

地震災害発生時の緊急交通路指定に関する研究

岐阜大学 学生会員 ○井上祐花
岐阜大学 正会員 倉内文孝

1. はじめに

近年、日本では数多くの地震が発生している。地震により道路構造物が被害を受け、通行止めや交通容量低下が生じる。また、平常時とは異なる交通需要が生じ、被災者の救助や復旧のための緊急車両、一般車両等によって道路は混雑し、救助活動や消火活動に支障をきたす可能性もある。本研究では、近年の地震災害において生じた交通状況や、防災業務計画と地域防災計画における交通管理計画を整理し、地震災害時における交通管理のあり方について考察するとともに、被災者の移動を考慮した緊急交通路指定の考え方を提案する。

2. 過去の地震災害と交通ニーズ

地震は震源地によって内陸型地震と海溝型地震に分類され、被害の種類や範囲も異なることから、阪神・淡路大震災、新潟県中越大震災、東日本大震災について調査した。これらの結果から交通の地震災害対策として考慮すべき点を以下にまとめた。

- (1) 平常時から緊急交通路と規制方法を指定すべき
- (2) 地震発生時には被害の状況に応じて緊急交通路や交通規制を変更できる体制を整備する
- (3) 緊急交通路の耐震化を図る
- (4) 高規格道路の整備を進め延焼防止効果を高める
- (5) 斜面崩壊の危険性のある箇所の補強をする
- (6) 広域の道路ネットワーク整備を進め、地震災害発生時の接続性を確保できるようにする

3. 防災計画における交通管理

災害発生時の備えとして機能すべき防災計画における交通管理の位置づけを、関連法案から調べた。

3.1 防災計画策定の流れ

災害対策基本法第34条に、中央防災会議は「防災基本計画」を作成することが定められている。また、災害対策基本法第36条、39条にそれぞれ指定公共機関、指定行政機関は防災基本計画に基づいて「防災業務計画」を作成することが定められている。災害対策基本法第40条、42条に都道府県防災会議、市

町村防災会議は防災基本計画に基づいて「都道府県地域防災計画」、「市町村地域防災計画」を作成することが定められている。ここでは、交通管理を担う国家公安委員会・警察庁防災業務計画¹⁾と自治体の対応として東京都²⁾、静岡県³⁾の地域防災計画を調査した。

3.2 国家公安委員会および警察庁の防災業務計画

防災業務計画の「災害に備えての措置」という項目に、国家公安委員会については被災地を管轄する都道府県警察を管理する公安委員会に対し、広域的な見地から通行禁止等に関する指示を行うものとする記述されている。また、警察庁は、関係都道府県警察が行う緊急通行車両以外の車両の通行禁止等の交通規制について、広域的な見地から調整を行うとともに必要に応じて通行禁止等に関し、関係都道府県警察に対する国家公安委員会の指示権限の行使に係る補佐を行うものとする、と記述されている。都道府県警察については、交通規制計画と緊急通行車両に係る確認手続、そして災害発生時における措置として交通規制の実施について記述されている。また、「災害の復旧・復興」という項目には、国家公安委員会及び警察庁は、都道府県警察が行う交通規制等について、輸送需要を踏まえつつ、広域的な見地から調整を行うこととすると記述されている。すなわち、災害発生後の交通規制に関して、国家公安委員会が指示を出し、警察庁が広域的な見地から調整を行いつつ都道府県警察が車両確認手続および実際の交通規制を行う、という体制となる。

3.3 地域防災計画

次に、交通規制すべき交通路の決定方法を都道府県の地域防災計画から考察する。ここでは、東京都と静岡県の地域防災計画を調査した。その結果、静岡県地域防災計画では、災害が発生してから規制する道路を指定するが、東京都地域防災計画では第一次交通規制として事前に指定されている。地震災害発生直後は混乱し、被害の把握や交通規制の指定に

時間がかかる恐れがある。効果的な交通管理のためにも迅速な交通規制が必要であり、地震発生直後の緊急交通路等の事前指定が必要といえる。一方、地震災害発生から数日後の交通規制等は静岡県、東京都ともに明記されていない。おそらく被害や復旧状況、交通状況に応じて交通規制を設定するためと想像できるが、そのための方法論がない状況と考える。

4. 地震災害発生後の緊急交通路指定モデル

過去の地震発生状況や防災計画での交通管理の位置づけなどを踏まえると、交通状況や被害に応じて何らかの形で緊急交通路を設定する方法論を確立しておくことが肝要といえる。なお、被災者自身の復旧復興活動においても自動車は重要な交通手段であるため、緊急交通路を指定する際にも考慮する必要がある。ただし、緊急交通路は速達性が求められる一方で、その他の道路においては移動可能な交通量の総量が求められる。そのため、被災者の活動を担う一般車両の交通容量を考慮しつつ緊急交通路の所要時間を最小化するような緊急交通路のデザインモデルを構築する。ここでは、モデルの操作性を重視し、混雑による所要時間増加は考慮せず、また被災者の利用可能な交通量については総走行時間最小化配分を前提としたネットワーク容量問題⁴⁾として記述した。定式化は以下の通りである。

$$\min \alpha \left(\sum_w \beta_w \sum_a t_a x_{aw} / T \right) - (1 - \alpha)(s/S) \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{a \in \text{Out}(o_w)} x_{aw} = 1, \sum_{a \in \text{Out}(d_w)} x_{aw} = 0 \quad \forall w \in \mathbf{W}_e \quad (2)$$

$$\sum_{a \in \text{In}(o_w)} x_{aw} = 1, \sum_{a \in \text{In}(d_w)} x_{aw} = 0 \quad \forall w \in \mathbf{W}_e \quad (3)$$

$$\sum_{a \in \text{In}(k)} x_{aw} - \sum_{a \in \text{Out}(k)} x_{aw} = 0, \quad \forall k \in \mathbf{N}, k \neq o_w, k \neq d_w, w \in \mathbf{W}_e \quad (4)$$

$$x_{aw} - y_a \leq 0 \quad \forall a \in \mathbf{A}, w \in \mathbf{W}_e \quad (5)$$

$$\sum_{a \in \text{In}(k)} v_{ad} - \sum_{a \in \text{Out}(k)} v_{ad} + s \sum_{w=\{w|o_w=k, d_w=d\}} p_w = 0, \quad \forall k \in \mathbf{N}, k \neq d, \forall d \in \mathbf{D} \quad (6)$$

$$\sum_d v_{ad} \leq (1 - y_a) c_a \quad \forall a \in \mathbf{A} \quad (7)$$

$$y_a = 0 \quad \forall a \notin \mathbf{A}_y \quad (8)$$

$$x_{aw} = \{0, 1\}, y_a = \{0, 1\} \quad \forall w \in \mathbf{W}_e, a \in \mathbf{A} \quad (9)$$

$$v_{ad} \geq 0 \quad \forall a \in \mathbf{A}, d \in \mathbf{D} \quad (10)$$

ただし、 α ：緊急交通路の速達性増加率と一般車両の容量減少率の相対的重みを表すパラメータ、 T ：緊急移動 OD ペアが全て最短経路を利用できるとした場合の所要時間の総和、 S ：一般車両がすべての道路を利用可能な場合のネットワーク容量、

x_{aw} ：リンク a が OD ペア w の最短経路に含まれていれば 1、そうでなければ 0 をとる二値変数（未知変数）、 y_a ：リンク a が緊急交通路に指定されていれば 1、そうでなければ 0 をとる二値変数（未知変数）、 v_{ad} ：目的地 d へ向かうリンク a の交通量（未知変数）、 β_w ：緊急移動 OD ペア w の重み、 t_a ：リンク a の所要時間、 s ：ネットワーク容量（未知変数）、 p_w ：OD ペア w の OD 確率、 c_a ：リンク a の交通容量、 \mathbf{W}_e ：緊急交通路で接続すべき OD ペアの集合、 \mathbf{N} ：ノード集合、 \mathbf{A} ：リンク集合、 \mathbf{D} ：目的地の集合、 \mathbf{A}_y ：緊急交通路に指定されるリンクの集合、 o_w ：OD ペア w の出発地ノード、 d_w ：OD ペア w の目的地ノード、 $\text{In}(n)$ ：ノード n に流入するリンクの集合、 $\text{Out}(n)$ ：ノード n から流出するリンクの集合。

目的関数は、緊急移動 OD の所要時間増加率と一般車両の容量減少率の重み付き和とした。式(2)~(4)が緊急移動 OD の最短経路を表す x_{aw} のノード保存則、式(5)が緊急移動 OD は緊急路に指定された道路のみを利用することを表している。式(6)は、一般車両の移動保存則を、式(7)が一般車両は緊急交通路指定されていない道路のみ利用可能であることを表しており、式(8)は、緊急交通路をある一定ランク以上の道路のみ対象とするための制約条件である。この問題は、混合整数線形計画問題として定式化されており、汎用パッケージで解を求めることができる。

5. おわりに

本研究では、過去の地震災害と防災計画における交通管理計画を調査し、地震災害発生時に求められる事項と計画に定められている事項を整理した。また、被災者の利用可能なネットワーク容量を考慮した緊急交通路デザインモデルの定式化を行った。誌面の都合上、計算結果については講演時に説明する。

謝辞：本研究は、京都大学防災研究所共同研究「地震ならびに洪水を想定した災害発生時の交通管理と避難計画に関する研究 (23G-10)、2011~2012、研究代表者：倉内文孝」の成果の一部である。記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 国家公安委員会・警察庁防災業務計画（国家公安委員会ホームページ）：<http://www.npsc.go.jp/keibi/bousaigyoumukeyaku.pdf>
- 2) 東京都地域防災計画（東京都防災ホームページ）：<http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/tmg/plan-sinsai.html>
- 3) 静岡県地域防災計画（静岡県ホームページ）：https://www2.pref.shizuoka.jp/all/file_download101600.nsf/pages/77FAF856F587C9F749257A45001AA8A9
- 4) F. Kurauchi, Y. Iida and H. Shimada: "Evaluation of Road Network Reliability Considering Traffic Regulation After a Disaster", The Network Reliability of Transport (Bell and Iida, Eds), Pergamon, 289-300, 2003