

液状化領域を通る埋設管路の挙動シミュレーション

金沢大学大学院 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

新潟地震(1964)や日本海中部地震(1983)において液状化に伴う地盤の永久変形、地盤沈下等が発生し、上下水道管、ガス管などのライフラインに大きな被害が発生した。ライフラインは文字通り線状構造物であるので、一地点における変位よりもむしろ管軸に沿った変位分布が管路の破壊に大きな影響を及ぼしている。このような視点から、液状化の領域を予測し、永久変形や地盤沈下の分布を予測することが重要であるが、その予測法はまだ確立されていないのが現状である。そこで本研究では、液状化に伴う地盤の永久変形や地盤沈下の生ずる範囲と管路の応答との関係を挙動シミュレーションを通して明らかにし、液状化領域の大きさが管路の破壊に及ぼす影響について考察した。

2. 解析方法

液状化領域を通る管路をFig. 1に示す2つの形態にモデル化した。すなわち、Case 1: 一定の範囲にわたり地盤が液状化し、地盤の不等沈下を受ける管路、Case 2: 一定の範囲にわたり地盤が液状化し、正弦波状の永久変位を生ずる管路、であり (a)は断面図、(b)は平面図をそれぞれ示している。なお、本解析では Table 1に示す鋼管を例として解析を行ない、各Caseはいずれも弾性床土のはりの理論を用いて定式化した。Case 1のつり合い方程式は次式で示される。

$0 \leq x < l$  に対して

$$EI \frac{d^4 v_1}{dx^4} + K_1 v_1 = K_1 \delta \quad (1)$$

$l \leq x$  に対して

$$EI \frac{d^4 v_2}{dx^4} + K_2 v_2 = 0 \quad (2)$$

Case 2のつり合い方程式は次式で示される。

$0 \leq x < l$  に対して

$$EI \frac{d^4 v_1}{dx^4} + K_1 v_1 = K_1 \delta (1 - \sin \frac{\pi x}{2l}) \quad (3)$$

$l \leq x$  に対して

$$EI \frac{d^4 v_2}{dx^4} + K_2 v_2 = 0 \quad (4)$$

ここに、 $v_1$ 、 $v_2$ : 管路の変位、 $E$ : 管路のヤング率、 $I$ : 管路の断面2次モーメント、 $K_1$ 、 $K_2$ : 地盤ばね定数、 $\delta$ : 地盤変位量であり、添字の1は液状化側を、2は非液状化側を示している。境界条件は次のように示される。

$$x=0: v_1=0, v_1''=0 \quad (5)$$

$$x=l: v_1=v_2, v_1'=v_2', v_1''=v_2'', v_1'''=v_2''' \quad (6)$$

$$x \rightarrow \infty: v_2=0, v_2'=0 \quad (7)$$

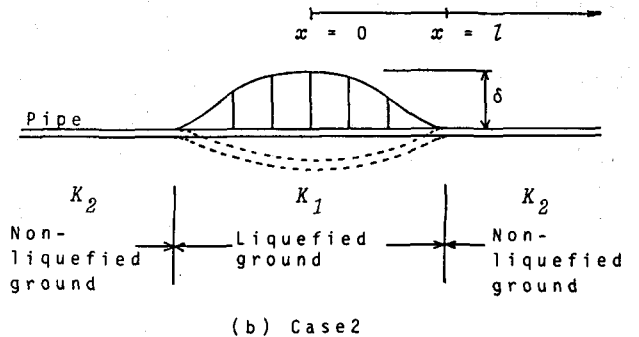
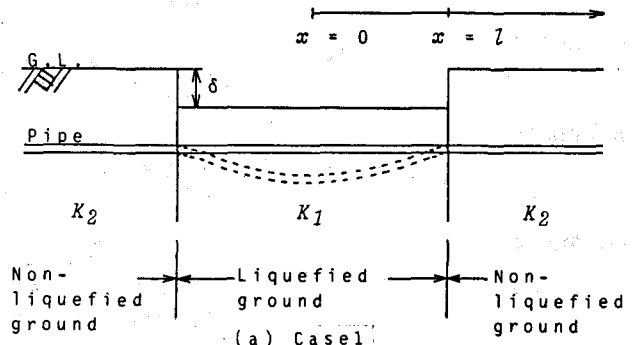


Fig. 1 Analytical models.

### 3. 解析結果及び考察

震害報告などに基づいて本研究では地盤の変位量を地盤沈下については20cm、永久変形については100cmとして解析を行なった。

Fig. 2 (a)はCase 1における液状化する範囲  $l$  と最大曲げ応力の関係を示したものである。同図より  $K_1/K_2$  の値が小さいほど、すなわち液状化側の液状化の程度が大きいほど最大曲げ応力は小さくなる。これは液状化することにより  $K_1$  の値が小さくなり、その結果地盤の拘束力が小さくなるからである。また、液状化側では範囲  $l$  が2~4 mの間でピークを示し、それから減少して一定値となっている。しかも液状化の程度が小さいほど顕著である。これは範囲  $l$  が狭いほど地盤に生ずるひずみが相対的に大きくなり、しかも液状化側の液状化の程度が小さいときには管路と地盤が一体となって変化するので、管路に生ずるひずみも大きくなるためである。また、このCaseでは最大曲げ応力は液状化地盤と非液状化地盤との境界部付近で発生していた。同図によれば  $K_1/K_2$  の値が  $10^{-1}$  以上の比較的に固い地盤において範囲  $l$  が2~4 mのとき、境界部付近では液状化側の管路の最大曲げ応力は許容応力度 ( $4200 \text{ kgf/cm}^2$ ) 以上となり、管路は破壊する危険性がある。Fig. 2 (b)はCase 2における液状化する範囲  $l$  と液状化側の最大曲げ応力の関係を示したものである。同図からも  $K_1/K_2$  の値が小さいほど、すなわち液状化側の液状化の程度が大きいほど最大曲げ応力は小さくなる。この理由もCase 1と同様である。しかしこのCaseでは最大曲げ応力は管路の中央で発生していた。管路の中央での最大曲げ応力が許容応力度以上となるのは、範囲  $l$  が80 m以内のときであり範囲が約10 mのときに特に応力が大きい。

#### 4. まとめ

今回は Table 1 に示す鋼管について、液状化する範囲がどのように管路の挙動に影響するか調べた。その結果、液状化の範囲が80 m以下の場合管路の最大曲げ応力は許容応力度以上となり、液状化の範囲が約10 mのときに管路の最大曲げ応力の値が特に大きくなるということが分かった。ここでは解析解のみを示したがダクティル管についても現在伝達マトリックス法を用いて同様の解析を行なっている。

Table 1 Dimensions of the pipe.

Outer diameter (mm)	406.4
Thickness (mm)	6.0
Young's modulus ( $\text{kgf/cm}^2$ )	$2.1 \times 10^6$
Specific gravity	7.85

(  $1 \text{ kgf/cm}^2 = 98 \text{ kPa}$  )

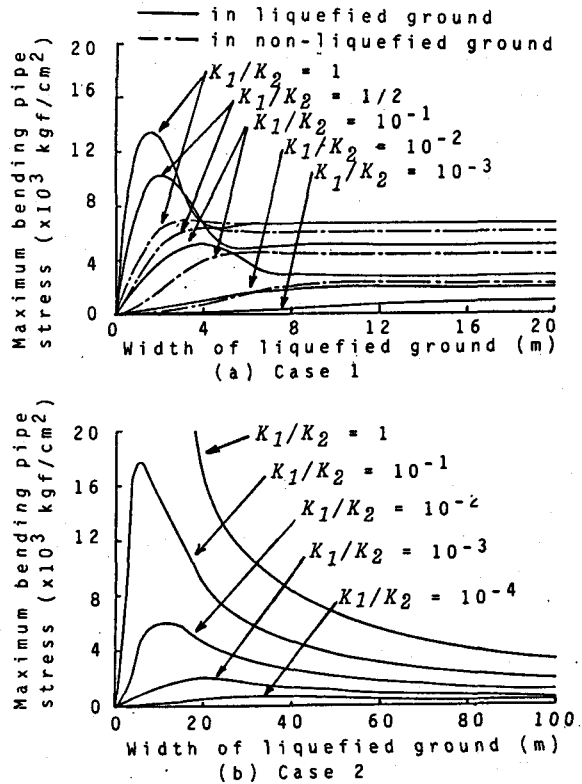


Fig. 2 Relationship between width of liquefied ground and maximum bending pipe stress.