

## スチーフエル・マンネスマン式穿孔機による製管法の研究 (Ⅳ)

## — 芯金位置の影響 —

(昭和28年4月本会講演大会にて講演)

井上 勝郎\*・加藤 信\*

STUDIES ON THE PROCESS OF PIERCING SEAMLESS STEEL TUBES  
BY THE STIEFEL-MANNESMANN PIERCING MILL (IV)

## (EFFECTS OF PLUG POSITION)

*Katsuro Inouye and Makoto Kato*

## Synopsis:

By actual use of the Stiefel-Mannemann piercer, the authors studied the effect of plug position upon the state of piercing phenomenon from practical points of view. The experiments were divided into two parts, namely No. A test and No. B test. In No. A test, the same plug was set back and forth in the axial direction by 60 mm. In No. B test, the length of plug's upper part was made varied within the same range of dimension.

The results obtained by No. A test were summarized as follows:

- (1) O. D. and wall thickness of tubes increased, and on the other hand the elongation rate of same decreased.
- (2) The power required decreased.
- (3) The twist of the tube surface became larger.
- (4) The piercing speed of tubes increased, while the slip diminished.
- (5) The revolving speed of tubes remained unvaried.
- (6) The distribution of reduction rate and speed during piercing operation became smooth, followed by the fall of peak.
- (7) The cracks on inner surface of the tube somewhat decreased.
- (8) The cracks on outer surface of the tube were deepened.

The results obtained by No. B test were as follows:

- (1) Dimension, power, piercing speed, revolving speed, reduction rate and speed and inside defects remained unvaried.
- (2) The twist of the tube surface became larger.
- (3) Outside defects were deepened.

Making use of the above results obtained, the following conclusions were drawn.

- (1) By moving plug position, the dimension of tubes was enabled to be made varied.
- (2) The more plug was set in forward position, the more advantageous was it for us with respect to the surface twist and outside defects of tubes. But it could not be said that it was especially beneficial to inside defects of tubes.

## I. 緒 言

スチーフエル・マンネスマン式穿孔機に於て穿孔変形状況を左右する第4の要素として、芯金の位置の影響について報告する。周知の如く管材はロールに噛み込まれ

ると共に、ロールによる横方向の圧縮を受けて中心部に崩壊を生ずる。芯金は此の崩壊が無制限に発生する事を防止すると共に、管内面に対して第3のロールとして働

\* 日本特殊鋼管株式会社

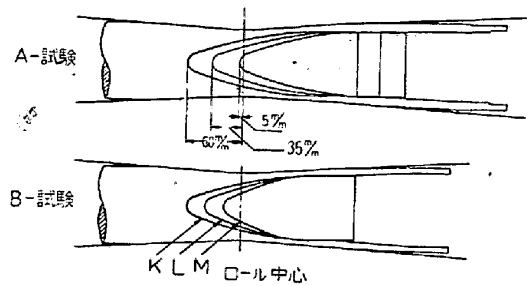
らき、ロールと芯金の間で管を螺旋状に圧延して、内面は滑らかな管に仕上げる。従つて現在芯金位置の影響として普通現場的に考えられているのは、(1) 芯金ではできるだけ穿孔入口側に突き出しておけば、内面の崩壊を早期に押えつけ、無用な割れはつくらないから、できたパイプの内面割れ発生率が低い<sup>4)</sup>、(2) 芯金を前に出す程、芯金とロールとの間隙が狭くなるから、パイプの厚さが薄くなる。以上2点が主要な事項である。今回の実験は之等の点を確かめると共に、その他の変形状況にもどんな変化が現われるかを明かにしたものである。

### II. 実験方法

今迄の実験と同様に、工場の 1000 H.P. 穿孔機を用い、他の条件を同一に保つて、芯金位置のみを色々かえて、実際の穿孔作業を行い、必要なデータをとつた。実験中一定に保つた穿孔条件は次の通りである。

- ロール傾斜角 7.5°
- ロール間隔 76mm
- 抑え板間隔 91mm

芯金位置の変化は第1表に示す様に計画した。A試験と称するものは、同一芯金を使つてその位置を変化させたものである。現場的に言う芯金位置の変化は之である。所が此の様に芯金全体を動かすと、ロールと芯金の相対位置が変化するから、穿孔後半に於ける管の変形状況、特にリダクションの模様はかなり変つてしまうので芯金先端部の位置の影響のみを純粋に見るには不適當である。そこでB試験として、芯金後半部の位置は同一に保ち、先端部の形状を変えて、前方に出たものと後方に引込んだものとを比較した。此の試験によれば、穿孔後半の変形状況は全く同一であるから、単に芯金先端部の位置のみの影響を見る事ができて、管材内部の崩壊に対する芯金先端部の作用を明かにする為には特に適している。第1図は以上の実験条件を図示したものである。



第1図 芯金位置を変えた穿孔断面圖

使用管材は従来と同様に、約 4m の低炭素リムド鋼管材を予め材質調査をして、良材不良材とりまぜて10本撰び、之に均質な良材としてキルド鋼1本を加え、合計11本を5等分に切断して、上記5組の実験に割りあてた。10本のリムド鋼中9本及びキルド鋼1本は穿孔を完了して、寸法、動力、穿孔速度及び発生疵の調査資料とし、残るリムド鋼1本は表面条を入れておいて、穿孔途中止めとし、穿孔変形過程の調査に使つた。又キルド鋼は予め表面に4本の人工条を入れておいて、外面疵発生状況の比較試料とした。

穿孔前の加熱条件は均一に保持し難いので、できるだけ同一条件に保つ様に努力しつつ、一方実験順序をまぜ合せた実際の穿孔温度は、平均 1245°C、偏差 ±20°C、加熱時間は平均 2.5 時間であつた。

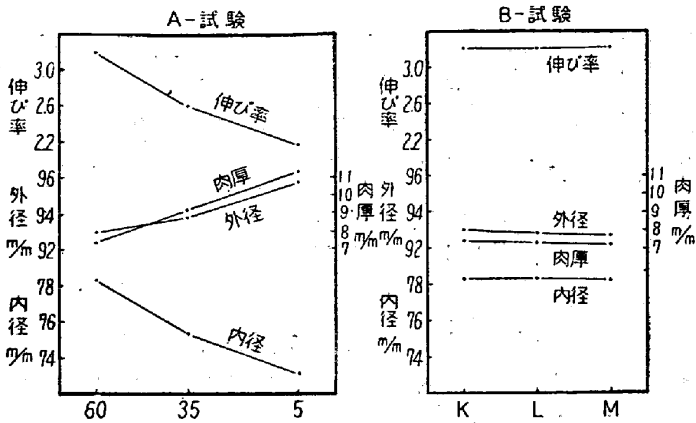
使用した穿孔ロールは中央部の直径 790mm で、表面にスリップ防止のローレットを入れてあり、ローレットを入れてから約 250t 圧延した状態で実験に使つた。又各試験に於ける芯金の位置は予定と実際に喰い違いがあるので、途中止め試料から実測した位置を以て、実際の試験に於ける値とした。

### III. パイプの寸法

穿孔機のパイプの外径、内径、肉厚、及び伸び等について、多数の測定値から得た平均値を図示したものが第

第1表 芯金位置の試験条件

実験番号	1	2	3	4	5	備考
実験別	A, B	A	A	B	B	
芯金形状	符號	K	K	K	L	M
	高さ mm	185	185	185	165	145
	直径 mm	73	73	73	73	73
芯金底面位置 mm	125	160	190	125	125	ロール中心よりの距離後方に向つて測る
芯金先端位置 mm	60	35	5	40	20	ロール中心よりの距離前方に向つて測る



第2図 寸法及び伸び率の変化

2図である: 此の図から次の事が明かである。

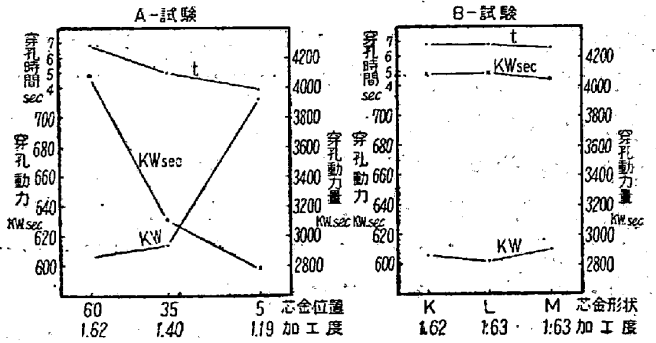
A試験: 芯金を前方に出すと共に、外径及び肉厚は減少し、内径及び伸び率は増加する。変化は第1図から明かな様に、芯金を前方に出すと共に、ロールと芯金との最狭間隔が狭くなる為である。そしてパイプ肉厚の測定値は図上で測定した最狭間隔とよく一致する。之は今迄の実験でも<sup>2)</sup>常に認められている所である。又芯金が後方に下ると共に、ロールと芯金の間での圧延が終了する位置が後方になるから、従つてその時のパイプ外径は大きくなる。しかしパイプ外径はパイプがロールを離れる点に於けるロール間隔そのものではないから、実測外径と図面上から求めた値とは一致しない。芯金位置によるパイプ寸法の変化は、第2報<sup>2)</sup>で述べたロール間隔及び芯金直径による変化と同程度に大きく、穿孔機のパイプ寸法を一定範囲内で比較的細かく調節する手段として、上記3者がある事がわかる。

B試験: 此の場合は、パイプ寸法を決定する穿孔後半部に何等の変化がないから、寸法の変化もない。実測結果も之を裏書きしている。

#### IV. 所要動力

穿孔機モーターの電力を記録電力計で記録した。此の記録から、平均動力 (KW) と所要動力量 (KW·sec) を求める事ができる。第3図はその結果を示す。図上の点は各々 10 本のデータの平均値である。

A試験: 第2報の結果によると、加工度 1.65 附近迄は所要動力量は加工度に比例して増加し、加工度が之以上になると、局部的異常変形を伴なう為、動力量の増加が急激になる。今回の実験では、芯金が前進する程薄肉のパイプができる為加工度は大きい、最大 1.62 であるので、第2報<sup>2)</sup>と同様の結果が得られた。平均動力 (KW) は芯金が後退する程大きくなる傾向があるが



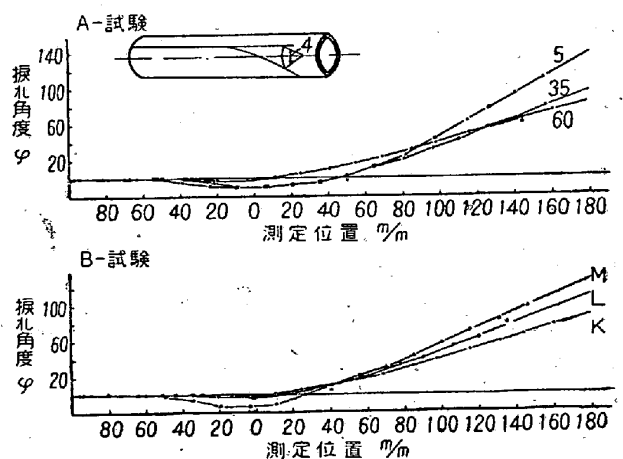
第3図 所要動力の変化

その程度は小さい。第2報の結果では、此の範囲の加工度の変化では有意な相関を認めていない事を合せ考えると、変化があるとは認め難い。

B試験: 動力量、平均動力共に変化しない。この場合は、できたパイプの寸法が同一である為、加工度には変化がないので、此の点からは動力量に変化がない事は了解出来る。しかし穿孔前半部に於て、管材の中に芯金がある場合とない場合とでは、変形抵抗と附加的変形とに影響があつてもよいと考えられる。しかるに実際は動力量に実用上の変化がないという事は、此の影響があつても僅かであつて、動力量と平均動力は穿孔後半に於ける変形で殆んど定まる事を示している。

#### V. 表面の換れと主変形

表面に軸方向の人工条を入れた管材を穿孔途中止めし之を輪切りにして表題の各項目を測定した。



第4図 穿孔中の換れ角の変化

##### (a) 表面の換れ

第4図は穿孔過程に於ける換れ角 $\phi$ の変化を示したものであるが、A試験、B試験共芯金先端が後退している程換れが大きい。又穿孔前半部に於て逆方向に換れられる

量も大きい。此の理由は次の様に考えられる。

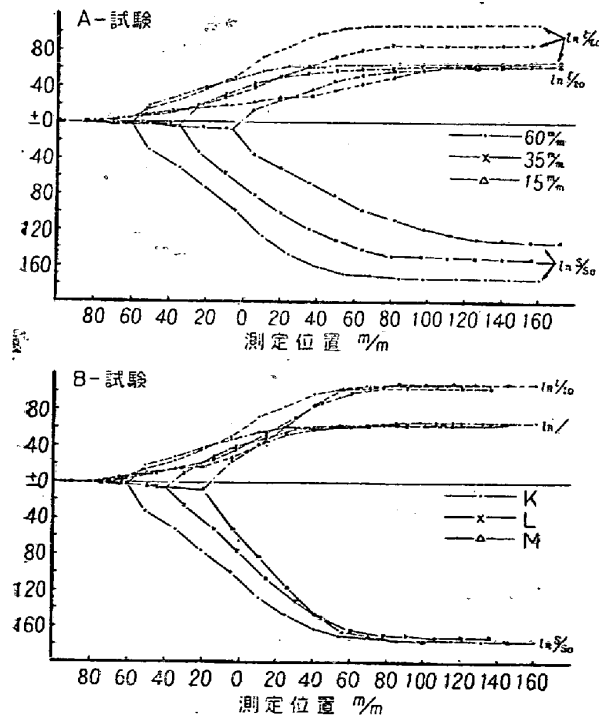
イ) 表面の振れはロール周速度が場所によつてちがう為に生ずるのであるが、それは第7図の理論回転数  $n_r$  のロール中心と両端に於ける値の差で示される。同図によると、その値は芯金位置が後退している程大きい、その理由は、 $n_r$  はロールの周速度をその位置に於けるパイプの円周で割つたものであるが、芯金が後退している程ロール中央附近に於けるパイプの膨出が小さい為である。それは管材の中に芯金が存在していない為に、ロールと芯金の間で管材が圧延を受けて膨出する事がないからである。第7図の実測結果によると、ロールとパイプの間のスリップは芯金位置によつて殆んど変化がないから、パイプの実際回転数の場所による差も、芯金が後退した場合程大きく、振れも大きくなる。

ロ) 芯金が前に出ていると、パイプは中央部附近で膨出して上下の抑え板に接触する。第3報で述べた様に、ロール中央部附近に於てパイプが抑え板と接触すると振れは小さくなるので、此の事も振れの小さい理由になる。

此の様に芯金が後退している程表面の振れが大きい事は、特に表面疵の助長に悪影響を及ぼす。

(b) 主変形

途中止め試料を輪切りにして、肉厚方向 (e)、切線方向 (o)、軸方向 (l) の3つの主変形の変化する過程を調べると、変形状況が明かになる。第5図は此の結果である。



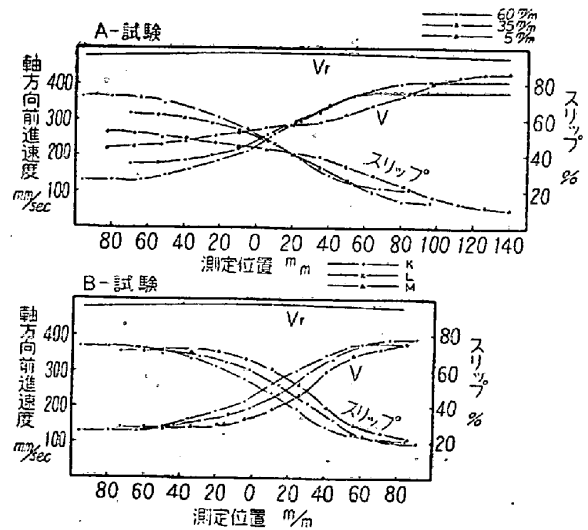
第5図 穿孔中の主変形の変化

A試験: 肉厚方向の主変形は芯金位置をづらせると、それに依つて相似的に変つている。切線方向の主変形、則ち平均半径の変化は、穿孔完了後は芯金位置によらず殆んど同一であるが、穿孔中の変化は、芯金位置が後退している程急激に行われる。又一般にロールに噛み込まれてから芯金の作用が始まる迄の間は、平均半径が減少するのであるが、その期間が芯金の後退している程長いのは当然である。伸びの変形は、芯金位置とは無関係に管材がロールに接触すると共に始まり、それ以後は芯金が前方にある程値が大きい。之は肉厚変化に対応するものである。

B試験: 試験の性質上、穿孔終了後の主変形はすべての芯金先端位置の場合も同一であつて、ただそこに至る過程が、芯金が管材に作用し始める位置の差によつて変つている。その状況はA試験と同様であつて、芯金先端が出ている程変化が緩やかである。

VI. 前進速度

前進速度は所謂穿孔速度であつて、穿孔能率を決定する。穿孔後のパイプの長さを穿孔時間でわれば、穿孔機出口に於ける平均値がわかる。又穿孔途中止め試料から穿孔中の各位置に於けるパイプの断面積を求め、圧延流量一定の法則により逐次逆算してゆけば、穿孔過程の各位置に於ける前進速度が求まる。第6図は、図の右側の出口の値を測定し、それから穿孔中の値を逆算した結果である。又同図に示したスリップは、ロール周速度の軸方向成分との差の%である。



第6図 穿孔中の前進速度の変化

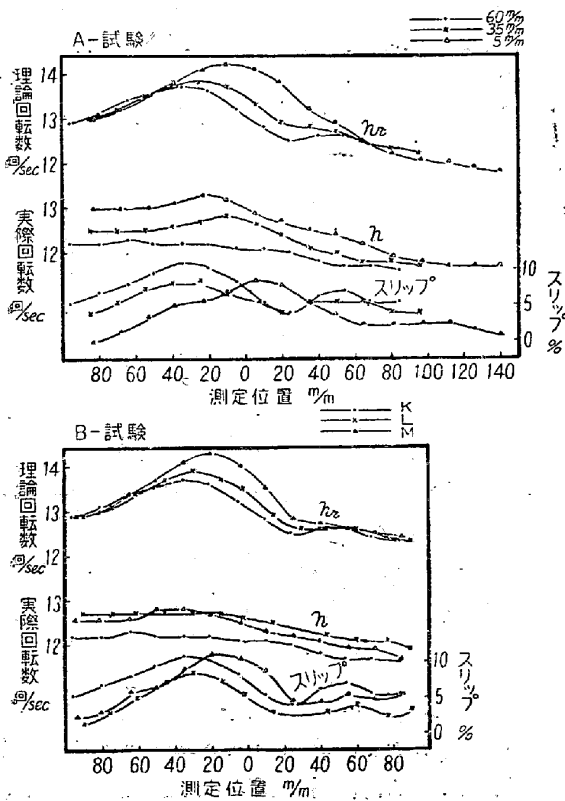
A試験: 芯金位置が後退している程前進速度が大きい。ロール周速度の軸方向成分(理論速度  $V_r$ ) は勿論芯金位置にかかわらず同一であるが、ロールと芯金の間隔が

小さい程前進に対する抵抗が大きいので、前進速度は小さくなる。第6図に於て、穿孔入口の速度には芯金位置の影響が明瞭に示されている。穿孔が始まると共に、パイプの伸びの変化が芯金位置によつて異なるので、穿孔中には速度の順位が入れかわる、しかし穿孔を終了した出口に於ては、再び芯金が後退した場合程速度が大きくなつてゐる。ロールに対するスリップは理論速度が一定である為に、前進速度と逆の関係にある。

B試験：穿孔機出口及び入口に於ける速度は、どの場合も共通である。ただ穿孔中の値が芯金形状に応じて變つてゐるだけである。前記の様に、ロールと芯金の間隔の大小が前進速度を支配するが、此の結果によれば穿孔後半部に於ける間隔、形状だけが問題であつて、穿孔前半の間隔は問題にならない。則ち前半の形状が色々な芯金を使つたにもかかはらず、後半が共通であつた為に、穿孔出口及び入口に於ける前進速度は同一になつた。

### VII. 回 轉 速 度

第1報乃至第3報と同じ方法で、穿孔中及び穿孔出口に於けるパイプの回転数を測定した結果が第7図である。此の図で、理論回転数  $n_t$  はロール周速度と同じ周速度で回転したと仮定した場合のパイプの回転数の事である。従つて此の場合、ロール周速度はどの場合でも共



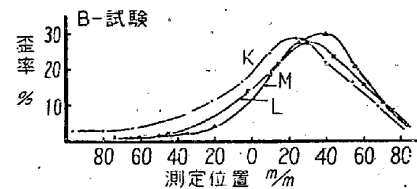
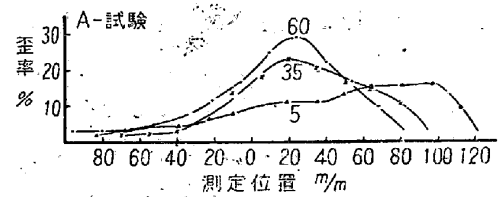
第7図 穿孔中の回転数の變化

通であるにかかわらず、穿孔中のパイプの膨出度に相違がある為に、図にみる如く、A試験B試験共芯金が後退している程穿孔中の理論回転数が大きい。

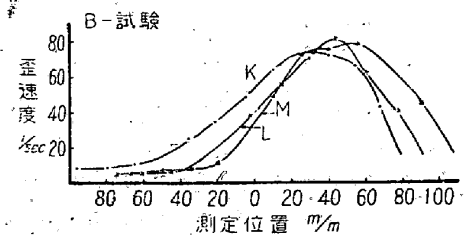
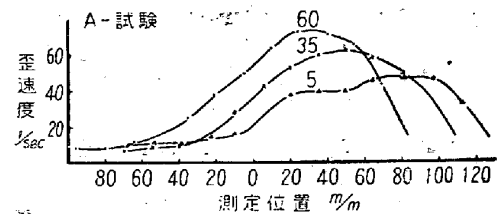
パイプの実際回転数は、その影響を受けてやはり芯金位置が後退した場合程大きい傾向がある。但しA試験ではかなり明瞭に差があるが、B試験ではやゝ不明確である。又実際回転数が、穿孔前半に於ては大体変化がなく、後半になつてロールと芯金の間隔が狭まつた為の抵抗によつて低下する事は、前各報<sup>1)2)3)</sup>で得たと同じ結果である。

### VIII. 穿孔中の歪率と歪速度

今迄度々述べた様に、穿孔変形はロールと芯金の間に於ける圧延が、スパイラル状に連続したものであるから穿孔途中止め試料を輪切りにして、各断面に於てロールと芯金の間で行われている圧下率(歪率)を実測し、又前節の回転速度の結果を使つてその場合の圧下速度(歪速度)を求める事ができる。此の結果が第8図及び第9図である。



第8図 穿孔中の歪率の變化



第9図 穿孔中の歪速度の變化

A試験：芯金の位置を変えると、歪率及び歪速度共にかなり明瞭な変化が現われる。則ち芯金が後退すると共に、最大歪率及び最大歪速度が低下し、又それが現われる位置が穿孔後半に向つてずれる。特に前進位置5mmの場合は非常になだらかで、しかも値の低い曲線となるのでパイプ内面割れ疵の発生に対しては良い影響があると考えられる。歪率及び歪速度の最大値は前各報の結果とよく一致している。

B試験：此の場合は穿孔後半部に於けるロールと芯金の間隔は全く同一であるから、歪率及び歪速度共に、その最大値もそれが現われる位置も測定誤差範囲内で一致している。ただ穿孔前半部に於ける曲線の形が芯金の形状に依つて変つてきているだけである。

IX. 割れ疵の發生

(1) 内面疵

今迄の各報と同様に穿孔後のパイプを酸洗し、縦断切開してパイプ内面に発生している疵を調べた。所が今回は此の方法では内面疵は殆んど発見できなかつたので、次にパイプ横断面を所々マクロ・エッチして断面内の微少な疵を調べた。その結果次の様な結論を得た。

A試験：ふつう芯金を前方に出す程、内面疵が少ないと言われているが、実際は必ずしもそうではない。今回の結果では後方へ下げた場合の方が下表の様にむしろ疵が少ない。芯金を後方へ下げると、第8図に示す様に歪率の分布が緩かで均一になる事と、一方芯金前方での繰返し圧縮数は下表の如く左程増加しない為と考えられる。結局、単に芯金の位置というよりは、ロールと芯金の間で行われる圧延の状況を考慮した芯金の形状が内面歪の発生を支配すると考えるべきであろう。

芯金位置		+5 mm	+35 mm	+60mm
パイプ 回轉 數	嚙込みより芯金 先端	5	4	3
	芯金先端より 穿孔完了迄	5.5	6	8
	合計	10.5	10	11
一断面内の内面疵の 長さの平均 mm		3.5	9.7	9.7

B試験：芯金先端が前方に伸びている事が内面疵の防止に役立つと言われているが、今回の低炭素鋼に関する限り之も認め得なかつた。今回試験したどの条件の場合も大体同程度の割れ疵を発生している。但し穿孔途中止め試験材に於て、芯金直前の断面に発生している割れ疵の数は、芯金先端が下つている程多い。之は下表の様に

管材がロールに噛み込まれてから芯金にあたる迄にうけられる回轉數に対応している。

芯金先端形状		K	L	M
パイプ 回轉 數	嚙込みより芯金先端迄	3	5	7
	芯金先端より穿孔完了迄	8	6.5	5
	合計	11	11.5	12
疵の數		12	14	17

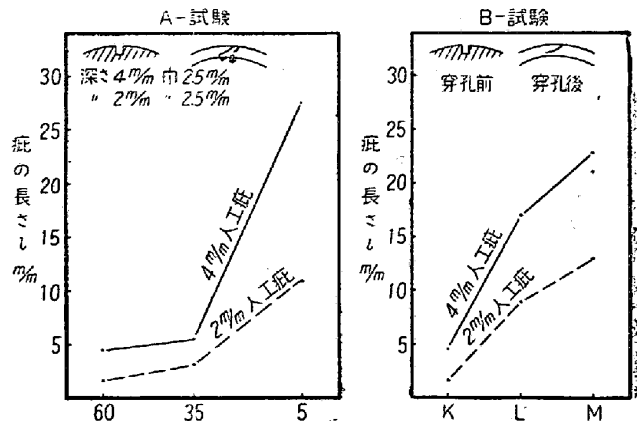
従つて芯金が前方に伸びていない事は、内面疵の原因を作り易い事は事実であるが、それが直ちにパイプに於ける内面割れ疵になるとは言えない。

以上各場合共、管材材質による差は高度に有意であつた事は従来と同様である。

結局、芯金の位置と先端の長さが内面疵に及ぼす影響は普通に言われている程著しいものではなく、管材材質或いは芯金全体の形状の影響の方がはるかに大きい。

(2) 外面疵

管材表面に縦割れ疵があつた場合、之が穿孔により發展する程度を比較する為、予め1本の管材表面に人工疵を入れてをき、穿孔後のその疵の形状を輪切り断面で比較した。管材につけた人工疵の寸法は巾2.5mm、深さ2mm及び4mmの2種類とし、管材円周上に2ヶ所づつ、合計4ヶ所入れた。第10図に示す様に、溝型の人工疵は、穿孔によりラップ状に長く切れ込むが、切れ込む長さlが大き程外面疵として不都合であるから、lによつて疵の比較を行つた。第10図に示すlの値は1本のパイプについて4ヶ所の断面の平均値である。



第 10 圖 外面疵の變化

図から明かな如く、A試験及びB試験共に芯金先端位置が後退している程、外面疵の捲込む程度が甚しい。則ち穿孔前半部に於て管材中心に芯金がない事が外面疵の

巻き込みを深くしている。

### X. 総 括

同一芯金を用いて、実用範囲内で位置を前後させた場合の穿孔状況に及ぼす影響を調べた結果、芯金の後退と共に次の変化を生ずる事がわかった。

- (1) パイプの外径及び肉厚は増加し、伸び率は減少する。
- (2) 所要動力量は減少する。
- (3) 表面振れは大きくなる。
- (4) 前進速度は幾分大きくなり、スリップが減少する。
- (5) 回転速度は殆んど変化しないが、幾分大きくなる。
- (6) 穿孔中の歪率及び歪速度の分布は滑らかになり最高値は低下する。
- (7) パイプに生ずる内面疵はやゝ減少する。
- (8) パイプに生ずる外面疵は深く巻き込む。

又、芯金の先端部の形状を変化させて、先端を長く前方に突き出した場合の影響は、芯金後半部の形状が同一であるならば、

- (1) パイプ寸法、動力量、前進速度、回転速度、穿孔中の歪率及び歪速度及びパイプの内面疵は変化を認めない。
- (2) 表面の振れは先端が短い程大きい。
- (3) パイプの外面疵は先端が短い程深くはいりこむ。

以上の結果により、実作業に対する結論として次の様に言える。

芯金位置という意味は2通りに解釈できるが、同一形状の芯金を前後させる場合は、後退させない方がよい。但し後退させるとパイプ内面疵の発生が著しいという従来の考え方は低炭素鋼に関する限り疑問である。むしろ外面疵に対する悪影響の方が著しい。

次に芯金先端がどこ迄伸びているかという意味に解釈するならば、芯金後半の形状が同一である限り、パイプ表面の振れと外面疵の深さ以外は殆んど影響がない。此の場合も、芯金先端が長い程内面疵が防止されるという考え方に疑問がある。

最後に、実験を行うに当つて示された、須永社長以下関係各位の御指導と御援助に厚く謝意を表する。

(28年7月寄稿)

### 文 献

- 1) 井上, 加藤: スチーフエルマンネスマン式穿孔機による製管法の研究 (第1報), 鐵と鋼, (1952) 6月號
- 2) 井上, 加藤: 同上 (第2報), 鐵と鋼, (1952) 12月號
- 3) 井上, 加藤: 同上 (第3報), 鐵と鋼, (1953) 9月號 966
- 4) McLaren: Factors in the Operation of a Mannesmann Piercing Mill, Iron and Steel Engineer, April, 1948.