

橋梁の定期的な目視点検による リスク緩和効果に関する分析

南 貴大¹・藤生 慎²・中山 晶一朗³・高山 純一⁴

¹学生会員 金沢大学 環境デザイン学類 (〒920-1192石川県金沢市角間町)

E-mail:takahoro1993@gmail.com

²正会員 金沢大学助教 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: fujii@se.kanazawa-u.ac.jp

³正会員 金沢大学教授 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: nakayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

⁴フェロー 金沢大学教授 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: takayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

近年、高度経済成長期に建設された橋梁は耐用年数を迎え、架け替えや長寿命化の検討が行われている。地方自治体においても、5年に1度の頻度で橋梁の定期点検が行われており、健全性の低下を把握し、健全性の低い橋梁を優先的に補修する予防保全的維持管理を行うことで橋梁を良好な状態に保つことが可能となっている。しかし、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において被災した橋梁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た。そのため橋梁の被災リスクを緩和させることが今後重要となる。本研究では、定期的な橋梁のモニタリングが地震時における橋梁の被災緩和効果に与える影響について検証する。定期点検による維持管理の有無で比較した結果、定期的なモニタリングが橋梁の被災リスクを緩和させ、地震災害時の安全な道路ネットワークの維持に寄与していることが明らかとなった。

Key Words: times, italic, 10pt, one blank line below abstract, indent if key words exceed one line

1. はじめに

日本全国の道路橋（橋長 2.0m 以上）は、現在約 70 万橋あり、そのうち一般的に橋梁の寿命とされている 50 年を経過している橋梁（高齢橋）は、図-1 に示すように平成 25 年度で全体の 18% を占め、10 年後には約 43% を占めることが予想されている¹⁾。また、緊急的に整備された箇所や水中部など立地環境の厳しい場所などの一部も構造物で老朽化による変状が顕在化し、図-2 に示すように、地方公共団体管理橋梁では最近 5 年間で通行規制

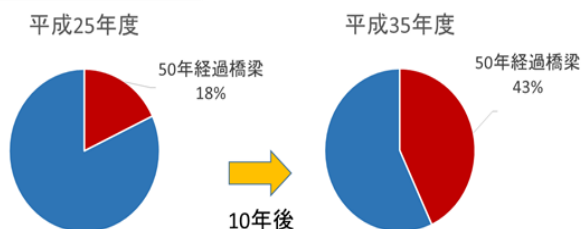


図-1 全国における高齢橋の割合1)



図-2 地方公共団体管理橋梁の通行規制等の推移 (2m以上)²⁾

が2倍以上に増加している²⁾。公共事業費が年々減少する中、数年後には、高度経済成長期に集中的に建設された橋梁が供用年数 50 年を超え、橋梁の高齢化を迎えることとなり、人的にも費用的にも対応が困難となり、仮に橋梁通行止めになれば、道路交通ネットワークに大きな影響を及ぼしかねない。このような状況の中、効率的

表-1 石川県における橋梁定期点検の一例

橋梁名	緊急輸送道路種別	上部工材料	架設年次	橋長	日交通量	大型車日交通量	主桁健全度	床版健全度	下部工健全度	支承健全度	伸縮装置健全度	橋面工健全度	BHI	EPI	P	緯度	経度	
A	第2次緊急輸送道路	RC橋	1977	3.1	7300	328	5	3	3	5	5	5	74	55	37.6	36.110	136.688	
B	第2次緊急輸送道路	RC橋	1976	3.6	7300	328	5	5	5	5	5	5	100	45	18	36.114	136.681	
C	第2次緊急輸送道路	RC橋	1975	4	7300	328	5	5	4	5	5	5	90.5	45	23.7	36.123	136.689	
D	第2次緊急輸送道路	RC橋	1975	7	7300	328	5	4	5	5	5	5	96.5	45	20.1	36.131	136.660	
E	第2次緊急輸送道路	RC橋	1975	7	7300	328	5	5	4	5	5	5	90.5	45	23.7	36.142	136.660	
F	第2次緊急輸送道路	RC橋	1975	4.8	7300	328	5	4	4	5	5	4	86	45	26.4	36.159	136.658	
G	第2次緊急輸送道路	RC橋	1973	9.5	7300	328	5	4	4	5	5	3	85	45	27	36.162	136.652	
H	第2次緊急輸送道路	RC橋	1973	3	7300	328	5	5	4	5	5	3	88.5	45	24.9	36.163	136.650	
I	第2次緊急輸送道路	RC橋	1974	10.6	7300	328	5	4	4	5	3	3	82	45	28.8	36.163	136.650	
J	第2次緊急輸送道路	RC橋	1974	10.6	7300	328	5	4	4	5	5	3	82	45	27	36.165	136.638	
K	第2次緊急輸送道路	RC橋	1957	4.2	7326	725	3	5	3	5	5	5	62	55	44.8	36.167	136.633	
L	第2次緊急輸送道路	RC橋	1968	17.7	7326	725	3	5	3	5	3	5	5	59	55	46.6	36.168	136.621
M	第2次緊急輸送道路	RC橋	1966	18.6	7326	725	3	3	4	5	4	5	63	55	44.2	36.170	136.621	
N	第2次緊急輸送道路	RC橋	1986	7	7326	725	3	5	5	5	4	5	79.5	55	34.3	36.173	136.622	
O	第2次緊急輸送道路	RC橋	1970	93	7300	328	5	3	4	4	5	4	81	45	29.4	36.185	136.622	
P	第2次緊急輸送道路	鋼橋	1997	83	0	0	3	4	4	5	4	4	65.5	45	38.7	36.184	136.622	
Q	第2次緊急輸送道路	その他	1996	5	7326	725	5	3	3	5	5	5	74	55	37.6	36.178	136.624	
R	指定なし	鋼橋	2000	17.5	100	10	5	5	5	5	5	5	100	35	14	36.200	136.345	
S	指定なし	鋼橋	1998	12.5	100	10	4	5	4	5	5	4	80	35	26	36.204	136.525	
T	指定なし	鋼橋	1995	10.5	100	10	4	5	4	4	4	4	78.5	35	26.9	36.209	136.391	
U	指定なし	鋼橋	1983	31	100	10	4	4	4	4	5	5	76	35	28.4	36.211	136.349	
V	指定なし	RC橋	1970	4.6	100	10	5	5	3	5	5	4	80	35	26	36.211	136.349	
W	指定なし	RC橋	1964	2.8	100	10	4	5	3	5	5	5	71.5	35	31.1	36.213	136.359	
X	指定なし	RC橋	1957	4.8	100	10	4	5	3	5	5	4	70.5	35	31.7	36.217	136.530	
Z	指定なし	RC橋	1956	2.5	100	10	5	5	3	5	5	5	81	35	25.4	36.222	136.532	
AA	指定なし	RC橋	1964	6.8	100	10	5	5	4	5	5	2	87.5	35	21.5	36.222	136.532	
AB	指定なし	鋼橋	1973	36	100	10	4	3	4	3	5	4	70	35	32	36.222	136.360	
AC	指定なし	RC橋	1970	10	100	10	4	4	3	3	4	4	64	35	35.6	36.222	136.360	
AD	指定なし	鋼橋	1972	20	100	10	4	4	3	4	4	4	65.5	35	34.7	36.222	136.360	
AE	指定なし	鋼橋	1971	58	100	10	4	4	3	4	4	4	65.5	35	34.7	36.222	136.360	
AF	指定なし	RC橋	1963	19.1	100	10	5	5	4	5	4	4	88	35	21.2	36.222	136.360	
AG	指定なし	RC橋	1959	22	100	10	5	5	4	5	5	5	90.5	35	19.7	36.222	136.360	
AH	指定なし	RC橋	1990	7.5	100	10	5	5	4	5	5	4	89.5	35	20.3	36.232	136.437	

な維持管理が重要視されており、国や地方自治体では定期点検を行うことで、橋梁を良好な状態に保っている。

しかし近年、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、橋梁の地震に対する被災リスクを緩和させるような維持管理が求められる。

本研究では地震の被災リスクを定期点検で得られる橋梁の健全度と今後想定される地震動で評価し、定期点検が地震に対する橋梁の被災緩和効果に与える影響について検証する。

2. 既往研究

これまでに橋梁定期点検結果を用いた研究は数多く行われている。

貝戸ら³⁾⁴⁾は、NY市がここ9年間に実施した829橋梁に対する目視点検結果を用いて劣化速度に着目したマルコフ過程に基づく劣化予測を提案している。また長大橋の目視点検上の管理限界状態として想定する頂上事象を定め、頂上事象の原因となる下位事象をフォルト・ツリーで構成し、下位事象の発生確率をマルコフ劣化ハザードモデルで与えることで頂上事象の発生確率の経時変化を算出している。

近田ら⁵⁾は、I県が昭和57年から63年度間の橋梁定期点検データの数量化理論第II類による分析結果を用いた橋梁の健全度に基づき補修後に管理対象橋梁群のトータル健全度を最大とする補修橋梁・部位の組み合わせ最適化問題に、遺伝的アルゴリズムを援用したナップサ

ック問題を適用することで解決している。

玉越ら⁶⁾は、国が管理する全国の道路橋の定期点検結果を用いて、重回帰分析により架橋条件や橋梁形式、適用基準など多岐にわたる属性との関連に着目して劣化に支配的な要因の抽出を行っている。

大竹ら⁷⁾は、岐阜県が管理する鋼橋RC床版の点検結果を用いて主成分分析を行い、離散量として与えられた従来の健全度を連続量として評価し、算出した指標を目的変数、橋梁の台帳データベースに記載されている橋梁諸元や環境条件を説明変数とし線形重回帰分析を用いて影響因子の抽出を行っている。

大島ら⁸⁾は、橋梁の老朽化に影響する諸因子を解析し、数量化理論II類を用いて、それらと部材損傷との関係について検討を行い、各因子が部材損傷に影響する関係を把握している。

しかし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。本研究では地方自治体が行っている維持管理による地震の被災リスクを緩和効果について検証した。

3. 使用データ

(1) 石川県における橋梁の定期点検データ

橋梁定期点検は、道路橋の各部材の状態を把握、診断し、当該道路橋に維持や補修・補強等の必要な措置を特定するために必要な情報を得るためのものであり、安全で円滑な交通の確保、沿道や第三者への被害の防止を図るなどの橋梁に係る維持管理を適切に行うために必要な情報を得ることを目的に実施されている。橋梁定期点検では、損傷状況の把握及び対策区分の判定を行い、これ

表-2 石川県における橋梁の健全度の評価基準

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)

らに基づき部材単位での健全性の診断及び道路橋毎の健全性の診断を行っている。

石川県の橋梁定期点検データには表-1に示すように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、橋面工を対象にしており、表-2で示すように5段階で健全度が評価されている。また各部材の健全度から橋梁全体の橋梁健全度指標BHI (Bridge Health Index) が算出されている。BHI は定量的な指標として、各部材の健全度と部材間の重み係数を用いて加重平均法によって計算される。橋梁の重要度については、路線の重要度及び交通量を総合評価した指標である橋梁重要度指標BPI (Bridge Public Index) によって評価される。BPI は路線の重要度(緊急輸送道路、跨線橋・跨道橋)と交通量(交通種別)に着目し、それぞれに重み係数を設定し、加重平均法によって算出する。また橋梁保全更新の優先度P (Priority) については、BHI とBPIの合成値によって評価する。既存の維持管理は、路線の重要度と交通量、健全度を考慮している。

(2) 石川県における今後想定される地震動

石川県またはその周辺には数多く活断層が存在しており、中でも金沢平野の南東縁に発達する活断層である森本富樫断層は今後30年に2~8%の確率でマグニチュー

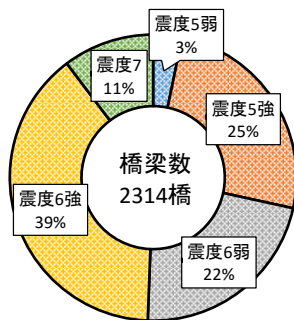


図-3 石川県の橋梁の震度別割合

ド7.2程度の地震を発生させると推定されている⁹⁾本研究では地震リスクとして、J-SHIS 地震ハザードステーション¹⁰⁾の確率論的地震動予測地図を用いた。確率論的地震動予測地図とは、日本及びその周辺で起こりうる全ての地震に対して、その発生場所、発生可能性、規模を確率論的手法によって評価し、さらにそれら地震が発生したときに生じる地震動の強さをバラツキも含めて評価することにより、一定の期間内に、ある地点が、ある大きさ以上の揺れに見舞われる確率を計算することにより作成されている。地点ごとに地震ハザード評価を実施し、地震動の強さ・期間・確率のうち2つを固定して残る1つの値を求めた上で、それらの値の分布を250mメッシュで示したものである。本研究では震度分布を用いることとした。震度分布にも様々な期間の確率のケースがあるが、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-3に示す。50年に2%の確率で見舞われる震度の中で震度6強が約39%と高く、震度7の震度に見舞われる橋梁も約11%あることが分かる。

4. 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年後の健全度の遷移確率を求めた。本研究では、地震によって損傷を受けやすい部材である下部工と支承を対象にした。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が残っていないため、いつ、どのような補修を行ったのかについて知ることができない。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。

(a) 下部工の健全度

下部工の健全度について、健全度が回復したサンプルを除いた集計結果が表-3であり、健全度が回復したサンプルを含めた集計結果が表-4である。また集計結果を用いて遷移確率を算出した。「補修を行わない場合の遷移確率」を表-5に示す。「補修を行った場合の遷移確率」を表-6に示す。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、健全度1がどのように遷移したのかが

表-3 下部工の健全度の集計 (補修なし)

下部工健全度 (1巡目点検)		下部工健全度(2巡目点検)					
		5	4	3	2	1	
5	145	43	52	45	5	0	
4	589	0	335	223	29	2	
3	151	0	0	133	18	0	
2	3	0	0	0	3	0	
1	0	0	0	0	0	0	

表-8 支承の健全度の集計 (補修なし)

支承健全度 (1巡目点検)		支承健全度(2巡目点検)					
		5	4	3	2	1	
5	502	426	53	21	2	0	
4	174	0	124	36	14	0	
3	17	0	0	15	2	0	
2	2	0	0	0	2	0	
1	0	0	0	0	0	0	

表-4 下部工の健全度の集計 (補修あり)

下部工健全度 (1巡目点検)		下部工健全度(2巡目点検)					
		5	4	3	2	1	
5	145	43	52	45	5	0	
4	691	102	335	223	29	2	
3	208	8	49	133	18	0	
2	19	3	3	10	3	0	
1	0	0	0	0	0	0	

表-9 支承の健全度の集計 (補修あり)

支承健全度 (1巡目点検)		支承健全度(2巡目点検)					
		5	4	3	2	1	
5	502	426	53	21	2	0	
4	517	343	124	36	14	0	
3	33	5	11	15	2	0	
2	11	2	4	3	2	0	
1	0	0	0	0	0	0	

表-5 下部工の健全度の遷移確率 (補修なし)

		下部工健全度(2巡目点検)					
		5	4	3	2	1	
下部工健全度 (1巡目)	5	0.30	0.36	0.31	0.03	0.00	
	4	0.00	0.57	0.38	0.05	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-10 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-6 下部工の健全度の遷移確率 (補修あり)

		下部工健全度(2巡目点検)					
		5	4	3	2	1	
下部工健全度 (1巡目)	5	0.30	0.36	0.31	0.03	0.00	
	4	0.15	0.48	0.32	0.04	0.00	
	3	0.04	0.24	0.64	0.09	0.00	
	2	0.16	0.16	0.53	0.16	0.00	
	1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

表-11 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	

表-7 下部工の健全度の遷移確率 (既存の手法の改善)

		下部工健全度(2巡目点検)					
		5	4	3	2	1	
下部工健全度 (1巡目)	5	0.30	0.70	0.00	0.00	0.00	
	4	0.15	0.48	0.37	0.00	0.00	
	3	0.27	0.00	0.64	0.09	0.00	
	2	0.84	0.00	0.00	0.16	0.00	
	1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

表-12 支承の健全度の遷移確率 (寄贈の手法の改善)

		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	0.15	0.00	0.00	0.00	
	4	0.66	0.24	0.10	0.00	0.00	
	3	0.48	0.00	0.45	0.06	0.00	
	2	0.82	0.00	0.00	0.18	0.00	
	1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

不明である。そのため補修を行わない場合は健全度 1 の場合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。下部工は他の部材と比較して、健全度が下がりやすくなっており、特に健全度 5 であった場合、5 年後には約 0.70 の確率で健全度が低下する。健全度 3 までになると健全度が下がる確率が約 0.12 であり、健全度が下がりにくくなることが分かる。

また既存の維持管理では補修を行っても健全度が 5 まで回復していない場合や健全度が 2 以上落ちている場合があり、それを改善した遷移確率を表-7 に示す。改善点としては健全度の低下を 1 にとどめること、補修を行う際には健全度 5 まで回復させることの 2 点である。

(b) 支承の健全度

支承の健全度について、健全度が回復したサンプルを除いた集計結果が表-8 であり、健全度が回復したサン

プルを含めた集計結果が表-9 である。「補修を行わない場合の遷移確率」を表-10 に示す。「補修を行った場合の遷移確率」を表-11 に示す。支承の健全度でも 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、健全度 1 がどのように遷移したのかが不明である。そのため補修を行わない場合は健全度 1 の場合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。支承は下部工に比べ、健全度が下がりにくい部材である。ま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。また支承は橋梁の構造上重要な役割を果たしているため、健全度 4 であっても補修を行っており、健全度が低下したら、すぐに補修を行っていることが分かる。

また既存の維持管理では補修を行っても健全度が 5 まで回復していない場合や健全度が 2 以上落ちている場合があり、それを改善した遷移確率を表-12 に示す。改善

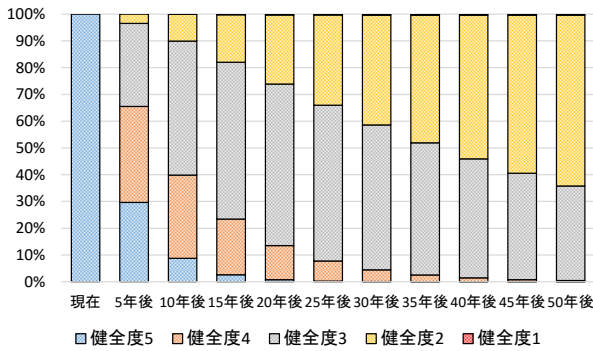


図-4 下部工の健全度の推移 (補修なし)

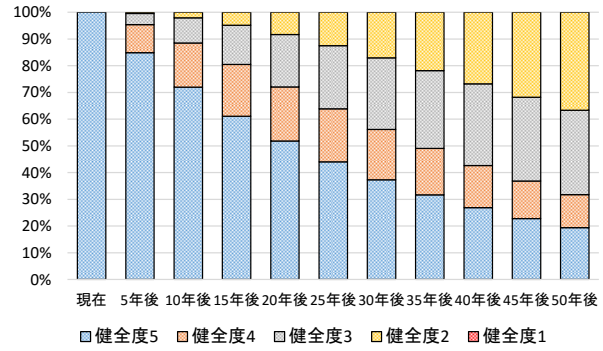


図-7 支承の健全度の推移 (補修なし)

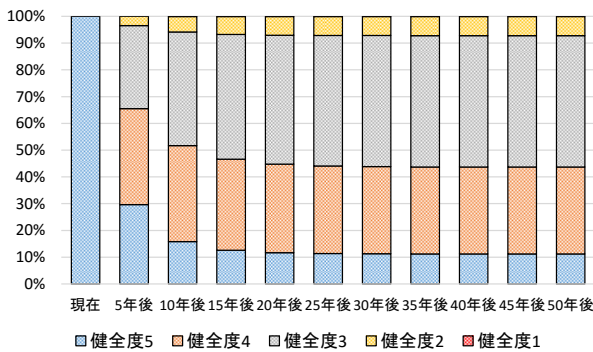


図-5 下部工の健全度の推移 (補修あり)

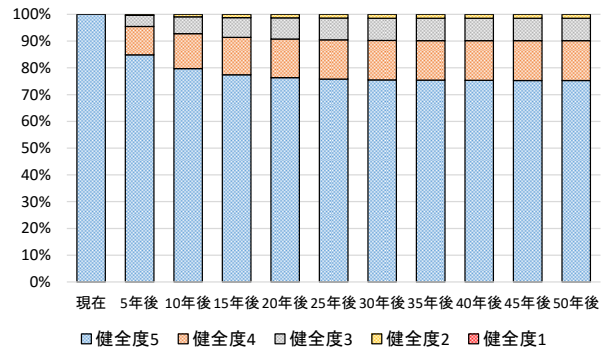


図-8 支承の健全度の推移 (補修あり)

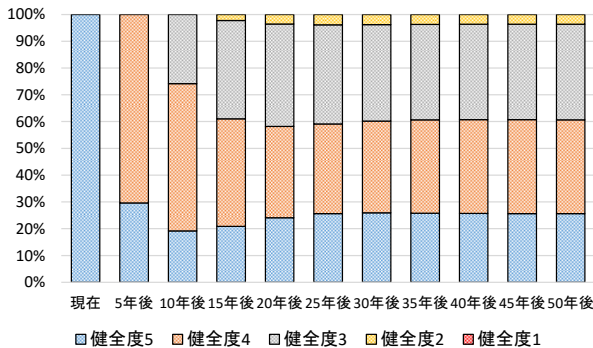


図-6 下部工の健全度の推移 (既存の手法の改善)

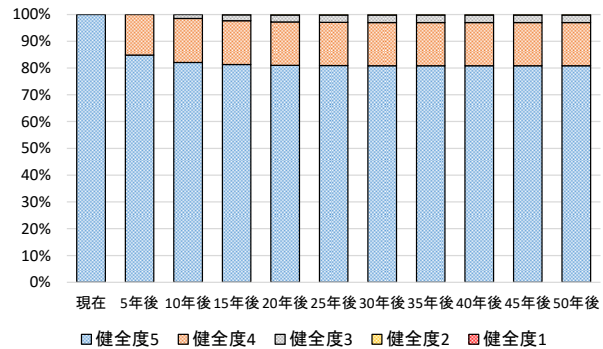


図-9 支承の健全度の推移 (既存の手法の改善)

点としては健全度の低下を1にとどめること、補修を行う際には健全度5まで回復させることの2点である。

(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、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。

(a) 下部工の健全度の推移

「補修を行わない場合の遷移確率」を用いて算出した下部工の健全度の推移を図-4に、「補修を行った場合の

遷移確率」を用いた下部工の健全度の推移を図-5に、既存の維持管理を改善した遷移確率を用いた下部工の健全度の推移を図-6に示す。補修を行っていない場合50年後には健全度3または2の橋梁が多く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年後にも健全度5や4の橋梁があり、健全性を維持できていることが分かる。また既存の維持管理を改善することで、より健全度5の割合高くなり、健全度2の割合を小さくしていることが分かる。

(b) 支承の健全度の推移

「補修を行わない場合の遷移確率」を用いて算出した支

表-13 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

承の健全度の推移を図-7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-8に、既存の維持管理を改善した推移確率を用いた支承の健全度の推移を図-9に示す。支承は下部工と異なり健全度が低くなりやすいが、補修を行わない場合であると健全度 3, 2 の割合が半分以上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。また既存の維持管理を改善することで、健全度3の割合を限りなく小さくすることができることが分かる。

5. 地震による被災リスク

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、既存の維持管理を改善し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-13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。そのため震度が高いと予想される場所に健全度が低い橋梁がある場合、被災リスクが高くなる。

$$\text{被災リスク} = \sum \text{脆弱性} \times \text{地震動強さ} \quad (1)$$

(a) 下部工の被災リスク

下部工についての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、既存の維持管理を改善した場合で比較した結果を図-10に示す。補修をしなかった場合、被災リスクは年々大きくなり、50年後にはすべての橋梁が健全度5であるときよりも、3倍以上になることが分かる。しかし既存の維持管理による補修を行うことで被災リスクを抑えることができ、さらに既存の維持管理を改善することによって、すべての橋梁の健全度が5であるときの2倍程度までに抑えることができる。

(b) 支承の被災リスク

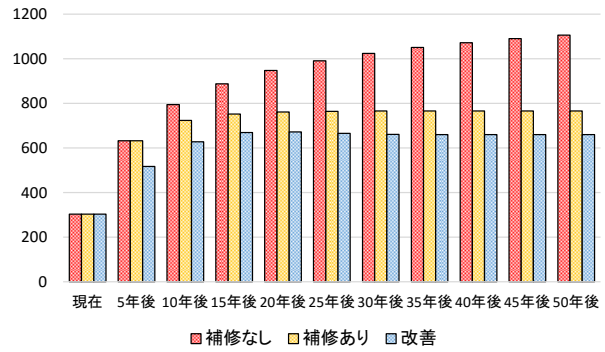


図-10 石川県の橋梁の震度別割合

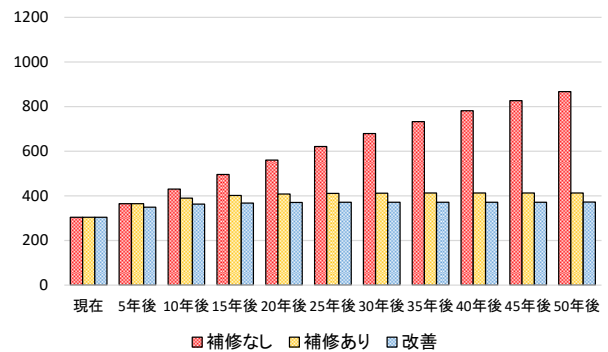


図-11 石川県の橋梁の震度別割合

支承についての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、既存の維持管理を改善した場合で比較した結果を図-11に示す。補修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、被災リスクを一定の程度まで抑えることができていることが分かる。また既存の維持管理を改善することでより被災リスクを低減できることが分かる。

6. まとめと今後の課題

本研究では石川県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。その際健全度が回復したサンプルを除くことで、維持管理を行わない場合の遷移確率を算出した。また健全度が回復したサンプルを含めることで既存の維持管理を行った場合の遷移確率を算出した。それらによって50年後の健全度の割合の推移についてシミュレーションを行い、定期的なモニタリングの重要性について示した。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

的なモニタリング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) 国土交通白書 H26 第 2 部第 2 節
<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h26/hakusho/h27/pdf/np202000.pdf> 2015 年 7 月 17 日閲覧
- 2) 国土交通省 老朽化の現状・老朽化対策の課題
<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tor-ikumi.pdf> 2015 年 7 月 17 日閲覧
- 3) 貝戸清之, 阿部允, 本間仁, 藤野陽三: 実測データに基づく構造物の劣化予測, 土木学会論文集, No.744, pp29-38, 2003.
- 4) 貝戸清之, 金治英貞, 小林寛, 間嶋信博, 大石秀雄, 松岡弘大: 目視点検データを用いたフォルト・ツリ
- 5) 一分析に基づく長大橋の最適点検政策の決定手法, 土木学会論文集 F4, Vol.67, No.2, pp74-91
- 6) 近田康夫, 橋謙二, 城戸隆良, 小堀為雄: GA による既存橋梁の補修計画支援の試み, 土木学会論文集, No.513, pp151-159, 1995
- 7) 玉越隆史, 横井芳輝, 石尾真理: 全国規模の点検データに基づく道路橋のコンクリート部材の劣化の特徴, コンクリート工学論文集, Vol.25, P167-180, 2014
- 8) 大竹雄, 流石堯, 小林孝一, 本城勇介: 橋梁点検データベースの統計解析に基づく劣化機構を考慮した鋼橋 RC 床版の健全度評価, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol.68 (2012) No.3 p.683-695
- 9) 大島 俊之, 三上 修一, 山崎 智之, 丹波 郁恵: 橋梁健全度評価に用いる評価方法の検討と影響要因の解析, 土木学会論文集, No.675, pp201-217, 2001
- 10) 地震調査研究推進本部, 主要活断層帯の長期評価, 森本・富樫断層帯の評価
http://jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/57_morimoto_togashi.pdf, 2015 年 7 月 17 日閲覧
- 11) J-SHIS 地震ハザードステーション
<http://www.jshis.bosai.go.jp/>, 2015 年 7 月 25 日アクセス

0

ONE CONSIDERATION ABOUT THE SUFFERING RISK RELAXATION EFFECT BY PERIODICAL BRIDGE MONITORING

Takahiro MINAMI, Makoto FUJII, Shoichiro NAKAYAMA,
and Jyunichi TAKAYAMA

In recent years measures to extend bridge life have been investigated as durable periods of bridges constructed the high economic growth period are expiring and require replacement or measures to extend their lives. Kumamoto Prefecture also made a shift to systematic and preventive maintenance activities with the aim to extend lives of bridges located in the prefecture. Therefore, each bridge is inspected once every five years and the soundness of each bridge is determined and recorded, and repairing the bridges of a low soundness with precedence makes it possible to keep the bridges a good state. In such a situation, earthquake vibration of seismic intensity 7 class occurred twice at 2016 Kumamoto earthquake. Many road networks were cut apart by the bridge which suffered damage, and it interfered with a rescue operation and supplies transportation. In this study, the influence that the periodical bridge monitoring gives the suffering relaxation effect at the time of the earthquake was inspected.