

(43) 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

岸本 圭司^{1*}・下保 哲二¹・山本 吉彦¹・小泉 明²

¹ 堺市立工業所 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、管内に残存した砂等の濁質を除去するために排水による洗管が行われている。このとき、管網内の濁質堆積箇所をある程度推定しておかないと、排水洗管を行っても濁質が排出されない可能性がある。したがって、効率的に洗管作業を実施するには、濁質の堆積箇所を特定することが重要となる。

本研究は、様々な分岐形状において濁質として砂の流れを考慮した数値流体解析を実施し、砂が分岐管側へ流れやすくなる最適形状を検討した。さらに、解析から決定した形状の実管を作成し、実機実験による検証も行い、通常の管に比べて砂が分岐管側へ流れ易くなることを確認した。これにより、管路分岐部の濁質流れ方向の予測が容易となり、管網内での濁質堆積箇所の推定に役立てることができる。

Key Words : numerical fluid dynamics, multi-phase flow, Tee branch, suspended substances, weir

1. はじめに

水道管路は全国で約 60 万 km、水道普及率は 97.5%¹⁾に及んでいる。さらに管路は、日常生活や産業活動にとって必要不可欠なライフラインのため、地震等の災害に備え、ループ状の配水ネットワークを形成しているのが一般的である。これらの管路施設の多くが、管材の法定耐用年数 40 年を超過し老朽管している。このような老朽化した金属製パイプからは、剥離した鉄錆や塗膜片、さらには管路施設の布設時に混入した土砂等の濁質が、赤水や残留塩素濃度の低下といった水質劣化の原因となっている。

管内の濁質による水質劣化への対策の一つとして、水道事業体では排水洗管を実施²⁾している。これは管網内に残存する濁質を、消火栓等からの排水と共に管外に排出するものである。しかし、この洗管作業において、濁質の堆積場所の推定は熟練作業者の経験に頼らざるを得ず、年間 4 億 2 千万 m³の水が放水³⁾されている。したがって、水資源の有効利用や環境負荷低減の観点からも、より効率的な排水方法を検討する必要がある。

洗管作業を効率的に行うには、複雑な管網内にお

いて濁質が堆積しやすい箇所を推定することが重要となり、管網内での濁質挙動や堆積量を推定する方法に関する研究が行われている^{4),5)}。これまでに、砂などの管底を流れる濁質は、管内の分岐部では分岐側へ流れ易いことが明らかとなっている⁶⁾。一方、筆者らは、このときの分岐部を流れる濁質挙動を、数値流体解析によって再現できることを確認した⁷⁾。これにより、管路分岐部を流れる濁質の挙動を可視化や、流れ場の詳細を調べる事が可能となった。

以上のように、管内を流れる濁質の挙動については様々な研究が行われている一方で、濁質流れの制御に関する報告はなされていない。もし管路分岐部の濁質が特定の方向のみに流れるのであれば、管網ネットワークにおいて濁質の堆積し易い箇所の推定が容易になり、より効率的な洗管作業を実施することが可能となる。

本研究では、濁質挙動の再現が可能となった数値流体解析を用いて、分岐部を流れる濁質を特定の方向へ流すことを可能とする分岐形状の検討を行った。具体的には、分岐部では濁質が分岐側へ流れやすい性質を利用し、解析によって濁質がさらに分岐側へ流れやすい分岐形状として堰の効果を見出し、実機

による性能確認を行ったものである。

2. 解析方法並びに実験管路

(1) 混相流解析モデル

管内の濁質流れを考慮するには、水と濁質の混相流解析を行う必要がある。混相流解析は様々なモデルが提案されており、用途に応じて使い分けられている^{8)~10)}。混相流解析は一般的にラグランジュ法と、オイラー法に分類される。ラグランジュ法は、粒子個々の挙動を定式化するため、計算負荷が大きくなる。一方、オイラー法は、粒子全体を一つの相として定式化することで、計算負荷は比較的低くなる。

管内を流れる濁質は、ある程度まとまった状態で流れており¹¹⁾、粒子個々の挙動までを考慮する必要はないことから、本研究ではオイラー法の混相流解析を行うこととした。さらに、濁質がまとまった状態で流れていることから、粒子同士の接触力を考慮する必要がある。そこで、オイラー型の混相流解析でも、粒子間の接触力を計算に考慮できる、オイラー・ラグランジュモデル(以下、EGMとする)により、解析を行った。EGMの支配方程式を以下に示す。

相 q における連続の式は(1)式で表される

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

ここで、

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。

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

ここで

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、運動量交換係数の算出には前報⁷⁾と同じく Syamlal-0' Brien の式¹²⁾を用いている。

(2) 解析形状および解析方法

a) 解析形状について

T 字分岐管において、濁質は主に分岐側に流れやすい傾向を示すことが実験により明らかになっている⁶⁾。この特徴を生かし、濁質をさらに分岐側へ流すことができる分岐部形状を解析により検討した。

図-1 に解析モデルを、また、次頁の図-2 に解析を行った分岐管形状を示す。これらは、分岐部に堰を設ける形状により、流れる濁質をせき止めて滞留させることで、分岐側へ流れ込むことを期待したものである。堰は分岐管開口部の中央、上流側および下流側に設置し、濁質の分配量の変化を確認することで、堰の最適な取り付け位置について検討した。

ここで、実際の管路では、流れ方向に対し分岐側が常に同じ方向に向いているとは限らず、管底にのみ堰を設けた場合、分岐方向によっては堰が管頂に位置することも考えられる。そこで、堰を前後させた形状に加え、堰を分岐管開口部中央の管頂及び管底の上下に設けた形状においても解析を実施した。

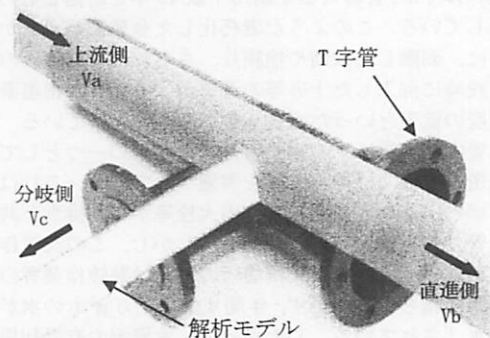


図-1 解析モデル(異口径 T 字管 $\phi 150 \times \phi 100$)

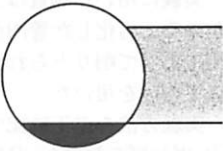
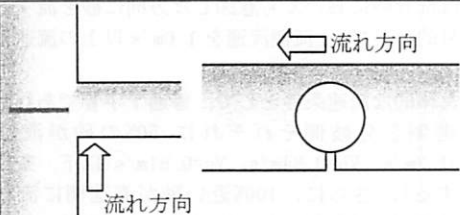
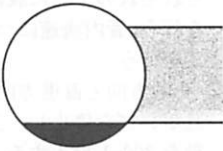
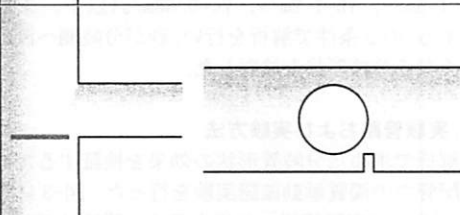
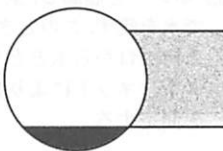
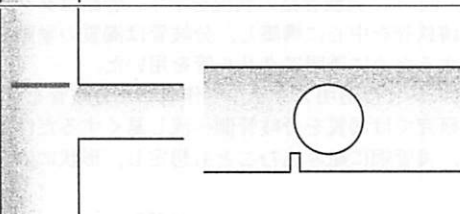
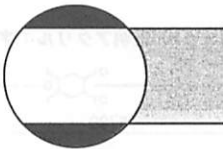
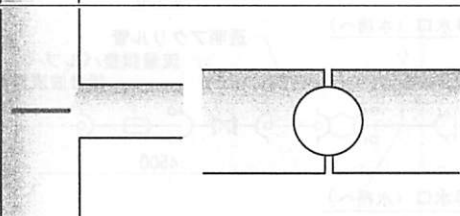
堰の位置	概要図	
分岐部中央		
50mm 上流側		
50mm 下流側		
分岐部中央の上下		

図-2 解析を行った分岐形状

b) 解析方法

解析の諸条件を表-1 に示す。一般的に混相流解析は計算負荷が高くなるため、大規模なモデルを計算するには不向きである。一方で、分岐部前後で十分な助走区間を設けなければ、分岐部の流れ場の精度を確保できなくなる。そこで、以下の手順により、モデル規模の縮小を行った。

- ①: 分岐部前後に十分な距離を設けた T 字管のモデルを作成する。
 - ②: 濁質流れを考慮しない単相流での定常解析を行う。
 - ③: ②の結果を基に、任意の位置での流速分布を算出する。
 - ④: 分岐部近傍のみを取り出したモデルに、③で得られた境界条件を設定し、非定常混相流解析を行う。
- 流速条件であるが、管内の砂は一般的に 0.4m/s 以上の流速で流れ、洗浄には 1.0m/s 以上の流速が必要である¹³⁾。ここで、大半の砂は配水時だけでなく

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. 6.3 (ANSYS Inc.)	
乱流モデル		RNG K-ε モデル	
流速条件	上流側 Va	1.2 m/s	1.5m/s
	直進側 Vb	0.84 m/s	1.2m/s
	分岐側 Vc	0.81 m/s	0.68m/s
流体物		水 (20℃/一定)	
密度		998.2 kg/m ³	
粘性係数		1.003×10 ⁻⁴ kg/m・s	
濁質		砂(直径 2.0mm / 比重 2.5)	
粒子量		約 300ml	
その他		重力を考慮	

洗管作業時においても管内を流れることから、本研究では洗管時においても意図した方向に砂を流すことを目的として、上流側流速を 1.0m/s 以上の流速とした。

具体的な流速条件として、普通 T 字管であれば、直進側と分岐側それぞれに 50% の砂が流れる $V_a=1.2\text{m/s}$, $V_b=0.84\text{m/s}$, $V_c=0.81\text{m/s}$ (以下、条件 A とする)、さらに、100% 近い砂が直進側に流れる $V_a=1.5\text{m/s}$, $V_b=1.2\text{m/s}$, $V_c=0.68\text{m/s}$ (以下、条件 B とする) の 2 条件で解析を行い、砂が分岐側へ流れやすくなる分岐形状を検討した。

(3) 実験管路および実験方法

解析で求めた分岐管形状の効果を検証するため、実配管での濁質挙動確認実験を行った。図-3 に管路図、図-4 に実験管路の状況を示す。管路はダクタイル鋳鉄管を中心に構築し、分岐管は濁質の挙動を確認するために透明アクリル管を用いた。

図-5 には透明アクリルで作成した分岐管を示す。本研究では濁質を分岐管側へ流し易くするだけでなく、実管網に組み込むことも想定し、形状に依存せ

ずに利用できるように分岐管開口部中央の管底側および管頂側に堰を設けた形状とした。

実験に用いた濁質は、埋設工事時に管内に残存した砂や、劣化した管内面のモルタルライニングが水流によって削りとられたことを想定し、粒径 4.0mm 以下の砂を用いた。

実験方法を以下に記す。

- 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、分岐方向と直進方向それぞれの下流に設置した流量調整弁で流量調整を行う。管内流速については超音波流量計にて測定を行う。
- ②: 分岐方向と直進方向の流速調整が完了したら、一旦ポンプを停止し、上流に設置した砂投入口から砂を 300ml 投入する。このとき管内は充水状態とする。
- ③: ポンプを起動し、全ての砂が分岐部を通過するまで水を流す。このとき、砂は各分岐先末端に設置した排水口から水とともに排出されるので、プランクトンネットにより捕捉し、砂は乾燥状態で重量を測定する。

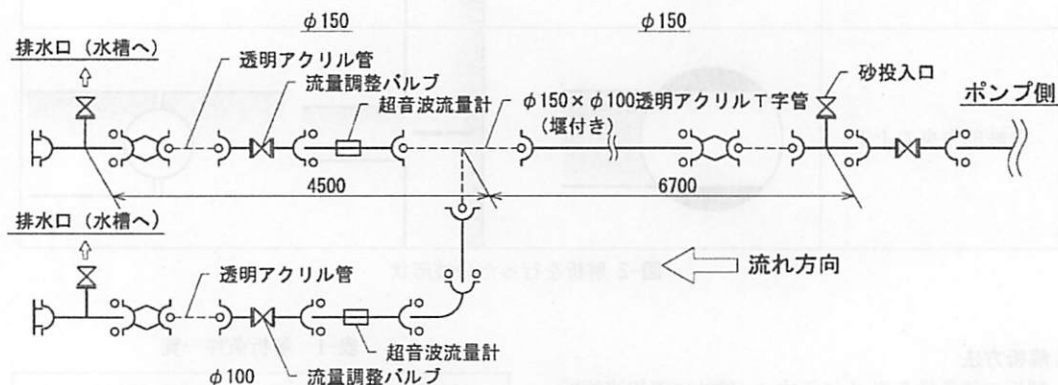


図-3 管路図

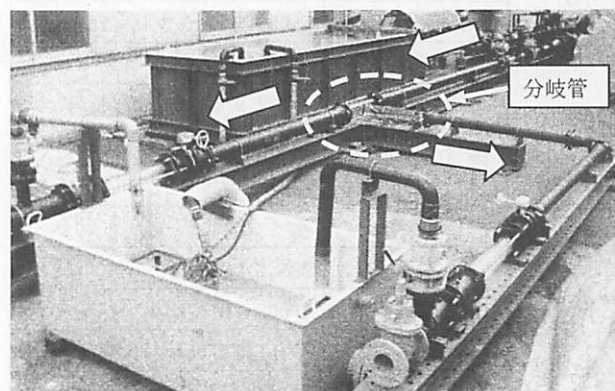


図-4 実験管路

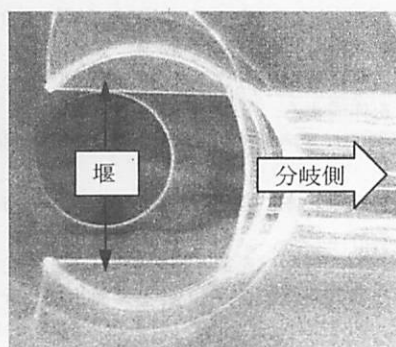


図-5 透明アクリル T 字管

3. 分岐部における濁質挙動の解析及び実験結果

(1) 解析結果

解析から求めた、砂の分配比を表-2に示す。

解析結果より、条件 A ($V_a=1.2\text{m/s}$, $V_b=0.84\text{m/s}$, $V_c=0.81\text{m/s}$) では全ての形状においてほぼ 100%近い砂が分岐側へ流れ、堰の位置による差は見られなかった。一方、条件 B ($V_a=1.5\text{m/s}$, $V_b=1.2\text{m/s}$, $V_c=0.68\text{m/s}$) では堰を中央に設けた形状において砂が分岐側へ流れる量が最も多く 93%となることがわかった。上流側及び下流側に堰を移動した場合はいずれも分岐側への砂の分配量が少なくなった。同様に、中央の上下に堰がある場合でも、80%近くの砂を分岐側へ流せたものの、管底のみに比べると分配量が減少する結果となった。

表-2 解析による砂の分配比結果

堰の設置位置	分配比 [%] (直進側:分岐側)	
	条件 A $V_a=1.2\text{m/s}$ $V_b=0.84\text{m/s}$ $V_c=0.81\text{m/s}$	条件 B $V_a=1.5\text{m/s}$ $V_b=1.2\text{m/s}$ $V_c=0.68\text{m/s}$
堰無し	77 : 23	99 : 1
中央に設置	1 : 99	7 : 93
上流側に 50mm 移動	2 : 98	14 : 86
下流側に 50mm 移動	3 : 97	65 : 35
中央の上下に設置	2 : 98	19 : 81

(2) 実験結果

解析結果を基に、実機実験を行う分岐形状を選定した。

今回は上述したように、

- ① 分岐側へ砂を流す効果が高いこと
- ② 実際の管網内に組み込む上で分岐方向に依存せずに使用できること

を勘案した。特に②については、実際の管網では分岐が左右いずれにあっても利用できなくてはならない。そのため、今回は最も効果が見られた分岐部中央の管底のみに堰を設けた形状ではなく、上下に堰を設けた形状を採用した。

堰を設けた T 字管での実験結果を表-3 に示す。比較対象として、堰を設けていないアクリル T 字管での実験結果も合わせて記載している。

堰を設けていない分岐管の場合、流速比 $V_b/V_a=0.5$ までは、ほぼ 100%の砂が分岐側へ流れることがわかった。そして流速比が 0.6 より大きくなるすなわち、直進側の流速が速くなると、砂が直進側に流れ始め、

最終的に流速比が 0.8 になると、直進側にほぼ 100%の砂が流れた。

一方、堰を設けた場合では、流速比 $V_b/V_a=0.6$ までは分岐側にほぼ 100%の砂が流れた。また、堰が無い場合では流速比 $V_b/V_a=0.8$ でほぼ 100%の砂が直進側へ流れるが、堰を設けることにより 30%近くまで減少させることができ、最終的に流速比が 1 になることで 100%近くの砂が直進側へ分配される結果となった。

表-3 実験による各流速での濁質分配結果

流速 [m/s]		流速比 V_b/V_a	分配比 [%] (直進側:分岐側)	
上流側 V_a	直進側 V_b		堰有り	堰無し
1.2	0.60	0.5	1 : 99	6 : 94
	0.72	0.6	4 : 96	21 : 79
	0.84	0.7	13 : 87	52 : 48
	0.96	0.8	28 : 72	96 : 4
	1.08	0.9	73 : 27	99 : 1
	1.2	1.0	97 : 3	100 : 0

4. 濁質挙動解析および実験結果の考察

(1) 砂の分配比について

流速条件Aでは、堰が無い場合では77%の砂が直進側へ流れたが、堰を設けることにより、ほぼ100%の砂が分岐側へ流れている。このことから、条件Aでは流速比 $V_b/V_a=0.7$ において、今回の堰の設置位置範囲内であれば、堰の位置に依存せずに、砂の慣性を止めることで分岐側へ流すことが可能と考えられる。

一方、条件Bは砂の分配比が堰の位置に大きく依存していた。次頁図-6～9に条件Bでの分岐部を流れる砂の状態を示す。図より、堰を中央に設けた場合は僅かに砂が堰を乗り越えている。しかし、堰を上流側および下流側に設けた場合はより多くの砂が堰を乗り越えている。条件Bは条件Aに比べると、直進側への水の流速は速く、分岐側へは遅くなるので、砂は直進側により流れ易い条件となっている。ここで、堰によって直進側への慣性を奪われた砂は、その場における流れの影響の強い方へ流れようとするが、このときの分岐側の流速の影響範囲は条件Bの方が条件Aに比べて小さくなる。そのため堰を上流側および下流側に移動させた場合では砂が分岐側の流速の影響を受けなくなり、直進側への分配量が増えたものと考えられる。

以上のことから、堰は分岐中央部に設けることで

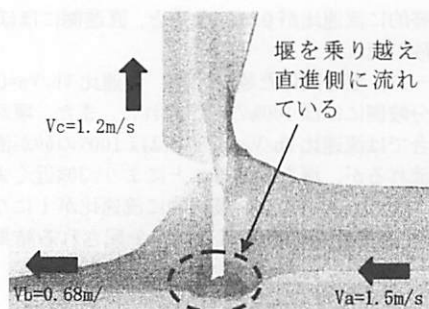


図-6 分岐部を流れる砂の状態
(中央の下に設置した場合)

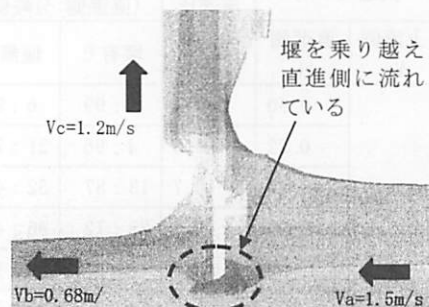


図-7 分岐部を流れる砂の状態
(中央の上下に設置した場合)

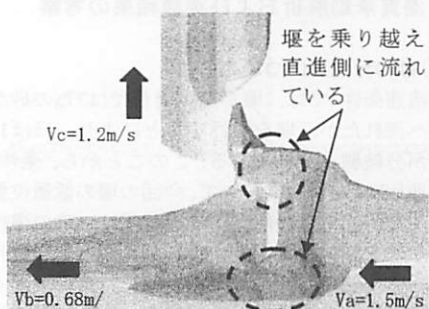


図-8 分岐部を流れる砂の状態
(上流側に 50mm 移動した場合)

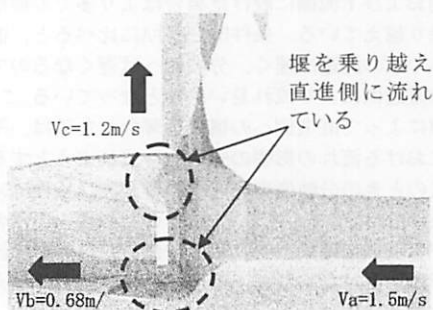


図-9 分岐部を流れる砂の状態
(下流側に 50mm 移動した場合)

最も砂を分岐側へ流すことが可能と考えられる。しかし、堰が中央にあっても、上下に設けた場合は管底のみに比べて砂が分岐側へ流れにくい結果であった。これは堰を上下に設けることで、局部的に通水断面が小さくなり、直進側への水の流速が速くなる。この水の流速が速くなったことで、砂の直進側への慣性を打ち消すことができなくなり、直進側へ砂が多く分配されたものと考えられる。

(2) 分岐部における砂の分配挙動の比較

図-10および図-11は条件Aにおける、上下に堰を設けた分岐部の解析及び実験それぞれの砂が分配される様子を示したものである。

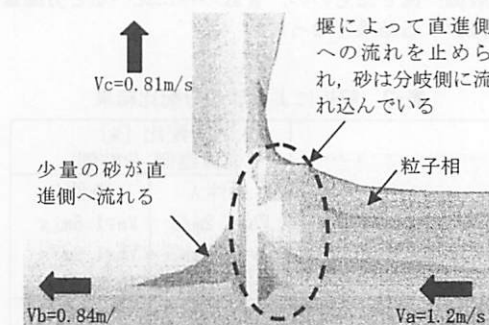


図-10 堰を上下に設けた分岐部での砂の挙動
(解析)

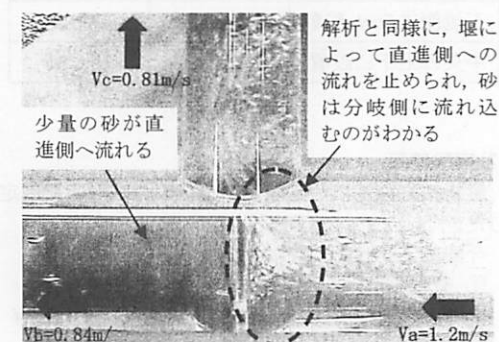


図-11 堰を上下に設けた分岐部での砂の挙動
(実験)

図-10より、大半の砂が堰によって直進側への流れを止められ、分岐側へ流れ込んでいる様子がわかる。この現象は図-11で示している実験においても確認することができた。砂は水に比べると比重が重いことから管底を流れる傾向にあり、管底に堰を設けることにより、砂の直進側への流れが一度止められることで、分岐側へ流れ易くなると考えられる。

一方、一部の砂が堰を乗り越えて直進側へ流れる現象は、実験においても同様の現象が確認できた。

これは、分岐部では上下に設けられた堰によって通水断面が減少しており、局部的に水の流速が上昇することで直進側への慣性力を増した砂の一部が堰を乗り越えているものと考えられる。したがって、分岐部における水の流速上昇を抑えることができれば、より多くの砂が分岐側へ流れると考えられる。

(3) 堰が砂の挙動に及ぼす効果

図-12、および図-13は、解析による条件Aでの、粒子相の表面における砂の流速ベクトル図を、上下に堰を設けた形状と、無い形状とで比較したものである。

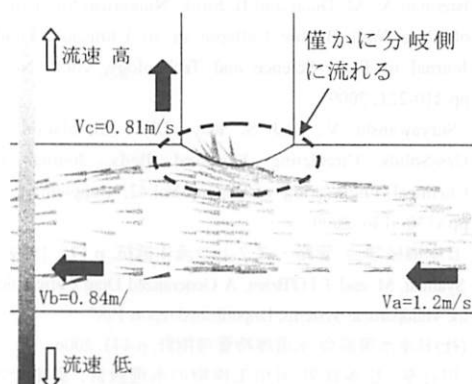


図-12 砂の流速ベクトル 堰無し T字管

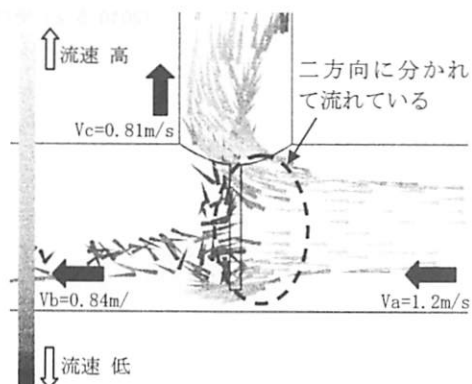


図-13 砂の流速ベクトル 堰有り T字管

図-12に示す堰を設けていない場合、この流速条件ではほぼ100%の砂が直進側へ流れる。砂の流速ベクトルから、上流側から流れてきた砂は、分岐側に近い一部を除き、大半の砂が直進側へ流れている。このとき、分岐部より上流側と下流側では砂の流速やベクトルに大きな変化は生じていない。これは、流れてきた砂はその慣性により、分岐側へ流れる水の影響を受けることなく直進側へ進むことを示していると考えられる。

図-13の堰を設けた場合では、堰によって流れを止められた砂は、分岐側とその反対側の二方向に分かれるように流れている。このとき、大半の砂が分岐側へ流れる水の影響を受けることで、分岐側へと流れていると考えられる。つまり、砂が全て直進側へ流れるような流速条件においても、上流側から流れてきた砂が持つ直進側への慣性力を、堰によって断ち切ることで、分岐側への水流の影響を受け、砂は分岐側に流れ易くなると考えられる。

それでは、堰によって慣性力を失った砂が分岐側へ流れ易くなる原因についてさらに考察するため、砂の流れを支配する壁面近傍の水の流れ場を確認した。図-14および図-15は、堰の有無における、壁面近傍の水の流速ベクトルを示したものである。

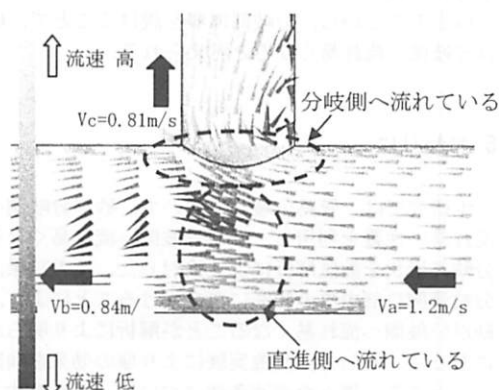


図-14 水の流速ベクトル 堰無し T字管

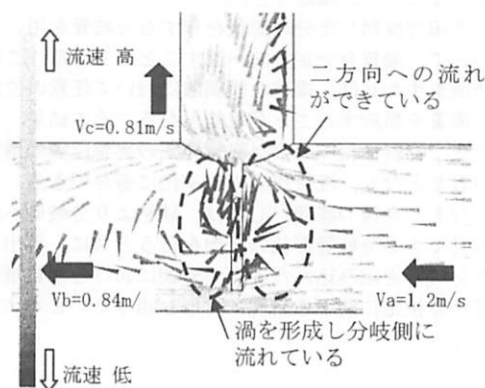


図-15 水の流速ベクトル 堰有り T字管

図-14に示す堰を設けていない場合では、分岐部近傍の水については、分岐側へ流れようとしているが、中心に近い位置や分岐反対側ではほぼ直進側へのみ流れている。したがって、堰が無い場合、多くの砂は直進側へ流されることになる。

一方、図-15の堰を設けた場合では、堰の上流側で

は分岐側と反対側の二方向に分かれる流れができており、管底を流れている砂は、堰によって流れを止められることで、この二方向の流れによって運ばれることになる。このとき、水も慣性力を有していることから、流速が比較的速くなっている管中心の水は直進側へ流れ、慣性力の小さい管壁近傍の低層流の水は分岐側へ流れ易くなる¹⁴⁾。この水の流れに支配されることにより、堰によって直進側への慣性力を失った砂は、一部は直進側への流されるものの、多くの砂については分岐側への流れの影響を受け、分岐側に流れていると考えられる。さらに、堰の下流側直下では、水が渦を巻きながら、比較的遅い流速ではあるが分岐側に流れている。結果として、この位置の砂についても分岐側に流れ易くなっていると考えられる。

以上のことから、分岐部に堰を設けることで、砂は分岐側へ流れ易くなると考えられる。

5. おわりに

本研究では、管路分岐部において、砂が分岐側へ流れ易い性質を利用し、より分岐側へ流れ易くなる分岐部形状を数値解析により検討した。その結果、分岐管開口部中央の管底に堰を設けることにより、砂が分岐側へ流れ易くなることが解析により明らかになった。そして、実験実験により堰の効果を検証したところ、様々な流速条件において、堰を有することで、堰が無い場合に比べ、濁質が分岐側へ流れ易くなることが確認できた。

本稿で検討した分岐形状を有する分岐管を用いることで、濁質を一定方向へ流すことができる。この特徴を生かせば、複雑な管網内において任意の位置に濁質を集約することが可能となる。その結果、これまで経験に頼っていた洗管作業の実施位置の選定が容易となり、洗管作業の効率化に寄与できる。

なお、今後の課題としては、砂をより分岐側へ流れ易くする分岐管形状の導出を行うと共に、導出した分岐管を組み込んだ実際の管網における濁質堆積箇所の推定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) (社)日本水道協会:水道維持管理指針, pp.441-442, 2006
- 3) (社)日本水道協会:水道統計「平成19年度」, pp.914-915, 2009
- 4) 國寶蒼治, 稲貝とよの, 小泉明, 有吉寛記, 下村政裕: 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

- 5) 小泉明, 宮島昌克, 藤原正弘, 國寶蒼治: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
- 6) (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
- 7) 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
- 8) Barrue H., J. Bertrand, B. Cristol and C. Xuereb: Eulerian Simulation of Dense Solid-Liquid Suspension in Multi-Stage Stirred Vessel, Journal of Chemical of Japan, Vol.34, No.5, pp.585-594, 2001
- 9) Osterman A., M. Dular and B. Širok: Numerical Simulation of a Near-Wall Bubble Collapse in an Ultrasonic Field, Journal of Fluid Science and Technology, vol.4, No.1, pp.210-221, 2009
- 10) Suryawanshi V., and S. Roy: DEM Simulation of Gas-Solids Circulating Fluidized Beds, Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol.42, Supplement 1, pp.s130-s136, 2009
- 11) 日本機械学会:管路・ダクトの流体抵抗, p.175, 1979
- 12) Syamlal, M. and T.J.O'Brien: A Generalized Drag Correlation for Multiparticle Systems, Unpublished report 1987
- 13) (社)日本水道協会:水道維持管理指針, p.443, 2006
- 14) 川合亨, 松本良男:河川工作物の水理設計, 農業土木学会, pp.8-11, 1982

(2010. 5. 21 受付)

Experimental Research into Behavior Control of Suspended Particles in Tee Branch at Pipeline

Keiji KISHIMOTO¹, Tetsuji SHITABO¹, Yoshihiko YAMAMOTO¹
and Akira KOIZUMI²

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

²Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

In water services, pipe cleaning with drain is executed to flush away suspended particles, such as sand, from the water distribution network. Without exact diagnoses of substance accumulating points, the particles can remain in the water distribution network after pipe cleaning. In order to increase efficiency in pipe cleaning with less drain, it is therefore necessary to exactly diagnose particles accumulating points.

In this paper, we studied the best shape of branch, in which most particles flowed into the branch side. The best shape of the branch was determined from results obtained from numerical fluid dynamics analysis in which the flow of suspended particles were taken in to consideration. Model branches based on the numerical simulations were made and subjected to experiments. It was confirmed by the experiments that the new branch was more efficient than previous ones. The outcomes of this study enable people to simulate sand flow behavior in conduit divergence parts and to make diagnoses of suspended particles accumulation points.