1-(3)-4　東北地方太平洋沖地震の汚泥かき寄せ機の被害と取組状況について

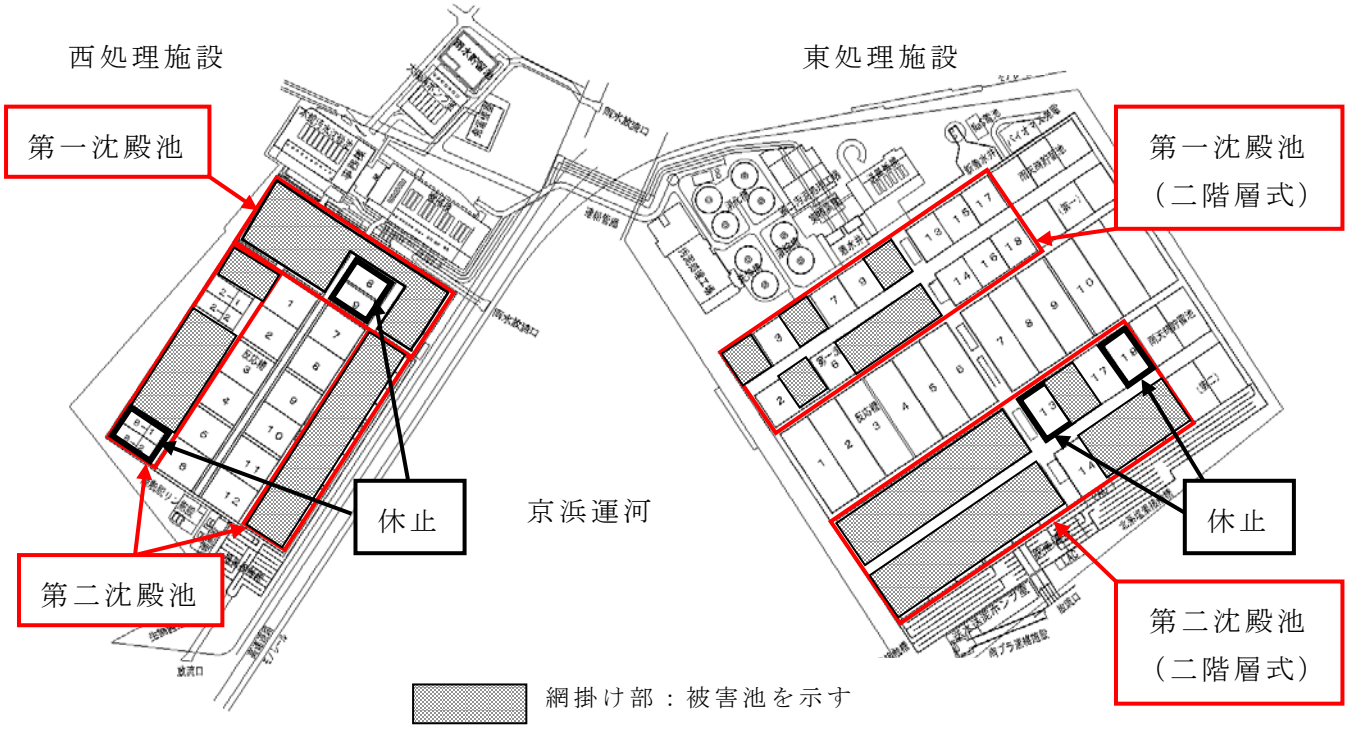
森ヶ崎水再生センター　保全管理係　小方　浩

1. はじめに

森ヶ崎水再生センターは、大田区、品川区、世田谷区等の各区と多摩地域の野川処理区等の下水を処理している計画処理能力 154 万ｍ³/日の我が国最大規模の下水処理場である。処理施設は、京浜運河を挟み、東西にわかれている。（図－１）

3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震により、当センターにおいても震度 5 弱の揺れが生じ、このため沈殿池に大きな被害があった。特に、汚泥かき寄せ機のフライトの破損、沈殿池の搬入口蓋の落下等により汚泥かき寄せ機の運転ができなくなり、水処理に影響を受けた。

今後発生する地震に適切に対応するため、被害状況の詳細な分析を行い、被害の予防・拡大防止の検討を行ったので報告する。



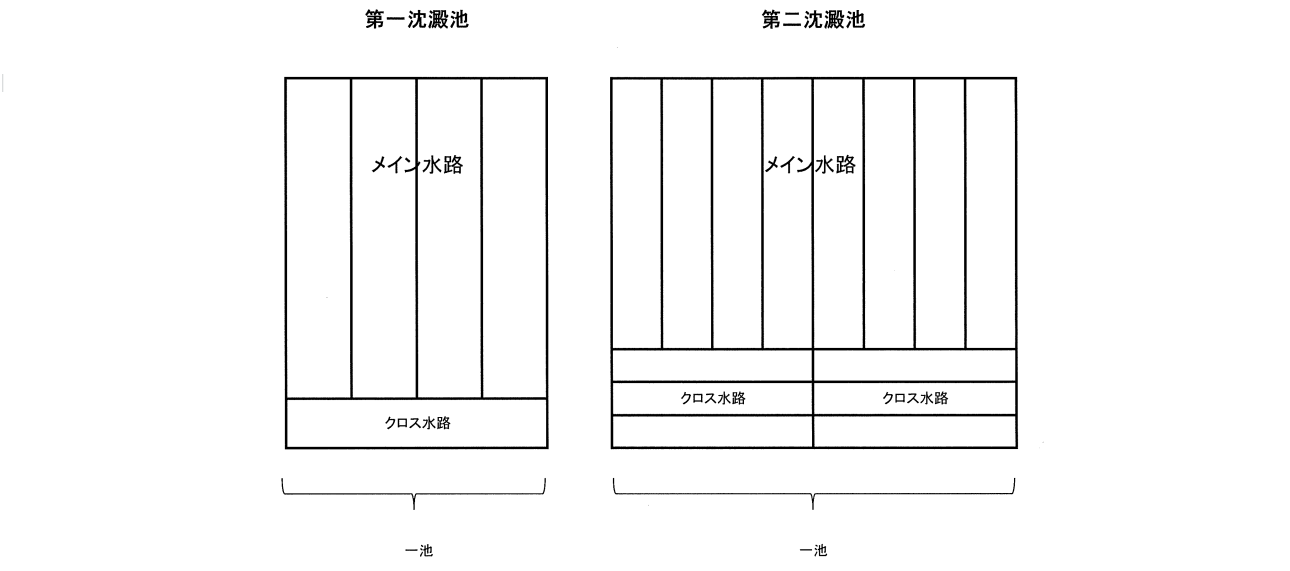
図－１　森ケ崎水再生センター概要

2. 地震による被害状況

当センターの汚泥かき寄せ機の仕様を表－1 に示す。また、図―２に沈澱池の構成を示す。汚泥かき寄せ機は、大部分がチェーンフライト式であり、機長、軸数（中間軸の有無）、チェーン材質、フライト材質等の異なるものが混在している。

表－1　汚泥かき寄せ機仕様

		池数	汚泥かき寄せ機 型　式	水路数	材　質	備　考
西施設	第一沈殿池	12	チェーンフライト式 メイン　4軸　41m クロス　3軸　21m	メイン4水路 クロス1水路	メイン　チェーン　SUS フライト　米桧、FFU クロス　チェーン　SUS フライト　米桧、FFU	
	第二沈殿池	24	チェーンフライト式 メイン3,4軸　29m クロス　3軸　12m	メイン4水路 クロス3水路	メイン　チェーン　SUS、FRP フライト　米桧、FFU、FRP クロス　チェーン　SUS フライト　米桧、FFU	10-1号、10-2号 メイン水路 レシプロ式
東施設	第一沈殿池	18	チェーンフライト式 上段　4軸　31m 下段　4軸　36m	メイン 上段　6水路 下段　6水路	チェーン　SUS フライト　米桧、FFU	二階層式 PC板、合成木材蓋
	第二沈殿池	20	チェーンフライト式 上段　3,4軸 51m 下段　4軸　51m	メイン 上段　5水路 下段　5水路	チェーン　SUS、FRP フライト　米桧、FFU、FRP	二階層式 PC板、合成木材蓋



図－2　沈澱池構成図（概略図）

地震発生時の沈殿

汚泥かき寄せ機破損状

図－３　沈殿池被害状況

図－３に沈殿池被害状況を示す。沈殿池は、今回の地震により横方向に揺られた。この地震により発生した被害項目を表－2 に示す。

西施設の被害項目は、チェーンの脱輪とフライトの破損である。

東施設の沈殿池は、二階層式である。被害項目は、チェーンの脱輪と破断、フライトの破損、沈殿池上段床にある搬入口蓋の外れ（PC 板製のものは落下等、合成木材製のものは浮上)、第二沈殿池水路（1・2 系は側壁が PC 板製）の側壁 PC 板の落下である。

次に、当センターの沈殿池被害状況を表－3 に示す。西施設の第一沈殿池と東施設の第二沈殿池の被害が特に大きかった。被害を受けた沈殿池の割合は、稼働していた沈殿池全体の 80%以上となっている。

表－2　被害項目

西施設	東施設
チェーン脱輪	
—	チェーン破断
フライト破損	
—	搬入口蓋外れ
—	側壁ＰＣ板落下

表－3　沈殿池被害状況（池単位、水路単位）

		池単位				水路単位			
		全池数	稼働池数	被害池数	被害率※対稼働	全水路数	稼働水路数	被害水路数	被害率※対稼働
西施設	第一沈殿池	12	**10**	**8**	80%	60	**50**	**26**	52%
	第二沈殿池	24	**23**	**1**	4%	168	**161**	**1**	1%
東施設	第一沈殿池	18	**18**	**7**	39%	216	**216**	**36**	17%
	第二沈殿池	20	**18**	**16**	89%	200	**180**	**90**	50%

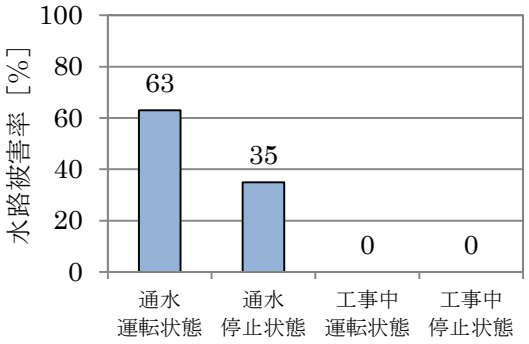
さらに各池の被害状況を細かく把握するため、各水路単位での被害状況の分析を行った。表－3 のように、水路単位では 50%の被害率であっても、池単位では被害率 80%と跳ね上がっている。これは、図―２に示すように、沈澱池が複数の水路で構成されており、このうちの１水路でも被害があった場合、１池としてカウントされるためである。

西施設の第一沈殿池は、地震時に以下の 4 パターンの稼働状態があった。

(1) 通水されて汚泥かき寄せ機が運転している状態
(2) 通水されて汚泥かき寄せ機がタイマーにより停止している状態
(3) 工事で試運転している状態
(4) 工事で停止している状態

この状態別に被害状況を整理した結果を図－３に示す。

図－３から、通水中の沈殿池においては、運転状態でも停止状態でも汚泥かき寄せ機に被害があったことがわかる。これは地震の揺れによるスロッシング(池内の水の動揺)により、スプロケットからチェーンが脱輪したものと考えられる。

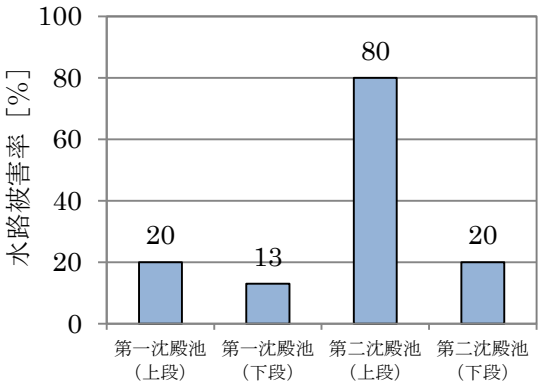


図－３　西施設第一沈殿池
水路被害率
（汚泥かき寄せ機運転状態別）

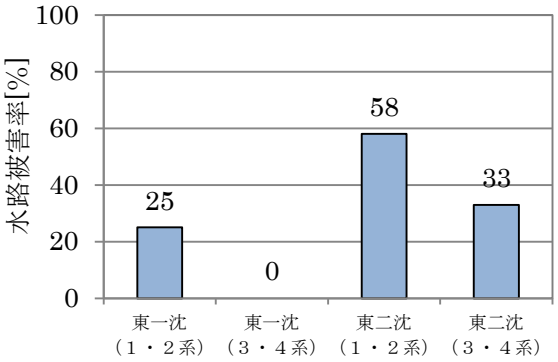
被害の割合は、運転状態では 63%、停止状態では 35%であり、運転状態の方がチェーンの脱輪が８割程度起こり易い結果となった。沈殿池内に水がない状態では、運転状態、停止状態ともチェーンの脱輪はなかった。

図－４は、東施設の二階層式沈殿池の上段下段別での被害状況を示している。これをみると、第一沈殿池の上段と下段では被害率が　約 1.5 倍、第二沈殿池の上段と下段では被害率が 4 倍も違っている。第一沈殿池、第二沈殿池どちらも上段に設置されている汚泥かき寄せ機の方が、下段より多くの被害を受けていることがわかる。

図－５は、東施設での水路被害率である。被害の多い第二沈殿池 1・2 系は、水路の側壁に PC 板を用いており、他のコンクリート壁の沈殿池とは構造が異なっている。



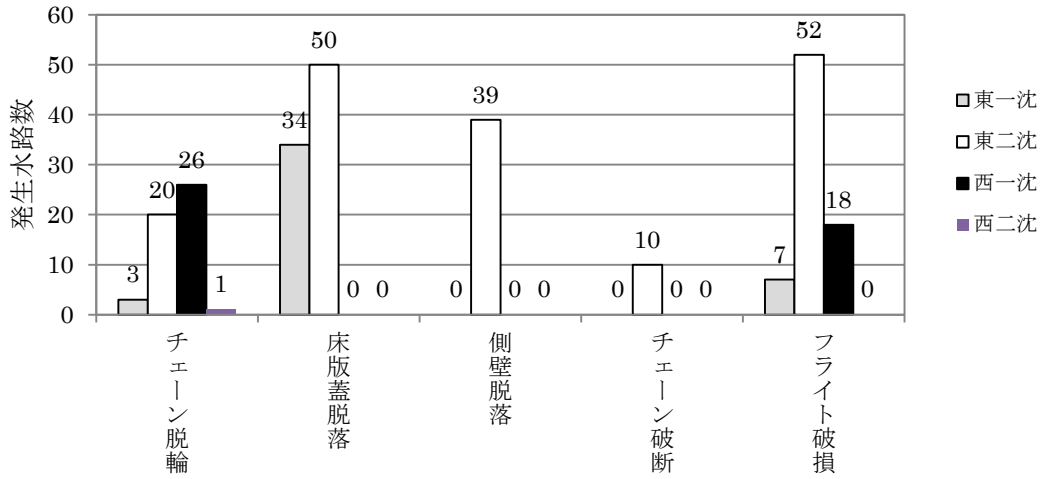
図－４　東施設　水路被害率
（上段下段別）



図－５　東施設　水路被害率

3　被害の原因と分析

図－６は、被害項目別に被害のあった水路数をグラフ化したものである。汚泥かき寄せ機本体の機械的な機能を失わせた要因は、チェーン破断とフライト破損である。これらの発生した原因を次に考察する。

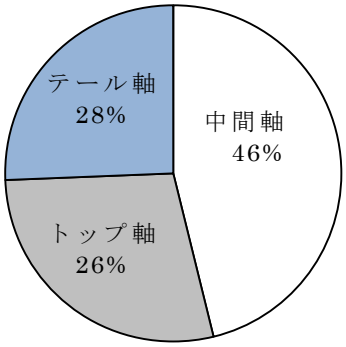


図－６　発生被害別水路数

3.1　西施設第一沈殿池の原因と分析

西施設第一沈殿池では中間軸、テール軸及びトップ軸の各スプロケットからチェーンが外れ、汚泥かき寄せ機の運転によりフライトが側壁等に当たり破損したものと考えられる。

脱輪した箇所は図－７に示すように、中間軸が最も多く全体の 46%と約半分を占めている。テール軸とトップ軸で脱輪した割合は、ほぼ同じであった。これより、地震発生時に汚泥かき寄せ機を停止し、中間軸での脱輪の有無を確認することにより、西施設第一沈殿池では地震による汚泥かき寄せ機の被害を 50%程度少なくすることができると考えられる。



図－7　西施設第一沈殿池
チェーン脱輪状況

稼働水路に対する脱輪発生率を東西施設の沈殿池で比較すると、西施設第一沈殿池が52%と突出している。

東西施設第一沈殿池の汚泥かき寄せ機を比較すると、機長はほぼ同じであるが、脱輪発生率が大きく異なっている。汚泥かき寄せ機の構造として異なっている点は、カテナリ部（懸垂部、中間軸～テール軸間のチェーン部分）の長さが東施設第一沈殿池のものは短く、西施設第一沈殿池のものは前者より 3 倍長くなっていることである。

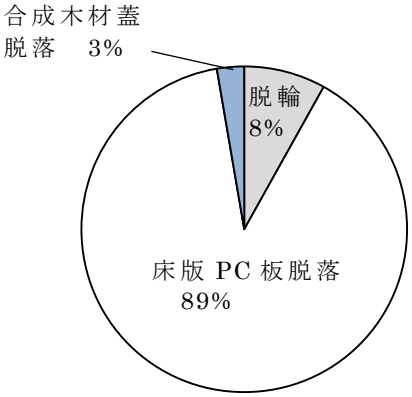
中間軸（4 軸）のあるタイプは、カテナリ部が長いとレールに乗っていない自由に動くフライトが多くなるため、スロッシングによりフライトが振られて、中間軸若しくはテール軸で脱輪し易くなるものと思われる。フライトが水面を移動する第一沈殿池は、この影響が大きいと考えられるので西施設第一沈殿池では、中間軸をテール側に移動しカテナリ部を短くすることが、地震時の脱輪には有効であると思われる。

3.2　東施設第一沈殿池の原因と分析

東施設第一沈殿池のフライト破損の原因は、下段からの水圧によって搬入口蓋の PC 板が外れ、この PC 板と接触したものである。

被害原因は図－８のように搬入口蓋の PC 板脱落が約 9 割を占めている。沈殿池上段が下段よりも被害水路が多いのは、搬入口蓋の PC 板が下段に落下したものより上段側でずれたものが多いためである。

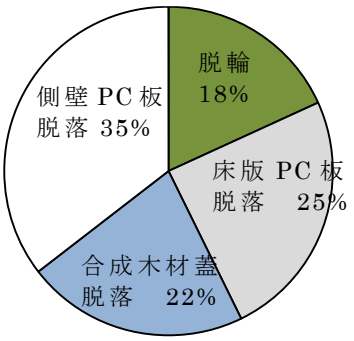
図－6 のように搬入口蓋の PC 板等の脱落箇所は 34 か所、チェーンの脱輪箇所は 3 か所であった。フライトの破損水路数が床版 PC 板の脱落水路数に比べて少なかったのは、重量のある PC 板脱落により過トルク等が発生し、汚泥かき寄せ機が短時間で停止したことによるものである。



図－８　東施設第一沈殿池被害原因

3.3　東施設第二沈殿池の原因と分析

東施設第二沈殿池では、図－6のように側壁PC板の脱落が39か所、搬入口蓋のPC板等の脱落が50か所で発生している。図－9に示すように、側壁PC板脱落、搬入口蓋のPC板脱落及び合成木材蓋脱落の合計が、被害原因の約8割を占めている。



図－9　東施設第二沈殿池被害原因

側壁PC板脱落は、地震時のスロッシングにより、沈殿池上段の上部側壁PC板が脱落落下したものである。沈殿池上段が下段の4倍も被害を受けた原因は、この要因と搬入口蓋のPC板のずれによるものである。特に、1・2系の沈殿池は側壁にPC板を使用しているため、被害が大きかった。フライトの破損も52水路と東西施設で最も多い結果となった。また、チェーン破断がFRP製のチェーンでみられた。一部の水路では、FRP製のフライトと一部固定金具が外れた合成木材蓋と干渉したため、フライトの破損本数が多くなっている。

東施設の沈殿池の被害原因は、水圧による搬入口蓋のPC板、側壁PC板及び合成木材蓋の脱落が主な原因である。PC板等の脱落防止対策を行うことにより、東施設の汚泥かき寄せ機の機能を確保することができると考えられる。

4　被害の予防・拡大防止

今回の地震直後の対応として、反応槽への返送汚泥量を確保すること等、水処理機能を維持するため、過トルク等で停止した汚泥かき寄せ機を運転する必要があった。

このため、現場で汚泥かき寄せ機の動作電流等を確認しながら運転したが、それが新たなフライトの破損を発生させる要因になった面もあると思われる。

地震時に汚泥かき寄せ機の損傷が起こらないように、予防対策を立てることが最も重要であるが、損傷が発生した汚泥かき寄せ機の被害拡大防止対策も重要である。

当センターにおいて、地震時に汚泥かき寄せ機の機能を確保するために考えた予防対策及び被害拡大防止対策は、次のとおりである。

(1) 予防対策

ア　感震器による汚泥かき寄せ機の自動停止の導入と脱輪防止金物を設置する。

イ　PC板製の搬入口蓋を合成木材（FFU）蓋に変更する。

ウ　搬入口蓋を下段の水の揺れによる圧力を逃がす構造(逃がし穴の設置やグレーチングの蓋等）にする。

エ　側壁 PC 板を受枠等により堅固に固定し、最終的にコンクリート壁に改造する。

オ　チェーン破断検出器の設置場所を駆動軸から中間軸に移動し、中間軸で発生した脱輪の検出時間を短くする。

カ　西第一沈殿池の中間軸の位置をテール側へ移動し、カテナリ部を短くする。

(2) 被害拡大防止対策

ア　中央監視室から汚泥かき寄せ機の運転停止操作を可能とする。

イ　汚泥かき寄せ機の停止後は、中間軸での脱輪発生が約半数と多いことから、中間軸での脱輪の有無を確認し、脱輪がない場合には試運転を行い、異常がない場合に運転を継続する。

ウ　ファイバースコープ等の水中での状況を確認できる器具を利用できる場合には、故障警報が発生した沈殿池を優先的に、トップ軸・テール軸の脱輪の有無、搬入口蓋の脱落の有無の確認を行う。異常がない場合に運転を継続する。

エ　合成木材（FFU）蓋が水面へ浮上した場合には、故障警報の発生がなくても池の排水を行う等、池内部の状況確認を行う。

これらの予防対策を実施することにより、チェーン脱輪、チェーン破断及びフライト破損は発生が少なくなり、被害拡大防止対策の汚泥かき寄せ機停止等により、停止後にフライトの破損等を更に発生させないようにすることが可能となる。よって、汚泥かき寄せ機の機能維持と被害の復旧が容易となり、地震時の水処理機能を確実に確保することができると考える。

5　おわりに

当センターで発生した汚泥かき寄せ機の被害項目を分析し、考えられる原因をもとに予防対策と被害拡大防止対策の検討を行った。対策の中には、当センターに特徴的なものが多いと思われる。今後も、今回の地震の経験を踏まえて維持管理をしていく中から、更に有効な対策が生み出されるものと考えている。