

第Ⅲ部門

根系が斜面表層の補強効果に与える影響

神戸大学大学院工学研究科
 (株)ダイヤコンサルタント
 兵庫県立農林水産技術総合センター
 神戸大学大学院工学研究科
 神戸大学大学院工学研究科

学生員 ○西脇 博也
 正会員 鏡原 聖史
 非会員 藤堂 千景
 正会員 片岡沙都紀
 正会員 澁谷 啓

1. 研究の背景および目的

近年、我が国では土砂災害が件数・規模ともに増加しており、被害の抑制が急務となっている¹⁾。平成26年丹波地域の土砂災害において甚大な被害が生じた兵庫県丹波市市島町石像寺裏山の斜面では、写真-1に示すように崩壊後の状況を見ると剥き出しの根系が多数存在し、根系が崩壊直前まで地盤を支えていた可能性が示唆されている。そのため、当該地域における崩壊のメカニズムに、根系が影響している可能性を考えた。工学系の分野では、誘因である降雨や地震に関する研究は進んでいるが、一方で崩壊地の樹木根系を考慮した研究は少ない²⁾。そこで本研究では、樹木根系の崩壊防止効果に着目し、根系の有無によるせん断強度への影響を検証するために定圧一面せん断試験を実施した。さらに得られた結果を用いて無限長斜面の安定解析を行い、土中に根が入ることによる斜面表層の補強効果について検討した。



写真-1 崩壊地の状況

2. 現地調査

当該地域での調査は、平成29年9月1日と12月5日の2回に分けて実施した。最初の調査の際、滑落崖にて試料の採取を行った。滑落崖では、深度80cm以深では根系がほとんど分布していないこと、崩壊深度がおおよそ1.3mであることを確認している。2度目の調査の際には、根系の分布状況を把握することを目的とし、崩壊斜面近くにて残存していたヒノキの大木の真下で土試料を採取した。当該地点では、深度15cmまで、細根の存在が確認され、40cmまでは直径5cm程度の太根も確認できた。さらに、80cmまでは細根が広く分布していた。ここで、崩壊斜面近傍にて調査した根系の分布を図-1に示すが、深度30cm以浅では直径20cm程度の比較的太根が存在している一方で、80cm以深になると1mm以下の細根が多く分布していた。

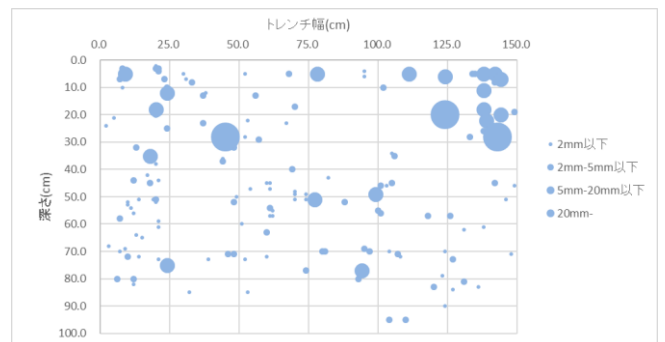


図-1 根系分布状況と根系太さの関係

表-1 一面せん断試験用供試体の物性値

		根系なし	根系あり
含水比	%	32.7	32.4
乾燥密度	g/cm ³	0.996	
湿潤密度	g/cm ³	1.321	1.331
礫分含有量	%	33.16	
砂分含有量	%	28.04	
細粒分含有量	%	38.80	
土粒子密度	g/cm ³	2.752	
根系含有率 (質量割合)	%	0	0.75

3. 一面せん断試験

3-1 試験方法

一面せん断試験に用いた各試料の物性値を表-1に示す。崩壊深度が1.3mと上載圧が低い事を考慮し、低拘束で圧密圧力を制御可能な一面せん断試験機を用いて試験を実施した。供試体は内径6cm、高さ2cmであり、使用した試料は滑落崖の表層から深度80cmにおいて採取したものである。ここで、表-1中に示す「根系あり」試料に関しては、図-1の結果を考慮して直径0.85mm以下の根系（長さは約2cmに整えたもの）を混合させた試料としている。また、供試体の初期含水比や乾燥密度に関しては、根系の有無に関係なく概ね

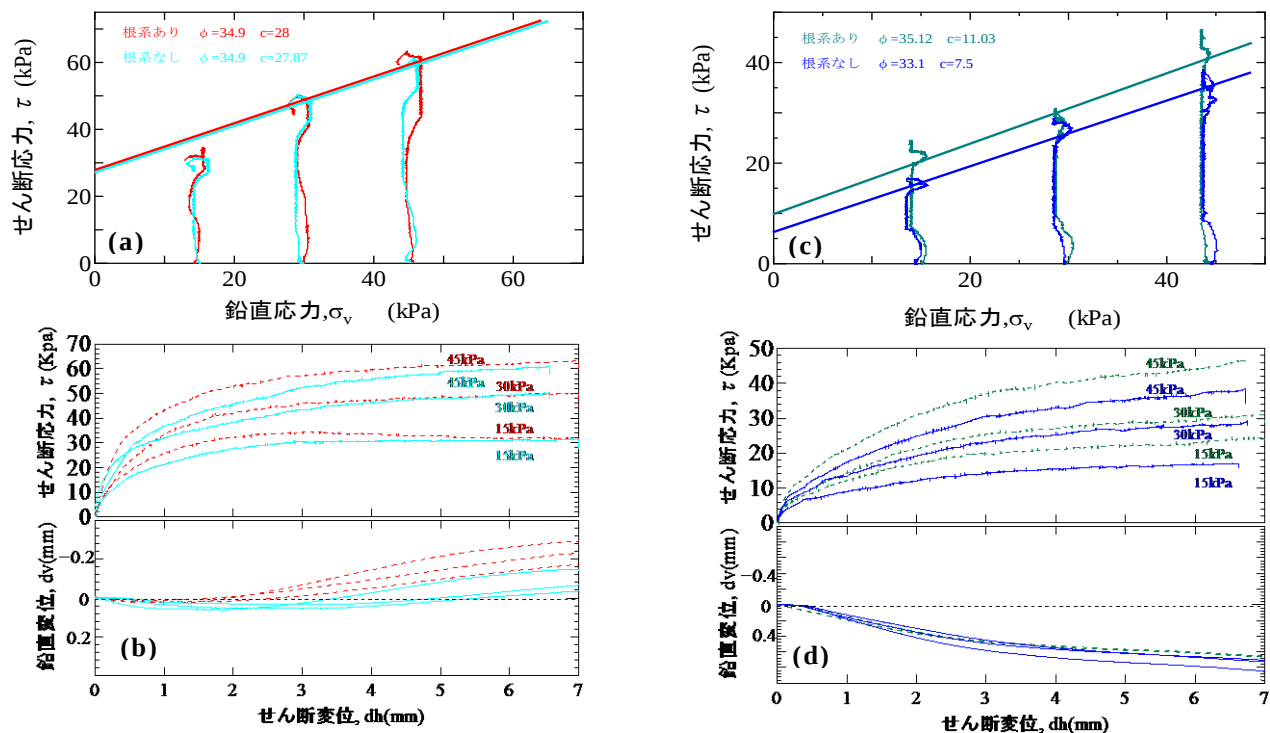


図-2 一面せん断試験結果（左：不飽和時，右：飽和時）

一定とした．試験時の供試体の飽和は 24 時間とし，実験中は 3t 法により圧密が完了したことを確認した上で，せん断隙間を 2.0mm，せん断速度を 0.1mm/min として試験を実施し，せん断変位が 7mm に到達した時点で試験終了とした．

3-2 結果

図-2(a)～(d)は，一面せん断試験より得られた飽和，不飽和供試体の試験結果を示したものである．図中には，各々の根系の有無による比較も行った．根系が混入する不飽和試料(a)には粘着力の増加はあまり見られなかったが，飽和試料(c)には根系がない状態のものよりも粘着力が 1.5 倍程度増加していた．ここで，図-2(b)，(d)のせん断変位 - 鉛直変位の関係を見ると，不飽和時(b)には供試体が圧縮されてから膨張しており，初期段階では根系の補強効果はあったが，終期では根系が土と一緒にせん断されて移動してしまい，結果としてせん断強度は土のみに依存したことが考えられる．一方，飽和時(d)にはせん断中は常に圧縮状態となっていたため，得られたせん断強度は根系による補強効果が加味された結果となり，根系の有無による差が生じたと考えられる．

4.根系による斜面表層の補強効果

対象地域における根系の影響を検討する為に，深度 80cm 飽和（根系有り・無し）の試験結果を用いて無限長斜面の安定計算を行った．ここで，計算には以下に示す式 1 を用いた．深度 80cm まで同じ土と仮定して，根系の影響について比較した．

$$F_s = \frac{c_s + \gamma_t \cdot H \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \phi}{\gamma_t \cdot H \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta} \cdots \text{式 1} \quad (C_s = \text{土の有効粘着力 (kN/m}^2), \gamma_t = \text{土の湿潤単位体積重量 (kN/m}^3), \gamma_{\text{sat}} = \text{土の飽和単位体積重量 (kN/m}^3), H = \text{深度 (m)}, \phi = \text{内部摩擦角 (}^\circ), \beta = \text{傾斜角 (}^\circ))$$

解析結果を図-3 に示すが，根系を混入させた場合，粘着力が増加することにより，安全率が向上した事が確認された．

5.まとめ

根系によるせん断強度の補強効果はせん断変位 2mm までは引き抜き抵抗によって発揮されたが，変位が大きくなるにつれて消失することを確認した．また，試験結果を用いた安定計算においても安全率が向上し，根系が斜面表層に対する補強効果をもたらす事が確認された．今後は質量含根率の変更が補強効果にどのような影響をもたらすかを検討していく必要がある．

参考文献

- 1) 国土交通省 砂防部：平成 28 年の土砂災害 近年の土砂災害発生件数，pp.3, 2016
- 2) 枇杷雄介：根系を含む土の一面せん断強度特性，地盤工学会，2004

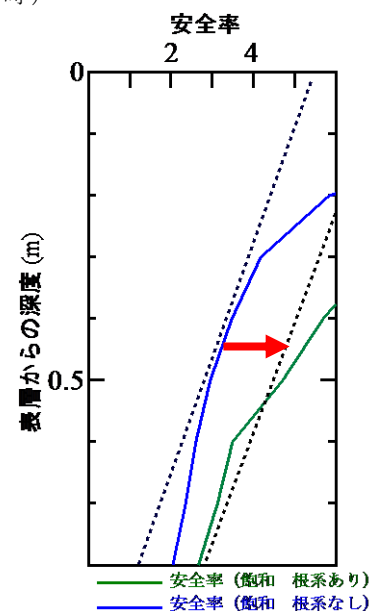


図-3 安定計算結果