

キャパシティ・スペクトル法による地震リスク解析と NEL, PML 評価

東京都市大学大学院 学生会員 ○小池 祥史
東京都市大学 正会員 吉川 弘道
株式会社 長大 正会員 矢部 正明

1. はじめに

地震リスク(seismic risk)は、構造物の脆弱性と地震動特性の両者によって算出され、近年その有用性が高く評価されている。本文は、キャパシティ・スペクトル法とマルチ震源モデルを援用して、鉄筋コンクリート橋脚(以下、RC 橋脚)の地震リスク解析を実施するものである。特に、地震イベントリスク曲線の算定、および 2 つのリスク指標値である期待損失率(NEL)と予想最大損失率(PML)の算出法について報告するものである。

2. 解析概要

(1)地震リスク解析の流れ

本論における地震リスク評価の流れを図-1 のフローに示す。まず、建設利点情報として Step1 において対象地点におけるマルチシナリオ地震 EQ_i を設定し、Step2 において EQ_i の地震動強さは距離減衰式を用いて算出し、地盤増幅率を乗じ地表面の地震動強さを算出する。

次に、構造物の解析として Step3 においてキャパシティ・スペクトル法を用いて構造物の地震応答の算定、Step4 において構造物の損傷モード決定し、フラジリティ曲線を求める。

これら 4 つの Step により得られた情報を用いて Step5 において地震イベントリスク曲線の算定、および NEL, PML を算定する。

(2)対象構造物と対象地点

対象構造物は図-2 に示すような 5 径間連続免震橋の橋脚 1 基を用いて解析を行う。橋脚の諸元は表-1 に示す。また、橋脚の建設地点は東京都世田谷区と静岡県静岡市の 2 地点とした。

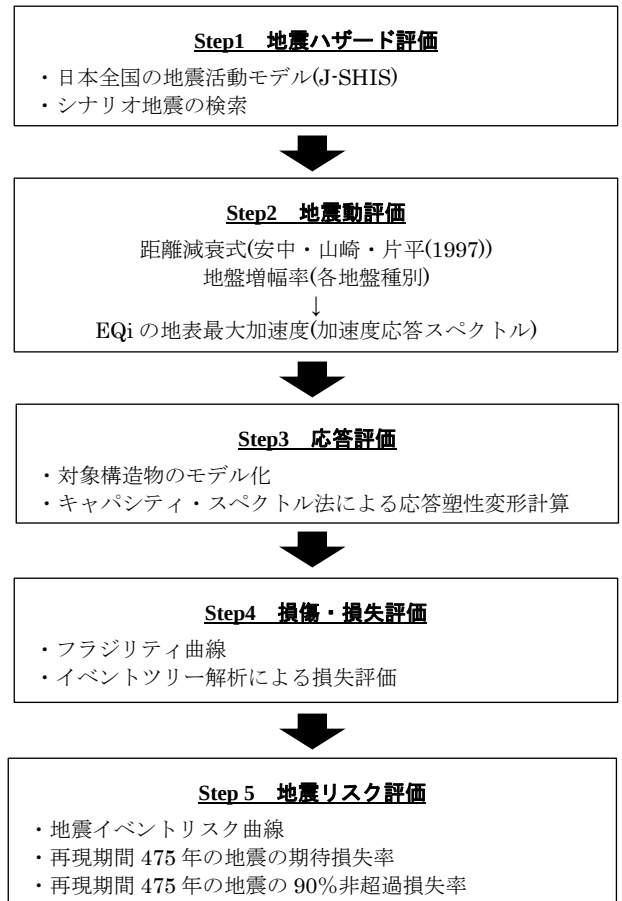


図-1 地震リスク解析の流れ

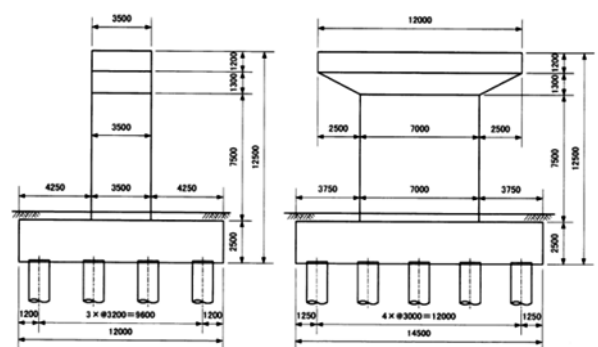


図-2 対象構造物：T 型橋脚

3. 解析結果 その 1：フラジリティ曲線とキャパシティ・スペクトル法

RC 橋脚の荷重-変位関係から、図-3 のようにフラジリティ曲線を描いた。フラジリティ曲線において、実大 RC 橋脚の正負交番載荷実験の結果と道路震災復旧便覧における被災度判定を参考に、無被害、小被害、中被害、大被害と設定した。また、分布形は対数正規分布、対数標準偏差は 0.4、中央値は上位側への超過確率が 20%となるように設定した。

キーワード RC 橋脚, 地震リスク評価, キャパシティ・スペクトル法, NEL, PML

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 都市工学科 吉川研究室 TEL03-5707-0104 (内線 3242)

各対象地点におけるシナリオ地震を用いてキャパシティ・スペクトル法により解析を行った．ここで，キャパシティ・スペクトル法は，図-4 のように構造物のキャパシティ・スペクトルと地震動の応答スペクトルの交点からそのシナリオ地震における応答を算出する静的非線形解析の手法である．

4. 解析結果 その2：地震リスク評価

地震イベントリスク曲線を算定すると，図-5 のような結果が得られた．図-5 より，年超過確率が 0.21%(再現期間 475 年＝供用期間 50 年で 10%の発生頻度)の地震における NEL475 と PML475 をまとめると，表-2 のような結果となった．この結果は，同一の RC 橋脚を用いたが，建設地点の違いで両者の NEL475 と PML475 の値は大きく異なるものとなった．

建築の分野では，PML が 60%を超えると，その構造物は倒壊の可能性が高いと言われており，静岡県静岡市では PML475=81.1%であり，この RC 橋脚は倒壊の危険性が高いことがわかる．

今回のケースでは，年発生確率が 6%を超え M8 程度とされている想定東海地震の影響が強く出ていると考えられる．震源から離れた東京都世田谷区では地震動強さの減衰により大きな損害を被らないが，静岡県静岡市は想定東海地震の震源域のほぼ直上にあることから大きな損害を被る結果となったと考えられる．

5. 結語

現行の耐震設計は，設計照査が可/OK・不可/NG で二分されるが，地震リスク評価では，地震危険度と構造物の脆弱性の両者を勘案した NEL，PML により，地震損失の程度を定量的に表すことができる．

本文では，地震リスク評価の流れを示すとともに，RC 橋脚に適用し，地震イベントリスク曲線の作画，および NEL と PML の算出により，その有用性を示した．

【参考文献】

- 1) 坪田正紀・橋本雄士・村地由子・吉川弘道：マルチシナリオ地震モデルとキャパシティ・スペクトル法に基づく地震リスク評価の建築構造物への適用，構造工学論文集，Vol.55B，2009
- 2) 吉川弘道・大滝健・前田欣昌・中村孝明：地震リスク解析における fragility 曲線と地震損失関数，コンクリート工学会誌，テクニカルレポート Vol.45，No.10，pp.30-31，2007.10
- 3) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，平成 14 年 3 月

表-1 構造物諸元

形式	5径間連続鋼Iげた橋
耐震設計上の地盤区分	II 種地盤
地盤条件	N値50の支持層
橋脚	T型橋脚
支承の種類	積層ゴム支承
柱高さ	10.0m
スパン	40m×5径間
幅員	全幅員12.000m
初降伏耐力(MN)	8.393
初降伏変位(m)	0.029
終局耐力 (MN)	9.539
終局変位(m)	0.355
等価重量 (MN)	9.828
耐力震度	0.97
作用地震力：タイプII(MN)	10.277

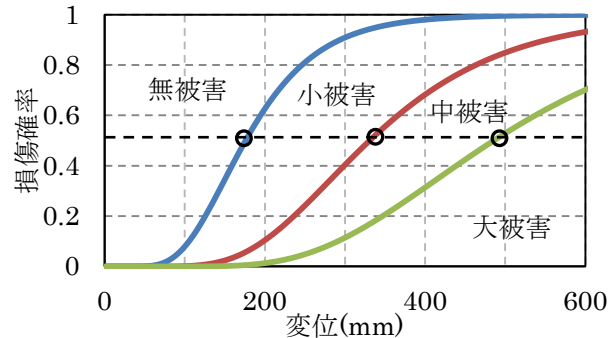


図-3 フラジリティ曲線：4形態

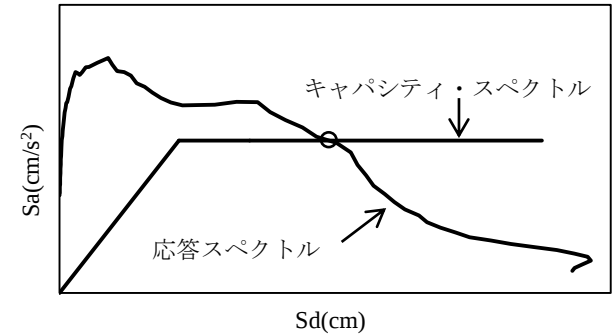


図-4 キャパシティ・スペクトル法による応答評価

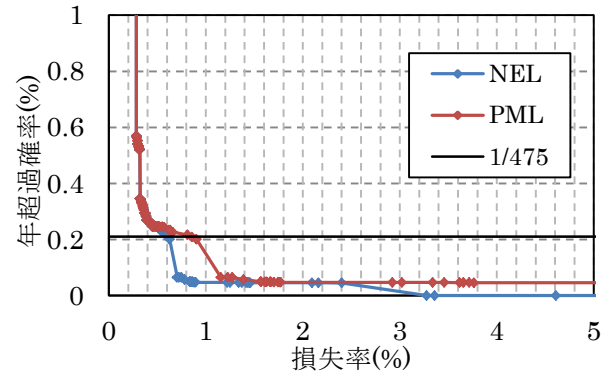


図-5 地震イベントリスク曲線と NEL，PML 算出

表-2 2 地点の NEL475 と PML475

対象地点	NEL475(%)	PML475(%)
東京都世田谷区	0.6	0.9
静岡県静岡市	19.3	81.1