一般論文

面圧縮を受ける段ボール中芯の形状と弾性強度

(楕円対称曲線部よりなる中芯波形の場合)

松島理* 松島成夫**

Elastic Stress Analysis of SCP Medium in Corrugated Fiberboard under Surface Compression

(SCP Medium of Wave Shape Made of Symmetrical Parts of Elliptic Curve)

Satoru MATSUSHIMA*, Shigeo MATSUSHIMA**

Elastic stress analysis was performed in SCP medium (SM) of wave shape (made of symmetrical parts of ellipus) for the corrugated fiberboard under the surface pressure. Also, relations between σ (bending stress) distribution and the SM shape were discussed. Following results were obtained.
(1) Maximum value σ_{max} of $|\sigma|$ appears at kraftliner・SM joints on the inner surfaces. And ratio (σ_{max} (partial epllipus) / σ_{max} (sinusoidal)) is 1~2, and gradually decreases with the increase of ratio r (half waveheight h/2 to radius of ellipus) in the waveheight direction.
(2) Maximal or minimal value of the stress is in the range of x = L/32~L/12 for SM, which L is wavelength and x is distance in the machine direction from the middle of the waveheight and the thickness T for SM. The position of σ_{max} gradually increases from L/32 to L/12 with the increase of r.
(3) In ρ (radius of curvature for SM) > T/2, σ_{max} decreases conspicuously with the increase of T. σ_{max} decreases sharply at $\rho \fallingdotseq T/2$ and increases slightly in $\rho >> T/2$ with the increase of L, and increases and decreases with the increase of h.

Keywords : Strength of material, Strength of corrugated Fiberboard, Elastic stress Analysis, Structure strength, Computational mechanics, Structure analysis, Optimum design

面圧をうける段ボールの偏楕円波形中芯（楕円の対称部よりなる）の弾性応力を求めた。また、面圧を受ける中芯の曲げ応力σの状態と形状との関係を議論した。得られた主な結果は次のようなものである。
(1) 正弦波形の際と同様、中芯内側表面の位置 x = L/4 に $|\sigma|$ の最大値σ_{max}が生じる。Lは中芯波形の波長、xは波高hおよび中芯の厚さTの中央位置から流れ方向に沿っての距離である。その値は、正弦波形のものより1~2倍大きく、r（h/2と波高方向の楕円半径との比）の増加に伴い順次減少する。
(2) 中芯の応力状態は、x = L/32の位置に、応力の極大または極小が生じ、その位置はrの増加に伴い、L/32からL/12へと移動する。
(3) ρ > T/2の域では、Tの増加に伴いσ_{max}は顕著に減少する。Lの増加に伴い、ρ = T/2の付近ではσ_{max}は急激に減少しやがて、増加する傾向を示す。また、hの増加に伴ってσ_{max}は減少し、やがて増加する。

キーワード：材料力学、段ボールの強度、弾性応力解析、構造物の強度、計算力学、構造解析、最適設計

* 帝人製機(株)松山工場（〒791 愛媛県松山市北吉田町77）: Matsuyama Factory, Teijin Seiki, LTD., 77, Kitayoshida-cho, Matsuyama-shi, Ehime, 791 **愛媛大学工学部機械工学科（〒790 愛媛県松山市文京町3番）: Department of Mechanical Engineering, Faculty of Technology, Ehime University, 3 Bunkyou-cho, Matsuyama-shi, Ehime, 790

1. 緒　言

波状の板は、段ボールばかりでなく、包装用材および構造用材としても盛んに用いられている。その利用の力学的基本形態となるものに、面圧がある。したがって、面圧を受ける中芯の応力状況を明らかにし、その強度を議論することは、段ボールの合理的な利用の面から、また鋼材、樹脂材、スレート材の波板などの使用に対する工学的強度設計上の立場からも重要なことであると考えられる。

段ボールの強度の研究[1)~8)]は多くなく、特に、基本的な研究は少ないが、その中に引張りに関するもの[4)]があり、弾性変形として、面圧縮[5)~8)]、曲げ（曲げモーメント軸が流れ方向に沿ったもの[9)~12)]、垂直なもの[13)]）に関するものがある。また、薄い波板の弾性曲げこわさを議論したもの[14)]がある。面圧を受ける段ボールの中芯の厚さTの1／2の値が中芯の最小曲率半径ρ_0より大きい際、そのρ_0値付近で、曲げ応力の無限大が発生することが示されている[5)6)]。このことより、段ボール中芯のρ_0を可能な限り大きくとれる最適な波形設定として、円形状の波形が考えられ、これに応じ面圧を受ける段ボールの半円波形中芯[15)]および半楕円波形[16)]の弾性応力を求め、その強度を議論したものがある。また、段ボールに関するものではないが、楕円筒の圧力容器に関する応力解析についてのものがある[17)]。

半円形波形は、中芯の波長の1／2と波高とが等しい状態であり、形状変化に乏しい。また、半円形中芯は、応力の無限大の発生が最も生じにくい形状で、その発生の対処が容易ではあるが、正弦状波形に比べ、最大応力は2倍程度に大きい。そこで、比較的形状変化に富む半楕円波形中芯についての面圧下の応力解析をおこなったが、半円波形の際と同様に正弦波形のものより2倍程度大きくなることが示された。したがって、波長と波高との関係に柔軟性を持たせることが可能であり、$\rho_0 \fallingdotseq T/2$に生じる高応力状態を避け得る中芯の形状を議論することは意義あることと思われる。

そこで、本報では、中芯の高さ中央部の傾きを変化させることが可能で、応力無限大発生の防止が容易な中芯波形として、偏楕円すなわち楕円の一部対称曲線からなる波形の中芯の弾性応力解析をおこない、その中芯の応力強度と正弦波形状のものとの比較検討をおこなうことを試みた。議論を進めるに当たって、前報と同様に、比較的高い近似で部材全体の変形の議論が容易にできるものとして、曲がりはりの曲げ[5)~8)15)16)]変形解析による算定法を用いた。

2. 応力の解析方法

2.1 応力解析

段ボールの中芯の段上下部は糊付け処理によってクラフト・ライナー（KL）に固定されており、その接触部付近は加工によって複雑な材質、形状の変化などが生じるものと思われるが、簡便のため近似的に均一なものであるとして考える。一部対称な楕円曲線波形中芯の際も正弦波形のものと同様に周期性および対称性を考慮すると、1／4波形が基本的な形状であると考えられる（Fig. 1 (a) 参照）。そこで、中芯の形状は一部対称な楕円曲線波形が逆向きに交互に結合した波状のものであ

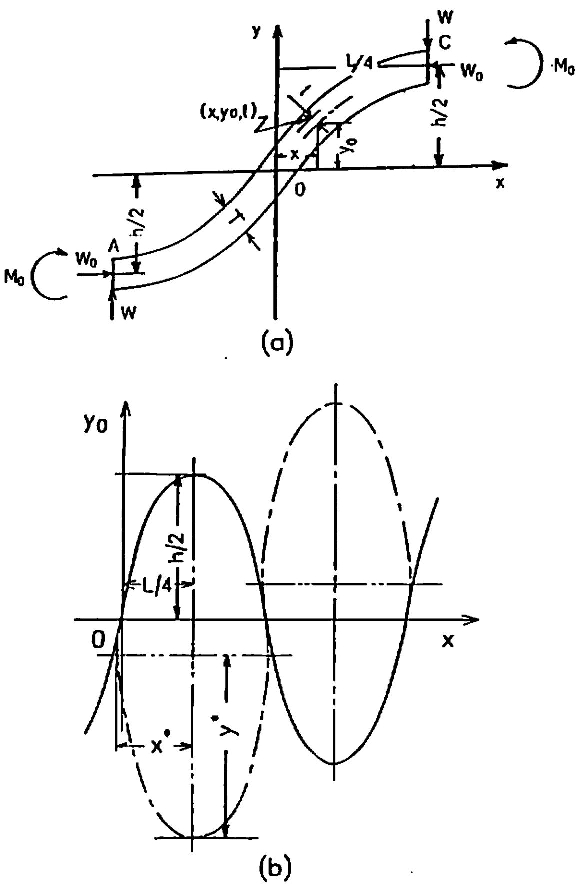


Fig. 1 Composition of corrugated fiberboard and a fundamental element of corrugated sheet.
(a) A fundamental element of corrugated sheet. Positions (x, y_0, t) for SCP medium of partial elliptic wave. Here T, L, h, W and W_0 represent thickness, wavelength, height, weight and lateral force of corrugated sheets, respectively.
(b) A partial elipuse wave and ellipuses.

ると考える。すると、その結合部の勾配も連続になる（Fig. 1 (b) 参照）。その波形の高さhおよび中芯厚さTの中央を原点Oで、フルートの流れ方向をx、高さ方向をyで、中芯紙厚中央の位置をy_0で表し、nを整数

$$n = \cdots\cdot -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \cdots\cdot$$

で示すと、その位置y_0（>0）は、x = nL〜L/2 +（n + 1）Lなどの域で、

$$y_0 = y^*\left[1-\left(\frac{x-x_1^*\ (n)}{x^*}\right)^2\right]^{1/2} - y_1^*\ (n) \quad (1a)$$

$$y_1^*\ (n) = y^*\left[1-\left(\frac{x_1^*\ (n)}{x^*}\right)^2\right]^{1/2}$$

$$x_1^*\ (n) = L/4 + nL$$

$$y_1^*\ (n) = y^* - h/2$$

x = nL + L/2〜（n + 1）Lの域で

$$y_0 = y^*\left[1-\left(\frac{x-x_2^*\ (n)}{x^*}\right)^2\right]^{1/2} - y_2^*\ (n) \quad (1b)$$

$$y_2^*\ (n) = y^*\left[1-\left(\frac{x_2^*\ (n)}{x^*}\right)^2\right]^{1/2}$$

$$x_2^*\ (n) = L/2 + nL$$

$$y_2^*\ (n) = h/2 - y^*$$

と表せる。ただし、x^*およびy^*は中芯波形の基となるy_0の楕円のxおよびy方向の軸半径であり、Lは波形の波長である（Fig. 1 (a), (b) 参照）。

正弦波形のy_0は

$$y_0 = \frac{h}{2}\sin\left(\frac{2\pi x}{L}\right) \quad (2)$$

で表される。

したがって、楕円形および正弦波形の中芯の厚さ中心面の点(x, y_0)から厚さ方向にtの距離にある位置yは

$$y = y_0 + t\sin\theta \quad (3a)$$

で表される。θは中芯の厚さ中心面の接線と流れ方向xとのなす角

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{dy_0}{dx}\right) \quad (3b)$$

である。

用いられている段ボールは広い板状のものであり、面圧を受ける段ボールの変形は、近似的に、平面ひずみであるものとみなせる。また、平面ひずみの応力状況は平面応力のも

のと類似することが示されている[18]。そして、中芯のTおよびLを見ると、TはLに対して薄板のように小さくはない。このことより、前報[5)~8) 15) 16)]にならって、中芯の変形を近似的に一定な単位幅をもつ（Fig. 1 (a) のような）曲がりはりと同様なものであると考える[6)~9)]。すると、その曲げ応力σは近似的に

$$\sigma=\frac{T}{N}+\left(\frac{M}{T\rho}\right)\left[1+\frac{1}{K}\left(\frac{t}{\rho+t}\right)\right] \quad (4)$$

$$K=\frac{1}{3}\left(\frac{T_s}{2\rho}\right)^2+\frac{1}{5}\left(\frac{T_s}{2\rho}\right)^4+\frac{1}{7}\left(\frac{T_s}{2\rho}\right)^6+\cdots \quad (5a)$$

で表される[19) 20)]。ただし、MおよびNは所定の位置xにおける曲げモーメントおよび軸力である。ρは位置y_0の曲率半径

$$\rho=-\frac{\left[1+\left(\frac{dy_0}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{\left(\frac{d^2y_0}{dx^2}\right)} \quad (5b)$$

である[21)]。

また、段ボールのKL接触部を通して、中芯に負荷が生じる。その負荷は波形位置の最上下部に集中し、その部分で下上方向に圧縮荷重Wが、また右左方向に横荷重W_0が働くように表される (Fig. 1 (a) 参照)。しかし、その変形はさらに糊付け部の影響また加工による変化などが加わり、相当複雑な状況をなすものと考えられるが、前報[5)]と同様、その部分はせまい部分であり、サンブナンの原理[22)]によりその位置から形状寸法T程度離れると本来の変形状態を示すものと考えられる。したがって、前報[5)]のように、近似的に、はり設計の一般処法にならい、荷重位置をFig. 1 (a) のように両端が上下移動をする両端固定の曲がりはりであると考える。Fig. 1 (a) に示すように、Wとそれに伴う横開き（x方向の変位）を阻止するW_0を考慮すると、着目点の軸力Nは力の平衡方程式より

$$N=-\left(W\sin\theta+W_0\cos\theta\right) \quad (6)$$

で表される。また、曲げモーメントMはモーメントの平衡方程式より

$$M=M_0-W\left(\frac{L}{4}-x\right)+W_0\left(\frac{h}{2}-y_0\right) \quad (7)$$

で表される。M_0はKL接触部の固定モーメントである。$x=0$、$y_0=0$における中芯形状の反対称性に伴うMの反対称性によって、$x=0$、$y_0=0$で$M=0$となることより、M_0は

$$M_0=\left[\frac{WL}{4}-\frac{W_0h}{2}\right] \quad (8)$$

で表されることがわかる。すなわち、Mは

$$M=Wx-W_0y_0 \quad (9)$$

で表される。

中芯のKL接触部の横変位は強度の高いKLの束縛によって近似的に零であると考える。すると、カスチリァノの定理（ひずみエネルギ法）[23)]によって、面荷重Wを受ける際の横変位λの表示を導出することができ、そのλが零（λ $(x=L/2)=0$）となる際の変形条件

$$\lambda=\partial u/\partial W_0 \quad (10a)$$

$$\lambda=\frac{1}{ET}\int_0^x\left[-N\cos\theta+\frac{M(1+K)}{K\rho^2}\left(\frac{h}{2}-y_0\right)\right]ds+\frac{1}{ET\rho}\int_0^x\left[N\left(\frac{h}{2}-y_0\right)-M\cos\theta\right]ds \quad (10b)$$

$$(x=L/2)=\lambda\ (x=h)=0 \quad (10c)$$

によりW_0の値を数値計算によって求めるこ

とができ、(4)、(6)、(9) により各波形の中芯応力の値を明らかにすることができる。ただし、Sは規準位置より中芯の厚さ中心に沿っての長さであり、(10a) のuはひずみエネルギを表し、近似的に

$$u=\int\frac{N_2}{2ET}ds+\int\frac{(1+K)\ M^2}{2ETK\rho^2}ds+\int\frac{MN}{ET\rho}ds \qquad (11)$$

で表される[24]。

3. 結果と考察

3.1 横荷重の決定値

(4) より、曲げ応力σを直接求めることは困難である。けれども、W_0を明らかにすれば、(8) によってM_0が明らかとなり、(4) および (7) よりσを明らかにすることができる。したがって、W_0の値を求め、その挙動を明らかにすることは重要なことである。ただし、(10c) の数値計算によって、楕円波形のW_0を求める際、x域 (0～L／4) の分割数を2048までとり、誤差0.5％以下となるようにした。そして、議論を容易にするために、W＝1 (μN) と単位化した際のW_0を求め、検討する。

得られた偏楕円波形および半円波形中芯のW_0とTとの関係を示したものがFig. 2 (a)、(b) である。ただし、図中のrは偏形比で

$$r=\frac{h}{2y^*} \qquad (12)$$

である。同図より、Tの増加によって偏楕円波形中芯のW_0は半円波形のものと同様に緩やかに低下し、その減少は半円波形のものに比べ若干強いことがわかる。

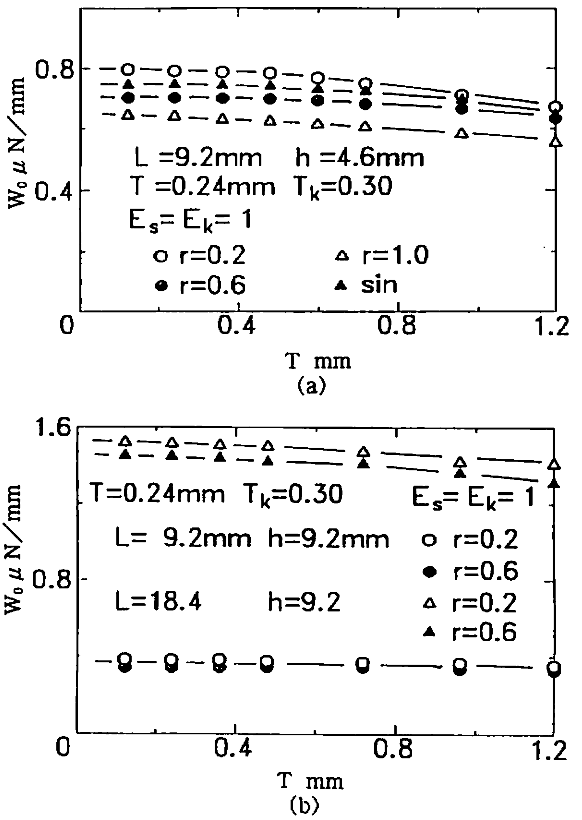


Fig. 2 (a),(b) Relations between W_0 and T for SCP medium of the partial elliptic wave. sin is values of the sinusoidal wave.

偏楕円波形および半円波形中芯のW_0とLとの関係を求め、それを示したものがFig. 3 (a)、(b) である。図より、Lの増加によって、それらW_0は、共に、ほぼ比例して増加することがわかる。

偏楕円波形および半円波形中芯のW_0とhとの関係を求め、それを示したものがFig. 4 (a)、(b) である。図より、hの増加によって、それらのW_0は、共に、ほぼ反比例的に減少することがわかる。

偏楕円波形中芯のW_0とrとの関係を求め、示したものがFig. 5 (a)、(b) である。図より、rの増加によって、W_0は共に若干減少す

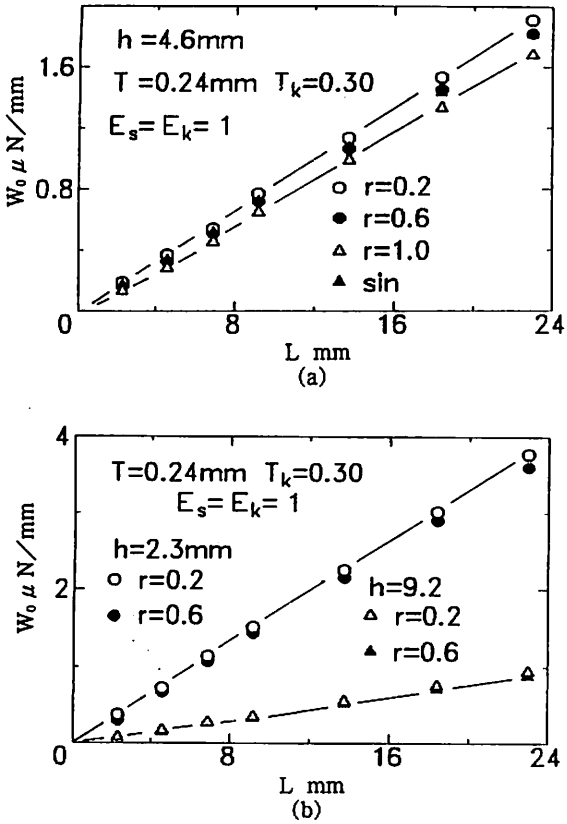


Fig. 3 (a),(b) Relations between W_0 and L for SCP medium

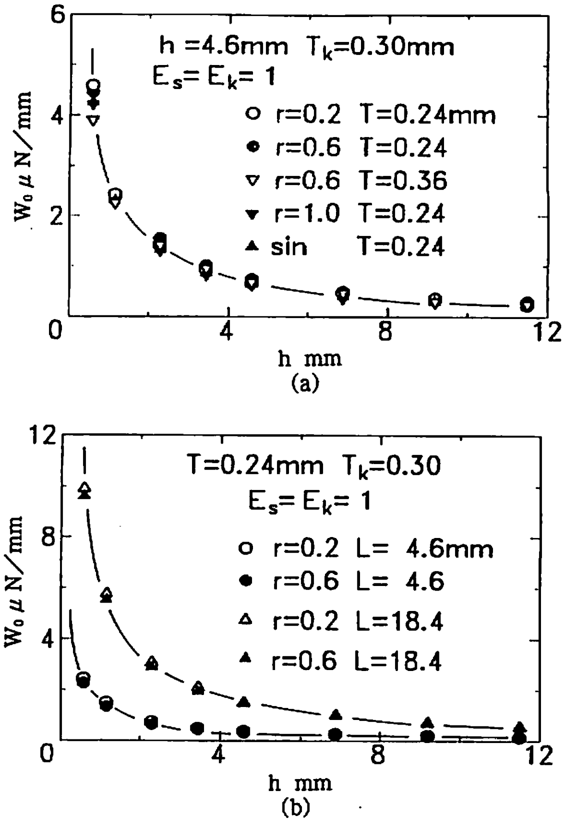


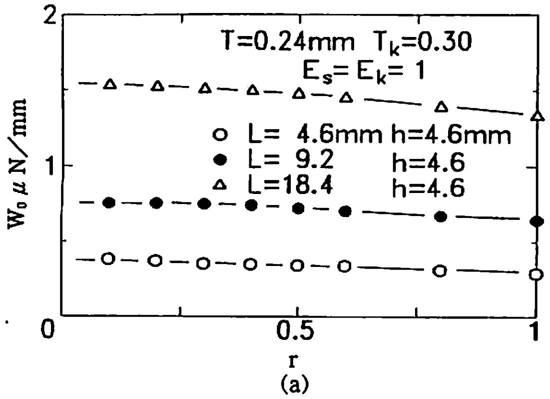
Fig. 4 (a),(b) Relations between W_0 and h for SCP medium

ることがわかる。

(9) よりモーメントMは、表面上、Tと無関係であることが伺える。このことおよび(4) より、Tの増加によるW_0の緩やかな減少は、前報[5]と同様にTの増加に基づく強度の増加によるものと考えられる。そして、W_0が働く点のモーメントM_0は形状係数L、hによって変わるものと考えられる。そこで、M_0とLおよびhとの関係を求めたものがFig. 6である。図より、Lの増加によってM_0はほぼ比例的な増加を示すことが、hの増加によってM_0は緩やかに減少し、増加することがわかる。また、(8) より、W_0は

$$W_0 = \frac{[4M_0 - WL]}{2h} \qquad (13)$$

で表される。これらのことより、W_0のLよる比例的な増加はLによるM_0の比例的増加によって、またW_0のhによる反比例的な減少はhの変化に対しM_0が僅かであること、ならびに(13) のhの反比例関係によって生じたものと考えられる。そして、(12) およびFig. 6より、rの増加によって生じるW_0の若干の減少はrの変化に基づく形状変化によって生じたものと考えられる。



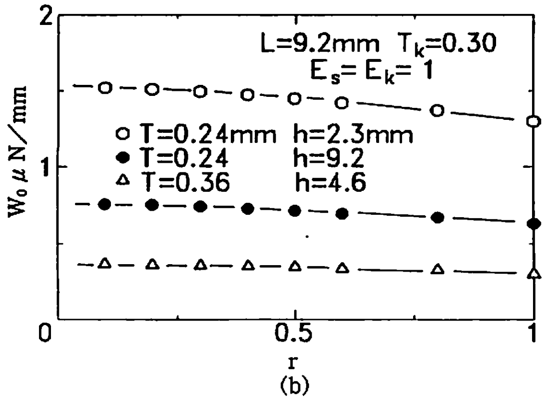
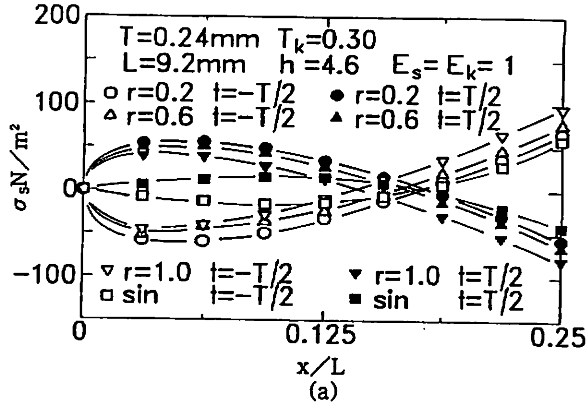


Fig. 5 (a),(b) Relation between W_0 and r for SCP medium. r is the ratio to h/2 and radius of curvature in the wave hight.



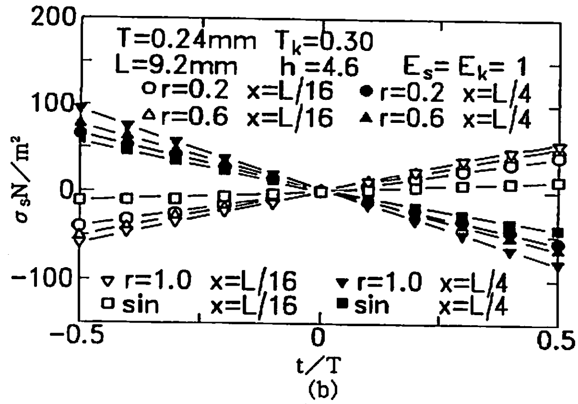


Fig. 7 (a) Relations between stress σ and x for SPC medium.
(b) Relation between σ and t for SPC medium.

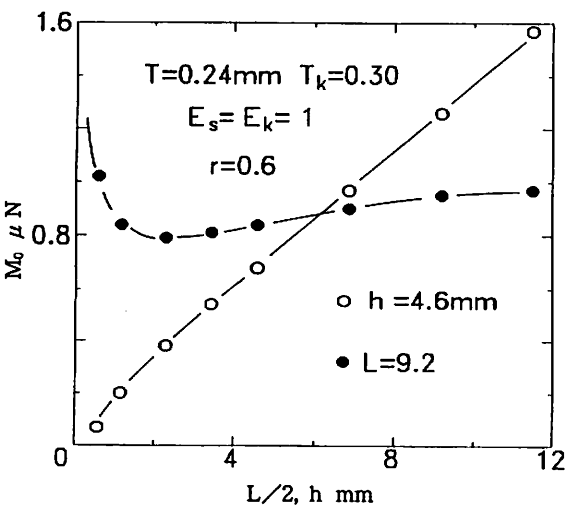


Fig. 6 Relations between M_0 and L and h for SPC medium

3.2 応力の分布状態

所定の位置xにおける偏楕円波形および半円波形中芯の曲げ応力σとxとの関係を求めた。それがFig. 7 (a) である。図より、正弦波形および半楕円波形の際と同様に、x＝L/4で応力の絶対値は最も大きく、圧縮側（外側）表面の応力の絶対値より大きいことがわかる。そして、x＝L/32付近に正弦波形中芯のσ、ならびにL/12付近に偏楕円波形中芯のσの極大または極小が生じ、偏楕円波形中芯について、その絶対値は、x＝L/4の｜σ｜に比べ1/（1〜2）倍となり、幾分小さくなることが、正弦波形のものに比べ3〜4倍

大きくなることがわかる。また、rの増加に伴い、|極大の応力値/最大応力|は増加する傾向を示すことが、r=0.2になるとほぼ両|σ|は等しくなることがみられる。このように|σ|が等しくなることは、中芯材料がx=L/4の位置ばかりでなく、x=L/12付近の位置においても強度への寄与としての役割を十分に果すことになり、素材全域に関する強度寄与が有効に働いているものと考えられる。

σと厚さ方向の位置tとの関係を求めた。それがFig. 7 (b) である。図より、|σ|は一般の曲りはりに見受けられるような|t|の増加に伴う単調な増加がみられる。

Mとxとの関係をFig. 8に示す。図より、xの増加に伴うMの変化は形状によらずσのxによる変化と同様になることがわかる。したがって、(4) より、xの増加による|σ|の極大または極小、およびx=L/4の|σ|の最大または最小の発生は、xによるモーメントの変化によるものと考えられる。

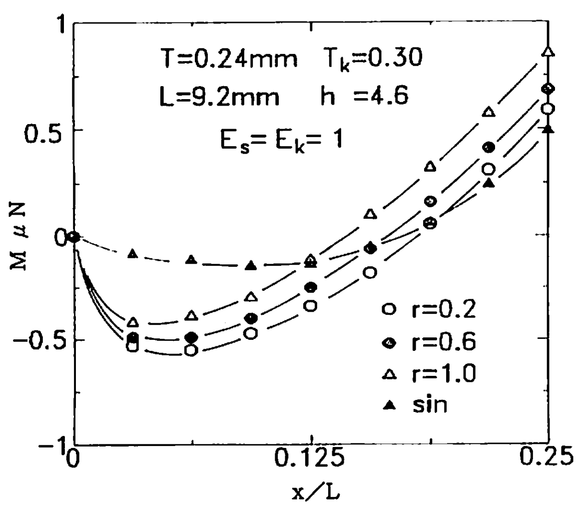


Fig. 8 Relations between moment M and x for SPC medium

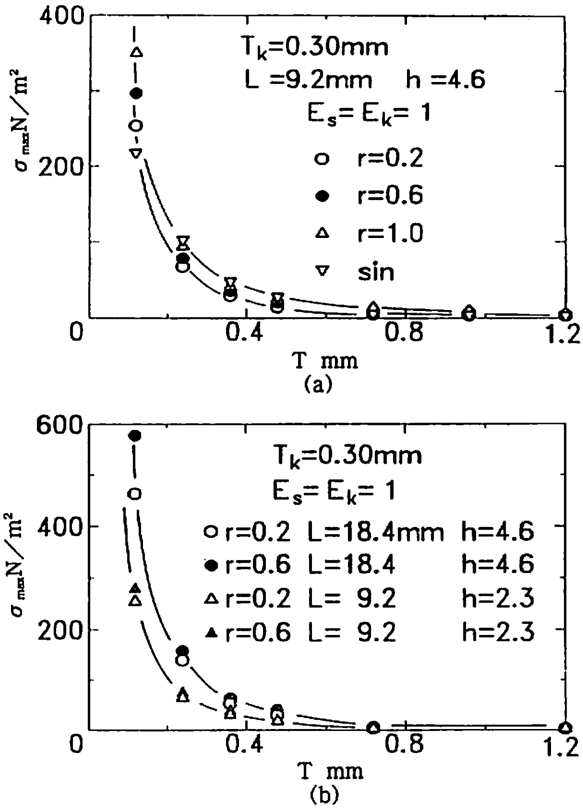


Fig. 9 (a), (b) Relations between σ_{max} and T for SCP medium

3.3 σ_{max}と形状

材料の破壊はσ最大の位置でおこるものと考えられる。そこで、そのσ絶対値の最大値σ_{max}とT、L、hの関係を議論する。

σ_{max}とTとの関係を求め、それをFig. 9 (a)、(b) に示す。曲率半径ρがT/2より大きい域では、図より、両応力はTの増加に伴い顕著に減少することがわかる。そして、同図にはみられないけれど、当然のことではあるが、正弦波形のものは容易に、曲率半径ρ≒T/2 (L=9.2、h=4.6mmで T≒1.8mmのとき) となり、その位置付近で急激にσ_{max}の増加が生じ、無限大が生じるものと考えられる[6]。

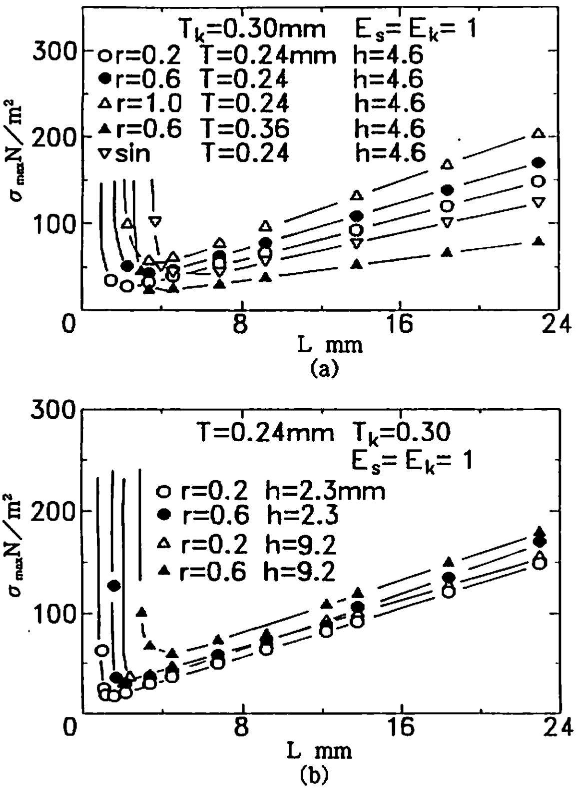


Fig. 10 (a),(b) Relations between absolute maximum σ_{max} of σ and L for SCP medium

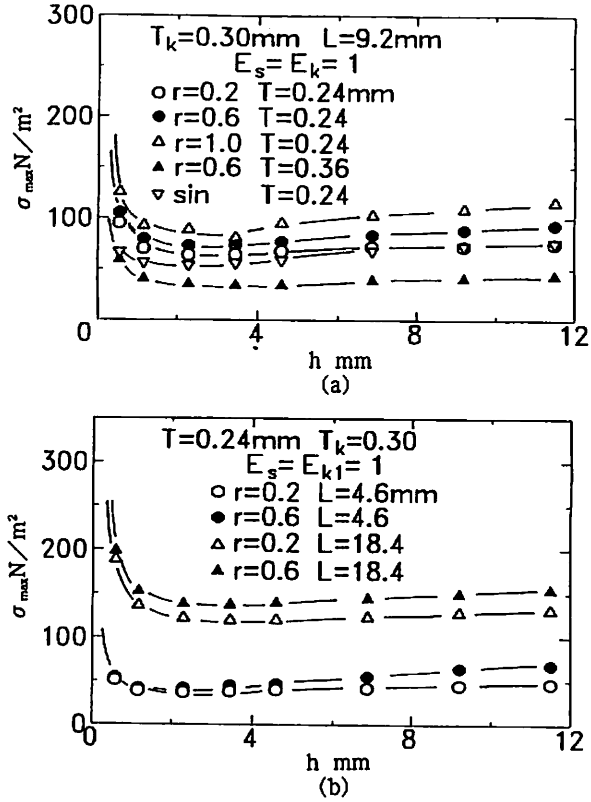


Fig. 11 (a),(b) Relations between σ_{max} and h for SCP medium

σ_{max}とLとの関係を求め、その関係をFig. 10 (a)、(b) に示す。図より、両応力はLの小さい域では、σ_{max}が無限大となり、有限のσ_{max}は、実在できず、ある特定値（曲率半径$\rho \fallingdotseq T/2$となるLの値）を越えると実在することがわかる。そして、Lの増加によって、まず無限大より急激に減少し、やがて増加する傾向が伺え、また、その間に極小がみられる。そして、無限大は、正弦波形のもののLが大きい域まで生じ、発生が容易であることがわかる。

σ_{max}とhとの関係を求め、その関係をFig. 11 (a)、(b) に示す。図より、図のhの域では、σ_{max}無限大はみられないが、ある特定値（曲率半径$\rho \fallingdotseq T/2$となるhの値）においてσ_{max}無限大が生じることが 指摘されている[5)6)]。したがって、その特性値以下の域のhでは、同図に示すように、有限のσ_{max}が実在し、hの増加によって、まず若干減少し、やがて緩やかに増加することが、そして、その間に極小が生じることが伺える。

σ_{max}とrとの関係を求め、その関係をFig. 12 (a)、(b) に示す。図より、偏楕円波形の形状によらず、rの増加に伴ってσ_{max}は順次増加することがわかる。

Tの増加に伴うσ_{max}の顕著な減少は、正弦波形[5)8)]および半円波形[15)]、半楕円波形[16)]の中芯の際と同様にTの増加に伴う強い強度の増

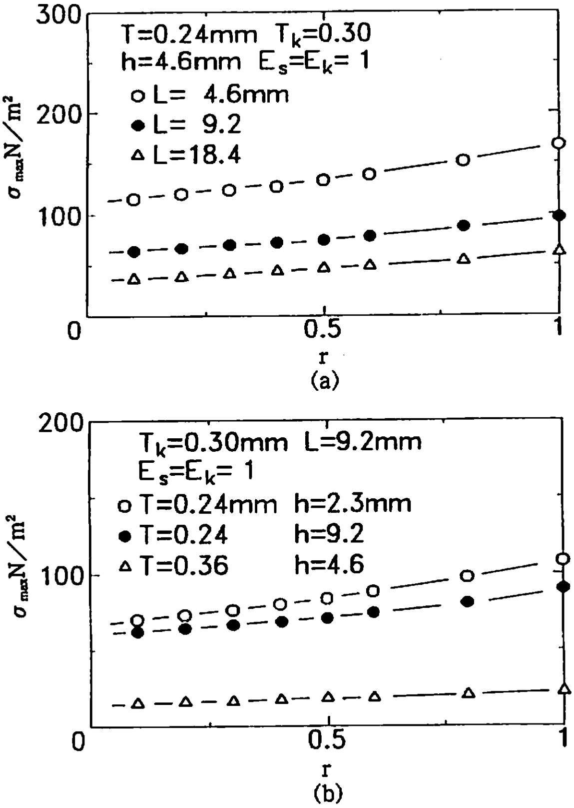


Fig. 12 (a),(b) Relation between σ_{max} and r for SCP medium

加によるものと考えられる。Lの増加に伴うσ_{max}の増加は (4)、(9) およびFig.3 (a)、(b) よりLの増加に伴うW_0の増加によるものと考えられる。hの増加に伴うσ_{max}の減少は(4)、(9) およびFig. 4 (a)、(b) よりhの増加に伴うW_0の減少によるものと考えることができる。そして、T、L、hによる応力の無限大の発生は、前報[8]のように、(4) の第2項の1／(ρ＋t) 項がρ＝T／2、t＝－T／2となるところで無限大となるためであると考えられる。

以上のことより、強度についての力学的な観点から見ると、無限大の発生のない域では、可能な限り、Tおよびhは大きく、Lおよびrは小さくなるよう形状設定を行うと、σ_{max}は小さい値となり、妥当な強度状態を示し、有効な形状設定となることがわかる。

また、本結果は、面圧縮を受ける段ボールの偏楕円波形中芯についてのrの適切な設定は材料の有効利用上、また強度設定上、重要なものであることを議論している。このことは、段ボールの工学上意義あると思われ、有意義な基礎資料となるものであると考えられる。

4. 結　言

面圧をうける段ボールの偏楕円波形の中芯(楕円曲線の一部によって作られたもの) の弾性応力を求めた。また、その中芯の応力の分布と形状値との関係を求め、その応力状況と正弦形中芯の応力状況との比較を行い、その特性およびその有効性を議論した。その結果、次のようなことがわかった。

(1) 面荷重一定時における偏楕円波形の中芯に働く横荷重W_0は、正弦波形のものと同様に、中芯の厚さTおよびr (半波高h／2とその楕円軸半径との比) の増加によって緩やかに減少する。また、W_0は、波長Lの増加によってほぼ比例的に増加し、hの増加に対し反比例的に減少する。

(2) 中芯の応力σは、正弦波形の際と同様に、中芯内側表面の位置x＝L／4に｜σ｜の最大値σ_{max}が生じ、その応力は正 (引張り応力) である。しかし、その値は、正弦波形のものより1～2倍大きく、rの増加に伴って順次減少する。

(3) 中芯の応力状態は、正弦波形の際と同様、x＝L／32～L／12の位置に応力の絶対値

の極大が生じる。そして、正弦波形の際極大の位置はx＝L／12付近にあるのに対し、偏楕円波形ものの位置はrの増加に伴ってL／32付近からL／12へと順次変化する。その値は、正弦波形のものより3～4倍大きくなり、rの増加によってσ_{max}の大きさの程度へ順次増加する。

(4) 有限のσ_{max}は、正弦波形の際と同様、常に、極率半径ρ＞T／2の形状域にある。したがって、正弦波形の際と同様に、σ_{max}が実在するTおよびhの域は零からρ≒T／2が生じる際のTおよびh値まで、Lの域はρ≒T／2が生じる際のL値から無限大までである。

(5) ρ＞T／2の形状域では、Tの増加に伴い、σ_{max}は顕著に減少し、Lの増加に伴い、ρ≒T／2の付近ではσ_{max}は急激に減少し、やがて、近似的にLの増加に比例して増加する傾向を示す。まずhの増加に伴い、σ_{max}は若干減少するが、やがて緩やかに増加する。したがって、L、hについては、その間にσ_{max}の極小が生じる。

以上のことより、偏楕円波形中芯の形状設定については、正弦波形の際と同様に、可能な限りTおよびhは大きく、Lは小さくとることが適切であると考えられる。しかし、強度に対する設定について、rを小さくとることが、σ_{max}を低下させ、強度上妥当な設定であると考えられる。さらに、偏楕円形中芯は正弦波形のものより、全域的に｜σ｜が大きい状態をとるが、一定厚さの板としての材料の分布上からみると、合理的な状態であると思われる。したがって、rを小さくとった偏楕円波形の中芯は、σ_{max}の無限大の発生が現れにくいばかりでなく、σ_{max}を正弦波形の程度の大きさに下げる形状選定も可能なものである。このことより、段ボールの偏楕円波形中芯の応力状態を議論することは、段ボールの力学的強度上重要なことであると思われる。

本報告は、生産性および加工時における配慮および考慮などを無視したものではあるが、段ボールのより合理的な強度形状の設定を行うに当って意義ある基礎資料となるものであると考えられる。

＜引用文献＞

1) たとえば、段ボール実用百科編集委員会、"段ボール実用百科"、一律書房、p.21 (1970)；レンゴー株式会社、"段ボール技術"、包装新聞社、p.16 (1971)

2) J. W. Koning Jr. and R. Stern, Tappi, 60 (12), 128 (1977)

3) G. G. Maltenfort, Tappi, 53 (11), 1076 (1970)；P. Grartaganis, Tappi, 58 (11), 102 (1975)；R. M. Morris Jr. and G. P. Vallow, Tappi, 58 (11), 110 (1975)

4) 松島成夫、奥田隆宏、宮内治、野沢光治、紙パ協会誌、36 (3), 377 (1982)

5) 松島成夫、矢野忠、松島晟、紙パ技協誌、42 (5), 480 (1988)

6) 松島成夫、紙パ技協誌、48 (2), 324 (1994)

7) 松島成夫、矢野忠、松島晟、紙パ技協誌、43 (6), 602 (1989)

8) 松島成夫、矢野忠、松島晟、紙パ技協誌、44 (5), 605 (1990)

9) 松島成夫、矢野忠、松島晟、横田俊昭、紙パ技協誌、45 (4), 480 (1991)

10) 松島成夫、矢野忠、松島晟、横田俊昭、紙パ技協誌、46 (5), 668 (1992)

11) 松島成夫、矢野忠、松島理、紙パ技協誌、47 (4), 517 (1993)

12) 松島成夫、矢野忠、松島理、紙パ技協誌、48 (4), 600 (1994)
13) 松島理、松島成夫、日本機械学会論文集、60A (576), 1814 (1994)
14) S. P. Timoshenko and S. Woinowsky-Krieger, Theory of Plates and Shells, Mc Graw-Hill Co., p.366 (1959)
15) 松島成夫、矢野忠、上田康、松島理、紙パ技協誌、47 (10), 1263 (1993)
16) 松島理、松島成夫、矢野忠、紙パ技協誌、48 (8), 1068 (1994)
17) 溝口孝喜、白川馨、林茂、日本機械学会論文集 (1部)、34 (260), 266 (1968)
18) たとえば、清家政一郎、"材料力学"、共立出版、p.23 (1978)
19) たとえば、白鳥英亮 "材料力学"、朝倉書店、p.95 (1973)
20) たとえば、黒木剛司郎 "材料力学、森"、p.150 (1967)
21) たとえば、16) のp.67
22) たとえば、河本実、"材料試験"、朝倉書店、p.9 (1965)
23) たとえば、15) のp.123、16) のp.121
24) たとえば、20) のp.156

(原稿受付 1995年 4月20日)
(審査受理 1996年 1月24日)

≪新刊書紹介≫

「ベトナム食品産業の実態と事業機会」

門屋 卓・横山理雄・西野 甫・林 清・髙橋 亨・安藤功一・荒井 進・笠井紀孝 著

この図書は1995年夏に日本包装学会に所属する食品、包装などの8人の専門家がベトナムを視察した際の調査結果とその後の追跡調査を加えたレポートである。

内容はベトナムの食品産業の特徴と動向、食品流通と包装の実態、食肉加工品・水産加工品の実態、発酵食品・農産物の実態、包装材料生産の実態(プラスチック包材、紙系包材とケナフ)、教育制度と大学並びに政府機関の研究開発動向、ベトナム食品産業で期待される今後の事業機会などの広範囲にわたっており、ベトナムの食品関連企業リストも付録されている。

人口7,090万人のうち70%が農業従事者であり、1992年のGDPが220US$ということで、まだ発展途上ではあるが、食料をはじめとする豊富な資源や識字率90%以上という教育など発展への潜在力は大きい。短期間の調査ではあるが、それぞれの分野の専門家が見たベトナムの実態が伝わってくる。写真も多数収載され、理解を助けてくれる。日本の食品関連企業の進出も増えているが、今後一層の資本、技術面での寄与が期待される。包装先進国としてのわが国のノウハウ、技術を活かす機会も多くなろう。

1996年2月刊/A4判/150頁
定価 18,000円
(株) サイエンスフォーラム (☎03・5689・5611)