

（４）管路分岐部における濁質の 分配挙動制御堰の形状に関する研究

岸本 圭司^{1*}・下保 哲二¹・山本 吉彦¹・小泉 明²

¹（株）栗本鐵工所 パイプシステム事業本部鉄管事業部研究部（〒559-0023 大阪府大阪市住之江区泉 2-1-64）

²首都大学東京大学院 都市環境科学研究科（〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1）

* E-mail:k_kishimoto@kurimoto.co.jp

水道管路では、管内の濁質対策として排水による洗管作業が実施されている。水道管網内の特定の場所に濁質を集積できれば、無駄な排水を減らし、効率的な洗管作業が実施可能となる。

本研究では、ダクタイル鋳鉄異形管の分岐部において砂が分岐側へ流れやすくなる堰の形状を、数値流体解析の混相流モデルを用いて検討した。解析により求めた最適形状の堰を用いて実機実験を行うことで、砂の分岐側への分配効果を最大限に高められることが確認できた。また、堰付き分岐管を複数個組み合わせることで、より多くの砂を分岐側へ流せることも実験により確認した。

Key Words: numerical fluid dynamics, ductile iron fittings, suspended substances, optimization, weir

1. はじめに

わが国の水道管路は敷設延長約60万km、水道普及率は97.5%まで達している¹⁾。しかし、これらの管路は高度経済成長期に大半が敷設されているため、現在では法定耐用年数である40年を超過してもなお供用され続けている。このように法定耐用年数を経過し、老朽化した金属製パイプからは、鉄錆や塗膜片が剥離しているケースがあり、給水器具からの流出や目詰まり、赤水などの濁質発生の原因となっている。さらに管路の敷設工事時に管内に混入した土砂などの濁質は、浄水場から送水された水に対する水質劣化の要因にもなっている。

管内の濁質を除去する対策として、多くの事業者では管路内に濁質捕捉装置^{2), 3)}の設置や、消火栓設備等を利用した放水による洗管作業を実施している⁴⁾。しかし、このときの洗管作業にともない、年間5億m³近くの水が捨てられている⁵⁾。このような大量の水を排水せざるを得ない背景には、水道管路は一般的に複雑なループ状のネットワークを形成してい

ることにある。そのため、管網内を流れる濁質の挙動や堆積しやすい箇所を特定することは非常に困難であり、濁質を取り除くためには多くの箇所から排水作業を行わなくてはならないことが課題である。

このような背景より、近年では管内を流れる濁質挙動について様々な研究がなされている^{6), 7)}。特に、管内の分岐部において砂や鉄錆等の管底を流れる濁質は、主に分岐側へ流れやすいことが明らかになり⁸⁾、その特徴は数値流体解析からも明らかになった⁹⁾。さらに筆者らは、分岐部に堰を設けることで、砂等の濁質が分岐側へ流れやすい特徴がより顕著になることを数値流体解析により確認し、そのときの挙動は実管を用いた水理実験からも確かめられた¹⁰⁾。このように、管内を流れる濁質の挙動を制御し、分岐部の一定方向のみに濁質が流れるようにできれば、複雑な管網内で濁質の堆積しやすい位置を特定することが可能となる。濁質の堆積箇所が特定できれば、洗管作業も効率的に実施でき、無駄な排水量を低減できる。

本研究は、堰付き分岐管を水道管路へ適用するた

めに、ダクタイル鋳鉄異形管（以下、ダクタイル鉄管と呼ぶ）での検討を試みたものである。具体的には、ダクタイル鉄管の分岐部において、最も砂が分岐側へ流れやすくなる堰の形状を数値流体解析により検討した。その上で実管を製作し、性能確認試験を実施したものである。

2. 解析方法並びに解析条件

(1) 混相流解析モデル

水中を流れる濁質の挙動を再現するには、水と濁質の二つの相に関する運動方程式を解く必要があることから、混相流解析が用いられる。混相流解析の数値モデルは様々なものが利用されているが^{11)~13)}、本研究では、オイラー法の一つであるオイラーグラニュラーモデルによる解析を実施した。このモデルを採用した理由は

- ・管内の濁質はバルク状態で流下している¹⁴⁾ため、一つの粒子相として取り扱うことができる。
 - ・オイラー法は粒子相を一つの相として考えるため、個々の粒子を定式化するのに比べ、計算負荷を軽減できる。
- ことによる。

以下にオイラーグラニュラーモデルの支配方程式を示す。

相 q における連続の式は(1)式で表される。

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_q \rho_q) + \nabla \cdot (\alpha_q \rho_q \mathbf{v}_q) = \sum_{p=1}^n (\dot{m}_{pq} - \dot{m}_{qp}) \quad \dots (1)$$

ここに、 α_q ：相 q の体積分率、 ρ_q ：相 q の密度、 $\mathbf{v}_q$ ：相 q の速度、 $\dot{m}_{pq}$ ： p 番目の相から q 番目の相に移動する質量、 $\dot{m}_{qp}$ ： q 番目の相から p 番目の相に移動する質量、である。

粒子相 s における運動量バランスは(2)式で表される。

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_s \rho_s \vec{v}_s) + \nabla \cdot (\alpha_s \rho_s \vec{v}_s \vec{v}_s) = -\alpha_s \nabla p - \nabla p_s + \nabla \cdot \vec{\tau}_s + \alpha_s \rho_s \vec{g} + \sum_{p=1}^n (K_{ls}(\vec{v}_l - \vec{v}_s) + \dot{m}_{pq} \vec{v}_{ls}) + \alpha_s \rho_s (\vec{F}_s + \vec{F}_{lift,s} + \vec{F}_{vm,s}) \quad \dots (2)$$

ここに、 α_s ：砂の体積分率、 ρ_s ：砂の密度、 $\mathbf{v}_s$ ：砂の流速、 p ：全ての相が共有する圧力、 p_s ：固体圧

力項、 $\vec{\tau}_s$ ：応力ひずみテンソル、 $\mathbf{g}$ ：重力加速度、 n ：相の総数、 K_{ls} ：運動量交換係数、 $\mathbf{v}_l$ ：水の流速、 $\dot{m}_{pq}$ ： p 番目の相から q 番目の相に移動する質量、 $\mathbf{v}_{ls}$ ：相対速度、 $\mathbf{F}_s$ ：外力、 $\mathbf{F}_{lift,s}$ ：揚力、 $\mathbf{F}_{vm,s}$ ：仮想質量効果、である。なお、濁質同士の接触を考慮するための、運動量交換係数の算出には既報⁹⁾同様に Syamlal-O'Brien¹⁵⁾の式を用いている。

(2) 解析条件

解析条件を表-1に示す。

管内の砂が滞留することなく流れるには0.4m/s以上の流速が必要であり、管内を洗浄するためには1.0m/s以上の流速が必要である¹⁶⁾。大半の砂は配水時だけでなく洗管作業時において管内を流れることから、洗管時においても分岐側へ砂を流すことを目的として、上流側の流速を $V_a=1.50\text{m/s}$ 、直進側 $V_b=1.20\text{m/s}$ 、分岐側 $V_c=0.68\text{m/s}$ とした。この流速配分は、堰を設けていない分岐管において100%の砂が直進側へ流れる条件である。

解析手順は、はじめに分岐部前後に十分な助走区間を設けたモデルで濁質流れを考慮しない単相の定常流れ解析を実施する。この単相の定常流れ解析の結果から得られた分岐部周辺の流速分布を、分岐部近傍のみを取り出した混相流解析用のモデルへの境界条件として設定した。

表-1 解析条件一覧

解析手法		非定常流・混相流解析
混相流モデル		オイラーグラニュラーモデル
解析ソフト		FLUENT Ver.13 (ANSYS Inc.)
乱流モデル		RNG K- ϵ モデル
流速条件	上流側 V_a	1.50m/s
	直進側 V_b	1.20m/s
	分岐側 V_c	0.68m/s
流体物		水 (20℃/一定)
濁質		砂 (直径 2.0mm / 比重 2.5)
濁質量		約 300ml
その他		重力、濁質同士の接触の影響を考慮

3. 堰の最適形状の検討

(1) 堰の形状について

堰を設けた分岐管を製作するにあたり、今回は水道管として広く普及しているダクタイル鉄管を用い

ることとした。

図-1にダクトイル鉄管の外観を示す。ダクトイル鉄管は鋳造によって製作されるため、鋳込み時の湯流れや冷却過程の問題から図のようにR形状を持つ。モデルにはこのR形状を考慮して解析を実施した。

図-2に、検討を行った堰の形状を示す。堰の形状は、分岐部でせき止めた砂が再び直進側へ流れないように分岐側の管底と同じ高さとした。さらに、堰は、分岐管を管網に組み込む際の汎用性を考慮して、管底側と管頂側に設けた形状とした。

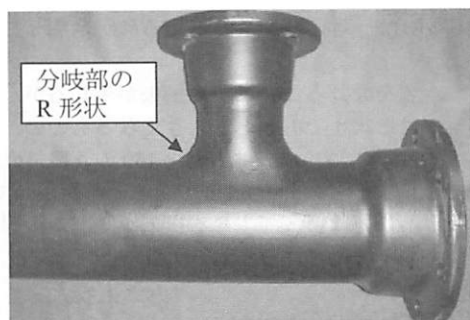


図-1 ダクトイル鉄管の分岐部形状
φ150×φ100

堰の形状	図		
形状1 分岐管の管底と同じ高さの形状			
形状2 分岐側の堰を10mm高くした形状			
形状3 両側の堰を10mm高くした形状			
形状4 分岐側の堰を分岐管内に15mm延長した形状			

図-2 解析モデル

(2) 解析結果と濁質の分配状態

次頁表-2に解析結果を示す。

最も分岐側への濁質分配率が低くなったのは形状1で、分配率40%となった。一方、最も分配率が高くなったのは形状3で、分配率は86%であった。次頁図-3～図-6は各形状における砂の分配状態を、分岐部の真上から見たものである。

形状1(図-3)では多くの砂が堰を乗り越えて直進側へ流れているのが分かる。形状2(図-4)では、分岐側の堰を高くすることで分岐側の堰を乗り越える砂が低減できているが、反対側では依然として砂が堰を乗り越えていた。形状3(図-5)は両側の堰を高くすることで、堰を乗り越える砂が低減できているのが分かる。一方、分岐管内に堰を伸ばした形

状 4(図-6)は、再び堰を乗り越える砂が増加していた。

なお、堰を設けることで圧力損失が生じるが、損失ヘッドは形状 4 でもっとも大きくなるものの、その値は 0.079m であった。これは $\phi 150$ の管路で直線距離に換算するとおよそ 6.7m である。したがって、堰を設けることによって生じる損失ヘッドの影響は小さいものと考えられる。

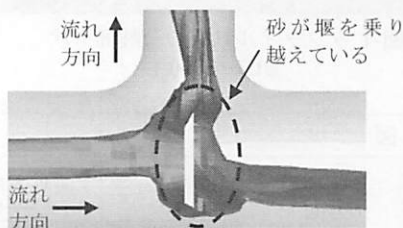


図-3 形状 1 における濁質の分配状態

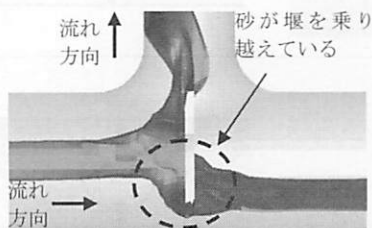


図-4 形状 2 における濁質の分配状態

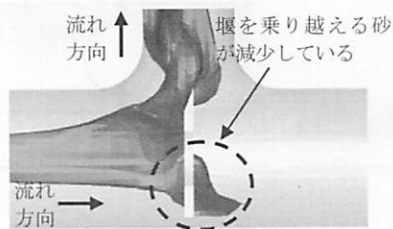


図-5 形状 3 における濁質の分配状態

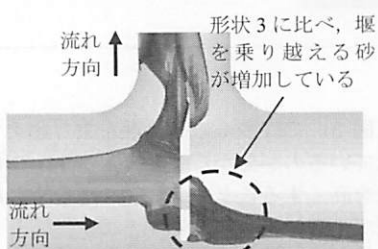


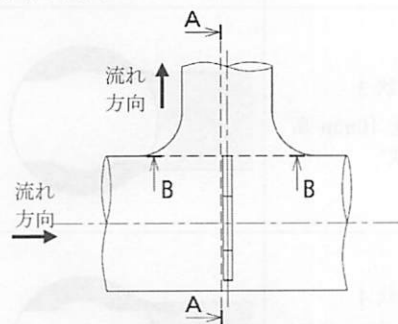
図-6 形状 4 における濁質の分配状態

表-2 解析結果

形状	分岐側分配率 [%]	損失ヘッド [m]
形状 1 分岐管と同じ高さの堰	40	0.061
形状 2 分岐管側を高くした堰	60	0.069
形状 3 両側を高くした堰	86	0.078
形状 4 分岐管内に伸ばした堰	75	0.079

(3) 濁質の分配メカニズムについて

堰の形状を変更することで、砂の分岐側分配率に違いが見られた原因を調べるため、分岐部における水の流速分布を調べた。ここで、堰に当たって直進側へ流れようとする慣性を失った砂は、水の流れによって再び運ばれる。そのため、流速分布を調べる断面は、堰のすぐ上流側の、本管に対する垂直断面(以下、A 断面と呼ぶ)と、本管と分岐管の接続部の断面(以下、B 断面と呼ぶ)とした。特に A 断面については上流側から下流側に向かって見たときの流速分布を、B 断面については、砂は管底を流れる⁸⁾ことから、接続部の下方のみに着目した。流速分布を出力した断面の位置を図-7 に破線で示す。A 断面では直進側の流速分布を、B 断面では分岐側への流速分布を出力した。



【各断面の位置】

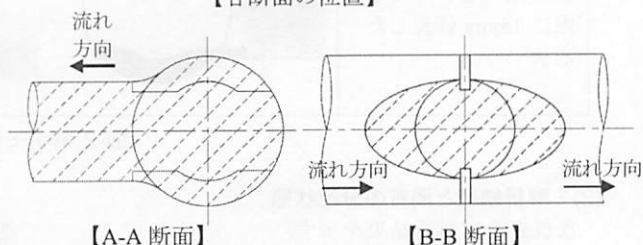


図-7 流速分布出力面について

a) 形状 1 の流速分布

形状 1 の流速分布を次頁の図-8～図-10 に示す。

なお、図-10 は図-9 に示す部分を拡大したものである。本項以降の B 断面はこの拡大図を出力する。

A 断面を見ると、堰の分岐側と反対側では分岐側の方が、相対的に流速が速くなっている。そのため、堰に当たった砂の一部は分岐側へ流れようとする。一方で、堰のすぐ上には直進側への 1.0m/s 以上の流速域があることから、多くの砂は直進側へ流されることが考えられる。

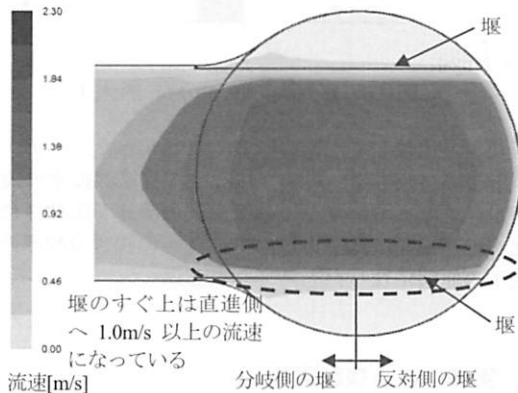


図-8 A 断面の流速分布 形状 1

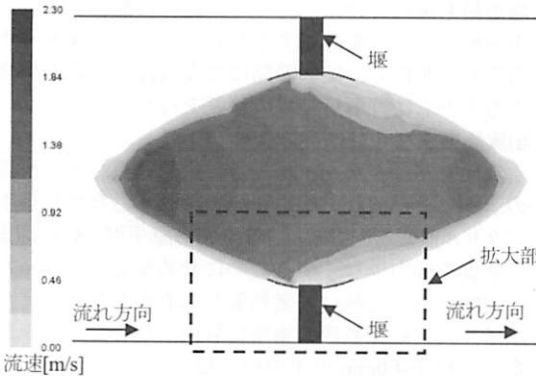


図-9 B 断面の拡大位置について

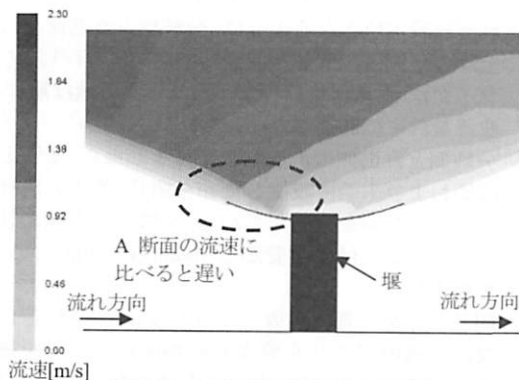


図-10 B 断面の流速分布 形状 1

次に B 断面では、砂は管底を流れることから、ここでは管底部の流速分布に着目した。

B 断面では分岐側への水の流速は、直進側よりも遅くなっている。そのため、砂は分岐側へ流れようとしても、堰を乗り越えた時点で多くの砂が直進側へ流されていると考えられる。

b)形状 2 の流速分布

形状 2 の流速分布を図-11、図-12 に示す。

A 断面では、反対側の堰のすぐ上には流速 1.0m/s 以上の流速域が見られるが、分岐側の堰を高くすることで直進側への流速が遅くなる領域が生じており、砂はこの領域を通過することで分岐側へ流れていると考えられる。一方、B 断面では、形状 1 に比べると、分岐側への流速が速くなっている。その結果、一部の砂は直進側へ流れるが、形状 1 に比べると砂は分岐側へ流れると考えられる。

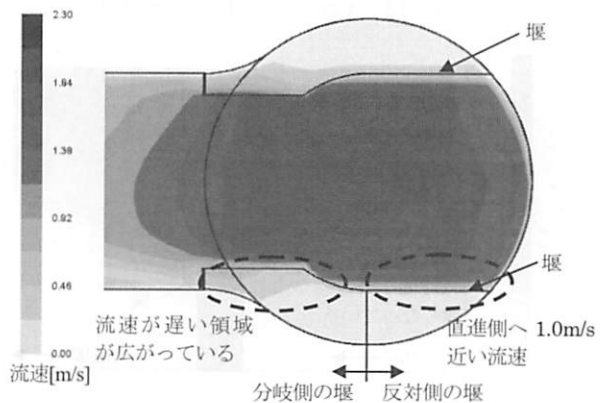


図-11 A 断面の流速分布 形状 2

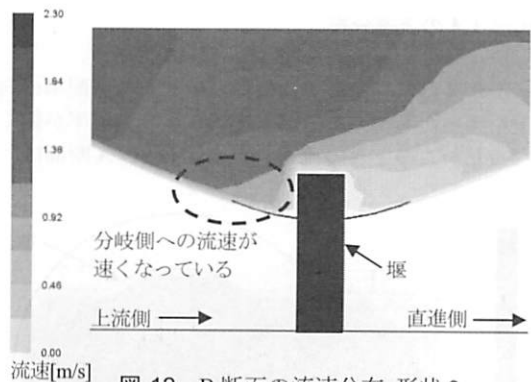


図-12 B 断面の流速分布 形状 2

c)形状 3 の流速分布

形状 3 の流速分布を次頁の図-13、図-14 に示す。

A 断面より、堰の反対側を高くしたことで、堰の反対側に流速の遅い領域が広がっているのが分かる。そのため、管底を流れる砂は流速が速くなっている

分岐側へより流れやすくなっていると考えられる。
また、B断面では、分岐側へ流れる管底部の水の流速が形状2よりも速くなっている。このことから、砂は分岐側へ流れやすくなっていると考えられる。

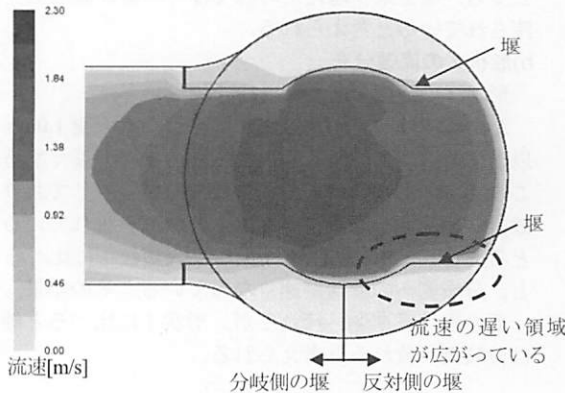


図-13 A断面の流速分布 形状3

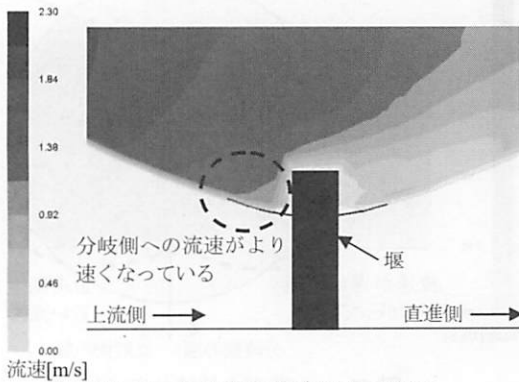


図-14 B断面の流速分布 形状3

d)形状4の流速分布

形状4の流速分布を図-15、図-16に示す。

形状4は堰を分岐管内に伸ばすことで分配率の向上を図ったものであるが、形状3より分配率が低くなった。このときの流速分布を見ると、A断面は、

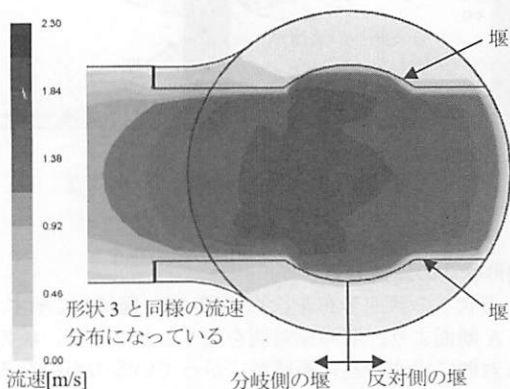


図-15 A断面の流速分布 形状4

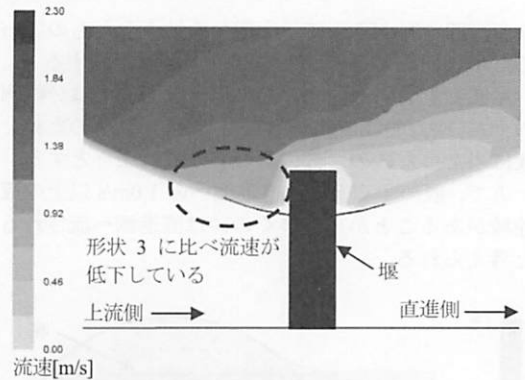


図-16 B断面の流速分布 形状4

形状3と比較しても違いは見られなかった。一方、B断面においては、形状3に比べて管底部の水の流速が遅くなっていた。この管底部の流速が形状3に比べて遅くなったことが、分岐側への濁質分配率の低下の原因になったと考えられる。

4. 実機による検証実験

(1) 分配性能確認実験

前述のように、分岐側への濁質分配率は形状3の堰が最も優れていた。そこで、堰の有無による濁質の分配率の違いを確認するため、形状3の堰を有する実管を製作し、実験管路にて濁質分配性能を確認するとともに、解析結果の検証を行なった。

a)実験方法ならびに実験条件

実験管路はダクタイル鉄管により構築した。配管の所々に砂が流れている状況を確認するために透明アクリル直管を配置した。また、各継手部に砂が溜まる影響を極力少なくするためにせめ配管を行なった。

実験に用いた砂は、老朽管から剥離したモルタルライニング砂や敷設工事時に管内に残存した砂を想定し、粒径4.0mm以下の砂を用いた。

実験方法を以下に示す。

- ① ポンプを起動し、分岐方向と直進方向の流速がそれぞれ設定値となるように、分岐側と直進側それぞれの下流に設置した流量調整用バルブ(バタフライ弁)で流量調整を行なった。管内流速は超音波流量計にて測定した。
- ② 分岐側と直進側の流速調整が完了したら、本管上流側および末端に設置した弁を閉じ、管内の流れが止まったのを確認してから、分岐部の上流に設けたフランジ付T字管から300ml(約430g)の砂を投入した。
- ③ 閉じた弁を一斉に開放して砂を流した。各位置に設けた透明アクリル管より砂が流れたことを確認した後、管内流速をさらに上げて洗管作業を行なった。

表-3 分岐管性能確認実験における流速条件

上流側 Va [m/s]	直進側 Vb [m/s]	分岐側 Vc [m/s]	流速比 Vb/Va	上流側 Va [m/s]	直進側 Vb [m/s]	分岐側 Vc [m/s]	流速比 Vb/Va	上流側 Va [m/s]	直進側 Vb [m/s]	分岐側 Vc [m/s]	流速比 Vb/Va
1.50	1.50	0.00	1.0	1.20	1.20	0.00	1.0	0.80	0.80	0.00	1.0
	1.35	0.34	0.9		1.08	0.27	0.9		0.72	0.18	0.9
	1.20	0.68	0.8		0.96	0.54	0.8		0.64	0.36	0.8
	1.05	1.01	0.7		0.84	0.81	0.7		0.56	0.54	0.7
	0.90	1.35	0.6		0.72	1.08	0.6		0.48	0.72	0.6

- ④ 砂は管路末端に設けたバルブ付き T 字管より排出し、プランクトンネットにより捕捉した。
 ⑤ 捕捉した砂を十分乾燥させた後、分配量の測定を行った。

実験条件を表-3に示す。実験では、様々な流速における分配傾向を調べるため、解析を実施した上流側 $V_a=1.50\text{m/s}$ の条件に加え、上流側の流速を 1.20m/s 、 0.80m/s として、直進側 V_b と分岐側 V_c の値を所定の流速値に設定して実験を行った。なお、実験は各流速条件につき3回行なった。

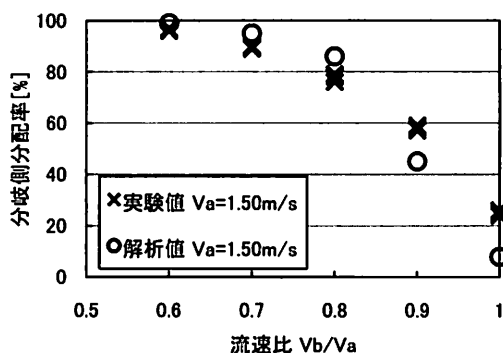
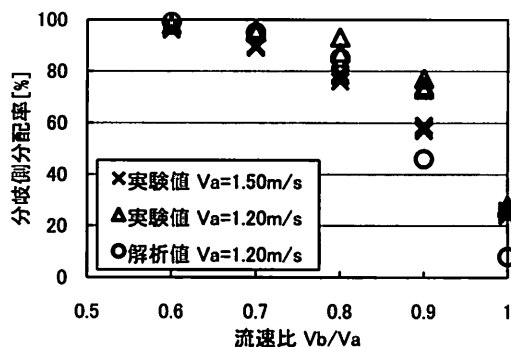
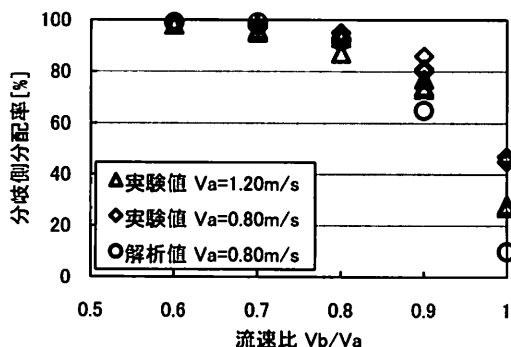
b)実験結果

分配性能確認実験の結果を図-17～図-19に示す。なお、図中には同条件で行なった解析結果も併せて示す。

解析を実施した流速条件(上流側 1.50m/s 、直進側 1.20m/s 、分岐側 0.68m/s)における、実験時の濁質分配率は 80% となり、解析値の 86% に近い分配率を得ることができた。

図-17～図-19より、実験では上流側の流速 V_a が遅くなるほど砂が分岐側へ流れやすくなる傾向を示している。この傾向は解析の $V_a=0.80\text{m/s}$ においても再現できていた。これは上流側の流速が遅くなるほど、砂を直進側へ流そうとする慣性力が小さくなっているためと考えられる。また、堰によって直進側への慣性を失った砂は、水の流れによって再び流される。このとき、洗管時のような 1.0m/s 以上の流速が直進側へ生じていれば、一部の砂は堰を乗り越えることが可能となる。しかし、 1.0m/s 以下の流速のとき、砂は堰を乗り越えることができず、管底を進むことで分岐側へ流れる。その結果、上流側の流速が遅いほど砂は分岐側へ流れやすくなったと考えられる。

一方、流速比が 0.9 および 1 では実験値と解析値に乖離が見られた。この原因として、実験では砂を流す際に管路末端の仕切弁を急に開放している。この弁の急な開放により、分岐側の管路において圧力脈動¹⁷⁾が生じた結果、分岐側の流速が上昇したものと考えられる。

図-17 実験と解析結果の比較 $V_a=1.50\text{m/s}$ 図-18 実験と解析結果の比較 $V_a=1.20\text{m/s}$ 図-19 実験と解析結果の比較 $V_a=0.80\text{m/s}$

(2) 管網実験

水道管路は一般的に管網を構成しており、本分岐管を水道管路に適用するためには、管網における分岐管の取り付け位置や数を把握しておく必要がある。

ここでは、一例として二つの堰付き分岐管を管路に組み込み、より多くの砂を分岐側の管路末端へ流すことが可能か確認した。

a) 実験方法および実験条件

図-20 に管網の実験管路を示す。堰付き分岐管は本管上に二つ配置した。各分岐部で分岐管側に流れた砂は、管路の途中で合流させ、管路末端でまとめて回収した。

なお、管網実験については、比較の対象として堰を設けていない通常の分岐管（以下、堰無し分岐管と呼ぶ）を設置した実験も行なった。

実験方法は(1)堰付き分岐管の性能確認試験と同じであるため、ここでは省略する。

管網実験における流速条件を表-4 に示す。管網の流速条件も洗管時の流速を考慮し、上流側流速 $V_a=1.50\text{m/s}$ および 1.20m/s とした。 $V_a=0.80\text{m/s}$ では二つ目の分岐部以降において砂が十分に流れる流速を確保できないため、実験条件から除外した。分岐部の流速比は、断水の状態を想定し、直進側、分岐側それぞれに流速を有している中で砂が直進側へ流れやすい流速比 0.9、および 0.8 となるように流速設定を行なった。

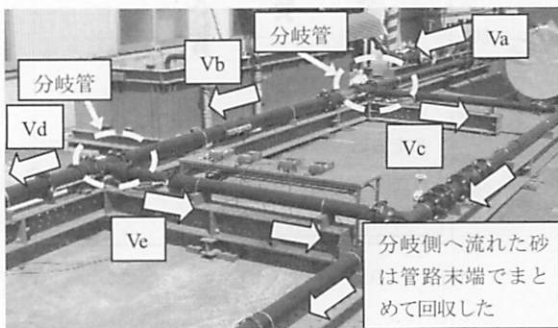


図-20 実験管網

表-4 管網実験条件

条件番号	V_a [m/s]	V_b [m/s]	V_c [m/s]	V_d [m/s]	V_e [m/s]	分岐部の流速比
①	1.50	1.35	0.34	1.22	0.30	0.9
②		1.20	0.68	0.96	0.54	0.8
③	1.20	1.08	0.27	0.97	0.25	0.9
④		0.96	0.54	0.77	0.43	0.8

b) 管網実験結果

管網実験の結果を表-5 に示す。

堰付き分岐管の場合、分岐側末端へ流れる砂が多くなったのは流速条件① ($V_a=1.50\text{m/s}$, 分岐部流速比 0.9) で、そのときの分配率は 94% であった。一方、堰無し分岐管で実施した同じ流速条件では、分岐側管路末端への分配率は 1% となり、堰付き分岐管を並べて配置することで分配率を 93% まで向上できた。また、流速条件③ ($V_a=1.20\text{m/s}$, 分岐部流速比 0.9) でも堰付き分岐管では分岐側末端へ流れた砂が 98% に対し、堰無し分岐管では 1% であった。さらに、流速条件②, ④ (流速比 0.8) では、分岐側末端へ流れる砂がさらに増加できており、 $V_a=1.50\text{m/s}$, 1.20m/s ともに分配率が 99% となっていた。なお、流速条件②, ④ では堰無しにおいても分岐側への砂の分配率が比較的高くなっているが、流速条件によっては砂が分岐側へ流れることもあり得る。しかし、堰を設けた場合では分岐側へ 99% の砂を流すことができており、より砂を分岐側へ流れやすくできることが確認できた。

以上のことから、堰付き分岐管を並べて配置することで、直進側の下流へ砂を流さずに、より多くの砂を分岐側末端へ流すことが可能であると考えられる。この特長を活かせば、堰付き分岐管を管網内に設置する際、分岐管側の管路に濁質補足装置や消火栓等を設けておくことで、濁質を効果的に除去することが可能であると考えられる。

表-5 管網実験結果

流速条件	堰の有無	V_a [m/s]	分岐部流速比	分岐側分配率[%]
①	有り	1.50	0.9	94
	無し			1
②	有り	1.50	0.8	99
	無し			59
③	有り	1.20	0.9	98
	無し			1
④	有り	1.20	0.8	99
	無し			91

5. おわりに

本研究では、ダクトイル鉄管の分岐部において、砂を分岐側へ流すことが可能となる堰の形状を、数値流体解析を用いて検討した。そして、数値流体解析にて決定した形状の堰を有する実管を用いた実証実験より、堰がない分岐管に比べ、砂が分岐側へ流れやすくなることが確認できた。さらに、堰付き分

岐管を並べて配置することで分岐側の管路へより多くの砂を流すことが可能であることも確かめられた。

本稿で製作した堰付きのダクト用鉄管を実管路に用いることで分岐方向へ濁質を積極的に流すことができる。また分岐側の管路に濁質捕捉装置や消火栓等を適宜設置し、その位置へ濁質を誘導するような配水計画を立案することで、効率的な濁質の排出が可能になると考えている。そこで、今後は濁質捕捉装置等や、配水制御計画等と組み合わせることで、最適な濁質対策システムの構築に関する研究にも取り組みたいと考えている。

参考文献

- 1) 厚生労働省:水道の基本統計 水道普及率の推移
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/database/kihon/suii.html>
- 2) 安部正樹, 吉田智紀, 北島晴夫, 田中辰夫, 中尾渡:管内濁質除去システムの実管路への適用, 第 59 回水道研究発表会講演集, pp.278-279, 2008
- 3) 長岡裕, 藤原正弘, 大木畑敏文, 安部正樹:管路内濁質除去装置(ストレーナ式)の開発, 第 56 回水道研究発表会講演集, pp.362-363, 2005
- 4) (社)日本水道協会:水道維持管理指針, pp.441-442, 2006
- 5) (社)日本水道協会:水道統計「平成 19 年度」, pp.914-915, 2009
- 6) 小泉明, 宮島昌克, 藤原正弘, 國寶善治:管路内の濁質挙動に関する実験的研究, 水道協会雑誌, 第 854 号, pp.2-11, 2005
- 7) 國寶善治, 稲貝とよの, 小泉明, 有吉寛記, 下村政裕:配水管網管理のための濁質堆積量の推定並びに効率的な洗管計画, 環境工学研究論文集, Vol.44, pp.239-245, 2007
- 8) (財)水道技術研究センター:水資源の有効利用に資するシステムの構築に関する研究報告書, pp.87-98, 2005
- 9) 岸本圭司, 下保哲二, 山本吉彦, 道浦吉貞, 小泉明:管路分岐部における濁質の分配挙動解析モデルに関する一考察, 環境工学研究論文集, Vol.46, pp.249-257, 2009
- 10) 岸本圭司, 下保哲二, 山本吉彦, 小泉明:管路分岐部における濁質の挙動制御に関する実験的研究, 環境工学研究論文集, 第 47 巻, pp.339-347, 2010
- 11) Muhammad A.A., Moses O.T., and Vishnu K.P.: Two-Fluid Eulerian Simulation of Bubble Column Reactors with Distributors, Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol.39, No.8, pp.831-841, 2006
- 12) Natui S., Nogami H., Ueda S., Kano J., Inoue R., and Ariyama T.: Simultaneous Three-dimensional Analysis of Gas-Solid Flow in Blast Furnace by Combining Discrete Element Method and Computational Fluid Dynamics, ISIJ International, Vol.51, No.1, pp.41-50, 2011
- 13) Ishimoto J, Hoshina H., Tsuchiyama T., Watanabe H., Haga A., and Sato F.: Integrated Simulation of the Atomization Process of a Liquid Jet Through a Cylindrical Nozzle, Interdisciplinary Information Sciences, Vol.13, No.1, pp.7-16, 2007
- 14) 日本機械学会:管路・ダクトの流体抵抗, p.175, 1979
- 15) Syamlal, M. and T.J.O'Brien: A Generalized Drag Correlation for Multiparticle Systems, Unpublished report 1987
- 16) 再掲, 参考文献 4) の p.443
- 17) 秋元徳三:水撃作用と圧力脈動第 1 編, p.13, 2004 (2011.5.30 受付)

A Study on Shape of Distribution Behavior Control Weir for Suspended Substances in Tee Branch at Pipeline

Keiji KISHIMOTO¹, Tetsuji SHITABO¹, Yoshihiko YAMAMOTO¹
and Akira KOIZUMI²

¹Iron Pipe Division, Pipe System Consolidated Division, Kurimoto LTD.

²Dept. of Civil and Environmental Engineering, Tokyo Metropolitan University

In waterworks, pipe cleaning with drainage is executed to take out suspended substances from a water distribution network. If suspended substances can be accumulated in a specific place in a pipeline network, the amount of drainage necessary to cleaning is decreased and efficient pipe cleaning work becomes possible.

In this paper, shape of branch, which enables sand to flow into the branch side on ductile iron fittings, was studied by using numerical fluid dynamics model with multiphase flow. We conducted experiments using a weir with the shape which showed the best efficiency in numerical analysis. And it was confirmed that the effect on distribution of sand to branch side was improved to its maximum. It was also shown by experiments that combining several weir fitted branch pipes increased the amount of sand flowing into a branch side.