

地下式鉄筋コンクリート造調整池の 浮上リスクとその防止対策の検討について

神奈川県内広域水道企業団

1. はじめに

高度経済成長期以前から、「地下式あるいは半地下式鉄筋コンクリート造の池が工事施工中、偶然強い降雨に遭い、地下水位が上昇し、池は空水であったため浮上した。」という事案が発生しています。その中でも、浮力と重力の関係から、より大型の池が浮上しやすく、大規模水道事業体における事案が多いことは、既知の事例であり、昭和の時代に発刊された事故事例集にも掲載されています。

こうした中、神奈川県内広域水道企業団（以下、「企業団」という。）では、上述のような集中豪雨の影響によって、平成27、29年と、相次いで地下式鉄筋コンクリート造の池の一部が浮上し、躯体に変位を来しました。本稿は、この状況を報知し、企業団の浮上防止対策を紹介するものです。

2. 地下水位上昇による浮上の状況について

平成27年9月8日から翌9日まで、台風第18号と秋雨前線との干渉による集中豪雨の影響で、相模原市において2日間の降水量が219mmとなる大雨が降った結果、地下水位が高まり、耐震補強工事中の相模原浄水場浄水池（有効容量23,000 m^3 ）の躯体の一部に浮力による変位が生じました。

また、平成29年10月22日から同月29日まで、台風第21号及び第22号の通過による大雨のため、同じく耐震補強工事中の相模原浄水場調整池（2）1号池（有効容量20,000 m^3 ）に同様の影響があり

ました。気象台の観測によれば、相模原市中央区では、台風第21号通過時には308.5mm、また第22号通過時には121mmの降雨があり、過去10年間の当月降水量としては最多の記録でした。

この2つの事例では、その後地下水位が通常水位レベルとなった後、池の変位は復元しました。躯体本体には影響はなく、一部損傷した目地等の補修を実施しました。

3. 池空水時の対応について

短期的に空水にする場合と長期に空水にする場合について、次のように整理しました。

（1）短期的な作業で空水にする場合

池の清掃等で短期的に空水にする場合は、長雨の時期を避けることはもちろんのこと、池内の作業現場をよく整理整頓し、降雨の際には施設管理者が予見または監視して、いつでも充水が可能な体制を確立しておくことが、最も効果的な浮上を防止する対策となります。

（2）耐震補強工事等で長期に空水とする場合

工事等で長期に空水とする場合は、長雨の時期を避けて施工する等の調整が不可能で、短期的な作業と同様の対策が難しいため、施設整備等の対策の検討を行うこととしました。

企業団は浄水池と調整池とを合わせて21ヵ所の施設を管理していることから、まず、その全てについて浮上するリスク評価を実施し、その結果、表1のとおり6段階の浮上リスクに分類しました。リスクレベル①、②、③については客観的条

リスクレベル		
①	地上に設置された構造物	小 浮 上 の 可 能 性 大
②	杭基礎の構造物	
③	周辺より高い地盤に設置された構造物	
④	地下水集水管が設置され、雨水調整池等に排水できる構造物	
⑤	地下水集水管が設置されているが、排水先がない構造物	
⑥	地下水集水管等の対策がされていない構造物	

表1 浮上リスクの評価

件から浮上のリスクはないと判断し、リスクレベル④、⑤、⑥の施設を対象に施設整備等の対策の検討を行うこととしました。なお、本検討には地形・地質を考慮した雨水集水量や地下水位上昇の計算等、専門的な知見が必要なため、建設コンサルタントと協働することとしました。

4. 浮上対策の検討について

(1) 地下水位上昇のメカニズム

企業団の地下式浄水池・調整池は、地質的には

不透水層である関東ローム層に囲まれているにもかかわらず、降雨により地下水位が上昇し、池が浮上しました。そこで、浮上するメカニズムとして、雨水が表土～埋戻し土～砕石基礎の経路から池周辺に浸透し地下水位が上昇したと推定し、図1のようなモデルを設定しました。地下水位の上昇は、降雨による集水量が埋戻し土の体積を満たすことによって生じることとなります。

(2) 浮上対策の必要性の判定

企業団の浄水池・調整池について次の検討を行い、浮上対策の必要性等について判定を行いました。

①水位の計算

- ・周辺地質・地形等を考慮し、周辺地下水位の上限值を設定
- ・空水時に浮上する恐れのある地下水位の計算
- ・地下水位上昇時に浮上しないために必要な池内水位の計算

②降雨時の集水量の算出

- ・池が浮上した事例から短期的に強く降る雨ではなく、数日間の長雨が浮上の原因であると考え、降雨としては過去5年間で最も連続累積降雨量が多いケースを採用
- ・池空水時に長雨があっても浮上が生じなかった過去の事例を参考に、実情に即した集水面積と浸透係数を設定

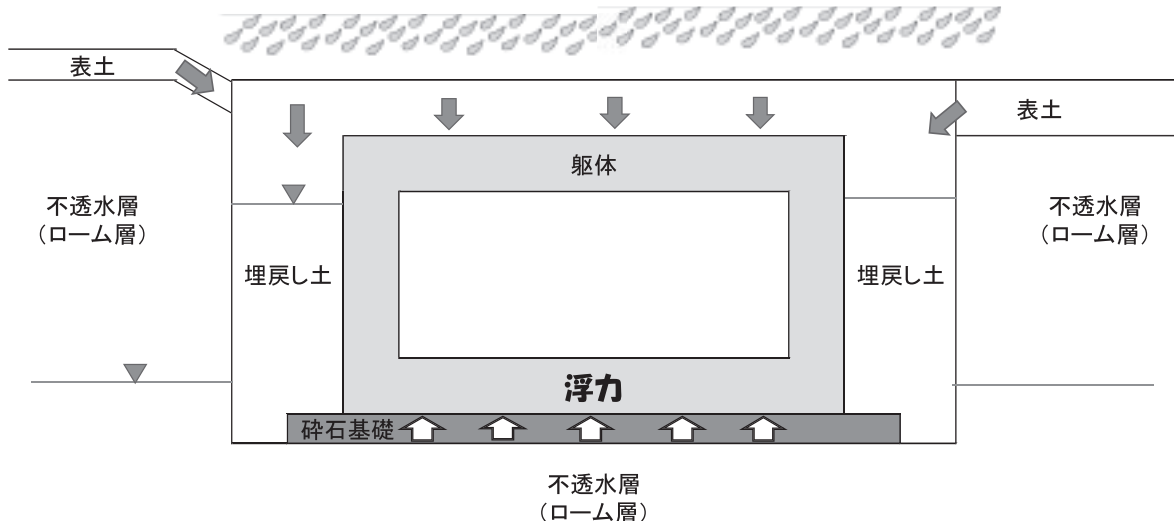


図1 地下水位上昇のメカニズム

③既存地下水排水施設の排水能力の確認

- ・透水管等の既設の地下水排水施設の能力を評価し、長雨時の集水量を排水できるかを確認

④浮上対策案の検討

- ・地下水排水施設が設置されていない、または、排水施設能力が集水量を下回る場合には、施設整備による浮上対策案を検討

- ・排水施設能力が集水量を上回るが、自然流下で排水できない場合には、工事等の空水時に集水桝に仮設ポンプを設置して排水

また、水位の計算により、通常運用時の池内水位においては地下水位が上昇しても池が浮上しない結果となったので、浮上リスクが発生するのは工事等で池を空水とするときに限定されることが明らかとなりました。よって、排水施設は設置されているが自然流下で排水できない場合には、常設のポンプは不要であり、空水時のみ仮設排水ポンプを設置することとしました。

上記の①から④の検討

を行い、図2の検討フローのとおり、各池が「浮上対策が不要」、「仮設排水ポンプでの対応」、「施設整備が必要」の3タイプのいずれに該当するか

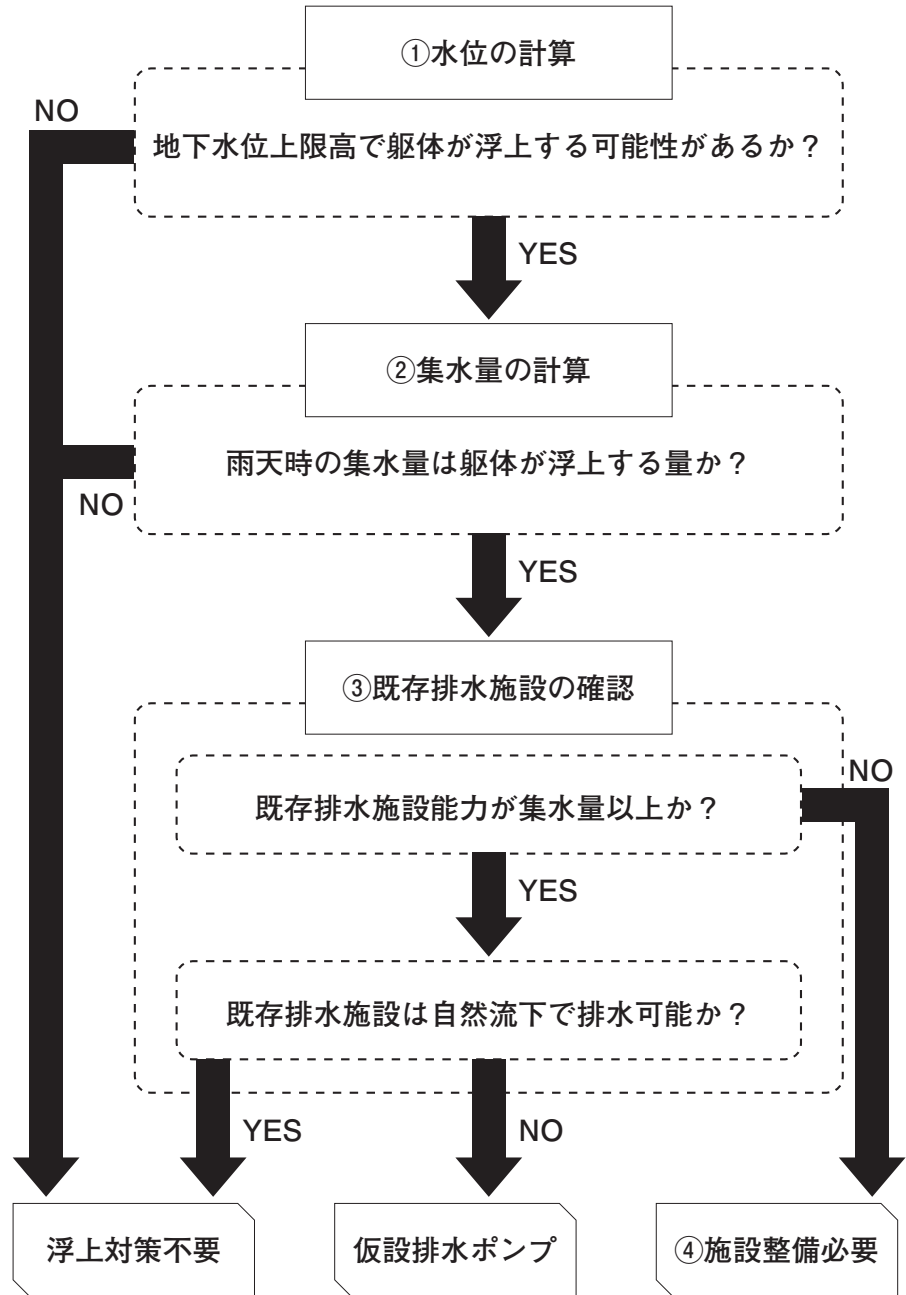


図2 検討フロー

表2 判定の結果

判定	浮上対策不要	仮設排水ポンプ	施設整備必要	合計
池数	14	4	3	21

を判定し、その結果は表2のとおりとなりました。

表3 浮上対策案の比較検討

浮上対策案	直接的な対策			間接的な対策
	重量増加	排水施設の増強	躯体の固定	周辺土砂の改良
工法	・コンクリート増し打ち等による重量増加	・排水施設設置	・底版からグラウンドアンカーを打設	・埋戻し土置き換え ・地盤改良
概要	・躯体の重量を増して、浮力に抵抗する	・浮上地下水水位以下に集水管を設置する	・物理的に躯体を固定する	・雨水が浸透しないように地盤改良する
評価	・構造が変わるので、構造計算をやり直す必要がある ×	・排水は仮設ポンプとし、現実的な工事費で施工が可能 ○	・工事費が高価となり、現実的でない ×	・工事費が高価となり、現実的でない ×

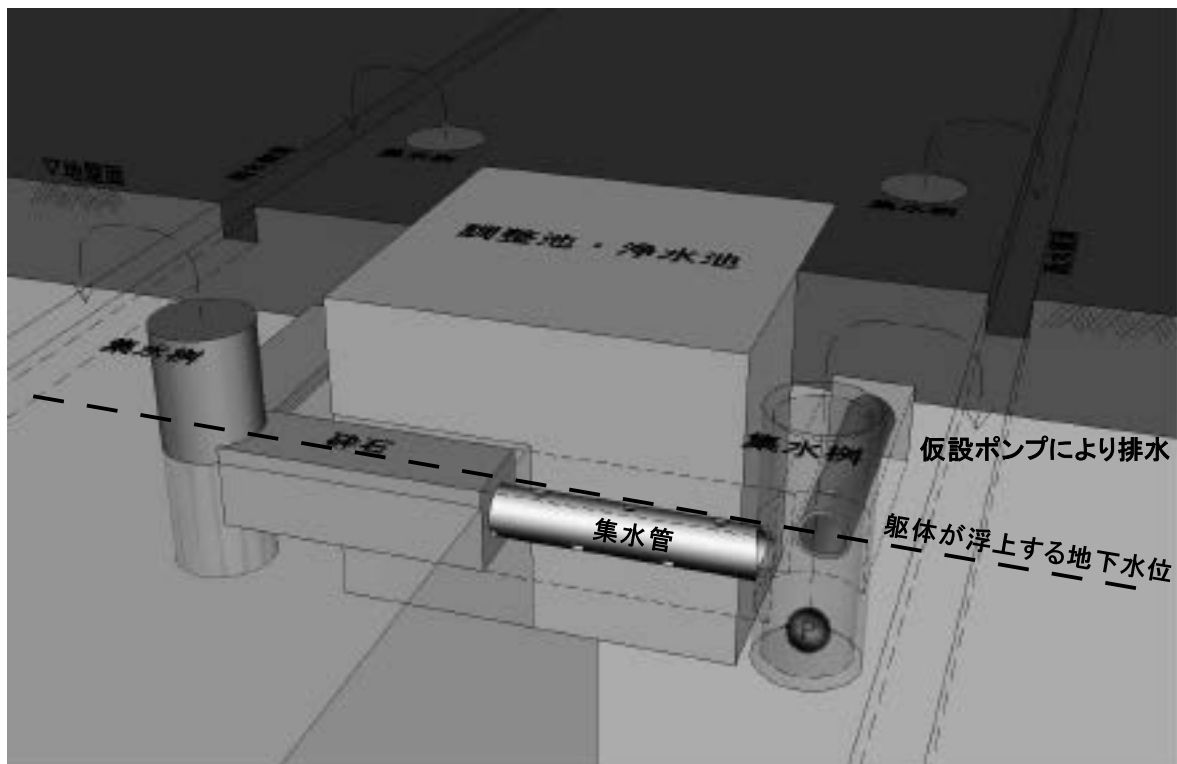


図3 浮上対策案イメージ図

(4) 施設整備の検討

施設整備が必要と判定された3つの池について、表3のとおり浮上対策案の比較検討を行いました。その結果、費用対効果を念頭にし、現実的な工事費で施工が可能なる「地下水集水管」と「仮設排水ポンプ」を組み合わせる案を採用することとしました。

以上のとおり施設整備の方針を決定しました。今後は、3つの対象施設について、個別に詳細設計を進めていきます。

5. おわりに

本稿では、企業団で取り組んでいる空水時における浄水池・調整池の浮上防止対策の事例を紹介しました。工事・清掃等のために池を空水にすることは水道事業体において欠かせない作業ですが、巨大なコンクリート構造物も地下水水位の上昇により浮上するリスクがあることを認識しておくことが肝要です。本稿が、今後の水道施設の適切な維持管理の一助になれば幸いです。