

(株)長大橋設計センター 正員 深谷茂広
 東北大学工学部 正員 倉西 茂

1. まえがき

初期不整としての初期たわみを有するウェブアレットが、面内荷重を受けると面外方向にたわみを生ずる。荷重が動的に作用するならばウェブアレットは横振動を起こす。この横振動によって、ウェブアレットとフランジとの溶接部の疲労キレツの発生、騒音の発生あるいは動的耐荷力の問題につながるものと考えられる。鋼桁橋のウェブアレットは交通荷重によって常に横振動を起こしているといえよう。これまで疲労キレツの発生に関しては、大倉・前田⁽¹⁾⁽²⁾によって一連の報告がなされているが、この種の問題で動的・面内荷重を受ける場合についての報告は見当たらない。本報告では、初期たわみを有するウェブアレットが動的・面内曲げ荷重を受けた場合の挙動について、たわみ特性およびフランジとウェブアレットとの溶接部の二次曲げについて着目して行なった数値実験の結果を報告する。

2. 解析方法

本報告では、初期たわみを有するウェブパネルを平面三角形の集合体として離散化を行ない(図1)、有限要素法を用いて、幾何学的非線形性を考慮した有限変位解析を行なった。鋼材は弾性範囲内にあるものとして考え、材料の非線形性については考慮しなかった。以下その概要を示す。

Von Karmanの仮定にもとづく薄板のひずみ-変位関係式よりひずみエネルギー増分を求め、慣性力を含めた外力の仕事増分を考え、エネルギー原理より、運動を支配する運動方程式(1)を誘導した。次式で示される。

$$[M]\{\ddot{\Delta d}\} + [K]\{\Delta d\} = \{\Delta F\} - \{L\}$$

----- (1)

ここに

$[M]$: 等価質量マトリックス

Δ : 時刻 t から時刻 $t + \Delta t$ までの増分であることを示す。

$[K]$: 有限変位問題の剛性マトリックス

$\{L\}$: 残差不平衡力ベクトル

運動方程式(1)の解法にあたっては、荷重増分法と修正ニュートン・ラフソン法との混合法を用い、また、運動方程式の数値積分にはニューマーク・β法を採用した。内力の算定においてはマレーとウィルソンの座標移動法⁽³⁾を用いて剛体変形を除去して正味の変位増分を求め、その正味の変位増分に対しては微小変形理論が成立するものとして線形の剛性マトリックスにかけあわせて内力の増分量とする方法を用いた。

次に解析モデルについて述べる(図1、図2参照)。初期たわみモードには対称モードと逆対称モードの2種

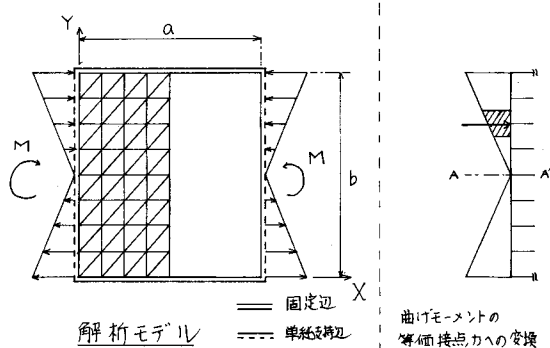


図1 解析モデル

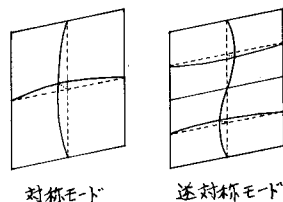


図2 初期たわみ

類 ($W_0 = W_0 \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b}$, $W_0 = W_0 \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{2\pi y}{b}$) を考えた。解析対象として桁中央の純曲げを受けるウェブパネルを考えたことから、外力には $M = M_{ST} + M_{BY} \sin \omega t$ を採用し、外力の円振動数 ω については、初期たわみモードと同様な、対称モード、逆対称モードの固有振動モードに対応する固有円振動数とそれぞれ等しい場合について解析を行った。次に、ウェブパネルの幅厚比および辺長比がそれぞれ 250 と 1 の場合について解析結果を述べる。

3 解析結果と考察

本研究のように幅厚比の大きなウェブパネルでは、幾何学的非線形性の影響により減衰作用を大きく受けることが、図3の履歴減衰の様子、図4の応答変位の線形計算と非線形計算の比較からわかる。

対称モードの初期たわみを有するウェブの場合励振モードは逆対称モードであり、したがって、外力の円振動数が、逆対称モードの固有円振動数 ($\omega_{1,2}$) に等しい場合共振性状を示す、その場合たわみの振幅倍率は、初期たわみの大きさ、外力の死荷重 (M_{ST}) の大きさにわずかに影響を受けるが約9から10であった。

逆対称モードの初期たわみを有するウェブパネルの場合の励振モードは対称モードであり、外力の円振動数が、対称モードの固有円振動数 ($\omega_{1,1}$) に等しい場合に共振性状を示す、その場合のたわみの振幅倍率は5~6であった。

また、フランジとウェブの溶接部付近で、2次曲げ (M_Y) の最大となる点での、2次曲げの振幅倍率は、たわみの振幅倍率とほぼ同程度となった。次に、2次曲げ (M_Y) の振幅と初期たわみの大きさ (W_0/b) との関係は、図示15・3・4で許容されている初期たわみの範囲内では線形関係で示される、その範囲以上になるとこの関係はくずれる。

参考文献

- (1) 大倉・前田 「フレート・ガーダーの曲げ疲労に関する研究」 1978年 第33回年次学術講演会講演要集
- (2) 同上 「薄肉フレートガーダーのウェブ周辺溶接部の疲労に関する研究」 1979年 第34回 同上
- (3) Murray・Wilson "Finite-Element Large Deflection Analysis of Plates"

ASCE EM1 1969年2月

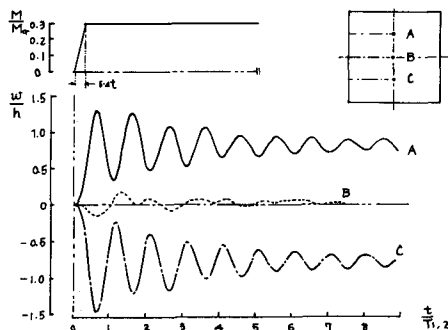


図3 自由振動の応答変位曲線

(初期たわみ・対称モード)

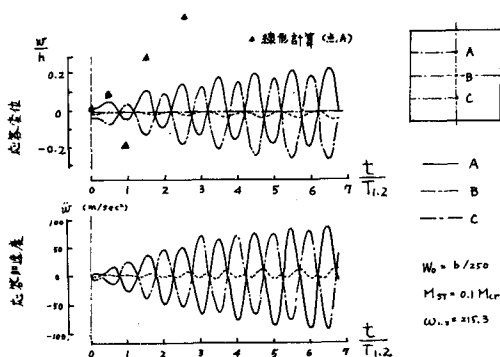


図4 応答変位曲線・応答加速度曲線

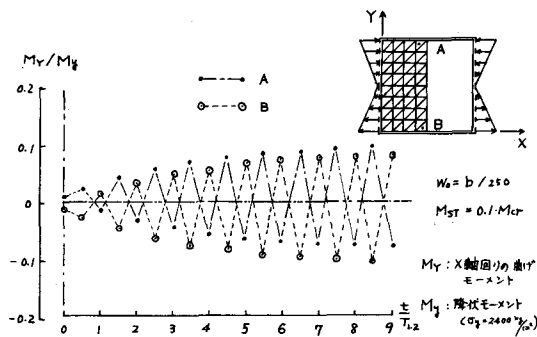


図5 固定端中央付近の2次曲げ (M_Y) のピーク値

(初期たわみ：対称モード)