

構造物の損傷度曲線の効率的計算法

佐藤忠信・増本みどり・吉田郁政・堀江佳平

1. はじめに

構造物の耐震補強を効果的に進めるための指標としてライフサイクルコストなどがあり、構造物の地震リスクを精度良く評価する必要性が高まっている。地震リスク評価のためには、構造物の損傷確率が必要であり、不確定性を備えた構造物の強度は損傷度曲線によってモデル化される。本研究ではモンテカルロ・シミュレーション(MCS)および限界地震動指標(吉田ら, 2003)を用いて損傷度曲線の算定を行う。低頻度で発生する事象を評価するために Subset Simulation 法(Au, S. K. & Beck, J. L., 2001)を用いる。実在橋脚を対象として損傷度曲線の算定を行った。その際、用いる地震動によって損傷度曲線が影響を受けることを示す。

2. 効率的な損傷度曲線算定法

低頻度で発生する事象に対する構造物のサンプルを効率的に求めるため、Subset Simulation 法¹⁾を用いる。また、Subset Simulation法により絞り込まれた部分空間で条件付サンプルを発生させるために Markov Chain Monte Carlo 法(MCMC)²⁾(Gilks, W.R. *et al.*, 1996)を用いた。MCMC のアルゴリズムでは、任意の分布から発生させたサンプルの採択・棄却を繰り返すことにより、欲しい分布に従うサンプルを得ることができる。

3. 損傷度曲線算定例

門型の鋼製ラーメン橋脚を対象に損傷度曲線の算定を行った。

不確定性を考慮する変量としては桁の自重や部材強度等を取り上げている。2つの異なる地震動(兵庫県南部地震における、東神戸大橋と神戸海洋気象台の観測波形)を用いた動的解析により得られた損傷度曲線を、図-1 に示す。限界加速度を得るための手順は同じであるにも関わらず、得られた2つの曲線は異なっている。これは、時刻歴波形の違いによるものと考えられる。時刻歴波形の形は位相スペクトルによって強く支配される

ことが分かっている(佐藤ら, 2000)。位相の不確定性が構造物の応答に与える影響を調べるために、佐藤らが提案した位相の確率モデルによって入力波形を 30 作成し、各々の波形による損傷度曲線を求めた結果を図-2 に示す(水色線・青線は平均値)。振幅特性は設計スペクトル(応答スペクトル)準拠としてあるが、損傷度曲線は大きくばらついていることが分かる。

4. 結論

本研究では、Subset Simulation 法と MCMC を用いた方法で損傷度曲線の算定を行った。従来、動的解析には設計スペクトル(応答スペクトル)準拠の波形が用いられているが、上述のように位相スペクトル特性も構造物の応答に大きく影響することから、位相スペクトルの不確定性についても考慮した検討が必要である。

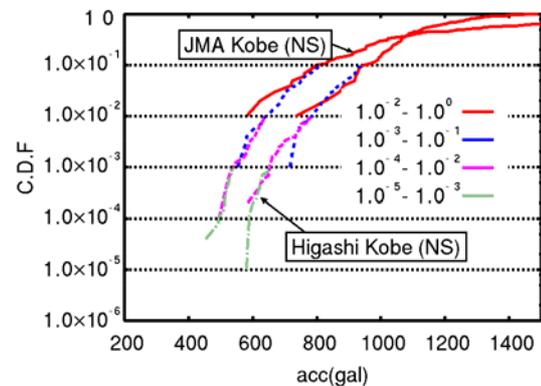


図-1 損傷度曲線(観測波形を用いた動的解析)

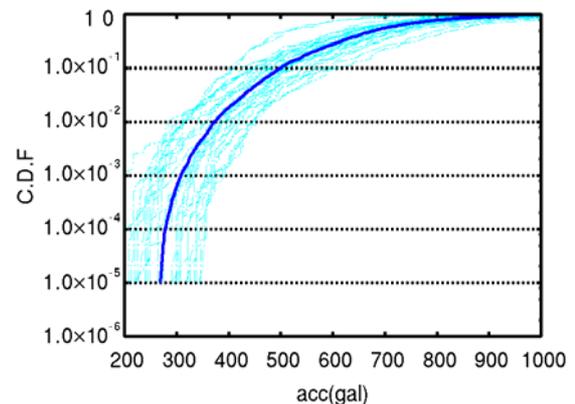


図-2 損傷度曲線(サンプル位相から成る波形を用いた動的解析)