

ローラダイス伸線法における孔型の考察

Consideration on Caliber of Roller Dies Wire Drawing Method

岩田 寿郎* 万代 勝昭*

Toshio Iwata

Katsuaki Mandai

内容梗概

ローラダイス伸線法の実用化に際しては、孔型の設計がもつとも重要であることはいうまでもない。この観点から特殊の口唇状孔型を考案し、その孔型を構成する挟み角ならびに曲率の二要素を種々に変え、アルミ線引抜に適用した場合の孔型形状の及ぼす影響を検討した。さらにまたこの口唇状孔型をリーダー孔型とし次に丸型の仕上孔型を配置した二連式加工法で丸線引抜を行つた場合の諸問題も検討した。その結果大要次のことが明らかとなつた。

- (1) 減面率は挟み角の大きいほど、また曲率の小さいほどその値は大きい。
- (2) 幅拡がりも減面率とともに単調に増大していくが、同減面率に対しては曲率の大きいほどその値は小さい。
- (3) 引抜力もまた減面率とともに単調に増大していくが、同減面率に対しては挟み角の大きいほどその値は小さい。
- (4) 丸線より口唇状—90度反転—丸と交互直角方向に圧下しながら連続して引抜く場合には、中間に挿入した口唇状孔型の形状いかにかわらず全減面率が同一であれば全引抜力は変りない。
- (5) 引抜線の真円度は、挟み角小さく曲率の大きいほど良好である。

〔I〕 緒 言

さきに筆者らはローラダイスにより丸線の連続引抜を行つた場合の諸問題とその特長について報告した。その際言及したように本法の特長は、従来の引抜法においては避けがたい摩擦損失を変形様式を変えることによつて巧妙に逃げうることにあつた。しかしまだ丸線の連続引抜に実用されなかつたのは、引抜途次における断面形状の組合せ、すなわち適切な孔型の設計がなされていなかつたためといえよう。

元来本法による孔型の設計を行う場合主要な条件としては、使用孔型数をできるだけ少なくしてなるべくすみやかに最終断面に引抜くことである。そのためには

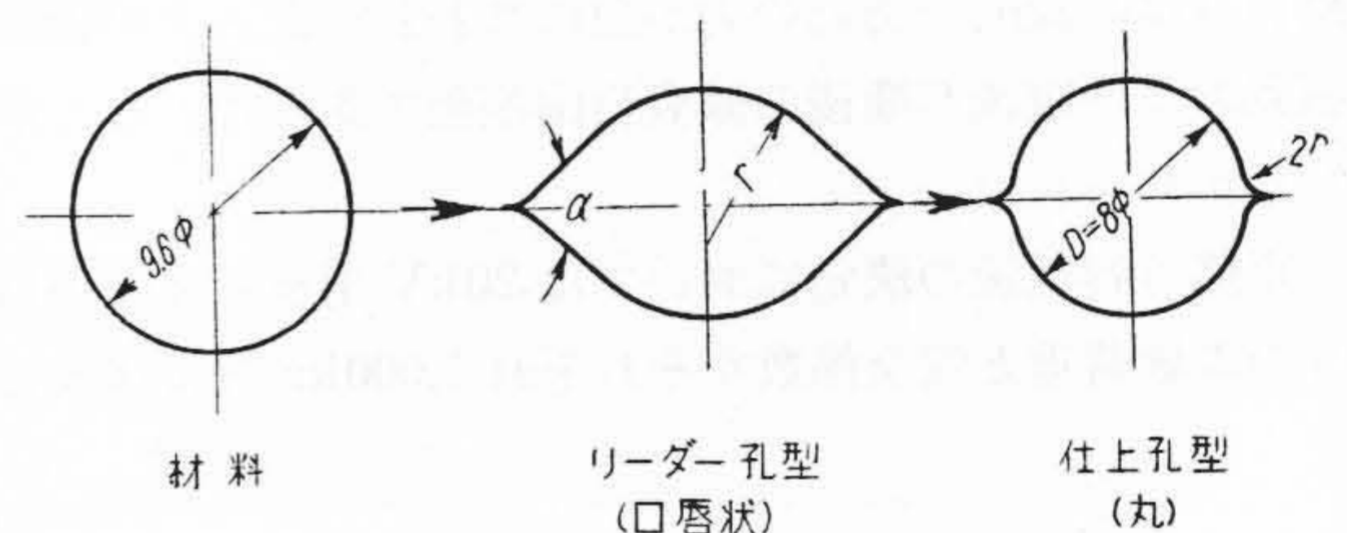
- (1) できるだけ大きい減面率を与えるもの
- (2) 変形のほとんどが材料の延伸となり幅拡がりの少ないもの
- (3) 引抜力の小さいもの
- (4) 大きい減面率によつて生ずる磨耗に対しても、孔型はわずかの修正で正しい形状となるもの
- (5) 引抜いた線の真円度のよいもの

などの諸条件を満足するような孔型の設計がのぞましい。そこで本報においては、種々の孔型形状をもつたローラーについて減面率、幅拡がり、引抜力および真円度など引抜の諸特性の検討を行い、孔型設計の指針を求めた。以下その概要を報告する。

〔II〕 ロ ー ラ 孔 型

緒言で述べた諸条件を満足する孔型として、第1図に示す口唇状孔型を考案した(特許申請中)。その特長は前

* 日立電線株式会社電線工場



第1図 使用孔型

報⁽¹⁾したが、実際設計上問題となる曲率(r)ならびに挟み角(α)の二要素については、まだ検討の余地があつた。そこで曲率 $r = 1/2 D (4\text{mm}), 2/3 D (5.4\text{mm}), D (8\text{mm})$

挟み角 $\alpha = 30^\circ, 50^\circ, 70^\circ, 90^\circ, 110^\circ,$

すなわちその組合せ15種類の口唇状孔型をもつローラを試作し、9.6φ硬アルミ線引抜に適用した場合の減面率、幅拡がりおよび引抜力に及ぼす孔型形状の影響を検討した。さらにまた口唇状孔型をリーダー孔型とし、その次に丸の仕上孔型を配置した二連式装置で8.0φに引抜いた場合(全減面率30%)の影響も検討した。引抜には10tアムスラ引張試験機を用い、引抜速度は500 mm/min一定とした。引抜潤滑油にはシリンダ油を用いた。

〔III〕 孔型と減面率および幅拡がり

(1) 減 面 率

口唇状孔型を用いて丸線より引抜いた場合の圧下率と減面率との関係を第2図に示す。図から減面率は圧下の増加とともに増大していくが、同圧下率に対しては、孔型形状により種々変化している。すなわち

$r = 1/2 D$ の場合; 挟み角の大きいほど減面率は大きい。

$r = 2/3 D$ の場合; 挟み角が70度までは角度の増加とと

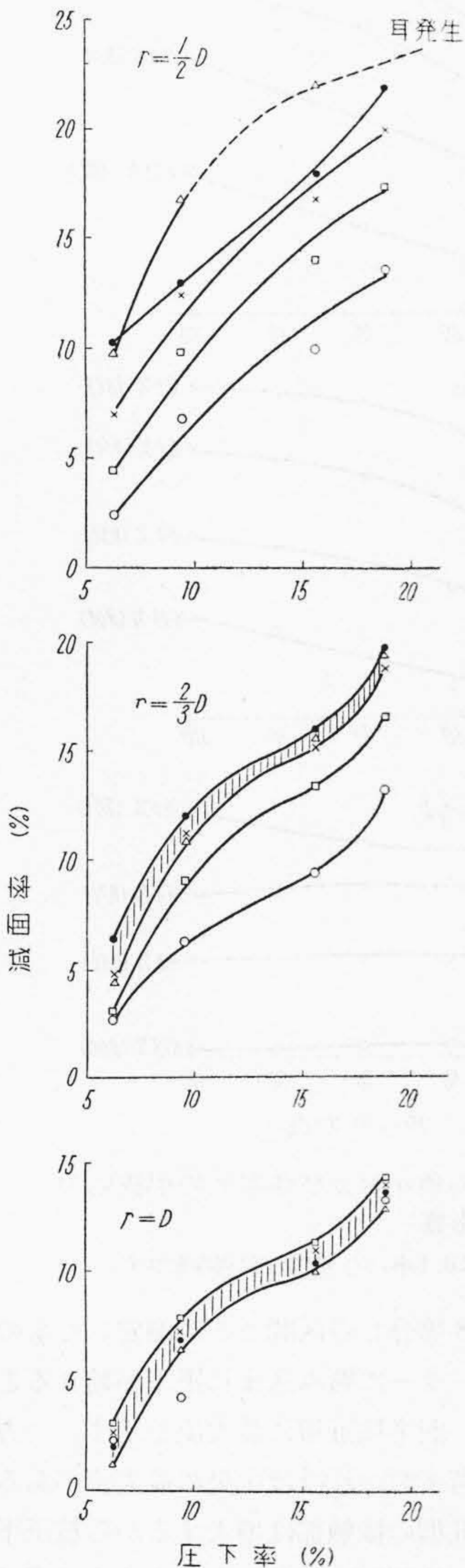
もに減面率は増すが、それ以上の角度においては判然としない。

$r = D$ の場合；挟み角の影響はほとんど認められない。

また同挟み角の場合には、曲率の小さいほど減面率は大きくなる傾向がある。しかしそれも限度をこすと過充満となり耳を発生する。したがって実用上大きな減面率を与えるためには、 $r = 1/2 D$ 、挟み角90度近辺がよい。

(2) 幅 拡 り

ローラダイスの加工方式が圧延のそれと著しく異なつ



第2図 圧下率と減面率の関係

- 挟み角 30°
- 挟み角 50°
- ×—× 挟み角 70°
- 挟み角 90°
- △—△ 挟み角 110°

ている点は、変形のエネルギーが圧縮力としてでなく主として引張力として与えられていることにある。したがって幅拡りはきわめて小さく⁽¹⁾⁽²⁾、またそれゆえに第2図のようにわずかの圧下率でもつて大きな減面率を与えることもできる。第3図はこの幅拡りに及ぼす挟み角ならびに曲率の影響を示したものである。図から

$r = 1/2 D$ の場合；挟み角が30度から50度と増すにつれ幅拡りは減少し、50度においてその値は最小となり、さらに角度の増加とともにふたたび幅拡りは増していく。

$r = 2/3 D$ の場合； $r = 1/2 D$ の場合と同様の傾向を示すが、50度以上の挟み角における幅拡りの増加は緩慢である。

$r = D$ の場合；挟み角30度において幅拡りは最大値を示すが、それ以上の角度においてはほとんど変りない。

これらの現象は次のように考えられる。挟み角の増加は幅方向の圧縮力を増し、それがために幅拡りは阻止されるが、あまり角度が大きくなりまた曲率が小さくなると減面率の増加を招来し、かえ

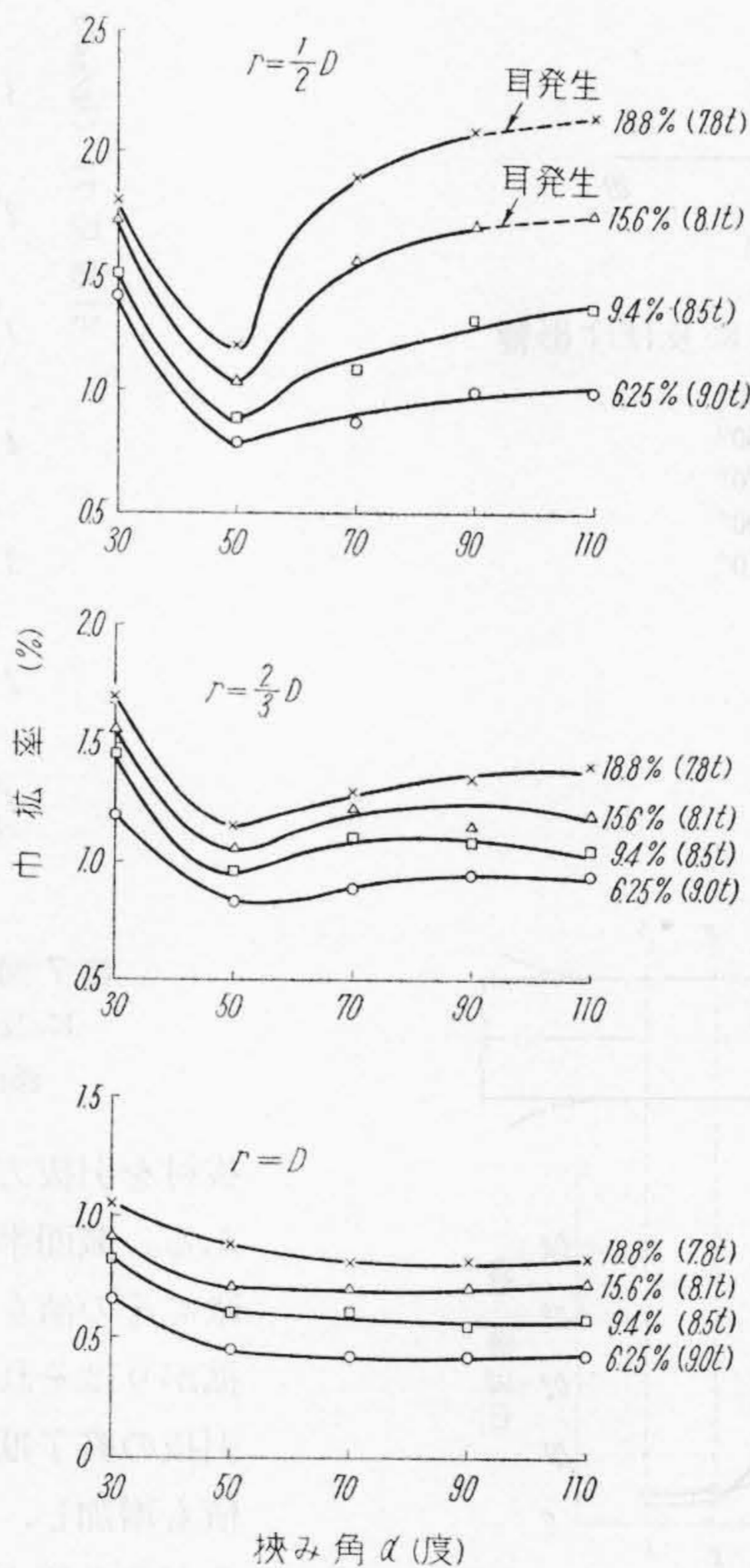
つて幅拡りは増してくる。したがって圧縮力と減面率の二効果の組合せでこのような変化をきたすものであろう。

第4図は減面率と幅拡りととの関係を示したものである。図から幅拡りは減面率の増加とともに単調に増大していくが、同減面率に対しては曲率の大きいほどその値は小さい。一方挟み角は30度においてもつとも大きな幅拡りを示すが50度以上は判然としない。

以上の結果から幅拡りは孔型形状により多少の変動を受けることがわかったが、それ自体僅少なものであるから設計上はさほど考慮するに値しない因子とみてよいであろう。

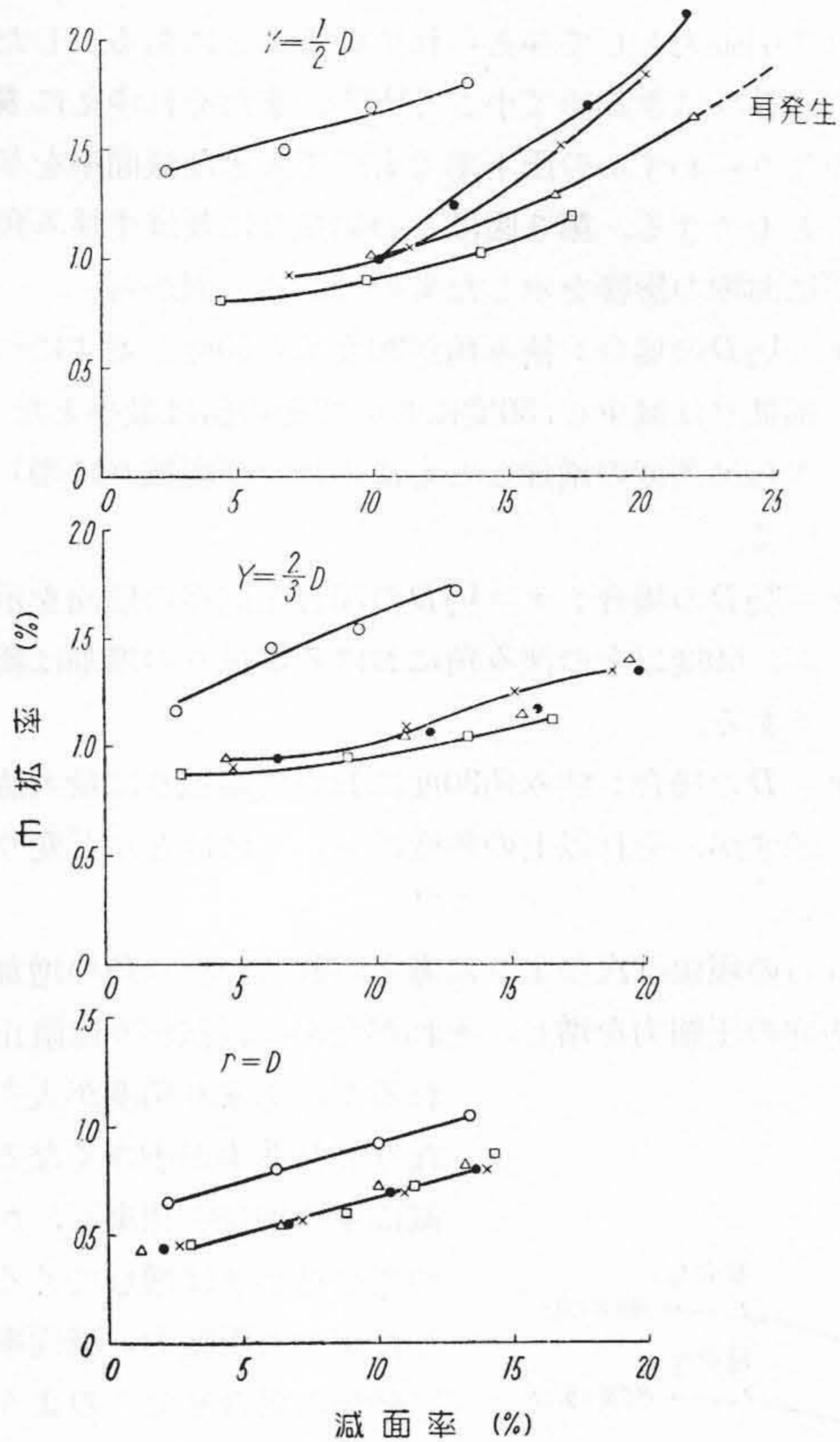
(3) ローラで変形中の材料の減面率と幅拡がり

第5図はローラで変形中の材料の減面率と幅拡りとを調べたもので、第6図に示す引



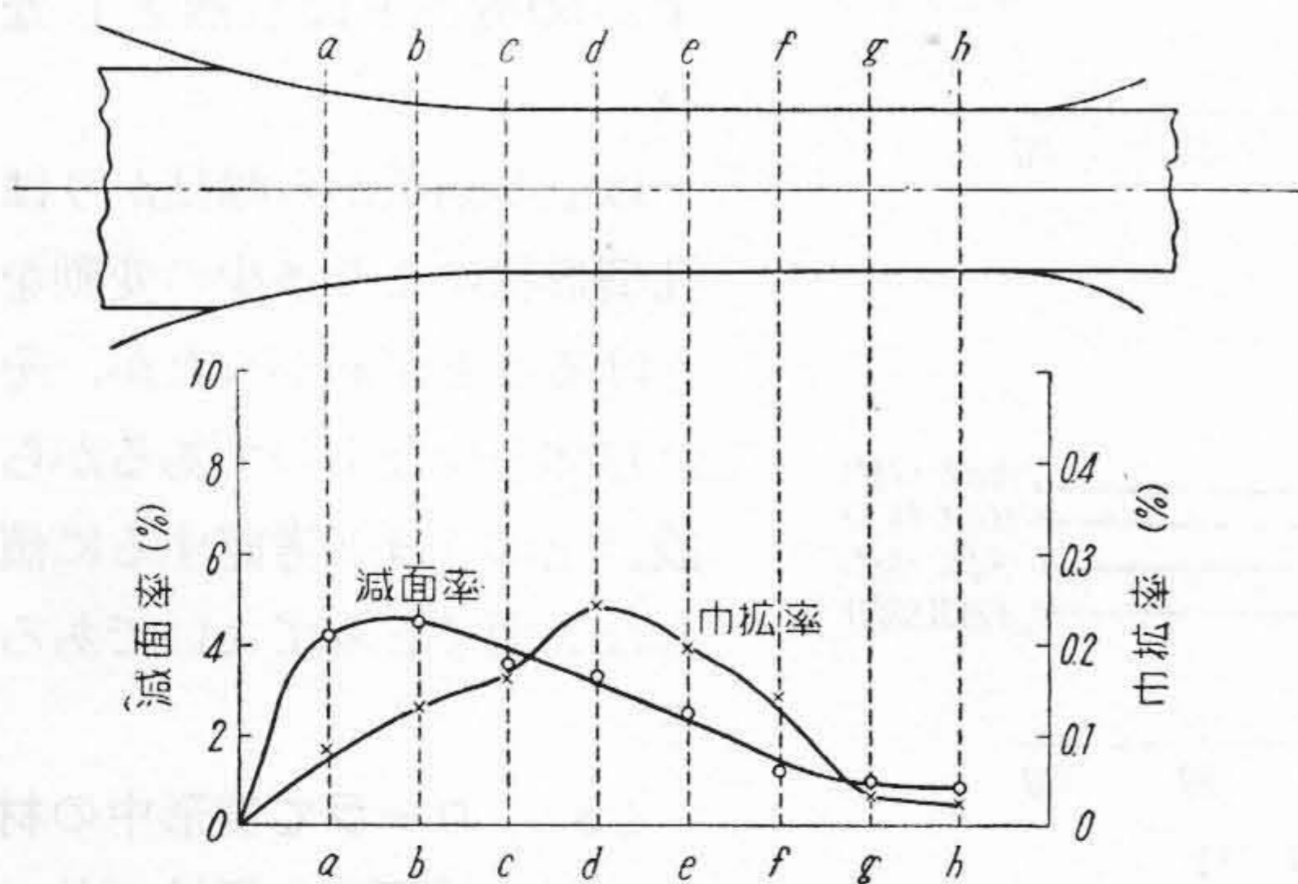
第3図 挟み角 α および曲率 r の幅拡りに及ぼす影響

添字数字は圧下率
()内数字は肉厚を示す

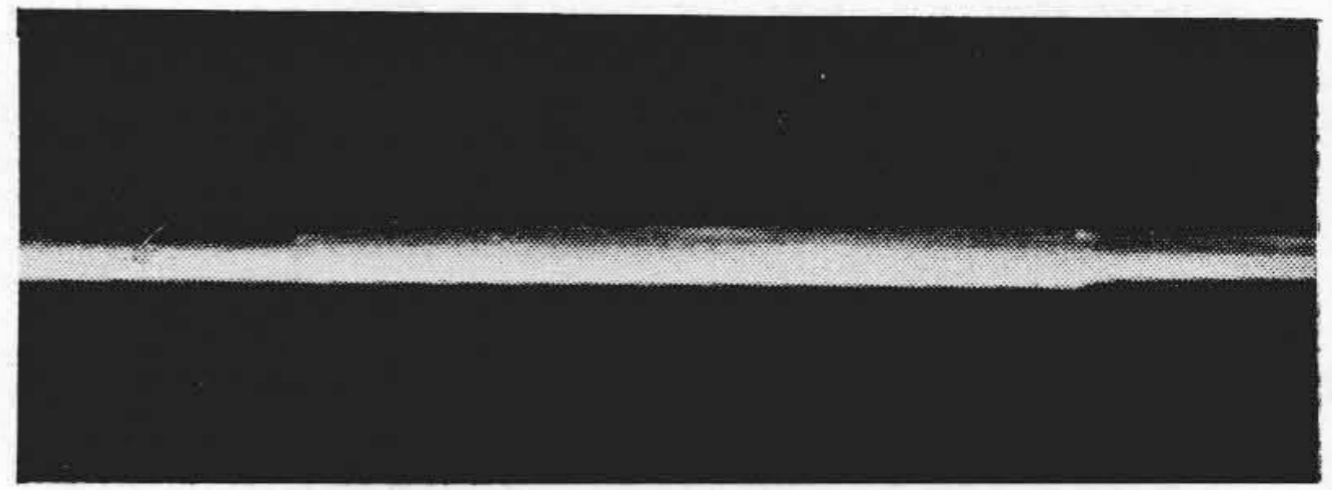


第4図 減面率の幅拡りに及ぼす影響

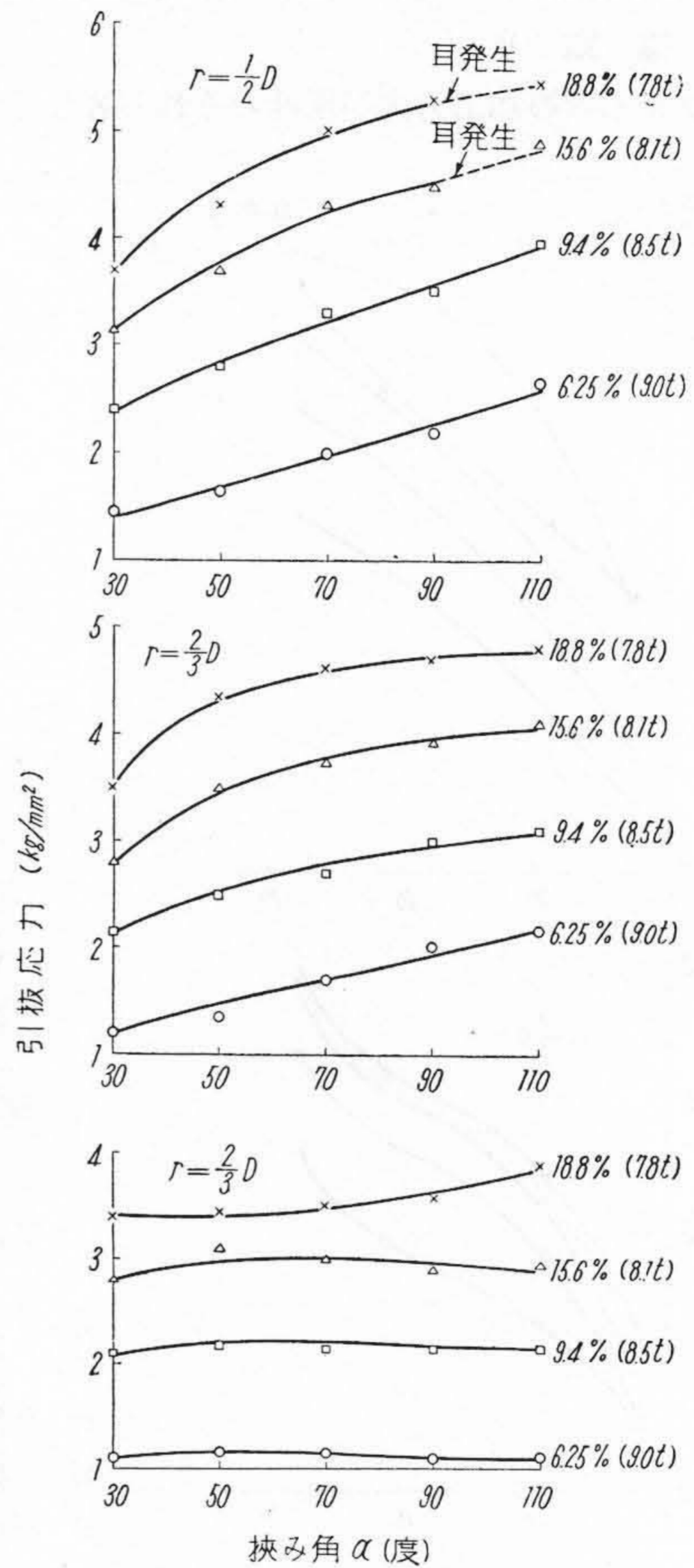
- 挟み角 30°
- 挟み角 50°
- ×—× 挟み角 70°
- 挟み角 90°
- △—△ 挟み角 110°



第5図 引抜過程における幅拡りと減面率, ローラー孔型挟み $\alpha=50$ 度
曲率 $r=D$ (8mm)



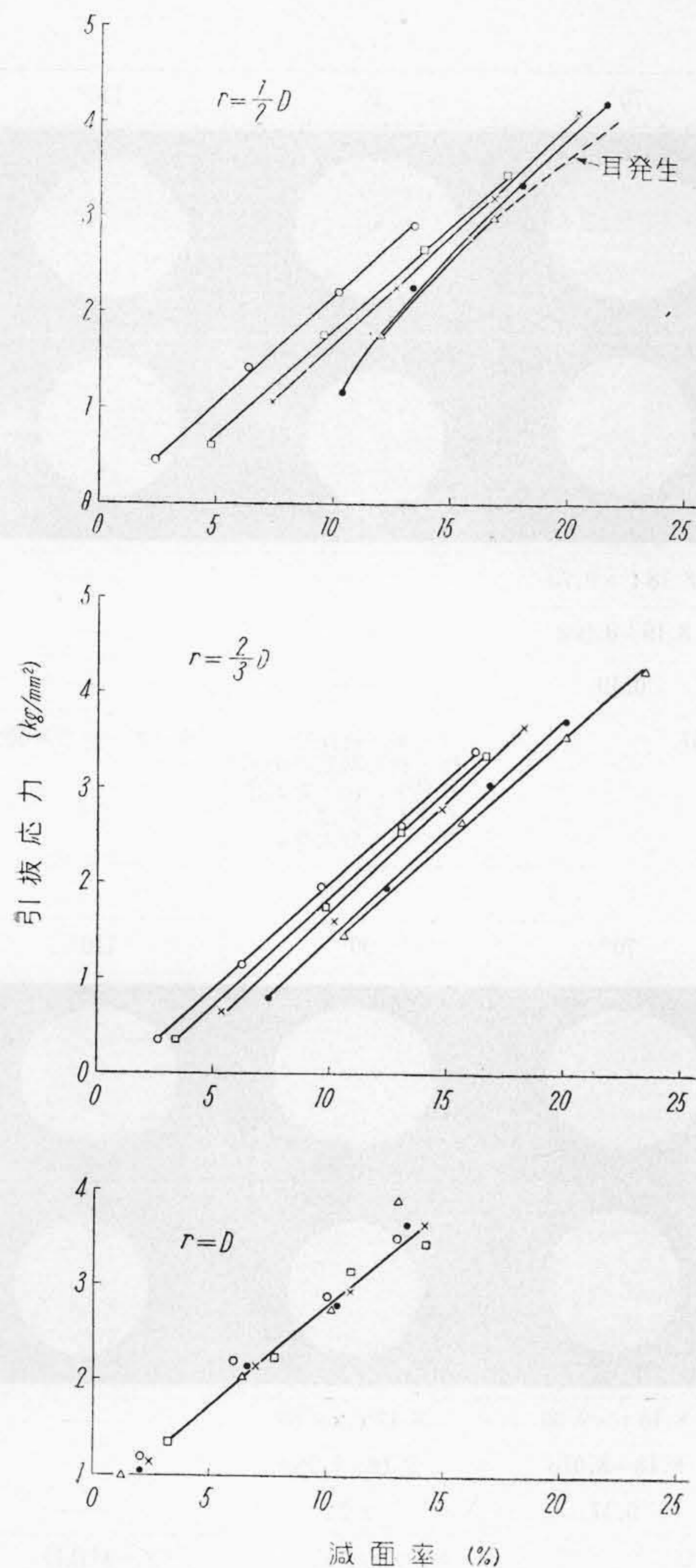
第6図 引抜材の一例



第7図 挟み角 α および曲率 r の引抜応力に及ぼす影響

添付数字は圧下率, ()内数字は肉厚を示す。

抜材を引抜方向に8等分し各区間ごとに測定したものである。減面率はローラーに噛み込まれ圧下が始まると急激にその値を増し、前半1/4近辺に最大値を示す。一方幅拡りはそれより若干おくれほぼ中央に最大値がある。引抜の終了期ほど孔型の接触部は増大するから被圧下面積も増加し、それに比例して幅拡りも増大するはずであるがその傾向はみられない。このことは圧延と同様に口唇状断面の角隅部は引抜終了まで決して孔型に接することのない自由表面であり、直接孔型によつて圧縮作用を受けない部分であるからであろう。すなわちこの部分は



第8図 減面率の引抜応力に及ぼす影響

- 挟み角 α 30°
- 挟み角 α 50°
- ×—× 挟み角 α 70°
- 挟み角 α 90°
- △—△ 挟み角 α 110°

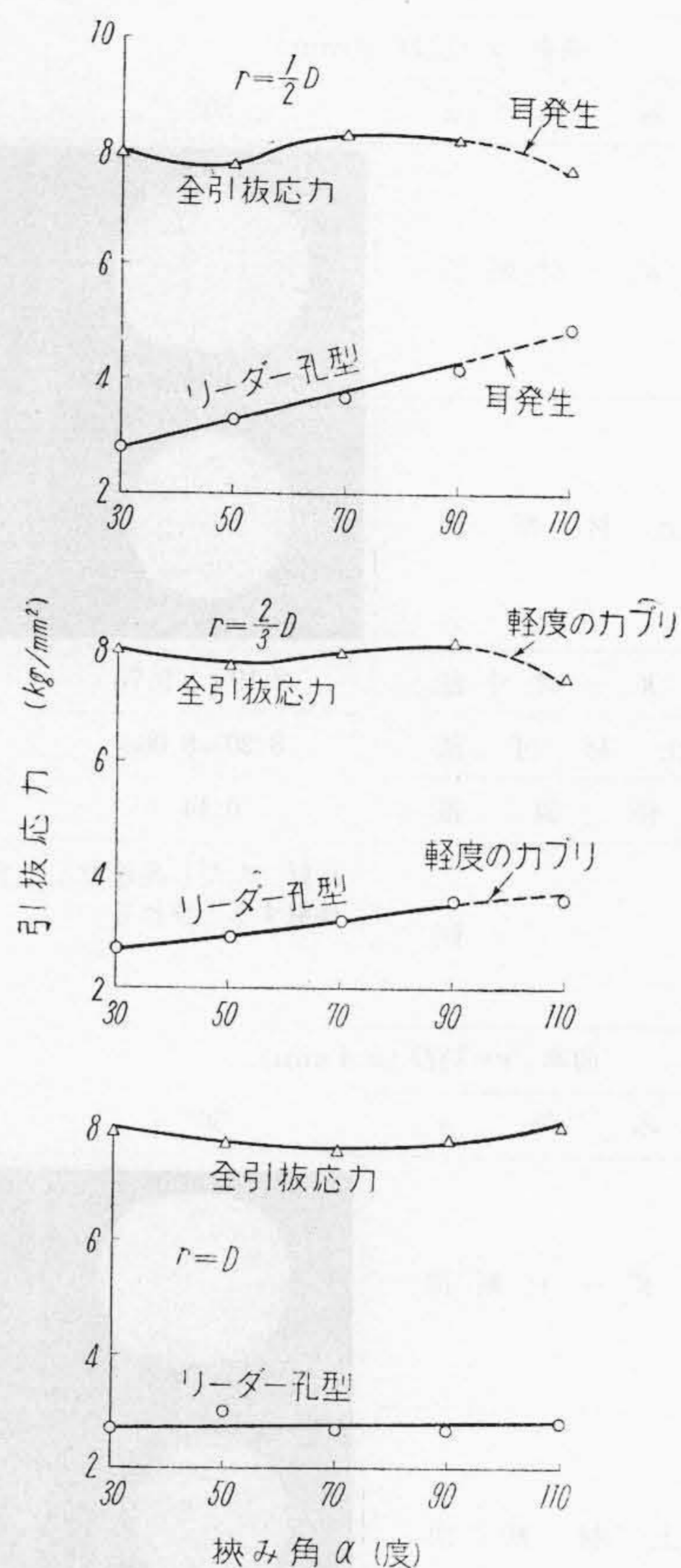
材料の内部抵抗のために主流部の延伸に附随して引張作用のみを受ける部分であるから、幅拡がりがこのために抑制されているのであろうと考察する。

筆者らの経験では、銅、アルミのような加工性良好な材料についてはその限りではないが、鉛入り黄銅のような加工性劣悪な材料については孔型形状により上記した角隅部から横割れの発生をみたことがある。実用上留意しなければならない事からである。

〔IV〕 引 抜 力

(1) 口唇状孔型による1パス引抜の場合

第7図は種々の圧下率でもつて引抜いた場合の引抜応



第9図 2パス連続に引抜いた場合の引抜応力に及ぼす挟み角 α および曲率 r の影響

力を示したものである。一般に挟み角の増加とともに引抜応力は増大する。しかし曲率が大きくなるとその増加の割合は緩慢で、 $r = D$ の場合15%以下の圧下率においては、ほとんど変化をみとめない。第8図は減面率と引抜応力との関係を示したものである。図から引抜応力は減面率の増加とともに直線的に増大するが、同減面率に対しては、挟み角の大きいものほどその値は小さくなる傾向がある（もつとも曲率が $r = D$ となるとその間の差異は明らかでない）。しかし曲率の影響は判然としない。

(2) 2パス連続引抜の場合

第9図は2パス連続して丸線より口唇状孔型—90度反転—丸孔型と丸線を引抜いた場合の引抜応力を示したものである。この場合の全減面率はいずれも30%であり、真円の仕上線をうるよう最適の圧下条件としてある。(第10図の最適条件の写真参照のこと)全引抜応力は中間の断面形状すなわち口唇状孔型の形状に関係なく 8 kg/mm^2 前後を変動している。前掲した第8図の結果では孔型形状がわずかではあるが引抜応力にある影響を与えている。それにもかかわらず2パス連続して引抜くこと

曲率 $r=1/2D$ (4mm)					
挟み角 α	30°	50°	70°	90°	110°
リーダー材断面					
仕上材断面					
リーダー材寸法	8.19 t × 9.70	8.13 t × 9.65	8.18 t × 9.70	—	—
仕上材寸法	8.20~8.06φ	8.14~8.00φ	8.19~8.00φ	—	—
直径偏差	0.14	0.14	0.19	—	—
外観	良好 ただし高速で伸線すると振れる	良好	良好	リーダー材良好 仕上材で軽度のかぶり発生、圧下を大きくすると角ばり、いびつの度合大きい	リーダー材で耳発生
曲率 $r=2/3D$ (5.4mm)					
挟み角 α	30°	50°	70°	90°	110°
リーダー材断面					
仕上材断面					
リーダー材寸法	8.15 t × 9.69	8.13 t × 9.64	8.18 t × 9.68	8.17 t × 9.68	—
仕上材寸法	8.15~8.02φ	8.14~8.03φ	8.18~8.01φ	8.19~7.98φ	—
直径偏差	0.13	0.11	0.17	0.21	—
外観	良好 ただし高速で伸線すると振れる	良好	良好	おおむね良好	リーダー材良好 仕上材で軽度のかぶり発生、圧下を大きくすると角ばり、いびつの度合大きくなる
曲率 $r=D$ (8mm)					
挟み角 α	30°	50°	70°	90°	110°
リーダー材断面					
仕上材断面					
リーダー材寸法	8.09 t × 9.63	8.12 t × 9.62	8.18 t × 9.62	8.16 t × 9.62	8.18 t × 9.62
仕上材寸法	8.12~8.04φ	8.17~8.03φ	8.17~8.05φ	8.22~7.96φ	8.20~7.92φ
直径偏差	0.08	0.12	0.12	0.26	0.28
外観	もつとも良好ただしきわめて振れやすい	良好	良好	おおむね良好	おおむね良好

第10図 最適条件で引抜いた場合の線の断面図
 リーダー材寸法：引抜材の肉厚×幅，仕上材寸法：仕上線直径の最大—最小



第11図 振れた引抜材の一例

によつてその影響は失われている。この点若干奇異の感じがするが減面率だけでなく、そのほかの要素が関係してくるのでなからうか今後検討を要する事がらである。

〔V〕 引抜線の真円度

圧延においては線の真円度を良好にするため、色々仕上孔型の形状を考案しており特殊の孔型施削法を実施しているところもある⁽³⁾。本法においては圧延に比し一般に孔型が小寸法で、その加工法も困難であり、実用上は圧下量の調整に負うところが大きい。特に二連式として引抜く場合には、リーダ孔型における引抜抵抗は仕上孔型に対し逆張力として作用し、そのために線が引細る傾向がある。もともと幅拡がりが少ない加工法であるから、ますます仕上孔型における線の膨らみは減少し仕上線はいびつとなり角ばつたものとなる。したがつてこれらの点を考慮して圧下量を調整することが必要である。

第10図は真円度の良い8φ線とするよう最適条件で引抜いた場合の断面図である。傾向として挟み角の小さい方がよく、大きくなると角ばつた線となる。真円度のもつとも良いのは $r = D$ 、 $\alpha = 30$ 度近辺である。直径偏差にして(直径の最大—最小、正確に真円度を表わすものでないが一つの目安として示した)8/100mm程度である。つまり本法においては、リーダ孔型は挟み角を小さく曲率を大きくした、いわゆる“ずんぐり型”の断面とした方がよいことになる。しかしこれも限度をこえると不安定になり、進入材は振れがちになる。事実高速の伸

線機で実用した結果によると、挟み角30度の場合にはきわめて振れやすく“耳”を生じ断線することがしばしばあつた。第11図にその一例を示すが、これはリーダ孔型と仕上孔型との間で振れ断線したものである。したがつて実用上は材料を孔型に固定するよう挟み角を50~70度、曲率を $r = D \sim \frac{2}{3}D$ とする方が安全と考えられる。

〔VI〕 結 言

以上ローラダイス伸線法における孔型形状の諸特性に及ぼす影響を概説した。いまこれらの結果を総合すると、本法による孔型の設計は次のようにすると良い。

(1) 中間の引抜工程に利用する場合

概してあまり真円度を重視されず、より大きな減面率が要求される。すなわち使用孔型数をできるだけ少なくしてなるべくすみやかに所要断面とすることが必要である。この場合には断線あるいは耳を生じない範囲において、挟み角を大きく(90度近辺)曲率を小さく($r = \frac{1}{2}D$ 近辺)することが必要である。

(2) 仕上引抜工程に利用する場合

ある程度減面率を犠牲にしても真円度を良好にすることが要求される。この場合には線が振れない範囲において挟み角を小さく(50~70度)曲率を大きく($r = D \sim \frac{2}{3}D$)する。すなわち“ずんぐり型”とすることが必要である。

本研究は日立電線株式会社電線工場斎藤工場長の御理解と御鞭撻をえて行われたものであり、東京大学五弓教授には終始御指導をいただいた。ここに深甚の謝意を表するしだいである。

参 考 文 献

- (1) 五弓, 岩田; 日立評論 別冊第15号 7 (昭31)
- (2) E. Siebel u, E. Osenberg; Miff K.W.I. Eisenf Diüsseld 16, 105~112 (1934)
- (3) H. Sedlaczek; Stahl u Eisen 73 (10) 446 (1953)

日立電線関係の論文紹介 (その6)

(第65頁より続く)

- (15) 621. 315. 2: 621. 395. 73
荻原英二, 星 武夫, 鈴木敏雄: カッド遮蔽市外ケーブルの諸特性, 日立評論 別冊15号 68 (昭31-10)
- (16) 621. 315. 2. 013. 78: 669. 15. 782-418
荻原英二, 渡辺勇司: 異方性珪素鋼帯を用いた電磁遮蔽ケーブル, 日立評論 38 (12) 1519 (昭31-12)

従来のパーマロイにかわつて異方性珪素鋼帯を取上げ、これをスパイラル状にして高温で水素焼鈍したのち、ケーブルに嵌合する方法によつて電磁遮蔽ケーブルを試作したところ、パーマロイを用いたものにくらべて数%

(最高10%) 遮蔽効果がすぐれることが明らかにされた。また異方性珪素鋼帯の磁氣的性質について調査した結果、鋼帯にわずかでも歪をあたえると μ (透磁率)は大幅に悪化するが、再焼鈍によつて大体元の値まで回復することがわかつた。さらに遮蔽係数から計算した磁性テープの μ の実効値は環状試料で測定した値より大幅に小さくなつている。この原因を究明するため周波数による μ の変化、鋼帯の圧延方向に対する磁束の方向と μ との関係などについて実験を行ない、実効の μ が小さくなる原因と μ の実効値を大きくし遮蔽効果をよくする目安をうる事ができる。

(第78頁へ続く)