

## 計測ひずみによる地中埋設管への作用土圧の推定法について

新潟大学大学院 学生会員 ○井上 直孝  
新潟大学工学部 正会員 大川 秀雄

## 1. はじめに

近年、都市の過密化が問題となっている。これに連動して地中埋設管が設置される環境も変化してきている。例えば、地上構造物の巨大化に伴う上部荷重の増大、地下利用の増加に伴う埋設深の増大、管の併設による相互作用の影響などによって、埋設管に作用する土圧がこれまでも増して増大化かつ複雑化している。埋設管の設計上、土圧の分布形状の把握は不可欠であり、その正確さも重要である。それにも関わらず、土圧の正確な把握は未解決の部分を残している。

## 2. 研究目的

土圧分布を求める手法として、容易に計測可能なひずみ計測を行い、その結果より土圧を計算する方法がある。これは、管周上で離散的にひずみを計測し、曲げモーメント、軸力の値より、力学的平衡条件から土圧分布を計算するものである。計測値が正確に得られる場合には有効であるが、実際の計測値は測定誤差を含んでいると考えられる。その誤差の影響は土圧分布にも表れるはずである。そのため、誤差の影響を考慮して土圧分布を求める必要がある。この問題点を考慮した土圧推定方法の確立を本研究の目的とする。また、主に管の許容応力の観点から管周でひずみを計測した例が多くあるが、それらの測定結果が土圧分布の推定にまで利用していないのが現実である。本研究によって、それらの計測値を再利用、有効利用できるようにすることも目的の一つである。

## 3. Spline 関数

実験では数個の離散点で計測値が得られる。その分布形状は計測値の全てを通る高次の多項式で表現できる。図1より、この曲線は与えられた点を通ってはいるが、人間の感覚からすれば不自然な曲線を描いている。一方、Spline 関数曲線は各点を滑らかに結ぶより自然な曲線を描いていることがわかる。このことから、Spline 関数の適用は、土圧、曲げモーメントなどの分布図を描くのに有効であることが予想される。

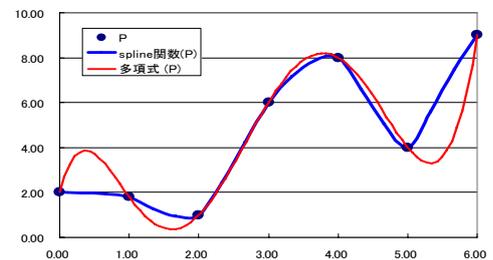


図1 Spline 関数

## 4. 力学的平衡条件から推定する土圧

定量的な値を持つ例を示すため管に仮想土圧を与え、それによって生じる部材力を計算した。この曲げモーメント、軸力の値をもとに力の平衡条件から土圧が推定できるか確認した。二つの計測点間を一つの区間とし、図2に示す分割した管要素の平衡条件から作用土圧を推定する。このとき区間に作用する土圧は一様であるとする。これにより、計測値を用いることで一様土圧の大きさが推定できる。この作業を各区間で行うことで得られる推定土圧は階段状分布となる。これを平滑化し、もとの管に作用させたものを推定土圧分布とする。

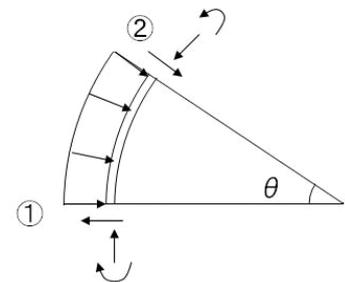


図2 分割管

実際に値を与えて計算した例を示す。これは管周方向に  $10^\circ$  刻みの 36 点で計測値が得られる場合を想定した。結果は図3に示すとおりである。これより、土圧の変化率が大きい点では若干の誤差は生じるが、小さい点では与えた仮想土圧とほぼ同じ値をとり、再現性は良好である。この誤差に関しては、安全率と同じ概念の

キーワード 埋設管, ひずみ, 土圧, Spline 関数

係数を見込む、あるいは区間の間隔をより狭くすれば問題はないと考えられる。また、規則的な波状土圧を与えた場合、推定結果は一様な土圧分布となるが、これもマクロな見地から妥当なものと考えられる。(図4)

次に計測点が少ない例を考える。ここでは図3と同じ仮想土圧を与える。30°刻みの12点で計測されるとし、Spline関数を用いて区間内の曲げモーメント、軸力を先の例の値から推定して用いた。結果は図5に示すとおりである。これより、例1の結果と比べると波打ち、負の土圧の点もあるが概ね再現性は良好である。この負の土圧に関しては、点周辺の土圧推定値より正の値をとるよう補正をかければ問題はないだろう。

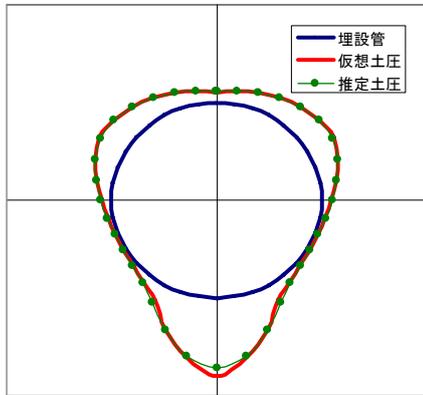


図3 推定土圧の例1

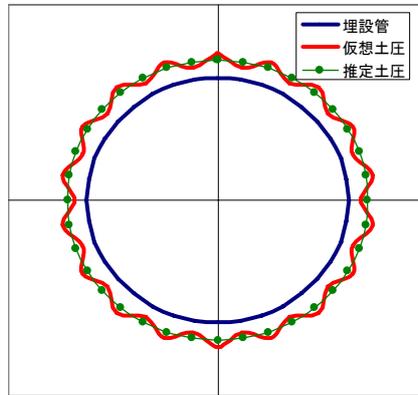


図4 推定土圧の例2

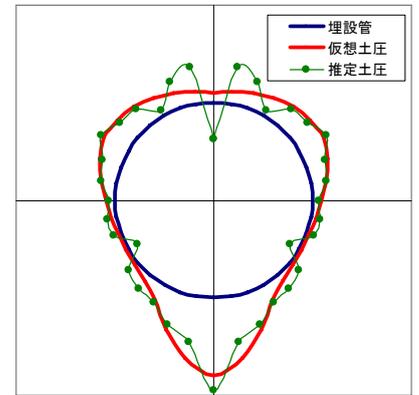


図5 推定土圧の例3

### 5. 誤差を含んだ計算値から推定する土圧

実験を行うことで得られる計測値に誤差はつきものである。誤差を含んだ計測値を用いて平衡条件から土圧を推定すると、2種類の土圧を推定することになる。これは、誤差によって管が平衡条件下にないことを表している。この問題を何かしらの方法で平衡条件下にあるようにしなければならない。本研究では無次元量であるひずみを用いた重み付きの計算をすることで土圧を次式より仮定した。これによって計測値に誤差が含まれていても土圧を推定することが可能となった。

$$\varepsilon = \varepsilon_m + \varepsilon_n$$

$$w_p = \frac{\varepsilon_m w_m + \varepsilon_n w_n}{\varepsilon}$$

ここで、 $w_p$  : 計測誤差を考慮した推定土圧  
 $w_m$  : 曲げモーメントの計測誤差の影響を受けた推定土圧  
 $w_n$  : 軸力の計測誤差の影響を受けた推定土圧  
 $\varepsilon$  : 計測されたひずみ  
 $\varepsilon_m$  : 曲げモーメントによるひずみ  
 $\varepsilon_n$  : 軸力によるひずみ

### 6. 実測値を用いた例

実際に計測された値を用いて、これまでに述べてきた土圧分布の推定方法が有効であるかを調べる。力学的平衡条件から土圧を推定するためには、曲げモーメント、軸力、また、比較のために土圧の値も計測されていれば問題ないが、ここでは軸力が計測されていない例<sup>1)</sup>で確認する。ここでは、軸力の値を地盤自重と曲げモーメントの関係から推定した。得られた推定土圧の分布は計測された土圧の分布と類似している。また、値は大きめに算出されているが、管がたわみ性で作用する土圧が小さくなること、あくまで地盤自重によって生じる軸力が仮想した値であることなどが理由として考えられる。しかし、軸力が推定値であっても、再現性は概ね良好であった。

### 7. まとめ

本研究によって、曲げモーメント、軸力の計測値が得られれば管に作用する土圧を推定できることがわかった。また、軸力の計測値がなくても曲げモーメントの計測値があれば概略的ではあるが、作用土圧分布を推定できることがわかった。

参考文献

1) 毛利栄征ら：超大口径薄肉パイプラインの埋設挙動に関する検討，第40回地盤工学研究発表会概要集（2005）