

夾雑物排出用バルブ付T字管の開発

Development of Tee with Valve for Removing Impurities

山本吉彦* 小仲正純* 畑中哲夫* 藤田弘司** 喜多川 真好***

Yoshihiko Yamamoto, Masazumi Konaka, Tetsuo Hatanaka, Hiroshi Fujita, Masayoshi Kitagawa

水道管路内には土砂や錆などの夾雑物が堆積・滞留している部分があり、排水管がない小口径管路ではこれらを除去するために主として消火栓を利用して夾雑物を排出している。しかし、土砂や錆などの比重が大きい夾雑物は管底を流れるために消火栓(フランジ付T字管)からは排出されにくく、特に本管径がφ200以上になるとこの傾向が顕著になる。

また、洗管作業は夜間作業であることが多く、時間的制約と水資源の有効利用という点から、排水量を低減できる効率的な夾雑物の排出機器が求められていた。

このような問題を解決するために効率的に夾雑物を除去できるバルブ付T字管の開発をおこなった。本稿では、バルブ付T字管の除去性能試験結果、および機器の効率的な適用方法の研究成果について報告する。

Pipeline for water service have partly accumulated and settled impurities such as sludge, rust and so on. For discharging these impurities, a hydrant is very available to the small size pipeline that has not been equipped a drain. However, such impurities having high specific gravity are apt to flowing at the bottom of the inside of pipeline, so that these materials will not discharge from the hydrant (Socket and spigot tee). The 200 millimeter or more of diameter of the distribution submain tends to this phenomenon.

The pipe cleaning operation is usually performed at night. The effective discharging apparatus has been required for reducing the volume of drainage because of the restriction of time and the effective utilization of water resources. In order to solve such a matter, the Tee with Valve has been developed for removing such impurities effectively.

This paper reports the result of the performance evaluation experiment concerning the removal of the impurities with this "Tee with valve."

1. 諸言

国や水道事業体では、水質レベルをより一層高める政策が進められている。環境ホルモンや鉛など有害化学物質に対する安全性を高めることはもとより、浄水場においてはオゾンによる高度処理などが導入され、安全でおいしい水を届ける研究が進められている。

しかし、配水管路内には夾雑物が滞留・堆積し、水質を劣化させる要因となっている。

この対策として、現状では計画的あるいは局所的に洗管による夾雑物の排除がおこなわれている。通常この作業は消火栓を利用しているが、比重の大きい土砂や錆は管底に残留して排出されにくく、排出効率(排水量に対する夾雑物排出量の割合)が低下するという問題がある。

そこで、比重の大きな夾雑物でも効率的に排出できる装置としてバルブ付T字管を開発し、性能評価試験をおこなったので報告する。

2. バルブ付T字管の概要

2.1 構造

本装置は、フランジ付T字管の枝管分岐部に楕円弁体をバタフライ弁状に取り付けた構造になっており、側方にギアボックスと操作軸を備えている。

常時は図1に示すよう弁体は水平になっており、洗管

時には操作軸を回転して弁体を傾斜させ、任意の方向の管内水を排出することができる(図2)。

図3は弁体の開閉状態を示し、左が通常時の状態、右が洗管時の状態である(手前側の管内水を上部分岐管に導く状態)。

2.2 仕様

- ①適用呼び径(φ100～φ200×φ75, φ300×φ100)
- ②継手形式(K形、N S形、S II形)
- ③止水機能(0.75MPa)
- ④内面エポキシ樹脂粉体塗装
- ⑤弁体ゴムライニング(EPDM)

(注) S II形はφ300のみ

3. 性能試験

3.1 機能試験

(1) 水圧試験

バルブ付T字管の弁体は楕円形状である。このため、弁体ゴムは常時圧縮状態にある軸周辺と、長径方向先端に向かうに従い弁体を回転させてゴムを圧縮するという、止水機構の変化に対応できる形状が必要である。

弁体ゴムの形状はこれらを考慮して最適化をはかり、0.75MPaの水圧に耐えることを確認した。

(2) 損失水頭

図4に示すような、高架水槽から一定圧力で送水できる試験管路を組み、流速を変化させてφ150バルブ付T

* 鉄管事業部 鉄管研究部

** バルブ事業部 設計部

*** ピー・エス・ティ株式会社

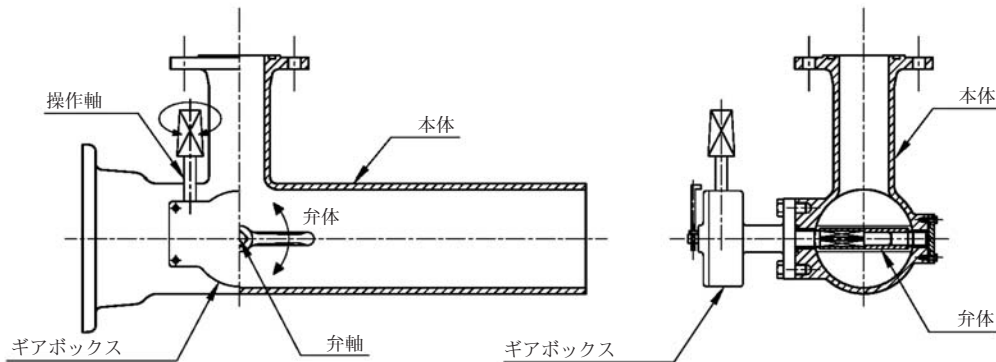


図1 バルブ付T字管概要図(K形)
Fig. 1 Shape of Tee with Valve(K-type)

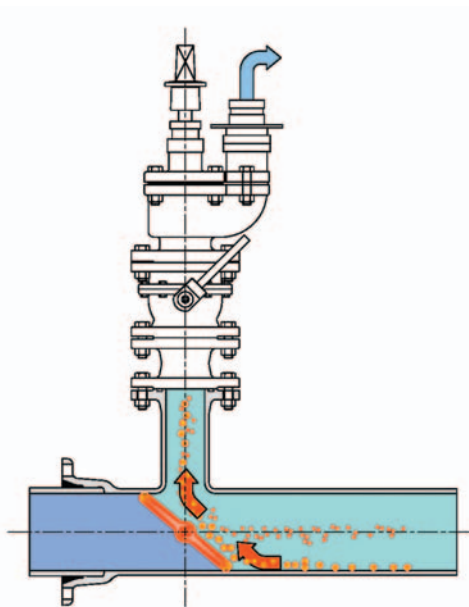


図2 洗管時の状態
Fig. 2 Valve Position on draining

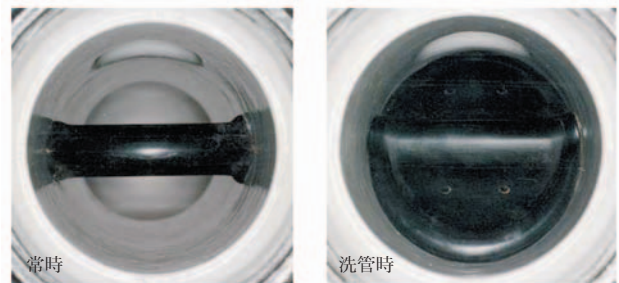


図3 弁体の開閉状況
Fig. 3 Valve Position of Open and Shut

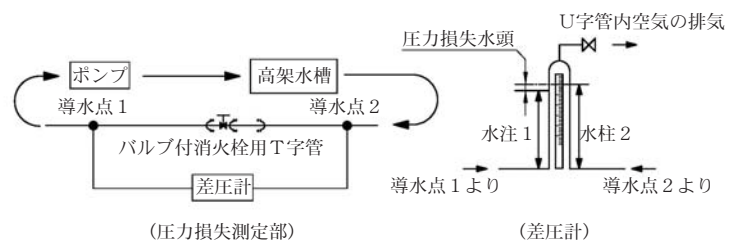


図4 損失水頭測定試験管路
Fig. 4 Piping for loss of head test of apparatus

字管の前後の圧力差をマノメータにより測定し、管路直部の摩擦損失を差し引いて圧力損失を求めた。

また、弁体部で通水断面積が減少することから、この部分の前後では急絞り、急拡大流れが生じるという考えに基づき、理論計算を行った。

なお、管路および急縮小・急拡大の損失水頭計算にはそれぞれ①ヘーゼン・ウィリアムスの式、②ダルシー・ワイズバッハの式を用いた。

②式における摩擦損失係数は、急縮小にメリマンの公式、急拡大にボルダの公式を適用した。

図5にバルブ付T字管の圧力損失測定結果と理論計算結果を示す。

近似計算ではあるがφ150の実測値と理論値はほぼ一致しており、他の呼び径に対しても理論計算に基づく損失水頭は、十分適用できると考えられる。

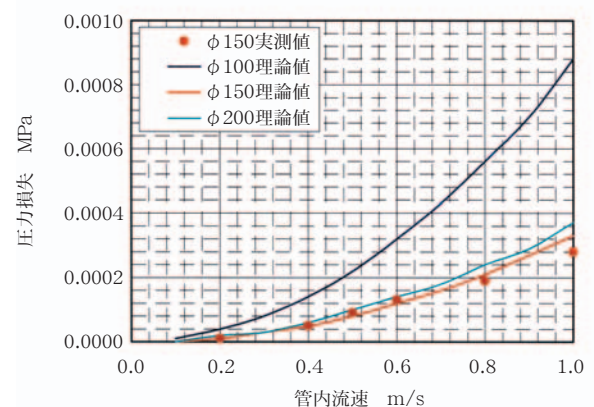


図5 損失水頭の実測値と理論値
Fig. 5 Test result in loss of head of apparatus (φ150) and calculated by theory

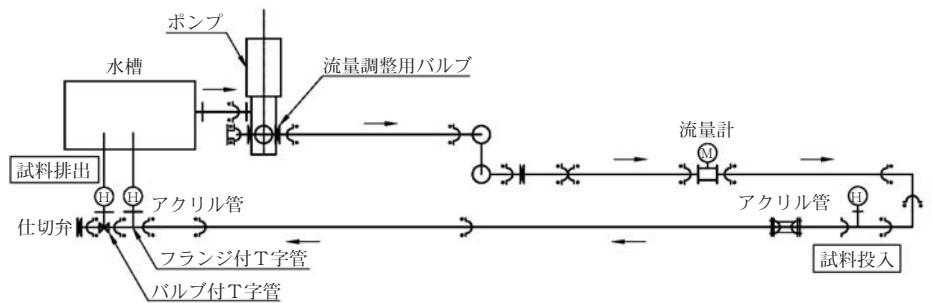


図6 排出試験管路
Fig. 6 Piping for remove performance test

3.2 排出性能試験

3.2.1 夾雑物の最低移送速度

夾雑物は比重によって移送形態が異なり、比重の小さいものは水流によって容易に浮遊し、流速が低くてもほぼ水流と同速度で移送される。

一方、比重の大きい夾雑物は管底を流れ、一定以上の流速がなければ移送されない。

図6に示す試験管路で実験し、砂礫や錆は平均流速が0.7m/s以上にならないと顕著に流れ始めないことを確認した。

3.2.2 バルブ付T字管とフランジ付T字管の比較

図6に示す試験管路でバルブ付T字管と、通常、消火栓に使用しているフランジ付T字管とで排出性能にどの程度の差があるのか実験をおこなった。

ただし、フランジ付T字管の排出試験時には下流側の仕切弁を閉じ、バルブ付T字管と同様、管内水を全量分岐管から排出するようにした。

《実験条件》

- ・呼び径 $\phi 150$
- ・管路長 10m
- ・平均流速 0.9m/s ($Q = 57\text{m}^3/\text{h}$)
- ・夾雑物の種類 砂礫
- ・粒径 3種類(0.147～6.00mm)

試験結果を表1に示す。

なお、夾雑物排出率は、投入試料が継ぎ手隙間へ入り込む影響を除くため、投入量に対する排出量の割合ではなく、排水時の排出量と排水終了後にT字管部に残存していた量(T字管部残存量)から計算した。

表1 排出率の比較

Table 1 Comparison of Tee with valve and T-branch in the ratio of removal

投入試料	排出率	
	バルブ付T字管	フランジ付きT字管 (下流側仕切弁全閉)
粒径:0.2～0.6mm	100%	85%
粒径:0.6～2.4mm	100%	11%
粒径:2.4～6.0mm	100%	2%

3.2.3 バルブ付T字管の流況解析

バルブ付T字管の傾斜弁体付近の流況を調べるため $\phi 150 \times \phi 75$ をモデル化し、FEM解析をおこなった。

この結果得られた管内流速および鉛直方向速度成分の一例を図7、図8に示す。

図7において傾斜した弁体の管底部に若干流速の遅い領域があるが、これは弁体に衝突した水流による影響と考えられる。

夾雑物はこの領域で滞留しそうに見えるが、理論的には夾雑物の沈降速度より水流の鉛直方向上方向速度ベクトルが大きければ、その夾雑物は排出される。

実際には、管底を移送されてきた夾雑物は慣性力である程度傾斜を上り、流速の速い領域に達して急速に排出されると考えられる。

4. 効率的な運用方法確立のための排出実験

バルブ付T字管の排出性能の高さは、実験とシミュレーション結果から実証されたので、次に、実管路での効率的な利用方法を確立するための実験をおこなった。

4.1 実験方法

(1) 実験管路

実管路における排水対象管路の延長は、消火栓の設置間隔となり、100～150mになるものと考えられる。

そこで、実験管路は呼び径 $\phi 150$ 、管路長130mとし、夾雑物が一様に分布している状況を想定して10mごとに合計13箇所の試料投入口を設けた。

この概要図を図9に示す。

(2) 実験条件

①試料の種類 : 比重の大・小の試料としてそれぞれ砂と塗料片を選定した。

②試料投入量 : 砂($200 \times 13 = 2,600\text{g}$)
塗料片($30 \times 13 = 390\text{g}$)

③管内圧力 : 0.35～0.20MPa

④消火栓開度 : 全開、半開

⑤管内流速 : 1.25, 1.00, 0.75m/s

それぞれの試料において、③と④の組合せおよび⑤の

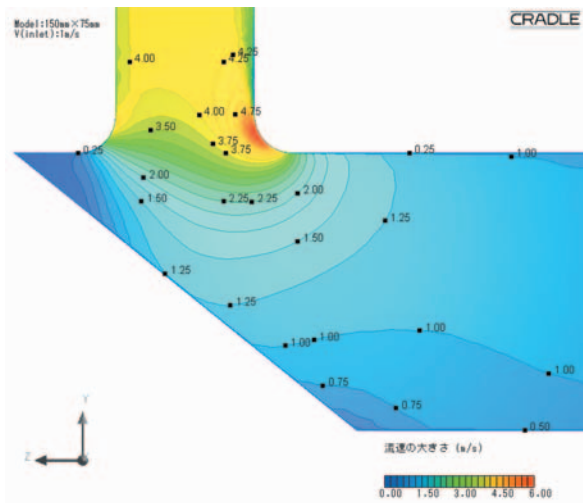


図7 管内流速分布

Fig. 7 Simulation of water velocity in Tee with valve

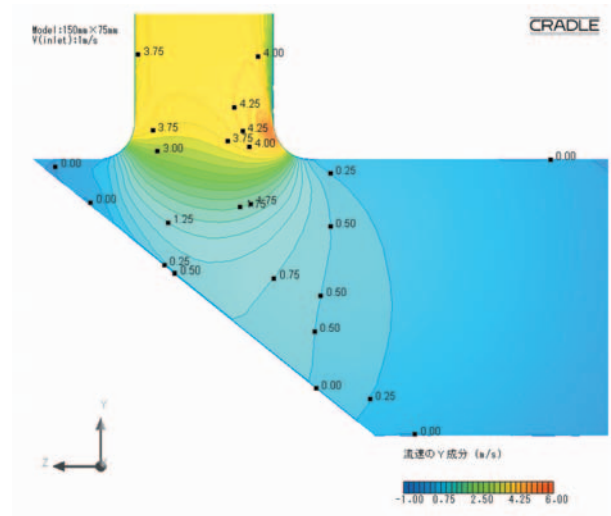


図8 鉛直方向速度分布

Fig. 8 Simulation of upright water velocity in Tee with valve

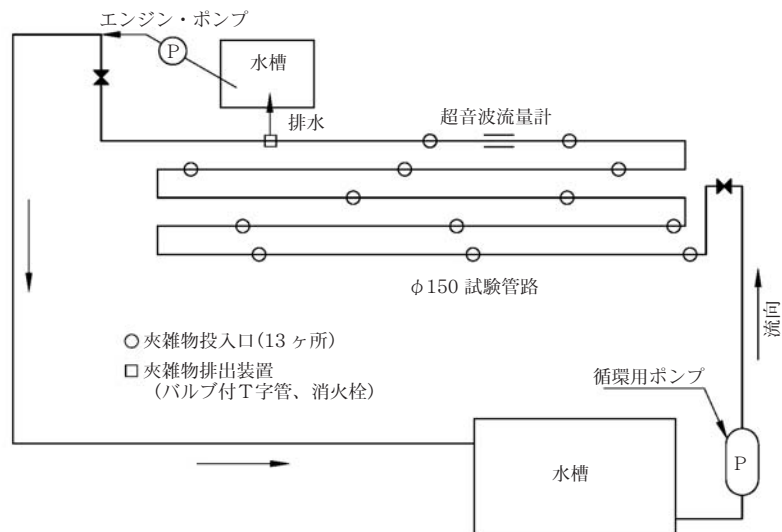


図9 効率的利用方法研究のための実験管路

Fig. 9 Piping for research of the efficient application method

表2 実験条件

Table 2 Condition of the test

試料	消火栓開度		水圧 MPa	流速 m/s	試験回数
	全開	半開			
砂	○	○	0.20, 0.25, 0.30, 0.35	—	3
	○	—	—	0.75, 1.00, 1.25	3
塗料片	○	○	0.20, 0.25, 0.30, 0.35	—	3
	○	—	—	0.75, 1.00, 1.25	3

条件で単位時間ごとの排出質量を測定し、時間経過に伴う排出率を求めた。

なお、条件③は、現場においては容易に管内流速を測定できないということを考慮しての設定条件であり、最終的には管内流速と排出率の関係に帰結するものである。

表2に実験条件を示す。

4.2 実験結果

累積排出量から求めた排出率と排出時間との関係を図10(砂)および図11(塗料片)に示す。

4.3 夾雑物排出特性の考察

実験結果から、比重の大きい夾雑物は短時間に大量に排水する方が除去効率(排水量に対する夾雑物排出量の

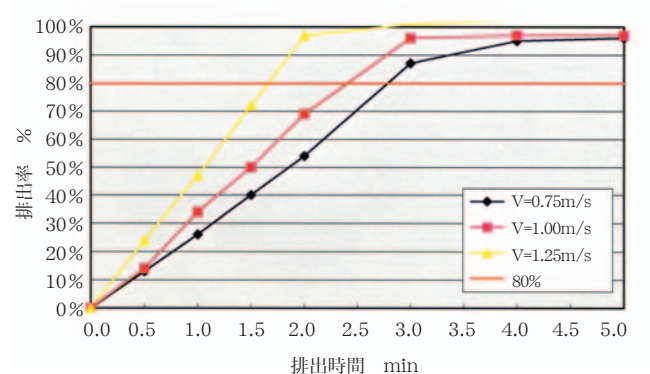
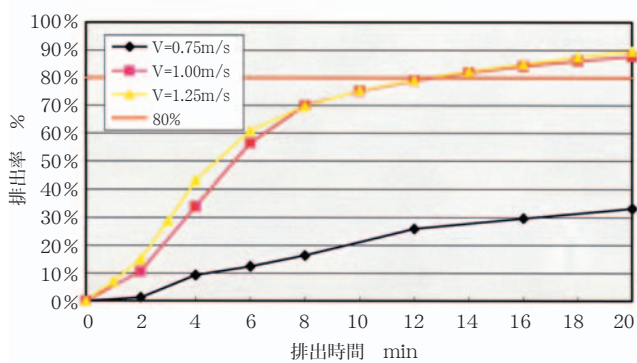
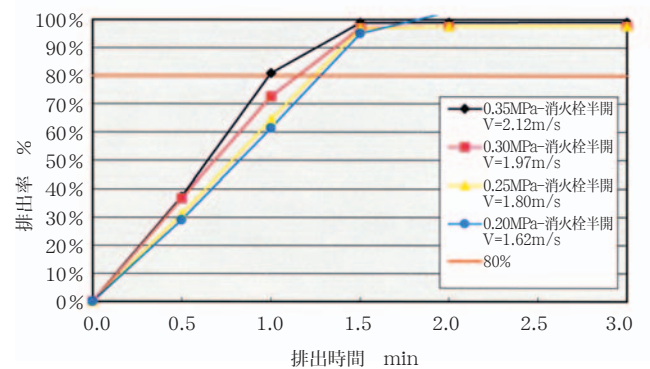
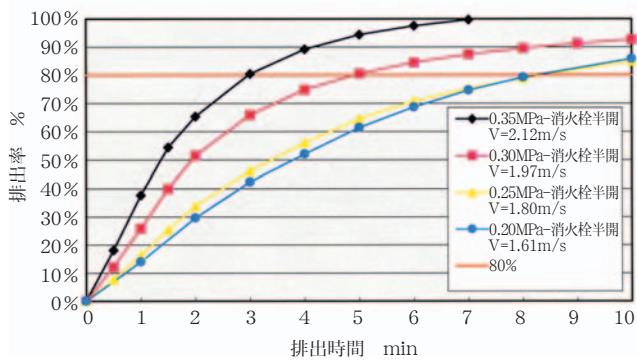
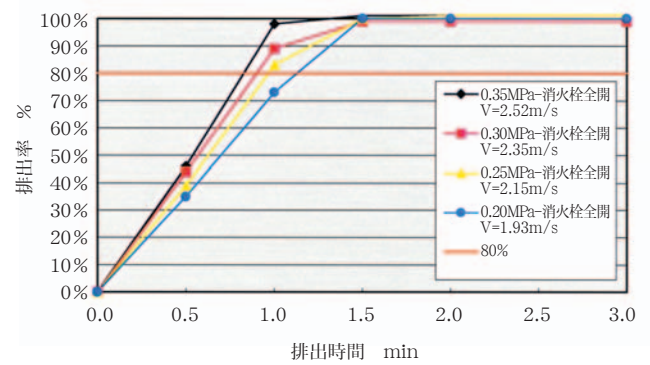
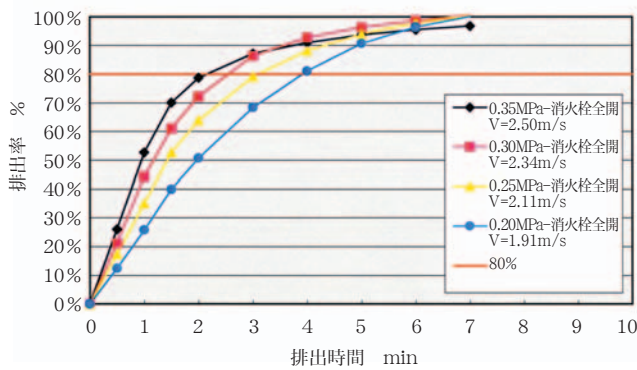


図10 排出率と排出時間の関係(砂)
Fig. 10 Relation between the rate of removal and lapsed time (sand)

図11 排出率と排出時間の関係(塗料片)
Fig. 11 Relation between the rate of removal and lapsed time (Broken pieces of a paint)

割合)は高く、排出率80%付近になると急速に排出量が低下し始めることがわかる。また、管内流速が1m/s以下になると除去効率が極端に悪くなる。

一方、比重の小さい夾雑物は水流とともに移動するため、洗管対象管路の容積と排出時の流量を測定しておけば、ほぼ100%効率的に除去できることがわかる。

以上をまとめると次のようになる。

- ①比重の大きな夾雑物
 - ・排出量は時間の経過とともに減少し、この傾向は管内流速が遅くなるほど顕著になる。
 - ・管内流速が一定以下 ($V < 1.0\text{m/s}$) になると、除去効率が極端に低下する。
- ②比重の小さな夾雑物
 - ・管内水とほぼ等速で移送されるため、流速の大小に拘わらず除去効率はほぼ一定である。

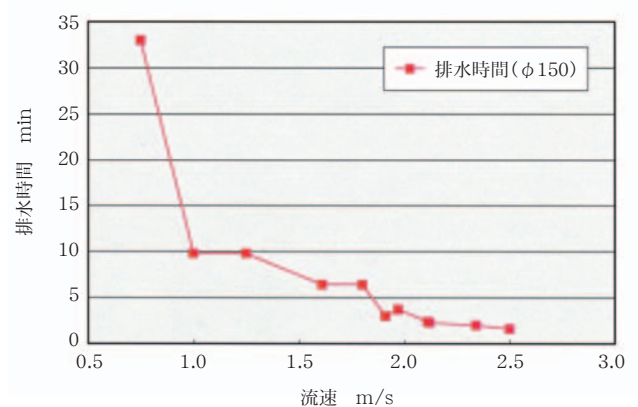


図12 砂の効率的洗管時間(分/100m)
Fig. 12 Efficient cleaning time to remove (min/100m)

4.5 比重の大きい夾雑物の効率的洗管時間

上記考察の結果から、砂のような比重の大きい夾雑物を効率的に除去するためには一定の目安が必要である。

そこで、排出率が80%になる時間を砂の効率的除去時間と捉え、管内流速に対する効率的な洗管時間を求めた(洗管対象管路100m当りに換算)。

これを図12に示す。

5. 結言

水道水に対する質的要求は、生活水準の向上とともに今後さらに高まっていくものと考えられ、環境ホルモンのような有機化合物は勿論、夾雑物のような固体成分による水質劣化を防止することがますます重要になる。

本稿では、機器単体の性能と効率的利用に関する試験結果を示したが、今後は消火栓用T字管の代替品としてだけではなく設置箇所の適用範囲を広げるとともに、水の有効利用という観点からシステムとしての開発に取り組みたいと考えている。

執筆者

山本吉彦

Yoshihiko Yamamoto

昭和59年入社

ダクタイト管の研究・開発に従事



小仲正純

Masazumi Konaka

平成12年入社

ダクタイト管の研究・開発に従事



畑中哲夫

Tetsuo Hatanaka

平成8年入社

ダクタイト管の研究・開発に従事



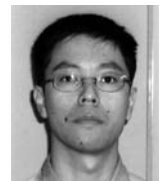
藤田弘司

Hiroshi Fujita

平成7年入社

ダクタイト管の研究・開発

およびバルブの設計に従事



喜多川 真好

Masayoshi Kitagawa

ピー・エス・ティ(株)社長



用語解説

スーパー堤防(super bank)

スーパー堤防とは高規格堤防ともいい、現在の堤防から市街地側に概ね300m(堤防の高さの約30倍)にわたって盛り土を行った幅の広い堤防のことである。一般の堤防は、ある大きさの洪水にまで耐えられるようにできているが、逆にいえばその大きさ以上の洪水が発生した場合、堤防は決壊し大災害をもたらす可能性がある。スーパー堤防は、万一大洪水によって水が堤防を越えても水は斜面を緩やかに流れ、破堤による壊滅的な被害から街を守ることができるように考えられた堤防である。