

九州大学 正員 小坪清貞
 佐賀大学 正員 荒牧章治
 川崎重工 正員 ○村山隆之

1. まえがき

沈埋トンネルが地震時に如何なる挙動を示すかについて、いろいろな模型実験が各所で行なわれ、その沈埋トンネルの動きは、次第に明確になりつつある。しかし、その実験の方法もいろいろ考えられるし、まだ耐震設計基準も確立していない。著者らは、その耐震設計の資料となるように、軟弱な地盤を造らんで実験を行なったので、ここにその結果を報告する。

2. 実験について

(1) 概要

従来の実験は、主に、沈埋トンネルの水平部に注目してモデル化し、両端自由な境界条件での実験だった。ところで、長大な沈埋トンネルだと、途中に換気塔が取り付けられると予想される。よって、その換気塔をモデル化したコンクリート製のブロック(以後ケーソンと呼ぶ)を、管端部に取付けて、その影響をも調べることにした。この両者は、次の項目について測定を行なった。

- 1) 管と地盤の振動挙動について
- 2) 管に生ずる応力分布について

(2) 実験要領

地盤 かなり深い所まで軟弱な地盤である佐賀大学構内で実験を行なった。図-1に示すように、地下12mまではシルト質粘土でN値=0であり、それより深い所では粘土と砂の互層をなしている。

模型 沈埋管の模型寸法は、起振源の関係からあまり地盤を大きく揺れないことを考えて、ヤング率の小さい塩化ビニールパイプ(φ52.0×t7.6×L200.0m)(VU-500)を使用し、鉄製フランジを取付けて、ボルトと接着剤で接続した。換気塔のモデルは、塩化ビニール製にすると据付けなどに問題があるので、コンクリート製(70.0×90.0×150.0m)とし、パイプとの接続は、ボルトと接着剤で行なった。土被り厚さは、管の重量と地下水位の上昇を考慮して40.0mとした。

加振方法 起振機による加振とし、地盤内に100.0×800.0×100.0mのコンクリート製の起振機台を設けて、それに起振機を固定した。この起振機台を揺ることにより、地盤を振動させる方法をとったが、この方法で十分きれいな正弦波が得られた(図-8に例を示す)。起振力は300kgから1000kgまで、周波数は3.0%から10.0%まで1%きざみとした。加振方向は、管軸直角方向(せん断波)と管軸方向(たど波)

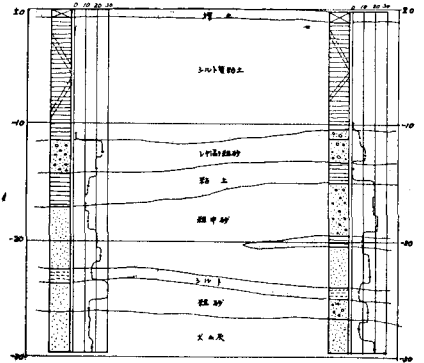


図-1 地盤断面図

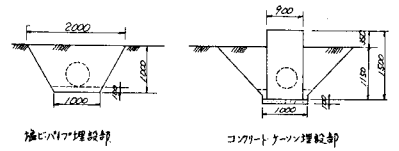


図-2 模型配置図

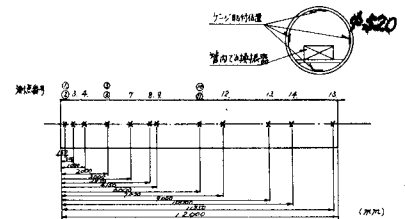


図-3 ゲージ貼付位置図

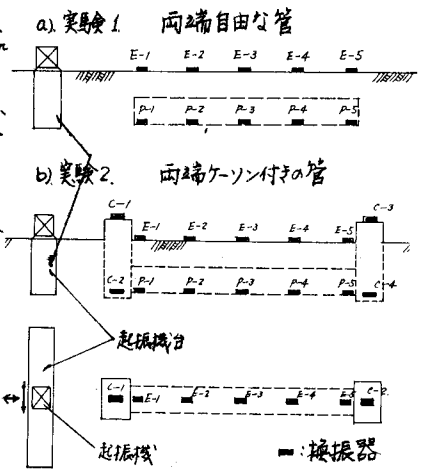


図-4 換振器配置図

の二種類である。

使用機器 変位測定のため、固有周期 1.0sec の動電型速度計を地表面上と、管内部(位置は地表面下 80cm の所)に、位置を対応させて5台ずつ置き、又ケーソンの天端と底部にも置いて測定した。歪測定には、図-3に示すように、管内面の同一円内に軸歪用として4

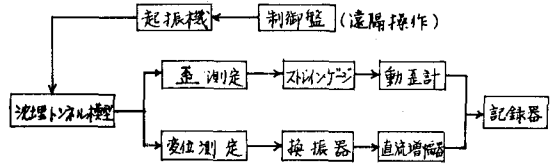


表-1 計測システム

点、曲げ歪用として2点を貼り、軸方向測点(間隔)は、特に起振源に近い管端部の様子を見るために、図-3のように12ヶ所とった。

実験順序 まず水平部つまり両端自由な管の場合(実験1)にせん断液を与え、次いで管の両端にコンクリートブロックを取付けて(実験2)軸直角方向と軸方向の液を与えて、記録をとった。

3. 実験結果と考察

粘性土地盤内での実験だったので、変位振幅の減衰が大きかった。図-5に測点1(P-1)を基準とした時の管の変位図を示す。沈埋トンネルの水平部のみ(両端自由)の実験結果は、いまだ各所で行なわれた結果と同様に、地盤の動きに応じて、管が変位しており、その変位量も地盤変位よりもやや少ない。又、地盤と管との変位の位相差はほとんど出ていない。

両側にケーソンを取付けた時(実験2)の結果は、そのケーソンを取付けた影響が、管端部にあらわれている。管中央部にも影響が出たのは、両端のケーソン間の距離が近かったためと考えられる。図-7管の応力図に示すように、応力集中にまでは到っていないが、両端自由な時の応力の、3~5割増程の結果となっている。ケーソン(コンクリートブロック)の動きを見ると、実験した振動数範囲内で、底部では管とほぼ同じ変位をしており、ケーソン底部と管は、一体となって地盤の動きに応じて動いているが、天端ではケーソンの変位は、地盤変位より大きい。

以上のことから、他の砂質地盤内での実験結果と同様に、管は地盤の変形に応じて変形することが確認できた。しかし、沈埋トンネルのようなflexibleな長い構造物に、換気塔のような剛な構造物が取り付けられると、その継手部には両者の振動特性の相異によって応力集中が起るようである。

4. あとがき

沈埋トンネルの振動解析を行なうには、まず地盤の地震時の挙動を把握すれば、沈埋トンネルの振動挙動はほぼ明確に推定できる。また、長大なトンネルに換気塔を接続する場合には、その継手部の管内設計には十分な配慮が必要と思われる。

参考文献

- ・沈埋トンネル水平部の野外模型振動実験 青木 孝地 第11回地震工学研究発表会
- ・沈埋管と地盤との地震時相互作用について 小坪 村田 西部支部(昭和46年度)

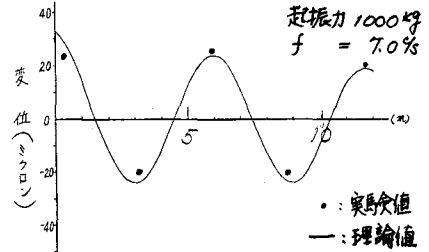


図-5. 管変位図(両端自由)

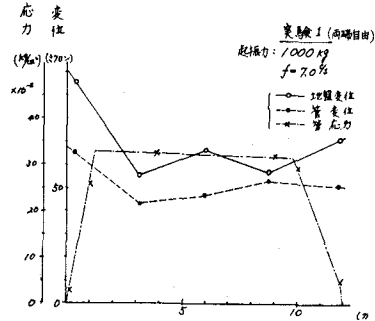


図-6. 変位-応力図

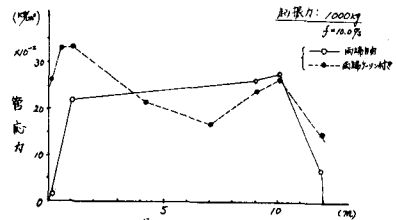


図-7. 管応力図

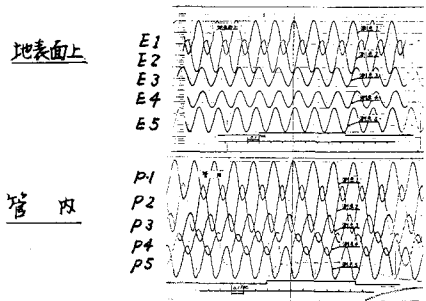


図-8. 速度記録