

SPH 法による流動地盤中の埋設管に作用する荷重の評価

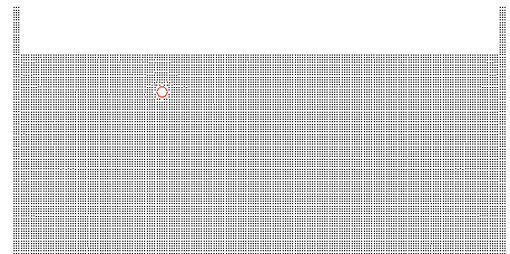
鳥取大学 学生会員 ○錦織 洋介
 鳥取大学 正会員 小野 祐輔
 鳥取大学 正会員 谷口 朋代

1. はじめに

地震時に発生する液状化による側方流動や斜面崩壊など、流動化した地盤が大きく変形した際に、埋設されていた管路が受ける荷重に対する解析的検討はこれまでに数多く行われている。これらの検討では、主として有限要素法用いられている。しかしながら、有限要素法はメッシュに依存した方法であるため、解析対象が大きく変形した場合に計算の続行が不可能となる。そのため、本研究が対象とするような流動化した地盤中の埋設管に作用する外力を対象とした場合、取り扱える変位量が制約を受ける。そこで、本研究では、流体力学の分野で用いられている Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法と呼ばれる数値解析手法に着目する。本研究では、SPH 法による流動化した地盤中に埋設された管路に作用する荷重の評価を可能とすることを目的とした検討を行った結果を報告する。

表-1 地盤の物性値

密度 ρ	$1.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
ヤング係数 E	42.8 MPa
ポアソン比 ν	0.38
内部摩擦角 ϕ	45.8 deg.
粘着力 C	0.05 N/m ²

図-1 解析モデルの例（埋設深さ $H/D=2.5$ ）

2. 解析モデルと検討方法

流動した地盤によって管路が受ける荷重は、地盤と管路の相対的な運動が生じることによって発生する。本研究では、安藤他の実験¹⁾を対象とした再現解析を行う。管路に作用する荷重は、実験と同様に土槽中の管路を強制的に変位させることで求めた。

解析モデルの土槽は幅 20.0 m、深さ 8.0 m であり、管路の埋設深さ(H)について、1.500 m、2.865 m 及び 5.547 m の 3 通りとした。管径(D)は 0.61 m とした。

解析において、地盤は砂質土とし、モール・クーロンの破壊規準による弾完全塑性構成則に従う SPH 粒子に離散化を行った。一方、管路は地盤の SPH 粒子と同じ大きさの剛体粒子を円状に配置し、互いを剛結することでモデル化を行った。SPH 粒子と剛体粒子の間には、個別要素法と同様に接線方向、法線方向に接触バネとダッシュポットを導入した。管路に作用する荷重は、接触バネに生じた力の総和として求めた。

解析モデル全体の例として、 $H/D=2.5$ の場合を図-1 に示す。また、埋設管周辺を拡大したものを図-2 示す。これらの図において、管路は赤い粒子で示している。解析モデルの作成は次の手順によった。まず管路の存在しない状態で、地盤部分に SPH 粒子を 0.10 m 間隔で均等に配置した。その後、管路部分に相当する SPH 粒子を除去し、管路に対応する剛体粒子を挿入した。解析に用いた粒子の総数は約 65,000 個であった。

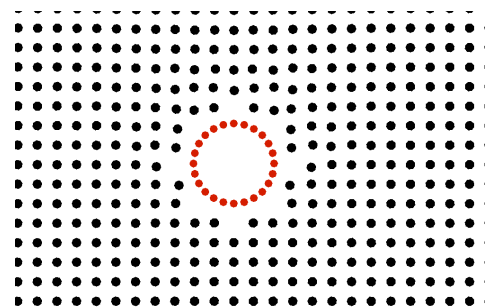


図-2 埋設管周辺の拡大図

キーワード 流動地盤, 埋設管, SPH 法

連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南 4 丁目 101 鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻土木工学講座

TEL 0857-31-5286

解析は重力のみを载荷させて初期応力状態を求める解析と、管路を一定速度で水平方向に最大 1 m まで強制変位させることで管路に作用する荷重を求める解析の二段階で行った。管路の移動速度(V)は 0.05 m/s とした。

3. 解析結果

図-3 に管路を水平方向に 1 m 強制移動させた時点における地盤の累積塑性ひずみの分布を埋設深さ毎に示す。いずれの埋設深さにおいても、管路の周辺及び管路から移動方向前方領域に塑性ひずみの大きな領域があり、地表面に向かって伸びている様子が見られる。また、 $H/D=9.1$ のケースについては、土槽底盤に向かって塑性ひずみの大きい領域が伸びており、他のケースとは異なる特徴が確認できる。これは、管路の設置位置が底面に近くなっているため、底面で SPH 粒子が固定されている影響が現れたものと考えられる。

解析によって求めた埋設管に作用する水平荷重と水平変位の関係を図-4 に示している。この図から、埋設深さが深くなるほど管路に作用する荷重が大きくなっていることが分かる。また、埋設深さが浅いほど、小さい変位で最大荷重に達している。

次に、図-4 で示した荷重を $\rho g D H$ で除することで、管路に作用する水平荷重を無次元化したものを図-5 で示す。また、図-5 には安藤ら¹⁾による実験結果を併せてプロットした。いずれのケースにおいても、SPH 解析では、実験結果に見られるピーク値を再現できていない。一方、ピークを過ぎて変位の増加に対して無次元化荷重の変化が見られなくなった状態は良く再現できている。

4. まとめ

流動化した地盤中に埋設されていた管路に作用する荷重を評価する数値解析法として、SPH 法を導入した。地盤を SPH 粒子、管路を剛体粒子でモデル化し、それらの間に接触バネを導入することで、管路に作用する荷重を計算した。今後は、この解析法の妥当性について、詳細な検証を行う予定である。

参考文献

- 1) 安藤広和他:地震時地盤の側方変位により埋設管に作用する拘束力の検討,地震工学研究発表会講演概要, Vol.23, pp.409—412, 1995.

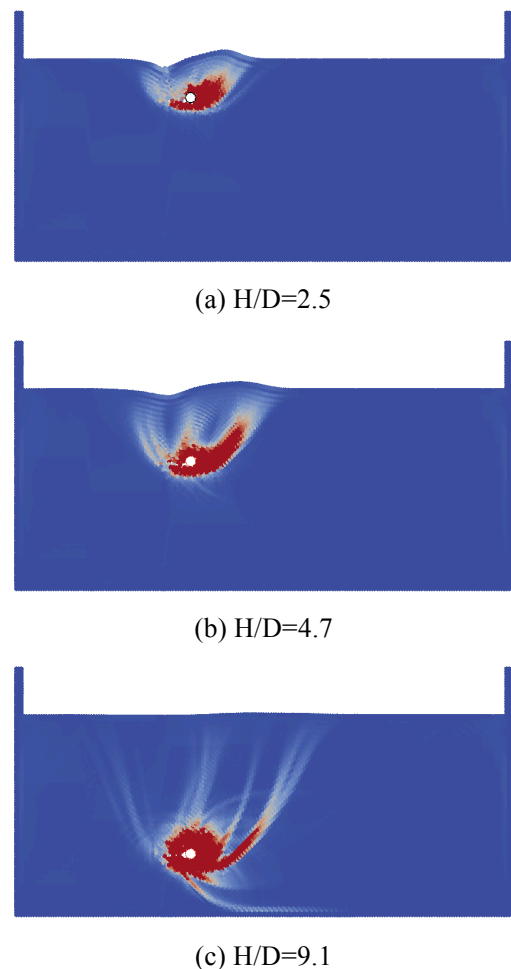


図-3 累積塑性ひずみの分布

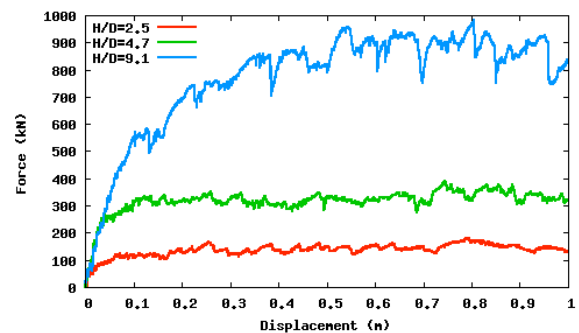


図-4 埋設管に作用する水平荷重

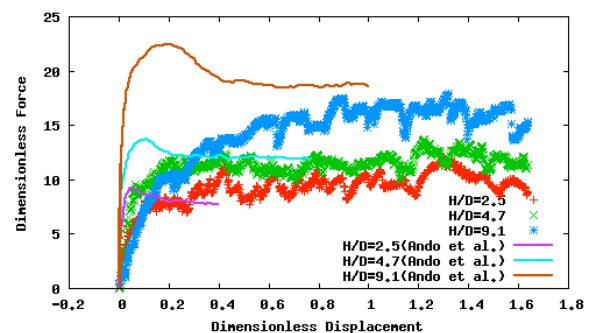


図-5 無次元化した埋設管に作用する水平荷重