

せん断域の厚さが根系による崩壊防止機能へ与える影響

○掛谷亮太（日大大学院）、阿部和時（日大生物資源）、岡田康彦（森林総合研究所）

1 はじめに

表層崩壊が発生する際、土壌層と基岩との境がすべり面となり、すべり面に根系が存在する場合はせん断強度を補強する働きがあると考えられてきた。これまでにせん断試験によって根系のせん断抵抗力の補強効果が調べられてきた（遠藤・鶴田 1968, 阿部 1996, 他）。図 1 に WALDRON(1977)が提案した根系による土のせん断補強モデルの模式図を示した。このモデルでは、表層土の変位によって根が引っ張られ、せん断域より深い部分の根と土の周面摩擦応力 τ が増加し、これに伴って根の引っ張り応力 T が増加する。根系のせん断抵抗力は引っ張り応力 T によって生じ、引っ張り応力 T のせん断面と平行な分力は直接せん断抵抗力の補強につながり、せん断面と直行する分力は垂直応力の増加につながると考えられている。つまり、根系によるせん断抵抗力は根に張力が働く場合に発揮され、最大引っ張り応力に達した時にせん断強度が最大になる。

図 2 にせん断域の厚さの違いによる根の変形形状の違いを示した。図 2 a, b は原位置せん断試験を行った土塊中の根が最大引っ張り応力に達した状態を示している。図 2a から図 2b のようにせん断域が厚くなると根系が最大引っ張り応力に達するまでに必要な表層土の変位量が多くなる。このため、根が最大引っ張り応力に達する前に土塊が破壊されてしまう場合も考えられる。せん断域が広がった場合には根系が持つせん断補強強度はこれまでに考えられてきたものよりも低い可能性が考えられる。

斜面において表層崩壊が発生する際、地形や土質条件の違いによってどのようなせん断面、あるいはせん断域が形成されるかは不明であるが、斜面の条件に応じた厚さのせん断域が形成されると考えられる。これまでに行われてきた原位置せん断試験ではせん断域の厚さは測定されていないため、せん断域の厚さが及ぼす根系の崩壊防止力への影響を調べた事例はない。そこで、せん断域の厚さが根系の崩壊防止機能に及ぼす影響を明らかにするため、せん断域が厚い場合と薄い場合でスギ根系を含む土の原位置せん断試験を行った。

2 方法

森林総合研究所内の実験林に生育している 14 年生のスギを使い、根系を含んだ土と根系を含まない土で原位置せん断試験を行った。根系を含んだ試験と根系を含まない試験の結果の差をスギ根系によるせん断補強強度とした。今回の試験では、供試土塊にせん断箱をかぶせず、土塊の前面に前板を当て、この前板にせん断荷重を与えてせん断した。せん断面の面積は $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ の 1 m^2 とし、せん断域の厚さを 0 cm と 50 cm の 2 通りに設定した。せん断域を 0 cm に設定した場合は土塊の高さを 50 cm とし、土塊の前面と同じ大きさの前板を当て、土塊全体にせん断荷重を与えた。せん断域を 50 cm に設定した場合は土塊の高さを 80 cm とし、土塊前面の上部 30 cm に前板を当て、せん断荷重を与えた。土塊の変位量は上部と下部に取り付けた変位計で測定した。上部の変位計はどちらのせん断域の厚さでも土塊と前板の境部分の地表面に取り付けた。下部の変位量はせん断域が 0 cm の場合は地盤から高さ 10 cm , 50 cm のときは地盤から高さ 40 cm の部分となっている。せん断荷重は 20 分間隔で 1 kN ずつ増加させ、変位を 1 秒ごとに計測した。

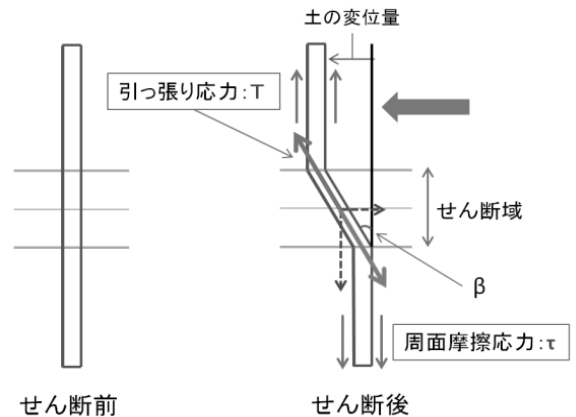


図 1 WALDRON が示した根系によるせん断補強モデル

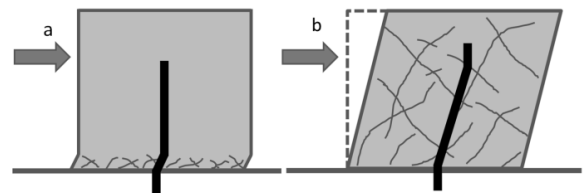


図 2 せん断域の厚さの違いと根の変形形状の違いを表した模式図

3 結果

せん断域を 0cm に設定して行った実験でもせん断域が 10cm～20cm の範囲で発生した。原位置せん断試験ではこれ以上薄いせん断域は発生しないと考えられる。図 3 にせん断域に存在した根の断面積合計と根の補強強度の関係を示した。土だけの場合のせん断抵抗力は 13.3kN，せん断域に存在する根の補強強度は 15kN と 25kN だった。根が含まれた供試土塊の変位量は土のみの場合よりも供試土塊上部で 91mm～47mm，供試土塊下部で 109mm～40mm 増加した。

せん断域を 50cm に設定した場合のせん断域に存在した根の重量と根の補強強度の関係を図 4 示した。土だけのせん断抵抗力は 7.4kN，せん断域に存在する根の補強強度は 2.5kN，4.8kN，13kN だった。根が含まれた供試土塊の変位量は土のみの場合よりも供試土塊上部で 72mm～2mm，供試土塊下部で 41mm～24mm 増加した。

せん断域の厚さを 0cm，50cm のどちらに設定した場合でも，せん断域に根が存在すると供試土塊が破壊されるまでのせん断抵抗力，変位量が増え，供試土塊の破壊を遅らせていることが分かった。特に土のみの破壊点をを超えてから変位量が増えたことから，根系が土塊の破壊を遅らせていることが分かった。

せん断域を厚くすると，供試土塊自体のせん断抵抗力が低下し，根の補強強度も低下した。このことから，せん断域の厚さが根の補強効果に大きく影響していることが分かった。しかし，せん断域を 50cm に設定した場合でも，根系が存在すれば供試土塊のせん断抵抗力とせん断変位量が増加することが分かった。

4 考察

表層崩壊のすべり面となりやすい遷移層には風化の状態によって異なる凹凸，亀裂があり，様々な大きさの礫が存在する場合もある。このように均一な条件ではないため，一様に薄いせん断域が形成されるとは考えにくい。そのため，これまでのように薄いせん断域が発生する場合における根系の力を評価するだけでなく，せん断域が厚い場合を考慮する必要があると考えられる。

今回の試験ではせん断域が厚くなると従来の考え方で評価された根系の崩壊防止力よりも低く評価されることが分かった。今後は崩壊の実態に適合したせん断域の厚さを見極めて根の補強効果を評価する必要があると考えている。

5 参考文献

阿部和時 (1996) 原位置一面せん断試験によるスギ根系の斜面崩壊防止機能の研究，日本緑化工学会誌，**22**，pp.95-108

遠藤泰造・鶴田武雄 (1968) 樹木の根が土のせん断強さに与える作用 (第 1 報)，林業試験場北海道支場年報，pp.167-189

WALDRON L.J (1977) The shear resistance of root permeated homogeneous and stratified soil，Soil Science Society of American Journal，**41**，pp.843-849

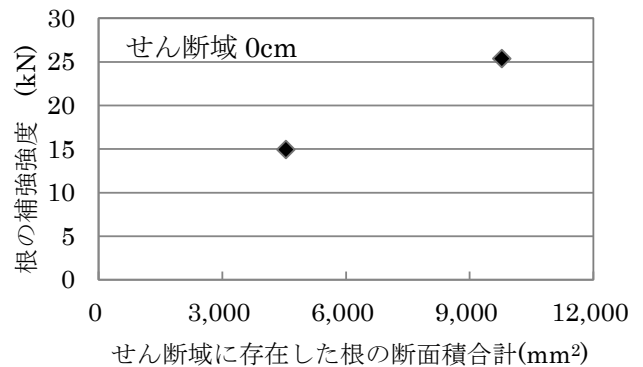


図 3 せん断域に存在した根の断面積合計と補強強度の関係 (せん断域を 0cm に設定した実験)

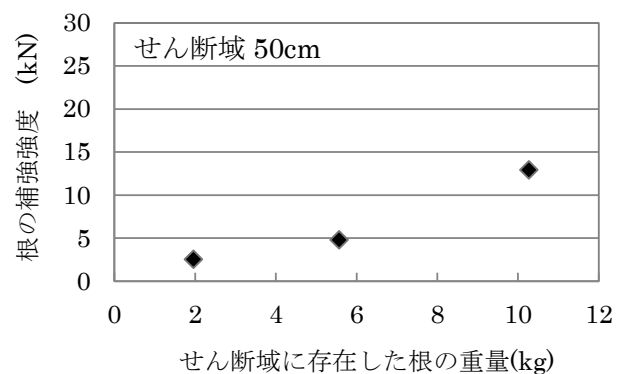


図 4 せん断域に存在した根の重量と補強強度の関係 (せん断域を 50cm に設定した実験)