

橋梁を対象とした緊急輸送道路の 接続リスクに関する研究

橋本 凌平¹・梶田 佳孝²

¹学生会員 東海大学 工学部土木工学科 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1)
E-mail: 9bev1205@mail.u-tokai.ac.jp

²正会員 東海大学 建築都市学部土木工学科 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1)
E-mail: yokaji@tokai-u.jp.

2016年に発生した熊本地震では、緊急輸送道路上の橋梁などに被害が生じた。熊本県内では緊急輸送道路の内、50か所で通行止めが発生し、救援・物資輸送が困難となり、応急復旧に必要な資機材の融通がうまくいかず、応急復旧に時間を要した。橋梁長寿命化修繕計画では緊急輸送道路上の橋梁の補修等の優先度は高く設定されているが、災害時に緊急輸送道路がネットワークとして適切に機能するとは限らない。本研究では、緊急輸送道路上の橋梁に着目し、接続リスクについての分析を行った。橋梁の劣化だけでなく路線の種類、交通量を考慮することでリスクの高い路線が明らかとなり、路線を考慮した橋梁の維持管理を行うことの必要性が示された。

Key Words: urgent transportation road network, bridge management, risk management, route importance, preparation of life extending repair plan

1. はじめに

(1) 序論

橋梁は、人の移動や物資の輸送に不可欠な基本的な社会資本であり、社会経済の発展や国民生活の向上に大きな役割を果たしており、高度経済成長期(1955年~1973年)の急激な道路交通需要の増大に対応して大量に建設されてきた。

各管理者が策定する橋梁長寿命化計画では橋梁単位で優先順位を決定し、維持管理を行おうとしている場合が多い。しかし、橋梁は道路ネットワークを構成する重要な要素であり、橋梁の破壊は道路ネットワークの切断につながる。そのため、橋梁単位の健全性維持に加えて、同一路線にある橋梁の健全性やネットワークの位置づけを把握したうえで適切な維持管理方法を選択していく必要がある。

また、各地方自治体は地震等の災害直後から、避難・救助をはじめ、物資供給等の応急活動のために、緊急車両の通行を確保すべき重要な路線である緊急輸送道路を指定している。橋梁長寿命化修繕計画では緊急輸送道路上の橋梁の補修等の優先度は高く設定されているが、災害時に緊急輸送道路がネットワークとして適切に機能す

るとは限らない。

2016年に発生した熊本地震では、県内の指定されている約2000kmの緊急輸送道路の内、50か所で通行止めが発生した。さらに、阿蘇地域では、東西軸の緊急輸送道路である国道57号と県道熊本高森線が同時に通行止めとなり、熊本地域からの救援・物資輸送が困難となり、応急復旧に必要な資機材の融通がうまくいかず、応急復旧に時間を要した(図-1)。また、緊急輸送道路上の橋梁及び緊急輸送道路上を跨ぐ橋梁に被害が生じ、早期復旧ができない事例が見られた^{注1)}。

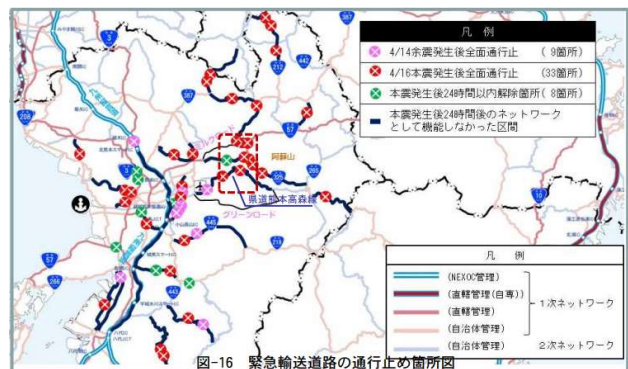


図-1 熊本地震における緊急輸送道路の通行止め箇所^{注1)}

(2) 本研究の目的

以上を踏まえて、神奈川県管理の緊急輸送道路上の橋梁の劣化を考慮し、緊急輸送道路の接続性についてリスク分析を行うことを目的とする。また、神奈川県が保有する橋梁の電子データを GIS 上に反映させることにより、地域的、全体的なリスクの把握を行うことを目的とする。

(3) 既存の研究

小川・近田¹⁾は、石川県の緊急輸送道路上の橋梁を対象として、橋梁の劣化を伴う地震等の災害による破壊リスク増大を考慮した場合の緊急輸送道路ネットワークの切断リスクについて GIS を用いて分析を行っている。

松田ら²⁾は、石川県奥能登地域の緊急輸送道路を対象に、ネットワークの連結信頼度を指標とする道路構造物の耐震化整備優先度設定手法を検討し、地震災害に対して有効な整備方法を提案している。

2. 分析方法

(1) 利用データについて

本研究では、神奈川県が保有する「神奈川県が管理する緊急輸送道路上の橋梁における各種データ」に記載のある「主桁の判定区分」を扱い、橋梁ごとの劣化予測を行う。なお、橋梁全体では劣化予測の指標がないため、橋梁を構成する主要な部材であり、劣化予測式が存在する主桁を用いて分析を行った。緊急輸送道路データに関しては、国土交通省国土政策区局「国土数値情報(緊急輸送道路)^{注2)}」を利用する。

(2) 劣化予測と健全度の設定

劣化予測は、神奈川県開成町橋梁長寿命化修繕計画^{注3)}に記載のある式を扱い、橋種(鋼橋, PC 橋, RC 橋)によって式を変えて行う。しかし、「主桁の判定区分」と扱う橋梁の劣化予測式の指標が異なるため、表-1 のように健全度ランクと健全性の置き換えを参考にし、分析する。

表-1 健全性の区分と初期健全度の換算^{注3)}

健全性の区分	内容	健全度	初期健全度
I 健全	構造物の機能に支障が生じていない状態	4.1~5.0 3.1~4.0	4.0
II 予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。	2.1~3.0	2.5
III 早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。	1.1~2.0 0.1~1.0	1.0
IV 緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。		

各橋梁は、健全度が 2.0 以下になる前年に修繕・更新の措置を行い、修繕・更新が実施された橋梁は翌年に健全度が最大の 5.0 に戻ると設定する。なお、分析期間は 2022 年(令和 4 年)から 50 年後までとする。路線の健全度は、当該路線上に存在する橋梁のうち、最低の値とし、

路線上に 1 橋でも健全度 2.5 以下の橋梁がある場合、当該路線は災害時における切断リスクを有する「途絶路線」とし、途絶路線になる期間を「途絶期間」とする¹⁾。

3. 現在の状況

(1) 橋梁データの特性

本研究では、神奈川県が管理する緊急輸送道路上の橋梁全 782 橋のうち、主桁の判定区分が不明な橋梁、橋種がその他(混橋)を除いた全 754 橋を分析の対象とした。

初期の健全度の分布を表-2 に示す。全橋数の約 76% が(I判定)、約 21% が(II判定)、約 2% が(III判定)となっている。

表-2 初期健全度(健全性)

鋼橋		PC橋		RC橋	
初期健全度	橋数	初期健全度	橋数	初期健全度	橋数
4.0(I判定)	125	4.0(I判定)	134	4.0(I判定)	316
2.5(II判定)	45	2.5(II判定)	26	2.5(II判定)	91
1.0(III判定)	3	1.0(III判定)	0	1.0(III判定)	14

(2) 神奈川県の緊急輸送道路網

神奈川県の緊急輸送道路網を図-2 に示す。政令指定都市がある県の東部は東京都に接しており、緊急輸送道路の交通網が発達しているが、県の西部は人口が少なく山間部であることから、緊急輸送道路網が貧弱になっていることが分かる。

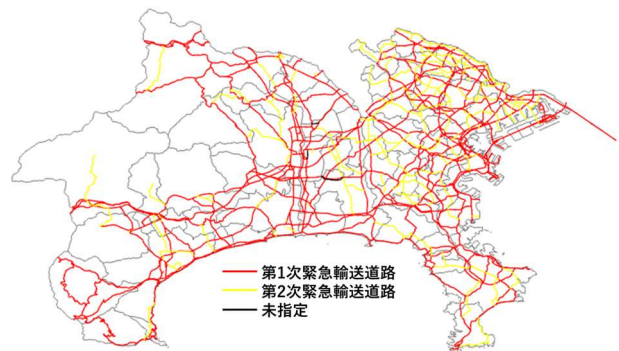


図-2 神奈川県の緊急輸送道路網

(3) 神奈川県の橋梁の対策優先付け

a) 耐用年数について

神奈川県では、健全度予測手法として部材毎耐用年数を設定している。また、各橋りょうの将来の状態(健全度)を予測し、今後必要となる修繕の実施時期を推定し、修繕に要する費用を試算するため、橋りょうを構成する部材ごとに想定される損傷、その損傷に対する修繕工法及び耐用年数について、表-3 のように設定している。この耐用年数は、健全性の区分「I 健全」から「II 予防保全段階」になるまでの期間であり、健全度が 5.0 から 3.0 になるまでの期間である。

表-3 推計に考慮する橋種、部材毎の耐用年数^{注5)}

橋種	部材	修繕工法	耐用年数
RC橋 PC橋	主桁	断面修復	20
	床版	断面修復	20
	下部工	断面修復	20
	支承	支承取替え	100
	防護柵	防護柵取替え	50
	舗装	舗装打換え	10
	伸縮装置	伸縮装置取替え	30
鋼橋	主桁	塗装塗装(Re-1)	30
	床版	断面修復	20
	下部工	断面修復	20
	支承	支承取替え	100
	防護柵	防護柵取替え	50
	舗装	舗装打換え	10
	伸縮装置	伸縮装置取替え	30

ことが重要であることが示唆される。

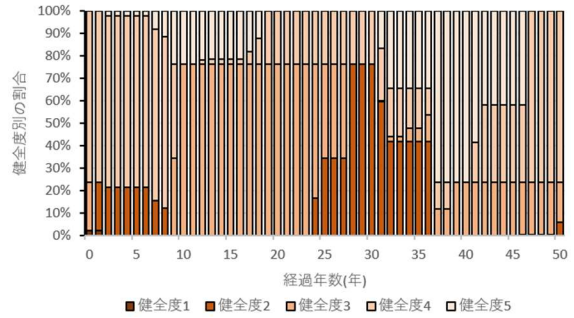


図-3 橋梁健全度の推移

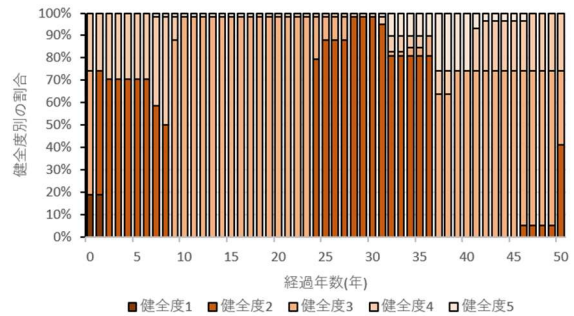


図-4 路線健全度の推移

b) 優先度について

計画的に措置を行ううえで、必要となる予算が特定の年度へ集中することを回避し、予算を平準化するため、表-4のように優先度指標を定めている。優先度指標は、老朽化により健全性が低下するリスクと、事故等のリスクによる影響度を考慮して定めており、修繕などを行う時期は、これらの指標を勘案して決定している。緊急輸送道路上の橋梁の優先度は高く設定されているが、これは橋梁単位での優先付けであるため、災害時に緊急輸送道路がネットワークとして機能するのかが不明である。

表-4 橋りょうの優先度指標^{注3)}

優先度指標	指標の考え方
健全性 (橋梁定検点検要箇による劣化区分)	対策区分に基づき健全性を評価する。評価は、次の部材に細分化して行う。 ・主要部材(主桁、床版、横桁、縦桁、主橋トラス、アーチ、橋脚、橋台など) ・その他の部材(支保本体、高欄、伸縮装置、排水溝など)
第三者被害	第三者被害の予防の観点から、踏道橋・跨線橋など第三者被害発生の可能性の有無で評価する。
緊急輸送道路	事故・災害発生時の緊急輸送道路の確保の観点から、「神奈川県地域防災計画」に示されている緊急輸送道路への該当の有無で評価する。
経過年数	事故発生リスクの高さの観点から、建設後経過年数の大小で評価する。

(2) 途絶期間について

途絶期間の分布を図-5に示す。この図からは、途絶期間が25年以上となった路線(3路線)は最もリスクを有していることが分かるが、次にリスクを有している途絶期間20年以上25年未満の路線が31路線と多いため、どこにリスクがあるかの把握がしにくい。つまり、途絶期間のみでは、リスクの把握は難しいことが示された。

4. 分析結果

(1) 健全度の推移

分析期間中の橋梁および路線の健全度の割合の推移をそれぞれ図-3、図-4に示す。なお、劣化の予測式に基づき得られる健全度は実数であるが、経過年別に橋梁の健全度の分布をわかりやすく示すために、健全度は小数点以下を四捨五入し、1~5の離散値に換算した。

分析の結果、期間内に最もリスクがあるのは経過年数が28~30年と確認された。これらの時期は、多くの切断リスクを有する路線を管理することになり、災害時に重要な路線が機能するような維持管理計画を立てる必要がある。また、経過年数24年を見ても橋梁単位では約17%の橋梁が健全度が2以下だが、路線単位で見ると、約80%の路線が健全度が2以下である。他の年を見ても、橋梁単位と路線単位のリスク割合には大きな差があり、リスクの有する橋梁が少なくても、リスクを有する路線(途絶路線)は多くなることから、橋梁単位ではなく路線単位のリスクも考慮した維持管理を行う



図-5 途絶期間の分布

(3) 重要度について

次に、途絶期間のみではリスクが把握しにくかったため、路線上の交通量、路線の種類も考慮し、(1)式のリンク重要度指標LPIを扱うことで、路線ごとの重要度を示す(表-5)。なお、交通量に関しては、路線ごとに「24時間自動車類交通量」^{注4)}の平均値を用いた。

$$LPI = \left\{ \sum (pi \times Wi) / \sum Wi \right\} \times 100\% \quad (1)$$

pi:各項目に行いて、該当する場合 1.0,
該当しない場合 0.0
Wi:重み係数(表-5)

表-5 路線の重要度の重み係数

途絶期間を考慮した路線の重要度の重み係数					
重要度指標	重み	具体的項目	重み係数	適用	Wi
路線	60	緊急輸送道路	30	緊急輸送道路(1次)	30
				緊急輸送道路(2次)	20
				緊急輸送道路(3次)	10
			国道・主要地方道	30	国道・主要地方道
交通量	40	日交通量	40	2,000台以上/日	40
				4,000台以上20,000台未満/日	30
				1,500台以上4,000台未満/日	25
				1,500台未満/日	20
途絶期間	100	路線の途絶期間	100	25年以上	100
				20年以上25年未満	80
				15年以上20年未満	60
				10年以上15年未満	40
合計			200		

路線の重要度が90%以上となった路線を図-6に示す。この図からは、特に海沿いの路線のリスクが高いことが示された。なお、隣接する東京都にもつながりを有し、政令指定都市を通っている路線は、重要度は90%であるが、本研究では、政令指定都市の橋梁データは考慮せずに分析を行っているため、これらのデータも含めて分析を行うと、途絶期間がさらに長くなり、更にリスクの高い路線になると予想される。

また、海沿いの路線のリスクが高くなった要因は、1路線が長くなっており、そのため路線上の橋梁数が多くなる傾向があることが挙げられる。そして、こういった重要度の高い路線上の橋梁から優先的に修繕を行う必要があると考えられる。

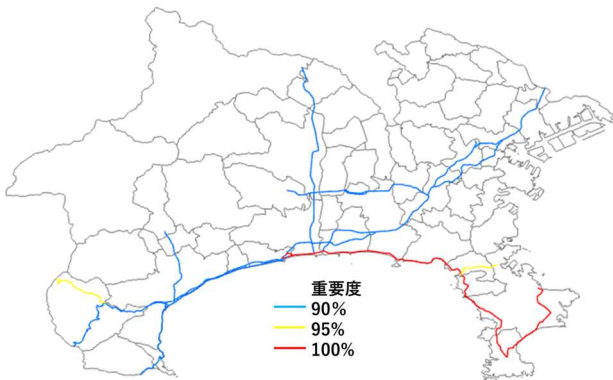


図-6 重要度の分布(90%以上)

5. おわりに

本研究では、橋梁の劣化に伴う災害時の道路ネットワーク接続性について、神奈川県が管理する緊急輸送道路上の橋梁を対象に地域的、全体的なリスク分析を行った。特に2046年では、健全度が2以下となった割合は橋梁単位では約17%であるが、路線単位では約80%と示され、

リスクを有する橋梁が少なくても、多くの路線がリスクを有することが分かった。これらの路線が災害時に機能するように、橋梁単位のリスクのみならず、路線単位のリスクも考慮した橋梁の維持管理を行う必要であるといえる。また、途絶期間に加えて路線の種類、路線上の交通量も考慮し、重要度を分析することで特に海沿いの路線にリスクがあることが示され、こういった重要度の高い路線上の橋梁から優先的に維持管理を行う必要があると考える。

なお、本研究では、緊急輸送道路上の橋梁という視点からリスク分析を行ったが、こういった視点のみでなく、トンネルの破壊や建物破壊などによる道路閉鎖も考慮し、分析を行う必要がある。神奈川県は橋梁の管理者が複数存在しているため、災害時に緊急輸送道路がうまくネットワークとして機能するためには、これらの管理者間で橋梁データの共有を行い、重要な路線上の橋梁から優先的に修繕・補修などの維持管理を実施する必要があると考える。また、橋梁の劣化や交通量のみならず、路線が途絶した場合の代替路線の有無を考慮し、緊急輸送道路上の橋梁の修繕の優先度を立てる必要があると考える。

謝辞: 本研究では、神奈川県 県土整備局 道路部 道路管理課に緊急輸送道路上の橋梁点検結果等に関するデータの提供を受けた。ここに記して感謝する。

NOTES

- 注1) 熊本地震による被災及び復旧状況 国土交通省
- 注2) 国土数値情報ダウンロードサービス 国土交通省
- 注3) 神奈川県道路施設長寿命化計画 II 橋りょう編 令和4年3月 神奈川県県土整備局道路部道路管理課 開成町橋梁長寿命化修繕計画 資料編 2/2 令和2年3月(改定)
- 注4) 平成27年度 全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査 集計表 国土交通省

REFERENCES

- 1) 小川福嗣, 近田康夫: 橋梁の劣化損傷を考慮した災害時の緊急輸送道路接続性に関する-考察, 土木学会論文集 F4 建設マネジメント, Vol.73 No.1,19-25,2017. [Ogawa,F. and Chikata,Y. : A study on the disruption risk of urgent transportation network destruction by bridge deterioration in disaster, *Transaction of the Japan Society of Civil Engineers*, F4 Construction management, Vol.73 No.1,19-25,2017.]
- 2) 松田 洋一郎ほか: 緊急輸送道路の最適管理に向けた道路構造物情報の統合化と耐震化優先度の検討, 交通工学論文集, 2016, 2 巻, 5 号, pp. 31-40. [Matuda,Y. et al : Consideration of setting earthquake-resistant maintenance priority and Integration of road structure information for the most suitable management on the emergency transportation road, *Transaction of the Japan Society of Traffic Engineers*, 2016, Vol.2, No.5, pp. 31-40.]