

# フラジリティカーブを用いた交通ネットワークの地震影響評価

熊本大学大学院 自然科学研究科 学生会員 ○清田 玲央  
 熊本大学大学院 自然科学研究科 正会員 藤見 俊夫  
 熊本大学大学院 自然科学研究科 正会員 松田 泰治

## 1. はじめに

地震大国である我が国では大地震の被災経験や解析技術の進歩により構造物の耐震設計が見直されてきた。しかしながら、既設橋梁の多くは高度経済成長期に建設されているため示方書の適用年次が古く、十分な耐震性能を有しているとは言い難い。また、これらの橋梁の耐震補強についても未着手のものが多く、大地震発生における甚大な被害が想定される。

これらの被害をより包括的に推定する為には、橋梁の損壊といった一次的な被害だけでなく被災後に生じる交通ネットワーク全体への影響といった二次的な被害も検討しなければならない。交通ネットワーク被害に関する既往の研究では、地震強度と橋梁被害を示すフラジリティカーブが対数正規分布などに従うと仮定して作成されているため、橋梁の地震時動的応答に基づいたものではない。一方で地震時動的応答に基づいたフラジリティカーブの作成を行った事例はあるが、作成されたフラジリティカーブを交通ネットワーク解析に適用された事例はない。従って、交通ネットワークの地震影響評価に際して、精緻化されたフラジリティカーブを用いることで精度を高めることが可能となる。本研究ではフラジリティカーブ(Fragility Curve)を作成することでより精度の高い交通ネットワークの地震影響評価を行うことを目的としている。

## 2. フラジリティカーブ

本研究で使用したフラジリティカーブは昭和43年制定道路橋下部構造設計指針(以下S43橋脚)、昭和55年、平成2年制定道路橋示方書・同解説V耐震設計編(以下S55, H02橋脚)を参考にII種地盤A地域の鉄筋コンクリート製の単柱式橋脚(直接基礎)を試設計されたものを使用した。不確定性を考慮した構造パラメータは材料不確定性や非線形を考慮する必要のある10要素とした(表-1)。不確定性を示すパラメータのばらつきは正規分布を仮定し、変動係数10%として与えた。検討用の入力地震動は平成14年度版道路橋示方書V(耐震設計編)の標準波に示すTypeII-II-1地震波を使用した。本研究では基準値として構造物の被害に相関が高いとされるSI値を採用した。フラジリティカーブ作成のフローを図-1に示す。これらのフローによって作成されたフラジリティカーブを図-2に示す。

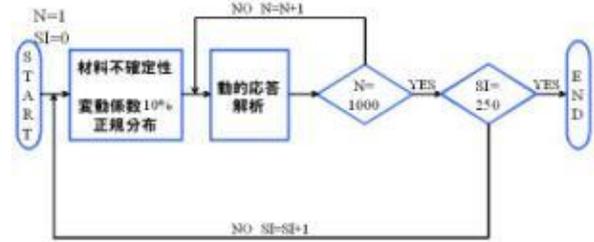


図-1 フラジリティカーブ作成のフロー

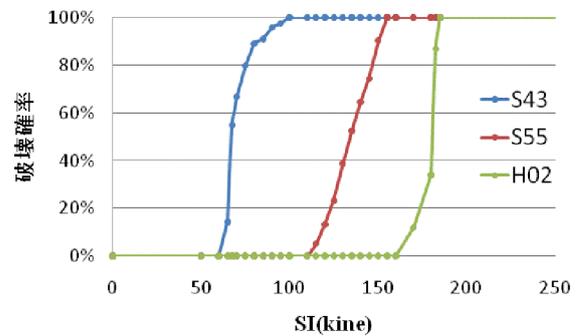


図-2 フラジリティカーブ

表-1 各不確定要素

位置	不確定要素
定着頂部	剛性率
段落とし部	第一剛性低下率
	第二剛性低下率
	ひび割れ回転角(rad)
	降伏回転角(rad)
塑性ヒンジ位置	ばね定数(MN/m)
	第一剛性低下率
	第二剛性低下率
	ひび割れ回転角(rad)
	降伏回転角(rad)

## 3. 道路ネットワーク解析

### 3-1. 基本ネットワーク

本手法の適用対象として熊本都市圏の道路ネットワークを選択した(図-3)。モデルのノード数は2353、リンク数は2981である。鉄道等の自動車交通以外の公共交通機関については考慮せず、道路ネットワークと自動車交通のみを考慮することとした。また、すべての交通量は177のノードに対して発生、集中するものとした。



図-3 対象ネットワーク

### 3-2. 地震時ネットワーク作成

シナリオ地震としては地震調査委員会による、布田川・日奈久断層帯を想定した地震の震源パラメータ<sup>1)</sup>を使用した。震源パラメータの諸元を表-2に示す。震源モデルに基づき、司・翠川の距離減衰式<sup>2)</sup>により各橋梁所在地の地震動強さを算出した。各橋梁所在地の破壊確率として図-2の結果を用いた。なお、破壊と判定された橋梁は通行取り止めとしてネットワーク上に定義される。

表-2 震源パラメータの諸元

断層総面積(km <sup>2</sup> )	667
モーメントマグニチュード	6.9
深さ(km)	16
基準点の位置	北緯 32° 42' 東経 130° 47'
走向	北緯 216°
傾斜角	60°

### 3-3. 解析

地震発生後の交通ネットワークがどのように変化したかの解析を行った。交通需要の正確な推計は困難であるので、ここでは被災後も平時と同様の交通需要が生じるものと仮定し、平成20年実施の熊本都市圏パーソントリップ調査に基づくOD交通量をそのまま用いて利用者均衡配分により交通流配分を行う。車種に関しては、普通自動車と普通貨物車の二種とし、それぞれの車種別時間価値原単位は費用便益分析マニュアルに基づき設定した。リンクパフォーマンス関数はBPR関数とし、BPR関数のパラメータ値( $\alpha$ ,  $\beta$ )は、最も標準的な値である(0.48, 2.82)とした<sup>3)</sup>。なお、ネットワークモデルの構築、及び交通流配分の算定には、国際協力機構(JICA)による交通需要推計汎用プログラムパッケージ JICA STRADA3.5 を用いる。

### 3-4. 解析結果

作成された地震時ネットワークに基づき解析を行った結果を図-4に示す。ネットワークのパラメータはシナリオ地震発生に伴い、様々な車両の交通車両台数を乗用車の台数に換算した乗用車換算台数を示すPCU(Passenger Car Unit)の変化を示した。青色はPCUの増加、赤色はPCUの減少を意味している。なお、この解析結果は橋梁の破壊確率が存在するものはすべて破壊しているものとして解析を行っている。

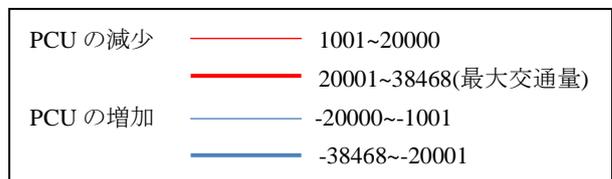
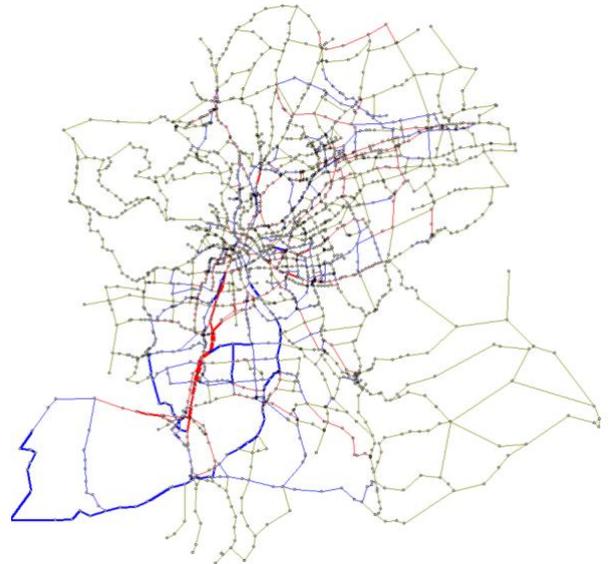


図-4 地震発生後のネットワーク

### 4. まとめ

本研究では図-3に示す道路ネットワークが地震発生時の橋梁損壊によって及ぼす影響を検討した。図-4に示す結果は破壊の可能性のある橋梁はすべて破壊とみなしているため、今後は破壊確率を道路ネットワークにおいて考慮するとともに、直接被害として橋梁の期待被害額、間接被害として交通量変化による被害額の算出を行う。

### 参考文献

- 1)地震調査委員会:布田川・日奈久断層帯の評価, 2002年
- 2)司宏俊, 翠川三郎:断層タイプおよび地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第523号, 1999年, pp.1033-1036.
- 3)土木学会土木計画学研究委員会交通需要予測技術検討小委員会編:道路交通需要予測の理論と適用第II編—利用者均衡配分モデルの展開, 土木学会, 2006年.