

III-441 補強土の支持力実験とその解析

名古屋工科大学院 学生員○榊原 和成 名古屋工大 正員 中井 照夫
通産省 正員 鬼頭 彦治 名古屋市 正員 三原 重孝

近年、ジオテキスタイル等が土の補強材料として広く利用されるようになってきている。ジオテキスタイルは圧縮強度および曲げ強度がほとんど無いが、表面摩擦と引っ張り強度で地盤のマスとしての強度増加をはかるものである。ここでは、アルミ丸棒積層体($\phi 1.6\text{mm}$, 3mm 長さ 50mm 重量混合比 $3:2$)を地盤モデルに、補強材は圧縮、曲げ剛性のほとんどないトレーシングペーパー(長さ 200mm 幅 50mm)を用いて、フーチング(載荷幅 $B=50\text{mm}$)の支持力実験と解析を行なった。ジオテキスタイルの場合、補強効果に影響する要因としては、補強材の引っ張り強度および土要素との摩擦、さらに補強材の位置(深さ)などが考えられるが、今回は特に補強材の地盤中の位置(深さ)による影響について検討を加える。

1. アルミ丸棒積層体を用いた支持力実験

写真-1に示す支持力試験機(試料高さ 200mm 幅 400mm)を用いて、補強材の無い場合と補強材(長さ 200mm)の位置(深さ)を $d=1\text{cm}$, 1.5cm , 3cm と変えた計4種類の実験を行なった。荷重はフーチング上端に取り付けたロードセルで、沈下量はダイヤルゲージで測定した。図-1は各実験の荷重-沈下量関係を示しており、実線は補強材を使用しない場合を示している。これに対して補強材位置が 1cm , 1.5cm の場合の最大強度および残留強度は補強材の無い場合よりも高くなる。一方、補強材位置が深い 3cm の場合では補強材の無い場合よりも強度が低くなる結果が得られている。写真-2(a)~(d)は各実験で沈下量が $4\sim 8\text{cm}$ まで変化した時の重ね撮り写真である。補強材位置 $d=1\text{cm}$ (写真-2(b)), 1.5cm (写真-2(c))のすべり線は補強材の下に発生し、補強材の無い場合(写真-2(a))のすべり線に比べ、深く発生しているのが見られる。一方、 $d=3\text{cm}$ の場合(写真-2(d))のすべり線は補強材の上面に発生して、補強材の無い場合より浅くなり強度が低下する。以上の実験結果から、地盤中の補強材位置により補強効果に差異が生じ、位置によっては補強効果をむしろ減少させる場合もありうることがわかる。

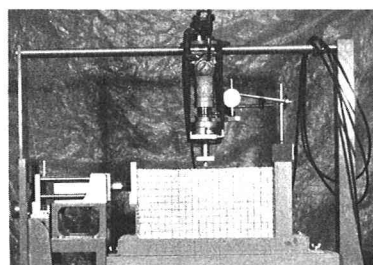


写真-1 支持力試験装置

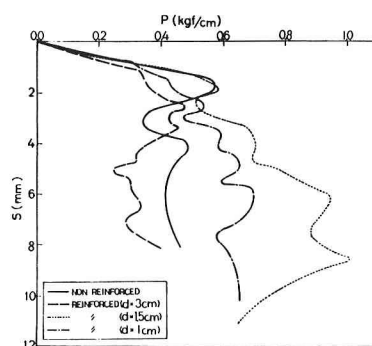


図-1 荷重-沈下曲線

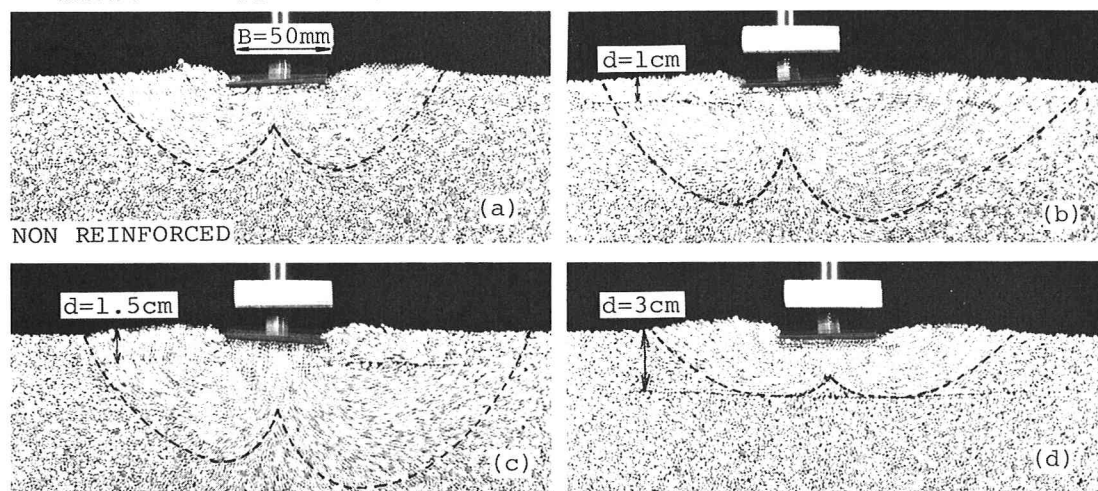


写真-2 支持力試験の重ね撮り写真

2. 有限要素法を用いた補強土の支持力解析

図-2は、有限要素解析に用いた地盤のメッシュ図である。解析には、補強土の要素試験の解析同様、豊浦砂を想定した。土の構成モデルとしては、 t_{ij} -sand model²⁾を用い、補強材は引っ張り剛性 $AE=10^6 t \cdot m$ としたはり要素で、補強材と土の境界面の挙動は摩擦特性を考慮した弾塑性ジョイント要素で表現している。図中の点線は補強材位置を示し、深さ $d=1.5m, 2m, 3m, 5m$ の4ケースと補強材の無い場合を解析している。図-3は補強材の無い場合の、図-4は補強材位置を2mに固定して表面摩擦を変えた($\delta=0^\circ, 20^\circ, 40^\circ$)場合のX-X'断面(図-2参照)の側方変位図である。図-5は補強材の表面摩擦を $\delta=10^\circ$ に固定し、深さを上記の4ケースに変えた場合の側方変位図である(図-3~5において破線は $q=362$ tf/m², 実線は $q=842$ tf/m²時の解析結果である)。図-4から表面摩擦 δ が大きくなるに従い側方変位が拘束され補強効果が大きいことがわかる。図-5より深さ $d=1.5m, 2m$ の場合は補強材の上で土要素がすべりを起し、さらに補強材の下でも大きな側方変位が発生しているのがわかる。これに対して $d=3m$ では、すべりを起さず、補強材の下でも側方変位が小さくおさえられている。しかし、 $d=5m$ になると、補強材下の側方変位は小さいものの、補強材の上面ですべりが発生している。これを地盤内の安全率分布(F.S.)で見ると、補強材の無い場合(図-6)、F.S.の低い領域は載荷面下方から側方に発達し、周知の塑性論のすべり線群に対応しているのに対し、深さ $d=1.5m$ (図-7(a))、 $2m$ (図-7(b))では補強材端部付近で破壊域が発生すると共に、載荷面直下の補強材より下の部分でもF.S.が低くなる。これに対し $d=3m$ (図-7(c))では補強材端部の破壊も少なく、補強材より下でもF.S.は比較的大きく補強効果があることがわかる。しかし、 $d=5m$ (図-7(d))になると補強材より下ではF.S.の低下は見られないものの、上の領域全体にわたってF.S.の低下が見られ、補強材の上部ですべり破壊の可能性があることがわかる。また、図-8は荷重沈下曲線を示すが $d=3m$ の場合が最も補強効果があることが同図からも理解される(なお、荷重-沈下曲線が下ぞりになるのは、解析上載荷初期の圧縮沈下量を過大に評価するためである)。以上、有限要素解析においても、実験結果と同様、補強材位置の違いによる補強効果の差異が説明可能である。

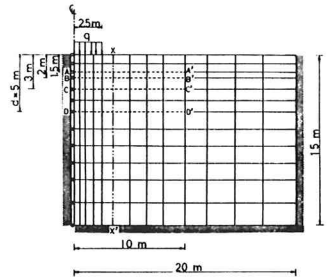


図-2 地盤のメッシュ図

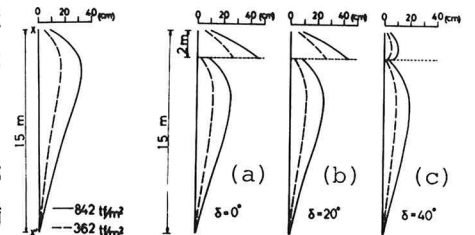


図-3 側方変位図

図-4 側方変位図($d=2m$)

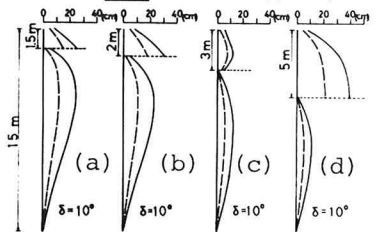


図-5 側方変位図($\delta=10^\circ$)

補強材の上で土要素がすべりを起し、さらに補強材の下でも大きな側方変位が発生しているのがわかる。これに対して $d=3m$ では、すべりを起さず、補強材の下でも側方変位が小さくおさえられている。しかし、 $d=5m$ になると、補強材下の側方変位は小さいものの、補強材の上面ですべりが発生している。これを地盤内の安全率分布(F.S.)で見ると、補強材の無い場合(図-6)、F.S.の低い領域は載荷面下方から側方に発達し、周知の塑性論のすべり線群に対応しているのに対し、深さ $d=1.5m$ (図-7(a))、 $2m$ (図-7(b))では補強材端部付近で破壊域が発生すると共に、載荷面直下の補強材より下の部分でもF.S.が低くなる。これに対し $d=3m$ (図-7(c))では補強材端部の破壊も少なく、補強材より下でもF.S.は比較的大きく補強効果があることがわかる。しかし、 $d=5m$ (図-7(d))になると補強材より下ではF.S.の低下は見られないものの、上の領域全体にわたってF.S.の低下が見られ、補強材の上部ですべり破壊の可能性があることがわかる。また、図-8は荷重沈下曲線を示すが $d=3m$ の場合が最も補強効果があることが同図からも理解される(なお、荷重-沈下曲線が下ぞりになるのは、解析上載荷初期の圧縮沈下量を過大に評価するためである)。以上、有限要素解析においても、実験結果と同様、補強材位置の違いによる補強効果の差異が説明可能である。

図-6 地盤内安全率分布

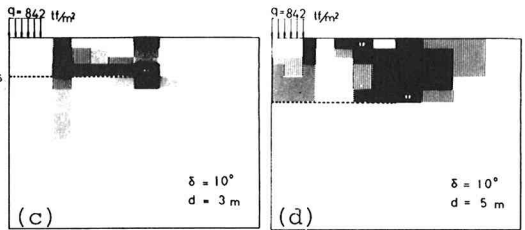
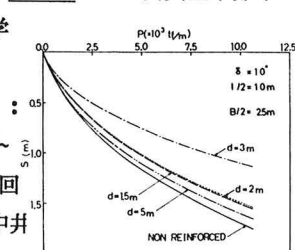


図-7 地盤内安全率分布

謝辞 御助言頂いている本学
松岡元助教に感謝します。

文献 1)河本・中井(1985):
第40回土木学会年講,Ⅲ,665~
666 2)中井 他(1984):第39回
土木学会年講,Ⅲ,7~10 3)中井
(1986):S&F,Vol 25,Ⅲ,98~112

図-8 荷重-沈下曲線