

J-018

画像処理を利用した下水道管渠における継目検出手法の検討 Study of Sewer Pipe Joint Detection by using Image Processing

大坂 昂資*
T. Oosaka

東郷 喜一郎**
K. Tougou

林 智成***
T. Hayashi

沼尾 信二***
S. Numao

張本 紀行***
N. Harimoto

1. まえがき

近年、下水道管渠調査における小口径管の調査には、通常テレビカメラが用いられている。

下水道管渠における維持管理業務の効率化のため、下水道管渠内面調査ビデオ画像から画像処理技術によって、管渠内面の状況を自動診断する技術の開発が行なわれている。管渠の自動診断において、損傷箇所、取付管、継目部を正確に識別することは重要な画像処理技術となっている。特に管渠の損傷状況を正確に認識するために、継目部と、損傷箇所（クラックや破損等）を区別することは、画像を使った管渠内診断において重要な前処理の一と言える。しかし、ビデオ撮影された画像から直接継目部の抽出をしようとした場合、以下の問題点が挙げられる。

- ・管渠内の汚れや、水跡等のノイズ成分の影響を抑えて、継目部を認識する必要がある。
- ・調査ビデオ画像の全フレームを処理しようとした場合、処理データ量が多いため、莫大な計算時間を必要とする。

以上の問題点を解決するため、本稿では、下水道管渠内面展開図^[1]をベースとした継目部の抽出手法を提案し、管渠内面展開図上の継目部の画像特徴に着目した抽出方法の検討を行なった。

2. 継目部の抽出手法

継目部の検出手順を以下に示す。

展開図の作成^[2]

調査ビデオ画像は 1 秒間に 30 枚フレームである。これらの画像を帯状に座標変換し、ビデオの前進速度に合わせて接続し展開図を作成する。

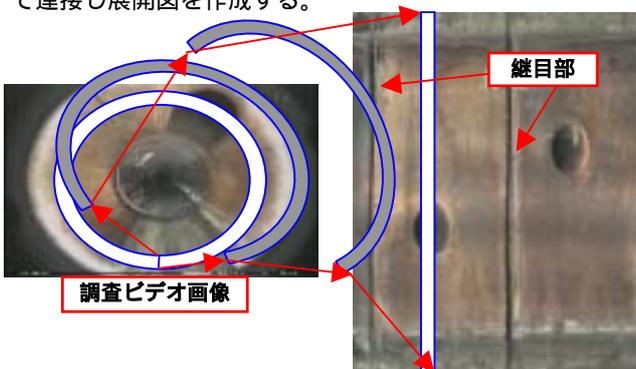


図 1 展開図の作成

展開図上の特徴による継目部の強調

管渠内を撮影したビデオ画像では継目部は円形となって現れる。継目部は管体同士の接続部の為ほかの部分と比較して画像の輝度値が低くなるといった特徴がある。継目部の画像を展開図した場合、継目部は展開図の縦方向に沿って輝度値の低い細い線として現れる（図 2 参照）。この特徴に着目して、展開図画像から縦方向ピクセルの輝度値を累積加算し、これを管渠延長方向に沿って行なう。

図 2 に示すような展開図に対して縦方向（管渠の円周方向）にピクセル輝度値を累積加算した場合、継目部で累積輝度値が低い値となり、継目部では累積加算値が特徴的な値を示す。

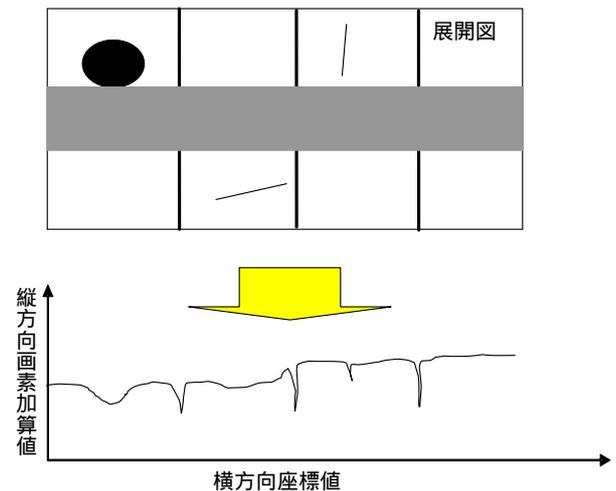


図 2 継目部の強調

移動平均を利用した継目部の累積加算値強調法
ノイズなどの影響を除去し画素累積加算値から更に継目箇所を強調するため動的 2 値化処理を実施した。

これまでの調査ビデオ画像から、ほぼすべての継目部幅は 5cm 以内となっていることから、継目幅は 5cm 以内と仮定する。

まず展開図において縦方向画素累積加算値 A を求める。次に横方向 20 cm 幅で画素累積加算値の移動平均値を求める。移動平均値の結果を B とする。移動平均の結果から $|A-B|$ の値を計算する。この値を C とする（画素累積加算値と移動平均の輝度値の差分をとる）。さらに C の上位のピーク値を抽出し、継目部の候補とする。本強調法の採用により取付管などの画像累積輝度値が低い箇所においても誤認識を抑制することが出来た。

今回横方向の移動平均距離を 20cm 程度設定した理由は、通常、小口径管の下水道の場合、取付管径は 20cm 以下となる場合が多く、取付管の影響を抑制するため経験的に移動平均距離の設定を行なっている。

* 東京都下水道サービス株式会社

** 東京電子工業株式会社

*** 日本工営株式会社

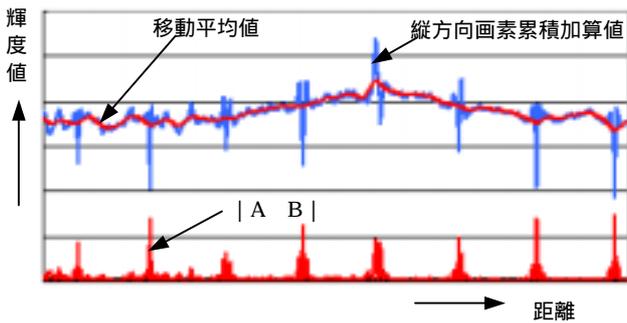


図3 継目部の輝度値計算結果

投票法による管体長さの決定

管渠内の管体長さは概ね 0.6m ~ 3.0 m である。また1つの管路においては、管体長はほぼ一定間隔となっている。この特徴を利用し、投票法による管体長さを決定する。

投票法では、最初に継目部の累積加算値強調法によって継目候補を求める。ある継目候補位置を基点として、0.6m ~ 3.0 m の範囲内に出現する継目候補位置までの距離（間隔）を求める。次に継目候補位置の距離別に投票してヒストグラムを作成する。この中で最も出現頻度の高かった距離を管体長とする。投票処理時に、以下の2点について工夫した。

- ・継目候補距離の投票時に重み付けをし、継目候補距離の前後の距離にも投票を行なう。
- ・投票法では、管渠長さおよびその倍数のところにも大きなピーク値を示すことがある。この場合最初に出現したピーク値を管渠長として抽出することとした。

管体長による継目位置の抽出

継目部の候補データから、区間の長い順で継目部の抽出を行なう。管体長より長い区間に継目部の候補データが存在しない場合、その区間のみ継目部の候補抽出の閾値を下げ、継目部の候補を再抽出する。



図4 継目位置の抽出結果

3. 継目幅の計測手法

下水道管渠においては、継目幅がある一定以上のものを継目ズレと判断し、異状分類の一つとしている。ここでは、継目部の画像を利用した継目幅の計測手法の提案を行なう。

継目部画像の抽出

前項の継目の抽出結果を利用し、管体同士の継目部を特定し、この箇所における画像を抽出する。

継目幅の計測

この画像を展開図円周方向に 12 等分する（管渠内の円周角度として約 30 度分に相当）。12 等分した継目の周辺画像に対して縦方向累積輝度値を求める。縦方向画素加算値に対して 30%、70% の点を通るように近似直線を引く。この直線が 100% の線と交差するところを継目のエッジ部とする。継目画像において、このエッジ間の幅を求めこれを継目幅とする。（図5参照）

展開図円周方向の 12 等分に対してすべてエッジ幅を計測し、特異点を除いた最大値をこの継目部における水平ズレ幅とする。

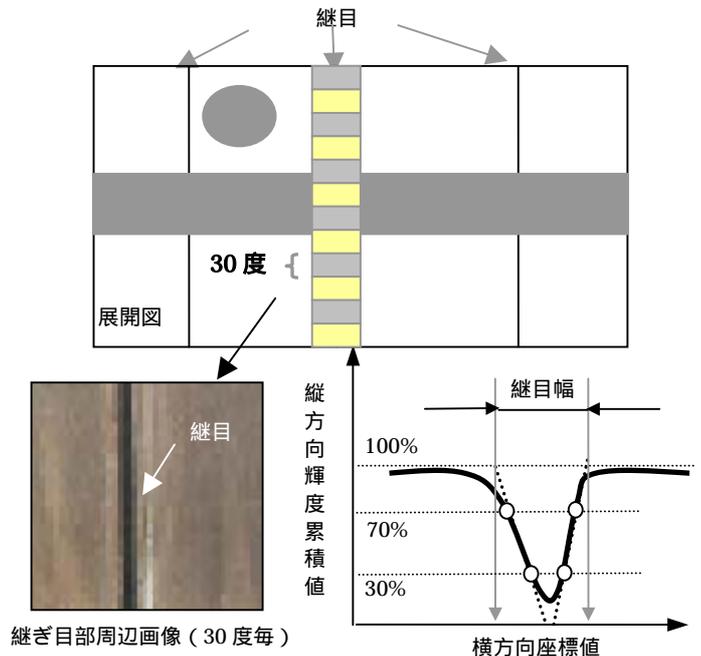


図5 継目幅の計測

4. まとめ

継目部の抽出および、継目幅の計測では、本手法を用いることにより概ね良好な結果を得ることができた。

ただし、画像上で継目部と管体の区別することが難しい管渠については、本手法で継目部の抽出をすることが出来なかった。このような管渠に対しては、画像のみで継目の判別をすることは難しいと考えられ、工事履歴などと比較しながら継目位置を求める必要がある。

今後、下水道管渠内を撮影したビデオ画像を蓄積し、破損やクラックなどの抽出手法についても検討を行ってゆく。また管渠内の汚れなどの影響を受けずらい異状判別手法についても併せて検討を進めていく予定である。

参考資料

- [1] 脇川 武美他, “下水道管渠内面展開図化システムの開発”, 第35回下水道研究発表会, 1998
- [2] 藤山守他 “下水道管渠内面図からクラック抽出手法の検討”, FIT2003