

山体地下構造を反映した地震応答解析 —熊本地震による斜面崩壊の再現—

吉澤 努¹・徳橋 亮治²・河戸 克志³・奥村 稔⁴

¹正会員 大日本コンサルタント株式会社 インフラ技術研究所 (〒102-0075 東京都千代田区三番町 6-3)
E-mail: yoshizawa@ne-con.co.jp

²正会員 大日本コンサルタント株式会社 インフラ技術研究所 (〒102-0075 東京都千代田区三番町 6-3)
E-mail: tokuhashi@ne-con.co.jp

³非会員 大日本コンサルタント株式会社 インフラ技術研究所 (〒102-0075 東京都千代田区三番町 6-3)
E-mail: kawato@ne-con.co.jp

⁴非会員 大日本コンサルタント株式会社 インフラ技術研究所 (〒102-0075 東京都千代田区三番町 6-3)
E-mail: okumura@ne-con.co.jp

2016年熊本地震において土砂災害が発生した京大火山研究所が位置する高野台を対象に、3次元FEM解析モデルによる山全体の動的解析を行った。解析モデルは山体構造を考慮しないケースと、地震より前に実施した空中電磁探査により計測した比抵抗分布から推定した山体構造を考慮したケースの2通りとした。後者では比抵抗を岩の間隙率の指標と見なし、弾性波速度等の地盤パラメータを算出して山体の解析モデルに反映した。山体構造は、溶岩と推定される堅固な層が地表付近に分布するドーム構造が見られた。この構造を考慮したケースによる熊本地震の再現解析の結果、山の北側斜面において、崩壊が起きた箇所の近傍に局所的に地盤のせん断ひずみが大きい領域の存在が確認された。

Key Words: airborne electromagnetic survey, Kumamoto earthquake, slope failure, underground structure of mountain, FEM dynamic analysis

1. はじめに

熊本県阿蘇カルデラ内の中央火口丘の西側に位置する高野台地区では、2016年熊本地震により西側及び北側の斜面で崩落が生じた。斜面崩壊は表層地盤下層の軽石層のすべりによる表層崩壊であるが、勾配があまり大きくない西側斜面の崩壊規模が大きい等、崩壊が起きた箇所と地形との関係が明確ではない。このことから、表層崩壊が生じた箇所は基盤岩の山体構造が影響している可能性が考えられるが、既存のボーリングでは基盤岩の情報が乏しく、山体構造は十分明らかにされていない。

近藤ら¹⁾は、高野台地区から約2 km西に位置する阿蘇大橋近傍の外輪山を対象に、山体の3次元FEMモデルによる動的解析を行っている。この解析では山体を表層地盤と基盤とに分けて物性値を設定しているが、山体構造に関する詳細な情報が得られていないため、各々の層には一様な物性値を設定している。

山体構造を3次的に把握する方法として、空中

電磁探査による3次元比抵抗データの解析が考えられる。山体を構成する岩盤は、風化が進むと体積含水率の増加によって比抵抗が低下することが知られており、比抵抗から風化の程度を推測できるとする考え方もある。朴²⁾は、比抵抗を用いて、岩の風化の程度の指標である弾性波速度を推定する方法を示している。

大熊ら³⁾は、有珠山を対象に空中電磁・磁気探査を行い山体構造を調査している。空中電磁探査による比抵抗分布では火口や溶岩ドームに比抵抗の高い層が見られ、これらはマグマが冷えた層であるとしている。また、比抵抗が低い箇所は地下浅部の高温部や熱水活動との関連が示唆されるとしている。

澤谷ら⁴⁾は北海道駒ヶ岳火山を対象に、空中電磁探査を行い大規模崩落の可能性について考察している。この研究では、山頂において風化が進んだ層の上に堅固な溶結溶岩が重なるキャップロック構造が確認されており、比抵抗の3次的な分布を参照して崩壊が起きた場合の土砂量を推定している。ただし、実際に崩壊が確認さ

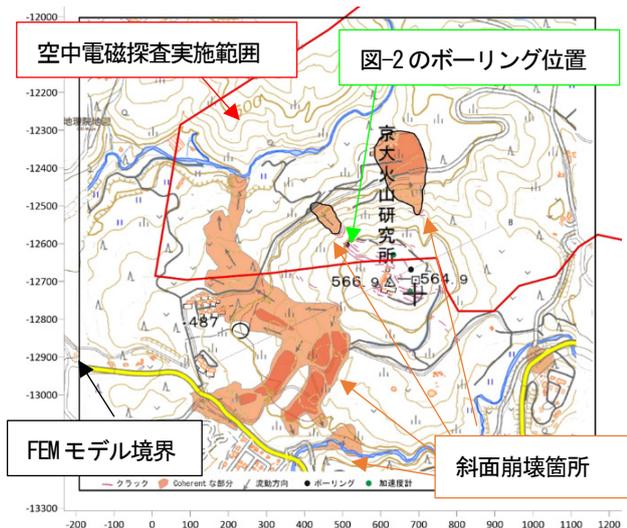


図-1 熊本地震による斜面崩壊位置 (文献⁸⁾ の図に加筆)

れているわけではない。

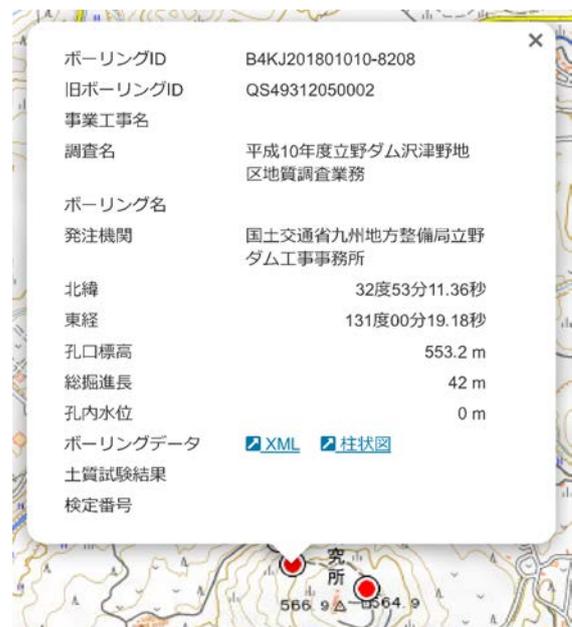
阿蘇カルデラ内の高野台地区は、熊本地震の発生前に空中電磁探査が行われている。探査領域は高野台の北半分に限られるが、熊本地震で発生した斜面崩壊の一部を含んでいる。そこで、本研究では、空中電磁探査による比抵抗データを元に弾性波速度等の物性値の分布として高野台地区の山体構造を推定し、3次元 FEM 解析モデルに反映した。このモデルに対して熊本地震を再現した動的解析を行い、山の地震応答と斜面崩壊との関係について考察した。

2. 高野尾羽根火山の熊本地震による斜面崩壊

阿蘇カルデラ内の高野台地区は、京大火山研究所（現火山研究センター）が位置する高野尾羽根火山（標高 576 m）である。高野尾羽根火山は、約 5 万年前に貫入・噴出した比較的新しい流紋岩ドームと流紋岩溶岩であり、岩体の二次的な変質や、脱ガラス化は少なく、初期の構造や組織をよく保存している⁹⁾。

2016 年 4 月の熊本地震では、高野台地区の溶岩ドーム西側及び北側の斜面で崩壊が発生した^{6,7,8)}。図-1 は文献⁸⁾に示された斜面崩壊位置の図に注釈を加えたものである。高野台地区の北側は斜面の傾斜が大きく、2 か所で斜面崩壊が発生した。西側では斜面の傾斜はあまり大きくないが、発生した斜面崩壊の規模が大きく、土砂は北西を流れる沢にまで達した。図中の線で囲まれた山の北側を含む領域が、空中電磁探査を実施した範囲である。

図-2 は KuniJiban から入手したボーリングデータ⁹⁾である。表層地盤は黒ボクと火山灰が互層をなして分布し、層厚は場所により 3m~13m と異なる。基盤は「軟岩・



(a)ボーリングの諸元

標尺 (m)	層高 (m)	深度 (m)	柱状図	土質区分	色	相対密度	相対稠度	記事	地層岩体区分	孔内水位 (m)	測定月日
552.80	0.40	0.40		黒ボク	黒						
551.60	1.20	1.60		火山灰	濃褐						
550.60	1.00	2.60		黒ボク	黒						
				火山灰	濃褐						
548.95	3.55	6.25		浮石 (軽石)	濃褐						
546.20	0.60	7.00		火山灰	濃褐						
545.90	0.30	7.30		黒ボク	暗褐						
				火山灰	濃褐						
543.85	2.85	10.15		軟岩・風化岩	緑						

(b)ボーリング柱状図 (抜粋)

図-2 崩壊箇所近傍のボーリング柱状図⁹⁾

風化岩」と記されている。なお、N 値は記されていない。

図-2 には示されていないが、表層地盤の基底には数 cm から 30 cm の厚さの軽石層が分布しており、これをすべり面として斜面崩壊が発生したことが地震後の調査で確認されている。

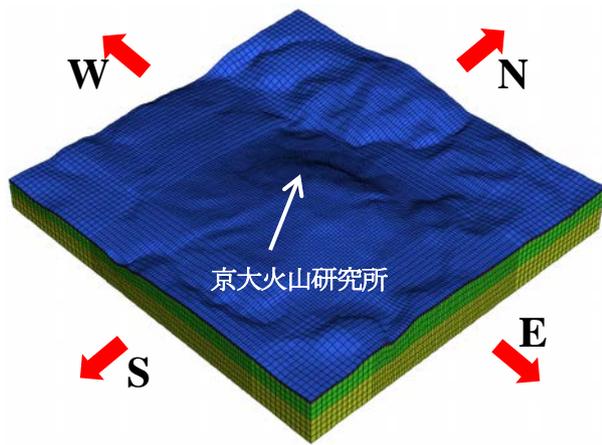


図-3 3次元 FEM 解析モデルメッシュ図

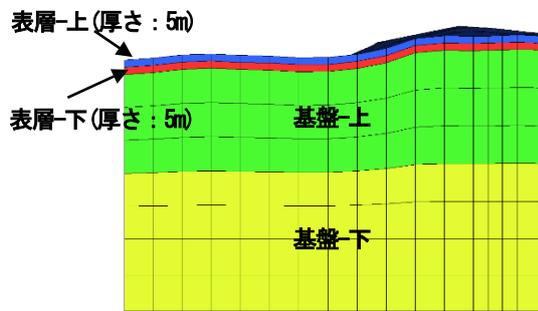
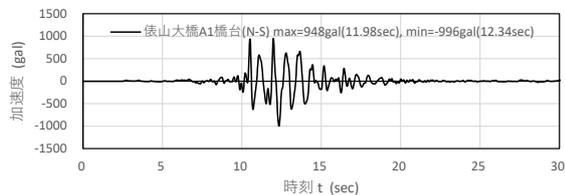
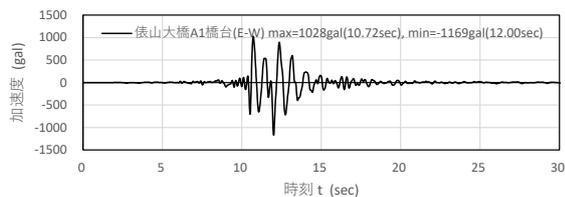


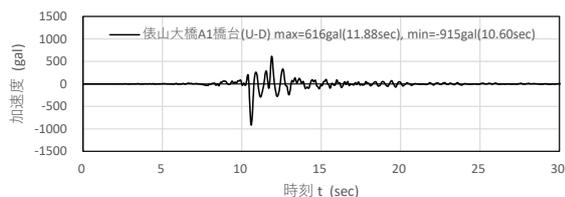
図-4 FEM 解析モデルの地層構成



(a)N-S 方向



(b)E-W 方向



(c)U-D 方向

図-5 入力地震動の加速度波形¹⁰⁾

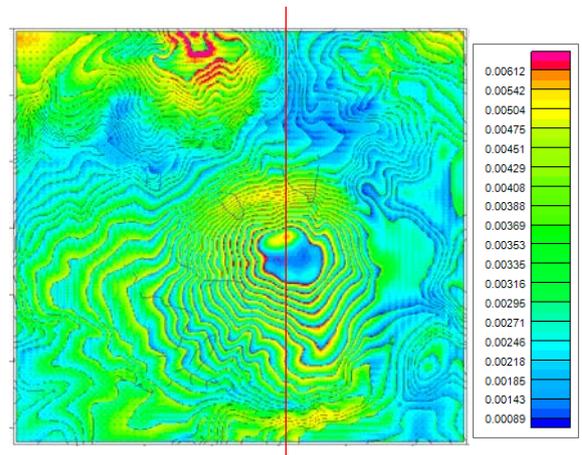
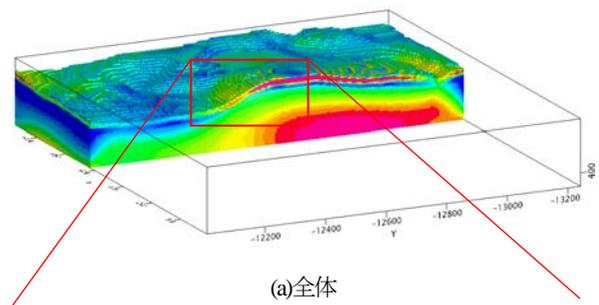
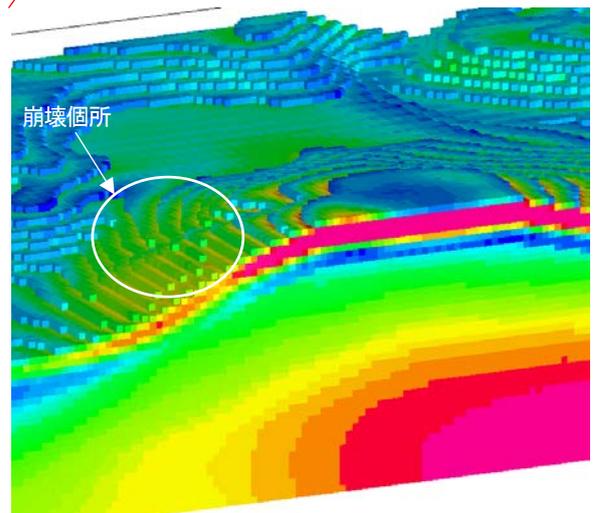


図-6 解析結果による地表のせん断ひずみ (NS-UD) 分布図



(a)全体



(b)北側斜面の拡大

図-7 山頂を通る鉛直面のせん断ひずみ (NS-UD) 分布図

3. FEM 解析による熊本地震のシミュレーション

高野尾羽根火山全体と、土砂が到達している南北の沢を含む図-1 に示した南北 1.25 km、東西 1.35 km の範囲を対象に、地形データを元に山体を 3 次元 FEM モデルとして熊本地震のシミュレーション解析を行った。深さ方向の範囲は山頂から約 200 m 下方の標高 350 m までとした。解析プログラムは地盤・浸透・耐震解析統合システム Soil Plus を用いた。解析モデルの FEM メッシュ図を図-3 に、モデルの地層構成を図-4 に示す。表層地盤はボーリングデータから平均的な厚みである 10 m に設定

し、5 m ずつの厚さで上層及び下層の 2 層に分けた。表層地盤の物性値は上層・下層ともに、黒ボク層で想定される平均的な値として N 値 9、単位体積重量 19 kN/m³ と設定した。土質分類は粘性土とした。

基盤層は軟岩・風化岩とされることからせん断弾性波速度 V_s に大きい値が期待できないこと、近藤らが解析対象とした阿蘇大橋がごく近いことから、文献¹⁾を参考に基盤層の上層・下層ともに $V_s=0.75$ km/sec、単位体積重量 20 kN/m³ と設定した。

入力地震動は、熊本地震の基盤での観測波を用いることが望ましいが、近傍に K-NET 及び KiK-net の観測地点が存在しないため、本橋ら¹⁰⁾が俵山大橋の動的解析において断層モデルを用いて算出した再現波を用いた。加速度波形を図-5 に示す。地震波は橋の下部構造ごとに算出されているため、高野尾羽根火山のある側と同じ、断層の北側の A1 橋台の地震波を用いた。なお、高野尾羽根火山の山頂と俵山大橋との距離は約 5 km である。

解析結果より、FEM 要素の最大せん断ひずみ (NS-UD) の分布を図-6 及び図-7 に示す。図-6 の平面図では崩壊が起きた場所に特徴のあるせん断ひずみの分布を見出すことはできなかった。

図-7 は山頂を通る南北方向の鉛直面で切断した図である。せん断ひずみは基盤の下層の一部と表層地盤の下層で大きい値を示している。基盤の下層はせん断応力が高いためせん断ひずみが大きく、表層地盤の下層は地盤のせん断弾性係数が小さいためせん断ひずみが大きい。断面図を拡大して見ると、表層地盤下層のせん断ひずみは山頂から南側の斜面にかけての範囲で大きく、崩壊が起きた山の北側斜面では特に大きい値は示していない。

4. 空中電磁探査による山体構造の推定

(1) 空中電磁探査による比抵抗の計測

空中電磁探査は、図-8 に示すようにヘリコプターを用いて地盤の比抵抗を検出する。ヘリコプターは送信コイルと受信コイルを搭載したバードを、地表から 30 m の一定高度となるように吊り下げて飛行する。送信コイルによる一次磁場に対して地盤に誘導電流が生じ、これによる二次磁場を受信コイルで検出する。磁場は 140 kHz から 340 Hz の間で 6 つの周波数を設定し、周波数ごとの到達深度の違いからバードの直下の深度方向の比抵抗分布を得る。探査深度は概ね 100 m から 150 m である。ヘリコプターの飛行経路に沿って鉛直面の比抵抗分布が得られ、調査区域を走査することで比抵抗の 3 次元的な分布を把握できる。

地盤の比抵抗の計測により金属のような導体の存在を

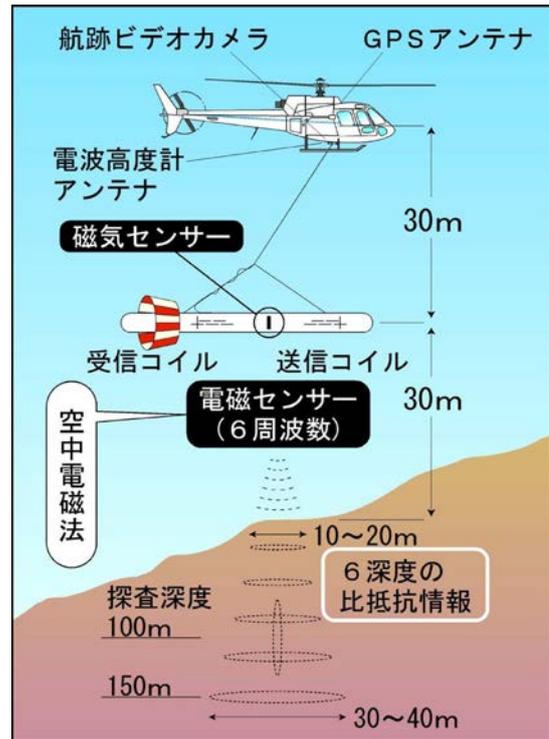


図-8 空中電磁探査の概要¹¹⁾

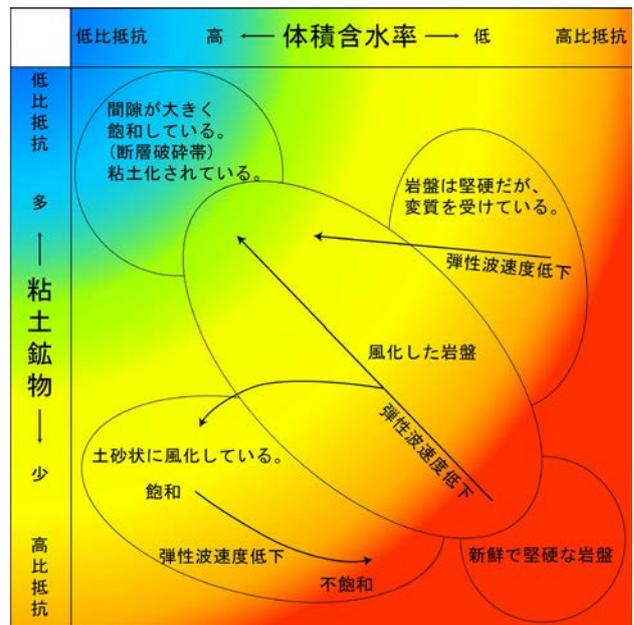
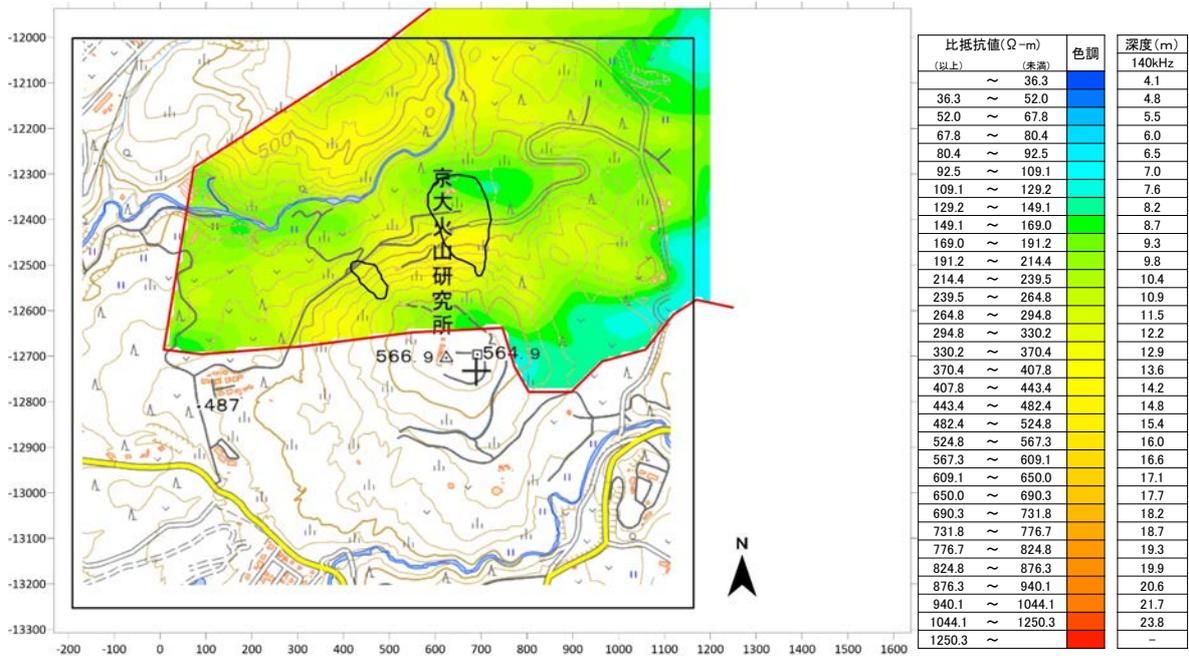
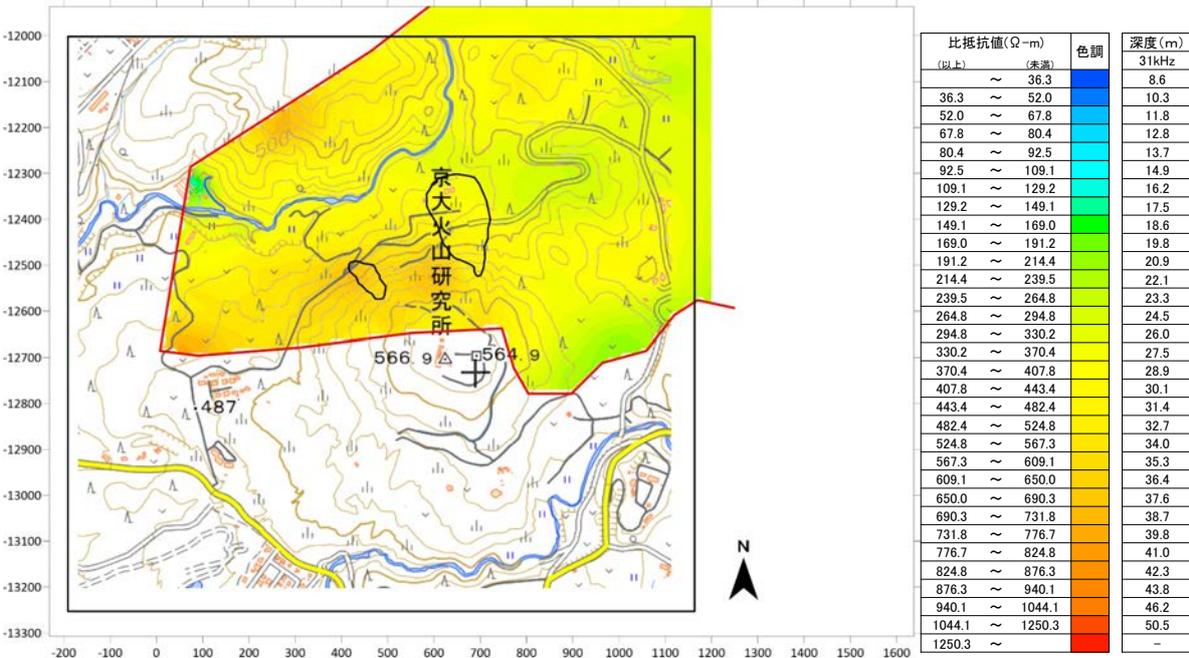


図-9 粘土鉱物含有量・体積含水率と比抵抗の関係^{12), 13)}

検出できる他、地盤の間隙に水が多く存在する場合に比抵抗が低下するため、地中の帯水の状況を把握できる。また、地盤の比抵抗は図-9 に示すように粘土鉱物の多少や体積含水率の高低により変化する^{12), 13)}。岩の風化が進むと粘土鉱物や体積含水率は増える傾向であるため、このような比抵抗の変動から岩の風化の程度を推定できるという考え方もある。このため、山体の比抵抗の 3 次元分布から山体構造を推定できる可能性がある。



(a)140 kHz



(b)31 kHz

図-10 空中電磁探査により計測した地盤の比抵抗分布図

高野台地区において空中電磁探査により計測した比抵抗の水平面の分布を図-10に示す。図には代表として140 kHzと31 kHzの2通りの周波数による計測値を示している。周波数が高い140 kHzは比較的浅い層、低い31 kHzは比較的深い層の比抵抗である。比抵抗そのものの分布からは、崩壊箇所について特徴的な分布を見出すことはできなかった。

(2) 探査範囲外の比抵抗の補間

比抵抗により FEM 解析の入力値を算出するため、空

中電磁探査の探査範囲外に対して比抵抗を補間した。補完する手法は図-11に示すように、探査範囲との距離により2通りの手法を用いた。

高野台地区の北側ではクリギングにより外挿補間を行った。探査範囲から離れた高野台地区の南側に対しては、探査範囲内の点線の範囲における各周波数の計測値を元に地盤高の2次関数あるいは3次関数による相関式を求め、この式により外挿した。補間した比抵抗分布はコンター図の目視により探査範囲の分布とスムーズにつながることを確認した。

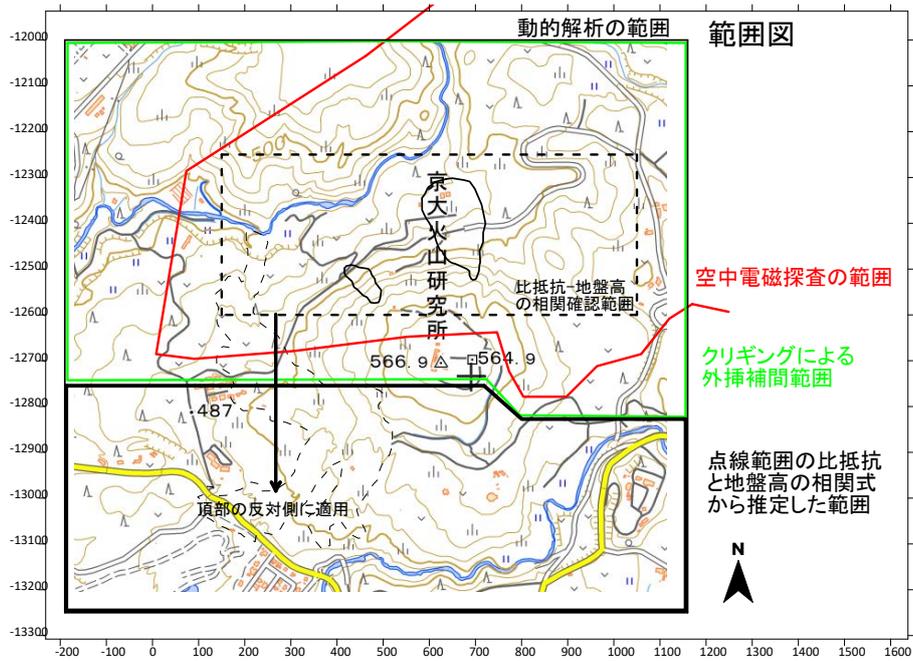


図-11 空中電磁法による探査領域と領域外の比抵抗の補間方法

(3) 比抵抗による地盤物性値の推定

山体構造を比抵抗から推定して解析モデルに反映するために、まず、比抵抗から岩の弾性波速度を求めた。弾性波速度は岩の変形係数と質量密度により決定される値であり、風化が進んだ岩では弾性波速度が小さくなることが知られている。次に、既往の研究で示されている相関式により、弾性波速度から変形係数や質量密度、動的ポアソン比等の FEM モデルの入力値を算出した。

比抵抗から岩の弾性波速度 V_p を求める方法は朴の手法²⁾に準じた。まず、比抵抗と岩の間隙率の相関式として Archie の式¹⁴⁾を式(1)に示す。

$$\rho = F\rho_w S_w^{-n} \quad (1)$$

ここで、 ρ : 岩の比抵抗、 ρ_w : 水の比抵抗、 S_w : 水の飽和率、 n : 飽和指数 (通常は $n=2$)、 F : 表層比抵抗係数で式(2)より求める。

$$F = \alpha\phi^{-m} \quad (2)$$

ここで、 α は実験定数で経験的に 0.6~3.5、 ϕ は間隙率、 m は膠結係数であり経験的に 1.3~2.5 の値をとる。

定数を $\alpha=1$ 、 $m=2$ として Archie の式を簡略化すると間隙率と比抵抗の関係は式(3)のように表せる。

$$\phi = \frac{\sqrt{\rho_w}}{\sqrt{\rho_r} \cdot S_w} \quad (3)$$

岩の間隙率と弾性波速度の関係は、Wyllie¹⁵⁾による式(4)が知られている。

$$\frac{1}{V_p} = \frac{1-\phi}{V_m} + \frac{\phi S_w}{V_w} + \frac{\phi(1-S_w)}{V_a} \quad (4)$$

式(4)の間隙率に、Archie の式(3)を代入することで、岩の比抵抗と弾性波速度 V_p の関係を表す式(5)が得られる。

$$\frac{1}{V_p} = \sqrt{\frac{\rho_w}{\rho}} \cdot \left(\frac{1}{S_w V_a} - \frac{1}{S_w V_m} - \frac{1}{V_a} + \frac{1}{V_w} \right) + \frac{1}{V_m} \quad (5)$$

地下水位以深を想定して飽和土 $S_w=1$ とすると、式(5)は式(6)となる。

$$\frac{1}{V_p} = \sqrt{\frac{\rho_w}{\rho}} \cdot \left(\frac{1}{V_w} - \frac{1}{V_m} \right) + \frac{1}{V_m} \quad (6)$$

本研究では、基盤層の山体構造の影響に着眼し、深部の V_p を算出するために表層地盤も含めてモデル全体に飽和式を用いた。

弾性波速度 V_p から、地盤の FEM 要素に入力する各物性値を以下の式で算出した。質量密度 ρ は瀬崎¹⁶⁾による火山岩に関する式(7)を用いた。また、動的ポアソン比 ν_d は甲村¹⁷⁾の式(8)を用いた。

$$\rho_s = 2.3V_p^{0.09} \quad (7)$$

$$\nu_d = -0.0000177V_p + 0.442 \quad (8)$$

変形係数 E と ρ と V_p の関係は式(9)である。また、弾性波速度 V_p とせん断弾性波速度 V_s の関係は動的ポアソン比 ν_d を用いて式(10)のように表される。

$$E = \rho_s V_p^2 \quad (9)$$

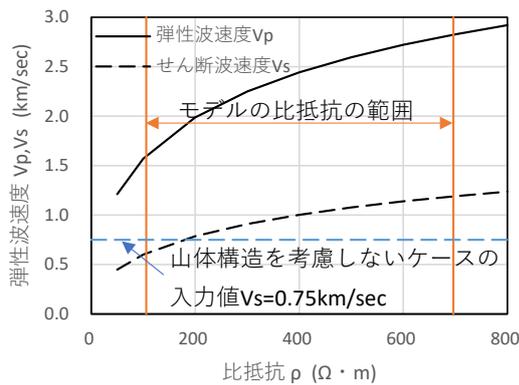


図-12 比抵抗と地盤の弾性波速度

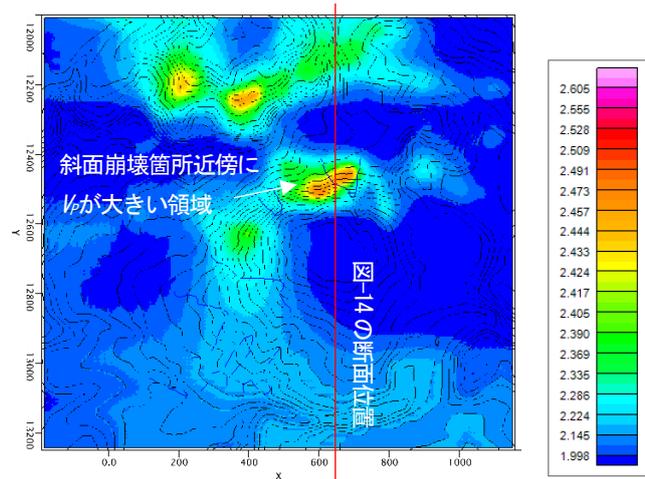


図-13 探査結果から推測した地盤の弾性波速度 V_p の分布図

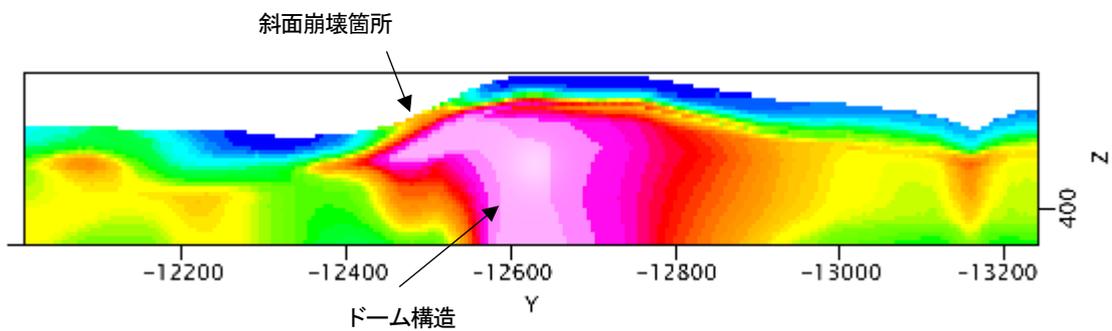


図-14 山体の断面における地盤の弾性波速度 V_p の分布図

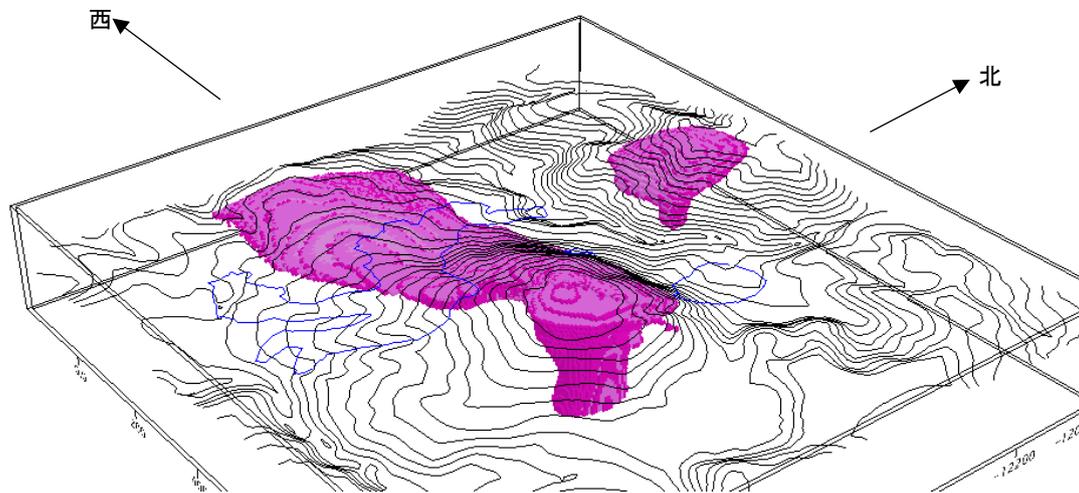


図-15 空中電磁探査を元に推測した地中部における $V_p \geq 2.6 \text{ km/sec}$ 以上となる層の分布図

$$\frac{V_P}{V_S} = \sqrt{\frac{2(1-\nu_d)}{1-2\nu_d}} \quad (10)$$

解析モデルに設定した弾性波速度を、比抵抗を横軸にして図-12に示す。比抵抗の計測値は $106 \Omega \cdot \text{m} \sim 696 \Omega \cdot \text{m}$ の範囲であり、 V_p は $1.60 \text{ km/sec} \sim 2.82 \text{ km/sec}$ の範囲、 V_s は $0.615 \sim 1.189 \text{ km/sec}$ の範囲である。せん断弾性波速度

の値は、山体構造を考慮しない解析ケースの設定値である 0.75 km/sec と比較するとおおむね大きい値が設定されている。

高野尾羽根火山における地盤の V_p の分布を推定した結果を図-13に示す。式(6)の各定数は周辺の地盤条件を勘案して $\rho_w = 100 \Omega \cdot \text{m}$ 、 $V_w = 1.57 \text{ km/sec}$ 、 $V_m = 5.5 \text{ km/sec}$ と設定した。

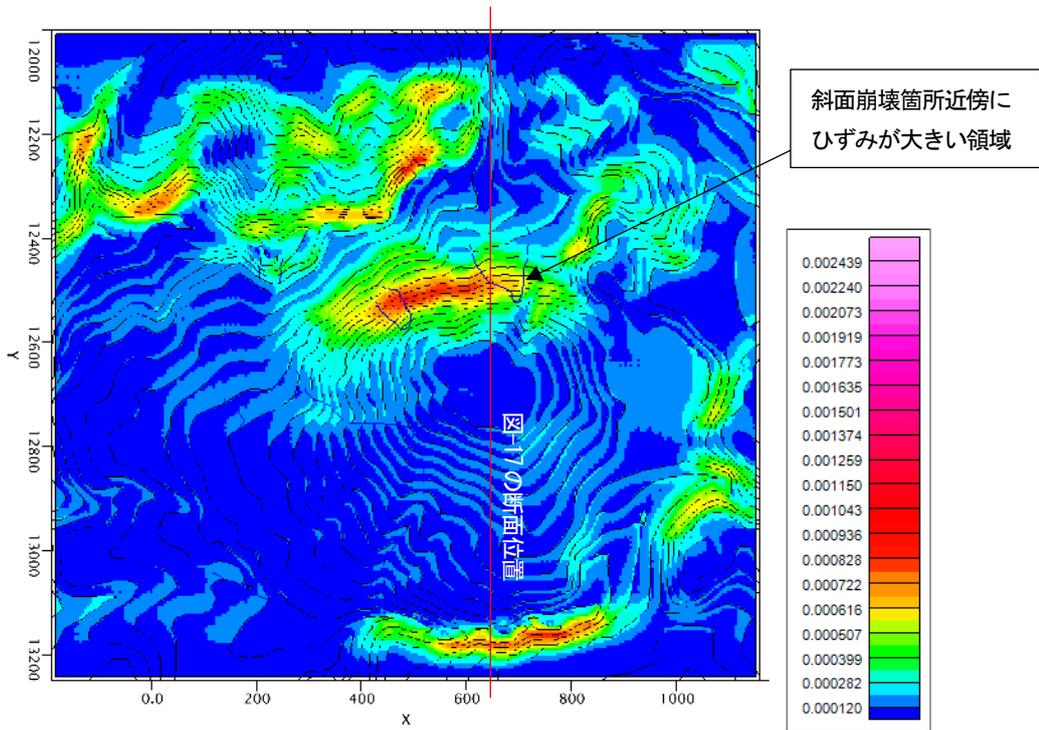


図-16 解析結果による地表面の最大せん断ひずみ分布図 (NS-UD)

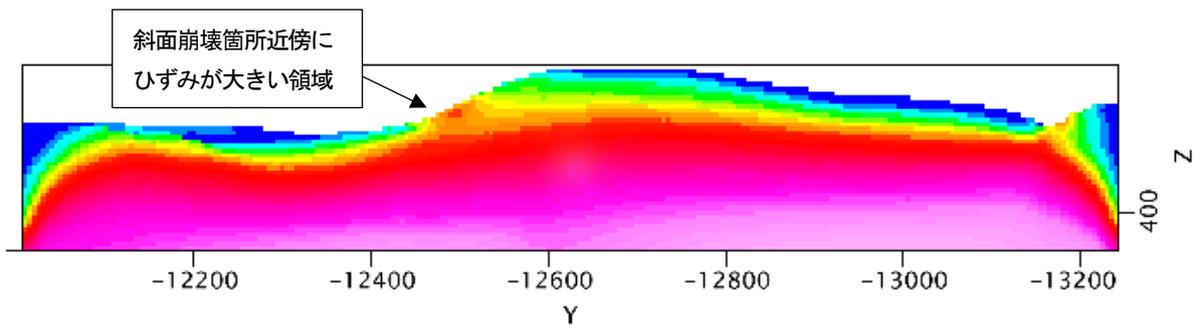


図-17 山体の断面における最大せん断ひずみ分布図 (NS-UD)

図-13の分布図は、モデルの最上層の V_p を示している。この図では、山の北側の斜面に V_p が局所的に大きい部位が見られ、斜面崩壊が起きた場所と近い位置であった。山の西側の崩壊箇所については近傍に特徴を見出すことができなかった。

山頂を通る南北方向の鉛直断面における V_p の分布図を図-14に示す。山頂の直下では V_p の大きい層が貫入しており、この層の上部は北に向けて張り出している。図-13の山の北側斜面の V_p が大きい領域は、この層の張り出しが斜面に露頭している箇所と分かる。この位置では V_p が大きい層が地表近くにある一方、その下には V_p が相対的に小さい層が分布している。

図-15は $V_p \geq 2.6$ km/secとなる層だけを見えるようにして、山の等高線とともに立体的に表示した鳥観図である。視点は南東方向の上からとし、山頂からの貫入が見えるように作図している。この図より、山体において V_p が特に大きい堅固な層が、高野尾羽根火山の流紋岩ドーム

に対応すると考えた。

山の南側については比抵抗の計測範囲外であり、このような構造は見られなかった。

5. 山体構造を反映した動的解析結果

解析結果より、最大せん断ひずみ(NS-UD)のコンター図を図-16に示す。山の北側斜面の崩壊箇所の近傍でせん断ひずみが大きい領域が見られる。一方、山の西側の崩壊箇所には特徴を見出すことができない。

山頂を通る南北方向の断面図を図-17に示す。山の北側斜面では、地中部のせん断ひずみが大きい領域が地表面にまで突出する分布となっている。この部位を除くと、地表面近傍の要素のせん断ひずみはおおむね小さい値である。

解析により、山の北側斜面の崩壊箇所では、表層地盤

の地震応答が大きくなるという特徴を確認することができた。このように斜面崩壊箇所付近で地震応答が大きくなった理由は、崩壊箇所の直下に剛性が高い岩盤を設定できたことであり、空中電磁探査によって溶岩ドーム構造を推定したことで解析精度が向上したものと考えられる。

なお、山の西側斜面の斜面崩壊については、動的解析結果の特徴を見出すことができなかった。これは、山の西側斜面は空中電磁探査の探査範囲外であったため、山体構造が反映できていないと考えられる。

5. おわりに

2016年熊本地震で斜面崩壊が発生した京大火山研究所（現火山研究センター）が位置する高野台地区を対象として、空中電磁探査の結果から推定した山体構造をFEM解析モデルに反映して熊本地震のシミュレーション解析を行った。

これにより以下の知見が得られた。

- (1) 山全体を対象とした3次元FEMモデルにより、熊本地震のシミュレーション解析を実施した。基盤岩に山体構造を考慮しないケースでは、斜面崩壊が起きた位置の近傍で特徴的な応答を見出すことはできなかった。
- (2) 岩の比抵抗から弾性波速度の関係式を導く過程を示した。また、既往の相関式を用いて弾性波速度からFEM解析モデルに入力する物性値を求める方法を示した。
- (3) 空中電磁探査により計測した地盤の比抵抗分布から山体構造を推定した。弾性波速度が高く、風化が進んでいない岩盤の分布を可視化すると、山の北側斜面の直下には溶岩ドームが分布することが確認された。
- (4) 空中電磁探査による山体構造を反映したFEM動的解析の結果、山の北側斜面の斜面崩壊が起きた箇所の近傍でせん断ひずみ大きい領域が見られた。崩壊箇所の近傍で地震応答が大きくなった理由として、地表面の直下に剛性が高い溶岩が存在するという山体構造の影響が考えられる。

参考文献

- 1) 近藤香, 本橋英樹, 李騰雁, 河戸克志: 阿曾大橋近

- 傍の斜面崩壊を対象とした推定地震動による斜面崩壊の予測技術に関する一検討, 断層帯近傍における地震動評価に関するシンポジウム, 2017.
- 2) 朴三奎: 比抵抗密度探査によるトンネル地山分類に関する研究, 1995年12月.
- 3) 大隈茂雄, 中塚正, 高倉伸一, 森尻理恵: 有珠山地域における空中電磁・磁気探査—有珠山2000年噴火に関連して—, 火山第47巻, 第5号, pp.533-546, 2002.
- 4) 澤谷裕貴, 旭峰雄, 竹原隆博: 北海道駒ヶ岳火山山体構造解析について—空中物理探査及び高密度電気探査等による山体構造解析について—, 第60回(平成28年度)北海道開発技術研究発表会, 2016.
- 5) 古川邦之, 鎌田浩毅: 阿蘇カルデラ内西方, 高野尾羽根流紋岩溶岩の内部構造, 地質学会誌, 第111巻, 第10号, pp.590-598, 2005.10.
- 6) 砂防学会平成28年熊本地震に係る土砂災害緊急調査団: 平成28年熊本地震による土砂災害に関する緊急調査報告書, 平成28年12月13日.
- 7) 佐藤達樹・千木良雅弘・松四雄騎: 火山性地盤の地質構造を考慮した地震時の地すべり発生機構の解明, 京都大学防災研究所年報, 第60号B, 平成29年.
- 8) 釜井俊孝, 王功輝, 土井一生: 京都大学火山研究所周辺における調査・地震観測, 2016年4月30日版/2016年5月16日版(図1修正).
- 9) 国土地盤情報検索サイト KuniJiban
- 10) 本橋英樹, 野中哲也, 馬越一也, 中村真貴, 原田隆典: 熊本地震の断層近傍における地震動と橋梁被害の再現解析, 構造工学論文集 Vol.63A, pp.339-352, 2017.3.
- 11) 大日本コンサルタント(株): 空中電磁法探査による地盤の解析方法, 特許No.A524337, 【公開番号】特開2011-220911(P2011-220911A), 【公開日】平成23年11月4日.
- 12) 土木学会関西支部: 比抵抗密度探査に基づく地盤評価に関する調査・研究委員会: 比抵抗高密度探査に基づく地盤評価, 平成9年度講習・研究会テキスト, P.107, 1997.
- 13) 災害科学研究所トンネル調査研究会: 地盤の可視化と探査技術, 鹿島出版会, 2011.
- 14) Archie, G. E. : The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics, Trans. AIME, 146, p.54-62., 1942.
- 15) Wyllie, M. R., Gregory, A. R. and Cardner, L. W. : Elastic wave velocity in heterogeneous and porous media, Geophysics, 21(1), pp.41-70, 1956.
- 16) 瀬崎満他: 岩盤データベースを用いたNATMの事前設計のための物性値, 土木学会論文集, 第421号/VI-13, 1990.9.
- 17) 甲村雄一: 岩盤のポアソン比に関する考察, 第42回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, 土木学会, 2014.1.

SEISMIC RESPONSE ANALYSIS REFLECTING THE UNDERGROUND
STRUCTURE OF MOUNTAIN
- REPRODUCTION OF SLOPE FAILURES DUE TO
KUMAMOTO EARTHQUAKE -

Tsutomu YOSHIZAWA, Ryoji TOKUHASHI, Katsushi KAWATO
and Minoru OKUMURA

We performed a dynamic analysis of the entire mountain using a three-dimensional FEM analysis model for Takanodai, where the Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University, where a landslide occurred in the 2016 Kumamoto earthquakes, is located. Some sediment disaster occurred on this mountain in the 2016 Kumamoto earthquakes. There are two analysis models, one that does not consider the underground structure of mountain and the other that considers the underground structure of mountain estimated using the resistivity distribution measured by the Airbone Electromagnetic Survey performed before the earthquake. In the latter, the resistivity was regarded as an index of the porosity of the rock, and the analysis parameters such as elastic wave velocity were calculated and reflected in the analysis model of the entire mountain. As for the underground structure of mountain, the lava dome structure was observed in which a solid layer presumed to be lava was distributed near the surface of the earth. As a result of the reproduction analysis of the Kumamoto earthquake in the case considering this structure, it was confirmed that there is a region where the shear strain of the ground is locally large near the place where the collapse occurred on the northern slope of the mountain.