

巨大地震発生後の愛知県における現実性・効率性を向上させた道路復旧アルゴリズムの構築

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○ 佐々木 啓太
 名古屋工業大学大学院 正会員 藤田 素弘
 University of Bristol 正会員 Wisetjindawat Wisinee

1. はじめに

東日本大震災発生後の救援物資輸送に占めるトラック輸送の割合は食糧が約7割、水が約6割と非常に高かった。そのため被災者の生活を支えるためには、道路復旧を効率よく行うことが非常に重要であるといえる。そこで本研究では、近い将来、高い確率で発生するといわれている南海トラフ巨大地震による愛知県の被害を予測し、地震発生後の道路復旧作業の作業順序を決定するためのアルゴリズムの構築を行う。本研究では、先行研究¹⁾で考慮されている各道路の重要度や被害箇所数、復旧作業効率等の制約条件に、建設機械数の対数関数的変化、被害規模によるケース分け等を加え再現性を高めている。また道路網の形状を実際の形状に近づけている。これらの要素を追加しシミュレーションを行うことで、さらに現実的で効率的な道路復旧計画作成のための支援をすることが本研究の目的である。

2. シミュレーション条件

(1)道路被害予測

東日本大震災の被害データをもとに算出された道路施設被害率をもとに、津波浸水地域内では津波浸水深、津波浸水地域外では震度から被害予測を行った。この道路施設被害率に各リンクの距離を乗じ、各リンクの被害箇所数を算出している。また、乱数を発生させ、道路施設被害率と大小を比較し、乱数の方が大きい場合にはその道路は被害を受けないものとしている。この乱数のレンジを変更することで、3段階の被害規模における想定を行う。表-1に道路施設被害率を示す。

(2)リンク重要度

本研究では、効率性を向上させるため、各道路の重要度を評価し、重要度の高いリンクを優先的に復旧できる設定としている。リンク重要度は道路が通行不可能となった場合に発生する遅延所要時間と、通過する救援物資量から算出される。図-1に愛知県内の緊急輸送道路網のリンク重要度を示す。

(3)復旧作業の想定

地震発生時の被害状況や復旧作業効率等のデータを得ることは困難であったため、本研究では、通常時の道路工事をもとに復旧作業を想定した。道路被害は一律とし、被害1箇所、建設機械1組あたりの復旧所要時間は10時間とする。また、災害発生後の復旧作業を行うこと

ができる建設機械数の推移を再現するため、本研究では建設機械数を対数関数的に変化させている。復旧作業は県内の建設機械リース会社から開始されるものとする。復旧開始点は図-1中の丸印で示す27地点である。復旧作業は復旧開始点、もしくはすでに復旧が行われているリンクに接続しているリンクでのみ行われる。

3. 道路復旧アルゴリズムの概要

本研究で構築する道路復旧アルゴリズムは、現実性を向上させるため、各リンクに条件を設定した上で、復旧作業の効率、建設機械数等を考慮したものとなっている。また、効率の良い道路復旧を再現するために、復旧順序や、各リンクに導入する建設機械数を決定する際に乱数を用いたスケジューリングを10,000通り行い、すべての道路の復旧に要した時間が最小となったものを結果として出力している。制約条件としては、10時間が経過するごとに建設機械数を変化させることで、実際の道路復旧作業を再現している。また作業時間が10時間以上であるリンクには、建設機械のグループが3組以上導入されるように設定している。

表-1 道路施設被害率

津波浸水地域		津波浸水地域外	
浸水深	道路施設被害率	震度	道路施設被害率
1m未満	0.13	5弱	0.035
1m~3m	0.37	5強	0.11
3m~5m	0.65	6弱	0.16
5m~10m	1.52	6強	0.17
10m以上	2.64	7	0.48



図-1 リンク重要度および復旧開始点

キーワード 道路復旧計画、災害対策、南海トラフ巨大地震、リンク重要度、現実的制約条件

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 藤田 素弘 TEL:052-735-5492

4. シミュレーション結果

本研究で構築した道路復旧アルゴリズムを実際に南海トラフ巨大地震発生後の愛知県の緊急輸送道路網に適用しシミュレーションを行った。被害規模を決定する乱数のレンジは[0, 0.2], [0, 0.25], [0, 0.3]の3つのケースでシミュレーションを行い、それぞれ大規模ケース、中規模ケース、小規模ケースとしている。このケース分けは各リンクの被害の有無を決定するものであり、被害を受けるリンクの被害規模には影響を与えない。図-2に各ケースの無被害リンクの比較を示す。各ケースのすべての道路が復旧するのに要した時間を比較すると、大規模ケースでは約182時間、中規模ケースでは約181時間、小規模ケースでは約179時間であり、復旧所要時間に大きな差は見られなかった。これは、初期条件にのみ差があり、被害を受けるリンクの復旧所要時間は同等となっていることが原因であると考えられる。

以下は3つのケースのうち、中規模ケースに的を絞り結果を分析する。図-3に中規模ケースにおける復旧作業開始から1日後、3日後、5日後、7日後の復旧状況を示す。作業開始1日後には、東名高速道路の一部など復旧開始点から近くリンク重要度が高いリンクの復旧が行われている。しかし建設機械数が少ないこともあり、復旧はあまり進んでいない。3日後までには渥美半島や西三河南部、名古屋市南部等で復旧が大きく進行している。これらの地域は復旧開始点が多く立地している場所であり、復旧作業の順序は復旧開始点との位置関係に大きく依存しているといえる。5日後までには尾張地方で復旧が大きく進行している。その一方で知多半島南部や西三河地方沿岸部では復旧に遅れが生じている。この原因としては、復旧開始点から距離があり、アクセスを確保することが困難であることが考えられる。

次に、道路管理防災・震災対策検討分科会²⁾によって策定されている現行の道路復旧計画である「中部版くしの歯作戦」との比較を行う。この計画では図-4のように、STEP1として発災後1日以内に高速道路、直轄国道等の復旧を行い広域支援ルートの確保、STEP2として2日以内に広域支援ルートから沿岸部へのアクセスルートの確保、STEP3として3日以内に沿岸部のルートを啓開するという大まかな復旧順序が設定されている。これに対し、本研究の案では、道路の種類や立地ではなく、詳細に算出したリンク重要度を活用することで柔軟な順序決定をしている。また、本研究では4日目以降も詳細な順序決定を行っており、復旧作業が終了するまで一定の方針に従って作業を行うことを可能としている。

5. まとめ

本研究では、南海トラフ巨大地震発生後の愛知県における道路復旧計画を作成するためのアルゴリズムを構築し、シミュレーションを行った。先行研究の制約条件に建設機械数の対数関数的変化等の新たな制約条件を追加することでアルゴリズムの現実性を向上させることができた。またネットワーク形状を改良したうえ

で、各道路のリンク重要度を算出し、復旧順序決定に用いることで、道路の種類や立地によらない柔軟な順序決定が可能となり、効率性も向上させることができた。

今後はさらに現実性を向上させるため、復旧所要時間や建設機械数等の制約条件の精度を高めたうえで、建設機械の移動を考慮できるようアルゴリズムを修正する。また各ケースの被害規模を、被害を受けるリンクに関しても変化させていく。さらにリンクの重要性だけでなく、病院や防災拠点等のノードの重要度を評価し、アルゴリズムに組み込むことでさらに効率性を高め、より現実的で効率的な道路復旧計画を作成することができるアルゴリズムを構築していく予定である。

参考文献

- 1) 佐々木啓太, 藤田素弘, Wisetjindawat Wisinee
巨大地震発生後の愛知県におけるリンク重要度を考慮した道路復旧アルゴリズムの構築
土木計画学研究・講演集, Vol.56 (CD-ROM), 2017
- 2) 道路管理防災・震災対策検討分科会HP「中部版くしの歯作戦 平成29年5月改訂版」

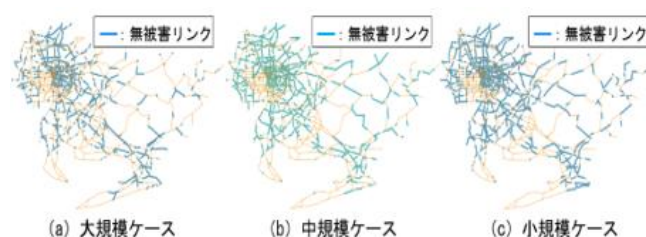


図-2 各ケースの無被害リンクの比較

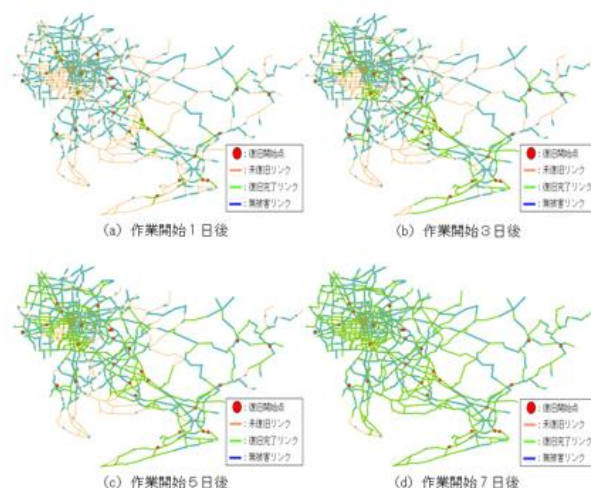


図-3 中規模ケースにおける復旧状況



図-4 中部版くしの歯作戦