

消防用ホース等の性能検証について

中川 英二*, 高井 啓安**, 星 哲也**, 菅原 洋一***

概 要

近年、消防用ホースの内張りが改良されることにより軽量化が図られた反面、ホース内面が粗くなり送水時の損失圧力が増加した。その後、メーカーから低損失圧力型 40mm ホースが発売されるなど、従来の消防用ホースとは損失圧力に変化が生じている。このため、ポンプ運用時に活用している送水基準板と実際の損失圧力との乖離が危惧される。このようなことから、本検証では送水基準板作成の基礎資料となる消防用ホースの損失圧力を測定し、各種消防用ホースにおける損失圧力の比較検証を行った。

また、分岐隊形時の損失圧力算定の基礎資料とすることを目的として、分岐用媒介金具（定流量器付）の損失圧力についても測定し、定流量器の有無による比較検証を行った。

1 検証目的

消防用ホース（以下「ホース」とする）の内張りが天然ゴムの時はゴムが厚かったために、ホース内側は平滑であったが、軽量化のために内張りを薄い樹脂越しにしたことにより、ホースジャケットの織り目が樹脂越しに内側に出てしまい、内張りが天然ゴムの時よりもホース内側の表面が粗くなったことにより、損失圧力に変化が生じている。

ホースの損失圧力の変化により、従来のポンプ運用が異なってくると同時にこれまでの放水隊形について再検討の余地が生じてくることから、送水基準板の基となる各ホースの損失圧力を測定し比較検証を行った。

また、併せて分岐用媒介金具（定流量器付）の損失圧力についても測定し、定流量器の有無による比較検証を行った。

2 実験日時

平成18年9月16日(土)～平成19年1月8日(月)

3 実験場所

東京消防庁消防学校校庭

4 実験概要

(1) ホース損失圧力測定実験

ア 実験

図1に示すように、ホースをポンプ車から1線延長放水し、測定ホースのポンプ側とノズル側に取り付けた圧力変換器からひずみ測定器を介してポンプ側圧力とノズル側圧力を測定した。また、電磁流量計を用いて流量を測定した。

(イ) 使用したノズル

ノズルはスムーズノズル（21mm）を用いた。

(イ) 測定するホース種類とホースの延長本数

表1のとおりである。

表1 測定ホースの種類と延長本数

| ホース種類 | 製造会社 | 延長本数 | 使用圧力 |
|----------------|------|--------|--------|
| 40mm 低損失圧力型 | A社製 | 1～5本 | 2.0MPa |
| 40mm | A社製 | 1～5本 | 2.0MPa |
| 40mm | B社製 | 1～5本 | 2.0MPa |
| 50mm | C社製 | 1～5本 | 1.6MPa |
| 65mm | C社製 | 1本～30本 | 1.6MPa |

(イ) 方法

ポンプ側圧力の上限はホースの使用圧力を越えない範囲とし、ポンプ側圧力がこの上限を超えない範囲で、流量を100、200、300L/min…と100L/minごとに変化させ、各流量におけるポンプ側圧力及びノズル側圧力を流量が安定した時点で10秒間測定を行った。そして、各測定ホースの延長本数ごとに、一連の測定を各3回ずつ行った。

イ 測定機器等

(イ) 圧力変換器

圧力測定には、圧力変換器（共和電業製）を用いた。

(イ) ひずみ測定器

2ヶ所から得られる圧力信号を、ひずみ測定器（和電業製：DPM-613A）を使用し変換し、データロガーに入力した。

(イ) データ収録器

データはデータ入力パソコンとデータロガー (KEYENCE 製:GR-3000) を使用して収録した。インターバルは 50ms とした。

ウ 延長ケーブルによる感度低下の補正

圧力変換器とひずみ測定器をつなぐ延長ケーブルが長すぎると、延長ケーブル自体の抵抗によって圧力変換器の感度が低下する。今回使用した延長ケーブルは、120m と 20m であり、その感度低下は無視できない。この延長ケーブルの感度低下を補正するために、以下の式を用いた。

$$E_1 = \left(\frac{R + (r \times L)}{R} \right) E_0$$

E_1 : 補正後電圧 (V)
 E_0 : 測定電圧 (V)
 R : 変換器の入力抵抗 (Ω)
 L : ケーブル長さ (m)
 r : ケーブルの往復抵抗 (Ω/m)

(2) 分岐用媒介金具 (定流量器付) 損失圧力測定実験
ア 実験

図 2 に示すように、ホースをポンプ車から 1 線延長放

水し、分岐用媒介金具に定流量器を取り付けた場合、取り付けなかった場合のそれぞれについて、分岐用媒介金具の前後に圧力変換器を取り付けて損失圧力を測定した。また、電磁流量計により流量を測定した。

表 2 ケーブル感度低下率

| ケーブル長 (m) | 感度低下率 | $\frac{R + (r \times L)}{R}$ |
|-----------|-------|------------------------------|
| 20m | 0.56% | 1.0056 |
| 120m | 4.96% | 1.0522 |

(7) 使用したノズル

ノズルはガンタイプノズルを用い、流量切替ダイヤルを活用して流量を変化させた。

イ 測定機器等

前 4 (1) イと同じ機器を使用した。

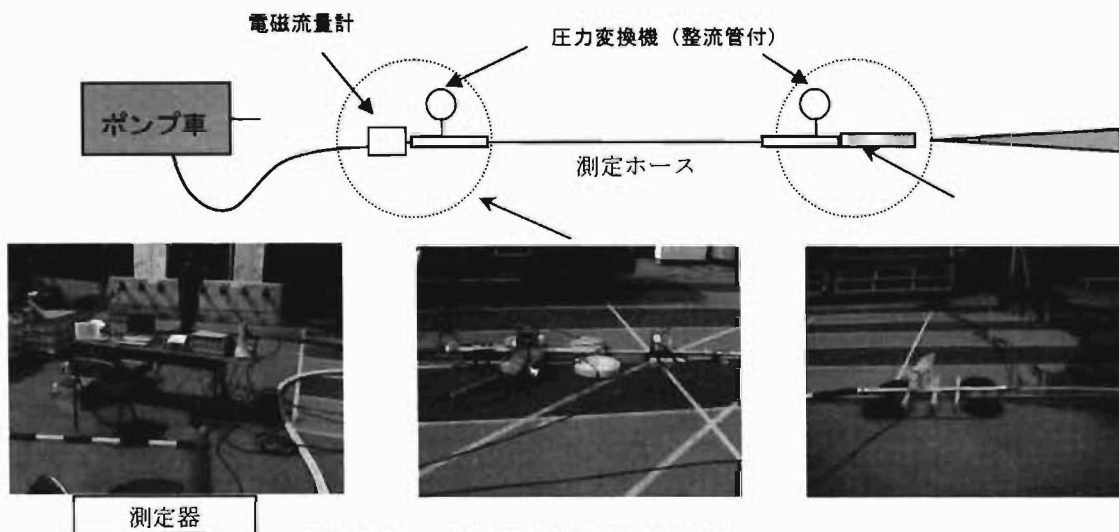


図 1 ホース損失圧力測定実験設定状況

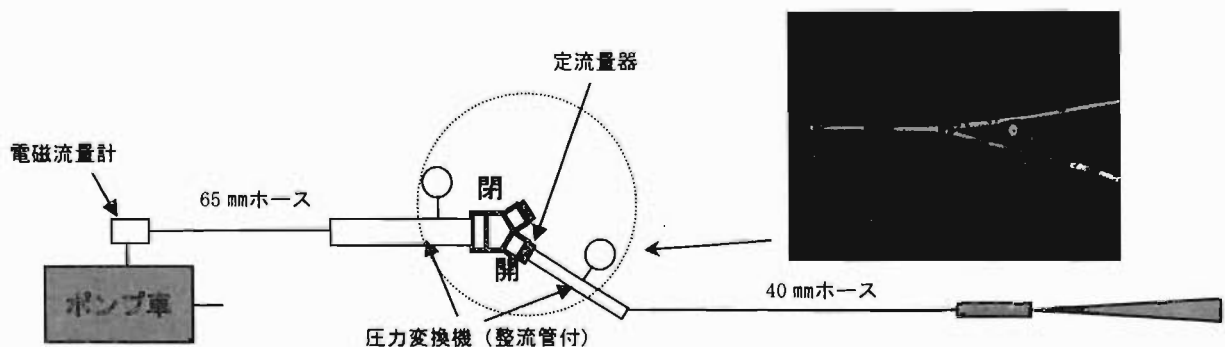


図 2 分岐用媒介金具損失圧力測定実験設定状況

5 実験結果

(1) ホースの損失圧力測定実験

A社製で平成18年度導入の低損失圧力型40mmホースを「40mmA社製新型」、従来の40mmホースでA社製のホースを「40mmA社製旧型」、B社製のホースを「40mmB社製」、50mmホースを「50mm」、65mmホースを「65mm」と呼称する。

実験に用いた各種ホースの損失圧力の測定結果は表3、表4、表5のとおりである。また、測定結果から得られた各種ホースの管摩擦係数を表6、表7、表8に示す。

今回使用したデータロガーのサンプリング周期は50msであり、ポンプ側圧力及びノズル側圧力について流量が安定した時点から10秒間(200点分)のデータを各流量(各流量につき3回測定を実施)ごとにプロットしていき、最小二乗法(グラフ解析ソフト使用)によりプロットした点を結ぶ曲線を描き、損失圧力と流量の関係のグラフを作成した。これを図3、図4、図5に示す。

図3は40mmA社製新型、旧型、40mmB社製及び機器技術資料の40mmホースの損失圧力を比較したグラフであり、図4、5は50mm、65mmをそれぞれ機器技術資料と比較したグラフである。

表9及び図6は、定流量器を取り付けた場合と取り付けない場合の分岐用媒介金具の損失圧力である。

ア 40mmホースについて

(ア) ホースを1本延長した場合の損失圧力

表3より、流量が500L/minの時、延長本数により若干の違いはあるが、40mmA社製新型の1本あたりの損失圧力は約0.19MPa、40mmA社製旧型の1本あたりの損失圧力は約0.35MPa、40mmB社製の1本あたりの損失圧力は約0.27MPaである。これより、40mmA社製新型の損失圧力は40mmA社製旧型の損失圧力の約50%程度であり、40mmB社製の損失圧力の約70%程度である。

(イ) 2本以上延長した場合の1本あたりの損失圧力

表3から40mmA社製旧型及び40mmB社製の1本あたりの損失圧力は、延長本数が1本の時と比較して延長本数が複数本の時の方が大きい。しかし、40mmA社製新型の場合は、延長本数に関係なく1本あたりの損失圧力は延長本数1本のときとほぼ同じである。

(ウ) 機器技術資料との比較

図3より、40mmA社製旧型と機器技術資料の40mmホースの損失圧力は概ね同じである。

(エ) 管摩擦係数

表6の管摩擦係数表より、40mmA社製新型及び旧型の場合、流量が大きくなると概ね管摩擦係数は減少しているが、B社製の管摩擦係数は流量の増加による変化があまり見られない。

流量が500L/minの時にA社製新型の管摩擦係数は約0.017であり、これはA社製旧型の約50%、B社製の約70%の値である。管摩擦係数は管内面の粗滑度、流速、流体の粘性、管内径に依存する係数であるが、流体は水

であり、流量及びホース径が一定なら、管摩擦係数は管内面の粗滑度のみ依存する。故に、A社製新型、A社製旧型及びB社製の管摩擦係数の違いは管内面の粗滑度の違いが影響しているものと考えられる。

イ 50mmホースについて

(ア) ホース1本あたりの損失圧力

表4より、1本あたりの損失圧力は延長本数が複数本の時より延長本数1本の時の方が小さい。また、流量500L/minの時、延長本数による違いはあるが、50mmホースの1本あたりの損失圧力は約0.077MPaである。

(イ) 機器技術資料との比較

図4より、今回測定した50mmホースの損失圧力と平成18年12月現在の機器技術資料の損失圧力との間にほとんど相違は見られない。

ウ 管摩擦係数

表7より、延長本数により若干の相違が見られるが、50mmホースの管摩擦係数は約0.025(流量500L/min)である。

ウ 65mmホースについて

(ア) ホース1本あたりの損失圧力

表5より、1本あたりの損失圧力は、延長本数が少ない時は延長本数による相違が見られるが、延長本数が6本を越えるあたりから延長本数の違いによる相違はほとんど見られない。また、流量500L/minの時、延長本数による違いはあるが、65mmホースの1本あたりの損失圧力は約0.031MPaである。

(イ) 機器技術資料との比較

図5より、今回測定した65mmホースの損失圧力と平成18年12月現在の機器技術資料の損失圧力との間にほとんど相違は見られない。

(ウ) 管摩擦係数

表8より、延長本数により若干の相違があるが、65mmホースの管摩擦係数は約0.033(流量500L/min)である。

(2) 分岐用媒介金具(定流量器付)損失圧力測定実験

表9に示したとおり、ガンタイプノズルによる放水で流量360L/min及び475L/minのとき、定流量器付の損失圧力は定流量器なしの場合の約6倍となった。前5(1)と同様の手法により損失圧力と流量の関係を表したグラフを図6に示す。

6 考察

(1) 40mmA社製新型の損失圧力について

40mmA社製新型の損失圧力は40mmA社製旧型及び40mmB社製の損失圧力よりも小さい。流量や延長本数による違いはあるが、流量500L/minの時、1本あたりの損失圧力は概ね0.19MPaであり、A社製旧型の50%、B社製の70%程度である。

これより、ノズルをガンタイプノズルとして、ポンプ圧力の上限を2.0MPa、ノズル圧力の下限を0.7MPaとした場合、延長できる最大本数は40mmA社製旧型なら3本、40mmB社製なら4本、40mmA社製新型なら6本まで延長

が可能である。

(2) 管摩擦係数について

管内面の粗滑度に依存する管摩擦係数は、40 mm A社製新型の方が40 mm A社製旧型や40 mm B社製より小さい。これは、40 mm A社製旧型や40 mm B社製はダブルジャケットの内筒が平織りであるのに対し、40 mm A社製新型はダブルジャケットの内筒が綾織りになった事でジャケット内筒裏面への縦糸の露出割合が多くなり、横糸の露出割合が少なくなった。これにより、裏面全体における流水方向への凹凸が少なくなり、管内面の粗滑度が小さくなり、管摩擦係数が小さくなったと考えられる。

(3) 平成18年12月現在の機器技術資料との比較

実際に多本数を延長した検証から得られたデータによる50 mm及び65 mmのホース性能曲線は、平成18年12月現在の機器技術資料のホース性能曲線と概ね同じである。しかし、40 mmホースの性能曲線はホースメーカーや製品の違いにより大きく異なったため、機器技術資料のホース性能曲線と大きな差が生じる結果となった。

(4) 分岐用媒介金具（定流量器付）の損失圧力

流量が360L/min、475L/minの時、分岐用媒介金具に定流量器を取り付けた場合の損失圧力は、取り付けない場合と比べると概ね6倍大きくなり、また流量によって変化した。

表3 40mm ホース損失圧力

Table with 8 columns: Hose Type, Number of hoses, Flow rate (L/min), and Loss pressure (MPa) for 40mm hoses. Rows include A社製 (新型), A社製 (旧型), and B社製.

() 内の数字は1本あたりの損失圧力を示す

表4 50mm ホース損失圧力

Table with 11 columns: Hose Type, Number of hoses, Flow rate (L/min), and Loss pressure (MPa) for 50mm hoses. Rows include 1 through 5 hoses.

() 内の数字は1本あたりの損失圧力を示す

表5 65mm ホース損失圧力

Table with 16 columns: Hose Type, Number of hoses, Flow rate (L/min), and Loss pressure (MPa) for 65mm hoses. Rows include 1 through 30 hoses.

() 内の数字は1本あたりの損失圧力を示す

表 6 40mm ホース管摩擦係数

| | | 流量(L/min) | | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 |
|----------------------------|-------|-----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ホース種類 | | ホース本数 | | | | | | | | |
| 管 摩 擦 係 数 λ | A社製新型 | 1 | | 0.025 | 0.020 | 0.019 | 0.018 | 0.018 | 0.017 | 0.017 |
| | | 2 | | 0.025 | 0.020 | 0.019 | 0.018 | 0.017 | 0.017 | 0.017 |
| | | 3 | | 0.027 | 0.021 | 0.019 | 0.018 | 0.017 | 0.017 | 0.017 |
| | | 4 | | 0.024 | 0.020 | 0.018 | 0.018 | 0.017 | 0.017 | 0.017 |
| | | 5 | | 0.023 | 0.020 | 0.019 | 0.018 | 0.018 | 0.017 | |
| | A社製旧型 | 1 | | 0.025 | 0.029 | 0.031 | 0.031 | 0.032 | 0.032 | 0.032 |
| | | 2 | | 0.039 | 0.036 | 0.035 | 0.034 | 0.034 | 0.033 | 0.033 |
| | | 3 | | 0.043 | 0.037 | 0.035 | 0.034 | 0.034 | 0.033 | |
| | | 4 | | 0.037 | 0.034 | 0.034 | 0.033 | 0.033 | | |
| | | 5 | | 0.033 | 0.034 | 0.035 | 0.035 | | | |
| | B社製 | 1 | | 0.015 | 0.021 | 0.023 | 0.024 | 0.024 | 0.025 | 0.025 |
| | | 2 | | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.026 | 0.026 |
| | | 3 | | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 |
| | | 4 | | 0.028 | 0.027 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | |
| | | 5 | | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.026 | 0.026 | | |

表 7 50mm ホース管摩擦係数

| | | 流量(L/min) | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ホース本数 | | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1,000 |
| 管 摩 擦 係 数 λ | 1 | | 0.009 | 0.016 | 0.019 | 0.021 | 0.023 | 0.024 | 0.024 | 0.025 | 0.025 |
| | 2 | | 0.012 | 0.020 | 0.023 | 0.024 | 0.025 | 0.026 | 0.026 | 0.027 | 0.027 |
| | 3 | | 0.014 | 0.021 | 0.024 | 0.025 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.027 | 0.027 |
| | 4 | | 0.016 | 0.022 | 0.024 | 0.025 | 0.026 | 0.026 | 0.027 | 0.027 | 0.027 |
| | 5 | | 0.011 | 0.020 | 0.023 | 0.025 | 0.026 | 0.026 | 0.027 | 0.027 | 0.028 |

表 8 65mm ホース管摩擦係数

| | | 流量(L/min) | | | | | | | | | |
|----------------------------|----|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ホース本数 | | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1,000 |
| 管 摩 擦 係 数 λ | 1 | | 0.009 | 0.018 | 0.023 | 0.026 | 0.028 | 0.029 | 0.030 | 0.031 | 0.031 |
| | 2 | | 0.011 | 0.020 | 0.025 | 0.027 | 0.029 | 0.031 | 0.032 | 0.032 | 0.033 |
| | 3 | | 0.016 | 0.024 | 0.028 | 0.030 | 0.031 | 0.033 | 0.033 | 0.034 | 0.035 |
| | 4 | | 0.019 | 0.026 | 0.029 | 0.031 | 0.033 | 0.034 | 0.034 | 0.035 | 0.035 |
| | 5 | | 0.004 | 0.022 | 0.027 | 0.030 | 0.032 | 0.033 | 0.034 | 0.035 | 0.036 |
| | 6 | | 0.007 | 0.023 | 0.029 | 0.031 | 0.033 | 0.034 | 0.035 | 0.035 | 0.036 |
| | 7 | | 0.008 | 0.024 | 0.029 | 0.031 | 0.033 | 0.034 | 0.035 | 0.035 | 0.036 |
| | 8 | | 0.009 | 0.024 | 0.029 | 0.032 | 0.033 | 0.034 | 0.035 | 0.035 | 0.036 |
| | 9 | | 0.011 | 0.025 | 0.030 | 0.032 | 0.034 | 0.035 | 0.035 | 0.036 | 0.036 |
| | 10 | | 0.012 | 0.026 | 0.030 | 0.033 | 0.034 | 0.035 | 0.036 | 0.036 | 0.037 |
| | 12 | | 0.014 | 0.027 | 0.031 | 0.033 | 0.034 | 0.035 | 0.035 | 0.036 | 0.036 |
| | 14 | | 0.009 | 0.024 | 0.030 | 0.032 | 0.034 | 0.035 | 0.036 | 0.036 | 0.037 |
| | 16 | | 0.013 | 0.026 | 0.031 | 0.033 | 0.035 | 0.035 | 0.036 | 0.037 | 0.037 |
| | 18 | | 0.016 | 0.027 | 0.031 | 0.033 | 0.034 | 0.035 | 0.035 | 0.036 | 0.036 |
| | 20 | | 0.016 | 0.027 | 0.031 | 0.033 | 0.034 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.036 |
| | 22 | | 0.015 | 0.027 | 0.031 | 0.033 | 0.034 | 0.035 | 0.036 | 0.036 | 0.037 |
| | 24 | | 0.018 | 0.028 | 0.032 | 0.033 | 0.034 | 0.035 | 0.036 | 0.036 | 0.036 |
| 26 | | 0.016 | 0.027 | 0.031 | 0.032 | 0.034 | 0.034 | 0.035 | 0.035 | 0.036 | |
| 28 | | 0.026 | 0.031 | 0.032 | 0.033 | 0.034 | 0.034 | 0.034 | 0.034 | 0.035 | |
| 30 | | 0.021 | 0.029 | 0.031 | 0.033 | 0.033 | 0.034 | 0.034 | 0.035 | 0.035 | |

表 9 分岐用媒介金具の損失圧力

| | | 流量 (L/min) | | | |
|-------------------------|--------|------------|-------|-------|-------|
| (ガンタイプノズルの流量切替ダイヤルを示す。) | | 115 | 230 | 360 | 475 |
| 損失圧力 (MPa) | 定流量器付 | — | 0.015 | 0.05 | 0.126 |
| | 定流量器なし | — | — | 0.008 | 0.02 |

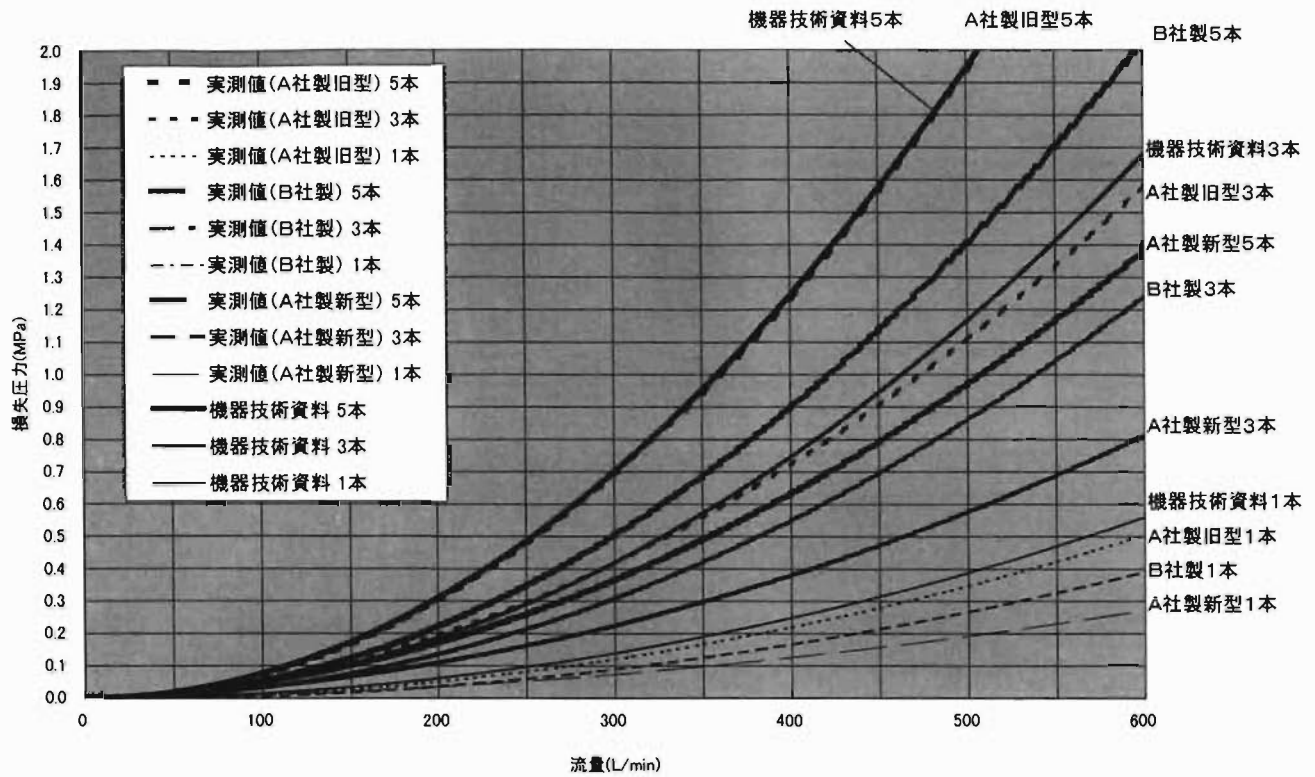


図3 40mmホースの損失圧力

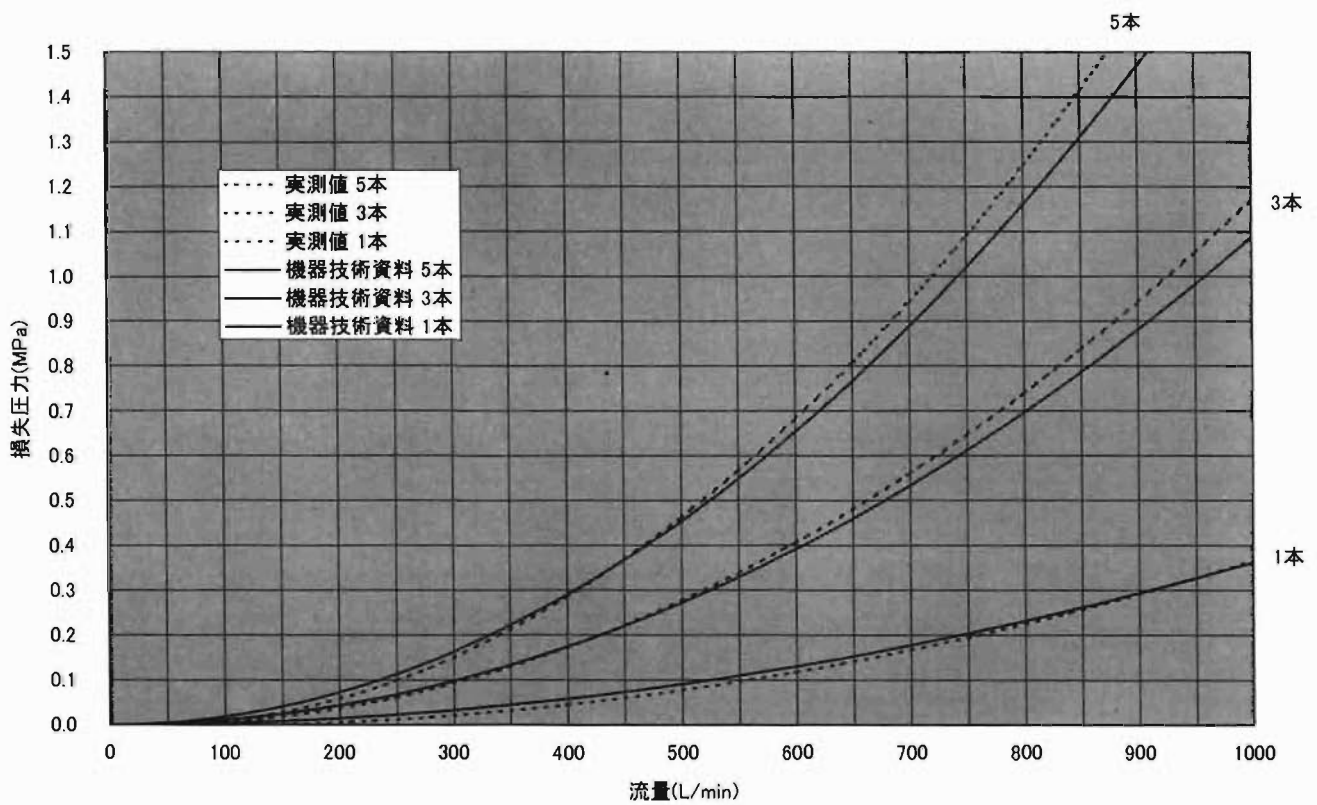


図4 50mmホースの損失圧力

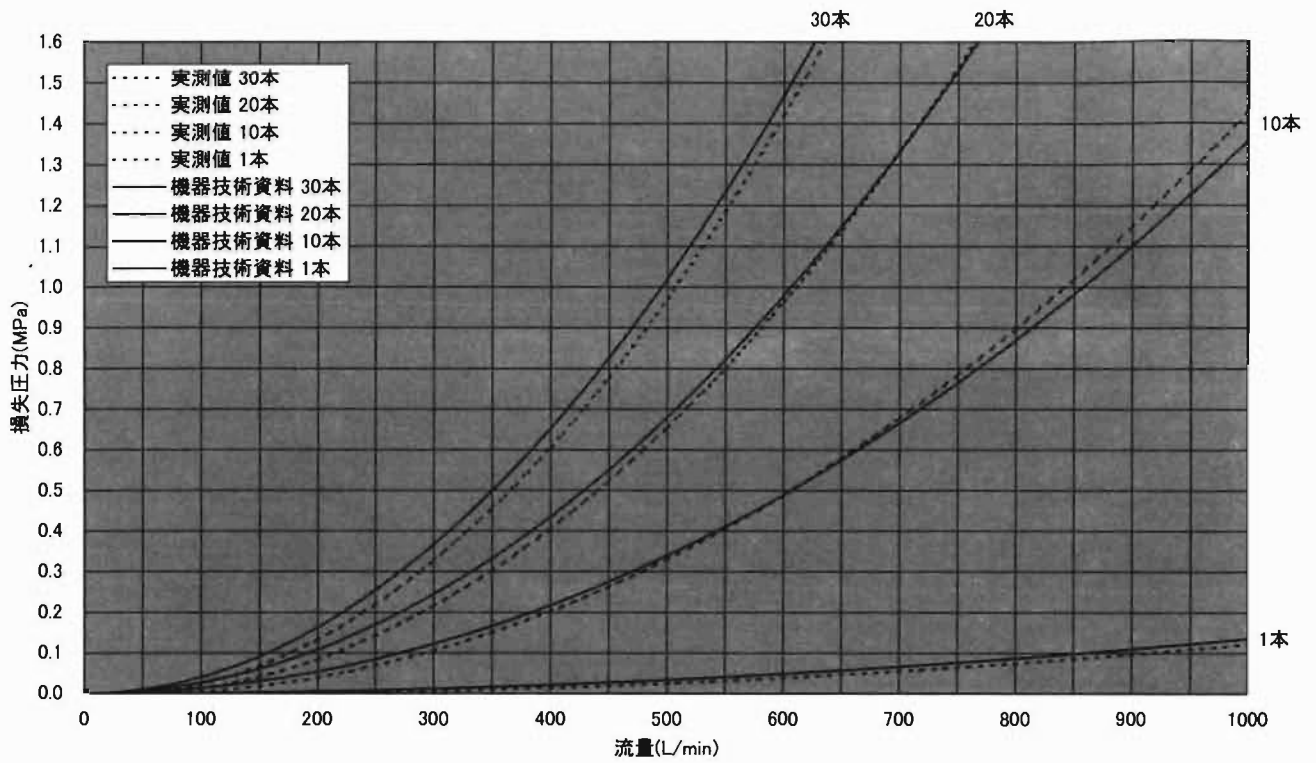


図5 65 mmホースの損失圧力

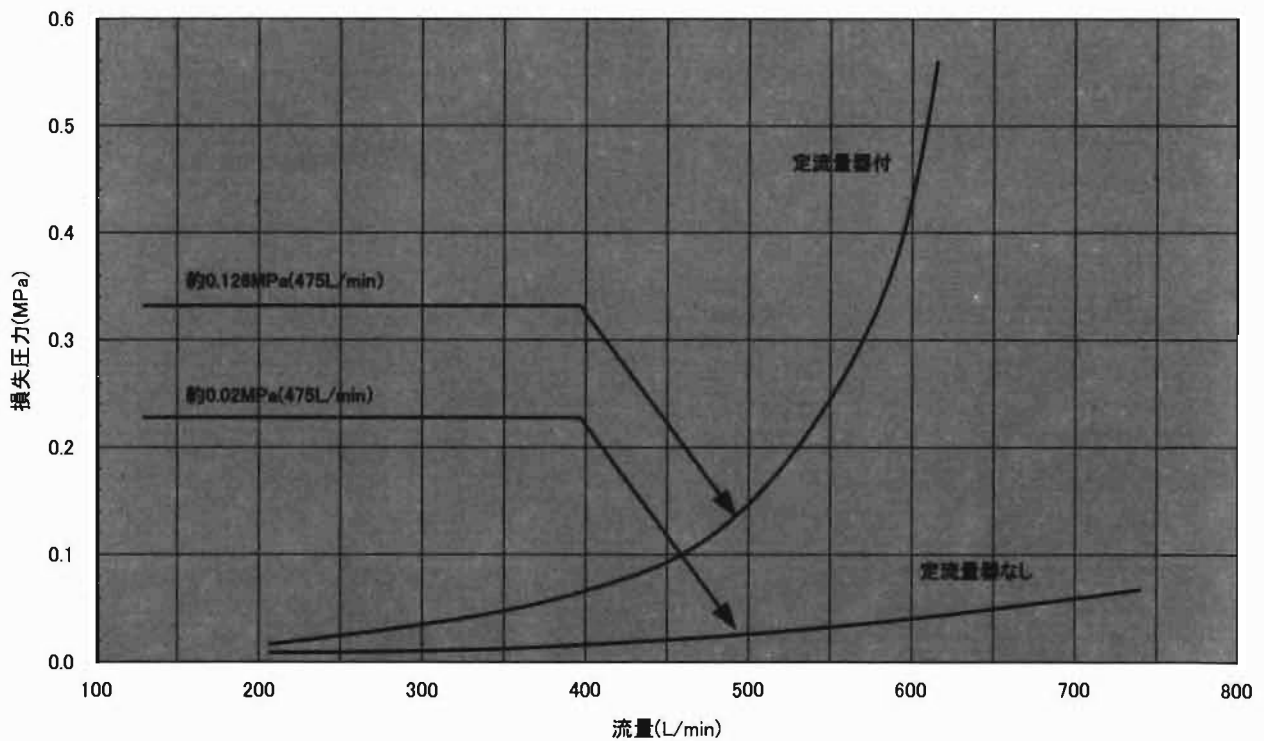


図6 分岐用媒介金具の損失圧力

Performance Experiment of Fire Hoses

Eiji NAKAGAWA*, Hiroyasu TAKAI**, Tetsuya HOSHI**, Yoichi SUGAWARA***

Abstract

While recent improvement of fire hose linings made hoses lighter, such hoses have a rougher inner surface, resulting in a higher pressure drop during water supply. Besides, low pressure drop type 40 mm hoses recently released by hose manufacturers have different pressure drop rates from those of traditional fire hoses. For these reasons, the concern is that there may be a discrepancy between the actual pressure drop and the values specified in water supply standard plates used during pump operation. In this experiment, therefore, we measured the pressure drop of fire hoses to provide basic data for creating water supply standard plates and compared the pressure drop of different types of hoses.

In addition, we measured the pressure drop of delivery heads (with a constant flow meter) and compared the values between with and without the constant flow meter, aiming to provide basic data for calculating the pressure drop during branched operations.