

応力集中部の形状と応力分布に関する一考察

名古屋工業大学 正員 長谷部 宣男
名古屋工業大学 学生員 丸友田 康彦

1 まえがき 本報告は、半無限板を用いて図・1のような形状や長方形切欠きを各々形状変化させ、それを解析することにより切欠き底中央部の応力集中への影響を考察したものである。なお 荷重は、基本的な一様引張りをを用いた。

2 解析 解析形状として、図・1の場合、 $H=1.0$ と固定し、 W/H を変化させて、その各々の W/H に対し切欠き底の曲線設置位置を変えた。表・1は、応力集中ヶ所の応力、曲率半径の値を、また図・1の代わりに図・2のように寸法の基準を変えたときの曲率半径の値をも示す。図・4には同形状の応力分布の1例を示す。長方形切欠きの場合にも同様に、 $H=1.0$ とし、 W を変えた。図・5に応力分布の例を示す。

3 考察 一般に、応力集中係数S.C.F.は次式で表わされる(文献1)。

$$S.C.F. = \sum_{j=1}^{\infty} k_j \rho_j^{m_j} \quad (1)$$

ここに、 ρ はその点の曲率半径、 m_j は隅角部角度から求められる特性方程式の根、 k_j は形状、境界条件より定められる係数である。例えば、隅角部角度 270° の場合、特性方程式の根は、 $m_1 = -0.4555$ 、 $m_2 = 0.6293 + i0.2313$ 、 $m_3 = \bar{m}_2$ (バーは共役を表す)というように求められる。

なお、 m_j の値が複素数のとき、式(1)の第3項まで採り変形すると次式のように表わされ、実数計算に変換できる。

$$S.C.F. = k_1 \rho^{m_1} + k_2 \rho^{m_2} + \bar{k}_2 \rho^{\bar{m}_2} = k_1 \rho^{m_1} + \rho^u \{ k'_2 \cos(v \log \rho) + k''_2 \sin(v \log \rho) \} \quad (2)$$

ここに、 u は m_2 の実部、 v は虚部である。

図・6は、図・1、図・3の各形状のS.C.F.-曲率半径を両対数グラフにプロットしたものである。これから次のことが言えよう。まず、 W/H がある程度以上の大きさを持つと、図・3の表わす曲線形と両対数グラフ上の傾きがほとんど等しくなる。従って、式(1)において隅角部角度 270° の m_j の値を使用できるものと思われる。これは、応力のorderとして底部隅角部角度に支配されることを意味する。

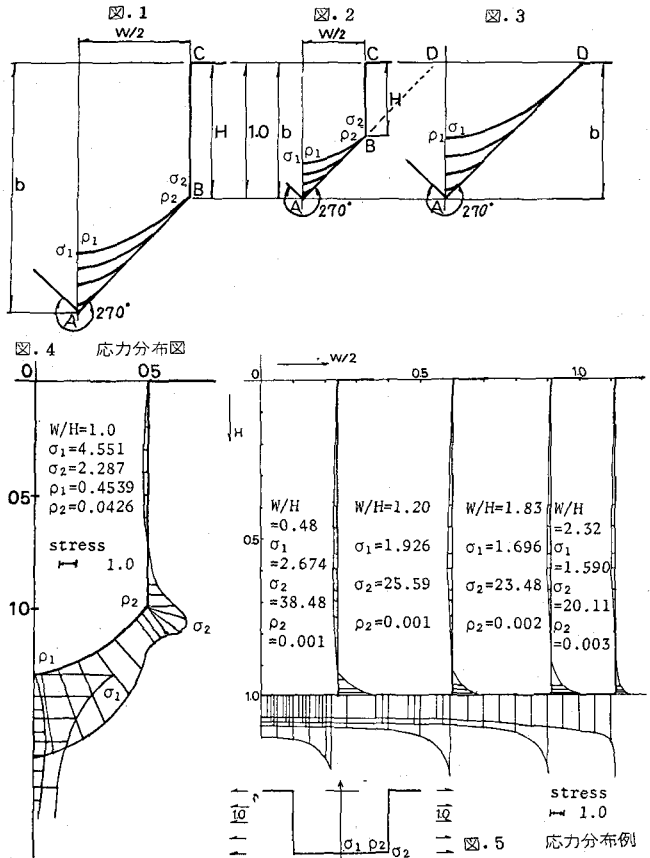


表.1 図.1 図.2 の S. C. F. 及び曲率半径

W/H		0.3					0.5					1.0					1.5				
S.C.F.	σ_1	25.323	13.971	8.122	5.991	24.194	12.749	7.928	4.970	22.540	11.522	8.466	4.041	20.605	11.021	8.071	3.627				
	σ_2	4.328	4.168	4.945	7.697	4.004	3.371	3.806	5.991	1.471	1.783	1.538	3.554	1.441	1.332	1.089	2.853				
曲率半径	ρ_1	0.0088	0.0319	0.1040	0.2029	0.0092	0.0400	0.1165	0.3221	0.0137	0.0638	0.1180	0.5772	0.0197	0.0819	0.1553	0.8328				
	ρ_2	0.0098	0.0129	0.0120	0.0074	0.0066	0.0125	0.0107	0.0094	0.0629	0.0274	0.0603	0.0205	0.0238	0.0404	0.0801	0.0260				
図.2	ρ_1	0.0076	0.0277	0.0899	0.1761	0.0073	0.0318	0.0926	0.2560	0.0090	0.0419	0.0775	0.5792	0.0111	0.0459	0.0782	0.4674				

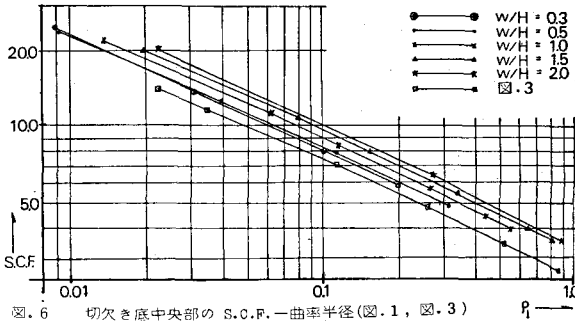


図.6 切欠き底中央部の S.C.F. - 曲率半径 (図.1, 図.3)

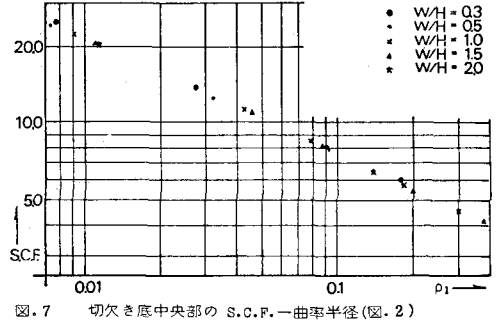


図.7 切欠き底中央部の S.C.F. - 曲率半径 (図.2)

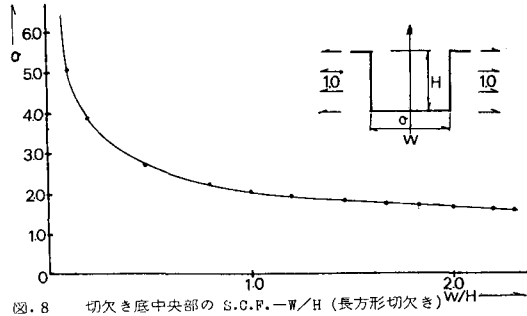


図.8 切欠き底中央部の S.C.F. - W/H (長方形切欠き)

実際に、この m_j 値 (270°) を使用し、真の応力と曲率半径をデータとし最小二乗法を用いて R_j を定めると、式(2)の計算応力と真の応力との誤差は、各点で1%前後におさえられる。しかし W/H の値が小さくなると、B点(図.1参照)の応力集中部の切欠き底中央部に与える影響が大きくなり、応力の order として、切欠き底の隅角部角度だけを採ることはできないと考えられる。次に、図.2の応力-曲率半径を同様に、両対数グラフへプロットすると図.7のように表わされる。これは、式(2)において ρ の代わりに ρ/b と置いたものであるが、 W/H がある値のとき、図.3の形状が表わす曲線(図.4参照)とほとんど一致することがわかる。ここで、図.2, 図.3の形状を比較することにより次のように考えることもできよう。つまり、図.3の三角形切欠きの基本形に、図.2のようにBCD部分を加えた場合、それが存在するための影響は、切欠き底中央部よりある程度離れると比較的小さいと言える。

係数 R_j の要因としては、上述の複数の応力集中部の存在の他、底部の曲線形状が上げられ、それらの間の関係は複雑である。

長方形切欠きの数例の応力分布図は、図.5に示しているが、切欠き底中央部に影響を与える変量として、 W/H が考えられる。図.8は、 $W/H=0$ 間の関係をグラフに表わしたものである。ここで、式(1)の適用を考える。切欠き底中央部の角度は、 180° であるから特性方程式の根は、 $m_j = 0.5j - 0.5$ ($j = 1, 2, \dots$) と求められる。曲率半径は無限大であるので、 $R_j = 0$ ($j \geq 2$) となる必要がある。従って、 $S.C.F. = \sum_{j=1}^{\infty} R_j \rho^{m_j} = R_1$ と表わされ、 W/H の関数を含む R_1 を定めればよいと思われる。

参考文献 1) 長谷部 三角形切欠きおよび突起を有する半無限板の応力解析 土木学会論文報告集 第194号 1971-10