

III-297

線状地中構造物の液状化模型実験（その1）

軸直角方向の加振による構造物の動的応答

株式会社 フジタ 技術研究所 正会員 ○ 岸 下 崇 裕
同 上 齊 藤 悦 郎

1. はじめに

共同溝やシールドトンネルのような線状地中構造物の耐震性を考える際、横断方向に加え、縦断方向の検討が必要となる。これは、地中構造物の地震時挙動が周辺の地盤振動に依存するためであり、構造物長手方向に沿った地盤構造の変化や入力地震波の位相差などの影響を受けるためである。しかしながら現行の設計法では、通常、非液状化地盤の動的挙動に基づいて提案された応答変位法が用いられ、液状化地盤への適用は基本的には考えられていない。

本文では、液状化領域の変化が線状地中構造物の挙動に与える影響について、模型振動実験により検討を行い、液状化時の構造物長手方向の動的挙動について述べる。

2. 実験概要

図-1の土槽中に、豊浦標準砂 ($G_s=2.64$) を用い、高さ50cm、湿潤密度 $\rho_t=1.93\text{gf/cm}^3$ 、相対密度 $D_r=47.1\%$ の飽和砂地盤を水中落下法により作製した。地中構造物模型は、幅10cm、高さ6cm、長さ220cm、厚み1cmの亚克力製であり、みかけの比重は $\rho_s=1.19\text{g/cm}^3$ とした。実験は、図-2に示す液状化領域の違う3ケースの地盤モデルについて行った。非液状化領域と液状化領域の境界条件をつけるために、構造物模型の端部より27.5cmの所を鋼製治具により固定した。計測は図-1に示すように加速度計(3ch)、過剰間隙水圧計(10ch)を地盤内に、加速度計(5ch)、ひずみゲージ(20ch)、レーザー変位計(3ch)を構造物に取り付けて加振開始と同時に計測を行った。入力波には、最大加速度が200galで、30Hzまでの周波数帯域を持つホワイトノイズに、地震動の包絡形状を表わす形状関数を掛け合わせて作成した約5秒間の波を用いた。

3. 実験結果及び考察

片側固定状態（ケース2）における地盤加速度、過剰間隙水圧および構造物模型の曲げひずみの時間的変化を図-3に示す。図より構造物周辺の地盤は、加振後約2秒で過剰間隙水圧(P3)が 14g/cm^2 に達し、液状化状態 ($\sigma_{v0}'=14.88\text{g/cm}^2$) になっていることがわかる。構造物の曲げひずみは、各点ともに加振後約1.5秒より発生し始め、液状化状態になる2秒の段階では大きく振動していることがわかる。これは、間隙水圧の上昇に伴い構造物周辺の地盤が軟化し、せん断抵抗が低下することで、構造物が独自の動的応答を行ったためだと考えられる。このことより線状地中構造物の液状化時の挙動は、周辺地盤の応答には依存されず独自の動的挙動を示すものだと考えられる。

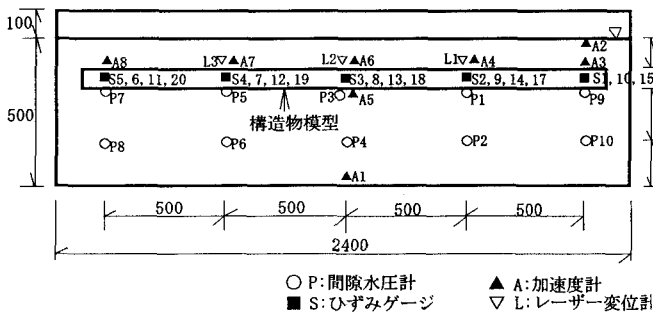


図-1 模型地盤の概要とセンサの配置

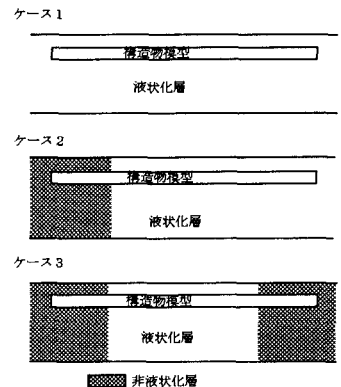


図-2 実験地盤モデル

4. 解析結果及び考察

液状化時の線状地中構造物が、周辺地盤の挙動に依存されることなく独自に動的応答をすると仮定すると、式-1で表わされる梁の自由振動の式より、規格化された固有振動形 ϕ を求めることで、構造物に生じる曲げひずみを算出できる。 β および積分定数は、梁の境界条件から定める。

$$EI \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} - \frac{\gamma A p^2}{g} \phi = 0 \quad \text{式-1}$$

ここで、E:構造物の弾性係数 I:断面二次モーメント

γ :単位体積重量 A:断面積

ϕ :基準関数 P:固有円振動数

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{\gamma A p^2}{EI g}}$$

とおくと

$$\phi = C_1 \sin \beta x + C_2 \cos \beta x + C_3 \sinh \beta x + C_4 \cosh \beta x \quad \text{式-2}$$

ここで、Cは積分定数である。

図-4に実験により求められた曲げ応力と解析結果との比較を示す。図に示す解析結果は、1次の固有振動形が梁に作用した時の曲げ応力を示している。計算値は、 ϕ^2 を梁の全長にわたって積分した値が1になるように未定係数を定めた後、500分の1にした値である。実験結果は、液状化状態になった時点（加振後2秒）での値を示している。両端自由状態（ケース1）および両端固定状態（ケース3）において実験結果の方が多少大きな値になっている。この差は、未定係数の取り方により小さくなるものと考えられ、どのケースとも曲げ応力の傾向はよく一致している。このことより、液状化時の線状地中構造物の動的挙動は、梁の自由振動に近い挙動をしているものと判断できる。

また未定係数は、構造物がどの程度の大きさの振動エネルギーを受けているかによって決められるものである。今後入力を変えた実験を行い、未定係数の決定方法について検討をする必要があるものと考えられる。

5. おわりに

本振動実験より以下の結果が得られた。

- 1)線状地中構造物の液状化時挙動は、周辺地盤の応答には依存されず、梁の自由振動に近い挙動を示す。
- 2)液状化時に発生する線状地中構造物の曲げ応力は、規格化された固有振動形 ϕ を作用させることにより求めることができる。

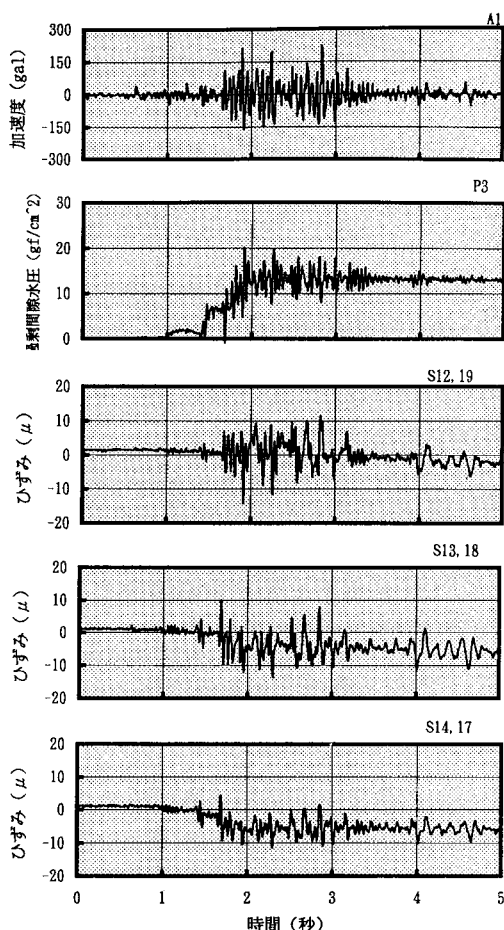


図-3 片側固定状態で液状化実験結果

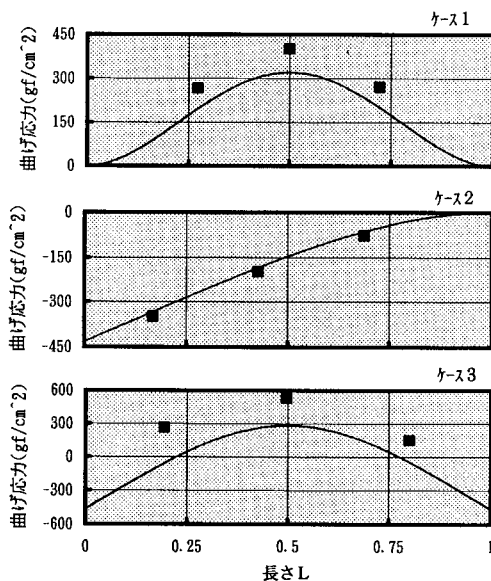


図-4 実験結果と解析結果との比較