

運用の継続を伴う配水池更新の実現に向けた ダウンサイジング等の検討事例

日本水工設計㈱ 樽井 公

我が国における水道施設の多くは高度経済成長期に急速に普及したため、集中的に整備された施設の多くは老朽化が進行しており、いかに耐震化及び更新等の改善を図るかが重要な課題である。一方、人口減少や節水機器の普及による水需要の減少により、施設の改良及び更新に必要な資金調達は困難となっているため、多くの事業者で事業費の抑制が求められる。

本稿では、高度経済成長期に建設され、耐震性能がない I 市の S 配水池のダウンサイジングを考慮（事業費の抑制）した更新の設計事例を紹介する。

Key Words : ダウンサイジング、更新計画、容量検討、配水池材料比較

1. はじめに

水道の基幹施設である配水池は、送水量と配水量の時間変動調整機能、渇水、水質事故、施設の事故、地震災害時の応急給水に一定の時間対応する非常時機能、消火用機能及び他の配水池との相互融通機能など、これらの機能を有したものとする必要がある。

また、水道施設は周辺に住宅地が建設されることで十分な更新スペースが確保されていない状況も多く、運用の継続（断水ができない）や狭い敷地の中で更新の施工方法を検討する必要がある。それに加えて、近年は人口の減少とともに水需要の減少傾向がみられ、配水池建設当初の容量は過大となっている可能性があるため、適正な容量の検討（ダウンサイジング）を行い、事業費の抑制が求められる。

本稿では、上記で挙げた課題（狭い敷地、運用の継続、事業費の抑制）を抱える I 市 S 配水池の更新について、設計事例としてここに紹介する。

2. 対象施設の概要

2. 1 基本情報

施設の基本情報を下記の表 1 に示す。

表 1. 基本情報

項目	容量	住所	竣工	構造	配水方式	給水人口	最大配水量
1 号池	1,200m ³	I 市	昭和 50 年 (1975 年)	RC 半地下	自然 流化方式	19,712 人	6,002m ³ /日
2 号池	800m ³						

2. 2 位置及び周辺状況

S 配水池は丘陵地の上に位置しており、周辺は林野である。建設当時は配水池南側に多くの土地があった。しかし、最近では住宅地の建設が進み、駐車場用地が確保できず、配水池北側にある駐車場を多くの住民が使用している。

配水池の敷地内は狭く、駐車場利用者が多いことから車の出入りも多い



図 1. S 配水池航空写真

2. 3 水源及び他施設との関係

S 配水池は、H 浄水場からのポンプによって、送水 (5,983m³/日) を受けている。また、T 配水場は S 配水区の配水池容量として 500m³を保持しており、常時は閉止しているが緊急時には送水可能である。

S 配水池は、H 浄水場の圧力を吸収するための役割も担っている。よって、H 浄水場からの S 配水区への直配水はできないため、圧力調整の施設、機器が必要である。

(最大静水圧 0.75Mpa を超える)

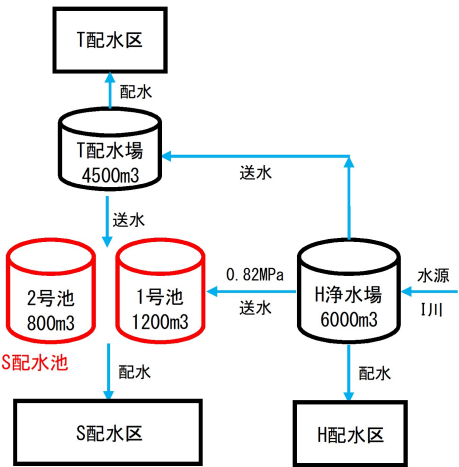


図 2. 水源及び送水関係図

3. 更新計画

3. 1 配水池機能

配水池には大別して次の二つの役割がある。

①は通常時、②は非常時に必要となる機能である。

①時間変動調整容量

一日の水需要は、深夜は少なく朝夕にピークが現れるパターンで変動する。需要水量の時間変動を調整する機能のことである。

②非常時対応容量

余裕をもって貯水しておくことで水質事故、施設事故及び渇水などの際に一定時間対応するとともに地震等の災害時に応急給水を行うことができる機能である。

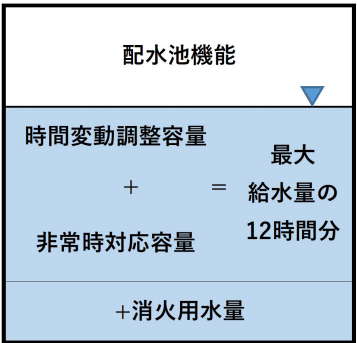


図 3. 配水池機能図

配水池の有効容量は、①時間変動調整容量、②非常時対応容量で計画一日最大給水量の 12 時間分を標準としている。

ただし、消火用水量は配水池が受け持つ計画給水人口が 50,000 人以下のものは原則として消火用水量を別途追加して容量を決定する。特に今回対象施設は丘陵地の上にあるため、消火用水量を含んでおくことは必須である。消火用水量の加算方法は、水道施設設計指針 P435 の表-7.1.1 に基づいて算出する。

3. 2 必要容量の算出

S 配水池の必要容量は以下の通りとなる。

$$\begin{aligned} \text{必要容量} &= \text{一日最大配水量} \div 24\text{h} \times 12\text{h} + \text{消火用水量} \\ &= 6,002\text{m}^3/\text{日} \div 24\text{h} \times 12\text{h} + 200\text{m}^3 = 3,201\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{既設容量 } 2,000\text{m}^3 \leq \text{必要容量 } 3,201\text{m}^3$$

上記で示したように、既設容量では水道施設設計指針で定められている 12 時間分の容量を確保できていないことがわかった。

3. 3 更新検討の課題整理

更新を検討する上で、課題となる事項を整理する。

- ① 断水ができないため、運用の継続が求められる。1 号池（1,200m³）を更新する間は運用が停止するため、2 号池（800m³）の単独運転となる。
- ② 必要容量が既設容量より大きい。1 号池撤去後に新配水池を建設することになるが、敷地がないため、既設容量より大きい配水池の建設が困難である。

3. 4 課題の解決策

課題の解決策として、容量に余裕のある H 浄水場及び T 配水場に依存する方法（S 配水池の必要容量を負担してもらう）を 2 案提案した。

① 減圧井案

S 配水池の必要容量を全て H 浄水場及び T 配水場に負担する方法である。S 配水区は、H 浄水場及び T 配水場からの直配水となるため、減圧井を設置して、最大静水圧 0.75MPa 以下となるようにする。S 配水池の必要容量を含んだ場合、H 浄水場の貯留時間は 12 時間以上を確保できるため、容量不足とはならない。

② ダウンサイジング案

S 配水池の必要容量を一部、H 浄水場及び T 配水場に負担する方法である。S 配水池には、配水池機能の内、常時使用の需要水量に対する時間変動調整容量（1,122m³）と消火用水量（200m³）を確保する。残りの非常時対応容量（1,879m³）は、H 浄水場と T 配水場で確保する。非常事態が起きた場合は、H 浄水場と T 配水場の自家発電機を使用し、応援送水を受ける。

3. 5 更新方法の比較

3. 4 で抽出した案について比較検討を行った。表 2 の通り、減圧井案は建設費が安価であるが、吐き出し量（送水量）が多く、ポンプ更新時のスペックダウン及び送水管の縮径ができないため、経済性でダウンサイジング案より劣る。

よって、経済性で最も優位であるダウンサイジング案を採用した。

表 2. 更新方法の比較表

項目	減圧井案	ダウンサイジング案
概要	・減圧井容量 500m³ ・既存の S 配水区は H 配水区に変更	・容量 1,325m³ (1,322m³丸め) ・非常時対応容量 1,879 は H 浄水場等に依存
施工性	○	○
建設費	55.2 (百万円)	146.0 (百万円)
H 浄水場 ポンプ更新費	吐出量 1,058m ³ /h 715.7 (百万円/60 年)	吐出量 852m ³ /h 637.1 (百万円/60 年)
H 浄水場→S 配水 池送水管更新費	φ 350×L2,700m 343.9 百万円×1 回 =343.9 (百万円/60 年)	φ 300×L2,700m 302.0 百万円×1 回 =302.0 (百万円/60 年)
計	1,114.8 (百万円) △	1,085.1 (百万円) ○
必要容量	○	○
長所	・建設費が安価 ・施工が容易 ・H 浄水場からの直配水が可能	・ポンプ更新費が安価 ・送水管更新時に縮径可能 ・ダウンサイジングが可能
短所	・ポンプ更新費削減が不可 ・送水管更新時に縮径不可	・建設費が高い
総合評価	H 浄水場の吐出し量が現在と変わらないため、ポンプ及び送水管更新費が高くなり、経済性で劣る。	H 浄水場の吐出し量が少なくなるため、ポンプ及び送水管更新費が安くなり、経済性で優位となる。よって、本案を採用する。
	△	○

※ 一日最大配水量及び吐出し量は、H28 年～R2 年の実績最大値をベースに算定した。

※ 経済性の検討における更新費は、「平成 23 年 厚生労働省 水道事業の再構築に関する施設更新費用算定の手引き」により算出した。

※ 送水管の縮径の検討は、水道施設設計指針 2012 P466 ヘーゼン・ウィリアムズ公式を使用した。

4. 配水池の構造比較

4. 1 構造材質の種類

配水池の材質には、鉄筋コンクリート製（RC 製）、プレストレストコンクリート製（PC 製）、ステンレス製（SUS 製）が一般的である。

4. 2 構造比較

比較表を下記表 3 に示す。経済性は、メンテナンスフリーとなるステンレスパネル製が優位となる。対象位置の敷地は狭く、施工ヤードの確保が困難であるが、ステンレスパネル製の場合、人力主体の工事であるため施工性が 3 案の中で 1 番良い。以上のこと踏まえ、経済費が安価であり、狭い敷地でも施工が可能であるステンレスパネル製を採用した。

表 3. 構造比較表

項 目	RC 造	PC 造	ステンレスパネル製
安定性	支持力 NG ※杭基礎	支持力 NG ※杭基礎	OK
施工性	・重量が大きい、基礎工事の規模が大きくなる。	・プレストレスを作用させる工程があるため、施工の難易度が高い。	・パネルが軽量であることから施工性は良好である。 ・人力主体の施工であるため、狭い施工スペースで対応可。
	△	△	○
工期	・現場施工であり天候の影響があるため、工期は長い。	・現場施工のため、天候の影響がある。	・内、外面に塗装を施すことが不要であり、工期が短い。
概算工期	約 17.0 カ月	約 18.0 カ月	約 7.0 カ月
	△	△	○
維持管理性	・防食塗装は、20 年程度の周期で塗り替えが必要になる。	・防食塗装は、20 年程度の周期で塗り替えが必要になる。	・通常の清掃以外にメンテナンス等を行う必要性は無い。
	△	△	○
建設費	152.94（百万円）	247.56（百万円）	266.64（百万円）
その他工事	撤去、場内配管工事 約 240.00（百万円）	撤去、場内配管工事 約 240.00（百万円）	撤去、場内配管工事 約 240.00（百万円）
防食塗装	約 60.0（百万円）×3 回 ＝180.0（百万円/60 年）	約 70.0（百万円）×3 回 ＝210.0（百万円/60 年）	－
清掃費	約 4.00（百万円/60 年）	約 5.00（百万円/60 年）	約 36.00（百万円/60 年） ※鉄バクテリア補修費込
杭	約 15.00（百万円）	約 15.00（百万円）	－
合計	約 591.94（百万円）	約 717.56（百万円）	約 552.64（百万円）
	△	△	○
長所	・建設費が安価 ・実績が多い	・RC と比べ、ひび割れが発生しにくい	・維持管理費が掛からない ・工期が短い ・人力主体で工事が可能
短所	・維持管理費が高価 ・重量が重く、支持力が NG ・工期が長い	・建設費が高価 ・重量が重く、支持力が NG ・工期が長い	・建設費が高い ・清掃時に鉄バクテリア対策の補修費が掛かる。
総合評価	材料費・工事費は安価であるが、SUS パネルと比べ工期、維持管理（ライフサイクルコスト）で劣るため不採用とする。	材料費・工事費が高価であり、SUS パネルと比べ工期、維持管理（ライフサイクルコスト）でも劣るため不採用とする。	他構造物と比べ材料費が高価であるが、工期が短く、防食塗装が不要であることから維持管理性が優れているため、本案を採用とする。
	△	△	○

4. 3 ステンレスパネル製配水池の工夫点

① 反射防止について

対象位置は、周辺の住宅地に囲まれていることから、ステンレスパネルの表面に反射防止として防眩加工を施した。

② 耐震性向上

地震時に矩形のステンレスパネル製配水池の壁角部が損傷を受け、破損する現象が多々見られている。そこで今回は 90° の壁角部を円弧形状とし、応力集中を分散することによって、破損するリスクを低くし、耐震性能の向上を可能とした。

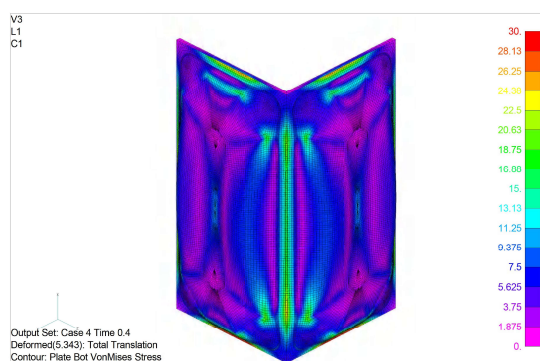


図 4. 90 度直角コーナー

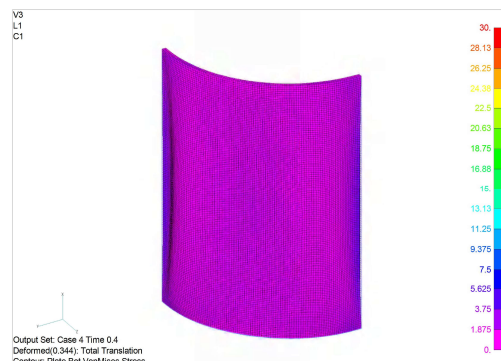


図 5. 円弧形状

5. おわりに

水道は人間が生きていく上で欠かすことのできないものであり、その水を供給する水道施設の中でも、配水池は重要な基幹施設である。特に近年では、配水池は運用の継続やダウンサイジングを考慮しながら更新する必要があるものの、十分な更新スペースが確保されていないケースが全国的に非常に多くなっている。さらに、これらの業務は 1 つ 1 つの設計条件が大きく異なることに加え、基本計画、水運用、実施設計等、必要となる知識や経験也多岐にわたるため難易度が高い業務であり、参考となる設計例が少ない。よって、類似業務の詮索や参考文献の閲覧、施工業者へのヒアリングなどを行い、考えられる中で適正かつ確実な方法を選択する必要がある。

本稿の I 市の S 配水池における更新については、I 市と複数協議を行い、S 配水池の施工方法、H 浄水場と T 配水場の運用方法、運転管理方法等を見直し、I 市のご協力を得て配水池の機能を一部依存し、ダウンサイジングをするという結果を得ることができた。

現在では新型コロナウイルス感染拡大による影響で、需要水量の増加の傾向が少しみられ、安易にダウンサイジングができない状況でもあるため、仮に既設容量より必要容量が大きくなってしまう場合は、本稿のように配水池単体ではなく水道システムを包括的に検討することが重要となる。

参考文献

- 1) 水道施設設計指針 2012 (日本水道協会 平成 24 年)