

3D-FEMによる斜面全体のすべり挙動に対する引張材フレームの有効性に関する検討

東北学院大学 学生会員 ○増井 優哉 正会員 千田 知弘
日鐵住金建材(株) 正会員 岩佐 直人 正会員 堀 謙吾 非会員 副田 尚輝

1. はじめに

近年の日本では、豪雨や地震等によって斜面全面が崩壊し、甚大な被害を引き起こす災害が多発している。現在の日本では75%の斜面が未整備といわれており整備率の向上が望まれているが、そのためにはコスト縮減、施工性の向上が必要不可欠となる。一方で、著者らは斜面内の小規模な崩壊を対象とし、コスト縮減、簡易施工を可能とする、アンカー、固定板、ネット構造のジオグリッドのみから構成される斜面安定化工法（引張材フレーム工法）の研究について成果を挙げており、これまでのFEM解析や遠心載荷実験などから、斜面全体のすべりに対しても適用が可能であり得ることが分かってきた。そこで本研究では、崩壊斜面の平均的な斜面角度40°の斜面を対象とし、アンカー長、固定板のサイズが異なる複数のモデルに対し3D-FEM解析を行っていくことによって、引張材フレーム工法を斜面全体の崩壊へ適用していくことに向けた基礎的検討を行った。

2. 対象モデルおよびFEM解析モデル

対象とする斜面の横断面図を図-1に、ジオグリッドからなる引張材フレームと固定板の配置を示した図を図-2に示す。本研究では斜面角40°の斜面を対象とし、斜面寸法は、既報¹⁾に準じ、幅方向に連続する斜面の内、幅5000mmを取り出したモデルと仮定した上で、幅5000mm、高さ6500mm、斜面長10112mm、のり肩長4000mmとした。崩壊深さは2000mmとし、図-1では軟弱地盤層と定義した。軟弱地盤層のモデル化は、既往の一般的なモデル化手法のように、すべり面を予め設定し、すべり土塊を変位させるのではなく、のり肩および斜面に軟弱地盤層を基盤層の上部に設定し、軟弱地盤層の自重変形によるゆるみ挙動をすべり挙動として近似する手法を用いた。また、斜面の一番下に配置されたアンカーが斜面を突き抜けるため、図-1中では斜面の下に土台を設けた。フレーム材の寸法に関しては、幅2600mm×厚さ6mm、配置は2000mm間隔の格子状とした。アンカーに関しては、D19(SD345)を用いることとし、フレーム材の格点中央に挿入することとする。本研究では、アンカーの基盤層への貫入の有無が、すべり抵抗にどれほどの差を生じるかを検証することに加え、固定板のサイズがすべり抵抗にどれほど寄与するかを検討することを目的とする。よって、アンカー長を1m、2.3m、3mの3種類、固定板サイズを0.3m×0.3m、0.5m×0.5m、0.7m×0.7mの3種類とし、それぞれを組み合わせた9種類のモデルに加えて、地盤のみの解析モデルを加えた計10種類のモデルの解析を行った。本

表-1 解析に使用した材料定数

部材名	ヤング率(MPa)	ポアソン比	単位体積重量(kN/m ³)
基盤層	200	0.25	18.4
軟弱地盤層	0.4	0.25	18.4
アンカー	206000	0.3	79.0
固定板	206000	0.3	77.0
グラウト	10000	0.25	23.0
フレーム材	350	0.3	2.04

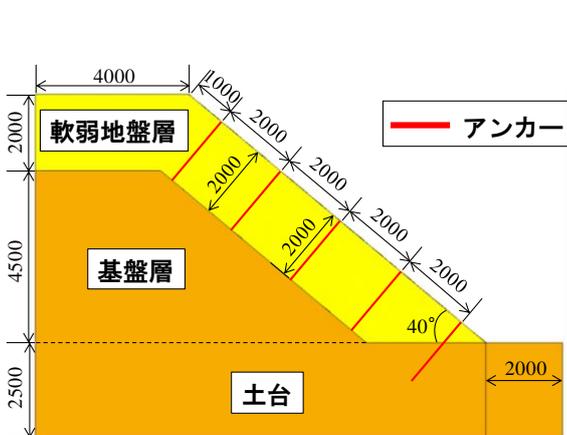


図-1 地盤の横断面図(単位:mm)

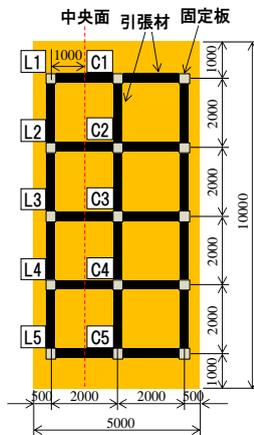


図-2 フレーム材の配置

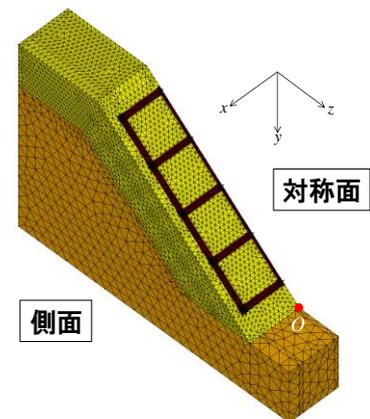


図-3 要素分割図

キーワード のり枠, がけ崩れ, ジオグリッド, FEM

連絡先 〒980-8537 宮城県多賀城市中央一丁目13-1 TEL022-368-7418

解析では、汎用 FEM 解析ツール ANSYS(Ver19,ANSYS,Inc)を用いて弾性解析を行った。要素分割図を図-3に、解析に用いた各材料定数を表-1に示す。図-3中にOで示したのり面下端中央位置に原点を取り、幅方向にx軸、高さ方向にy軸、水平方向にz軸を取った。境界条件はx軸方向左右両端に位置するyz平面上の全ての節点のx方向変位を拘束、地山底面上のすべての節点のy軸方向変位を拘束、地山全面と背面の全ての節点のz方向変位を拘束した。解析対象は、xy面に対し左右に対象の構造を有するので、yz面で2分割された左側を解析対象とする。要素サイズは変形量に応じて、50mm~500mmとした。载荷は、文献りに準じて鉛直方向に1Gとした。本解析では、図-2の中央面で変位を比較する。

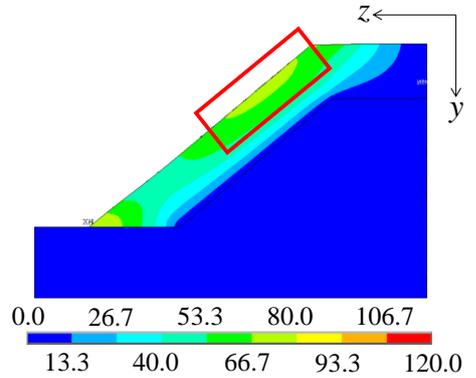


図-4 地盤のみ水平方向分布

(単位:mm)

3. 結果と考察

アンカー2.3m とアンカー3m のモデルとで解析結果に差は生じず、また固定板サイズの違いで解析結果に差が生じなかったため、水平方向変位分布の解析結果の代表例として、地盤のみのモデルの分布を図-4に、アンカー1m・固定板0.3m×0.3mのモデルの分布を図-5に、アンカー2.3m・固定板0.7m×0.7mのモデルの分布を図-6に示す。図-4~図-6を比較すると、のり尻部の変位はどのアンカーモデルも共通して変位が大きく減少する一方で、図中の赤枠で囲まれた箇所を比較すると、全てのアンカーのモデル変位は、地盤のみのモデルよりも減少するが、アンカー1mのモデルよりもアンカー2.3mのモデルの方が変位が大きい。本来であれば、図-4<図-5<図-6の順で変位が減少するはずであるが異なる結果となった。これは、アンカーが基盤層まで貫入されている場合、アンカーがすべり抵抗に大きく寄与するが、D19では曲げ剛性が低く、局所的に変位が増大したと推察される。この挙動に関しては、D19から、コストがあまり変わらないD29に仕様を変更することで改善される可能性がある。

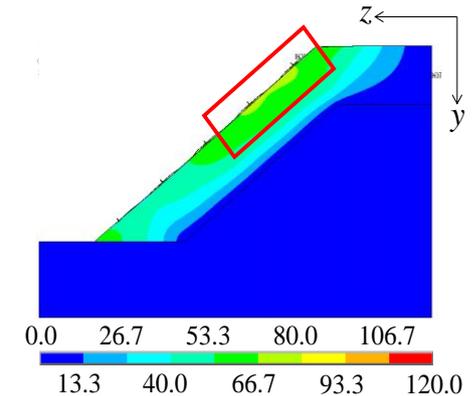


図-5 アンカー1m・固定板

0.3m×0.3mモデルの水平方向分布

(単位:mm)

固定板に関しては、固定板のサイズを変更しても各モデルに大きな差は生じなかった。アンカーを含む固定板の変位量に対し、軟弱地盤層の変位量が著しく大きいため、いずれのモデルでも固定板と軟弱地盤層との接触面に隙間が生じ、すべり抵抗に寄与しなかったためと推察される。

4. まとめ

本研究では、アンカー長と固定板のサイズの異なる複数のモデルに対して3D-FEM解析を行い、すべり抵抗に関する性能を比較し、検討を行った。アンカーのすべり抵抗に関しては、全てのモデルですべり抵抗の効果が高いことが示されたが、基盤層に貫入されていないモデルよりも基盤層に貫入されているモデルの方が、変位が大きい結果となった。これは、アンカーの剛性が低いためであり、アンカーの規格を変える必要がある。固定板に関しては、固定板のサイズを変更しても変位抑制効果に大きな差は生じなかった。固定板と軟弱地盤層の変位挙動が一致していないことが原因と推察されるが、アンカーの剛性を向上させることによって改善することできる可能性がある。今後、各部材のバランス等の検討を実施していく予定である。

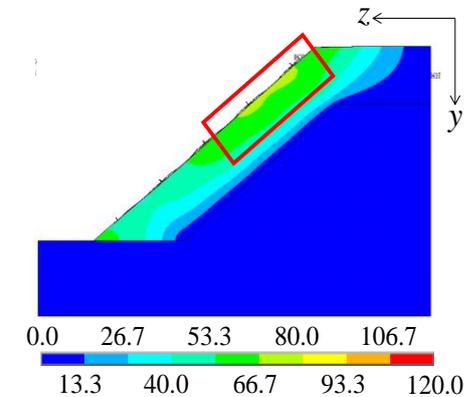


図-6 アンカー2.3m・固定板

0.7m×0.7mモデルの水平方向分布

(単位:mm)

参考文献

参考文献

- 1) 千田知弘, 岩佐直人, 堀謙吾, 副田尚輝, 武田卓大, 増井優哉:3D-FEMによる斜面全体のすべりに対する引張材フレームの性能に関する基礎的研究