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 〇清田 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

### <u>1. はじめに</u>

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.

#### <u>2.フラジリティカーブ</u>

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.



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( <b>MN</b> /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.ネットワーク内に橋梁が 69 橋存在

キーワード:フラジリティカーブ,モンテカルロシミュレーション,距離減衰式,PCU,利用者均衡配分 連絡先:〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号 熊本大学大学院 自然科学研究科 TEL096-344-2111(代表) し、うち昭和55年以前の示方書適用のものが48橋, 昭和55年から平成2年の示方書適用のものが17橋, 平成2年以降の示方書適用のものが4橋である.



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 タリを使用した.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의 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(km²)	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°	
	$\overline{60}^{\circ}$	

### <u>3-3.解析</u>

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.被災直後の交通需要の推計 はデータ不足により困難であるため行わない.本研 究では被災から一定期間経過し,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(*a*, *b*)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.赤色 は PCU の増加,青色は 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た. その結果,69 橋のうち 18 橋が破壊し,これらは全 て昭和 55 年以前の示方書適用のものだということ が分かった.最大で 644(pcu/day・km)の増加がみら れた.



図-4 地震発生後のネットワーク

### <u>4. まとめ</u>

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がある橋梁はすべ 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.

#### <u>参考文献</u>

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 編一利用者均衡配分モデル の展開,土木学会,2006年.