

# 軟弱層内での管路の振動実験について

Dynamic Model Tests on Pipe Lines in the Soft Layer.

岡 本 舜 三・田 村 重 四 郎

Shunzo OKAMOTO and Choshiro TAMURA

1. 従来、地下構造物としては上下水道、通信線、ガス管等が一般的であるが、最近交通機関の地下構造化が進んで、規模も大型化しつつあり、さらに地下には送電用の管路や坑が建設されている。地盤が軟弱である場合に地下構造物の地震災害は過去の例から見て大きく、近くは新潟地震の例が挙げられる。これら構造物の耐震研究は構造力学的には管路の断面について主に行なわれて来た。著者らは以前より管路の長さ方向についての研究を行なっているが、ここにのべるのは透明な材料を利用して軟弱地盤内での管路の動的挙動を平面的に観察し、模型振動実験の可能なことをたしかめたことである。この場合模型振動実験の結果の常と異なるのは、一般に共振状態といわれている現象は管路そのものには起こりにくく、管路が埋設されている地盤の運動によって管路の運動がきまることであった。実験に使用した装置は図1のとおりである。

2. 実験上仮定したのは

- 1) 運動はせん断振動とする。
- 2) 地盤の振動波型は正弦波型とする。
- 3) 埋設管ならびに地盤の運動は線型の範囲内で行なわれる。

等であって、したがって地盤を構成する土そのもの

力学的性質は含まれていないが、解析過程でこれらを算入する事はできる。

模型の地盤の材料としてはゼラチンゲルを使用した。埋設管に相当するものとしてテフロン棒を使った。ゼラチンゲルは透明度はよく、弾性係数は濃度により  $1\text{ cm}^2$  当たり数十グラムから数キログラムまで変化させることができるが、欠点としては温度に敏感であること、およびポアソン比が0.5に近い値を示すこと等が挙げられる。本実験では映画を取って運動状態を記録し、これによって変位、ひずみ等の測定を行なったので、普通の管材料と軟弱地盤との関係よりも管路材料に比して軟い地盤を再現しなければならなかった。埋設管模型の材料としてテフロン棒は弾性体として良い材料ではないが実験時のひずみが、0.1%程度である事ならびに実験時の振動数が数サイクル/秒程度であるため、支障はない。実験装置の図でわかるように、模型の台は中空になっていて、上面には多数の小孔を穿っており、模型製作後この小孔より圧力水を送って台と模型との接触摩擦を除くよう努めた。減衰試験より得られた対数減衰係数は約2%である。模型の寸法は  $70\text{ cm} \times 70\text{ cm}$ 、厚さ  $10\text{ cm}$  であり、実験装置全体は振動台上に据え付けられ加振されたので、地盤模型は振動方向に平行な2枚の板を固定端としてせん断振動をする。

3. 測定は二つの方法で行なった。一つは振動状態の映画撮影による地盤の変位および管路の変位の調査である。このためにゼラチン内には  $1\text{ cm}$  ないし  $3\text{ cm}$  の間

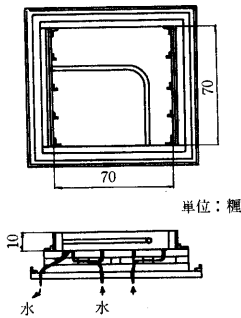


図1 実験装置

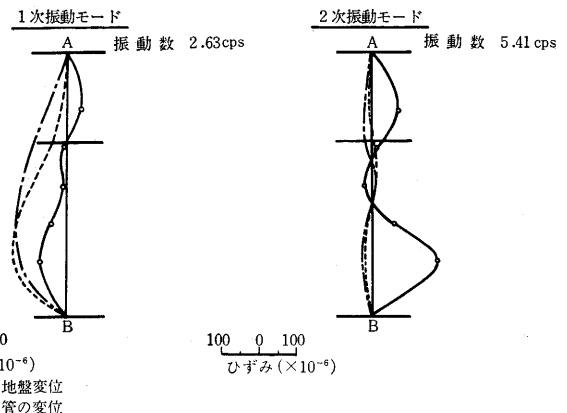
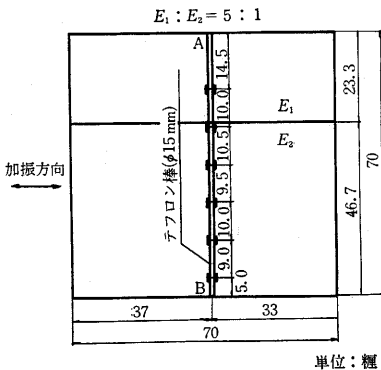


図2 ヤング係数の異なる2層にまたがる管路

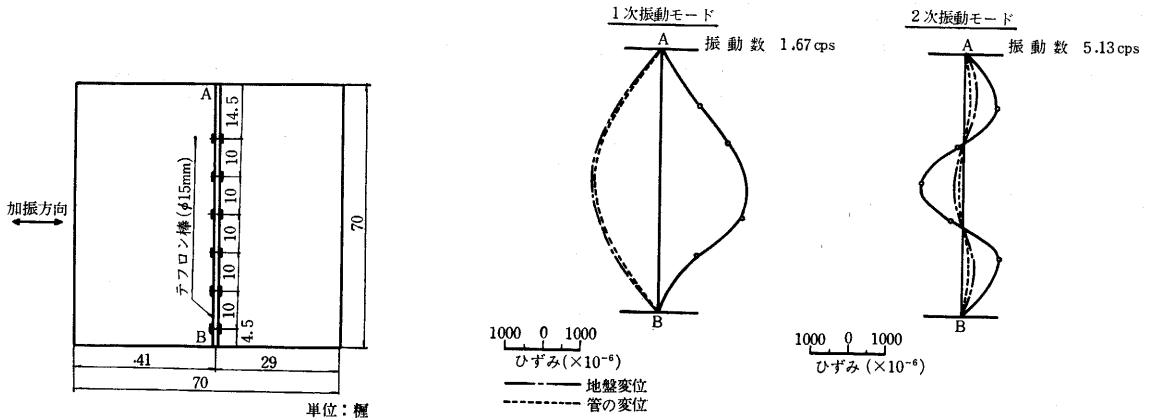


図3 軟弱層内の直管

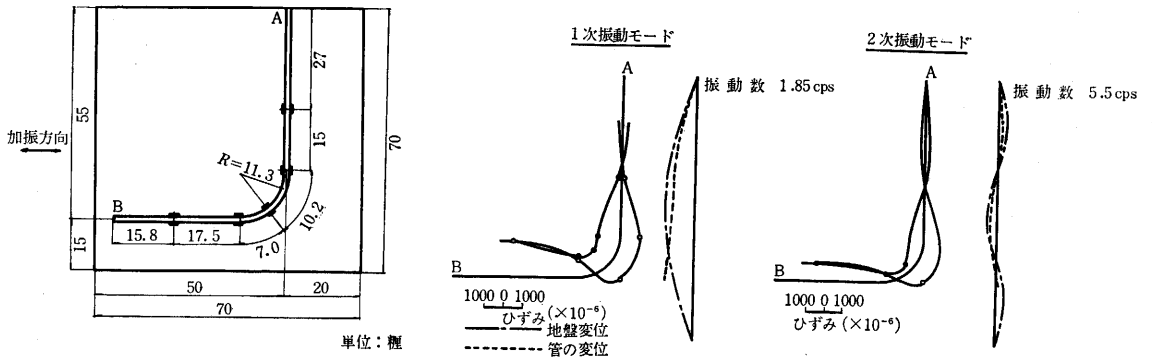


図4 軟弱層内の曲り管 (1)

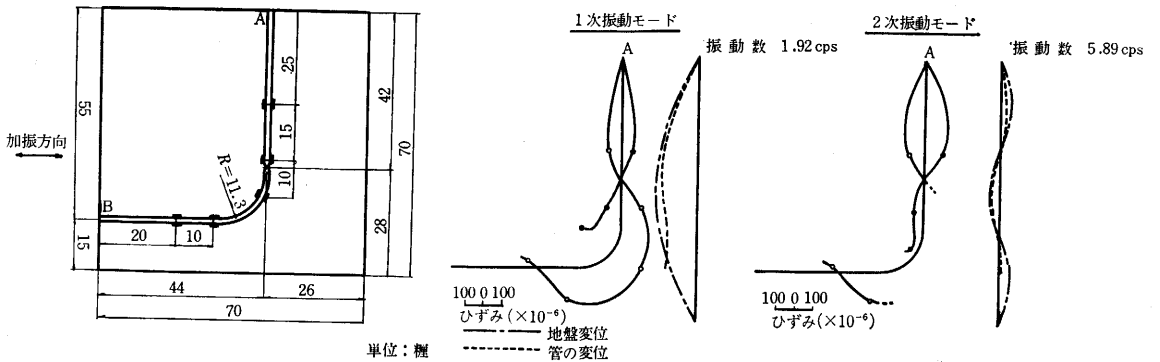


図5 軟弱層内の曲り管 (2) (切り欠きのある場合)

隔で黒色糸を格子状に張り渡した。他方振動面内の管路の両側に抵抗線ひずみ計を接着し、振動時のひずみをオシログラフで記録している。既述のようにこの実験では、振動性状の周波数による変化は重要ではなく振動波形が必要なのであって、これには共振状態を適確にとらえてその振動波形を使うのが適当である。本実験において測定した1次振動数は約1.7 サイクル/秒、対称2次振動数としてはほぼ5.1 サイクル/秒であった。

4. 本実験装置を利用すれば、多層状構造となってい

る軟弱地盤ならびにそれに埋設された杭あるいは橋脚等の構造の振動実験も可能である。今回実験の対象としたのは埋設管が直管の場合と、曲管(90°曲っている。)の場合および、軟弱地盤内の杭状構造等で、このほか弾性の異なる2層の軟弱地盤についても振動実験を行ない、振動モードを撮影した。

5. 観測結果について

A) 弾性係数の異なった2層の軟弱地盤の振動実験では上層に比較的硬い地盤のあるとき、基層からせん

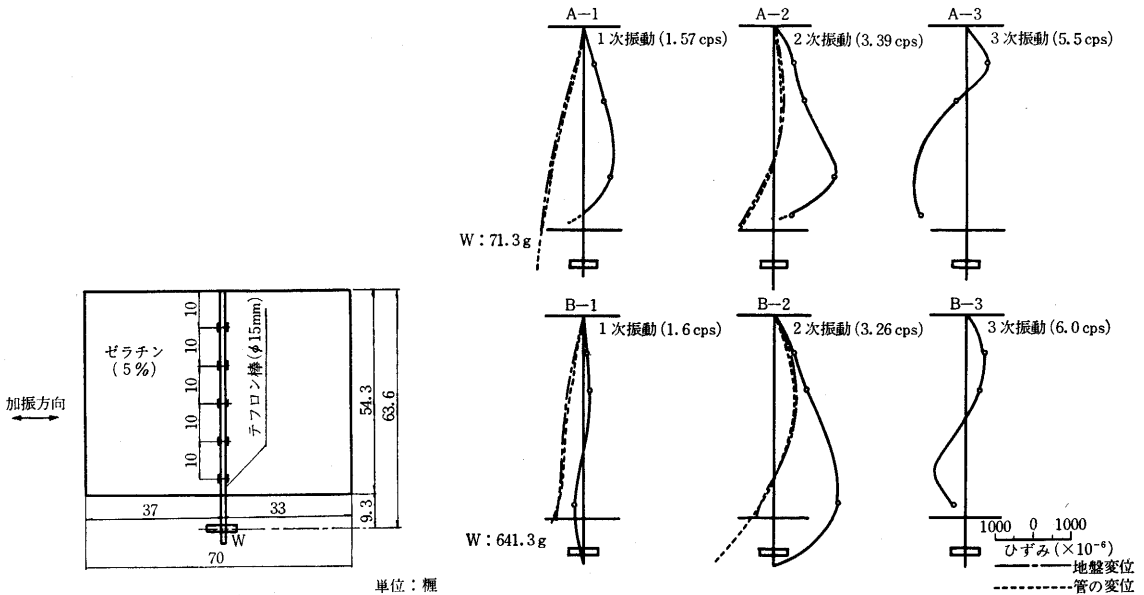


図6 軟弱層中の杭

断波が伝ばしてくる場合、下層すなわち地表層より下方で大きい振動が起こることがある。

B) 管路については次の事が観測された。

- i) 地震時には地盤が軟弱であっても管路の自己振動は起こりにくい。波動が管路の長さ方向に進行する場合、管路は軟弱地盤と管路の剛性との相対的關係によって変形すると考えてよい。(図3)
- ii) 90° 曲っている管路について波動が一方の管路の軸方向に進行した場合、これと直交する管路の屈曲部より遠くない部分では大きな軸方向断面力が発生する。それと同時に屈曲部分には曲げモーメントが生ずる。これは地盤の進行直角方向の変位波形によって起こされるものと推察される。屈曲部分の近くに切り欠きを設けた場合、軸方向断面力が減少する

が、曲げモーメントが相対的に増加する部分が出てくる。

C) 杭状構造物について

図6のAは杭頭の錘りが軽い場合でBの場合の錘りはその9倍の重さがある。

- i) A-1 およびB-1 に示されるのは地盤の1次振動の場合であって、杭はむしろ地盤の変形に抵抗しているように変位している。
- ii) B-2 は、地盤と杭を振動系としたときの振動の共振状態にはほぼ当たっていて大きな振動が励起されているのが観察される。

6. 実験資料の解析は現在進めている。

なおこの研究は文部省の昭和41年度科学研究費の補助を受けて行なった。(1967年10月20日受理)

