

# JIS Screw Elbow の流体力学的特性

緒 方 正 幸\* 上 松 順 二 \*\*

## 1. 試験の要旨

近年わが国の重工業はハードの輸出からタンキージョブの輸出へ移行し、特に砂漠等きびしい地方では、現地工事費が全体の半分以上を超えることもあり、その費用を左右する配管設計の改善を迫られた。

配管設計に必要なデータは、プラントの性能に影響を持つ圧力損失係数と、事故原因となるキャビテーションの発生限界であるが、エルボについては実用になるデータが不足し、多用されるねじ込みエルボについてはほとんどない故、その実体を卒業研究で調査して見た。

2 インチ管を使い、上流エルボ(エルボ-1)と下流エルボ(エルボ-2)間を、1; 5d 2; 3d 3; 2d 3種とし、エルボ-1とエルボ-2の曲り方向をA; 同方向 B; 直角方向 C; 反対方向 3種とし、流速を  $\Delta P=55\text{mm}$ ; 約  $0.8\text{ m/s}$  ( $R_e \doteq 3 \times 10^4$ )  $\Delta P=220\text{ mm}$ ; 約  $1.7\text{ m/s}$  ( $R_e \doteq 9 \times 10^4$ )  $\Delta P=500\text{ mm}$ ; 約  $2.5\text{ m/s}$  ( $R_e \doteq 1.1 \times 10^5$ ) 3種について実験を行った。

卒研究生安藤信孝、後藤学、松枝力、渡辺勝美諸君の努力により、以下に記す貴重なデータが得られたが、その過程で内部観察のため使用した有機材配管のねじ切り加工、160点以上の圧力取り出し作業、及び予備試験を含めて100回以上の計測、計測に当っては以下に記す精度の確保、データから文献にない新事実の読みとり等、貴重な体験をつまえたことは、そのまま社会に出て役立つものと信じる。

## 2. 実験データの要旨

実験データ精度については、図1で  $\Delta P=500\text{ mm}$  時のエルボ曲りの内側3を連ねた線を、 $\Delta P=225\text{ mm}$  時及び  $60\text{ mm}$  時の上にプロットして見ると、 $\Delta P=225\text{ mm}$  時はほぼ合うが、 $\Delta P=60\text{ mm}$  時には全体の1/3以内の誤差があると見れば、 $\Delta P=500\text{ mm}$  時のデータは約3%の誤差以内の精度を持つものと見てよい。

従って  $\Delta P=500\text{ mm}$  時のデータをもとにして観察した結果を以下にまとめる。

(1) 伊藤<sup>1)</sup>による図2と比較すると、図3に示す如く内側の圧力が低く外側が高いという共通点がある。

(2) エルボが存在するため前後の直管部流れに生じる歪は、図1より、エルボ-1の上流は4dでもまだ位置3に偏流が見られる。エルボの下流はエルボ-1, 2共に1dでは既にほぼ整定している。

\* 理工学部機械工学科助手 流体力学

\*\* 機械工学科教授 流体力学

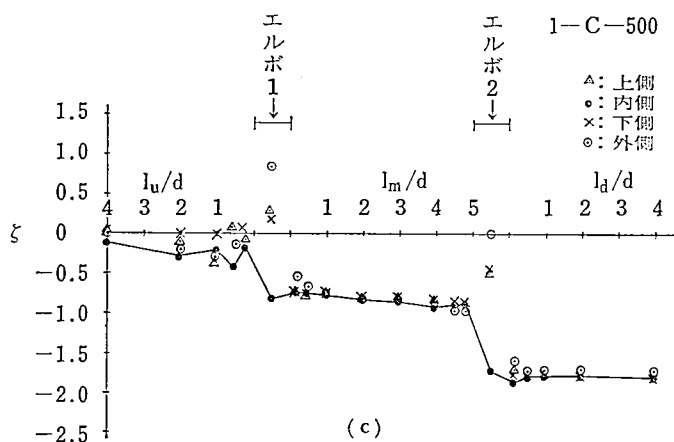
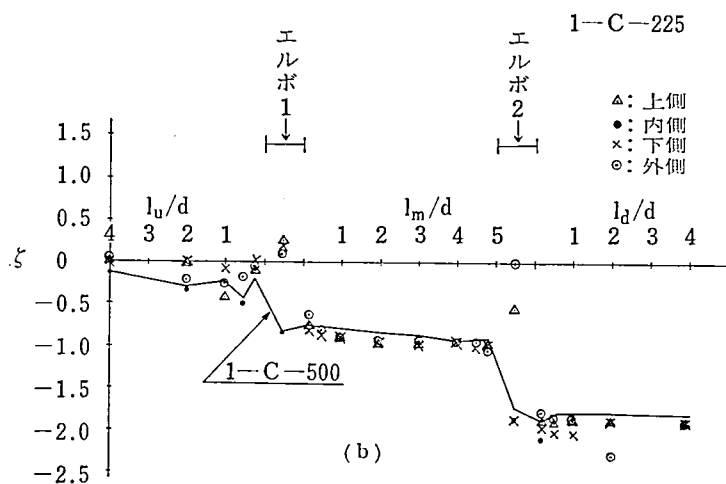
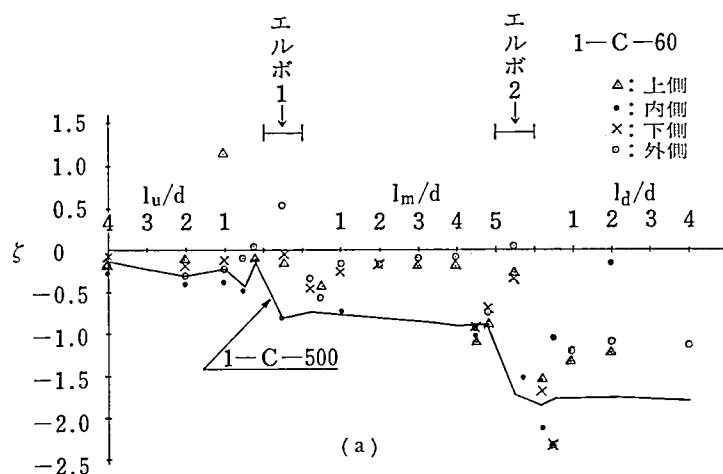
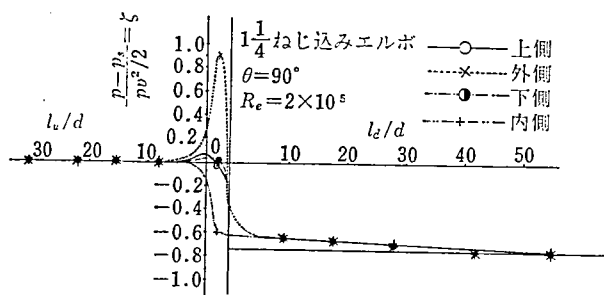
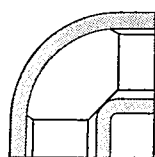
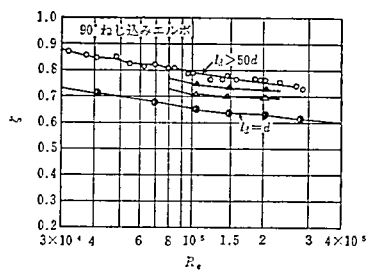


図 1 エルボ前後の損失係数分布 (パラメータ: 流速)



(a)

ねじ込みエルボ  
断面概略

(b)

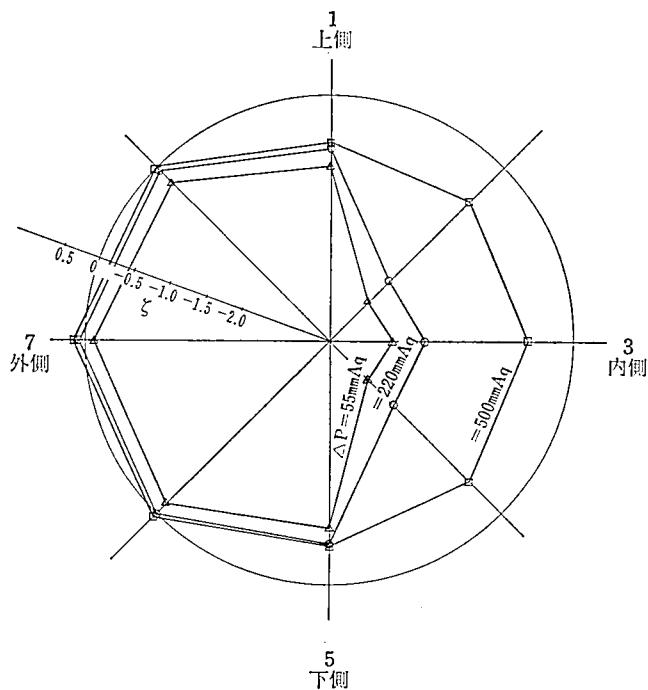
図 2 エルボの損失係数 ( $R=23.4 \text{ mm}$ ,  $d=34.9 \text{ mm}$ )

図 3 エルボ-2 の長手中央部圧力の円周分布

このことは、配管途中にベンド等外乱を与えた場合、その影響の及ぶ管長が、下流側より上流側が大きいことを示し、文献にない新事実を示す。

(3) エルボ上流直管部の内部偏流は、図1より、円周を8等分してとった計測位置1;上3;ベンド内側5;下7;ベンド外側とすると、それぞれの圧力が、長手方向に位置が移るにつれ上下の順序が入れ代わる。すなわち図1, 4及び5でエルボ-1の上流1d点で計測点3と7の圧力が入れ代わるものが散見される。

またエルボにより引き起される2次流は、計測点3-7を結ぶ線を対称軸とし、上下対称な渦とされており、図1はこのことを証明してあるが、図1, 4及び5でエルボ-1の上流1d点では、計測点5(下側)が最大、計測点1(上側)が最小となり、明らかに軸3-7に対し非対象になっている。

これらは、流れが方向を変える際に生じる2次流について、文献にない新事実の存在を示す。

(4) 当実験に使用したJISのねじ込みエルボの損失係数は、図1の1-C-500によれば、エルボ-1で $\zeta \approx 0.93$ 、エルボ-2で $\zeta \approx 0.88$ であって、伊藤<sup>2)</sup>による図2とはほぼ等しい値を得ている。

(5) エルボ2ヶの干渉による損失係数 $\zeta$ の変化傾向について、2コのエルボの向きの変化については、図4よりエルボ-1及び2共の値は、2コ共、同方向に曲るAと、2コ目が直角に曲るBはほぼ等しく、2コ目が逆に曲るCがやや大きくなっており、 $\zeta$ の大小の傾向がエルボにより生じる2次流の渦の方向に、例えば正負の符号をつけて、損失をその加減により出された値の絶対値の大きさに判断できるとするような、単純な現象ではないことを示す。

次いで2コのエルボの間隔を変化させた場合、図5より損失係数 $\zeta$ の値は、1(間隔5d), 3(間隔2d), 2(間隔3d)の順で大きくなり、直管部の長さの順序とは合っていない。また直管部の摩擦損失で説明できない逆の傾向を示している。

これらは、2)及び3)項に記した2次流の特性とは無縁とはいえ、曲り部に生じる2次流の複雑性を示す新しい情報が得られた。

(6) キャビテーション限界について、本実験では直管部に透明なアクリル管を使用し、下流側からエルボ内部を視視して、その発生限界を見出すこととしたが、直管部平均流速 $v \approx 6.2 \text{ m/s}$ まではキャビテーションは発生しなかった。

伊藤<sup>2)</sup>による図2には $v \approx 8.5 \text{ m/s}$ のデータが乗っていることから見ても、その発生点はさらに高速側にあるかも知れず、本実験の $v \approx 6.2 \text{ m/s}$ は実用上は既に充分高い値であるが謎の多い2次流の解析のためにも、装置を工夫してその発生限界を調査する価値がある。

### 3. 今後の方針

学生は卒業実験で充分実用になるデータを取り得ることが判明した。従って今後の方針としては、(1)管径を数種変更し、(2)圧力損失の計測については低速域での精度向上を工夫し、(3)エルボ間隔を数種追加し、(5)ベンド数コも組み入れ、キャビテーション発生限界の確認、等を行えば、一連の実験は効果を増すと判断できる。

従って設備の改造も含め工夫しておく必要がある。

### 参考文献

- 1) H. ITO: "Pressure Losses in Smooth Pipe Bends" Trans. ASME. Series D Vol. 82 1960 P.131-143.

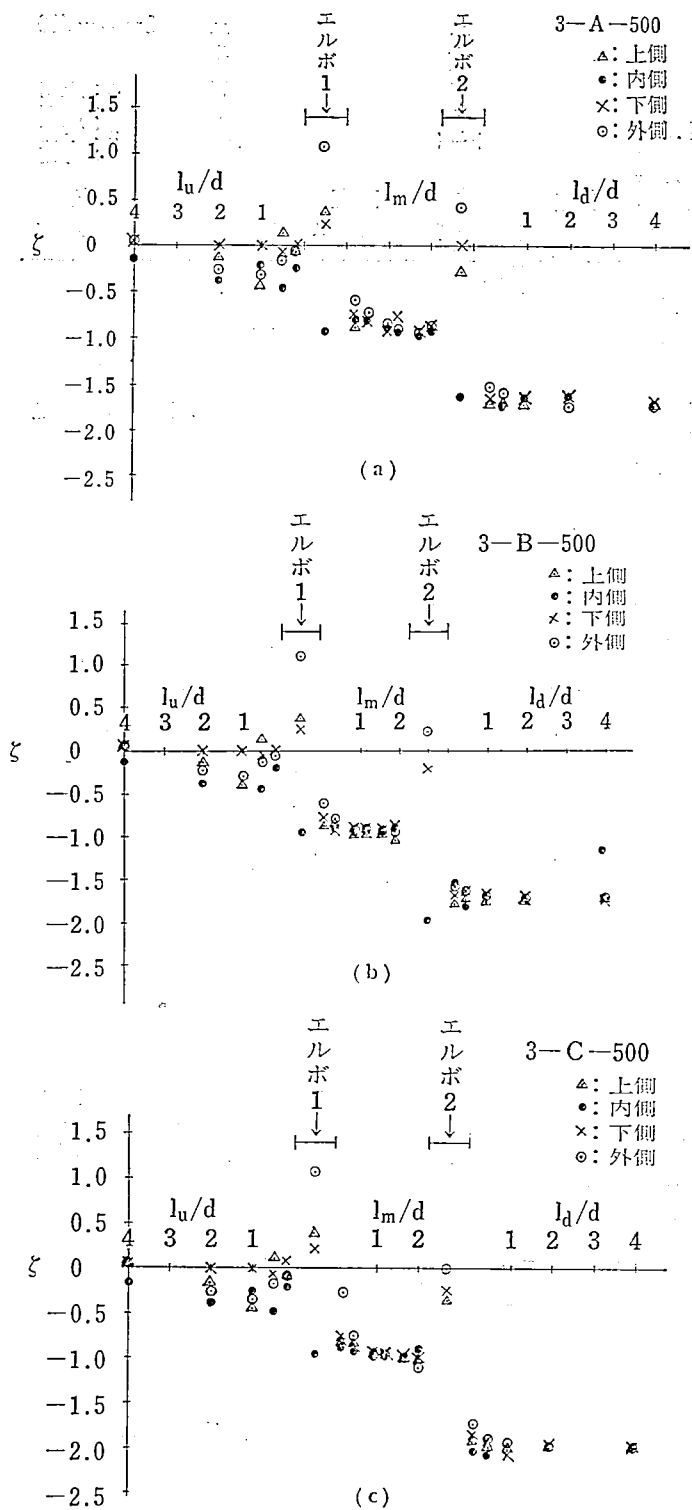


図 4 エルボ前後の損失係数分布 (パラメータ: 曲り方向)

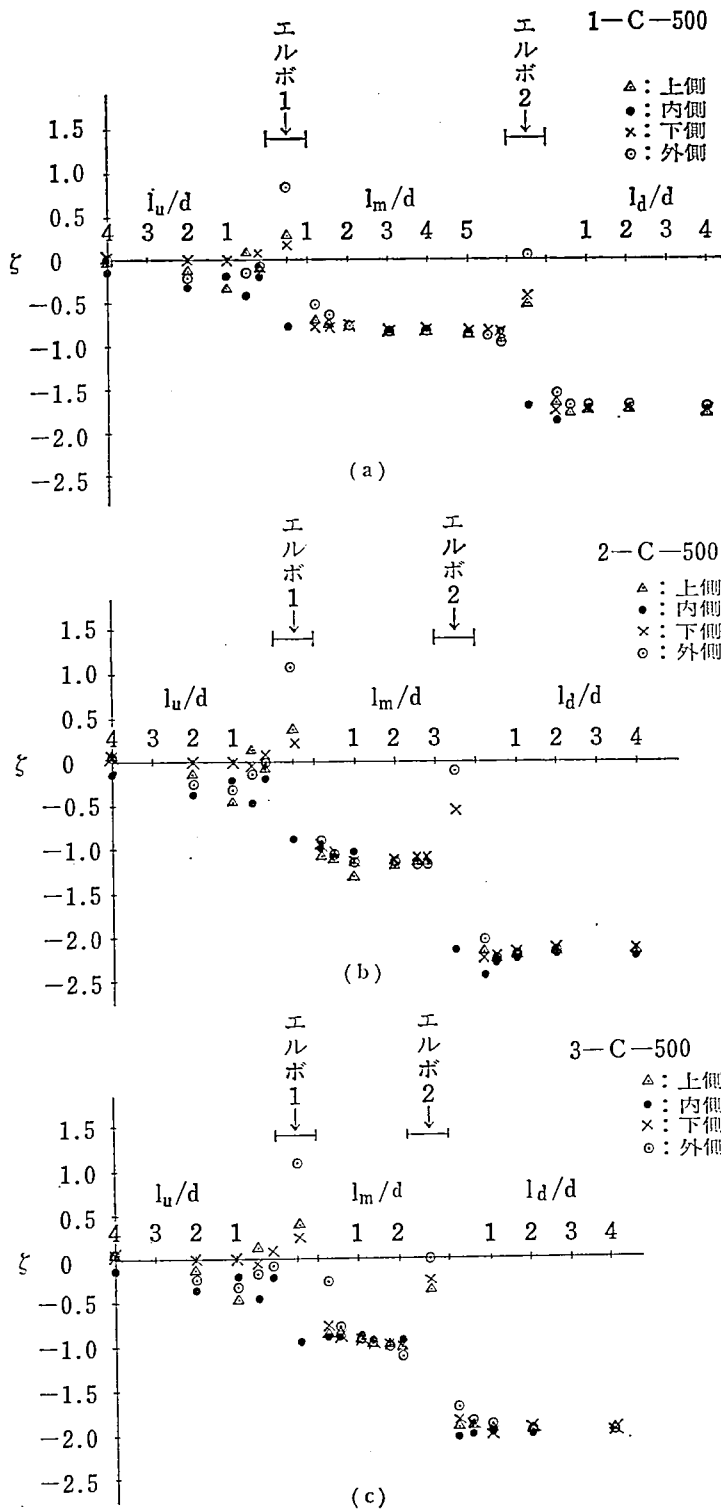


図 5 エルボ前後の損失係数分布 (パラメータ: エルボ間隔)