

橋梁及びトンネルの劣化を考慮した道路ネットワークの災害時途絶リスクの検討

金沢大学 正員 小川福嗣
金沢大学 正員 近田康夫

1. はじめに

近年社会インフラの老朽化対策および維持管理が喫緊の課題となっている。橋梁をはじめとした社会インフラは道路ネットワークを構成する一要素であり、適切な管理を実施し道路ネットワークに支障を生じさせないことが求められる。国土強靱化アクションプランでも、東日本大震災をはじめとする大規模災害による被害が多発を受けて、災害時において機能不全に陥らないようなシステムを念頭に置いたシステムの構築及び取組みの重要性が記載されている。

構造物は老朽化に伴い災害等に対する損傷リスクが増大し、特に補修直前にリスクが大きいと考えられる(図-1)。社会インフラは高度経済成長期をはじめとした時期に集中的に建設されており、補修時期も集中すると考えられるが、そのような時期においても災害時にネットワークが適切に確保できる維持管理を実施することが重要である。

2. 目的

緊急輸送道路ネットワークの災害時接続性について、小川ら¹⁾はI県を対象に橋梁の劣化を考慮し検討を行っている。ネットワークの接続性に影響するリスク要因は橋梁以外にも様々存在し、それらのリスクも考慮した上でネットワーク接続性の評価を行う必要がある。本稿では道路構造物の劣化に伴う損傷リスクに着目する。道路構造物の中にはトンネル、大型カルバート、門型標識などが挙げられる。その中でも道路に沿う形で建設されているトンネル及び洞門は損傷・破壊に伴う通行可能性に与えるリスクが大きいと考えられることから、これら構造物の劣化を加味した道路ネットワークの接続性について検討を行った。

3. 分析手法

シミュレーションに使用するデータは国土数値情報(緊急輸送道路)、石川県及び国土交通省金沢河川国道事務所の橋梁位置データ、「ArcGIS Geo Suite 道路網」データに記録されたトンネル及び洞門の情報である。道路ネットワークは各ネットワークの交点をリン

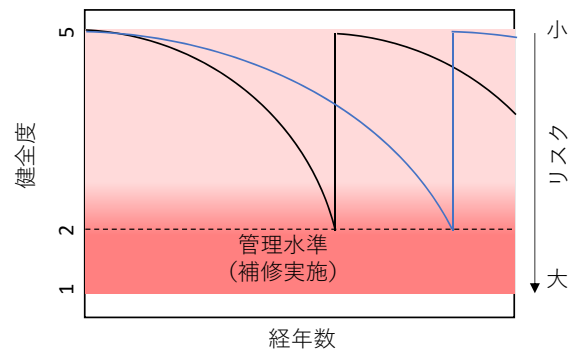


図-1 モデル図

ク、交点間を結ぶ道路をリンクとして扱う。対象とした構造物の健全度は1~5の数値で評価され、構造物の劣化は $y = 5 - ax^2$ の2次曲線に従うと仮定する。ここで、 y は健全度、 x は経過年数、 a は劣化係数とする。劣化係数 a は橋梁及び道路構造物はそれぞれ $a_i \sim N(\mu_i, \sigma_i)$ のばらつきがあるとする。橋梁の健全度は個別の劣化曲線に基づき算出する。トンネル等が存在する場合には別途トンネル等の劣化曲線を設定する。路線の健全度は路線上に存在する構造物の健全度の最低値で表現されるものとする。健全度2.5以下である場合、地震等による災害時には当該構造物が損傷し当該構造物が存在するネットワークは通行不能となると仮定し、50年間のシミュレーションを行う。トンネルや洞門は橋梁に比べ劣化速度が遅く、補修スパンも長いと考えられる²⁾。ここでは、ある時期にこれらの構造物が補修時期を迎えることを想定し、現状の健全度(シミュレーション時の初期健全度)を低く設定した。シミュレーションに用いた橋梁の劣化曲線を図-2に示す。橋梁、道路構造物共に初期健全度は離散値で与えていることから、特定の時期に集中的に補修時期を迎える設定となっている。日本において社会インフラは高度経済成長期をはじめとした時期に集中的に建設されており、劣化時期も集中すると考えられ、妥当な設定であるといえる。

4. 結果

シミュレーションの結果得られた路線健全度の推移を図-3に示す。シミュレーションの結果路線健全度は

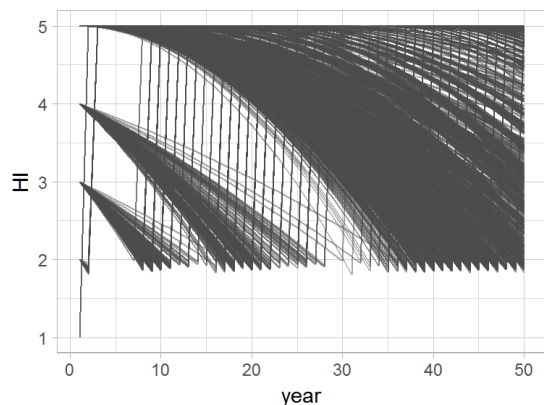


図-2 橋梁の劣化曲線

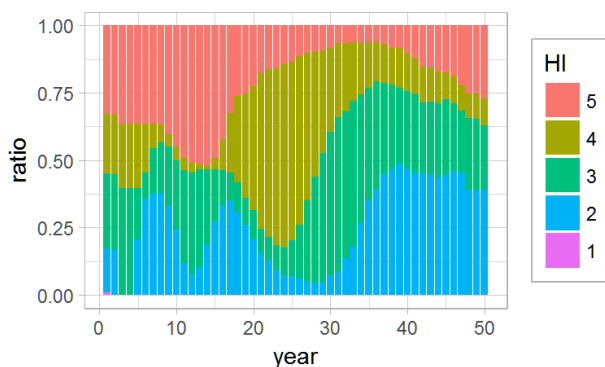


図-3 路線健全度の分布の推移

実数で得られるが、経時的な変化が理解しやすいよう小数点以下を四捨五入し離散値に置換えている。橋梁のみを考慮していた場合に比べ全体的に路線健全度が低くなる傾向が見られるものの大きな変化は見られなかった。これは新たに考慮した道路構造物数が橋梁数に比べ少なかったこと及び道路構造物が存在する路線上には比較的多くの橋梁が存在しており、橋梁のみの劣化を考慮した段階で十分にネットワーク途絶リスクを有していたことが原因と考えられる。図-4はシミュレーション期間41年から50年までの期間中に健全度2.5以下となる期間で色分けしたネットワーク図である。北部の地域でネットワークが途絶するリスクを有する期間が長い傾向にあることがわかる。北部は橋梁及び道路構造物が比較的多く存在し、その他の期間も含め全体的にネットワークの途絶リスクが大きい傾向にあり、ネットワークが脆弱な地域であるといえる。また、補修は事務所単位で実施され则认为られるため人的・予算的な配分も考慮し計画的な維持管理を行っていく必要があると考えられる。その他の特徴として、隣県とつながる路線の健全度が低い傾向があり、複数県にまたがる広域な防災対策を検討する際にはネットワーク途絶のリスクに関しても考慮する必要があると



図-4 41～50年期間中のネットワーク途絶リスク

いえる。隣県とのネットワークの接続性に関しては隣接県側のネットワークの接続性も併せて考慮する必要があり、隣県の劣化状況や補修計画と整合を図り長期的な維持管理計画を立案する必要があるといえる。

5. おわりに

本研究では、橋梁に加えてトンネル及び洞門等の道路構造物の劣化による道路ネットワークへ与える影響について分析を行い、様々なリスクを考慮した道路ネットワークの災害時接続性の評価を行えることを示した。異種構造物の劣化損傷に伴うネットワーク接続性に対するリスクの増大に対して、災害時には損傷によりネットワーク不通となる可能性があるという点において各構造物の損傷によるネットワークに与えるリスクは同一として評価を行ったが、各構造物について損傷時の与える影響の大きさや復旧の容易さを適切に評価し重みづけを与えるなど、今後はより実態に合った評価を行っていく必要があると考えている。

謝辞: 本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」(管理法人: JST) による。

参考文献

- 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一考察. 土木学会論文集F4(建設マネジメント), Vol. 73, No. 1, pp. 1925, 2017.
- 2) 松坂敏博, 森山陽一, 小笹浩司, 太田秀樹, 藤野陽三, 宮川豊章, 西村和夫. 高速道路の構造物における大規模更新および大規模修繕の導入と課題. 土木学会論文集F4(建設マネジメント), Vol. 73, No. 1, pp. 118, 2017.