

液状化遷移領域における埋設管路の挙動

金沢大学学 生 学生員 ○木村 哲雄
 金沢大学工学部 正 員 北浦 勝
 金沢大学工学部 正 員 宮島 昌克

1. はじめに

液状化時に発生する地盤沈下や浮力により、地中埋設管に破壊などの被害が生じている。しかもその大半は液状化地盤と非液状化地盤の境界部付近、すなわち液状化遷移領域に集中している。そこで本研究では、このような液状化遷移領域における管路の挙動について注目し、管路の最大曲げひずみと過剰間隙水圧比との関係について解析を行った。

2. 解析方法

図-1 に管路モデルを示す。

ケース1：管路の1端を橋台などの構造物に取り付けた無継手管路

ケース2：直線管路部において不等沈下する無継手管路。

ケース3：管路の両端を橋台などの構造物に取り付け、下から浮力を受ける無継手管路

ケース1・2のつり合い方程式は次式で示される。

$$EI \frac{d^4 v}{dx^4} + K(v - \delta) = 0 \quad (1)$$

ここで、 v ：管路の変位、 EI ：管路の断面剛性、 K ：地盤ばね定数、 δ ：地盤沈下量、である。

ケース3のつり合い方程式は次式で示される。

$$EI \frac{d^4 v}{dx^4} + Kv = f \quad (2)$$

ここで、 f ：単位長さ当りの浮力による上向きの力である。

境界条件は、それぞれのケースで次式で示される。

ケース1

$$\begin{aligned} x=0 : v=0, v' &= 0 \\ x \rightarrow \infty : v &= \delta, v' = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

ケース2

$$\begin{aligned} x=0 : v_1 &= v_2, v_1' = v_2', v_1'' = v_2'', v_1''' = v_2''' \\ x \rightarrow \infty : v_2 &= \delta, v_2' = 0 \\ x \rightarrow -\infty : v_1 &= 0, v_1' = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

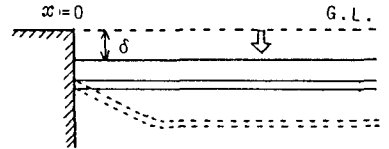
ケース3

$$\begin{aligned} x=0 : v &= 0, v' = 0 \\ x=L : v &= 0, v' = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

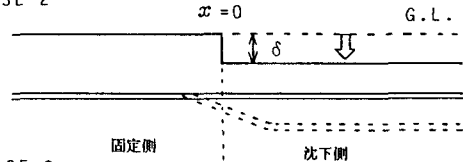
式(3)~(5)を用いて式(1), (2)を解くと、各ケースの最大曲げひずみの式が求められる。ここでは、406.4mm、管圧厚 6.0mmの鋼管を例として解析を行った。

3. 結果及び考察

CASE 1



CASE 2



CASE 3

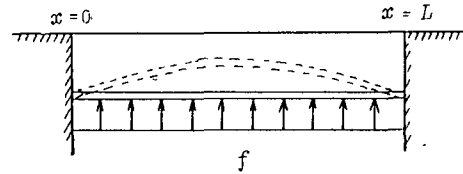


図-1 管路モデル図

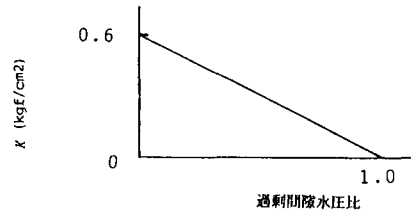


図-2 地盤ばね定数

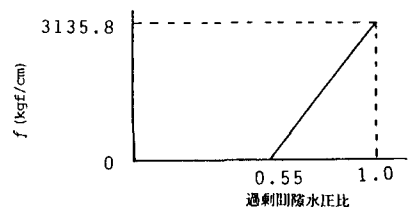


図-3 単位長さ当りの浮力による上向きの力

本研究では液状化を考慮して、地盤ばね定数が過剰間隙水圧値 1.0のときに 0となるように図-2に示すように仮定しており、本解析例においては、管路に作用する浮力による上向きの力が文献(2)により図-3のように算出される。

20cm沈下したときの各過剰間隙水圧値に対する最大曲げひずみの値を求め、その値をプロットしたものが図-4、図-5である。ここで過剰間隙水圧比が 1.0のときに、完全液状化の状態となる。ケース1とケース2とを比較した場合、ケース1の最大曲げひずみはケース2の最大曲げひずみより値が大きい。それは、ケース1は管路の1端が構造物に取り付けられているために、構造物とその周辺地盤との間に大きな相対変位が生じるからである。ケース2においては、液状化した地盤だけが沈下した場合を想定しており、したがって固定側の地盤においては過剰間隙水圧の上昇がないものとしている。図-5によれば過剰間隙水圧比が 0、すなわち液状化していない時は固定側も沈下側も最大曲げひずみの値は同じである。しかし過剰間隙水圧比の上昇とともに、沈下側の最大曲げひずみよりも固定側の最大曲げひずみの方が大きい値となる。これは、固定側は地盤ばね定数が低減しないので、管の拘束力が強いためである。過剰間隙水圧比が 1.0の場合本研究においては地盤ばね係数が 0となるので最大曲げひずみは 0となる。

図-6はケース3における管の長さ、最大曲げひずみの関係を示したものである。同図を見ると管の長さが2500cmで最大曲げひずみは最大となり、3500cmをこえると一定値になる。したがってここでは管の長さを2500cmの場合について検討を行った。なお、本解析においては埋設深は特に考慮していない。図-7は長さ2500cmの管に浮力が働いたときの最大曲げひずみを示したグラフである。同図より過剰間隙水圧比が0.98のとき最大曲げひずみは0.29、0.99のとき0.42、1.00のとき 1.0となる。したがって本解析例では、過剰間隙水圧比が0.99の時に破壊する可能性がある。

4. おわりに

今回の解析で分ったことは、①地盤沈下が20cm程度の場合には破壊にまで至らないが、浮力が働く場合には破壊する可能性が考えられる。②浮力が働く場合には、過剰間隙水圧比が0.97を越えると曲げひずみが急増する。ということである。なお、液状化の進行に伴う地盤ばね定数の変化については、別途検討する必要がある。今後は有継手管路についても解析を行う予定である。

参考文献

- (1) 田邊揮司良, 高田至郎: 地盤沈下を受ける地中管路の設計式と適用, 土木学会論文集, 第 374号, pp. 593 ~ 602, 1986.
- (2) 北浦 勝, 宮島昌克, 吉岡正修: 不完全液状化時における地中埋設管模型の動的挙動, 構造工学論文集 Vol. 31A, pp.421~426, 1985.

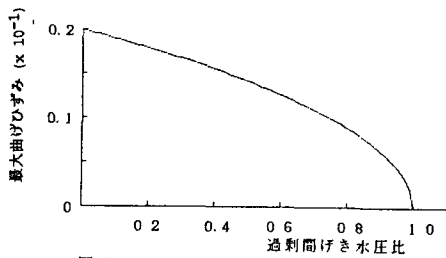


図-4 20cm沈下したときの最大曲げひずみ (CASE 1)

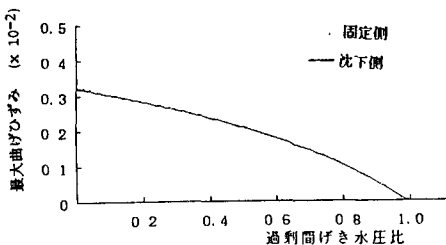


図-5 20cm沈下したときの最大曲げひずみ (CASE 2)

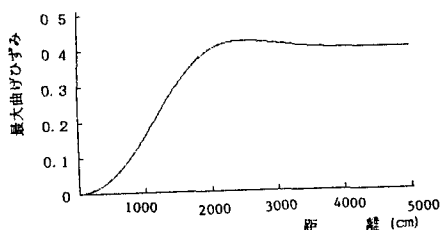


図-6 最大曲げひずみと距離の関係

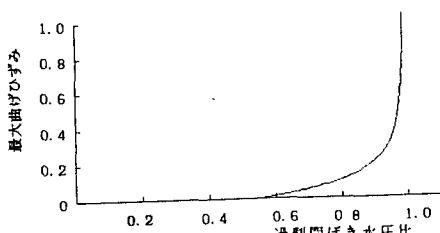


図-7 浮力が働いたときの最大曲げひずみ (CASE 3)