

下水道中継ポンプ場における浸水対策について

手塚 聡¹・細溝 雅宏²

^{1, 2}北部流域下水道事務所 施設整備係

下水道における中継ポンプ場は、上流から流れてきた汚水を終末処理場へ送水するため不可欠な下水道施設である。

近年、豪雨により発生した浸水によりポンプ場が水没して機能停止し、周辺に汚水が溢れ出して住民生活に影響を与えるとともに、ポンプ場の機械・電気設備が大きな損害を被ってその復旧に長期間を要する事例が発生している。

このような背景のもと、浸水想定区域図等の浸水シミュレーション資料に基づき、想定される浸水からポンプ場を守る対策について検討を行い、浸水のおそれのあるポンプ場において耐水化計画を策定した。この計画の骨子について発表する。

キーワード 下水道, ポンプ場, 浸水対策, 耐水化

1. はじめに

(1) 処理区概要

滋賀県では、生活環境の改善と、河川や琵琶湖の水質を保全するため、「湖南中部」、「湖西」、「東北部」、「高島」の4つの処理区からなる琵琶湖流域下水道の整備を進めてきた。北部流域下水道事務所では、このうち「東北部」と「高島」処理区を担当している。東北部処理区は4処理区のなかで湖南中部処理区に次ぐ規模であり、彦根市、長浜市を中心とする東北部地域の4市4町を対象とする処理区である。終末処理場である東北部浄化センターに向けて、138.8kmに及ぶ流域下水道管渠網により、中継ポンプ場等の揚水施設を介して送水している。図-1にポンプ場位置図を示す。

(2) ポンプ場の役割

下水道管渠は下流に向かって適当な勾配をもって埋設されているため、汚水は自然流下している。しかし、勾配をとり続けることにより埋設深が深くなりすぎると、管渠の設置費用が増大し不経済となる。このような場合、中継ポンプ場を設置して汚水を地表面近くまで揚水し、管渠の埋設深を浅い位置に回復させることとなる。

中継ポンプ場は、管渠網の途中に存在して揚水機能を担っていることから重要な施設である。

また、浄化センターの雨水ポンプ場は、浄化センターの広大な敷地に対応した雨水調整池の排水ポンプである。

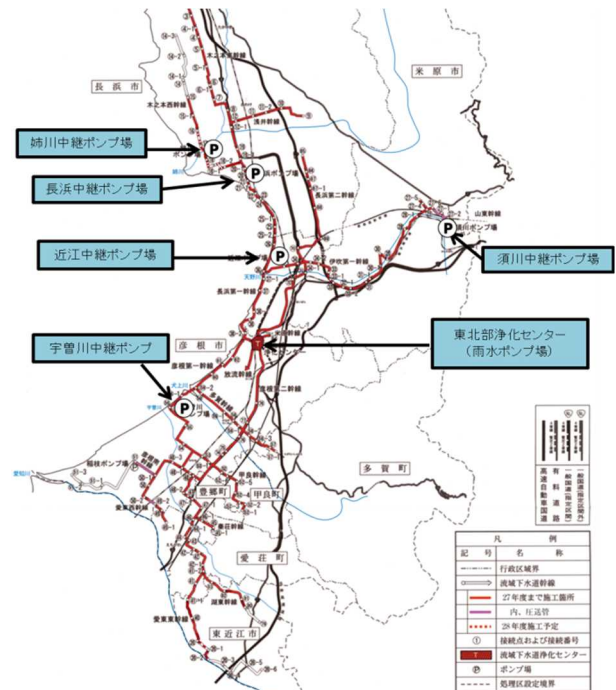


図-1 東北部処理区概略図

2. 検討の背景

このように重要な位置づけとなっているポンプ場であるが、図-2に示すように、近年、豪雨によりポンプ場周辺が浸水したことにより、ポンプ場が水没し、機能が停止する事例が発生している。

このような事態が発生すると、汚水を下流へ送水することが出来なくなり、住民の生活空間に汚水が溢れ出して

公衆衛生が確保できない状態となったり、ポンプ場内部の非常に高価な設備（自家発電機、ポンプ、テレメータ装置等）類が水没して、復旧までに長い期間と多大の費用を要するとともに、下水道使用自粛等の要請により広い範囲の住民にも影響を及ぼすこととなる。



図-2 日本下水道新聞記事 (2017. 11. 1)

3. 耐水化計画の策定

(1) 浸水対策の考え方

設計指針¹⁾では、ポンプ場は降雨時に浸水してその機能が停止することがないように配慮が必要であり、①外水および内水による浸水の対策として地盤レベルの設定を上げること、②特に電気関係の機器は絶対に浸水しないよう高位置に設置すること、とされている。

今年度末に供用開始予定の姉川中継ポンプ場では、基本設計時点（平成22年）において、水防法による浸水想定区域図が公表されていたことから、この浸水深を参考に、図-3のとおり地盤を嵩上げして浸水に備えている。

現時点では、水防法に基づく「指定河川浸水想定区域図」の他に、滋賀県流域治水の推進に関する条例に基づく「地先の安全度マップ」といった浸水想定リスク図が公表されているため（以下、浸水想定区域図等という。）、新たな計画においては浸水について具体的に対



図-3 姉川中継ポンプ場の嵩上げ状況

策を講じることが可能となった。

一方で有効な浸水想定資料の無かった時代に作られたポンプ場では、浸水対策がとられていないのが実情であり、先述のような浸水事例を受けて、所管ポンプ場について浸水リスクの把握および対策の検討を行うこととした。

(2) 浸水想定

東日本大震災後に改定された下水道施設の耐震対策指針²⁾では、津波による大規模な浸水で下水道施設に多くの被害が発生した経験から具体的な対策指針が示されている。これによると、①一度地下階が浸水すると排水や設備の復旧に多大な時間を要することから、少なくとも地上階から地下階への津波の侵入を防止する必要があること、②想定浸水深は「最大クラス（数百年から千年に1回程度³⁾）の津波」によるものとして下水道機能の確保を目的として対策を検討することとしている。

本計画では、浸水対策の考え方は外水・内水はん濫による洪水であっても同様のものと考え、下水道機能の確保、特に本検討ではポンプ場揚水機能の確保について、一般に公表されている浸水想定区域図等から最も大きい浸水深を採用することとした。所管ポンプ場について、浸水想定区域図等から整理した採用浸水深を表-1に示す。

表-1 採用浸水深一覧

処理区	ポンプ場	地盤高 (m)	浸水深 (m)	採用浸水深 (m) (◎を採用)	浸水想定の有無						
					地先の安全度マップ	野瀬川	高瀬川	天野川	宇香川	大上川	安曇川
東北部	近江	87.00	87.30	0.30	◎	-	-	○	-	-	-
	長浜	87.65	89.55	1.90	○	-	◎	-	-	-	-
	宇香川	86.30	87.48	1.20	○	○	-	-	○	◎	-
	須川	152.80	浸水想定なし	-	-	-	-	-	-	-	-
	姉川	86.50	88.69	2.19	-	-	◎	-	-	-	-
	雨水	86.30	87.30	1.00	◎	○	-	-	-	-	-

グレー着色欄は、浸水想定なし、もしくは対策済みであり今回検討外とした。

凡例

浸水想定有り	採用	◎
浸水想定なし	不採用	○
浸水想定なし	不採用	-

(3) 耐水化と防水化

耐震対策指針²⁾では、浸水対策について以下のように示されている。

図4に示すが、耐水化とは、構造物の対応により、設備機器を浸水させないものであり、防水化とは、設備機器・装置等に強固な防水性能を持たせることを意図する。

本計画では、ポンプ場ごとの浸水深と設備配置を考慮して、耐水化と防水化の概念を組み合わせる最適な対策を計画した。

もっとも確実な方法は、浸水すると故障してしまう機器類を浸水水位以上の高所へ移設することであるが、既設建物の中で、一定のスペースが必要な自家発電設備や電気室を高所に移設することは、建物自体の大規模改修を伴って経済的に著しく不利である。そのため、高所移設以外の方法により検討を進めることとした。つまり、土木・建築物の改修等により対応することとし、具体的には、止水壁による囲い込み（耐水化）、開口部の閉塞

等（耐水化）、防水扉への交換（防水化）等の組合せによる対策である。

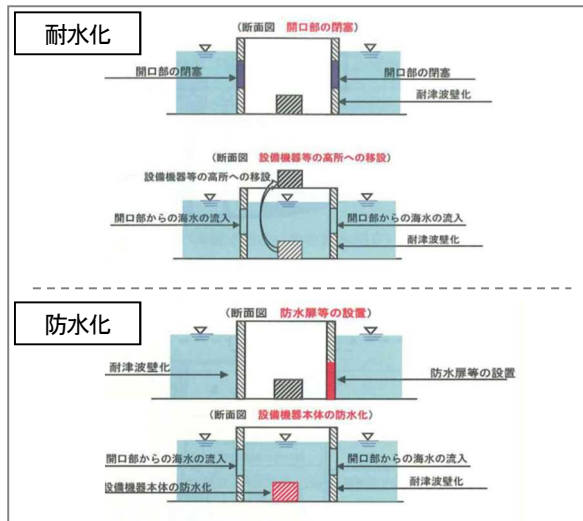


図-4 耐水化（上）、防水化（下）概念図

(4) 設計上の留意点

設計にあたって特に留意した点を挙げる。

a) 浸水防止性能

防水用途として各メーカーから様々な製品がラインナップされている。なお、製品に頼らずとも表-2 のとおり多彩な対策方法が考えられる。

表-2 扉における対策例

対策方法	扉の対策方法			
	防水扉改修	防水板設置	RC造階段設置	コンクリート締切または止水壁
姿図 (イメージ)				
改修概要	扉を防水仕様 に改修する。	防水板を設置 する。(常時設置)	内部にRC造の壁 を階段状に設置 する	扉を撤去し、コン クリートで締め切 る。
対象浸水深	5.0m	1.5m	施工位置による	—
長所	既存と維持管理 性が変わらない。	改修が最小限とな る	作業動線を大きく 変えない。防水扉 より安価となる。	開口の形状に関 係なく対応が可 能である。
短所	もっとも高価であ る。	出入りの都度、設 置撤去作業が伴 う。	設置スペースが必 要。	作業動線や搬入 口を別に確保す る必要がある。

製品を検討する場合は浸水防止性能により評価できる。本計画では（一財）建材試験センターの性能基準に基づき 20L/(h・m²)以上の防水性能を有する製品であれば、ポンプ場内部への漏水を許容できるものとした。

浸水想定区域図等に浸水継続時間などの時系列データが今後拡充されれば、さらに詳細な検討が可能となり、採用製品の幅が広がるものと期待される。

b) 作業動線の確保

当事務所所管のポンプ場はいずれも無人・遠隔監視のポンプ場である。しかし維持管理のため毎日メンテナン

ス業者が出入りするため、既存の作業動線の確保を第一に考え大規模な改修は極力行わない計画とした。

また、ポンプ場の周辺状況は、浄化センター中央監視室（図-5）では分からないため、近年多発するゲリラ豪雨等による内水氾濫への対応について初動が遅れる可能性がある。このため、取り外し可能な防水板は、常時設置状態として使用頻度の少ない出入り口に採用し、日常的に使用する出入り口は防水扉を採用した。



図-5 東北部浄化センター中央監視室

c) 貫通孔閉塞

建築物には例外なく内外を貫通する穴がある。図-6 に示すとおり、特に電気用配管は内部が空洞であり注意が必要である。通常、端部はシール処理されているはずであるが、実際には不十分であることが多い。

本計画では、外壁面に沿って設置されているプルボックスについては配線の行き先を確認した上で、高所に移設するか、プルボックス内に解体可能型レジンを注入して止水する。また、電気用ハンドホール内においては、管路端部にて発泡ウレタン等の止水材充填を行うこととした。



図-6 外壁に設置されているプルボックス内部（左）、電気ハンドホール内部（右）

d) 余裕高の設定・漂流物対策

河川の破堤等により、流速の卓越した氾濫流が発生し、ポンプ場躯体に流れが衝突する際の検討を行う。

津波浸水想定設定の手引き⁴⁾では、水流の流れを受ける側の水位が上昇する現象が発生する（せき上げ）ため、これを考慮することとしている。

また、破堤により大量の漂流物が発生して下流へ拡散すると、ポンプ場の扉やシャッター等の脆弱部に激突して破壊されることにより浸水の原因となるおそれがあるため、検討が必要である。

これら検討においては、地先の安全度マップにてシミュレーションされている流体力の情報を参考に、ポンプ

場で発生する流速を逆算し、せき上げ高を算定した。以下に水位算定式⁴⁾を示す。

$$h_{fmax} = h_b + V_b^2 / 2g$$

- h_{fmax} : 想定津波浸水深(せき上げ考慮)(m)
- h_b : 想定津波浸水深(せき上げ非考慮)(m)
- V_b : 津波の流速(m/秒)
- g : 重力加速度(m/秒²)

表-3 流体力とせき上げ高

ポンプ場	流体力 (m ³ /s ²)	浸水深 (m)	流速 (m/s)	せき上げ高 (m)
近江	- ※	0.3	-	-
長浜	- ※	1.9	-	-
宇曾川	0.5	1.2	0.65	0.02
雨水	- ※	1.0	-	-

※流体力の「-」は閾値(0.01m³/s²)以下であることを示す。

結果的に、表-3 のとおり各ポンプ場ともにほとんど流速は発生しないため、せき上げ高はわずかであり、考慮しないものとした。また、漂流物発生のおそれがある宇曾川中継ポンプ場でも、流速が卓越すると思われる建物東側には扉等の脆弱部は存在しないため、対策不要とした。

4. 詳細設計の実施

(1) 設計事例

主要な対策方法を以下に例示する。

a) 雨水ポンプ場

雨水ポンプ場は他の中継ポンプ場とは役割が異なり、東北部浄化センターの雨水調整池の排水ポンプ場である。

- 想定浸水深 1.0m
- 除塵機室とポンプ室、電気室の3区画からなる。電気室は嵩上げされており、浸水深以上である。
- 除塵機室は、電動機等の主要部は浸水深以上であり、補機のみが浸水深以下に位置するため、これを嵩上げすれば浸水の影響を受けないことから、重点化区画を設定した。(図-7)
- ポンプ室は、使用頻度の低い搬入シャッター部分は防水板を設置するが、作業動線となる片開き扉については防水扉へ改修する。

耐震対策工事の実施予定があるため、この詳細設計において浸水対策を考慮し、浸水深に合わせて開口部を閉塞(耐震壁化)するなど、耐震対策と浸水対策を両立している。

b) 長浜中継ポンプ場

- 想定浸水深は 1.9m であり、防水板等による簡易的な対策は困難である。

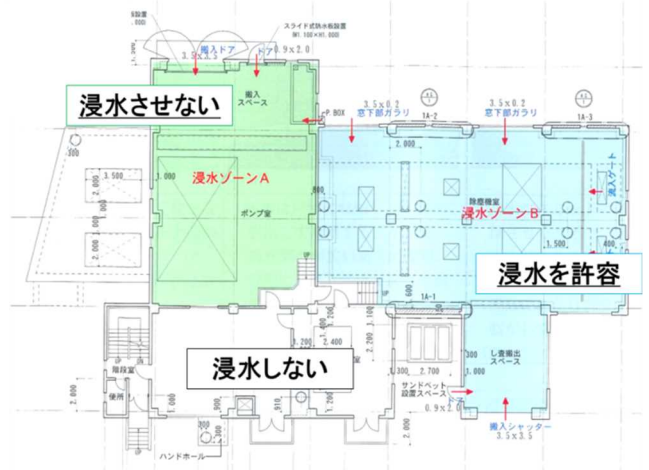


図-7 雨水ポンプ場 重点化区画の設定

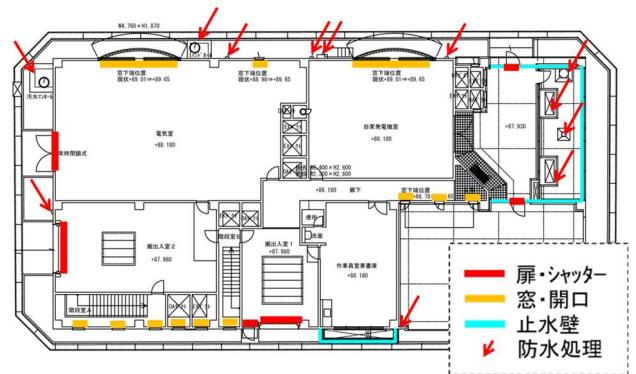


図-8(1) 長浜中継ポンプ場 第1案 個別対策

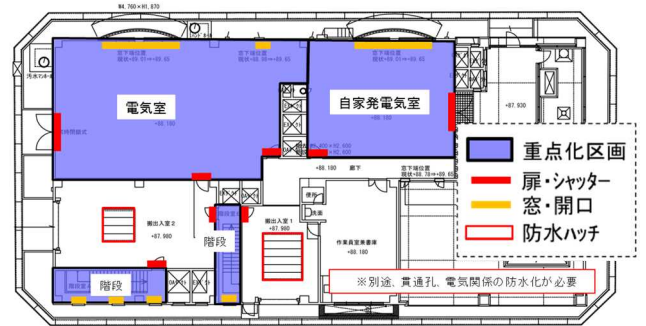


図-8(2) 長浜中継ポンプ場 第2案 重点化区画

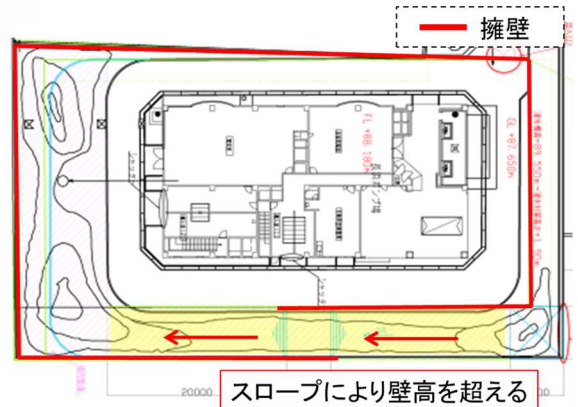


図-8(3) 長浜中継ポンプ場 第3案 止水壁

- 平屋建であり、高所への機器移設はできない。
- 中継ポンプ場のため地下構造部が深く（GL-16m）、部屋数と搬入出に伴う開口が多い。

当ポンプ場では浸水深が大きいいため、対策方法により費用に大きな差が生じることが想定されるため、図-8(1)～(3)の工法により比較検討した。

重点化区画を設定する方法（第2案）は、電気室などを重点化区画として集中的に防水化する案である。しかし、かえって対策箇所が多くなり不経済となった。また、止水壁により敷地を囲う方法（第3案）は、規模の大きい施設において施設全体を対策することを想定した場合、開口部を個別に防水扉等に改修していくより経済的になる場合があるが、今回検討においては優位点は少なかった。結果として、第1案の個別対策が安価となった。比較結果を表-4に示す。

表-4 比較検討結果

比較項目	第1案 個別対策	第2案 重点化区画	第3案 止水壁
経済性 概算費用(千円)	39,000 ◎	48,000 ○	64,000 △
施工性	非常に複雑 △	複雑 ○	比較的単純 ◎
維持管理性	ほとんど変わらない ○	作業動線に支障 △	内水排除が必要 △
景観	ほとんど変わらない ○	ほとんど変わらない ○	壁に囲まれる △
総合評価	◎	○	△

c) 近江中継ポンプ場他

図-9に改修イメージを示す。浸水深が0.3mと低い近江中継ポンプ場では、基本的に防水板での対応である。また、浸水深1.2mの宇曾川中継ポンプ場における対応は、窓などの脆弱部は嵩上げし、浸水深以下は閉塞するなど、長浜中継ポンプ場と同様の考え方をとっている。

(2) 概算費用

各ポンプ場における概算費用を表-5に示す。浸水深が大きくなると、防水板での対応が困難となって防水扉や防水シャッターを採用することとなるため費用は大きくなる。



一方で雨水ポンプ場のように、浸水を許容するエリアが設定できれば大きく費用を削減できる。

室内に浸水を許容することは非常に勇気のいる決断である。一歩間違えれば、隣室や地下階への浸水拡大の端緒となるばかりでなく、ひとつの電気系統の浸水・漏電によって設備系統全体がダウンすることも考えられることから、コスト削減によるメリットだけに目を奪われることのないようにしたい。

表-5 浸水対策費用概算額

ポンプ場	浸水深(m)	対策工法	概算(千円)
近江	0.3	防水板×3	7,500
長浜	1.9	防水扉×4、防水シャッター×2、窓等改修、止水壁	39,000
宇曾川	1.2	防水扉×4、防水シャッター×1、窓等改修	38,000
雨水	1.0	防水扉×1、防水板×1	4,000

5. まとめ

本計画では、日本中で毎年浸水被害が多数発生しながら、なかなか進んでいない対策に関して、具体的な想定浸水深をもとに、発生し得る事象について想像力を働かせながら、現地調査を繰り返して検討を進めた。

下水道施設は機械・電気設備によって成り立っており、土木・建築はその入れ物に過ぎない。しかしいつか必ず発生する洪水は、やはりその入れ物たる土木・建築構造物で耐えしのごことがもっとも効果的で経済的であることが分かった。

また、下水道施設設計の際には、土木・建築と機械・電気的设计において、浸水に対するリスク共有がしっかりと行われることと、それが設計に反映されるよう、設計留意書等を作成して引き継ぐことの重要性を認識した。

現在、長浜中継ポンプ場において、対策工事を実施中である。実際の施工段階における問題点等を後続の工事に活かせるように注意深く現場を管理していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説 2009年
- 2) 日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説 2014年
- 3) 国土交通省：国土交通白書 2012年
- 4) 国土交通省：津波浸水想定の設定の手引き 24年2月

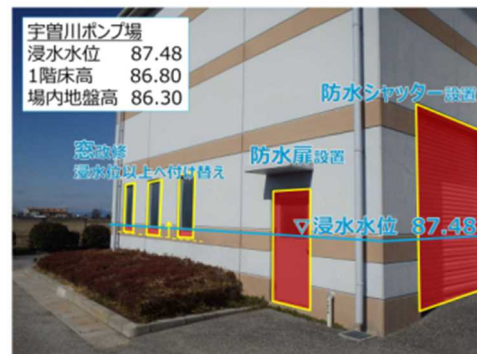


図-9 近江中継ポンプ場（上）、宇曾川中継ポンプ場（下）における対策の一部

