

60°V形または円弧形切欠きを有する帯板の面外曲げ*

野田尚昭*¹, 椿 正昭*², 西谷弘信*³

Transverse Bending of a Strip with 60°V-Shaped or Partially-Circular Notches

Nao-Aki NODA, Masa-Aki TSUBAKI, and Hironobu NISITANI

This paper deals with stress concentration analyses of a 60°V-shaped single edge notch, 60°V-shaped double edge notches or partially-circular double edge notches in an infinite strip under transverse bending. The moment field induced by a moment in a semi-infinite plate is used to solve those problems. The results show that the Neuber formula gives underestimated stress concentration factors for the wide range of the notch depth. However, in the case of blunt notches, the Neuber solution of deep hyperbolic notches still gives sufficient accuracy in engineering use. In addition, the stress concentration factors of 60°V-shaped notches are also represented by diagrams.

Key Words: Elasticity, Body Force Method, Test Specimen, Strip, Transverse Bending, V-Shaped Notch, Partially-circular Notch

1. 緒 言

両側に対称な切欠き (V形または円弧形) を有する帯板の面外曲げにおける応力集中問題は, 金属材料の疲労試験などにおいて重要である。しかしながら, これまでに個々の切欠形状に対して応力集中係数を計算または測定した研究はいくつか報告されている⁽¹⁾⁽²⁾が, 切欠形状寸法を系統的に変えて解析を行った研究は見当らないようである。このため現在でもノイバーの三角則⁽³⁾による応力集中の近似的評価が行われることが多い。そこで本報では両側に円弧形切欠き, または60°V形切欠きを有する帯板が面外曲げを受ける場合の応力集中係数を, 体積力法⁽⁴⁾⁽⁵⁾を用い, 古典板曲げ理論⁽⁶⁾に従って計算した。さらに, 片側に60°V形切欠きを有する帯板が面外曲げを受ける場合の応力集中係数についても考察した (図1)。

2. 解析方法

2.1 古典板曲げ理論 本報の解析は, Poisson-

Kirchhoffの薄板理論⁽⁶⁾に基づいて行われている。以下にこの理論の基礎式について示しておく。

厚さ h が一様な薄板の曲げを考える。板の中央面を $x-y$ 平面とし, これに垂直に z 軸をとる。板の断面に作用する単位長さ当たりのモーメントの成分 M_x, M_y, M_{xy} とせん断力の成分 Q_x, Q_y を次式で定義する。

$$M_x = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_x z dz, \quad M_y = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_y z dz,$$

$$M_{xy} = \int_{-h/2}^{h/2} \tau_{xy} z dz$$

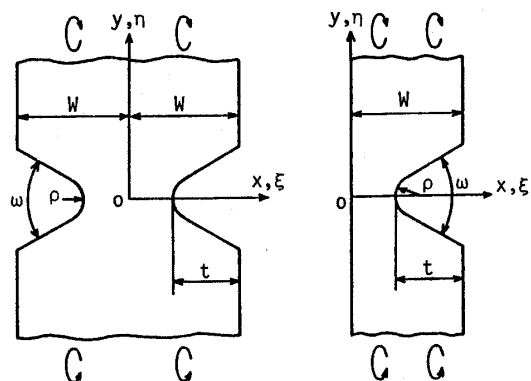


図1 両側または片側に60°V形切欠きを有する帯板の面外曲げ

* 昭和62年11月21日 第949回講演会において講演, 原稿受付 昭和62年5月14日。

*¹ 正員, 九州工業大学 (〒804 北九州市戸畑区仙水町1-1)。

*² 准員, (株)日立製作所日立工場 (〒317 日立市幸町3-1-1)。

*³ 正員, 九州大学工学部 (〒812 福岡市東区箱崎6-10-1)。

$$Q_x = \int_{-h/2}^{h/2} \tau_{xz} dz, \quad Q_y = \int_{-h/2}^{h/2} \tau_{yz} dz \quad \dots\dots\dots(1)$$

これらは中央面たわみ w によって次のように表される。

$$\left. \begin{aligned} M_x &= -D(\partial^2 w / \partial x^2 + \nu \partial^2 w / \partial y^2) \\ M_y &= -D(\partial^2 w / \partial y^2 + \nu \partial^2 w / \partial x^2) \\ M_{xy} &= -D(1-\nu) \partial^2 w / \partial x \partial y \\ Q_x &= -D \partial / \partial x (\nabla^2 w) \\ Q_y &= -D \partial / \partial y (\nabla^2 w) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 $\nabla^2 = \partial^2 / \partial x^2 + \partial^2 / \partial y^2$, D は板の曲げ剛性, ν はポアソン比である。

板の表面に荷重が作用しない場合, w は次式を満足する。

$$\nabla^4 w = 0 \quad \dots\dots\dots(3)$$

$x-y$ 平面に任意の路をとり, その接線方向および法線方向をそれぞれ添字 t, n で表すと(図2), 路上での自由縁の境界条件は次のように示される。

$$\left. \begin{aligned} M_n &= 0, \quad V_n = Q_n + \frac{\partial M_{nt}}{\partial S} = 0 \\ \text{または} \int_A^P V_n dS &= \int_A^P Q_n dS + [M_{nt}]_A^P = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

ここで, S は境界の弧長, M_n, M_{nt} はそれぞれ n 方向の曲げモーメントおよびねじりモーメント, Q_n は n 方向せん断力, V_n は n 方向の等価せん断力である。

2.2 計算方法の概略 体積法を面外曲げ問題

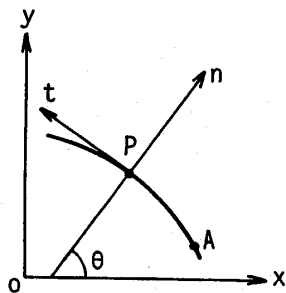


図2 座標変換

に適用する場合には, 無限板中の一点に集中モーメントが作用する場合の任意の点のモーメントの式が基本解となる⁽⁷⁾。しかしながら, 問題によっては, 境界条件の一部をあらかじめ満足するグリーン関数を基本解として用いることが, 解析精度を向上させるために有効となる⁽²⁾⁽⁶⁾⁽⁹⁾。本報では, 閉じた形で与えられる半無限板の一点に集中モーメントが作用する場合の解を帯板の面外曲げ問題の基本解として用いることにする。

図3は, 両側切欠きを有する帯板問題の解法を説明した図である。ξ<0の範囲の切欠きおよび帯板縁となるべき境界上の条件を満足させるための基本解としては, 図3(b)の半無限板のグリーン関数を用いる。逆

表1 両側または片側に半円切欠きを有する帯板の面外曲げにおける応力集中係数 K_{td}, K_{ts}

ρ/W	Present analysis Tamate			Neuber
	(Double)	(Single)	(Double)	
0.02	1.756	1.756		1.76
0.03	1.739	1.739		1.75
0.05	1.706	1.706		1.71
0.1	1.626	1.627	1.625	1.62
0.2	1.486	1.488	1.485	1.45
0.3	1.366	1.371	1.366	1.32
0.4	1.266	1.274		1.22
0.5	1.184	1.195		1.16
0.6	1.120	1.133		1.11
0.7	1.072	1.086		1.07
0.8	1.039	1.050		1.04
0.9	1.017	1.022		1.02

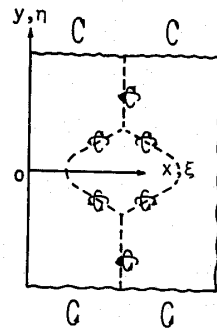


図4 片側切欠きを有する帯板問題の解法

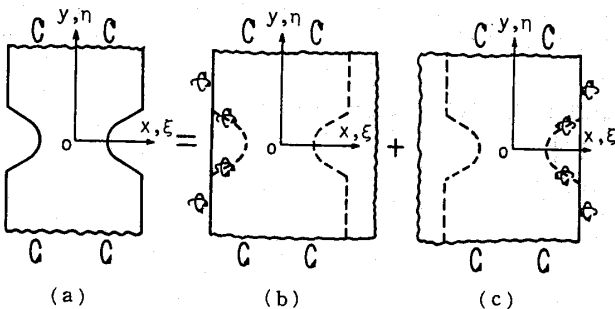


図3 両側切欠きを有する帯板問題の解法

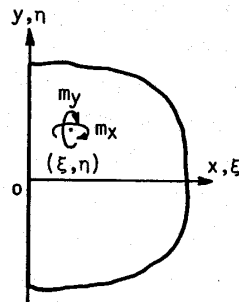


図5 集中モーメントをうける半無限板

に $\xi > 0$ の範囲の境界条件は図 3 (c) の半無限板のグリーン関数を用いて満足させる。

図 4 は、片側切欠きを有する帯板問題の解法を説明した図である。

結局、本解法は図 3、図 4 の半無限板において連続的に作用させるべき分布モーメントの密度を決定する問題に還元される。

2.3 密度の定義 切欠部および帯板縁となるべき境界上に作用させるべき分布モーメントの x, y 方向密度 ρ_x, ρ_y を式 (5), (6) のように定義する。

(i) 切欠部

$$\rho_x = \frac{dM_\xi}{d\eta}, \quad \rho_y = \frac{dM_\eta}{d\xi} \dots \dots \dots (5)$$

(ii) 帯板縁部

$$\rho_x = \frac{dM_\xi}{ds}, \quad \rho_y = \frac{dM_\eta}{ds} \dots \dots \dots (6)$$

ここで、微小要素 $ds = \sqrt{(d\xi)^2 + (d\eta)^2}$. dM_ξ, dM_η は ds に作用させる分布モーメントの x, y 方向成分 $[(\xi, \eta)$ はモーメントを作用させる点の (x, y) 座標]. 式 (5) の定義によればだ円孔を有する無限板の面外曲げ問題では境界に沿って密度は一定になる。

2.4 基本解 図 5 に示すように半無限板の一点 (ξ, η) に x 方向または y 方向の集中モーメント m_x, m_y が作用する場合の点 (x, y) に生ずるモーメントおよびせん断力の合力は以下のように表される⁽¹¹⁾.

$$\begin{aligned} M_x^{m_x} &= (m_x/2\pi) \{ (1/2) [-(x-\xi) \{ (1+\nu)(x-\xi)^2 + (3-\nu)(y-\eta)^2 \} / r^4 \\ &\quad + (x+\xi) \{ (1+\nu)(x+\xi)^2 + (3-\nu)(y-\eta)^2 \} / r^4] \\ &\quad + \{ 1/(3+\nu)r_2^3 \} [-\{ 8x + (3-\nu)(3+\nu)\xi \} (y-\eta)^4 \\ &\quad - \{ 4(3+\nu)(x^3 + \xi^3) + 6(5-\nu)(1+\nu)(x^2\xi + x\xi^2) \} (y-\eta)^2 \\ &\quad - \{ (9+4\nu+3\nu^2)x\xi + 4(1+\nu)x^2 + (3+\nu)(1+\nu)\xi^2 \} (x+\xi)^2]] \\ M_y^{m_x} &= (m_x/2\pi) \{ (1/2) [-(x-\xi) \{ (1+\nu)(x-\xi)^2 + (-1+3\nu)(y-\eta)^2 \} / r^4 \\ &\quad + (x+\xi) \{ (1+\nu)(x+\xi)^2 + (-1+3\nu)(y-\eta)^2 \} / r^4] \\ &\quad + \{ 1/(3+\nu)r_2^3 \} [\{ 4(1-\nu)x + (3-\nu)(1-\nu)\xi \} (y-\eta)^4 \\ &\quad + \{ 4(1-\nu)(x^3 + \xi^3) + 6(1-\nu^2)(x^2\xi + x\xi^2) \} (y-\eta)^2 \\ &\quad + \{ (1-\nu)(3-\nu)x\xi + (1-\nu^2)\xi^2 \} (x+\xi)^2]] \\ M_x^{m_y} &= (m_y/2\pi) \{ (1/2) [(1-\nu)(y-\eta) \{ (x-\xi)^2 - (y-\eta)^2 \} / r^4 \\ &\quad - (1-\nu)(y-\eta) \{ (x+\xi)^2 - (y-\eta)^2 \} / r^4] \\ &\quad - \{ (y-\eta)/(3+\nu)r_2^3 \} [4(y-\eta)^4 + \{ 4(1+\nu)(x^2 + \xi^2) + 2(3+6\nu-\nu^2)x\xi \} (y-\eta)^2 \\ &\quad + \{ 4\nu x^2 + 2(3-2\nu+3\nu^2)x\xi + 4\nu\xi^2 \} (x+\xi)^2]] \\ \int_A^P Q_n^{m_x} ds &= (m_x/\pi) \{ (1/2) \{ (y-\eta)/r_1^2 - (y-\eta)/r_2^2 \} \\ &\quad - \{ (y-\eta)/(3+\nu)r_2^3 \} [-2(y-\eta)^2 - \{ 2x^2 + 2(1+\nu)x\xi + 2\nu\xi^2 \}] \} \Big|_A^P \end{aligned} \dots \dots \dots (7 \cdot a)$$

$$\begin{aligned} M_x^{m_y} &= (m_y/2\pi) \{ (1/2) [-(y-\eta) \{ (-1+3\nu)(x-\xi)^2 + (1+\nu)(y-\eta)^2 \} / r^4 \\ &\quad - (y-\eta) \{ (-1+3\nu)(x+\xi)^2 + (1+\nu)(y-\eta)^2 \} / r^4] \\ &\quad - \{ (y-\eta)/(3+\nu)r_2^3 \} [-(3+\nu)(1+\nu)(y-\eta)^4 \\ &\quad - \{ 4\nu(3+\nu)\xi^2 + 2(1+12\nu+3\nu^2)x\xi + 4(1+\nu)^2x^2 \} (y-\eta)^2 \\ &\quad + \{ (3+\nu)(1-3\nu)\xi^2 - 4(1+3\nu^2)\xi x - (1+3\nu)(1+\nu)x^2 \} (x+\xi)^2]] \\ M_y^{m_y} &= (m_y/2\pi) \{ (1/2) [-(y-\eta) \{ (3-\nu)(x-\xi)^2 + (1+\nu)(y-\eta)^2 \} / r^4 \\ &\quad - (y-\eta) \{ (3-\nu)(x+\xi)^2 + (1+\nu)(y-\eta)^2 \} / r^4] \\ &\quad - \{ (y-\eta)/(3+\nu)r_2^3 \} [(1-\nu^2)(y-\eta)^4 - \{ -4\nu(1-\nu)\xi^2 + 2(1-3\nu)(1-\nu)\xi x \} (y-\eta)^2 \\ &\quad - \{ (1-3\nu)(1-\nu)\xi^2 - 4(1-\nu)^2x\xi + (1-\nu^2)x^2 \} (x+\xi)^2]] \\ M_{xy}^{m_y} &= (m_y/2\pi) \{ (1/2) [(1-\nu)(x-\xi) \{ (y-\eta)^2 - (x-\xi)^2 \} / r^4 \\ &\quad + (1-\nu)(x+\xi) \{ (y-\eta)^2 - (x+\xi)^2 \} / r^4] \\ &\quad + \{ 1/(3+\nu)r_2^3 \} [-\{ (3-\nu)(1+\nu)x + 4\xi \} (y-\eta)^4 \\ &\quad - \{ 4(1+\nu)(x^3 + \xi^3) + 6(1+4\nu-\nu^2)(x^2\xi + \xi^2x) \} (y-\eta)^2 \end{aligned}$$

表 2 疲労試験用の浅い円弧形切欠きを有する帯板の面外曲げにおける応力集中係数 K_t

W/w	1.1		1.2		1.5		2.0		∞
	K_t	K_{tN}	K_t	K_{tN}	K_t	K_{tN}	K_t	K_{tN}	
1.0	1.082	1.073	1.089	1.077	1.091	1.079	1.089	1.080	1.081
2.0	1.045	1.038	1.046	1.039	1.044	1.040	1.042	1.040	1.040
5.0	1.018	1.015	1.017	1.016	1.016	1.016	1.015	1.016	1.016
10.0	1.009	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008

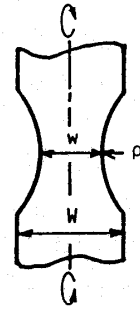
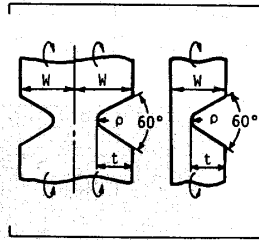


表 3 両側または片側に 60°V 形切欠きを有する帯板の面外曲げにおける応力集中係数

t/W	rho/W=0.02			rho/W=0.03			rho/W=0.05			rho/W=0.1		
	K_{tD}	K_{tS}	K_{tN}	K_{tD}	K_{tS}	K_{tN}	K_{tD}	K_{tS}	K_{tN}	K_{tD}	K_{tS}	K_{tN}
0.02	1.752	1.752	1.76	1.599	1.599	1.62	1.450	1.450	1.48	1.306	1.306	1.33
0.05	2.181	2.181	2.14	1.941	1.942	1.93	1.702	1.702	1.71	1.467	1.467	1.49
0.1	2.582	2.583	2.49	2.267	2.268	2.20	1.946	1.947	1.91	1.623	1.624	1.62
0.2	2.956	2.959	2.80	2.573	2.575	2.44	2.177	2.179	2.07	1.770	1.772	1.71
0.3	3.073	3.080	2.89	2.667	2.673	2.50	2.245	2.251	2.10	1.808	1.813	1.71
0.4	3.053	3.064	2.86	2.647	2.656	2.46	2.224	2.233	2.07	1.785	1.794	1.67
0.5	2.942	2.957	2.75	2.550	2.564	2.37	2.143	2.156	1.98	1.722	1.733	1.61
0.6	2.759	2.779	2.58	2.394	2.412	2.22	2.016	2.032	1.87	1.626	1.641	1.52
0.7	2.512	2.535	2.35	2.184	2.206	2.03	1.847	1.867	1.72	1.504	1.522	1.42
0.8	2.188	2.215	2.05	1.913	1.937	1.79	1.632	1.655	1.53	1.356	1.377	1.30
0.9	1.745	1.772	1.64	1.547	1.572	1.46	1.353	1.377	1.30	1.178	1.200	1.16

t/W	rho/W=0.2			rho/W=0.5			rho/W=1.0		
	K_{tD}	K_{tS}	K_{tN}	K_{tD}	K_{tS}	K_{tN}	K_{tD}	K_{tS}	K_{tN}
0.02	1.208	1.208	1.23	1.123	1.123	1.14	1.082	1.082	1.09
0.05	1.309	1.310	1.33	1.176	1.177	1.19	1.112	1.113	1.12
0.1	1.402	1.403	1.41	1.218	1.219	1.22	1.132	1.134	1.12
0.2	1.483	1.486	1.45	1.245	1.248	1.22	1.138	1.142	1.12
0.3	1.498	1.503	1.43	1.239	1.245	1.21	1.127	1.133	1.11
0.4	1.474	1.482	1.40	1.216	1.225	1.18	1.109	1.118	1.10
0.5	1.424	1.435	1.35	1.184	1.195	1.16	1.089	1.100	1.08
0.6	1.356	1.370	1.30	1.145	1.159	1.13	1.068	1.080	1.06
0.7	1.273	1.291	1.23	1.105	1.120	1.10	1.048	1.060	1.05
0.8	1.180	1.199	1.16	1.065	1.080	1.06	1.031	1.040	1.03
0.9	1.082	1.100	1.08	1.030	1.040	1.03	1.015	1.020	1.02



$$\begin{aligned}
 & -\{[(1+\nu)^2 x^2 + (3+2\nu+3\nu^2)x\xi + 4\nu\xi^2](x+\xi)^3\}] \\
 & \int_A^P Q_n^{m,y} ds = (m_y/\pi)\{[(1/2)\{- (x-\xi)/r_1^2 - (x+\xi)/r_2^2\} \\
 & + \{1/(3+\nu)r_2^2\}[\{(1+\nu)x+2\xi\}(y-\eta)^2 + \{(1+\nu)x \\
 & + 2\nu\xi\}(x+\xi)^2]\}]\} \dots \dots \dots (7\cdot b)
 \end{aligned}$$

ここで,

$$r_1^2 = (x-\xi)^2 + (y-\eta)^2, \quad r_2^2 = (x+\xi)^2 + (y-\eta)^2$$

3. 計算結果および考察

3.1 両側または片側に半円切欠きを有する帯板の面外曲げ 本報ではすべての場合についてポアソン比を0.3として計算した。表1は両側に半円切欠きを有する帯板の面外曲げにおける応力集中係数 K_{tD} と、片側に半円切欠きを有する帯板の面外曲げにおける応力集中係数 K_{tS} とを玉手ら⁽¹⁾、ノイバー⁽³⁾(浅い切欠きの解として $K_{tV}=1.790^{(10)}$ を使用)の結果と比較してまとめたものである。半円切欠きについては、これまで玉手ら、村上ら⁽²⁾による解析があるがそれらは本結果

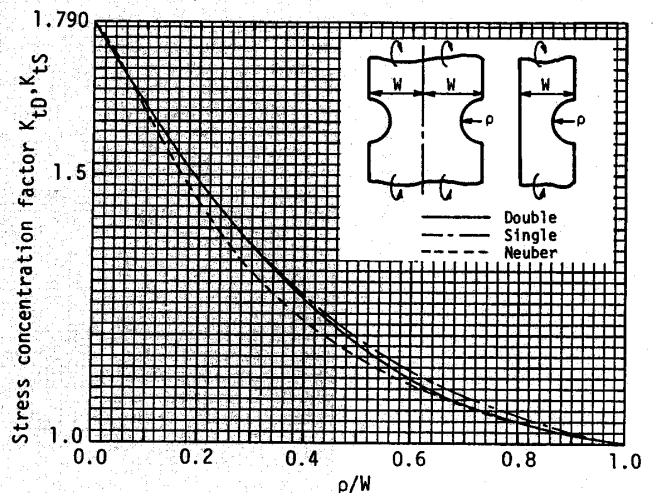


図 6 両側または片側に半円切欠きを有する帯板の面外曲げにおける応力集中係数 K_{tD} , K_{tS}

***1 浅い切欠きの解としてだ円孔を有する無限板の解を、深い切欠きの解として双曲線切欠きの解を使用した。

とよく一致している。表1より片側切欠きの応力集中係数 K_{ts} は両側切欠きの応力集中係数 K_{td} にかかなり近いことがわかる。図6は表1の結果を線図にして示したものである。

3.2 疲労試験用の浅い円弧形切欠きを有する帯板の面外曲げ 表2は両側に浅い円弧形切欠きを有する帯板の面外曲げにおける応力集中係数 K_t をノイバーの三角則による値 K_{ts}^{*1} およびノイバーの深い双曲線切欠きの解 K_{IH} と比較してまとめたものである。切欠きが浅く、切欠き半径 ρ が小さい場合を除き、ノイバーの深い双曲線切欠きの解 K_{IH} がかなり精度の良い近似値を与えることがわかる。

3.3 両側または片側に60°V形切欠きを有する帯板の面外曲げ 表3は両側に60°V形切欠きを有する帯板の面外曲げにおける応力集中係数 K_{td} と、片側に60°V形切欠きを有する帯板の面外曲げにおける応力集中係数 K_{ts} とを、切欠き半径 ρ と、切欠き深さ t について系統的に計算した結果をまとめたものである。参考としてノイバーの三角則による値 K_{IN} を示した。表より、この場合も片側切欠きの結果は両側切欠きの結果にかかなり近いことがわかる。図7は表3に示す結果

を線図にしてまとめたものである。

両側に60°V形切欠きを有する帯板の面外曲げにおける応力集中係数をノイバーの三角則を用いて評価する場合、本報で計算した範囲 ($\rho/W \geq 0.02$) で最大7%程度の危険側の誤差を含む場合がある。

3.4 切欠き形状と応力集中係数との関係 表4および表5は、それぞれ両側に60°V形切欠きを有する帯板の応力集中係数 K_{td} と、片側に60°V形切欠きを有する帯板の応力集中係数 K_{ts} について、帯板と同一

表4 両側に60°V形切欠きを有する帯板の面外曲げにおける応力集中係数の相対値 K_{td}/K_{td0} (K_{td0} は帯板と同一形状60°V形切欠きを有する半無限板の面外曲げにおける応力集中係数)

ρ/W t/W	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
0.02	0.980	0.981	0.980	0.980	0.981	0.981	0.982
0.05	0.952	0.953	0.952	0.953	0.953	0.955	0.957
0.1	0.906	0.906	0.906	0.908	0.910	0.914	0.919
0.2	0.819	0.820	0.821	0.824	0.829	0.842	0.854
0.3	0.737	0.738	0.741	0.747	0.756	0.776	0.798
0.4	0.661	0.663	0.666	0.673	0.687	0.717	0.750
0.5	0.587	0.589	0.594	0.604	0.622	0.662	0.707
0.6	0.515	0.518	0.524	0.537	0.560	0.613	0.669
0.7	0.443	0.447	0.454	0.471	0.501	0.568	0.636
0.8	0.368	0.373	0.383	0.406	0.445	0.529	0.608
0.9	0.280	0.289	0.304	0.338	0.393	0.494	0.583

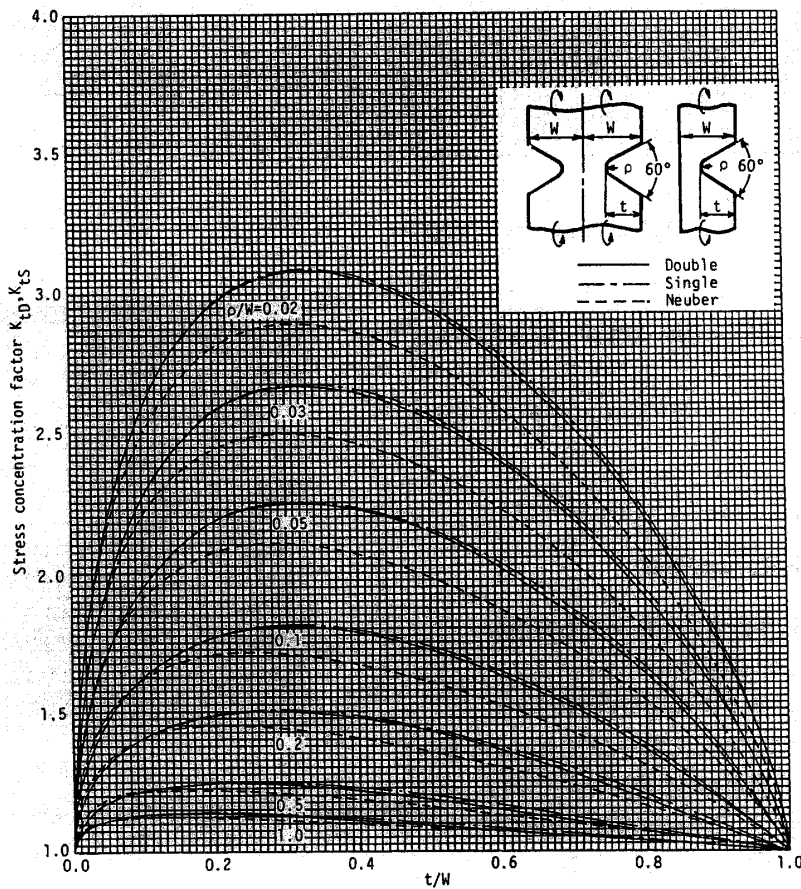


図7 両側または片側に60°V形切欠きを有する帯板の面外曲げにおける応力集中係数

表5 片側に60°V形切欠きを有する帯板の面外曲げにおける応力集中係数の相対値 K_{ts}/K_{t0} (K_{t0} は帯板と同一形状の60°V形切欠きを有する半無限板の面外曲げにおける応力集中係数)

ρ/W t/W	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
0.02	0.980	0.981	0.980	0.980	0.981	0.981	0.982
0.05	0.952	0.953	0.952	0.953	0.953	0.955	0.958
0.1	0.906	0.906	0.907	0.908	0.911	0.915	0.920
0.2	0.820	0.820	0.822	0.825	0.831	0.844	0.857
0.3	0.739	0.740	0.743	0.749	0.759	0.780	0.802
0.4	0.663	0.665	0.668	0.676	0.690	0.722	0.756
0.5	0.590	0.593	0.597	0.608	0.626	0.668	0.714
0.6	0.519	0.522	0.528	0.542	0.566	0.620	0.677
0.7	0.447	0.452	0.459	0.477	0.508	0.576	0.644
0.8	0.372	0.378	0.388	0.412	0.452	0.536	0.613
0.9	0.285	0.293	0.310	0.345	0.399	0.499	0.586

表6 60°V形切欠きを有する半無限板の面外曲げにおける応力集中係数 K_{tv}

t/ρ	$\sqrt{\epsilon/\rho}$	K_{tv}
0.0625	0.25	1.182
0.25	0.5	1.374
1	1	1.788
2	1.414	2.147
4	2	2.652
8	2.828	3.343
16	4	4.267
32	5.657	5.488
64	8	7.091
100	10	8.38
225	15	11.4

形状の切欠きを有する半無限板の応力集中係数 K_{t0} との比 K_{td}/K_{t0} , K_{ts}/K_{t0} を示したものである。表より、切欠きが浅く鋭い場合には K_{td}/K_{t0} , K_{ts}/K_{t0} の値は、ほぼ相対切欠き深さ t/W のみによって決まる傾向があることがわかる。この性質を利用すれば、60°V形切欠きを有する半無限板の応力集中係数から本報で計算していない鋭い60°V形切欠き ($\rho/W < 0.02$) を両側または片側に有する帯板の応力集中係数が推定できる。60°V形切欠きを有する半無限板の応力集中係数を t/ρ の広範囲にわたって計算した結果を表6に示す。

4. 結 言

本報では、両側または片側に切欠きを有する帯板の面外曲げ問題を半無限板問題のグリーン関数を基本解とする体積力法により考察した。結果をまとめると以下ようになる。

(1) 両側60°V形切欠きの応力集中係数を系統的に計算した結果、ノイバーの三角側でこの場合の応力集中係数を評価した場合、本報で計算した範囲 ($\rho/W \geq 0.02$) で、最大7%程度の危険側の誤差を含む場合があることがわかった。得られた結果より、応力集中係数表と線図(表3, 図7)を作成した。

(2) 面外曲げにおいて、両側切欠きを有する帯板と片側切欠きを有する帯板の応力集中係数を比較した場合、切欠きの深い場合を除いて両者はほぼ一致する。

(3) 帯板と半無限板における同一形状の60°V形

切欠きの応力集中係数の相対値 K_{td}/K_{t0} , K_{ts}/K_{t0} は、切欠きが浅く鋭い場合にはほぼ相対切欠き深さ t/W のみによって決まる(図4, 5)。この性質を利用すれば、半無限板の解を利用して帯板の応力集中係数が評価できる。

(4) 疲労試験用の浅い円弧形切欠きを有する帯板の応力集中係数は、切欠きが浅く、切欠き半径が小さい場合を除き、ノイバーの深い双曲線切欠きの解により精度よく評価できる。

本研究の遂行に際して、九州工業大学・遠藤達雄教授ならびに原田昭治助教授からは、貴重なるご助言とご討論をいただいた。記して謝意を表する。なお、数値計算には、N-1大学間ネットワークにより九州大学大型計算機センターのFACOM M-382を利用した。

文 献

- (1) 玉手・塩谷, 機論, 24-147 (昭33), 809.
- (2) 村上・荒木, 機論, 45-347, A (昭54), 998.
- (3) Neuber, H., *Kerbspannungslehre*, (第1版) (1937); (第2版), (1958), 9., Springer-Verlag.
- (4) 西谷, 機誌, 70-580 (昭42), 627.
- (5) Nisitani, H. (Sih, G. C. 編), *Mechanics of Fracture*, 5 (1978), 1, Noordhoff Int. Pub.
- (6) Timoshenko, S. P. and W-Krieger, S., *Theory of Plates and Shells*, 2nd. ed., (1959), 326, McGraw-Hill.
- (7) 西谷・村上, 機講論, No. 730-13 (昭48-10), 65.
- (8) 西谷・ほか3名, 機論, 51-467, A (昭60), 1804.
- (9) 野田・ほか2名, 機論, 52-476, A (昭61), 1066.
- (10) 玉手・塩谷, 機論, 24-139 (昭33), 139.
- (11) 椿, 九州工業大学修士論文, (昭62-3).