

噴射注入工法による地中管路の地震時液状化対策 一室内模型実験一

神戸大学工学部 正会員 高田至郎  
神戸大学大学院 学生員 孫 建生

1. まえかき 本研究は、軟弱地盤の対策工法として用いられている噴射注入工法が任意の形の固結体になりうるという特徴を利用して、液状化地盤中の管路を固定して、浮力、土の沈下および側方流動に対する地中管路の抵抗力を向上することを目的とする。ところが、対策後、地中管路と固定するための固結体は架構物になって振動による動的ひずみが大きくなる恐れがあるので、震動台上の大型せん断変形砂槽を利用して飽和砂層を形成し、地盤液状化時に模型管路のひずみ、土中の間隙水圧と加速度などを計測して、室内実験で検討した。

2. 実験概要 1) 模型地盤：地盤材料は従来から知られている液状化しやすい砂の粒径加積曲線<sup>1)</sup>に収まるように調整した砂を用いている。2) せん断変形砂槽：砂槽の壁の影響を減少し、実地盤のせん断振動現象を再現するために、せん断変形砂槽<sup>1)</sup>を用いている。3) 入力波：地盤の相似率<sup>1)</sup>によって決めた実地震の卓越周期0.625Hzに相当する5Hzの正弦波を入力としている。4) 構造物：模型管路はφ40mmの塩化ビニル管を使用し、固結体はブラスターで造ったものである。それらの諸元は表1に示している。後述のCase-2に用いるマンホールは、比重0.5、幅\*長さ\*高さが32.5cm×32.5cm×42cmのである。

3. 実験内容および結果 1) Model-1 (直管路)<sup>1)</sup> 図1に直管路の液状化実験の概要と計測内容を示して

表1. 管路と固結体の諸元

Item	Dimension of pipe	Dimension of CCP pipe
Diameter (mm)	φ48 (Normal φ40)	φ60 φ42 (Model-1) (Model-2)
Thickness (mm)	4	
Unit Weight (gf/cm <sup>3</sup> )	1.38	1.90
Young's Modulus (kgf/cm <sup>2</sup> )	30000	12300

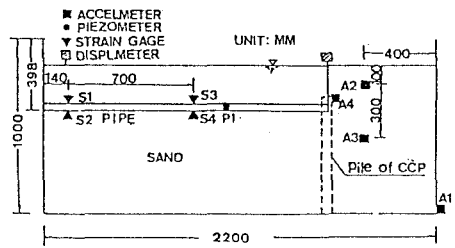


図1. Model-1の実験概要と計測内容

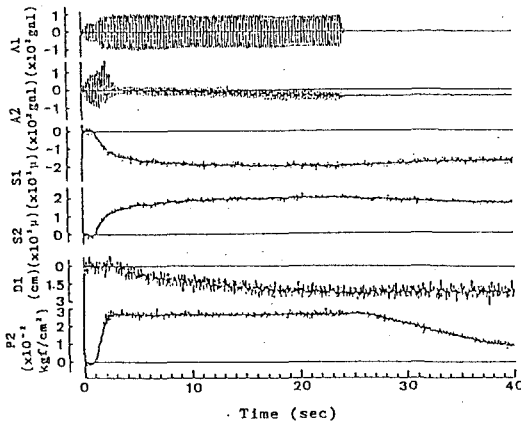


図2. 対策がない場合のModel-1実験結果

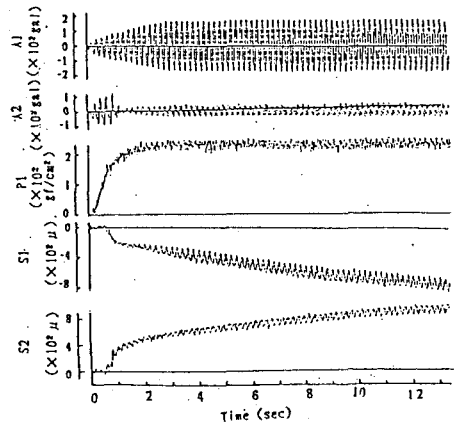


図3. 対策がある場合のModel-1実験結果

いる。対策がない場合には管路が一端を土槽壁に固定して、一端は自由である。対策がある場合には、その自由端が破線で表すように固結体によって固定されている。図2、図3にはそれぞれ対策がある場合とない場合の地盤の加速度と過剰間隙水圧、管体のひずみと自由端の変位の時刻応答を示している。地盤の加速度と間隙水圧は多くの実験で表現されたように液状化特有の特徴を持っている。対策がない場合に自由端部は約2.3cm浮上したのに対して、対策がある場合に自由端が殆ど浮上しない。管体のひずみは、図2によると、対策がない場合には管体端部の最大値が約2000 $\mu$ であった。その内、動的ひずみは小さくて総ひずみの1/15ぐらいしかない。また、管頂と管底のひずみの絶対値はほぼ等しく、管軸方向のひずみが殆ど発生していないことが分かる。図3によると、対策がある場合の管体端部の最大値は約800 $\mu$ あって、対策がない場合の1/2.5程度となっている。その内の動的ひずみは静的ひずみの1/9ぐらいで、入力加速度は、対策が無い場合の約2.5倍であっても、動的ひずみはほぼ同程度であることが知られる。

2) Model-2 (マンホール-管路系)<sup>1)</sup> 図4に両端に管路をもつマンホールの液状化浮上実験の概要と計測内容を示している。対策がない場合には、管路の他端は自由条件となっていて、直接に砂地盤の中に置かれている。対策は破線で表示した4本の固結体で管路を固定したものである。図5、図6にはそれぞれ対策のない場合と対策のある場合の実験結果の時刻曲線を示している。図5の対策のない場合には、マンホールは約25secまでほぼ等速度で傾斜せずに浮上し、その後地表面上に突出して転倒した。管体のひずみはマンホール近傍で約1200 $\mu$ 発生した。その内の動的成分は約200 $\mu$ で、静的ひずみの1/5である。図6の対策がある場合には、予想されるようにマンホールは浮上せずに、管体のひずみは約600 $\mu$ で、対策がない場合の1/2ぐらいになった。その内の動的成分は100 $\mu$ で、静的成分との比率は大体1/5である。動的ひずみは対策がない場合よりも小さくなる。マンホールの水平加速度応答の時刻曲線は図示していないが、その大きさは、地盤の応答とほとんど同じである。

4. 実験結果のまとめ 比較実験によって対策を施した場合、管路系の挙動は次の変化を発生することを分かった：1)管路の自由端とマンホールの浮上は抑止された。2)管路の最大ひずみは両Modelとも、対策のない場合の1/2程度になった。3)動的ひずみは総ひずみの1/6以下であることが分かり、対策を施しても、動的相互作用によって管体ひずみが増大する恐れがない。参考文献：1)TAKADA,S., TANABE,K., Yamajyo,k.& Katagiri,s.:Liquefaction Analysis forBuried Pipelines, Stuctures and Stochastic Methods,Developments inGeotechnical Eng.Vol.2, pp.853-863,1987.

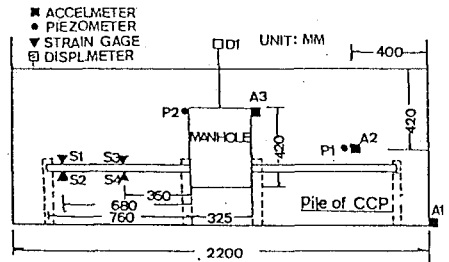


図4. Model-2の実験概要と計測内容

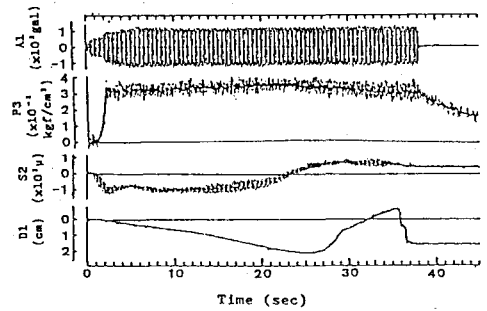


図5. 対策がない場合のModel-2実験結果

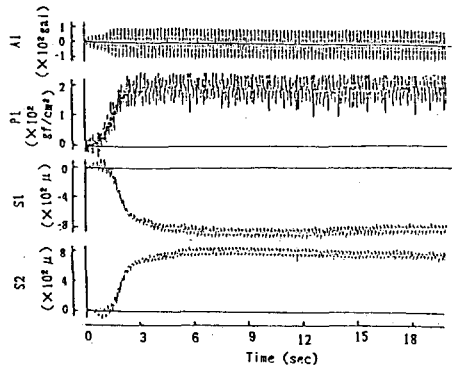


図6. 対策がある場合のModel-2実験結果