

広島大学工学部 正 員 大村 裕

広島大学工学部 正 員 藤井 堅

大分県 正 員 豊田 源太郎

1. まえがき 曲線折に曲げが作用すると、その腹板は曲率のために面外にたわみを生じる。従来、この挙動を曲げを受ける円筒シェルパネルとしてとらえ、その力学的性状の把握と試みた解析例がいくつか存在する。実際の折では溶接等により、初期不整が発生するのは避けられず、この初期不整が腹板の挙動に及ぼす影響を明らかにすることは重要であろう。とくに実際の曲線折は曲率による腹板のライズと初期不整の大きさが同程度であることも報告されており、初期不整のない場合とある場合とは大きく異なる、挙動を呈することが予想される。そこで本報告では、フランジおよび鉛直補剛材で囲まれた腹板パネルを取り出した解析モデルに対して、種々の初期不整を与えて、幾何学的非線形性を考慮した有限要素解析を行うことにより、曲げを受ける腹板パネルの挙動について調べた。

2. 境界条件、荷重条件 腹板パネルに対する境界条件は、図-1に示すように腹板-フランジ接合辺では、単純支持 ($u = v = 0$)、腹板-鉛直補剛材接合辺では、梁の変位場に従うものとし、梁として単純支持 ($w = 0$)、ねじれ角拘束 ($\theta = 0$) とした。また、荷重は曲げ状態を想定し、腹板-鉛直補剛材接合辺上に曲げモーメント M を与えるが、荷重の大きさは次のパラメータでまとめた。

$$k = \frac{d_m h^2 t_w}{\pi^2 D_w} = \frac{M h}{I} \frac{h^2 t_w}{\pi^2 D_w} \quad (1)$$

ここで $d_m = \frac{M h}{I}$ は、梁とみなした場合の腹板の線応力である。

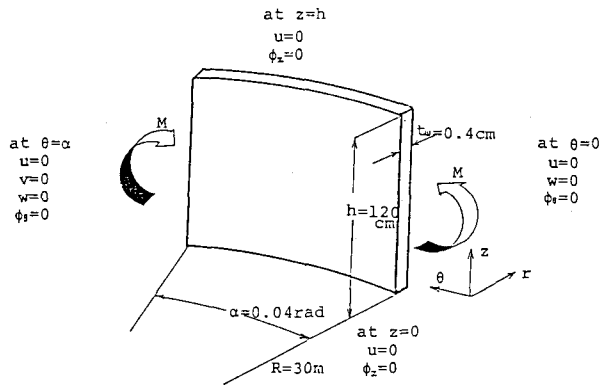


図-1 境界条件、荷重条件

3. 初期不整 実際の曲線折腹板の初期不整は、種々の要因により、複雑な形状が現われるが、ここでは初期不整を簡略化して次式で与えることにする。

$$u(\theta, z) = \frac{u_0}{t_w} \sin \frac{m\pi\theta}{\alpha} \sin \frac{n\pi z}{h} \quad (2)$$

ここで u_0 は初期不整の大きさを示すパラメータ、 α は開角、 h は折高、 m, n は正の整数である。

4. 解析例 腹板は図-1に示すように、幅厚比 $h/t_w = 300$ 、曲率パラメータ $\alpha = \sqrt{1 - b^2} h^2 / R t_w = 11.45$ とした。また初期不整は表-1のようなものを与えた。

図-2は、初期形状の θ 方向分布 (a) は $z = h/2$, (b) は $z = 3h/4$) を示す。図中、破線は初期不整のない場合 (No. 0) を示す。図-2 b) では No. 3, No. 4 が弦 (1点鎖線) に最も近似しており、No. 5 は曲率中心側に、No. 0 ~ 2 は曲率中心と反対側にある。また、図-3に中央断面圧縮側 ($z = 3h/4, \theta = \alpha/2$) の面外変位を荷重係数 k とともに示す。この図から、No. 5 は曲率中心側へ変位増分が現われ、No. 0 ~ 3 は曲率中心と反対側へ変位増分が現われている。また、No. 3 には $k = 2.5$ 近傍で座屈現象が現われており、No. 4 は $k = 3.5$ 近傍で座屈し解析不能となった。

表-1 初期不整モデル

	u/t_w	m	n
No. 1	+1.0	1	1
No. 2	-1.0	1	1
No. 3	-2.0	1	1
No. 4	-2.5	1	1
No. 5	-4.0	1	1
No. 6	+0.5	2	1
No. 7	+1.0	2	1
No. 8	+1.0	3	1
No. 9	+1.0	1	2
No. 10	-1.0	1	2

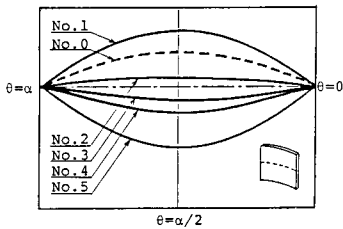


図-2 a) 初期形状 ($z=h/2$)

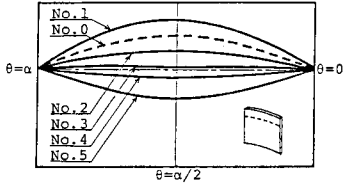


図-2 b) 初期形状 ($z=3h/4$)

これらのことから、圧縮側の初期形状が弦を境界として、どちらに位置するかによつて変位増分の方向が異なることがわかる。また圧縮側の初期形状が弦に近似しているものに座屈現象が現われていることも考えると、圧縮側の初期形状が腹板の挙動を主に支配すると考えられる。またこのことは、図-3のNo.1とNo.9の性状がよく近似していることから裏付けられる。

図-4は、 θ 方向正弦1波モデル ($m=2$) の圧縮側の初期形状を示す。 θ 方向正弦1波の初期不整は、図-4からわかるように、節となる点が現われ、変位増分の方向の基準は節と端とを結んだ弦 AB になると思われる。図-5 a) は、No.6の各荷重に対応する $z=3h/4$ での θ 方向の面外変位分布であり、図-5 b) は、No.7について示したものである。図-4の弦 AB よりも曲率中心側にあるNo.7の $\theta = \alpha/2 \sim \alpha$ の部分は、図-5 b) から、曲率中心側に変位増分が現われ、反対にNo.6の同部分は曲率中心と反対側へ変位増分が現われていることがわかる。

5. あとがき 以上から腹板の挙動は、圧縮側の初期不整と曲率を含めた形状が基本となる弦(直線)を境界としてどちらに存在するかによつて異なる。すなわち、圧縮側の初期不整の大きさと形状にその挙動が主に支配されるので、初期不整の最大値を考慮するだけでは不十分であると思われる。

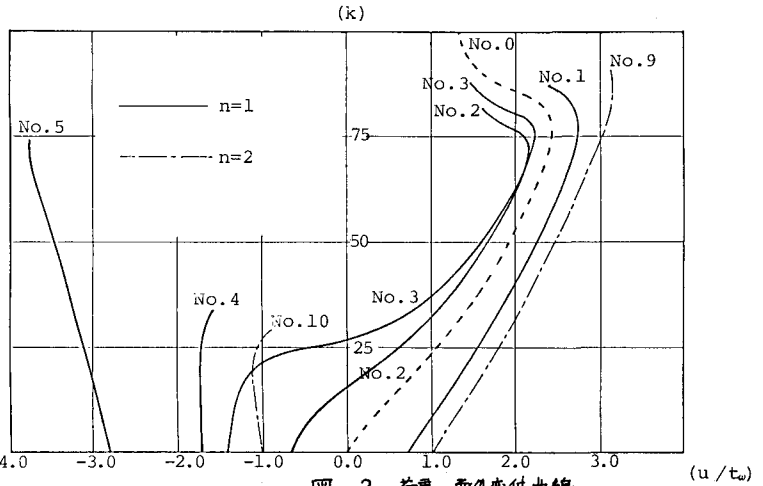


図-3 荷重-面外変位曲線

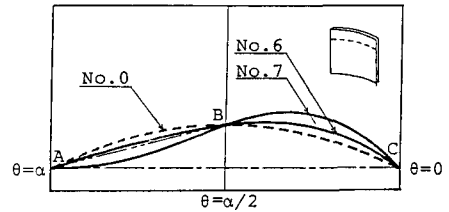


図-4 初期形状 ($z=3h/4$)

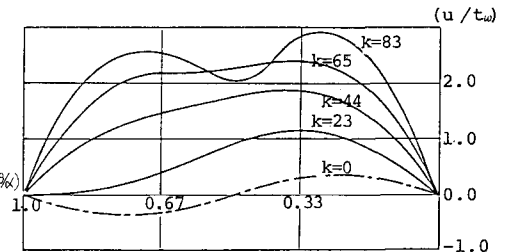


図-5 a) No.6 面外変位 θ 方向分布

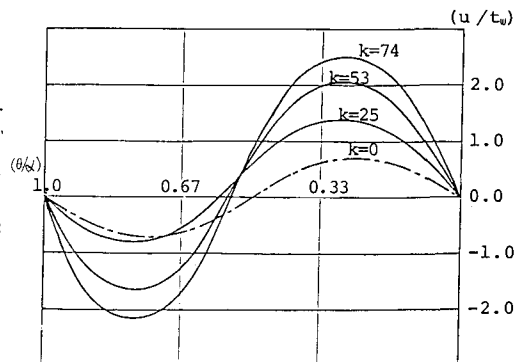


図-5 b) No.7 面外変位 θ 方向分布

参考文献

- 1) 中井他: 曲線桁橋腹板の実績調査, 橋梁と基礎, Vol. 15, No. 5, 1981.5
- 2) 大村・藤井: 部分構造とした曲線桁断面変形解析の境界条件について, 第38回年次学術講演会講演概要集第1部, pp209~210, 昭和58年
- 3) 三上・矢部: 円筒面内力を受初期たわみと有する円筒板の弾性有限変位解析, 第37回年次学術講演会講演概要集第1部, pp317~318, 昭和57年