杭体とジオグリッド併用工法における三次元荷重分担効果の数値解析的検討

熊本大学大学院 学生会員 〇藤本 健太 熊本大学大学院 正会員 大谷 順 熊本大学大学院 学生会員 渡邉 陽一 三井化学産資㈱ 正会員 弘中 淳市

1.はじめに

軟弱地盤上に構造物や道路盛土等を建設する際に、不同沈下を抑制することを目的として深層混合処理工法とジオグリッドを併用する工法がしばしば用いられている。本併用工法の特徴は、改良杭体間の軟弱地盤に盛土荷重を直接作用させることなく、改良杭体に伝達させる荷重分担効果によって不同沈下を抑制し、低改良率施工を可能とするものである。この不同沈下を抑制している荷重分担効果は沈下に伴う杭頭地盤のアーチ効果と、ジオグリッドの引張力による面的に荷重を分散させる効果に起因すると考えられている。そこで、より詳細に荷重分担効果ついて把握するためには、ジオグリッドを敷設した際の地盤内挙動を解明することが重要であると考える。本論文では、過去にX線CTを用いて杭頭盛土地盤の挙動を可視化するために実施された模型実験りを対象に、三次元有限要素解析を行うことで荷重分担効果について検討した。

2.模型実験 1)

図1は実験装置の概略図である。実験装置は、外形 150mm、内径 126mm、高さ 200mm のアクリル製モールド内に、着底式 杭を想定した長さ 60mm、杭径 15mm のアクリル製の杭 4 本をモールドの底に固定した。沈下板に杭体が貫通できるように穴をあけ、この沈下板を一定速度で沈下させることにより軟弱地盤の圧密沈下現象を想定した。地盤材料は豊浦砂を用い、空中 落下法により高さ 100mm まで相対密度 Dr=80%に締固め、さらに上載圧 3.2kPa を作用させた。実験に用いたジオグリッドは 引張剛性の異なるポリエチレン製の 2 種類で、杭頭より上 5mm の位置に敷設して比較した。実験方法は初期状態および沈下板を 1mm/min の速さで 5mm 沈下させた後の状態を X 線 CT 撮影した。実験ケースは、Case1 として補強材なしの場合、Case2 として目合い縦横 2mm で引張剛性の小さい 3mm で引張剛性の大きい 3mm で引張剛性の大きな 3mm で 3mm で

X線CT撮影により得られた断面画像を重ね合わせ、鉛直方向に二分割した鉛直断面画像を図2に示す。これらの鉛直断面画像は、密度変化領域をより可視化しやすくするためにCT値により色分けしており、CT値の高い領域(高密度領域)は青く、CT値の低い領域(低密度領域)は赤く表示している。Caselでは、沈下に伴い杭頭地盤に密度変化が卓越し、杭体直上部に高密度領域が形成され、その周辺を低密度領域が包み込むようにしている。Case2ではジオグリッドを敷設することにより、密度変化の領域は水平方向に拡がりを見せている。Case3では杭体とジオグリッドの間で密度変化が水平方向へ卓越し、ジオグリッドより上側では密度変化は確認できない。ここで、沈下板の沈下に伴う盛土荷重の伝達が、杭頭地盤の密度変化に起因すると考えれば、杭頭からの密度変化領域が小さいほど杭体が荷重を分担すると考えられる。以上より、ある程度剛性を有するジオグリッドを敷設することで、面的に荷重を分散させる効果によって杭体間の地盤に作用する荷重を低減させ、杭体へ伝達させる荷重分担効率を増加させると考えられる。

3.数值解析

中井ら 20 により開発された三次元弾塑性有限要素プログラム $(FEMt_{ir}-3D)$ を用いて地盤内部の平均有効応力分布から荷重分担 効果についての考察を行った.三次元有限要素メッシュを図3に、地盤材料の弾塑性パラメータを表1に、杭体およびジオグ リッドの弾性パラメータを表2に示す.メッシュを作成する際,模型地盤および杭体は円形であるが、簡略化して円形の直径 を正方形の一辺として同じサイズを分割し、節点数 8916、要素数 7564 とした、解析では実現象を再現するために沈下板に相 当する節点の Z 方向に 5mm の強制変位を段階的に与えた. Case1 における三次元下での平均有効応力画像を図 4 に示してお り、杭体上部にアーチ効果があらわれているのが確認できる。また、杭体一本が受け持つ領域が残りの杭体が受け持つ領域と 干渉しあい、それぞれが一体化し四本の群杭効果を確認できる. 図 5 に沈下板 5mm 沈下後での各断面における Case1~Case3 の平均有効応力図を示す. Casel において杭体上部では応力が増加していることから、沈下に伴う杭頭地盤のアーチ効果によ って杭体が盛土荷重を負担している領域であると考えられる. Case2 では Case1 よりも杭頭上での応力集中が小さくなってい ることが確認できる. Case3 では杭頭上での応力集中は Case2 より減少しているが, 広い範囲で盛土荷重による応力が地盤中 に広がっている. Case1, Case2 および Case3 を比較すると、ジオグリッドを敷設した Case2 および Case3 の杭体からの応力低下 領域は無対策の Case1 よりも減少し、増加領域および変化なしの領域が増加していることが確認できる. このことから、応力 低下領域が小さいほど杭体およびジオグリッドが盛土荷重を負担し、逆に杭間地盤が負担する盛土荷重が減少することによっ て不同沈下が抑制されると考えられる. また、初期状態に対して応力が増加している領域は、CT 断面画像における密度が低 下している領域である. 以上より, X線 CT 断面画像による密度分布の傾向は, 応力分布の傾向と類似していることから, 杭 頭地盤の密度変化は杭間地盤の沈下に伴う盛土荷重の伝達に起因するものと考えられる.

4.まとめ

本論文では数値解析を行うことで、過去に実施した模型実験における杭体・ジオグリッド併用工法における三次元荷重分担効果について検討を行った。これにより、本併用工法の土のアーチ効果およびジオグリッドを敷設することにより杭体間の地盤に作用する荷重を低減させ、杭が受け持つ荷重が増加することを確認した。最後に、本研究は名古屋工業大学中井照夫教授らにより作成されたプログラム(FEMt_u-3D)を用いて行われたものである。記して、感謝の意を表します。

参考文献

1)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

