環境工学研究論文集・第46巻・2009 (Environmental Engineering Research. Vol. 46, 2009)

(30) 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

岸本 圭司[1*]・下保 哲二[1]・山本 吉彦[1]・道浦 吉貞[2]・小泉 明[3]

[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](株)栗本鐵工所 パイプシステム事業本部事業推進部(〒550-8580 大阪府大阪市西区北堀江 1-12-19)
[3]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

管内の濁質による水質劣化の対策として排水による洗管作業が実施されているが,これらを効率よく実施するには,管網内において濁質が堆積しやすい場所を推定することが重要となる.

本研究では,管内を流れる濁質として砂に注目し,水とともに流れる砂の挙動を再現可能なモデルを提案する.数値流体解析における混相流解析手法の一つであるオイラーグラニュラーモデルを用いて,T字分岐管における砂の分配挙動解析を行った.解析結果は,実験管路で行われたT字分岐管での分配実験結果と比較し,分岐部における砂の分配量の整合性が得られていることを確認した.また,そのときの分配挙動も合わせて比較し,流況下にある砂の挙動が解析により再現できていることも確認した.

Key Words : numerical fluid dynamics, Euler granular model, multi-phase flow, Tee branch, suspended substances

1. はじめに

現在,水道は97.4%[1]の高普及率となり,市民生活や産業活動には不可欠なライフラインとなっている.水道管路施設は全国で約60万kmにもおよび,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.これらの管路施設の多くが高度経済成長期に布設されており,老朽化が進行している管路も多い.老朽化した金属製パイプからは,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が原因となり,赤水や残留塩素濃度の低下といった現象を招いている.

このような水質劣化への対策として,排水による洗管作業の実施[2]や濁質除去対策に関する装置の開発[3,4]が行われているが,特に排水による洗管作業では年間約5億m³もの水が放水[5]されており,環境負荷低減の観点からも水資源の有効利用に即した洗管方法が望まれる.

効率的に洗管作業を進めるには,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手法についての研究[6,7]も発表されている.それらの研究では,管内の流況を数値流体力学により再現することで濁質挙動の解明を試みているが,濁質に着目した掃流砂的挙動を追うには十分なモデルが得られていない.この要因として,①粒子を質点として取り扱っている.②粒子間や粒子−流体間の運動量交換を考慮していなかったことが述べられている[8].実際には,管内の濁質は流速に応じて堆積・流下する.そのため,これら粒子の体積や粒子に生じる運動量の変化を再現することで,より実現象に近い解析が可能と考えられるが,そのような解析事例はこれまで見受けられない.

本研究では,これまでは考慮されていなかった粒子体積や粒子間に生じる運動量の変化を考慮することにより,管内分岐部を流れる濁質(砂)の分配挙動を的確に再現可能なモデルを提案するものである.具体的には実験における濁質の分配結果を比較対象として,解析により分岐部における濁質分配挙動の確認・比較を行う.以下,2.

では実験管路における分岐部濁質分配結果を示す．3. では解析モデル式について述べるとともに，解析条件についても述べる．そして，4. では実験と解析結果の比較検証を，5. では濁質の分配挙動について考察する．

2. 濁質挙動確認実験方法並びに実験結果

(1) 実験方法

実験管路は，ダクタイル鋳鉄管を中心に用いた総延長540m の管路で行った．管路の一部には濁質挙動を目視により確認するための透明管も組み込まれている． 図-1に分岐部の模式図を示す．

濁質挙動確認実験における濁質は，粒径 4. 0mm 以下の砂を用いた．

この粒径の砂は，管路敷設工事後の洗管作業が不十分であった場合や，管内面のモルタルライニングが水流により削り取られて流れ出した場合を想定して，実験で用いられたものである．

実験手順を以下に示す．

①ポンプを起動し，分岐方向と直進方向の流速が意図した値となるように，流量調整用バルブにて流速調整を行う．なお，管内流速については管路に設置した超音波流量計で測定を行った．

②流速調整後，一旦ポンプを停止し，分岐部上流に設けた補修弁より，濁質試料を投入する．

③補修弁を閉じた後ポンプを再起動し，超音波流量計の値に注意しながら，濁質が分岐部を通過する時間まで待機する．

④ポンプを停止後，直進・分岐部に設置したＹ型ストレーナより濁質を回収し，分配された濁質量を測定する．

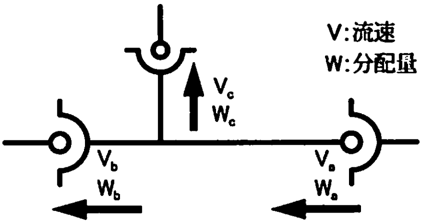


図-1 分岐部模式図

(2) 実験結果

a) 異口径Ｔ字分岐管φ150×φ100

異口径 T 字分岐管φ150×φ100 の実験結果を図-2 に示す．

図-2 より，流速比が 0. 6 以下では砂は分岐側へ流れやすいが，0. 6 を越えると砂が急激に直進側へ分配され，さらに，流速比 0. 8 以上では流速比を上回る砂が直進側へ運ばれる．この傾向は入口流速 Va に依らず示すことが確認できた．

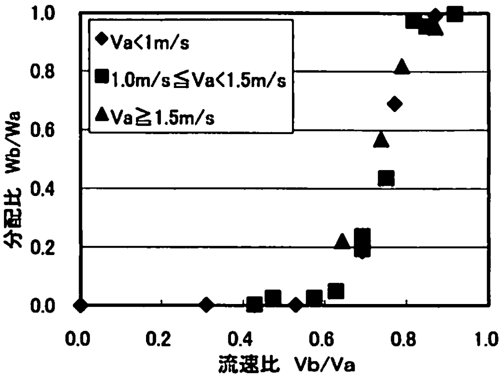


図-2 φ150×φ100 実験結果

b) 同口径Ｔ字分岐管φ100×φ100

同口径T字分岐管φ100×φ100の実験結果を図-3に示す．

図-3 より，同口径分岐では流速比に比べ多くの砂が分岐方向へ流れることが確認できる．また，異口径十字分岐と異なり，Va=2. 0m/s のときは Va=1. 0m/s，1. 5m/s に比べ直進側へ流れやすい傾向を示す．

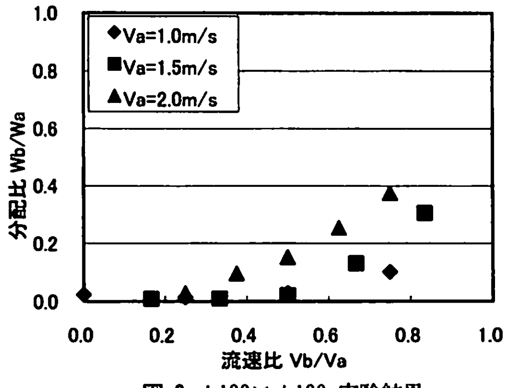


図-3 φ100×φ100 実験結果

(3) 濁質分配推定式

実管路における分岐部では様々な流速で水が流れている．そのため，流速に応じて濁質の分配傾向を予測できれば，集積しやすい場所を特定することが可能となる．このように，管網の濁質の集積しやすい箇所を特定することで，冒頭に述べたような効率的な洗管作業に資するものと考えられる．そこで小泉ら[5]は，直角Ｔ字分岐の濁質分配比をその口径比および流速比を基に，濁質分配推定式を導出した．

次頁図-4 にその概念図を示す．異口径Ｔ字分岐管は流速比が比較的低い値で分配比が頭打ちになることから，

図中実線の(1)式で示されるロジスティック曲線で推定式を作成できる．一方，同口径T字分岐管では流速比が比較的高い値で急激に直進側へ砂が分配されることから，図中破線の(2)式で示される指数曲線により推定式を作成できるとしている．図-5には異口径T字分岐管の実験結果を基に作成した推定式による分配曲線を示す．また，表-1に濁質分配比の推定式の一覧を示す．

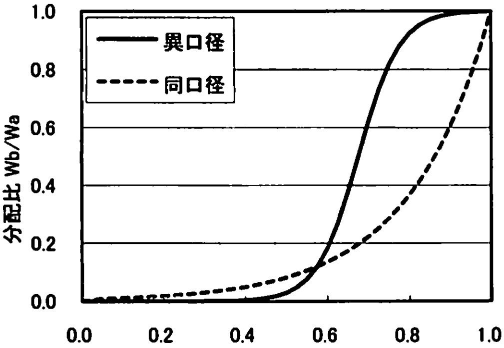


図-4 濁質分配比の推定式概念図

・ロジスティック曲線の推定式

$$y=\frac{1}{1+e^{(A-Bx)}} \quad \cdots (1)$$

・指数曲線の推定式

$$y=e^{-C(1-x)} \quad \cdots (2)$$

ここで，

A, B, C : 定数
y : 濁質分配比 $=W_b/W_a$
x : 流速比 $=V_b/V_a$

である．

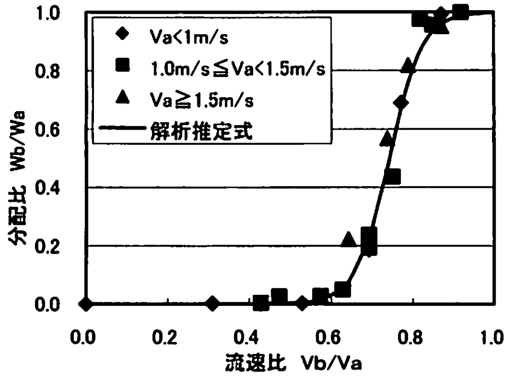
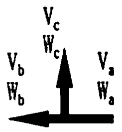


図-5 φ150×φ100の濁質分配比の推定曲線

表-1 濁質分配比の推定式一覧

口径	形状	推定式
φ150×φ100		$y=\frac{1}{1+e^{(18.5-24.8x)}}$ (ただし Va≦1.7m/s)
φ100×φ100		$y=e^{-6.9(1-x)}$ (ただし Va≦1.5m/s)
		$y=e^{-4.1(1-x)}$ (ただし Va=2.0m/s)

3. 分配挙動解析モデル

(1) 解析モデル

流体中を流れる砂の挙動を解析するには二相以上の混相流解析を取り扱う必要がある．混相流解析は粒子をラグランジュ型とオイラー型に解く方法に大別できる[9]．ラグランジュ型は粒子個々の動きに着目している．しかし，粒子個々について定式化するため，大量の粒子の挙動を検討するにはコンピュータリソースの制限を受ける．一方，オイラー型は各時間で流れの全体の様子を見渡すことができるが，ラグランジュ型と異なり，粒子個々の挙動を調べるには不向きである．

実管路内の濁質はある程度まとまって流れていることから，濁質粒子のミクロ的な挙動よりも，「相(Phase)」としてマクロな挙動を把握する必要があると考えられる．そこで濁質挙動の解析にはラグランジュ型より，オイラー型が適していると考えた．また，流体中を流れる濁質には，流体-固体間の相互作用と，固体-固体間の衝突が生じており，それらが濁質の挙動に影響を及ぼしていると考えられる[10]．そこで，流体-固体間および固体-固体間の影響を計算に考慮したオイラーグラニュラーモデル(以下，EGMとする)による混相流解析を行った．

次項以降にEGMの支配方程式をまとめる．

相qにおける連続の式は(3)式で表される．

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\alpha_q\rho_q\right)+\nabla\cdot\left(\alpha_q\rho_q\vec{\upsilon}_q\right)=\sum_{p=1}^{n}\left(\dot{m}_{pq}-\dot{m}_{qp}\right) \quad \cdots (3)$$

ここで,

α_q：相 q の体積分率
ρ_q：相 q の密度
υ_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 (4) 式で表される.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_s\rho_s\vec{\upsilon}_s)+\nabla\cdot(\alpha_s\rho_s\vec{\upsilon}_s\vec{\upsilon}_s)=-\alpha_s\nabla p-\nabla p_s+\nabla\cdot\overline{\overline{\tau}}_s+\alpha_s\rho_s\vec{g}+\sum_{p=1}^{n}\left(K_{ls}(\vec{\upsilon}_l-\vec{\upsilon}_s)+\dot{m}_{pq}\vec{\upsilon}_{ls}\right)+\alpha_s\rho_s(\vec{F}_s+\vec{F}_{lift,s}+\vec{F}_{vm,s}) \quad \cdots (4)$$

ここで,

α_s：砂の体積分率
ρ_s：砂の密度
υ_s：砂の流速
p：全ての相が共有する圧力
p_s：固体圧力項
$\overline{\overline{\tau}}_s$: 応力ひずみテンソル
g：重力加速度
n：相の総数
K_{ls}：運動量交換係数
υ_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
υ_{ls}：相対速度
F_s ： 外力
$F_{lift,s}$: 揚力
$F_{vm,s}$ ： 仮想質量効果

である.

なお運動量交換係数 K_{ls} の算出モデルには Wen-Yu[11], Gidaspow[12], Syamlal-O'Brien[13] のそれぞれのモデル式が提案されている. 各モデル式の特徴として, Wen-Yu は粒子相が希薄な流れに, Gidaspow は濃密な流れに, そして Syamlal-O'Brien は粒子相濃度が流動的に変化する流れに適している[9], [14]. ここで, 管路実験において透明管を用いた濁質分配実験も行っているが, 分岐部での濁質挙動は上流から流れてきた砂が分岐側へ勢いよく流れるケースや, 分岐部で流速が低下し滞留しながら徐々に流れるケースなどが見られた. そこで, 今回は濁質の分布状態に依存しにくい Syamlal-O'Brien の式により解析を行った.

以下に Syamlal-O'Brien の式を示す.

$$K_{ls}=\frac{3\alpha_s\alpha_l\rho_l}{4\upsilon_{r,s}^2 d_s}C_D\left(\frac{Re_s}{\upsilon_{r,s}}\right)\left|\vec{\upsilon}_s-\vec{\upsilon}_l\right| \quad \cdots (5)$$

なお,

$$\upsilon_{r,s}=0.5\left(A-0.06Re_s+\sqrt{(0.06Re_s)^2+0.12Re_s(2B-A)+A^2}\right) \cdot\cdot (6)$$

また,

$$C_D=\left(0.63+\frac{4.8}{\sqrt{Re_s/\upsilon_{r,s}}}\right)^2 \quad \cdots (7)$$

ただし,

$$A=\alpha_l^{4.14} \quad \cdots (8)$$

であり, $\alpha>0.85$ の場合は

$$B=0.8\alpha_l^{1.28} \quad \cdots (9)$$

また, $\alpha\leq 0.85$ の場合は

$$B=\alpha_l^{2.65} \quad \cdots (10)$$

ただし,

d_s ：粒子直径
C_D ： 抵抗係数
Re_s ： 相対レイノルズ数
$\upsilon_{r,s}$ ：固体相における終端速度の相関

である.

(2) 解析条件および解析方法

本研究で用いた FLUENT は汎用流体解析ソフトとして国内外で研究者に利用されており [15][16], 上記で述べたようなモデル式も用意されている. 本研究における解析方法としては, まず分岐部前後に十分距離を設けたモデルにて, 濁質の流れを考慮しない定常解析を行い, 任意の位置での流速境界を算出した. そして定常解析にて得られた流速境界を, 分岐部近傍のみを取り出したモデルにおける出入口の境界条件として設定し, 濁質流れを考慮した非定常混相流解析を行った.

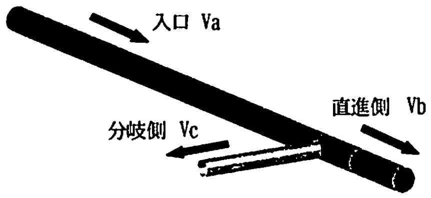


図-6 混相流解析モデル

表-2 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(EGM)
解析ソフト	FLUENT Ver. 6. 3 (ANSYS Inc.)
乱流モデル	RNG K-εモデル
入口境界条件	流速境界条件
出口境界条件	流速境界条件
流体物	水 (20℃/一定)
密度	998. 2 kg/m³
粘性係数	1. 003×10⁻⁴ kg/m・s
濁質	砂
粒子直径	2. 0mm
比重	2. 5
粒子量	600ml
その他	重力を考慮

4. 解析結果

(1) 解析結果

a) 異口径T字分岐管φ150×φ100

異口径T字分岐管φ150×φ100の解析結果を図-7に示す.

実験結果と同様, 流速比が0.6以下では砂は分岐側に流れるが, 0.6を越えた付近から急激に直進方向に運ばれる傾向を示した.

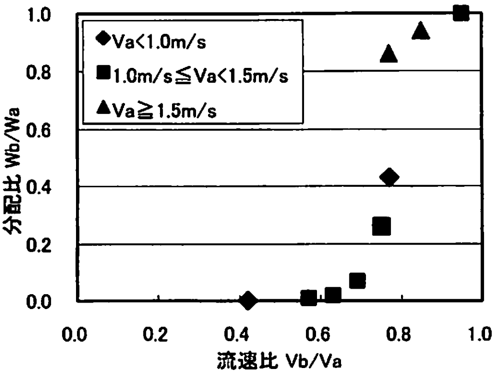


図-7 φ150×φ100 解析結果

b) 同口径T字分岐管φ100×φ100

同口径T字分岐管φ100×φ100の解析結果を図-8に示す.

同口径も実験結果と同様に, Va=2.0m/s のときは Va=1.0m/s, 1.5m/s に比べ直進側へ流れやすい傾向を示した.

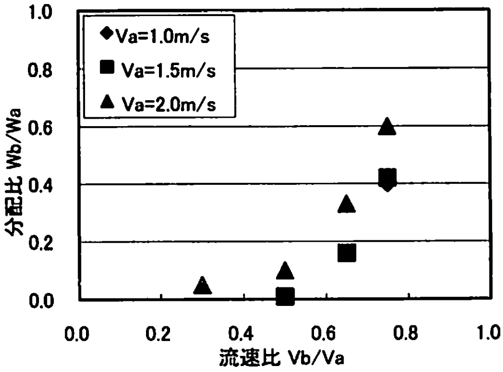


図-8 φ100×φ100 解析結果

(2) 解析による濁質分配比の推定式

a) 異口径T字分岐管φ150×φ100

解析より得られた分配結果より分配比の推定式を算出した. 図-9に示すように, 解析による推定式は(11)式で表される.

$$y = \frac{1}{1 + e^{(17.5-23.2x)}} \quad \cdots (11)$$

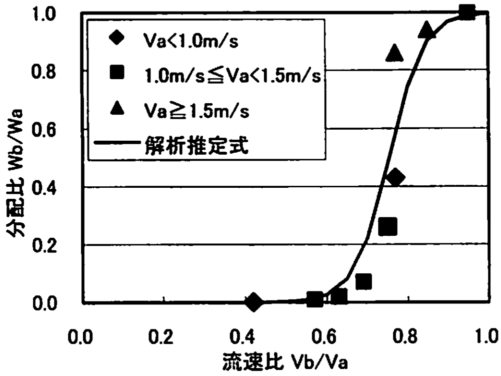


図-9 φ150×φ100 解析結果および推定曲線

b) 同口径T字分岐管φ100×φ100

同口径ではVa=1.0m/s, 1.5m/s とVa=2.0m/sで, 次頁図-10で示す(12)式, および(13)式で表される.

Va=1.0m/s, 1.5m/s のとき

$$y = e^{-5.2(1-x)} \quad \cdots (12)$$

Va=2.0m/s のとき

$$y = e^{-3.9(1-x)} \quad \cdots (13)$$

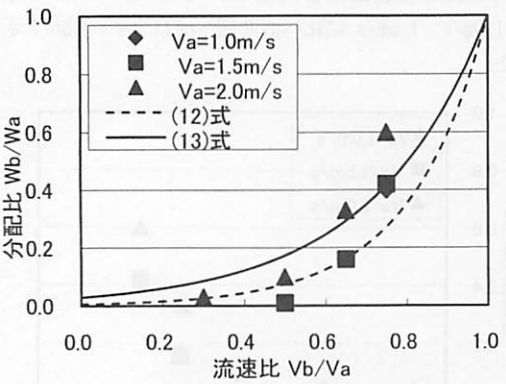


図-10 φ100×φ100 解析結果および推定曲線

5. 考察

a) 濁質分配解析について

図-11 は異口径 T 字管の実験結果と解析結果を合わせてプロットしたものである.

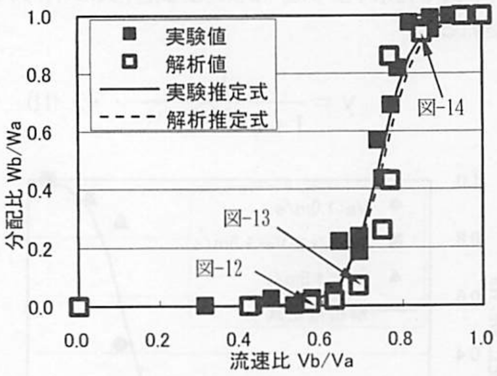


図-11 φ150×φ100T 字分岐管における
実験と解析の分配比

異口径 T 字分岐管では, 実験結果と解析結果共に, 流速比が 0.6 以下で濁質は分岐側へ, 0.6 以上で急激に直進側へ流れやすくなる傾向を示した. ここで, 図-11 に示した各流速比における分岐部の流れの様子を図-12～14 に示す. 流速比がおよそ 0.6 (図-12) では, 分岐直後に水が上流側へ戻ろうとする渦が発生しており, この流れにより砂は直進側へ流れず, 口径差から生じる段差を乗り越え分岐側へ流れていると考えられる.

流速比が0.7を越えると (図-13) 分岐直後に見られた渦は弱くなり, 流速比0.85になると (図-14) 僅かに分岐側への水の流れがあるが, 段差を乗り越えられずにほぼ直進側にのみ砂が流れていると考えられる. その結果, 図-11 に示すようなロジスティック曲線で近似できる分配傾向を示すと考えられる.

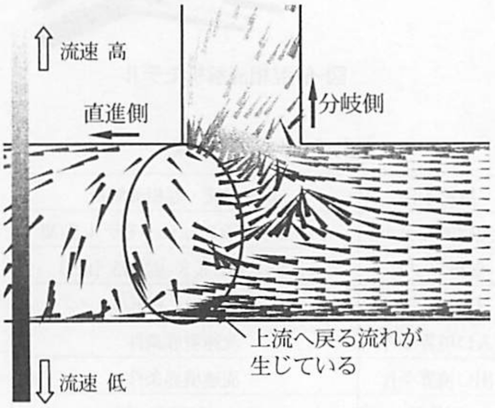


図-12 流速ベクトル図 流速比 0.59

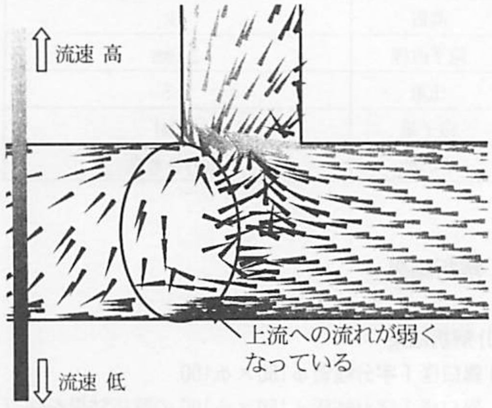


図-13 流速ベクトル図 流速比 0.7

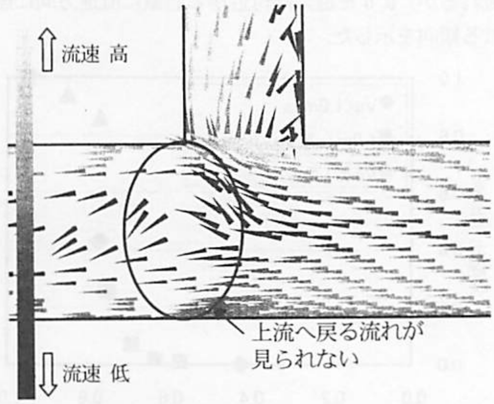


図-14 流速ベクトル図 流速比 0.85

なお，導出した推定式は実験，解析とでほぼ同じ曲線を描いていることから，本条件においては，濁質分配比が解析により算出可能と考えられる．

図-15，16に同口径T字管の実験結果と解析結果をあわせて示す．

同口径T字管では異口径T字管に比べ砂が分岐側へ流れやすい傾向を示した．これは分岐部に段差がないことから，比較的流速比が高くなっても砂は分岐側へ流れ込んでいるものと考えられる．その結果，異口径T字管のように急激な分配比の変化を示さず，ロジスティック曲線よりも指数曲線で近似できる分配傾向を示すと考えられる．

同口径T字管においてはVa=1.0m/s，1.5m/sおよび2.0m/sともに流速比が0.6以下では実験と解析とで分配比が整合している．一方，0.6以上になると実験値に比べ解析値の方が分岐側への濁質分配量が少なくなるものの，分岐側へ砂が流れやすい傾向を得ることができた．以上のことから，本条件においても濁質の分配比が解析により算出可能と考えられる．

ここで，流速比が高くなると濁質分配比に差が出た原因の一つとして，解析の境界条件において分岐部に流れ込む粒子量の設定が不十分であったことが挙げられる．

実験では管路長540mと長い管路であったので，砂が分岐部に至るまでに拡散された状態となっていたと考えられる．それに対し，解析では計算時間を考慮して管路長を数メートルと極端に短くしていた．そのため，砂は比較的拡散せずに集中して分岐部に到達していた．

また，管断面の流速分布を考えると，一般的に管中心部が最も早く，管壁に近づくに従い遅くなる．そのため，管中心部に近い砂は水の流れの慣性力にしたがって直進しやすいと考えられ，管壁近傍の砂は慣性力の影響を受けにくいため分岐側にも流れやすいと考えられる．実験では砂が拡散しており管底に沈降しやすく分岐側へ流れやすくなり，解析では砂が比較的集中していたことから，管中心部における水の慣性力の影響を受けるため，直進しやすくなったと考えられる．以上のことから，流速比が高くなると解析値の方が直進側へ砂が流れやすい傾向を示したと考えられる．

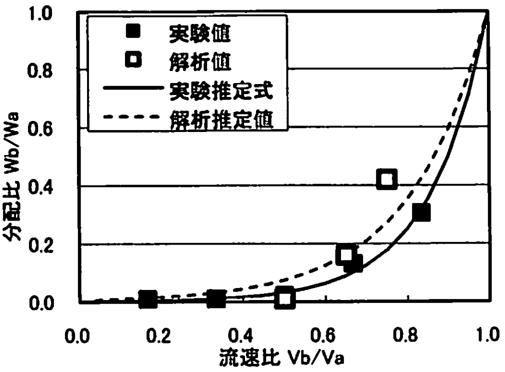


図-15 φ100×φ100T字分岐管における実験と解析の分配比 (V_a=1.0m/s, 1.5m/s)

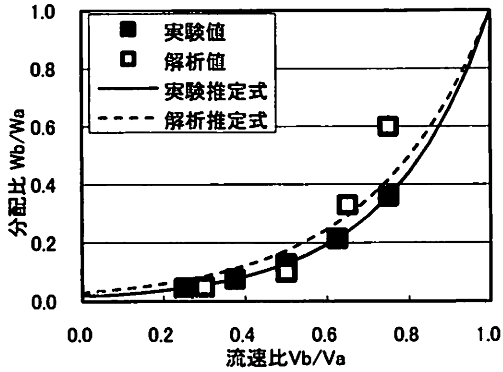


図-16 φ100×φ100T字分岐管における実験と解析の分配比 (V_a=2.0m/s)

b) 濁質分配挙動

濁質の分岐部での分配挙動がどのようになっているかを確認するため，実験による分配挙動と解析による分配挙動の比較を行った．

次頁の図-17，18はφ150×φ100T字分岐管の実験における濁質分配挙動の様子である．流速はV_a=1.31m/s，V_b=0.75m/sおよびV_c=1.25m/sである．なお，参考として図-19に粒子間に生じる衝突や摩擦の影響を考慮しなかった場合の結果を示す．この流速条件は濁質が直進側へ約3%，分岐側へ約97%の濁質が流れた条件である．

図-17中の外形線に示すように，実験では，直進側と分岐側の二方向に砂が流れる様子がわかる．

図-18中に図-17と同じ外形線を示すが，この二方向へ分配される様子が解析により再現できているのがわかる．また解析による濁質分配量は直進側へおよそ1%，分岐側へ約99%と，実験と非常に近い値となった．以上のことから，解析により分岐部濁質挙動が再現できていると考えられる．

一方，図-19の粒子間に生じる摩擦や衝突を考慮しない場合では，ほとんどの砂が直進側へ流れており，最終的に直進側73%，分岐側27%と，実験と整合が得られなかった．これは上流から流れてきた砂が摩擦や衝突による外力を受けることなく慣性力だけに支配され，そのまま直進側に流れていることが原因と考えられる．

以上のことから，粒子間に生じる摩擦や衝突を考慮することで，より実現象を捉えることが可能であると考えられる．

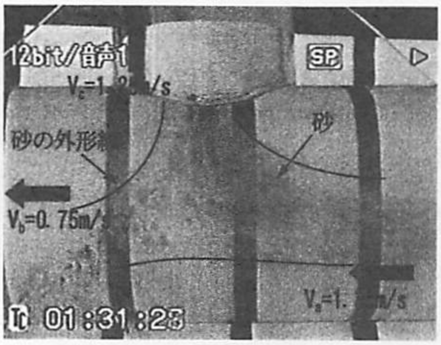


図-17 濁質分配挙動 実験

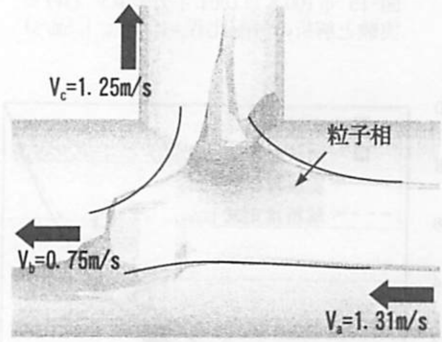


図-18 濁質分配挙動 解析(摩擦・衝突を考慮)

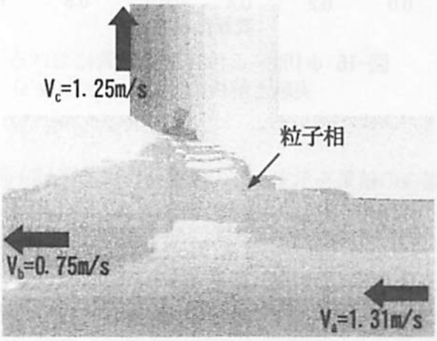


図-19 濁質分配挙動 解析(摩擦・衝突を無視)

5. おわりに

本研究では，実験結果と解析結果との比較を行うことで，直角T字分岐管における濁質挙動の現象を的確に再現可能なモデルを提案した．今回は，流体-固体間だけでなく固体-固体間に生じる衝突や摩擦といった影響を考慮できるオイラーグラニュラーモデルを用いて，非定常混相流解析を行った．そして，実験によるデータに基づく検証を行ったところ，種々の流速条件において，実験と整合した濁質分配比を得ることができた．また分岐部にて濁質が示す分配挙動も再現できていた．これらは管内を流れる濁質挙動を再現するにあたり，今回用いたオイラーグラニュラーモデルの有用性を示していると考えている．

なお，今後の課題として異なる配管形状においても本解析モデルの妥当性を検証するとともに，さらには管網ネットワークにおける濁質の流れ解析についても研究を発展させたいと思っている．

謝辞:最後に，本研究を執筆するにあたり，Epochプロジェクトの関係各位に謝意を表します．

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. 337-339, 1998
3) 町田浩之, 大野裕策:配水管内の夾雑物双方向排出装置, 第53回全国水道研究発表会講演集, pp. 400-401, 2002
4) 長岡裕, 藤原正弘, 大木畑敏文, 安部正樹:管内濁質除去装置(ストレーナ方式)の開発, 第56回全国水道研究発表会講演集, pp. 362-363, 2005
5) (社)日本水道協会:水道統計「平成15年度」, pp. 968-969, 2005
6) 小泉明, 宮島昌克, 藤原正弘, 國實誉治: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) 小泉明, 宮島昌克, 宮内直, 藤原正弘, 陳健湧:水道管路内の濁質挙動解析に関する研究, 2004年日中水処理シンポジウム論文集, 日中部分, pp. 33-37, 2004
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. 114-130, 2005
9) アンシス・ジャパン(株):FLUENT6.2ユーザーズガイド, 2005
10) Taghipour, F., N. Ellis and C. Wong: Experimental and computational study of gas-solid fluidized bed hydrodynamics, Chemical Engineering Science, pp6857-6867, 2005
11) Wen, C. Y. and Y. H. Yu: Mechanics of Fluidization, Chemical Engineering Program Symposium Series, 62, pp. 100-111, 1966
12) Gidaspow, D., R. Bezburuah and J. Ding: Hydrodynamics of Circulating Fluidized Beds, Kinetic Theory Approach, In Fluidization Ⅶ, Proceedings of the 7th Engineering Foundation Conference on Fluidzation, pp. 75-82, 1992
13) Syamlal, M. and T. J. O'Brien: A Generalized Drag Correlation for Multiparticle Systems, Unpublished report 1987
14) Syamlal, M., W. Rogers and T. J. O'Brien: MFIX Documentation Volume 1, Theory Guide, National Technical Information Service, Springfield, VA (DOE/METC-94/1004, NTIS/DE9400087), 1993

15) Wakashima. Y., et al: Development of a New Swirling Micro Mixer for Continuous Hydrothermal Synthesis of Nano-Size Particles, Journal of chemical Engineering of Japan, Vol. 40, pp. 622-629, 2007

16) Leduc, S., C. Fredriksson and R. Hermansoon: Particle tracking option in Fluent validated by simulation of a low-pressure impactor, Advanced Powder Technology, Vol. 17, No. 1, pp. 99-111, 2006

(2009. 5. 22 受付)

Consideration Concerning Distribution Behavior Analysis Model of Suspended Substances in Tee Branch at Pipeline

Keiji KISHIMOTO, Tetsuji SHITABO, Yoshihiko YAMAMOTO
Yoshisada MICHIURA and Akira KOIZUMI

Pipe cleaning with drain is executed as a measure against the degradation of water quality caused by contamination by suspended substances in water flowing through pipes. In order to increase the efficiency of pipe cleaning with drain, it is important to precisely predict places where suspended substances accumulate in a water distribution network.

In this paper, an analytical model to calculate the behavior of sand suspended in water flowing through pipelines was proposed. Sand distribution behavior in a Tee branch was analyzed by using Euler granular model, which is one of the multi-phase flow analysis techniques in the numerical fluid dynamics. The analytical results agreed well with experimental results. In addition, it was confirmed that the proposed analytical model is useful for simulating flow behavior of sand suspended in water flow.