

補強土の変形解析における拘束効果の一評価法

佐賀大学 理工学部 学○石井 浩
 " " 正 坂井 晃

1. まえがき 軟弱地盤の沈下防止として、網目構造を持つ補強材を用いた補強土工法がある。この工法は、土の連続性を阻害せずに土を網目中に強く拘束することから、土の補強における有用な形態の一つと考えられている。補強土の応力・変形解析において、ジョイント要素を用いた有限要素法解析がよく用いられているが、従来の解析手法では、補強材による拘束効果を十分に表現できないと思われる。したがって、本研究では、拘束効果を評価するための解析手法について検討したものである。

2. 解析モデル及び解析手法

2.1 解析モデル 解析対象地盤は、図-1に示すように長さ20m、深さ11mのモデル地盤（砂質地盤厚2m、軟弱地盤厚9m）である。補強材は、地表面からの深さ1.5mの位置に、一層敷設した。補強材と土との相互作用を表現するモデルとしては、トラス要素とジョイント要素の組合せを用いた。

2.2 ジョイント要素の剛性率 k_s, k_{ns} の評価 ジョイント要素の剛性は、すべり面の剛性を表すせん断剛性 k_s と垂直方向の剛性 k_n で表される。これらの剛性は、補強材と土の相互作用を表現することが出来る。ここでは、 k_s の値が沈下にどのような影響を及ぼしているのかを、解析上検討してみた。また、せん断剛性と垂直剛性に関わる剛性 k_{ns} を考慮した場合の解析も行い、この剛性の沈下に及ぼす影響についても検討した。

2.3 ヤング率 E_i とジョイント要素の各点に作用させる水平力 F_j の評価 補強材を用いることで、土を網目中に強く拘束することが出来る。そのことを考慮すると、補強材の上面の土が、拘束効果によって、土の変形係数を増加させると考えられる。したがって、補強材上面の土の変形係数が増加するとして、 ΔE_i を設定した。 ΔE_i としては、補強材からの垂直距離 h_i と上載荷重による各土要素の鉛直応力増分 $\Delta \sigma_{vi}$ に影響されるものとして、距離 h_i に対して線形的に減少し、 $\Delta \sigma_{vi}$ に比例する次式を用いた。 $E_i = E_{0i} + \Delta E_i = E_{0i} + f(h_i, \Delta \sigma_{vi}) = E_{0i} + a(1 - \beta_1 h_i) \cdot (\beta_2 \Delta \sigma_{vi}) \cdots (1)$ ここで、 E_{0i} は載荷前のヤング率、 a, β_1, β_2 は係数である。また、拘束効果により、下方の地盤への鉛直応力の伝達が緩和される。網目構造を持つ補強材の境界面において発生する拘束力を、本解析では、ジョイント要素に沿って水平方向に、鉛直応力を分散させる力が働いていると仮定し、その力を F_j とした。力の向きは、載荷中心から載荷のない方向とした。力 F_j は、各ジョイント要素にかかる鉛直応力を力に換算し、 α という係数を与えることによって次式を設定した。 $F_j = g(\sigma_{vj}) = \alpha \cdot \sigma_{vj} \cdot L_j \cdots (2)$

ここで、 α は係数、 L_j は各ジョイント要素の長さ、 σ_{vj} は各ジョイント要素の鉛直応力である。本解析では、 ΔE_i と F_j を同時に考慮して、それぞれ両者が、沈下抑制にどの程度影響があるか比較検討した。

3. 解析結果

3.1 k_s, k_{ns} による影響 図-2は、地表面における沈下量である。沈下に及ぼす k_s, k_{ns} の影響を調べるために、 k_s 及び k_{ns} の値を種々変化させた。その結果、 k_s に大きな値を用いても、補強材の沈下抑制効果に有意な差異は認

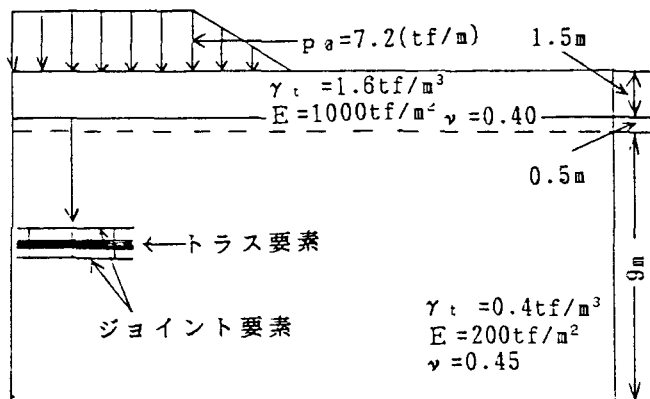


図-1 モデル地盤

められない。また、せん断剛性と垂直剛性の両者に関わる剛性 k_{ns} を考慮した解析においても、沈下抑制効果はみられなかった。これらの結果より、 k_s, k_{ns} の値で、ジョイント要素の剛性を用いるだけでは、補強効果の一つである拘束効果を十分評価できない。

3.2 E_i と F_j による影響

図-3は、ジョイント要素の各点に作用させる水平力 F_j (2式) の沈下に対する影響を、 α の値に対してプロットしたものである ($a=300, \beta_1=3, \beta_2=10$ の値でヤング率 E_i を固定)。

ただし、 F_j の値は、ジョイント要素にかかる鉛直方向の荷重又は自重を越えないという条件が考えられるので、 α の値を0.4以下とした。 α の値を増加させることで水平力 F_j を大きくしていくと、わずかではあるが最大沈下量が直線的に減少し、沈下抑制効果が增大しているのがわかる。なお、図-2には、 $\alpha=0.2$ の時の地表面沈下量を示している。

図-4は、 ΔE_i を考慮したときの沈下量を、係数 β_1, β_2 に対してそれぞれプロットしたものである。

曲線sは、鉛直応力増分 $\Delta \sigma_v$ の比例係数 β_2 の値に対する最大沈下量の変化傾向を示している ($a=300, \beta_1=3, \alpha=0.2$ の値で水平力 F_j を固定)。 β_2 の値を大きくしていくと、最大沈下量は急速に減少し、 $\beta_2=50$ では、25%減となっている。なお、図-2には、 $\beta_2=50$ の時の地表面沈下量を示している。曲線tは、補強材からの距離 h_i にかかわる係数 β_1 の値を変化させたときの最大沈下量である ($a=300, \beta_2=10, \alpha=0.2$ の値で水平力 F_j を固定)。拘束効果の及ぶ領域を明確にするために、横軸には $1/\beta_1$ の値をとっている (影響領域 $\leq 1/\beta_1$)。すなわち、 $1/\beta_1$ を大きくすることによって、拘束効果の影響範囲を拡大することができる。図中の曲線tからわかるように、影響範囲が大きくなるに従って沈下抑制効果が増大する。以上のことから、 $F_j, \Delta E_i$ の値を用いることによって、ジョイント要素では表現できなかった、補強材の拘束効果による沈下抑制を評価することができる。

4. あとがき ジョイント要素を用いた補強土解析では、拘束効果による沈下抑制を表現することが困難である。土の変形係数の増加 ΔE_i や応力を分散させる水平力 F_j を用いた解析法を、従来の解析に適用することによって、補強効果の一つである拘束効果を、簡易的に評価できるものと考えられる。

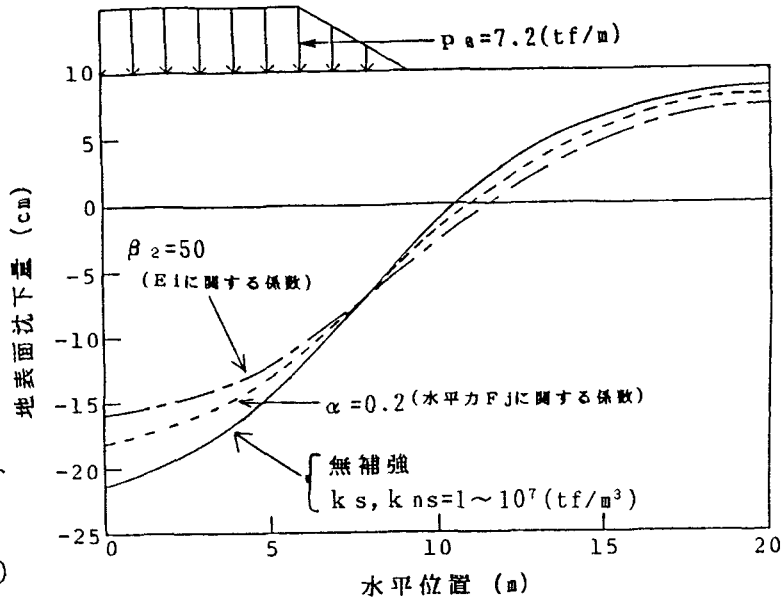


図-2 地表面沈下量

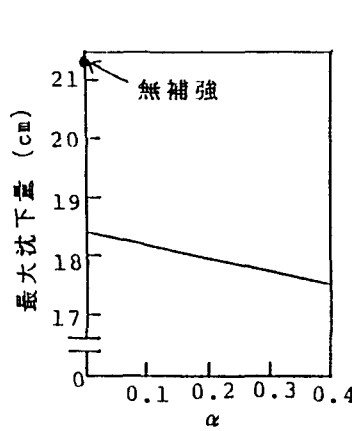


図-3 αの影響

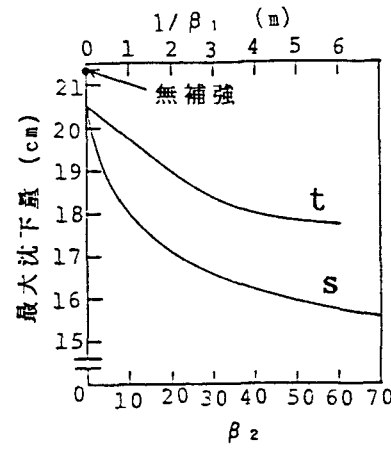


図-4 $1/\beta_1, \beta_2$ の影響