

測定圧のはさみゲージにおよぼす 影響について (第2報)

中島 繁・是枝賢一・南 満雄

(受理 昭和41年5月31日)

INFLUENCES OF MEASURING PRESSURE UPON SNAP GAUGES (Report 2)

Shigeru NAKAJIMA, Kenichi KOREEDA,
Mitsuo MINAMI

The behavior of the plain snap gauge of Epoxy Resin under the tension load are studied qualitatively by photoelastic showing the fringe order, the isochromatic lines and the isoclinics. As the results, the distribution curves of the fringe order are greatly influenced by the length, the width and the shape of the gauge arm.

Some singular points are observed in an U notch type, and double notch type has one more singular point compare with a single notch type.

The expanse of several types in practical materials under the tension load are measured by strain meter and micrometer.

As the results the authors find that U notch type has minimum value in testing pieces.

1. 緒 言

板形はさみゲージで丸軸を検査するとき、測定圧によるくさび作用でゲージ口元が拡がり、作動寸法が固有寸法より大きくなつて測定誤差の要因となることはすでに知られている。

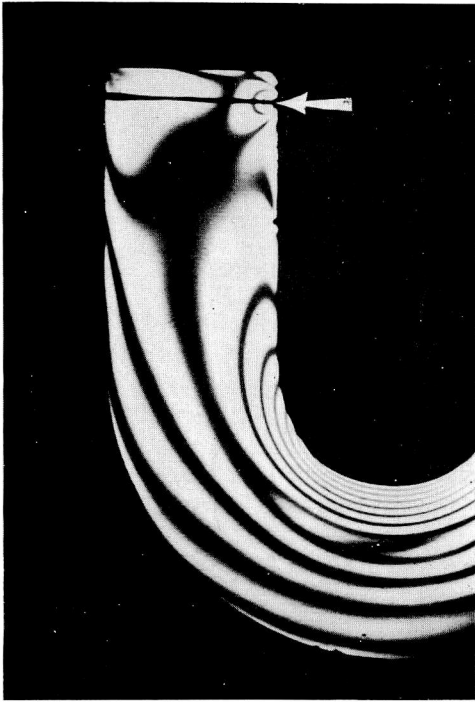
著者らは、前報¹⁾ではさみゲージ腕の幅や長さ、また切欠き形状、寸法などを種々変えて、これがその拡がり度や拡がり量におよぼす影響についてしらべ最も実用的な測定精度の高いはさみゲージのありかたについて検討を加えてきた。また片口型はさみゲージの周縁のみならず、内部におけるひずみ状態や主応力決定の図式解法への足がかりとして数種のゲージ模型を試作し光弾性実験を行ない、その結果を一部発表した²⁾。

はさみゲージ口元の拡がり量を理論的に算出するには、ゲージ形状の複雑性と応力集中率、中立軸、さらに材質やゲージ面付近の焼入れが微小変位に影響するなどの関連した問題が多く、非常に困難である。したがつて、これらを定性的に明らかにするため呼び寸法50mmの片口型はさみゲージで現用されている型と、その切欠き形状を変えたものなどの実物と模型について実験を試みたので、それらの結果をあわせて報告する。

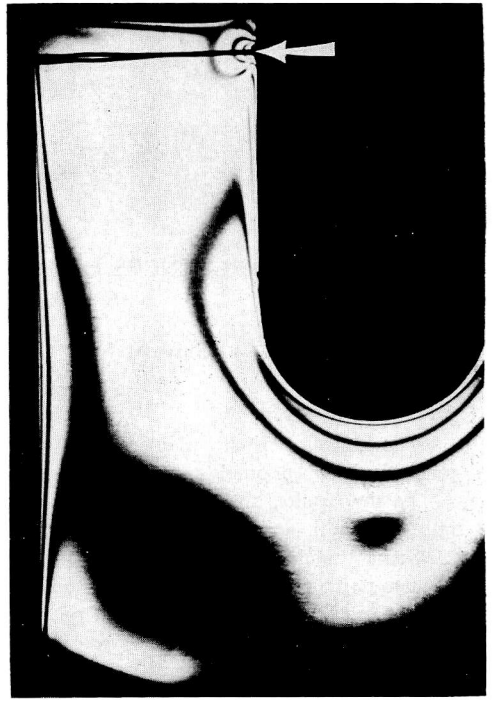
2. 実験方法

実験に用いたものは厚さ6mmのエポキシ樹脂板の模型で、実物との応力の相似を保つために各ゲージ模型の形状、寸法は前報告³⁾の場合と全く同一に決めて比較検討しやすいようにした。

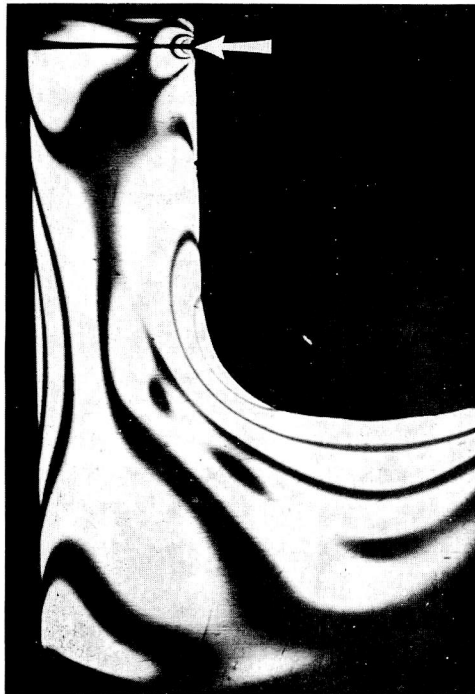
模型は、ゲージ記号M_AからM_Iまで9種類の形状のものを選びだした。M_Aは腕幅30mmの一樣なU型曲りはり形状のもので、M_CからM_GまではM_Cを基準にM_D、M_Eは腕の幅を、M_F、M_Gは腕の長さをそれぞれ10mmづつ変えたものである。M_H、M_Iは呼び寸法50mmの片口型はさみゲージを型どつたものである。M_Hはゲージ測定面の逃げとなつている二重切欠き曲線部分を直線状のものとして剛性を高くし、口元の拡がり量を最少限度におさえることを目的として試作したものである。M_Iは現用のゲージに最も近いものである。模型の仕上精度は予定寸法の1%程度の誤差にとどまつている。実際のはさみゲージにおいては、特に止り側において検査する場合、切欠き深部まで荷重作用点の下ることになるが、本実験では荷重点の影響による応力分布状態の複雑さをさけ、また測定に安定性をもたせるために口元から5mmの位置を荷重作用点とした。荷重装置は針金で引張り、等色線を求める



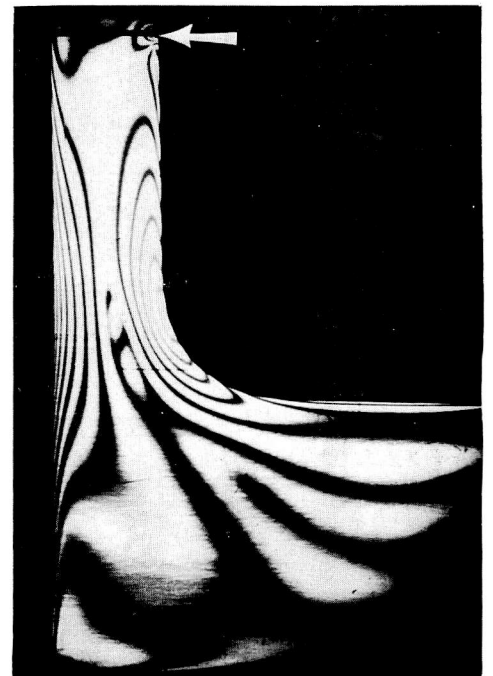
第1図 M_A



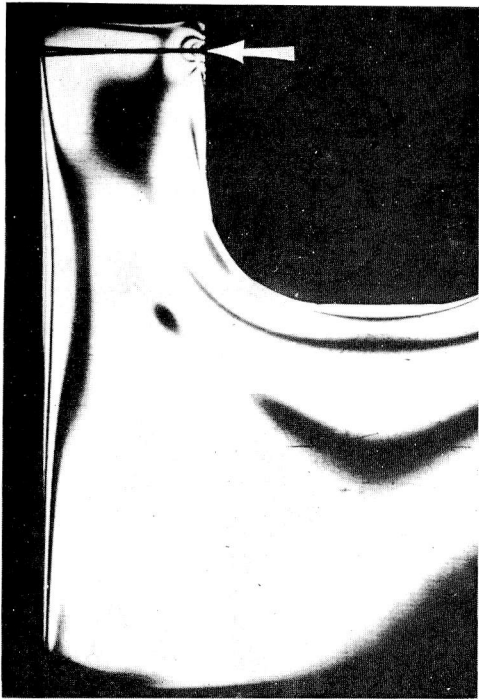
第3図 M_D



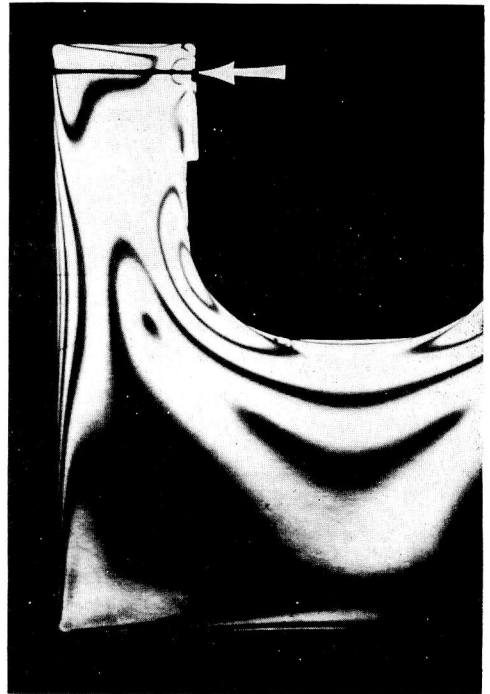
第2図 M_C



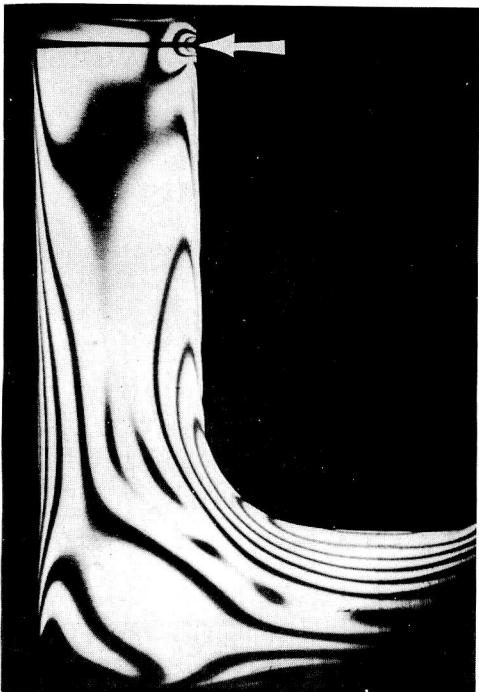
第4図 M_E



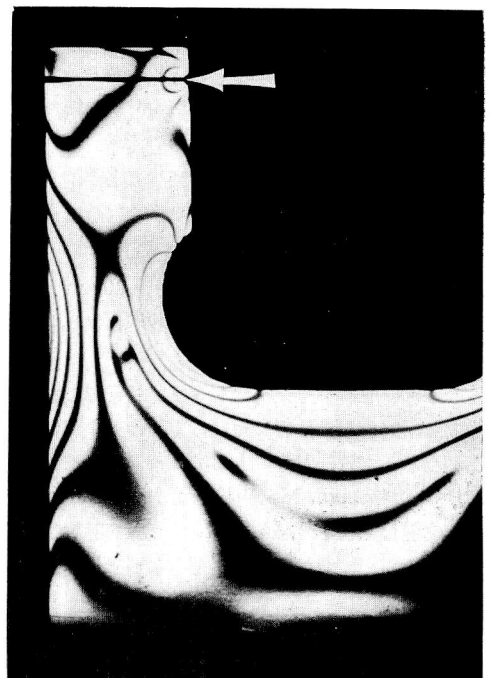
第5図 M_F



第7図 M_H



第6図 M_G



第8図 M_I

ときは重錘 5 kg まで数段階に分けて静荷重を加えた。このときの実際の作用点の引張荷重は最大 18 kg 程度となる。はさみゲージの測定圧はゲージ自重と測定面の摩擦係数によつてきまり、通常横押力(引張荷重)は最大 10 kg 程度で拡がり量は 2 μ 前後である。したがつて本実験ではエポキシ樹脂模型がはさみゲージ使用状態に該当する引張荷重は 1 kg 以下と推定される。しかし模型の初応力や縁応力の影響をのぞくため必要以上に上記荷重量まで測定した。

等傾線を求める場合は、等色線に使用した同一模型に軽荷重(約 2 kg)を加え、偏光子角度 θ を 0° から 90° まで 5° おきに加えて、各角度における等傾線を測定した。

3. 実験結果および考察

第1図から第8図までは、模型 M_A から M_I までの光弾性しま模様の写真である。いずれも引張荷重を増すとしま次数は増加し集中型を示すので、次数を読み誤ることはない。写真は M_A が 9.2 kg であとは 10.4 kg の引張荷重を加えたときのしま模様を示し、左右対称であるから片側のゲージ腕の部分付近ははぶいてある。

第1図 M_A では、中立軸の中心は腕幅 30 mm のゲージの幾何学中心から約 4 mm 内側にあることが実測された。これは太い U 型の曲りはりとして理論計算した結果とくらべれば、多少差異が認められたが詳細についてはなお検討の余地があるものと思われる。

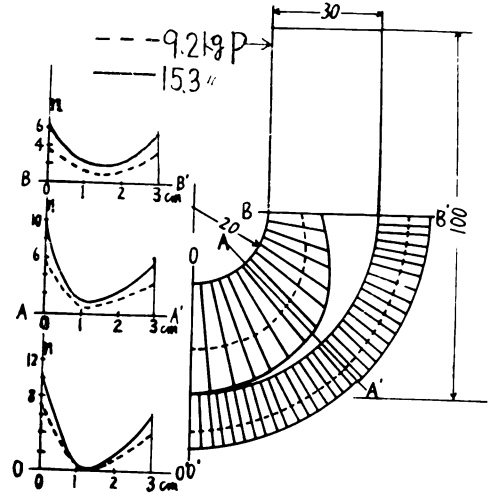
第2図 M_C の模型からは、いずれも外周の隅角部の影響でしま模様が M_A とかなり異つてくる。上下の隅角部はしま次数が零となることは当然であるが、内部で零次の特異点をもつ中立軸付近の様相は特に注目される。

第3図 M_D はゲージ腕幅が M_C よりも 10 mm 広い場合で、しま次数は少なく、一次の領域がかなり拡がっている。

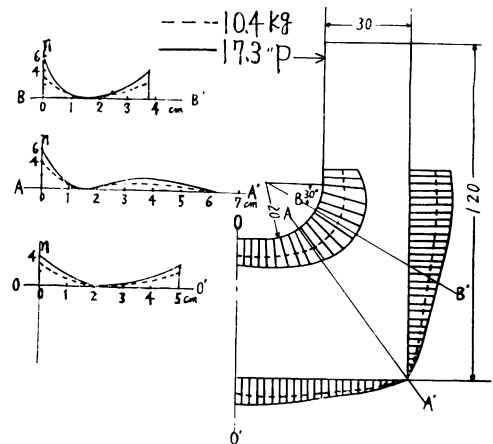
第4図 M_E は逆にゲージ腕幅がせまい場合でしま次数は増加し、腕の根元付近における応力の集中が大きいたうかがえる。対称軸上零次の特異点は切欠き底部より M_C が 22 mm, M_D が 20 mm, M_E は 26 mm のところに位置している。第5図 M_F はゲージ腰部が高く腕長さが短くなつた場合で模型のなかで最もしま次数の低い値を示し、一次までの領域が大半を占めている。

第6図 M_G になると内外周および各断面は比較的高いしま次数を示し、 M_E と同様実際のゲージにおいて

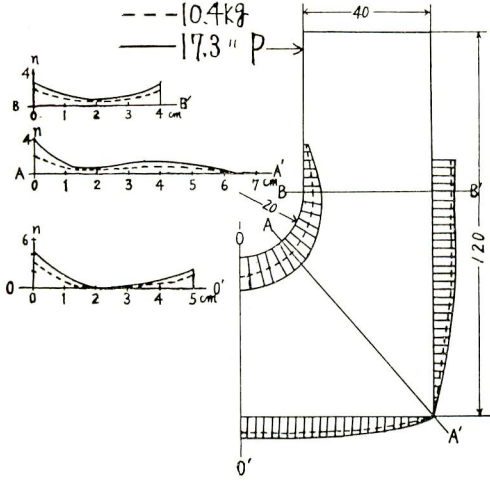
も拡がり量がかかなり大きくなることが推察される。第7図 M_H は現在実用されている第8図 M_I 型呼び寸法 50 mm のものの二重切欠き部をのぞき、腕長さはゲージ測定面最深部まで被測定軸がはまり込んだときを考慮してきめてあり、 M_I より 7 mm 短くなつている。両者を比較すると明らかに M_H はしま次数は少なく、二重切欠きをはぶいた効果があらわれている。引張荷重 15.3 kg (M_A), 17.3 kg (M_C 以下) についても実験を試み、しま写真から各模型の内外周辺部、および対称軸 OO' 、切欠き部最大応力の生ずる点の3断面について、横軸に切欠き内周側からの距離をとり、たて軸にしま次数 (n) の分布曲線を描いたのが第9図より第16図までである。



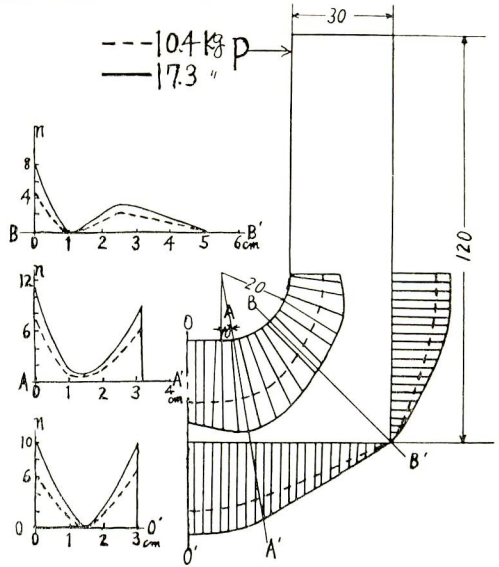
第9図 M_A : しま次数分布曲線



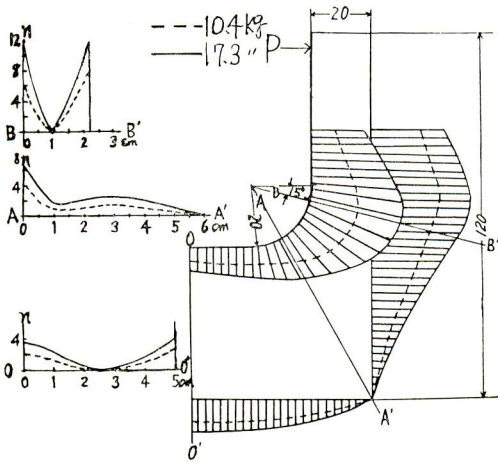
第10図 M_C : しま次数分布曲線



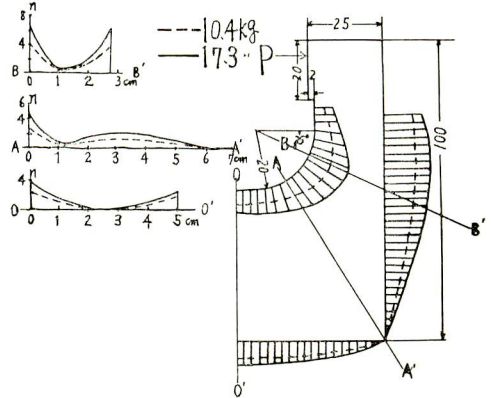
第11図 M_D ：しま次数分布曲線



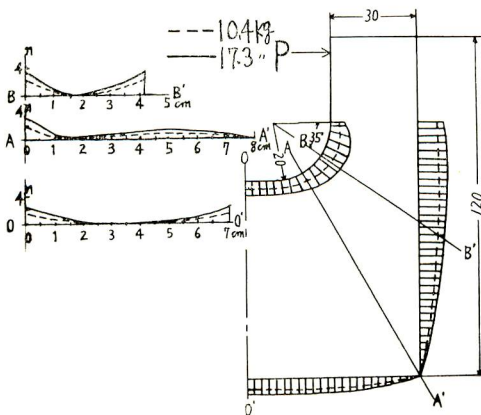
第14図 M_G ：しま次数分布曲線



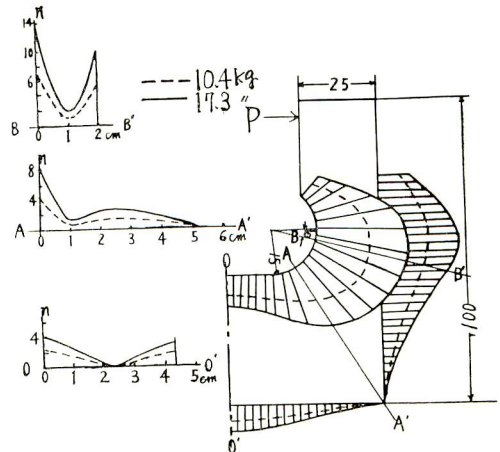
第12図 M_E ：しま次数分布曲線



第15図 M_H ：しま次数分布曲線



第13図 M_F ：しま次数分布曲線



第16図 M_I ：しま次数分布曲線

まづ M_A は、外周近傍では比較的一様な応力分布状態を示すものと考えられるが、切欠き内部側では応力が予想以上に集中し、口元に近くなると荷重作用点の影響で応力分布状態が異ってくる。したがってゲージ口元の測定圧による拡がり量を理論的に算出するにはこれらのことを考慮しなければならないことがわかる。他の模型についても口元周辺の分布曲線は、はぶいてあるがしま次数分布状態は、概して M_E, M_G, M_I が多く、ついで M_C, M_H が少なくなり M_D, M_F が最も少ないしま次数を示すようである。

次に最大応力の働く断面についてしらべてみると、 M_E, M_I は切欠き直線線（曲率半径中心を通つて OO' と直角な線）から $15^\circ, M_H$ で $25^\circ, M_C$ は $30^\circ, M_F$ は 35° 、ゲージ腕根元側にあり、 M_G になると対称軸にずつと接近したところにあり、 M_D, M_A になると全く対称軸上に生じている。これらの傾向からして、切欠き形状が半円形に近くなるにつれて、またゲージ腰部が低くなるほど最大応力断面は対称軸上に接近してくることが推察される。 M_I では二重切欠き部の最少断面付近に働く応力は他に比して著しく大である。呼び寸法 50mm までのはさみゲージにおいては、この種 M_I 型がよく使われており、二重切欠きの理由としてゲージ面（測定面）の精密仕上げ作業が容易であり、また実際に検査物をはさんだときそれが離脱しやすいように二重切欠き部をもうけて逃げ面を作つてあるためと推察される。しかしこの種形状が測定圧による拡がり量に最も大きく影響をおよぼすことが、今回の実験によつてもさらに確認された。したがつて口元の拡がりを少なくするための有効な手段として外形寸法一定の場合には、二重切欠き部をのぞき、 M_H のごときU型の一重切欠き形状にすることが望ましく、逃げ面はゲージ面より 2mm 引込めればよいと考えられる。そうすればしま次数は約半分以上減少し、応力集中も軽減されて、拡がり量も当然少なくなることは明らかである。

第 1 表

口元からの距離	ゲージ	拡がり度 $a_s(\mu/kg)$		
		G_A	G_H	G_I
2.5 mm		2.19	1.10	1.90
12.5 mm		1.69	0.83	1.39
22.5 mm		1.12	0.62	0.87

第 1 表に模型と同一形状をした実用ゲージの a_s (拡がり度) ただし板厚は 6 mm, 第 2 表にゲージ重量と

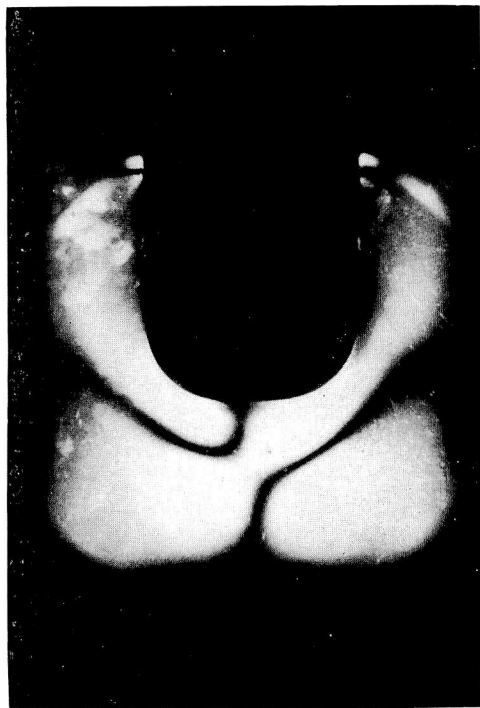
第 2 表 $f=0.175$

	G_A	G_H	G_I
ゲージ重量 (g)	302	342	332
拡がり量 $A_W(\mu)$	1.88	1.00	1.81

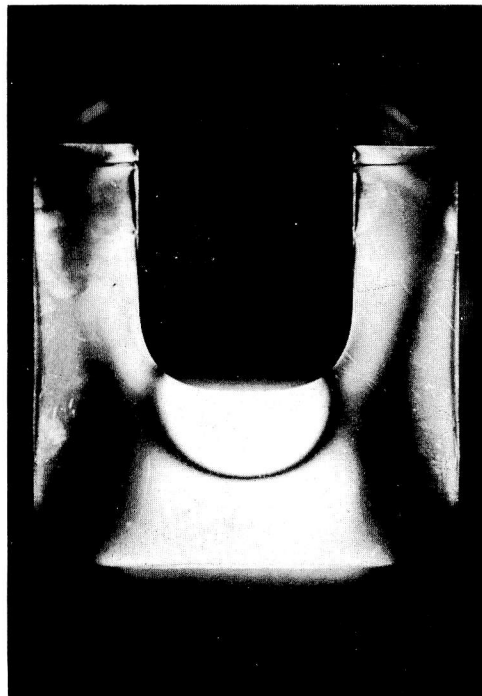
A_W (口元における拡がり量) の測定結果を示す。実験装置、方法などは前報告⁴⁾と同一条件で行なつたものである。第 2 表で示すごとく G_H の A_W は 1μ で現在まで著者らの行なつた実験範囲内では最少値を示し、ほぼ目的を達していると考えられる。

第17図から第19図までは、等傾線の写真の一部を示したものである。 M_C, M_H, M_I のいずれの模型も偏光子角度 θ が 30° と 60° のときの等傾線は、お互いに図を裏返した逆の関係にあり、 45° では模型の対称軸を中心に左右対称に画かれている。一般に θ を 0° から $5^\circ, 10^\circ$ と増すにしたがつて黒線の位置は連続的に移動してゆくが、通常黒線の幅は比較的広く出るため識別しにくい欠点がある。したがつて黒線の最も暗い箇所をたどり θ を 90° まで二三回、回転して得た結果を整理すると比較的明瞭に等傾線図が引けてくる。

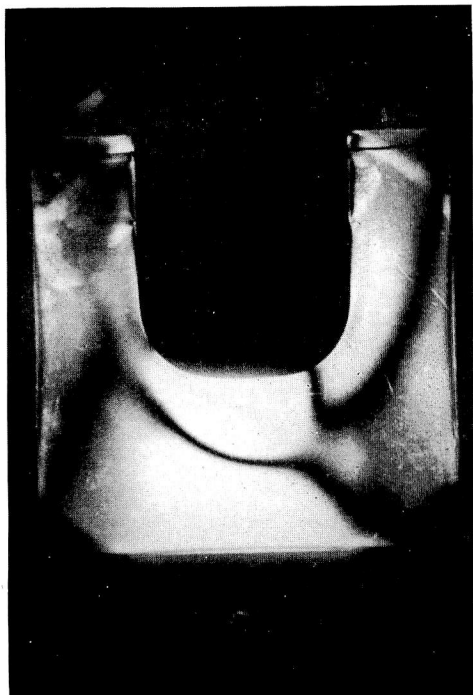
理論的な応力解析を試みるため、模型 M_A, M_C, M_H, M_I についてそれぞれ等傾線図を画いたのが第20図から第23図までである。偏光子回転方向は反時計回りで 10° おきに 90° まで回転したときの線図が画いてある。 M_A は比較的整つた様相を示し、対称軸上の零点をいずれの角度においても通過している。ただ口元付近は他の模型同様、荷重作用点の影響が明瞭である。内外周とも円形の試験片の口元に圧縮および引張荷重を加えた場合の等傾線を Frocht⁵⁾、奥田⁶⁾ はすでに明らかにしているが、U形状でもその線図は非常に類似したものととなっている。 M_C と M_H は、形状が似かよつているため等傾線図もほとんど類似した傾向を示し、いずれも外周隅角部に等傾線は集中し、特異点は3ヶ所に生じている。 M_I になると少しその状態は異なり、外周下部隅角部の等傾線は、サイクル状に画かれ対称軸上、底部に M_C, M_H よりもさらにもう1個の特異点を形成していることは注目される。 M_C, M_H, M_I とも切欠き曲線部周辺の等傾線は狭い面積のなかで相当複雑な変化をみせるため、その動きを追跡するのは相当困難であるが、等色線および特異点の近傍における幅射線の性質から階次数を類推すれば、概してその方向は妥当のようである。



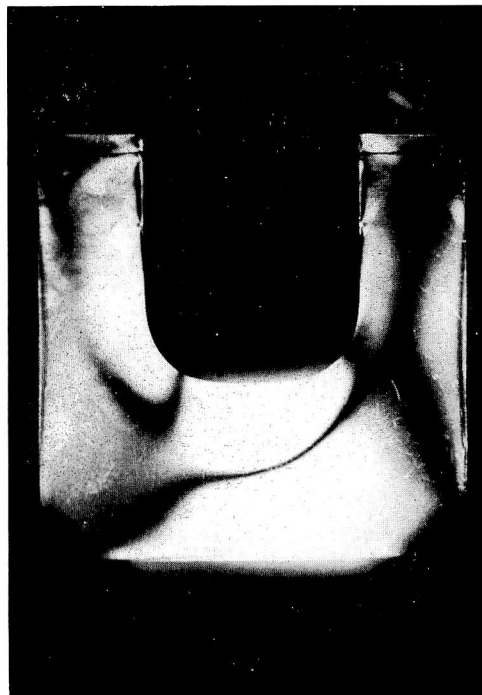
第17図 (a) $\theta=0^\circ$



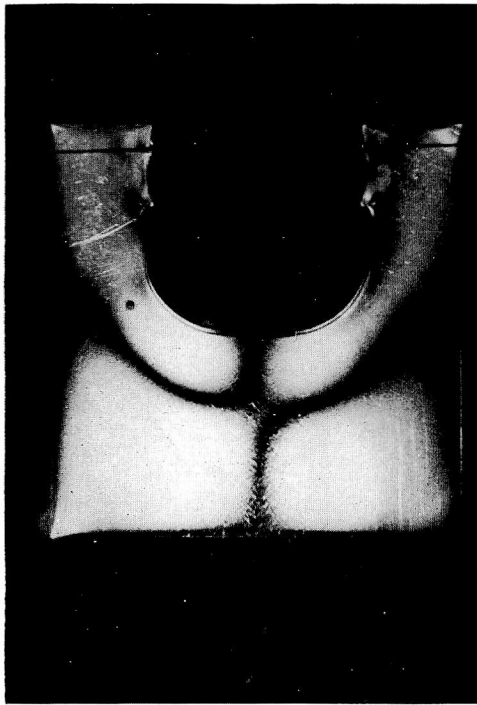
第17図 (c) $\theta=45^\circ$



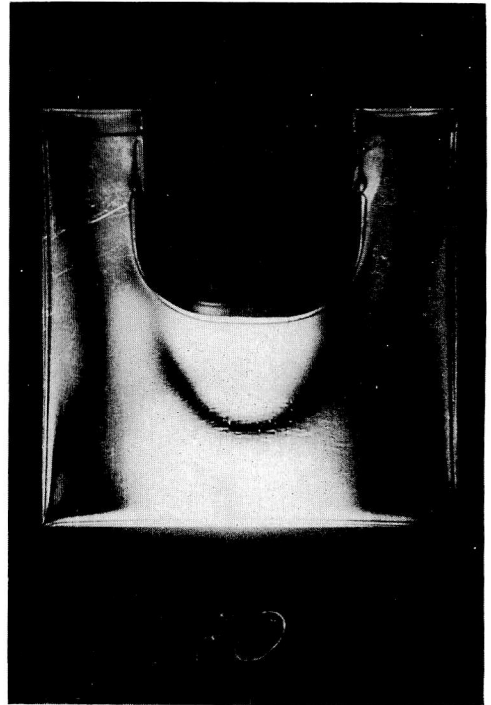
第17図 (b) $\theta=30^\circ$



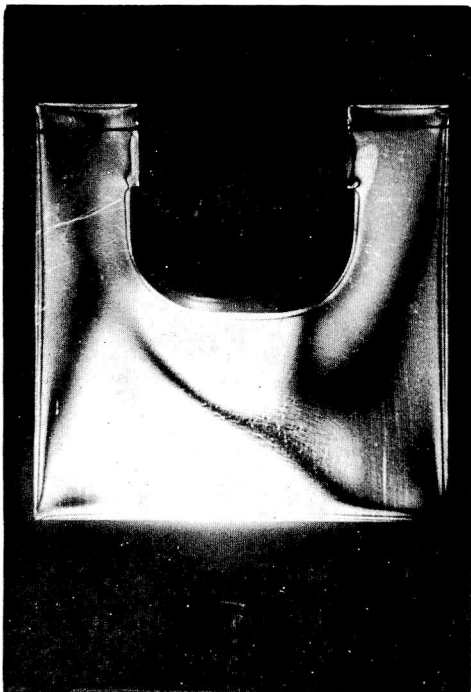
第17図 (d) $\theta=60^\circ$



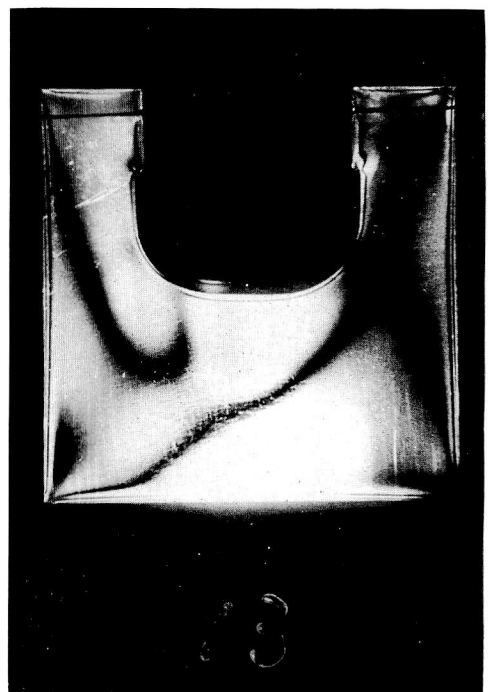
第18図 (a) $\theta=0^\circ$



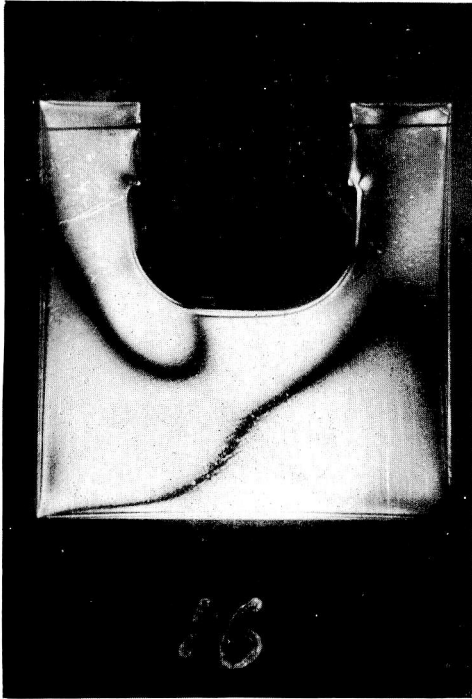
第18図 (c) $\theta=45^\circ$



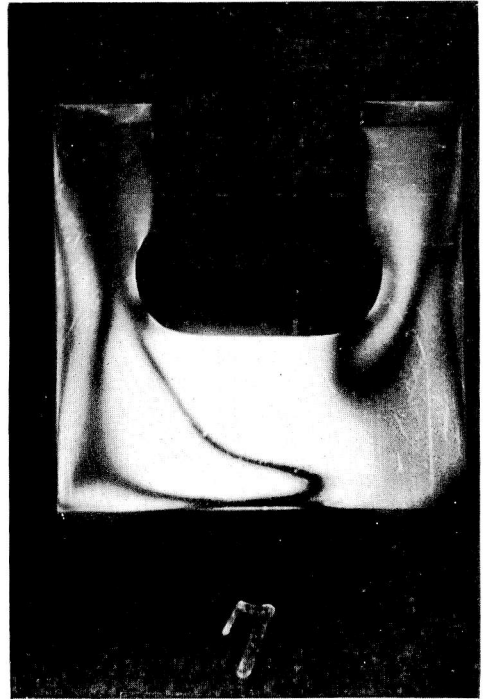
第18図 (b) $\theta=30^\circ$



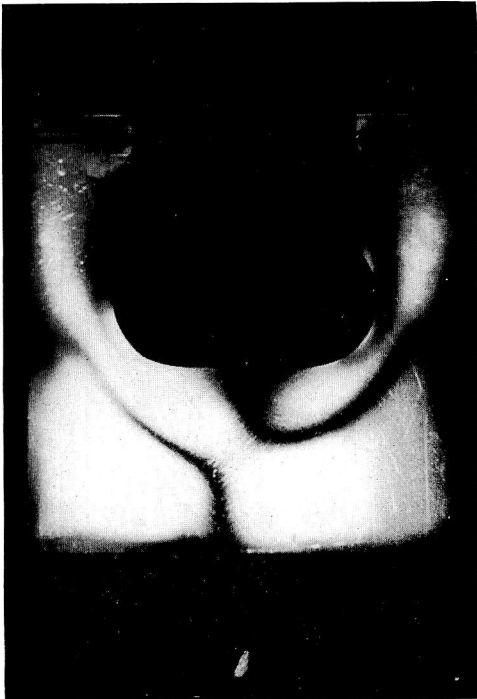
第18図 (d) $\theta=60^\circ$



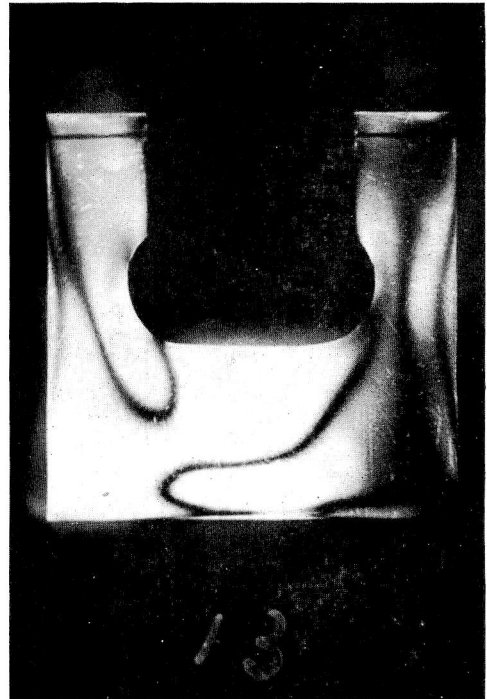
第18図 (e) $\theta=75^\circ$



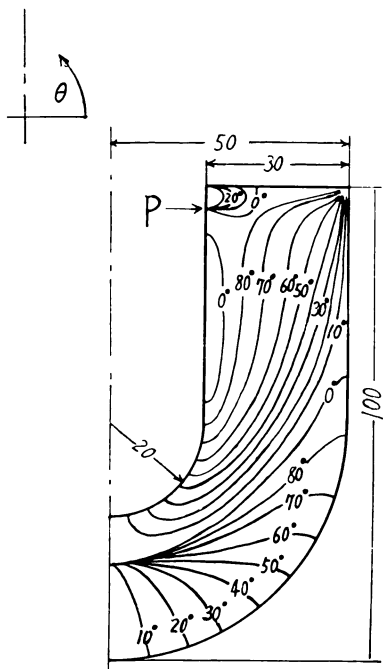
第19図 (b) $\theta=30^\circ$



第19図 (a) $\theta=0^\circ$

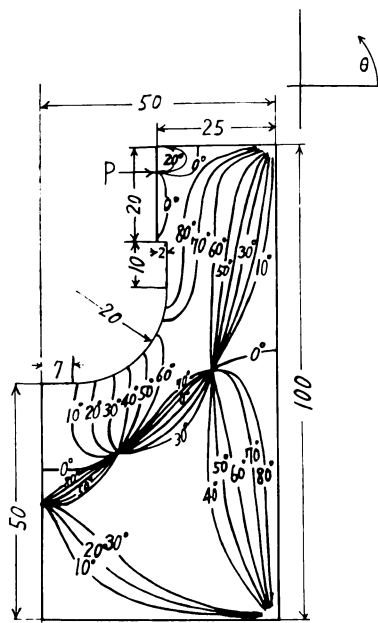


第19図 (c) $\theta=60^\circ$



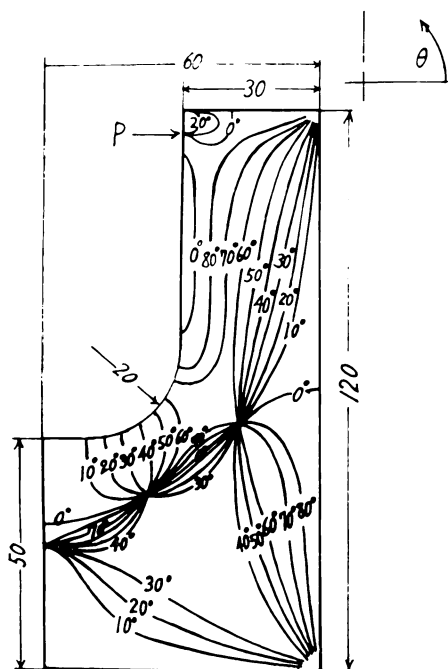
MA: 等傾線図

第 20 図



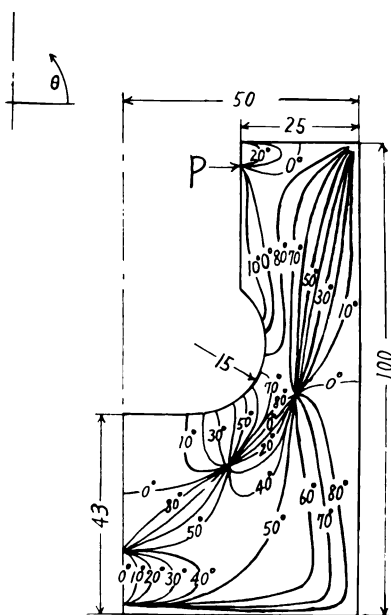
MH: 等傾線図

第 22 図



Mc: 等傾線図

第 21 図



Ml: 等傾線図

第 23 図

4. 結 論

板型片口はさみゲージについて、測定圧による拡がり量およびその模型の光弾性実験に関する研究結果を要約すれば次の通りである。

1) 実用的な面を考慮した場合、ゲージ内周の切欠き部はU型形状のものが最もよく 1.0μ の拡がり量を示し、これは当該ゲージ製作公差以内の値で、剛性度の高いゲージが得られ、充分その目的は達したものと考えられる。

2) 従来の二重切欠き形状のものは、その部分の応力集中が大きく、拡がり量も大きいのでゲージとしてこのましくない。

3) 等色線、等傾線図によれば、特異点は数個あらわれ、二重切欠き形状のものは、U型のものよりも対

称軸上にさらに1個多くの特異点を有し、相当複雑な内部応力の分布状態を示すことがわかった。

光弾性による定性的な解析のみで、応力線図を画き拡がり量の数値算出する定量的解析にまで到らなかつたが、将来理論と実際を対照しつつ、それが実用上最適な形状寸法のものを見出したい。

文 献

- 1) 中島・是枝：測定圧のはさみゲージに及ぼす影響について、鹿児島大学工学部研究報告。5(昭40・9), 51.
- 2) 中島・是枝：測定圧のはさみゲージに及ぼす影響について、精機学会広島講演前刷。(昭40・10), 49.
- 3) 1)に同じ
- 4) MAX MARK FROCHT: Photoelasticity, 212.
- 5) 奥田：二次元弾性問題に於ける特異点、造船協会会報。第56号, 65.