

Q&A

31Q7: 水道管が地下水面以下にある（地下水位が高い）場所での漏水調査はどうやれば良いですか？

（Mr. Y.K.、スリランカ）

A1: 回答者：小田弘登、（福岡市水道局 O.B）、 大江喜足、（福岡市水道局）

1. 漏水調査方法

水道管の漏水調査方法は、漏水箇所から発生する漏水音を探知する方法が最も一般的です。その他、レーダー波を利用した方法、水道管内にガスを注入して調査する方法等があります。

2. 漏水調査方法の比較検討

主な手法は表 1 のとおり

表 1 現在使われている手法の比較

調査方法	詳細	地下水位が高い場所での有効性	判定
① 音聴法	音聴棒や漏水探知機を用いて、水道管から路面や弁栓等に伝わる漏水音によって漏水箇所を探知する方法。	聴音できる場所が限られること、技術者の聴覚による探知方法であるため、漏水音が伝わりにくい環境（空洞化状態、水中、PPやVP管）では、不向きである。	△
② 相関法	水道管に直接または管に付属した弁栓等に設置したセンサーで漏水音を複数箇所捉え、センサー間の漏水音到達時間差から、漏水箇所を探知する方法	水道管の延長が明確であり、調査延長が200m以下の状況であれば、地下水位が高い状態であっても有効であると考えられる。	○
③ トレーサーガス工法	水道管内に水質上問題のないガスを注入し、漏水箇所から検出されるガスを地表面から探査する方法。	通常音聴技術では探知できない漏水を特定することが可能であり、地下水位が高い場合でも有効と考えられる。	○
④ 地中レーダー工法	水道管の漏水により、湿潤状態となった地盤と周辺地盤との誘電率の違いを利用し、漏水箇所を探知する方法。	地盤の湿潤状態の変化を捉えて漏水箇所を特定する方法であるため、地下水位が高い場所での調査には不向きであると考えられる。	×
⑤ スマートボール工法	聴音センサー（ボール形）を水道管内に挿入し、管内を流す。この間にメモリに記録された情報から漏水箇所等を探知する方法。	海外で開発されたもので、日本での実績は少ないが、管周辺の影響を受けにくいため、地下水位が高い場所等では有効な手段と考えられる。	△

3. 地下水位が高い場所での水道管の漏水調査方法等について

現在最も一般的に採用されている、音聴棒や漏水探知器を使用して漏水箇所を探知する音聴法は、聴音できる場所が限られる場合や、地下水位が高い場所（漏水音が伝わりにくい場所）では技術者に高いスキルが求められることとなり、漏水発見は非常に難しいと考えられます。このため、地下水が高い場合の水道管の漏水調査は、

表1のとおり、相関式漏水探知器を使用する相関法及びトレーサーガス工法が有効であると考えられます。

しかし、途上国では、以下の1～3の理由によりあまり普及していないと思われます。

- ① 調査のコストが高い
- ② 水道管付属設備(弁・栓等)が200mの間に複数存在することが少ない。
- ③ 相関工の場合、管の材質・口径・布設延長等が明確でなければ測定ができない。

※聴音センサー(ボール形)を水道管に挿入する方法(スマートボール工法)については、開発から間もないため、あまり普及していないと思われます。

以上のことから、有効率(有収率)が低い状況においては、パトロール等を強化し、現在漏水している個所を早期発見し、即時に修理する方法が、最も効果的な施策です。例えば、途上国は未舗装の場所が多いため、埋設深度にもよりますが、ある程度の水圧と漏水量があれば地上漏水として発見されます。(写1)

また、水路等の横断箇所などでは、水面に気泡が湧き出てくる可能性があります。(写2)



写1 地上漏水



写2 水路等の横断箇所が発生した気泡等

4. 地下水位が高い場所での水道管の漏水についての留意事項

1) 地下水位が高い場所の水道管の漏水で、最も心配されることは、水道管の水圧がほとんどないか水圧が低い場合または一時的に低くなった場合(途上国では可能性あり)、地下水が水道管内へ逆流して、水道水質が汚染されることが考えられます。(写3)

2) 地下水位が高い場所の水道管の漏水修理や配管工事等の場合、本来、水替え作業をきちんとしてドライワークで作業すべきですが、途上国では水中での手探りでの施工が行われることがあります。このような場合、きっちり漏水修理や配管工事ができるかどうか疑問です。(写4)



写3 地下水が水道管内に侵入し汚染が



写4 水中での配管工事(漏水修理工事)

5. 一考察

地下水位が高い、または高くなることが予想される場合には、管内空虚時に管が浮上しないように対策を図る必要があります。この管の浮上防止のため、最小土被りを確保するとともに、事故等の非常時において遮断などの操作ができるようにバルブ等の付属設備を設置しておかなければなりません。

また、前述のように有効率(有収率)が低い状況にあつては、「対症療法的対策」(現在漏水している箇所を発見し即時に修理する方法)は、即効性がある施策であり、地上漏水の即時修理とともに、地下漏水の早期発見が重要となります。しかし、付属設備が少ない状況では、計画的な漏水防止調査の実施や漏水箇所の特定は非常に困難です。

このような観点から、適切な場所に付属設備を整備していくことが急務であり、初期投資は必要になりますが、結果として将来的に経済的で質の高い維持管理が可能になると考えられます。

A2: 回答者: 関元伸一、(株)協和コンサルタンツ

ご質問の漏水探知は、漏水探知器を使用した地表面での漏水音の捕捉を意図しているものと思われます。漏水音は、図に示した流水音、衝撃音、管との摩擦音、管振動音の4つの要素から構成される複合音を伴います。地下水位が管路の埋設深度より高い場合、プール状漏水(漏水口の周辺に空洞ができ、水で満たされたプールの状態)に近い状況であるため、漏水探知器による音聴調査では探知が非常に困難となります。これは、漏水音の構成要素、特に衝撃音が掻き消されるからです。例えば、ホースで壁に水を勢い良く掛けた場合、「バシャ、バシャ」と大きな音がして水が壁に衝突している場所が判ります。ところが、同じ水量を流したまま、水を張った浴槽

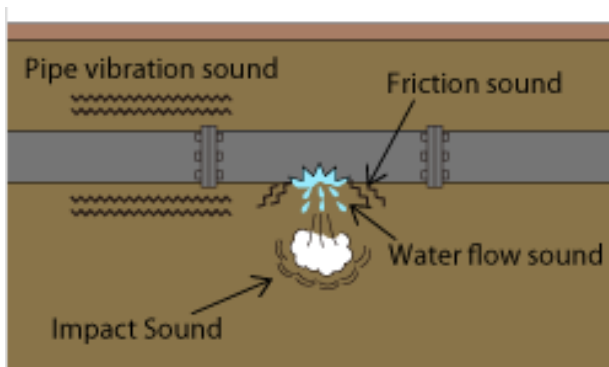


図 漏水音の発生メカニズム

にホースの先端を突っ込むと、「ブクブク」とした小さな音に変わり、どこで音が発生しているのか判らなくなります。このようなプール状漏水の探知は、入念に時間をかけた探知作業と経験が必要であり、漏水が発見できないことも多いです。この管路の付近のバルブやメーターに漏水音が伝播している場合は、相関式漏水探知器によって漏水位置を特定することが可能です。

ところで漏水探知は、日本のように道路がアスファルト等で舗装され水道管が路面下に埋設されている場合は

路面音聴調査法が効率的ですが、途上国に多い水道管が路肩に埋設されている場合や、盛土の下に埋設位置がある場合は、路面音聴調査法による漏水探知はあまりお奨めできません。土がクッションやサイレンサーの役割を果たして地面で漏水音を捕捉しにくいからです。ケニアの二エリ水道では、この音聴調査法を断念し、約100mごとに掘削して超音波流量計を設置し、通過流量の確認による漏水位置の絞込みを主な調査方法としています。上流部から末端方向へ、流量測定によって漏水量を徹底的に追い詰める作業を毎日繰り返しています。ご質問の漏水発生箇所の路面状況がアスファルト



写-1 超音波流量計で流量を測定する現場

ト等で舗装されていない場合は、無理に漏水探知器で音聴調査に挑戦するだけでなく、超音波流量計による流量測定で漏水区間を絞り込む方法をお奨めします。手掘りの作業員の手配が容易である場合は、なおさら流量測定法が有効です。このように現地状況に応じて効率的な調査方法を選択することが重要です。

A3: 回答者: 松岡康弘 (横浜ウォーター株式会社)

通常の漏水調査と同じように探査できます。埋設状況によっては漏水音が小さくなるケースがありますが、配管が完全に水没状態でなければ漏水探知は可能です。以下の図1から図4は漏水調査をする際の埋設状況をケース毎に表しています。

図1の通常の埋設状態は基本通り調査してください。

今回のケースは図2にあたります。よく途上国で同じ質問をされます。この際「あなたの国(調査地区)が水面に浮いていなければ大丈夫ですよ」と答えています。漏水調査の基本は、漏水の噴射音が配管や地中を伝搬しこれを各種機器や人間の耳で捕らえるものです。つまり噴射音がある限り、探査は可能です。地下水位が高いといっても水面に浮いているわけではなく、図2のように土に水の粒子が混ざっているような状態です。図3、4のように漏水箇所が完全に水に覆われているケースは漏水の噴射音が消えてしまいます。しかし、この図2のケースは埋設部に土や石がしっかりありますので噴射音は発生します。ただし、状況によっては噴射音が減衰し、漏水発見の難易度が上がるかもしれません。したがって、通常の調査より時間をかけて行う、調査回数を増やす等、現場状況に合わせた調査計画を考えてください。

図3のケースは漏水や排水により漏水箇所が水没し(業界用語ではプールと言います)漏水の噴射音が消えてしまいます。したがって通常の音聴調査ではこの漏水を発見することはできません。また、この状態を地上から判断することはできません。ですので、こういったケースがあることを頭に入れて漏水調査を定期的の実施し、漏水が地上に上がってきて地上漏水となるか、地下に溜まった水が抜け噴射音が発生するのを待ちましょう。

他に漏水がないのに無収水率や配水量が下がらず、このような漏水の疑いがあり、どうしても発見しなければいけない時は、細かいスパンでの流量測定を実施し、漏水発生箇所を絞りこんでいく手法もあります。この手法でケニア国のニエリ市は大きな成果を挙げています。

図4のケースは図3と違い、いつまで待っても漏水音が発生することも、地上に水が上がってくることもありません。布設替えをするか、図3のような流量測定を実施するしかありません。東南アジアの某国で完全に水路の中に沈んでいる配管を見たことがあります。皆さんはそのようなこ

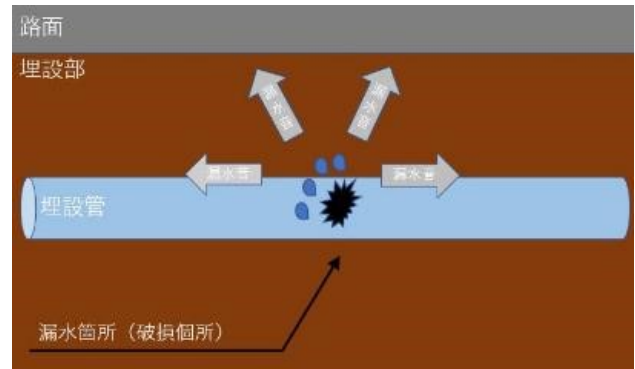


図1 通常の埋設状態

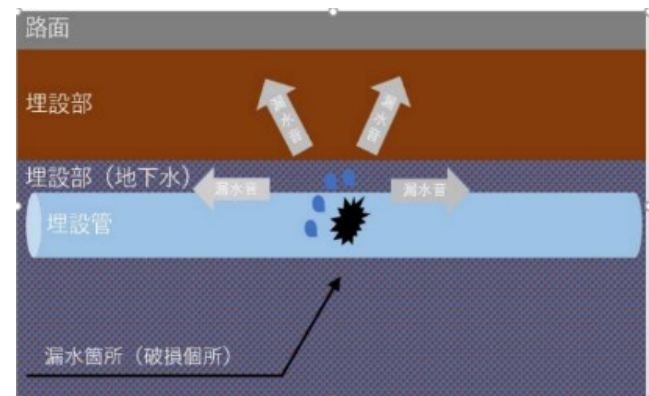


図2 地下水位が高い状態

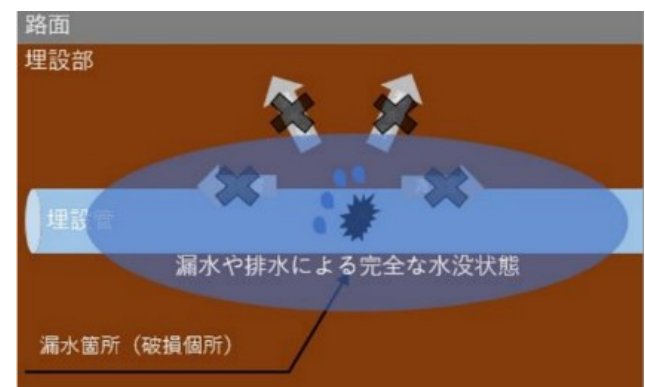


図3 漏水等で配管周りがプールになっている

とがないようにしましょう。

以上4つの埋設ケースを説明しました。ひとつ覚えていただきたいことは、漏水調査の手法や機器は万能ではないということです。漏水調査の基本は複数の手法・調査機材を組み合わせつつ、時間をかけて行うものです。また、1回の調査では全ての漏水を発見できるものではありません。これは図3のケースや外部騒音にかき消されてしまう、漏水自体が小さく聴音できない等が理由です。また、漏水は復元するものです。ですから、漏水を発見し、無収水率を下げつつ維持するには、定期的かつ地道な調査が必要となります。漏水調査はあまり目立つ部門ではなく、労力を要しますが、水道事業経営には非常に重要な位置を占めています。これらの事を念頭に置き、ぜひ皆さんの水道事業で役立ててください。

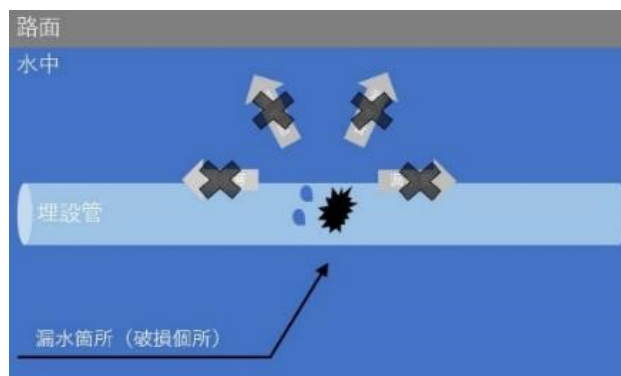


図4 水中に配管されている

A4: 回答者:高橋順一、(東京水道インターナショナル株式会社)

問い合わせは、地下水が多いと音源探知法による探知は容易でないという主旨のようですが、漏水の音が発生しにくいということで、非金属管(PVC、PE)の場合の漏水発生状況を考察しました。

- 1)漏水音:漏水音の強さは、水圧が低いほど小さく、反対に水圧が上昇するほど大きくなります。
- 2)圧力がある程度高ければ、高い周波数帯域での漏水音が発生しやすいです。音源探知法が難しいと言うことは、1bar以下の圧力が想定されます。1bar前後あればまだよいほうで、0.5bar以下だと漏水孔の形状にもよりますが、漏水孔に近接しないと漏水音は聴取できません。
- 3)PVC、PE管の漏水音は、比較的低い周波数帯域の漏水音が多いです。低周波の音源は、減衰率が少なく伝搬距離が長いのですが、PVC、PE管は音の大きさがもともと小さいので、伝搬しません。
- 4)漏水量が多くても音が大きくなるとは限りません。PVC、PEの漏水孔の形状は金属管の漏水孔より単純な形状が多いので、漏水音は小さくなります。
- 5)管口径が小さくなれば、漏水音は小さくなります。
- 6)非金属管は金属管と比較して音が伝わる速度が遅く、距離も短くなります。

以上、非金属管(PVC、PE)で圧力が低い場合の漏水の発生調査は、音源探知法にとっては不利な条件が多いですが、漏水音は発生しているので、音源探知法で探知できる場合もあります。音源探知法の効果を高めるには、以下の方法が考えられます。

①	漏水の近傍に検知接点を作る(バルブ設置)	途上国の管網はバルブ等の付属物が非常に少ないが水量管理の観点からも設置を推奨する
②*	ボーリングで音聴棒による管体接点を設ける。	ボーリング確認調査については、 ホームページの資料集 、「 地下水の高い管路での漏水探知法の資料 B「漏水探知のボーリング確認調査」 を参照
③	電動ポンプ、手動テスターにより水圧を上昇させる。	水圧が高ければ、漏水の音も必然的に大きくなる。 ホームページの資料集 、「 地下水の高い管路での漏水探知法の資料 A 地下水の高い管路での漏水探知」 を参照

* ②

1) 音聴調査の用語について

音聴調査とは音聴棒を使用した栓・弁音聴調査と漏水探知機器を使用した地表面に伝搬する漏水音の捕捉を行うことを言う。



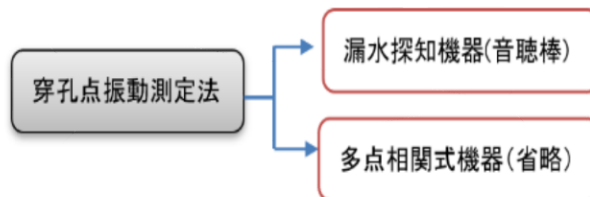
写 1 メーター・公道の栓・弁を接点として漏水の有無を調べる。



写 2 埋設管から発生する漏水音を地表面で捉える。

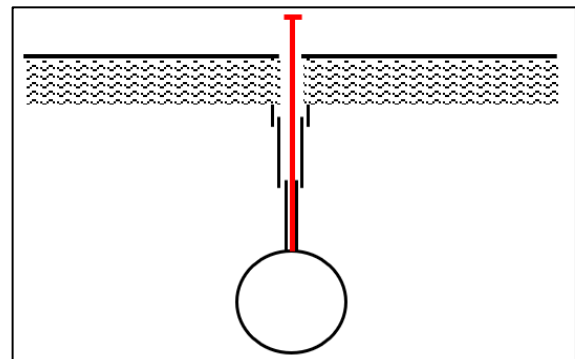


2) 参考事例:大口径の頂部に感震棒を穿孔挿入させ、管体に伝搬している漏水音(疑似漏水音)を捕捉するものである。感震鋼棒を穿孔挿入させる工法であるので、穿孔点振動測定法と呼称する。穿孔点振動測定法に使用する機器あるいはシステムは以下のものとする。



漏水探知機器(音聴棒)による捕捉は右図のように深さ1mピッチに径を変えて穿孔し、その後、管に損傷を与えないように注意深く感振棒(9mm 鋼棒)を管体に接触させ、上部に漏水探知器を使用して漏水の伝搬音の有無と程度を探る。

* 高橋氏の詳細回答はホームページ・資料集「[地下水が高い管路での漏水探知法](#)」を参照ください。



A5: 回答者 中之園賢治、(株)グッドマン

地下に埋設されている水道管には、金属(DIP, SP)及び樹脂管(PVC管、HDPE管等)が埋設されています。特に開発途上国では樹脂管が多く使用されています。今までの漏水調査は、漏水箇所から発生する漏水音が金属管に伝わってくる音を捉える漏水調査(音聴調査)を実施してきました。開発途上国では樹脂管が多く、水圧が低い場合が多いので、従来の音聴調査では、漏水箇所を見つけるのが難しい状況です。

最近では、樹脂管に対応できるトレーサーガス工法が開発されています。私はG社で開発したトレーサーガス工法のHT工法で、日本の中大口径から給水管までの水道管(900mm、300mm 給水管は、50mm～20mm)、農業用水路管(500mm,900mm)、ゴルフ場の散水管(100mm～150mm)の漏水調査を行い、漏水箇所を特定できました。特に地下水位の高い地区での漏水調査では、ガスが直上部に出てくることからガス検出機を使用して地下漏水を特定することが出来ました。

ただし、コンクリート舗装では、真上にガスが出てくることは難しく、継手部に出てくるのでその線上で交差した部分を漏水箇所として判断しています。地面が芝生、畑、荒地などの場合直上にガスが出てくるので、検知しやすいです。