

平成28年度 金沢市公共下水道マンホールポンプ場 修繕改築計画策定業務委託

う え だ た く や よ こ い ま さ ひ ろ か な も り ひ ろ あ き に し の ぶ ひ と
上 田 拓 哉¹・横 井 正 宏¹・金 森 弘 晃²・西 暢 人³

¹ (株) 日本海コンサルタント技術事業本部水工整備部 リーダー (〒921-8042 石川県金沢市泉本町2-126)

² (株) 日本海コンサルタント社会事業本部道路交通部 担当グループ長 (〒921-8042 石川県金沢市泉本町2-126)

³ (株) 日本海コンサルタント技術事業本部 副本部長 (〒921-8042 石川県金沢市泉本町2-126)

本業務は、石川県金沢市内にある標準耐用年数を超過する計26機場の下水道マンホール形式ポンプ場（機械・電気設備）を対象に、今後5カ年の修繕改築計画を算定するものである。計画策定に際し、各機場のポンプ引上・調査を行い、この結果を基に各設備の健全度を評価し、劣化予測により更新時期を算定した。本業務により、現在の健全度を踏まえて修繕改築の優先順位を決定したほか、周辺施設の状況を勘案した上で送水ルート変更による機場廃止により自然流下への改良案について提案した。

Key Words : 下水道, マンホール形式ポンプ場, 健全度評価, 修繕改築計画

1. 業務の背景

我が国では、高度経済成長期より急速に下水道整備が進み、現在では管路延長が約47万km、処理場が約2,200箇所となっている。この中でも、標準耐用年数を超過する管路は約1.3万km、処理場は約1,600箇所となっており、今後も老朽化した施設は増加していくものと考えられる。

このような背景のもと、平成20年度に「下水道長寿命化支援制度（国土交通省）」が創設された。これは、従来の改築に加え長寿命化対策を踏まえた計画的な改築を推進することで、ライフサイクルコストの低減化や、予防保全型施設管理の導入による持続可能な下水道サービスを提供することを目的としている。

一方、近年では「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン-2015年版-（国土交通省）」¹⁾が発刊されている。これは、目標とする明確なサービス水準を定め、下水道施設全体を対象に、その状態を点検・調査等によって客観的に把握、評価し、長期的な施設の状態を予測しながら、点検・調査、修繕・改築を一体的に捉えて下水道施設を計画的かつ効率的に管理するものとしている。

その中でもマンホール形式ポンプ場をはじめとする設備類は、管路施設と比較して標準耐用年数が短く機能停止に伴う影響が広範囲に及ぶことから、予防保全型の対策を行いこれらのリスクを排除することが求められる。

2. 業務の内容

本業務は、石川県金沢市内にある標準耐用年数を超過する計26機場の下水道マンホール形式ポンプ場（機械・電気設備）を対象に、今後5カ年の修繕改築計画を算定するものである。各機場のポンプ引上・調査を行い、この結果を基に各設備の健全度を評価し、劣化予測により更新時期を算定した。

(1) 計画策定フロー

図-1に、修繕・改築計画策定フローを記載する。以降は、このフローの順に各項目の詳細を記載する。

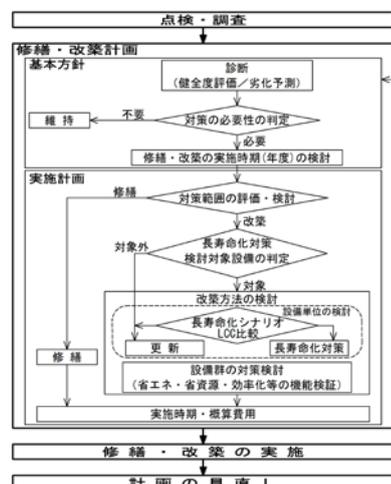


図-1 修繕・改築計画策定フロー(状態監視保全設備)¹⁾

(2) 診断

a) 管理方法の設定

設備の管理方法は、重要度や劣化状態の把握の可否に応じて設定される(図-2)。これには、大きく分けて予防保全と事後保全があり、さらに予防保全には状態監視保全と時間計画保全がある。重要度が高い設備は劣化状況や動作状況の確認を行い、その状態に応じた対策(状態監視保全)を講じる必要がある。

マンホール形式ポンプ場は、ポンプや制御盤等複数の設備で構成されており、本業務では「効率的な改築事業計画策定技術資料」²⁾等を参考とし、各設備の管理方法を表-1のように定めた。

健全度評価の対象は状態監視保全設備であり、本業務ではポンプ設備が該当する。

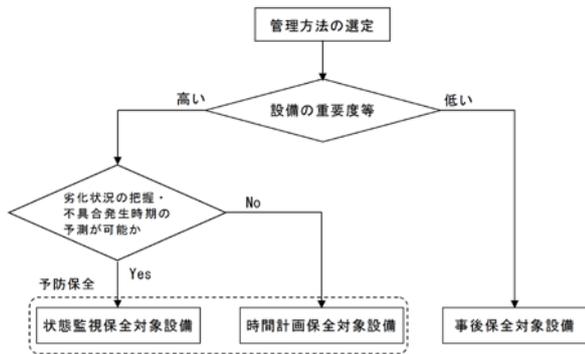


図-2 管理方法の選定フロー¹⁾

表-1 重要度及び管理方法²⁾

機器	重要度	劣化状態の把握の可否	管理方法
ポンプ本体	高	可	状態監視保全
動力制御盤	高	不可	時間計画保全
柱上開閉器	高	不可	時間計画保全
レベル計	低	—	事後保全
汎用ミニUPS	低	—	事後保全
通信装置	低	—	事後保全

b) 健全度評価判定項目の設定

マンホールポンプの健全度評価判定項目は、明確な基準類が存在しないことから、本業務では調査の実態等に合わせ、下記のように設定した。

「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン」¹⁾では、表-2に示す健全度の評価判定項目が記載されている。後述するポンプの引上・点検調査において「振動・騒音」及び「がたつき」は確認されなかったため、評価判定項目よりこれらを除外し、表-3に示す「下水道マンホールポンプ施設の改築計画に関する技術資料」³⁾を参考に「絶縁抵抗値」及び「摩耗(オイル状態)」を追加した(表-4)。尚、評価判定項目について有意な差が生じない場合、健全度の差が小さくなり、修繕改築実施計画時期が集中するというデメリットがある。これを回避するため、評価判定項目の改善を図った。

また、「摩耗」は、メカニカルシールの劣化を判定内容とし、ポンプの引上・点検時にポンプ内のオ

イルをサンプリングし、オイルの色及び汚水の混入具合よりメカニカルシールの健全度を判定した。

表-2 健全度評価判定項目(ガイドライン)¹⁾

調査対象	調査判定項目	判定内容
設備全体	発錆・腐食	錆、腐食の状況・範囲を確認する(外観調査)。
	変形・亀裂・損傷	変形、亀裂、損傷の状況・範囲を確認する(外観調査)。
	振動・異音	振動・異音の大きさ等を確認する。
	がたつき	がたつきの状況を確認する。
	運転時間	過去の履歴より、劣化の進行に影響を及ぼす運転時間等を確認する。
調査判定区分	5:問題なし。4:機能上の問題はないが、劣化の兆候あり。 3:劣化進行しているが、機能は確保可。2:機能発揮困難。又はいづれ機能停止してもおかしくない状態。1:運転できない。機能停止。	

※赤字は、採用した評価判定項目を示す。

表-3 健全度評価判定項目(技術資料)³⁾

区分	調査項目事例	その他調査項目(一部の都市にて事例あり)
電動機	錆・腐食、変形・亀裂・損傷、動作状況、振動・異音、 摩耗 、経過時間、 絶縁抵抗値	電流値、塗装、漏れ、がたつき、目詰まり、温度、故障頻度、製造中止部品
ケーシング	錆・腐食、変形・亀裂・損傷、動作状況、振動・異音、 摩耗 、経過時間	塗装、漏れ、がたつき、目詰まり、故障頻度、製造中止部品
羽根車	錆・腐食、変形・亀裂・損傷、動作状況、振動・異音、 摩耗 、経過時間	塗装、漏れ、がたつき、目詰まり、故障頻度、製造中止部品
マンホール設備	クラック、がたつき、 摩耗 、腐食、浮上防止機能、かぎ構造機能、転落防止機能、高さ調整部、段差、足掛け金物、経過時間	脱着装置(錆・腐食、変形・亀裂・損傷、動作状況、振動・異音、 摩耗 、経過時間)

※赤字は、採用した評価判定項目を示す。

表-4 健全度評価判定項目(採用)

評価判定項目	判定内容
絶縁抵抗値	絶縁抵抗値の数値により劣化状況を確認する。
発錆・腐食	錆・腐食の状況・範囲を確認する。
摩耗	オイルの色及びサンプリングオイルへの汚水の混入の有無により、メカニカルシール等の劣化状況を確認する。
変形・亀裂・損傷	変形・亀裂・損傷の状況・範囲を確認する。
運転時間	過去の履歴等より、劣化の進行に影響を及ぼす運転時間等を確認する。

c) ポンプの引上・点検

全機場を対象とし、クレーン付きトラックによりポンプの引上を行い、ケーシング、羽根車、ケーブル類の損傷、オイルの入替、サンプリング、絶縁抵抗値の計測等を行った(図-3)。



図-3 引上・点検時の状況

d) 健全度評価判定項目の判定基準

発錆・腐食，変形・亀裂・損傷（外観状態，損傷状態）は，調査写真を基に，㊶劣化の度合い（3段階評価）と，㊶劣化の範囲（3段階評価）を組み合わせ，9段階評価にて行った．これを「仮健全度」とし，さらに5段階評価（健全度）へ補正した（表-5）．

表-5 仮健全度評価の判定基準

評価区分	評価内容									
㊶劣化の度合い	大	劣化の進行が著しく，機能に支障が生じる可能性が大きく，緊急に対応する必要がある。								
	中	劣化が進行しているが，機能に支障が生じる可能性は小さい。								
	小	劣化の進行が小さく，機能に殆ど影響が無い。								
㊶劣化の範囲	多	劣化が広範囲に広がっている状態。								
	中	劣化の範囲が中ぐらいの状態。								
	少	劣化の範囲が少ない状態。								
㊶劣化の度合い	大			中			小			
㊶劣化の範囲	多	中	少	多	中	少	多	中	少	
仮健全度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

絶縁抵抗値，摩耗，運転時間は，「下水道マンホールポンプ施設の改築計画に関する技術資料」³⁾及びメーカー資料を参考に設定した（表-6）．尚，摩耗については，汚水の混入が確認された場合，メカニカルシールが劣化しているものと判断し，下表の健全度より「1」を減じた．

表-6 判定基準

調査項目	基準値	健全度	備考
絶縁抵抗値	1MΩ以下	1	基準最低値1MΩ
	1~10MΩ	2	
	10~50MΩ	3	
	50~100MΩ	4	
	100MΩを超える	5	
摩耗 (オイル状態)	黒色	1	
	黒色~白濁	2	
	白濁	3	
	白濁~鉛色	4	
	鉛色	5	
運転時間	12,000h以上	1	軸受寿命目安時間
	8,000~12,000h	2	メカニカルシール寿命目安時間
	4,000~8,000h	3	
	2,000~4,000h	4	
	2,000h未満	5	

e) 健全度評価値と機種別の判定基準

本業務では，前項に記載した評価判定項目毎に配点し，平均値を現時点での対象設備の健全度とした．健全度は，0~5の間で設定されている指標であり，これが2.0以下の場合，設備として機能が発揮できない状態となる（表-7）．

設備毎に健全度と経過年数より健全度勾配を算出し，健全度が2.0以下となる年月を算出した（表-8）．

表-7 設備単位の健全度¹⁾

健全度	運転状態	措置方法
5 [5.0~4.1]	設置当初の状態で，運転上，機能上問題ない。	措置は不要。
4 [4.0~3.1]	設備として安定運転ができ，機能上問題ないが，劣化の兆候が現れ始めた状態。	措置は不要。 消耗部品交換等。
3 [3.0~2.1]	設備として劣化が進行しているが，機能は確保できる状態。機能回復が可能。	長寿命化対策や修繕により機能回復する。
2 [2.0~1.1]	設備として機能が発揮できない状態，または，いつ機能停止してもおかしくない状態。機能回復が困難。	精密調査や設備の更新等，大きな措置が必要。
1以下	動かない。機能停止。	直ちに設備更新が必要。

表-8 健全度勾配

健全度勾配 = (5.0(当初健全度) - 評価時点の健全度) / 経過年数
【算出例】
評価時点(2017年)の健全度: 3.0
経過年数: 15年
健全度勾配 = (5.0 - 3.0) / 15 = 0.13
5年後(2022年)の健全度 = 3.0 - 0.13 × 5 = 2.35

(3) 対策の実施基準（必要性判定）

対策の実施基準は，管理方法毎に定められている（表-9）．尚，事後保全設備は異状やその兆候（機能低下等）を確認し，保守で対応が困難な場合に対策を検討することとしている．

表-9 各機器の対策実施基準¹⁾

管理方法	機器	対策実施基準
状態監視保全	ポンプ本体	診断結果より5年以内に健全度が2.0以下となるもの
時間計画保全	動力制御盤	5年以内に目標耐用年数（標準耐用年数 × 1.5）を超えるもの
	引込開閉器	

(4) 修繕・改築の実施計画

地震・津波対策及び浸水対策といった機能向上に関する事業等の他計画を考慮して，修繕・改築に関する実施時期（年度）を検討することは，工事の手戻りや工事期間の重複を避ける観点から必要である．また，設備の実施時期（年度）の設定にあたり，設備群としてまとまった修繕・改築を実施することが効率的な場合には，設備群単位で実施時期（年度）を調整することが望ましい．

本業務では，一機場毎にポンプ（予備含め複数台）本体（状態監視保全設備）と制御盤，引込開閉器（時間計画保全設備）を合わせて1つの設備群として捉える．

修繕・改築の実施時期（年度）は，設備（機場）毎に構成される機器の更新必要年度を算定し，最も早い機器のそれを更新予定年度とする（更新必要が遅い機器は，前倒しとする）．ただし，ポンプ本体は状態監視保全設備であり，健全度評価により更新時期を設定していることから，更新の前倒しは行わない．電気設備（時間計画保全設備）がポンプ本体（状態監視保全設備）より早く更新時期を迎える場合は，電気設備単独の更新とする（表-10）．

過去の実績より，各設備（機械・電気設備）を個別単独で更新する場合，施設諸元の改善見直し（ポンプ出力の低減化等）が円滑に出来ないこともあり，本業務では極力1設備群として更新する．

表-10 更新年度の設定例

機場名	機器	更新予定年度				
		2018	2019	2020	2021	2022
A ポンプ場	No.1 ポンプ	○	○	○	○	○
	No.2 ポンプ	○	○	○	○	○
	制御盤	○	○	○	○	○
B ポンプ場	引込開閉器箱	○	○	○	○	○
	No.1 ポンプ				○	○
	No.2 ポンプ				○	○
	制御盤			○	○	○
	引込開閉器箱			○	○	○

(5) 対策範囲

対策が必要と位置づけた設備について、改築か修繕かを判定する。両者は、耐用年数を経過しているか否かで異なる(表-11)。本業務の対象設備は、概ね改築であった。

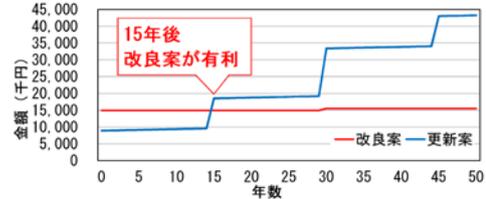
表-11 改築と修繕の違い¹⁾

○改築:更新または長寿命化対策により、所定の耐用年数を新たに確保するもの。
①更新:既存の施設を新たに取替えること。
②長寿命化対策:既存の施設の一部を活かしながら部分的に新しくすること。
○修繕:老朽化した施設または故障もしくは損傷した施設を対象として、当該施設の所定の耐用年数内において機能を維持させるために行われるもの。



図-5 改良案 (C機場)

表-12 コストの推移 (C機場)



(6) 長寿命化対策検討対象設備

長寿命化検討対象設備とは、更新か長寿命化対策(複数策の場合有)かをライフサイクルコストの比較によって検討する施設である。本項では、「改築」と判断された設備について、「更新」か「長寿命化対策」を判定する。

状態監視保全であるマンホールポンプ本体(状態監視保全設備)は、比較的小型で凡用的機械であることから長寿命化に寄与する更新部品がないため、「長寿命化対策検討対象外設備」とした。また、制御盤、引込開閉器等の時間計画保全設備及び事後保全設備も同様に「長寿命化対策検討対象外設備」となる。

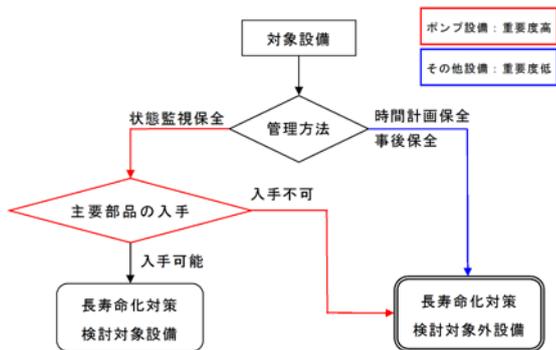


図-4 長寿命化対策検討対象設備の選定フロー²⁾

表-13 コストメリット (トータル) 単位:千円

MHP	計画概要	更新案①			改良案②			コスト③ (②-①)	
		コスト	ランニング	トータル	コスト	ランニング	トータル	コスト	ランニング
A機場	機場廃止	8,736	36,945	45,681	22,714	499	23,213	+13,978	-36,446
B機場	ポンプ台敷低減	18,850	128,570	147,420	48,426	75,880	124,306	+29,576	-52,600
C機場	機場廃止	8,922	34,316	43,238	14,945	569	15,514	+6,023	-33,747
D機場	機場廃止	8,922	31,411	40,333	17,864	548	18,412	+8,942	-30,863
E機場	機場廃止	14,275	61,814	76,089	24,840	499	25,339	+10,565	-61,215
F機場	機場廃止	8,847	32,610	41,457	8,840	499	9,339	-7	-32,111
G機場	ポンプ出力低減	10,086	37,635	47,721	13,370	27,432	40,802	+3,284	-10,203
計		78,638	363,301	441,939	150,999	9	150,926	+72,361	-257,375

4. 今後の展望

本業務で、金沢市内における今後5カ年の修繕改築計画を策定した。近年、ポンプ性能の向上による効率化が進んでおり、更新する際は、ランニングコスト低減を考慮し機種を選定することが望ましい。また、建設当時と比べ計画汚水量が変化しているケースも多く、現状及び将来の汚水量を適切に把握し、計画ポンプに反映することが望まれる。

下水道整備が概ね完了した現状において、整備順序等の関係でマンホール形式ポンプ場が近接しているケースも多く、送水ルート変更により機場を廃止できる場合もあるため、更新時の全体的な改善の検討が必要である。

謝辞: 本稿は、金沢市企業局より受託する「平成28年度 金沢市公共下水道マンホールポンプ場修繕改築計画策定業務委託」の成果の一部を活用したものである。発注者の担当職員の皆様をはじめ、当業務の全ての関連者の皆様に御礼申し上げます。

参考文献

- 国土交通省:下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン, 2015年版
- 下水道新技術推進機構:効率的な改築事業計画策定技術資料【下水道主要設備機能診断】, 2005.8
- 日本下水道新技術機構:下水道マンホールポンプ施設の改築計画に関する技術資料, 2016.3

3. その他の検討事項

その他の検討事項として、計画機場の上下流の施設状況を確認し、送水ルート等の変更によりマンホール形式ポンプ場を廃止し、自然流下へ変更可能な機場(全7機場)良案の検討を行った。

本業務検討対象及び改良した際のコストメリットを表-13に示す。ここで、更新案は現仕様のポンプにて更新した場合、改良案はポンプ場を廃止もしくはポンプ数の低減を図った場合とし、今後50年間を対象に比較を行った。図-5、表-12にC機場の例を示す。

トータルのコストメリットは、約185,000千円/50年(約3,700千円/年)となる。ただし、効果発現までは約15~30年の期間が必要となる。

