

非破壊検査による地表面からのパイプライン損傷箇所調査に関する研究

Pipeline damage point investigation from ground surface by nondestructive inspection

志賀大輝*, 豊田和希*, 藤川智紀*, 竹内 康*, 平井和典**, 佐藤公俊**

D. SHIGA, K. TOYODA, T. FUJIKAWA, Y. TAKEUCHI, K. HIRAI and K. SATO

はじめに

道路や橋梁等の社会基盤施設と同様に、戦後から高度経済成長期に整備された農業用水利施設の多くが更新時期を迎えており、これらを適切に維持管理し、長寿命化を図るためのストックマネジメントの重要性が社会的に認識され始めている。特に農業用パイプライン（以下、パイプライン）は地中埋設構造物であり、老朽化等による損傷が生じた場合、埋設箇所によっては道路陥没等の二次的被害を引き起こすため、損傷箇所の早急な検出が必要とされている。しかし、パイプラインには多くの合流・分岐施設が設置されており、管径も大小様々であるため、一般的に行われている漏水量調査や管内調査では、損傷箇所の検出が困難なことが多い。

本研究では、岩手県陸前高田市で実施された県営ほ場整備事業気仙川地区内の A 工区の農道下に敷設されたパイプラインを対象に、電磁波レーダなど、道路の路面下空洞調査に用いられている非破壊検査装置を利用し、損傷箇所の検出方法について検討したので、報告するものである。

調査対象地の概要

県営ほ場整備事業気仙川地区のパイプラインでは、東日本大震災によって損傷を受け、損傷箇所の修繕が行われてきた。しかし、本検討の調査対象地である同地区 A 工区では、漏水箇所周辺で開削調査を行ったものの、損傷箇所を特定するに至っていないのが現状である。

調査地におけるパイプラインの埋設状況は図-1 に示す通りで、埋設深は比較的浅いことがわかる。なお、図中の $\phi 200 \sim \phi 75$ は、外径 200mm~75mm の管が埋設されていることを示しており、3 種類の管は土砂系舗装延長方向中

央部においてバルブで連結されている。また、過去に行われた開削調査時の漏水箇所は、県道から最も離れた 150mm 管屈曲部であり、先述した開削調査は漏水箇所からバルブ部までを対象に実施している。

調査方法

当該調査区間のように、パイプラインから漏水が生じた場合には、路盤や路床の泥濘化により舗装の支持力が低下する。また、表層が施工されている場合には、表層下に空洞や僅かな隙間が生じることがある。このような箇所では、支持力が低下するだけでなく、熱伝導状況が他の箇所とは異なる傾向を示す。そこで本研究で

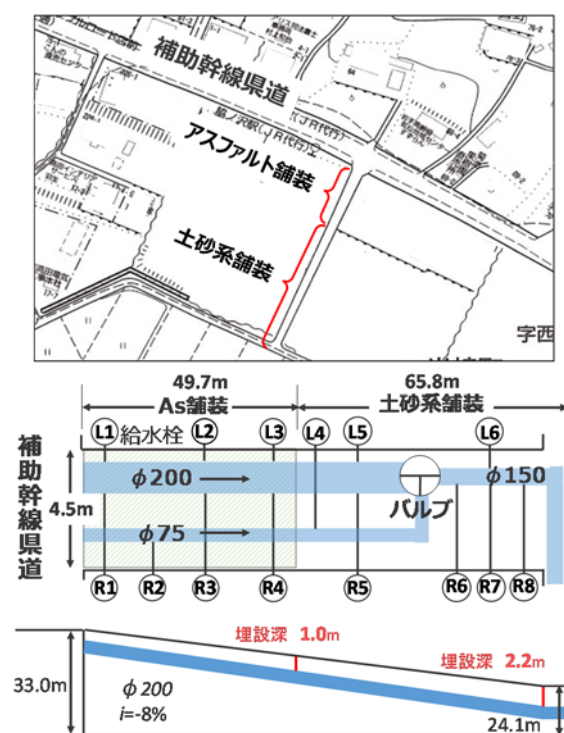


図-1 調査地平面図（平成 28 年）とパイプライン埋設位置（昭和 60 年）

* : 東京農業大学 Tokyo University of Agriculture, ** : 岩手県 Iwate prefecture

キーワード：農業用パイプライン、非破壊検査、電磁波レーダ、サーモグラフィ、小型 FWD

は、道路の路面下空洞調査に一般的に用いられている電磁波レーダ（GPR、日本信号 GN-01）の他に、支持力調査のための小型重錘落下式たわみ測定機（小型 FWD、東京測器研究所）、熱伝導状況調査のためのサーモグラフィ（TG、フリアーシステムズ FLIR ONE）を使用し、漏水箇所の検出方法について検討することとした。具体的には、TG と GPR によって他とは異なる結果を示す箇所を抽出し、小型 FWD によって抽出箇所の支持力調査を実施した。

調査結果

現地での聴き取り調査の結果、パイプライン施工後に県道の直線化に伴う盛土工事のため、パイプラインの埋設深が施工当初に比べて 2～3m 程度深くなっていることがわかった。そのため GPR 検査では、探査性能の関係で埋設位置周辺の状況を把握できないことから、路面下 1.5m 程度までの範囲で、漏水による舗装材料の支持力低下を調査することとした。アスファルト舗装区間での異常信号箇所を図-2 に示す。この図より路面下 30cm 付近に周辺部とは異なった反射信号が発生していることがわかる。この異常信号が支持力低下を示す場合には、表層と路盤の間に僅かな隙間が生じることがあり、表層からの熱が下方に伝達されないため、周辺部よりも表層温度が高くなる。また、支持力低下部では、小型 FWD での重錘落下時に計測されるたわみは周辺部よりも大きくなる。筆者らが過去に行った GPR と小型 FWD による路面下空洞の研究では、式(1)によりたわみの閾値 w_k を設定して空洞探査を行った実績があるため、これを踏襲することとした。

$$w_k = w_m + k \cdot \sigma \quad (1)$$

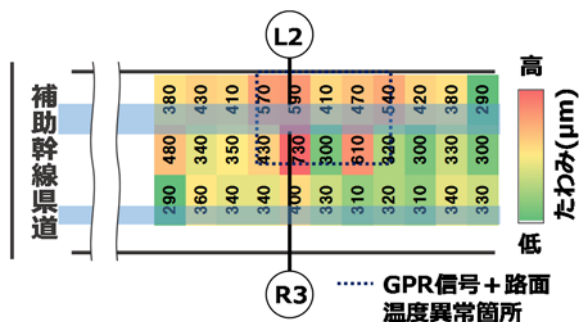


図-3 アスファルト舗装部での調査結果

ここに、 w_m と σ は GPR が異常信号を示さない箇所でのたわみの平均値と標準偏差、 k は信頼度 R による係数で 1.28 ($R=90\%$) の値をとる。

図-3、4 は GPR と TG が検出した異常箇所での FWD たわみとパイプライン給水栓との位置関係を示したものである。図-3 はアスファルト舗装区間、図-4 は土砂系舗装区間での計測結果を示している。土砂系舗装区間では、TG による明確な差は認められなかったが、アスファルト舗装区間では、GPR の異常信号箇所でも路面温度が明らかに上昇していることがわかった。また、図中の数字は μm レベルでの FWD たわみであり、式(1)の閾値から大きくなるほど緑色→黄色→赤色のグラデーションで表示することとした。これらの結果からわかるように、アスファルト舗装区間、土砂系舗装区間ともに、パイプラインの給水栓分岐部において GPR や TG が異常反応しており、それらの箇所でのたわみは大きくなっていることがわかる。これらのことから、開削調査実施部よりも県道側（図-1 参照）の L2、R3、L4 の給水栓の分岐部で漏水が発生しているものと考えられる。今後は開削調査により漏水の発生状況を確認し、本非破壊検査法の精度を把握する必要がある。

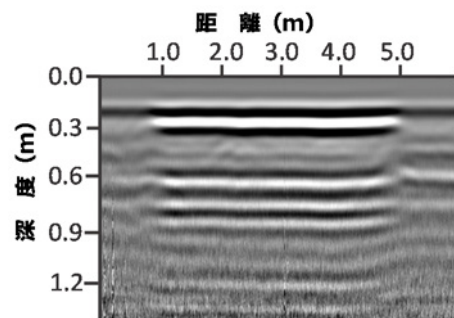


図-2 アスファルト舗装部での GPR 異常信号

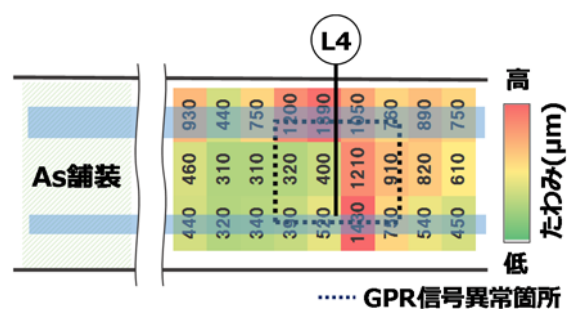


図-4 土砂系舗装部での調査結果