

水道管内の夾雑物の化学組成および物性の評価

宇都宮大学 学生会員 ○狩野 陽平
宇都宮大学 正会員 山岡 暁, 近藤 伸也, 松本 美紀

1. 背景と目的

日本の水道水は国民が安全に飲料できる水準を有しているが、近年水道管内の夾雑物の存在が問題となっている。夾雑物には管内に沈殿、浮遊している堆積物と固着化している付着物の2種類に区分される。消火栓の使用等でポンプ圧力を増加させて管内流量が増加した際に管内流速が増大し、夾雑物が水道利用者の給水管に流入する被害が発生している。さらに、人口減少による配水量減少は管内に停滞流を発生させ、夾雑物の堆積・付着量を増加させている。そのため、早急に水道管の再整備が求められているが、対象となる水道管全ての新設は莫大なコストを要するため容易ではなかった。

近年、水道管の維持管理方法の一つとして水道管内にゴムやウレタン等で作られたボール状のピグを投入して夾雑物を物理的に除去する工法が開発され、水道管新設よりも低コストで管を再生できるようになった。

既往研究では夾雑物の化学的成分の多くがAlやSi、 Fe_2O_3 で構成されていることが指摘されている¹⁾。しかし、夾雑物の研究の多くは洗浄工法に関するものが多く、夾雑物の化学組成や物性は十分解明されていない。

そこで、本研究では、夾雑物の化学組成及び物性を明らかにすることを目的とし、調査・実験を行った。

2. 研究方法

(1)水道管内の夾雑物の調査

洗浄工事報告書の洗浄前の管内のカメラ調査結果を基に夾雑物について調査を行う。

(2)夾雑物の化学組成の分析

洗浄工事報告書から夾雑物の化学組成について得られているデータを分析する。

(3)夾雑物の物性の評価

1) 簡易洗浄試験

本研究では、付着物の物性を明らかにするために、物性のうち、強度がピグ工法の洗浄効果に直接的な関係があると仮定し、実験を行う。本研究では中里建設(株)が開発した『管洗浄用ピグ』(特許第5847047号)

を用い、『管路洗浄装置および管路洗浄方法(以下ピグ工法)』(特許第60411400号)をもとに水道管路の簡易洗浄試験を行う。使用するピグは、復元力が高く、表面の一部が特殊塗料でコーティングされたものである。また、実際の水道管内の夾雑物の入手が困難であることと入手できるものは乱された状態のものであるため、本研究では専門家の意見をもとに触感が近く、流水によって流されない夾雑物を再現したものを作成し使用する。また、今回は水中ではなく簡易実験として気中で実施する。

ヘーゼンウィリアムス式より水道管洗浄の際の動水勾配から上流側と下流側の圧力差をもとにピグに加わる力を算定し、その力を荷重としてピグに与える。

実験方法は供試体(粘土、珪砂、水)をアクリル管に半月状に管の底部から付着させ、実験装置にアクリル管を設置し、ピグを通し洗浄を行う。洗浄によって排出された供試体の重量を計測する。供試体の強度を変え、同じように実験を行う。実験条件を表1に示す。

表1 実験条件

配合試料	供試体No.	配合	管径(mm)	管長(mm)	ピグ径(mm)
カオリン粘土+珪砂	①	粘土珪砂比 含水比 45% 30%	100	500	120
	②	粘土珪砂比 含水比 45% 25%			
	③	粘土珪砂比 含水比 45% 20%			

2)付着物の強度の推定

簡易洗浄試験により、ピグによる洗浄可能な配合の強度を一面せん断試験によって求めて実際の付着物の強度を推定する。

3. 結果

(1)水道管内の夾雑物の調査

管内のカメラ調査により付着物の色別では主に白と茶、赤黒の3種類に区分できる事が分かった。白色及び茶色の夾雑物はピグ工法によって除去できることが確認されている。赤黒色の夾雑物は、ピグ工法では除去することができないケースが多いため白色と茶色の夾雑物は比較的強度の小さいものであると考えられる。

キーワード 上水道 水道管洗浄 夾雑物 ピグ工法

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学 E-mail : t142840@cc.utsunomiya-u.ac.jp TEL:0286896223

・夾雑物の管内映像

洗浄工事における夾雑物の付着状況の一例を示す(写真1～写真2)．写真1の底部の黒い部分が堆積物で、写真2の白く円環状になっているものが付着物である．



写真1 管内の堆積物

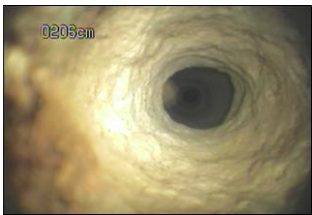


写真2 管内の付着物

(2)化学組成の分析

夾雑物の化学分析の結果を表2に示す．B市では赤黒と白の夾雑物が確認され、成分の含有率及び成分構成に違いが見られた．夾雑物の内、 Al_2O_3 の含有量が多いものは白く、Mnの含有率が10%を超えているものは赤黒い傾向がある．

表2 水道管内夾雑物の化学組成

成分	A市 (茶色)	B市 (赤黒色)	B市 (白色)	成分	C市 (赤黒色)	D市 (赤黒色)
	含有率(%)				含有率(%)	
Al ₂ O ₃	—	1.0	69.6	O	50.99	41.98
SO ₃	—	—	17.8	Mg	—	0.93
SiO ₂	4.1	10.1	6.7	Al	23.85	11.03
Fe ₂ O ₃	82.0	65.6	3.6	Si	8.99	15.84
MgO	—	—	0.8	K	—	2.93
CaO	0.9	1.6	0.5	P	2.08	—
MnO	0.9	17.0	0.5	Ca	1.05	1.33
P ₂ O ₅	11.9	4.4	0.2	Ti	—	0.28
Cl	—	—	0.2	Mn	10.43	15.48
その他	0.2	0.3	0.1未満	Fe	2.60	10.61

(3)付着物の物性の評価

1)簡易洗浄実験

供試体No. ①及び②ではpig洗浄による付着物の排出がほとんどみられなかった．しかし、③において重量比率49.8%の650gを洗浄することができた．したがって、pigで洗浄できる強度は③に近いと推定できる．

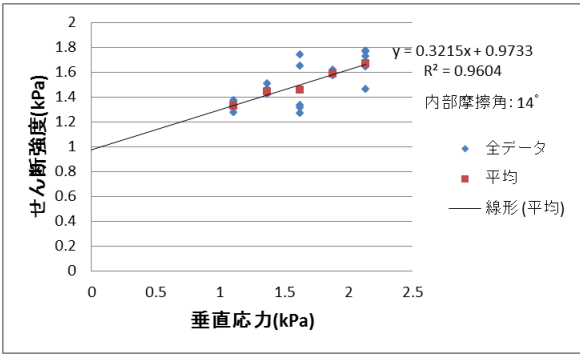
表3 洗浄実験結果

供試体No.	洗浄回数	洗浄前重量(g)	洗浄後重量(g)	排出量(g)	閉塞率(%)
①	1回目	1445	1445	0	20
	2回目	1445	1425	20	
	3回目	1425	1415	10	
②	1回目	1415	1375	40	
	2回目	1375	1375	0	
③	1回目	1305	1205	100	
	2回目	1205	755	450	
	3回目	755	655	100	

2)強度試験

供試体No. ③の強度試験結果を図1に示す．各垂直応力に対する試験回数は5回とした．この配合の強度は約1kPaとなったため、実際の上水道管内の付着している白色及び茶色の付着物の強度相当と推測できる．

図1 一面せん断試験結果



4. 結論

夾雑物の色別より主に白と茶、赤黒の3種類に区分できることが分かった．化学組成では3種類の夾雑物に大きな差異があり、 Al_2O_3 の含有量が多いものは白く、Mnの含有率が10%を超えているものは赤黒い傾向がある．また、付着物の強度は、強度試験結果より約1kPa相当となった．本研究で再現した付着物は実際の水道管内の付着物のうち白色又は茶色に相当する強度であると考えられる．

5. 今後の課題

本研究は低強度の夾雑物に対する実験であったが、以下の課題を実験的に明らかにする必要がある．

- ・高強度であると予想されるMnが多く含まれる赤黒色の夾雑物のせん断強度の推定、
- ・水中と気中でのpigの摩擦係数の違い、
- ・pigの径を増大させ、pigの摩擦力が増加することによる洗浄能力の向上．

謝辞

本研究を行うにあたりデータを提供していただいた中里建設(株)職員の皆様に深く感謝いたします．

参考文献

- 1) 山中 仁：配水管路網から発生する夾雑物の量と組成の簡易調査方法に関する研究 土木学会論文集, VII-32, 2008