

ギヤスターレーテッド・ビームの実験的研究

九州大学 正員 村上 正
同 同 斎藤利一郎
同 学生員 〇平野喜三郎

序, 最近H形鋼のウェブに六角形の孔を列べたギヤスターレーテッド・ビームが広く使用されつつある。この論文は二次元光弾性実験法を用いてその力学的性質を研究したものであるが, 簡単のためフレンジを省いて有孔板として取り扱った。

1. 実験の概要

ギヤスターレーテッド・ビームは図-1のようにH形鋼のウェブをジグザグに切断し, ジグザグの突出部を互に溶接して作られる。切断のやり方により同じH形鋼から種々の孔形のものを作られる。この場合に問題になると思われるのは(1)傾斜辺の角度 θ , (2)平行辺の長さ l_2 , (3)切り込み深さ h をどのように決めろのが最もよいかである。これらの項目を光弾性を用いて調べることをし, 実験I, II, IIIと名づける。光弾性材料は等色線測定用としてエポキシ樹脂板を用い, 感度試験は曲げ試験による検定法を用いた。感度 α ($1/cm/kg$) は5個の試験片の平均値をとり, $\alpha = 0.091$ ($1/cm/kg$) であった。等色線縞次数 N (次) の応力度 σ (kg/cm^2) への換算式は $\sigma = 36.6N$ (kg/cm^2) である。

2. 実験I 六角形孔の角度について

図-1において傾斜辺の角度 θ が決まれば六角形孔の形が決定する。 $\theta = 90^\circ, 75^\circ, 60^\circ, 45^\circ$ 及び 30° の5種類に変化させた。図-2に示すように孔のピッチ L は実験装置の制限から $L = 38.66mm$ (模型NO1~5) 及び $25.77mm$ (模型NO6, 7) とした。また六角形孔の高さ $2h$ を $15mm$ 一定としたので, 角度 θ を小さくすると平行辺の長さ l_2 は短くなる。写真-1~6は実験Iの等色線写真である。

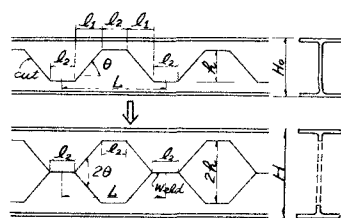


図-1

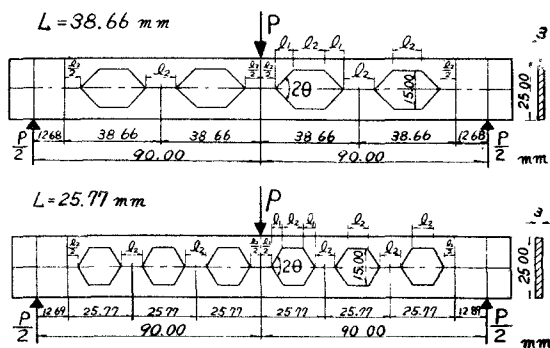


図-2

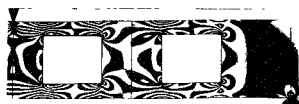


写真-1 NO1 ($\theta = 90^\circ$)



写真-2 NO2 ($\theta = 75^\circ$)



写真-3 NO3 ($\theta = 60^\circ$)



写真-4 NO4 ($\theta = 45^\circ$)



写真-5 NO5 ($\theta = 30^\circ$)

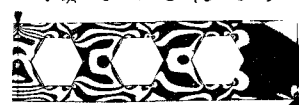


写真-6 NO7 ($\theta = 60^\circ$)

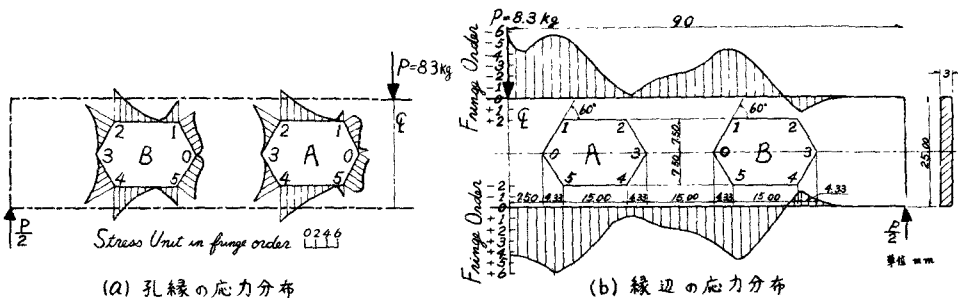


図-3 模型N03の縁応力分布図

孔縁の応力分布及び縁辺の曲げ応力度分布は等色線写真より直接求めることができるが、その例をN03の模型について示すと図-3のようである。一般に孔縁の最大応力度は支点に近い方の孔頂点2, 4に生じている。 $\theta = 90^\circ$ 及び 75° では頂点1, 5にも応力集中が生じ、 $\theta = 30^\circ$ では頂点0に2, 4とほぼ等しい応力集中が認められた。一方の縁辺の曲げ応力度については、頂点1, 5に接近した箇所にも最大応力が生じている。

表-1は孔頂点0, 1, 2における応力集中を繰回数と単位として示したものである。孔頂点1, 2の応力集中は角度 θ が 90° より 30° へ小さくなるに従って減少するが、孔頂点0では逆に増加する。またN01とN06及びN03とN07との比較より、孔のピッチ l_2 を小さくすると孔頂点の応力集中は減少することが判る。

図-4は圧縮側縁辺の曲げ応力度をN01~7について比較したものである。縁辺の曲げ応力度も上の孔頂点の応力と同様に、角度 θ が小さくなるに従って減少する。縁辺の最大曲げ応力度を比較すると、模型N03($\theta = 30^\circ$)が最も小さい。

以上の考察より、傾斜辺の角度 θ は小さい程よいが、あまり小さくすると孔頂点0の応力集中が高まり、また溶接部のせん断応力が増大する。従って θ をあまり小さくすると溶接部が破壊する危険が恐れられる。結局 θ としては $45^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ が適している。

3. 実験Ⅱ 孔のピッチについて

図-1において孔の頂角 2θ 及び高さ $2h$ を一定にすれば、孔のピッチ l_2 は平行辺の長さ l_1 によって決まる。そこで実験Ⅰの結果を参照して $\theta = 60^\circ$ (正六角形)と定め $2h = 15\text{ mm}$ とし、 l_2 を三種に変えて模型を作った。表-2に平行辺の長さ l_1 及び孔のピッチ l_2 を示す。写真-7, 8はそれぞれせん断試験及び曲げ試験の等色線写真例である。

NO	θ (度)	孔の l_2 (mm) 符号	孔頂点の応力度		
			頂点0	頂点1	頂点2
1	90°	A	0	4.0	7.0
		B	0	4.0	6.0
2	75°	A	0	4.0	7.0
		B	0	4.0	6.0
3	60°	A	1.5	2.0	6.0
		B	0	3.5	5.5
4	45°	A	1.5	1.0	5.0
		B	2.0	1.0	4.0
5	30°	A	2.5	1.5	4.5
		B	2.5	0.5	3.0
6	90°	A	0	2.5	6.0
		B	0	2.0	5.0
		C	0	1.5	4.0
7	60°	A	1.0	2.5	5.0
		B	0	1.5	4.5
		C	0	1.5	3.5

表-1

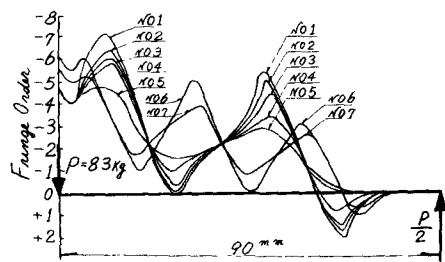


図-4

(1)せん断試験 図-5は圧縮側縁辺の曲げ応力度及び孔頂点1, 2における応力集中を三つの模型について比較したものである。縁辺及び孔縁の応力はNO1, 2, 3の順で減少した。従って孔のピッチは小さくした方が有利であるが、あまり小さくすると溶接部のせん断応力が增大してそこから破壊する危険が高まる。

試験名	模型NO	孔数	l_2 (mm)	L (mm)
せん断試験	1	2	23.66	53.98
	2	4	9.67	28.00
	3	6	5.00	18.66
曲げ試験	4	2	15.67	40.00
	5	3	9.00	26.66
	6	4	5.67	20.00

表-2



写真-7 NO2



写真-8 NO6

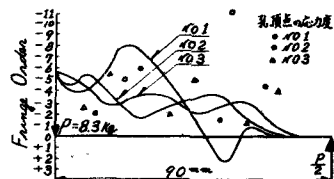


図-5

(2)曲げ試験 純粋曲げを受ける場合は孔縁の応力集中はほとんどない。また孔のピッチが変化しても、縁辺、孔縁とも応力の著しい変化はみられなかった。

4. 実験Ⅱ 拡張比について

H形鋼から切り込み深さを種々に変化させて切断すると、種々の高さに拡張された断面すなわちキャスチレートド・ビームが得られる(図-1参照)。原材断面、拡張断面の高さをそれぞれ H_0 , H とすると拡張比 $\alpha = H/H_0$ となる。表-3に示す4個の模型についてせん断試験、曲げ試験を行った。ここでも実験Ⅰの結果を参照して孔の形は正六角形($\theta = 60^\circ$)と定めた。

NO	h (mm)	H (mm)	$\alpha = H/H_0$ (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)
0	$H_0 = 20$	20	1.00	—	—
1	5	25	1.25	2.89	15.19
2	8	28	1.40	4.62	13.46
3	11	31	1.55	6.35	11.73
4	14	34	1.70	8.08	10.00

表-3

(1)せん断試験 図-6はせん断試験片です。また、 H , l_1 , l_2 は表-3に示す。図-7は圧縮側縁辺の曲げ応力度及び孔頂点1, 2の応力集中を縮次数を単位として示したものである。拡張比 α が大きくなると、縁辺、孔縁とも応力は増加した。NO1~2の応力の変化は少ないが、NO3, NO4になるとかなりの応力の増加がみられた。

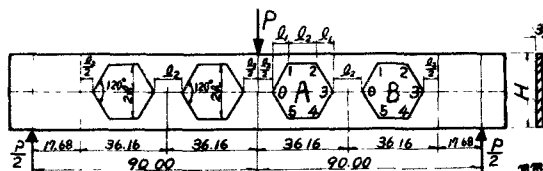


図-6

NO3 ($\alpha = 1.55$)及びNO4 ($\alpha = 1.70$)になると縁辺及び孔縁の最大応力は原材断面($\alpha = 1.00$)の理論縁応力の最大値を越える。結局拡張比 α は $\alpha = 1.40$ 位が適している。

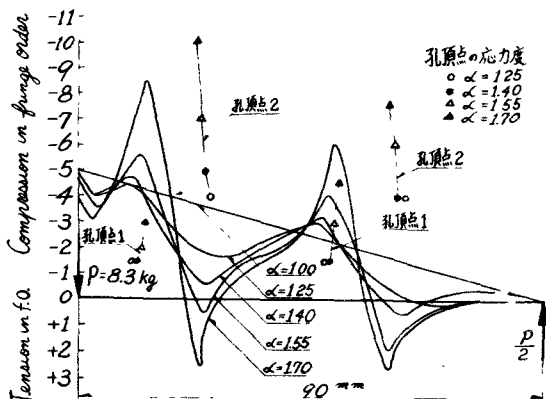


図-7

(2) 曲げ試験 図-8は曲げ試験片です
法 α , H , l_1 , l_2 は表-3に示す。

図-9は引張側縁辺の曲げ応力度及び孔
頂点4, 5の応力集中を繰返数を単位と
して示したものである。

曲げとせん断を受ける部分の応力状態は
11)のせん断試験の場合と傾向が一致した。
拡張比 α が大きくなると応力は増加する
が, $\alpha = 1.40$ 以上になると孔頂点4の応
力は原材断面 ($\alpha = 1.00$) の理論縁応力の
最大値を越える。結局拡張比 α は $\alpha = 1.25$
位となる。

次に純粋曲げを受ける部分では拡張比 α
が大きくなっても, 縁辺, 孔縁とも応力
の著しい変化はみられない。縁辺の曲げ
応力度はNO1, 2, 3の順ではほぼ減少し
, NO4 ($\alpha = 1.70$) になると増加するが,
原材断面 ($\alpha = 1.00$) の理論縁応力を越え
ない。結局純粋曲げを受ける場合は拡張
比 α は $\alpha = 1.70$ 位が通っている。

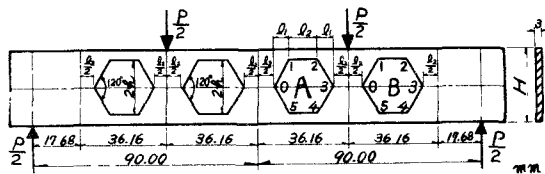


図-8

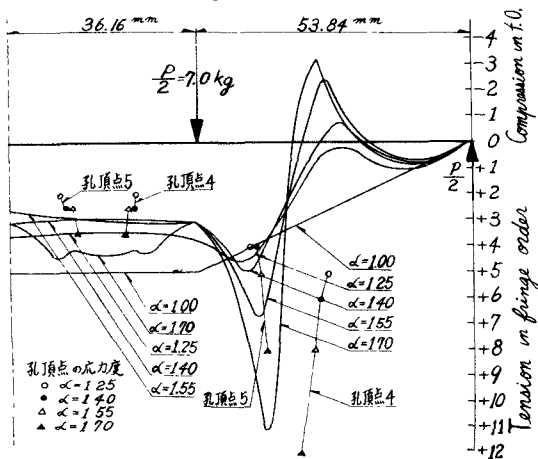


図-9

5. おまけ

以上の三実験よりわかったことをまとめると次のようである。

- (1) 傾斜辺の角度 θ は $45^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ が通っている。
- (2) 孔のピッチ l は曲げとせん断を受ける場合は小さい程よいが, あまり小さくすると溶接部のせん断応力が大きくなりせん断破壊の原因となる。また純粋曲げを受ける場合は孔のピッチ l が変化しても応力の著しい変化はない。
- (3) 拡張比 α はせん断が比較的支配的なビームでは $\alpha = 1.25 \sim 1.40$, また純粋曲げを受ける場合では $\alpha = 1.70$ が通っている。
- (4) キャスチレーチッド ビームは曲げが支配的なビーム, すなわち大スパンに便って始めてその特長が發揮される。

最後に, 本実験に際して協力していただいた, 九州大学学生 加賀, 田中, 王の三君に対し深く感謝の意を表する。

参考文献 村上, 会田, 斎藤: 曲げとせん断を受ける有孔板の実験的研究

第21回土木学会年次学術講演会講演概要