

球体式管水路漏水調査機器スマートボール

東亜グラウト工業（株） 大野 信之

東亜グラウト工業株式会社では昨年末よりカナダ ピュア・テクノロジーズ社の開発した球体式の管水路漏水調査機器「スマートボール」とその漏水分析システムを導入しました。

スマートボール・システムの特徴を簡単に説明しますと、次のように言えます。「音響センサーなどの機器を内蔵した球体が通水中の管内を移動しながら、漏水やエア・溜まりの箇所と漏水量を記録して行くことで、長いパイプライン（1回の調査で約20kmまで）の複数の漏水箇所や漏水量を発見し、事後の修繕計画を策定するための資料を提供する」システムです。

本稿では、このスマートボール・システムの概要とその原理について報告いたします。

1. 機器の構成

本システムでの使用機器は基本的に下記の3種類です。

1) スマートボール・コア

直径66mmの球体状の漏水検知機。音響センサー、加速度計、温度計、磁気センサーなどを内蔵しており、管内を水流に従って転がりながら管内の情報を収集し、コア内のSDカードに記録をしていくもの。バッテリーも内蔵されており最大

12時間までのデータを記録することができます。

2) アウターシェル

スマートボール・コアを包むスポンジ状の外殻。スマートボール・コアの保護と転がり時のノイズの軽減、また表面積を大きくすることにより管内での推進力を高めることを目的としています。

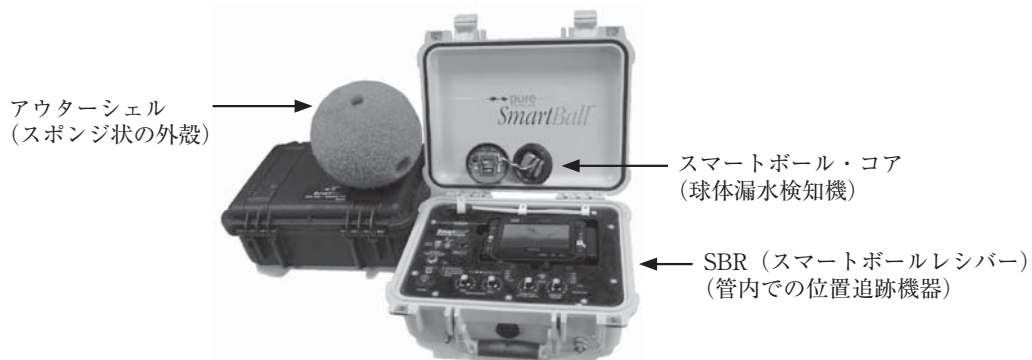
3) SBR（スマートボール・レシーバー）

管内を移動するスマートボール・コアの位置追跡機。スマートボール・コアが発する超音波パルスを受信し移動中の場所を時間軸で特定します。

2. スマートボール・システムの漏水検知の原理

本システムの漏水調査は、圧力管での漏水を調査するものです。アウターシェルで包まれたスマートボール・コア（この状態でスマートボールと表現します）を接続する空気弁などから挿入し、調査対象となっている区間を流下させ、空気弁などからスマートボールを回収し、コア内に記録されたデータを解析するものです。

調査する対象は漏水の有無、その箇所およびそれぞれの漏水量の推定です。以下に簡単に説明します。



1) 漏水箇所の特定

漏水箇所の発見・特定にはスマートボールと機器構成で紹介したSBRを使用します。調査開始時にスマートボールとSBRの時間をGPSを使用して同期化します。時間軸を同一にすることでスマートボールの位置をSBRで特定するものです。

スマートボールは3秒ごとに超音波パルスが発生するようにプログラムされており、このパルスがSBRに受信されたときの時間差をもとにSBRからの距離を計算します。

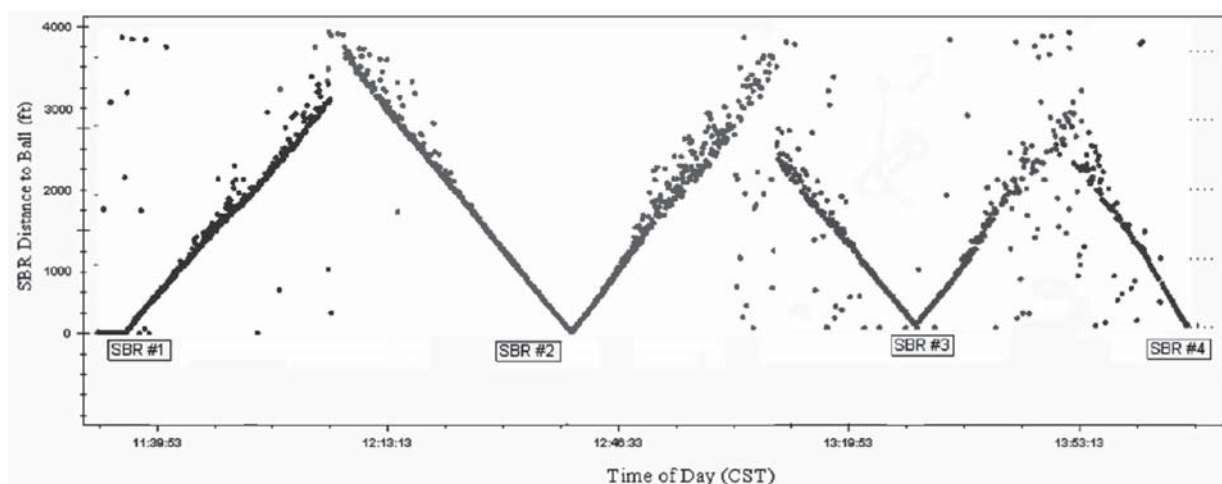
SBRはスマートボールの挿入口と回収口、管の延長が長い場合には約800mごとに設置します。SBRにはGPSによるロケータが内蔵されており、それぞれの設置場所が経度・緯度の数字で表されます。

スマートボールは管内を水流に従い転がりながら管内の音を記録しながら移動します。回収後にスマートボールが記録した音響データを、SBRと同期化した時間軸をもとに確認します。漏水音が発見された場合に、その時間からSBRが記録したスマートボールの位置を特定し、管路のどこで漏水があったかを発見するものです。

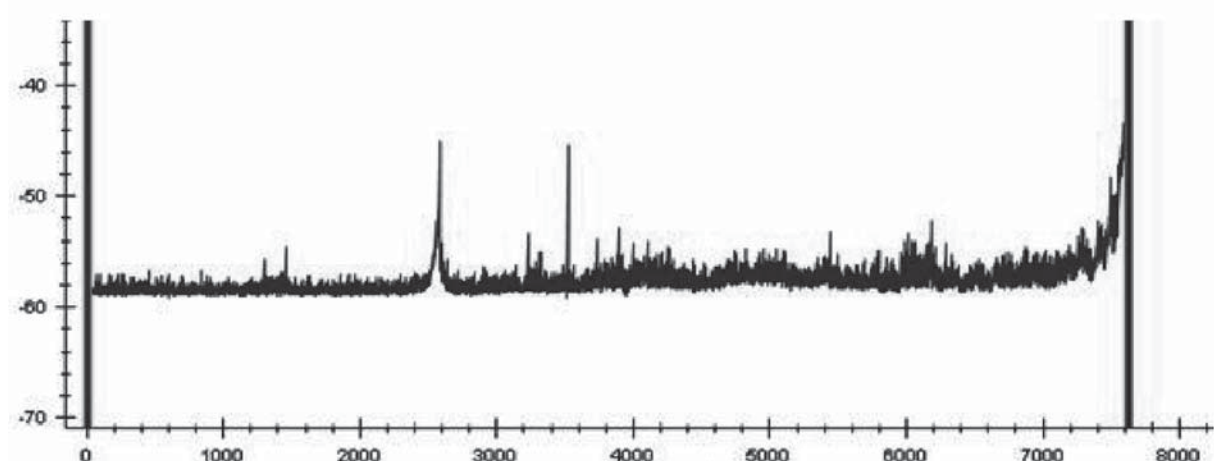
これまでの調査実績(約3,450km)の報告では、この位置特定の誤差は概ね1m以内(極端に条件の悪い場合で3m前後)となっています。

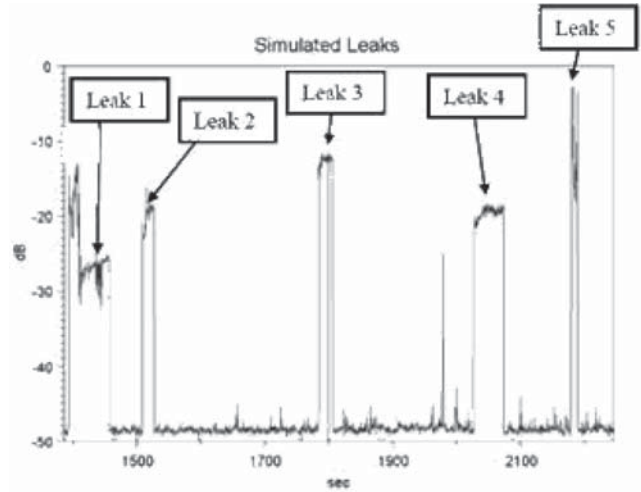
SBRの受信データ

3秒毎にスマートボールのSBRからの距離が点として記録されていきます。



スマートボール受信データ





2) 漏水量の推定

スマートボールの記録データでは、漏水箇所付近で音の異常として波形が大きく振れ、遠ざかるに従って波形が小さくなっていきます。ただし、このままのデータだけではどの程度の漏水量であったかは不明です。このため、スマートボールが管内にある状態で、調査する管路のスマートボールの挿入箇所ないしは回収箇所で使用する付属機器に取り付けられているバルブを使い模擬漏水を何段階かで行います。

この模擬漏水時にスマートボールが認識した周波数、音量のデータと実際の漏水現場で取得したデータとを比較して実際の漏水量を推定します。

上左図：回収機器に取り付けられている模擬漏水用のバルブ

上右図：模擬漏水で得られた漏水音のデータ

3. スマートボール・システムの特徴

- 1) スマートボール・システムの最大の特徴は、「水流にしたがって管内を移動しながら、管内の漏水音を検知していく」ことにあります。陸上からの調査とは異なり地上のノイズを拾うことなく、また交通の妨げとなることも少ないというメリットがあります。
- 2) また、直径 66mm（アウターシェルを含めても 100mm）と小さく、バタフライ弁でも条件が合えば（調査管径がアウターシェルの 3 倍以上であれば）、通過することができます。

- 3) 12 時間稼働の電池をスマートボールに内蔵しており、水流が 0.5m/秒とすれば、最大 20km を 1 回の調査でカバーすることが可能です。

- 4) 管の曲がりや上り下りも水の流れに従って移動します。管が垂直に上っていても水流が 0.5m/秒以上であれば、流れに従って登っていきます。

- 5) Y 字管や T 字管についても調査目的以外の管を完全閉鎖することで、スマートボールの進路をコントロールすることが可能です。水流がある限りそれに従ってボールは移動します。

4. スマートボール・システム調査が可能な条件

- 1) 調査対象の管路が加圧管であり、通水状態であること。
- 2) 管内の水流の流速が 0.15m/秒～2.0m/秒であること。2.0m/秒を超えると調査の精度がかなり落ちてきます。また垂直管を登る必要があるときは 0.5m/秒以上の流速が必要です。
- 3) 管内圧力が 0.1MPa～20MPa であること。
- 4) SBR の受信センサーを取り付けることのできる金属部にアクセスできる場所があること。これらセンサーを 800m 以内の間隔でとりつけることができれば漏水位置の特定の精度はより正確になります。

- 5) スマートボールを挿入できる立上管や空気弁の内径が100mm以上であること。
- 6) スマートボールの回収についても同様100mm以上の内径が必要です。
- 7) スマートボールの挿入，回収箇所で作業のために上空のスペースが必要です。挿入に当たっては2m以上，回収については4m以上が必要です。これらのスペースが確保できない場合には特殊な挿入・回収方法をとる必要があります。

以上が本スマートボール漏水検知システムの概要です。

5. 日本での現状

本スマートボール・システムについては，東京都内で行った実証テストの結果では，期待された性能が確認されています。これに引き続き現在，福井県日野川用土地改良区で実際の漏水調査を

行いました。対象はダクタイル管水路（φ1,200～1,350mm）で調査距離は約6kmです。県及び関係者の方々のご協力をいただき，4月9日には日野川用土地改良区において調査の概要説明を行うとともに現地でのデモンストレーションを行いました。残念ながら調査結果についてはまだ解析中で，今号には間に合いませんでしたので，機会を頂ければ，改めて報告させていただきたいと願っております。

スマートボール・システムは開発後まだ3年ですが，北米，欧州，オーストラリア等で既に3,450kmを超える実績を持っています。漏水の発見率は100%です。当社としては，これまで漏水がありながら漏水箇所を特定出来なかった管路の診断・修復のために本スマートボール・システムの普及を図り，土地改良施設のストックマネジメントに参加していきたいと考えております。

