

金沢大学工学部 正会員 宮島 昌克
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝
 日本橋梁備 吉岡 正修

1. はじめに

昨年5月に発生した日本海中部地震においては、周知のように大規模な液状化現象が広範囲に発生し、地中埋設管は多大な被害を被った。今回の地震による被害と、著者らが既に行なった地中埋設管に関する液状化模型実験の成果とをまとめると、液状化時の地中埋設管の破壊に関与している要因として以下のようなことが考えられる。

(1) 不完全液状化時に一時的に生ずる大きな地盤の挙動

(2) 完全液状化時に地中埋設管に作用する浮力、浸透流による力

(3) 地盤液状化に伴って生ずる地盤の大変形、あるいは、地盤特性急変部における地盤の挙動

ここでは、不完全液状化時に注目して模型実験を行ない、地中埋設管の動特性を明らかにしようとした。

2. 実験概要

実験装置の概略を図.1に示す。地中埋設管模型としてサンウレタン丸棒ゴムを使用した。丸棒ゴムはその寸法が $20\phi \times 1000\text{mm}$ 、弾性係数 $810\text{Kg}/\text{cm}^2$ 、単位体積重量 $1.14\text{ g}/\text{cm}^3$ である。丸棒ゴムの上部にひずみゲージ（東京測器製、PL-5-11）を管軸方向に接着し（図.2）、管ひずみを測定した。また、管の埋設位置（深さ4cm）に水压計（豊田工機製、最大 $0.5\text{Kg}/\text{cm}^2$ 、PMS-5M）を設置し、過剰間隙水压の変化も同時に測定した。模型地盤には比較的細砂で均一な手取川の川砂を用いた。砂および模型地盤の土質定数を表.1、表.2に示す。

本実験では、不完全液状化時における地中埋設管の挙動に注目しているので、不完全液状化状態を長く継続させることが望ましい。そのためには、地盤の液状化抵抗を大きくするか、入力地震動を小さくすることが考えられるが、ここでは、後者の方法を採用した。すなわち、5 Hzの正弦波の振幅を直線的に増加させ、ある一定時間後に定常となるような過渡的調和波を考え、この振幅の漸増時間、すなわち、加加速時間を入力のパラメータとして実験を行なった。

3. 実験結果

図.3は実験結果の一例である。加加速時間を50秒とした時の管の埋設深さにおける過剰間隙水压、入力加速度、地表面での応答加速度、ひずみゲージ1.4.7.10における管ひずみの記録である。加振後25秒後に過剰間隙水压が上昇し始め、それに伴って地表面での応答加速度が減少し始めている。そして、それから約10秒後に、過剰間隙水压の減少とともに地表面での応答加速度が復活しているよう

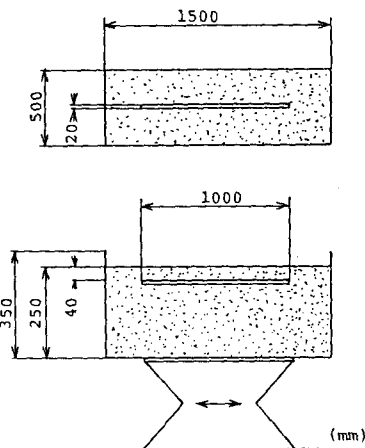


図.1 実験概略図

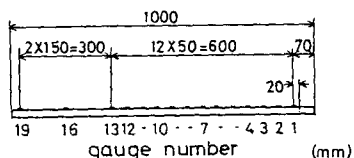


図.2 地中埋設管模型

表.1 砂の土質定数

均等係数	2.96
比値	2.665
最大間隙比	0.982
最小間隙比	0.717
透水係数 (cm/s)	>0.717 >0.982
曲率係数	0.0157 0.0176
	1.55

表.2 模型地盤の土質定数

湿潤密度 (g/cm ³)	1.884
乾粒密度 (g/cm ³)	1.560
間隙比	0.705
間隙率 (%)	41.35
含水比 (%)	32.78

すがわかる。この時の管ひずみに注目すると、過剰間隙水圧が上昇した後一定値にとどまっているときに、地表面での応答加速度が低下しているにもかかわらず大きなひずみが現れている。

図.3を、ひずみの両振幅（動ひずみと呼ぶ）と過剰間隙水圧比との関係としてまとめたものが図.4、図.5である。これらの図では、図.3における各ひずみゲージの値と過剰間隙水圧値を、0.5秒おきに読み取り整理されている。図.4はゲージ7について、図.5はゲージ10についてそれぞれまとめたものであり、加加速時間3秒、20秒、50秒、70秒の実験結果がまとめられている。図.4によれば、加加速時間3秒の実験で過剰間隙水圧比が1.0に達していることより、完全液状化に至っていることがわかる。これに対し、加加速時間20秒、50秒、70秒の実験では過剰間隙水圧比が最高でもそれぞれ0.71、0.59、0.43となっており、完全液状化にまで至っていない。動ひずみに注目すると、加加速時間70秒の実験を除いては過剰間隙水圧比0.5～0.7の間で最大となっている。また、完全液状化に至った加加速時間3秒の実験では、瞬時のうちに過剰間隙水圧が上昇するために、大きな動ひずみを生じている時間も極めて短い。これに対し、加加速時間20秒、50秒の実験では、過剰間隙水圧比0.5～0.7の状態が長く続くので、大きな動ひずみが継続することになる。

4. まとめ

不完全液状化時における地中構造物の挙動に関しては、既に杭模型について吉田・植松¹⁾、岩崎・龍岡²⁾らが、小型加速度計を地中構造物とみなして伯野・片田³⁾が、それぞれ実験を行っており、不完全液状化時に一時的に地盤と入力とが非線形共振するために、地中構造物に大きな挙動が生ずると報告している。今回、地中埋設管について同様の実験を行なったところ、不完全液状化が長く継続すると、大きなひずみが長く継続するということが明らかとなった。しかし、図.3によれば、動ひずみが大きな値を示している時に、地表面での応答加速度は既に小さくなっていることに注意を要する。これに関する詳しい考察は講演時にゆずる。

参考文献

- 1) 吉田・植松：液状化砂中の杭の動的挙動の研究。第5回日本地震工学シンポジウム、1978。
- 2) 岩崎・龍岡・坂場：砂層中の杭の動的挙動に関する模型振動実験。第14回地震工学研究発表会、1976。
- 3) 片田・伯野：液状化過程における地中構造物の動的挙動に関する実験的研究。土論集、第306号、1981。

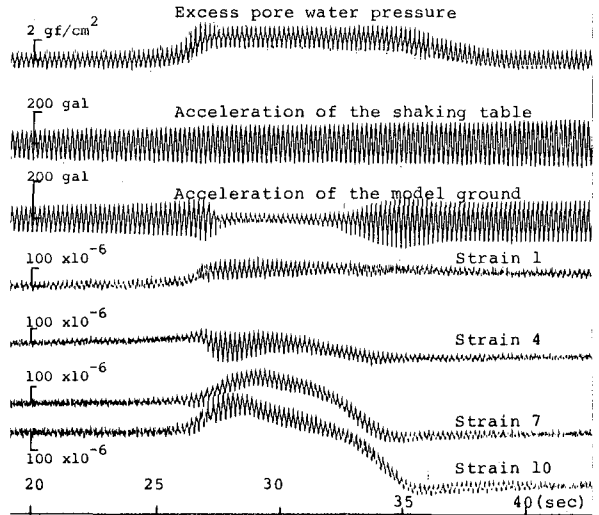


図.3 加加速時間50秒における実験結果

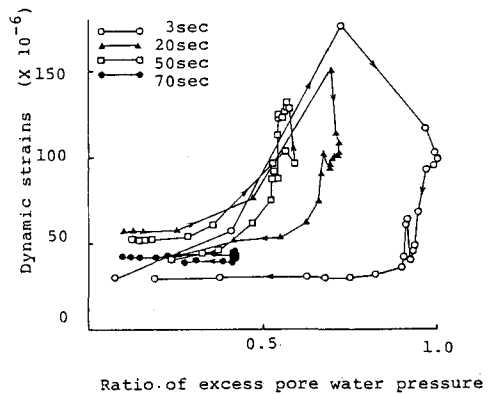


図.4 過剰間隙水圧比と動ひずみの関係 (ゲージ 7)

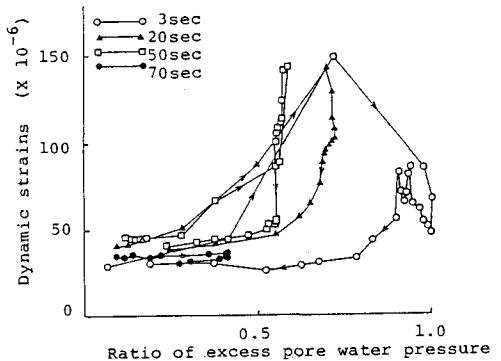


図.5 過剰間隙水圧比と動ひずみの関係 (ゲージ10)