

盛土に伴う側方流動圧の簡易評価方法

広島大学工学部 正会員 森脇武夫

広島大学大学院 学生会員 任 垠相

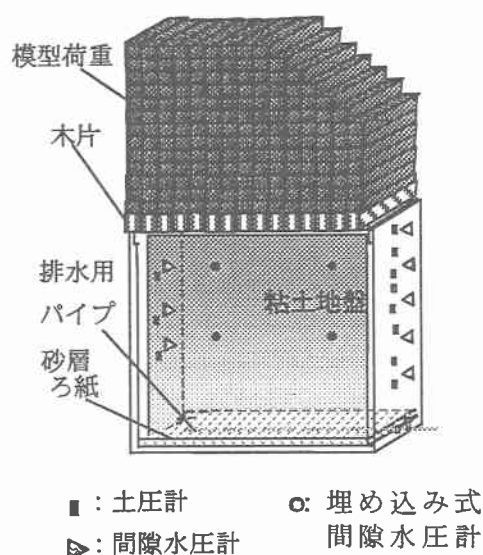
株式会社計測リサーチコンサルタント 正会員 ○新宅由英

1. はじめに

軟弱粘土地盤に盛土が施工されると、基礎地盤内は、鉛直方向だけでなく一般に側方流動と呼ばれる水平方向への変形が生じる。それは基礎地盤中および基礎地盤上の構造物の安定性に大きく影響し、背面盛土による橋台の水平移動や、周辺盛土による基礎杭の変状などが生じた事例は少なくない。本研究では盛土に伴う軟弱地盤の側方流動圧を明らかにするため一連の室内模型試験と数値解析を行った。そして、模型実験結果と FEM 解析結果を比較し実地盤の特徴を明らかにした上で、Boussinesq の弾性理論式を用い、ある載荷速度で盛土を施工したときに発生する側方流動圧の簡易予測法を提案する。

2. 実験方法

試料は広島県広島湾出島地区の海底の沖積粘土層から採取した出島粘土を用いた。試料の物理的特性は、 $W_L=85.5\%$ 、 $W_P=40.2\%$ 、 $I_P=45.3$ 、 $G_s=2.651$ である。初期含水比を調整したスラリーから圧密圧力 9.80kPa まで、両面排水条件下で予圧密を行い地盤を作成した。地盤作成後、図-1 のように盛土型荷重を載荷し、盛土のり尻下、盛土中心下での、側方流動圧、過剰間隙水圧、地盤表面の沈下量を測定した。載荷条件として、法面勾配は 45° 、載荷荷重は全荷重量 (10.8kPa) を 3 段階に分けて載荷した。その時、載荷速度の影響を調べるため、圧密度 0% (case1)、30% (case2)、60% (case3)、90% (case4) で次段階載荷を行う載荷速度の異なる 4 つのパターンを行った。



3. 解析方法

(1) 弾塑性地盤と実地盤との比較

本解析では、粘土地盤を Cam-clay 理論に基づく、弾塑性地盤としてモデル化し、FEM 解析を行った。解析に用いたパラメータは、 $\kappa=0.0274$ 、 $\lambda=0.321$ 、 $M=1.5$ 、 $e_{cs}=2.272$ 、 $\nu=0.3$ を用い、実験地盤と同様の条件で解析した。

(2) 半無限弾性地盤と実地盤との比較

盛土による地盤内応力の算定方法として、Boussinesq の半無限弾性地盤に対する地盤内応力の解を用い、帯荷重による地盤内応力と三角形帯荷重による地盤内応力の和により盛土のり尻下の水平応力を求める式を求めた。

4. 結果と考察

FEM 解析と模型実験を比較した結果(図-2)、以下のことが明らかとなった。

側方流動圧の深さ方向の分布に着目すると、FEM 解析結果は地盤深さによる側方流動圧値の違いはあまり見られないが、模型実験結果では、地盤中央深さで最大側方流動圧値をとる三角形分布となる。また、ある程度地盤の圧密が進むと、FEM 解析値では載荷速度が異なっても、側方流動圧の深さ方向分布に変化は見られないが、実測では載荷速度が遅くなると側方流動圧分布が小さくなる傾向が認められる。これは実地盤では段階載荷の放置期間中に圧密に伴って地盤の強度が増大し、鉛直方向の力を支えることができるようになり、その結果、非排水せん断変形が小さくなり、側方流動が小さくなったためと考えられる。このような模型実験と FEM 解析の不一致は FEM 解析で用いられた Cam-clay モデルが実地盤の挙動を忠実に表現できてない

図-1 実験詳細図

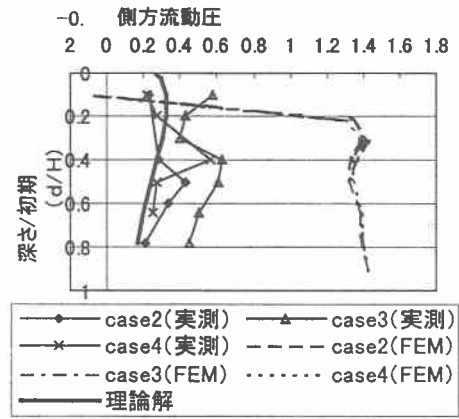
ことに起因していると考えられる。

次に, Boussinesq 弾性理論式から求めた側方流動圧と, 実験結果を比較すると, 弾性解は地盤浅部で最大値をとり, また実験値よりも小さい。弾性解が実験値より小さくなった理由は, 弾性理論式は地盤が半無限体であることが前提であり, 本研究では, 箱形に仕切られた容器で粘土地盤が拘束されているため実験値が大きくなったと考えられる。

模型実験結果を, FEM 解析結果と比較することで得た分布形状の特徴から, 最大側方流動圧の大きさと最大側方流動圧が生じる地盤深さに着目し, 複雑な実地盤で起こる側方流動を簡易に予測する方法として, 弾性理論解を修正する方法を検討した。その方法として载荷直後, 側方流動圧ピーク時, 実験終了時の3つの時刻での, 最大側方流動圧の大きさ, 最大側方流動圧が生じる地盤深さを, 弾性理論解と比較した。図-3は, 载荷速度が遅くなるほど最大側方流動圧が減少する傾向を示したものである。また, 図は省略するが, 実地盤における最大側方流動圧の発生深度は弾性理論値の約2倍であった。さらに, 最大側方流動圧が発生したときの地盤圧密度についてグラフにすると载荷速度が遅いほど大きな圧密度で発生していることが分かった(図-4参照)。予測曲線を用いた結果と模型実験結果を比較したものが図-5である。この図から最大側方流動圧値と発生地盤深さについてはある程度一致していると言える。しかし, 側方流動圧の分布形状に関しては実験値と一致しない場合もあり, 今後更に検討を進めていく必要がある。

5. 結論

- 1) Boussinesq 弾性理論式は地盤が半無限体であることが前提であるため, 弾性解は地盤浅部で最大値をとり, その値は実験値よりも小さい。
- 2) 模型実験結果では, 地盤中央深さで最大側方流動圧値をとる三角形分布となる。
- 3) 载荷速度が速いほど最大側方流動圧値は大きな値を示す。
- 4) 最大側方流動圧が発生する地盤深さについて, 実地盤での発生深さは弾性理論で求められた発生深さの約2倍である。
- 5) 提案した予測方法を用いて本実験の最大側方流動圧の予測結果と実験結果を比較すると, 最大側方流動圧値と発生地盤深さについてはある程度一致しており, 比較的よい精度で予測できるといえる。しかし, 側方流動圧の分布形状に関しては実験値と一致しない場合もあり, これからの研究課題である。



(d) $U=90\%$

図-2 実験, FEM 解析, 弾性理論解の側方流動圧分布の比較

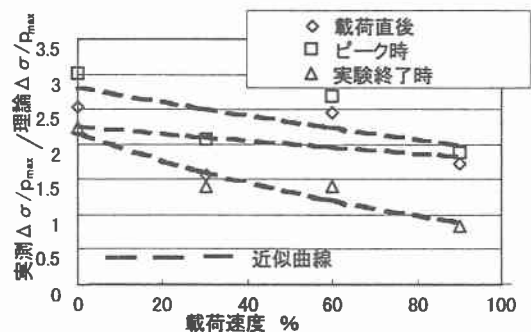


図-3 予測最大側方流動圧～载荷速度関係

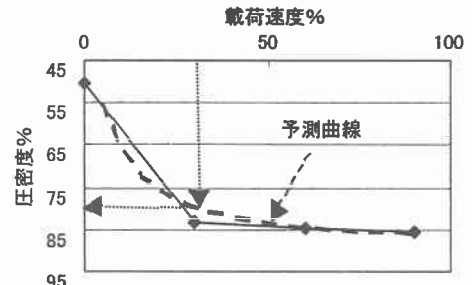


図-4 最大側方流動圧時予測圧密度～载荷速度関係

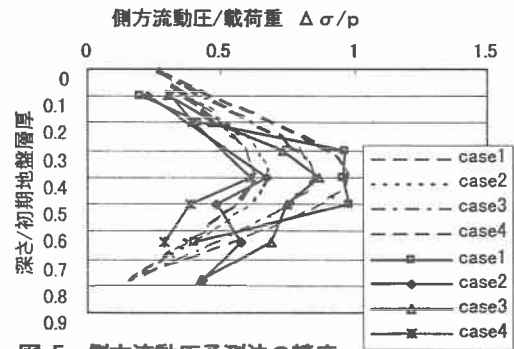


図-5 側方流動圧予測法の精度