

# 高速道路施設における地震時フラジリティ曲線の算出に関する研究

京都大学大学院工学研究科 学生員 大西 俊輔  
 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  
 京都大学工学部 学生員 橋本 崇志

## 1. 本研究の背景・目的

都市地震防災において地震時における道路施設の被害予測・復旧戦略・機能性能などを評価することは、道路交通システムの地震時信頼性を向上させるうえで重要な課題と言える。本研究では、都市部における高速道路システムに着目し、高速道路橋脚の構造損傷と地震動の関係を示す地震時損傷曲線（フラジリティ曲線）を算出する。特に、従来開発されてきた被災度を基準としたフラジリティ曲線に加えて、通行止めから供用再開までの復旧過程に関する考察を通して、橋脚が再構築基準に達する確率を表すフラジリティ曲線を提案する。

## 2. 阪神高速道路被害・復旧データベースの作成

兵庫県南部地震で被災した阪神高速道路の橋脚を対象に、地震動強さ・構造データ（構造種別・路下条件など）・被災データ（被災度判定・通行止め解除日時）・復旧工事データ（工区・工期・復旧設計方針・復旧前後の写真）をGISに入力し、「阪神高速路被害・復旧データベース」を作成した。地震動強さは神戸大学（兵庫県域）<sup>1)</sup>ならびに大阪土質試験所（大阪府域）<sup>2)</sup>の調査によるアンケート震度を採用した。被害を表す指標として、阪神高速道路公団が応急調査で行った被災度判定（耐荷力に関する被災度：As, A, B, C, D、走行性に関する被災度：a, b, c）を採用した。これらのデータをすべて橋脚の属性として扱い、被害から復旧までのデータを表形式で一覧化した。

## 3. 被災度を基準としたフラジリティ

2. で構築したデータベースをもとに、被災度を

基準としたフラジリティ曲線を算出した。全体で5665基の橋脚があり、図1に示すように震度4.4～6.7の領域に分布している。そのうち573基（10.1%）の橋脚はアンケート震度のデータのない区

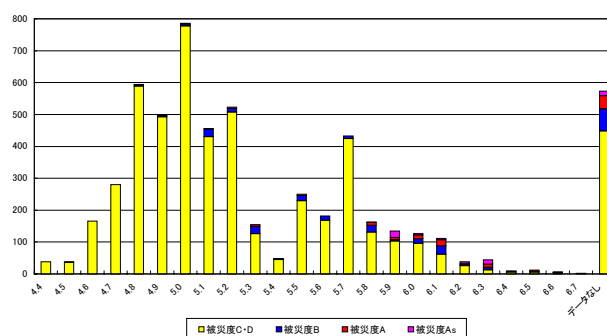


図1 アンケート震度別に見た被災度判定の分布

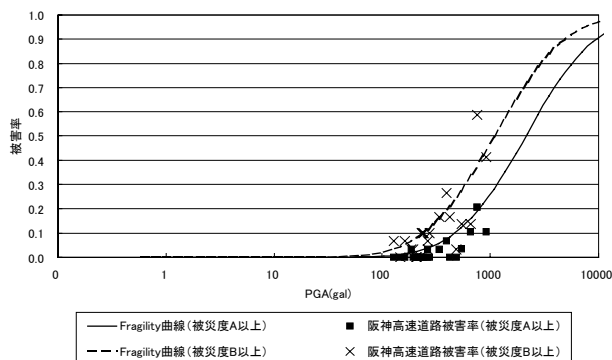


図2 鋼構造橋脚のフラジリティ

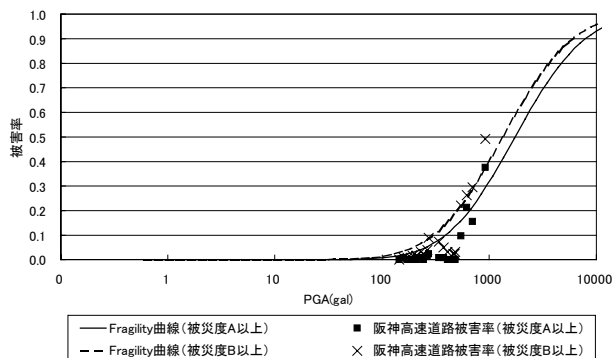


図3 RC構造橋脚のフラジリティ

キーワード：地震時フラジリティ曲線、被災度判定、再構築基準

〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 Tel 0774-38-4037 Fax 0774-38-4044

域と重なったため除外した。図2に鋼構造橋脚の、図3にRC構造橋脚のフラジリティ曲線を示す。

#### 4. 再構築基準に達する確率を表すフラジリティ

被災後、通行止めの措置が取られてから供用が再開されるまでのプロセスの整理をおこなった。阪神高速道路公団では、まず目視による外観調査で被災度を判定する「応急調査」が、次に二次災害のための落橋箇所の撤去や落橋防止工の施工を行う「応急措置」がとられ、その後橋脚の傾斜や桁移動量などもふくめた詳細調査である「復旧調査」が行われ、再構築・補修・補強といった「復旧設計方針」が策定された。原則として被災度 As, A の橋脚は再構築、被災度 B, C, D の橋脚は補修・補強を行うという方針が採用されたが、実際には被災度 B, C, D で再構築された橋脚も存在した。これは、公団では橋脚の傾斜角  $1^\circ$  以上、もしくは、桁移動量 15cm 以上の橋脚においても再構築を行うという判断基準を設けたため、被災度 B, C, D の橋脚の中にもこの基準に該当する橋脚が存在したためである。被災度 B, C, D で再構築された橋脚について分析したところ、約 90% の橋脚がこの条件に適合していることが確認できた。(図4) 地震被害調査は、被害の全体を把握し二次災害の防止などを目的とした応急調査(被災度判定調査)と復旧設計方針を策定する詳細調査の二種類がある。同様に、地震被害想定においても応急調査に対応する構造損傷を表す関数と、再構築あるいは補修などの復旧設計方針を表す関数によって、復旧過程を考慮した想定が可能となる。そこで、後者に相当する「再構築基準に達する確率を表すフラジリティ曲線」を算出した。(図5)

#### 5. 結論

- ・兵庫県南部地震における阪神高速道路の被害および復旧に関するデータを GIS に入力し、「阪神高速道路被害・復旧データベース」を構築した。
- ・構造損傷の評価として、阪神高速道路の被害データを基に被災度を基準としたフラジリティ曲線(地

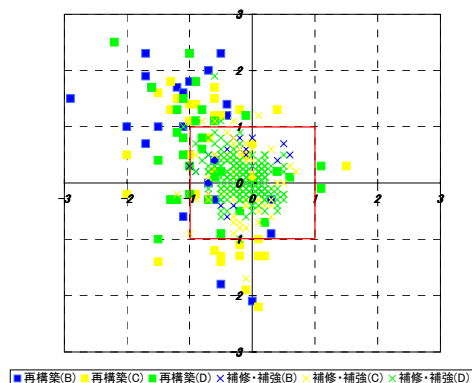


図4 RC構造橋脚における橋脚移動量(°)

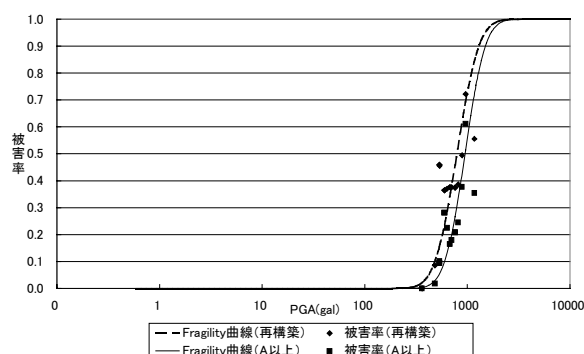


図5 再構築基準に達する確率を表すフラジリティ曲線(RC構造橋脚)

震時損傷曲線)を構造種別に推定した。

- ・復旧過程を分析し再構築の判断基準を明らかにしたのち、再構築基準に達する確率を表すフラジリティ曲線を構築した。二つのフラジリティにより、構造的視点から復旧過程を評価することができる。さらに、工事費用や橋脚1基ごとの工期などの詳細な情報を加えれば、より総合的な復旧戦略の想定・策定が可能になると考えられる。

#### 参考文献

- 1)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 集計結果報告書、1996.11
- 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