

日本大学理工学部 正員 中山 晴 幸

日本大学理工学部 正員 浅川 美 利

1. はじめに

近年、地盤や土構造物に対して金属材料や繊維等を複合させ、強度あるいは変形に対して効果を期待しようとする工法が多く施工されている。また、この種の工法に対する設計法もしだいに整理されてきており基準化されようとしている。しかしながら、そのメカニズムが完全に解明されたわけではなく、まだまだ十分とはいえない範囲にある。

本報告は、特に不織布を用いた地盤強化工法の処理効果に関する模型実験結果とFEMによる数値解析結果について述べたもので、これら工法の強度、変形等を合理的に評価する方法をみいだすための基礎的研究である。

2. 模型実験の相似条件について

模型実験を実施しようとするとき問題になるのは、実物と模型との相似条件である。土質の分野では、一般的に言って相似条件を十分に満足する模型実験の実施は不可能である。そこで筆者らは、最低満足すべき条件を幾何学的条件と強度条件との二条件に限定し、実験を実施した。実物(P)の盛土高を4m、模型(M)を18cmとすると、相似比は $P/M=22.0$ となる。

実験に用いた試料は市販のカオリン粘土(ASP-100)である。試料の強度設定は、含水比を調整することで行なった。図-1は、含水比とせん断応力との関係を示している。この結果は改良形一面せん断試験機を用いて求めたもので、垂直応力は 20 g f/cm^2 を設定し、機械的摩擦力については補正している。したがって、含水比90%でのせん断強度は約 7 g f/cm^2 となる。不織布の引張強度は、二種類のペーパータオルの引張試験より、湿潤状態で 90 g f/cm のペーパータオルを使用することにした。実際の施工に用いられる不織布の強度は 40 kg f/cm 程度であることから、ペーパータオルの強度 90 g f/cm とせん断強度、約 7 g f/cm^2 の設定は良好であると思われる。

実験用土槽は幅1000(mm)、縦500(mm)、奥行400(mm)で、前面は一枚の強化ガラスがはめこまれており、変位測定用のターゲットを撮影できるようになっている。また、スクリージャッキにより、土槽全体を傾けられ任意の角度を設定可能である。このように、実験は土槽の傾斜角を変えて、重力の作用方向を変化させ破壊に至らせようとするもので、欠点としては、主応力の回転が生じること、試料全体が移動してしまうこと、などがあげられるが、簡単にこの種の模型実験が実施できるメリットもある。

実験は、A→無処理の場合、土槽に入れたカオリン粘土を予定した断面になるように形をととのえ、しばらく静置しておいたあと 5.0° 、 7.5° 、 10.0° 、 12.5° の順に、傾斜角度を変えて変形状態を撮影したもの、B→処理層の場合、盛土部分を三層に分け、一層あたり一枚のペーパータオルを盛土全体に設置して補強部分としたもの、C→盛土の一部に設置したもの、の三条件と法面の傾きを、 23° 、 55° とした合計六条件を設定した。

3. FEM解析と模型実験との関係について

FEM解析については、文献(1)に示した非線形解析法を改良したもので、地盤に対して段階的に盛土を施工するシュミレーション解析である。したがって、傾けて実験する模型実験の載荷条件とは若干異なっている。

FEM解析で設定した力学定数は、模型実験で設定した定数とほぼ同じ

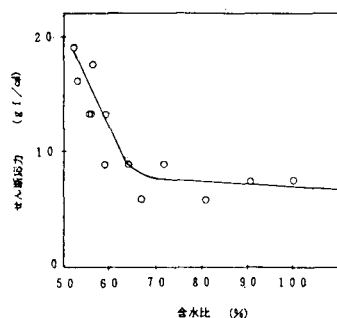


図-1 含水比～せん断応力

であるが、応力～ひずみ関係については、含水比をいくつか変えた試料の三軸試験結果を参考にして修正したものを用いた。

3. 実験結果

図一2は、土槽の傾斜角を変化させた場合の地中変位を示している。無処理のAとペーパータオルで処理したBとを比較すると、無処理の方が卓越したせん断面の発達が見られ、円弧すべり面より上部は、ブロックがすべり面に沿って回転したような挙動を示しており、典型的な低部破壊である。また、同じ傾斜角での地中変位は、処理したものの1.5倍以上になる部分が多く、盛土天端の沈下量、法尻での変形が大きく生じている。

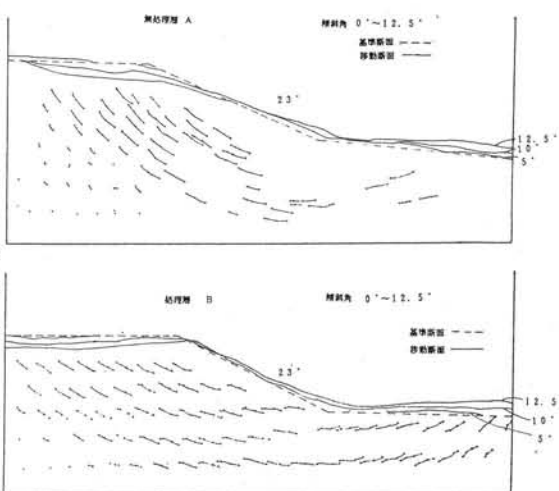
一方、ペーパータオルを設置した処理層は、盛土全体が一体となって変形してゆく傾向が見られ、卓越したすべりが見られないようである。このことは、ターゲットから計算したせん断ひずみ分布を示す図一3からも明らかである。無処理のすべり面に相当する部分が約50%であるのに対して、処理したBは一部に30%程度があるが、大部分は5%程度で、せん断変形に対する効果が大きいことを示している。また、傾斜角が 10° のとき、無処理に対する円弧すべり解析は、安全率が0.9となって完全に破壊を示しているのに対して、剛な材質ではない不織布を複合させることにより、円弧すべりを防ぐ効果があることは明らかである。参考までに、傾斜角が 0° のときの安全率は約3.5である。傾斜角をさらに大きくすると、盛土と地盤との間に設置したペーパータオルの部分にすべりを生じ、これに沿って盛土がブロックのまますべり出す現象となる。また、これらが水平ドレイン材として作用するために、タオル部に水分が集中し、その面に沿ってすべりが生ずるためであるが、このことは重要な意味を含んでいる。すなわち、補強材を地盤に設置する場合、補強材の位置と方向を考慮しないと、すべりを助長する可能性を持つことである。

図一4には、FEM解析結果を変形とせん断応力分布について示している。法尻付近の変形に顕著な差がみられるとともに、補強材が引張を受け持つため、盛土や地盤のせん断応力がかなり軽減されていることが分る。

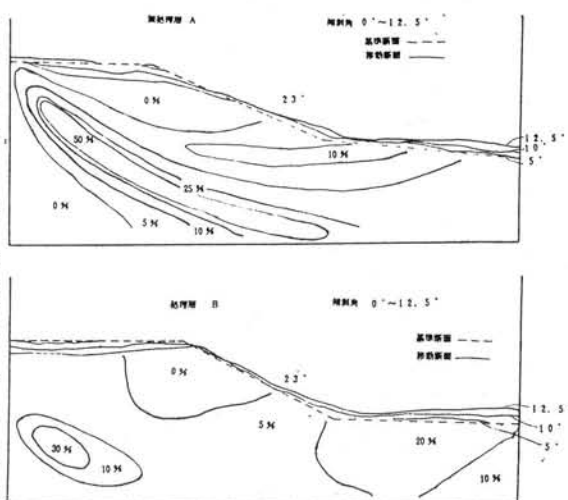
最後に、本実験の実施にあたって協力いただいた、大竹、小林両君に対し深謝したい。

参考文献

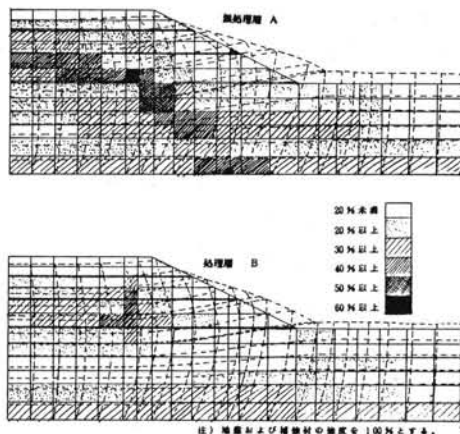
- ① 中山、浅川：「地盤の応力・変形解析に関する一考察」第12回土質工学研究発表会講演概要集



図一2 模型実験のターゲット変位



図一3 せん断ひずみ分布



図一4 FEM解析結果