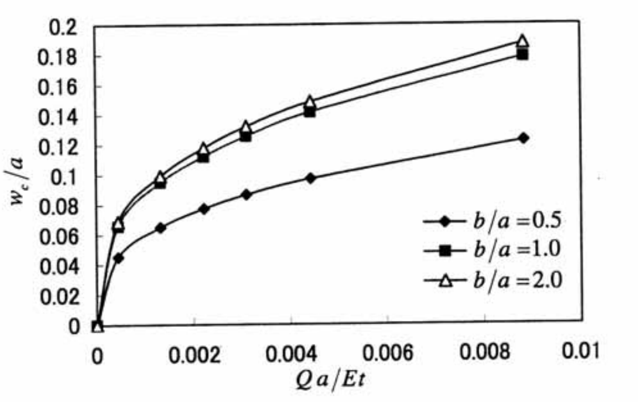

図12　３ケースのアスペクト比について計算した圧力―中央変位関係

7　結論

互いに交差しながらたて糸とよこ糸が支持し合う力学的関係を利用することにより、本来高度なコンピュータ解析が必要な矩形コーティング加工平織布膜の応力・変形の計算を手計算で近似的にできる式を導くことができた（(18)式と(19)式）。そして、得られた手計算式が実用性をもつことを、単純な平面供試膜についてのことであるが、実験により確認できた。

膜構造物の設計プロセスで、矩形あるいはそれに近似できるコーティング加工平織布膜（膜材料）の応力変形計算の近似的検討が必要になるときには、本手計算式を有限要素法など高度なコンピュータ解析の代わりに用いることができる。

コーティング加工平織布の正方形膜に本手計算式を適用した計算結果によると、初期撓みがない場合あるいは求める応力の方向の辺長の 5%程度までの場合は、圧力に対して変位および応力の非線形性は特に変位について顕著にあらわれる。しかし、それらより初期撓みが大きい場合では、非線形性は弱くなりほぼ線形とみなすことができる。また、長方形膜の計算結果によると、中央変位は短辺方向の一方向膜モデルで計算しても大差ない結果を得ることができることが予測される。したがって、短辺方向の応力は、その方向の一方向膜モデルで計算することも近似的には可能であろう。

なお、周知のようにコーティング加工平織布膜の特に初期伸長時の伸長曲線は顕著な非線形性を示すものであることが多い。図8に示した伸長曲線はその具体例である。本報の計算式はさしあたり材料線形仮定を置いて導かれた結果であるので、その妥当な適用には

非線形伸長曲線に対して行う線形化に際して、計算する応力値の大きさをあらかじめ勘案するなどの注意を払うことが当然ながら肝要になる。本報における線形化は、図9に示した実験値に対応する応力計算値の範囲(図11のデータからおよそ5kN/mまでの範囲とわかる)と、図8に示した伸長曲線の線形化をした応力値の範囲とができるだけ対応するように図られたものである。

参 考 文 献

1) F.S.Shaw and N.Perrone,"A Numerical Solution for the Nonlinear Deflection of Membranes", J. of App. Mech. Vol.20, June 1954, pp.117-128.
2) 越智信夫,植村益次,"直交異方性平面膜の面圧による撓み特性",東京大学宇宙航空研究所報告,第１０巻,第３号(A),1974年7月.
3) H.Minami, "Deflection and Tension Property of Coated Fabrics Subjected to Lateral Pressure", Proc. of the 1'st Int. Conf. "Engineering Software", Southampton Univ., 1979, pp.123-144.
4) 南 宏和,山本千秋,瀬川信哉,河野義裕,"多段線形近似による膜の材料非線形解析のための弾性パラメタ算定法", 膜構造研究論文集96（日本膜構造協会）, No.10, 1996, pp.45-51.
5) 南　宏和,「（膜構造物設計における）膜の弾性理論」, 日刊工業新聞社, 1998, p.25.

Formulae for Handcalculation of Deflection and Stress of Rectangular Coated Plain-Weave Fabric

Hirokazu Minami*

Taking advantage of a mechanics in the mutually supporting system of crossing warp and weft yarns in plain-weave fabric, a rectangular coated fabric was considered as a composite material of a principal membrane element having unit width including one yarn in the principal direction and the other orthogonal membrane elements also having unit width. Consequently, formulae for the approximate handcalculation of the deflection and stress were obtained. The formulae were verified by comparison on the central deflections calculated and measured on a flat square specimen subjected to lateral pressure. In conclusion we could consider that the formulae were adoptable to the practical approximate handcalculations in place of advanced computer analysis such as finite element method analysis.

---

* R & D Department, Taiyo Kogyo Corp.