

関西大学工学部 正会員 ○堂垣正博
 関西大学工学部 正会員 三上市蔵
 関西大学工学部 正会員 米沢 博

まえがき さきに¹⁾、剛度の異なる2枚の補剛板が連続している場合の弾性域・非弾性域での圧縮座屈について数値解を誘導し、数値計算を行なって座屈強度を明らかにするとともに、剛度の等しい2枚の補剛板が連続している場合の座屈荷重との比較を行なった。その場合、両補剛板は周辺で単純支持され、両補剛板の接合部はなんら支持されていない場合を対象に解析した。そこで今回はより実際的な支持条件を考え、載荷辺および接合部が横げたによって弾性固定支持された場合を取り上げた。なお以下では、剛度の異なる2枚の補剛板が連続している場合を変剛板と称し、剛度の等しい2枚の補剛板が連続している場合と等剛板と称することにする。

座屈荷重の数値計算 図-1に示すような長さ a 、幅 b の変剛板が一方向圧縮力 N_0 を受ける場合を考える。変剛板は $y=0, b$ で単純支持され、両補剛板の左端($x=-\lambda_1 a$)、接合部($x=0$)、右端($x=a-\lambda_1 a$)で支持ばりにより弾性固定支持(記号 ES-ES-ESを用いる)されているものとし、それら各本の支持ばりは断面の等しい場合を取り扱うことにする。変剛板が座屈したときのたわみ曲面の微分方程式の数値解を誘導し、この解を左端、接合部、右端の境界ならびに連続条件式に代入して、積分定数の係数行列式を0と置けば座屈荷重方程式が得られる。この方程式を満足する解を試索法で求めれば座屈荷重が決定される。数値計算に際しては諸量 D_{xi}/D_i , D_{yi}/D_i , F_c/bh_i , b/h_i , a/b , λ_1 , σ_Y , G_p/G_Y , C_b/B_b , B_b/bD_i を用いた。すなわち、 D_{xi}/D_i , D_{yi}/D_i は補剛板 i を直交異方性板 i に置換した場合の縦方向曲げ剛さ D_{xi} および横方向曲げ剛さ D_{yi} と板のみの曲げ剛さ D_i との比、 F_c/bh_i は縦補剛材の総断面積と板断面積との比、 b/h_i は板の幅厚比、 a/b は変剛板の縦横比、 λ_1 は板工の長さを示すパラメータで、 σ_Y は降伏応力、 G_p/G_Y は比例限度力と降伏応力との比、 C_b/B_b は支持ばりのねじり剛さと曲げ剛さとの比、 B_b/bD_i は支持ばりの曲げ剛さと板の曲げ剛さとの比を表わしている。なお、添字 i は板工、IIを示す。今回の計算では、板工、IIの板厚 h_i は等しく、横方向には補剛されていない場合($D_{yi}=D_i$)を選び、また支持ばりは等間隔に配置されているものとして $\lambda_1=0.5$ とした。材質はSS41に相当するものと考え、 $G_Y=2400 \text{ kg/cm}^2$, G_p/G_Y は0.75とした。

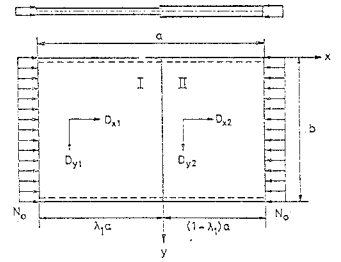
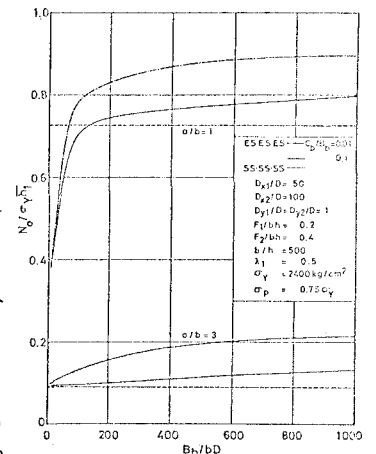


図-1

計算結果および考察 支持ばりの曲げ剛さ B_b と座屈荷重との関係を $C_b/B_b = 0.01$ (実線), 0.1 (一点鎖線) の場合について求めた結果を図-2, 3に示す。図-2は縦補剛材の曲げ剛さが比較的小さい場合、図-3は大きい場合の結果である。比較のため、左端、接合部、右端で単純支持された場合(記号 SS-SS-SSを用いる)の結果を破線で示した。なお、以下に描いた座屈荷重曲線図では縦軸に座屈荷重 N_0 と補剛板工の全断面降伏力($G_Y \bar{h}_i$)との比を選んだ。ただし、 $\bar{h}_i$ は直交異方性板工の圧縮応力に関する等価板厚である。

計算結果および考察 支持ばりの曲げ剛さ B_b と座屈荷重との関係を $C_b/B_b = 0.01$ (実線), 0.1 (一点鎖線) の場合について求めた結果を図-2, 3に示す。図-2は縦補剛材の曲げ剛さが比較的小さい場合、図-3は大きい場合の結果である。比較のため、左端、接合部、右端で単純支持された場合(記号 SS-SS-SSを用いる)の結果を破線で示した。なお、以下に描いた座屈荷重曲線図では縦軸に座屈荷重 N_0 と補剛板工の全断面降伏力($G_Y \bar{h}_i$)との比を選んだ。ただし、 $\bar{h}_i$ は直交異方性板工の圧縮応力に関する等価板厚である。

(1) 縦補剛材の曲げ剛さが比較的小さい場合(図-2) 支持ばりの曲げ剛さ B_b を増すと、座屈荷重は増加する。とくに縦横比が小さい場合は B_b/bD が100前後までは急激な座屈荷重の増加となり、それ以上の B_b ではゆる

図-2. B_b/bD と座屈荷重との関係

やわかな座屈荷重の増加となる。縦横比が大きい場合には Bb の全領域で座屈荷重はゆるやかな増加をする。縦横比の大小による座屈荷重曲線の相違を明らかにするため、 Bb を変化させ描いた座屈モード曲線を用い説明する。図-4に $C_b/Bb = 0.01$ の場合の座屈モードを示す。比較のため、左端、接合部、右端が SS-SS-SS である場合の座屈モードを一点鎖線で書き加えた。 Bb が小さい領域では縦横比 1 と 3 では座屈モードは全く異なっている。すなわち $a/b = 1$ では半波長の、3 では一波長の波形で座屈している。この状態から Bb を増加させると縦横比に関係なく、支持ばり上で変形しない一波長のモードになる。したがって $a/b = 3$ の場合、モードの変化があまりなく Bb が小さい領域でも大きい領域でも支持ばりと補剛板が一体となって座屈する全体座屈は起りにくく、補剛板の局部座屈が支配している。そのため図-2で見られるように座屈荷重の増加は比較的ゆるやかに変化する。それに比べて $a/b = 1$ の場合はモード変化が Bb の増加により起るので、半波長から一波長に変化するまでは急激な座屈荷重の増大となる。つぎに支持ばり位置で節を形成するように Bb を決めることにすれば、 $a/b = 1$ の場合は $Bb/bD > 1000$ 、 $a/b = 3$ の場合は $Bb/bD > 600$ となり、かなり大きな Bb を必要とする。しかし支持ばり上で SS-SS-SS のときの座屈荷重を基準にとり、これ以上の座屈荷重となるよう Bb を決定すれば、 $a/b = 1$ の場合は $Bb/bD = 140$ 、 $a/b = 3$ ではそれ以下でよい。

(2) 縦補剛材の曲げ剛性が大きい場合 (図-3) Bb がかなり小さい領域でも縦補剛材の曲げ剛性が大きいため、座屈荷重は図-2に比較してかなり増大している。しかし図-2の場合ほど縦横比による座屈荷重の差はあらわれない。また図-2とは逆に a/b が 1 より 3 の場合の方が座屈荷重曲線の変化が大きい。それは $a/b = 1$ の場合は座屈荷重が全断面降伏力にかなり近い値であるため Bb を増加させてもあまり座屈荷重が増加しない。 $a/b = 3$ の場合の増加が急激なのは図-5で示す座屈モードから説明する。図-4の $a/b = 1$ の場合と同様図-5で Bb が小さい領域では $a/b = 1, 3$ とともに半波長の波形で座屈している。この波形は Bb を増加させると一波長の波形に変化し、とくに $a/b = 3$ の場合は半波長から一波長に移行する間に急激な座屈荷重の増大を伴う。節を形成するように Bb を決めることにすれば $a/b = 1$ の場合は $Bb/bD > 1000$ 、 $a/b = 3$ は 500 以上となる。しかし SS-SS-SS の座屈荷重を基準にとれば、 $a/b = 1$ で $Bb/bD = 140$ 、 $a/b = 3$ の場合で 100 程度でよい。

図-2, 3から $C_b/Bb = 0.01$ と 0.1 の曲線を比較すると、座屈荷重が全断面降伏力に近い値として求まる場合には C_b が座屈荷重に与える影響は少ないようである。また、各々の曲線に破線として SS-SS-SS の座屈荷重を越えたのは、SS-SS-SS は $Bb = \infty$ 、 $C_b = 0$ の状態であるが、 $C_b \neq 0$ としたため、ねじり効果が多量にいったものと考えられる。

なお、その他の計算結果については講演会当日詳細に発表する。

山堂垣・三上・米沢：変厚補剛板の非弾性圧縮座屈，土木学会第28回学術講演会概要集，第1部，I-59，昭和48-10。

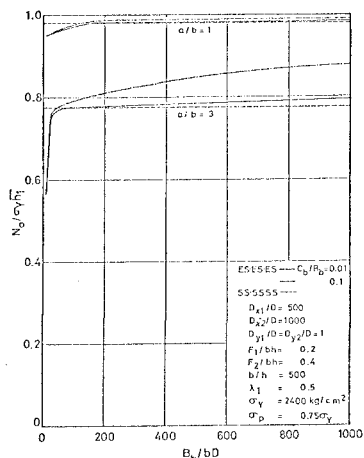


図-3. Bb/bD と座屈荷重の関係

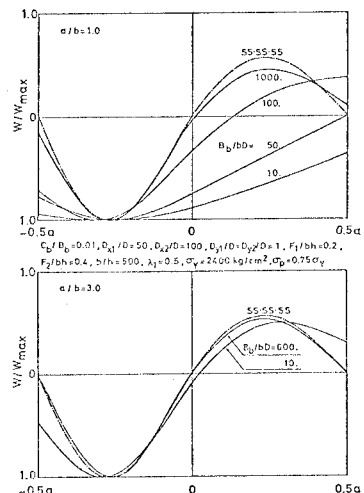


図-4 座屈モード

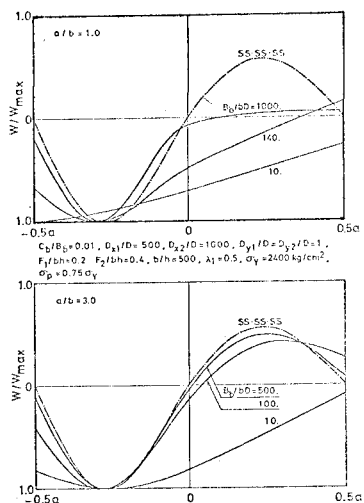


図-5 座屈モード