

設備システム・事業計画 ⑩⑤

大口径配水管におけるバルブの破損事故の事例から、
想定される破損の原因とそれらの対応策の方向性

横浜市水道局

1. はじめに

平成28年1月22日に横浜市港北区樽町二丁目において、口径800mmのバルブが破損し、漏水が発生しました。このバルブは市内の約13万戸に送水している口径1,800mmの送水管から分岐した口径800mmの配水管に設置されていました。

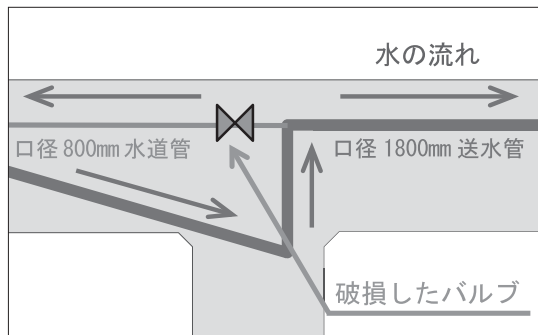


図1 配管概略図

破損したバルブの上流側には有効なバルブがなかったことから、破損したバルブを交換する本格復旧に当たっては、口径1,800mmの送水管を配水池の出口から断水し、約13万戸を系統切替し、配水を維持する必要がありました。

本稿では、漏水への対応とバルブの破損原因の究明及び再発防止策について紹介します。

2. 漏水への対応

(1) 漏水の発生と応急措置

バルブからの漏水量は、200m³/時に及んでおり、応急措置として破損していたバルブを含む周辺3ヵ所のバルブを操作することで、漏水量は13.5m³/時まで減少しました。1月26日には漏水を弁室か



写真1 漏水発生当初の状況

ら雨水ますに流す仮設排水管を設置することで、道路上への漏水を解消することができました。

(2) 局内体制の強化

応急措置により道路上への漏水はなくなったものの、バルブの破損が拡大し、漏水量が増加した場合の緊急時への備えとして、局内体制の強化を図りました。2パターンでの緊急時シナリオを作成するとともに、それらのシナリオに対応するため、19事務所・約180人を現場対応班、バルブ操作班、水運用調整班、応急給水班、濁水対応班、広報班に役割分担し、局内の体制を強化しました。

(3) 系統切替計画

横浜市は地形の起伏が多いことから、一定の水圧で給水することや大規模な事故時の早期の復旧のために、配水池ごとに配水ブロックに分けて配水しています。この配水ブロックシステムの利点を活用して系統切替計画を検討しました。

口径1,800mmの送水管を通じて配水される配水ブロック（港北ブロック）は、4つの異なる配水ブロック（牛久保ブロック、三保ブロック、西谷ブロック、神奈川県内広域水道企業団から配水さ

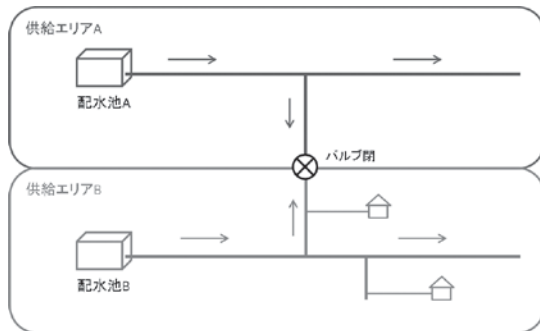


図2 系統切替のイメージ図（系統切替前）

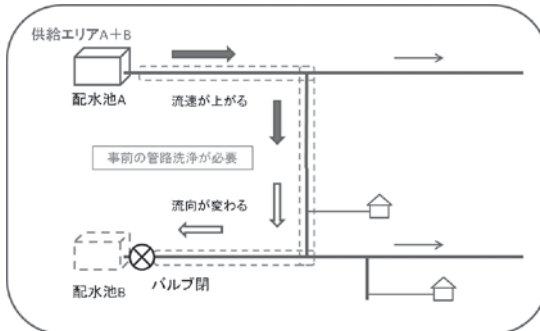


図3 系統切替のイメージ図（系統切替後）

れる新横浜ブロック）に隣接しています。

口径1,800mmの送水管を通じて配水される配水ブロック（港北ブロック）に、どの隣接ブロックからの水をどのルートで系統切替するのかを定めるに当たっては、4階までの直結給水を行える配水管の最小動水圧0.25MPaが確保できることを基準としました。

これを踏まえ、口径1,800mmの送水管を通じて配水される配水ブロック（港北ブロック）を9分割するとともに、神奈川県内広域水道企業団から配水されるブロック（新横浜ブロック）の拡大を基本とした系統切替を行っていくこととしました。

系統切替計画の策定に当たっては、系統切替前後の管網シミュレーションを繰り返し、水圧の上昇、流速・流向の変化などが発生し、切替の事前準備として洗浄が必要となる管路を抽出しました。

① 管路洗浄の考え方

このうち、系統切替前の流速が1.0m/s以上の管路は濁質分がないと想定、また系統切替前の流速が1.0m/s未満で、切替後の流速が、濁質分が管底を流れはじめると想定されると想定される0.4m/s以上となる管路を洗浄するべきと判断しました。また、管内水量の2回以上の入替を基本とし、管

材や布設年度、過去の洗浄実績も考慮しました。

洗浄に当たっては、切替後の流れの向きで、流速1.0m/s以上にすることを原則とし、配管状況や排水施設の容量等でこれが確保できない場合は、切替後の実流量以上を洗浄量としました。また、洗浄完了の判断基準としては、洗浄後の濁度0.1度以下を目標値とし、夜間の洗浄時間の制約や、洗浄中の濁度の変動条件により上限値を0.6度とし、目標値に達するまで監視の継続等に対応することとしました。

② 系統切替の試行実施

神奈川県内広域水道企業団から配水されるブロック（新横浜ブロック）に系統切替を行うエリアでは、水圧が0.2MPa上昇し管路への影響が懸念されました。そこで、系統切替作業を全エリアで本格開始する前に、2,200戸のエリアを選定し、試行的に系統切替を実施しました。この結果、系統切替後2ヵ月間における給水管での漏水が9件発生しました。

試行実施の結果を踏まえ、系統切替後に夜間の最小流量時の水圧が0.74MPa以上になる地域約2万戸を管網シミュレーションで特定し、事前の準備として漏水調査を実施しました。調査の結果、地表漏水11件、地下漏水48件を発見し、修理を行いました。

（4）系統切替作業

これらの考え方や準備をもって、28年6月下旬から29年1月下旬にかけて夜間に系統切替作業を実施しました。水圧の上昇が大きい系統切替作業は、破裂した際の市民生活への影響を考慮して、年末年始を避けて実施しました。切替作業は、管路洗浄等の事前準備作業として30回、給水エリアの系統切替作業として15回の計45回に及びました。1回当たり、所管の事業所の職員が主担当となり、他部署からの応援職員を併せた12人を基本とした班を編成して行き、延べ429人の職員で対応しました。45回の作業を通じて市民給水への影響や住民からの苦情はありませんでした。

系統切替完了後、断水した環状幹線の管内の水

の排水作業を行い、29年2月10日にはバルブからの漏水が停止し、破損したバルブの撤去および新設工事を行いました。

3. 原因究明と再発防止策

(1) 委員会の設置

破損したバルブの破損原因によっては、その他のバルブも同様に破損する危険性を抱えている可能性があったため、委員会を設置し、原因について調査するとともに、今後の対応について検討を行いました。委員会は、水道局職員6名で構成し、さらに学識経験者1名から専門的な意見を聴取しながら、6回の委員会を開催しました。

学識経験者としては、横浜国立大学の秋庭義明教授にご協力いただき、客観性を担保したことで、議会等への説明に説得力を持たせることができました。

(2) 調査手法

破損の原因調査は、計画・設計・工事・維持管理までの広範囲におよぶため、原因が特定できない事象が発生した際の原因分析に幅広く適用されている、FTA調査手法を採用しました。この調査手法を用いて、「計画」、「設計」、「仕切弁」、「工事」、「運用」、「周辺環境」、「維持管理」の7つの項目に分類し、これらをさらに細分化した30項目の調査を行いました。情報の収集は、様々な観点で実施し、過去の工事書類から配水管内の水温など多岐にわたりました。

(3) 調査結果

① バルブ破損状況

ひび割れは、バルブ弁箱の下流側の上部から左右の側面に斜めに入り、弁箱の底部まで到達していました。このようなひび割れは、バルブ弁箱に対して引っ張る力が働いたためと推定した。また、一部部材を切出して行った強度試験の結果、設置された当時の基準を概ね満たしていることが分かりました。

今回のようなバルブ破損の事例はなかったた



写真2 バルブの亀裂状況



写真3 バルブの亀裂状況 (拡大)

め、ひび割れの状況が分かった際には大変驚きました。

② 設置状況

破損したバルブが設置されていた地盤は、軟弱地盤であったため、バルブには沈下防止のための杭が打たれていました。また、バルブの周囲には、弁室の土台となるコンクリートがあり、破損したバルブから下流側は、鋼管が19m配管され、その先はダクタイル鋳鉄管で配管されていました。周

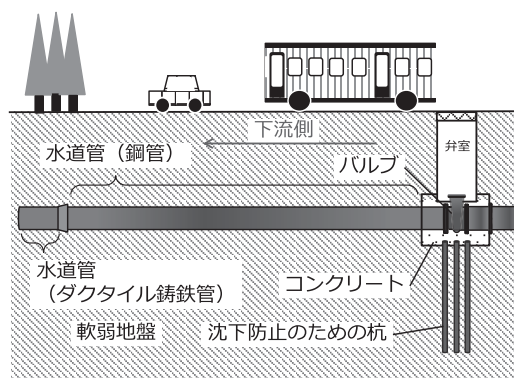


図4 バルブの設置状況

辺地盤の沈下量を確認したところ、昭和44年の竣工当時からの47年間で約22.4cmの地盤沈下が認められました。

③ コンクリート破損状況

防護コンクリートは目視により、3本の幅3mm程度のひび割れが確認されました。後日、ひび割れの箇所コアを採取し、分析した結果、ひび割れの深さは管体上部まで達していたことが判明しました。また、中性化の進行状況から、バルブが破損する以前に早い段階でひび割れが生じたものと考えました。

(4) 想定される破損のメカニズム

調査結果から、バルブが破損した原因は、①バルブ下流の配管が継ぎ目のない19mの鋼管であったこと、②バルブ周辺地盤の継続的な沈下の進行により、鋼管とバルブで沈下量に差が発生したこと、③防護コンクリートのひび割れによりバルブに力が集中したことに加えて、沈下抑制対策として伸縮管が設置されなかったことが関連したと想定しました。

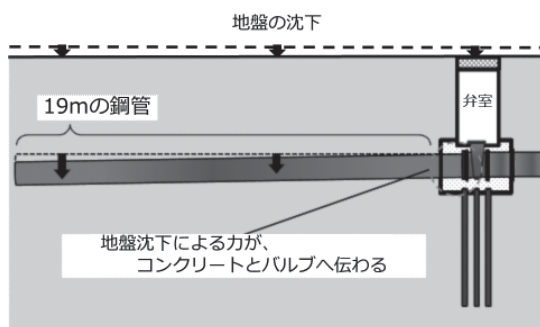


図5 地盤沈下の発生

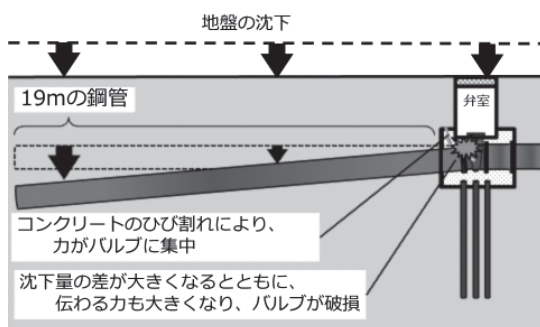


図6 バルブの破損

(5) 再発防止に向けた対応の方向性

① 既存の水道施設への対応

口径400mm以上のすべてのバルブ4,281基から、

対策が必要なバルブの絞込みを迅速に行うために、第一段階として、破損したバルブと同様の条件、(1) 軟弱地盤に設置されている、(2) 弁室に杭が打たれている、(3) 鋼管で配管されている、(4) 伸縮管が設置されていない、で絞込みを行い、100基のバルブを抽出しました。

次に第二段階として、第一段階で抽出された100基を対象に、優先順位を付けて対応していくため、優先度A(7基)、優先度B(73基)、優先度C(20基)に分類しました。優先度は、バルブから最も近い水準点での沈下量を、バルブの位置での沈下量と想定し、工事完成図面から鋼管の長さを求めた上で、バルブの危険度を配管ごとの計算式にあてはめて分類しました。

30年度は、破損につながる原因である地盤の沈下量やバルブからの配管を実際に確認する目的で、試掘及び弁室内の目視による調査を行います。

② 新設する水道施設への対応

新設する水道施設への対応として研修等を実施し、今回の調査結果から想定された破損原因や、再発防止に向けた対応の方向性を局内で共有しました。さらに、口径400mm以上の管路設計をする際に伸縮管の必要性を判断できるチェックリストを作成し、運用を開始しました。

4. おわりに

私は、平成28年度は系統切替を所管する部署に勤務し、平成29年度は、破損の原因分析を行う部署に勤務していました。

横浜市では、今回のような大規模な系統切替の経験がなかったことから、大きなプレッシャーを感じながら業務にあたったことを覚えています。また、バルブの破損の原因が、一体化された管路が沈下することによるものであったことも教訓となりました。本稿のような事例は、規模の大小はあるものの全国のどの水道事業体にも起こりうるものであるため、今後の管路の維持管理の一助となればと考えています。