

神奈川県西部における道路ネットワークの連結信頼性評価

中央大学 学生会員 ○大友 颯 中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

我が国は世界でも有数の災害大国であり、自然災害による道路被害は頻繁に発生している。今後も大規模災害は各地で発生すると予想されることから、何らかの対策をとる必要があるが、予想を上回る規模の自然災害を受けた場合、災害の影響をゼロに抑えることは不可能である。そこで本研究では、地震災害に着目し、SI 値(Spectral Intensity)から道路ネットワークの破壊確率を推定し、孤立地域の特定を行う。その結果から、迂回路の有無を検討し、災害時において重要となる連結信頼性やそれに関する道路ネットワークの脆弱性 について評価することを本研究の目的とする。

2. 対象地域

本研究では神奈川県西部における既存の第一次緊急輸送道路を対象に評価を行う。第一次緊急輸送道路の道路ネットワークをモデル化したものを図-1 に示す。神奈川県は、太平洋プレート、フィリピン海プレート、北米プレートの3つのプレートが集中する地域に位置していることから、地震が起こりやすく、交通量の多い都道府県である。また、神奈川県西部は東部と比べ山間部が多く、道路網が東部ほど発達していないことから地域間の寸断リスクが高いと考え、神奈川県西部を本研究の対象地域とした。

3. 想定する地震

本研究では、神奈川県西部において震度が特に大きいとされている神奈川県西部地震を対象とする。地震断層モデル(地震断層域)の位置を図-2 に示す。

4. 研究手法

本研究での道路ネットワークの評価として以下の分析を行う。

(1) SI 値の算出

地震力の指標には、震度、応答加速度、地表面加速度、SI 値などがある。本研究では、神奈川県西部の第一次緊急輸送道路上に架かる橋長 15m 以上の道路橋³⁾を対象構造物とし、構造物の被害の有無を正確に評価できる SI 値を用いる。SI 値とは、地震によって一般的な建物がどれだけ大きく揺れるかを数値化したもの⁴⁾で、式(1)で定義される。

$$SI = \frac{1}{2.4} \int_{0.1}^{2.5} S_v^{h=0.2}(T) dT \quad \text{式(1)}$$

ここで、 $S_v^{h=0.2}$ は減衰定数 20%の速度応答スペクトル[cm/s]、 T は周期[s]である。

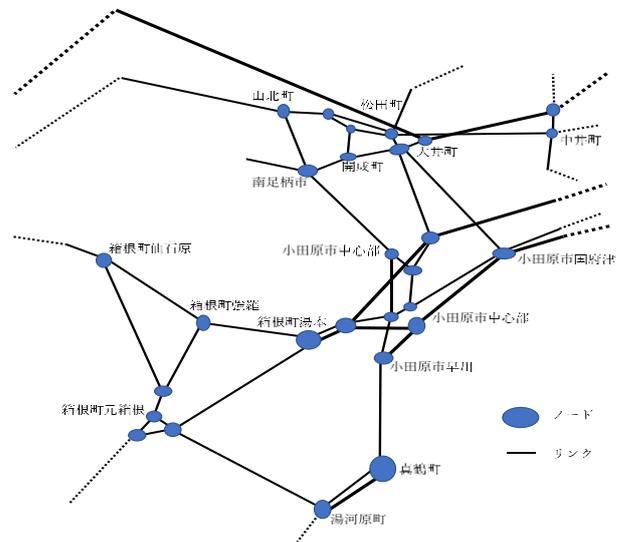


図-1 道路ネットワークのモデル化

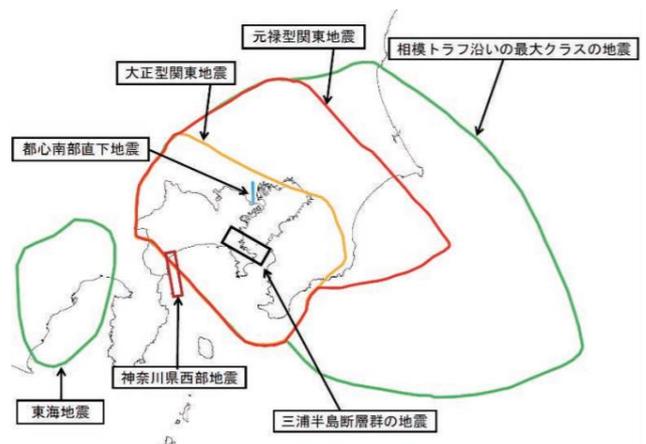


図-2 震源断層モデル(震源断層域)の位置

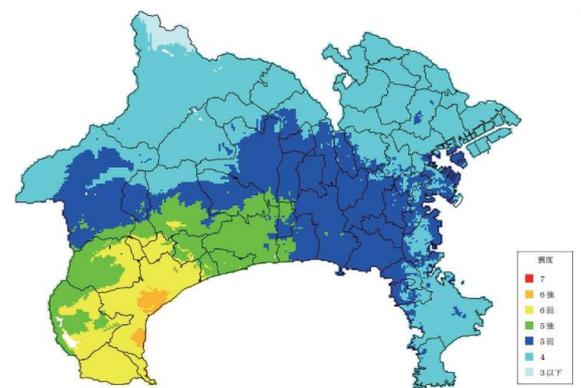


図-3 神奈川県西部地震における震度分布

キーワード：道路ネットワーク, SI 値, 破壊確率, GIS

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科設計工学研究室

TEL : 03-3817-1816 FAX : 03-3817-18 E-mail : a16.h5tf@g.chuo-u.ac.jp

本研究では、今後起きると予想される地震を想定しているため、強震記録からSI値を推定することができない。そこで、童・山崎⁹⁾による気象庁震度とSI値の関係についての回帰分析結果である式(2)を用いてSI値を推定する。

$$SI = 10^{-1.16+0.5 \cdot I} \quad \text{式(2)}$$

ここで、 I は震度である。

神奈川県西部地震における各地域のSI値を算出するための震度分布を図-3に示す。

(2) 道路ネットワークの破壊確率

道路ネットワークの各リンクは直列システムとみなす。道路橋の被害発生確率 B_k を、各位置で想定されるSI値と適用道路橋示方書年次に応じて、道路橋示方書年次別被害関数から求める。リンク内は直列システムであることから、リンク i における破壊確率 P_{fi} は式(3)で算出できる。

$$P_{fi} = 1 - \prod_{k=1}^X (1 - B_k) \quad \text{式(3)}$$

ここで、 X はリンク内の橋梁数、 B_k はリンク i に含まれる道路橋 k の被害発生確率である。

道路ネットワークの破壊確率は、最小カットセットという考え方をを用いる。最小カットセットとは、組み合わせに含まれる全ての要素が故障したときに、システムの故障を引き起こす最小の組み合わせのことである⁹⁾。道路ネットワークの破壊確率 P_f は、一般化した式(4)で算出する。

$$P_f = 1 - \prod_{i=1}^M (1 - \prod_{l \in T} P_{fi}) \quad \text{式(4)}$$

ここで、 P_f は道路ネットワークの破壊確率、 P_{fi} はリンクの破壊確率、 T は最小カットセットに含まれるリンクの集合の数、 M はカットセットの数である。

(3) 地すべり評価

道路の通行支障が生じる地震被害の要因の一つとして地すべりが考えられる。そこで、GIS(Geographic Information System)を用いて、通行支障が予想される地点を分析する⁷⁾。

5. 評価結果

道路橋の被害発生確率の算出結果から、神奈川県西部の第一次緊急輸送道路における各リンクの破壊確率を算出した結果を図-4に示す。神奈川県西部の中でも特にSI値の大きい沿岸部ほどリンクの破壊確率が高い傾向にあるといえる。リンクの破壊確率から、道路橋の被害において孤立する可能性が特に高い地域は、真鶴町であると考えられる。湯河原町では、静岡県側からの救援ルートが確保されない場合、孤立する可能性が高いと考えられる。これらの地域では、図-5に示したGISによる地すべり警戒区域⁸⁾からも孤立の危険性が高いといえる。

6. おわりに

今回はリンクの破壊確率を算出し、GISを用いた地すべりの検討をした上で孤立地域の特定を行った。今後は最小カットセットを用いた評価を行う。

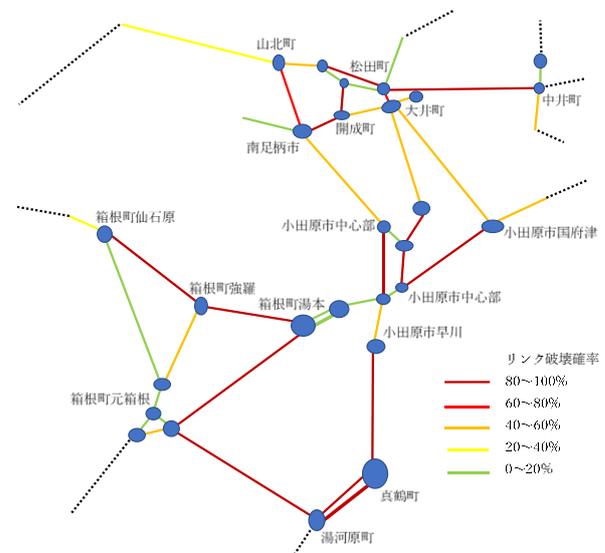


図-4 リンクの破壊確率

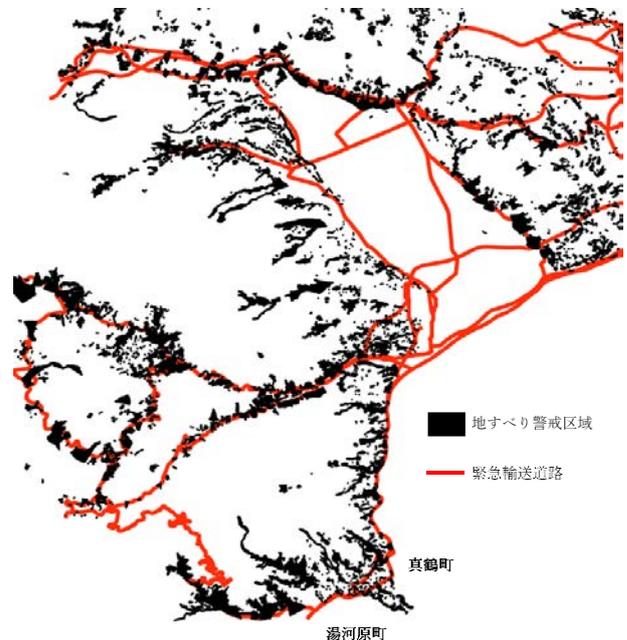


図-5 地すべり警戒区域

参考文献・出典

- 1) 中山晶一郎, 朝倉康夫: 道路交通の信頼性評価, コロナ社, 2014
- 2) 神奈川県 地震被害想定調査報告書, 2015
- 3) 国土交通省関東地方整備局, 神奈川県, 神奈川県道路公社: 橋長 15m 以上の道路橋一覧表
- 4) 外館麻里佳: 熊本地震によるSI値と道路・橋梁被害の関係性, 2017
- 5) 童華南, 山崎文雄: 地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係; 生産研究 48 巻 11 号, pp31-34, 1996
- 6) 工藤源太: 高知県を対象とした道路ネットワークの破壊確率, 2017
- 7) 熊澤美邦: 三浦半島における災害時道路ネットワークの評価, 2013
- 8) <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> (2020年1月現在)