

3D-FEM 解析による引張材を用いたフレーム構造の斜面安定効果の評価

福岡大学 正会員 ○千田 知弘 日鐵住金建材(株) 正会員 岩佐直人・堀 謙吾
 日鐵住金建材(株) 非会員 副田 尚輝・安富 懸一
 福岡大学 正会員 渡辺 浩 (株)オリエンタルコンサルタンツ 非会員 入口 元太

1. はじめに

近年、景観法の施行などに伴い、土木構造物に対して施工計画の時点から環境・景観への配慮が求められるようになってきた。山岳部の景勝地におけるのり面保護工に対し、施工直後から即時全面緑化可能な植生工が求められているのもその一例である。これらニーズに対し、著者らは、フレームの引張抵抗とアンカーの曲げ抵抗で斜面崩壊に抵抗する即時全面緑化可能なのり枠工の開発を進めている^{1,2)}。この設計は、部材数削減・工期短縮などを可能とし、大幅なコスト縮減に繋がると期待される。そこで本研究では、フレーム材を引張材(ネット材)としたフレーム構造によるのり面保護工に対し、のり肩すべりが生じる条件を設定し、3D-FEM を用いて性能評価を行った結果を報告する。

2. 対象モデルおよびFEM 解析モデル

対象とする地山とすべり土塊の横断面図を図-1 に、アンカー、のり枠の配置を示した正面図を図-2 に示す。寸法は、遠心載荷実験²⁾を行う際のサイズとした。地山は、高さ $h_1=175\text{mm}$ ×幅 $b=150\text{mm}$ ×奥行き 335mm 、法肩長 150mm 、斜面の法面勾配 60° 、斜面高 $h_2=125\text{mm}$ 、のり面長 144.3mm を有するモデルとした。既往の遠心載荷実験²⁾においては、崩壊は斜面全体で生じたが、本研究ではのり枠の性能をより詳しく見るために、すべり土塊の幅を 60mm とし、のり枠に直接的に荷重が加わるように設定した。ただし、横断面におけるサイズは、遠心載荷実験で得られた結果を元に図-1 に示すように設定した。アンカーは、挿入深さが 25mm となるように、長さ 30mm ×幅 2mm ×厚さ 0.3mm の平板に 5mm × 5mm ×厚さ 0.3mm の支圧板が取り付けられたモデルとした^{1,2)}。のり枠のモデル化に際しては、引張材としてネット材を用いることを想定した上で、引張抵抗に特化した引張材モデルと、比較対象モデルとして、のり面全面にネット材を配置した全面ネットモデルを設定した。引張材モデルは、幅 5mm ×厚さ 1mm ×長さ 60mm と 65.9mm の引張材を組み合わせ、引張抵抗効果をより有利にするため図-2(b)のようなトラス構造にした。全面ネットモデルのネット材の厚さも 1mm とした。

本解析では、汎用有限要素解析ツール ANSYS を用いて解析を行った。解析対象モデルの代表例として引張材モデルの要素分割図を図-3 に、解析に用いた各材料

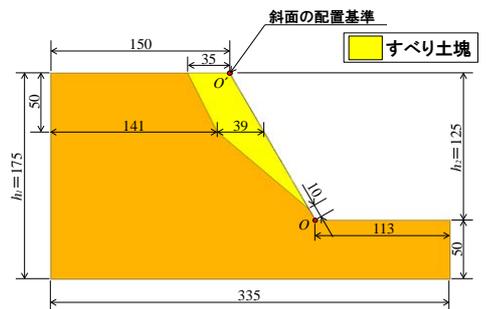


図-1 横断面図(単位：mm)

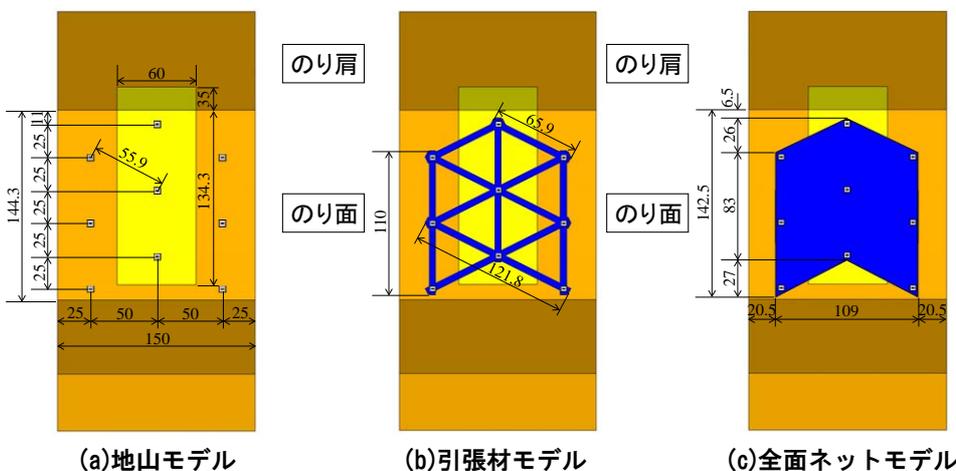


図-2 ジオグリッド、アンカー、すべり土塊の配置(単位：mm)

図-3 要素分割図

キーワード 斜面の安定解析, 表層崩壊, FEM

連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈八丁目 19-1 TEL 092-865-6031

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. 本モデルはのり面正面に対して左右に対称な構造を有するので, yz 平面で2分割された右半分を解析対象とした. 要素サイズは変形量に応じて, 0.5mm~10mm とした. 例えば, 図-3 における色の濃い部分は, 他所より変形が大きいため, 要素サイズを 0.5mm とした箇所である. 載荷に関しては, 既往の遠心載荷実験および FEM 解析^{1),2)}では鉛直方向に 35~40G, 水平方向に 1G を与えているが, 本解析では性能差をより詳しく評価するために, 水平方向(z 方向)に 35G, 40G, 鉛直方向に 1G を与えて解析を行った. すべり挙動のモデル化は接触解析で行い, 地山, すべり土塊, アンカー, のり材材の全ての接触面に摩擦係数 0.1 を用い, のり材のすべり挙動, アンカーの引抜け挙動をシミュレートできるようにした.

表-1 解析に使用した材料定数

部分・部材	ヤング率(MPa)	ポアソン比	単位体積重量(MN/m ³)
地山	200	0.18	0.002
すべり土塊	200	0.18	0.002
アンカー	110000	0.33	0.086
のり面材	3.5	0.3	0.014

3. 結果と考察

35G 載荷時の引張材モデルと全面ネットモデルの水平方向変位を図-4 に示す. 引張材モデルにおいては 40G では収束しなかったが, 全面ネットモデルでは 40G でも収束した. よって, ここでは 35G 載荷時の挙動で性能を比較する. 本来, 地すべり抵抗効果は, 応力分布を以って評価するが, 本解析における応力分布と変位分布は同じ挙動を示したため, 応力集中でコンターが視認しづらい応力分布ではなく, 視認しやすい変位分布で地すべり抵抗効果を考察していく. なお, 図-4 におけるコンター表示は, 赤色から青色に近づくにつれて変位が大きく, 地すべり抵抗が低いことを示している. また, すべり土塊の色とのり材の色が同じ色であるとき, のり材が地すべりに対し抵抗していることを示す. 両モデルを比較すると, 引張材モデルのすべり土塊の変位挙動が大きく, のり材の変形も大きい. これは, 引張材モデルの場合, 地すべりが局所的に生じると特定の部材で抵抗することになるため, 地すべり抵抗効果が大きく失われるためだと考えられる. そこで, 地すべり抵抗効果をより把握し易くするため, のり材の変位のみを図示し, \bigcirc 主に抵抗している, \triangle 補助的に抵抗している, と分類して評価した図を図-5 に示す. 両モデルを比較すると, \bigcirc と \triangle の差はあるが, 地すべり抵抗効果を有する箇所が共通していることが分かる. 引張材モデルが 40G で収束しなかった理由は, 全面ネットモデルでは地すべり抵抗効果が見られる対称面側の縦方向の部材と, 中央部の斜め部材に地すべり抵抗効果が見られないことに起因していると推察される. この点に関しては, 引張部材の幅を増加させるか, 引張部材をより高強度の材料に変更することで, 全面ネットモデルと同等の性能を発揮させることは可能であると言える. アンカーの挙動に関しては, 引張材モデルでは曲げ変形が見られたのに対し, 全面ネットモデルでは引抜け挙動が見られた. 引張材モデルにおいては, アンカーは曲げ強度を設計に組み込む必要がある.

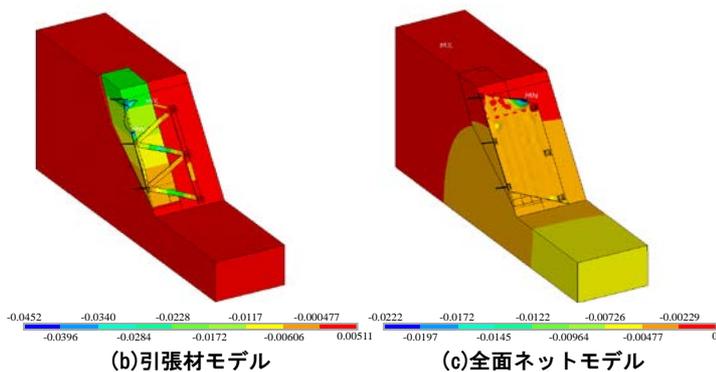


図-4 水平方向変位分布(単位: mm)

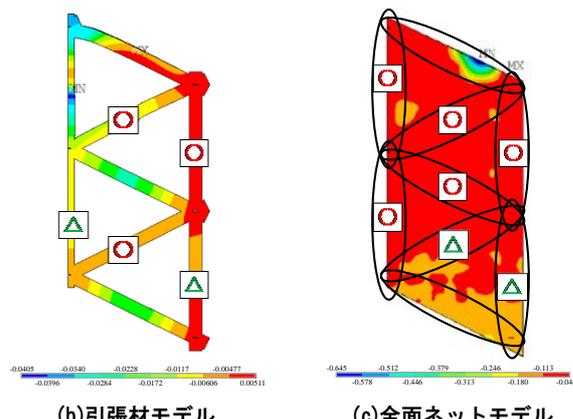


図-5 地すべり抵抗評価

4. まとめ

本研究では, 引張材モデルと全面ネットモデルの地すべり抵抗挙動を明らかにし, 多くの共通点があることを示した. 地すべり抵抗効果に関しては, 引張材モデルの性能が若干低い, 地すべりの規模, 使用する引張部材のサイズや強度の選択によっては, 全面ネットモデルと同等の性能を有する可能性を示した. よって, 本研究で提案した引張材モデルは, 十分に実構造として供用することが可能であることが示された.

参考文献

- 1) 千田ら: 引張材を用いたフレーム構造の斜面安定効果に関する FEM 解析, 第 51 回地盤工学研究発表会(投稿中),2016
- 2) 岩佐ら: 引張り材を用いたのり面工に関する斜面安定効果に関する遠心模型実験,第 51 回地盤工学研究発表会(投稿中),2016