

11. フレキシブルホース排水の設置状態に起因する損失特性について

国土交通省関東地方整備局川崎国道事務所

平 忠弘

国土交通省関東地方整備局企画部

佐々木 一之

社団法人河川ポンプ施設技術協会

〇梅村 隆久

1. はじめに

現場で仮設的に行われる排水作業に、フレキシブルホース（以下、ホースとする）を用いる場合がある。ホースは柔らかい材質であることから自在なルートで布設することができ、また折りたたむことで収納・運搬性も良いことから、現場では頻繁に使用されている。

しかしホースを用いて仮設排水を行うと、鋼管などの固形配管を用いたときに比べ、排水量が減少する場合があることが経験上知られていた。

本稿では、ホースの損失が大きくなる要因と傾向を実験により求め数値化したので、ここに報告する。

2. 背景と目的

ホースは柔らかいというメリットの反面、折れ曲がる、つぶれる、またホース内の圧力が低下すると円形断面を保持できなくなり扁平状になるなど、結果として排水量が減じられてしまう「負の特性」を持っている。

しかし、ホースの「負の特性」による損失度合を、定量的に把握できる公の技術資料等がほとんどなく、実際の排水量を事前に予測することはできなかった。

本稿では実験的手法によって、代表的な次の損失の大きさと圧力の相関関係を明らかにするものとする。

- ・摩擦損失として：直管損失
- ・形状損失として：屈曲（折れ曲がったもの）

90° 曲がり

つぶれ（押しつぶされた形状）

3. 実験方法

3. 1 基本式

流体圧力の損失は一般に次の式で表される。

①管水路の摩擦損失

$$Hf_1 = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot L$$

ここに、 Hf_1 ：摩擦損失水頭(m)、 C ：流速係数、

D ：管径(0.207m：ホース断面形状は圧力により変化

するが、ここでは真円とみなす)、 Q ：流量 (m^3/s)、

L ：管長 (75m：実験に用いたホース延長長さ)。

②形状損失

$$Hf_2 = f \cdot V^2 / 2g$$

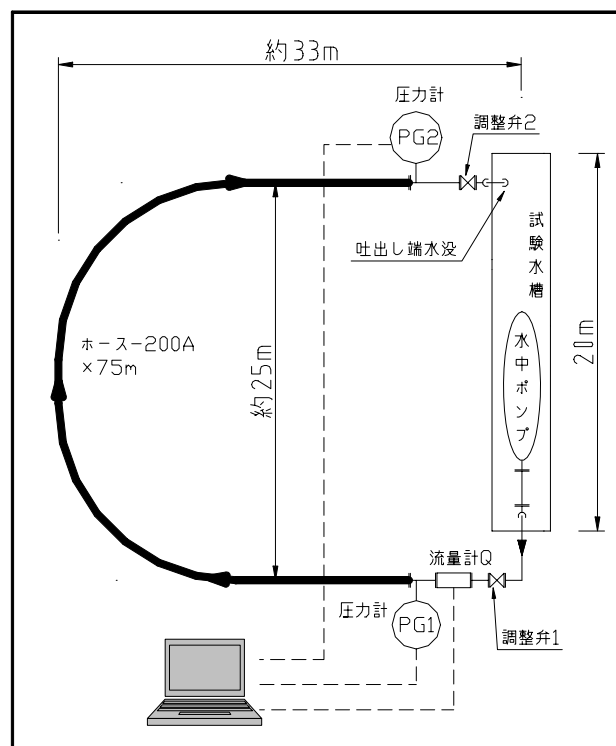
ここに、 Hf_2 ：形状損失水頭(m)、 f ：損失係数、

V ：管内平均流速(m/s)、 g ：自由落下の加速度 (m/s^2)。

今回の実験では見かけの C 値及び f 値を求め、圧力との関連づけを行い簡易に Hf を算出しようとするものである。

3. 2 実験施設概要

実験施設の配置図を図－1に示す。



図－1 実験施設配置図

3. 3 使用資機材仕様

水中ポンプ : 口径 200mm×出力 15kW
吐出量 6.5m³/min、揚程 10m
流量・圧力調整弁 : 口径 200mm バタフライ弁×2 個
計測器 : 超音波流量計、圧力計×2 台

3. 4 実験方法

水中ポンプを用いて通水し、ホース入口側・出口側に設けた調整弁の開度を調節することにより、圧力や流量を設定した。

設定するとき、入口側調整弁 1 を絞ればホース内圧力が下がり、出口側調整弁 2 を絞ればホース内圧力が上がる。この両バルブの調整により多様な状況を設定し、測定を行った。

①摩擦損失

損失の大きさは、ホース入口と出口の圧力低下量により損失水頭を求めた。配置状況を写真-1 に示す。

ホースは試験水槽に戻すため弧を描いているが、直径を約 25m とし曲がりの損失としては無視できる半径の大きさとした。



写真-1 摩擦損失実験施設の配置状況

②形状損失

形状損失の測定は、このホースの中間位置に各損失となる形状を設け、①摩擦損失から増加した損失量を各形状の損失とした。配置状況例を写真-2 に示す。



写真-2 形状部をホース中間位置に配置した状況
各形状損失の布設状況を写真-3～5に示す。

屈曲 : 折れ曲がってホースが内側に大きく食い込んでしまい、断面を著しく阻害している状態。



写真-3 屈曲

90° 曲がり : 排水の方向を変える場合、緩やかなカーブを描き曲がっていく状態。内側に浅く折れ曲がっている。



写真-4 90° 曲がり

つぶれ : 現場で多数のホースが錯綜していると、他のホースと交錯する場合がある。下敷きになったホースはつぶされてしまうことがあり、その状態を表したもの。



写真-5 つぶれ

4. 実験結果

4. 1 摩擦損失の係数と圧力の相関

損失水頭から算出された流速係数 : C と、ホース入口部での圧力の関連性を示すグラフを図-2 に示す。

なお、ここでは圧力を水頭(m)の意味として用いる。

C 値は約 100～150 に広がっている。C 値は小さいほど損失が増加することを意味している。一般的に使われている C 値と比較すると、高压側では新しい 鋳鉄管と遜色ないものの、低圧側では損失が大きくなるが見て取れる。代表的な C 値の一例を表－1 に示す。

4. 2 形状損失の係数と圧力の相関

次の①～③の形状における損失水頭から算出された損失係数：f と、ホース入口部での圧力の関連性を示すグラフを図－3 に示す。f 値は大きいほど損失が増加することを意味している。

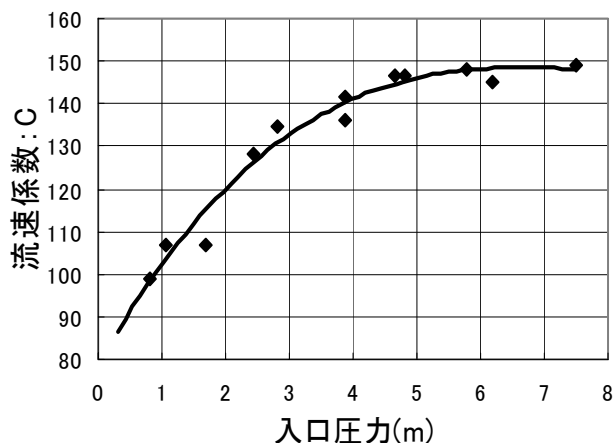
①屈曲

圧力が下がるにつれ f 値が大きくなり、損失が増していく傾向が認められる。

f 値は、約 3～8 に広がっている。市販されている塩ビ製エルボ（内径 0.202m、半径 0.115m）の f 値を計算すると 1.3 となり²⁾、屈曲における損失の大きさは際だっている。

②90° 曲がり

f 値は、約 0.7～2.5 に広がっている。



図－2 C 値と入口圧力(m)の関係

表－1 代表的な C 値¹⁾

管種	C 値
新しい鋳鉄管	130～140
鋼 管	100
ヒューム管	120～140
レンガ造り暗渠	100～130

圧力が下がるにつれ f 値が大きくなり、損失が増していく傾向が認められる。しかし数値的には小さく、損失への影響は比較的少ない。

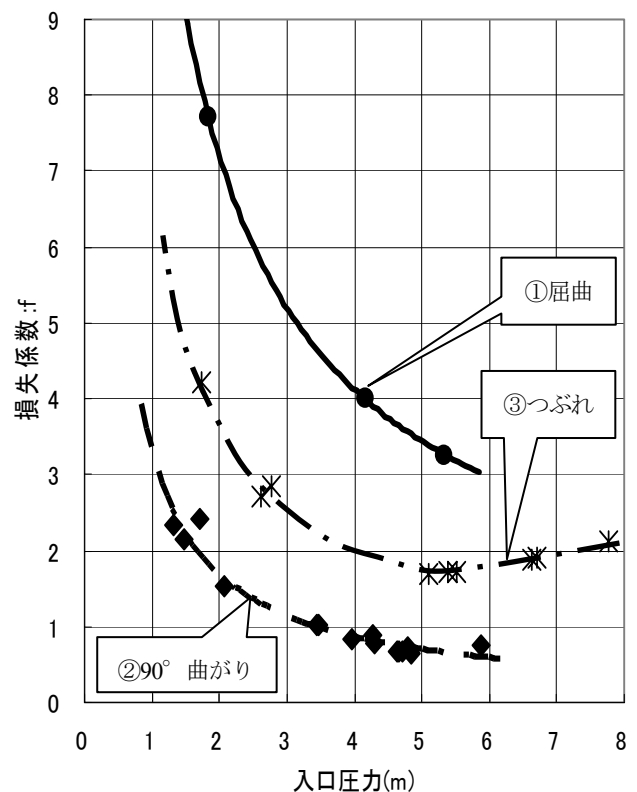
③つぶれ

f 値は、約 2～4.3 に広がっている。圧力が下がるにつれ f 値が大きくなり、損失が増していく傾向が認められる。やや数値的に大きくなり、損失への影響が大きい。

4. 3 圧力によるホースの変化

ホース外観上の変化として、圧力が 2m を下回るとホースに「しわ」が寄り始めることが認められた。圧力が十分に高い（高压）状態と、「しわ」が見られる（低圧）状態を写真－6、7 に示す。さらに、圧力が低下し張りが失われた結果、その円形断面が徐々に偏平状につぶれていく状態を図－4 に示した。偏平の状態は偏平比とし、（高さ／幅）として表した。圧力の低下に伴い、急激に偏平化が進んで行くことが分かる。

また圧力 2.3m 程度では、外観上は高压状態と変わらないが、押せば凹みホースの張りが失われている状態が感触として認められた。



図－3 各損失の f 値と入口圧力(m)の関係

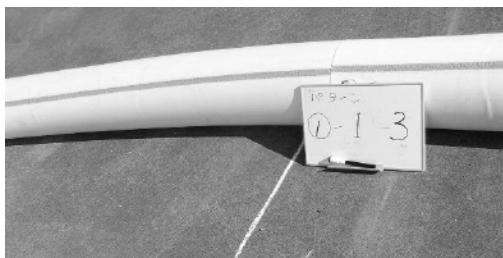


写真-6 高压状態のホース

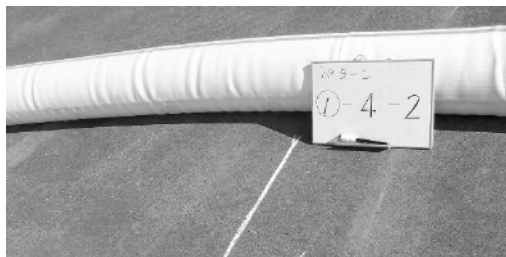


写真-7 低压状態のホース

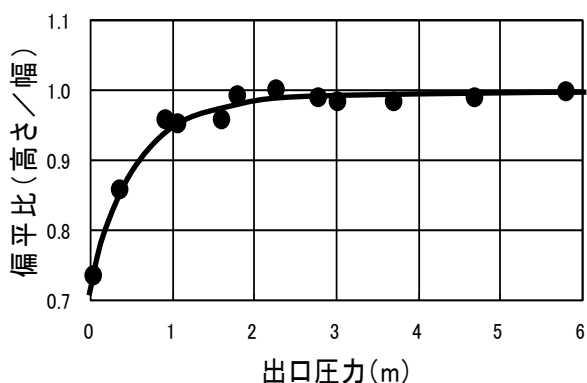


図-4 ホース偏平比と圧力の関係

5. 考察

5. 1 損失係数を使い分ける必要性

ホースにおける損失計算に際し、損失係数が圧力により大きく変動する場合があります、係数を固定化すると計算結果と実状に著しい差が生じてしまう恐れがある。損失係数を圧力によって使い分けことができれば、大きな差を生じることない。しかし排水現場では、圧力計などの計測器類が具備されていない場合がほとんどであり、その場で圧力を求めることはできない。

そこで現場で対処できる実用的な方法として、ホースの状態で低圧側か高圧側か判断し、係数を使い分けことができるよう、基準を示すこととした。

5. 2 使い分けの判断基準

ホースの低圧側、高圧側は外観と感触から判断できる。外観上「しわ」が見える状態では低圧側とし、このときの圧力は2m以下と判断できる。また、感触として張りが弱くなっているようであれば低圧側とし、このときの圧力は2.3m以下と判断できる。

ホース外観に「しわ」がなく、また感触上も十分な張りがあり、押しても固く凹まないようであれば高圧側と判断できる。

5. 3 求められた低圧側、高圧側の係数

ホースの摩擦損失と3種類の形状損失について、図-2、図-3より圧力2mを目安に低圧側と高圧側の実用的な係数を得た。表-2に求めた係数を一覧にして示す。

表-2 損失係数一覧表

損失種類	低圧側	高圧側
流速係数:C	90	120
損失係数:f		
・ 屈曲	8	5
・ 90° 曲がり	2.5	1
・ つぶれ	5	2

6. おわりに

求められた係数を用いて損失計算を行えば、従来に比べより実際に近い排水量を求めることができる。今後さらに実用性を向上させるためには、簡易計算ソフトや損失早見表などの運用上の支援を充実させていくことが望ましい。

また損失を軽減し、排水量を回復させるのであれば、損失係数が著しく大きな「屈曲」や「つぶれ」に対策の重点を置くことが有効であると分かる。さらに、ホースの終端側が低圧状態になっているようであればホースを外し、配管に取り替える、水路に放流するなどの対策を行えば排水量の回復に効果的である。

参考文献

- 1) 社団法人日本機械学会、技術資料「管路・ダクトの流体抵抗」、p.51、1993/05/30
- 2) 社団法人日本建設機械化協会、道路管理施設等設計指針(案)、p.59、2003/07/20