

二項ロジスティック回帰分析による熊本地震における橋梁破損の要因分析

熊本大学
熊本大学

学生会員
正会員

堤拓郎
藤見俊夫

1. 研究背景・目的

平成 28 年 4 月に発生した熊本地震は布田川・日奈久断層の活動が原因で熊本県および大分県を中心に甚大な被害をもたらした。そして今現在も熊本地震による爪痕は残り、復旧・復興活動が続いている。熊本地震において特徴的であったのは、平成 28 年 4 月 14 日に発生したM6.5 の前震(図-1.1)、同年 4 月 16 日に発生したM7.3 の本震(図-1.2)といった二度の大地震と震度1以上を観測した回数が累計 3000 回(2016/4/14～4/30)を超える余震の多さである。さらに一連の地震活動において震度 7 の地震が 2 回観測された観測史上初の地震であり、また震度 6 弱以上の地震が 7 回発生した地震としても観測史上初であった。

熊本地震発生後、緊急輸送道路の橋梁及び緊急輸送道路を跨ぐ橋梁の落橋や支承部や橋台部などに損傷がみられたことにより、通行禁止となった橋梁が存在し災害に対する初期活動に遅れが生じた。そのため地震発生に伴う橋梁破損の要因を特定することは、今後の地震災害に向けた橋梁建築において重要と考える。そこで本研究では熊本地震後に行われた橋梁の調査・点検のデータを参照し、二項ロジスティック回帰分析を用いて橋梁破損の要因を予測することを目的とする。

2. 研究手法

2.1. 橋梁の調査・点検データの概要

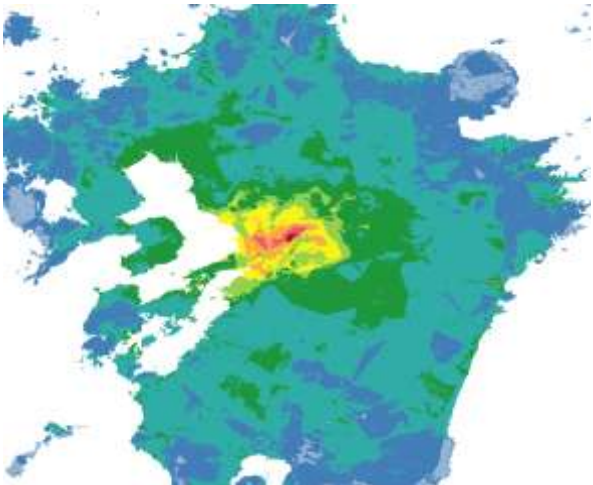
熊本地震発生後に行われた橋梁の調査・点検データは日本橋梁建設協会とプレストレス・コンクリート建設業協会から頂いた。この調査・点検データを元に二項ロジスティック回帰分析を行い、橋梁破損の発生率と要因を予測する。橋梁の調査・点検は熊本県、大分県で行われた。橋梁の標本数は 667 基、調査・点検データは橋梁形式(表-1)や橋長、支間長、幅員などの数値情報と橋梁の損傷程度と判定が記載される。しかし判別または調査不可の場合は不明と記載される。また橋梁の調査箇所は基礎・橋台・橋脚・主構造・支承部・落下防止装置・路面・床版下面・伸縮装置の 9 か所で被害程度を判定する。通行不可、通行注意の判定の比率は全体の 12%となった。(表-2)

表-1 橋梁の形式

橋梁の種類	橋梁数
鈑桁	251
箱桁	62
アーチ橋	51
トラス橋	24
ラーメン橋	33
斜張橋	3
鋼	586

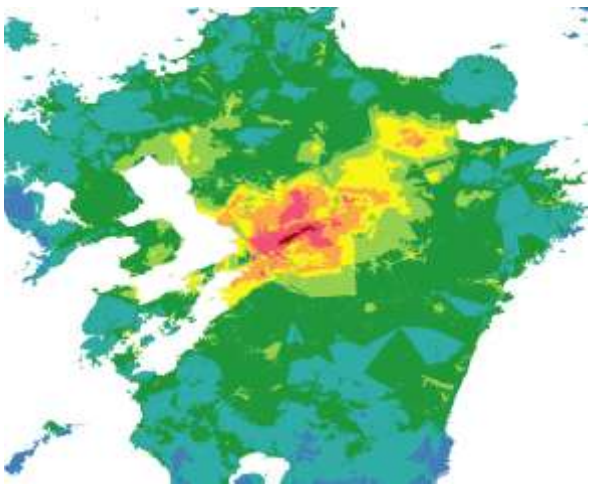
表-2 橋梁の被害判定区分

走行安全性	a	通行不可	7
	b	通行注意	72
	c	被害なし	536
耐荷力	As	落橋	7
	A	大被害	6
	B	中被害	14
	C	小被害	42
	D	被害なし	549



震度 3 4 5弱 5強 6弱 6強 7

図-1.1 前震の震度分布図



震度 3 4 5弱 5強 6弱 6強 7

図-1.2 本震の震度分布図

2.2. 目的変数と説明変数の設定

本研究では目的変数と説明変数を表-3 のように設定した。目的変数は地震による橋梁破損の有無を表した 0/1 の 2 値型データである。また地震による橋梁破損の有無の定義として、調査・点検データ報告書に記載されている損傷程度を調査した 9 か所のいずれかに被害及び破損があると判断された場合、その橋梁は地震による橋梁破損があると定義する。説明変数は調査・点検データから架設年次・橋長・幅員・スパン数・構造形式を選択し、震度は Q-GIS に震央分布図を表示し各橋梁と対応する震度を算出した。

表-3 目的変数と説明変数の設定

目的変数			
地震による被害の有無 (被害あり=1、被害なし=0)			
説明変数			
実数	架設年次 (年)		
	橋長 (m)		
	幅員 (m)		
	スパン数		
ダミー変数	震度	震度7	(震度7=1,その他=0)
		震度6強	(震度6強=1,その他=0)
		震度6弱	(震度6弱=1,その他=0)
		震度5強	(震度5強=1,その他=0)
		震度5弱	(震度5弱=1,その他=0)
	構造形式	鈑桁	(鈑桁=1,その他=0)
		箱桁	(箱桁=1,その他=0)
		アーチ	(アーチ=1,その他=0)
		トラス	(トラス=1,その他=0)
		ラーメン	(ラーメン=1,その他=0)
		斜張橋	(斜張橋=1,その他=0)
		鋼	(鋼=1,その他=0)

3. 結果及び考察

二項ロジスティック回帰分析で得られた結果は表-4 に示す通りである。赤字は 5%水準で有意な説明変数である。震度 7、震度 6 強、橋長は P-値が 0.05 未満であるため、偏回帰係数は 0 ではなく目的変数を説明するに十分な要因と考えられるが、橋長の偏回帰係数は 0.004 であり 0 とほぼ差が無い値となった。またこれらの説明変数の偏回帰係数は正の値を示すため、変数の数値の上昇に伴い目的変数である橋梁破損の確率も高まる。オッズ比はリスク指標であり、発生確率と発生しない確率の比で表される。

$$\frac{p}{1-p} = \exp(b_0 + b_1x_1 + \cdots + b_px_p)$$

p は地震によって橋梁が破損する確率、 b_0 は定数、 $b_1 \sim b_p$ は偏回帰係数である。表-4 よりオッズ比は数値の高い順に震度 7=41.87、震度 6 強=8.479、橋長=1.004

となった。震度 7 のオッズ比は震度 6 強の約 5 倍と橋梁破損のリスクが急激に高まると確認できる。このことから橋梁破損の要因は橋梁の構造形式や橋梁が持つ数値情報に関わらず震度による影響が大きいと考えられ、そして震度 7 の被害にさらされた橋梁は破損のリスクが大幅に上昇するため、震度が橋梁破損の一番の要因であると考ええる。

表-4 分析結果

説明変数	偏回帰係数	P-値	オッズ比
震度7	3.735	0.00	41.87
震度6強	2.138	0.04	8.479
震度6弱	1.217	0.25	3.376
震度5強	0.662	0.56	1.939
震度5弱	1.006	0.39	2.735
架設年次	-0.002	0.79	0.998
橋長(m)	0.004	0.02	1.004
幅員(m)	0.004	0.78	1.004
スパン数	0.018	0.86	1.019
鈑桁	0.032	0.91	1.032
箱桁	-0.697	0.26	0.498
アーチ	-0.345	0.55	0.708
トラス	-1.068	0.33	0.344
ラーメン	0.004	0.99	1.004
斜張橋	0.782	0.57	2.187
鋼	-0.242	0.54	0.785
定数項	0.930	0.95	2.534
観測数	667		
疑似R2	0.097		

4. 今後の展望

分析結果から震度が橋梁破損に大きな影響を与えると考えられるが、当然の結果であったと言わざるを得ない。また橋梁破損の要因となり得る他の説明変数が含まれなかった。そのため説明変数の見直しと選択が必要である。新たな説明変数となる候補として橋梁基礎における地質のデータや断層のずれの有無が挙げられる。

5. 参考文献

- 1) J-SHIS 地震ハザードステーション
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- 2) 国土交通省「熊本地震を踏まえた課題と論点」
<http://www.mlit.go.jp/common/001135911.pdf>
- 3) ロジスティック回帰分析
<http://www.snap-tck.com/room04/c01/stat/stat99/stat0206.pdf>