Japan Welding Society

437　溶接製 I型梁の横座屈強度（その1　強度低下量の推定法）

船舶技術研究所　　○ 松岡　一祥、直井　保

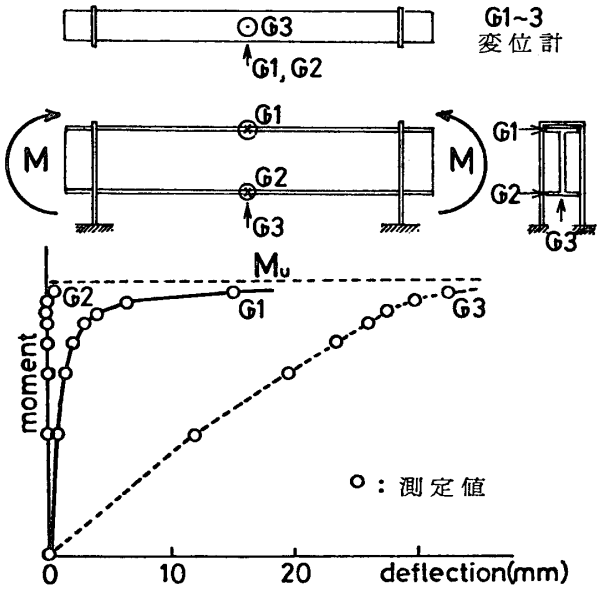
1．はじめに（I型梁の横座屈とは）

I型梁にモーメントを作用させるとある限界値で不安定となり横方向に座屈する。真直で弾性の梁の限界モーメントを弾性横座屈モーメントMcとする。モーメントがMcに達する前にフランジが降伏すれば、横方向耐力は小さくなり横方向に変位を生ずる。フランジ全域が降伏するモーメントを降伏モーメントMyとする。梁の耐えうるモーメントをMuとすればこの値はMcとMyの小さい方を上限とする。

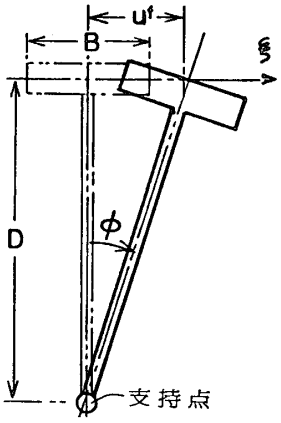
実際の梁には初期不整と残留応力があるためMuはこの上限より小さい値となる。本報告はMuの残留応力による低下量を簡単に算定する方法を示すものである。

2．簡略化

図－1に横座屈における上下フランジの横方向変位を示した。まず圧縮フランジの変形が進行し、最大負荷モーメントMu寸前で引張フランジが圧縮フランジに引きずられる様にして崩壊に至る。すなわち、Muに達するまでI型梁の断面は、図－2の様に引張フランジを支点として回転している。そこで、圧縮フランジの横方向変位u^fと回転角ϕとは独立に取り扱う必要はなく、上下フランジの心距をDとすれば、（1）式の関係を持つ。



図－1　横座屈における上下フランジの変位



図－2　断面の変形

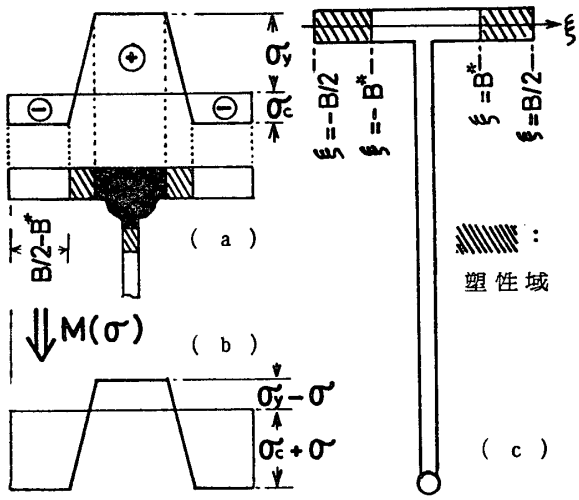
$$u^f = D\phi \qquad (1)$$

フランジの板厚は梁深さに比して小さく、モーメントをかけた時、フランジに働く応力は一様とみなしうる。

フランジに分布する溶接残留応力を図－3(a)の様に近似する。入熱量と断面形状よりフランジ横端部の圧縮残留応力σ_cおよび分布形状を特徴づけるB*を求める事ができる。[1)]

3．残留応力によるMuの低下

残留応力分布が図－3(a)のI型梁にモー



図－3　圧縮フランジ中の応力分布

NII-Electronic Library Service

Japan Welding Society

メントをかけてゆくと、圧縮フランジの応力分布は (b)の様になり、ついには端部に圧縮による塑性域が生ずる。塑性域が生ずる前に座屈すれば弾性座屈であり、Muの上限はMcとなる。以後は弾塑性座屈を考え図－3(c) の状態で梁の横方向安定について述べる。

圧縮フランジに$-\sigma_m$の平均応力がかかっているとする。フランジ横端部に塑性域のできる条件は $\sigma_m+\sigma_c \geqq \sigma_y$($\sigma_y$は降伏応力)である。二つの塑性域の内一方は、横方向変位を生ずると、除荷されて弾性挙動を示す。

エネルギバランスより横方向変位の生じうる条件は、スパンL で単純支持として

$$\sigma_m=\frac{\pi^2 E}{24}\left(\frac{B}{L}\right)^2\left(1+\frac{1}{K^3}\right)\ 、K=\frac{B}{2B^*} \qquad (2)$$

$$\sigma_m+\sigma_c \geqq \sigma_y \qquad (3)$$

である。(2) 式に示される応力でMuに達するとすれば、

$$\frac{Mu}{My}=\frac{\pi^2}{24}\left(\frac{B}{L}\right)^2\left(1+\frac{1}{K^3}\right)\left(\frac{E}{\sigma_y}\right) \qquad (4)$$

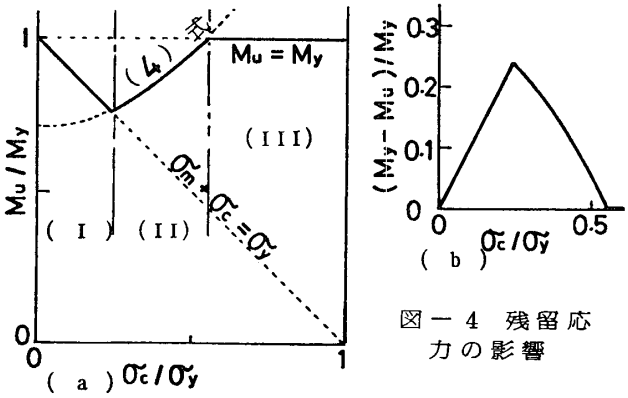
である。一方 $K=B/(2B^*)$ とσ_cの関係は

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_y}=\frac{3.28t_f t_w+A}{3.28(Bt_f+Dt_w/2-t_f t_w)-A}$$

$$A=1.32(B-t_w)(2t_f+t_w)/K \qquad (5)$$

となる。[1)2)] ここに、t_fとt_wとはそれぞれフランジとウェブとの板厚である。

B＝50mm,D＝150mm,$t_f=t_w$＝3.2mmとした時(4)(5) 式により、図－4(a) の関係が得られる。ここに三種の線が示され (I)～(III) の三領域にわけられる。領域 (I) は (3) 式すなわち圧縮フランジ横端部に塑性域が生ずると (2) 式が自動的に満たされる。(II) では (2) 式によりMuが定まる。(III) では、MyがMuの上限である。図－4(b) に残留応力によるMuの低下量を示した。

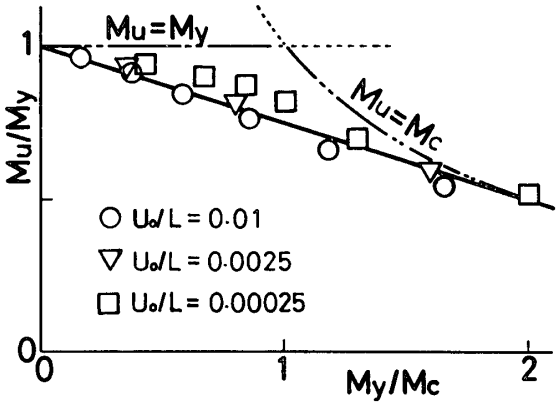


図－4 残留応力の影響

4・初期不整による横座屈強度の低下

I型梁の横座屈強度は初期不整によっても低下している。数値計算 (大変形弾塑性FEM) の結果を図－5に示す。図中の実線はジョンソンの実験式に対応し、(6)式で表わされる。

$$Mu/My=1-(My/4Mc) \qquad (6)$$



図－5 初期不整の影響

5・結論

溶接製 I型梁の横座屈強度を低下させる二つの因子 (残留応力と初期不整) を考え強度低下量を予想する式を示した。残留応力には (4)(5) 式を、初期不整には (6) 式を用いる事ができる。

1) 直井、松岡： 残留応力を有する溶接組立梁の強度 (その1 I型梁の残留応力)、昭和54年度春季船舶技術研究所研究発表会講演集、p31～

2) 直井、松岡： 同上 (その2 残留応力を有する梁の横座屈強度)、p35～

3) 吉識、山本： 弾性安定論、共立出版

NII-Electronic Library Service