

大規模浸水に対応した下水処理場の耐水化対策計画

(株)東京設計事務所 遠藤圭吾

近年頻発する豪雨によって家屋や公共施設の浸水被害が全国的に相次いでおり、今後も豪雨による災害の激甚化が続くことが想定される。下水道施設が浸水により機能停止した場合、市民生活に多大な影響が生じるため、国は下水道施設の耐水化を要請している。

本稿で紹介する自治体（以下、A 市）の下水処理場は、浸水深 3～5m の浸水予想範囲に位置しており、大規模浸水に対応した耐水化計画を策定するための事前検討を行った。

本稿では、A 市の事例における耐水化計画の検討の流れと、採用案である下水処理場の外周に耐水壁を設置する手法についての検討事例を報告するものである。

Key Words : 耐水化計画、浸水対策、耐水壁、災害対策

1. はじめに

分流式を採用している A 市は令和元年度末時点で 2,292ha の整備が完了しており、下水処理場 1 箇所、汚水中継ポンプ場 1 箇所を有する。A 市下水処理場は現有能力 33,375m³/日の処理場で、周囲を 2 本の河川に挟まれており、洪水浸水想定区域図（以下、ハザードマップ）では浸水深 3～5m の浸水想定区域に位置する。また、管理・水処理施設と汚泥処理施設は道路で分断されており、道路下を管廊でつなぐ施設配置となっている（図－1）。

現状の処理場施設高は過去の浸水実績に基づいて設定しており、最新のハザードマップの浸水深では浸水の恐れがある。また、令和 2 年の国土交通省運用事務連絡により、下水道施設に対して表－1 に示す対応が求められている。その他、近隣に建設予定の公共施設は、最新の浸水想定（ハザードマップの最大値 5m）へ対応した施設として工事中である。



図－1 A 市下水処理場周辺図

表－1 国土交通省運用事務連絡の内容

令和3年度まで	耐水化計画の策定
短期計画 (5年程度)	揚水機能の確保 (主ポンプ等の耐水化)
中期計画 (5～10年程度)	沈殿機能の確保 (余剰汚泥ポンプ等の耐水化)

本稿は、A 市下水処理場における洪水時の水処理・汚泥処理機能の確保を目的とし、耐水化計画を策定するための事前検討の流れについてとりまとめたものである。

2. 対策浸水深の設定

2.1 浸水深情報の収集・整理

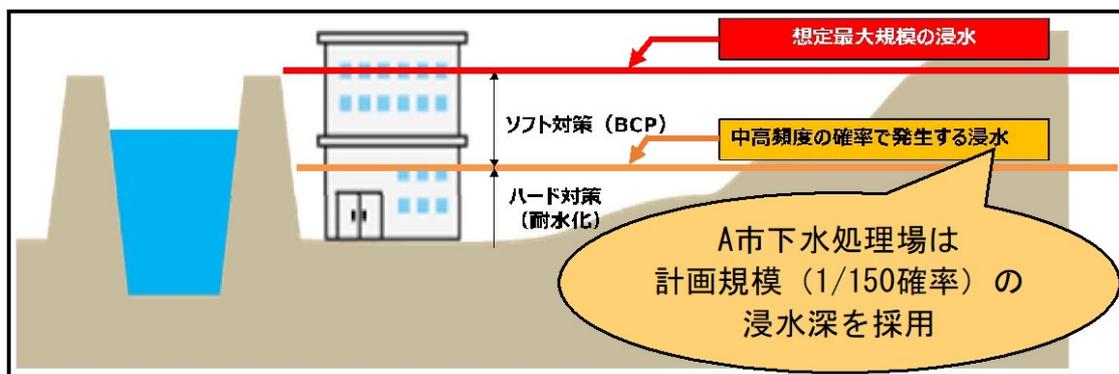
浸水対策を検討するにあたり、まず対策浸水深（ハード対策を行う浸水深）を設定した。

対策浸水深は、洪水・内水・津波・高潮のうち最も大きい浸水深の採用が求められており、今回は洪水の浸水深が最も大きな浸水深であった。洪水の浸水深を対策浸水深とする場合、「中高頻度の確率（1/30～1/80 程度）で発生する河川氾濫等を想定して設定することを基本とする（国土交通省運用事務連絡）」が、A 市下水処理場の近隣に存在する各河川のハザードマップで公表中のものに「中高頻度の確率」はなく、最も近い規模の計画規模降雨は 1/150 確率の降雨であった。

ここで、今回は中高頻度の確率より大規模な降雨を対象とするにあたり、対象施設の重要性とリスクの大きさを踏まえる必要があることから、下水処理場が被災した場合のリスクを以下に整理した。

- 代替施設が存在しないため、A 市の汚水処理が非常に困難となる。
- A 市の主要な居住地は浸水区域外であり、汚水処理が停止するリスクが大きい。
- 最低限の水処理機能に限定しても、応急復旧に多大な費用と時間を要する（3.1 にて詳述）。
- 放流口より下流に浄水場の取水口が存在するため、放流水質の悪化の影響が大きい。

以上の状況を考慮して、今回は中高頻度の確率より規模が大きい、計画規模降雨時に発生する洪水浸水深を対策浸水深に設定する方針が妥当であると判断した（図－2）。



図－2 対策浸水深模式図

なお、下水処理場に隣接して建設中の公共施設も最新の浸水想定へ対策済の施設となることから、下水処理場においても同規模の浸水への確実な対策が求められた。

この方針のもと、下水処理場が浸水する可能性のある、複数の河川の計画規模降雨時の洪水ハザードマップを収集・比較し、最も大きい浸水深（3.0～5.0m）であるハザードマップを採用して検討を進めた。

2.2 浸水深データの詳細分析・対策浸水深の決定

前述したハザードマップの浸水深は 2m ピッチで区分されており、同じ着色の範囲内でも、実際には浸水深に大きな差があることが想定された。対策浸水深の決定にハザードマップの最大値をそのまま用いると、対策の規模が過大となる恐れがあるため、当地での詳細な浸水深を把握する必要があった。そのため、河川事務所より、浸水深を 0.1m ピッチで区分した 5m メッシュデータを入手し、下水処理場の詳細な浸水深を分析した。しかし、入手したデータの浸水深はメッシュごとに大きく異なっており、そのままでは対策浸水深の決定が困難であった。

各メッシュで浸水深データが大きく異なる理由として、レーザーを用いた航空測量で施設等の上面の高さを標高として記録し、そこから浸水深を算定している可能性が考えられた。このため、各メッシュの浸水深と標高のデータを足し合わせて浸水位を算出した

(図-3)。

その結果、場内の浸水位がほぼ一定であることを確認できたことから、算出した浸水位の最大値と場内の計画地盤高の差を対策浸水深として、今回の対策浸水深を計画地盤高から 4.3m に設定した。

3. 浸水対策手法の検討

3.1 浸水による被害の規模

設定した対策浸水深に対する対策手法の検討に先立ち、浸水発生時のリスクの大きさを詳細に確認するため、施設が浸水した後に復旧を行うケースを検討した。

対策浸水深 4.3m 以下にある全ての機器が浸水することを想定して、水処理機能を担う主要な機器の復旧に要する費用と期間を、過去の設計書等を用いて試算した。結果として、水処理機能の復旧に絞っても、復旧に必要な費用が約 68 億円、期間が約 2 年間となった。

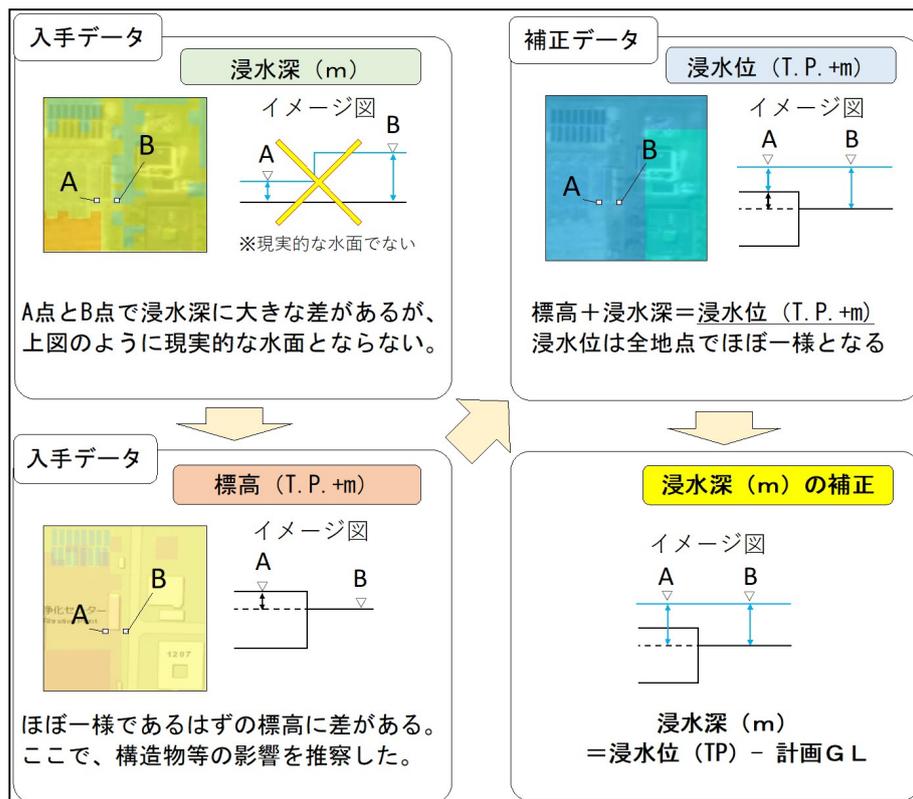


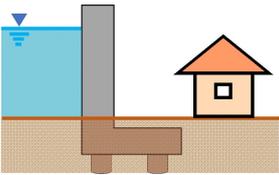
図-3 メッシュデータ補正経緯

復旧が完了するまでの 2 年間、機能停止することを許容できないため、効果的な対策手法について次項に示す 3 つの手法を比較・検討した。

3.2 浸水対策手法の比較検討

4.3m の浸水対策を検討するにあたり、表 2 に示す 3 つの手法を比較した。

表 2 対策手法の比較表

項目	下水処理場全体を移転	施設ごとに耐水化を実施	敷地周囲に耐水壁を設置
対策イメージ			
概算工事費 (税抜き)	約198億円 (既設撤去等含まず)	約48億円 (優先した施設) 約64億円 (全施設)	約47億円
設計～工事完了期間	18年以上 (既設撤去等含まず)	10年以上	5年以上
総合評価	×	△	○【採用】

最も確実な耐水化手法として、浸水想定区域外への下水処理場の移転が挙げられる。しかし、移転用地の取得、幹線ルートやポンプ場位置の再編等に莫大な費用がかかるうえ、移転完了・運転開始までに非常に長い期間を要するため、現実的な手法ではない。

次に、水処理において重要な機能を担う施設を確認し、優先順位をつけた段階的な耐水化を検討した。一般的に浸水深 1～2m 程度であれば、重要な施設への早期対策が可能であり、年間事業費の平準化が行えるため有効な手法となる場合が多い。しかし、今回は対策浸水深が非常に大きく、各施設で開口閉塞、二重覆蓋化、水圧を受ける壁の増し打ち等の対策箇所が多く存在するうえ、管廊からの水の回り込み防止対策を複数の施設で行う必要があった。さらに、壁の増し打ちによる荷重の増加により、施設の耐震補強と増し杭が必要となるため、対策完了まで長期間を要することが想定された。

最後に、耐水壁の設置を検討した。この手法は、施設ごとの対策を行う場合と比較して概算工事費が安価であり、施設の運転管理との調整、資材の搬入や施工が容易なため半分程度の期間で施工可能である。また、耐水扉等の弱点となり得る箇所が少なく、より確実な耐水化が可能なることから、今回の対策手法として耐水壁の設置を採用した。

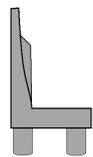
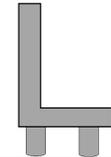
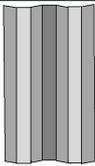
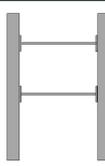
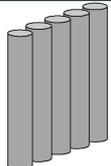
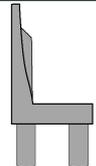
4. 耐水壁による浸水対策

4.1 耐水壁の仕様

耐水壁は耐震性能を有することが求められ、また、特殊かつ不規則な敷地形状に合わせた施工を想定して、断面形状が変更可能であることが望ましい。ここで、地盤条件によっては地下水の回り込みへの対策を要するが、今回は不透水層が浅部に存在したため対策が不要であった。

前記の条件に基づき、複数の耐水壁の構造を比較・検討した結果、施工性や経済性の面から、今回は現場打ちコンクリート造の L 型擁壁を採用した（表-3）。

表-3 耐水壁の構造比較表

項目	L型擁壁(二次製品)	L型擁壁(現場打ち)	鋼矢板	二重締め切り鋼矢板	PC矢板・鋼管矢板	ハイブリッド防潮堤
形状						
水の回り込み	当該地の地表面付近に約5mの不透水層が存在するため、水の回り込みを考慮する必要はない。					
水圧への対応可否	対応可能(懸念有) (△)	対応可能 (○)	対応不可 (×)	対応可能 (○)	対応可能 (○)	対応可能 (○)
耐震構造化の可否	可能 (○)	可能 (○)	/	不可 (×)	不可 (△)	可能 (○)
施工の融通性	形状の変更が困難 (△)	形状の変更可能 (○)	/	/	大型重機が必須 (△)	形状の変更が困難 (△)
施工工期	約36ヶ月 (△)	約36ヶ月 (△)	/	/	約24ヶ月 (○)	約19ヶ月 (○)
経済性	比較的安価 (○)	比較的安価 (○)	/	/	比較的高価 (△)	比較的高価 (△)
総合評価	△	○【採用】	×	×	△	△

4.2 耐水壁の施工法

A 市の方針として、管理・水処理施設側に先行着手することを決定しており、管理・水処理施設側の対策例を以下に示す。

前項で決定した L 型擁壁の設置範囲で、複数の既存施設が干渉しており施工が困難と予想された（表-4、図-4）。以下に、図表に示す①～③の施工難箇所について列記する。

- ①ポンプ棟は、道路と隣接しているため、今後予定されている耐震化工事と合わせて外壁を改造し、耐水壁の一部として活用する計画とした。
- ②放流渠の本体と耐水壁の杭が干渉する箇所は、耐水壁の線形を敷地境界に沿った形から見直し、杭スパンを調整することで干渉を回避した。
- ③耐水壁の杭は安価で施工性の良いプレボーリング杭を想定していたが、上空に高圧線があり、施工できない箇所があった。そこで、小型重機で施工可能な回転杭を部分的に採用し、工法を使い分ける計画とした。

表-4 施工における制約

施工の制約一覧表			
項目	①ポンプ棟	②放流渠	③高圧線
現況			
制約内容	敷地境界と隣接	放流渠と耐水壁の杭の干渉	大型重機の使用制限有り
対策方法	外壁を耐水壁に改造	耐水壁の線形と杭スパンの見直し	回転杭を使用(小型重機で施工可)

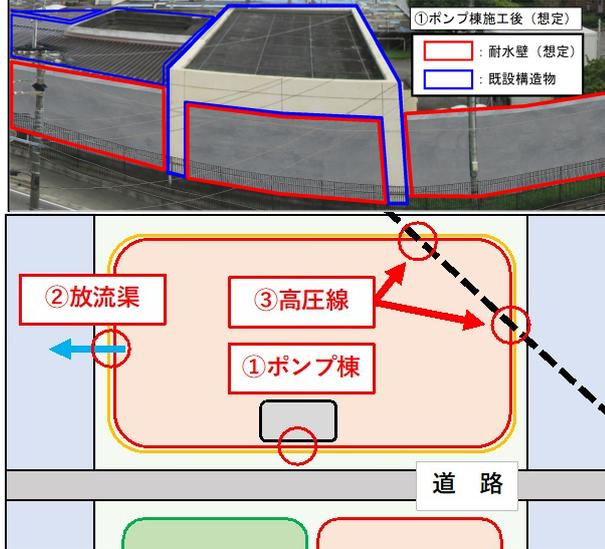


図-4 既存施設の干渉箇所

そこで、小型重機で施工可能な回転杭を部分的に採用し、工法を使い分ける計画とした。

また、耐水壁築造後の維持管理用の出入口は、維持管理性を低下させないために、既設の門の外側に防水扉を設置して常時開で使用する計画とした。

一方で、将来の増設工事に必要となる工事車両用の通路（幅員 10m）は、防水扉とすると開閉に長時間が必要であり（手動 50 分、電動 15 分）、洪水発生時の操作に危険が生じると想定された。そこで、スロープを用いた通路のかさ上げと、小型の浮力自動起伏式止水板で対応する方針とした（図-5）。

5. まとめ・今後への提言

本検討では、耐水化計画策定の事前検討として、4.3m という大規模な浸水深

に対して複数の耐水化手法を検討し、費用・工期の両面で優れた、耐水壁による対策を採用することで、比較的早期に耐水化が達成可能な計画を提案することができた。

今後は、計画策定に向けて以下の事項を検討する必要がある。

- 汚泥処理施設側の耐水化完了までの期間に必要となる減災対策
- 不透水層が処理場周辺の広範囲に存在することの確認
- 地下水の回り込みが発生する場合には施設へ生じる浮力の検討
- 洪水発生時の処理水、場内雨水を強制排水するポンプの設置
- 流入ポンプ施設の流入ゲート、流入管が浸水時の外水圧に耐えうるかのチェック
- 浸水時の運転方法の整理および BCP との連携

なお、A 市下水処理場は、汚泥処理施設側を含めた全施設の耐水化完了までに、概ね下表に示す期間を予定している（表-5）。

表-5 今後の耐水化事業スケジュール（案）

項目		R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	
共通	基本計画	●-----●											
	基本設計	●-----●											
	詳細設計	●-----●											
	耐水壁築造工事	●-----●											
管理・水処理施設側	強制排水施設工事	●-----●											
	耐水壁築造工事	●-----●											
汚泥処理施設側	基本設計	●-----●											
	詳細設計	●-----●											
	耐水壁築造工事	●-----●											
	強制排水施設工事	●-----●											

管理・水処理側
耐水化完了

汚泥処理施設側で
減災対策が必要

全施設で
減災対策が必要

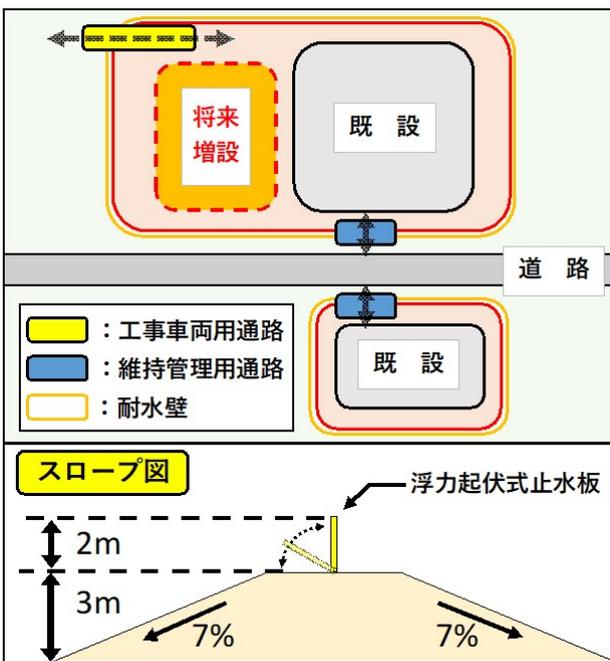


図-5 出入口の検討図