

斜面における根系の補強効果

(株) ヒロコン (正) ○吉村 知明
鳥取大学工学部 (正) 榎 明潔
鳥取大学大学院 (学) 大坪 亮太

1. はじめに

斜面に植生が存在する場合、何もない場合に比べて崩壊しにくいと経験的にいわれている。実際に根系を含む土の強度試験をすると、引張り強度が発生し、せん断強度定数も大きくなることが分かっている。その他にも地中の水を吸い上げる、地表の侵食を防止するなど斜面の安定に効果を及ぼすと考えられる。そこで、本研究では模型実験を行い、根系が斜面に及ぼす補強効果について考察する。

2. 根系の補強効果を考慮した無限斜面の安定

通常、自然の斜面においては表層土のすぐ下に基岩があり、ほとんどが表層崩壊となる。この場合崩壊長さに比べて深さが小さいので、無限斜面として安定を考えてもよい場合もあると考えられる。また、一般の有限斜面の安全率は同じ勾配の無限斜面の安全率よりも大きくなるので、勾配が同じ斜面ならば無限斜面の安全率を用いることは安全側となる。

図-1に示す無限斜面の安全率 F_s は、土の単位体積重量を γ 、見かけの粘着力を c 、内部摩擦角を ϕ とすると

$$F_s = \frac{\gamma \cdot H \cdot \cos^2 \theta \cdot \tan \phi + c}{\gamma \cdot H \cdot \cos \theta \cdot \sin \theta} = \frac{\tan \phi}{\tan \theta} + \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \cos \theta \cdot \sin \theta} \quad \dots (1)$$

式(1)より $c=0$ の場合には安全率は深さ H によらず θ と ϕ のみによって定まるが一般の $c \neq 0$ の場合には、 H が大きくなれば安全率が小さくなる、いい換えると斜面はできるだけ深いすべり面で崩壊すると考えられる。このことより、自然の斜面では表層土と基岩との境界にすべり面が発生することが想像できる。またこのような表層崩壊の場合には垂直応力 σ が小さいため見かけの粘着力 c の効果が強く現れるはずである。

ここで根系の補強効果について考えてみると、せん断強度の増加と引張り強度の発生が考えられる。せん断強度の増加についてはすべり面が土塊と基岩との境界に発生する

と考えた場合、根系は基岩の中にまで入り込んでいるわけではないので、すべり面におけるせん断強度の増加は期待できない。次に引張り強度について、無限斜面では土塊に作用する側面からの力は釣りあっていると考えるため考慮できない。しかし実際のすべり面の上端と下端は、根系の存在する場所を必ず通るので安全率は大きくなるはずである。

3. 模型実験による根系の効果の考察

実験装置の概略図を図-2に示す。本体はアクリル製で、側面はテフロンシートで摩擦の低減を図った。すべり土塊には鳥取砂丘砂 $D_{50}=0.59 \text{ mm}$ 、 $W=1\%$ を用い、根系のモデルとして麻の繊維をほぐしたものを混合し、厚さ 3cm 長さ 30cm ($e=0.6$ 程度) となるように突き固めて土塊を形成する。そして斜面上端から 4cm まで金属棒を突き刺して拘束する。その後、斜面の勾配を増加させ土塊が

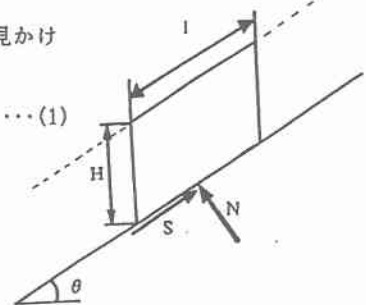
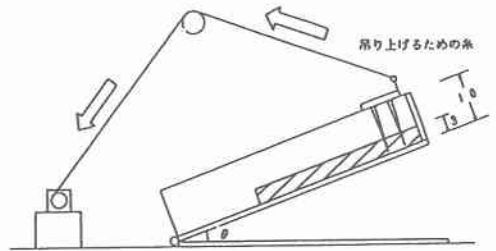
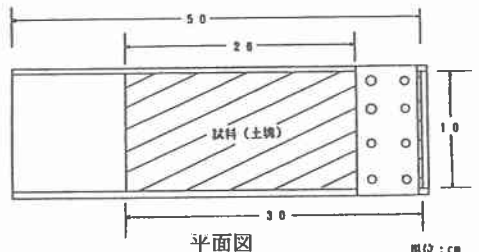


図-1 無限斜面上の単一土塊の安定



側面図



平面図

図-2 実験装置の概略図

すべった時の勾配を測定する。

この模型の場合、土塊底面とアクリル板との境界ですべりが生じるので土塊に作用する力はすべり面に働く摩擦力と、斜面上部のクラックが発生する場所に働く引張り力が考えられるのでこれらの強度を求めた。引張り強度測定装置を図-3に示す。条件を模型と同じくするため中央付近を金属棒で拘束した。

以上の実験を、麻を砂の乾燥重量に対し 0%, 0.05%, 0.1% 混合したものについて行った。

4. 結果

砂とアクリル板とのせん断試験の結果を図-4、引張り試験の結果を図-5、模型実験の結果を図-6に示す。

せん断試験の結果、含根率の各条件について c は変化しなかったが、 ϕ は含根率に伴ってわずかながら増加した。引張り試験の結果は、各条件においてかなりのばらつきがある。これは使用した麻が長さ、太さ、また内部での状態も均一でないからであると思われる。また、砂だけの場合でも多少引張り強度があり、当然ながら含根率が高くなれば引張り強度も大きくなっていることが分かる。

ここで含根率0%の斜面がちょうど崩壊する勾配の斜面について含根率 0.05, 0.1% の場合の安全率を求めてみると、

$$F_s = \frac{\gamma \cdot H \cdot l \cdot \tan \phi \cdot \cos \theta + c \cdot l + t \cdot H}{\gamma \cdot H \cdot l \cdot \sin \theta} \quad \dots (2)$$

式(2)より $F_s = 1.18 (0.05\%), 1.28 (0.1\%)$ となり大幅な安全率の向上がみられる。この場合、すべり面でのせん断強度の増加よりも引張り強度の増加が大きな効果を及ぼしている。また、図-6中の線は図-4、5の結果を用いて式(2)より求めた含根率と勾配と F_s との関係である。

5. 結論

模型実験を行い考察した結果、根系の補強効果は、基岩が存在する場合、せん断強度の増加はあまり期待できないが、引張り強度の増加によって斜面上部のクラック発生を抑制する効果があるといえる。現実の斜面についても同じような傾向がみられると思われる。なお、表層土の厚さが一定ならば、発揮できる引張り抵抗力も一定となるので斜面が長くなれば安全率は低下するはずである。

6. 参考文献

- 1) 大塚俊二：砂質土砂面の安定静に及ぼす根系の効果に関する研究、愛媛大学工学部修士論文、1993。
- 2) 榎明潔・八木則男・矢田部龍一：自然斜面の安定解析法、愛媛大学工学部紀要第11巻第2号、pp. 425～432、1987。
- 3) 榎明潔：一般化された極限平衡法、1992。

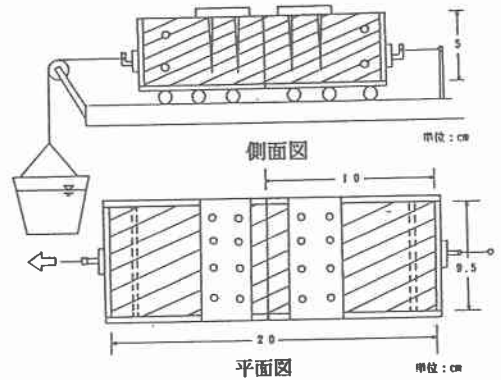


図-3 引張り強度測定装置

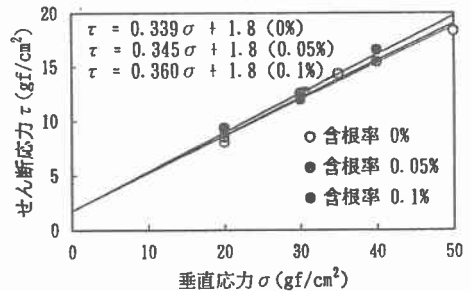


図-4 砂とアクリル板とのせん断試験の結果

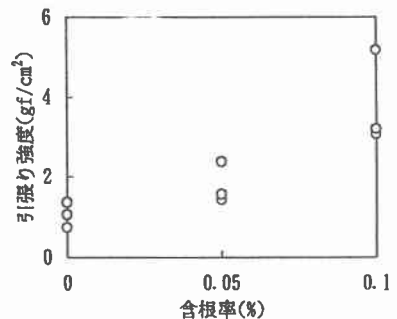


図-5 含根率と引張り強度との関係

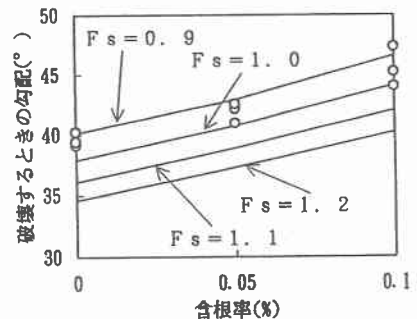


図-6 模型実験の結果