

鋼構造物を経済的に設計する為には、薄肉断面を採用した方が有利な場合が多く、薄肉構造物に関する研究は今後益々盛んになるものと思われる。肉厚の薄い断面を使用した構造物に荷重が作用した場合、断面変形をおこしやすく、場合によっては断面変形が耐力に影響をおよぼす可能性も存在する。最も簡単な場合として、中心圧縮を受ける柱の全体座屈におよぼす断面変形の影響について計算をおこなったので、その結果を報告する。

薄肉断面を使用した柱の崩壊形式として、全体座屈と局部座屈が存在し、普通にはこの2つの座屈形式はそれぞれ独立したものと考えて取り扱われている。全体座屈は断面が変形しないという仮定のもとで取り扱われるのに対し、局部座屈の解析にあたっては2つ以上の板が交わる交線は座屈時に直線を保つと仮定されている。全体座屈あるいは局部座屈の解析の為の仮定は妥当なものではあるが、座屈する柱に拘束を与える事になる故、もしこれらの仮定を取り除いて座屈荷重を計算すると、それぞれ独立に求めた座屈荷重値より小さい値が得られる事が想像される。

丁形柱を例にとりて考え、普通考えられている局部座屈が生じる為には、フランジとウェブの交線は座屈時に変位しない様に拘束されているなければならない。丁形柱の局部座屈荷重は図1に示す様に柱を3枚の板にわけ、各々の板に対して成り立つ釣り合いの微分方程式を立て、この3元連立微分方程式を固有値として求める。各々の板に対する境界条件は図1に示す様に、荷重を受ける相対する2辺では単純支持、他の1辺は自由、フランジとウェブの交線は座屈時ににわまない様に拘束されているものと仮定されている故にわみは0となる。他に交線ではモーメント M_{F1} , M_{F2} , M_w が働いているが、外力モーメントは働いていない故 $M_{F1} + M_{F2} + M_w = 0$ の条件が存在する。左右の突出フランジ寸法が等しい丁形柱が局部座屈した場合の断面形の例を図2に示す。図2

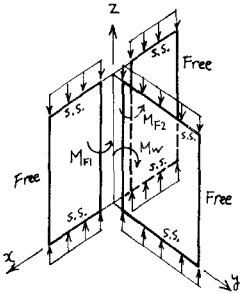


図 1

の丁側面図は各々の板の4辺の内、フランジとウェブの交線に接する辺に作用しているモーメントがすべて断力を示す。図2の座屈形ではフランジ端部に作用しているせん断力は、左右フランジが等しく、方向が逆である為釣り合っているがウェブの端部に働くせん断力 Q_w は釣り合う力は断面内に存在しない。フランジとウェブの交線がにわまない様にするにはこの Q_w に釣り合う力を外力として作用させなければならない。実際にはこの様な外力は作用していない故、この Q_w はフランジの曲げ剛性によって変えられる釣り合う以外には、図2の様な座屈形式は考えられない。 Q_w とフランジの曲げによる外力が釣り合うとすれば、局部座屈が生じると同時にフランジと平行に働くこのせん断力 Q_w によって断面全体がフランジと平行に移動する、つまり全体座屈が生じると考えられる。結局、柱の局部座屈と全体座屈は別々に生じるものではなく、実際は同時に生じる1つの座屈である事がわかる。



図 2

フランジとウェブの交線が座屈時にたわまないという仮定を取り除いて座屈荷重を求めるとしても、その取り扱いが局部座屈の場合と同じであり、ウェブ板がフランジと接する所でたわみ $w=0$ の境界条件が、せん断力 Q_w とフランジの曲げ剛性が釣り合うという条件に変わるのみである。フランジの曲げ剛性を EI_f 、フランジに働いている軸圧縮力を P_f とし、図4の座標を使うと、この境界条件は

$$EI_f \frac{\partial^4 w}{\partial z^4} + P_f \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} = -D_w \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + (2-\nu) \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right)$$

と表わされる。ここに D_w はウェブ

が板一枚としての曲げ剛性である。ウェブ板の境界条件の内、フランジとの交線で $w=0$ のかわりに上式を使って丁形柱について座屈応力を計算した例を図3に示す。計算をこのようにあてつて、ウェブ板、フランジ板共に柱軸方向の座屈波形は正弦波で表わせると仮定し、たわみ波形は次式によって表わせるものとした。

$$w = W(y) \cdot \sin \frac{\pi}{L} z$$

ここに $W(y)$ は y のみの関数を表す。しは両端がこの種の長さである。図3中の2つの実線は局部座屈応力と半波長の長さ L の関係を示す曲線、および柱として曲げと泳れの連成座屈とする場合の座屈曲線を示す。実線はこの報告で取り扱っている全体座屈と局部座屈が同時に生じる場合の座屈曲線である。図4はH形柱に関する同じ様な座屈曲線である。図中実線で示した2つの曲線はH形柱の局部座屈曲線および柱として弱軸回りに座屈する場合のオイラー曲線である。実線は全体座屈と局部座屈が同時に生じる場合の座屈曲線である。図4の3つの曲線はいずれも柱全長が半波長に座屈すると仮定して求めたものである。実際には柱は半波長2つに座屈する場合が座屈荷重が小さければ、半波長2つに、同様に場合によって3半波長、4半波長にも座屈する。この種は板の座屈に見られるものと全く同様である。2半波長に座屈する場合の座屈荷重は長さ半分の柱の座屈荷重と同じである事を考えると、図4の柱の場合実際には局部座屈荷重あるいは柱としての座屈荷重の内の小さい方の荷重で座屈すると考えても大きな差はない事がわかる。図3の丁形柱の場合も同様であり、この程度の薄肉断面柱の座屈では座屈時の断面変形が全体座屈におよぼす影響はほとんど無視し得るものと思われる。同様に局部座屈におよぼす全体座屈の影響も小さく、計算に使用した断面に関するおぼろしい問題とはならない様である。

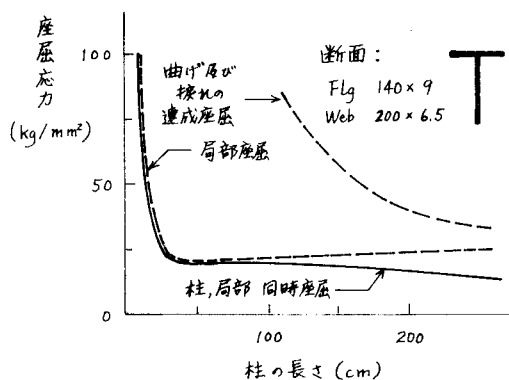


図 3

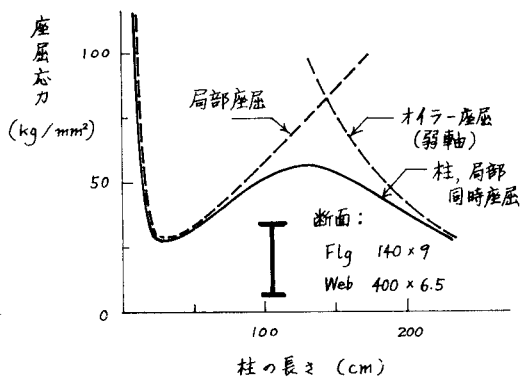


図 4