

眉山（七面山）の動的特性に関する考察

九州大学工学部 学 ○幸原 淳
" 正 堤 一
" アラン.D. スマヤ

1. はじめに

長崎県雲仙・普賢岳の活動は1991年5月頃から一段と活発化し、現在その活動は終息の傾向にあるといわれるが、マグマの供給は依然として続いており断層を許さない状況にある。1792年の普賢岳噴火の後、眉山の南東側斜面が大崩壊を起し、大量の土砂が島原市周辺のみならず有明海にまで流出したため、津波が発生し対岸の天草、熊本の海岸線計80キロに渡って大被害をもたらすわが国最大の火山災害が生じた。本研究では、最も島原市に被害を及ぼすと思われる眉山（七面山）の崩壊の危険性を考察するために、その一断面に関する諸特性を解明した。

2. 解析方法と結果

(2-1) モデルと固有値解析： 200年前の大崩壊はA A断面（図-1）で起こった。新たに崩壊が予想される断面は多いが、今回はB B断面を検討した。この断面について、節点数242, 要素数421, せん断弾性係数 $G=84500(t/m^2)$ を全断面均一として固有値解析を行った。この解析結果と常時微動観測から求めた固有振動数を（表-1）に示す。1次の刺激係数が2次以下のものより圧倒的に大きいことから、0.236(Hz) ($T=4.24s$) 付近の低振動数が地震動にどの程度含まれるかが応答を予測するための大きな問題となる。

(2-2) 応答解析： モデルに対し1次振動数0.236(Hz)の正弦波と1993年1月2日に眉山観測所で観測された地震波をそれぞれ最大200(gal)で入力した。図-2に正弦波入力による各節点の最大水平応答加速度、最大水平変位を示す。正弦波入力時には、仮定した剛性が小さかったためか、基盤直上で振動がいったん減衰した後、山頂に近づく程度応答加速度が増幅し、山頂で最大375(gal), 水平方向振幅170(cm)が生じていることがわかった。地震波入力に対しては、地震波に高振動成分が多かったためか減衰してしまい、山頂付近では振動が生じなかった。



図-1 眉山地形図

単位体積重量	$\gamma_s=2.4t/m^3$
せん断弾性係数	$G=84500t/m^2$
内部摩擦角	$\phi=35^\circ$
粘着力	$c=20t/m^2$
ポアソン比	$\nu=0.25$

表-2 眉山諸元

次	刺激係数	固有振動数(Hz) $G=84500(t/m^2)$	眉山常時微動 固有振動数(Hz)	応答加速度 $S_A(gal)$
1	-1.72	0.236	0.39	57
2	0.05	0.359	—	87
3	-0.62	0.430	0.63	98
4	-0.06	0.483	—	108
5	-0.57	0.568	0.83	125
6	-0.25	0.597	—	130
7	-0.06	0.687	0.98	150
8	-0.12	0.728	1.12	175
9	0.11	0.756	1.17	188
10	-0.36	0.827	—	195
11	0.26	0.837	—	200
12	-0.29	0.914	—	210
13	0.10	0.922	—	215
14	-0.08	0.983	—	225
15	0.16	0.997	—	230
16	0.03	1.060	—	240
17	-0.28	1.083	—	245
18	0.01	1.089	—	250
19	-0.10	1.143	—	264
20	-0.03	1.185	—	270

表-1 固有値解析結果と S_A

(2-3) 応力解析と安全率分布： 表-2に示した諸元を用い、モール円の半径から安全率を求めた。静的応力の安全率図（図-3）では山体内部に自重による安全率(1.0~0.8)の低下が見られる。このモデルの減衰定数 h を0.1とみなし、固有値解析結果と建設省土木研究所で作られた加速度応答スペクトルとを用

いて各次の応答加速度 S_A (表-1) を求め、式(1)より各節点の応答加速度を求めた。この加速度を式(2)に入れせん断力を算出した後、静的な応力を加えた上で安全率 (図-4) を求めた。これによると、両斜面に静的にはない安全率の低下が認められるが特に山側の低下が著しい。

$$a = (\ddot{y}_i + \ddot{\phi})_{max} = \sqrt{\sum_{s=1} \{\beta_s Y_{is} S_{Amax}\}^2} \quad (1)$$

$$\tau'_{xy} = a/g \times \sigma_y \quad (2)$$

a: 加速度応答(gal)

β : 刺激係数 Y: 振動形

S_A : 応答加速度(gal)

τ_{xy} : せん断力(t/m²)

σ_y : 鉛直応力(t/m²)

$g=980(\text{cm/s}^2)$

また、式(1) S_A を S_A/n_s (n_s : 各次の固有円振動数) として各節点の応答変位を求め応力解析を行い、静的な応力を加えた上で同様に安全率 (図-5) として表した。これによれば、山頂付近と平地側斜面に安全率の低下が認められる。いずれの場合も全断面均一の強度を仮定したにも関わらず、滑りは山頂から両斜面の浅い部分に生じているが、深部には達しない。

3. まとめ

以上、あらい仮定による近似モデルを考え滑り機構の解析を試みた結果、現状では以下の結論を得た。山体を巨大な構造物と考えたが、山体構造の把握に大きい難点がある。Gについても今回用いた値は、表面近い部分に対しては大きすぎ、内部深くに対しては小さいようであり、またメッシュ割も粗いため、これを細かくして剛性の分布を考慮した解析が必要である。さらに水の影響も大きいようであり、実状を知るための物性試験等の努力が欠かせない。しかし、以上の検討や実態調査の結果から、前回と同規模の地震が起これば同種の崩壊を生ずることが予想されるため、地震の予知への努力を望みたい。

参考文献 高橋良平他: 1984年島原群発地震の活動と被害に関する総合調査 (1985)

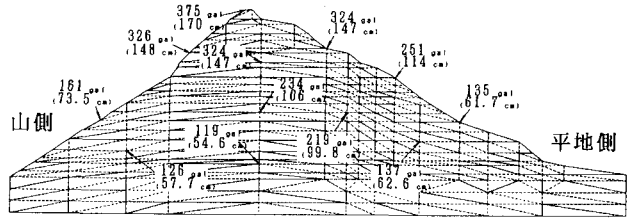


図-2 正弦波入力による応答加速度と応答変位

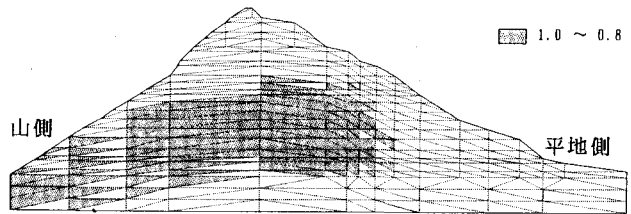


図-3 静的な応力による安全率分布

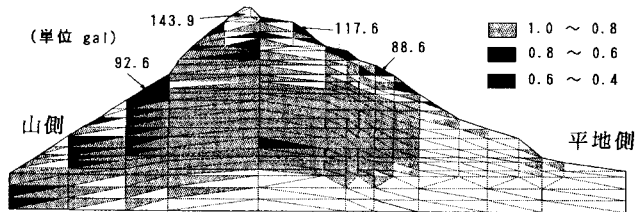


図-4 応答加速度による安全率分布

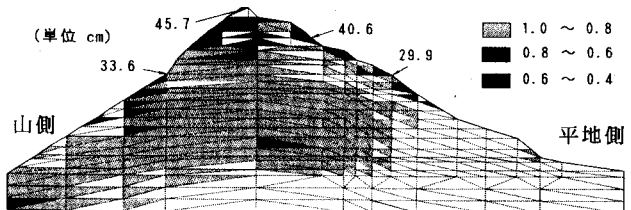


図-5 応答変位による安全率分布