

埋立地盤上に敷設したジオグリッドの変形と局所張力の関係

九州大学大学院 学生会員 ○ 宇高 幸生 フェロー会員 善 功企
正会員 陳 光斉 正会員 平松 浩三

1. 背景および目的

近年、超軟弱地盤の開発において、ジオグリッドによる表層処理工法¹⁾が採用されている。この工法では、不陸の発生や、それに起因した施工中のジオグリッド破断・陥没等の事故が考えられる。しかし、現場では施工状況が変わり易いこともあり、その設計・施工は過去の事例や経験により行われているのが現状である。

本文では、広域的に敷設されたジオグリッドの変形メカニズムを解明することを目的とし、地盤の不確実性を考慮した FEM 解析を行うことで、ジオグリッドの変形形状と発生張力との関連を見出した。

2. 内容

2.1. 研究対象

本研究は、含水比の非常に高い浚渫粘土によって埋め立てられた超軟弱地盤の表層処理を行う現場を対象とした。現場は、ジオグリッド敷設面積約 60ha の非常に広大な領域であり、その領域に一枚もののジオグリッドを敷設し、1.8m の敷砂を 7 層の段階に分けて行う、条件的にも過去に類を見ない施工である。観測データとして、敷砂層厚、地盤高、ジオグリッド張力および沈下量等が観測されている。

図-1 の K-2-7 地点には張力計が設置されており、No.127, 128, 129 はジオグリッド変位測定点(20m ピッチ)である。図中の小さい点は、さらに詳細に測定したジオグリッド変位測定点(2m ピッチ)である。これらをもとに、No.127～129 までの 40m 区間に関し、測定ピッチ 20m, 2m それぞれにおける観測データを内挿し、ジオグリッドの形状を図-2 のように予測できる。この図より、20m ピッチの観測では予想できないような形状が 2m ピッチの観測では現れている。すなわち、実際は非常に複雑な変形形状を有しており、沈下と隆起を繰り返すことによりジオグリッドに局所的な張力が発生していないものと考えられる。ジオグリッドに影響する力のつり合いを考慮した張力算定式²⁾では、沈下と隆起(ジオグリッド凹凸)数が多いほど局所的に発生する張力は小さくなることがわかっている。そこで本文では、ジオグリッドの凹凸発生メカニズムを解明するとともに、凹凸数と局所的に発生する張力との関連を調べるため、FEM 解析を行った。

2.2. 解析概要

図-3 に、解析に用いた MESH 図を示す。埋立粘土層(X 方向 40m 区間)上にジオグリッドを敷設し、敷砂の最終層厚 1.8m 分の荷重を等分布で与える。ただし、地盤強度のばらつきを考慮するため、埋立粘土層を(Case-1)2m×20 種類の層(X 方向全長 40m)、(Case-2)10m×4 種類の層(X 方向全長 40m)に分類し、発生させた乱数をもとに粘着力と層厚を対数正規分布に従って与え、地盤のばらつきを想定した。これらは、埋立粘土層の地盤強度および層厚に実地盤相当のばらつきをもたせることで、載荷時にジオグリッド凹凸が発生する状況を再現するも

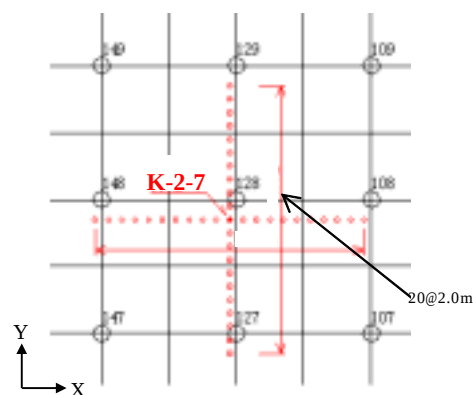


図-1 張力およびジオグリッド沈下量測定点

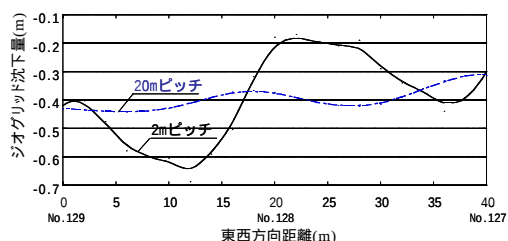


図-2 ジオグリッド形状予測

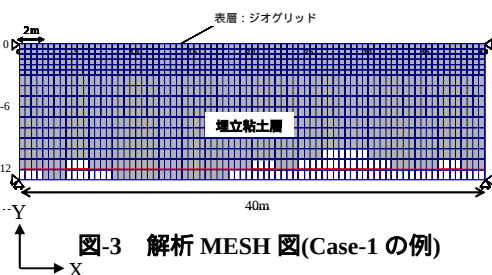


図-3 解析 MESH 図(Case-1 の例)

表-1 解析パラメーター一覧

埋立粘土地盤 (弾塑性モデル)	粘着力	$c=0.064(ttf/m^2)$ を基準にばらつきをもたせる (ベーン試験結果より変動係数 $k=0.38$ とする)
	ポアソン比	$\nu=0.33$
	単位体積重量	$\gamma=0.50(ttf/m^3)$
	変形係数	$E=210c(ttf/m^2)$ により算出
ジオグリッド (非線形弾塑性体)	内部摩擦角	$\phi=0^\circ$
	粘土層厚	12mを基準にばらつきをもたせる
引張試験結果をもとに応力-ひずみ関係をテーブル形式により入力		

のである．解析は(Case-1)，(Case-2)ともに 500 ケース行った．解析に用いたパラメーター一覧を表-1 に示す．またジオグリッドの材料特性として，曲げ剛性はほとんどないものとした．軸方向の剛性は，図-4 に示す引張試験結果から応力-ひずみ関係を用いた．

2.3. 解析結果と考察

図-5 は，横軸に両ケースにおける地盤のばらつきに関する分割ピッチ(2m および 10m)を全長 40m で除した値を，縦軸に解析で得られたジオグリッド凹凸数をとったグラフである．Case-1(分割係数=0.05)において発生凹凸数が多い一方，Case-2(分割係数=0.25)に関しては少なく，地盤のばらつきによって凹凸の発生個数が異なることがわかる．

図-6 は，横軸に変形後のジオグリッド全長を凹凸数で除した平均スパン長を，縦軸にジオグリッドに発生した局所張力値をプロットしたものである．ここで横軸に関しては，「変形後のジオグリッド全長」を「40m 区間内で発生する全ての隆起と沈下の個数」で除すことで，一定区間における発生凹凸数が表現されている．横軸が増加するにつれ，局所的な張力の発生割合が高くなることがわかる．また，図-4 に示すとおり，実施工現場では，第一次張力管理値が 4(tf/m)と定められており，施工中にこれを越えた場合はその地点に敷砂を行わない等の対策を講じるものとしているが，4(tf/m)を超える解析結果が数ケース存在している．そこで次に，張力値が 4(tf/m)を越える確率に着目する．

図-7 は，横軸に平均スパン長を，縦軸に破壊確率をプロットしたものであり，図-6 における 0～5，5～10，10～15(m/個)の範囲ごとに破壊確率を求めた．また，ここでいう破壊確率とは，現場で採用された第 1 次張力管理値である 4(tf/m)を越える確率のことを示す．横軸が増加するにつれ，破壊確率が増加することがわかる．すなわち，一定のジオグリッド幅において，ジオグリッドに発生する凹凸が少ないほどジオグリッドが破断する確率が高いということになる．本研究で着目している一枚ものの広大なジオグリッドによる施工が事故もなく順調に進められているのは，地盤のばらつきが大きいことでジオグリッド凹凸が増加し，破断の原因となるような局所張力を発揮しないためではないかと考えられる．

3. まとめ

- ・地盤の分割係数が小さくなるにつれ，すなわちばらつきが大きくなるほど，ジオグリッドに発生する凹凸は増加することがわかった．
- ・変形後のジオグリッド全長が一定のもとでは，凹凸が多く発生するほど，破断の原因となるような大きい局所的張力が発生する確率は低くなることがわかった．

<参考文献>

- 1) 山内豊聡・後藤恵之助：敷網工の実用支持力公式の一提案，九大工学集報，第 52 巻，第 3 号，pp.201-207，1979.
- 2) 宇高幸生ら：超軟弱地盤上に敷設した広域一体型ジオグリッドの張力算定手法の提案，土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集，第 部門，pp.145-146.

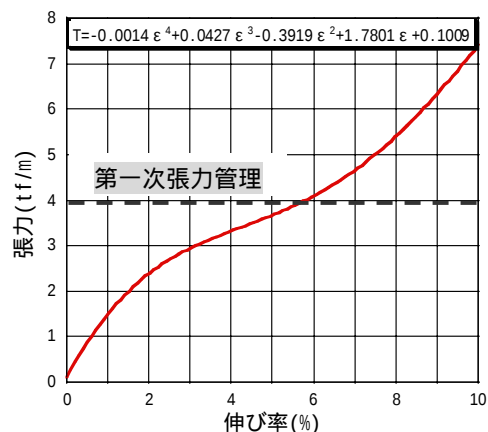


図-4 ジオグリッド引張試験結果

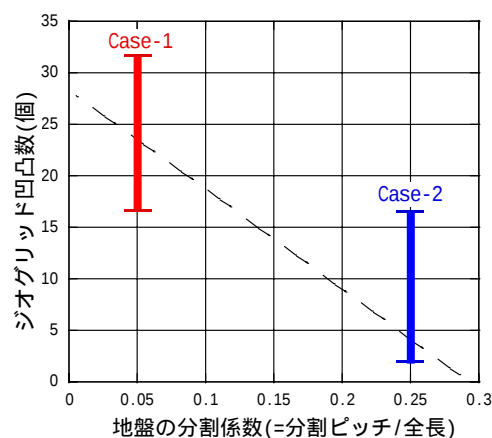


図-5 地盤の分割係数-ジオグリッド凹凸数

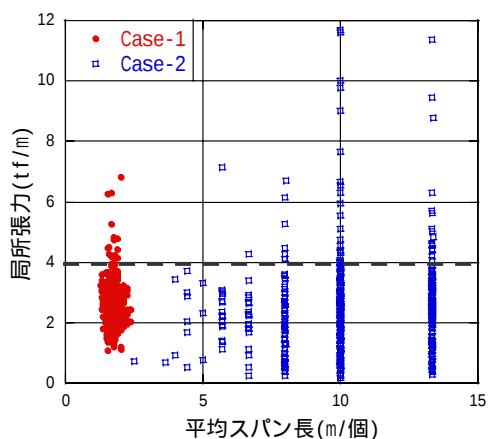


図-6 平均スパン長 - 発生局所張力

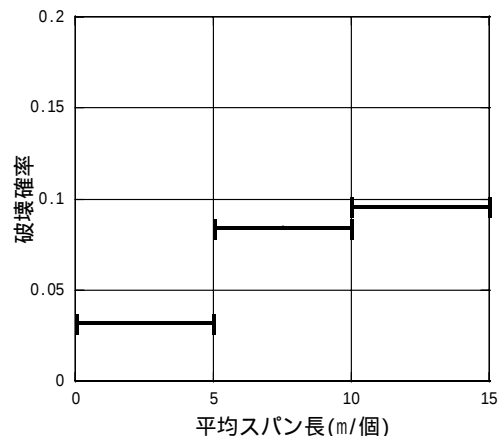


図-7 ジオグリッド凹凸数 - 破壊確率