

土中におけるポリマーグリッドの変形解析

九州大学 工学部 正〇坂井晃 正 落合英俊
正 林重徳

1. まえがき

近年の高張力材料を用いた補強土工法は、盛土法面の急勾配確保、擁壁に作用する土圧の軽減などに採用されている。しかし、補強土のメカニズムについては不明確な点が多く、また比較的剛な補強材と土との相互作用としての引抜き抵抗を変形を無視した観点でとらえることには問題がある。本研究は、ポリマーグリッドを敷設した土構造物の変形解析を行うために、ポリマーグリッドの引抜き抵抗機構¹⁾を考慮した有限要素法による解析手法を提案し、その妥当性について検討した。

2. ジョイント要素を用いた有限要素法による解析手法

(1) ポリマーグリッドの補強機構のモデル化

補強材を敷設した土構造物の応力・変形解析には、特異なせん断方向の摩擦特性やすべりを有する不連続面の挙動を表現し得る解析手法が必要である。本解析では、特定の不連続面の変形特性を表現できるジョイント要素とポリマーグリッドをモデル化した平面トラス要素を組み合わせることによって、ポリマーグリッドの補強機構のモデル化²⁾を行った。図-1に、その有限要素モデルを示す。

(2) ジョイント要素の適用法

Goodman³⁾は、ジョイント要素の剛性として垂直方向のジョイント剛性 k_n とせん断剛性 k_s を導入している。本研究では、ジョイント要素を用いて土とグリッドの間の引抜き抵抗機構、特に引抜き抵抗係数のせん断変位に伴う発現過程を考慮するために、せん断剛性 k_s の決定には引抜き抵抗の粘着力成分 c および摩擦成分 f の発現過程とその範囲(破線)を示した図-2の関係をを用いた。ここで、 c および f が、それぞれ図-2の破線の領域内においてせん断変位 u の線形関数($c=nu$, $f=mu$)で表わされるものとする、せん断応力 $\tau=c+\sigma_n \cdot f=(n+\sigma_n \cdot m)u$ となり、ジョイント要素のせん断剛性 k_s は次式で与えられる。

$$2k_s = n + \sigma_n \cdot m \quad (1)$$

各変位に対する n , m の決定に際しては、その時の最大せん断変位 u_{max} の値によって図

-2の3つの領域(I),(II),(III)に区分する。(I) u_{max} がせん断変位 u_r (上限界曲線と下限界曲線の収束点 c_r , f_r との交点におけるせん断変位)に達するまでの領域であり、 n , m の値は、原点から上限界曲線上の u_{max} の点を結んだ直線の傾きで与えられる。(II) u_{max} が u_r を越える場合、 u_{max} を生じたジョイントのせん断抵抗は、残留抵抗 τ_r の値を示すものとする。また、 u_{max} 以下のせん断変位に対する c , f は、上限界曲線上の点を折返し点とした傾き($\pm n'$, $\pm m'$)の2本の直線で与えられる。(III) u_{max} がせん断変位 u_x (領域(II)において原点を通る直線が下限界曲線に接するときの最大せん断変位)を越える場合で、せん断変位に対する c , f の値は、領域(II)と同様に2本の直線で与えられるが、原点を通る直線は u_{max} の値に関わらず、 $u_{max}=u_x$ のときの直線とする。

以上のように、ジョイント要素の非線形性は、3つの領域区分に対して表わした比較的簡単なせん断剛性 k_s の最大せん断変位 u_{max}

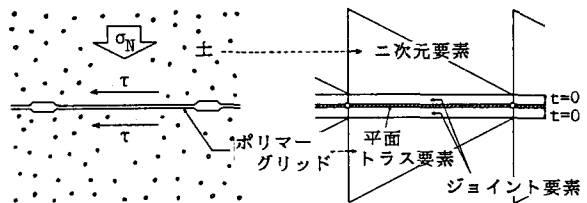


図-1 ポリマーグリッドの補強機構のモデル化

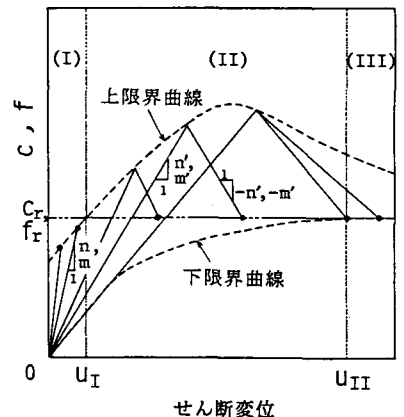


図-2 ジョイント剛性 k_s の決定法

依存性によって表わされる。また、ジョイント剛性 k_n は、垂直変位に対し圧縮側と引張側でそれぞれ一定値をとるものとする。

3. 引抜き試験における変形解析

本解析は、筆者らの行ったポリマーグリッドの引抜き試験¹⁾を対象にジョイント要素を用いた有限要素法解析を行い、実験で得られた各グリッド節点変位および土のせん断抵抗の値と比較した。

(1) 解析モデルと解析手順

図-3は、本解析に用いた解析モデルである。左方向へのポリマーグリッド(トラス要素)の引抜き状態を考慮して、不連続面を生じる右端にもジョイント要素を用いた。使用したポリマーグリッドは一軸延伸グリッド(目合寸法50mm×10mm)であり、土(まさ土)の物性値は、 $\gamma=0.0017\text{kgf/cm}^3$ 、 $E=500\text{kgf/cm}^2$ 、 $\nu=0.40$ を用いた。

解析手順は、まず自重と上載圧 σ_N を載荷したときの応力状態を初期値として、トラス要素の左端の節点に任意の変位量 X_1 を与えた。各節点変位の計算では、ヤング率(トラス要素)、せん断剛性 k_s (ジョイント要素)の値が所定の収束条件を満足するまで繰返し計算を行う。

(2) 解析結果と実験値の比較

図-4、図-5は、節点位置①に変位 $X_1 (=0.4, 0.98, 2.0\text{cm})$ を与えたときの各グリッド節点位置における変位と引張力の関係を示す。図中の実線(解析値)で示したグリッド節点変位曲線および引張力分布は、変位 X_1 の増加とともに最大せん断抵抗を受ける節点位置が次第に後方へ移動していく傾向をよく表わしている。また、グリッド間に働くせん断応力と節点変位との関係を示したのが、図-6である。解析によって得られたせん断応力は、各節点変位に対して凸型のせん断応力分布を示しており、節点変位の大きな領域ではせん断応力を幾分過小評価するものの、実験値とほぼ一致しているのがわかる。このような各節点変位の進行に伴うジョイント要素のせん断応力分布特性は、 k_s の非線形性導入によって得られたものであり、図-2で示した各節点変位に対する k_s の決定法の妥当性を示すものである。

参考文献

- 1) 林・山内・落合・孫:土中におけるポリマーグリッドの引抜き抵抗機構,土と基礎,Vol.33,No.5,pp.21-26,1985.
- 2) 久桑・護摩堂・竹内・前田:ジオテキスタイルを用いた盛土部の不同沈下対策とその解析法,土と基礎,Vol.33, No.5,pp.27-32,1985.
- 3) R.E.Goodman:不連続性岩盤の地質工学,森北出版,1978.

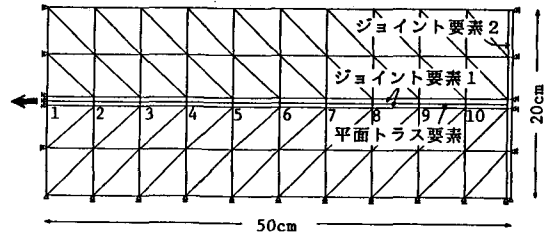


図-3 解析モデル

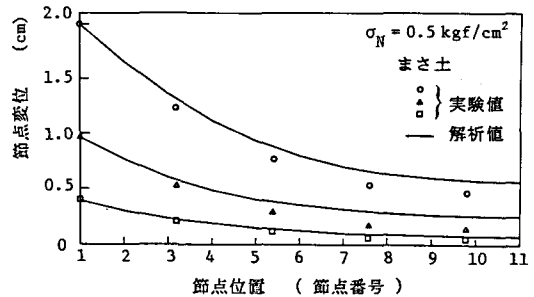


図-4 グリッドの節点変位

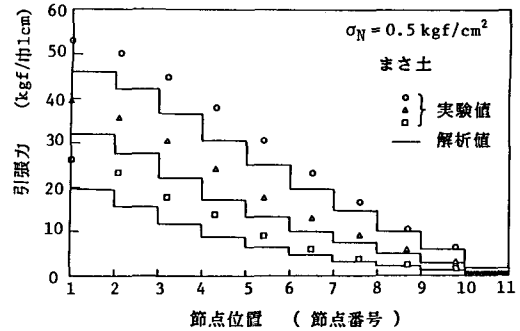


図-5 グリッドの引張力

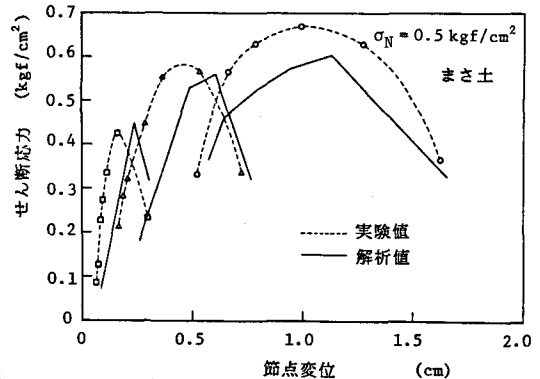


図-6 節点変位に対するせん断応力分布