軽量安定処理を施した軟弱地盤の安定性

熊本大学大学院　学　菊池真司　　熊本大学工学部　正　鈴木敦巳
熊本大学工学部　正　林　泰弘　　熊本大学工学部　正　丸山　繁
熊本大学工学部　学　梶原智宏

1.はじめに

現在、軽量土は盛土材、裏込め材等としてさまざまな利用がなされているが、当研究室においては軟弱地盤に直接気泡セメントスラリーを混入する安定処理(以下、軽量安定処理)についての研究を行ってきた。本研究においては大規模な埋立て地盤の段階的開発において必要とされる仮設構造物へ軽量安定処理の適用を考え、その地盤の側方流動、すべり等の挙動に関する安定性、またその評価方法について遠心模型実験、数値解析を用いて検討を行った。

2.実験概要

2.1 土質特性

試料は熊本港航路浚渫土であり、試料採取後 2 ㎜ふるいで裏ごしたものを使用した。対象試料の物理特性を表-1 に示す。また、軽量安定処理地盤の物性は ρ_t=1.1(t/m^3)、c_0=109.4(kPa)、ϕ=34.1(度)として与えた。

表-1　物理特性

自然含水比w_n(%)	129.1
湿潤密度ρ_t(t/m^3)	1.377
間隙比e	3.30
土粒子密度ρ_s(t/m^3)	2.587
液性限界w_L（%）	75.4
塑性限界w_P（%）	39.4
砂分(%)	2.2
シルト分(%)	47.8
粘土分(%)	50.0

2.2 実験手順

実験モデルを図-1 に示す。実験土槽は幅 350 ㎜、深さ 200 ㎜、奥行き 100 ㎜のもので前面は強化ガラス板である。地盤内の挙動を確認するためにマーカーを点線の位置に等間隔に設置した。また地盤内の応力状態を確認するため、△の位置に土圧計、間隙水圧計を設置した。実験地盤の作製は、まず排水層として土槽底面に砂を 10 ㎜敷き詰めた後、表-1 の試料を約 180 ㎜投入し、熊本港臨海用地の地盤特性[1]に近づけるため、1g 場において 9kPa で約 72 時間の予備圧密を行った後、遠心模型装置により 80g 場で約 3.9 時間(実時間で約 3 年)自重圧密を行い未改良地盤の作製を行った。この地盤の粘着力 c は式(1)で示される。

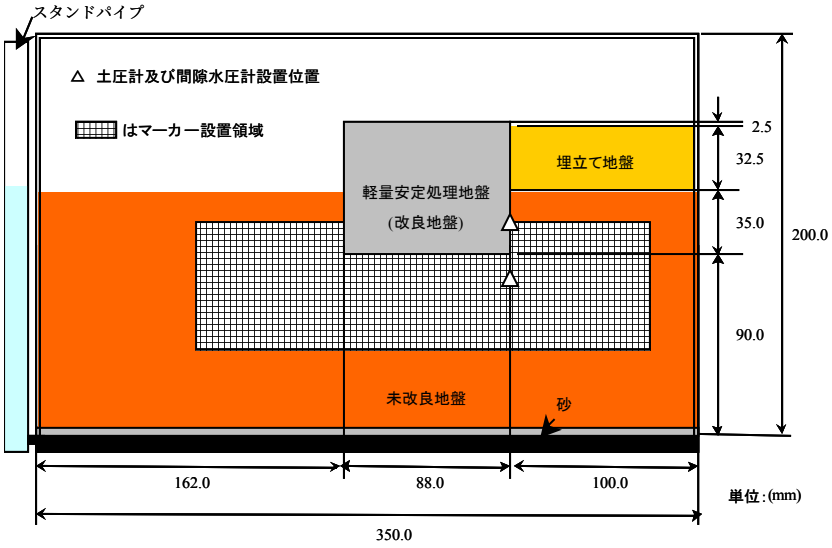

図-1　実験地盤モデル

$$c = c_0 + kz = 4.34 + 0.07z \cdots (1)$$

ここで、k:増加粘着力係数、z:深さである。自重圧密終了後、未改良地盤を成形し、図-1 に示すような実験地盤を作製した。軽量安定処理地盤での変形、破壊は考えないので、密度が等価のプラスティック容器を用いた。その後、90 秒で 10g のペースで遠心加速度を上げてゆき、地盤の変形挙動の確認を行った。

2.3 解析方法

安定性の評価方法として FEM 解析、安全率 Fs、側方流動係数 F 値[2]を用いた。FEM 解析では遠心実験を再現するために、未改良地盤には Cam-Clay モデル、改良地盤には Mohr-Coulomb の弾塑性モデルを適用し、解析を行っ

キーワード：軟弱地盤、安定性、遠心模型実験、数値解析
連絡　〒860-8555　熊本市黒髪 2-39-1　TEL　096-342-3550

た。また、F 値は側方流動の発生の可能性を式(2)で判定し、F 値＜0.04 で側方流動の危険があると判定される。

$$F = c_u /(\gamma_E \cdot h \cdot H) \cdots (2)$$

ここで、c_u:粘着力、γ_E:単位体積重量、h:盛土高、H:軟弱層厚である。

3.実験結果

図-2 に実験結果として変位ベクトルと最大せん断ひずみ分布を示す。変位、せん断ひずみ共に改良地盤端部の未改良地盤において卓越しており、変形は塑性流動的な挙動を示した。地盤の変形が改良地盤前端部の未改良地盤で卓越していることからこの地点の側方変位量と遠心力場の関係をとってみると図-3 のようになった(側方変位量は実地盤に換算)。遠心力場 60g 付近から側方変位が顕著に表われ始めた。初期状態から遠心力場 60g までは顕著な動きは見られず、60g を超えたあたりから地盤内で側方流動の傾向が見られた。

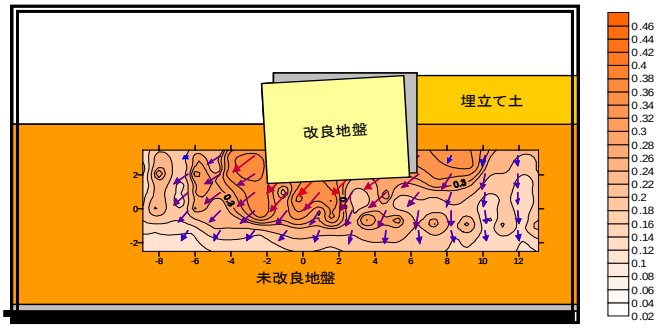

図-2　実験結果(80g 場)

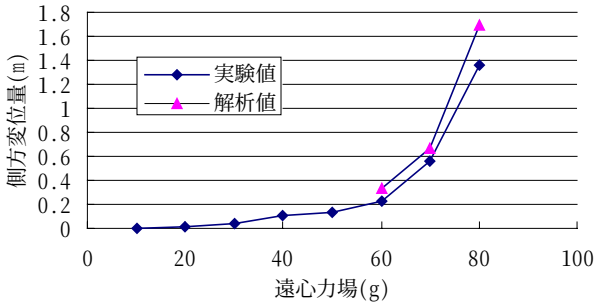

図-3　側方変位量と遠心力場

4.解析結果

表-2 に安定計算結果を示す。Fs では 70～80g を超えると、F 値では 60～70g を超えると地盤の安定性が損なわれるという結果になった。実験結果と比較するとどちらも妥当な評価だと考えられるが F 値による評価の方は軟弱層厚を考慮していることもあり安全側であり、今回想定したような軟弱地盤においてはより適していると考えられる。次に FEM による解析結果を図-4 に示す。FEM 解析結果においても実験結果とひずみが卓越している部分はほぼ同じ位置となった。図-3 に示すようにその部分における側方変位量は実験値と近い値となっており、この位置における側方変位量の管理は安定性の指針になると考えられる。図-2 と図-4 を比較すると図-2 において鉛直方向の変位が大きく表われているが、これは未改良地盤の作製時に遠心模型装置を一旦停止したことによるリバウンドの影響だと考えられる。この点を除けば FEM 解析により側方変位量、ひずみの卓越する位置はほぼ再現できると考えられる。

表-2　計算結果

遠心力場(g)	Fs	F値
60	1.25	0.052
70	1.11	0.038
80	0.93	0.029

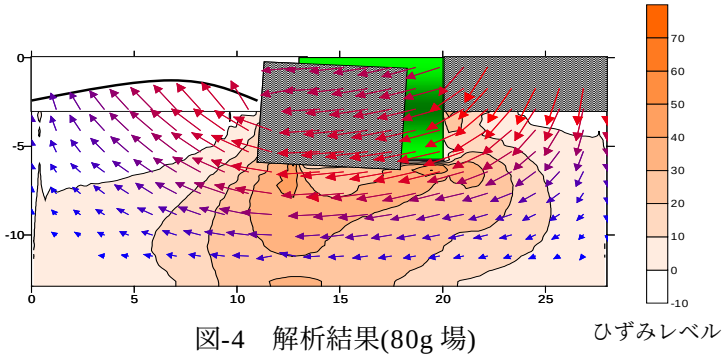

図-4　解析結果(80g 場)

5.まとめ

- 今回、想定した実験モデルにおいては FEM 解析によりひずみ分布はほぼ再現できた。
- 改良地盤端部の未改良地盤における側方変位量の管理は地盤の安定性の指針となる。
- 今回想定した地盤では安定性の評価方法として FEM 解析、F 値による評価が妥当である。

＜参考文献＞　1)　(株)東光コンサルタンツ：平成 5 年度熊本港臨海用地造成設計委託報告書、1993
2)　地盤の側方流動、土質工学会編、1994