

名古屋市役所 正 宮田孝次
 秋田大学 正 薄木征三
 秋田大学 正 長谷部薫

1. まえがき 曲げを受けるI形ばりの断面変形を伴う横倒れ座屈強度は、断面保持の仮定の場合より小さな座屈荷重となることは知られている。又ウェブの曲げ変形を伴う上フランジの局部座屈も、有限帯板法などによれば解析可能であり、圧縮フランジを片持板で置き換えたり、ウェブを四辺単純支持と仮定するなどの構造の単純化は必要でなくなりつつあり、又かならずしも安全側の座屈荷重を与えるものではないことが明らかになっている。

本研究では断面変形を許容した二次の変位場理論に基づき、I形ばりの横座屈と局部座屈を一括して扱える、しかも有限帯板法に比べて1桁オーダーの小さい行列演算で済む、新しい解析法に基づいてモーメント勾配のあるI形ばりの座屈モーメントを求める。この時、座屈直前のはり強軸回りの曲率の影響をも考慮に入れ、座屈モーメントに及ぼす効果を調べる。

2. 固有値決定方程式

右図でI形ばりの座屈変形モードを記述するために必要な自由度はウェブの部材回転角 R_{12} ，ウェブの上下端でのたわみ角 α_1 ， α_2 ，ウェブ中央点の横変位 η_0 である。上下フランジは断面内の変形に対しては剛の仮定を用いる。

上述の座屈モードベクトルを

$$\alpha^T = [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \eta_0 / l_1 \quad R_{12}] \quad (1)$$

とする。 l_1 はウェブの高さである。

横断面形不変の仮定を捨てて薄板に関するキルヒホッフ・ラブの仮定とせん断ひずみに関するオイラーベルヌーイの仮定だけから2次の変位場を求める。次にひずみと変位の関係式よりひずみ成分 ε_x ， γ_{xz} および ε_z を式(1)の自由度で表わす。この時薄肉中心線 s に沿う方向の軸力の効果を無視すると、はり断面内の断面変形モードに対して微小変位の場合のたわみ角式が成り立つ。この点はBleichが建てた仮説と同じ結果になる。最も異なるのは薄肉中心線に沿う変位 u とはり軸方向変位 w であり、これらは座標 s の1次式とはならずそれぞれ5次式、6次式となる点である。有限帯板法では座標 s の一次式で近似して断面を細分割している。

次に仮想仕事の原理の増分理論を、ウェブ1-2とフランジ3-1，4-1および5-2，6-2に適用して、断面全体に対する座屈支配方程式を求める。はり長さ方向の座屈モードの変化は、両端単純支持としてフーリエ級数にて表わし、ガラーキン法を適用して固有値決定方程式を求める。等曲げの場合は 4×4 の行列となり、 48×48 のFSMと同程度の精度を有することを確かめられている。¹⁾

3. 断面寸法

右図のように直線変化する不等曲げをうけるI形ばりを扱う。断面寸法は図の通りである。ポアソン比は0.3とする。

4. 結果

Fig. 3は横軸に $\alpha = L / l_1$ を、縦軸に $M_{cr} L / \sqrt{E T \cdot G J}$ を取り、

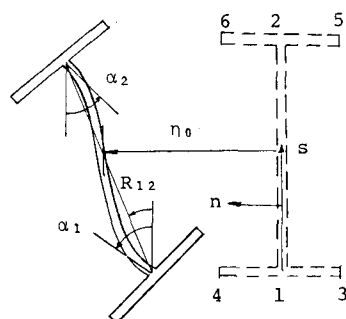
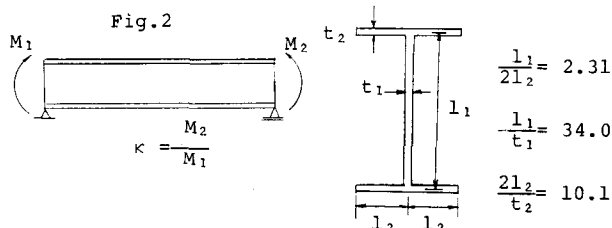
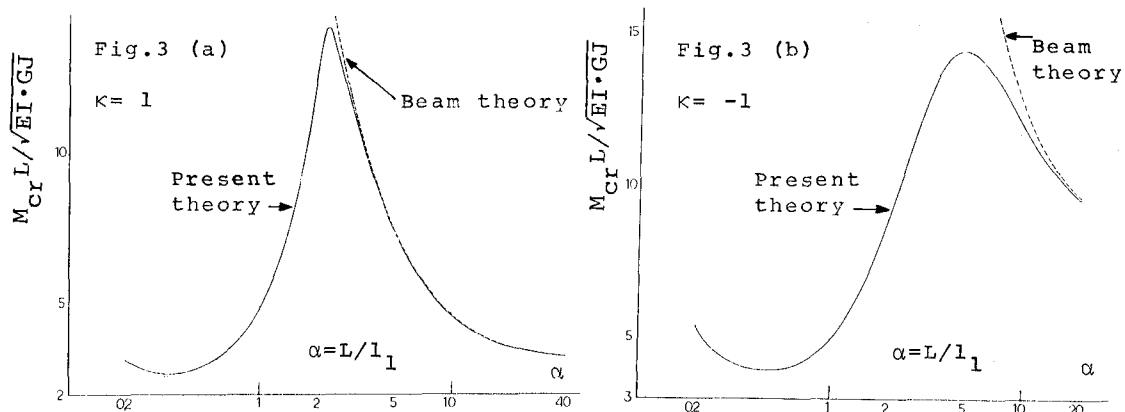


Fig.1





モーメント比 $\kappa = M_2 / M_1$ をパラメーターとした結果である ($M_{cr} = M_1$)。

I は I 形ばりの弱軸回りの断面二次モーメント, J はねじり定数である。

上図で破線は、はり理論の横座屈曲線で実線が解析結果である。曲線のピークを境として右側は横座屈、左側が局部座屈モードとなっている。上図 (a) は等曲げ, (b) が $\kappa = -1$ で左右端のモーメントが逆符号の場合であり, α が大きい, つまりはりが細長いと等曲げの場合の座屈モーメントは当然小さいが, 曲線のピーク付近ではその値はほぼ同じであるのは興味深い。

Fig. 4 は $\kappa = \pm 1$ に対して座屈直前のはりの曲率の影響を調べたもので, $\kappa = 1$ (等曲げ) では曲率を考慮すると無視の場合より最大 12% 小さいモーメントで座屈するのは注目されよう (Fig. 3 (a))。

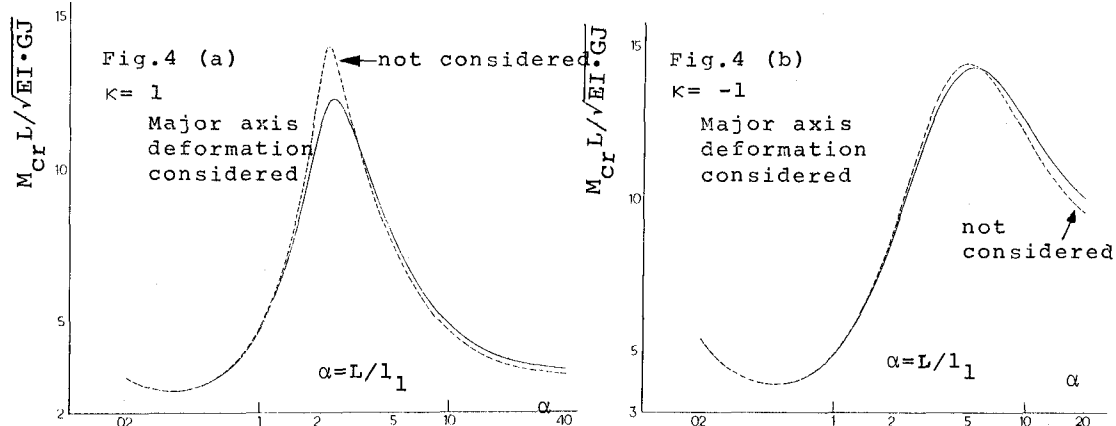


Fig. 5 は $\alpha = 0.5$ つまり極端にはりが短い場合の曲げ座屈応力と κ の関係を示したものである。 $\kappa = -0.5$ 付近にピークがあり, これはこの付近で座屈耐荷力が最大となることを示すものである。 $\alpha = 20$ の場合は, 従来から知られているところであるが $\kappa = -0.8$ 付近にピークがある。以上よりはりが短くなると曲線のピークは $-0.8 \rightarrow -0.5$ へ移動し, かつ局部座屈が支配的となることが分かる。

参考文献: 薄木・長谷部, 二次の変位場理論に基づく薄肉断面ばりの局部及び全体座屈解析, 土木学会論文集, 第344号, 1-1, 1984

