

## 狭隘な用地における配水池の更新設計事例

(株)日水コン 清田 政幸

K 市の O 配水池は施設の老朽化が著しいこと、1 池のため維持管理に支障があることなどから更新する計画となっている。本稿では O 配水池の更新設計における検討事例を報告する。まず、既設の有効容量は 7,000m<sup>3</sup> であるが、水需要の見通しから 5,000m<sup>3</sup> へ見直す計画とした。次に、更新工事における配水池の構造や規模の違いにより、土工や仮設の要否が異なるため、これら一連の更新工事について複数案設定し、総合的な視点から比較検討して最適案を選定した。その結果、更新後の配水池の構造は PC、容量は 3,000m<sup>3</sup>、2,000m<sup>3</sup> の 2 池に分割することが、経済性、及び給水安定性の面において最も優れる結果となった。

**Key Words** : 配水池、ダウンサイジング、段階施工、応急給水拠点

### 1. はじめに

近年、拡張期に建設された構造物の老朽化が進行しており、更新、もしくは延命化といった選択を迫られている状況が増えている。また、配水池については、水道システムにおける平常時の送水量と配水量の時間変動調整機能、地震を代表とする非常時における応急給水機能、さらには他の配水池との相互融通機能など、その役割は時代の変化とともに一層重要になっており、需要者への安定した浄水の供給を維持するためには、配水池の健全度を確保しつつ、これらの機能を有したものとする必要がある。

一方、配水池に限らず、水道施設は十分な更新スペースが用意されていない状況も多く、断水が許されない中、限られた用地の中で施工方法を考えなければいけない。さらに、近年の水需要の減少により、配水区域の変更がなければ、建設当初の容量は過大である場合も見られるため、適正な容量の検討を行い、経済性にも配慮した設計が必要である。

本稿では、上記の状況を抱える K 市 O 配水池の更新について、基本設計から詳細設計に携わる中で検討した点について整理し、今後、増えてくることが予想される配水池の更新設計への一助となるべく事例報告するものである。

### 2. O 配水池の概要

#### 2-1 O 配水池の諸元

O 配水池の位置図を図-1 に、施設諸元を表-1 に示す。O 配水池は図に示すように K 市給水区域の東部に位置しており、当該給水区域の基幹的な配水施設となっている。

#### 2-2 現状の課題

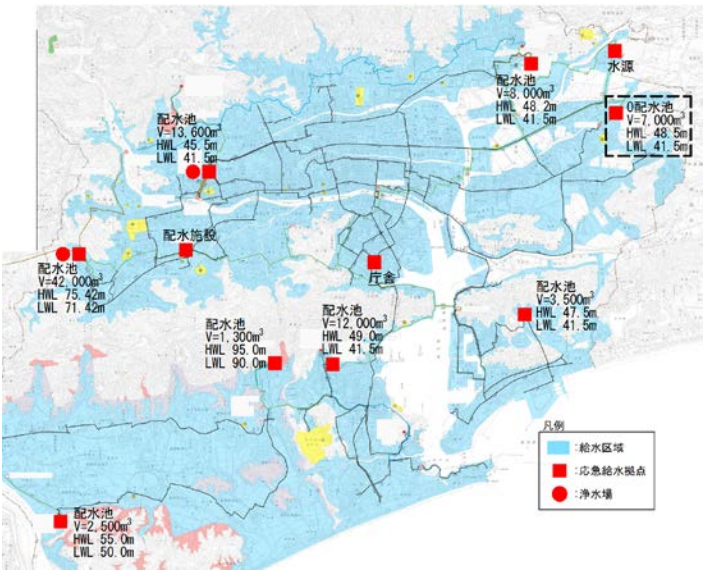
O 配水池の課題は以下の通りである。

- ・供用開始から 40 年以上が経過しており、経年劣化が見られる。
- ・耐震性の不足が指摘されている。
- ・1 池構造で池内を空にできないため、維持管理に支障が生じている。
- ・応急給水拠点に指定されているが、緊急遮断弁が設置されていない。
- ・配水区域の需要が竣工当初と比べて減少しており、容量が過大である。

2－3 更新における前提条件

2－2 に示した課題に対する改善方策に加え、更新工事にあたっては次の制約条件が示された。

- ・2 池化にあたり、施工期間及び工事費を縮減したい方針から、2 池構造と比べて施工期間及び工事費が小さい 1 池構造を、2 池建設する条件である。
- ・K 市では給水区域内の基幹配水池の水位を合わせており、いずれかの配水池が運転不可となった場合でも、他の配水池で融通できるような配水システムの整備を進めているため、O 配水池の更新にあたっては、現況から水位は変更しない条件である。
- ・断水工事は不可であること、用地境界は現況と同じである。



図－1 K 市給水区域図及び施設位置図

表－1 既設配水池の施設諸元及び更新における前提条件

|        | 既設（1975 年竣工）                                  | 更新における前提条件                           |
|--------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|
| 池数     | 1 池                                           | 2 池（1 池構造×2 池）                       |
| 有効容量   | 7,000m3                                       | 今回検討事項                               |
| 構造     | PC 造                                          | 今回検討事項                               |
| 水位及び標高 | HWL+48.0m LWL+41.5m GL+43.0m<br>（運転水位：+46.5m） | HWL+48.0m LWL+41.5m<br>（運転水位：+46.5m） |
| 配水方式   | 自然流下式                                         | 自然流下式                                |
| 応急給水拠点 | －                                             | 応急給水拠点の位置づけ(緊急遮断弁の設置)                |
| 断水工事   | －                                             | 不可                                   |
| 用地境界   | －                                             | 現況と同じ                                |

3. 施設計画

3－1 容量の見直し

既設配水池の容量は 7,000m3 であるが、更新にあたり、O 配水区域の実績一日最大給水量、及び別途実施された水需要予測結果から、更新後の配水池容量を検討した。図－2 に示すように、直近 10 ヶ年における O 配水区域の水需要は増減を繰り返しているが、別途実施された水需要予測結果によれば、将来の需要は減少傾向に転じる見込みとなっている。

また、配水区域の見直しや大規模な開発も計画されていないため、少なくとも直近の実績値を計画値とすれば将来の需要を満足すると判断し、平成 26 年度の実績値である 9,400m<sup>3</sup>/日を計画値とした。

配水池の容量は、日本水道協会の「水道施設設計指針」に示されている計画一日最大給水量の 12 時間分に、消火用水を加算して（給水区域内人口は平成 26 年度時点で約 25,000 人であるため、指針に準じて消火用水量を加算）以下の通り 5,000m<sup>3</sup> とした。

配水池容量＝12 時間水量 4,700m<sup>3</sup>＋消火用水量 200m<sup>3</sup>＝4,900m<sup>3</sup> →5,000m<sup>3</sup>

### 3-2 更新方法の検討

前項までに、容量 5,000m<sup>3</sup>、2 池で更新することが決まっているが、主要な設計諸元である各池の規模、構造の決定にあたっては、更新後の配水池の構造、規模、施工ステップにより仮設や造成の違いが生じるため、各池の規模及び構造について候補を抽出、それらを組み合わせた一連の更新工事について複数案を設定、総合的な視点から比較検討し、最適案を選定することで設計諸元を決定することとした。

#### 1) 各池の規模

各池の規模については、維持管理上の観点から 5,000m<sup>3</sup> を等分割して 2,500m<sup>3</sup>×2 池とするのが 1 案として挙げられる。この場合、図-3 に示す現況の O 配水池の配置を考慮すると、2,500m<sup>3</sup>×2 池に分割して配置した場合、既設配水池に接触するため、空いた用地内では 1 池（以下、2 号配水池と称す。）を建設することができず、仮設タンクを設置する必要がある。〔更新後の配水池の形状は 2〕に示す理由から円形としている。〕一方、空いた用地内で建設可能な容量は 2,000m<sup>3</sup> であったため、これを初めに建設、運転を切り替えた後に既設を撤去し、3,000m<sup>3</sup>（以下、1 号配水池と称す。）を建設すれば仮設費を不要とすることができる。以上より、各池の規模は「2,500m<sup>3</sup>×2 池」、「3,000m<sup>3</sup>×1 池、2,000m<sup>3</sup>×1 池」の 2 案を候補として挙げた。ここで、今回の有効容量の設定では水道施設設計指針をもとに 5,000m<sup>3</sup> としているが、1 号池と 2 号池の容量比を変えた場合、より小さい配水池で機能を満足できるか確認することを目的として、時間変動調整容量と非常時対応容量について検証した。

#### (1) 時間変動調整容量

時間変動調整容量は、図-4 に示す実績時間配水量をもとに、時間平均配水量 388.6m<sup>3</sup>/時を上回る 8 時から 23 時までの配水量の合計値とし（面積法）、1,300m<sup>3</sup> となった。つまり容量が小さい 2 号配水池（2,000m<sup>3</sup>）のみで時間変動調整容量を満足することを確認した。

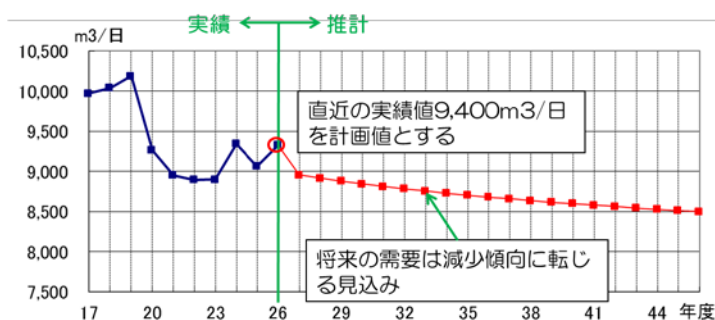


図-2 O 配水池の一日最大給水量の推計結果

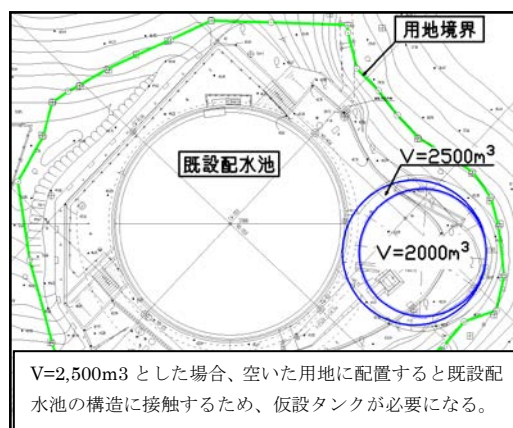


図-3 既設配水池と 2 号配水池の配置

(2) 非常時対応容量

非常時対応容量は、O 配水池の給水区域内人口、及び表－2 に示す応急給水等の目標設定例（厚生労働省の「水道の耐震化計画策定指針」より）をもとに検証する。ここで、配水池容量は、最も容量が小さくなる 2 号配水池（2,000m<sup>3</sup> とした場合）を応急給水拠点とした場合における貯留量の検証を行った。表－2 によれば、地震発生から 3 日までは運搬給水、7 日までは配水本管を使用した仮設給水を想定しているため、少なくとも 3 日までの応急給水量を貯留していれば、応急給水拠点としての機能は果たせると考えた。O 配水池の運転水位は実績より 5m であるため、このとき、

貯留量＝2,000m<sup>3</sup>×5/6.5（実運転水位/有効水深）＝1,540m<sup>3</sup>

応急給水量＝応急給水量原単位（3L×3 日）×給水区域内人口（25,000 人）＝225m<sup>3</sup>

となり、貯留量は 3 日分の応急給水量を上回ることがわかった。

以上より、配水池の規模は、2,500m<sup>3</sup>×2 池とする他、3,000m<sup>3</sup>×1 池、2,000m<sup>3</sup>×1 池とする案も成立することを確認した。

2) 構造の検討（施工ステップの検討）

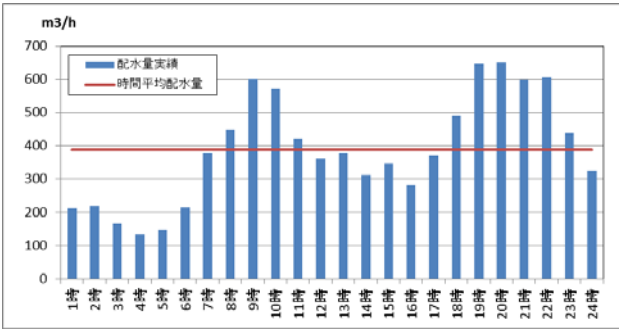
構造については RC、PC、SUS（円形、矩形）、SS、FRP が選択肢として考えられるが、O 配水池の規模や深さを考えると経済性や機能面で PC もしくは SUS 円形が現実的と判断した。ここで、O 配水池は更新後も現況と同じ水位とする必要があるが、SUS とした場合、埋設出来ないことから場内の GL を下げる必要があり、大量の残土処分発生が見込まれる。

一方、PC とした場合は埋設が可能であり、残土処分量を低減することが可能であるため、ここでは PC とした場合において極力残土処分量を低減できるような施工ステップの検討を行った。施工ステップの検討にあたっては、残土処分量を低減することを目的として掘削により発生した土の仮置き、埋戻しを考慮した施工ステップの検討を行った。なお、1) に示すように 2 池の規模については 2 案が示されているが、ここでは 3,000m<sup>3</sup>×1 池、2,000m<sup>3</sup>×1 池の場合の検討結果をもとに作成した施工ステップ図、及び各ステップにおける土量収支を図－5、図－6 に示す。なお、紙面の都合上、ステップは大きく 3 ステップに集約して示す。

**STEP-1:** 空いた用地内において 2 号配水池の施工ヤードを造成→施工ヤード造成に伴い発生した残土を大型土のうに詰め既存用地内に仮置き→2 号配水池を建設

**STEP-2:** 2 号配水池周辺を埋戻す→2 号配水池に運転を切り替え→既設配水池を撤去

**STEP-3:** 1 号配水池を建設、緊急遮断弁を設置→場内での車輛の移動、応急給水設備保管倉庫のためにさらに掘削→埋戻し、土羽形成、場内整備



図－4 O 配水池 実績時間配水量

表－2 応急給水量等の目標設定例

| 地震発生からの日数 | 目標水量              | 住民の水の運搬距離（都市部の例） | 主な給水方法                                             | 備考（水用途）      |
|-----------|-------------------|------------------|----------------------------------------------------|--------------|
| 地震発生～3日まで | 3ℓ/人・日            | 概ね1km以内          | 拠点給水（耐震性貯水槽等）、運搬給水を行う。                             | 飲料等          |
| 7日        | 20～30ℓ/人・日        | 概ね250m以内         | 配水本管付近の消化栓等に仮設給水栓を設置して仮設給水を行う。                     | 飲料、水洗トイレ、洗面等 |
| 14日       | 被災前給水量（約250ℓ/人・日） | 概ね10m以内          | 宅内給水装置の破損により断水している家屋等において仮設給水栓および共用線等を設置して仮設給水を行う。 |              |

以上の施工ステップにより、PC 造とした場合の残土処分量は約 160m<sup>3</sup> となった。なお、SUS 製とした場合、場内の GL を +43.0m から +40.8m まで下げると、残土処分量は約 5,000m<sup>3</sup> になる見通しであった。

### 3) 最適案の選定（構造、規模の決定）

最適な構造及び規模を選定するために、1) ～ 2) で検討した各池の規模と構造の組み合わせについて、表-3に示す 3 ケースについて複数の視点から比較を行った。各ケースにおいては更新後の配水池の規模や構造が異なることから、配水池に関するイニシャルコスト及びランニングコストの差が生じているが、ケース 3 では仮設タンク及び造成費が抑えられることにより、トータルコストとしては最も安価になった。

また、ケース 2、3 では仮設による運用を不要とする他、副次的な効果ではあるが、1 号配水池の容量をより大きくすることで応急給水量を増加することもでき、2,500m<sup>3</sup> で等分割するよりも、給水の安定性という面でメリットが多く見られた。ケース選定にあたっては、K 市が重視する経済性及び給水安定性に優れるケース 3 が最適であると判断した。

| 単位: m <sup>3</sup> |       |       |       |       |   |           |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|---|-----------|
| 種別                 | STEP1 | STEP2 | STEP3 | 合計    |   |           |
| ①掘削                | 1,176 | 592   | 765   | 2,533 | ⇒ | 2,533 発生土 |
| ②埋戻・盛土             | 0     | 333   | 2,042 | 2,376 | ⇒ | 2,376 埋戻土 |
| ③仮置き土              | 1,176 | 1,435 | 0     | —     |   |           |
| ④残土処分              | 0     | 0     | 157   | 157   |   | 157 残土処分量 |

図-5 造成に伴う土量収支

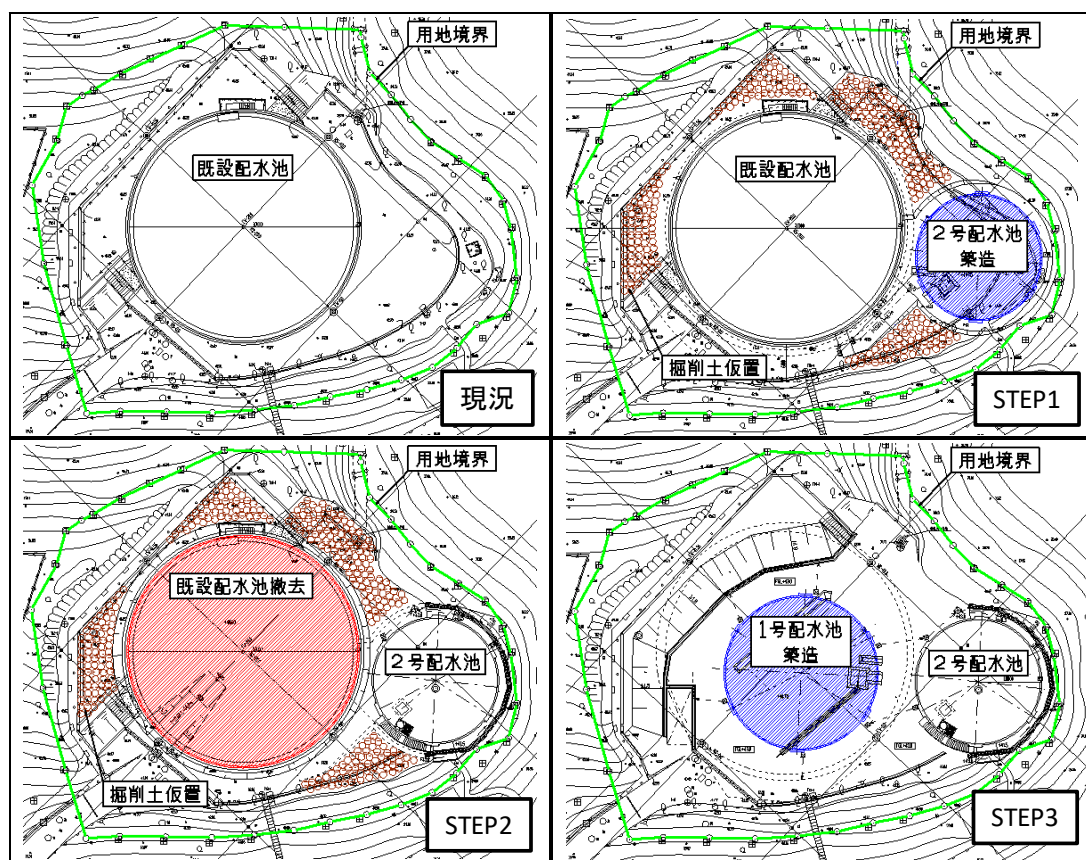
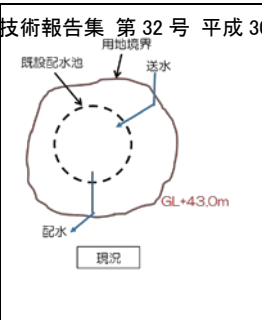
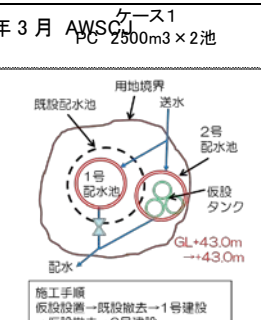
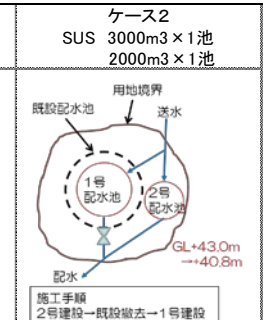
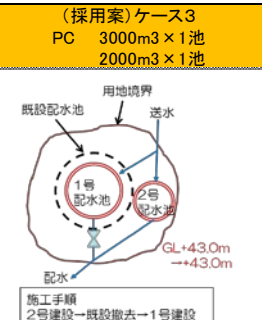


図-6 施工ステップ図（既設 7,000m<sup>3</sup> 1号配水池 PC3,000m<sup>3</sup> 2号配水池 PC2,000m<sup>3</sup>）

表－3 各ケースの比較表

| 技術報告集 第32号 平成30年3月                                                                |            | AWS                                                                               | ケース1<br>PC 2500m3×2池                                                               | ケース2<br>SUS 3000m3×1池<br>2000m3×1池                                                  | (採用案)ケース3<br>PC 3000m3×1池<br>2000m3×1池 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|  |            |  |  |  |                                        |
| 経済性<br>(百万円)                                                                      | イニシャル      | タンク本体                                                                             | 290                                                                                | 410                                                                                 | 270                                    |
|                                                                                   |            | 仮設タンク                                                                             | 50                                                                                 | 0                                                                                   | 0                                      |
|                                                                                   |            | 造成                                                                                | 10                                                                                 | 50                                                                                  | 10                                     |
|                                                                                   |            | その他                                                                               | 290                                                                                | 290                                                                                 | 290                                    |
|                                                                                   | ランニング      |                                                                                   | 640                                                                                | 750                                                                                 | 570                                    |
|                                                                                   |            |                                                                                   | 120                                                                                | 40                                                                                  | 120                                    |
| トータルコスト                                                                           |            | 760                                                                               | 790                                                                                | 690                                                                                 |                                        |
| 施工性                                                                               | 施工スペース     | 掘削により発生した土を場内に仮置きするため、比較的施工スペースは確保しづらい                                            | 掘削により発生した土はほとんど処分するため施工スペースは確保しやすい                                                 | 掘削により発生した土を場内に仮置きするため、比較的施工スペースは確保しづらい                                              |                                        |
|                                                                                   | 施工環境       | コンクリート打設時に多くの車輛が通行する。                                                             | 本体築造時は車輛が比較的少ないが、土砂搬出が多いため、多くの車輛が通行する。                                             | コンクリート打設時に多くの車輛が通行する。                                                               |                                        |
|                                                                                   | 施工工期       | 2年3ヶ月                                                                             | 1年6ヶ月                                                                              | 2年                                                                                  |                                        |
| 維持管理性                                                                             |            | 定期的な内面防水塗装の更新が必要                                                                  | 清掃のみ                                                                               | 定期的な内面防水塗装の更新が必要                                                                    |                                        |
| 給水の安定性                                                                            | 仮設タンクの運転期間 | 約1年                                                                               | なし                                                                                 | なし                                                                                  |                                        |
| 緊急性                                                                               | 緊急貯留量      | 1,900m3                                                                           | 2,300m3                                                                            | 2,300m3                                                                             |                                        |

※ランニングコストは60年間における清掃費(11回分)及び塗装費(PCのみ、1回分(K市実績:30年に1回))を見込んでいる。  
 一般的な内面防水塗装の耐用年数は20年であるため、30年後に防水機能を有していないと考えられる。しかし、水道の池状構造物は無塗装でも劣化の進展が遅いとの研究報告もあるため、防水機能を損なっていないと判断した。ただし、清掃や付帯設備の更新、流入した水の水流等によって躯体を傷つけないという目的のもと、塗装更新することとしている。  
 ※1池構造を2池とする前提条件であるため、2槽は比較対象外としている。  
 ※RC配水池は0配水池の容量、水深より経済性、施工性で不利なことから対象外としている。  
 ※イニシャルコストのうち、その他は配管、撤去、設備等の費用を合算したもので、ケースによる差は生じない。

#### 4. まとめ

配水池は自然流下方式が望ましいことから、標高の高い山間部に設置されていることが多く、拡張用地を確保していない限り、十分な更新用地が用意されていない場合が多い。そのような中、今回のように分割する配水池の容量比を変えること、構造の違いによる掘削、埋め戻しを含めた施工ステップを検討することは、狭隘な用地での更新設計において有効な手段の一つ

になると考える。また、配水池の容量比を変えることで仮設による運転期間を不要とし、緊急貯留量を増やせることから給水の安定性という点でもメリットが見られた。ただし、容量比を変える場合、平常時の維持管理を意識して以下の点に注意する必要がある。

- ・小さい容量の配水池において時間変動調整容量を満足する必要がある。
- ・2池の水位変動が同じになるよう、流出入量を調節できるようにする必要がある。(今回は、流入弁の調節により水位変動を合わせる設計とした。)

また、今回に限らず、制約条件が多い中で合理的な配水池の更新設計を行うためには、更新後の配水池の構造や規模といった個々の要素毎に検討するのではなく、(例えば構造のみの比較で構造を決定するのではなく)、施工にあたって発生する仮設や造成といった更新工事一体として検討を行うことが必要になると考えられる。



図－7 0配水池の更新後予想パース

参考文献 水道施設設計指針 2012 (日本水道協会 平成24年)

水道の耐震化計画等策定指針 (厚生労働省 平成27年6月)