

大阪府立工業高等専門学校 学生員 西本 泰則
正 員 日笠 隆司

1. まえがき 橋梁などの鋼構造物の断面は、板厚の薄い鋼板で溶接集成されているので鋼桁製作時の溶接熱などにより変形が生じ易い。このためウェブのはらみは、桁高の $1/250$ 以内におさめるように定めている。このはらみ制限の力学的根拠は不十分であるが、通常一般の鋼桁はこの制限内で製作されている。しかし溶融亜鉛めっき桁のように比較的大きな初期変形が生じる桁では、その制限内で製作することが困難な場合がある。めっき桁では、この制限を便宜上桁高の $1/150$ に緩和している。そこで本文は、はらみを有する鋼桁の曲げ挙動を有限要素法で計算し、初期はらみの影響について考察したものである。

2. 数値計算 数値計算に用いた有限要素法は、次の通りである
①Reisser-Midlinモデルによる四辺形のアイソパラメトリックス要素。②塑性域においては、塑性流れ理論を用いた増分法(各増分ごとにニュートン・ラプソン法を適用)③ひずみは、2次の非線形ひずみを採用する。まずモデルを解析するにあたり要素の分割精度を検討した。図-1は、要素のメッシュ分割とその精度を示す。これは、四辺単純支持の矩形板にx軸方向の圧縮変位を与え、その $1/4$ を数種類の分割モデルで計算したものである。図中○は等分割モデルであり、△は端部のみを5cmに分割し残りを等分割にした不等分割モデルである。また、上側のグラフは降伏点付近の大きな荷重状態を示したものであり、下側のグラフはその半分の荷重状態にあるものである。図を見ると不等分割モデルの精度は等分割モデルよりも良好であり、また大きな荷重状態では8分割ほど必要であることが分かる。本文の解析は、降伏点付近の大きな荷重状態を対象としているため圧縮部を荒く引張部を細かく分割する不等分割モデルを採用した。図-2は主として曲げモーメントが作用した鋼桁(2-flg. PL 400*32*4800, 1-web PL 1600*10*4000, 2-web PL 1600*40*400)を対傾構間隔で切り出し、モデル化したものである。両桁端を単純支持とするのでウェブの端部を補強している。荷重は桁両端に強制変位を与えて曲げモーメントを生じさせた。鋼材は降伏点応力： σ_y * (1.0 + 2.0 * 相当塑性ひずみ)を持つSS4

Yasunori NISHIMOTO, Takashi HIKASA

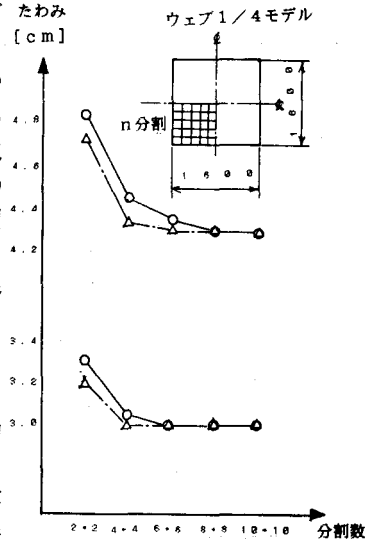


図-1 分割精度の検討

2-flg. PL400*32*4800
1-web PL1600*10*4000
2-web PL1600*40*400

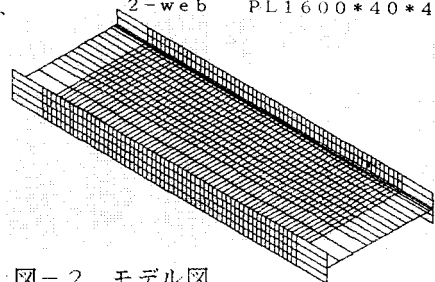


図-2 モデル図

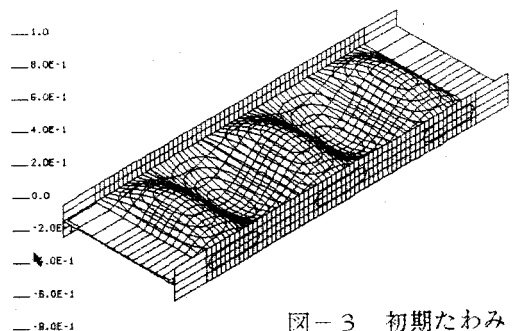


図-3 初期たわみ

0.0 ($\sigma_y = 2400 \text{ kgf/cm}^2$) とする。初期たわみは、溶接や溶融亜鉛めっき処理時に生じる熱変形をモデル化して桁高方向に $\sin$ の半波形の1種、桁長方向に $\sin$ の半波形の3倍、5倍、7倍の3種とし、たわみの最大値は0.2 cm, 0.5 cm, 1.0 cm とする。1例を図-3に示す。(桁長方向の波形: $\sin$ の半波形の5倍, たわみ最大値: 1.0 cm) ここで与えたたわみの最大値は道路橋示方書で定められているはらみ制限(一般の桁: $h/250 = 0.64 \text{ cm}$, めっき桁: $h/150 = 1.07 \text{ cm}$)より決定した。図-4は、初期たわみを与えたモデルに曲げモーメントが作用したときのウェブのz方向(ウェブ板厚方向)の変位を等高線で示したものである。この図を見ると桁長方向に関してはz方向の変位モードが初期たわみと同様のモードを示している。そのため節に垂直補剛材を配置しても曲げによるはらみ変形に対してほとんど効いていないことがわかる。しかし、桁高方向については圧縮部でz方向変位が増加し、引張部で減少した。そして桁高の約75%の位置にz方向変位のピークが現れた。したがってこの位置に配置する水平補剛材は、はらみ変形に対して有効である。

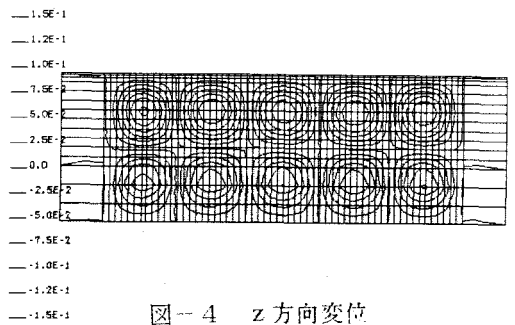


図-4 z方向変位

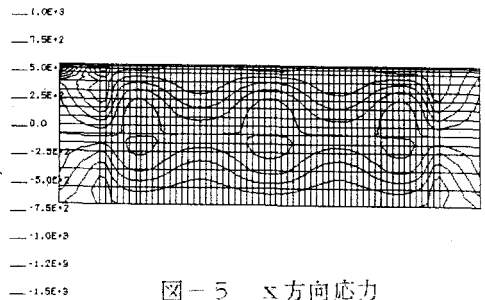


図-5 x方向応力

図-5はウェブ表面近くの軸方向の応力について等高線で示したものである。この図を見るとはらみ変形が大きくなる圧縮部の凹面側ではさらに圧縮応力が増加し、はらみ変形が減少する引張部では更に引張応力が増加していることがわかる。初期たわみを大きくとればこの増加も大きくなった。したがって初期たわみが大きくなれば非線形性が大きくなる。図-6はウェブのy方向応力(桁高方向)を等高線で示したものである。等高線の形は図-4によく似ているがフランジとウェブの付け根付近で圧縮と引張の比較的大きな応力が桁長方向に交互に生じる。これはウェブのはらみ変形をフランジが拘束しているためと思われる。

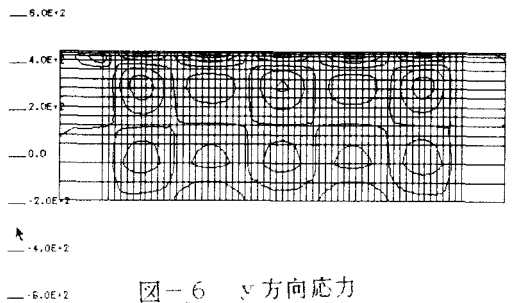


図-6 y方向応力

3. 結論 ①初期たわみが大きくなると桁の非線形性が大きくなる。②ウェブとフランジの付け根付近のy方向の応力は、はらみ変形(初期たわみ)の影響を受け易い。

謝辞 大阪大学名誉教授 前田幸雄先生、大阪大学溶接工学研究所 上田幸雄教授、村川英一助教授に貴重な御助言をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, pp. 392~396, 1990
- 2) 日本橋梁建設協会: 溶融亜鉛めっき橋設計・施工マニュアル, pp. 44~49, 1990
- 3) 日笠、上田、村川: 溶融亜鉛めっき時の鋼桁の熱弾塑性挙動、土木学会構造工学論文集vol. 39A, 1993年4月