

神戸大学工学部 フェロー ○高田 至郎
 (株)奥村組土木技術部 正会員 中山 学
 神戸大学工学部建設学科 学生員 高津 昌也

1. はじめに

兵庫県南部地震発生時には都市道路網内の橋梁で大きな被害が発生したため、通行不能となった箇所が発生し、人的・物的被害（直接損害）に加えて、周辺地域を含めた経済活動等への影響（間接損害）も大きくなった。これまでの防災対策では、おもに直接損害が軽減を考えられてきたが、被害発生に伴う波及影響による間接損害の軽減も視野に入れ防災対策を計画していかなければならない。本稿では想定地震発生に伴う、検討対象の道路網における経済損失推定をもとに、効率的な補強橋梁の選定について検討を試みた。

2. 検討方法

(1) モンテカルロ法による通行不能リンクの推定

乱数発生と橋梁の機能障害指標¹⁾を用いてモンテカルロ法による通行不能リンクの推定を行う。まず、個々の橋梁に対して、0～1 までの乱数を発生させ、発生させた乱数が機能障害指標よりも低ければ通行不能となるような被害を受けたと判定する。逆に、機能障害指標よりも高ければ被害を受けなかったと判定する。道路ネットワーク内のすべての橋梁に対して上記判定を実施した後、被害を受けたと判定された橋梁を含んでいるリンクを通行不能とし、含んでいないリンクは、通行可能と判定する。かかるモンテカルロシミュレーションを 100 回繰り返すことにより、モデル内における通行不能となるリンクの組み合わせを推定する。

(2) 道路網内交通量の算定

地震発生前、発生直後および各復旧段階での道路網内交通量の算定²⁾について述べる。各 OD 交通の交通量は次の 2 つの交通量によって算定される。

①相対比率としての OD 構成比を踏まえた交通量は $P_{ij} \cdot F$ で表される。 F は目的関数、 P_{ij} は OD 交通量 ij の OD 構成比である。

②OD 構成比に対応する交通量が配分された上で、各リンクの残余容量を利用して、できるだけ多くの OD 交通を発生・集中させようとした時の交通量を Y_{ijr} とする。ここに Y_{ijr} は OD 交通量 ij の r 番目の経路交通量である。

そこで、各 OD 構成比を踏まえた交通量を考慮した LP 問題は式(1)～(3)で定式化²⁾される。式(1)は OD 構成比に対する需要交通量 F を配分するために、満足しなければならない OD 交通量に関する連続式である。式(2)および式(3)を制約条件として、式(1)の F を最大化する問題に帰着される。

(3) 経済損失の算定

車種別走行費用原単位³⁾および時間価値原単位³⁾を用いて、想定地震時に対して橋梁補強を行っていない場合と行った場合のそれぞれの場合について、道路網内の経済損失を推定する。

(4) 橋梁補強による経済損失の軽減と橋梁補強費との比較

想定地震に対する橋梁補強を行った場合の経済損失の減少額を、橋梁の補強費と比較する。投資効率は経済損失から橋梁補強費を差し引いた金額を、橋梁補強費で除した値で定義する。

$$\sum_{r \in n_k} Y_{ijr} = P_{ij} \cdot F \quad \text{OD 条件式} \cdots \cdots \cdots (1)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{r \in R} a \sigma_{ijr} \cdot Y_{ijr} \leq Ca \quad \text{リンク容量制限式} \cdots \cdots \cdots (2)$$

$$Y_{ijr} \geq 0 \quad \text{経路交通量条件式} \cdots \cdots \cdots (3)$$

Y_{ijr} : OD 交通量 ij の r 番目の経路の経路交通量 (台/h)

P_{ij} : OD 交通量 ij の構成比 $\left(\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} P_{ij} = 1 \right)$

F : OD 交通量に対する需要交通量 (台/h)

$a \sigma_{ijr}$: OD 交通量 ij の r 番目の経路交通量がリンク a を通過する場合は 1、通過しない場合は 0 を取る定数

Ca : リンク a の交通容量 (台/h)

3. 交通網モデルにおける検討

(1) 交通網モデル

図-1のような都市内交通網モデルを対象に、効率的な補強橋梁の選定についての検討を行った。検討対象モデルにおいて、リンクの交通容量は、OD ノード⑤-⑧および⑬-⑭が1,600(台/h)、①-④、⑨-⑫および⑮-⑯が4,000(台/h)、⑬-⑭が6,000(台/h)と設定した⁴⁾。

一方、交通量の配分手法は、 $Q(\text{交通量}) \sim V(\text{速度})$ 式を用いた手法を適用した³⁾。また、モデル外からの交通量は確保されていると仮定している。通過交通量が交通容量の1/3未満の場合は自由流とし、車両は時速60kmで走行する。交通容量の1/3から1/2までの場合は通常状態とし車両は時速40kmで走行し、交通容量の1/2を越える場合は渋滞流とし車両は時速20kmで走行するものと仮定した。

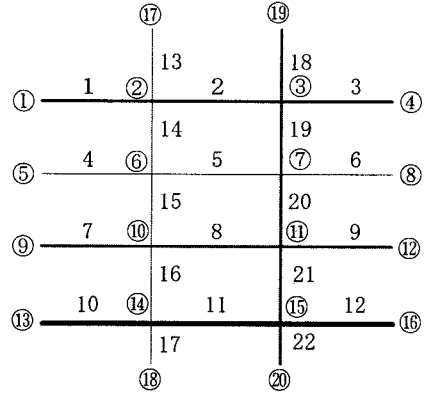


図-1 検討モデル

(2) 検討結果

想定地震に対して、各リンクの通行不能確率の算定結果を図-2に示す。リンク内に位置する橋梁のもっとも多かったリンク1の通行不能確率が0.75となり、以下リンク12、リンク20とリンク内に位置する橋梁の多いリンクの通行不能確率が高くなる推定結果となった。

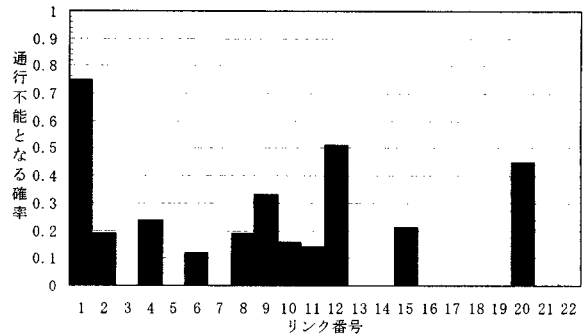


図-2 想定地震時におけるリンクの通行不能確率

橋梁補強を行った場合における経済損失の減少額と橋梁補強費との比較結果を図-3に示す。

リンク12内に位置する橋梁の補強を行った場合に経済損失の減少額がもっとも大きかったが、橋梁補強に対する投資効率から判断すると、リンク11内に位置する橋梁の補強を行った場合において、もっとも補強効果が高いと推定された。これは、リンク11内に位置する橋梁数がリンク12と比較して少なく、その分リンク11内の橋梁補強費が少なくなったからであると思われる。

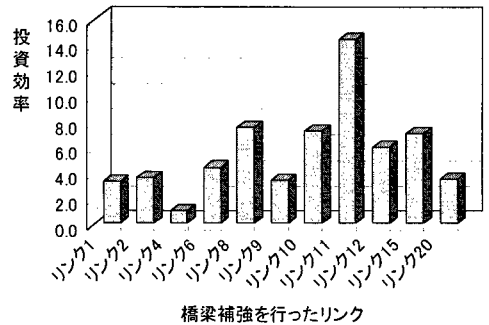


図-3 橋梁補強の投資効率

補強橋梁の選定に際し、橋梁補強の投資効率を含め人的・物的損害（直接損害）予測や補強強度などさまざまな要因を考えていく上で、それぞれの要因をどの程度重要視していくかが今後の課題である。

(参考文献)

- 1) 財団法人 建設工学研究所：尼崎市被害想定調査業務報告書（案），pp.9-179，1999.3
- 2) 榎谷有三，下夕村光弘，田村亨，斉藤和夫：緊急車両を考慮した震災時における発生・集中可能交通量について，土木計画学研究委員会，阪神・淡路大震災調査研究論文集，pp.209-215，1997
- 3) 道路投資の評価に関する指針検討委員会：道路投資の評価に関する指針（案），pp.31-57，1998
- 4) 兵庫県土木部道路建設課：平成6年度全国道路交通情勢調査（道路交通センサス）一般交通量調査総括表，pp.1-118，1996