

(丸孔をもつ帯板)

正 前 川 一 郎
学 * 田 村 武 夫

(新潟大 工学部)
(新潟大 大学院)

1. 緒言

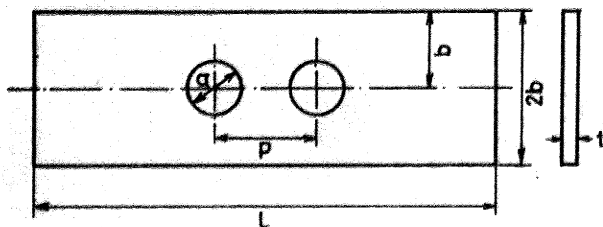
機械や構造物には、多かれ少なかれ衝撃荷重が作用する。そこで破損や破壊を防ぐには切欠き部の動的応力集中効果に対する知見が必要になる。そのため従来から光弾性法⁽¹⁾や抵抗線ひずみゲージ法⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾による動的応力集中に関する研究が数多く行なわれており、理論的にも無限板に片形介在物を有する場合等の解析が行なわれて来た⁽⁵⁾。しかしながら有限体においては、反射波の重なりが複雑に作用しこの種の問題の解明を非常に困難にしている。そこで本研究では、従来、多く扱われている内部切欠きについて特にここでは丸孔を有する帯板に対して動的応力集中の干渉のありさまを明らかにしたいと考えた。そのため高分子材料の比較的大型試験片を用い、ストレインゲージ法で実験的に動的ひずみ集中係数 α_D を計測すると共に静的な値と比較検討した。

2. 試験片の準備

衝撃力による応力波は、固体内を高速で伝播するため一般に実験を困難にする。そこで弾性波伝播速度の違い材料によって実験を行なうことは動的応力集中の挙動を明らかにする上で有効な方法の一つになると考えた。そこで本研究では前報⁽⁴⁾と同様に帯板の塩化ビニール板を用いることとし、図1にその試験片の形状・寸法を示した。本研究の範囲においては、細い丸棒に適用される弾性波の一次元伝播を仮定して得られたひずみと伝播速度は、実験値より小さい。このことから試験片の板厚に比較し(板幅が大きい)水でも平面応力状態と平面ひずみ状態の中間状態にあると考えられる。このため本実験では動的ひずみ集中についてその干渉効果も明らかにした。試験片の製作及びゲージについては前報⁽⁴⁾と同様であるのでここでは省略する。

3. 実験装置

図2に実験装置の概略を示した。前報⁽⁴⁾と同様に振り子式鋼板によって試験片の一端に面衝撃を与える。試験片は曲げを防ぐためにゴムの丸棒によって側面をゆわく支持した。ひずみ波形はメモリスクリオスコープを利用して記録し、合せて検討を行なった。



	L	2b	t	a	p	E kg/cm ²	ρ kg/cm ³
塩化ビニール板	900	300	5	30~80	0~120	$4.06 \cdot 10^8$	$1.42 \cdot 10^3$

図1 試験片の形状・寸法

4. 実験結果と考察

図3に波形の代表例を示す。(a)は平滑試験片におけるひずみ波形を示したもので簡単な弾性波の一次元伝播モデルから考察されるように立ち上がりにおいて最大ひずみとなったのが減少するパルス波となっている。パルス幅は約500 μ secになっている

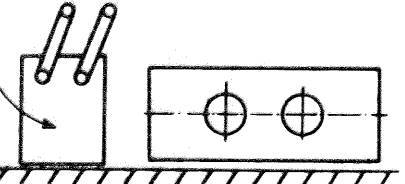


図2 実験装置

(b)は孔径を一定に保ったまま、切欠き間距離Pを変化させた場合の波形である。(A)は衝撃端面に近い第一切欠きに対する波形。(B)は第二切欠きに対する波形である。圧縮ひずみ値は縦に並んだ2円孔試験片においては第一切欠きの方が大きくなっている。波形はいずれも似た形であるが平滑の場合とは異なって弾性波が切欠きを通過した後、自由端までを往復する間に側面からの反射波によってひずみ値が大きくなっていることがわかる。(c)は入射方向に対し垂直に2円孔が存在する場合1円孔線上で時計回り方向の角度の点について、波形を示したものである。 $\theta=90^\circ$ の位置においてひずみ値が最大を示し、 θ の減少と共にひずみ値が減少していき $\theta=40^\circ$ 附近において平滑の場合のひずみ値に近くなり $\theta=0^\circ$ においては圧縮ひずみ値は平滑の場合の $1/2$ 程度になっている。しかしながら最大ひずみ値は、引張りひずみで圧縮ひずみの1.4倍になっている。

以上の結果から、平滑試験片の最大圧縮ひずみを公称ひずみと考えて各切欠き底における最大圧縮ひずみ値を除いて動的ひずみ集中係数 α_b を求めた。図4は単円孔において α_b による α_b の変化を示したもので円孔が大きくなるに従って α_b が大きくなっていることがわかる。これは側面からの反射波の重なりによるものと考えられる。図5は

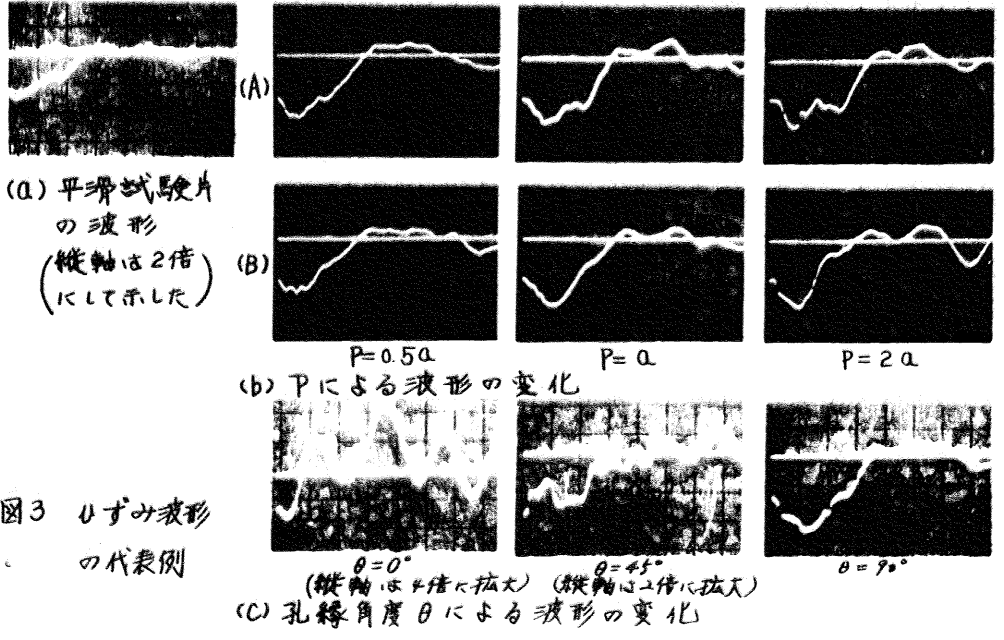


図3 ひずみ波形の代表例

縦に並んだ2円孔試験片において切欠き間距離 P を変化した場合の結果である。 $P=0.5$ 付近において α_0 の低下がみられ最も干涉効果が大きいことがわかる。第一・第二切欠きの α_0 は単一切欠きに比ぶ、それぞれ7.17%の低下を示している。これは切欠きが近づいた場合には楕円孔のような切欠きとして作用したものと考えられる。第二切欠きの α_0 が低くなったことは少なからず第一切欠きの Shadow-zone の影響を受けた結果と考えられる。 P がさらに大きくなると第一切欠きと第二切欠きの差はほとんどなくなり単一切欠きの値に近づく。この傾向は静的応力集中係数 α_s の場合よりも顕著である。この点を除けば、動的・静的共に P/b に対する α_0 の変化は類似しており動的の方が静的な値よりも約16%大きくなっている。図6は単円孔を板幅方向に偏心させた場合の偏心率 e/b (e は円孔中心と板の中心軸との距離) に対する α_0 の変化を示したものである。偏心率が大きくなるに従って α_0 はゆるやかに上昇している。 α_0 と α_s の値を比較してみると本研究の範囲内では α_0 の方が約15%大きくなっていて、 e/b の増加と共に α_0 と α_s の差が大きくなっていくことがわかる。これは弾性波が自由端までを往復する間に $e/b=0.5$ の試験片では円孔による反射波が側面との間を十数回往復すること起因すると考えられる。図7は単円孔に対して α_0 の分布を示したものである。その最大値は入射波の進行方向に対して垂直な $\theta = \pi/2$ 付近に生じ、その値は約3.20である。図8は縦に並んだ2円孔試験片 ($P=2a$) において第一円孔に対する α_0 の分布を示したものである。単円孔の場合と比較してその相違点は $\theta=0$ において単円孔の場合の

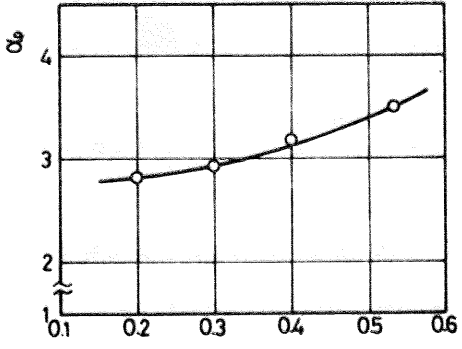


図4 α_0 の P/b による変化

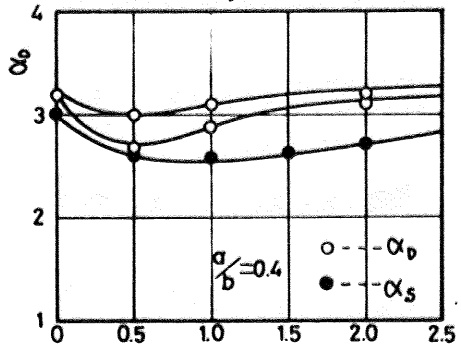


図5 α_0 の P/b による変化

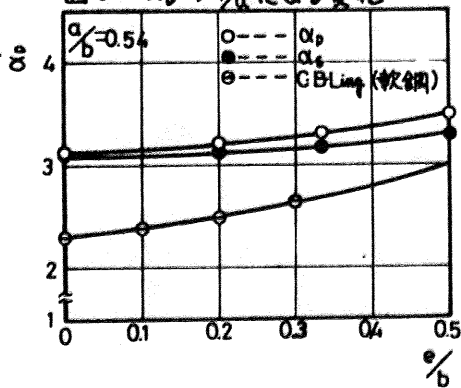


図6 α_0 の e/b による変化

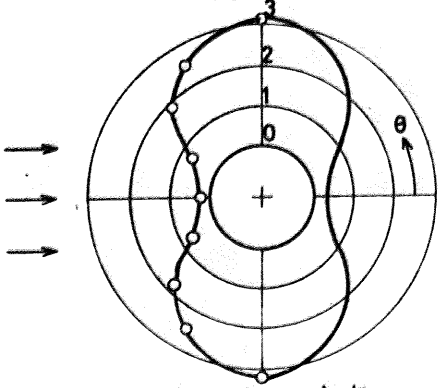


図7 単円孔の α_0 の分布

6倍の α_0 を示している。これは第二円孔からの反射波の影響も強く受けたためと考えられる。第二円孔に対する α_0 の分布は第一円孔とは逆に $\theta = \pi$ で α_0 が大きくなるが全体的には若干第一円孔よりも小さな値を示すと考えられる。図1は入射方向に垂直に2円孔が存在する場合、対称性から1円孔についてのみ θ による α_0 の分布を示した。比較のために単円孔における分布を点線により示した。最大値は $\theta = \frac{\pi}{2}$ において3.92となり、単円孔の場合の22%増となった。 $\theta = \frac{\pi}{2}$ と $\theta = \frac{3\pi}{2}$ を比較すると側面側の方が10%大きくなっている。このことは円孔と直線縁の干渉効果よりも円孔間の干渉効果の方が大きかったことを示している。

5. 結言

2円孔切欠きを有する塩化ビニール試験片を用いて、衝撃圧縮荷重を与え、丸孔をその帯板に対し動的ひずみ集中係数 α_0 を定義し干渉のありさまを切欠きのパラメータによって明らかにした。

- 1) 単円孔の場合、一定板幅に対して円孔が大きくなると α_0 値は大きくなる。
- 2) 縦に並んだ2円孔切欠きの場合、切欠き間距離が非常に近いとき干渉により α_0 値は低下するが、さらに切欠き間距離が増すと次第に単一切欠きの値に近づく。
- 3) 偏心率が大きくなるに従って α_0 値は軟鋼の場合よりも、ゆるやかに上昇し、それに対応する静的応力集中係数 α_0 よりも大きい。
- 4) 波の入射方向に垂直に並んだ2円孔切欠きにおいては側面側においてひずみ値が最大となり円孔側は、両円孔間の相互干渉のため α_0 値は側面側より小さい。

以上の結果高歪現象の解明には適当な試験材料の選定は効果があることがわかる。

参考文献

- (1) W.P.T. Rosell and C.E. Taylor *Experimental Mechanics* 21-337 (1966) 193
- (2) 松本 非破壊検査, 18, 343 (1969) (5) 前川, 茶川, 機構論 750-11 (昭50-10) 65
- (3) 茶谷, 材料, 21, 226 (1971)
- (4) 前川, 田村, 日本機械学会講演論文集, No. 760-1 (昭51-4) 187

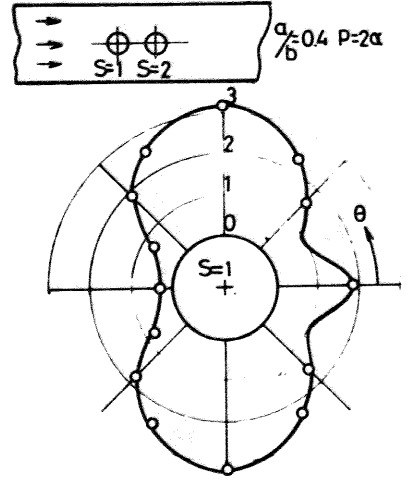


図8 2円孔の α_0 の分布

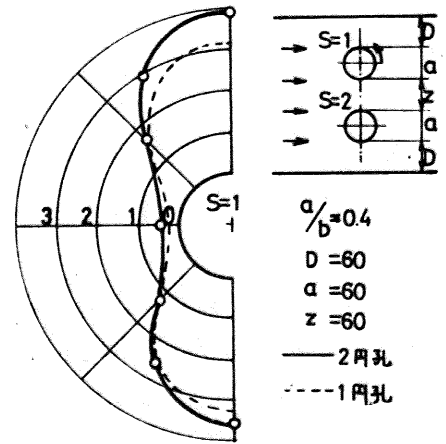


図9 2円孔の α_0 の分布