

I-603

液状化時の埋設管の挙動に関する実験的研究
表層非液状化層厚の影響

東京ガス（株） 正 員 ○佐瀬 毅
東京ガス（株） 正 員 安藤 広和

1. はじめに

地盤の液状化を伴う地震では埋設管の被害率（管路の単位延長当たり破損ヶ所数）が著しく大きくなることが知られている。一般に管が埋設されている表層は液状化することではなく、実際に液状化するのはその下に存在する層と考えられる。そこで、表層非液状化層厚が地盤変位、管体ひずみに及ぼす影響について検討したので、以下報告する。

2. 実験模型

管は液状化しない表層の中に埋設し、その下部の一定範囲の地盤だけ液状化するような地盤模型を作り、実験を行った。模型の形状、寸法及び各種計器の設定状況をFig. 1に示す。液状化範囲を80cm、液状化層厚を30cmに固定し、表層非液状化層厚を5cm(CASE 1)、10cm(CASE 2)、25cm(CASE 3)と変化した3ケースの実験を行った。模型地盤、管の物性値をTable 1, 2に示す。

3. 解析モデル

著者らが先に提案したモデルをFig. 2に示す。表層地盤を両端から同位相の軸方向加振を受ける弾性板状態とし、その挙動は次の波動方程式で表される。

$$\frac{\partial^2 u_s}{\partial t^2} = C^2 \frac{\partial^2 u_s}{\partial x^2} \quad u_s (=u_s(x, t)) : \text{板状地盤の変位}$$

C : 波動伝播速度

そして、板状体の応答変位が地盤バネを介して管に伝わり、

$$EA \frac{d^2 u}{dx^2} - k(u - u_s(x)) = 0$$

u : 管の変位, E : 管のヤング率

A : 管の断面積, k : 地盤のバネ定数

を解くことにより、管のひずみを算出するというものである。

Table 1 Properties of Model Ground

	Material	Shear wave velocity Vs (m/s)	Unit weight γ_t (gf/cm ³)
Liquefiable layer	Quartzite	-	1.92
Unliquefiable layer (Alluvium)	Loam	10	1.24
Unliquefiable layer (Diluvium)	Loam	70	1.40

Table 2 Properties of Model Pipe

Length	140 (cm)
Inner diameter	11 (mm)
Outer diameter	13 (mm)
Young's modulus	24,000 (kgf/cm ²)
Material	Poly-carbonate

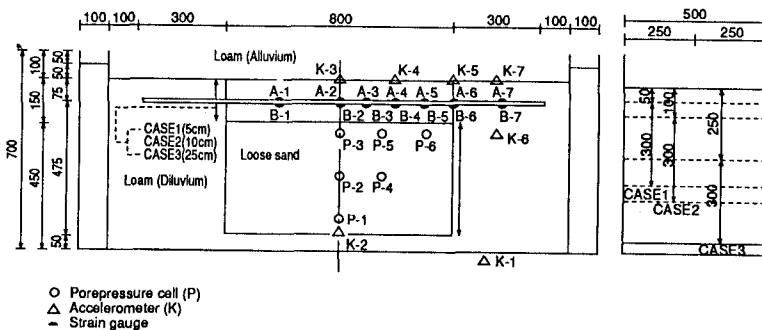


Fig. 1 Shapes and dimensions of model and location of measuring instruments

波動伝播速度 C は3次元波動方程式より求めるが、表層厚が薄い場合、（加振直角方向）平面ひずみ状態、（上下方向）平面応力状態と考えられるから、

$$C_0 = \sqrt{2/(1-\nu)} \cdot V_s$$

ν ：ポアソン比， V_s ：S波速度

が求まる。一方、表層厚が厚い場合、（上下方向）平面ひずみ状態と考えられるから、

$$C_1 = \sqrt{2(1-\nu)/(1-2\nu)} \cdot V_s$$

が得られる。すなわち、波動伝播速度 C_0 （表層厚が薄い場合）、 C_1 （表層厚が厚い場合）はポアソン比 ν とS波速度 V_s の関数で表され、Fig. 3のようになる。

4. 実験値と解析値の比較

地盤変位の応答倍率、管のひずみの実験値と解析値の比較をFig. 4, 5に示す。表層厚 5cmのCASE 1が平面応力状態（表層厚が薄い場合）、25cmのCASE 3が平面ひずみ状態（表層厚が厚い場合）、10cmのCASE 2がその中間的狀態に相当する。表層厚が厚くなるにしたがって、地盤変位の応答倍率、管のひずみとも小さくなり、表層厚の影響を大きく受けている。また、実験値と解析モデルによる計算値は全体的によく適合している。

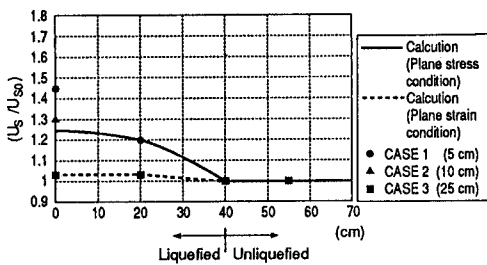


Fig. 4 Comparison of response ratio of ground displacement between experimental data and calculation

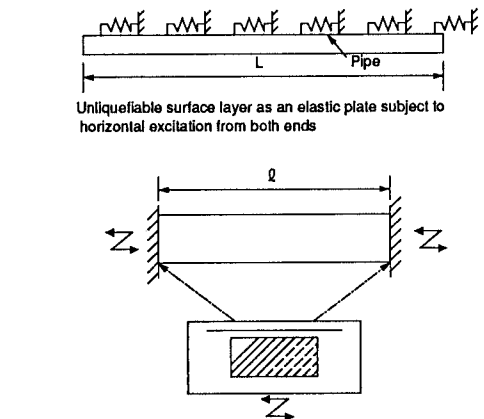


Fig. 2 Analytical models on behavior of surface layer and pipe

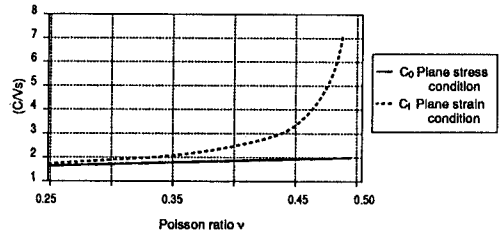


Fig. 3 Relation between longitudinal wave velocity ratio to shear wave velocity (C/V_s) and Poisson ratio

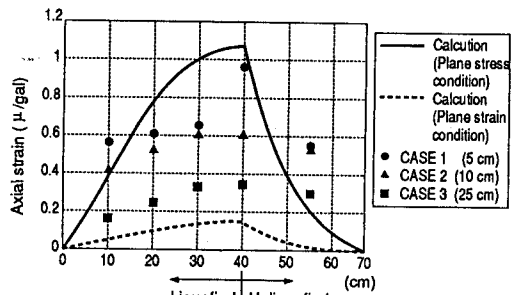


Fig. 5 Comparison of axial strain between experimental data and calculation

5. 結論

地盤液化時の表層非液化化層厚の影響についてまとめると次の通りになる。

- ①表層非液化化層厚を3通りに変化させた実験を行った。表層厚が厚くなるにしたがって、地盤変位の応答倍率、管のひずみとも小さくなり、表層厚の影響を大きく受けることがわかった。
- ②地盤-管系モデルを表層非液化化層厚の影響も考慮できるように改善した。実験値と解析値は良い一致を示し、表層厚の影響を評価する手法が確立された。