

(Ⅲ-26) 地中埋設管の歪による土圧分布の推定に関する研究

新潟大学大学院 学生員 ○小柳 昌行
新潟大学工学部 正会員 大川 秀雄

1. 本研究の目的

埋設管の埋設条件が多様化している。その為、それぞれの条件に対する作用土圧を知ることは重要である。現場測定や実験で土圧を知るには土圧計を用いれば良いが、困難を伴うことが多い。しかし管周に沿って歪分布を測定することは比較的容易であり、多くの研究者が測定を行っている。そして得られた歪分布から土圧を推定することも試みられているが、満足出来る結果は得られていない。そこで本研究では、精度良く土圧分布を推定する為の手法の開発を試みた。

2. 解析手法

2.1 力のつり合い条件による手法 (以下 手法1)

埋設管周上の歪から各点の曲げモーメント(M)、軸力(N)を算出し、図1の様なセグメントを考え、力のつり合い条件 $\Sigma H=0, \Sigma V=0, \Sigma M=0$ から土圧分布を算出する手法である。ここで土圧分布は、垂直方向成分(P)を1次関数、接線方向成分(τ)を一定値と仮定する。これは、 τ の変化がさほど土圧分布の変化に影響しないことと、点0で $\Sigma M=0$ を取ることで τ を算出可能にする為である。またPを1次関数とすると、残りの未知数が剪断力(Q)を含め4個となり、他の2条件と点Aでの $\Sigma M=0$ 、管頂で $Q=0$ である条件により未知数全てが算出できる為、1次関数としたのである。

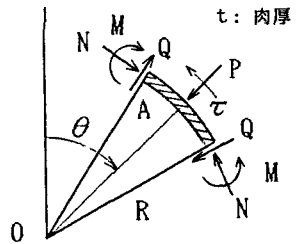


図1 埋設管要素の力のつり合い

2.2 つり合いの微分方程式による手法 (以下 手法2)

歪から算出される曲げモーメントを利用し、手法1と同様にセグメント毎に、曲げモーメント分布を3次のスプライン関数で表現した。更に式(1)によりセグメント毎の土圧分布の垂直方向成分(P)を算出する。

$$\frac{d^2 M}{dX^2} = -P \quad \dots\dots\dots (1)$$

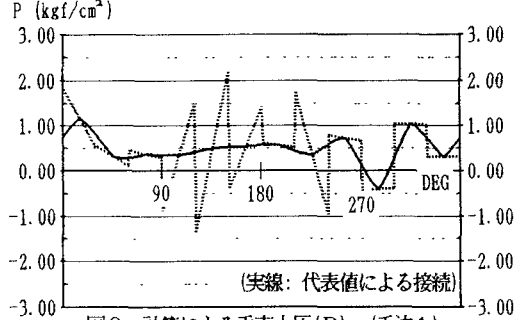


図2 計算による垂直土圧(P) (手法1)

3. 解析手法の検討

ここでは、仮定した土圧を与え、前述の解析手法を用いて土圧分布の逆算を試みる。そしてこの手法の妥当性を探る。

3.1 手法1による場合

土圧分布の2成分を各々、 $P(\theta)=0.5+0.4\cos(2\theta)$ 、 $\tau(\theta)=-0.3\sin(2\theta)$ と与えると曲げモーメント分布が $M(\theta)=9.54\cos(2\theta)$ となる。そして歪測定点の曲げモーメント、軸力を計算する。それらを離散化されたデータとして与えて、手法1で算出された土圧分布(P)が図2である。この手法では各セグメント毎に、土圧分布を1次関数で表現している為に、隣接するセグメント間で関数の不連続が生じている。また低次関数で完全には表現不可能であるはずの土圧分布を、条件式の数という制限により前述の様に仮定した為、Pが本来持っているはずの分布特性が消え、平均化してしまっただと考えられる。

3.2 方法2による場合

各測点で与えられた曲げモーメント値を3次のスプライン関数で接続させ、式(1)を用いて求めたPを図3に示す。土圧のP成分を $\cos(2\theta)$ で与えたことから、逆算で得られたPの分布は概ね表現出来ている。しかし、(1)分布の振

幅が与えた土圧に比べ 約0.096kgf/cm²程度小さい、(2)与えた土圧と比較して縦軸マイナス方向に約0.5kgf/cm²平行移動している。この2点が指摘されるので、これらに関し以下に考察する。

(1)については、式(1)から、Pは数学的にMの曲率の変化率なるものを表していると考えられる。その為、離散点を滑らかに接続するスプライン関数でMの分布を表現したことで、与えた曲げモーメント分布(与えた土圧より求めた曲げモーメント分布)より更に滑らかな形状でのMの接続が予想される。従って曲率の変化率も小さくなるはずであるから、Pの振幅減少も当然である。

(2)については、土圧を余弦関数で与えていることから、Pの定数項はMに反映されていない、この定数項は、埋設管周に一定土圧として加わっており、管には曲げを発生させない成分で、軸力のみを生じさせる。従って軸力成分による土圧(P)、つまり管周に一定軸力が発生している場合のPを算出し、それを手法2によって求めたPに加えることにより定数項の成分が反映される。

Pの定数項を反映させる為の方法は、図4の様な半管を考えた場合
 $2N = 2RP$ (2)
 が成立する事よりPを求める。一定値の軸力(N)は、測定点でのNの平均値を取って与えた。以上の方法に沿って、与えた土圧の軸力による成分を計算すると、約0.5kgf/cm²となり、(2)の平行移動した0.5kgf/cm²と一致する。そこで手法2に上記の成分を加えるものとする。

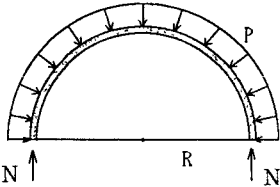


図4 一定垂直土圧による管周軸力

4. 実験データによる解析

次に、実験データ¹⁾を用いて解析を行う。実験は、R=10.7cm、t=2.4mm、管長40cmの埋設管に地表面上に分布荷重 約0.96kgf/cm²を载荷した。

t=2mmの管に関して手法2により算出したPを図5に示す、また表1にはt=2mmの管における管頂での土圧(P)の計算、実測両値を示す。表中の土圧計による実測値とミッチェルの式による数値は解析結果の検討指標として載せた、実測値は载荷荷重が約0.94kgf/cm²の分布荷重であることより、かなり小さい様である。またミッチェルの数値は地盤内応力を計算するものであり、管の変形が考慮されていない為、大きめの値を与えていると考えられる。従って、手法2の方が精度は良いと思われる。

5. まとめと今後の課題

2つの手法により土圧分布の垂直方向成分を推定してきたが、手法2がやや精度が良いと言える。しかし、真の土圧分布が明かとなっていない現段階において、その良否を判断することは出来ない。また、手法2での一定軸力による土圧(P)の成分計算で、Nの平均を取っているが、その合理的な計算方法が可能となれば、更に精度の向上に寄与するものと思われる。

参考文献 1) 佐藤 紘志(1977) :地表面に静的荷重を受ける埋設管の応力と土圧について、「第22回土質工学会シンポジウム -地盤と構造物の相互作用- 発表論文集」, pp.45-52
 2) 大川 秀雄(1984) :集中荷重によるたわみ性埋設管の挙動,「土質工学会論文報告集」, V 0L.24, NO.2, pp.155-156

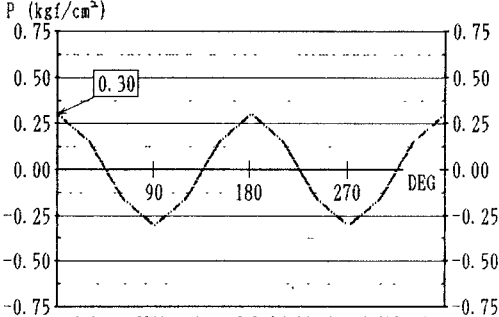


図3 計算による垂直土圧(P) (手法2)

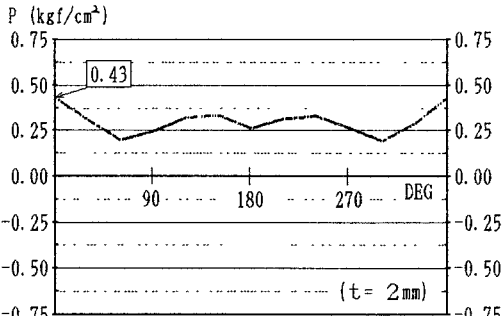


図5 実験データを用いた垂直土圧(P)の解析例 (手法2)

表 1 管頂土圧 (t=2mm) (kgf/cm²)

手法 1	0.591
手法 2	0.434
実測値	0.220
ミッチェル式	0.575

(手法 2 は代表値)