

甚大車両火災に対する広域都市道路橋のリスク評価手法の提案

東京大学 学生会員 ○ 長瀬 航太
 東京大学 正会員 蘇 迪
 東京大学 正会員 長山 智則

1. 研究の背景・目的

都市道路橋における橋梁火災は発生頻度こそ少ないものの、2008年に発生した首都高5号池袋線のタンクローリー火災に代表されるように一度発生すると経済的・社会的に大きな影響を与える。しかし、全ての都市道路橋に対して耐火対策を行うのは非効率・非経済的であるため、本研究では事前に橋梁の火災リスクを広域的に評価し、どの橋梁を優先的に対策すべきかを示すことを目的とする。そこで、東京都23区の道路橋・高架橋について、特に被害の期待値が大きいタンクローリー火災をハザード対象と捉え、ハザードの発生率と橋梁の火災に対する構造的脆弱性の二つの観点から火災リスクの高い橋梁を評価する手法を提案する。

2. リスク評価手法の概要

本研究では橋梁の火災リスクを、ハザード発生率と橋梁の火災に対する脆弱性の2要素から評価を行う。各要素に寄与すると考えられる橋梁・道路に関するパラメータを設定し、各パラメータがハザード発生率/脆弱性に寄与する統計的・相対的な傾向を基に個別にスコアを設定する（以降、ハザードスコアと脆弱性スコアと呼ぶ）。全道路橋を対象にハザード/脆弱性スコアの総和を計算後、総スコアの分布を対数正規分布にて近似する。近似した対数正規分布の累積密度関数からハザード発生率/脆弱性の高低を3段階に分類した後、リスクマトリクスを用いて最終的な火災リスクを低リスク・中リスク・高リスクの3段階で評価を行った。

本研究ではタンクローリー火災のハザードを大型車両の交通事故と定義し、これらの交通事故発生率に寄与すると考えられるものをパラメータとして採用した。なお、タンクローリー車が通る恐れのない危険物積載車両通行可能ルート外の橋梁は一律でハザードの総スコアを0とした。ここで、パラメータの一例として交通量の分布を紹介する。各種研究で交通量と交通事故発生率はU字型曲線を描くことがわかっているが、本研究では交通事故発生率のデータが不十分であったことから、U字型曲線を疑似的に再現するために交通量分布の基準化変量を取り、その絶対値をパラメータとした。他にも、地震による事故発生を考慮し、橋梁の今後30年以内における震度6弱地震被災確率をパラメータとして選択している。また、橋梁の火災脆弱性のパラメータに関しては海外の既往研究¹⁾を参考に

し、両スコアの配分については統計情報や既往研究²⁾³⁾⁴⁾を基に試行錯誤的に設定した。実際に選択したパラメータとスコアの配分を表1に示す。なお、実橋梁の各データは日本デジタル道路地図協会提供のDRMデータや、日本橋梁建設協会鋼橋データベース、国土数値情報、J-SHIS地震ハザードステーションより取得した。

3. リスク評価手法の適用

本手法を都内23区の2738の橋梁区間に適用した結果を図1に示す。図1a)上部

表1. 各パラメータのスコア配分

a)ハザード発生確率			b)脆弱性			
ハザード発生確率パラメータ		スコア	脆弱性パラメータ		スコア	
交通量分布の 基準化変量の絶対値	0.5以下	1	構造材料・ 構造形式	鋼橋以外	1	
	0.5~1.5	2		鋼橋	桁橋・その他	2
	1.5~2.5	3			トラス・アーチ	3
	2.5~3.5	4				斜張橋・吊橋
	3.5超	5	車線数	5車線以上	1	
制限速度	30km/h以下	1		3~4車線	2	
	30~50km/h	2		1~2車線	3	
	80km/h以上	3		橋長	~50m	1
50~80km/h	4	50m~200m	2			
橋梁箇所における 震度6弱発生確率	50%未満	1	200m~1000m		3	
	50%以上75%未満	2	1000m~		4	
	75%以上	3				
道路構造	本線	1				
	ランプ・合流部	2				

キーワード 橋梁火災, 火災リスク, リスクアセスメント

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 東京大学社会基盤学専攻 TEL03-5841-4739

は 0 より大きいハザードスコアを記録した橋梁のヒストグラム及び近似した対数正規分布を、図 1 a) 下部は対数正規分布の累積密度関数を表している。図 1 b) の脆弱性スコアについても同様である。累積密度の中央値と 2σ 区間 (σ : 標準偏差) を境にハザード発生率と脆弱性を 3 段階に分類している。これらの分類結果から、表 2 のリスクマトリクスのように橋梁の火災リスクを分類した。赤で示すマトリクスが高リスクと分類される橋梁であり、それらの位置を図 2 に示す。高リスクの橋梁は全 57 区間であり、優先的に対策すべき橋梁を抽出するという本研究の趣旨に沿う結果となった。

4. 本手法の妥当性の検証

本手法のハザード発生率の評価方法の妥当性を検証するため、実際に過去 10 年に東京 23 区内で橋梁火災が発生した 144 件の橋梁火災箇所に対してハザードスコアの計算を行った。なお、橋梁火災のデータは東京消防庁により提供していただいた。図 3 にハザードスコアの頻度分布及び青実線で橋梁火災が実際に発生した橋梁のハザードスコア分布を、赤破線で全橋梁の分布を示す。両分布の平均値について Welch 検定を行ったところ、0.5% の有意水準を満たし、実際に火災が発生した箇所の分布の方がハザードスコアの平均値が有意に高くなっていることがわかった。すなわち、ハザードスコアと火災の発生に一定の相関があり、本手法のハザード評価方法で実際のハザードの発生率の傾向を示すことができたと言える。

5. 結論

本研究ではタンクローリー火災といった甚大な車両火災に対する東京都内の都市道路橋の火災リスク評価手法を提案した。その結果、火災リスクが高いと分類された都内の橋梁は全部で 57 区間であった。また、過去に火災が発生した橋梁へ本手法を適用することでハザードスコアの評価方法について一定の信頼度を得ることができた。脆弱性スコアの評価手法の妥当性を検証するにはまだ不十分な点もあるが、橋梁の構造と火災に対する脆弱性との関係性を示すデータを得ることができれば本手法の更なる信頼度の向上が期待できる。

参考文献

- 1) V.K.R.Kodur, M.Z.Nase : Importance factor for design of bridges against fire hazard, Engineering Structures, pp207-220, 2013.
- 2) 割田博, 上條俊介, 田中淳, 後藤秀典 : 首都高速道路における事故発生状況と安全対策効果の検証, 土木計画学研究・講演集, 29 巻, pp.120, 2004
- 3) 国吉竜太, 蘇迪, 長山智則 : 車両火災時の部材温度に着目した鋼橋の耐火性能評価, 鋼構造年次論文報告集, vol.24, pp.509-516, 2016
- 4) 川崎広樹, 蘇迪, 長山智則 : 鋼 I 桁橋の耐火性能評価と対策の検討, 鋼構造年次論文報告集, vol.25, pp.128-135, 2017

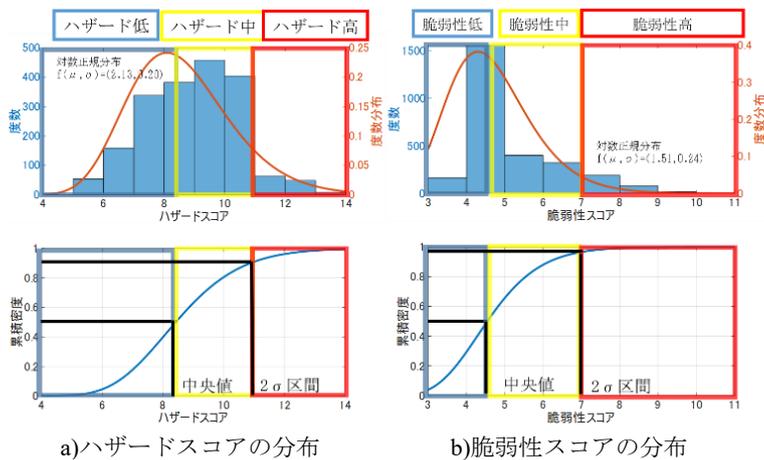


図 1. スコアの計算結果

表 2. 火災リスク評価結果

総合リスク		脆弱性		
		低	中	高
ハザード	低	859	533	237
	中	751	186	51
	高	114	5	1

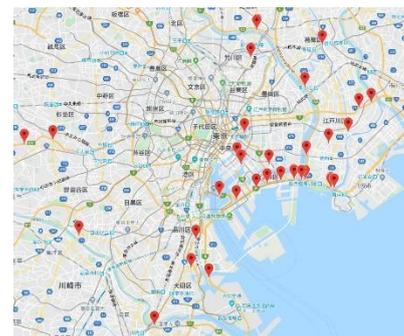


図 2. 高リスクに分類された橋梁箇所

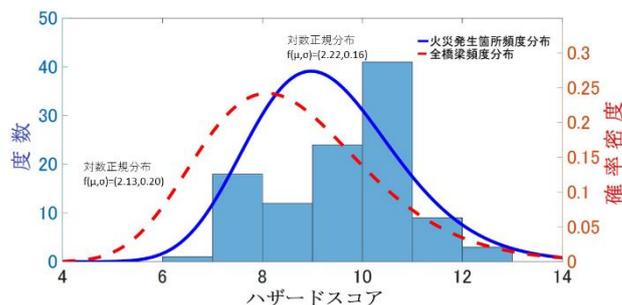


図 3. 橋梁火災発生箇所のハザードスコア分布