

中部電力 総合技術 正 瀬尾 二郎

同 正 藍田 正和

1. はじめに

地中送電線洞道のような、いわゆる地中棒状構造物の地震時挙動は通常構造物と異なり、地盤振動の位相差に起因する地盤変位外力によって支配されることが知られている¹⁾。このうち、構造物の軸方向挙動の検討にあたっては地盤と構造物の摩擦抵抗特性を知る必要があり、特に大地震時にはすべりを考慮した摩擦抵抗力の評価が入射波の波長の推定とともに軸方向力算定の重要な要素となる²⁾。これらにも静的、動的な摩擦抵抗に関する研究³⁾は多く報告されているが、そのほとんどは小断面の埋設鋼管等を対象とした室内実験によるものであり、RC構造物に関するものは少ない。

このようなことから、RC地中送電線洞道の耐震性に関する一連の研究として、実物の1/2モデルを用いた軸方向の静的摩擦抵抗実験を実施したので以下に報告する。

2. 実験モデルと実験方法

洞道モデルは図-1に示す実物洞道の1/2断面をもつもので全長20mの両端はブチルゴム止水材を介して立坑に連結されている。載荷は片端の立坑内に設置した4本の油圧ジャッキによって4サイクルの繰返し載荷とした。変位測定は載荷端ならびに自由端において水平方向はもうろんのこと載荷端の断面方向や立坑壁についても行い、正常な載荷状態となっていることを確認した。変位計の不動点は立

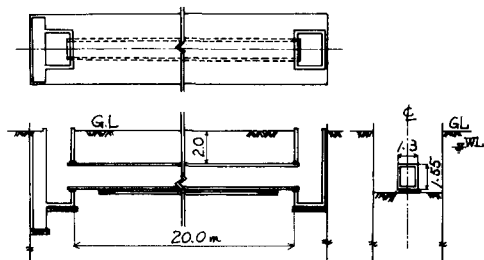


図-1 地中洞道モデル

坑上にわたした5mのはりより立坑内に下げたビームにとった。また、洞道のひずみは表面ゲージ(側壁2点と上部1点の3点)による2mピッチの測点と等間隔の4断面に埋設したひずみ計(上下左右の4点)による。モデルの製作は実洞道と同様にオープンカットによって行い、埋戻しは掘削土を用いた。地盤は均質なシルト質細砂であり、 $D_{10}=0.13$, $U_c=2.15$, $e_0=0.958$ ($D_r \approx 60\%$), $\tan\phi=0.81$ の各諸元をもつものである。

3. 実験結果と考察

図-2に載荷重と変位の関係と載荷端と自由端について示した。2サイクルより塑性的な変位が生じはじめ最大224ton(単位長あたり11.2 ton/m)で破壊的なすべりが生じた。載荷端と自由端で大きな相対変位(10mm程度)が生じているが、載荷重の大きさと洞道の軸方向剛性から考えて、このような相対変位は説明できず、不動点としたはり、すなわち立坑近傍地盤が変位していることと考えられる。4サイクル時の洞道内のひずみと図-3、4に示す。図-3はモデル中央断面での軸ひずみと曲げひずみを示したものであり、上下方向の曲げひずみは大きく出ている。この曲げひずみの全長にわたる分布は両端で小さく中央で大きいものとなっており、全体として下方にたわんだ形となっているが、これによる変形量は小さく、後述する軸方向の検討には大きな問題とはならないであろう。軸ひずみ分布を各荷重ステ

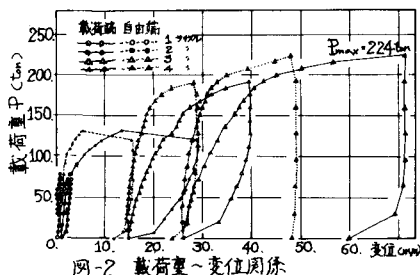


図-2 載荷重-変位関係

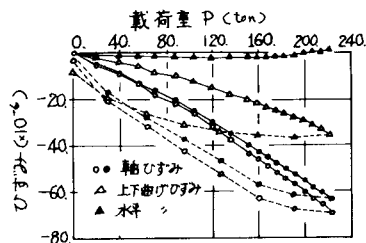


図-3 洞道中央断面での載荷重-ひずみ関係

ツプで示したものが図-4である。分布形は大きな載荷重時に若干の乱れを示すがほぼ三角形となり、洞道外周に地盤と構造物の摩擦抵抗による分布荷重が作用していることがわかる。

本実験の目的は地盤と構造物の相対変位と摩擦抵抗力の関係と求めることであり、最大摩擦抵抗力は図-2によって与えられる。しかし、厳密な抵抗係数へ変位関係と求めるためには洞道に作用する各載荷重ステップでの荷重の分布形状を知らなくてはならない。図-5は洞道および土すべりおさんとする最大荷重時には全長にわたって一様な荷重分布になるであろうと仮定して求めた各荷重ステップでの荷重分布図である。図には各荷重ステップでの平均荷重も示してあるが、低荷重時には自由端近傍での荷重が平均値よりもかなり小さく、一様分布となっていない。このことは摩擦抵抗の非線形性によって洞道全体と地盤との相対変位の小さい場合には自由端と載荷端での相対変位が大きく影響し、前者が大きくなった状態では後者による差は問題とならないことによるものと思われる。一方、地盤と洞道の相対変位は前述した理由によって判然としにくい部分もあるが、少なくとも自由端近傍では地盤の変形も小さく、つまり相対変位としてもよいであろう。

このようなことから、自由端における変位と自由端近傍でのひずみから求めたものが図-6に示す単位長あたりの摩擦抵抗係数～変位関係である。図-2に比較して塑性的な変位が早い時期に生じており、全体として、明確なすべり点を示さないひずみ硬化性の関係を示している。図には図-7に示す拘束圧分布から得られる単位長あたりの拘束圧に対する比、すなわち摩擦抵抗係数としての目盛も付してあり、これに基づいた地盤のせん断強度ならびに一面せん断試験機を用いた室内実験の結果⁴⁾も示してある。拘束圧の分布は単純ではなく、これ自体重要な問題であるが、図に示した仮定は大きく逸脱したものとはならないと思われる。この仮定に従えば図-6に示す関係は洞道の摩擦抵抗が地盤のせん断強度に近いものとなっており、室内実験を含めた一般的な結果と異なっている。この原因は室内実験の値が土とコンクリート面に関するものであるのに対し、実洞道では基礎底面に栗石を敷いていることや、地盤変形に対する拘束の程度が現場条件とことなっていることによるものと思われる。

このように、実物の断面をもつ現場実験によれば、摩擦抵抗特性ははるかに小さい相対変位で塑性変形が生じ、室内実験とは異なったひずみ硬化性の関係を示す。また、本稿に示した拘束圧分布の各等価なものであれば、最大値としての摩擦抵抗力は地盤のせん断強度を上回ることはないにしても、それに近い値と考えられる。このような結果は鋼管等に関する従来の結果と大きく異なり、さらに厳密な検討を行う必要がある。

このように、実物の断面をもつ現場実験によれば、摩擦抵抗特性ははるかに小さい相対変位で塑性変形が生じ、室内実験とは異なったひずみ硬化性の関係を示す。また、本稿に示した拘束圧分布の各等価なものであれば、最大値としての摩擦抵抗力は地盤のせん断強度を上回ることはないにしても、それに近い値と考えられる。このような結果は鋼管等に関する従来の結果と大きく異なり、さらに厳密な検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 花井：パイプラインの免震設計，土木学会編，地下構造物の設計と施工，昭和51年9月
- 2) 鶴飼：軸方向すべりを考慮した場合の地中埋設管の震動応答解析，土木学会論文報告集，第272号，1978
- 3) たとえば 高田：埋設管路～地盤系の復元力特性と地震応答解析，土木学会論文報告集，第249号，1976
- 4) 磯尾ら：土とコンクリート壁面の摩擦抵抗について，土木学会中部支部，昭和55年度研究発表会観覧集

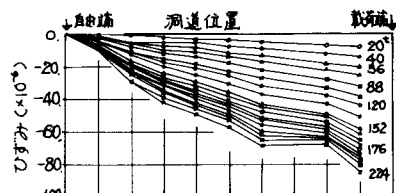


図-4 各荷重ステップでのひずみ分布図

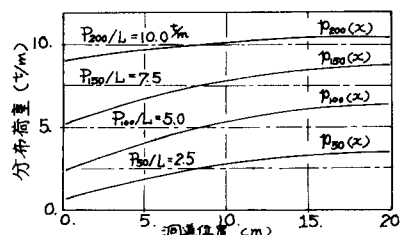


図-5 各荷重ステップでの荷重分布図

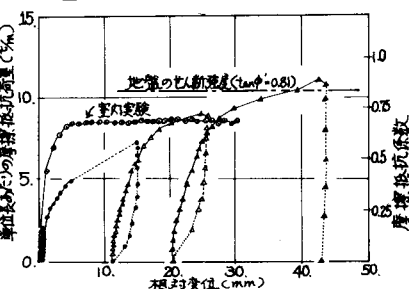


図-6 単位長あたりの摩擦抵抗～相対変位関係

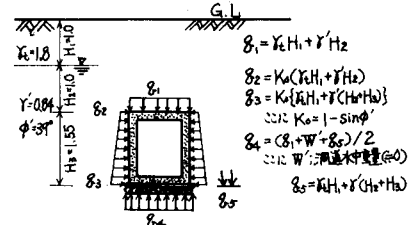


図-7 仮定した拘束圧分布