

ジオグリッド補強土の数値解析

九州大学工学部 ○学 古川 聖 正 落合英俊 正 林 重徳
正 大谷 順 学 永田武久

1. まえがき 土中にジオグリッドが複層敷設された場合の補強土効果は、一層敷設の場合の単なる複数倍とはならず、それ以上の効果が生ずると考えられる。この効果はグリッドが引き抜かれる際、土にはダイレイタンス特性に起因した体積膨張が起こるが、周辺の補強材が内部の土を拘束することにより拘束圧が増加すると考えられるために起こるものである¹⁾。本文はジオグリッド補強土の数値解析を行う上でのダイレイタンス特性の導入について検討し、引抜き試験の解析を行ってその妥当性を検証するものである。

2. ダイレイタンスの発生機構 ジョグリッド補強土におけるダイレイタンス特性は、土とジオグリッドの相互作用面に着目することが重要である。これは、ジオグリッドという材料の形状に大きく依存したもので、グリッドの横リブが土に抵抗するためであると考えられる。この状態

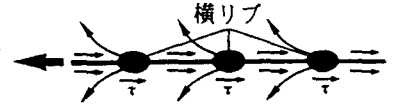


図-1 グリッドに生じる力

を2次元的に示すと図-1のようになる。グリッドが引抜き力を受けると図に示すような抵抗力 τ が生じ、さらに、横リブが図中斜めの矢印で示すように土を押し上げようとする。これは面状の材料とは大きく異なる特性である。この横リブが土を押し上げようとする現象がダイレイタンスを増加させる大きな要因の一つになっていると考えられる。

3. 数値解析モデル ジョグリッド補強土の数値解析にダイレイタンス特性を導入するために、本文では以下のモデルを用いた。まず土に関しては、Drucker-Pragerの降伏基準に非関連流れ則を適用した弾塑性モデルを採用した。この際、塑性ポテンシャル関数をダイレイタンス角を用いて表し、それを内部摩擦角より30°小さい値であるとした²⁾。土とジオグリッドの相互作用にはジョイント要素を適用した。その応力増分と相対変位増分の関係は一般に次のように表せる。

$$\begin{Bmatrix} d\tau \\ d\sigma \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{ss} & k_{sn} \\ k_{ns} & k_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} du \\ dv \end{Bmatrix} = [D_{ep}] \begin{Bmatrix} du \\ dv \end{Bmatrix}$$

この式で、 k_{sn} 、 k_{ns} の非対角項がせん断応力による鉛直変位、また鉛直応力によるせん断変位を表し、ダイレイタンス特性が導入される項である。この非対角項を決定する方法としては、実験等によりその物性値を決める方法や、塑性論を適用して決める方法があるが、本文では後者の方法により決定した。ここでは、相互作用における降伏関数をクーロン則として上式における弾塑性マトリックス $[D_{ep}]$ を定式化した。 k_{ss} については、ジオグリッドの引抜き試験より明らかにした引抜き抵抗特性によりその定数を決定し³⁾、 k_{nn} については隣接する土の剛性と同程度とした。ジオグリッドに関しては平面トラス要素を適用し、そのヤング率のひずみ依存性を導入している。解析は、土および相互作用にダイレイタンスを考慮した場合やそうでない場合についての検討を行うために、次に示す(a)、(b)、(c)の3つのモデルを用いて行った。

(a)ダイレイタンスを考慮しないモデル、(b)ダイレイタンスを土に考慮したモデル、(c)ダイレイタンスを土と相互作用に考慮したモデル。

4. 引抜き試験の解析 引抜き試験の有限要素解析を、1層敷設、及び3層敷設のケースについて行った。3層敷設では中央のグリッドを引抜き、その上下のグリッドは拘束用として機能するものとした。用いたメッシュは図-2に示す通りである。対象とした土は豊浦砂で、密な場合を想定している。補強材は一軸延伸グ

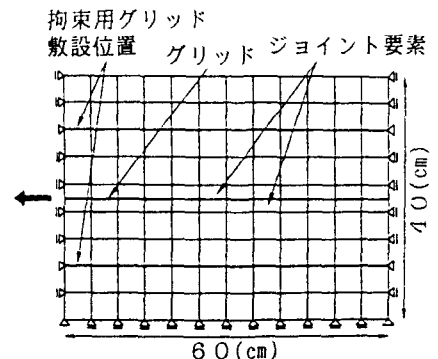


図-2 有限要素メッシュ

リッド(SR2)を用いた。解析では、まず各要素に初期応力として $5.0(\text{tf}/\text{m}^2)$ を与えた後、変位制御でグリッドを引き抜いた。図-3は1層敷設におけるグリッド先頭の引抜き量が20(mm)の時の、グリッドより上部の土の変位ベクトルを示したものである。

(a), (b), (c)はそれぞれ3節で示した(a), (b), (c)に対応している。まず(a)と(b)を比較してみると、鉛直方向へのベクトルの傾きが(b)の方がかなり急になっている。これは土のダイレイタンス性を考慮することにより、鉛直方向の変形が卓越するためである。このことは(a)と(c)を比較しても同様のことが言える。さらに(b)と(c)を比較すると、相互作用にもダイレイタンス性を考慮した(c)の方がより鉛直方向を向く。変形量についてみると、(a)のモデルが最も大きく、(c)のモデルが最も小さい。従って、ダイレイタンス特性を土のみならず相互作用にも導入した方がより顕著にその特性を表せる

といえる。図-4は3層敷設で、拘束された層とされていない層での鉛直応力の変化を、グリッド先頭の引抜き量を横軸にとって示したものである。図中の(a), (b), (c)はさきに述べたそれぞれに対応している。引抜きに伴い拘束された層では鉛直応力が増加するが、拘束されていない層では変化がみられない。図-3から判断すると、(c), (b), (a)の順に、よりダイレイタンス性が発生しているため、この順で鉛直応力の増加も現れると考えられるが、結果は図に示す通り(c)の増加が最も少なかった。この原因はジョイント要素でひずみの適合条件がこわれた

ためであり、解析の中でこれを満足する収束計算をすることにより、応力を正しく評価できると考える。

5. まとめ 今回、補強土効果に影響を及ぼすダイレイタンス特性に着目した解析モデルを用いて、引抜き試験の解析によりその検討を行った。図-3の結果より、ダイレイタンス特性を考慮するかしないかでその違いは明らかであり、ジオグリッド補強土のようにダイレイタンスの影響が大きい場合には、積極的にその特性を導入すべきであると考え。今後、これを定量的に評価することについて考察していく所存である。

【参考文献】

- 1) 平井ら：土-ジオグリッド系における補強土効果，第26回土質工学研究発表会，pp2093-2096
- 2) 土質工学会編：土の強さと地盤の破壊入門，第2章，1987
- 3) 古川ら：ジオグリッド補強土擁壁の変形解析に基づく設計図表，第26回土質工学研究発表会，pp2101-2104

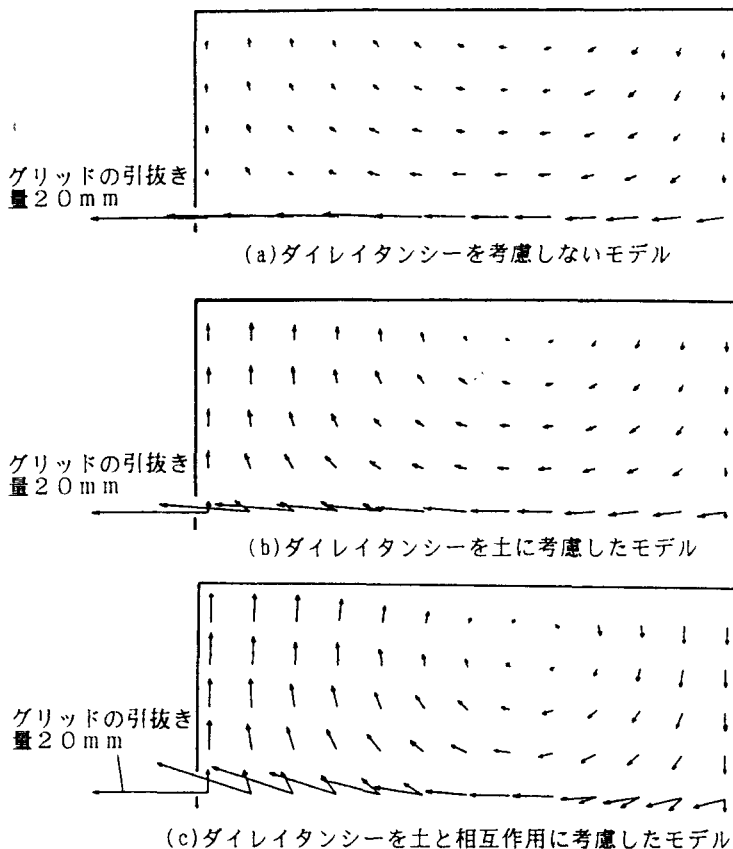


図-3 変位ベクトル図

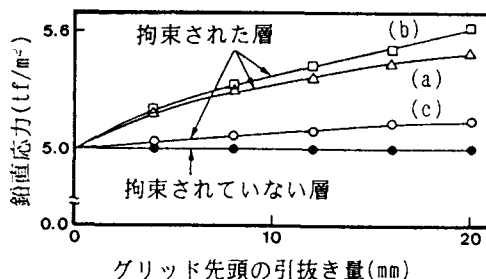


図-4 引抜きに伴う鉛直応力の変化