

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

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
 福岡大学 正会員 渡辺 浩 (株)長大 非会員 今井 晴樹

1. はじめに

近年、ネット構造のジオグリッドをフレーム材として使用し、引張抵抗で斜面安定化を図る即時全面緑化可能な斜面对策工の研究開発が進み、実用化に至っている¹⁾²⁾。これまでの成果として、斜面内の局所的な円弧すべりやのり肩すべりに対し十分な耐力を有することが FEM 解析と実験の両面で確認されているが、斜面崩壊に抵抗するメカニズムが異なるにもかかわらず、コンクリートのり枠工の設計の考え方を代用しているため、冗長な設計になっていることが指摘されている。また、盛土と自然斜面の違いを設計の際の考慮に含めて検討していく必要もある。そこで本研究では本構造の最適な設計法確立に向けた基礎研究とし、3D-FEM を用いて盛土を対象とした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

対象とする盛土と軟弱地盤層の横断面図を図-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。本研究では斜面角 40°の盛土を対象とし、盛土表層のゆるみ挙動を深さ 1000mm の軟弱地盤層としてモデル化した²⁾。既報²⁾では、盛土寸法を、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ている。よって、本モデルは斜面長 10112mm、高さ 6500mm となる。ゆるみ挙動のモデル化に関しては、すべり面を予め設定し、すべり土塊を変位させる既往の一般的なモデル化手法ではなく、のり肩および斜面に 1000mm の軟弱地盤層を設定し、変形によって背面すべりの挙動に近似する手法とした。実構造におけるアンカーは D19 (SD345) であり、盛土には予め 50mm×50mm×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 300mm×300mm×厚さ 6mm の固定版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×厚さ 6mm とする。

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

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。要素分割図を図-3 に、解析に用いた各材料を表-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。要素サイズは変形量に応じて、25mm～10000mm とした。载荷は、既報²⁾に準じて鉛直方向に 1G とした。

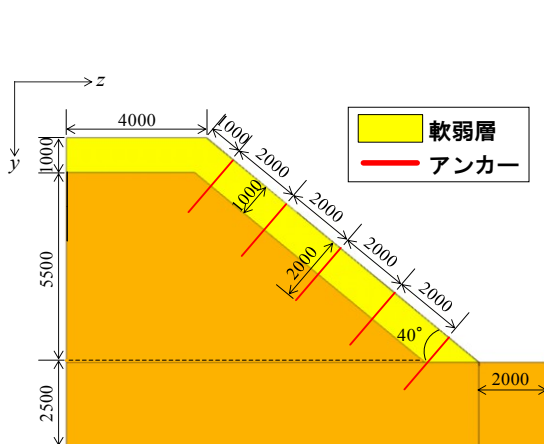


図-1 横断面図 (単位: mm)

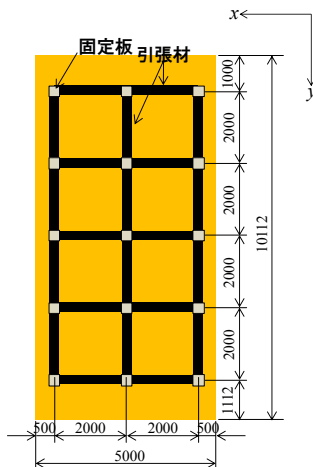


図-2 引張材の配置(単位: mm)

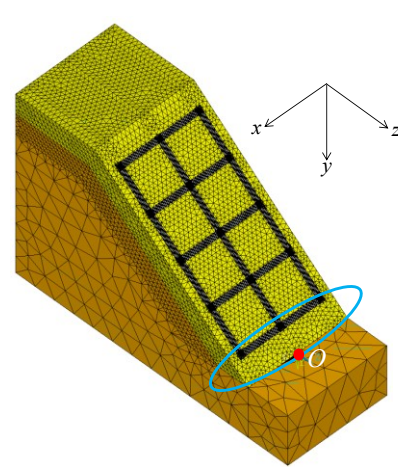


図-3 要素分割図

キーワード 斜面の安定解析, フレーム材, 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

軟弱地盤層のゆるみ挙動は、基盤層の 1/1000 のヤング率を与える(表-1)ことで大変形を生じやすいモデルとし、さらに図-3 中に青丸で示した軟弱地盤層下部に接触要素を用い、水平方向に若干のすべり挙動を与えた。接触解析には、固定板、フレーム材、軟弱層 - 基盤層界面の全ての接触面に摩擦係数 0.1 を用いた。境界条件は盛土の両側面の yz 平面上にある全ての節点の x 方向変位を拘束、盛土底面に位置する全ての節点の y 方向変位を拘束、盛土最前面と背面上に位置する全ての節点の z 方向変位を拘束した。解析モデルは、アンカー定着長 1000mm, 2000mm の 2 種類×フレーム材の有無の 2 種類、計 4 種類に加え、比較対象として盛土のみの解析を加えた合計 5 種類のモデルに対し解析を行った。

3. 結果と考察

解析結果の代表例として、盛土のみのモデルに生じる水平方向変位分布を図-4 に、アンカー定着長 2m・フレーム有モデルの水平方向変位を

表-2 のり肩及びのり尻に生じる鉛直変位と水平変位の最大値 (単位: mm)

フレーム	アンカー深さ	鉛直方向変位(のり肩)	水平方向変位(のり肩)	水平方向変位(のり尻)
無	無し	69.69	36.63	39.16
	1m	64.21	30.05	37.21
	2m	63.43	28.92	37.42
有	1m	65.22	31.51	35.47
	2m	63.12	28.47	33.08

図-5 に、 y 方向応力の分布を引張と圧縮で色分けした図を図-6 に、全てのモデルにおけるのり肩及びのり尻に生じる鉛直変位と水平変位の最大値を表-2 に示す。鉛直方向変位分布に関しては、水平方向変位分布と傾向が同じであったため、ここでは省略する。図-4 と図-5 を比較すると、斜面全体の変位が約 15%程度減少していることが分かる。しかしながら、図-5 においては、固定板の変位分布と軟弱地盤層の変位分布が概ね一致しているのに対し、フレーム材の変位分布と軟弱地盤層の変位分布は、一番下に配置される横方向のフレーム材以外一致していない。よって、フレーム材による軟弱地盤層の変位抑制効果は小さく、アンカーと固定板による変位抑制効果が大きいと推察される。また、表-2 から、アンカーの定着長がより長い方が変位抑制効果が大きいことが分かる。一方、のり尻における水平方向変位に関し、のり枠無し・アンカー深さ 2m のモデルとのり枠有・アンカー深さ 2m のモデルの変位差が他の変位と比べ大きい。これは、上述の通り、一番下に配置されている横方向のフレーム材による効果であると推察される。そこで図-6 における y 方向応力分を見ると、縦方向のフレーム材に引張力(y 方向応力)が作用しておらず、横方向のフレーム材に引張応力が生じていることが分かる。円弧すべりやのり肩すべりにおいては、縦方向のフレーム材がより大きく表層すべりに抵抗していることが示されているが¹⁾、地盤のゆるみ挙動の場合、横方向のフレーム材がより大きく変形に抵抗することが明らかになった。

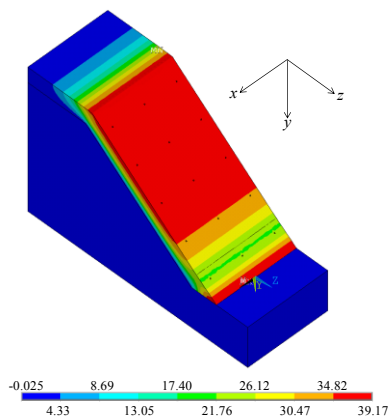


図-4 盛土のみのモデルの水平方向変位分布 (単位: mm)

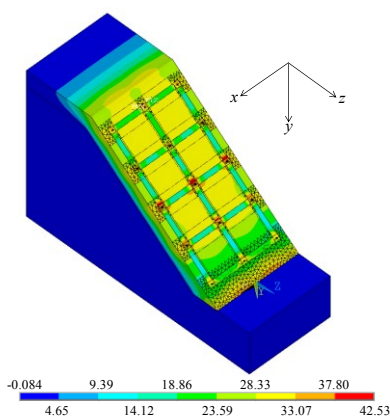


図-5 アンカー深さ 2m 時の水平方向変位分布 (単位: mm)

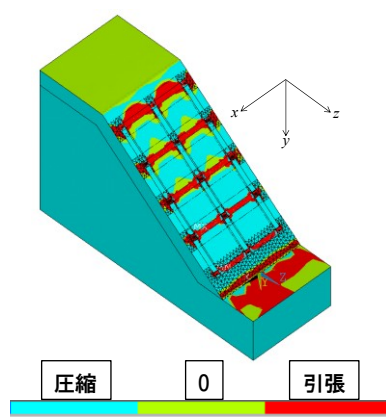


図-6 y 方向応力分布

4. まとめ

本研究では、盛土におけるゆるみ挙動に対し、FEM 解析によってフレーム材の性能を評価した。ゆるみ挙動に対し、変位抑制効果よりもアンカーと固定板の変位抑制効果が大きいことが示された。また、ゆるみ挙動に対しては、横方向のフレーム材がより効果的に変位抑制効果を発揮することが示された。本成果を基に、設計時に横方向のフレーム材の効果を考慮すれば、より合理的な設計が可能であることが示唆された。

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,DVD-ROM,2016.
- 2) 今井ら：引張力で抵抗する斜面安定工の設計指針の策定に向けた FEM 解析による背面すべりシミュレーション,平成 28 年度土木学会西部支部研究発表会,DVD-ROM,2016.