

## 高周波交流電気探査装置を用いた実証実験

日本物理探査（株） ○古賀 遼平，天野 量稀，千鳥 雅由  
河野 秀紀，金田 朋之

### 1. はじめに

日本では 1970 年代までの高度経済成長期に多くの水道管が敷設・普及し、その多くの水道管が法定耐久年数 40 年を超えつつある。しかし、更新が進んでおらず、老朽化に伴う漏水や破損事故が発生している。老朽化の原因の一つに水道管の腐食がある。周囲土壌の比抵抗が腐食に影響を与えることはよく知られている。

弊社は（国研）産業技術総合研究所が開発した技術を提供いただいて高周波交流電気探査装置を製作した。この装置を用いることにより、舗装道路上でも地盤に電極を打ち込むことなく水道管周囲の土壌の比抵抗分布を把握することができる。今回日立市の協力のもと実証実験を行った結果について報告する。

### 2. 水道管の腐食と比抵抗

ダクタイル鋳鉄管の腐蝕性の指標として、アメリカの国家規格（ANSI / AWWA C105 / A21.5）があり（表-1）、わが国でも腐食に関する標準的な評価指標として用いられている。各項目の評価点の合計が 10 点以上になる場合、対策が必要となる。この中で、比抵抗値は  $15 \Omega \cdot m$  以下で 10 点となり、腐食に対して影響が大きい指標であることがわかる。

表-1 ANSI / AWWA C105 / A21.5 による土壌の腐食性評価基準（比抵抗値単位を  $\Omega \cdot cm$  から  $\Omega \cdot m$  に修正）<sup>1)</sup>

| 調査項目                     | 測定値           | 評価点数 |
|--------------------------|---------------|------|
| 比抵抗 ( $\Omega \cdot m$ ) | < 15          | 10   |
|                          | 15 ~ 18       | 8    |
|                          | 18 ~ 21       | 5    |
|                          | 21 ~ 25       | 2    |
|                          | 25 ~ 30       | 1    |
|                          | > 30          | 0    |
| pH値                      | 0 ~ 2         | 5    |
|                          | 2 ~ 4         | 3    |
|                          | 4 ~ 6.5       | 0    |
|                          | 6.5 ~ 7.5     | 0    |
|                          | 7.5 ~ 8.5     | 0    |
|                          | > 8.5         | 3    |
| Redox 電位 (mV)            | > 100         | 0    |
|                          | 50 ~ 100      | 3.5  |
|                          | 0 ~ 50        | 4    |
|                          | < 0           | 5    |
| 水分                       | 排水悪く常に湿潤      | 2    |
|                          | 排水良く一般に湿っている  | 1    |
|                          | 排水良く一般に乾燥している | 0    |
| 硫化物                      | 検出            | 3.5  |
|                          | 痕跡            | 2    |
|                          | なし            | 0    |

### 3. 高周波交流電気探査装置について

高周波交流電気探査は、周波数 20kHz 程度の交流による電気探査で、PVA (polyvinyl-alcohol) 超吸水スポンジ製のローラ電極を用いることでアスファルト舗装上でも路面を傷つけずに地下の比抵抗構造を効率よく求めることができる。

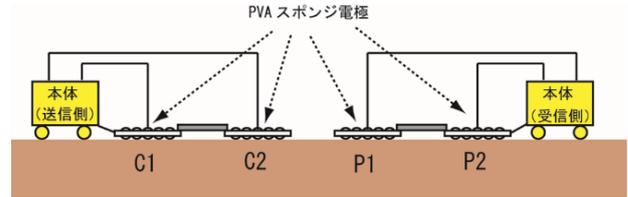


図-1 高周波交流電気探査装置概念図

高周波交流電気探査は、ダイポール・ダイポール法に準拠した測定を行う<sup>2)</sup>。原理は二つの電極間（送信ダイポール）に交流の電流を流すことで地中に発生する電位変化を他の二つの電極（受信ダイポール）で受信する（図2）。この送信・受信ダイポールの位置を変化させることにより、深度方向の比抵抗を取得することができる。基本的には送信ダイポールを固定し、受信ダイポールを移動して測定する（図-3）。

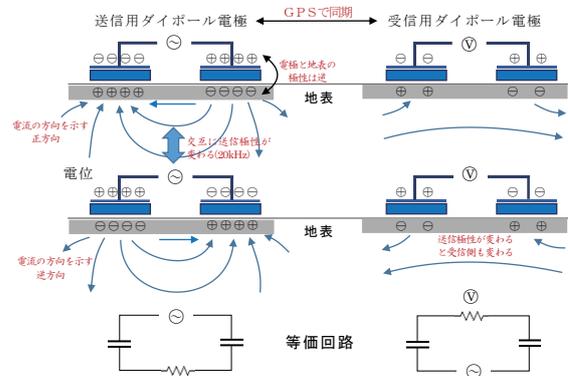


図-2 高周波交流電気探査の原理の概念図

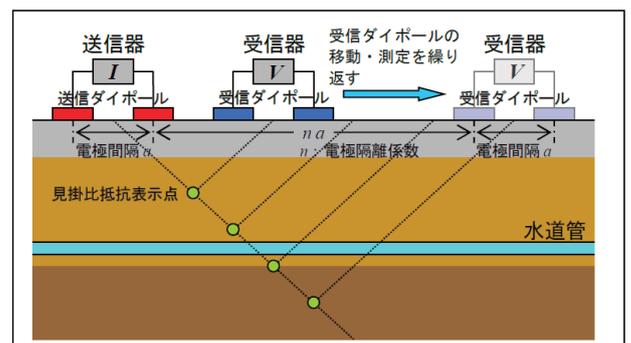


図-3 高周波交流電気探査の測定法

#### 4. 日立市における実証実験

日立市内5か所のアスファルト舗装道路上において高周波交流電気探査による検証実験を実施した(表-2)。従来の電気探査と比較するため④地点において、道路脇の土壌部分において電極打設による直流電気探査を実施した。

表-2 日立市における実証実験内容

| 地点番号 | 探査数量       |          |               |
|------|------------|----------|---------------|
|      | 探査手法       | 数量       | 備考            |
| ①    | 高周波交流電気探査  | 50m×2測線  | 令和2年漏水事故      |
| ②    | 高周波交流電気探査  | 100m×1測線 | 平成18, 30年漏水事故 |
| ③    | 高周波交流電気探査  | 100m×1測線 |               |
| ④    | 直流比抵抗法電気探査 | 95m×1測線  | 平成27年漏水事故     |
|      | 高周波交流電気探査  | 100m×1測線 |               |
| ⑤    | 高周波交流電気探査  | 50m×2測線  |               |



図-4 実験場所位置図<sup>3)</sup>

#### 5. 結果

各地点において得られたデータを解析して比抵抗モデルを求めた。例として最もリスク評価点数の高かった②地点の評価比抵抗断面図を示す(図-5)。断面データより、水道管の埋没深度周辺の比抵抗値を抽出して、各側線上にプロットしたグラフを図-6に示した。ANSIによる評価基準をもとに(表-3)、その地点における腐食リスクをランク付けした(表-4)。

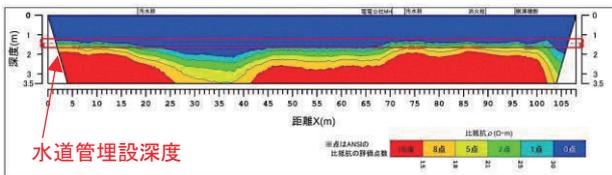


図-5 ②地点のANSI評価比抵抗断面図例

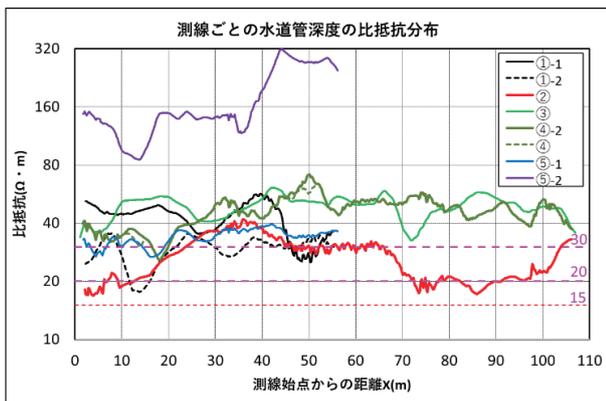


図-6 水道管深度の比抵抗分布

表-3 ANSI基準による腐食リスクランク付け

| ランク | 概要  |
|-----|---|
| A   | 腐食土壌の分布が懸念され、管の更新・詳細調査の優先箇所。漏水履歴がある場所。比抵抗値が20Ωm未満 |
| B   | 腐食進行は中位と想定。管の更新・詳細調査の優先度は中位。比抵抗値は20~30Ωm未満        |
| C   | 腐食は遅いと推定され、管の更新・詳細調査の優先度は低い。比抵抗値は30Ωm程度           |
| D   | 腐食進行は十分遅い。管の更新・詳細調査の優先度は極低い。比抵抗値は30Ωmより十分大きい。     |

表-4 各地点における腐食リスクの評価

| 地点番号 | 水道管深度の比抵抗  |          | 評価 |
|------|------------|----------|----|
|      | 最低比抵抗値(Ωm) | ANSI評価基準 |    |
| ①-1  | 25         | 1        | A  |
| ①-2  | 18         | 5        |    |
| ②    | 17         | 8        | A  |
| ③    | 32         | 0        | C  |
| ④    | 26         | 1        | B  |
| ⑤-1  | 27         | 1        | B  |
| ⑤-2  | 85         | 0        | D  |

#### 6. まとめ

日立市において、高周波交流電気探査装置の実証実験を実施した。

その結果、舗装路面下の水道管周囲の地盤比抵抗分布を得ることができた。ANSI基準による腐食地盤の評価を行ったが、履歴や地盤状況から判断して、ほぼ妥当な評価ができた。

#### 謝辞

本実験にあたり、日立市企業局様、株式会社管総研様には、実験場所や水道関係の資料をご提供していただいた。ここに深く感謝する。

#### <<引用・参考文献>>

- 1) 神宮司、狩野、横田(2018):高周波交流電気探査による老朽水道管の更新優先度調査技術,物理探査学会,第138回学術講演会論文集,138, 56 表1より引用
- 2) 千鳥・河野・鈴木・河村・鶴川・狩野・神宮寺(2020):高周波交流電気探査装置を用いた基礎実験,物理探査学会第143回(2020年度秋季)学術講演会講演論文集,143, 79-82.
- 3) 国土地理院地図(電子国土 Web)  
<https://maps.gsi.go.jp/>より作成