

市田川排水機場ポンプ設備における 地域特性を考慮した設計について

伊藤 亙佑¹

¹近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 道路管理課 (〒646-0003 和歌山県田辺市中万呂142)

市田川排水機場は新宮川水系熊野川の河口付近に立地している。2017年の台風21号による大規模な浸水被害により、10.9 m³/sの排水量を増強することが決定され、総排水量28 m³/sの排水機場を新設することとなった。沿岸地域のポンプ設備の設計を行うにあたり、塩害対策、津波対策、砂分対策などの地域特性に応じた対策を講じる必要がある。このような地域特性を考慮してコスト面と信頼性の面で比較検討の上、排水機場の設計を行った結果をまとめる。本報が、今後排水機場の設計を行う際の、一助となればと考える。

キーワード 排水機場、設計、塩害対策、砂分対策、津波対策

1. はじめに

市田川排水機場は、新宮川水系熊野川の河口付近にあり、浸水被害の解消を目的とした施設である。施設諸元を表-1市田川排水機場施設諸元に示す。2017年の台風21号による大規模な浸水被害を受けたことから、排水量を10.9 m³/s増強して、総排水量28 m³/sの排水機場を新設することとなった。ポンプ設備の設計は、塩害対策、津波対策、砂分対策など地域特性を考慮する必要がある。

本報は、地域特性を考慮して行った市田川排水機場ポンプ設備の設計事例を紹介するものである。

2. 設計条件

(1) 市田川排水機場の経緯

市田川排水機場は、1982年8月の台風10号による甚大な内水被害（1,229戸の家屋浸水）を受けて整備に着手し、ディーゼル機関横軸軸流ポンプ5.0 m³/s 2台を有する総排水量10 m³/sとして1986年に完成した。その後、1997年7月の台風9号による内水被害（945戸の家屋浸水）が再度発生したことから、ガスタービン立軸軸流ポンプ5.1 m³/s 1台、コラム式水中ポンプ1.0 m³/s 2台を増設した総排水量17.1 m³/sとなっている。しかし、2017年の台風第21号の被害を受け、2019年の市田川大規模内水対策部会にて、10.9 m³/sの容量をさらに増強して、総排水量28 m³/sすることを決定している。

(2) 環境条件

市田川排水機場は、紀伊半島南端付近にあり、熊野川と市田川の河口に近接している。位置図を図-1に示す。熊野川は流域面積2,360 km²の一級河川であり、河口付近はゆるやかな勾配のため、年中砂州の形成があり、揚揚中に砂分が含まれる。また、洪水時の水位が高く、

表-1 市田川排水機場施設諸元

施設諸元			
位置	市田川左岸		市田川右岸
ポンプ名	No.1・2ポンプ	No.3・4ポンプ	No.5ポンプ
吐出力	5.0 m ³ /s	1.0 m ³ /s	5.1 m ³ /s
完成年	1986年 (築後34年)	1999年 (築後21年)	
形式	横軸軸流 ポンプ	水中ポンプ	立軸軸流 ポンプ
口径	φ1500 mm	φ700 mm	φ1500 mm
主原動機	ディーゼル	水中モータ	ガスタービン

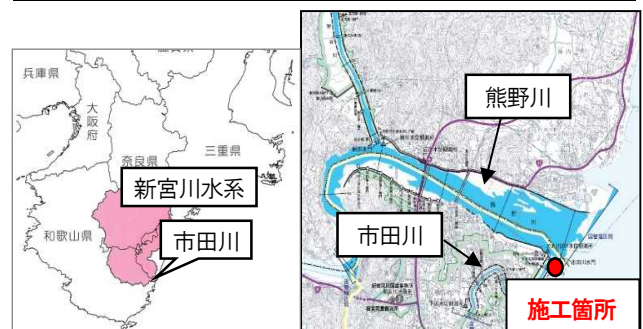


図-1 位置図

降雨が長時間にわたる地域であるため、水位の高い状態が長時間におよぶ。支川の市田川は洪水位より低い市街地を流れ、内水被害等が発生しやすい状況にある。市田川は感潮区間の汽水域となり、排水機場は、接水部の腐食対策が必要である。また、海側からの飛来塩分の対策も必要である。

(3) 敷地条件

市田川排水機場の敷地は、図-2に示すとおり次の条件にある。

- 市田川の左岸側は、ヘリポートが存在し、ポンプ設備を増設する敷地がない。
- 市田川の右岸側は、国土交通省管理用地である。

3. ポンプ設備選定

(1) 既設利用または全面更新

市田川排水機場を総排水量28 m³/s とするにあたり、ポンプ設備の設計は、必要最小限の追加容量である10.9 m³/sを増設して、既設機場（17.1 m³/s）を利用する案と全面更新案（28 m³/sの新設）がある。

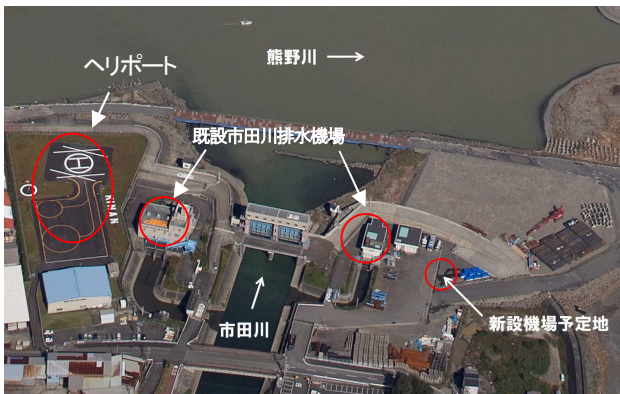


図-2 市田川排水機場全体図

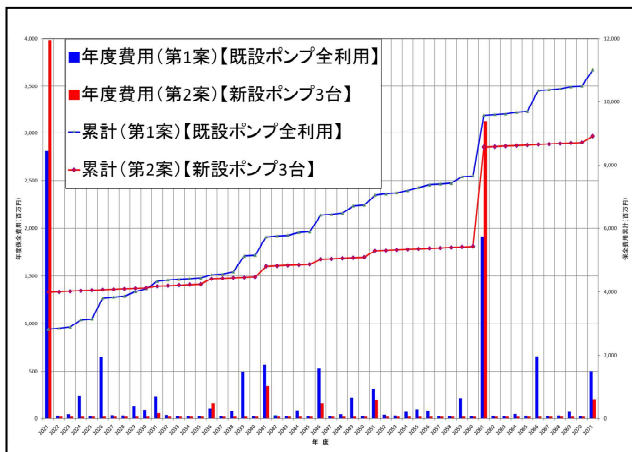


図-3 既設ポンプ利用と全面更新(ポンプ3台)とのライフサイクルコスト比較

既設利用案は、10.9 m³/sの機場を新設後、既設を含む計6台（既設5台と新設1台）のポンプ運用と仮定し、全面更新案は、新設ポンプ3台の運用と仮定する。ライフサイクルコスト比較を行った結果を図-3、表-1および表-2に示す。図-3のグラフは横軸に年度、縦軸に棒グラフで年度保全費用を表しており、線グラフで保全費用合計額を表している。表-2は既設利用案のライフサイクルコストを表しており、新設右岸のインシヤルコスト、既設設備と新設右岸のランニングコストの合計が110億円となる。表-3は全面更新案のライフサイクルコストを表しており、合計が89.1億円となる。既設ポンプは古いもので30年以上経過しており、ランニングコストが大きい。全面更新案（28 m³/sの新設）が、ライフサイクルコストが安価で機場計画として優位と判断している。

(2) 排水ポンプ2台案と3台案

全面更新に際して、ポンプ設備台数は、計画排水量30 m³/s以下の条件で2-4台が標準である。ポンプ設備設置は、台数が少ない方が、土木費用・建築費用が低く、費用面で一般的に有利である。ポンプ設備2台分割案と3台分割案のライフサイクルコスト比較を行った結果を図-4に示す。図-4のグラフは横軸に年度、縦軸に棒グラフで

表-2 既設利用案ライフサイクルコスト

		既設左岸 (12m ³ /s)	既設右岸 (5.1m ³ /s)	新設右岸 (10.9m ³ /s)
建設費	土木工事	—	—	2.3億円
	機電工事	—	—	24.1億円
	建築工事	—	—	1.8億円
インシヤルコスト				28.2億円
ランニングコスト(50年)		38.5億円	14.3億円	29.0億円
合計				110億円

表-3 全面更新案(ポンプ3台)ライフサイクルコスト

		新設右岸 (28m ³ /s)
建設費	土木工事	4.7億円
	機電工事	33.1億円
	建築工事	2.0億円
インシヤルコスト		39.8億円
ランニングコスト(50年)		49.3億円
合計		89.1億円

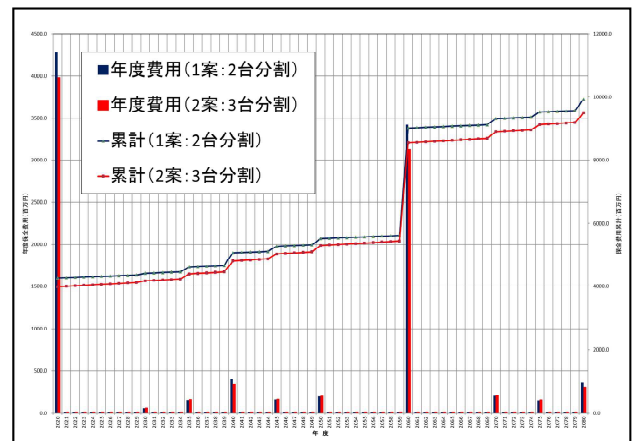


図-4 2台分割案と3台分割案とのライフサイクルコスト比較

年度保全費用を表しており、線グラフで保全費用計を表している。3台分割案は標準的な鋳鉄製ポンプを採用しているが、2台分割案はコンクリートケーシングとなる。そのため、イニシャルコストは、3台分割案の方が、市場性から安価である。点検などの維持管理費用は、台数の多い3台分割案が高価となるが、定期的な整備費、更新費は2台分割案の方が高価となる。これらの結果、3台分割案の方がライフサイクルコストが安価となる。

以上の結果、全面更新案は3台分割案で設計した。なお、ポンプ設備設置台数が多い方が用地を多く必要とするが、3台案でも配置上問題がないことを別途に確認している。

4. 地域特性を考慮した検討概要

(1) 塩害対策について

a) 羽根車の材質

立軸斜流ポンプの羽根車は、SC450、SC480、SCS13が標準である¹⁾。市田川排水機場は、汽水域の設備のため、ステンレス鋳鋼SCS13より耐食性に優れたSCS14を選定している。SCS14の方が交換コストは高価であるが、耐食性を高めて交換頻度を少なくすることでライフサイクルコストが有利となる。

b) 冷却方式

ディーゼルエンジンの冷却方式は空冷式と水冷式（管内クーラ方式・機付ラジエータ方式・別置ラジエータ方式）がある。本設備における原動機出力は720kWとなり、空冷方式が適用外となる。表4に、ディーゼル機関の冷却方式の比較表を示す。表4より、機付ラジエータ方式が安価であり、コスト面で有利である。また、別置ラジエータを屋外に設置すると海側からの飛来塩分により、腐食するため、簡易な建屋に収納する必要があり、表4からさらに土木・建築費が高価となる。建屋給気ファンに除塩フィルターを取り付けるため、機付ラジエータは塩害対策が可能である。

(2) 砂分対策について

立軸ポンプの水中軸受はセラミックス軸受、ゴム軸受

または樹脂軸受が標準である¹⁾。ゴム軸受は常時海中にあると、下部メカニカルシールが腐食するため、適さない。また、樹脂軸受は、揚海水への耐性は良好であるが、市田川排水機場では揚液中に砂分が多く摩耗するため、当機場には適していない。そのため、セラミックス軸受を選定する。

(3) 津波対策について

紀伊半島南端付近にある市田川排水機場は、南海トラフ巨大地震による被災の可能性があり、津波対策が重要である。

a) 使用燃料の選定

南海トラフ巨大地震および大津波による災害時の燃料調達を考慮し、一般的な排水機場で採用されているディーゼル機関用のA重油ではなく、調達性の良い軽油を採用する。また、災害時には排水ポンプ車を含む災害対策車両の燃料確保が必要であるため、車両にも利用可能な軽油が有利である。

b) 被災時の運転

南海トラフ巨大地震の津波による内水域の浸水が発生した場合、市田川排水機場から内水域の浸水全量を排水しなければならない。図-5の浸水図（熊野川津波浸水評価業務 H26.3）および図-5の浸水図における浸水量をまとめた表5より、シミュレーションにより予測される浸水全量は約250万m³となる。浸水全量を早期に排出する

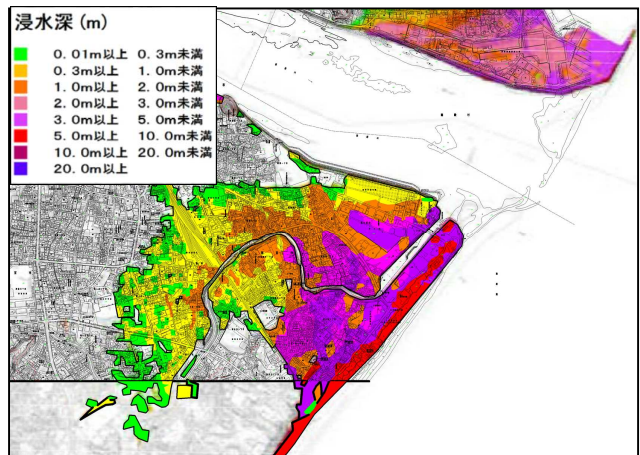


図-5 シミュレーションによる浸水図

表-5 シミュレーションによる浸水量

表4 ディーゼル機関冷却方式の比較

ディーゼル機関冷却方式			
	管内クーラ方式	別置ラジエータ方式	機付ラジエータ方式
機械・電気工事費	2922 百万円	2789 百万円	2462 百万円
建築費	233 百万円	210 百万円	210 百万円
土木費	648 百万円	595 百万円	595 百万円
計	3803 百万円	3594 百万円	3267 百万円

浸水深(m)	浸水範囲 (m ²)	V(m ³)
0.01 ~ 0.3	181,856	28,188
0.3 ~ 1.0	345,600	224,640
1.0 ~ 2.0	256,201	384,302
2.0 ~ 3.0	144,989	362,473
3.0 ~ 5.0	187,374	749,496
5.0 ~ 10.0	102,118	765,885
		2,514,983
		約250万m ³

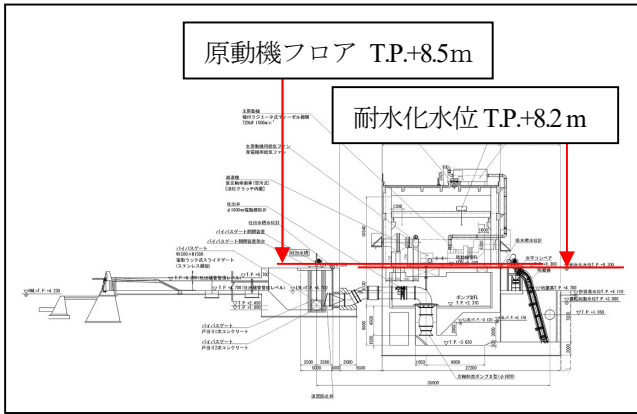


図-6 市田川排水機場新設縦断面図

ことで復旧活動・救助活動の進展が見込まれるため、地下燃料貯油槽の容量は浸水全量を排水できる25hr運転分である23kLとする。

c) 排水機場の耐水性

南海トラフ巨大地震の津波シミュレーションに基づき、図-6と表-6に示すとおり、新設の市田川排水機場は、機場位置の津波高さT.P.+8.20mを耐水化水位と設定して、運転に必須の設備を耐水化水位以上とすることで、津波後の排水機能を維持できるようにしている。建屋内の排水ポンプ原動機フロアをT.P.+8.50mにし、屋外では除塵設備の駆動部を耐水化水位以上の高所にしている。

5. 既設機場からの改善について

(1) 管理運転の改善

既設機場では、管理運転にバイパス管循環方式を採用しているが、水位維持ゲートを閉鎖し、水中ポンプによる管理運転水位までの水溜作業が必要となる。これは管理運転が可能となる水位が高く、河川の水位では確保できないためである。

新設機場では管理運転が可能となる水位を市田川の低水流量T.P.+0.17m(1年を通じて275日はこれを下まわらない水位)とし、実排水運転による管理運転が可能である戻り配管循環方式を採用し、作業を効率化する。また、管理運転用の流入水路ゲートを省略することで、土木構造物と機械設備のコスト縮減となり、コスト面で有利である。市田川排水機場の既設機場と新設機場の水位条件を表-6に示す。

(2) 運転・操作性の改善

a) 運転・停止操作頻度の改善

市田川排水機場では小規模の降雨が多く、既設機場ではポンプの運転開始水位に達して排水運転を始めると、運転開始水位から運転停止水位までの水位差が1.0mであるため、すぐにポンプ運転停止水位に達してしまい、

表-6 市田川排水機場水位条件

水位条件		
	既設機場	新設機場
耐水化水位	—	T.P.+8.2m
許容湛水位	T.P.+4.0m	T.P.+4.11m
運転開始水位	T.P.+3.0m	T.P.+3.0m
運転停止水位	T.P.+2.0m	T.P.+0.17m
流入口敷高	T.P.+0.0m	T.P.-1.0m

繰り返し運転が発生する。新設機場では、このような繰り返し運転の発生を改善するため、流入口敷高を既設機場のT.P.0.0mからT.P.-1.0mまで1.0m引き下げ、運転停止水位をT.P.+2.0mからT.P.+0.17mに1.83m引き下げている。運転停止水位を低水流量に設定する事で、運転開始水位から運転停止水位までの水位差が2.83mとなり、小降雨時における運転・停止の発生頻度を低減させる。操作回数が減少すると、人的ミスの発生可能性を減少させることができ、また、機械の損耗を低減することができる。

b) 運転形式の変更

既設機場では表-1のとおり、3形式(横軸ポンプ・ディーゼル駆動×2台、立軸ポンプ・ガスタービン駆動×1台、水中ポンプ・モータ駆動×2台)のポンプ5台を運用するため操作が煩雑である。新設機場では3台のポンプ設備すべてを同一形式(立軸斜流ポンプ、ディーゼル駆動)とすることで、操作性を改善させる。また、同一形式であることから予備品の共有を可能とするため維持管理性が高く、緊急時対応に優れる。

6. おわりに

本報で、市田川排水機場ポンプ設備の設計を行った上で検討した事項から、特に当機場に特色ある部分について述べている。地域特性から、基準とは異なる選定や基準に記載のない選定を行っている部分があり、その際には検討の上、コスト面と信頼性の面で有利となるものを選定している。

今後、排水機場の設計が行われる際に、地域に合致した設計を考える一助になればと考える。

参考文献

- 1)揚排水ポンプ設備技術基準・同解説