

地震により亀裂を生じた森林斜面の崩壊危険雨量

九州大学農学研究院森林保全学分野 ○久保田哲也

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震は災害規模が非常に大きく、また広範囲に及ぶために、研究はいまだ緒に就いたばかりと思われる。そこで、東日本各地における種々の現地調査で報告されている斜面災害の実態に鑑み、既往地震時崩壊斜面を用いて、地震により亀裂が生じた森林斜面における崩壊危険雨量を検討した。

2. 地震時に生じた土砂災害の特徴

東北地方太平洋沖地震では盛土や宅地造成地、人工斜面に発生した崩壊・地すべりなども目に付くが、自然斜面に発生したものがやほり多く（阿部ほか 2011）、それらの特徴は過去の大地震時に発生したもの（久保田ほか 2005、内田ほか 2002、Kubota et. al. 2002、久保田ほか 2002、水山ほか 2001、地頭菌ほか 1998、谷口ほか 1986）と地形・地質・植生など発生条件（素因）に異なった点はないと思われる（蔡ほか 2011、若井ほか 2011 など）。また、深層崩壊も多い一方、表層崩壊については森林の地上荷重が影響する場合も考えられる（久保田ほか 2011、T.Kubota et.al. 2006、久保田ほか 2004）。

現地調査によれば、東北地方太平洋沖地震では、山腹に 1m 規模の亀裂や滑落崖を伴う変動斜面が見られており（例えば、中嶋ほか 2011）これらの亀裂からは雨水が浸透しやすく、今後の降水により容易に地下水の上昇や間隙水圧の上昇に繋がるとと思われる。また、変動や地すべりを生じているため、土質強度もピーク強度からは低下しているものと考えられ、このような斜面では、地震後の土砂災害発生雨量が小さくなると考えなければならない。気候変動に伴う降雨の増加が見出される今日の状況（久保田 2011、Kubota 2011）では、今後の強雨による災害が懸念される。

3. 方法と結果

ここでは、地震後の崩壊発生基準雨量を検討するために、類似の災害事例を使った FEM による雨水浸透・安定解析連成数値解析による研究を実行

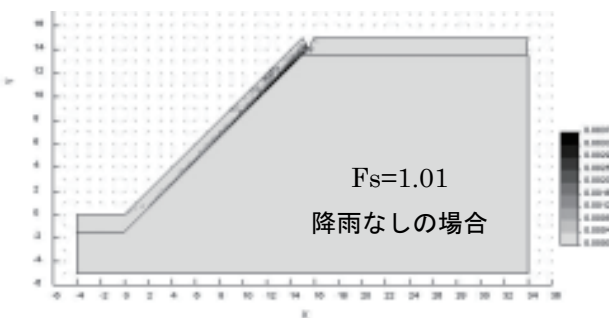


図-1 FEM 解析による地震後発生雨量の検討事例
（最大せん断ひずみ増分；亀裂による浸透増加
や土質強度低下の影響を解析）

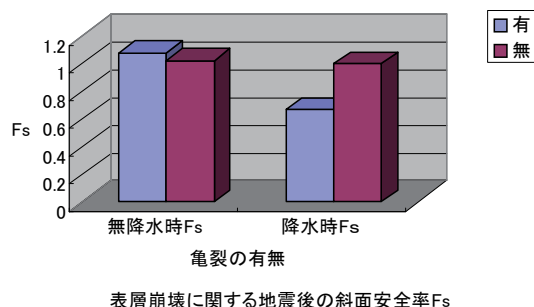


図-2 表層崩壊に関する地震による亀裂の影響
（亀裂による斜面安全率Fsの低下）

した。この場合、①斜面頭部に亀裂が生じ（見かけ上は表層の透水係数が増加して）、降水の浸透が増加し、崩壊が発生し易くなる場合と、②地震動のため斜面が変形または小滑動してすべり面が形成されるまたは土質強度が減少する場合が観測されており、このような条件を勘案した解析を行っている。森林の根系による斜面補強効果や、地震時の地上部荷重による斜面不安定化効果なども考慮しなければならないが（久保田ほか 2011、T. Kubota et.al. 2006、久保田ほか 2004）、これら森林の影響は地震で亀裂が生じて大きく変わらないと考える。亀裂は既往の調査研究に基づき深さ 1m 幅 1m とし、亀裂の代わりに表層の透水係数が 5 倍になる（平松ほか 1999）場合も検討した。また

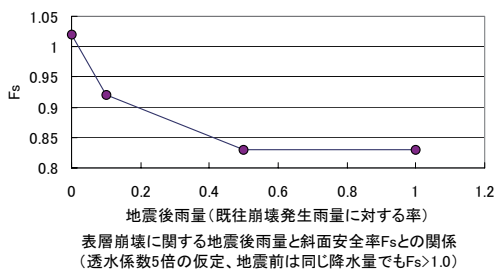


図-3 表層崩壊に関する地震による亀裂の影響(透水係数増加に伴う斜面安全率 F_s の低下)

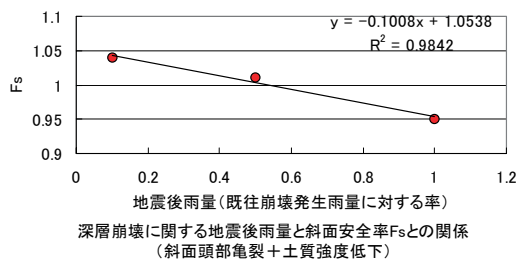


図-4 深層崩壊における地震に伴う土質強度低下の影響(亀裂や土質強度低下に伴う斜面安全率 F_s の低下)

土質強度の低下についても既往の研究例(長嶺ほか 2009)を参考に、内部摩擦角の減少を検討した。

FEM 解析(図-1)に用いる透水係数や土質強度などは現地採取サンプルの土質試験により求め、それ以外のヤング率やポアソン比などは、降雨を与えない場合の安全率 F_s が 1 より大きくなることを念頭に一般的な値を使用した。降雨は過去の災害雨量または地震直後の最大強雨とそれを 0.1～0.5 倍したものを用いた。①表層崩壊の場合：花崗岩地帯の表層崩壊事例を対象に解析を行い、崩壊が発生した地震後の当該地域の強雨データを入力した。この斜面は亀裂無しでは、地震直後の強雨でも $F_s > 1$ であったが、前述の 1m 程度の亀裂が斜面頭部にあると、降雨時の安全率 F_s は、亀裂無しの時の $F_s = 1.0$ から 0.670 とかなり下がる結果となる(図-2)。地震による亀裂のために表層の透水係数が 5 倍(平松 2009)になった場合には、図-3 のように 10%以下の雨でも斜面が不安定となる可能性がある。前述のように森林の影響は地震前後で大きくは変わらないと思われる。②深層崩壊の場合：片岩地帯の深層崩壊事例を対象に解析を行

い、崩壊発生時に発生した強雨データを入力した。この斜面では亀裂の有無では F_s に変化はなく、1m 程度の亀裂は、深さが 10m 近くに及ぶ規模の大きな崩壊には効果が小さいものと思われた。ただし、滑動に伴い土質強度が軟岩状態から風化岩状態に落ちると思われ、その際は内部摩擦角 ϕ が約 4%低下する(長嶺ほか 2009)。この土質強度が低下した状態では、図-4 のように地震前の 50～60%以下の雨量でも斜面が不安定となり得る。

3. まとめ

- 表層崩壊に関しては、地震後は斜面頭部の亀裂などにより降雨が透水し易くなり、地震前発生基準雨量の 10%程度の降雨量でも発生する可能性がある。
- 深層崩壊に関しては、地震に伴う地盤変形により土質強度の低下した斜面では、地震前発生雨量の 50%～60%で発生する可能性がある。

引用文献 (著者 50 音順)

- 阿部真郎他 (2011) 第 50 回地すべり学会概要集、3-4.
- 内田勉他 (2002) 地すべり、39(1)、128-136. 3) 蔡飛 他 (2011) 第 50 回地すべり学会概要集、11-12. 4) T. Kubota (2011), Advances in geosciences, Vol. 23, World Scientific Publishing, 63-73. 5) 久保田哲也 (2011) 水利科学 No. 320、85-99. 6) 久保田哲也他 (2011) 第 50 回地すべり学会概要集、119-120. 7) 久保田哲也他 (2006) 第 3 回土砂災害に関するシンポジウム論文、1-6. 8) T. Kubota et. al. (2006) Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 01893, EGU. 9) T. KUBOTA et. al. (2006) Proc. of the Int. Conf. on Geotechnical Engineering Singapore, 111-118. 10) 久保田哲也他 (2005) 砂防学会誌、58(2)、32-37. 11) 久保田哲也他 (2004) 地すべり学会誌、41(3)、57-65. 12) Kubota, T. et. al. (2002) European Geophysical Society Geophysical Research Abstracts, vol. 4, EGS02-A-005. 13) 久保田哲也 (2002) 地すべり、38(4)、52-57. 14) 谷口栄一他 (1986) 土木技術資料、28(1)、59-65. 15) 地頭菌隆(1998)、砂防学会誌 51(1)、38-45. 16) 中嶋登志男他 (2011) 第 50 回地すべり学会概要集 7-8. 17) 長嶺元二他 (2009) 地すべり学会誌、46(3)、43-48. 18) 平松晋也他 (1999) 地すべり学会誌、36(2)、3-12. 19) 水山高久他 (2001) 砂防学会誌、54(1)、98-99. 20) 若井明彦他 (2011) 第 50 回地すべり学会概要集、5-6.