

1-3-2 固結した火山灰等を下水道管から除去する技術 及び能登半島支援の中長期派遣を終えて

計画調整部 技術開発課 氏名 高山 章大

1. 背景

令和2（2020）年度に内閣府中央防災会議において、富士山の宝永噴火（宝永4（1707）年）と同規模の噴火を想定した、降灰のシミュレーション結果（図1）が公表された。そこでは、都内において2～10cm程度の降灰が予想されている。また上下水道等への被害想定では、下水道において、「1mm前後の降灰後に降雨があると、灰が下水道管内へ流入し管路が閉塞するおそれ」、水道については、「原水の水質悪化により、給水制限や断水のおそれ」が指摘されている¹⁾。これらより、降灰により都内の下水道管が閉塞する可能性がありながらも、給水制限や断水により、高圧洗浄を用いた閉塞の解消が困難となるおそれがある。

なお、都の「TOKYO 強靱化プロジェクト」においても、東京に迫る危機の一つとして、火山噴火が挙げられている²⁾。

また、平成23年に発生した東北地方太平洋沖地震では、都区部の湾岸地域において液状化現象が発生し、土砂が下水道管内に流入して詰まり、時間の経過とともに水締め効果により固結した。（写真1）このため、高圧洗浄による土砂の撤去を行ったが、これに多くの時間を要した³⁾。

そこで、火山灰や土砂により閉塞した管きよの復旧技術を確立を目的に技術選定のための試行を行った。

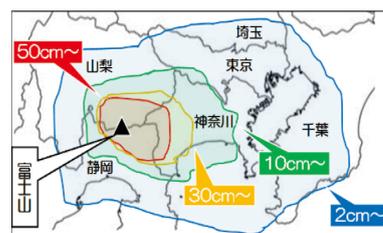


図1 宝永噴火と同規模の噴火を想定した降灰予測



写真1 人孔内における土砂の固結状況

2. 管きよ復旧技術の候補選定

管きよ復旧技術には、求められる条件が3点挙げられる。

2.1 管きよ復旧技術に求められる条件①

管きよ復旧技術に求められる条件の一つ目は、水を使用しないまたは使用量が少ないことである。火山噴火や震災時には、浄水場における降灰による原水の水質悪化やろ過池の機能低下、停電による給水制限や断水の可能性が指摘されている。

昭和53（1978）年に発生した有珠山の噴火の際には、約1cmの降灰があった近隣の浄水場で、火山灰がろ過用の砂に付着して目詰まり状態となり、ろ過ができなくなった。この結果、給水地の全戸への給水が停止している。

2.2 管きよ復旧技術に求められる条件②

管きよ復旧技術に求められる条件の二つ目は、硬く固結した火山灰や土砂を施設から撤去搬出が可能であることである。土砂や火山灰は下水道管内で水を含んだ後、水締め効果により、硬く締まる。特に火山灰の場合、粒子が角ばっており、粒子同士の摩擦が大きく、また細粒分が多いことから密に詰まり、硬く固結することが分かっている。(図 2～3)

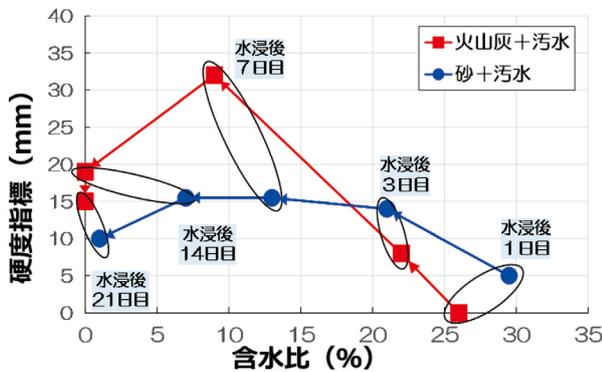


図 2 火山灰と豊浦標準砂の含水比と硬度指標の推移

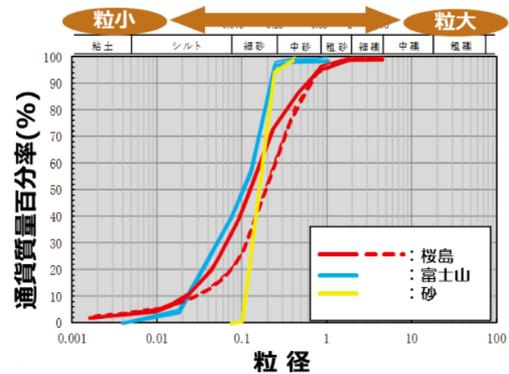


図 3 火山灰（富士山⁴⁾、桜島）と豊浦標準砂の粒度分布

2.3 管きよ復旧技術に求められる条件③

管きよ復旧技術に求められる条件の三つ目は、既存技術を転用・改良した技術である。地震・噴火の頻度を考えると高頻度での使用は想定できないが、発災時には迅速に対応する必要がある。このため、平常時は別の形で運用し、必要な時のみ火山灰等の対策に使用出来るよう、既存技術を転用出来ることとした。

2.4 管きよ復旧技術の選定結果

これらの求められる条件を踏まえ、管きよ施設別に管きよ復旧技術を選定した。

2.4.1 本管に適用する技術

本管に適用する技術として、以下の 2 工法を選定した。(図 4)

工法名	一重さや管ボーリング工法	既設人孔取付部耐震化工法
施工イメージ		

図 4 本管に適用する技術

- ・既設人孔取付部耐震化工法
機器にオーガを接続し、回転させながら管内を推進し、内部の火山灰等を排出する。
- ・一重さや管ボーリング工法
オーガを回転させながら管内へ推進させ、内部に堆積した火山灰等を排出する。

2.4.2 取付管に適用する技術

取付管への適用技術は、図5の工法を選定した。

- ・超高速回転クリーナー工法
機器先端で回転するドリルとチェーンにより固結した火山灰等ほぐし、吸引ホースにより管外へ排出する。通常は、排水管や下水道管内の油脂や木の根等の除去に用いられている。



図5 取付管に適用する技術

2.4.3 人孔に適用する技術 (図6)

人孔への適用技術は、図6の工法を選定した。

- ・水中スクラッチャー工法
アーム先端のバケットで人孔内の火山灰を排出する。通常は伏越人孔の清掃に用いられる。

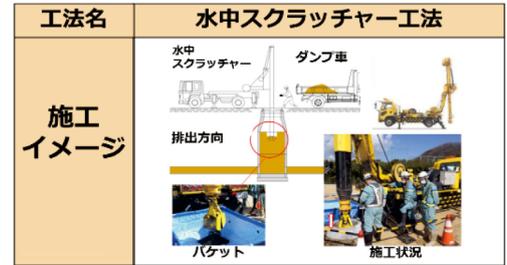


図6 人孔に適用する技術

3. 試行の実施

選定したそれぞれの管きょ復旧技術については、工法を実規模施設にて試行した。

3.1 試行施設

試行にあたっては、地上に本管、取付管、人孔それぞれの模擬施設(写真2~4)を設置し、それぞれの内部に液状化土砂を模した川砂を充填後、本管と取付管では水締め、人孔では転圧棒による突き固めを行った。なお、取付管の試験には、桜島の火山灰も併せて充填し、試行を行った。



写真2 模擬本管



写真3 模擬取付管



写真4 模擬人孔

3.2 試行結果

管きょ復旧技術の候補の試行結果を図7~9に示す。

	一重さや管ボーリング工法	既設人孔取付部耐震化工法
利点	・土中を推進する工法であることから、安定した施工が可能	・施工機器のパーツの交換が行いやすく、 汎用性が高い
欠点	・インパートの研りが必要 ・施工速度が小さい (管きょL=10mで約2時間)	・インパートの研りが必要 ・施工速度が小さい (管きょL=10mで約6時間) ・機器本体が不安定になる

図7 試行結果 (本管)

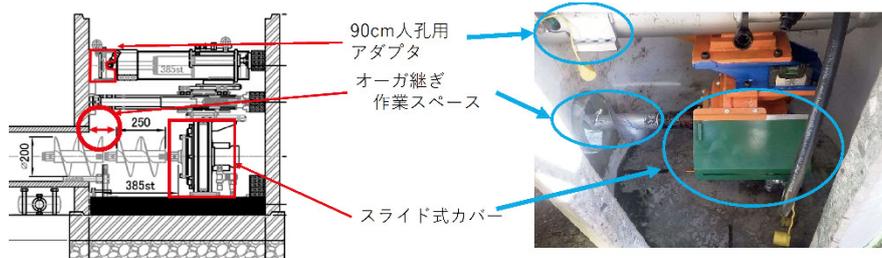


図8 既存技術の改良（既設人孔取付部耐震化工法）

	超高速回転クリーナー工法	水中スクラッチャー工法
利点	<ul style="list-style-type: none"> ・機器先端で回転するドリルとチェーンが、固結した火山灰等を円滑にほぐすことができ、推進性が良い（取付管L=2.0mで約0.5時間）  <p>←機器先端のドリルとチェーン</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・バケットを垂直に人孔へ降ろすことができ、足掛金物などを損傷しづらい。 ・バケット先端を確認しながら施工が可能 ・火山灰等を車面へ直接積込むことが可能 
欠点	<ul style="list-style-type: none"> ・管内での推進性が良いことから、ほぐした火山灰等に機器先端が埋もれ、動かさにくくなる。  <p>←施工中の様子</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・人孔深にかかわらず、ブームを上空へ大きく伸ばすため、架空線に注意が必要 ・施工機器が少ない（都内に5台）

図9 試行結果（取付管）

図10 試行結果（人孔）

本管では、既設人孔取付部耐震化工法について、施工中の機器がオーガを回転させるトルクを受け不安定になる等の欠点が見られたものの、施工機器のパーツ交換が容易であり、汎用性が高いという利点が見られた。（図7）また、内径90cm（1号人孔）では作業スペースの欠如によりオーガの継ぎ作業が困難となるが、これについては上部シャフトに取付ける90cm人孔用アダプタを製作することで作業スペースを確保出来た。併せて、オーガを覆うスライド式カバーを製作することで、作業の安全性を向上させることができた。（図8）これらの改良結果を踏まえ、本管の復旧技術として既設人孔取付部耐震化工法を選定した。

取付管では、超高速回転クリーナー工法が、機器の推進性が良いことが確認できた。一方、曲がり部分では、機器を押し込むことが出来なくなることで、施工中に機器がほぐした火山灰などに埋もれてしまう状況が確認されたが、少量の水（2リットル）を流し込むことで解消できた。これらを踏まえ、取付管の復旧技術として選定した。（図8）

人孔では、水中スクラッチャー工法で、足掛金物などを損傷しづらいことや、人孔内の様子を確認しながらの施工が可能など利点の確認された。これらの利点を踏まえ、水中スクラッチャー工法を人孔の復旧技術として選定した。（図9）

4 今後の取組

「下水道局業務継続計画」、いわゆる「下水道局BCP」は、大規模災害時に下水道施設等が被災した場合でも、下水道の機能を維持、回復することを目的とした計画であり、現行のBCPでは大規模災害として、震災と風水害を想定している。火山噴火時の対策として、この下水道局BCPに火山噴火時の対応について、追加の記述を行うことが必要である。

今後は、当研究で得られた内容を元に、発災時に備えた実現場への導入を見据え、下水道局災害対策マニュアル（BCP）の改訂を行うよう、総務部等の関係部署と連携を図ると共に、具体的な配備計画等について検討を行っていく。

5 能登半島支援の中長期派遣を終えて

筆者は、R6.4.1からR6.10.7までの約半年間、輪島市役所上下水道局において、復旧支援に従事した。その応急復旧活動内容についても報告する。

東京都下水道局の調査では下水道管の被災率が50%以上であり、東日本大震災の3～5%程度と比較しても、下水道施設に甚大な被害が生じていた。被災内容として、人孔の浮上や本管の脱却等による下水道管のたるみや流下機能の低下が生じていた。なお、この被災率には汚水ます・取付管の被災は含まれておらず、被災地では、取付管の破損により宅内からの排水不可や汚水ますからの溢水が、市内各所で頻発している状況であった。



写真5 輪島市内の管路被災状

このため、取付管の破損や支管の脱却により、排水出来ない宅地については、100Vの浄化槽用小型排水ポンプで対応した。

このポンプの寸法は、公共汚水ますに設置が可能であり、家庭用コンセントから電源をとることが可能である。

本体上部に水位感知センサーがあり、汚水ます内の水位が上がると通電により、ポンプが起動する仕組みとなっており、水位が下がれば自動停止する仕組みになっている。

一般家庭から出る汚物やトイレットペーパーなどは、ポンプ内で砕かれ、ホースから排出され、排水ホースは一般家庭で使用される洗濯機用のもので代用可能である

また、軽量のため直営で設置が可能であり、付近に排水先があれば、重機で掘削せずに暫定的な排水機能の確保が可能である。設置後は自動で排水できるため、このポンプを用いた仮設排水は、輪島市内で40か所ほど導入した。

人孔については、液状化による影響で浮上してしまった人孔が市内に約80基あり、車両や歩行者の通行など、道路機能に支障となっていた。このため、道路管理者から浮上人孔の早期解消を求められていた。



写真6 100V 小型ポンプと設置状況

これについては、躯体を直壁部分まで掘削し露出させた後、地上からの浮上高さ分、直壁をエンジンカッターで切断した。その後切断面に、止水のためのブチルゴムを接着し、斜壁を戻す方法を採用した。ダルマ落としのようなこの方法は、施工者の習熟度にもよるが、1か所につき約2時間程度で施工が可能である。

2班の施工体制で1日4カ所切り下げを行った結果、令和6年6月末頃には輪島市内に点在していた浮上人孔を解消することが出来た。

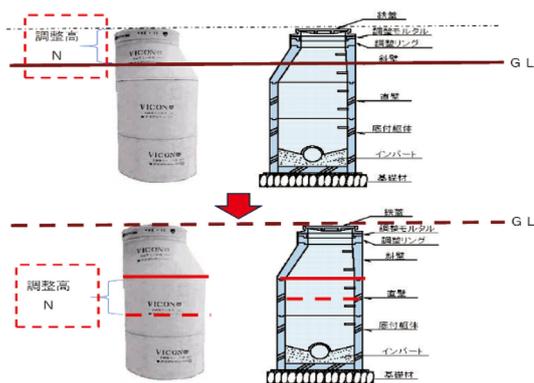


図 11 浮上人孔の切下げ手順

6 輪島市における復旧支援の今後

輪島市上下水道局では、上記の応急復旧と併行して、国土交通省による災害査定を進めていた。災害査定は令和6年12月末に汚水および雨水共に全て完了し、今後は本格的な復旧工事へ移行していく。設計や対外調整および応急復旧・本復旧工事の監督業務などで東京都下水道局による職員派遣は続く見込みである。輪島市および被災地の復旧支援で培った経験を水平展開し、首都直下地震などの大規模な自然災害に備えていく。

参考文献

- 1) 大規模噴火時の広域降灰対策について-首都圏における降灰の影響と対策-～富士山噴火をモデルケースに～（報告）、内閣府、令和2（2020）年
- 2) TOKYO 強靱化プロジェクト～「100年先も安心」を目指して～, 東京都, 令和4(2022)年
- 3) 小段 辰彦：東北地方太平洋沖地震に伴う江東区新木場地区（管路施設）の液状化対策について、平成23年度設計・工事事例発表会、P.3
- 4) 江戸市内に降下し保存されていた富士宝永噴火初日の火山灰、火山第47巻、日本火山学会、平成14（2002）年