

特殊膜濾過による 新しい高度清澄濁水処理システム

澁谷啓司¹・岡村和夫²・宮沢和夫³

¹正会員 清水建設株式会社 土木技術本部技術第一部（〒105-8007 東京都港区芝浦一丁目2-3）

²清水建設株式会社 技術研究所社会基盤センター（〒135-8530 東京都江東区越中島三丁目4-17）

³清水建設株式会社 土木技術本部技術開発部（〒105-8007 東京都港区芝浦一丁目2-3）

膜式濁水処理システムは、建設工事において発生する濁水を適切に処理して排水する設備である。特殊な芯材を濾布で包み込んだ板状の膜濾過ユニットを、複数濾過槽内に垂直に懸垂し、ユニットの内外に水頭差をつけ、濾布の表面で浮遊物質（SS）を捕捉する膜式濁水処理方法である。膜濾過のため、有機性高分子凝集剤を必要とせず、また垂直濾布面の通過速度を遅くすることで、捕捉した濁質を膜の表面に強固に付着させず、付着濁質自身でも濾過効果を促進するようにしている。それにより、従来の凝集沈殿処理と砂濾過処理を組合せた処理方法に代わり、単独で、高濃度濁水（SS1,000～3,000 mg/L）をSS10 mg/L以下まで直接清澄濾過ができる。

キーワード：濁水，SS，処理，濾過膜，凝集剤，透過流速

1. はじめに

昨今の環境保全への強い要望から、トンネル、ダム、造成などに代表される土木工事において排水する濁水は、高度な処理が求められてきている。従来、濁水処理は一般的に凝集沈殿処理方法が採用されており、無機・有機の高分子凝集剤を使用して微細な浮遊物質（SS）を除去しているが、SS濃度を25～40 mg/Lまでに処理するのが限界であった。また、さらに濁度を下げる必要がある場合は、凝集沈殿処理方法に濾過処理方法を併用して濁水処理が行なわれている。

最近では、自然環境の面から河川放流において、都道府県の定める基準以上の濁水処理が求められてきている。今回、従来の濾過処理法の性能に近い新しい膜式濁水処理システムにより環境保全への高度な処理が比較的小型な装置で可能になったので、その実証試験と実機稼働の報告をする。

2. システムの概要

水の中の濁り成分（濁質）を除去するためには、主として“凝集沈殿処理”と“濾過処理”の方法がある。

凝集沈殿処理は凝集剤を使用して水中の濁質をフロック化し、沈殿槽にて濁質の沈殿除去をおこなう。したがって、沈殿装置が比較的大型になり、微細なフロックは沈殿せず、濁りの成分として処理水中に残存する。一方、砂などを使用した濾過処理法は、コンパクトで良好な処理水を得ることが可能であるが、砂の表面で濁質を捕捉するために逆洗浄作業を頻繁におこなう必要が生じ、濁質の多い工事用排水や産業排水の処理などには前処理が必要であって不向きである。

今回実用化した膜式濁水処理システムは、特殊な芯材を用いた膜濾過ユニットを垂直に三次元的に構成させるとともに、膜面を通過する流速を非常に遅くする（約0.14 cm/min）ことで水頭差を20～30cmにおさえ、高濃度濁水SS 1,000～3,000mg/Lの処理を可能にしている。また、膜面流速を遅く維持することで、膜面に捕捉する濁質を強固に付着させず洗浄を容易にするとともに、付着した濁質自身が濾過効果を促進することで良好な処理水が得られる。さらに逆洗浄頻度も砂濾過方式に比べ大幅に減少させることが可能で現場での取扱いが容易なシステムである。図-1に本システムのフローを、図-2に膜濾過原理を示す。

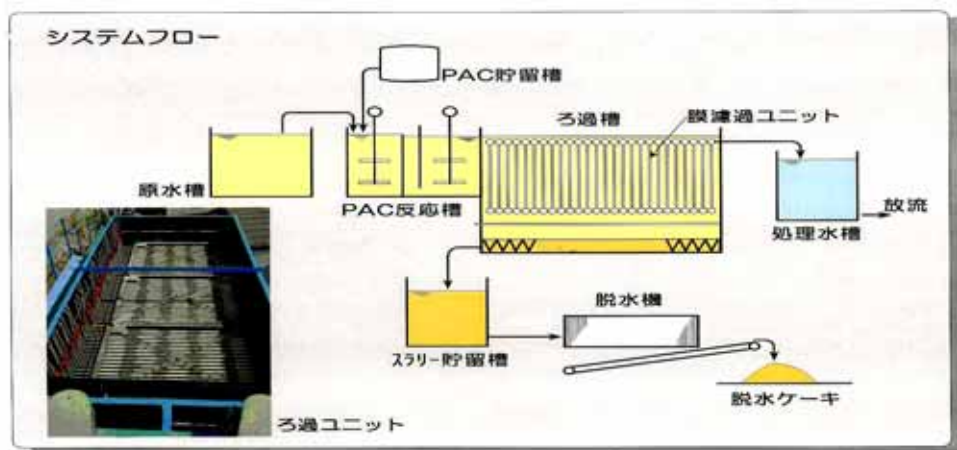


図-1 システムフロー

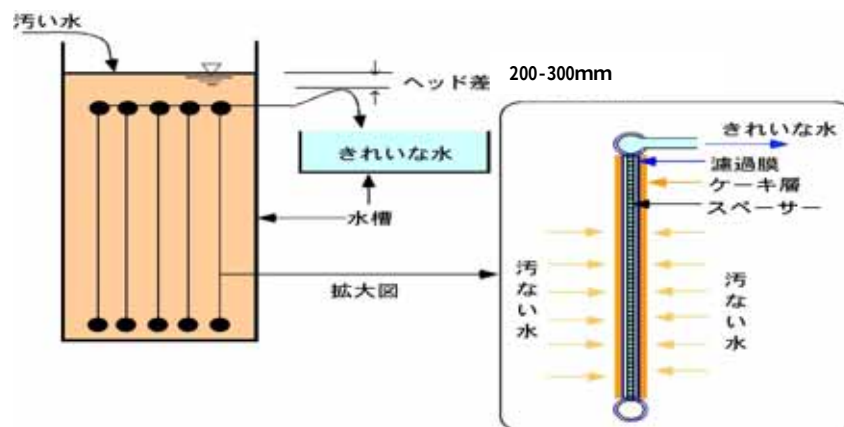


図-2 膜濾過の処理原理

3. 実証試験の概要

実証試験はダム工事現場での排水濁水を用いておこなった。写真-1、写真-2に試験装置を示す。

(1) 試験装置の仕様

- ・処理水量 $16\text{m}^3/\text{hr}$
- ・濾過槽 17.7m^3
($W3.92\text{m} \times L1.909\text{m} \times H3.314\text{m}$)
- ・有効処理面積 191.52m^2
(3.36m^2 枚 (両面) $\times 19$ 枚 $\times 3$ ユニット)



写真-1 試験装置



写真-2 試験装置

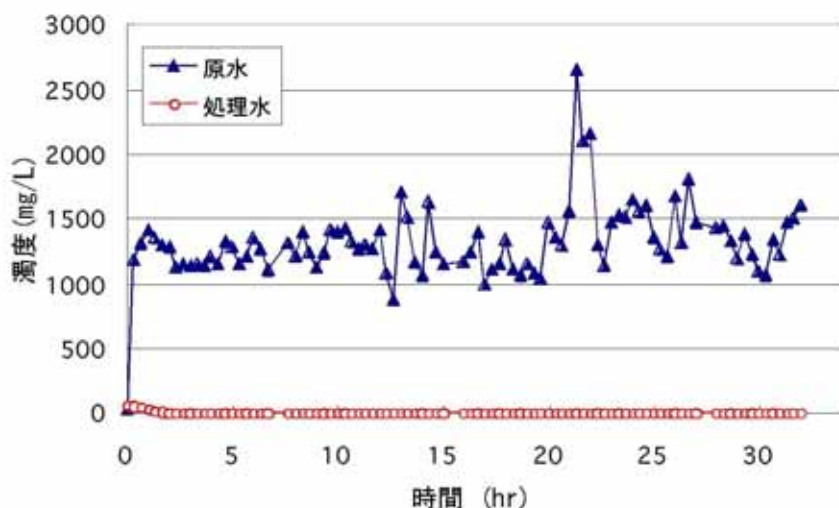


図-3 処理状況

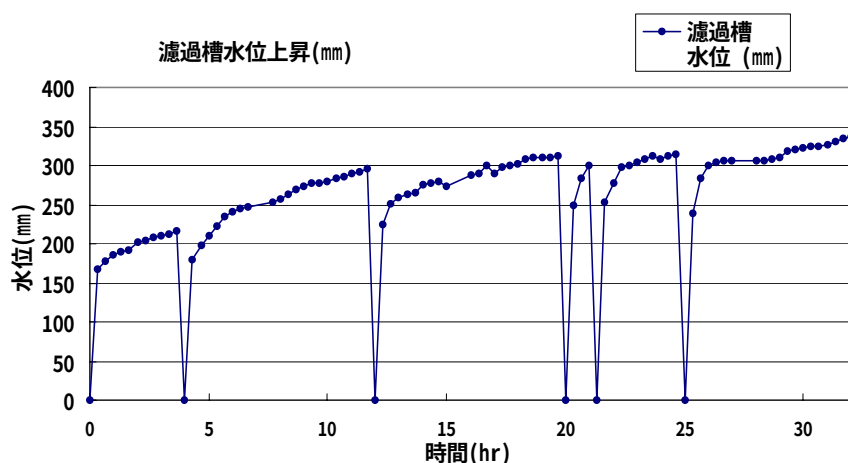


図-4 濾過槽水位の推移

(2) 試験装置の仕様

- ・ 処理水量 $16\text{m}^3/\text{hr}$
- ・ 濾過槽 17.7m^3
($W3.92\text{m} \times L1.909\text{m} \times H3.314\text{m}$)
- ・ 有効処理面積 191.52m^2
(3.36m^2 枚 (両面) $\times 19$ 枚 $\times 3$ ユニット)

(3) 試験結果

各条件下でのSS除去の処理状況を図-3に示す。

濁水の通水量は $16\text{m}^3/\text{hr}$ 、膜の処理能力を想定 ($2\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$) して運転を行い、無機凝集剤 (PAC) を注入した。原水のSS濃度は試験期間中 $1,000 \sim 1,500 \text{ mg/L}$ であったものが、処理後のSS濃度はいずれも 10 mg/L 以下にまで除去された。

濾過処理状況は連続通水をおこなっていると、濾布面には濁質による薄いケーキ層が形成され、このケーキ層にて濁質が捕捉されるため、処理水はSSをほとんど含まない処理水(写真-3)になった。

また、凝集剤は有機性高分子剤をいっさい使用せずPACのみを使用した。PACによる濁質のフロック化が完全である場合には処理水SS濃度も低下し、外見上では水道水と同程度まで濁質が除去された。

図-4に運転時の水位状況を示す。

試験の結果、連続運転行った場合、膜の洗浄頻度はSS濃度が $1,000 \sim 1,500 \text{ mg/L}$ のとき、1日1回程度で運転でき、高分子凝集剤は使用しなくても処理が可能であった。



写真-3 濁水と処理水



写真-4 中規模試験

4. 濾過膜の選定

室内実験で膜の耐久性や濾過状況を確認しながら膜の選定を行った。選定された数種の膜を使って、工場施設内で中規模の連続運転を実施、逆洗浄効果などの試験を行った。写真-4に試験装置を示す。

試験装置仕様

- ・処理水量 0.4m³/hr
- ・濾過槽 0.57m³
(W0.9m×L0.4m×H1.6m)
- ・有効処理面積 4.9m²
(0.98m²枚(両面)×5枚)

原水は人為的につくった。SS濃度は試験期間中2,000～2,300 mg/Lのものが、約50時間の間、膜の処理能力の条件を同じにして(2m³/m²/day)運転を行い処理水のSS濃度は10 mg/L以下を維持することが可能であった。水位の上昇も安定した状況を維持した。図-5に運転時の水位、図-6に処理状況を示す。写真-5に濁水と処理水を示す。

洗浄方法については、手洗浄による方法が有効であるが、空気洗浄と逆洗浄を併用することで膜面に付着した濁質は除去され、その後の連続運転も通水可能であった。写真-6に洗浄状況を示す。

実試験における膜の過性能

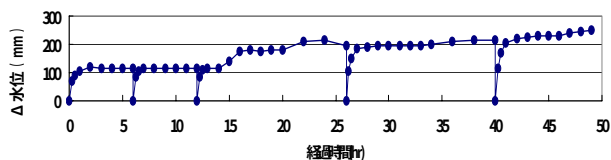


図-5 濾過槽水位の推移

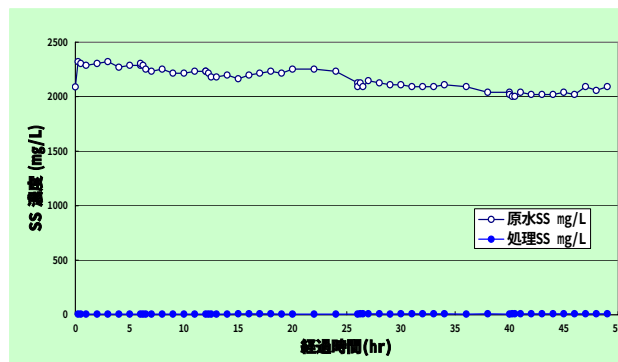


図-6 処理状況



写真-5 濁水と処理水



写真-6 洗浄前と洗浄後

5. 実施事例

総合評価落札方式での入札で濁水処理システムのV E提案が採用されて受注した工事2件を紹介する。

(1) シールド工事

- ・工事名称：用水路シールドトンネル建設工事
- ・工 期：平成16年1月～平成19年3月
- ・工事内容：施工延長 L=2941.771m
トンネル内径 φ3200mm
泥土圧シールド工法（F-NAVI 工法）
シールド機外径 φ3650mm
- ・濁水処理条件 排水濁度 30度以下
pH 6.5～8.5
- ・処理原水 SS 1500mg/L
- ・処理能力 15m³/hr
- ・濾過槽寸法 W1.93m×L6.49m×H3.5m

写真-7に処理装置、図-7に処理状況を示す。



写真-7 処理装置

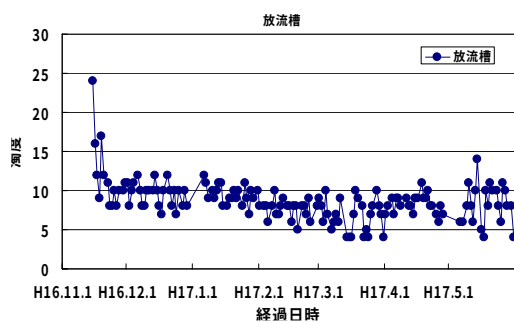


図-7 処理状況

(2) トンネル工事

- ・工事名称：道路トンネル建設工事
- ・工 期：平成16年1月～平成19年3月
- ・工事内容：総延長 880.0m
トンネル延長 637.0m
NA TM工法
- ・濁水処理条件 排水 SS 12mg/L 以下
pH 6.0～8.0
- ・処理原水 SS 3000mg/L
- ・処理能力 30m³/hr
- ・濾過槽寸法 W2.3m×L10.23m×H4.55m

写真-8に設置状況と処理装置、写真-9に膜の設置状況と膜ユニットを示す。



写真-8 現場設置状況と装置



写真-9 処理装置

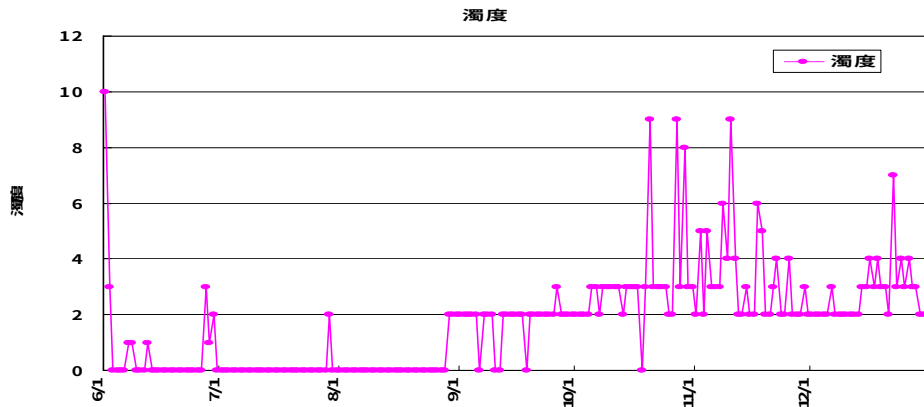


図-8 処理状況

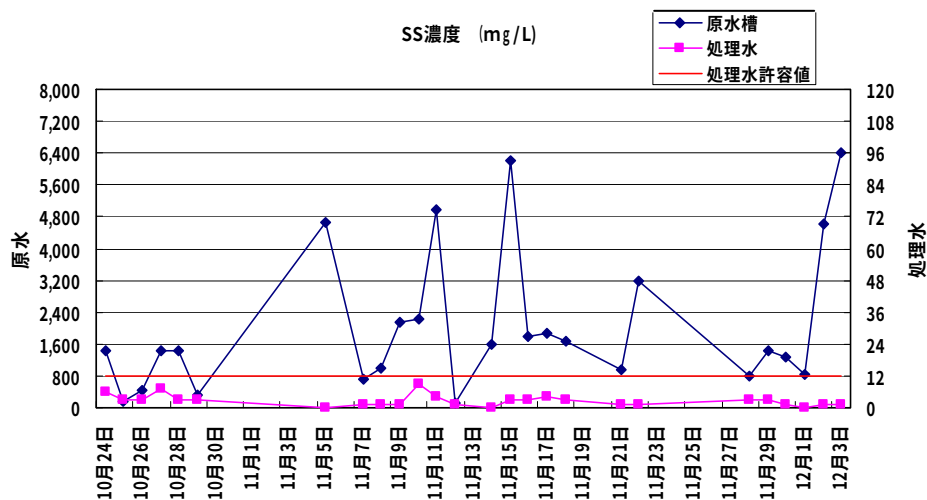


図-9 処理状況

＊現地では濁度計を使用して連続計測を実施．SS 濃度と濁度計の数値の相関をとった結果，値の小さい範囲では同等である．

6. 本システムの特徴

本システムは，従来の濁水処理技術と比べて以下の特徴がある．

- ①処理水の SS をおよそ 10 mg/L 以下まで大幅に清澄濾過できる．
- ②有機性高分子凝集剤を使用しないので，環境に対する安全性が向上する．
- ③高濃度濁水（SS1000～3000 mg/L）の直接処理が可能でコンパクトな装置である．
- ④逆洗浄回数が少なく（1 回／日程度），稼働効率が良い．

7. おわりに

本システムは工事用濁水処理向けに開発・実証してきた．高濃度 SS を含む水処理として，処理水の清澄性を持続できることと逆洗浄頻度が少ないことは，同等の処理性能を有する従来の凝集沈殿処理と砂濾過処理を併用した方法ではなしえなかったものである．

現場においては期待された能力を十分に発揮しており，1 台は現在稼働中である．まだ，改善するところがあるが，今後，より広範囲な利用用途への展開も検討していきたい．

なお，本システムは清水建設(株)と(株)睦商事が共同開発したものである．

