

路面状態を考慮した積雪地域における地震に対する

道路網保全システムに関する一検討

日本大学大学院工学研究科土木工学専攻 石出 宗峻

日本大学工学部土木工学科 堀井 雅史

1. はじめに

積雪地域では、積雪や路面凍結の影響により道路ネットワーク機能が損なわれ、大きな混雑が発生する。また、それらの地域には、その地形が険しいことから冬期交通不能区間が存在する。したがって、これらの地域において冬期に地震が発生すると、雪崩発生危険性の容易に想定できるので、この地域の社会・経済活動を支える交通網が、より大規模な被害を受け、我々の生活に与える影響は計り知れない。その中でも道路交通は、消防、救急、救援物資輸送の面から、いかなる場合においても正常に機能することが要求される。

そこで、本研究では福島県内の一般国道における交通流および気象条件に関する資料をもとに冬期における速度の実態を把握するとともに、その結果を考慮した積雪地域における地震に対する道路網保全システムについての検討を行う。

2. 分析資料

本研究では、まず路面状態と速度の関係について分析するため、福島県内の国道4号、6号、13号、49号および磐越自動車道の2009年11月から翌年3月までの気象データ・交通流データ¹⁾を使用する。

つぎに、ネットワーク解析のための対象道路網は、平成17年度道路交通センサス²⁾を用いて福島県内の道路網(高速自動車道32リンク、高速アクセス道路26リンク、一般国道724リンク、主要地方道611リンク、一般県道699リンク)の計2092リンク、ノード数1473である。またOD交通量は平成17年度OD集計表³⁾を用いた。規制想定リンクは、福島県ホームページ内記載の冬期交通不能区間⁴⁾、平成8年度道路防災総点検要対策箇所分布図⁵⁾より福島県で起きる可能性のある雪崩被災想定区間および「平成8年度福島県地震・津波被害想定調査」⁶⁾より積雪地域の会津地域で発生するとされている会津盆地西縁断層帯地震で被害が想定される橋梁を含むリンクとした。これらは、阪神淡路大震災の際に被害が多かった震度分布が6-の地域にあり、かつ設計準拠年が1971年および1964年以前の橋梁とした。規制想定リンクを図-1に示す。

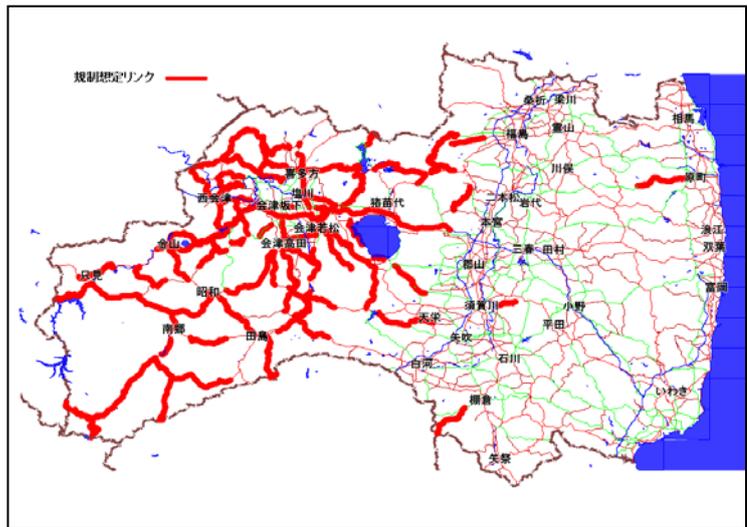


図-1 規制想定リンク

* Secure road network system against earthquake taking road surface conditions into consideration in snowy areas

3. 評価方法

平常時と橋梁被災想定リンク、雪崩被災想定区間および冬期交通不能区間を規制した場合の道路ネットワークに対して、県内の集約市区町村 38 地区間の最短経路をそれぞれ探索し、これらの結果を用いて以下の評価指標を算出し、図-2 に示す評価方法により事前対策優先順位を算出する^{7),8)}。

3.1 旅行時間増加率

最短経路が通行不能となった場合、どの程度の旅行時間の増加が想定されるのかを表す指標であり、規制時の旅行時間を平常時の旅行時間で除することで旅行時間の伸び率を算出する。これを旅行時間増加率と定義する。この指標は1 から無限大までの値をとり、1 に近いほど平常時に近い旅行時間で目的地に到達できることを示す。これに対して、この値が大きいほど平常時に比べ旅行時間が増加するので、これらの規制区間の影響が大きいと判断できる。

3.2 位置的重要性指標

最短経路探索の際、経路として採用されたリンクに回数 1 を記憶させる。この回数を累加していくことで、利用回数が大きいリンクほどネットワークにおいて位置的重要性が高いことが示される。

3.3 旅行時間回復率

想定される橋梁被災想定リンク、雪崩被災想定区間および冬期交通不能区間から 1 つのリンクを被災想定から除外した際の旅行時間増加率の平均を算出する。これを旅行時間回復率と呼ぶことにし、(1)式に示す。これによりその被災リンクが事前に対策されることによる道路網への影響の低減度合いを評価できる。

$$RTH^{(m)} = \frac{1}{n} \sum_{ij} TH_{ij}^{(m)} \quad \dots (1)$$

$RTH^{(m)}$: m 番目の規制リンク旅行時間回復率
 $TH_{ij}^{(m)}$: m 番目の規制リンクを規制解除した時のゾーン i, j 間の旅行時間増加率
n : 全ゾーンペア数

3.4 総合評価

位置的重要性指標と旅行時間回復率の 2 つの指標から総合的に事前対策優先順位を設定する。各指標の順位の和を算出し、その和が小さいものほど重要性が高いといえるので上位とする。

4. 分析結果および考察

まず、路面状態と平均速度に関する分析を行った。表-1 に国道 49 号の代表地点についての路面状態ごとの平均速度 (2010 年 1 月) を示す。あわせて、図-3 に国道 49 号車トンネルの 1 月の交通量と平均速度の関係を示した。これらによると、路面状態によって平均速度にばらつきがみられるが、路面状態の悪化により平均速度が低下しているようである。そこで気象データの 1 月の路面状態より雪氷路面 (積雪・凍結) の割合が 50% を越えている観測地点付近の道路の速度条件を表-1 をもとに修正し、Q-V 式の自由速度を 10km/h 低く設定した。

この速度条件で交通量配分を行うために、各地区間の最短経路を算出した結果、今回想定した規制区間によ

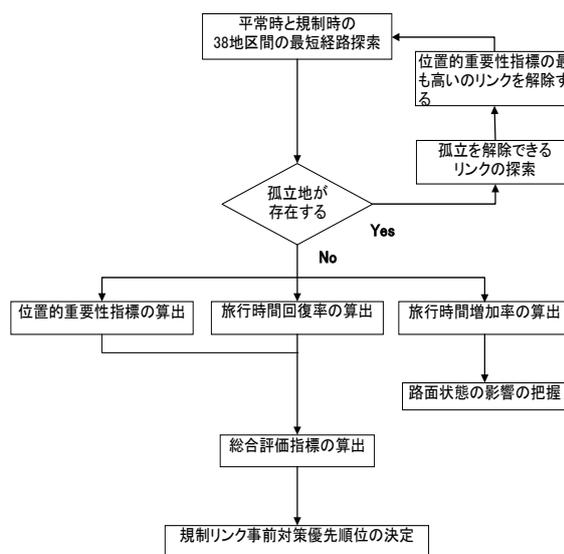


図-2 事前対策優先順位評価方法

ると、金山、昭和、田島、南郷、只見地区が孤立するため、旅行時間増加率が無限大になる。したがってまず、連結性確保の観点から、各地区の孤立を解消するリンクの中から位置的重要性指標の最も大きい値を示すリンクを事前対策優先順位1位とする。今回は孤立を解消する各地区の規制リンクの中でリンク番号574、575(一般国道400号、金山町)、588(一般国道401号、会津美里町)、1816(小林会津宮下停車場線、只見町)、2052(一般国道289号、南会津町)が最も高い値が得られたため、事前対策優先順位1位とし、規制を解除した。

つぎに、孤立を解消できる規制リンクを解除した後のネットワークに対して、橋梁被災想定リンク、雪崩被災想定区間および冬期交通不能区間を規制した場合と路面状態を考慮し速度を低下させたときと同様な規制時の集約市区町村38地区の旅行時間増加率を図-4に示す。これによると、路面状態の悪化による速度低下を考慮することにより、会津地域の旅行時間増加率が增加している。特に冬期交通不能区間が多く、比較的迂回路が少ない南会津地域では旅行時間増加率がより高くなった。

図-5には位置的重要性指標の上位リンクを示した。これによると位置的重要性指標の上位リンクは会津地域と中通りを結ぶ磐越自動車道であり、平常時に最短経路として多く利用されていることがわかる。したがって、冬期に震災が発生した場合も、道路交通が正常に機能するようこれらの区間の事前対策が重要と考える。

図-6には旅行時間回復率の上位リンクを示した。上位リンクは南会津地域への経路となるリンクが多く、これらの回復効果が高いリンクを事前対策することで、より平常時の道路網に近づくことを示している。

表-1 路面状態および平均速度(2010年1月)

観測地点	路面状態	割合(%)	速度(km/h)	
			上り	下り
大和(8.8kp)	乾燥	93.5	66.6	67.9
	湿潤	3.0	64.7	65.6
	積雪	0.0		
	凍結	3.5	67.4	69.1
三和(20.3kp)	乾燥	81.1	62.9	62.2
	湿潤	3.0	61.0	61.0
	積雪	0.0		
	凍結	15.9	61.7	61.3
安子ヶ島(91.6kp)	乾燥	21.4	59.0	43.7
	湿潤	3.2	59.4	44.6
	積雪	18.3	51.7	38.0
	凍結	57.1	59.2	44.0
七折峠TN郡山(147.4kp)	乾燥	12.5	59.6	55.1
	湿潤	21.6	58.1	54.0
	積雪	21.5	48.9	43.7
	凍結	44.4	58.1	54.4
車トンネル(169.4kp)	乾燥	10.6	50.2	57.5
	湿潤	19.0	48.3	55.2
	積雪	19.1	38.5	46.0
	凍結	51.3	43.0	49.5

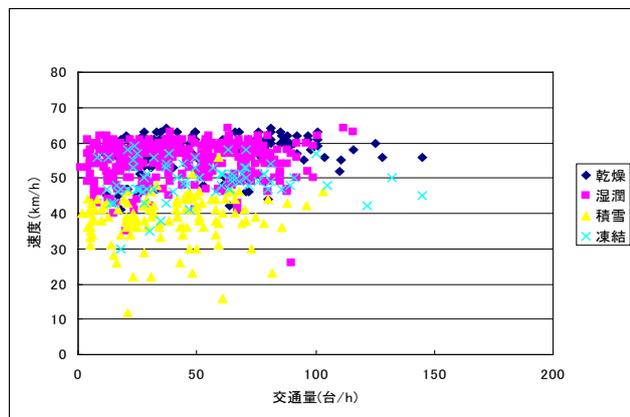


図-3 速度と交通量の関係(車トンネル, 下り)

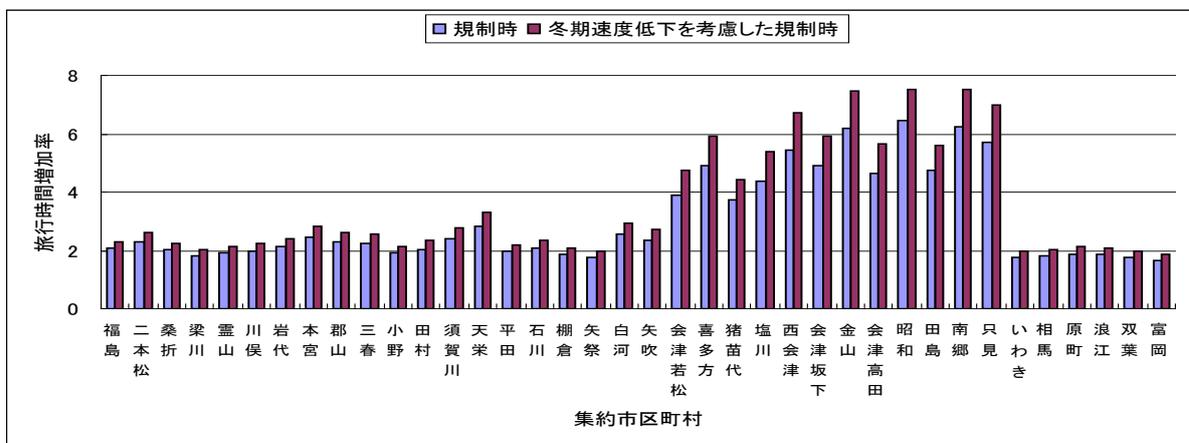


図-4 38地区間の旅行時間増加率

図-7には総合評価の上位リンクを示した。磐城自動車道が上位に位置しており、これらのリンクを事前に対策しておくことは、会津地域と中通りを結ぶ経路の確保につながると考えられる。また迂回路が少ない南会津地域にある上位リンクを効果的に事前対策することで健全な道路網を構築していくことが可能となる。

5. まとめ

本研究では、交通流および気象条件に関する資料をもとに冬期の速度特性を考慮した積雪地域における地震災害に対する道路網保全システムについての検討を行った。路面状態の悪化による速度低下を考慮することで道路ネットワーク機能への影響が大きくなることを示した。また、事前対策優先順位の上位リンクを予め対策しておくことで、積雪地域で地震が発生した場合でも被害の防止または、最小限に抑えることができると考えられる。

最後に、資料を提供していただいた東北地方整備局道路部、郡山国道・福島河川国道・磐城国道事務所、福島県土木部の関係各位の皆様には深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省郡山国道・福島河川国道・磐城国道事務所：気象および交通量観測データ, 2010.
- 2) 社団法人 交通工学研究会:平成 17 年道路交通センサス 一般交通量調査, 2005.
- 3) 国土交通省東北地方整備局:平成 17 年度道路交通センサス OD 調査集計表, 2005.
- 4) 福島県土木部：冬期交通不能区間一覧.
- 5) 福島県土木部：平成 8 年度道路防災総点検要対策箇所分布図, 1997.
- 6) 福島県:平成 8 年度福島県地震・津波想定調査, 1997.
- 7) 石出宗峻・堀井雅史:積雪地域での地震に対する道路網保全システムに関する一検討, 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要 IV-23 , 2010.
- 8) 石出宗峻・堀井雅史:路面状態を考慮した積雪地域における道路網保全システムに関する一考察, 雪氷研究大会(2010. 仙台)講演要旨集, P25, 2010.

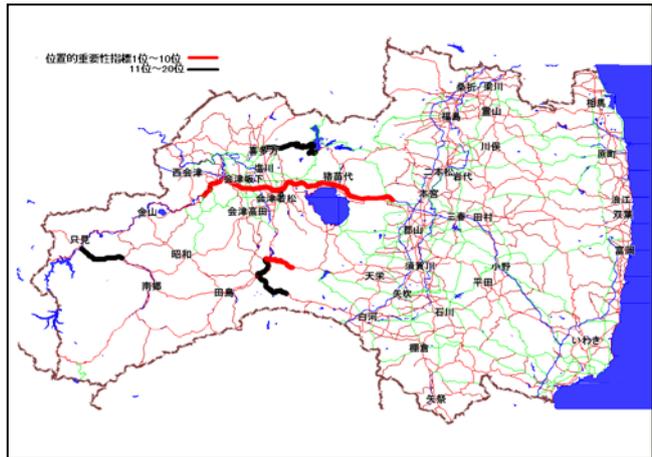


図-5 位置的重要性指標上位リンク

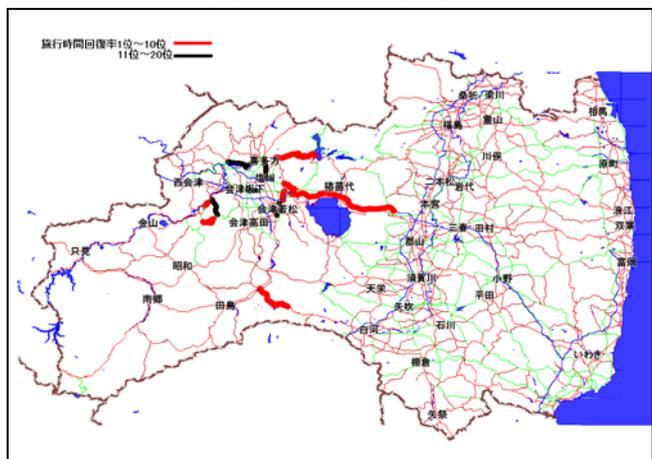


図-6 旅行時間回復率上位リンク

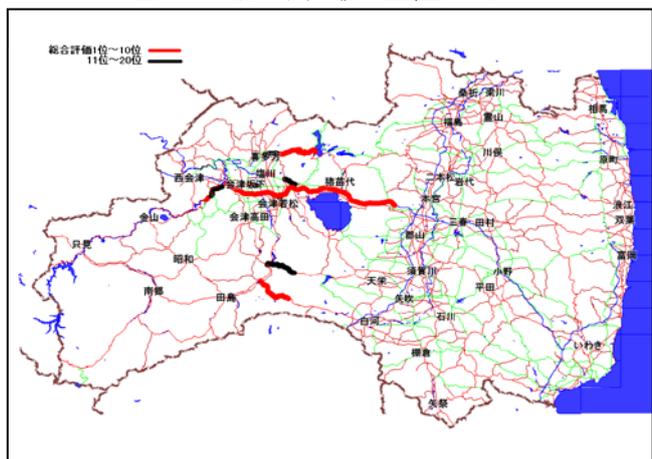


図-7 総合評価指標上位リンク