

CS-117

市街地を含む地域を対象とした
山くずれ発生危険度評価の一例

神戸大学大学院 学生員 西川 亨
神戸大学工学部 正会員 沖村 孝

1. はじめに

沖村はかつて山地の自然斜面を対象として山くずれ発生危険度評価モデルを提案した¹⁾が、本報ではこのモデルをさまざまな土地利用条件が見られる市街地に適用する。このためこのモデルを低平地部から山麓部にかけて市街地が発達し、しかも過去の数度にわたる豪雨により土砂災害が発生している神戸市の六甲山系南麓住吉川上流部に適用した。検討のための災害事例として昭和42年における豪雨災害の事例を用いた。

2. 山くずれ発生危険度の算出

沖村がかつて提案した無限長斜面安定解析モデル¹⁾は数値地形モデルを用いているため、本報でも解析対象領域を25mのメッシュに分割し、数値地形モデルを作成した。得られた数値地形モデルを用いて安全率が1.0を下回るのに必要な降雨継続時間を算出し、表-1より各セルの山くずれ発生危険度を求めた。表土層厚は土地利用条件が山地の格子点では1.2m、住宅地、河川、道路などでは0mと仮定した。

以上の条件により求められた山くずれ発生危険度分布図を図-1に示す。本解析対象領域において昭和42年の豪雨時に発生した崩壊の数は35個であ

表-1 山くずれ発生危険度の評価基準

降雨継続時間 (h r)	山くずれ発生危険度
0	0.95
5	0.85
10	0.75
15	0.65
20	0.55
25	0.45
30	0.35
35	0.25
40	0.15
45	0.05
50	0.00

った。図-1ではこの35個中26個の崩壊を再現できているが、残りの9個（図中の矢印）については崩壊を再現できなかった。そこで35個の既崩壊を対象として、それぞれの崩壊の規模を空中写真を用いて調べた。その結果、これらの崩壊は平均幅8.1m、長さ20.7mであった。本報ではメッシュ間隔が25mであるため、崩壊規模に比してメッシュ間隔が大きすぎる。このため細かな地形を再現することができず、いくつかの崩壊を再現できなかったと思われる。

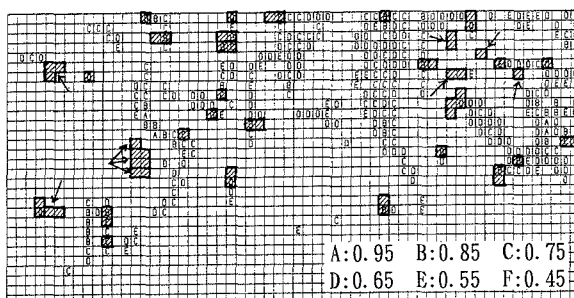


図-1 山くずれ発生危険度分布図（斜線部は既崩壊を示す）

一方、発生した35個の崩壊をそれらの発生場所の土地利用条件に着目して、山地で発生した崩壊、山岳道路沿いの斜面で発生した崩壊、人工地形改変地内の斜面で発生した崩壊の3種類に分類した。その結果山地部では19個中18個の崩壊が再現できているが、人工地形改変地内の斜面では7個中5個、山岳道路沿いでも9個中3個の崩壊が再現できなかったことがわかった。これらの特徴を考えると、山地部ではメッシュ間隔25mでもよいが、人工地形改変地内の斜面や山岳道路沿いではメッシュ間隔を細分する必要があると言える。このため土地利用条件が住宅地、道路であるセルのなかで空中写真や地形図により斜面が存在すると判断したセルではメッシュ間隔を12.5mとして再び山くずれ発生危険度を求めた。さらに本報では対策工の影響も考慮に入れた。擁壁、のり面保護工などの対策工の有無を空中写真および現地調べ、のり面保護工が施工されておれば0.1、擁壁があれば0.2を山くずれ発生危険度の値から下げた。このようにして求められた山くずれ発生危険度分布図を図-2に示す。なお結果の表示はメッシュ間隔25mで行った。このような考察を経ると全崩壊35個中33個を再現することができた。しかし2つの崩壊（図中の矢印）が再現できなかった。この理由は、2つとも崩壊の規模が小さすぎるためと思われる。また対策工の影響を考慮に入れたにもかかわらず、

未崩壊の斜面で危険度Aが算出されたセルが2つ存在した。これらの場所では一次傾向面の傾斜角がいずれも40度以上であり、結果として表土層厚が1.2mも分布し得ないにもかかわらず、1.2mと仮定したためと考えられる。

さらにこれらのセルでは植生の影響が考えられる。そこで次に植生の影響を考慮にいたした山くずれ発生危険度を算出する。

3. 植生の影響を考慮にいたした山くずれ発生危険度の算出

本報では植生が斜面安定に与える影響として、

樹木による載荷荷重 (q_r) と根茎の粘着力 (c_r) に着目した。まず昭和42年当時の空中写真から全セルを、植生が存在しないセル、植生が存在するセル、植生が多く存在するセルの3種類に分類した。さらに現地では地表下50cmでの単位面積当たりの根の本数および根の平均直径を調査した。調査結果を表-2に示す。本報ではこれらの結果を用いて以下に示す式²⁾から c_r を求めた。

$$\log_{10} q = 1.246 \log_{10} d + 0.493 \quad , \quad c_r = 1.12 \sum \frac{m}{d}$$

ここに、 q : 根一本の最大引抜き抵抗力 (kgf)、 d : 根の直径 (mm)

c_r : 根系の粘着力 (kgf/m²)、 m : 単位面積当たりの根の本数 (本/m²)

上式から得られた c_r の値は、植生が存在しないセルでは 表-2 単位面積当たりの根の本数および根の平均直径 0 tf/m²、植生が存在するセルでは 0.35 tf/m²、植生が多く存在するセルでは 0.44 tf/m² となった。これらの値は地表下50cmの場合の値であるが、本報では表土層厚を1.2mと仮定している。

	根の平均直径 (mm)	単位面積当たりの根の本数 (本/m ²)
植生が存在するセル	4.0	18.1
植生が多く存在するセル	4.2	21.3

そこで幅8m、長さ20m、最大深さ1.2mの崩壊が円弧すべりで発生した場合、すべり面が50cm以上の部分でのみ c_r が作用すると仮定すると c_r の値は、植生が存在しないセルでは 0 tf/m²、植生が存在するセルでは 0.15 tf/m²、植生が多く存在するセルでは 0.20 tf/m² となった。他の研究によれば c_r は 0.2~0.6 という値を示すとされている²⁾。この数値からみると本報で得られた値は少し小さい値となっている。

次に植生が多く存在するセルにおける樹木一本当たりの重量を550kgf/本、単位面積当たりの樹木の本数を1200本/haと仮定し²⁾、植生が多く存在するセルの q_r の値を 0.066 tf/m² と定めた。また植生が存在するセルではこの半分の 0.033 tf/m² と仮定し、植生が存在しないセルでは 0 tf/m² とした。

前述の c_r 、 q_r の値を用いて算出した山くずれ発生危険度分布図を図-3に示す。この図の結果は部分的にメッシュを細分し、さらに対策工の影響も考慮にいられている。図-3を見ると図-2と同様に33個の崩壊を再現できたことがわかる。また図-2の結果と比較すると危険セルの数が約50個減少し、精度が上がったと言える。

参考文献 1) 沖村孝、市川龍平：数値地形モデルを用いた表層崩壊危険度の予測法、土木学会論文集、358、pp.69-75、1985。 2) 塚本良則：樹木根系の崩壊抑止効果に関する研究、東京農工大学農学部演習林報告、23、pp.65-124、1987。

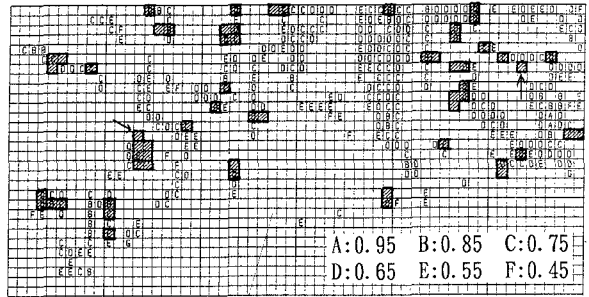


図-2 部分的に細分メッシュを用い、対策工を評価した山くずれ発生危険度分布図

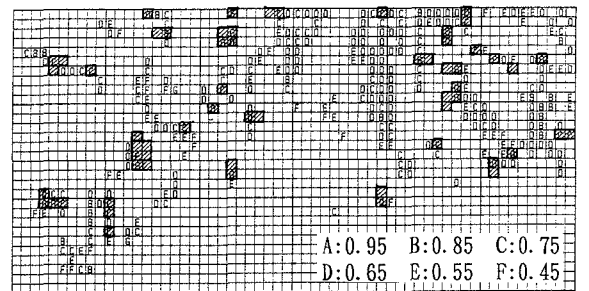


図-3 部分的に細分メッシュを用い、対策工および植生を評価した場合の山くずれ発生危険度分布図