

杭体—ジオグリッド併用工法の荷重伝達メカニズムにおける補強材の異方性効果に関する研究

熊本大学大学院 学生会員 ○藤本 健太 熊本大学 非会員 Tugba EskisarTefci
 元熊本大学 非会員 Bastien Chevalier 熊本大学大学院 正会員 大谷 順
 三井化学産資(株) 正会員 弘中 淳市

1.はじめに

深層混合処理工法に代表される杭体とジオグリッドの併用工法は、土のアーチ効果とジオグリッドの面的効果に起因する荷重分担効果によって杭間の軟弱地盤に作用する上載荷重を低減させ、不同沈下の抑制を図ることを目的として用いられている。併用工法の現行設計では、長さ方向(または幅方向)の一方向のみでのジオグリッド引張り剛性しか考慮されていない。しかし、ジオグリッドは多次元構造であり、一方向のみではなく二方向あるいは多方向にも面的効果が機能していると考えられる。そこで本論文では、杭体—ジオグリッド併用工法を対象とし、盛土に三次元個別要素を、またジオグリッドに三次元有限要素を併用してジオグリッドの異方性が荷重分担効果に及ぼす影響について検討した。

2.数値解析概要

盛土に三次元個別要素を、またジオグリッドに三次元有限要素を併用して本併用工法のシミュレーションを実施し、ジオグリッドの異方性が荷重分担効果に及ぼす影響について検討した。なお本解析では、三次元シェル要素に異方性の剛性を与えることでジオグリッドをモデル化している。本解析ではDEMプログラム、SDEC¹⁾を用いた。図1に本併用工法のシミュレーションの概要を、また表1に既存の論文²⁾を参考に決定したDEMのパラメータを示す。盛土は過去に実施された模型実験²⁾を参考に、密度 1.64t/m^3 、寸法縦 45mm ×横 45mm ×高さ 50mm とし、盛土底面の四隅に一辺 7.5mm の正方形断面を有する支持杭を仮定した。この盛土空間に図2の粒形加積曲線で示す粒度を有する個別要素を10000個作成した。なお、盛土側面には盛土空間から粒子移動がないように摩擦を考慮しない壁を仮定している。ジオグリッド以下の軟弱地盤はバネ(60kN/m^3)によりモデル化し、さらに上載圧として段階的に 400N/m^2 、 800N/m^2 、および 1600N/m^2 を作用させた。ジオグリッドは縦 45mm ×横 45mm ×厚さ 1.0mm の面構造であり、ジオグリッドの異方性のみを評価するために全てのジオグリッドについて剛性を $EA_{\text{sum}}=40\text{kN/m}$ としている。図3に4種類の異方性を有するジオグリッドの形状および剛性を示す。ジオグリッドの境界条件は、四隅の支持杭上(縦 7.5mm ×横 7.5mm)を固定とし、ジオグリッド側方は自由としている。

3.数値解析結果

図4および図5は、解析によって得られた上載圧 1600N/m^2 載荷後の杭体中心部および杭間中心部における鉛直変位断面図を示す。これらの図より、杭体中心断面においては杭間中心断面に比べて変位量が少なく、各ケースともに盛土地盤の沈下に伴ってアーチ効果があらわれていることが確認できる。また各ケースを比較すると、杭体中心断面および杭間中心断面ともに、Grid CおよびGrid D、Grid B、Grid Aの順に変位量が小さいことを確認できる。以上より、ジオグリッドの異方性が荷重分担効果に影響していると判断できるが、Grid CおよびGrid Dには顕著な差は確認できない。そこで次に、応力比： $n = p_p/p_c$ (p_p : 杭体に作用する応力(N/m^2)を p_c : 杭間地盤に作用する応力(N/m^2)で除したものであり、杭体と杭間地盤が負担する荷重の比率を表したものである³⁾) から荷重分担効果の検討を行う。これより応力比： n が大きいほど盛土荷重は杭体に作用し、杭間地盤に伝わっていないことを示す。図6は、盛土の自重のみが作用しているStep1、 400N/m^2 載荷後のStep2、 800N/m^2 載荷後のStep3、および 1600N/m^2 載荷後のStep4において算出された応力比： n を示し、図7は各Stepにおいて算出されたジオグリッドの最大鉛直変位量を示す。図6および図7より各ケースを比較すると、Grid C、Grid B、Grid Aの順に応力比は高くなっており盛土荷重および上載圧を杭へ伝達しているため、軟弱地盤が負担する荷重が少なくなりジオグリッドの最大鉛直変位量もGrid C、Grid B、Grid Aの順に少ないことが確認できる。これは、Grid AよりもGrid Bが、Grid BよりもGrid Cが有する各補強材の引張り剛性は小さいものの、軸力が発揮する方向が一つ多くあるために全面的に盛土荷重を分散する効果が大きくなるためであると考えられる。しかし、Grid DはGrid Cよりも軸力が発揮する方向が一つ多いものの、Grid DはGrid Cよりも応力比は低くなっていることを確認できる。このことから、応力比を増加させる軸力が発揮する方向数には限度があることが考えられる。以上より、ジオグリッドの異方性が荷重分担効果に及ぼす影響を確認し、Grid Cの幾何形状が最も荷重分担効果を増加させると言える。

4.まとめ

本論文では数値解析を行うことで、杭体—ジオグリッド併用工法におけるジオグリッドの異方性の効果についての検討を行った。これにより、ジオグリッドの異方性が本併用工法の荷重分担効果に影響を及ぼすことを確認し、今後はこの研究成果を杭体—ジオグリッド併用工法の設計に反映させることをすすめる所存である。

参考文献

- 1) Bastien Chevalier : Experimental and numerical studies of load transfers in granular materials – Application to soil reinforcement by rigid piles, PhD thesis, Universite Grenoble 1(in French), 2008.
- 2) 弘中淳市, 具相仁, 大谷順, 平井貴雄 : X線CT法を用いた杭体とジオグリッドによる荷重分担現象の可視化, ジオシンセティックス論文集 20, pp.205-210, 2005.
- 3) 土木研究センター: 深層混合処理工法 設計・施工マニュアル, p.84, 1999.

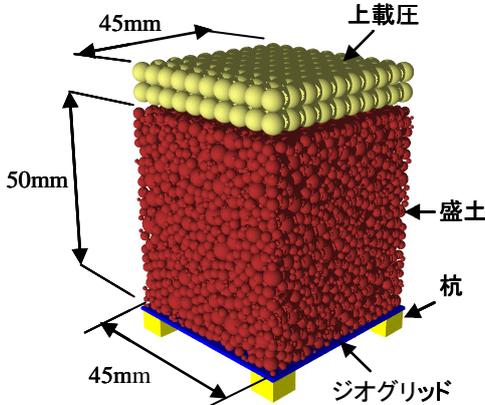


図1 解析モデル図

表1 DEMパラメータ

粒子密度(t/m^3)	2.65
法線方向バネ定数(kN/m^2)	40000
せん断方向バネ定数(kN/m^2)	30000
粒子間摩擦角($^\circ$)	40

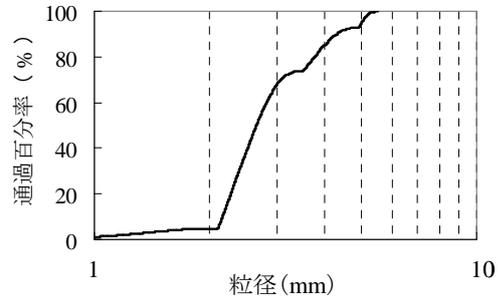


図2 粒径加積曲線

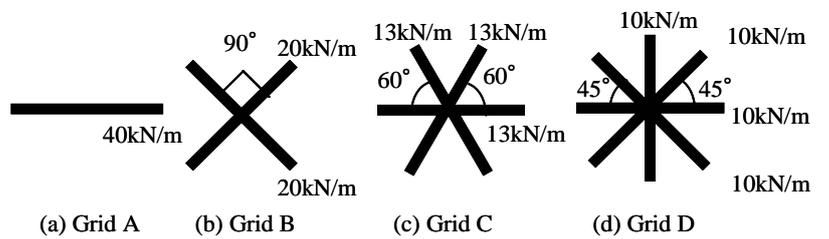


図3 ジオグリッドの剛性およびが剛性が発揮する方向

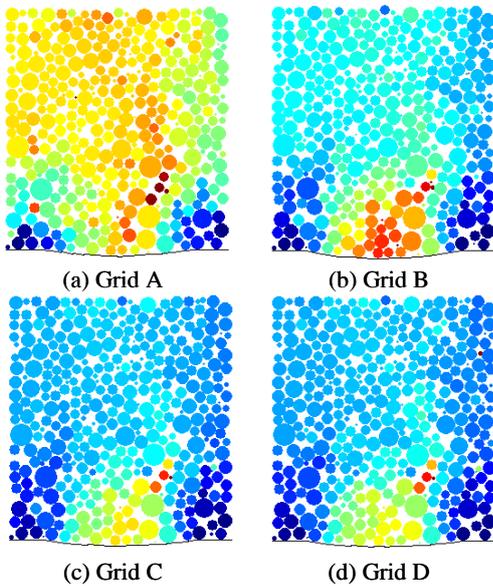


図4 杭体中心部における鉛直変位断面図 (上載圧1600N/m²載荷後)

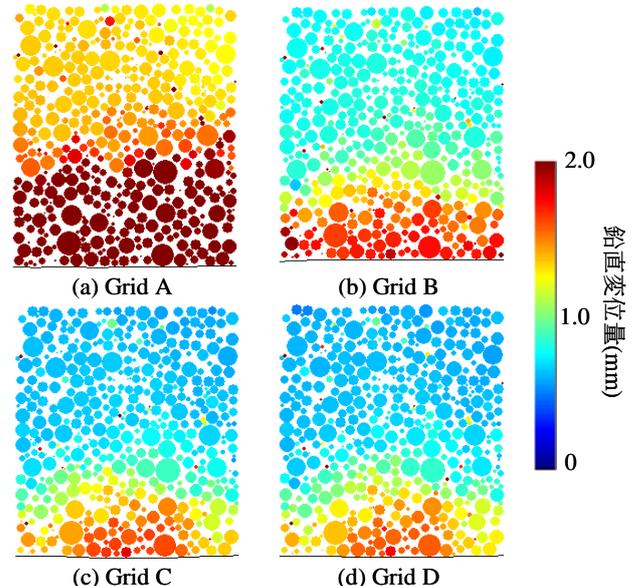


図5 杭間中心部における鉛直変位断面図 (上載圧1600N/m²載荷後)

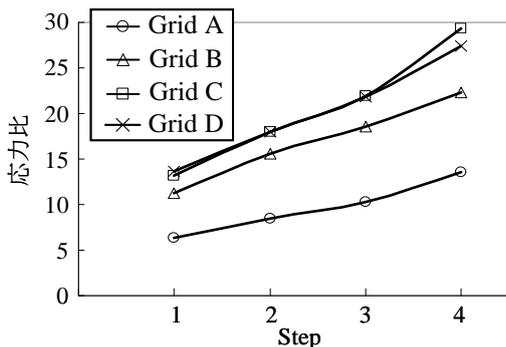


図6 各Stepにおける応力比

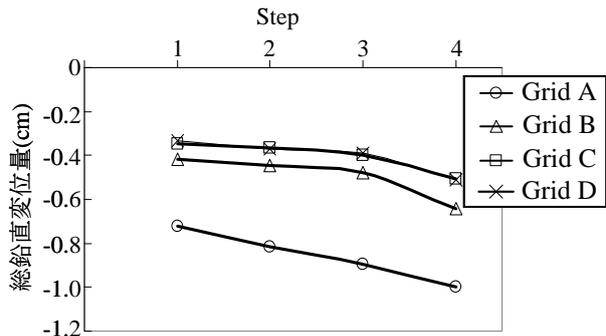


図7 各Stepにおけるジオグリッドの総鉛直変位量