

既設道路橋の構造形式を考慮した地震被害推定式の提案

西松建設株式会社

エスシー企画株式会社

徳島大学ソシオテクノサイエンス教育部

徳島大学ソシオテクノサイエンス教育部

正生員○赤澤太一

正会員 山村 猛

正会員 三神 厚

正会員 澤田 勉

1. はじめに

橋梁は、地震時の避難路や復旧物資の輸送路として使用されるため重要な構造物である。将来の大地震にそなえ、橋梁の地震被害をある程度の精度を持って把握することは非常に重要である。橋梁被害推定に関する研究には以下の2つがある。①山崎らは¹⁾兵庫県南部地震による高速道路橋の被害データと最大速度の関係を調べ、被害率曲線（フレンジーカーブ）を作成した。②山村らは²⁾、12地震による道路橋被害の調査データと数量化理論を用いて、道路橋の構造特性と地震動特性を考慮した地震被害推定手法を構築した。これらのうち①は手法は簡単であるが、地震が限定的であることや、構造特性を考慮していないという欠点がある。②は手法が煩雑であり、汎用性に欠ける。本研究では、多くの橋梁被害データを用い、構造特性を考慮した簡便な地震被害予測手法（フレンジーカーブ）の構築を試みた。

2. 橋梁の地震被害データベースの構築

南海地震（1946年）から新潟県中越地震（2004年）までの19地震の被害報告書を参考に被害調査を行い、被害データをデータベース化した。表1にその一例を示す。調査項目は、橋梁データ（橋梁の建設年、橋長など）、地震データ（マグニチュード、断層距離など）、及び被害データ（橋脚、支承、上部工の損傷度）である。損傷度は、道路震災対策便覧³⁾を参考にして、5つのランクに分類した。本研究で利用した地震は、発生年代に約40年の差異が見られるため、地震発生時の橋梁数を考慮して、被害橋梁に重み付けをし橋梁数の補正を行った。

表1 データベース一例（1995年兵庫県南部地震，M7.2）

橋 梁 名	適用 示方書	橋梁データ							地震データ		損傷データ			
		橋長 (m)	ハブ (m)	幅員 (m)	上部工 形式	支承 形式	橋脚 形式	橋脚 材質	地盤 種別	断層 距離	損 傷 度			
											上部	支承	橋脚	橋梁
瓦木西高架橋(上り線)	S31(1956)	35.1	18.7	10.5	RC桁橋	ベアリングプレート	柱式	RC	2	3.1	5	4	5	5
瓦木西高架橋(上り線)	S31(1956)	16.4	16.4	10.5	RC桁橋	ベアリングプレート	壁式	RC	2	3.1	3	2	4	4
守部高架橋(上り線)	S31(1956)	85.0	17.0	10.6	RC桁橋	ベアリングプレート	壁式	RC	1	4.9	3	4	4	4
守部高架橋(下り線)	S31(1956)	85.0	17.0	10.6	RC桁橋	ベアリングプレート	壁式	RC	1	4.9	2	1	3	3
大西高架橋	S31(1956)	85.0	17.0	不明	RC桁橋	BP.B支承	壁式	不明	1	6.2	4	3	4	4

3. 橋梁の構造特性と被害率の関係

上述のデータベースをもとに、最大速度と損傷度の関係から被害率曲線（フレンジーカーブ）を作成した。地震動の最大速度がPGVのとき損傷度R以上が発生する確率 P_R (PGV)が対数正規分布で表せると仮定すると、被害率曲線は標準正規分布の累積確率 Φ (PGV)を用いて次のように表すことができる。

$$P_R(PGV) = \Phi((\log(PGV) - \lambda) / \zeta) \quad (1)$$

ここで、PGVは表層の最大速度であり、距離減衰式⁴⁾により求めた基盤最大速度に、表層の増幅率⁵⁾を乗じて算出される。また、 λ は $\log(PGV)$ の平均値、 ζ は $\log(PGV)$ の標準偏差である。係数 λ 、 ζ は、確率紙を用いた最小二乗法により求めた。本研究では、

母集団となる全橋梁数を 500 と仮定し、橋梁の構造特性（適用示方書、支承、スパン、橋脚形式）の 카테고리 別に相対的な被害傾向を調べた。図 1～図 4 は適用示方書、支承形式、スパン、橋脚形式のそれぞれについて 2～3 の 카테고리 別に、損傷度 2 以上の被害率を示したものである。

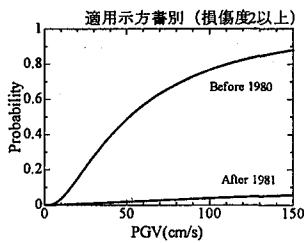


図 1 適用示方書別の被害率曲線

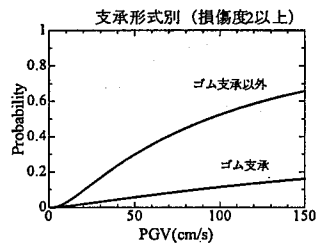


図 2 支承形式別の被害率曲線

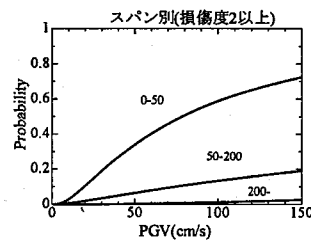


図 3 スパン別の被害率曲線

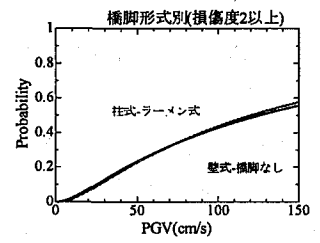


図 4 橋脚形式別の被害率曲線

これらの図より、以下のことがわかる。

- ①適用示方書別では、1981 年以降の設計書を用いて設計された橋梁の被害率は、1980 年以前のそれに比べると非常に低くなっている。このことより、1981 年以降の設計書を用いて設計された橋梁は耐荷力が大幅に向上していることがわかる。
- ②支承形式別では、ゴム支承を用いた橋梁は、ゴム支承以外の支承を用いた橋梁より被害率が低い。
- ③スパン別では、スパンが長くなると被害率が小さくなっている。また、橋長別、幅員別の被害率についても同様なことが確認できた。
- ④橋脚形式別では、それぞれの橋脚形式の被害率に差が見られない。これは、損傷度として表 1 の 3 つの部位（上部工、橋脚、支承）のうち最大のものをを用いているためであると考えられる。橋梁の損傷度として橋脚の損傷度を用いると、それぞれの差が明確に現れると考えられる。

4. まとめ

本研究では、全橋梁数を 500 と仮定したが、それぞれの地震で全橋梁数を正確に算出すると、相対的な被害率ではなく、実際の被害率を忠実に推定できると考えられる。また、構造特性を考慮するために、カテゴリ毎に被害率曲線を作成したが、複数のカテゴリを組み合わせる被害率曲線を求め検討することにより、橋梁被害に影響を及ぼす要因を分析できると考える。

5. 参考文献

- 1) 山崎文雄，大西淳一：高速道路構造物に対する地震被害推定式の提案，第 10 回日本地震工学シンポジウム，1998.
- 2) 山村猛：数量化Ⅱ類を用いた既設道路橋の地震被害予測手法について，地域安全学会論文集，No.7，2005.11.
- 3) 日本道路協会：道路震災対策便覧（震災復旧編），日本道路協会編集，2002.4.
- 4) 安中正，山崎文雄：気象庁 87 強震計記録を用いた最大地動及び応答スペクトル推定式の提案，第 24 回地震工学研究発表会講演論文集，1997.7.
- 5) 松岡昌志，翠川三郎：国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング，第 22 回地盤震動シンポジウム資料集，1994.10.