

京都大学防災研究所	フェロー	亀田 弘行
京都大学防災研究所	正会員	田中 聡
岐阜大学工学部	正会員	能島 暢呂
京都大学工学部	学生員	○大西 俊輔

1. はじめに

本研究では、地震による構造物に生じた被害(構造損傷)および交通規制(機能損傷)と、地震動の強さとの関係性を評価する。解析には、1995 年の兵庫県南部地震における阪神高速道路の損傷データを、GIS を用いてデータベース化した後、評価法を提案する。これによって、交通施設の耐震化における重点地域の決定や、地震後の交通網に対する影響の予測など、有用な情報を提供できると思われる。

2. 阪神高速道路の被害と地震動の分布

2.1 阪神高速道路の被害

阪神・淡路大震災発生後、阪神高速道路の被害の程度は、震災復旧マニュアル¹⁾に基づいて、各橋脚について被災度の判定がなされた。耐荷力に関する被災度は、被害の甚だしいものから順に、As, A, B, C, D と 5 段階になっている。被害の甚大な 3 号大阪西宮線(兵庫)・3 号神戸西宮線・5 号湾岸線には、落橋を示す被災度 As が見られたほか、1 号環状線・1 1 号池田線などの大阪地区の路線の一部に、被災度 As はなかったものの、大被害を示す被災度 A の橋脚が見られた。

交通規制は、地震直後から実施され、通行上の安全性が確保された区間から順に開放された。

2.2 地震動の分布

構造損傷に関する評価をするにあたって、外力の指標は一般的に応答加速度が用いられる。しかしながら、兵庫県南部地震では観測地点の数が少ないため、強震記録が非常に少ない。そこで、実際に観測されたものと等価であると考えられるアンケート震度を用いることにした。

なお、大阪府域²⁾と兵庫県域³⁾とでは、調査団・時期・調査対象が異なっているが、両者とも計測震度との対応が吟味されており、整合性を保

持している。

3. 阪神高速道路の被害データベース構築

阪神高速道路の橋脚の被害と地震動(震度)の分布を重ね合わせたものを図 1 に示す。

基図には国土地理院の数値地図 2500 を使用し、その上に路線図と照らし合わせて各橋脚を点で描画した。さらに各橋脚の属性に、被災度判定が記載されている応急調査記録表⁴⁾を結合した。アンケート震度分布の図も入力し、各橋脚の属性を震度の情報と結合した。ただし、湾岸地域を中心に震度のデータが欠落している箇所がある。震度ごとの橋脚の本数と被災度の内訳を図 2 に示す。

機能損傷については、交通規制の開放日時を各路線ごとに整理し、被災度と照らし合わせた。

3. 構造損傷に関するデータ分析

以上のデータベースを用いて、阪神高速道路の被害に基づいた外力と構造損傷との関係を表すフラジリティー曲線を推定した。阪神高速道路の橋脚は鋼構造・PC 構造・RC 構造に区分できる。従って、構造種それぞれについて、被災度 A 以上(As, A)・被災度 B 以上(As, A, B)の本数の橋脚数に対する割合をそれぞれ算出し、被害率とした。

ある震度 X において、被災度 R 以上の被害が発生する確率 $P_{\geq R}(X)$ は、震度に対して標準正規分布の累積確率 $\Phi(X)$ で表せると仮定し、回帰係数は正規確率紙を用いて最小二乗法により求めた。

なお、一般的にフラジリティー曲線は、外力の指標に加速度を用いるため、震度を加速度に換算した。本研究では、童・山崎によって提案された、計測震度から最大加速度を推定する式⁵⁾：

$$PGA = 10^{-0.23+0.51 \cdot I} \quad \dots (1)$$

ただし、PGA：最大加速度

I：計測震度

を用いた。図3に鋼構造の、図4にRC構造のフラジリティー曲線を示す。

4. まとめ

1) 阪神高速道路の4211本の橋脚について、被災度判定と兵庫県南部地震における大阪・兵庫地域のアンケート震度を、GISを用いてデータベースを構築した。それによると、震度4.5から6.7までの間に分布しており、最も多いのは5.0の地域の612本、また、被災度Asは、震度5.8以上にのみ見られた。被災度B、C、(D)についてはばらつきが見られた。しかしながら、アンケート震度分布図には欠落箇所があり、528本の橋脚が乗っている。そのため、今後この補完を行う必要がある。

2) アンケート震度が得られた橋脚について、構造種別にフラジリティー評価を行った。ただし、ほとんどのPC構造の橋脚は損傷が軽微であったため、回帰分析ができず、評価不能であった。

3) 阪神高速道路の震災後の対応および通行規制開放経緯を時間の経過とともに整理した。構造物の損傷の度合いと規制期間とが単純に関係している訳ではなく、過剰な交通流入の抑制や緊急輸送ルートの指定など、規制には様々な要因が絡み合っていたことが判明した。また、12号守口線と1号環状線との連絡部分付近は、交通の要所であるが、震度が大きく損傷もひどかった箇所、開放も遅かった。このような箇所の、固有の事情を考慮しつつ、ネットワーク全体の機能回復のアルゴリズム構築が今後の課題となる。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路震災対策便覧（震災復旧編）、1988.2、
- 2) 鶴来雅人・澤田純男・入倉孝次郎・土岐憲三：アンケート調査による兵庫県南部地震の大阪府域の震度分布、土木学会論文集1月号、1999.1、
- 3) 神戸大学工学部建設学科土木系教室耐震工学研究室 兵庫県南部地震アンケート調査分析グループ（代表：高田至郎・嘉嶋崇志）：兵庫県南部地震に関するアンケート調査一集計結果報告書一、1996.11、
- 4) (財)阪神高速道路管理技術センター：大阪管理管内災害応急復旧調査点検業務[4/4]大阪管理管内被災度判定結果 報告書、1995.3、
- 5) 童華南・山崎文雄：地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係、東京大学生産技術研究所所報 第48巻 第11号、1996.11、など



図1 阪神高速道路の各橋脚の被災度とアンケート震度

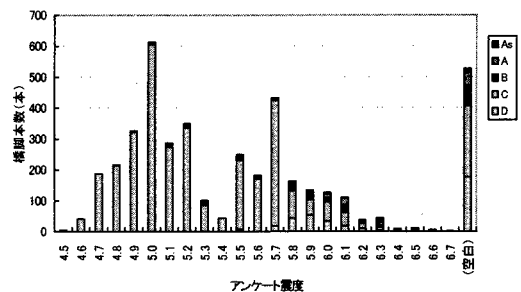


図2 震度別被災度判定の集計

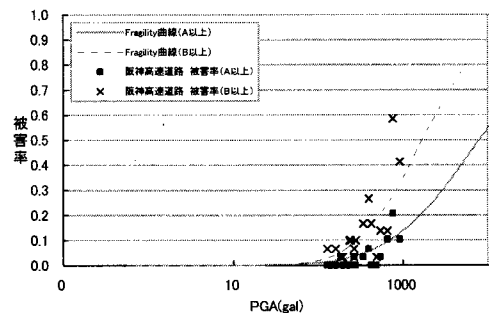


図3 鋼構造のフラジリティー曲線と被害率

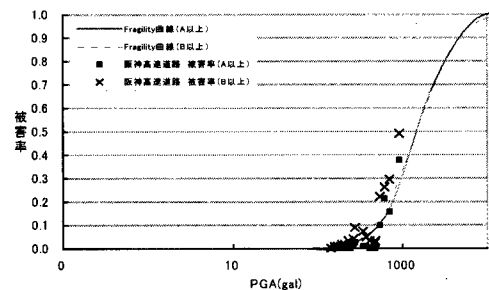


図4 RC構造のフラジリティー曲線と被害率