

京都大学大学院 正会員 大津宏康
京都大学大学院 正会員 大西有三
京都大学大学院 学生会員 ○竹山雄一郎

1. はじめに

落石の発生や挙動の正確な予測は非常に困難である。それらは不確実であり、予測した落石挙動は実際に発生する落石挙動とは異なっていることが多い。このように落石予測上の不確実性は、予測のための解析に使われるパラメータの値に不確実性が含まれているためであると思われる。

本研究ではパラメータの値の不確実性を積極的に評価し、多様な落石の発生モードを確率によって表現することを目的とする。これにより、対策を選定する際に落石の不確実性を考慮することができる。

2. 本研究での方針

現在、落石対策は落石対策便覧¹⁾を指針として対策が行われ、その効果をあげてきている。しかし、落石対策便覧による対策は経験によって決められている事項も多いため、発生が想定される落石に対して決定される事項には不確実性が含まれている。

一方、落石挙動の解析手法として近年注目されつつある DDA²⁾がある。これにより、具体的に落石挙動を知ることができる。しかし、落石対策便覧と同様パラメータの値は不確実性を含んでいるため、解析結果の落石挙動も不確実性を含んでいることになる。

そこで、パラメータの値の不確実性を確率モデルによって表現し、想定される落石挙動の発生確率を求める。具体的にはパラメータの値の不確実性がある確率分布に従うと仮定し、DDA によるモンテカルロシミュレーションを行う。その結果を整理し、ある落石挙動が生じる確率を求める。

3. 解析モデルおよび解析手順

本研究では地震による落石を扱う。解析モデルを図-1 に示す。斜面部分は国道 8 号線に実際に存在する斜面を用いた。パラメータの値は落石の発生に影響が大きい粘着力と内部摩擦角、落石のエネルギー損失に影響が大きい粘性係数を確率変数とし、それ以外のパラメータは確定値とした。確率変数とするパラメータの値は表-1 のように与えた。ある落石挙動が発生する確率を求めるために、対数正規分布に従って乱数を発生させ、その値を用いて DDA によるモンテカルロシミュレーションを行った。地震動は静的に水平荷重をかけることで与え、水平震度 0 から 0.3 まで 0.025 刻みでそれぞれの荷重につき 100 回のシミュレーションを行った。

表-1 確率変数とするパラメータの値

パラメータ	平均値	変動係数	確率分布
内部摩擦角	35°	0.231	対数正規分布
粘着力	10Pa	0.3	対数正規分布
粘性係数	1.5kN・sec/m ⁴	0.3	対数正規分布

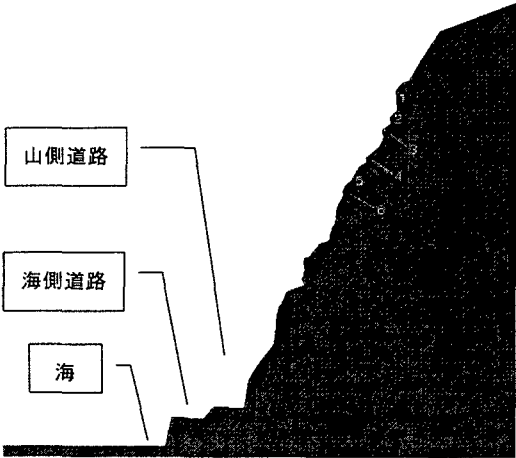


図-1 モデル斜面

この結果を落石の個数を対象に整理すると図-2、落石の最長到達点を対象に整理すると図-3 のようになる。また、落石による被害を考え、ある被害パターンとその起因事象の関係をイベントツリーで示すと図-4 のようになる。そしてそれぞれの被害パターンごとの発生確率を示すと図-5 のようになる。

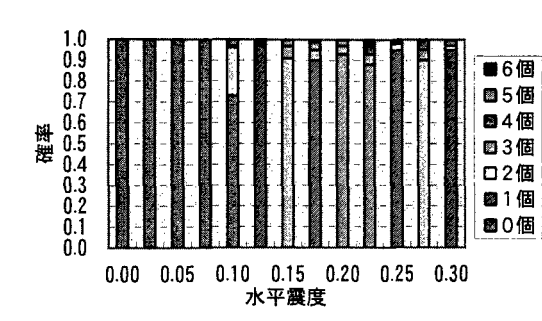


図-2 落石の個数

これらの結果を見ると、水平震度 0.075 までは落石は発生しないが、0.100 では落石が発生する可能性があり、0.125 以上では必ず落石が発生する。落石の個数や最長到達点、被害パターンの割合には水平震度 0.125 以上では、それほど変化が見られなかった。これは、モデルのある1つのブロックが不安定であるのに対し、その他のブロックは比較的安定であること、落石の発生の有無は地震荷重の大きさに依存するが、落石がどこに到達するかというのはブロックが転がっている間荷重がかかりつづけるわけではなくその大きさに依存しないことが関係していると思われる。

4. まとめ

本研究では確率モデルを用いることで、落石現象の不確実性をより積極的に考慮することができた。これにより地震が発生した際に想定される事象の発生確率を算出することができ、落石対策を選定する際に反映させることができる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧, 1983.
- 2) 社団法人システム総合研究所：DDA (Discontinuous Deformation Analysis) 解説書, 1994.

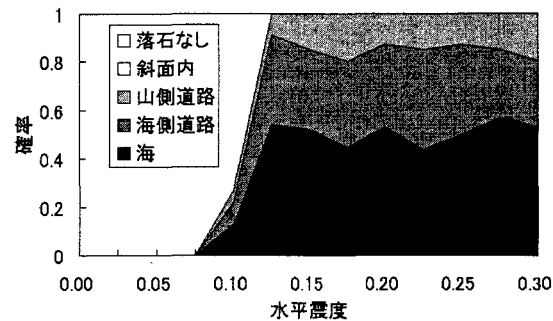


図-3 地震脆弱性曲線(落石の最長到達点を対象)

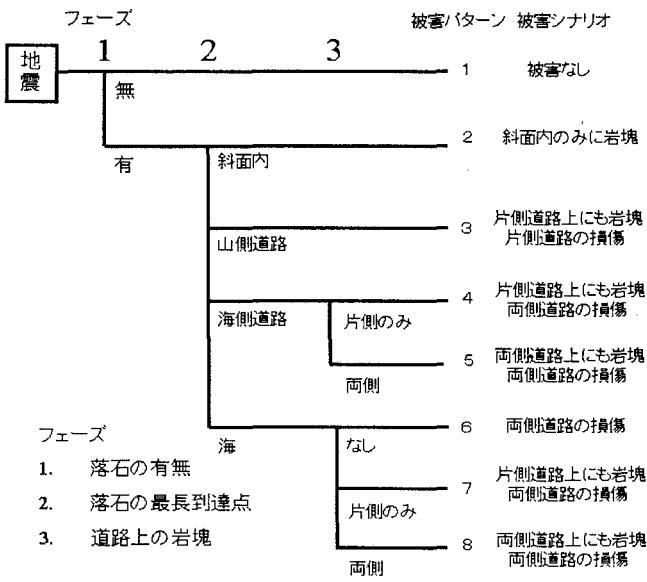


図-4 イベントツリー

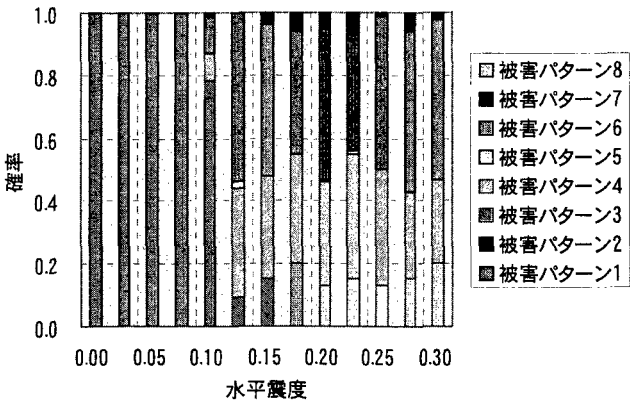


図-5 各被害パターンの発生確率