

変断面単純ゲタの光弾性実験による応力分布について

正員 室蘭工業大学 中村 作 太 郎
○正員 同 番 匠 勲

1. 緒 言

変断面単純ゲタ橋は、等断面単純ゲタ橋に比べ力学的経済性においてかなり有利であるように思われるが、これを模型実験による応力分布より十分に吟味実証した研究は少ないようである。特にフックの法則が成立する範囲内の荷重による応力分布の問題に関しては、光弾性実験によって吟味検討するのが最も効果的であると思われるが、この方面の実験は従来あまり行なわれていない。

そこで著者は図-3に示すような、支間と中央断面の高さの比 $h/l \div 0.1$ 程度の短形断面よりなる標準形の単純ゲタ橋の主ゲタ寸法に相似形をなすエポキシ樹脂の試験片5種を作製し理研製標準型光弾性実験装置を用いて、応力度分布に関する研究を行なった。すなわち、フックの法則の成立する範囲内で、ゲタの中央点に集中荷重 $P=10.0\text{ kg}$, 15.0 kg を載荷し、等色線縮写真を撮影し、さらに $P=2.0\text{ kg}$ の場合の等傾線を求め、それらを用いて、中央点付近ならびに支間の1/4点における断面応力度をセン断応力差積分法によって解析し、各試験片相互の応力度分布を比較検討し、その最も有利な変断面の切かき形状を見出そうとした。また単純ゲタの初等理論ならびに初等理論と二次元応力度の合成組合わせ理論によって求めた計算値とこれらの実験解析結果を比較吟味し、標準型 ($h/l \div 0.1$) の変断面単純ゲタの応力度分布に関する正しい現象を追求し、従来の理論を検討するとともに、より正確な理論の探求に資せんとするものである。

II. 理 論 計 算

ゲタ高の変化する短形ゲタの中で、部分的切かきを有するゲタの応力分布については、種々研究が行なわれているが、一般理論上明確なものはないようである。 x 軸の片側に出張りを有する帯板が無縁遠で引張りを受ける問題として、Schwarz-christoffel の等角写像を用いて単位円に写像し、写像関数を Taylor 級数にて表示して解く、野村氏¹⁾の方法などがあるが、 x 軸の片側に出張りを有する矩形ゲタが曲げを受ける場合の理論はそう簡単ではない。従って本研究における実験値と理論計算値の比較には、M. M. Frocht 氏²⁾の理論を用いた。この理論は単純支持の矩形

ゲタにおいて、それが集中荷重を載荷された場合の応力分布を、単純曲げを受けたときの初等理論に、矩形ゲタが半無限板の一部であるとして、ゲタの中央部分において集中荷重の作用点から出る放射状の応力を付加することによって、その解を見い出そうというものである。図-1に示すように、 L ; 支間長、 h ; ゲタの高さ、とすれば

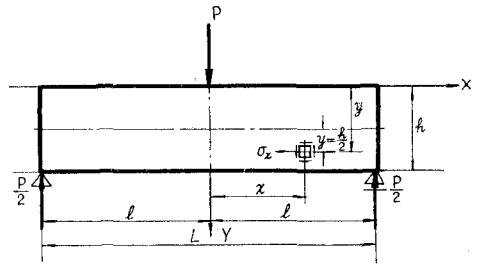


図-1 等断面単純ゲタ (矩形バリ)

$$\left. \begin{aligned} \sigma_y &= -\frac{2P}{d} \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \frac{y^3}{(x^2+y^2)^2} & (a) \\ \sigma_x &= \frac{2P}{d} \left[\frac{3}{h^3} (l-x) \left(y - \frac{h}{2} \right) - \frac{1}{\pi} \cdot \frac{x^2 y}{(x^2+y^2)^2} \right] & (b) \\ \tau_{yx} &= -\frac{2P}{d} \left[\frac{3}{2h^3} (hy-y^2) + \frac{1}{\pi} \cdot \frac{xy^2}{(x^2+y^2)^2} \right] & (c) \end{aligned} \right\} (1)$$

によって与えられる。ただし l は支間長 L の半分、 d は厚さである。この理論を用いて、 $y/h=0, \dots, 10$ のそれぞれの値を求めると表-1および表-2のとおりである。

表-1 $x = 2.0\text{ mm}$ (kg/cm²)

No.	1, 2, 3, 4, 5		No.	1, 2, 3, 4, 5	
	σ_x	τ_{yx}		σ_x	τ_{yx}
y/h			y/h		
0	-337.5	0	0.6	58.0	25.2
0.1	-295.5	8.1	0.7	119.1	21.3
0.2	-222.4	31.9	0.8	201.4	16.4
0.3	-146.3	33.2	0.9	269.2	10.3
0.4	-78.4	30.7	1	336.9	2.9
0.5	-3.8	28.2			

表—2 $x = 23.5 \text{ mm}$ (kg/cm^2)

y/h	1, 2, 5		3		4	
	σ_x	τ_{yx}	σ_x	τ_{yx}	σ_x	τ_{yx}
0	-176.3	0	-203.8	0	-232.9	0
0.1	-141.3	6.8	-163.3	5.8	-186.5	5.1
0.2	-106.3	12.1	-122.8	10.4	-140.2	9.2
0.3	-71.3	15.9	-82.3	13.7	-93.9	12.0
0.4	-38.0	18.2	-41.9	15.8	-47.5	13.8
0.5	-1.3	19.2	-1.2	16.4	-1.2	14.4
0.6	33.7	18.4	39.3	15.9	45.2	14.0
0.7	68.7	16.3	79.9	14.1	91.6	12.4
0.8	103.9	12.6	120.5	10.9	138.0	9.7
0.9	139.4	7.3	161.1	6.8	184.5	5.7
1	174.2	0.9	201.8	0.8	230.9	0.7

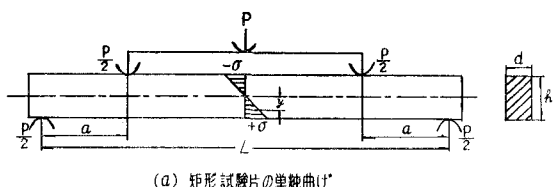
III. 光弾性模型実験

1. 試験片の物理的性質

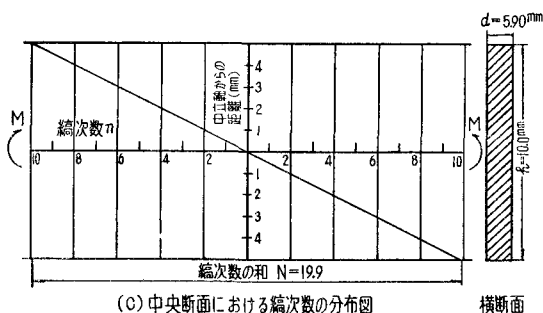
実験に用いた試験片は厚さ約 6 mm のエポキシ樹脂板 (カケンライト) より切り抜いて製作した。

このエポキシ樹脂のフリンジ応力および光弾性感度は、試験片 No. 5 を用い、図-2(a) の $P = 20.0 \text{ kg}$, $a = 2.0 \text{ cm}$, $L = 9.4 \text{ cm}$ とした場合の縞次数の総和 $N = 19.9$ より次式により求めた。

フリンジ応力 S ;



(b) $L = 94.0 \text{ mm}$, $a = 20.0 \text{ mm}$, $P = 20.0 \text{ kg}$ の場合の等色線



図—2 単純曲げ試験による検定 (エポキシ樹脂)

$$S = \frac{\sigma d}{n} = \frac{12M}{h^2 N} = \frac{6 \cdot P \cdot a}{h^2 N} = 1.206 \text{ (kg/mm)}$$

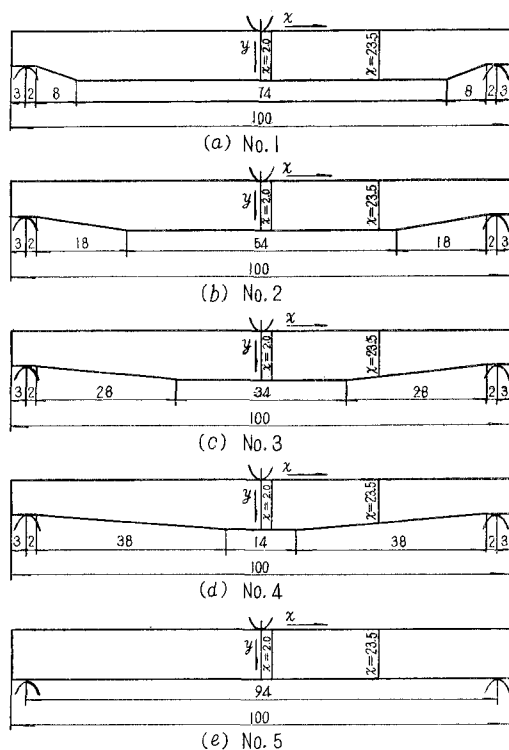
光弾性感度 α ;

$$\alpha = \frac{h^2 N}{6 \cdot P \cdot a} = \frac{1}{S} = 0.829 \text{ (mm/kg)}$$

この曲げ試験検定に用いた試験片 No. 5 の等色線および支間中央断面における縞次数の分布図は、図-2(b)および(c)に示すとおりである。

2. 試験片の形状および寸法

試験片の形状および寸法は図-3に示すとおりで、No. 1 ~ No. 5 の 5 種類を用いた。試験片はエポキシ樹脂板の両面に輪郭が板面に対して正確に直角となるようにけがきし寸法誤差および加工歪の防止に特に注意して、やすりを使用して全部手仕上げで行なった。寸法誤差は精度 0.01 mm のマイクロメーターによって測定し、最大誤差が 2% 以内に止まるようにした。加工歪および時間縁効果が生じた場合、わずかであれば焼なますことによって取り除くことができるといわれているが、過去の経験では困難な場合が多かったので、加工に際しては、局部的加熱や圧力を与えないように慎重に仕上げ、できしだい時間縁効果の入らないうちにただちに実験を行なうようにした。



図—3 試験片形状および寸法

3. 実験

(1) 等色線

実験装置は理研製標準光弾性実験装置を用い、材料の弾

性限度を超えることのないように支間中央点に、集中荷重 $P=10.0, 15.0 \text{ kg}$ の2種類の荷重を載荷し、おのおのについて、フジプロセスハード乾板 JIS 10 (ASA 10 相当) を用い、 $\lambda = 5461 \text{ \AA}$ の場合について、等色線縞写真を撮影した。それらの等色線縞写真を示せば図-4 および図-5のとおりである。

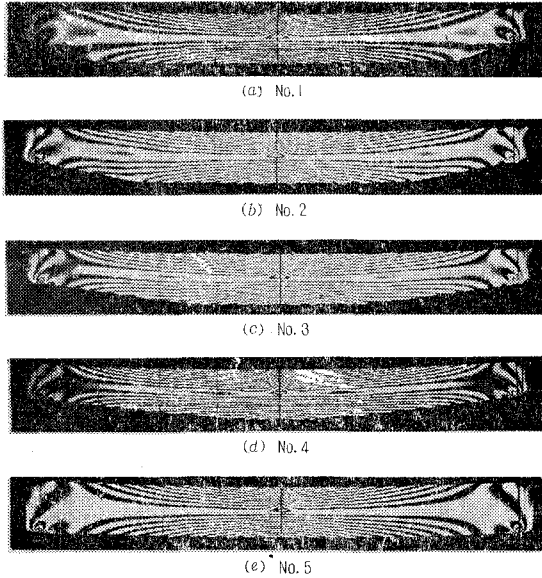


図-4 中央点集中荷重 $P=10.0 \text{ kg}$ の場合の等色線 (エポキシ樹脂)

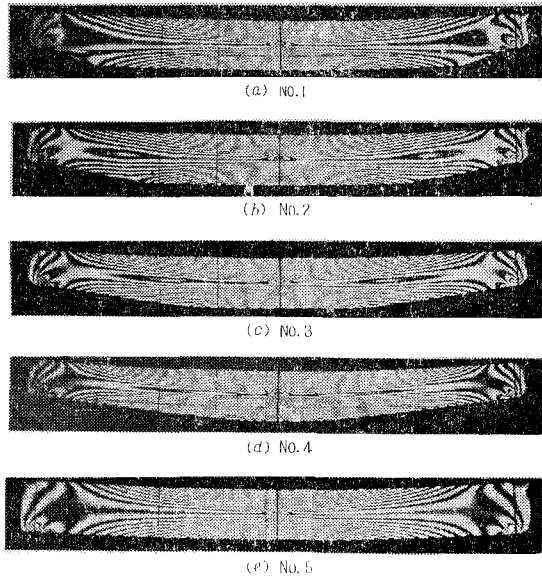


図-5 中央点集中荷重 $P=15.0 \text{ kg}$ の場合の等色線 (エポキシ樹脂)

(2) 等 傾 線

等傾線を描くために、等色線撮影に用いた試験片をその

まま使用し、スクリーンに投影し、最も濃度の濃いところを注意深くとらえ、 $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, \dots, 80^\circ, 85^\circ, 90^\circ$ の各角度の場合の等傾線を最後に一枚のトレーシング・ペーパーにトレスして求めた。しかし $20^\circ \sim 70^\circ$ の等傾線がかなり接近し、位置のずれがあるように見受けられたので、同一寸法に仕上げたアクリル樹脂板より切り抜いた試験片によって再び求め、比較した結果、正確な位置が定められたので、応力解析の際は、エポキシ樹脂試験片を用いた等傾線図と比較検討しながら、アクリル樹脂試験片を使って求めた等傾線図を用いた。 $P=2.0 \text{ kg}$ の場合の等傾線図を図-6に示してある。

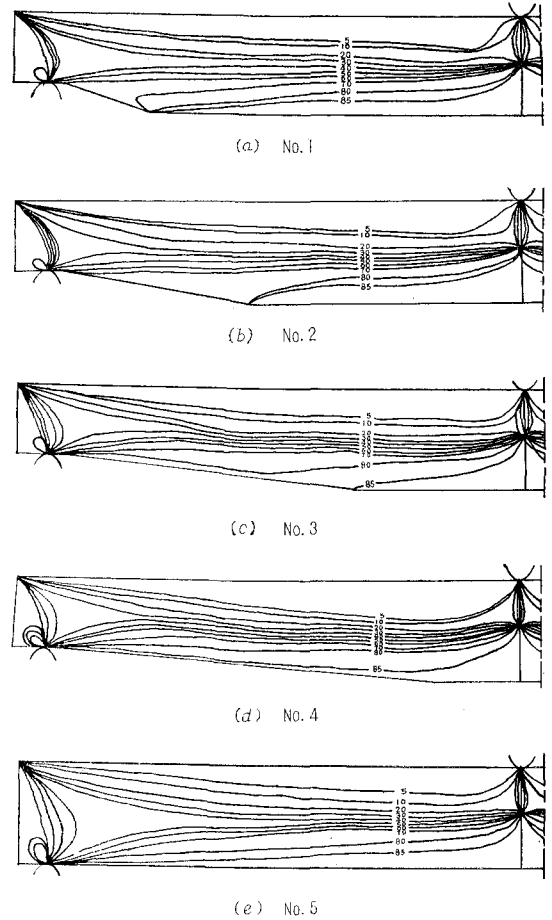


図-6 中央点集中荷重 $P=2.0 \text{ kg}$ の場合の等傾線 (アクリル樹脂)

4. 応力解析

試験片 No. 1~No. 5 のおのおのについて支間中央点に集中荷重 $P=15.0 \text{ kg}$ を載荷した場合の $x=2.0 \text{ mm}$ 、 $x=23.5 \text{ mm}$ の2断面について、等色線縞写真および等傾線図を用いて、セン断応力差積分法による応力解析の原理に従って、次式より σ_x 、 τ_{yx} の分布を求めた。

$$\tau_{yx} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) \sin 2\theta$$

$$\sigma_y = (\sigma_y)_0 - \sum \Delta \tau_{yx}$$

$$\sigma_x = \sigma_y - (\sigma_1 - \sigma_2) \cos 2\theta$$

ここで

$$\sigma_1 - \sigma_2; \text{主応力差} = \frac{S}{d} n \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

S ; フリンジ応力 (kg/mm)

n ; 縞次数

d ; 板厚 (mm)

$(\sigma_y)_0$; $y=0$ の時 (上縁) の σ_y

θ ; 荷重線と主応力軸のなす角

$\Delta \tau_{yx}$; 間隔 Δx はなれた断面の τ_{yx} の差

(a)
(b)
(c) } (2)

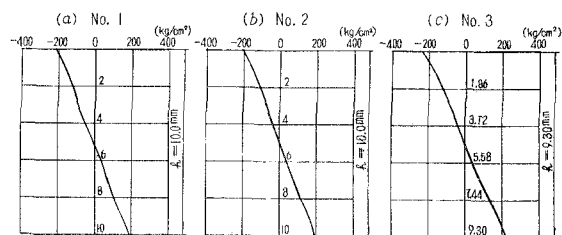


図-9 $x = 23.5 \text{ mm}$ における σ_x の分布

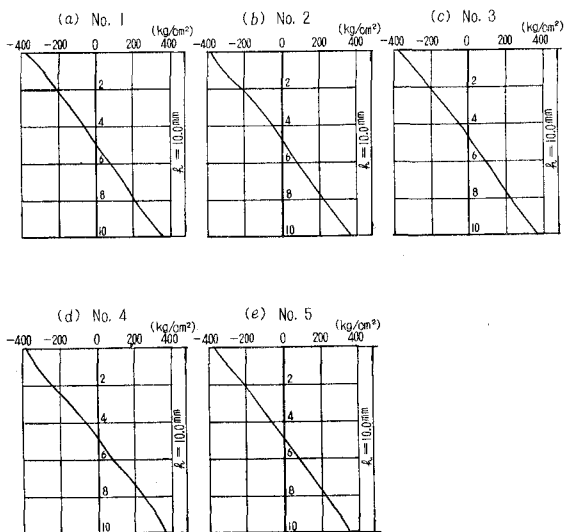


図-7 $x = 2.0 \text{ mm}$ における σ_x の分布

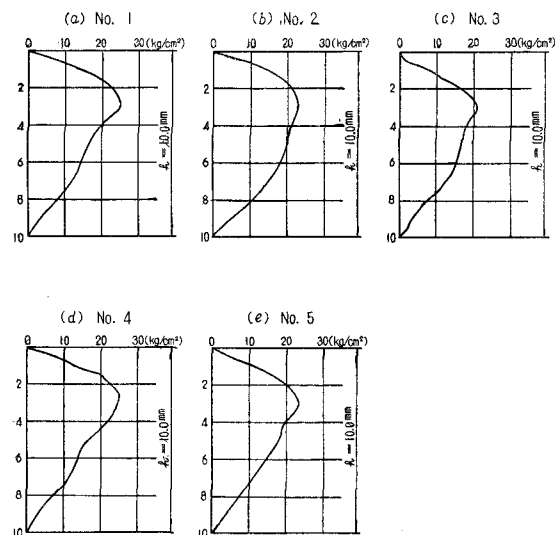


図-8 $x = 2.0 \text{ mm}$ における τ_{yx} の分布

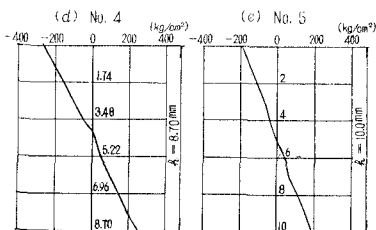


図-10 $x = 23.5 \text{ mm}$ における τ_{yx} の分布

表-3 $x = 2.0 \text{ mm}$ の σ_x (kg/cm²)

No.	1	2	3	4	5
0	-382.2	-381.7	-378.1	-380.7	-370.0
0.1	-285.1	-320.5	-293.8	-327.6	-294.8
0.2	-213.9	-218.4	-206.9	-244.6	-213.5
0.3	-139.5	-126.0	-126.2	-147.7	-130.5
0.4	-61.8	-51.4	-44.9	-66.6	-59.9
0.5	-3.5	14.1	17.8	18.2	15.8
0.6	79.5	75.2	87.9	79.3	80.6
0.7	146.9	149.3	151.7	171.3	154.1
0.8	211.9	218.3	220.8	243.4	220.0
0.9	282.9	289.3	293.8	319.4	294.5
1	363.8	363.8	363.8	364.9	352.6

表—4 $x = 23.5 \text{ mm}$ の σ_x (kg/cm²)

No.	1	2	3	4	5
y/h					
0	-200.8	-202.4	-231.0	-262.1	-194.2
0.1	-166.0	-151.9	-178.8	-210.6	-147.6
0.2	-124.4	-112.9	-125.0	-156.5	-114.3
0.3	-89.4	-71.7	-80.4	-103.6	-73.1
0.4	-50.4	-34.5	-42.4	-48.3	-39.4
0.5	-4.5	3.5	-5.0	20.6	-1.5
0.6	39.6	36.4	33.8	51.6	42.6
0.7	72.1	75.5	80.2	99.1	63.8
0.8	104.2	116.4	129.8	146.3	116.6
0.9	149.4	160.6	174.1	192.7	149.8
1	184.0	180.4	218.9	258.0	182.9

表—5 $x = 2.0 \text{ mm}$ の τ_{yx} (kg/cm²)

No.	1	2	3	4	5
y/h					
0	0	0	0	0	0
0.1	13.6	14.8	8.1	13.3	11.1
0.2	22.4	21.3	16.1	22.3	20.1
0.3	25.2	22.6	21.1	24.8	23.4
0.4	20.2	20.9	17.7	22.2	19.6
0.5	16.4	20.1	17.0	16.4	17.7
0.6	14.6	18.1	15.7	13.9	14.4
0.7	12.1	15.0	12.4	11.1	11.0
0.8	8.0	11.0	7.3	6.9	7.1
0.9	3.9	5.2	3.4	2.7	3.5
1	0	0	0	0	0

表—6 $x = 23.5 \text{ mm}$ の τ_{yx} (kg/cm²)

No.	1	2	3	4	5
y/h					
0	0	0	0	0	0
0.1	5.8	6.2	1.8	6.5	4.7
0.2	12.3	14.2	4.8	12.8	9.3
0.3	16.7	16.8	7.5	15.9	17.3
0.4	18.2	20.1	14.4	17.6	19.5
0.5	20.7	21.4	18.5	19.4	20.8
0.6	19.3	26.3	27.0	21.8	20.0
0.7	17.7	26.7	33.2	23.9	16.8
0.8	14.1	22.3	31.3	23.9	11.5
0.9	7.2	14.6	27.3	22.5	6.8
0	0	0	22.7	19.6	0

(2-a)式において、主応力差($\sigma_1 - \sigma_2$)は繰回数 n とフリンジ応力 S ; および板厚 d から容易に求められ、 θ は等傾線図

によってただちに与えられるので、せん断応力 τ_{yx} は簡単に求めることができる。 $\Delta\tau_{yx}$ は解析断面に平行な Δx の距離はなれた断面の τ_{yx} を求めることにより定まるので、(2-b)式から σ_y が求まる。 τ_{yx} および σ_y が与えられると、(2-c)式から σ_x が求まる。以上の結果得られた σ_x , および τ_{yx} の値は表-3~6に、またその分布の状態は図-7~図-10に示してある。

IV. 比較考察

1. 解析結果の比較

(1) 試験片 No. 1~No. 5 における σ_x の比較

i) 断面 $x = 2.0 \text{ mm}$ の場合

図-3に示すように、試験片 No. 1~No. 4 は材端に切かきを有し、No. 5 は支間中央の高さを全長にわたって有する単ゲタである。そこでまず No. 1~No. 4 の試験片について比較してみると、縁応力度の圧縮側では、No. 1, No. 2, No. 4 はほぼ等しく、No. 3 はそれより約 1.05% 小さな値を示し、引張側ではいずれもほぼ等しくなっている。内部応力度については等傾線の精度から考えて、明確な結論を得ることはむずかしいが、材端の切かきの面積の大きい No. 4 が最大で、下面積が減少するにつれて、応力度が減少する傾向がみうけられる。

次に、これらと試験片 No. 5 とを比較してみると、線応力度に関しては圧縮側で、No. 1, No. 2, No. 4 は約 3%, No. 3 が約 2% 大きな値を示し、引張側ではいずれも、No. 5 より大きくなる傾向があるように思われるが、No. 1 とはほぼ等しいようである。

以上の比較から考えてみると、支間中央付近において等断面単ゲタ (実際の橋ゲタの標準形) と同一ゲタ高を有するならば、実験に用いたゲタ高程度の変断面ゲタにきわめて軽荷重を載荷する場合は断面変化の影響はあまり問題とならないようである。

ii) $x = 23.5 \text{ mm}$ の場合

図-3に示すように、No. 1, No. 2, No. 5 は、いずれも同一ゲタ高であるが、No. 3 と No. 4 はゲタ高がそれぞれ 9.3 mm, 8.7 mm に減少している。まず縁応力度について比較してみると、圧縮側では切かきの面積が増加するにつれて応力度は増加し、引張側においても、No. 1 を除きその傾向がある。No. 1 についても実験誤差を考慮に入れると、圧縮側と同様と考えて差支えないのではないと思われる。内部応力度については、 $x = 2.0 \text{ mm}$ の場合と同様な傾向を示している。

次に、No. 5 と比較してみると、縁応力度に関しては、 $x = 2.0 \text{ mm}$ の場合とは異なって圧縮側では、No. 4 は約 35%, No. 3 は約 18.6%, No. 2 は約 4.1%, No. 1 は約 3.6%, また引張側では No. 4 は約 41%, No. 3 は約 19.6%, No. 2 は約 1.5% と No. 1 の引張側を除き、切かきの面積

が増加するにつれて著しく増大する傾向があり、内部応力度についても同様なことがいえる。同一ケタ高を有する No. 1, No. 2 は切かきの影響が少ないようであるが、ケタ高の減少した No. 3, No. 4 は著しく応力度が増加していることから考え、いずれの試験片においても、支間中央のケタ高より小さいケタ高の点では、単純ゲタの応力度よりもかなり増大するものと考えられる。

(2) 試験片 No. 1~No. 5 おける τ_{yx} の比較

i) $x = 2.0 \text{ mm}$ の場合

セン断応力度 τ_{yx} は試験片 No. 1~No. 5 のいずれの場合も、ほぼ等しい値を示しており、またその分布状態も載荷点に近い位置であるために、 $y/h = 0.3$ 付近において最大値を示し、ほとんど比較するほどの相異はないようであるが、No. 5 に対し他の試験片のほうがわずかではあるが大きくなる傾向があるのではないと思われる。しかし、 σ_x の $x = 2.0 \text{ mm}$ の比較の際に述べたようにこの断面における τ_{yx} の分布には切かきの影響は比較的少ないようである。

ii) $x = 23.5 \text{ mm}$ の場合

試験片 No. 1 は等断面単純ゲタである No. 5 の場合と数値的にも、また分布の状態もともにほぼ等しい傾向にあるが、No. 2 は No. 5 に比べ最大値は約 3.2% 大きく、かつ $y/h = 0.65$ 付近において最大となっている。No. 3 は No. 5 とケタ高が異なり、さらに引張側が荷重線に対し $83^\circ 53'$ 傾斜しているため、セン断応力度の分布が引張側で零とはならず 22.7 kg/cm² となり、 $y/h = 0.7$ において最大値をとり、しかも No. 5 に対し約 35.7% 大きくなっている。No. 4 は No. 3 と同様に $85^\circ 29'$ 傾斜しているため引張側で 19.6 kg/cm² となり、 $y/h = 0.75$ で最大となつて約 1.5% 大きな値を示している。

各試験片のセン断応力度の最大となる y/h から考えて、破壊実験を行なった場合、引張側のしかも傾斜面からクラックが発生するのではないかと考えられる。

(3) 試験片形状の比較考察

荷重の大きさと材質は異なるが、本実験と類似した形状のポプラ樹の試験片を用いた曲げ破壊荷重におよぼす切かきの影響に関する King³⁾ 氏の実験報告によれば、図-11 のとおりである。

すなわち、33.0 cm×3.2 cm の試験片の破壊荷重を 100 とすれば、切かきの深さによって破壊荷重は大いに低下している。また材端を斜に減じ切かき部の稜角を除くことによって、破壊荷重を著しく高め得ることが確められている。Langlands³⁾ 氏もオーストラリア産材について同様な実験を行なっているが、その結果は King 氏の結果と同様であり、さらに材軸に対して 1:3 の傾斜を名付ければ強度を約 2 倍に上昇し得ると述べている。

本実験においてはタワミを測定する関係上まだ破壊実験を行っていないがいずれ行なう予定である。また図-11

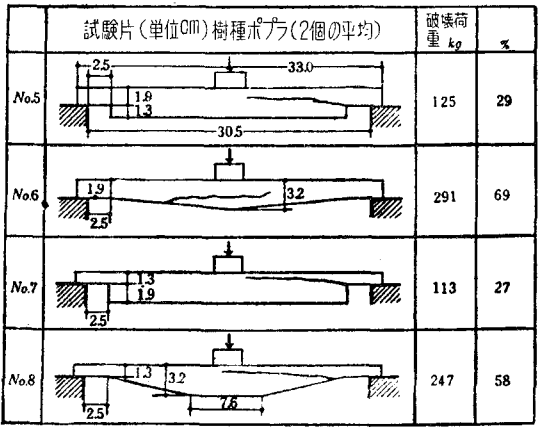


図-11 セン断強度におよぼす材端切かきの影響 (King 氏の実験)

の No. 6, No. 8 の試験片に破壊の場合のクラックが示してあるが、 $x = 23.5 \text{ mm}$ のセン断応力度の比較の際述べたように τ_{yx} の分布および最大値をとる y/h の値から考え、同一現象を生ずるものと考えられる。さらに縁応力度および内部応力度はともにケタ高の減少率に比較し、その増加が著しいように見うけられるので、支点上のケタ高を支間中央ケタ高の約 80% 以上とし、端部の切かきを No. 4 の試験片のように、ゆるやかな傾斜をつけたものとするれば、材料の減少率と応力度の増加の均衡から考えて、一般の等断面単純ゲタよりも力学的、経済的效果よりみて有利な形状とすることができると思う。

2. 理論計算値と実験値の比較

まず等断面単純ゲタである No. 5 の σ_x について考えると、 $x = 2.0 \text{ mm}$ の場合縁応力度は圧縮側で約 9.6%、引張側で約 4.7% と実験値の方が大きく内部応力度は理論計算値のほうが圧縮側では全般に大きく、引張側では小さい値を示している。また $x = 23.5 \text{ mm}$ の場合は、圧縮で約 10.2%、引張側で約 5% と実験値のほうが大きく、内部応力度は理論計算値が全般的に小さいが、比較的近似した値を示している。

他の試験片は $x = 2.0 \text{ mm}$ の場合 No. 5 と同様に圧縮側で 11~13%、引張側で約 8%、いずれも実験値のほうが大きく、内部応力度は全般的に比較的良好に適合しているようである。 $x = 23.5 \text{ mm}$ の場合は、圧縮側で約 12~15%、引張側で 4~12% とかなりひらきがあるが、これは切かきによる影響であると思われる。

セン断応力度は、 $x = 2.0 \text{ mm}$ の場合各試験片とも理論計算値のほうがかなり大きくなっている。 $x = 23.5 \text{ mm}$ の場合は No. 1, No. 5 はほぼ等しく、No. 2 は y/h が 0~0.5 まではほぼ等しいが、 y/h が 0.6~1.0 の間はかなり大きくなっている。これは切かきの影響と思われる。No. 3, No. 4 は切かきの影響が大きいため、全般的にかなりの相

異がみうけられる。

縁応力度が大きく異なる原因として軸圧縮力と変形の影響^{4,5)}によるものであると考える。さらに最大圧縮応力度と最大引張応力度の差が、等断面単純ゲタよりも変断面単純ゲタのほうが小さくなっているのは、支点の上昇によるためでありこの点中心線軸上に支点のある従来の単純ゲタの仮定をやや満足する傾向に近づいていくためと考察される。これは変断面単純ゲタの利点の一つであると思う。本実験では $h/l \div 0.1$ 程度の試験片について行なったものであるため、切かきの影響がゲタ全体としての一次的影響に比べ予想外に小さかったが、ゲタ高が大きくなり、切かき面積が増加する場合は影響がきわめて複雑なことは予備実験の結果より明瞭である。

V. 結 言

1. 変断面単純ゲタの切かき形状について

上述のとおり、変断面切かき形状としては光弾性実験の結果、試験片 No. 4 のような型が、力学的経済性において優れているといえるし、また木ゲタ模型の破壊実験を行なった King 氏、Langlands 氏の研究結果からも同一のことが実証されている。しかし、いずれの実験においても、支間中央点の集中荷重についてのみであるので、この点に関しては今後さらに研究の必要がある。

2. 変断面単純ゲタの理論について

変断面単純ゲタは等断面単純ゲタよりもその支店の位置が上昇し、ゲタの中心線に接近しているから、その理論はゲタ全体に対しては、むしろ初等単純ゲタ理論に近づく傾向がある。すなわち、変断面切かきの影響よりも支点の上昇による影響のほうが大きく、この点からいっても等断面単純ゲタよりも有利であるといえる。ただしゲタ上縁、下

縁における縁応力度は初等理論によるものよりかなり大きくなるのは、軸圧縮力と変形の影響によるものであることは支間に比べ高さの比較的大きな等断面単純ゲタにおける場合と同じ現象によるものと考えられる。この意味からいっても、支点の位置を端断面セン断応力度の許す範囲において、できる限り上昇させるほうが力学的に有利であるといえる。

以上よりすれば今後さらに解析断面の増加ならびに載荷点が異なる場合の応力度分布、タワミ測定、破壊実験、理論解析などに関する追加研究が必要である。

本研究に際しては、科学研究所の西田正孝博士の御支援を受けたことに対し謝意を表するとともに、実験に御協力頂いた室蘭工業大学、志村政雄技官に対し御礼を申し上げる次第である。

最後に本研究は、文部省科学研究費交付金を受けた研究の一部であり、深く感謝するとともに、今後の研究を続行する予定であることを付記する。

参 考 文 献

- 1) 野村恭雄：不連続箇所を有する平板の平面応力，機学会論文集 第 25 卷 159 号 (機械学会 1959).
- 2) M. M. Frocht: Photoelasticity, Vol. I Vol. II (Jon Wiley & Sons 1949, 1948).
- 3) 竹山謙三郎：木構造 (丸善 1954).
- 4) 中村作太郎・番匠勲：高さを考慮せる単純ゲタの光弾性模型実験によるタワミと応力度分布に関する研究 (第 17 回土木学会学術講演会講演概要 I-78, 1962, 第 12 回応用力学連合講演会講演概要 II-124, 1962).
- 5) E. G. Coker, L. N. G. Filon: A Treatise on Photoelasticity (Cambridge, 1957).