

排水レスフラッシング工法の紹介

(一財)建築コスト管理システム研究所・新技術調査検討会

1 はじめに

建築設備工事における配管のフラッシングは、配管の保管時や施工時に入り込む異物、溶接作業で発生するスラグ及び酸化亜鉛などを除去することを目的として、試運転調整の前に行われる施工プロセスの一つである。一般的なフラッシングでは、水の張替えとポンプ循環を複数回行うため、作業に相当日数を要し、現場など仮設給水を利用している場合は給水能力に限りがあり、水張り及び希釈しての排水に相当な時間と手間が費やされる。近年では、短工期現場が多く、フラッシング作業の日程確保が課題となっている¹⁾。

また、従来のフラッシング工法では、フラッシングの汚染水を大量に排水しなければならないという問題がある。溶融亜鉛めっき鋼管（白ガス配管）のフラッシング水には高濃度の亜鉛が含まれており、日排水量50m³以上の事業場の場合、下水道法や水質汚濁防止法による亜鉛の排水規制が適用されるため、排水する際には排水規制に従った対応が必要である。上水により規制濃度以下に希釈処理して排水する場合、希釈の為に大量の水が必要となり、100m³の配管保有水量でフラッシング処理後の亜鉛濃度が30mg/Lであった場合、排水規制値が2mg/Lであれば、15倍の希釈が必要で、排水量は実に1,500m³にもなる。更に規制の厳しい地域ではこの数倍になる。これは、環境を配慮した方法であるとは言い難く、必要最低限の資源利用に抑える必要がある。

これらの課題を同時に克服することを目的として、排水することなくフラッシングを完了することができる「排水レスフラッシング工法」が開発

された。一回水張りをするだけで、フラッシングの汚染水を一切排水しないことから、環境に配慮した工法と言える。また、従来のフラッシングで必要だった水の張り替えにかかる時間と作業が不要となるため、工期短縮、人工削減が期待できる。本報では、本工法の概要と現場検証結果について報告する。

2 排水レスフラッシング工法の概要

(1) システム構成

本工法を用いた場合のシステム構成（例）の概略を図1に示す。本工法では、本設ポンプ（一次ポンプ、二次ポンプ）による循環を行いながら、フラッシングする配管系統から分岐して接続したフラッシング水処理装置で、水の浄化処理を行う。浄化した水を排水せずに元の配管系統に戻

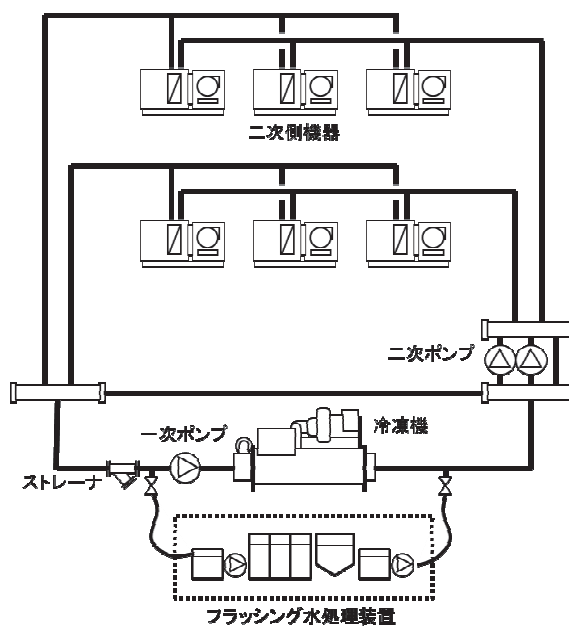


図1 システム構成（例）

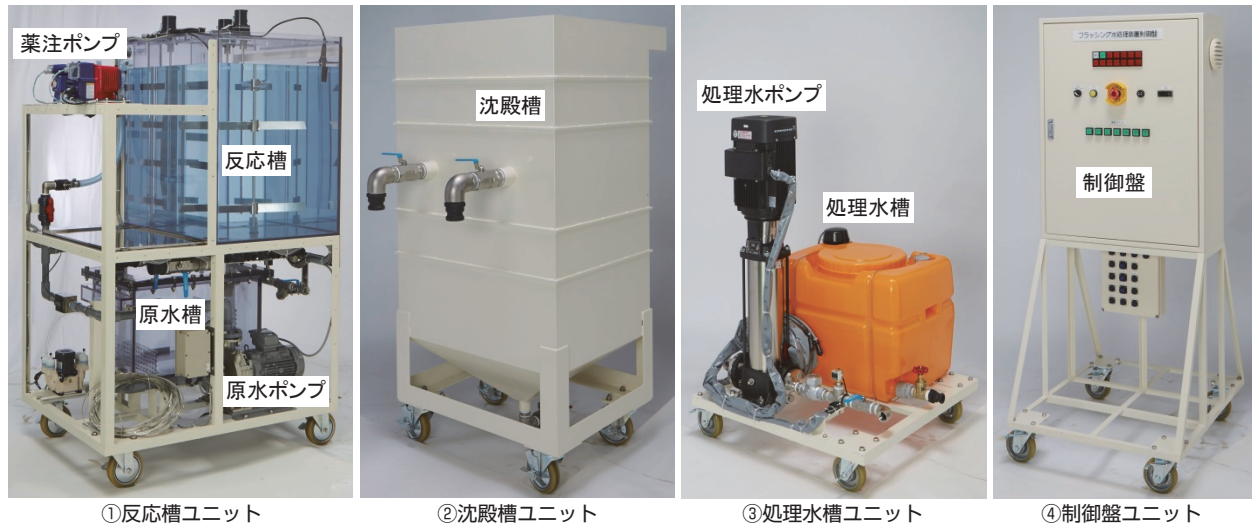


写真1 フラッシング水処理装置（4ユニットで構成）

すため、本工法では一度の水張りでフラッシングを完了することができる。分岐箇所も水抜きバルブ、エア抜きバルブの利用が可能で、循環系統であればどこでもよく、新たに分岐を設ける必要がない。

(2) フラッシング水処理装置

フラッシング水処理装置の外観を写真1に、仕様を表1に示す。本処理装置は、凝集沈殿法により配管内の懸濁物（配管切断時の鉄粉、接合材料（シールテープなど）の端材、亜鉛粒子、溶接スラグ、酸化亜鉛、砂、土、ほこりなど）を分離し浄化するもので、四つのユニット（反応槽ユニッ

ト、沈殿槽ユニット、処理水槽ユニット、制御盤ユニット）で構成されている。すべてのユニットは片扉のドアからの搬入が可能のように、少なくとも一面は幅820mm以下としており、各ユニット共、車輪が付いているので現場内の移動が容易になっている。設置スペースは四つのユニットの合計で4㎡程度であるが、それぞれのユニットはホースで接続されるため、現場の状況によっては分散しての設置が可能となる。

3 排水レスフラッシング工法の特徴

本工法は、以下に示す特徴を有する。

(1) 環境にやさしい

1回の水張りで済むことから給水使用量を必要最低限に抑えることができ、排水を出さないことから、水環境に影響を及ぼす規制物質を一切排出しない。本工法から排出される廃棄物は、少量の脱水凝集物と消耗品のみと極限まで削減されているため、環境負荷の低減が図れる。

(2) 省力化、省コスト

従来のフラッシングでは、水の入替え作業が、一般には2～3回行われるため、膨大な時間がか

表1 フラッシング水処理装置の主な仕様

項目	仕様
処理方法	凝集沈殿法
処理水量	3.0m ³ /h（最大）
電源	3相×200V×5.7kW
サイズ、重量	反応槽ユニット 1,100×820×1,820mm、250kg(700kg) 沈殿槽ユニット 670×820×1,770mm、200kg(950kg) 処理水槽ユニット 800×800×1,170mm、100kg(150kg) 制御盤ユニット 700×800×1,700mm、80kg(80kg) ()内は稼働時の質量
その他	屋内仕様、耐圧2.0MPa

かっている。本工法では水張り1回で済み、排水が不要なため、工期の短縮とともに人工やコストの低減が期待できる。特に大規模現場においてはその効果は大きい。

(3) フラッシングの見える化

従来のフラッシングは目視と経験でフラッシング完了を決めており、現場によって水質にばらつきが見られた。本工法では配管中の濁度を計測しながらフラッシングを行うため、水の浄化状況が確認でき、見える化が図れる。写真1の脱気原水槽にて配管内水の濁りを目視確認し、濁度を確認する時は原水ポンプ吐出直後にある分岐された配管から取水して計測する。なお、施工実績と工業用水の供給標準水質の濁度が20mg/L（≒20度）以下である²⁾ことから、特に指定がない場合は、

フラッシング完了の自主的な目標値として濁度20度以下としている。

(4) 残渣物（残った懸濁物）の処分

配管内から取り除いた懸濁物を含んだ凝集沈殿物を現場にて簡易脱水を行う。脱水により減容化された少量の脱水凝集物は産業廃棄物として処分される。

4 現場検証実施例

平成24～平成25年度に、9現場（以後、A～I現場）で実施検証した結果を表2に示す。いずれの現場においても良好な結果となっているが、本報ではA現場について詳細を紹介する。

表2 現場検証の実施概要と検証結果概要

現場名	建物用途	配管			濁度 [度]			処理時間 [h]	作業低減率 ^{※4}
		施工方法 ^{※1}	処理系統	保有水量 ^{※2} [m ³]	目標値 ^{※3}	フラッシング前	フラッシング後		
A現場	病院	プレハブ加工+現場溶接	冷却水	<30	20以下	62	18	<10	47%
B現場	市庁舎	プレハブ加工+現場溶接	冷温水	<30	10以下	46	5	<10	40%
C現場	オフィスビル	プレハブ加工+現場溶接	冷水、温水	100～150	10以下	34	6	<20	67%
D現場	物流センター	プレハブ加工+現場溶接	冷温水等(合計6系統)	100～150	20以下	60	11	<30	63%
E現場	病院	プレハブ加工+現場溶接	冷温水等(合計13系統)	100～150	20以下	30	14	<30	64%
F現場	工場	プレハブ加工	冷水、温水	<30	20以下	71	10	<10	50%
G現場	工場・研究所	現場溶接	冷温水	<30	20以下	71	4	<10	38%
H現場	研究所	プレハブ加工+現場溶接	冷温水等(合計3系統)	<30	20以下	116	11	<10	44%
I現場	病院	プレハブ加工+現場溶接	冷水等(合計6系統)	<100	20以下	91	13	<60	49%

※1：配管は全て白ガス管である。

※2：実施した系統の合計水量。

※3：A現場、D～I現場は自主設定。B現場、C現場では設計事務所又はゼネコンからの指示による。

※4：系統を重複しないで単系統をフラッシングすると仮定。同時に複数系統行う場合は時間を短縮できる。

本工法：作業時間10h/日、搬出入各1日

従来工法：水の入替え2回、水循環1日/回、最大給水量：30L/min、最大排水量：60L/min、給水排水時間24h/日

(1) 実施系統と評価条件

A現場で行ったフラッシングの概要を図2に示す。実施した系統は配管保有水量約20m³の冷却水系統で、フラッシング水処理装置と本設配管との接続には、本設循環ポンプの水抜きバルブと配管の水抜きバルブを利用した。目標濁度は、特に指定がなかったため、自主目標値である20度と設定した。

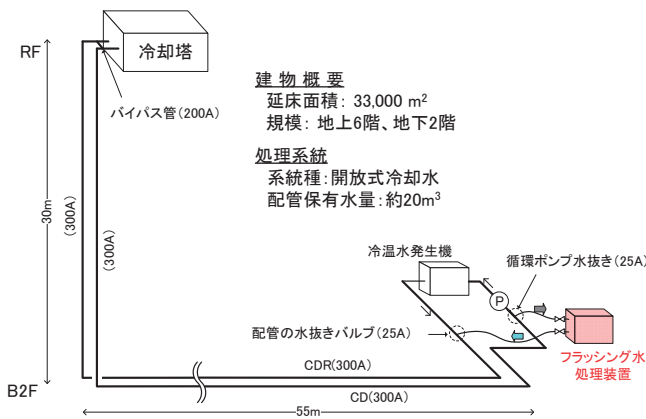


図2 実施系統概要図

(2) 検証結果

フラッシングを開始してからの配管内濁度の経時変化を図3に示す。フラッシング前に62度であった濁度は、本工法による8時間の浄化処理で、目標濁度の20度以下になった。

本現場では、フラッシング水処理装置の搬入・調整で1日、フラッシング作業で1日、搬出・後片付けで1日、計3日間で作業が完了している。一方、この系統で従来方式のフラッシングを実施した場合5～7日かかると考えられ、本工法を用

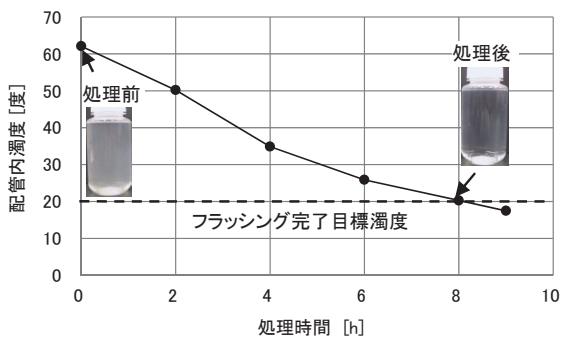


図3 配管内濁度の経時変化

いたことでフラッシング工期を約半分に短縮できたと試算される。

5 現場検証のまとめ

現場検証の実施概要と検証結果概要を表2に示す。これらの検証現場は、建物の規模や用途が異なり保有水量や配管系統も様々であるが、すべての現場でフラッシング完了の目標濁度を達成している。また、本処理装置は比較的スペースに余裕があり、本設配管との接続が容易な機械室に設置することが望ましいが、機械室以外に設置した場合や二次側空調機廻りから分岐したケースにおいても問題なくフラッシングを行うことができ、本工法は様々な形態の工事物件に対して、適用が可能であることを確認できた。

また、本工法と従来工法でフラッシングした場合の作業時間を比較した。本工法のフラッシング作業時間を10時間/日とし、搬出入をそれぞれ1日とした。一方、従来工法の場合、水の入替え回数を空気調和・衛生工学会便覧³⁾及び空気調和・衛生工学会小委員会の報告書⁴⁾から2回、循環・洗浄時間を1日(24時間)/回とした。なお、いずれの場合も最大給水量は30L/min、最大排水量は60L/minとし、水張り、排水の作業時間を24時間/日として試算した。表2中の配管保有水量が100m³以上のC～E現場では、処理時間が30時間未満であり、これらの現場では1週間(装置搬出入等を含む)でフラッシングを完了している。一方、同現場を従来工法で実施した場合、2～3週間かかると試算された。以上のことから、本工法を用いることにより、フラッシングにかかる時間は40～70%に短縮され、大きな現場ほど工期の短縮が期待できることが分かった。

フラッシング前の濁度については、現場溶接を多用した配管系統に比べ、プレハブ加工管を主とした場合の方が低いと予想していたが、必ずしもそうではないことが確認された。

F現場では、現場溶接をしていないにもかかわらず、現場溶接のみのG現場と同等の濁度であった。F現場では水圧試験を行った後、一度排水したため、次の水張りまでの間に腐食による錆を誘発したと考えられる。配管やヘッダーの底に水が残った場合に、水膜の薄い部分と厚い部分で溶存酸素濃度に差が生じる。酸素濃度差により分極を発生（酸素濃淡電池）し気相から大きな速度で酸素が取り込まれ、局部腐食を誘発する⁵⁾ことが知られており、この影響で腐食が促進したと推察される。本工法は張った水を抜かないため、このような局部腐食のリスクはない。水張り初期は亜鉛めっき鋼管の保護被膜の生成が十分でないため、溶存酸素による亜鉛の溶出が著しく⁶⁾、水張り後1週間で約30mg/Lに達した⁷⁾との報告もある。本工法は完全密閉ではないが、張った水を抜かないため、従来法に比べ溶存酸素の持ち込みが少なく亜鉛めっきの初期腐食の抑制においても有効であると考えられる。また、水圧試験後に行われる漏水箇所等の修繕で排水が必要となった場合でも、本装置を用いることで排水規制値以下に亜鉛を除去することが可能で、手間のかかる希釈排水の必要がなくなるメリットもある。

H現場においては、フラッシング前の配管内水のpH値がpH9.9あり、白ガス管内面の亜鉛メッキから溶出してくる亜鉛が粒子化しやすい環境であったために白濁し、他現場より濁度が高くなったと推察している。他にも配管保管時の養生が十分でなかったり、水張り水に雨水や井水を利用したために、フラッシング前の濁度が高くなったと考えられる系統があった。

以上のように、フラッシング前の濁度については、配管の工法以外の影響も大きく受けることが分かった。

6 おわりに

排水レスフラッシング工法を導入した現場担当

者からは以下のような高い評価が得られた。

- ・ 水の入替えがなくなって手間が省けた
- ・ 試運転に取り掛かるまでの時間が大幅に短縮できた
- ・ 水使用量と水道料金が削減できた
- ・ 市より要求された環境基準が達成できた

本工法は平成25年度で現場検証を終え、平成26年度からは運用を開始している。本技術が環境保全及び現場の負荷低減に繋がり、広く活用されれば幸いである。

最後に、本調査に当たり高砂熱学工業（株）殿に資料提供等のご協力をいただいたことに対し、感謝の意を表します。

(参考文献)

- 1) 「空調設備における試運転調整」『空衛』2013年3月号, pp.2-76, (一社) 日本空調衛生工事業協会, 2013.
- 2) 「工業用水の供給標準水質」日本工業用水道協会工業用水水質基準制定委員会, 1971.
- 3) 空気調和・衛生工学会編集『空気調和・衛生工学便覧第14版』5計画・施工・維持管理編, p.400, 2010.
- 4) 空気調和・衛生工学会施工保全委員会施工保全情報と空調配管システム信頼性向上検討小委員会：委員会成果報告書 (R-0021-2009)
- 5) 村田和也「建築設備の腐食と防食④」『建設設備と配管工事』2010年4月号, pp.86-91, 日本工業出版, 2010.
- 6) 藤井哲雄「亜鉛めっき鋼管の腐食と対策」『プラントエンジニア』362号, pp.114-118, 日本プラントメンテナンス協会, 1999.
- 7) 松川安樹、津波古敦信「建築設備配管の施工における水張り・フラッシング時の水質と腐食」『材料と環境2013講演集』, pp.17-20, (公社) 腐食防食学会, 2013.