

## 地震と洗掘の組み合わせを考えた橋のリスク分析

東京大学 正会員 藤野 陽三

東京大学 学生会員 ○宮嶋 瑛

## 1. はじめに

アジア諸国の経済発展を進めていくためには、早急なインフラ整備が必要である。河川が国土を縦断しているような国においては、橋の建設が重要な課題となってくるわけだが、そこには日本ではあまりクローズアップされることのない洗掘という大きなファクターがある。そこで、バングラディッシュのパドマ橋を例に挙げて、設計を行う際の地震動と洗掘の組み合わせについて考えることとした。

## 2. モデルの定式化

地震動と洗掘の両方が発生した場合における時間的影響として、地震動と洗掘の両方を加味した設計上考慮すべき再現期間を考える。地震動と洗掘が発生したことによる橋梁に与える影響として図1のように、モーメント値の変化を考えた。

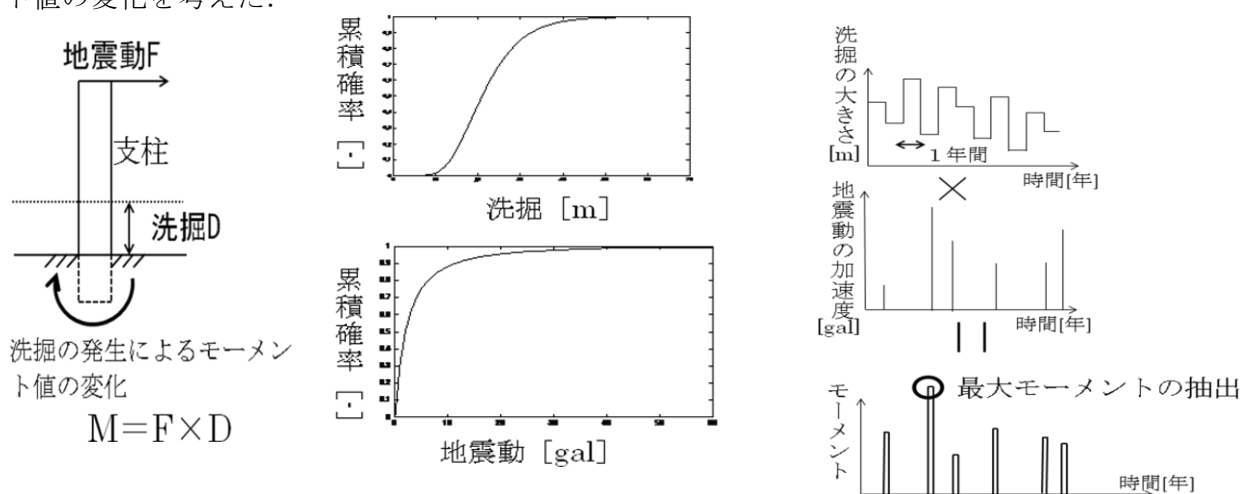


図1 モデルの模式図

図2 洗掘、地震動の確率分布

図3 モンテカルロシミュレーションの様子

## 3. 解析方法

まず、実データから図2に示される洗掘、地震動の確率分布を推定して、乱数を発生させる。図3のように、発生させた乱数から洗掘の大きさと地震動の加速度の時系列を作成し、両者を掛け合わせることで最大モーメントを抽出することにより、設計時に考慮すべき洗掘の大きさを決定する。

表1 実測値に基づく地震動の年最大加速度

と再現期間の関係

| 再現期間<br>[年] | 地震動の<br>年最大加<br>速度[gal] |
|-------------|-------------------------|
| 2           | 4                       |
| 10          | 11                      |
| 50          | 32                      |
| 100         | 51                      |
| 200         | 80                      |
| 475         | 141                     |
| 1000        | 230                     |

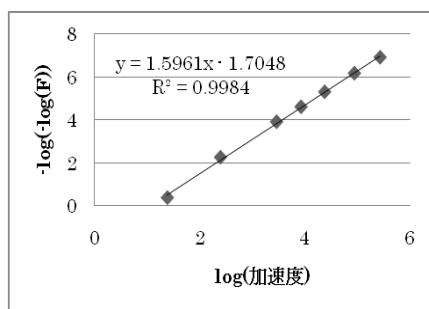


図4 年最大地震動の確率分布の推定

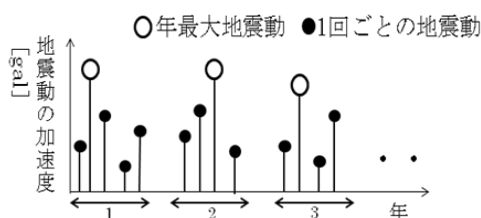


図5 年最大地震動と各地震動の比較

キーワード 洗掘 組み合わせ 確率 再現期間 モンテカルロシミュレーション

住所 東京都文京区本郷7-3-1

表 1 に示される実測値に基づくデータから、図 4 に示されるように地震動の年最大加速度  $a$  の確率分布を Frechet 分布<sup>[1]</sup>と推定した。次に、ポアソン方形波過程<sup>[2]</sup>を用いることで、○で表される地震動の年最大加速度の確率分布から●で表される 1 回ごとの地震動の確率分布に変換した。

$$F_{\max}(a) = F_a \exp[-F_a(1-F_a)\nu t]$$

$F_{\max}(a)$ : 1 年間に発生する最大の地震動の累積確率

$F_a$ : 純粋な地震動の強度の累積確率

$t = 1$  (年),  $\nu = 1$  (年) あたりの発生回数

同様に、表 2 に示される実測値に基づくデータから図 5 に示されるように年最大洗掘の確率分布を対数正規分布と推定した。

表 2 実測値に基づく年最大洗掘と再現期間の関係

| 再現期間<br>[年] | 年最大洗掘<br>の大きさ<br>[m] |
|-------------|----------------------|
| 2           | 21.0                 |
| 10          | 32.5                 |
| 20          | 36.9                 |
| 50          | 42.5                 |
| 100         | 46.7                 |
| 500         | 55.0                 |

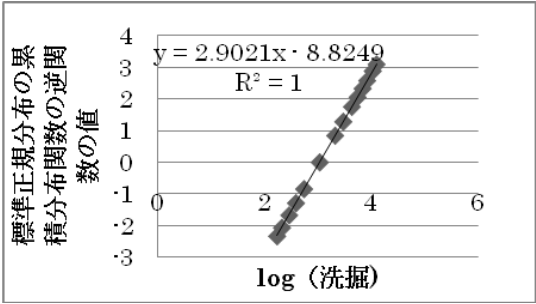


図 5 年最大洗掘の確率分布の推定

4. 解析結果

設計指針として用いられている地震動の再現期間 475 年における最大モーメントの値を求め、その値を、再現期間 475 年における地震動の加速度 141 (gal) で割ることにより、設計時考慮すべき洗掘の再現期間を求めた。モンテカルロシミュレーションの結果、累積確率 0.8 におけるモーメントの 100 年最大値が 4178(m・gal)とわかり、累積確率 0.8 における洗掘の大きさが 29.6(m)であることが計算できた。その結果、洗掘の大きさ 29.6m における再現期間が 6.41 年であることがわかった。

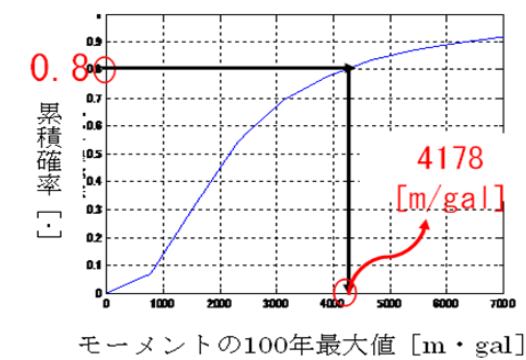


図 6 モーメントの 100 年最大値と累積確率の関係図

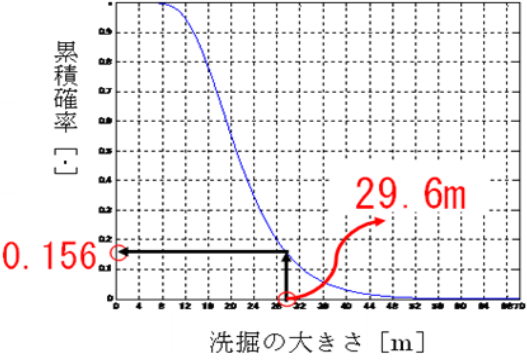


図 7 洗掘の大きさと累積確率の関係図

5. まとめ

パドマ橋の設計を行ったコンサルタント会社が想定すべき洗掘の再現期間を 1 0 0 年としていたことと比較すると、より再現期間の短い洗掘を想定すれば良いことがわかる。今後、アジア諸国の洗掘が起きやすい地域で橋を建設する際には今回のような橋脚部分にかかる単位質量あたりの最大モーメントという考え方をを用いることで想定すべき洗掘の大きさと再現期間を求めることができると考えられる。

参考文献

[1] E. J. GUMBEL : 極値統計学, 廣川書店, 1962, pp.167-323.  
[2] Melchers, R. E. :Structural Reliability;Analysis and Prediction, ELLIS HORWOOD, 1987, pp.185-207.