

地震リスクを用いた機能分散型免制震橋の危機耐性評価

埼玉大学 大学院理工学研究科

学生会員 ○秋池 佑香

日本鑄造(株) 正会員 石山 昌幸

埼玉大学助教 大学院理工学研究科

正会員 党 紀

日本鑄造(株) 正会員 原田 孝志

日本鑄造(株)

正会員 山崎 信宏

日本鑄造(株) 正会員 染谷 優太

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震（2011）では被害が広範囲に及び、道路や鉄道などの交通インフラが寸断された。熊本地震（2016）でも九州の主要ルート上にあった1996年版道路橋示方書適用の道路橋に被害が生じた。近年では設計段階で想定していなかった事象においても構造物が単体またはシステムとして破滅的な状況に陥らないような性質を示す「危機耐性¹⁾」が提示され、具体的な工法や性能の定量的評価軸の開発などが求められている。2016年に危機耐性を考慮した構造として機能分離型免制震橋²⁾が提案され、その耐震性能が確認された。本研究では損傷確率と機能維持を考慮した機能分散型免制震橋を対象とし、漸増動的解析および地震リスク評価による危機耐性の定量的評価を試みる。

2. 漸増動的解析

本研究では、不確定性を考慮した漸増動的解析（IDA：Incremental dynamic analysis）を行った。防災科学技術研究所強震観測網（K-net）および気象庁強震観測、PEER Ground Motion Database (NGA-West2)で公開されている地震動波形記録から、PGA=300gal 以上を条件に100種類を解析入力波として選定した。想定する終局限界は、鋼製橋脚が破壊、または全ての支承部材が破壊した場合とし、各破壊シナリオ別にPGVと損傷確率の関係を fragility curve として図-1に示す。

免震橋の主な破壊シナリオとして、図-1(b)より、橋脚と橋台の高減衰積層ゴム支承（HDR：High Damping Rubber Bearing）が破断することとなる。一方、機能分散型免制震橋の主な破壊シナリオとして、図-1(c)より、橋台のせん断パネル型ダンパー（SPD：Shear Panel Damper）が先行して破断し、橋脚上部のHDRが破断することとなる。安価で施工が容易なSPDを用いれば、免震橋より経済的かつ早急な復旧が可能となる。

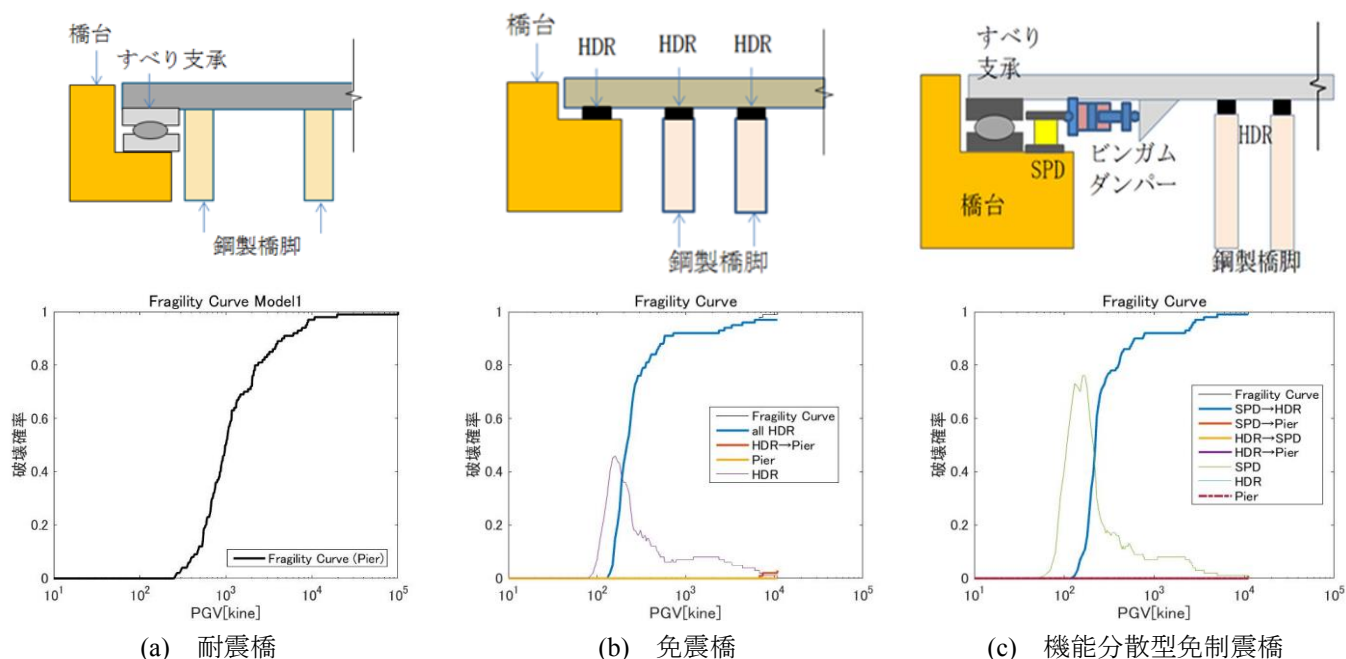


図-1 各橋梁モデルの fragility curve

キーワード：機能分散，危機耐性，漸増動的解析，地震リスク，免制震橋

連絡先：〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

3. 地震リスク評価

$$Risk = C_0 + \sum_i P^i (C_R^i + C_T^i + C_L^i) \quad (1)$$

- C_0 : 初期費用
- i : 破壊シナリオ
- P : 地震時損傷発生確率
- C_R : 復旧費用
- C_T : 走行時間損失
- C_L : 人的被害損失

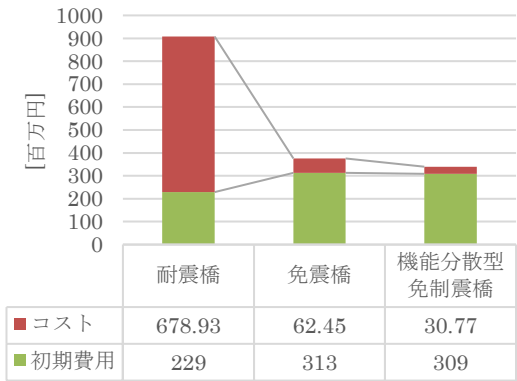


図-3 地震リスク評価

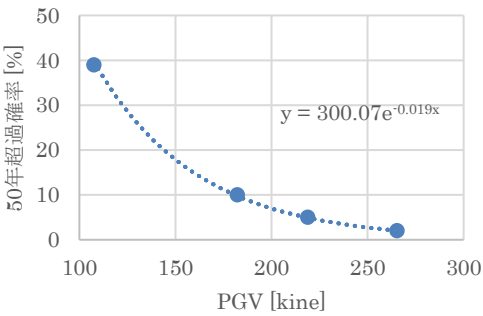


図-2 地震ハザードカーブ

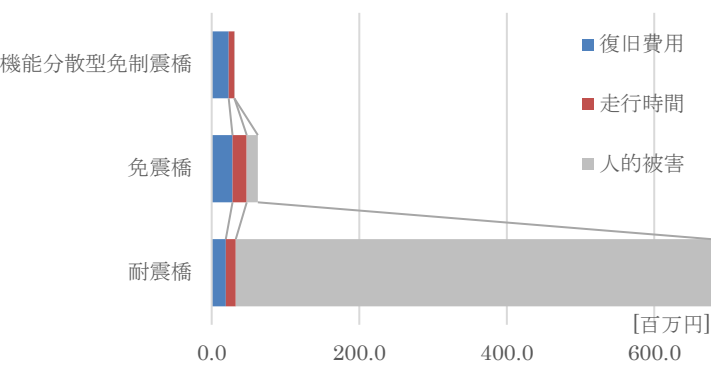


図-4 発生損失コストの内訳

次に、損傷発生確率や損傷コストを考慮するため、式(1)を用いて地震リスク評価を行う。地震リスク評価では地震による被害を貨幣価値によって定量的に把握することが重要である。まず、SPD、HDR、橋脚を損傷度ごとに要求性能をランク分けし、復旧費用などを設定する。地震ハザードステーション（J-SHIS）で公開されている東京都周辺における 50 年超過確率と PGV の関係から指数近似したハザードカーブを図-2 に示す。それらに各 PGV に対応する損傷確率を乗じ、その総和を地震時損傷発生確率とした。道路交通ネットワークを考慮した社会的損失として走行時間損失と人的被害損失を算出した後、式(1)より地震リスクを算出し、各橋梁モデルで比較した結果を図-3 に示す。

図-3 より、機能分散型免制震橋の発生損失コストは免震橋の約 1/2 に抑えられ、最も地震リスクが低くなった。免震装置がない耐震橋は、発生するおそれのある損失コストが他の橋梁モデルより大きかった。図-4 より人的被害損失が占める割合が大きく、損失全体の増大に影響しているのが確認できる。しかし免震橋の復旧費用と走行時間損失は他の橋梁モデルより大きく、経済的および迅速な復旧が難しいことが分かる。機能分散型免制震橋は走行時間損失と人的被害損失が最も小さく、免震橋より低い復旧費用で復旧できる。

4. 結論

本研究によって、機能分散型免制震橋は安価で施工が容易な支承部材の組合せにより経済的かつ早急な復旧が可能となり、損失を抑えることで被害地域の復旧に貢献することが判明した。機能分散型免制震橋は耐震性能および復旧の貢献度を考慮すれば危機耐性に適うといえる。しかし、本研究では構造系の地震応答モデルや発生する損失の算定に仮定を用いたことを踏まえると、実際の破壊的状况を考慮できたとは言い難く、更なる研究が必要である。

参考文献

1) 本田利器, 秋山充良, 片岡正次郎, 高橋良和, 野津厚, 室野剛隆: 「危機耐性」を考慮した耐震設計体系(1)試案構築にむけての考察, 土木学会論文集A1 (地震工学論文集第35巻), pp.I_459-I_472, 土木学会, 2016.

2) 党紀, 金井寛裕, Bidha L. Joshi: 危機耐性と経年劣化を考慮した機能分離型免制震橋, 第19回性能に基づく橋梁等の耐震性能に関するシンポジウム講演論文集, pp.45-52, 2016.7.