

危機耐性と経年劣化を考慮した機能分離型免制震橋の一提案

埼玉大学 正会員 ○ 党 紀

埼玉大学 非会員 金井 寛裕

Saitama University Nonmember Bidha Joshi

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震(M7.2), 2011 年の東北地方太平洋沖地震 M(9.0)は主要インフラである橋梁に甚大な被害をもたらし, 橋梁の復旧に伴う機能停止期間も考慮すると震災による経済的損失はさらに大きなものであった. 日本では, 直近 20 年に 2 度の歴史的大地震を経験しているため, 想定を超える地震の対策の必要性について, 共通的に認識されている. 近年, 社会基盤の「レジリエント」(Bruneau, 2006)と「危機耐性」(室野, 2013)の概念についての検討がなされている. また, 従来の古い基準で作れた橋梁の耐震補強や免震化に要するコストや桁の温度伸縮などの常時使用に伴う支承の経年劣化など課題が提起されている. そこで本研究では, 従来に桁端部の免震ゴム支承に集中した損傷, 劣化リスクを複数のデバイスに分散する概念を念頭に, 機能分離型免制震橋の一例を提案し, 現行の耐震設計法に基づき耐震橋・免震橋・機能分離型免制震橋の耐震性能評価と漸増動的解析を行い, 大地震時の耐震安全性と危機耐性を評価する.

2. 機能分離型免制震橋の概念

この機能分離型免制震橋とは, 橋梁支承の常時の鉛直支持機能, 水平変形吸収, 回転変形, 地震時の水平力分散, エネルギー吸収などの機能を過度に一つのデバイスに集中することではなく, それを複数のデバイスに分散する概念と指す. 例えば常時鉛直荷重の支持をすべり支承, 桁の温度伸縮による荷重をビンガムダンパー, 地震による揺れを抑えるためのエネルギー吸収機能を安価なせん断パネルダンパー(SPD)と HDR(高減衰積層ゴム支承)に分担することが考えられる. 一つのデバイスに問題が生じて, 構造全体の機能に影響が少なく, リスクの分散を図る. さらに段差防止装置や落橋防止装置などを付け, 想定外地震発生しても, 構造の損傷を制御し, スムースに橋とする機能維持が回復できるものだと考えられる.

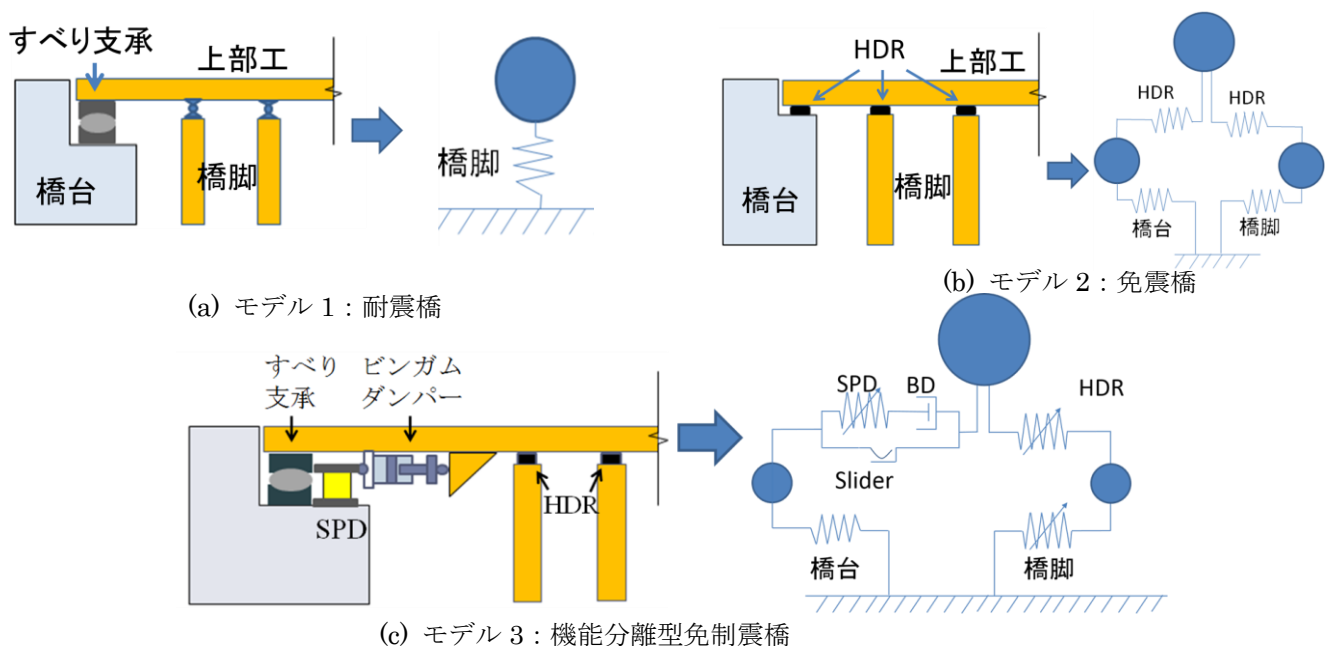


図-1 検討対象構造と解析モデル

キーワード 機能分離, 危機耐性, 性能設計, 免制震, 損傷制御, リスク分散

連絡先 〒160-0004 東京都新宿区四谷1丁目(外濠公園内) (公社)土木学会 全国大会係 TEL 03-3355-3442

3. 検討対象橋梁とモデル化

本研究では、山あげ大橋を参考し、上部工 1528t の 5 径間連続桁、5 本 16m の橋脚と両側が橋台、地盤種類をⅡ種としたものをベンチマック橋梁モデルとして解析を行う。解析モデルでは、耐震構造をモデル 1、免震橋をモデル 2、提案する機能分離型免制震橋をモデル 3 とし、提案構造形式の耐震性能における特性を比較して評価する。モデル 1 の耐震橋では、橋脚部が主要な地震時耐震部材として 1 質点系モデルとする。橋脚には鋼製橋脚を使用し、復元力履歴モデルとして、著者らが提案した曲線近似モデルを用い、タイプⅡの地震動を入力しても最大応答は最大荷重点を超えないように橋脚断面を設計した。免震橋と機能分離型免制震橋では橋台部にも水平力を分散していて、3 質点系モデルとする。SPD とビンガムダンパーを直列して、レオロジモデルと同じように、ビンガムダンパーの速度依存性を考慮して微小時間間隔に荷重のバランスにより応答変形の増分を分配する。SPD では硬化効果を考慮せず完全弾塑性モデルとし、ビンガムダンパーではサブダンピングとして、 $\alpha=0.1$ とした。HDR には著者らが提案した修正 PK モデルを 1 方向に用いて、ハードニングの効果のある修正 Bouc-Wen モデルを用いる。モデル 2 では橋脚をモデル 1 と同様のものとし、免震支承は設計せん断ひずみ 250%を超えないように、橋脚は限定的な塑性化にとどめることを前提に設計した。モデル 3 は橋脚と HDR の条件をモデル 1,2 と同様にし、SPD が破断ひずみ 30%を超えないように設計した。

4. 耐震性能と危機耐性の評価

道路橋示方書の設計地震動 (Leve2Type2Ground2) をそれぞれ 3 つのモデルに入力し、得られた橋脚、HDR (橋台部と橋脚部) またせん断パネルダンパー (SPD) の地震応答復元力履歴曲線を図-2 に示す。ビンガムダンパーの応答は非常に微小であった。図に示すように、橋梁を HDR で免震化した結果、構造物の最大応答と最大反力は大きく抑えた効果が自明でありながら、提案構造では損傷がさらに小さく、橋脚の応答はほとんど弾性域に抑えられている。IDA 解析 (100 波) を行い、その fragility カーブを図-3 に示す。SPD は PGA1500(gal) までほとんど損傷しておらず、1500(gal) を超えてから急激に損傷度が増加しているため、SPD は大地震発生時のみ損傷を誘導することがわかる。また、PGA18000(gal) の場合でも HDR の破壊確率が 2%、橋脚の破壊確率が 0% となり、大地震発生時、HDR と橋脚は損傷せず、SPD に損傷が集中する可能性が高いことがわかる。

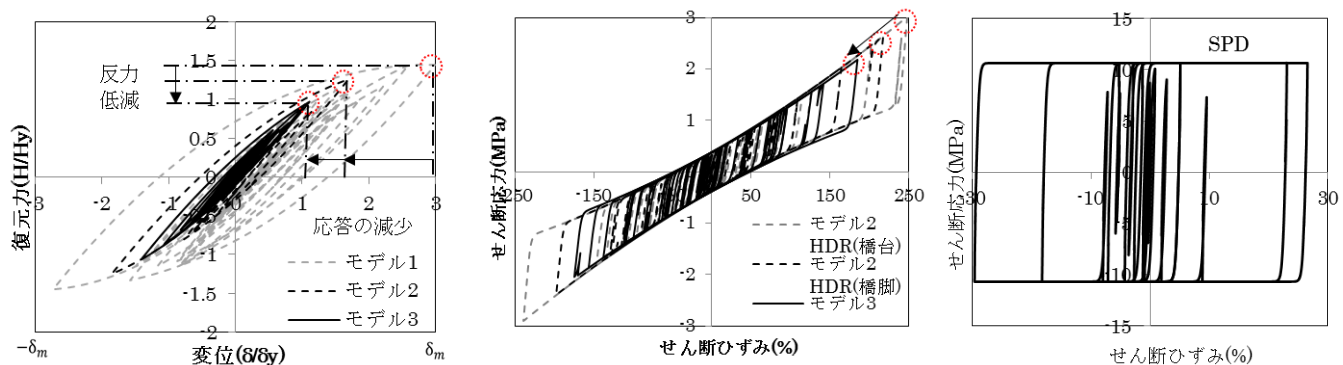


図-2 設計地震動による応答

6. まとめ

以上の結果より、モデル 3 の機能分離型免制震橋では橋脚、HDR ともに破壊確率が低いため、落橋、倒壊のような最悪の破壊状態に至る可能性は非常に低く、橋梁としての機能を維持することが可能であり、補修も SPD の取り替えであるため容易で経済的であると考えられる。

参考文献

- 1) Michel Bruneau, Andrei Reinhorn : Overview of the Resilience Concept, Pro. 8th U.S. NCEE, 2006.4
- 2) 室野剛隆 : 危機耐性の導入と耐震設計のバランス, 第 16 回性能シンポ特別講演, 2013.7

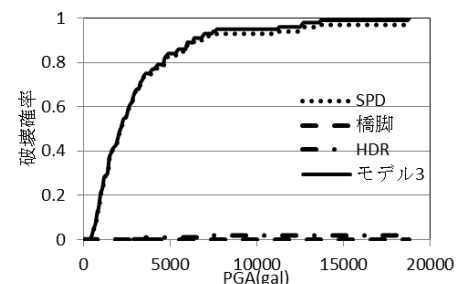


図-3 フラジリティカーブ