

III-598 可能性回帰分析による地震時の切土のり面・斜面の崩壊危険度判定に関する検討

建設省土木研究所 寺田 秀樹, 大浦 二郎

バシフィックコンサルタンツ(株) 船山 淳, 須原 茂

I. はじめに

本検討では、道路の切土のり面・斜面の地震に対する定量的な崩壊危険度判定手法を確立するために、崩壊形態を出力値とした可能性回帰分析を行い、崩壊形態に影響を及ぼす要因の同定を行った。さらに崩壊形態毎に地震加速度を出力値とした分析を行い、地震動に対する崩壊のしやすさに影響を及ぼす要因の評価を行った。分析に際しては1990年新潟県南部地震(M=5.4)を対象とし、36ヶ所の崩壊斜面について現地調査により地形、地質等のデータを収集し、周辺において非崩壊斜面のデータも12ヶ所収集した。

II. 崩壊形態分類と既往判定手法による対象斜面の危険度評価の検討

斜面の崩壊危険度を判定する場合、復旧工法を検討する上で、その規模や形態も考慮する必要がある。対象斜面を(財)土木研究センター(1986)による区分に従い、岩盤の割れ目からはく離する崩壊(I-1型)、斜面上の表層土砂が滑落する崩壊(I-2型)、風化土や崩積土がやや深い位置より崩壊するもの(II型)、基盤に及ぶ深い崩壊(III型)とし、崩壊形態別に既往の耐震判定手法による評価を検討した。その結果I-1型はより危険度が高く評価されやすく、逆にIII型は危険度が低く評価されるものが出現する傾向がみられた。このことより、まず崩壊形態を出力値とする分析を行い、次に形態別に地震加速度を出力値とする分析を行うこととした。

III. 崩壊形態を出力値とする回帰モデルの検討

1. 崩壊形態に影響を及ぼす要因の整理と回帰モデルの同定

地震による崩壊の規模や形態に影響を及ぼす要因を26編の文献より抽出し、これらの要因と崩壊形態との相関を整理・考察し、また判定手法としての客観性、簡便さ等を考慮した結果、①高さ、②勾配、③斜面形状、④地盤構成の4要因をとりあげることにした。

次に崩壊形態の判定をあいまいなシステムと考え可能性線形回帰モデルの同定を行った(下式)。出力値は

1. I-1型, 3. I-2型, 5. II型及びIII型とし、入力値は5段階の階級区分による評価値を用いた。

$$Y = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 + \dots$$

A_0 : ファジィ定数項, $A_1, A_2, \dots$: 崩壊形態に影響する要因のファジィ係数

$A_i = (B_i, C_i)$, B_i : 中心値, C_i : 可能性の幅

$X_1, X_2, \dots$: 崩壊形態に影響する要因の評価値(1,2,3,4,5), Y : 出力ファジィ値

2. 解析結果及びモデルの検証

可能性線形回帰モデルの同定結果を以下に示す。

$$Y = (0.246, 0) + (0.420, 0.333) X_1 + (0.065, 0.007) X_2 + (0.181, 0.152) X_3 + (0.058, 0) X_4$$

Y : 崩壊形態, X_1 : 高さ, X_2 : 勾配, X_3 : 斜面形状, X_4 : 地盤構成

予測出力値はファジィ係数の中心値で評価できる。すなわち崩壊形態は、高さ、斜面形状、次いで勾配、地盤構成の順にこれらの要因に支配され決定づけられ、斜面が高く、凹型や谷型の斜面程II型やIII型の崩壊形態となる。但し、高さや斜面形状にはあいまいさの幅(C_i)が出ており、斜面が高くともI-1型やI-2型崩壊は発生しうることや、凸型斜面でもIII型の様な深い崩壊が起こりうることを示している。

次に1978年伊豆大島近海地震及び1987年千葉県東方沖地震による崩壊地のデータを適用し、検証を行ったところ、崩壊形態をほぼ予測する結果が得られたものの、ファジィ係数の上限値と下限値の幅が大きい結果となった。このことは、斜面が区分したどの形態の崩壊の可能性をも持つことを意味するが、本モデルによりどの

様な形態の崩壊がより発生しやすいかは評価することができる。

IV. 地震加速度を出力値とする回帰モデルの検討

1. 地震動による崩壊のしやすさに影響を及ぼす要因の整理と回帰モデルの同定

地震による斜面崩壊の発生に影響を及ぼす要因を174編の文献より収集し、これらの要因と地震動に対する崩壊しやすさとの相関を整理・考察し、手法の客観性や簡便さを考慮した結果、要因として①高さ、②勾配、③斜面形状、④オーバーハング、⑤表土の厚さ、⑥地盤構成、⑦斜面と不連続面の関係を取りあげることとした。可能性回帰モデルの式はⅢに同じで、入力値は5段階の階級区分による評価値を用いた。出力値は水平成分最大地震加速度とし、次式 $a = 987.4 \times 10^{0.216M} \times (\Delta + 30)^{-1.218}$ (M : マグニチュード, Δ : 震央距離) より算出した。

2. 解析結果及びモデルの検証

I-1型崩壊は表土の厚さには関係がうすく、発生する地盤は限定されてしまうことが考えられるため、これらの要因を除く5要因で回帰モデルの同定を行った。結果を以下に示す。

$$Y = (2.061,0) + (0.113,0) X_1 + (-0.030,0) X_2 + (-0.172,0.039) X_3 + (-0.057,0) X_4 + (0.156,0) X_5$$

Y : 地震加速度, X_1 : 高さ, X_2 : 勾配, X_3 : 斜面形状, X_4 : オーバーハング, X_5 : 斜面と不連続面の関係

斜面形状（凸型ほど崩壊しやすい）と斜面と不連続面の関係（受け盤ほど崩壊しやすい）次いでオーバーハング、勾配が影響を及ぼす要因となっている。斜面形状にはあいまいさの幅があらわれており、形状の判定に主観が入ることや形状の程度までは表現できないことなどを示すと考えられる。また高さについては、高さが高いほど崩れにくい結果となっている。これは、対象斜面の高さに類似したものが多いため、地震加速度と良好な線形の関係が得られなかったものと考えられる。

I-2型崩壊についての解析結果を以下に示す。出力結果を図-1に示す。

$$Y = (2.279,0) + (-0.039,0) X_1 + (-0.033,0.043) X_2 + (-0.063,0) X_3 + (-0.088,0) X_4 + (-0.013,0) X_5 + (-0.026,0) X_6 + (-0.020,0) X_7$$

Y : 地震加速度, X_1 : 高さ, X_2 : 勾配, X_3 : 斜面形状, X_4 : オーバーハング,

X_5 : 表土の厚さ, X_6 : 地盤構成, X_7 : 斜面と不連続面の関係

影響度の高い要因は、オーバーハングと斜面形状、次いで高さ、勾配、地盤構成、斜面と不連続面の関係、表土の厚さの順となっており、斜面上を表層土砂が覆っている場合に、オーバーハング部や凸状斜面でI-2型崩壊が発生しやすいことなどを示している。勾配であいまいさの幅が出ているのは、急勾配になると表層土砂がうすくなり、I-2型崩壊発生の方が少なくなることがあるためと考えられる。

これらのモデルについて、Ⅲと同様のデータを用いて検証した結果、実際に崩壊が発生したときの地震加速度をほぼ予測する結果となった。但し、地震加速度の計算値には精度的・確度的に問題が残る。また、I-1型のモデルでは対象としたデータにやや片寄りがあるため今後モデル式の再検討が必要である。

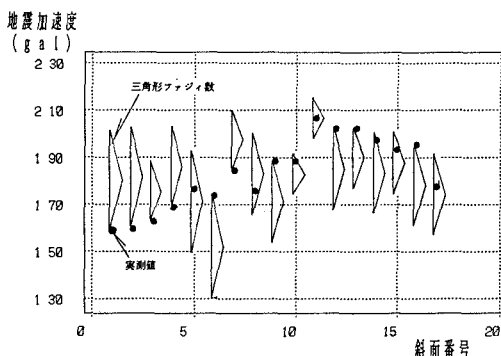


図-1 I-2型崩壊のモデルの出力結果

V. おわりに

今後は新たに発生した地震時の崩壊データを収集し、地質の違いによる検討を行うなど一般性のあるモデル式の構築を図って行きたい。