

第 部門

個別要素法による斜面補強材の引抜き時挙動

関西大学工学部 学生員 ○小竹 啓之
 関西大学 正会員 西形 達明
 関西大学 正会員 西田 一彦
 関西大学大学院 学生員 稲葉 真一

1. はじめに

地山補強工法において鉄筋挿入工法は施工の簡便性から、数多く用いられるようになっている。現在の設計法は変形とともに補強材に受働的に発生する引張り力を基に検討されている。一方、補強土工法では補強材による補強領域の変形拘束効果が重要であるといわれているが¹⁾、本質的な説明はまだされていない。この地山の変形拘束効果は、地盤の内部摩擦角と密接な関係があると考えられる。そこで、本研究では3次元個別要素法を用いて引抜き試験シミュレーションを行い、補強材周辺土の変形に及ぼす地盤の内部摩擦角の影響について検討を行った。

2. 解析手法

本解析に用いた斜面モデルを図-1に示す。斜面モデル領域内に半径 0.03～0.3mの要素をランダムに発生させ、間隙比が 0.5 となるように設定した。また、半径 0.05m、長さ 5mの補強材を斜面天端より 6.5mの位置に設置して引抜き試験のシミュレーションを実施した。このような手法を取ったのは、斜面内の土被り圧の影響を正しく評価するためである。また、補強材の深さが 6.5mとかなり深い場所にあるので、ほぼ定体積引抜き試験に近い状態になっていると考えられる。一般に個別要素法では、粒子間の特性は摩擦係数で表現される。このため、個別要素法特有の摩擦係数と内部摩擦角の関係を明らかにしておく必要がある。そこで、補強材設置場所から高さ 4m、直径 2mの円柱供試体を切り出し、これを用いて三軸圧縮試験シミュレーションを行うことで両者の関係をあらかじめ求めておくことにした。以上の解析に用いた主な定数値は表-1に示すとおりである。

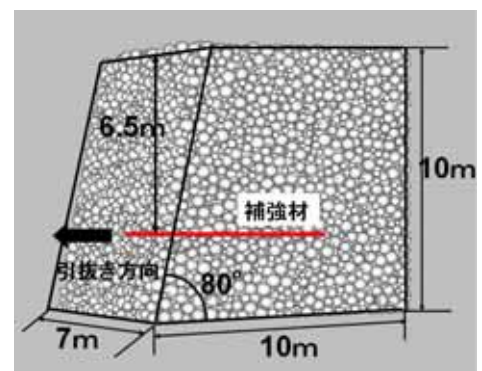


図-1 解析モデル

表-1 解析に用いた定数値

	kn, ks(N/m)	摩擦係数	粒子間粘着力(N)
土粒子	1×10^7	$1.5(\phi=30^\circ), 2.5(\phi=35^\circ), 6.0(\phi=40^\circ)$	1×10^4
補強材	1×10^7	5	5×10^4

3. 解析結果

図-3は補強材の先端部分における引抜き力と引抜き変位量の関係を示したものである。この結果より、引抜き変位量の増加とともに引抜き力は増加している。また、内部摩擦角が大きくなる程、引抜き力は大きくなっていることから、ほぼ現実の引抜き試験の状態を表現しているものと考えられる。さらに、引抜き力がピークに達した後残留状態に至っていることもよくわかる。次に、図-4に補強材周辺の鉛直応力と引抜き変位量の関係を示す。引抜き開始時の鉛直応力は 117 kN/m^2 となっている。これは斜面モデル作成時の初期

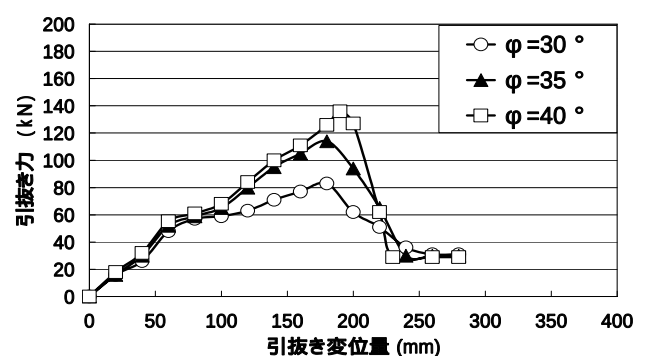


図-3 引抜き力と引抜き変位量

応力である。図-4より引抜き変位量が大きくなると、内部摩擦角が大きくなるほど鉛直応力も大きくなっている。これは、引抜きに伴うダイレイタンスによって、補強材周辺の応力状態が局所的に変化したためと考えられる。このような補強材近傍の応力状態の変化が、地山の変形拘束効果に密接に関連しているものと考えられる。

次に、図-5は補強材周辺土粒子の鉛直方向における水平変位の分布を示す。なお、この水平変位量は、引抜き力がピークに達したときの値を示している。図より補強材近傍の土粒子が補強材の引抜き変位に伴って変位していることがわかる。ここで補強材の引抜きにともなって周辺土が大きく変位する範囲を影響範囲とすると、影響範囲は内部摩擦角が大きくなるにつれ大きくなる傾向が見られることがわかる。またこの影響範囲をよく見ると、補強材の上側より下側の方がやや大きくなっている。これは、土被り圧の影響であろうと考えられる。 $\phi=30^\circ$ の場合には、内部摩擦角が小さいため、土粒子が引き抜きに伴って全体的に変位し、補強材による変形拘束効果が発揮されていない。そのため、影響範囲を特定することができない状態にある。

次に、3次元解析を行っていることから、その影響を調べるために、図-6は補強材周辺土粒子の水平方向における水平変位の分布を示す。この結果も鉛直方向における水平変位量と同様に内部摩擦角が大きくなるにつれて影響範囲は大きくなっている。また、水平方向の影響範囲は、補強材を中心にほぼ左右対称に分布した。これは、土被り圧が等しいためと考えられる。このように、補強材のもつ影響範囲は、土被り圧の影響を受けるため鉛直方向における水平変位量のほうが大きくなる。そこで、図-7はこれまでの結果を基にして影響範囲を模式的に書いたものである。これより、この図を地山補強の設計に使用する場合、鉛直方向と水平方向とでは影響範囲には違いがあり、補強材による変形拘束効果を期待する場合には、補強材本数は鉛直方向と水平方向では変わってくるものと考えられる。

参考文献) 1) 西形, 西田, 稲葉: 地山補強土の変形量を考慮した設計法の検討, 第6回地盤改良シンポジウム論文集, pp.37-40, 2004.

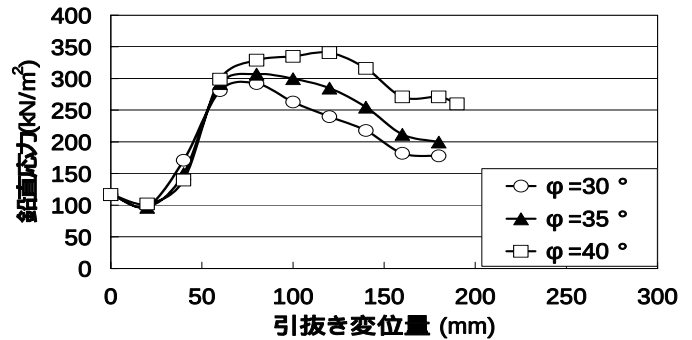


図-4 鉛直応力と引抜き変位量

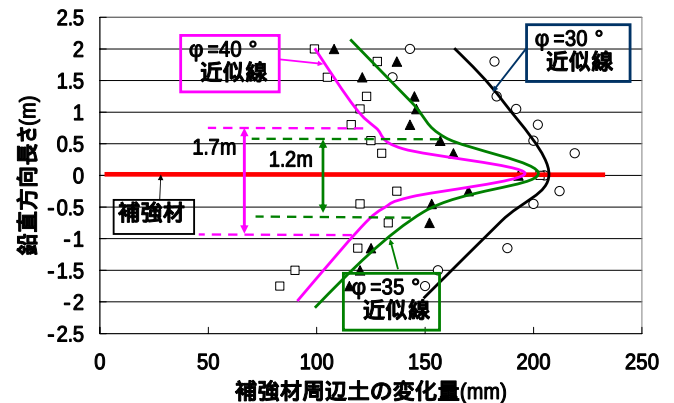


図-5 補強材周辺土の鉛直方向の水平変位量

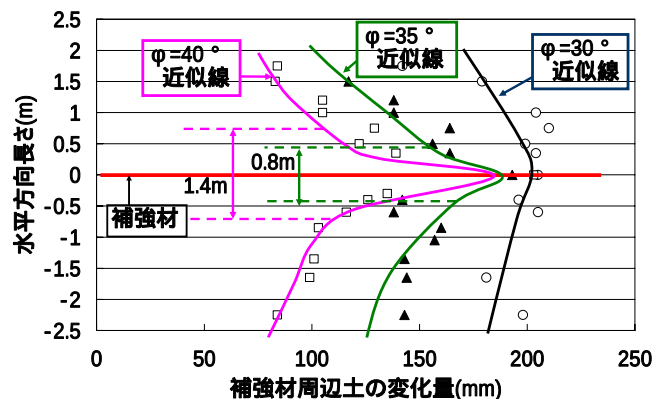


図-6 補強材周辺土の水平方向の水平変位量

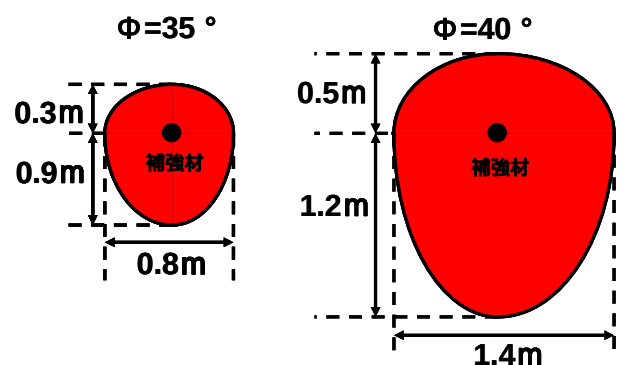


図-7 影響範囲