

排水機場改築工事における津波対策について

牧野 高旨

兵庫県 県土整備部 住宅建築局 建築指導課 (〒650-8567兵庫県神戸市中央区下山手通5-10-1)

東浜第1排水機場は、既存排水機場の改築工事を実施し 2014 年度より供用中である。本排水機場は東日本大震災以前に設計ならびに契約締結されていたため、震災発生後に見直された津波高に対する対策が設計に織り込まれていない。

このため、工事施工中に各種津波対策を実施してきた。

本論では、上記に述べた津波対策を紹介し、将来の排水機場設計の一助とするため対策の検討内容および、採用した対策を提示する。

キーワード 津波対策, 排水機場, 改築

1. はじめに

(1) 排水機場の概要

本排水機場は、1955年に完成した旧東浜第1排水機場の改築更新機場であり、その目的は、高潮時における内水排除である。

図-1に示すとおり、本機場は主ポンプ・主原動機（ガスタービン）・除塵機及び系統機器というシンプルな構成である。このため、主ポンプ稼働に必要な物は、燃料・電力・空気のみである。

その供給は、燃料は地下貯油槽から供給される。

また、電力は常時は商用電力を受電し、停電時は別建物（集中CC）の自家発電機から受電する。空気は、給

気ファンを介して供給される。



2. 津波対策

本機場は、東日本大震災以前に設計・工事契約がなされていたため、震災以後に再想定された津波に対する対策がなされていない。このため、施工中に津波対策を考慮し、各種対策を行った。

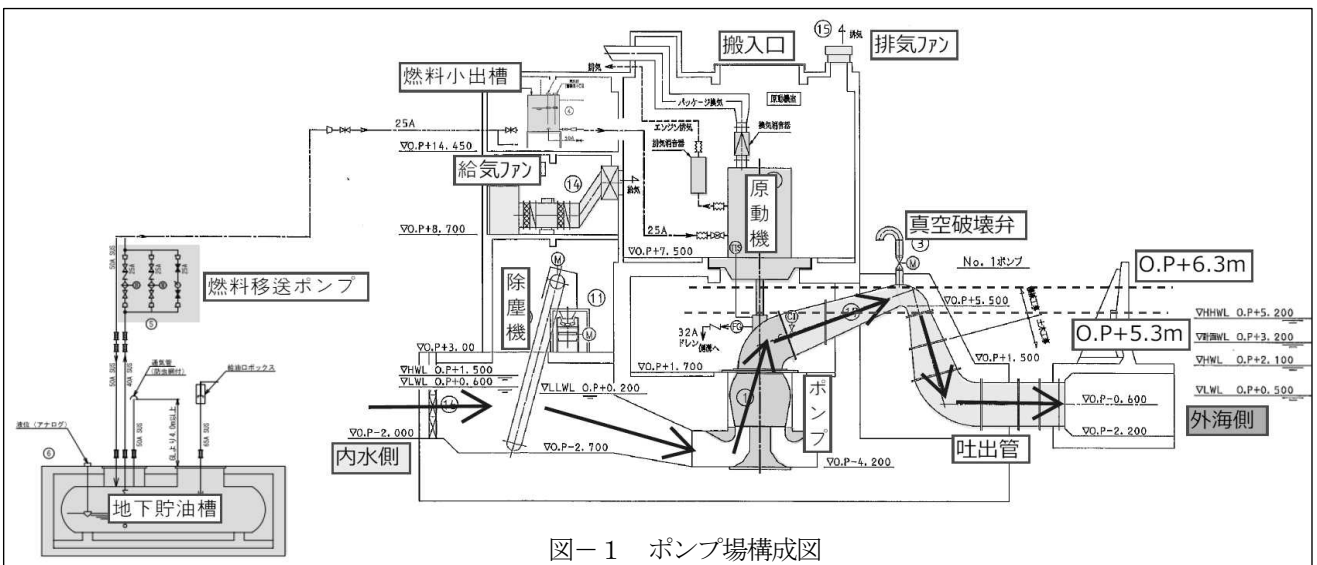


図-1 ポンプ場構成図

(1) 目標設定

津波による浸水を受けた後でも、内水排除可能であること。

これは、本排水機場以外の県有ポンプにおいて、担保されない能力であり、かつ必要不可欠な事項であることから、設定した。

(2) 想定津波水位の設定

津波対策を立案するにあたり、想定される津波水位（＝浸水深さ）を当初（OP+6.3m）-最終（OP+5.3m）とすることとした。

	津波水位(T.Pm)	津波水位(O.Pm)
計画時	2.9	4.2
排水機場 契約(2010.12)		
2倍津波(暫定2011.10)	5	6.3
津波対策検討開始		
内閣府第1次(2012.8.29)	5	6.3
兵庫県発表(2013.12.24)	4	5.3
(参考)HHWL	(3.9)	(5.2)
排水機場 完成(2014.3)		

表-1 津波想定水位の推移

(3) 対策を要する機器の選定

a) 被災機器想定

津波による機器への影響を分析する。

このとき、東日本大震災時の津波状況より、津波が機器に与える影響を浸水及び、漂流物の衝突とした。

浸水する機器は、O.P+5.3m以下の高さに設置される機器を選定し、漂流物衝突の可能性のある機器は、屋外に設置されている機器としている。

	被害想定	被災機器
津波発生	浸水	① 軸受温度計
		② 主ポンプ軸受(軸封部)
		③-1燃料移送ポンプ
		④-1地下貯油槽
		⑤-1除塵機(水平コンヘア)
		⑥ 燃料移送ポンプ(集中CC)
		⑦-1地下貯油槽(集中CC)
	漂流物衝突	⑧ 真空破壊弁
		③-2燃料移送ポンプ
		④-2地下貯油槽(屋外配管)
		⑤-2除塵機(本体・ホッパー・水平コンヘア)
		⑦-2地下貯油槽(集中CC:屋外配管)

表-2 被災機器想定表

また、燃料移送ポンプ（集中CC）・地下貯油槽（集中CC）は、既設自家発電機用であり、商用電源停電時には、本機場にも電源供給を行うものである。

b) ポンプ稼働条件

主ポンプ稼働に必要な条件を分析（表-3）した結果、いくつかの該当機器類があったが、その多くは津波により被災するものであった。

目的	ポンプ稼働条件	必要条件	関連機器
主ポンプ稼働 内水排除	インペラ回転	軸受温度規定値以下	①軸受温度計
		軸受健全	②主ポンプ軸受(軸封部)
	原動機稼働	燃料供給	③燃料移送ポンプ
		空気供給	④地下貯油槽 給気ファン
	吸込水位 規定値以上	塵芥除去	⑤除塵機
			1次スクリーン
	安全停止	真空破壊	⑧真空破壊弁
	電源供給	盤類健全	受電盤等(集中cc・ポンプ場内盤)
			自家発電機
		自家発電機稼働	⑥燃料移送ポンプ(集中CC) ⑦地下貯油槽(集中CC)

表-3 ポンプ稼働条件

(4) 対策内容

被災が想定される機器毎に、対策案を検討することとし、

- ①機器の高所設置（津波高以上に設置）
- ②防水化（浸水でも稼働可能状態を維持）
- ③水密化（浸水を防御）
- ④衝突防護（漂流物の衝突から保護）

のいずれかの方策をとることとした。

※この内①～③は指針に記載されている。

a) 軸受温度計

(機器概要)

軸受温度は、ポンプ本体保護のため規定値以上となった場合、電気制御にてポンプが停止する。これを計測するのが軸受温度計で、通常ポンプ室内に設置されており、浸水により機能停止となる。

(対策：高所設置)

軸受温度計電装部分を2階の原動機室へ配置した。



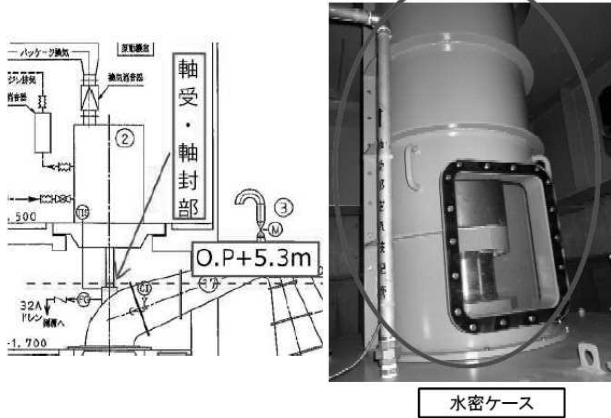
b) 主ポンプ軸受（軸封部）

（機器概要）

軸封部とは、ポンプ主軸とポンプエルボとの境目の部分であり、回転軸とエルボとの縁切りを行っている部分である。浸水により土砂等の異物が進入した場合、ポンプ機能が阻害される。

（対策：水密化）

ポンプケーシングより水密ケースを立ち上げることとし、浸水および、異物の侵入を防止した。



c) 燃料移送ポンプ

（機器概要）

燃料移送ポンプは、地下貯油槽より、燃料小出槽へ燃料を移すためのポンプである。

原設計において、燃料移送ポンプは屋外G L上に設置された基礎上に据付けられることとなっており、現場制御盤も屋外設置となっていた。このため、津波浸水時にはポンプ本体および現場制御盤共に作動不能となる。

（検討）

（検討案1：高所設置）

・燃料移送ポンプおよび現場制御盤を、建屋内2FLレベルに設置する。

本案では、吸込揚程（約5m）の制限により、設置不能である。（対応できる機器は製作出来ない）

（検討案2：水密化）

・燃料移送ポンプを防水ケースにて覆蓋する。

本案では、静的な浸水に対しては効果的であるが、津波時に予想される漂流物の衝突が発生すると効果を失うため、不採用とした。

（検討案3：油中ポンプ化=防水化）

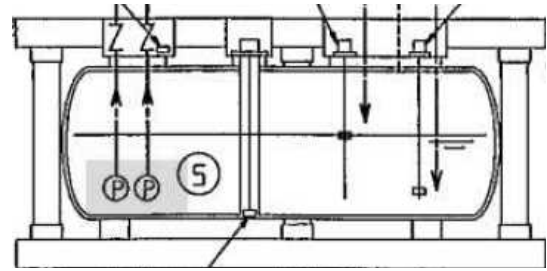
・燃料移送ポンプを油中ポンプとし、地下貯油槽内に設置する。

本案では、浸水時において支障無く運転継続が可能となるとともに、地下に設置されるため、漂流物の衝突も回避できる。

検討	浸水	漂流物衝突	機能
高所設置	○	○	× (吸込揚程不足)
水密化	○	×	○
油中ポンプ化(防水化)	○	○	○

（対策：油中ポンプ化=防水化、高所設置）

検討の結果、案3（油中ポンプ化）を採用することとした。また、制御盤についても2Fレベルに設置（高所設置）することとした。



d) 地下貯油槽

（機器概要）

貯油槽とは、主原動機用の燃料貯蔵用タンクであり、本機場では地下埋設型である。タンク本体は防水性を有しているが、屋外露出にて設置される通気管・給油口BOXが漂流物衝突により、破断した場合、タンク内部に浸水する。

（対策：衝突防護）

通気管については、コンクリート保護を実施し、給油口BOXには2次側地下トラフ内配管に常閉バルブ（給油時のみ開）を設置した。また、タンク本体及び付随する配管トラフの洗掘防止のため周囲をコンクリート舗装とした。



e) 除塵機設備

（機器概要）

除塵機設備は、1次スクリーン・自動除塵機（2次スクリーン共）・水平コンベア・傾斜コンベア・貯留ホッパーに大別されるもので、その目的は内水に含まれる塵芥の除去である。

（検討）

除塵機設備の稼働を担保するためには、自動除塵機ならびに各コンベアを想定津波水位より高く設置する必要があるが、除塵機上部には建屋が配置されているため設置高さの変更は不可能であった。

また、漂流物の衝突により貯留ホッパー及び傾斜コンベアが損傷すると考えられたが、これを防護するには大規模な追加工事が発生することならびに、以下の理由により対策は行わなかった。

自動除塵機等機械設備が稼働不能となった場合においても、1次スクリーン及び人力による塵芥除去は可能であり、ポンプ稼働には問題ないと判断した。

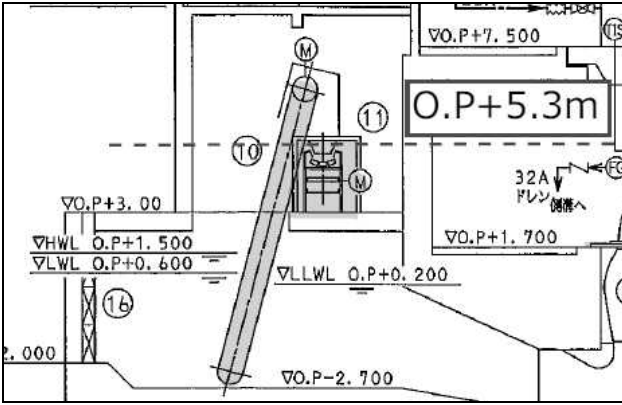
ただし、現地操作盤については、点検歩廊上(OP+5.6m)に高所設置することとし、可能な限り運転継続を目指した。

(対策：なし(結果的に一部高所設置))

1次スクリーン並びに、人力除去による塵芥除去。

ただし、結果的には、水平コンベアを除き、津波水位以上に、機器(モーター類)が設置されることと成り、一部高所設置の対策がとれた事となった。

しかし、津波時に予想される漂流物等の除去には、別途対策が必要となる。



f) 真空破壊弁

(機器概要)

本機場は、サイフォン型吐出管を採用している。サイフォン型吐出管とは、一度吐出管をHWL (O.P+5.2m) 以上の高さに振り上げた後、海中で吐出口を開放する方式であり、運転中は管内部が満水となる。ポンプを停止する場合は、吐出管頂部に設けた真空破壊弁を開放し、空気を供給することで、管内部の水を落とすこととなる。

(本操作を行わない場合、吐出管内に負圧が発生する)

(対策：衝突防護)

真空破壊弁は、設計時より津波水位以上の高所に設置されていたが、海側正面に設置されていたため、津波時漂流物による破損が予測された。このため、周囲にコンクリート壁を設置し、防護することとした。

また、真空破壊弁には手動操作機能が搭載されていることから、電源喪失時においても稼働は可能である。



g) 既設自家発電機系統機器

(燃料移送ポンプ・地下貯油槽)

(機器概要)

本機場の電源供給は、常時は商用電源を使用し、停電時においては、同敷地内の集中コントロールセンター(以下「集中CC」)既設の自家発電機を使用することとなる。

(対策：油中ポンプ化・防水化)

既設自家発電機は、集中CCの2Fレベル(OP+9.4m)に設置されているが、燃料移送ポンプが浸水するため動作不能となる。また、地下貯油槽においても、既設屋外配管の破損により、槽内への浸水が予想された。

このため、排水機場と同じく、既設燃料移送ポンプの油中ポンプ化と屋外配管の衝突防護が必要であると考えられた。このため、別途対策工事を行う事としている。

(2015年度工事中)

h) 建築における浸水対策

(建屋概要)

建屋は鉄筋コンクリート造3階建てであり、津波衝撃による損傷は壁体、柱ともに軽微であると考えられた。しかし、GLレベルに扉が1箇所計画されており、室内への浸水が予想された。

(対策：水密化)

浸水が予想される扉を水密扉とし、常時閉鎖の運用を行うこととした。



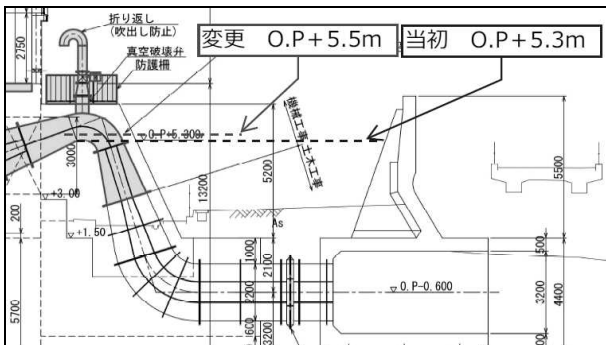
3. 逆流対策

(逆流の概要)

本機場は、サイフォン型吐出管を採用していることから、吐出弁ならびにフラップ弁を計画していない。このため吐出管高さ以上の津波が来襲すると、吐出管を通じて逆流が発生し、海水が堤内へ浸入する。

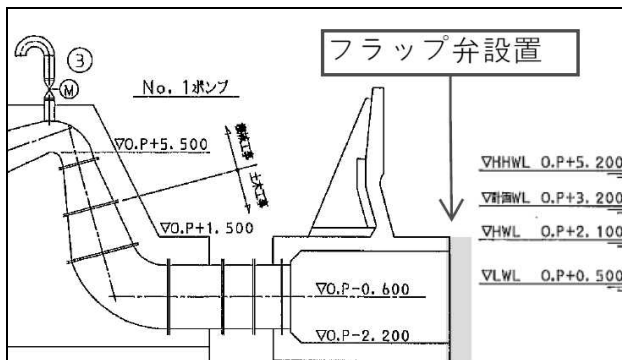
(対策：高所設置)

原設計における吐出管底最高高さはOP+5.3mであったが、ポンプ能力が許容する範囲にて、OP+5.5mまで高所化することとし、逆流は防止できることとなった。



原動機については、逆転防止装置付き仕様としていたため、万が一の逆流時においても、原動機は保護できる。

なお、現在は、漂流物の吐出管内進入防御を目的として、フラップ弁設置工事を実施中である。



4. 浸水後の役割について

本機場が設置されている尼崎市は、市域の南部1/3が平均満潮位より地盤高が低いゼロメートル地帯であるため、津波等による浸水後は、長期に渡る浸水継続が予想されており、これを排水することが早期復旧の必要条件となる。

このため、浸水後の本機場の役割として期待される能力は、浸水後に稼働可能な排水機場が本機場のみであることから、本機場単独での浸水排除と定義できる。



しかし、本機場は高潮対策排水機場として計画されているため、継続運転時間（燃料貯蔵量）は通常時で20時間程度であり、単独での排水では燃料が不足する。

全水量が排水可能となる55時間程度を継続運転可能とするため、2014年度には、別途工事にて燃料貯油槽を増設し、必要量の燃料を確保できるようにした。

5. 対策結果

上述の各種対策を行った結果、想定津波高での浸水後においても、内水排除ならびに、浸水排除が可能な排水機場となった。

ただし、除塵設備の一部に浸水・漂流物の衝突が発生すること、内水面における浮遊漂流物の除去方法確立が、今後の課題として残ることとなった。

現状で考えられる方策としては、人力での除去、1次スクリーンおよび、集塵船の活用が考えられる。

6. まとめ

本排水機場は、原設計時より高所に主要機器が設置されていたため、一定の津波対策を取ることができた。

従来、津波は防潮堤により防御される前提にて諸施設は設計されてきたが、東日本大震災後は、最大クラスの津波では、越流を許容する前提となってきた。

これを踏まえ、行政の技術者は、被災時でも最低限の機能を果たす施設設計が求められており、これには、被災後における施設の役割を定義することが必要である。

本論で示した津波対策が、以後の排水機場設計の参考となれば幸いである。

謝辞：最後に、本論の題材は、前所属である兵庫県阪神南県民センター尼崎港管理事務所施設課における所掌内容であることを申し添えるとともに、対策に当たり、ご指導いただいた上司、先輩方および、一致協力して施工にあたっていただいた施工者の皆様に御礼申し上げます。