

金沢大学工学部 正員 ○宮島 昌克

金沢大学工学部 正員 北澤 勝

金沢大学大学院 学友員 武蔵 正信

1. はじめに

今日、電柱の地下埋設化など都市の過密解消、景観向上のため種々の施設が地中埋設化されつつある。しかし、その耐震安全性はまだまだ充分なものではなく、1971年のサンフェルナンド地震以来、ライフライン系の耐震構造の確立が問題となっている。日本においても、1964年の新潟地震や1978年の宮城県沖地震では砂地盤の液状化が発生し、重量構造物の沈下・傾斜、マンホールや下水渠の浮上が観察され、以来活発な研究活動がなされている。本研究は特に液状化時の地中埋設管の挙動に注目し、その耐震安全性を高めるためにゆる詰め飽和砂層中の埋設管模型を加振し、地中埋設管の両端が自由の場合と、一端を固定した場合についてその挙動を明らかにしたものである。

2. 実験概要

振動台（島津製作所製、E M V-3）上に設置した砂箱（幅500×長さ1500×高さ350mm）に比較的細砂で均一な砂（有効径0.1mm、均等係数2.3、粒径はほぼ0.1mmから0.6mmの間に分布している）を填入る。砂箱の周囲には厚さ60mmの中空の発泡スチロールを、そして埋設管と垂直になる側壁にはさらに厚さ60mmのアスベストを貼り付け、砂層のせん断変形をある程度自由にした。地中埋設管模型にはサンウレタン丸棒ゴムを使用した。その寸法は20φ×100mmであり、弾性係数810kg/cm²、単位体積重量1.14g/cm³である。埋設管の中央部および諸部近傍の上下左右にははかずみゲージ（東京測器研究所製、P L-5-11）を接着し、防水加工をした。また地盤の動きを計測するために小型加速度計（東京測器研究所製、A-2）と、過剰間隙水圧の変化をみるために水圧計（豊田工機製、P M S-5 M）をそれぞれ地中埋設管中央部付近に設置した。図-1は埋設管の両端を自由にした場合、図-2は埋設管の一端を固定、他端を自由とした場合の実験概略図である。なお実験記録の整理にあたっては、図-3のように埋設管はかずみの中立軸の変化を大はかずみ、振動によるはかずみをはかずみ振幅と定義し、それぞれについて行なった。また、過去1秒間に大はかずみが増加した量を大はかずみの変化の割合と定義した。

3. 両端自由実験

埋設管の両端を自由にした場合の実験結果の一例を図-4に示す。これは埋設深さが50mm、加振振動数5Hz、加振入力約120gで管軸方向に加振した場合である。図中S T R A I N 1は大はかずみ、S T R A I N 2は大はかずみの変化の割合、S T R A I N 3ははかずみ振幅である。

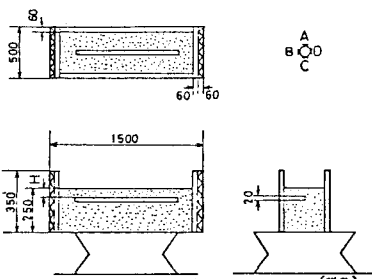


図-1 実験概略図（両端自由）

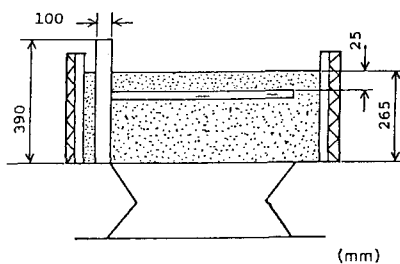


図-2 実験概略図（一端固定）

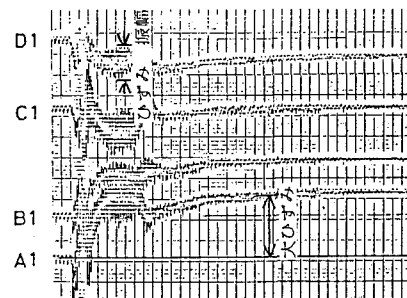


図-3 埋設管のはかずみ記録

る。図より明らかなように、 $\Delta \epsilon$ の変化の割合および $\Delta \epsilon$ の振幅には2つのピークが存在する。これは過剰間隙水圧(図2ではE. P. W. P.)の記録と合わせて見ると、それぞれ第一のピークは完全液状化に至る直前の不完全液状化時であり、第二のピークは砂層の再堆積時であると考えられる。振動台から入力されはじめると、砂層はせん断変形を始め、過剰間隙水圧は上昇する。この過剰間隙水圧の上昇に伴い、砂層は徐々に軟化する。このとき埋設管とまわりの砂層より成る振動系が、共振振動数である5 Hzで最も共振しやすい状態になり、 $\Delta \epsilon$ の振幅が生じると考えられる。この後、過剰間隙水圧が最大値に達すると砂層は完全液状化の状態となり、砂層内にせん断力は伝達されにくくなる。よって埋設管にも外力が伝わりにくくなり、図から明らかなように $\Delta \epsilon$ の振幅が非常に小さくなる。次に時間の経過とともに砂層は再堆積しはじめる。このときせん断力の伝達が徐々に回復するとともに、地盤が徐々に硬化する。すなわち砂層が軟化するときと同様に、一時的に埋設管とまわりの砂層の振動系が共振しやすい状態となり、 $\Delta \epsilon$ の振幅も大きくなると考えられる。

4. 一端固定実験

次に埋設管の一端を固定し、他端を自由とした場合について実験を行なった。図-5にその実験結果の一例を示す。これは埋設深さが25 mm、共振振動数5 Hz、共振入力約200 gで管軸直角方向に加振した場合である。 $\Delta \epsilon$ の振幅は両端自由実験と同様に、砂層の不完全液状化時および再堆積時に大きくなっている。このことについては先に述べたように共振によるものであると考えられる。ここで両端自由実験と異なることは、砂層が完全液状化の状態にあってもかなり $\Delta \epsilon$ の振幅を生じていることである。これは一端を固定されているために、砂層から埋設管にせん断力が伝達されにくくなったとしても、固定端から振動が伝わるためであると考えられる。またこのときの $\Delta \epsilon$ の振幅の最大値は、両端自由実験の場合よりはるかに小さい値を示した。このことは構造物に埋設管が直接入っている場合ばかりでなく、液状化が発生する地域と発生しない地域の境界を通る埋設管についても言えることであり、そのような場合が最も危険であるということが確かめられた。

5. まとめ

以上で次のことが明らかとなった。埋設管の $\Delta \epsilon$ の振幅(振動による $\Delta \epsilon$)は砂層の不完全液状化時と再堆積時に大きくなり、これは軟化した地盤と埋設管の振動系が外力と共振するためである。両端自由より一端固定の方がかなり大きな $\Delta \epsilon$ の振幅を生じる。

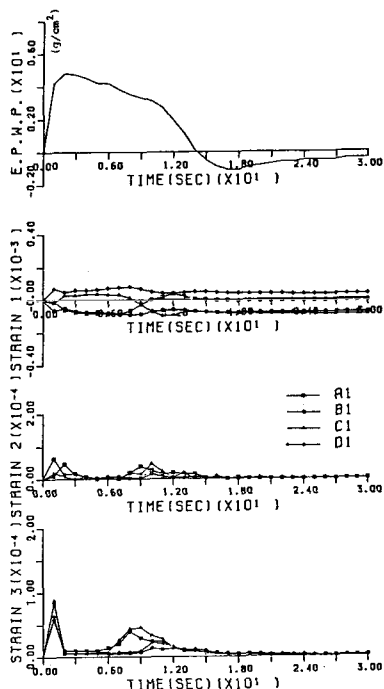


図-4 過剰間隙水圧、 $\Delta \epsilon$ の変化の割合、 $\Delta \epsilon$ の振幅の時間曲線(両端自由)

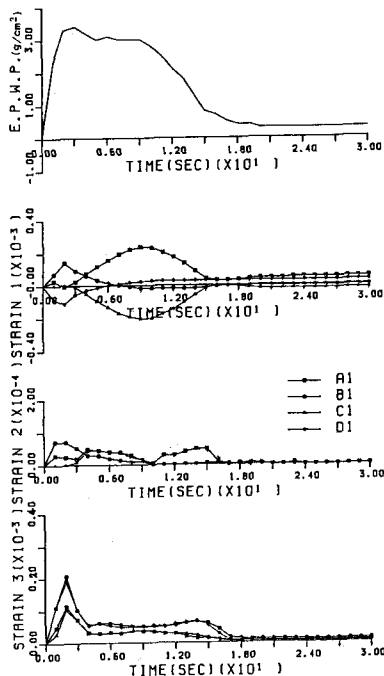


図-5 過剰間隙水圧、 $\Delta \epsilon$ の変化の割合、 $\Delta \epsilon$ の振幅の時間曲線(一端固定他端自由)