

防衛大学校 正員 佐藤 紘 志

1. まえがき 地中構造物を設計する際必要となる外力の大きさ、その分布形などについてはまだはっきりしないところが多い。このような状況にもかかわらず現実には、この種の構造物に対する需要は多く、現在でも盛んに布設されており、特に最近では自動車、鉄道などによる地上の輸送能力の限界から、危険性の高い液体、気体の輸送手段としても真剣に検討されている。¹⁾

地中構造物には種々の type があるが、ここでは埋設管を対象とした外力の算定方法などについて考えてみる。埋設管の設計において対象となる外力には、土圧、水圧、上載荷重(地表面荷重)、地盤反力などがあり、各機関における設計荷重に関する基準²⁾には、地表面荷重の種類、鉛直荷重、水平荷重などについて、考え方が算定式が示してある。例えば、埋戻し土による鉛直荷重については、ほとんどの基準で Marston の式を用いることになっており、水平荷重としては、鉛直荷重にランセンの土圧係数をかけたものを考えている。一方、ある種の条件下では埋戻し土の影響より大きいと思われる地表面荷重によって埋設管に働く鉛直荷重などについてはあまり触れられていない。また外力の分布形についても同様である。実際問題として必要なことは、埋設管が受けるであろう環境のうち、もっとも厳しい条件下においても、その管が安全であるかどうかということであるので、今後は埋戻し土による影響、上載荷重によるものなどという個々の問題のみならず、これらのものを総合した形で埋設管に働く外力としての土圧をとらえる必要があると思われる。

埋設管自体の力学的性質は比較的はっきりしているが、その周囲の土の性質には不明な点が多いので、外力分布を理論的に求めるのは難しい。従って、実際にはいろいろなケースについて測定例から推定せざるを得ない。

本報告では、埋設管の外力を直接測定する方法およびひずみ等の測定値から間接的に求める方法について述べるとともに、これらの方法に内在する問題点を明らかにしようとするものである。

2. 埋設管に作用する外力の測定法および計算法 外力を測定するには、土圧計によって直接測定する方法、荷重計による方法およびひずみ計によって測定した値から計算する方法が考えられる。

- (1) 土圧計による方法 この方法は原理的には簡単な方法であり、また対象とする管に対して適当な大きさの土圧計を選ぶことなど、計器の選定に注意すれば比較的正確な値が得られると思われる。問題となるのは外力の方向をはっきり知ることができない点であり、変形の大きさは管には不向きである。
- (2) 荷重計による方法 この方法で得られるのは、求めようとする方向の全荷重であって、分布を知らうとすれば、適当な形を仮定せざるを得ない。この方法についてはシールド工事においてセグメントに作用する荷重を求める際に使用した報告例³⁾がある。剛性の大きさは管に向いたものと云え、野外実験向きである。
- (3) ひずみの測定による方法 この方法は埋設管を適当に分割した点で測定されたひずみから間接的に外力を求めるもので、円管のような力学的性質のはっきりした構造に用いられる。従来の方法は何通りかの独立した荷重分布を仮定して求めており、測点を増せば精度は良くなるが、それだけ計算も複雑になるし、選べる荷重分布も限られている。また偏圧を受けるような一般の外力分布を取り扱えないという欠点があるので、著者は以前にフーリエ級数を応用して外力分布を表現する方法について検討し報告した。⁴⁾

3. 実験の概要と実験結果 ここで述べる実験はフーリエ級数を用いた外力の算定式の適用性を検討することとを主な目的としたものである。実験装置および実験方法についてはすでに報告してあるので、⁵⁾ここでは実験の概要および実験結果について述べることにする。実験は乾燥砂中に縦り 40cm で埋設された円管(外径 40cm、肉厚 6mm、長さ 150cm)に対し、円管中央部の砂層表面から載荷板(直径 40cm)を利用してオイルジャッキによる載荷によって行った。荷重レベルは 1^{tn}, 2^{tn}, 3^{tn}, 4^{tn} の 4 段階であり、各レベル毎に次のような項目について測定した。

(1) ひずみの測定 円管中央部と周方向に6等分した点の内外両面に貼ったストレインゲージを用いて測定した。

(2) 中心方向変位の測定 最下点から $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ の点の内側の変位エディメータゲージを用いて測定した。

(3) 土圧の測定 土圧計により(2)と同じ4ヶ所で測定した。

実験および解析結果の一例は図-1~4に示した。まず 図-1 にひずみの測定値から計算した軸力の分布と、図-2 に曲げモーメントの分布と荷重レベルをパラメータとして示した。図-1, 2の軸力、曲げモーメントの分布から計算した中心方向の変位を図示したのが図-3であり、図-4は同じく中心方向土圧の分布を示したものである。変位および土圧の実測値はここには示していないが、前述の4ヶ所の点における変位は、実測値と計算値がよく合っており、また土圧は底部および両側では測定できなかったが、管頂の値は計算値と比較的合っていた。これらの結果については現在いろいろな角度から検討中である。

4. あとがき 本報告は最近いろいろな面から注目を集めている埋設管の設計荷重の測定法および計算法について述べ、あわせて著者の行った実験の概要を報告したものである。著者が以前に報告した計算法について、本文では詳しくは述べてないが、この計算法自体にも実際問題への適用にあたっては、解決しなければならない問題が残っており、これらの点を検討するのが今後の課題である。

(参考文献)

- 1) 土と基礎 Vol. 20, No. 1 (地下埋設物特集号)
- 2) 土質工学会: 設計施工基準集(地中構造物)
- 3) 内藤他2: シールド工事における現場測定について, 土と基礎 Vol. 20, No. 1
- 4) 佐武, 佐藤: 埋設管における応力と土圧の関係について, 第21回 年次講演会(Ⅲ)
- 5) 佐藤他2: 埋設管の変形に関する実験的考察, 第24回 年次講演会(Ⅲ)

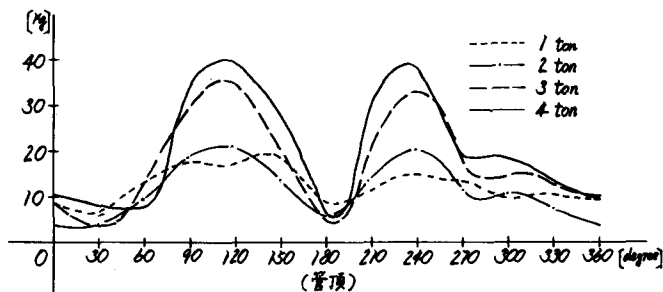


図-1 軸力 (圧縮を正)

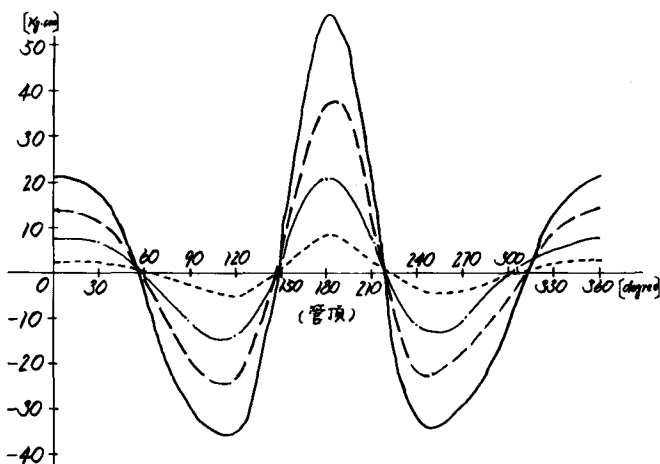


図-2 曲げモーメント(内側に凸ならしめるものを正)

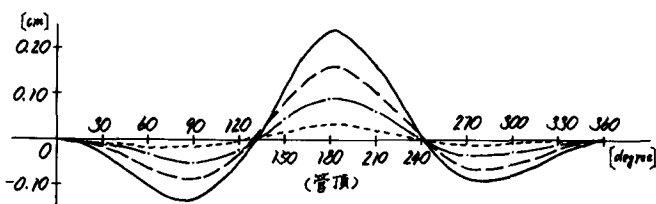


図-3 中心方向変位(内側に向かうものを正)

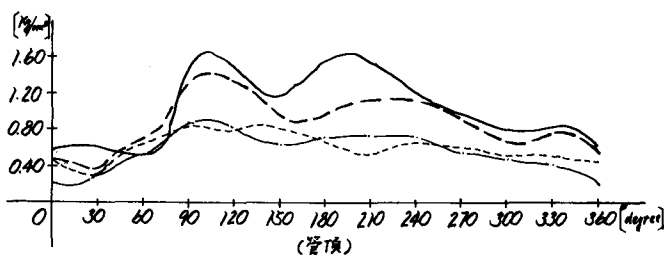


図-4 中心方向土圧