

一面せん断試験による補強土工法の実験的研究

名古屋大学 学 ○天野暢之(大隈) 学 山田英司
正 大塚 悟 正 浅岡 顕

1. はじめに

近年、斜面の切土などの掘削工事において、鉄筋を挿入して地盤を安定化させる補強土工法がよく用いられるようになってきた。しかし、その力学的メカニズムは十分に解明されておらず、いまだに十分な設計法が確立されていないのが現状である。そこで本研究では鉄筋等の挿入による地盤挙動の解明のために一面せん断試験を用いた実験を実施した。一面せん断試験は強制的にすべり線を発生させることから、補強材を挿入した際のすべり線に沿うせん断力の変化を調べることができる。このとき供試体はもはや要素とは見做すことはできないが、供試体（乾燥砂）の強度と等しい非排水せん断強度を発揮する供試体（要素）を逆算して、補強材本数と逆算された仮想要素における負の間隙水圧との関係について調べた。

2. 試験条件

試験に用いた試料は豊浦標準砂（空気乾燥状態、比重 $G_s=2.65$ ）である。空中落下法により、落下高さを変えて間隙比の違う（ $e_0=0.7, 0.9$ ）2種類の供試体を作成した。直径1mm、長さ3.5cmの針金（ $EI=4.0\text{kgf}\cdot\text{cm}^2$ ）の表面にエポキシ系の接着剤で砂粒を付着させて、直径2mmにしたものを補強材として用いた。一面せん断試験機の概要は図1に示す。試験は拘束圧 $0.71\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、変位速度 $1\text{mm}/\text{min}$ の変位制御方法で実施した。

3. 一面せん断試験の結果と考察

試験は間隙比の異なる2つの試料について補強効果の差異を調べることが目的として行なった。

補強材を含まない試料のせん断力～せん断変位～体積変化の関係を図2に示す。図2からもわかるように、密詰砂は体積が膨張しながら破壊するのに対して、緩詰砂は体積が圧縮しながら破壊する。図3は補強材を含む試料のせん断力と補強材本数の関係を示したものであるが、緩詰砂に比べて密詰砂の場合は強度が大きく、補強効果は間隙比と密接な関係がある。図4に補強材を含む試料のせん断力とせん断変位の関係を示すが、密詰砂ではピーク強度が存在する（図4（a））。そして補強材本数の増加に伴いピーク強度が増していき残留強度とピーク強度との差が減少する傾向が勘案され、またピーク強度発現変位が増大している。他方、緩詰砂では補強材本数の増加に伴って強度自体は増加しているが、ピーク強度は現れない（図4（b））。補強材を含む一面せん断試験の挙動を補強材が打設された実際の地盤におけるすべり線上のせん断挙動と捉えれば、これらの特性は安定問題を扱う時に生じるひ

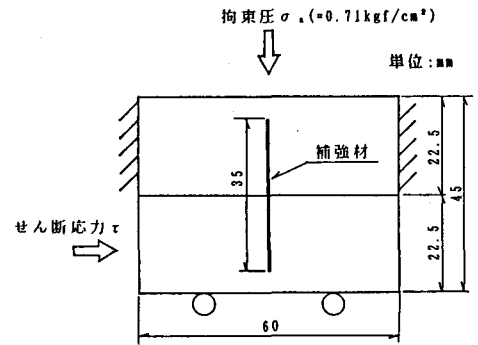


図1 一面せん断試験機の概略図

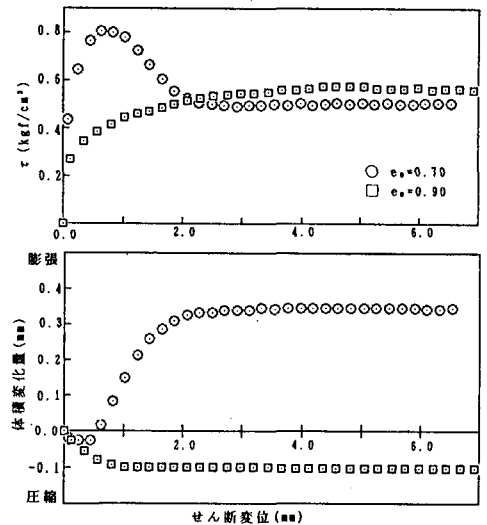


図2 せん断応力～せん断変位～体積変化（無補強砂）

ずみ軟化挙動や、解析上の問題点であった進行性破壊に対してきわめて有効な性質と考えられる。一面せん断試験を用いて大変形に至るまで実験を行うと、装置自体の問題から特殊な境界値問題となっているので注意を要する。

4. 補強効果の検討

1. で述べたように、補強材を打設した供試体の一面せん断試験は要素試験ではない。しかし、この供試体の一面せん断強度（排水条件）に等しい非排水強度を有する仮想的な供試体を以下に示すように作成し、この仮想供試体の破壊時の間隙水圧を算定する。この間隙水圧は補強材を含む供試体における補強材の引張力に対応し、補強効果を表すものと考えられる。カムクレイモデルに基づいて、平面ひずみ条件下の限界状態式に一面せん断試験における応力条件を代入し、整理すると間隙水圧の式は次のようになる。

$$u = \sigma_z - \frac{\sqrt{3}}{M} \tau$$

上式を用いて試験データを整理したものが図5である。図5からもわかるように補強材本数と間隙水圧の間には直線関係が得られた。

5. おわりに

以上の研究を取りまとめて得られた結論を箇条書きにすると、

- 1) 土の間隙比によって補強効果が異なる。
- 2) 補強材を打設すると、密詰砂の場合にピークが現れ残留強度の差が小さくなる。この性質は実際の安定問題を扱う時に問題となるひずみ軟化挙動や、解析上の問題点であった進行性破壊に対して有効な性質と考えられる。
- 3) 仮想供試体の過剰間隙水圧と補強材本数との間に相関関係が得られた。このことから直ちにこの間隙水圧は補強効果を表す指標となり得るか否かを判断することはできない。詳細に検討する必要がある。

今後は三軸試験を用いて補強材を打設することによるせん断強度や体積変化等の強度・変形特性の検討を実施する予定である。

謝辞：本研究を行うに当たり、多大な御協力を頂いた矢作建設工業株式会社の方々に深く感謝いたします。

<参考文献> 土質工学会編（1986）：補強土工法、土質工学会。

Jewell, R. A. & Wroth, C. P. (1987) : Direct shear tests on reinforced sand. Geotech. 37, No. 1, 53-68.

西原晃（1986）：誘導異方性と主応力回転を考慮した自然堆積粘土地盤の短期安定解析法、京大学位論文。

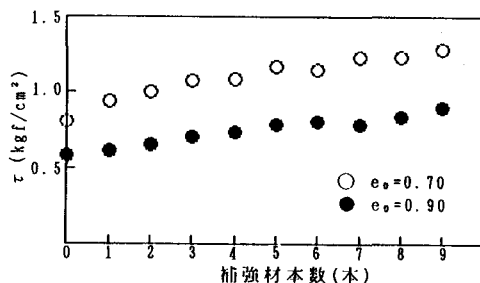
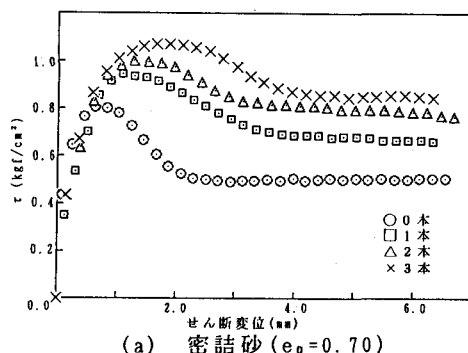
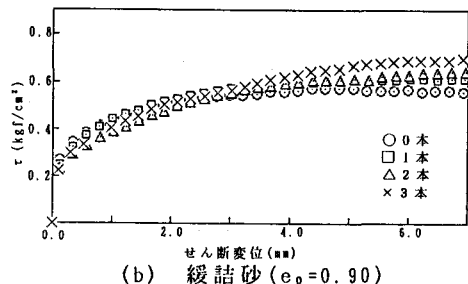


図3 せん断応力と補強材本数の関係



(a) 密詰砂 ($e_0=0.70$)



(b) 緩詰砂 ($e_0=0.90$)

図4 せん断応力とせん断変位の関係（補強砂）

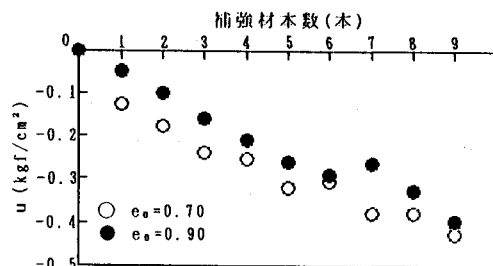


図5 間隙水圧と補強材本数の関係