

神戸市東灘処理場における震災復興工事の紹介

Restoration from Earthquake-Rehabilitation of Sewage Water Treatment Plant



(環)技術部計画第1課
植松 一也
Kazuya Uematsu
(環)技術部計画第2課
宮後 靖浩
Yasuhiro Miyago

阪神・淡路大震災が発生してから3年あまりが経過し、その傷跡も徐々にではあるが復興してきている。下水処理場の中でもっとも被害が大きかった神戸市東灘処理場においても、建て直していた脱水機棟が完成し、移設された大型ベルトプレス脱水機3台が稼働を始めた。震災直後から現地に乗り込み災害復旧に取り組んできた当社の行った復旧工事について紹介する。

About three years have passed since the disastrous earthquake in Kobe. The restoration works from the earthquake have been gradually progressing in various places. In the most heavily damaged sewage treatment plant, three dehydrators recently started operation in the reconstructed building. This paper describes a series of rehabilitation works implemented at the plant immediately after the earthquake.

Key Words

震災復興

restoration from earthquake rehabilitation
of damaged sewage treatment plant

加圧浮上濃縮装置
ベルトプレス脱水機

pressurized floatation system
belt press dehydrator

まえがき

神戸市東灘処理場は神戸市の東端、東灘区にあり神戸市最大に当たる225 000 m³/日（震災当時）の処理能力を持ち、その処理区域は東灘区・灘区・中央区の一部と広範囲にわたっている。

1995年1月17日未明に発生した兵庫県南部地震により神戸の町は大きな被害をうけた。当時、水道・ガス・電気の被害が大きく取り上げられたが、ライフラインの一翼を担う下水道においても例外ではなく、特に古い埋め立て地に建設された東灘処理場においては日本の下水道史に例をみない壊滅的な被害をうけた。（写真1）

当社も地元企業として沈澱池設備・浮上濃縮設備・

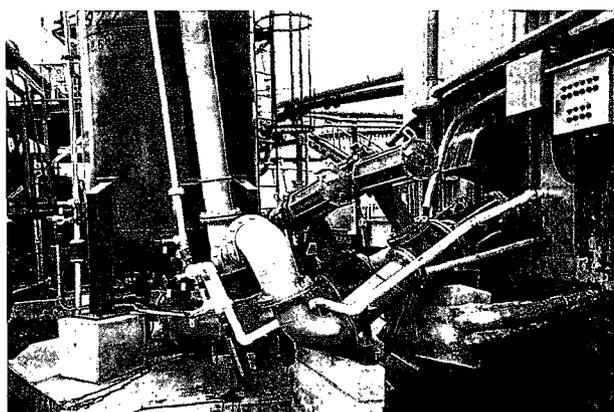
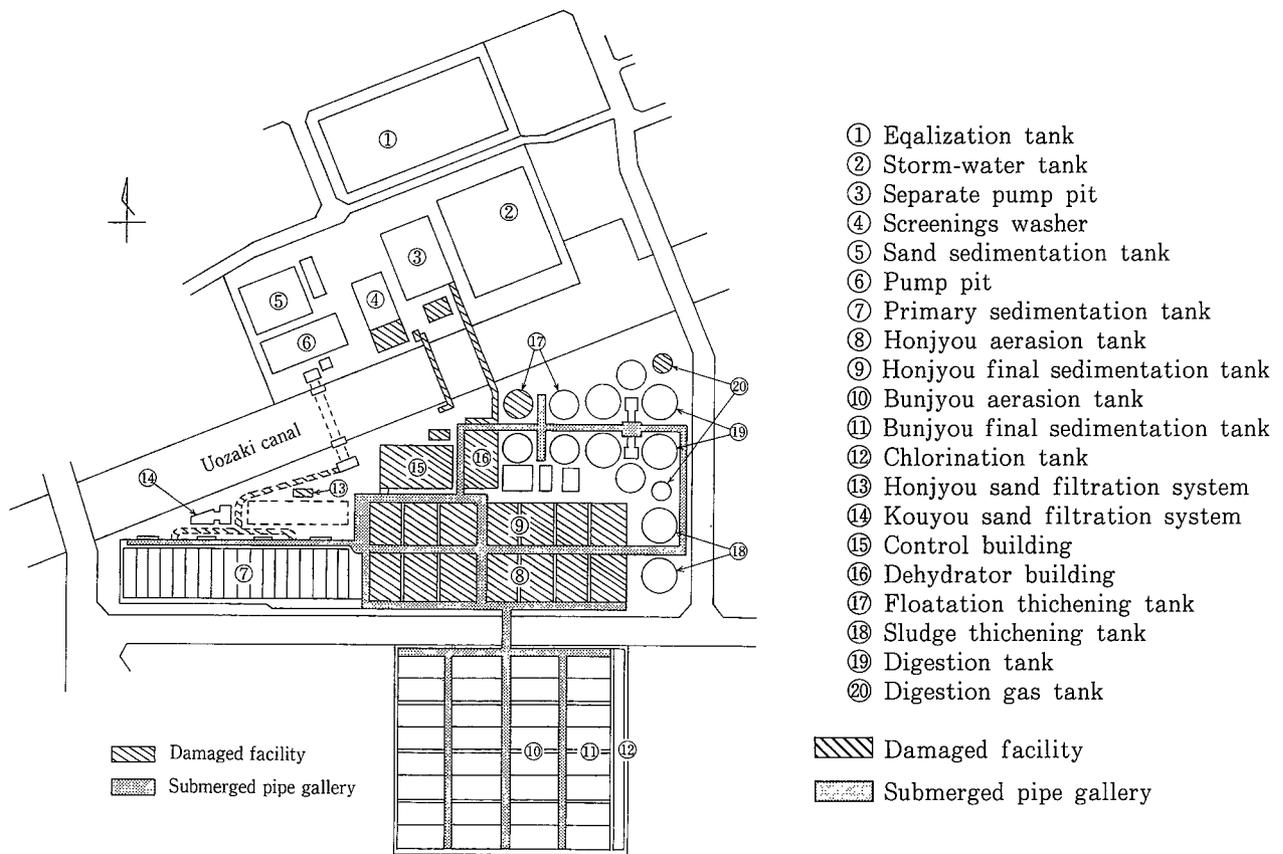


写真1 壊滅した加圧浮上濃縮設備
Photo.1 Destroyed pressurized floatation system



第1図 東灘処理場被災状況¹⁾
 Fig. 1 Suffered area of higasinada sewage treatment plant

汚泥脱水設備・砂ろ過設備・消毒設備・脱臭設備等数多くの処理設備を納めており、今回の震災復旧においても震災直後より現地に乗り込み、仮復旧である一次復旧工事を完了した後、現在も本復旧となる二次復旧工事を継続中である。

なお、一次復旧工事は神戸市の直接発注工事であり、二次復旧工事は神戸市より委託を受けた日本下水道事業団の発注工事である。

本稿では、稼働中の大規模下水処理場における汚泥処理設備の移設切り替え工事を中心に、今回の災害復旧工事において経験した事例を紹介する。

1. 東灘処理場の被災状況

本処理場は魚崎運河を挟んで北にポンプ場施設、南に処理場施設と分かれているが、地震の衝撃で下水処理施設側の運河に面した護岸が北側に1～2m程度の横ずれを起こし、周辺の地盤沈下を引き起こしたことにより、運河に面した施設建物の基礎杭が破壊、建物の傾斜や破断を生じた。

処理場中央部に位置する本場エアレーションタンクと最終沈殿池においても地震の衝撃と液状化現象

により基礎杭の破断や、コンクリート打ち継ぎ部の破壊、これを取り囲む地下管廊に汚水と地下水（海水）が流入し、設置されていたポンプ類や操作盤が水没した。また、ポンプ場施設から水処理施設へ汚水を送る送水管の破損、施設間をつなぐ配管・配線の破断、放流管渠の破損等数え上げたらきりがないほどの被害を受け、その機能は完全に停止した。

当社の納めた諸設備も、この中にあり大きな被害を受けた。第1図に東灘処理場被災状況を示す。

2. 一次復旧工事

2.1 一次復旧工事の全体概要

震災当初は水道の断水状態が続き、下水の流入水量も必然的に低下していたが、水道の復旧が進むにつれて下水の水量も増加していく中、魚崎運河をせき止めた仮設沈殿池により凝集沈殿処理を行う一方、比較的被害の少なかった分場水処理施設の復旧と、汚泥処理設備を含めた本場水処理設備の応急処置による仮復旧（水処理4/7系列）を行い、本来の下水処理場としての機能を取り戻すべく、20社を越える、土木・建築・機械・電気の各業者が、神戸市職員の

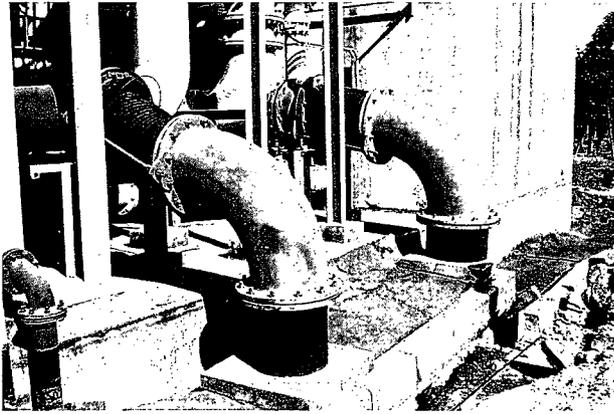


写真 2 損傷した連絡配管
Photo. 2 Damaged connecting pipes

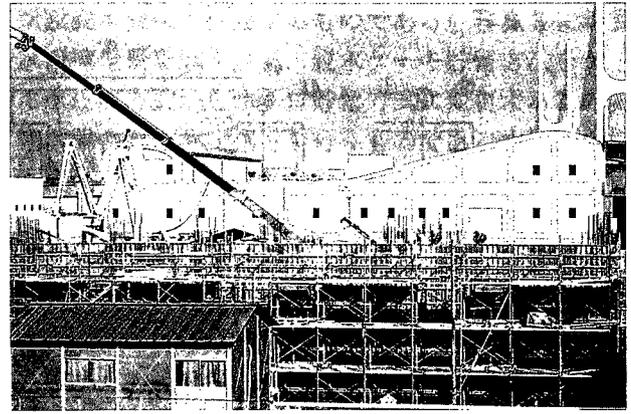


写真 3 新脱水機棟全景
Photo. 3 Re-constructed dehydrator building

方々の指導の下で本工事に従事した。

当社も現地作業所に計画・設計・工務・工事の各担当者を常駐させ休日を返上し夜間作業を繰り返しながら、当初の目標である1995年5月1日通水を達成した。

一次復旧の状況

- 1月17日 処理機能停止。
- 1月18日 水没箇所の排水作業及び仮復旧工事開始。
- 1月21日 運河にオイルフェンスを設置。
- 1月27日 関西電力より仮受電。
- 2月7日 運河を仮締め切り、簡易沈殿処理を開始。
- 3月20日 処理水質改善のため、凝集沈殿を開始。
- 3月27日 処理水質改善のため、運河浚渫と浚渫汚泥脱水開始。
- 4月25日 浚渫汚泥を使用して、種汚泥の馴養開始。
- 5月1日 仮復旧により、通常の水処理を開始。

一次復旧工事において当社がたずさわった本場仮復旧工事を簡単に紹介する。

2. 2 最終沈殿池仮復旧

震災当時、掻き寄せ機の取り替え工事を受注しており、竣工検査直前で被災したもので、破損変形した水槽にあわせ芯だし・レベル調整を行った。

2. 3 向洋用砂ろ過設備仮復旧

ポンプ軸封水等の場内用水を供給している本場用砂ろ過設備が、杭の破損により再構築となったため、被害の少なかった向洋用砂ろ過設備を補修し代用した。

- 1) 液面揺動により転倒したろ材修復。
- 2) 寸断した連絡配管の復旧。(写真2)
- 3) 仮設配管の設置。

2. 4 2号加圧浮上濃縮設備復旧

1号加圧浮上濃縮設備が杭の破損により再起不能

のため、損傷の少ない2号設備の復旧を行った。

- 1) フロス掻き取り機のレベル修復調整。
- 2) コンクリート水槽のレベル修復調整。
- 3) 転倒した混気タンクの再据え付け。
- 4) 水没ポンプ等のオーバーホール。

2. 5 汚泥脱水機設備仮復旧

杭の破損により変形した脱水機棟内(写真3)において6台ある脱水機のうち3台を応急修理復旧した。

- 1) ジャッキアップによる脱水機のレベル調整。
- 2) 変形したベルトコンベヤの芯だしレベル調整。
- 3) 破損した防臭カバーの補修。
- 4) 破断変形した配管の修復。
- 5) 水没ポンプ等のオーバーホール。
- 6) 補機類の芯だしレベル調整。
- 7) 破断した脱臭ダクトの修復。

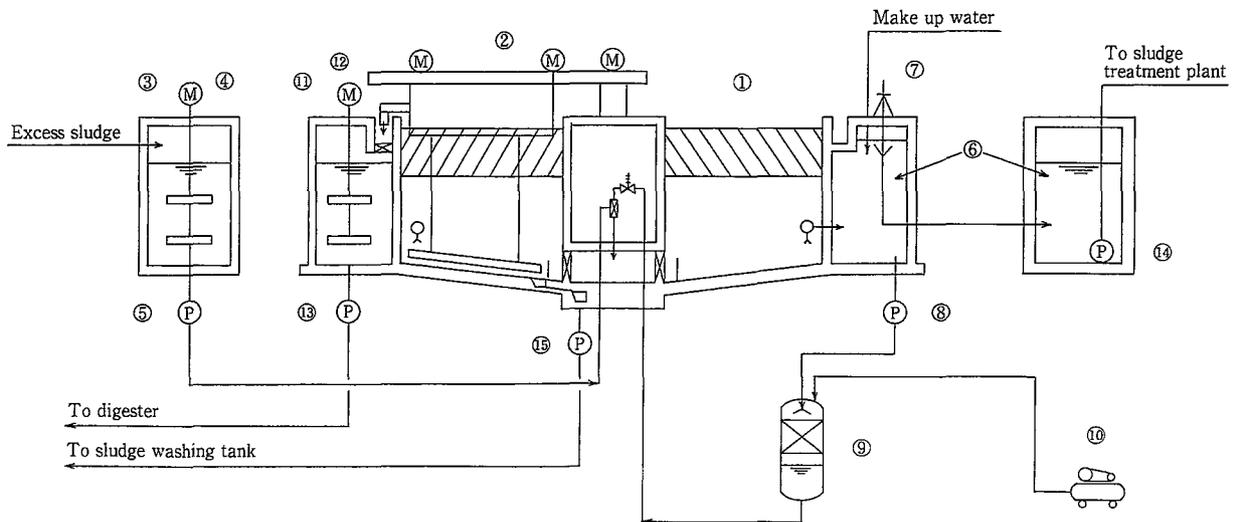
3. 二次復旧工事

3. 1 二次復旧工事の全体概要

一次復旧工事を完了し正常な処理機能は回復したが、あくまで応急処置であり、二次復旧工事として基礎杭が破損した管理本館・本場エアレーションタンクと最終沈殿池・脱水機棟・1号加圧浮上濃縮槽および魚崎運河をわたる水管橋の再構築が引き続き行われた。

管理本館は運河の北側にすでに建設中であった雨水滞水池の上に新設、浮上濃縮槽は同じ場所にて撤去新設、脱水機棟は旧本場水処理施設5～7系跡地へ新設、本場水処理施設は分場水処理施設増設完了後、一次復旧工事で仮運転を行っていた本場水処理施設1～4系を撤去した跡地へ新設と大規模な工事となった。

当社はこの中の加圧浮上濃縮設備・脱水機設備・



- | | | |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| ① Flotation thickener | ⑥ Clarified water basin | ⑪ Floss basin |
| ② Floss collector | ⑦ Telescopic valve | ⑫ Agtator |
| ③ Excess sludge basin | ⑧ Circulation pump | ⑬ Floss transfer pump |
| ④ Agitator | ⑨ Air dissolution tank | ⑭ Clarified water transfer pump |
| ⑤ Excess sludge feed pump | ⑩ Air compressor | ⑮ Drainage pump |

第2図 浮上濃縮設備概略フロー
Fig. 2 Flow diagram of flotation thickening unit

本場水処理設備の機械設備工事を受注した。今回の震災復興工事全般にわたりいえることであるが、公共土木施設災害復旧事業費国庫負担法の適用を受けており、これに基づき、原形復旧を原則とした工事内容となっている。既存の設備をできる限り再利用し、しかも稼働中の下水処理場における工事及び運転立ち上げであったため、課題の多い工事となった。又、下水道地震対策技術調査検討委員会の提言等も受けて、極力構造物との一体化を図り、やむを得ない場合については、可とう継手で対処していく事としている。

次に当社が受注した二次復旧工事の内容を、立ち上げ運転を中心に紹介をする。

3.2 加圧浮上濃縮設備の復旧工事

3.2.1 工事の概要

本工事は、震災で破壊された1号加圧浮上濃縮設備の機器を撤去し躯体を一度取り壊した後、新たに躯体の再構築（別途工事）を行い、撤去していた設備の整備・再据え付けを行うもので、既に一次復旧工事により2号加圧浮上濃縮設備の運転を再開している状況の中で、2号設備の運転に支障を来たさないうよう、細心の注意を払いながら復旧工事を行う必要があった。各社が錯綜する現場であり、敷地内にまとまった用地がない等、最悪ともいえる現場環境

における工事を余儀なくされた。

加圧浮上濃縮設備の処理フローを第2図に示す。

3.2 設備の概要

本復旧工事対象主要機器は次のとおりとなる。

- | | |
|--------------------|----|
| 1) 余剰汚泥供給ポンプ | 2台 |
| 2) 余剰汚泥貯留槽攪拌機 | 1台 |
| 3) フロス掻き取り装置 | 1台 |
| 4) フロスピット攪拌機 | 1台 |
| 5) 加圧水ポンプ | 2台 |
| 6) 混気タンク及び混気タンク関連弁 | 1台 |
| 7) 空気圧縮機 | 2台 |
| 8) 分離液越流弁 | 1台 |
| 9) 分離液排水ポンプ | 2台 |
| 10) フロス移送ポンプ | 1台 |
| 11) 床排水ポンプ | 1台 |

主要機器については、混気タンク出口側の“混和水弁”（空気作動式変心構造弁）以外は全て移設品としている。震災前の設備納入は、1992年11月であり、設備共用開始後わずか3年あまりで震災にあった事になる。機器が新しかった事もあり結果的には整備補修をする事により大半の機器を再利用することが出来たが、混和水弁については弁体の破損、シャフトの歪みが激しいために更新とした。

3. 2. 3 運転立ち上げ

分場余剰汚泥を2号加圧浮上余剰汚泥貯留槽より連通管を介してもらい受ける方法で、1997年9月に実負荷による運転立ち上げを完了、再稼働にこぎつけ、現在は順調に稼働している。次に試運転の概要を説明する。

1) 工程

- '97. 8/22~8/23 M単/回転チェック
- '97. 9/16~9/17 単独運転・ラインチェック
- '97. 9/18~9/22 自動/連動運転確認
- '97. 9/24~9/26 汚泥実負荷連続運転

2) 運転条件

運転時間：24時間連続

(1号浮上槽, 2号浮上槽同時運転)

余剰汚泥投入量=1440 m³/日 (1.0 m³/分)

浮上槽有効水面積=101.7 m²

循環水量=3.0~5.0 m³/分

余剰汚泥濃度=約6200 mg/ℓ

(6000~6400 mg/ℓ)

固形物負荷量 (LS)

$$= \frac{6200 \text{ mg/ℓ} \times 1.0 \text{ m}^3/\text{分} \times 10^{-3} \times 1440}{101.7 \text{ m}^2}$$

$$\approx 87.8 \text{ kg-DS/m}^2 \cdot \text{日}$$

$$\text{気固比 (A/S)} = \frac{K \cdot Sa (f \cdot P - 1) \cdot R}{LS}$$

$$= 0.027 \sim 0.045$$

3) 運転内容

運転立ち上げ時に分離液の逆流と、加圧水のリークが見られた。これはチャッキ弁の動作不良が原因であり、地震による影響と震災後2年半余り動かされていなかった事に拠るものと思われる。

フロス掻き取り機の運転については、10分休止・40分運転の設定とした。掻き取り機の休止時間を長く設定すると、フロス濃度は上がる傾向にあるものの、フロス厚が厚くなり分離液は逆に悪化する傾向となる。フロス厚の設定範囲としては、500 mm~1000 mmを運転の標準とした。また分離液悪化を防止する為、分離液ピットには補給水(雑用水40A散水栓)を入れた方が運転が安定する傾向にある。

3. 3 ベルトプレス脱水機の復旧移設工事

3. 3. 1 工事の概要

本工事は、震災により基礎杭が破損した脱水機棟を新たに建て直し(別途工事)、被害を受けた脱水機及び補機を復旧又は取り替えし、既設脱水棟から

新設脱水機棟へ移設するものである。写真3に新脱水機棟全景を示す。又、脱水ケーキ貯留方法をケーキヤード方式からサイロ貯留方式に変更する為の関連機器の製作及び据付を行うものである。

既に一次復旧工事により3台の脱水機が運転を再開しており、処理場全体として脱水機の連続運転を継続する必要があった。このため今回の移設・切り替え工事は次の手順を必要とした。

- 1) 既設3台は運転を継続できる状態とし、1次移設として脱水機3台と補機を新脱水機棟へ移設とする。
- 2) 移設した脱水機3台及び関連補機の立ち上げ運転を行い、移設した脱水機3台の連続運転に切り替える。
- 3) 旧脱水機棟の3台の運転を停止し、2次移設として新脱水機棟へ移設する。

1997年9月に1次移設及び立ち上げ運転が完了し、新脱水機棟での汚泥処理に切り替えることが出来た。尚、2次移設は、1998年3月に完了予定である。脱水設備の処理フローを第3図に示す。

3. 3. 2 設備の概要

本復旧工事対象主要機器は次のとおりである。

1) 1997年9月引き渡し主要機器

- | | |
|-------------------|----|
| (1) ベルトプレス脱水機及び補機 | 3台 |
| (2) 塩鉄貯留槽 | 2台 |
| (3) 高分子貯留槽及び供給機 | 1台 |
| (4) ケーキ搬送コンベア | 1式 |
| (5) 廃液ポンプ | 3台 |
| (6) 給水・排水設備 | 1式 |
| (7) 汚泥貯留槽攪拌機 | 2台 |
| (8) 天井クレーン | 1式 |
| (9) 脱臭塔 | 3基 |

2) 1998年3月(予定)引き渡し主要機器

- | | |
|-------------------|----|
| (1) ベルトプレス脱水機及び補機 | 3台 |
| (2) 塩鉄貯留槽 | 2台 |
| (3) 高分子溶解槽及び供給機 | 2台 |
| (4) 廃液ポンプ | 2台 |
| (5) 脱臭塔 | 1基 |

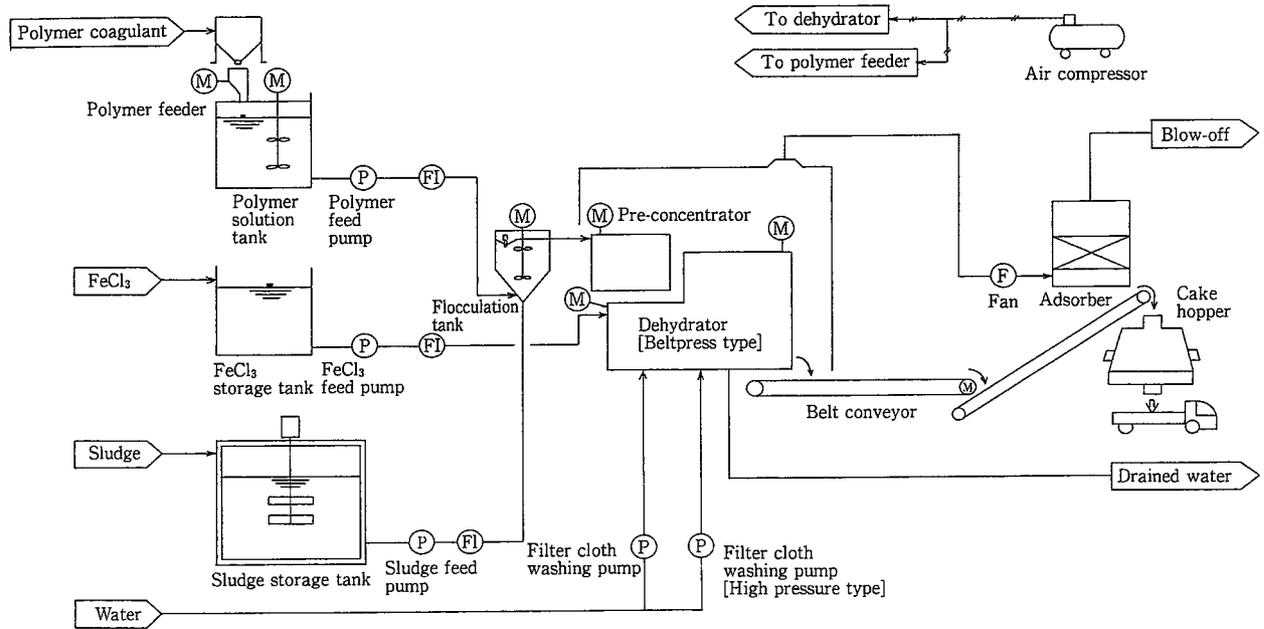
3) 対象汚泥

当処理場より発生する汚泥は、消化後洗浄された消化洗浄汚泥である。

4) 主要設備の機能

(1) 汚泥貯留・供給設備

洗浄汚泥タンクよりポンプで圧送された汚泥は新脱水機棟の汚泥貯留槽に入る。均一に攪拌された汚泥は給泥ポンプにより、凝集混和槽へ圧送



第3図 脱水設備処理フロー
Fig. 3 Sludge dewatering system flow

する。

(2) 高分子凝集剤溶解・供給設備

高分子溶解タンクは全3台中1台が1次移設の対象とした為、1台の連続運転となる。高分子凝集剤は定量フィーダで一定量供給する。それに定量の溶解水を比例供給し、混合させて溶解タンクに貯留する。高分子溶解タンクは3槽に仕切られており、供給された凝集剤と溶解水は十分に溶解され、常に0.2%の一定濃度の溶解液が貯留される。溶解液は高分子供給ポンプにより脱水機へ圧送される。

(3) 塩化第二鉄供給設備

タンクローリで受け入れた塩化第二鉄は、新脱水機棟地下に移設された塩化第二鉄貯留槽に貯留される。貯留した塩化第二鉄は塩鉄供給ポンプで脱水機へ圧送される。

(4) 汚泥脱水機設備

1次移設で移設された脱水機は、既設3・5・6号の3台である。凝集混和槽で凝集された汚泥は、均一供給装置にて前濃縮機に送られ重力濃縮後、脱水機で重力脱水、加圧脱水、漸圧脱水、さらに圧搾脱水され脱水ケーキとなる。写真4に稼働中の脱水機を示す。

(5) ろ布洗浄設備

前濃縮機及び脱水機には、ケーキ剥離したろ布

を、常に洗浄する為の洗浄水装置（水圧6 kg/cm²）と、脱水機のろ布の汚れの具合によって任意に運転できる高圧洗浄装置（水圧20 kg/cm²）を設けている。

(6) 脱水ケーキ搬送・貯留設備

脱水されたケーキをケーキ貯留ホッパーへ搬送する。

(7) 脱臭設備

脱水機本体は前面アクリルカバーで覆い、発生する臭気をダクトを通して脱臭ファンで吸引し、脱臭塔へ送気する。又、今回工事として処理場全体の臭気発生箇所を吸引する脱臭装置も新脱水機棟に移設とした。

3.3.3 運転立ち上げ

1997年9月に1次移設が終わり、関連補機を合わせて立ち上げ運転を行った。次に試運転概要を説明する。

1) 工程

- '97. 8/25~26 M単/回転チェック
- '97. 8/28~30 単独運転・ラインチェック
- '97. 9/1~5 自動/連動運転確認
- '97. 9/6~8 薬品受け入れ
- '97. 9/9~13 汚泥実負荷運転

2) 運転条件

- (1) 汚泥供給量=300 kg-DS/Hr（供給汚泥

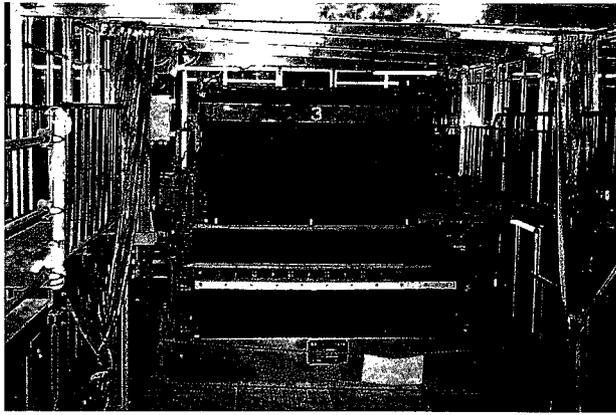


写真 4 稼働中の脱水機
Photo. 4 Operating dehydrator

TS = 約1.5 % , 給泥量 = 約20 m³/h)

- (2) 高分子注入量 = 1.20 ~ 1.50 m³/h
(対 DS 0.8 % ~ 1.0 %)
- (3) 塩鉄注入量 = 45.1 l/h ~ 56.4 l/h
(対 DS 8.0 ~ 10 %)

3) 運転内容

脱水設備の運転は、コントロール盤での全機器連動運転と、現場操作盤での単独手動運転が行える。又、薬品供給量は供給汚泥の固形物量に対して比例注入される設備である。しかしながら今回の立ち上げ運転では、既設の脱水設備の運転を継続させる必要があり、かつ1台しかない演算器が既設で使用されていたため、自動運転では薬品の比例注入は手動設定を余儀なくされた。

3. 4 水処理設備の復旧工事

3. 4. 1 工事の概要

震災により杭が破損した本場エアレーションタンク及び最終沈殿池は、応急復旧により4/7系列による運転を行っていたが、分場水処理設備の増設が完了した現在すでに取り壊され、新しい本場水処理設備の建設が始まっている。新しい施設は、新脱水機棟にそのスペースを取られ、旧施設の4/7の敷地に同規模の処理設備を建設するもので、面積縮小を補うためエアレーションタンクは水深10 mの深層ばっ気、最終沈殿池は2階層式が採用されている。

3. 4. 2 工事の進捗状況

現在、土木工事(別途工事)を行っており、地下2階・地上2階の構造物の1階部分を施工しており、当社担当の機械設備工事は来年度施工となる。

む す び

今回の災害復旧工事にたずさわられた神戸市職員の方々、日本下水道事業団の方々の中には震災によりけがをされた方や、自宅が被災された方も多く、そのような状況の中で本工事に対しご指導いただきましたことに感謝するとともに、紙面をお借りしてお礼を申し上げたい。又、工事業者の方々にも、本工事にご尽力くださったことに感謝するとともに、お礼を申し上げたい。

まだ復旧工事は完了していないが、この工事を通して当社が経験した多くのことがらは、今後当社の取り組んでいく工事において、必ず役立つものと確信している。

[参考文献]

- 1) 尾崎昭彦, 水すまし, No.86, (1996), p45

連絡先

植 松 一 也 環境装置事業部
技術部計画第1課

TEL 03 - 3459 - 5940

FAX 03 - 3437 - 3256

E-mail k.uematsu@ pantec. co.jp

宮 後 靖 浩 環境装置事業部
技術部計画第2課

TEL 078 - 232 - 8102

FAX 078 - 232 - 8056

E-mail y.miyago@ pantec. co.jp