

地震動に伴う土質強度の変化と斜面安全率

九州大学農学研究院森林保全学研究室 ○久保田哲也、篠原慶規、中村豪、井上陽太

1. はじめに

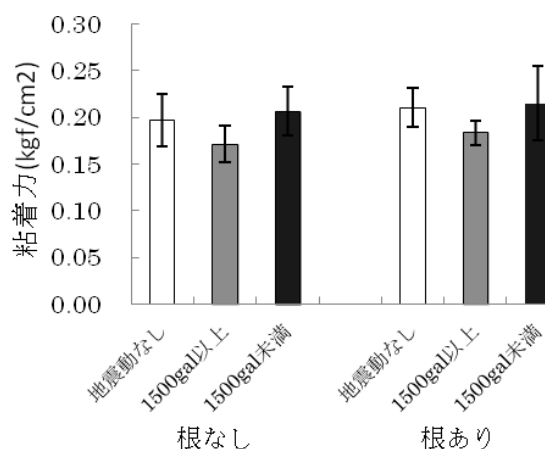
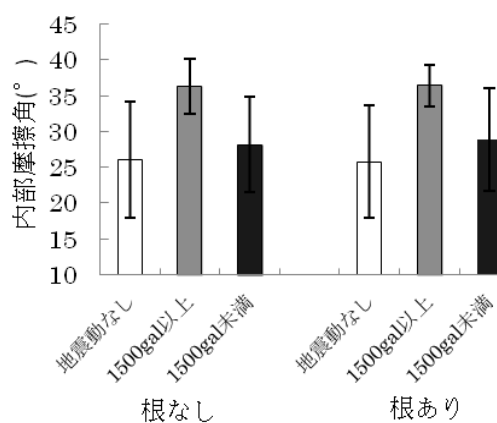
強い地震時には、崩壊が発生しない場合においても地震動に伴う亀裂発生や土質強度の変化による斜面安定性の低下や土砂生産が警戒避難基準雨量に影響を及ぼすと考えられる(平松他 1999、久保田 2012、執印他 2012、伊藤他 2013)。その観点から、ここでは土質強度に着目し、根系の有無も勘案した異なる土質における、地震動に伴う土質強度の変化、および、それに伴う事例崩壊斜面における斜面安全率の変化を研究したので報告する。

2. せん断試験

まず、根系あり及びなし、地震動あり及びなしの4ケースを用いた一面せん断試験により、それぞれの場合の粘着力 C と内部摩擦角 ϕ を求めた。試料には九州大学福岡演習林内の片岩風化土(以下、林内土と呼ぶ)を用いたが、他の研究同様2mm以上の粒径と有機物を除いた(執印他 2009)。根は同じく演習林内から採取した林齢50年のヒノキのものを用いた。根は、せん断面に位置するように付加した。その後、根系なしのケースには花崗岩風化土(マサ土)とクロボク土を追加して、3種類の土質により試験を行った。地震動は地震計でモニターしながら振とう器により発生させ、片岩風化土の場合約400gal~1500galの水平振動を10秒間印加したが、その他の土質は約1500galを10秒間の印加とした。

3. 試験結果

結果を図1~3に示すが、地震動を加えたサンプルは1500gal以上と未満(約400~1000gal)で分けている。棒グラフが平均値、エラーバーが標準偏差を表している。粘着力 C (図1)は、根系を加えたものが根系無しよりも僅かに大きな値を取ることが分かる。また、1500gal未満の地震動では、地震動なしのサンプルと比べて、大きな差はない。しかし、1500galの地震動を加えた場合、 C は減少する傾向にある。内部摩擦角 ϕ (図2)は、根系のあるなしでは差が観られない。また地震動を加えると ϕ は増加する傾向に

図1 粘着力 C の比較図2 内部摩擦角 ϕ の比較

ある。

次に3種類の土を用いた比較試験の結果を図3と図4に示す。振動による C の変化(図3)は、林内土で微増、マサ土で18.3%増、クロボク土で8.3%減だった。このうち、マサ土のみ有意差があった(5%水準:U検定)。 ϕ の変化(図4)は、林内土で10.2%増、マサ土で1.3%減、クロボク土で21.6%減だった。このうち、林内土のみ有意差があった(同上)。このように、今回の試験では振動により林内土は土質強度が上昇、クロボク土は土質強度が低下する傾向がみられた。なお、振動を加えたクロボク土は、 C 、 ϕ 共に標準偏差が大きくなった。

林内土に関して見ると、 C については明確ではない

が振動により減少傾向が見られ、 ϕ は増加する傾向がある。マサ土の結果を、同じ土質の既往の研究(伊藤他 2013)と比較すると、 C は逆の、 ϕ は同じ傾向を示した。この既往研究では体積含水率の異なる2つの条件でも試験を行い、 C や ϕ の変化は同じ傾向だったと報告している。これは、同じ乾燥密度ならば、地震動が C 、 ϕ に与える影響は体積含水率によって異なることを示唆しているが、一方、本研究とは乾燥密度が同じではなく、振動に対する C の変化が異なる結果となっている。すなわち、地震動が C に与える影響は乾燥密度によって異なることも考えられる。一方、 ϕ は、本研究と既往研究では同じ傾向を示した。そのため、マサ土では、 ϕ は乾燥密度・体積含水率に関係なく地震動により減少する可能性がある。

5. 斜面安定解析

2005年福岡県西方沖地震時や2012年豪雨災害時などの崩壊斜面事例を用いたFEMまたはLEMによる安定解析を行い、土質強度の変化が斜面安全率 F_s に及ぼす影響を検討した。上記の土質試験結果の最大強度減少率を用いると、表層崩壊(クロボク土:阿蘇表層崩壊)では、崩壊前元斜面に対する F_s が約12~13%減少(1.10から0.96、1.14から約1.00)となる。また、片岩風化土では土質強度が増す場合もあるが、減少する場合は、 F_s が4%減少(1.0が0.96)する。 F_s が1.0以下になってしまう場合は、地震動そのもので崩壊しなくても、その後の土質強度低下で崩壊が生じることになる。マサ土斜面の事例では、既往研究(伊藤他 2013)における C の低下率約10%を考えて解析したが、 F_s は約3%低下(1.01が1.04)する。ただし、今回の土質試験結果では強度が増加する場合もあるので、上記の F_s 減少は最悪の場合(対策として最安全側を見た場合)に当たると思われる。実際には、地震動の作用により逆に斜面が安定化する場合も考えられる。

4. 考察

今回の研究では、根系の有無による土質強度の差がわずかな上に、振動に対する反応の差は不明確だったので、地震動の影響に関して根系の有無は重要な要因ではないことが示唆される。また、既往の研

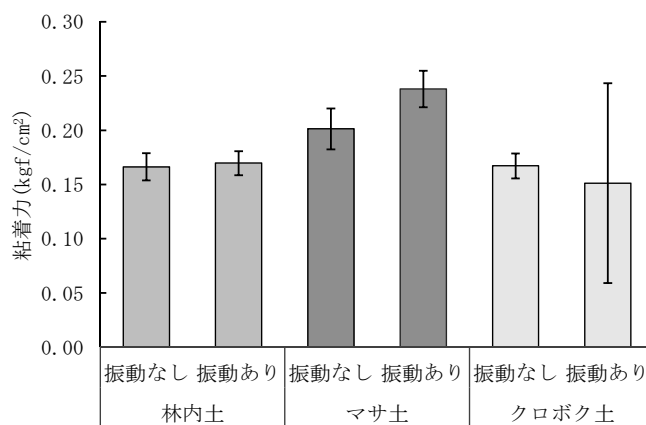


図3 土質別のCの変化

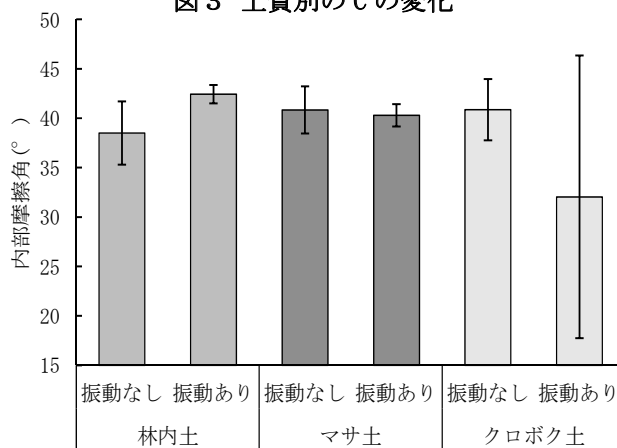


図4 土質別のphiの変化

究(久保田 2012)から、表層崩壊の F_s に関しては土質強度の変化よりも、地震に伴って斜面上方に発生する亀裂の影響がより一層重要である場合も考えられる。

5. 結論

本研究では、地震動の土質強度に対する影響における根系の有無による差は明確ではなかった。また、土質によっては振動により強度が増加する場合もあったが、クロボク土では斜面安全率が地震後に13%程度減少する場合があることが示めされた。

引用文献 (著者 50 音順)

- ・伊藤他(2013): H25年度砂防学会研究発表概要集、A-56~57。
- ・執印他(2009): 日録工誌、35(1)、9~14。
- ・執印他(2012): 砂防学会誌、65(2)、16~21。
- ・久保田(2012): H24年度砂防学会研究発表概要集、150-151。
- ・平松他(1999): 地すべり、36(2)、3~12。