

健全度の変化を考慮した地震時における橋梁の被災リスクの評価 -石川県の橋梁定期点検結果を用いて-

金沢大学大学院 自然科学研究科 環境デザイン学類 学生会員 ○南 貴大
 金沢大学 理工研究域 環境デザイン学系 正会員 藤生 慎
 金沢大学 理工研究域 環境デザイン学系 フェロー 高山 純一
 金沢大学 理工研究域 環境デザイン学系 正会員 中山晶一郎

1. 背景・目的

石川県が管理する橋梁の多くは、高度経済成長期に架設され、橋梁の高齢化が進んでいる。供用年数50年を超える高齢橋は現在(2016年)では全体の約24%であるが、20年後には全体の約68%占めることになる。そこで県は事後保全的な修繕から、計画的かつ予防保全的維持管理に転換し、道路網交通網の安全・安心の確保に努めている。そのため橋梁の定期点検を各橋梁5年に1度の頻度で行っており、橋梁の部材ごとに健全度を評価し記録を行っている。

一方、東北地方太平洋沖地震や平成28年熊本地震などの大規模地震が発生しており、橋梁が被災することによって、多くの道路ネットワークが寸断され、救援活動や物資輸送に支障が出ている。そのため、レジリエントな道路ネットワークを構築するためには、今後大きな地震動に見舞われる橋梁の健全性を優先的に確保するような維持管理が求められる。

本研究では、地震時に影響を受けやすい部材である支承部²⁾の健全度の遷移確率の算出を行い、地震の被災リスクを支承部の健全度と今後想定される地震動で評価し、定期点検が橋梁の被災リスクの緩和効果に与える影響について検証する。

2. 既往研究

久世ら³⁾や秦ら⁴⁾などの道路構造物の耐震性評価指標に関する研究は数多く行われているが、地方自治体が行った定期点検結果を用いて、定期点検による地震の被災リスクの緩和効果について検証している研究はない。

3. 使用データ

(1) 石川県における橋梁の定期点検データ

石川県の橋梁定期点検データには橋梁の諸元と点検結果が記されている。諸元としては、架設年次、径間数、橋長、幅員、最大支間長、日交通量、大型車日交通量、所在地、緯度経度、優先度などが記されている。点検項目としては主桁、床版、下部工、伸縮装置、支承部、橋面工を対象にしており、表-1で示すように5段階で健全度が評価されている¹⁾。

表-1 石川県における橋梁の健全度の評価基準¹⁾

健全度	損傷状況
5	劣化・損傷が認められない
4	些細な劣化・損傷のみで、点検記録を継続する
3	軽度の劣化・損傷があり、計画的に維持管理補修を行う
2	重度の劣化・損傷があり、早急な補修対策が必要
1	甚大な損傷で安全確保に支障をきたす(通行止め)

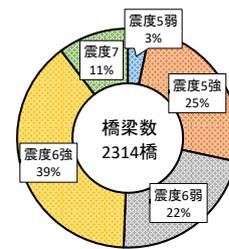


図-1 石川県の橋梁の震度別割合

(2) 石川県における今後想定される地震動

本研究では、想定しうる地震動としてJ-SHIS地震ハザードステーション⁵⁾の確率的地震動予測地図を用いた。本研究では被害が最大となるケースを想定し、50年に2%の確率で一定の揺れに見舞われる震度を用いた。石川県が管理する橋梁2314橋における震度別の橋梁の割合について図-1に示す。

4. 支承部の健全度の推移シミュレーション

(1) 健全度の遷移確率

石川県において1巡目(2003年~2007年)で行われた点検結果と2巡目(2008年~2013年)で行われた点検結果がともに記録されている橋梁、1063橋を対象にして、5年後の支承部の健全度の遷移確率を求めた。部材の材料や構造形式によって遷移確率が異なることが予想されるが、石川県の定期点検データでは記録がなされていないため、本研究では考慮していない。

また石川県の定期点検データには補修履歴の欠損がある。そのため1巡目の健全度より2巡目の健全度の方が高い、つまり回復しているサンプルを除いて算出した遷移確率を「補修を行わない場合の遷移確率」とし、回復したサンプルを含めて算出した遷移確率を「補修を行った場合の遷移確率」とした。

「補修を行わない場合の遷移確率」を表-2に示す。「補修を行った場合の遷移確率」を表-3に示す。支承部の健全度でも1巡目の点検では健全度1の橋梁がみられなかったため、補修を行わない場合、健全度1は次の点検でも変わらず健全度1の状態であると設定した。また補修を行った場合は健全度1の橋梁は次の点検では健全度5に回復するように確率を設定した。補修を行わない場合、健全度5から4になる確率よりも健全度4から3になる確率の方が高いことが分かる。

表-2 支承の健全度の遷移確率 (補修なし)

		支承健全度(2巡目点検)				
		5	4	3	2	1
支承健全度 (1巡目)	5	0.85	0.11	0.04	0.00	0.00
	4	0.00	0.71	0.21	0.08	0.00
	3	0.00	0.00	0.88	0.12	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

表-3 支承の健全度の遷移確率 (補修あり)

		支承健全度(2巡目点検)				
		5	4	3	2	1
支承健全度 (1巡目)	5	0.85	0.11	0.04	0.00	0.00
	4	0.66	0.24	0.07	0.03	0.00
	3	0.15	0.33	0.45	0.06	0.00
	2	0.18	0.36	0.27	0.18	0.00
	1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00

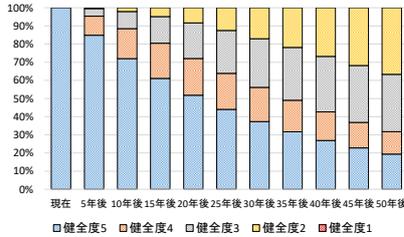


図-2 支承の健全度の推移 (補修なし)

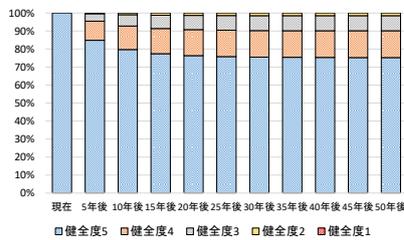


図-3 支承の健全度の推移 (補修あり)

(2) 健全度の推移シミュレーション

上記で示した遷移確率を用いて、石川県が管理する2314橋を対象に50年後の健全度の割合を求めた。本研究では、すべての橋梁を健全度5として、供用年数が長い橋梁が劣化しやすいと仮定し、5年おきの健全度の推移についてシミュレーションを行った。「補修を行わない場合の遷移確率」を用いて算出した支承の健全度の推移を図-2に、「補修を行った場合の遷移確率」を用いた支承の健全度の推移を図-3に示す。補修を行わない場合であると健全度3,2の割合が50年後には約60%を占めていることが分かる。しかし既存の維持管理による補修を行うことで、50年後であっても約80%以上健全度5を維持できることが分かる。

5. 地震による橋梁の被災リスク

地震の被災リスクについて橋梁の脆弱性と地震動強さで評価を行い、補修を行わない場合と、補修を行った場合で地震リスクについて比較を行った。本研究では、橋梁の脆弱性について耐震補強や構造形式については考慮せずに健全度のみで評価した。地震動強さについては50年で2%の確率で見舞われる震度を用いて評価した。脆弱性と地震動強さの基準としては、表-4に示す。

被災リスクは式(1)に示すように脆弱度と地震動強さの積の総和として定義した。被災リスクについて補修を行わない場合と、補修を行った場合で比較した結果を図-4に示す。補修

表-4 石川県における橋梁の健全度の評価基準

健全度	脆弱性	予想される震度	地震動強さ
5	0.2	震度5弱	0.2
4	0.4	震度5強	0.4
3	0.6	震度6弱	0.6
2	0.8	震度6強	0.8
1	1.0	震度7	1

$$SR = \sum_{i=1}^n H_i \times V_i \quad (1)$$

SR:被災リスク, H:地震動強さ, V:脆弱度, n: 橋梁数

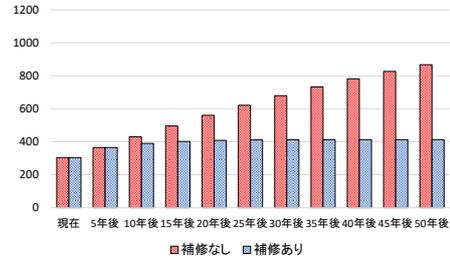


図-4 石川県の橋梁の震度別割合

を行わなかった場合、被災確率が年々大きくなり、50年後には、すべての橋梁の健全度が5である状態のときよりも約3倍程度被災率が高くなる。しかし既存の維持管理による補修を行うことで健全度を高い状態に維持できるため、被災リスクを抑えることができる。

6. まとめと今後の課題

本研究では石川県の2期分の橋梁の定期点検データを用いて、健全度の遷移確率を算出した。また今後50年に2%の確率で見舞われる震度と遷移確率によって予測される健全度を用いて、橋梁の地震に対する被災リスクを算出し、定期点検による維持管理の被災リスク緩和効果について検証した。

本研究では地震の被災リスクについて、健全度と地震動強さについてのみ考慮したが、耐震補強の有無や構造形式は、被災リスクに影響を与えるため、今後考慮する必要がある。また、緊急輸送路の指定の有無や、迂回路の有無、交差物などの地震時における重要度についても考慮した評価についても今後の課題である。

参考文献

- 1) 石川県の橋梁長寿命化修繕計画
https://www.pref.ishikawa.lg.jp/michi/documents/h26kyouryo_u.pdf, 2016年11月17日閲覧
- 2) 橋梁点検ハンドブック-国土交通省北陸整備局 pp40-43
<http://www.hrr.mlit.go.jp/hokugi/file/mijika/kyoryo-handbook-A5.pdf>, 2016年11月19日閲覧
- 3) 久世益充, 都竹延晃, 岩崎真二郎, 杉戸真太, 高速道路路線における耐震化優先度評価に関する検討, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 70 No. 4 p. I_219-I_226
- 4) 秦吉弥, 一井康二, 加納誠二, 土田孝, 今村孝志, 盛土の耐震診断に基づく高速道路の通行機能の耐震性評価, 土木学会論文集 F, Vol.65, No.1, pp.50-58
- 5) J-SHIS 地震ハザードステーション
<http://www.jshis.bosai.go.jp/>, 2016年11月25日閲覧