

港北区樽町におけるバルブ破損の原因と今後の対策について

1 趣旨

港北区樽町二丁目において、バルブの破損により、平成28年1月22日に漏水が発生しました。このバルブは主な配水池を結び、水を相互に送ることができる大環状線の一部をなす管路から分岐した水道管に設置したものです（図1、図2）。

現在は、この水道管を断水しているためバルブからの漏水はなく、水道の利用や道路上への影響はありません。

平成28年9月より、「樽町二丁目バルブ破損原因調査検討委員会」（以下「委員会」という。）を設置し、破損原因の究明及び今後の対策を検討しましたので、報告します。



図1 大環状線と破損したバルブの位置図

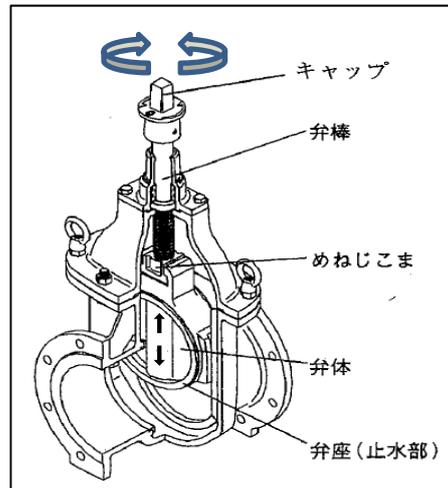


図2 水道用バルブ参考構造図

2 これまでの経緯

(1) 漏水発生日

平成28年1月22日（金）

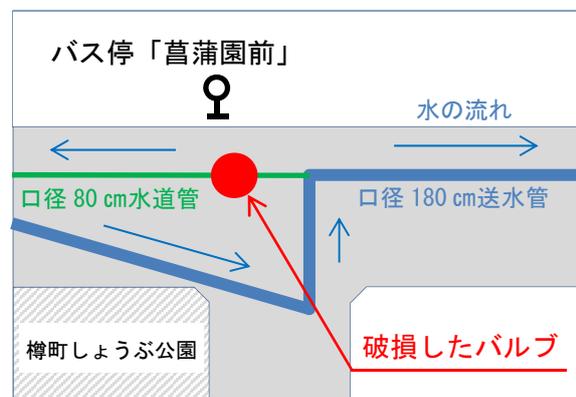
(2) 漏水場所

港北区樽町二丁目 菖蒲園前バス停付近（図3）

鶴見区、港北区、都筑区の一部の約13万戸に送水している口径180cmの送水管から分岐した口径80cmの水道管に設置したバルブが破損し、漏水しました。



図3 漏水場所と破損したバルブの位置図



(3) 対応経過

バルブ破損による漏水は平成 28 年 1 月 22 日に発生し、当初の漏水量は約 200 m³/h で、同日の応急措置により漏水量は約 13.5 m³/h まで低減しました。1 月 26 日には仮設排水管を布設し、道路上への漏水はなくなりました（写真 1、写真 2）。

その後、6 月 27 日より、バルブからの漏水を止めるための給水ルート変更に向けての作業を開始しました。平成 29 年 1 月 30 日に給水ルートの変更作業が完了し、2 月 10 日にバルブからの漏水が停止しました。5 月 24 日には破損したバルブを撤去し、破損の状況等の詳細な調査を実施しました（図 4、図 5）。

現在、破損したバルブに替わるバルブの設置と、バルブ周辺の管路の新設工事が完了し、変更した給水ルートを当初の給水ルートに戻す作業の準備を開始しました。

表 1 バルブ破損対応経過

対応日	対応内容
平成 28 年 1 月 22 日（金）	<ul style="list-style-type: none">・ 5:00 漏水発生 【漏水量約 200 m³/h（写真 1）】・ 11:20 応急措置（バルブ操作）により漏水量低減【漏水量約 13.5 m³/h】・ ガードマンによる 24 時間監視（1 月 26 日まで）
1 月 26 日（火）	<ul style="list-style-type: none">・ バルブの弁室に仮設排水管を布設し、下水道管へ排水を開始したため、道路上への漏水がなくなる（写真 2）
2 月上旬から 3 月中旬まで	<ul style="list-style-type: none">・ 応急措置として破損したバルブの止水と防護等の検討・ 応急措置後から破損したバルブを交換するまでの対応方法を検討
3 月 15 日（火） 3 月 16 日（水）	<ul style="list-style-type: none">・ 応急措置を実施したが止水できなかったため、給水ルートを変更し破損したバルブを交換することとした
3 月中旬から 6 月上旬まで	<ul style="list-style-type: none">・ 給水ルートの変更の検討
6 月 17 日（金）	<ul style="list-style-type: none">・ 管内カメラによる調査を実施し、亀裂の状況が判明
6 月 23 日（木）	<ul style="list-style-type: none">・ 給水ルートの変更について記者発表（レクチャー）・ 6 月 24 日（金）の神奈川新聞、読売新聞に記事が掲載
6 月 27 日（月）	<ul style="list-style-type: none">・ 給水ルート変更に向けた作業開始
平成 29 年 1 月 30 日（月）	<ul style="list-style-type: none">・ 給水ルートの変更作業が完了（図 4、図 5）
2 月 10 日（金）	<ul style="list-style-type: none">・ 破損したバルブからの漏水が停止
3 月 16 日（木）	<ul style="list-style-type: none">・ 給水ルートの変更完了について記者発表
5 月 24 日（木）	<ul style="list-style-type: none">・ 破損したバルブの引上げ及び実際のバルブでの詳細な調査開始

(4) バルブ破損に伴う費用

バルブ破損の対応に要する費用は、総額で約 3.5 億円となる見込みです。

この費用の内訳は、バルブの交換等に要した工事費が約 2.2 億円、神奈川県内広域水道企業団からの水道水の調達費用の増加分が約 0.8 億円、給水ルートの変更等に伴う人件費と漏水による水道水の損失額が約 0.5 億円となっています。

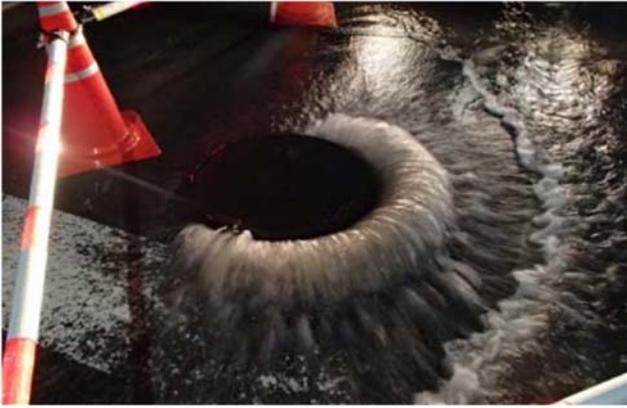


写真1 漏水発生当初の状況

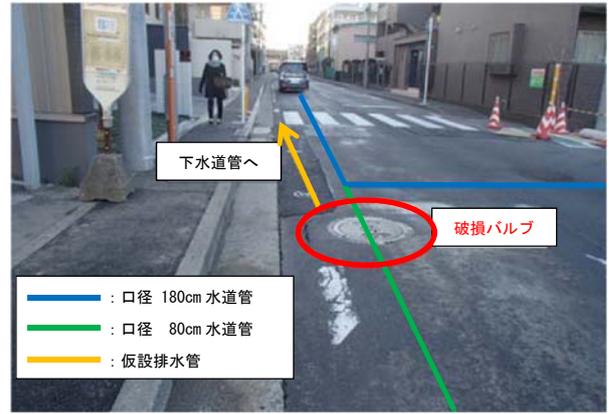


写真2 下水排水後の状況



図4 給水エリア図（給水ルート変更前）

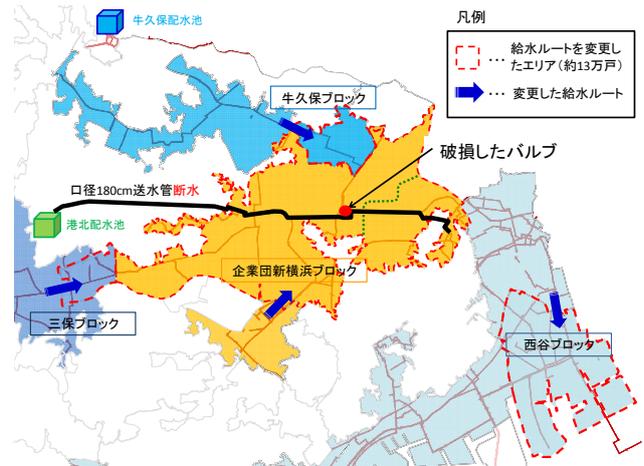


図5 給水エリア図（給水ルート変更後）

3 バルブの破損原因と検討結果

(1) 委員会の概要

今回のバルブの破損原因によっては、他の地域のバルブにおいても同様の危険性を抱えている可能性があるため、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することとしました。

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、これまでに5回の委員会を開催し、検討を進めてまいりました。

ア 委員の構成（6名）

水道技術管理者（配水部長）、配水課長、北部方面配水管理課長
給水維持課長、菊名水道事務所長、建設課長

イ 学識経験者（1名）

横浜国立大学 秋庭義明 教授（工学博士）

（金属物性・材料に精通し、材料力学の専門的な知識を有している）

ウ 委員会開催実績

平成28年9月、10月、平成29年1月、5月、8月

(2) 破損したバルブの調査

ア 調査手法

今回の調査には、FTA 調査手法*を採用しました。この調査手法は、原因が特定できない事故等が発生した際の原因分析に幅広く応用され、平成 25 年 1 月 10 日に発生した今井ポンプ場設備故障事故の原因調査の際にも採用された手法です。

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 つの要因に分類し、それらをさらに細分化した 30 項目の調査を行いました。

※ FTA 手法とは、20 世紀にミサイルの信頼性評価、安全性の解析を目的として、米国ベル研究所が考案したもので、バルブ破損を発生させる可能性のある要因を列挙し、分析を行う手法です。

イ 調査結果（要約）

(ア) 破損したバルブの状況(写真 3、写真 4)

破損したバルブのひび割れは、バルブ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、バルブに対して引っ張る力が働いて発生したものと推定しました。なお、撤去したバルブの材料の調査結果から、材料の強度は、設置された当時の基準を満たしていることがわかりました。

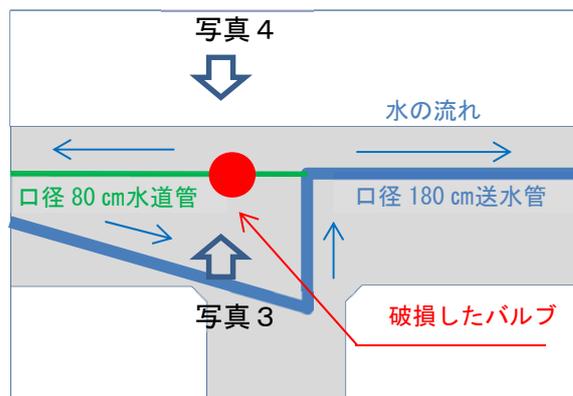


図 6 破損したバルブと写真の撮影方向



写真 3 バルブのひび割れの状況



写真 4 バルブのひび割れの状況

(イ) 破損したバルブの設置状況（図 7）

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。

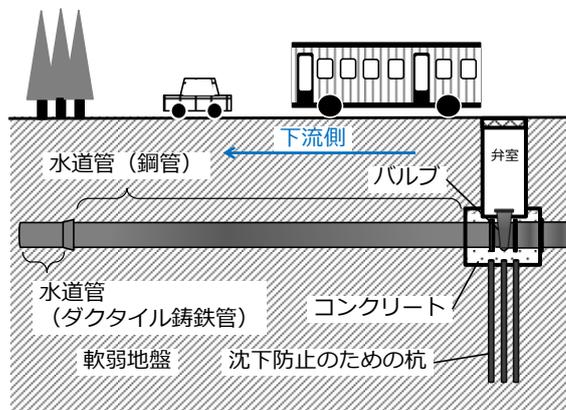


図 7 破損したバルブの設置状況

この破損したバルブが設置されていた周辺の地盤の高さを、水準点と呼ばれる測量を行う際の標高の基準となる点から調べた結果、バルブを設置した当時から約 22cm の沈下があったことがわかりました。また、弁室の土台となるコンクリートには、水道管にまで達するひび割れが確認されました。

(ウ) 伸縮管の未設置

伸縮管設置を検討する際の基準書となる、日本水道鋼管協会発行の「水道用鋼管ハンドブック」によると、今回のようなバルブ等の沈下をしない構造物との接続部では、「バルブの変形、破損が危惧されるので、この箇所には、伸縮管の設置が必要である。」と明記されているところですが、破損したバルブの下流側の配管に、伸縮管は設置していませんでした（図8）。

なお、破損したバルブの下流側は、昭和44年と昭和54年の異なる時期に工事が行われていましたが、いずれの工事においても伸縮管は設置していませんでした。

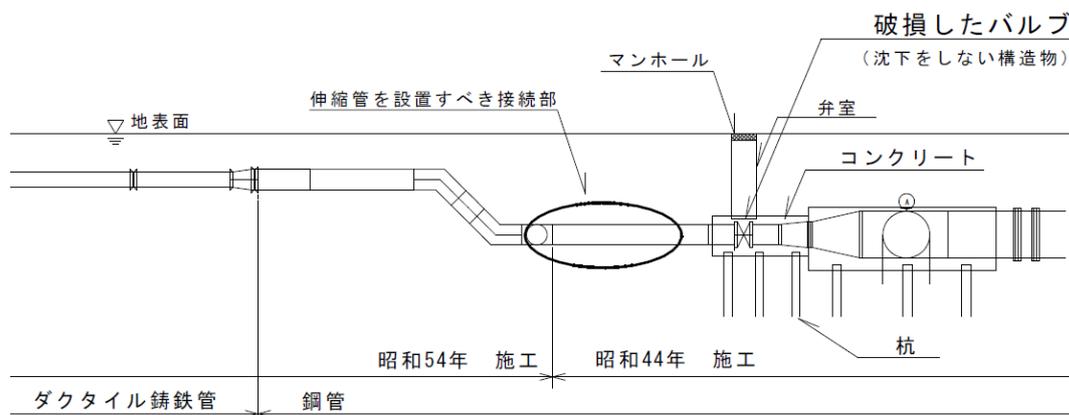


図8 破損したバルブから下流側の断面図

(3) 想定されるバルブの破損原因

ア 調査結果に基づくシミュレーション

バルブにどのような力がかかり、破損したのか確認するため、上記ハンドブックから、検討すべき4つの力をシミュレーションしました。

- (ア) 地盤とともに鋼管が沈下することで発生する力
- (イ) 水温の変化により鋼管が伸び縮みすることで発生する力
- (ウ) 水道管内部の水圧により発生する力
- (エ) 地上を走行する自動車の重さにより発生する力

イ 想定されるバルブの破損原因

バルブの破損に至った原因を想定しました（図9）。

- (ア) 伸縮管が設置されていなかったため、地盤沈下により発生した力が水道管からコンクリートとバルブに伝わるようになっていた。
- (イ) コンクリートに水道管まで達するひび割れが発生していたことによって、地盤沈下により発生した力がコンクリートではなく、バルブに伝わるようになった。
- (ウ) 地盤沈下により、沈下防止のための杭が打たれていたバルブと、下流側の水道管とで沈下の差が大きくなったため、発生する力が徐々に増加し、バルブの材料の強度を上回った。

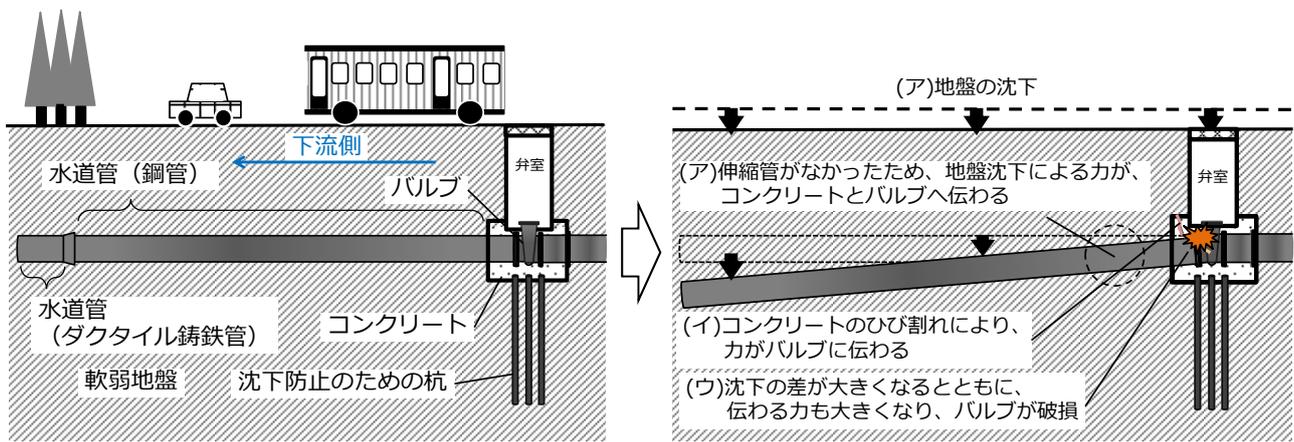


図9 想定されるバルブ破損のメカニズム

(4) 検討結果

委員会からは、2つの視点で今後の対応の方向性を示しました。

ア 既存の水道施設への対応

- (ア) 第一段階として、軟弱地盤にあり、伸縮管がなく、杭が打たれており、前後の配管が鋼管であることなどを条件に、既存のデータを基にバルブを抽出
- (イ) 第二段階として、第一段階で抽出されたものを対象に、工事の完成図面を基に配管の延長などを精査することや、それぞれの地域の水準点を基に沈下量を個別に精査し、対策が必要となるバルブの絞り込み
- (ウ) 第三段階として、コンクリートのひび割れや管の変形などを、試掘や目視調査で確認
- (エ) 更新計画の優先順位の見直し

イ 新設する水道施設への対応

今回の経験から、埋設地盤の状況や杭の設置の有無、使用管種などから伸縮管の必要性を判断できる客観的な基準を設け、組織として再発防止に取り組むこと

4 今後の対策

既存の水道施設への対応として、破損した場合の影響が大きく対応が難しいと想定される口径40cm以上のすべてのバルブ4,282基を対象に、第一段階の調査を実施し、約100基が抽出されました。

第二段階として、第一段階で抽出されたものを対象に、工事の完成図面を基に配管の延長などを精査することや、それぞれの地域の水準点を基に沈下量を個別に精査し、対策が必要となるバルブをさらに絞り込みます。

第三段階で、コンクリートのひび割れについては、既の実施している口径40cm以上の大口徑バルブ保守点検業務委託の点検項目に追加することに加えて、通常の業務で操作するすべてのバルブについて、目視によるひび割れの確認を行う予定です。

これらの調査をもとに、優先順位をつけて更新計画の前倒し等の対策を講じていきます。

また、今後、新設する水道施設への対応として、埋設地盤の状況、地盤の沈下量、配管の状況、バルブの下部の杭の状況などから、伸縮管が必要な場所に確実に設置されるよう、伸縮管設置の判断基準を定め、管路の設計に活用していきます。