

3D-FEM を用いた引張材フレームの斜面安定効果に関する検討

福岡大 学生会員 武田卓大 正会員 千田知弘 正会員 渡辺浩
日鐵住金建材(株) 正会員 岩佐直人 正会員 堀謙吾 副田尚輝 安富懸一

1. はじめに

近年、ジオグリッドを素材としたネット材を主構造として用いたフレームの引張抵抗で斜面内の局所的変状の防止を図り、低コスト、簡易施工を可能とした斜面対策工法が実用化され、福井県や北海道で施工実績がある。しかし、本構造に関して、斜面全体のすべりに対する安定性を評価した調査研究は少ないことから、これまで 3D-FEM を主体にした研究を行っている。本研究では、複数の斜面勾配の異なる斜面モデルを対象とし、引張材フレーム材が斜面変状に対する効果を明らかにすることを目的として 3D-FEM を用いて評価した。

2. 対象モデルおよび FEM 解析モデル

対象とした斜面の代表例として斜面勾配 30° の横断面図を図-1 に、アンカーとフレーム材の配置を示した正面図を図-2 に示す。本研究では斜面勾配 10° 、 30° 、 40° 、 50° の斜面を対象とし、斜面表層を深さ 1000mm の軟弱地盤層としてモデル化した¹⁾。斜面の寸法は既報¹⁾を参考とし、幅方向に連続する斜面の内、幅 5000mm 分を取りだしたモデルと仮定した上で、のり肩長 4000mm、幅 5000mm、斜面長は 10000mm を基準寸法とし、各角度に応じて各々のモデルの高さ等を設定した。例えば、斜面勾配 10° の場合、高さ 1750mm、斜面長 10078mm となる。実構造におけるアンカーは D19 (SD345) であり、斜面には予め $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times$ 定着長の先孔を開け、グラウトを充填した後、アンカーが貫入される。本研究では、軟弱地盤層と同じ定着長である 1000mm と基盤層に 1000mm 貫入される定着長 2000mm の 2 種類のアンカーモデルについて検討する。なお、アンカーは $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times$ 厚さ 6mm の固定板を介して引張材のり面材であるフレーム材と合成される。フレーム材は幅 260mm $\times$ 厚さ 6mm とする。

本研究の解析では、汎用有限要素解析ツール ANSYS アカデミック版(ver.15)を用いて解析を行った。解析モデルの一例として斜面勾配 30° のモデルの要素分割図を図-2

に示す。図-3 中に O で示した位置に原点を取り、幅方向に x 軸、高さ方向に y 軸、奥行き方向に 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、地山底面上の全ての節点の y 方向変位を拘

表-1 解析に使用した材料定数

部材名	単位体積重量(kN/m^3)	ヤング率(MPa)	ポアソン比
基盤層	18.4	200	0.25
軟弱地盤層	18.4	0.2	0.25
アンカー	79.0	206000	0.3
固定版	77.0	206000	0.3
グラウト	23.0	10000	0.25
ネット材	2.04	350	0.3

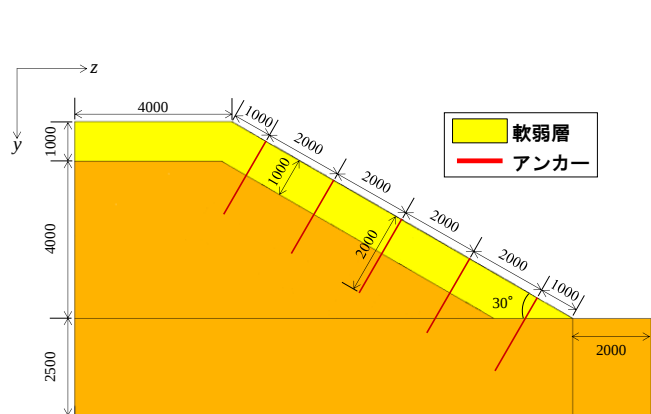


図-1 地盤の横断面図(単位: mm)

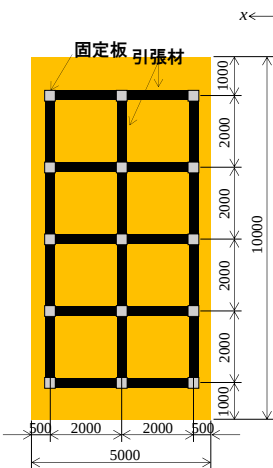


図-2 フレーム材の配置(単位: mm)

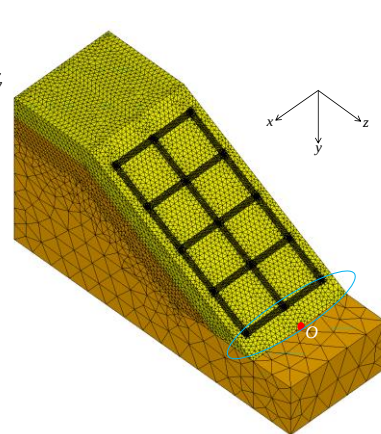


図-3 要素分割図

束, 地山前面と背面上の全ての節点の z 方向変位を拘束した. 解析に用いた各材料定数を表-1 に示す. 軟弱地盤層の下面全体と地山の境界部分は摩擦係数 0.1 を用いた接触モデルとし, より軟弱地盤層に大変形が生じるようにした. 荷重条件は, 各要素に単位体積重量を設定した上で重力加速度を鉛直方向に 1G を与えた. 解析対象は, アンカーの定着長 1m, 2m, フレーム材の有無を組み合わせた 4 種類と無対策の解析を加えた計 5 種類を解析対象とした.

3. 結果と考察

のり肩の水平方向変位-斜面勾配の関係を図-4 に, のり尻の水平方向変位-斜面勾配の関係を図-5 に, 水平方向 (z 方向) 変位分布の代表例として斜面勾配 30° のモデルの水平方向変位分布を図-6 に示す. 図-4 と図-5 を比較すると, 図-4 ではほぼ線形に分布するのに対し, 図-5 では 30° から 40° にかけて変位が大きく, 50° では変位が減少する. これは斜面勾配が大きい場合, 変形した土塊がのり尻付近で水平に変位するのではなく, 高さ方向に堆積するように変形するためと考えられる. 図-4 では, アンカー定着長 $1\text{m} < 2\text{m}$, フレーム材無くフレーム材有で変位の抑制効果が認められるが, 図-5 においては, 斜面勾配によって効果が異なる. 本研究では斜面勾配 40° の場合, アンカーとフレームを組み合わせると変位抑制効果が高いことがわかった. 図-6 から明らかに, 地盤の変位をフレーム材が抑制した場合, 地盤とその直上のフレーム材の変位分布は同じコンターの色で示されるが, 図-6 では一致しているフレーム材はほぼ存在せず, フレーム材の地盤のゆるみに対する効果が低いことが分かる. これは, 地盤がゆるやかに変形する際, 同様にフレーム材もゆるやかに変位するため変位抑制効果が低くなると推察される. この挙動はシートベルトを素早く引いた場合とゆっくりと引いた場合の挙動と類似する. そこで, 各部材の変位抑制効果を詳しく見るために, アンカーのみ, フレーム材のみに分け, 各部材の効果による地盤の変位減少量を地盤のみの変位量で除した地盤変化率を算出した (図-7). 変位抑制効果に対して, いずれの斜面勾配においてもアンカーは寄与が大きいものの, フレーム材については斜面勾配によって効果に差が生じることを確認した.

4. まとめ

本研究では, 引張材フレーム材が斜面表層全体の変状に対する効果を確認することを目的に 3D-FEM を用いて照査した. 斜面勾配や, アンカーとフレーム材の条件を変えて検討した結果, 斜面勾配が 40° の場合, アンカーとフレーム材の組み合わせによって斜面変状を小さくすることが分かった.

参考文献: 1) 千田ら, 3D-FEM による引張材フレーム材を用いた斜面安定対策工の性能評価: 第 72 回土木学会年次学術講演会講演概要集, (CD-ROM), 2017.

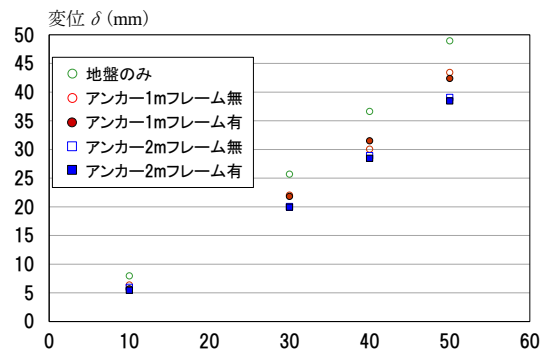


図-4 のり肩水平方向変位-斜面勾配関係

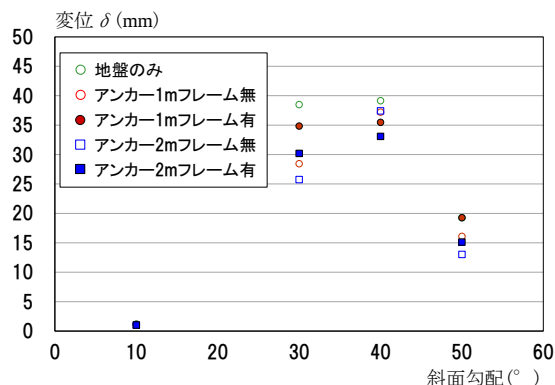


図-5 のり尻水平方向変位-斜面勾配関係

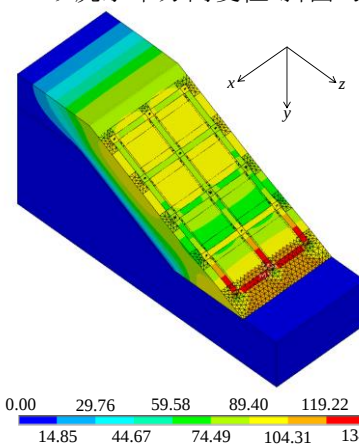


図-6 斜面勾配 30° の水平方向変位分布(単位:mm)

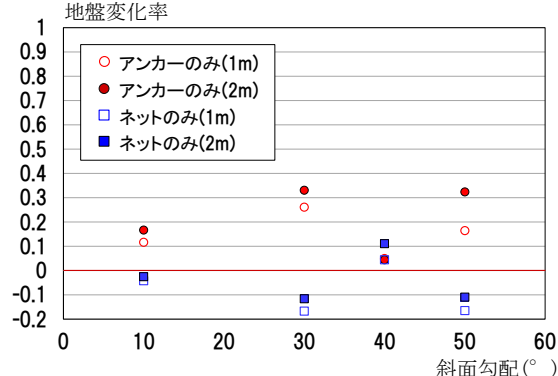


図-7 無次元化による各部材の効果