

III-438

ジョイント要素を用いた有限要素法による補強した粘性土盛土の変形解析

フジタ工業株式会社 正員 ○田口善文 波田光敬
同 上 正員 香川和夫 鎌田正孝

1. まえがき

ジョイント要素を用いた有限要素法を使って、土と補強材の接触面での応力状態を両者のひずみ関係から求め¹⁾、土自身のせん断強度から土と補強材のすべりを適切に表現できる解析手法の開発を行った。筆者らは、この手法を使って、補強した砂質土盛土の変形解析結果をすでに報告している²⁾。ところが、我が国では粘性土を有効に利用することが重要であり、このためには粘性土と補強材の複合体としての挙動を解明する必要がある。粘性土と補強材の間の摩擦特性はまだ研究段階であるが、本手法によると、すべりの規準に土自身のせん断強度を用いるので、粘性土の変形解析にも有効に対処できると考えられる。そこで、短期安定問題としての非排水強度を用いて、補強した粘性土盛土の変形解析を行ったので報告する。

2. 解析モデルと解析手法

解析モデルを図-1に示す。土と補強材の接触面でのすべりを表現するために、厚さゼロのジョイント要素を用いた。このジョイントのせん断弾性係数 k_s の値は、弾性状態においては変形がほとんどゼロと考え十分に大きな値とした。そして、ジョイントのせん断応力が降伏せん断応力に達した後は、 $k_s=0$ としてすべりを考慮した。ここで、補強材の表面は十分に粗であり、接触面付近の土が極限状態になりすべりが生じる場合を考える。そして、接触面での垂直応力とせん断応力および主応力方向角により求めた応力度が、土自身の破壊基準に達した時すべりが生じると考えるものである。また、補強材要素には弾塑性トラス要素を、土要素にはモール・クーロンの破壊基準を使った弾塑性モデル³⁾を用いた。

3. 解析断面と材料定数

図-2に解析断面を示す。盛土高さ5.5m、のり勾配1:0.2の盛土に対し、補強材の垂直間隔を0.5mおよび1.0m、補強材敷設長を2.0m、2.5m、3.0m、および4.0mと変化させてその影響度を調べた。図は補強材間隔0.5m、敷設長4.0mの場合である。盛土材は、関東ロームを想定した。一般にこの非排水強度は $C_u=1.0\sim4.0\text{tf/m}^2$ 、 $\phi u=0^\circ\sim10^\circ$ と報告されているが、降雨時に崩壊の可能性が大きいことから C_u の減少を考慮して、 $C_u=1.2\text{tf/m}^2$ 、 $\phi u=5^\circ$ とした。また、 $\gamma=1.4\text{tf/m}^3$ 、 $E=50\text{tf/m}^2$ 、 $\nu=0.4$ とした。補強材の弾性係数は $4.0\times10^5\text{tf/m}^2$ 、単位幅当りの断面積は $3.0\times10^{-4}\text{m}^2$ とした。

4. 解析結果

図-3に補強材敷設長2.5m、垂直間隔0.5mの場合

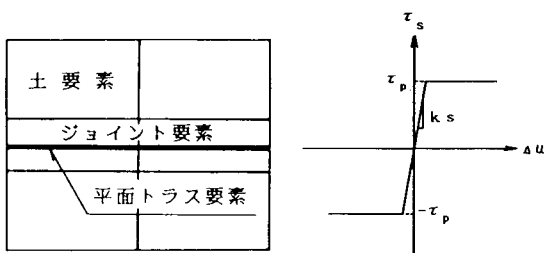


図-1 解析モデル

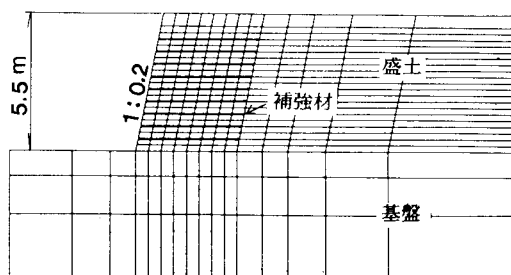
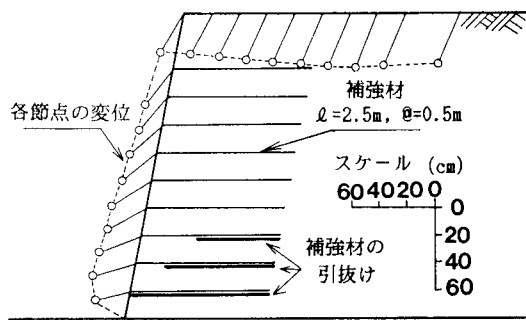


図-2 解析断面

図-3 解析結果($l=2.5\text{m}$, $\theta=0.5\text{m}$)

の解析結果を示す。図中の太線は土と補強材の間ですべりが生じている部分であり、下端部の補強材が引抜けて法面下端部の変形が大きくなっている。図-4に補強材の引張力の分布を示す。図は補強材の敷設長が4.0mの場合であり、垂直間隔を0.5mおよび1.0mとしたときのものである。両ケースを比較すると、垂直間隔の大きい方が引張力が大きく、引張力の最大値はほぼ垂直間隔に比例しているようである。また、引張力のピークの位置は、補強材の剛性が大きいために顕著ではないが、法面にほぼ平行になっている。図-5は、各ケースの天端の垂直変位および法面の水平変位をプロットしたものである。補強材の敷設長が4.0mの場合、垂直間隔0.5mと1.0mでは、両ケースとも安定しているが後者のほうが変形量大きい。一方、補強材敷設長2.0mの場合、垂直間隔0.5mでは、下端付近の法面が大きく変形し、下端部の補強材が引抜けている解析結果が得られたことから、当盛土は崩壊していると考えられる。そして、垂直間隔1.0mになると、法面および天端の変状がかなり大きくなる。図-6は、図-5に示すA地点における、各ケースの垂直変位を示したものである。補強材の垂直間隔1.0mの場合、補強材長3.0mを境に変形が急増する。このことと補強材の引抜け結果から判断して、当盛土の場合、補強材の最低敷設長は3.0mとなる結果が得られた。また、垂直間隔0.5mの場合も3.0mとなる結果が得られた。このことは、接触面でのせん断応力が土と補強材の相対変位に比例することを考慮すれば、垂直間隔が大きい方が盛土の変形性も大きいことを意味している。

5. まとめ

短期安定問題としての非排水強度を使って、ジョイント要素を用いた有限要素法により、補強した粘性土盛土の変形解析を行なった。その結果、補強材の破断を考慮しないと、当盛土の場合、補強材の最低敷設長は垂直間隔1.0mの場合には3m、垂直間隔0.5mの場合にも3.0mの結果が得られた。ただし、その変状の度合は前者の方が大きいことに注意する必要がある。そして、補強材の最大引張力は、敷設間隔にほぼ比例するようである。これらの変形解析には、盛土材のせん断強度が解析結果に大きく影響するため、適切なせん断強度を求めることが重要である。

参考文献) 1) F.Tatsuoka: On the Angle of Interface Friction for Cohesionless Soils, Soils and Foundations, vol. 25, No. 4, pp135~141, Dec, 1985 2) 田口善文, 波田光敬, 香川和夫, 鎌田正孝: 補強材のひずみ特性を考慮した補強土の有限要素解析について, 第22回土質工学研究発表会, 投稿中 3) D.R.J.Owen, E. Hinton: Finite Elements in Plasticity, Pineridge Press Limited Swansea, U.K, 1980

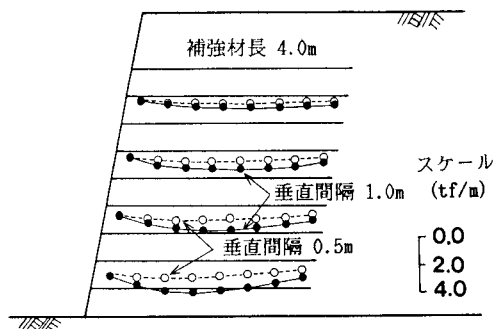


図-4 補強材の引張力の分布

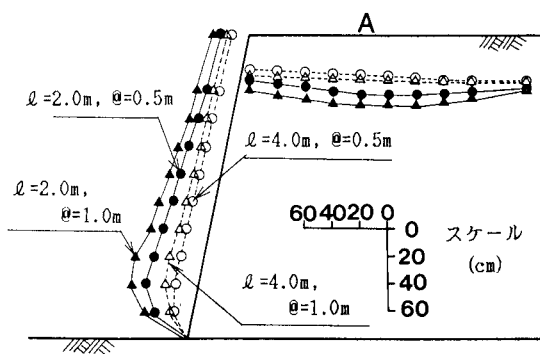


図-5 各ケースの変形図

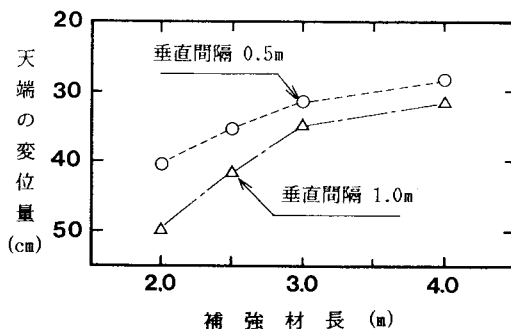


図-6 各ケースの天端の変位量