

1. はじめに

地震リスクマネジメントで最も重要なのは、地震リスク評価である。これまで、構造物単体での地震リスク評価は多くの研究が行われている。しかし、システム構造物に関する地震リスク評価の研究例は少ない。そのため、本研究は、ポートフォリオ理論を用いた地震リスク評価を行った。ポートフォリオ地震リスク評価とは、広域に散在する複数の建物を施設群と考えると、地震リスクを評価することである。ポートフォリオ理論はこれまで、資本の分散や保有者の意思決定が容易なことから、不動産や金融関係で用いられてきた。本研究では、ポートフォリオ理論を適用して高速道路システムの地震リスク評価を行った。高速道路システムは、ビルや不動産のように点在するものでない。ポートフォリオ地震リスク評価とは、地点や頻度、規模を特定するシナリオ地震に基づくものである¹⁾。そのため、構造物の立地点での地震ハザードを考慮し、また脆弱性曲線を用い、構造物の性能特性を反映させ評価する。

2. 解析概要

本解析は、まず、異なる耐震性能を持つ Type1 ~ 5 の RC 単柱式橋脚を設計し²⁾、地震リスク評価を行った。次に、その各単柱橋脚で構成された高速道路システムを対象として、ポートフォリオ地震リスク評価を行った。解析条件は表 1 に示す。また、高速道路システム(Type1)において、供用期間と橋脚の本数に注目しパラメトリックシミュレーションを行った。構造物の断面形状および配筋状態は図 1、断面の性能特性を図 2 に示す。

また、橋脚の性能特性を地震リスク評価に反映させるために脆弱性曲線を用いた。脆弱性曲線は上下限が設定でき、0, 1 へ漸近する一価関数である³⁾(式(1))。図 3 に Type 1~5 の脆弱性曲線を示す。

$$y^* = \frac{1}{1 + \exp(b_1 + b_2 x)} \quad (1)$$

本解析は、PML にて、地震リスクを評価している。PML (予想最大損失率)は任意の地震動に対する 90% 非超過確率に対する物的損失であり、式⁴⁾は(2)、(3)で求められる。

$$C_{PML} = R^{-1}(0.1) \quad (2)$$

$$R(C_{PML} | \mathbf{a}) = \int_0^{C_{PML}} f(x | \mathbf{a}) dx \quad (3)$$

3. 解析結果及び考察

RC 単柱式橋脚を対象とした地震リスク評価を図 4 に、高速道路システムを対象としたポートフォリオ地震リスク

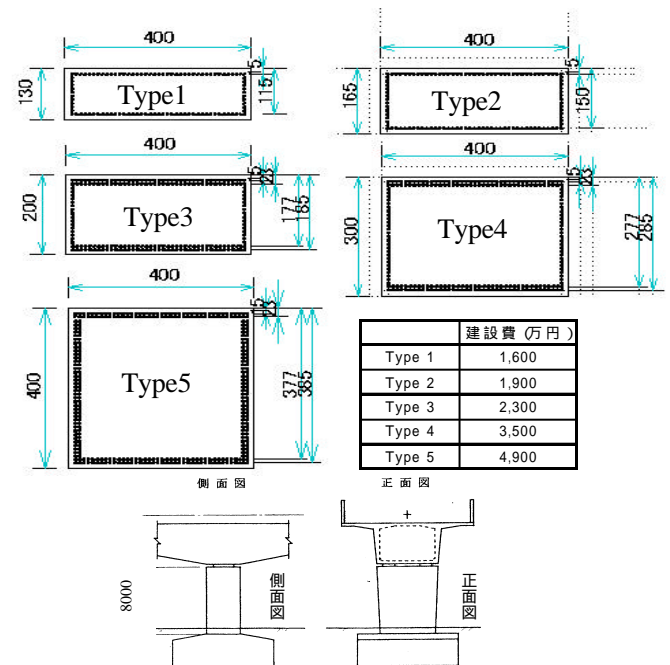


図 1 対象橋脚の概略図と配筋状態

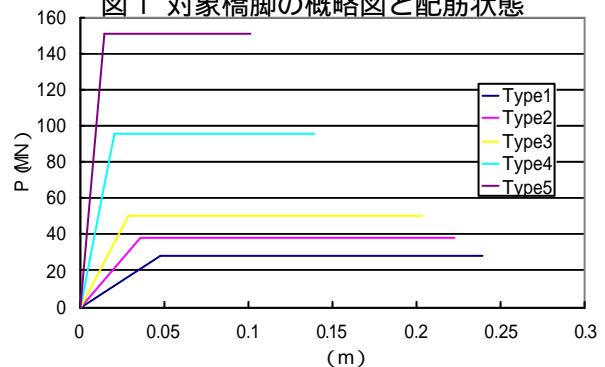


図 2 性能特性
表 1 解析条件

地震ハザード	
対象地点	東京 ~ 名古屋
有効範囲	350 km

システム構成	直列系システム
供用期間	30年
橋脚本数	50本

評価を図5, 供用期間, 橋脚本数によるパラメトリックシミュレーションを図6, 7に示す。

まず図4より, 耐震性能を向上させることにより, 地震リスクカーブが低リスク領域へ移動している。これにより, 耐震性能の有意性が確認することができた。

図5より, 高速道路システムを対象としたポートフォリオリスクカーブでも, 単柱の場合と同様の結果が得られた。これにより, 高速道路システムにおいても, 耐震性能の違いがポートフォリオリスクカーブに反映されていることが確認できた。

図6より, 高速道路システムにおける供用期間をパラメータとしたポートフォリオ地震リスクカーブは, 供用期間を長くすることにより, 累積発生確率が高くなる結果が得られた。損失率0.2に着目して, 累積発生確率を比較すると供用期間1年と50年とでは, 30%の差が表れた。この結果より, 供用年数を長くすることで, それに見合う耐震性能が必要であることが確認できた。

図7より, 高速道路システムにおける橋脚本数をパラメータとしたポートフォリオリスクカーブの影響を示す。橋脚本数を変化させると, 発生頻度が高く, 損失率が小さいときは本数による影響小さいが, 発生頻度が小さく損失率が大きいときは, 本数が多くなるほど影響が大きくなる。従って, システムを構成する橋脚が多くなるほど, 損傷しやすくなることを表わしている。

4. まとめ

ポートフォリオ地震リスク評価は評価地域が広域となる場合, 地震ハザードの影響を大きく受けると考えられる。

ポートフォリオリスクカーブにおいて, 供用期間の影響を定量的に評価することができた。これにより, 供用期間が大きくなるにつれて, 損失の累積発生確率が大きくなることがわかった。

ポートフォリオリスクカーブにおいて, 橋脚本数の影響を定量的に評価することができた。これにより, システムを構成する橋脚が多くなるほど, 損傷しやすくなることがわかった。

【参考文献】

- 1) 北本廣平「RC構造物を対象とした「Damage Function」および「Fragility Curve」による耐震性評価指標に関する研究」, 武蔵工業大学修士論文, 2003
- 2) SECT-RC RC断面設計 for Windows 《基本編》
- 3) 株式会社篠塚研究所「P-srap ポートフォリオ地震リスク評価システム 理論マニュアル」
- 4) 遠藤昭彦「鉄筋コンクリート橋脚に対する地震リスク評価手法の適応」, 武蔵工業大学修士論文, 2001

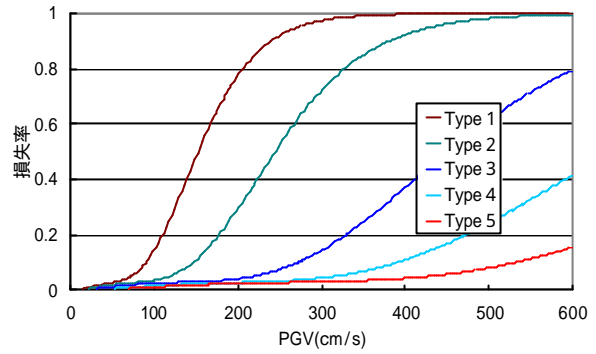


図3 脆弱性曲線

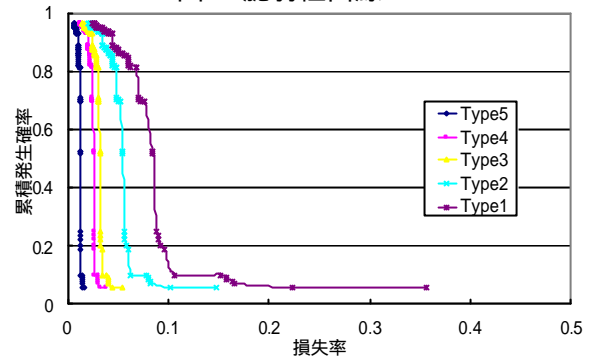


図4 PMLリスクカーブ

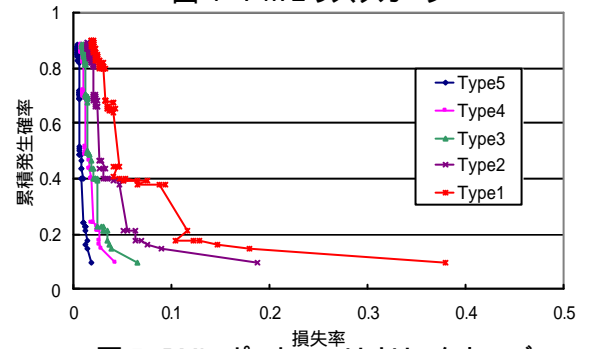


図5 PML ポートフォリオリスクカーブ

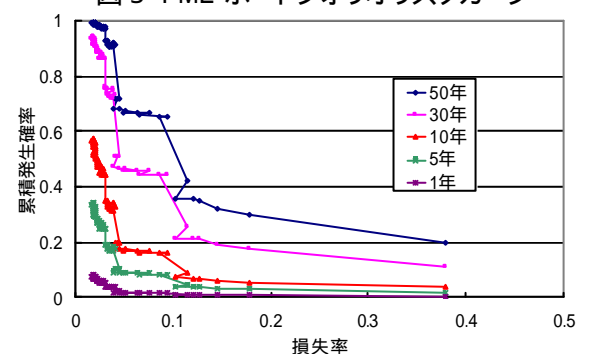


図6 供用期間における影響

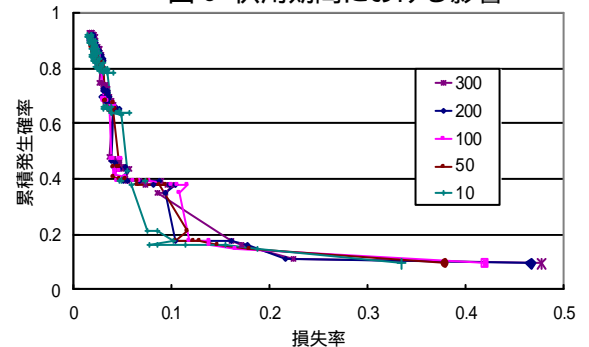


図7 橋脚本数における影響