

1. はじめに

兵庫県の淡路島では、2004年台風23号によって多くの崩壊や土石流が発生し、甚大な被害をもたらした。淡路島においては、10月19日から21日にかけての総雨量が400mmを超え、1時間の最大降水量は80mm以上を記録したり。

淡路市(旧津名町)に位置する草香北地区の山腹斜面においては、10月20日に崩壊が発生し、斜面下方の人家付近まで崩土が流出した。

当該地区は、台風が淡路島に最接近した16:00~17:00に、時間雨量60mm~70mmの降雨が記録されており(図-1)、近隣の郡家観測局では、15:00~16:00時点の時間雨量が72mmを記録している。この豪雨により当該斜面で発生した崩壊は、幅約10m、長さ約60m、崩壊深1.0~1.5mであった。

2. 崩壊状況と崩壊土層厚

20日に発生した崩壊地において、地質断面状況と貫入抵抗値Ncを把握する目的で土研式簡易貫入試験を実施した。崩壊斜面に見られる地質は、領家古期花崗岩の風化岩であり、その上位を表層土が1~2m程度の層厚で分布する(写真-1)。表層土のNc値は10前後を示し、Nc値が10~30程度の強風化花崗岩層を介在し、その下位にNc値30~50以上の風化花崗岩が分布する(図-2)。

崩壊は、風化花崗岩より上位の表層土および強風化花崗岩をすべり土塊とし、崩壊面がNc値30程度付近に位置しており、Nc30程度以下の層厚と崩壊深との相関性が高い結果が得られた。また、当該地区の未崩壊斜面を含む斜面全体で実施した貫入試験結果によると、Nc値30以下の土層厚が1m程度分布し、30°~40°の傾斜を有する集水型斜面において、小規模な崩壊が随所で発生していることが確認された。

一方、尾根部では比較的Nc30以下の層厚が厚い傾向があるが、今回の降雨においては目立った崩壊が発生していなかった(図-3)。

3. 崩壊地における斜面安全率分布

今回発生した崩壊地において、崩壊範囲の土塊の安全率を1.0と想定した場合の土質定数を算出し、崩壊斜面全体の安全率分布を沖村の提案する二次元多平面安定解析法<sup>2)</sup>により算出した。安定解析に用いた土質定数は、当該斜面における地質調査結果から土塊の単位体積重量： $\gamma=17\text{kN/m}^3$ 、内部摩擦角： $\phi=24.7^\circ$ とし、崩壊前の地形から崩壊前の斜面の安全率を1.0と仮定して、粘着力： $C=2.69\text{kN/m}^2$ を逆算により求めた。得られた土質定数から、崩壊前の斜面全体における安全率分布を算出し、その結果を図-4にとりまとめた。図-4は、斜面の崩壊断面(図-3に示す)をスライス分割して、

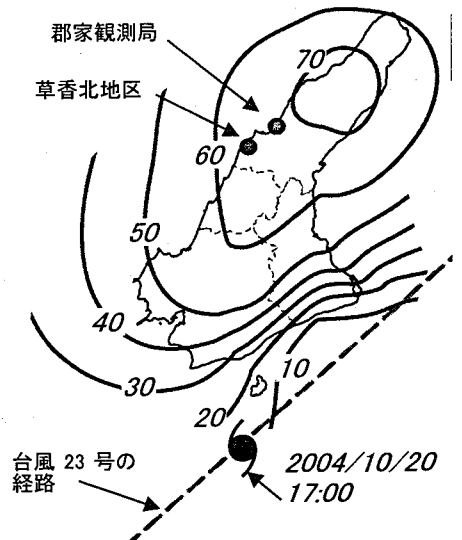


図-1 淡路島の時間雨量分布(mm)



写真-1 崩壊部掘削断面状況

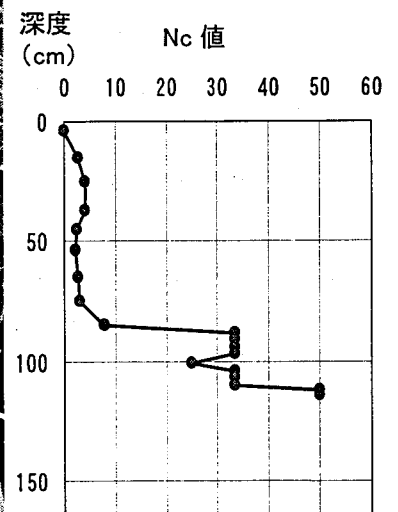


図-2 崩壊断面の貫入抵抗

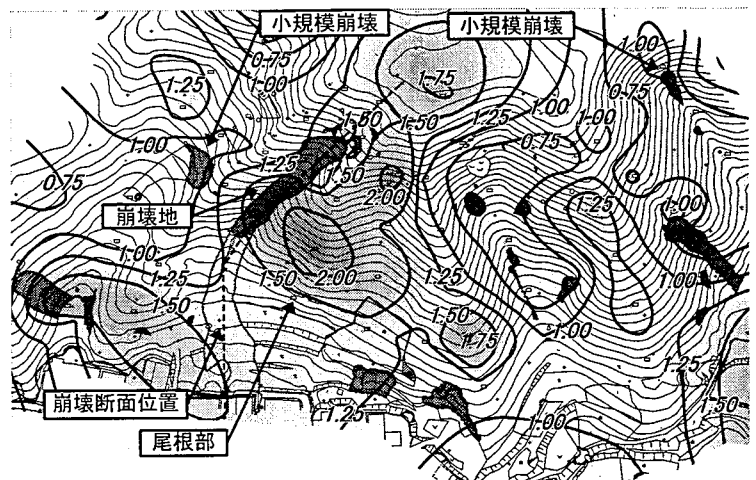


図-3 崩壊地とNc30以下の地層の分布

想定される崩壊規模として斜面上部から斜面下部にかけて安全率変化を計算したものであり、横軸に崩壊頭部のスライス番号、縦軸に崩壊末端部のスライス番号を展開し、各崩壊ケースの安全率を交点に記載したものである。

検討の結果から、最小安全率（1.0程度）を示す崩壊形態として2ケース（CASE.1とCASE.2）が抽出されたが、いずれのケースについても、今回の崩壊範囲に概ね包括される範囲が抽出される結果となった（図-5）。

一方で、安全率が1.2以下となる範囲については、崩壊地上部の遷急線より上位の緩斜面から遷緩線より下位の緩斜面にかけて広範囲に分布する結果となった。図-6に示すとおり、各スライスの上部から順にすべり上端とすべり下端を変化させて計算した結果、すべり上端を基準としたときの最小安全率の変化（図-6の①）では、遷緩線（スライス番号30付近）より下位で急激に安全率が上昇し、すべり下端を基準としたときの最小安全率の変化（図-6の②）では遷急線（スライス番号15付近）より上位で安全率が上昇することが確認された。山腹斜面における崩壊を検討する際には、最小安全率を示す範囲を抽出することが重要であるとともに、対策範囲を決定する場合の斜面における安全率分布に注意する必要があると考える。

#### 4. まとめと今後の課題

六甲山系の花崗岩地帯における貫入抵抗値  $N_c$  と崩壊土層厚の関係については、これまでも多くの研究<sup>3)</sup>が進められている。今回の崩壊地においては、崩壊土層厚としては概ね  $N_{c10}$  前後の地層が主たる崩壊土層を構成しているものの、すべり面付近は  $N_{c12} \sim N_{c30}$  前後の強風化部を一部巻き込んでいることが確認された。これは、今回発生した崩壊が、豪雨による土壌水分条件などが大きく影響したものと考えられるが、対策工を検討するにあたっては、表層土と風化層の漸移的な範囲で崩壊に巻き込まれる深度を考慮しておく必要があると考えられる。

二次元多平面安定解析法による斜面の最小安全率分布の把握は、斜面崩壊を予測する場合に非常に有効であることが確認された。今後は、本手法を用いて対策工を検討するうえでの運用上の留意点を検討していくとともに、山腹斜面での崩壊土層部の土質定数を把握するための調査方法として、土層検査棒<sup>4)</sup>による土層調査等の適用や、土層内の土壌水分変動を考慮した手法についても検討していくことが望まれる。

#### <参考文献>

- 1) 兵庫県淡路県民局県土整備部：台風第23号による淡路島の災害記録 2004.10
- 2) 例えば、沖村孝：山腹表層崩壊発生位置の予知に関する一研究，土木学会論文報告集,331,pp.113-120,1983
- 3) 例えば、沖村孝,田中茂：一試験地における風化花こう岩斜面の土層構造と崩壊発生深さに関する研究,新砂防 vol.33(1),1980
- 4) 佐々木靖人ほか：斜面の土層深とせん断強度の簡易試験法の開発,応用地質学会講演論文集,pp359-362,2002

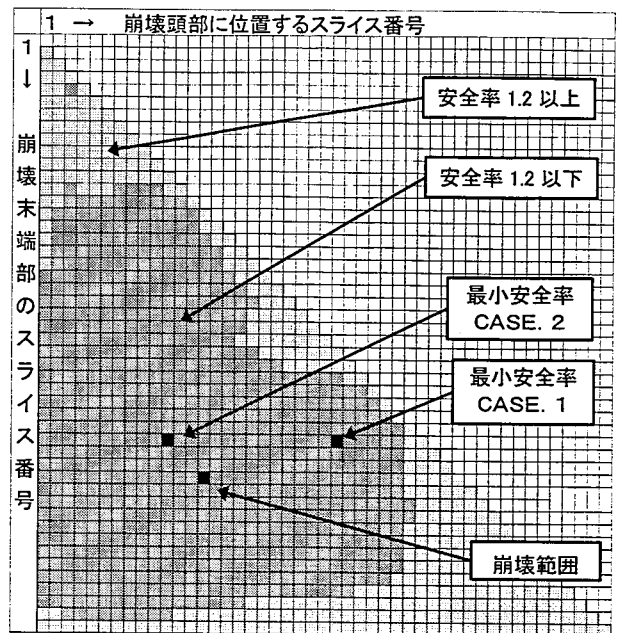


図-4 二次元多平面安定解析による安全率分布

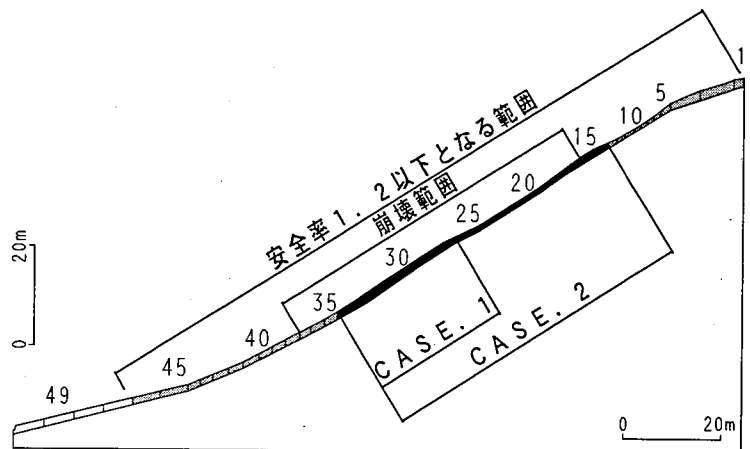


図-5 二次元多平面安定解析による安全率分布と崩壊範囲  
図中の CASE.1 と CASE.2 が最小安全率を示す範囲

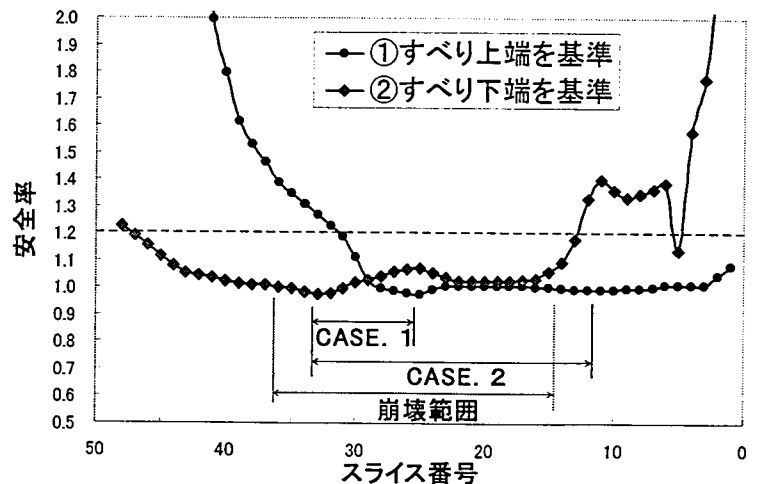


図-6 各スライスの上端とすべり下端をスライス上部から順に算出したときの最小安全率の変化