

住友建設(株)技術研究所 正員 上原精治 三上 博
日本道路公団試験所 正員 長尾 哲
住友建設(株)土木部 坪南修三

1. はじめに: 近年その施工例が増加している鉄筋による補強土工法では、施工管理にあたって事前に変位の予測を行っておくことが重要である。しかしながら現在一般に行われているこの種の工法に対する設計・解析方法は、円弧すべり等の極限解析手法に基ずくものが提案されている程度であり、変位の予測を行うことは難しい。今回筆者らは、実物大の補強斜面の載荷試験に際して、有限要素法による変位予測を実施し、実測データとの比較により、モデルの適用性について検討を行った。以下にその概要について報告する。

2. 解析方法: 補強土工法の解析において有限要素法を適用する場合の問題点は、補強鉄筋と地盤という物性の全く異なる要素間の連続・不連続性をどのように取扱うかという点にある。今回の手法は、通常用いられている平面ひずみの有限要素法解析を基本とし、地盤と補強材間の境界においての結合状態を考慮できるようにしたものである。境界面でのモデルは図-1に示す様に、補強材と地盤の境界面で同一座標位置を持つ二つの節点を考え、節点間の伝達力が地盤と補強材間の付着力と摩擦力によって定まる摩擦抵抗よりも小さい場合は節点間の相対変位は拘束されるが、摩擦抵抗よりも大きな節点力が生じる様な場合には、相対変位の発生を許容して、節点力が摩擦抵抗を越えない様にしてある。また解析は二次元モデルであるため、補強材に関しては、奥行方向の打設ピッチを考慮して、物性値を図-2に示す様に換算して用いた。

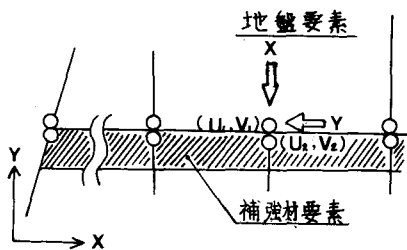


図-1 境界面のモデル

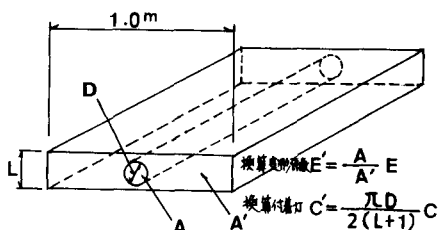


図-2 補強材の物性値の換算方法

今回ここで報告の対象とした補強斜面は、筆者らが一連の研究^{1)~3)}を行っている現場載荷実験で用いた供試体の中の一例(高さH=3m、のり面勾配1:0.3補強鉄筋長L=4m、打設ピッチ1.0m正方形配置)であり、そのメッシュモデルは図-3の様なものである。補強材(異形鉄筋D25)はプレボーリング後、挿入し、セメントミルクでグラウトを行なっている。試験地の地盤は表層4~5mまで均質なシルト質砂で構成されており、供試体はこの位置に造成されたものである。解析に用いた各物性値を表-1に示す。なお、現場における載荷実験では後述の様にのり面、及び地中変位等の計測を実施した。

3. 解析結果: 計算は、掘削による自重状態での計算を実施後地表面で載荷をした場合について行った。掘削段階での自重状態では、斜面の変位は現場での実測及び計算とも、微小なものであった。図-3は、のり肩から50cmの位置より1.5mの幅で45tf/m²の載荷を行った場合についての計算結果である。載荷の影響により、のり面全体は一体となって前面側に移動する様な傾向を示し

表-1 地盤及び補強材の物性値
(要素の物性値)

	地 盤	補強材
変形係数E (tf/cm ²)	3700	411600
ポアソン比ν	0.3	0.3
湿潤密度ρs (γ/m ³)	2.0	3.0
内部摩擦角φ (度)	35	
粘着力 c (tf/m ²)	4.5	

(地盤と補強材間の物性値)

摩擦角 ψ (度)	30
付着力 C (tf/m ²)	0.2

ており、また補強鉄筋は各段とも中央部において下方に凸となる様な変位性状を示している。図-4は、変位の中から、のり面の水平方向への変位について示したものである。また同図中には、比較の為に、載荷実験により得られた、同一荷重条件における実測値を示した。計算による変位は、各段の鉄筋位置で変化点を持つ様な曲線状の分布を示しており、最大値は一段目鉄筋と二段目鉄筋の間中部で生じており、その値は約4mm程度となっている。一方載荷試験による実測値は、のり面天端で約4mmの変位を示し、のり面下方に行くに従って漸減する様な傾向を示している。ただし載荷実験時には、各段の鉄筋中間部での変位計測を実施していなかった為、この区間での変位分布が曲線状となるかについては不明である。計算値と実測値を比較すると、概ね良い一致が認められた。

一方、実際の施工管理においては、のり面の前面での変位計測を行うことが難しい為、通常地盤内での地中変位の測定が実施される場合が多い。図-5は、地盤内の地中変位に関して同様の比較を行ったものである。のり面前面側での地中変位は、分布形状、変位値ともに非常に良い一致がみられる。ただし天端近くでの変位が計算値では小さい値を示している点が若干相違している。これは、今回の計算では、引張応力によるフラップの発生等を考慮できない為、地表に近い部分の地盤が、載荷面の沈下にともない、この方向に引張られる様な状態が生じたことによるものと考えられる。載荷面下での地中変位は、計算値と実測値は分布形状については相似しているものの、計算値の方が若干大きな値を示した。

4. おわりに： 今回、有限要素法解析を用いて鉄筋による補強上斜面の変位を予測する手法についての検討を行ったが、施工管理において要点となる、のり面近傍の変位に関しては、実験値との対比による検討の結果、満足するものが得られた。本手法は細部においては改良の余地が残されているものと考えられるが、今後の本工法の施工にともない、要求される情報化施工の面への活用が期待できるものと考えられる。

参考文献： 1)奥園，奥原，長尾他，(1985)，‘鉄筋による補強斜面の載荷試験’—打設鉄筋長の補強効果への影響—，第20回土質工学研究発表会講演集，土質工学会(投稿中)
2)長尾，金子，上原他，(1985)，‘鉄筋による補強斜面の載荷試験’—補強鉄筋の応打並びに間面摩擦について—，第20回土質工学研究発表会講演集，土質工学会(投稿中)

3)長尾，則武，印南，(1984)，‘鉄筋による補強斜面の載荷実験時のグラウトと地盤との摩擦抵抗について’，第39回土木学会年次学術講演会講演編集集，第3部，pp383~384。

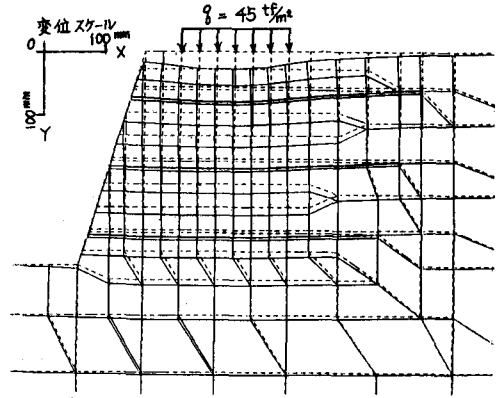


図-3 FEM計算による変位図

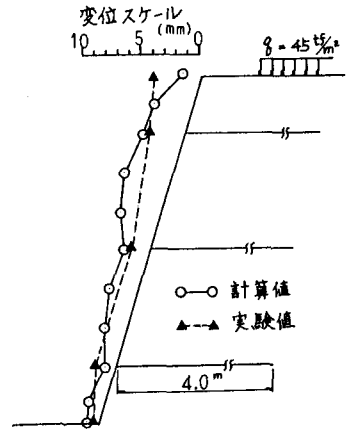


図-4. のり面水平変位分布

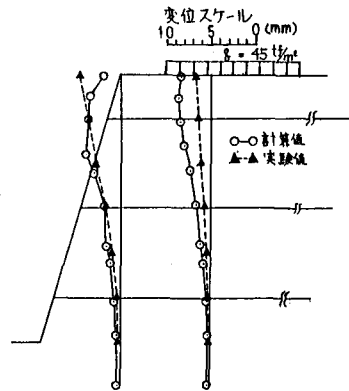


図-5 地中変位分布