

熊本地震時に山頂斜面に発生した亀裂の地盤強度への影響

浅野志穂¹・鈴木拓郎¹・黒川潮²

1 (国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所

2 (国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 九州支所

要旨：山地の地震時崩壊地周辺に発生する亀裂等の斜面の攪乱が、斜面の地盤強度へ及ぼす影響について検討するため、熊本地震により亀裂が多数発生した夜峰山山頂斜面において表面波探査により地盤強度の調査を行った。探査は尾根線に平行して伸びる亀裂や段差に平行な方向と直交する方向で行い結果を比較した。その結果、地震により亀裂が発生することで、亀裂や段差に直交する斜面方向の地盤強度が低下することが明らかとなった。

キーワード：地震時斜面崩壊、亀裂、地盤強度、表面波探査

Effect on soil strength by cracks on a mountain ridge caused by The 2016 Kumamoto Earthquake

Shiho ASANO¹, Takuro SUZUKI¹, Ushio KUROKAWA²

1 Forestry and Forest Products Research Institute

2 Kyushu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

I はじめに

山地地域において直下型の大規模地震の発生による斜面崩壊が大きな問題となっている。地震を引き金とする斜面崩壊は、斜面上部の急斜面に強い振動が加わることで、斜面の土塊の一部が分離して発生する場合も多い。崩壊地の周囲の斜面や崩壊が未発生斜面でも、強い地震動により多数の亀裂が斜面に形成されることが多く、特に崩壊地の周囲に残存する斜面に多数の亀裂が見られることが多い。このような斜面の亀裂については、崩壊発生後の二次的な崩壊の発生や拡大の要因にもなるため、災害軽減のためにも地震後に斜面に現れる亀裂について評価することが重要である。地震時の崩壊と亀裂の関係については、地震後の斜面の亀裂の分布とその後の崩壊予測の検討(村上ら(3))など定性的な検討は行われている。しかし斜面の危険度評価の際には、不連続面としての亀裂自体の評価に加え亀裂を含んだ地盤の平均強度が重要となるが、このような地盤強度の評価方法に関しての研究は進んでいない。このため本研究では、強い地震動により崩壊地上部に亀裂や段差などが生じ攪乱を受けた斜面の表層地盤の強度を巨視的に評価することを目的として、特に地盤強度の亀裂の伸長方向に対する違いについて検討した。

II 検討方法

1. **調査地** 本研究は平成28年(2016年)熊本地震により阿蘇中央火口丘に位置する夜峰山山頂付近において

亀裂が発生した斜面を対象に実施した。夜峰山は安山岩質溶結火砕岩からなり、表層は降下火砕物が堆積する(宮縁ら(2))。夜峰山は山頂から北西-南東方向に尾根線が伸びており、尾根に沿った両側の斜面で複数の崩壊が地震により発生しており、特に北東側の斜面で崩壊が多く発生した。また尾根線沿いに亀裂やそれに伴う段差が確認され、亀裂や段差は尾根線に平行な方向に伸びており複数列形成されていた。調査は亀裂が分布する尾根斜面上で実施した。

2. **調査方法** 地震による攪乱によって亀裂や段差が生じた地盤の強度を検討するため、ここでは対象斜面において高精度表面波探査を行った。表面波探査は非破壊の地震探査の1つであり、人力によるハンマリングで発生させた表面波を地表の測線上に配置した地震計で記録し解析を行うことで、測線上の二次元断面のS波速度分布を推定した。探査は応用地質(株)製 McSEIS-SXW 及び SeisImager を用いて行った。結果については約10m以浅を有効範囲とした。調査は亀裂の方向の違いによる地盤強度の差を調べるため、直交する2測線を設定した(図-1)。測線は本論では亀裂の方向に対して平行な向きを測線A、亀裂の方向に対して直交する向きを測線Bとした。測線Aの測線長は52m、測線Bは23.5mである。

III 結果と考察

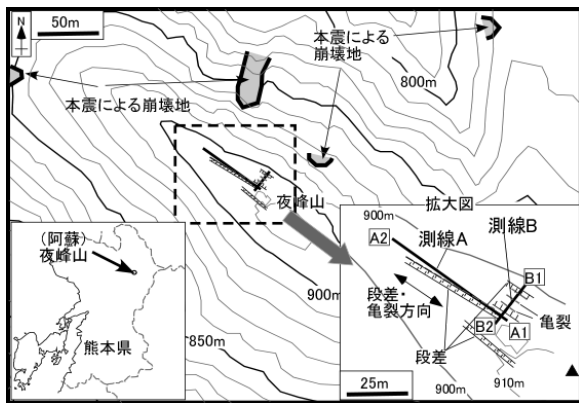


図-1. 調査地の亀裂の伸長方向に平行な測線 A と亀裂と直交する測線 B

表面波探査によって推定した S 波速度分布について図-2 と図-3 に示した。ここで示す S 波速度分布は亀裂や段差による地盤の攪乱の影響を含めたそれぞれの地点のブロックとしての平均的な値を示す。測線 A の水平距離 4m や 16m 付近等の段差箇所では亀裂を横切ったがそれ以外は元々の地山である。それに対して測線 B では水平距離 1m から 22m 付近にかけて連続的に亀裂や段差を横切っており強く攪乱を受けた測線にあたる。それぞれの S 波速度分布の特徴として、測線 A では地表から深さ 3m 以深で速度が急増加しており、表層と基盤の境界と考えられる。表層の中でも A1 側で亀裂を横断する付近では速度がやや低下しているが、表層の S 波速度は 150~250m/s の範囲であった。測線 B も地表から深さ 3m 以深

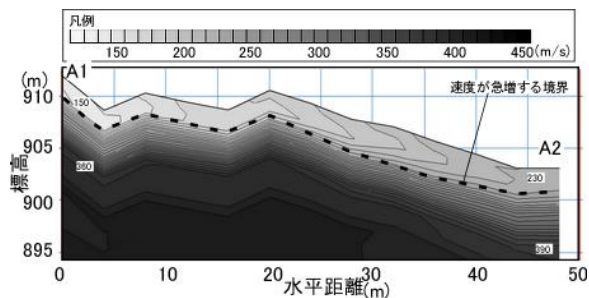


図-2. 測線 A の S 波速度分布

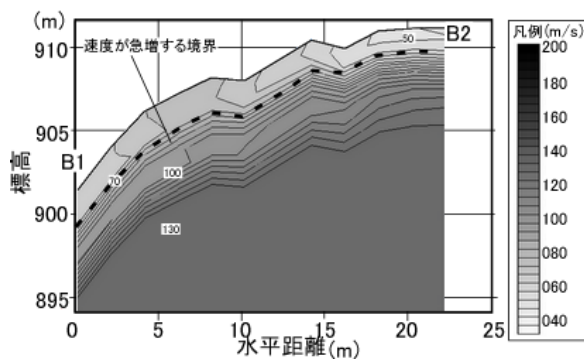


図-3. 測線 B の S 波速度分布

で速度が急に増加しており、表層と基盤の境界と考えられる。測線 A と比較して表層の S 波速度は小さく、50~100m/s 程度の範囲となった。測線 B の表層で平均的な S 波速度が低いのは亀裂や段差など攪乱を受けた影響であると考えられる。ただし深部の基盤の速度も測線 A と B で異なる結果となっており、これは探査時に表層の低速度の影響に引きずられた可能性が考えられるが、今後検討が必要である。

亀裂などの攪乱による S 波速度の低下の度合いを地盤強度と関係づけて検討するため、S 波速度と N 値の関係式(今井ら(1))に基づく換算式(応用地質(株)(4))を用いて推定した。測線 A で測定した表層の S 波速度範囲の中央値 200m/s は、相関式によると N 値で約 1.6 に相当し、測線 B で測定した表層の S 波速度範囲の中央値 75m/s は、N 値で約 0.92 に相当する。このため N 値換算で測線 B の表層土は測線 A に対して約 73%強度が低いとみなすことができる。すなわち地震により斜面地盤に亀裂が発生すると、亀裂に直交する方向の地盤強度では、亀裂に平行する方向と比べて N 値換算で約 27%程度の強度低下が発生したと評価できる。一般に斜面の亀裂は斜面の傾斜に直交する方向に分布する場合も多く、このため亀裂によって斜面傾斜方向の地盤強度が低下し、崩壊危険度上昇に大きく影響すると言える。また本手法は地盤をブロックとして扱いその平均的な強度の低下を評価するため、斜面全体の安定性評価により近い評価に繋がる有効な手法と考えられる。しかしまだ 1 事例であり、亀裂以外の影響の可能性も残されているため、今後更にデータの蓄積を行い、地震後の斜面安定評価につながる地盤強度評価を検討したいと考えている。

謝辞：本研究は森林総合研究所交付金プロジェクト(201601)の一部として実施した。調査時に支援をいただいた各位に感謝申し上げます

引用文献

- (1) 今井常雄・麓秀夫・横田耕一郎(1975)日本の地盤における弾性波速度と力学的性質。日本地震工学シンポジウム講演集 4: 89-95
- (2) 宮縁育夫・渡辺一徳(2000)阿蘇火山地獄温泉付近における水蒸気爆発とその堆積物。火山 45(1):25-32
- (3) 村上亘・大丸裕武・金子守男(2017)2008年岩手・宮城内陸地震後の降雨により崩壊が発生した山地斜面の地形的特徴。日本地すべり学会誌 54(1):3-12
- (4) 応用地質株式会社(2007)高精度表面波探査マニュアル。応用地質株式会社, 茨城: 75pp