

福井大学大学院 学生会員 宇佐美誠史*

大同工業大学 正 会 員 嶋田 喜昭**

福井大学工学部 正 会 員 本多 義明***

福井県土木部 正 会 員 近藤 幸次****

1. はじめに

我が国では、台風、豪雨、豪雪、地すべりなどの自然災害が原因で、道路がしばしば寸断され、道路ネットワークの機能に大きな影響を及ぼすことはよく知られている。

本研究ではそのような自然災害時の道路の寸断にくさ、つまり道路の強靱性を評価するための指標として、「過去に異常気象などにより通行止の規制がなされたか」などを挙げているが、従来これらの指標の重要性はあまり考慮されていない。

そこで本研究では、福井県を対象とし、自然災害（大規模地震を除く）がどの程度道路ネットワークに影響を及ぼすのかを、ファジィ理論を用いた道路網の強靱性評価を行うとともに、道路が寸断された場合の交通配分シミュレーションによって道路交通の影響を分析、評価を行う。

2. 道路網の強靱性評価

評価対象道路網は福井県内の主な主要地方道と一般国道（冬期通行不能道路を除く）からなる幹線道路網とし、それらおよび一般県道とのリンクを分析対象（263リンク）とする。

ここでは強靱性を評価するための指標として以下の3つの指標を取り上げた。それぞれの指標の内容は表1に示すとおりであり、これをリンク単位で集計する。

- ・A；異常気象時通行規制区間の有無
- B；過去の通行止の有無
- C；要対策斜面の有無

しかしながら、これら各指標においては自然災害による道路の寸断の可能性、すなわちどの指標がどれだけ危険であるかという災害の危険性を表す重要度は明らかにされていない。そこで、日頃道路計画の業務に携わっている人々を対象とし、意識調査を行い、ファジィ理論を適用してその重要度の設定を行うこととす

る。調査内容は3つの指標の重要度の一対比較によって回答するというものである。なお、120部の配布に対し、有効回答として109部を回収した（回収率90.8%）。

表1 強靱性指標

指標	内 容	資 料
A	異常気象時における通行規制区間の箇所数。	建設省資料 福井県道路維持課資料
B	過去（平成4～7年度）の落石、崩土などによる全面通行止の回数。	福井県資料 福井県道路維持課資料 （H4～H7年度）
C	落石崩壊、岩石崩壊などに対する要対策箇所数。	「H2防災点検」（建設省） 「H2防災点検」 （福井県道路維持課）

各指標の重要度の一対比較の結果（平均）は、A：Bが、1:1.52であり、B：Cが、1:1.22、C：Aが、1:0.73であった。これをみると、A→B→Cの順に重要度が高くなっていることがわかる。得られた重要度の一対比較行列は表2に示すとおりであり、行列演算によりファジィ測度を求めると表3のように設定される。そのファジィ測度とリンクごとの強靱性指標値を用いたファジィ積分により道路網の強靱性評価を行った。ここで用いるファジィ積分とは、評価対象が持っている指標の性質の曖昧さと評価する個人が持っている指標の評価尺度の曖昧さをファジィ事象としてとらえ、それらを合成することによって対象の評価を総合化しようとしたものである。ファジィ積分には以下の式を用いる。

$$\int h \, dg = h(x_n)g(H_n) + [h(x_{n-1}) - h(x_n)]g(H_{n-1}) + \dots + [h(x_1) - h(x_2)]g(H_1)$$

x_n ；評価指標、 H_n ；評価指標の集合

$h(x_n)$ ；評価値、 $g(H_n)$ ；重要度（ファジィ測度）

Keywords : natural disaster, road network evaluation

連絡先：* 〒910 福井県福井市文京 3-9-1
 ** 〒457 愛知県名古屋市中区白鳥町 40
 *** 〒910 福井県福井市文京 3-9-1
 **** 〒910 福井県福井市大手 3-17-1

TEL 0776-27-8607 FAX 0776-27-8746
 TEL 052-612-5504(内線 249) FAX 052-612-5953
 TEL 0776-27-8607 FAX 0776-27-8746
 TEL 0776-21-1111 FAX 0776-23-3062

表 2 強靱性指標の対比較表

	A	B	C
A	1	0.66	0.73
B	1.52	1	0.82
C	1.38	1.22	1

表 3 ファジィ測度

A	B	C
0.173	0.237	0.256
A ∪ B	A ∪ C	B ∪ C
0.492	0.517	0.615

表 4 強靱性評価

路線	リンクNo	路線区間	強靱性評価値	順位
国道8号	02-01	県境～金津インター橋	0.16	23
	02-46	湯谷王子停車場～国道305号	0.34	5
	02-47	国道305号～大谷杉津線	0.25	10
	02-48	大谷杉津線～大谷杉津線	0.25	11
	02-49	大谷杉津線～国道8号BP	0.25	12
	02-57	国道161号～県境	0.21	17
国道27号	03-10	三方五湖公園線～国道162号	0.07	30
	03-11	国道162号～新道安賀里線	0.25	13
	03-12	新道安賀里線～小浜上中線	0.07	31
	03-15	上中田島線～本保平野線	0.07	32
	03-20	小浜線部線～中井青井線	0.17	21
	03-21	中井青井線～加斗袖ヶ崎鹿島線	0.07	33
	03-22	加斗袖ヶ崎鹿島線～加斗袖ヶ崎鹿島線	0.07	34
	03-23	加斗袖ヶ崎鹿島線～加斗袖ヶ崎鹿島線	0.16	24
	03-34	舞鶴野原道高浜線～県境	0.14	26
国道157号	04-01	県境～板手谷鳴鹿森田線	0.07	35
国道158号	05-01	県境～上唯野西屋勝山線	0.59	1
	05-08	車谷大野線～武生美山線	0.26	8
	05-09	武生美山線～鹿島勝山線	0.07	27
	05-10	鹿島勝山線～福井東部広域農道	0.07	36
国道161号	06-01	国道8号～県境	0.22	15
国道162号	07-01	県境～中井青井線	0.22	16
	07-02	中井青井線～国道27号	0.07	37
国道303号	08-01	県境～新道安賀里線	0.07	38
国道305号	09-13	国道416号～福井四ヶ浦線	0.26	9
	09-14	福井四ヶ浦線～福井四ヶ浦線	0.49	2
	09-15	福井四ヶ浦線～国道365号	0.37	4
	09-16	国道365号～武生米ノ線	0.34	6
	09-17	武生米ノ線～福井大森河野線	0.43	3
	09-18	福井大森河野線～甲斐城勝蓮花線	0.15	25
	09-19	甲斐城勝蓮花線～河野海岸有料道路	0.25	14
	09-20	河野海岸有料道路～国道8号	0.17	22
国道365号	10-01	国道305号～鯖江磯田線	0.33	7
	10-03	鯖江磯田線～福井大森河野線	0.07	28
国道417号	12-01	国道476号～武生美山線	0.20	19
米原地方道	22-05	福井大森河野線～殿下福井線	0.21	18
福井四ヶ浦線	22-07	殿下福井線～別所朝日線	0.07	29
	22-08	別所朝日線～国道305号	0.17	20

強靱性評価の結果は表 4 に示すとおりであり評価値が高い、すなわち強靱性が低いリンクは、一般国道 305 号、158 号など福井県の沿岸部あるいは山間部に多くみられる。とくに、リンク No. 05-01 の一般国道 158 号の県境～上唯野西屋勝山線の区間（大野郡和泉村）では強靱性指標値が高く、かなり強靱性が低いことがわかる。このリンクは代替路が無く、56 豪雪時の様に切断されてしまうと、その地域は孤立し、日常生活に多大な影響を被ることになる。

3. 道路網の代替性評価

ここではまず、福井県内の一般県道以上（一部市町村道、広域農道を含む）から成る道路網（1078 リンク、721 ノード）を対象に、上記の強靱性評価に基づき自然災害時における切断箇所（リンク）の仮

定をする。なお、福井県内の各広域行政権（福井・坂井、奥越、丹南、嶺南）での比較を行うために、切断箇所をそれぞれ一箇所ずつ設定した。次に、平常時と切断リンクの仮定に基づく災害時の交通配分シミュレーションを行う（本研究では嶺北地域、嶺南地域に分割して交通配分シミュレーションを行っている）。そして、それぞれの結果の比較により各市町村間の移動時間、災害時の迂回距離の面から道路網の代替性評価を行う。例として、嶺南地域において、切断リンクを一般国道 27 号の三方～上中間とした場合の各市町村間の移動時間の変化を表 5 に示す。

表 5 移動時間（嶺南地域）

		美浜	三方	小浜	上中	名田庄	大飯	高浜
敦賀	平常時	32.3	40.9	70.9	58.7	88.8	84.4	93.5
	災害時	32.3	40.9	91.6	78.0	110.1	105.7	114.8
	差	0.0	0.0	20.7	21.3	21.3	21.3	21.3
	比	1.0	1.0	1.3	1.4	1.2	1.3	1.2
美浜	平常時		8.7	38.7	24.5	58.6	52.2	61.2
	災害時		8.6	59.4	45.8	79.4	73.4	82.5
	差		0.0	20.7	21.3	22.6	21.3	21.3
	比		1.0	1.0	1.0	1.4	1.4	1.3
三方	平常時			30.0	15.8	47.9	43.5	52.6
	災害時			50.7	37.1	69.2	64.8	73.9
	差			20.7	21.3	21.3	21.3	21.3
	比			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
小浜	平常時				14.2	24.4	18.6	25.7
	災害時				15.8	26.0	18.6	25.7
	差				1.6	1.7	0.0	0.0
	比				1.1	1.1	1.0	1.0
上中	平常時					32.1	27.7	36.8
	災害時					32.1	27.7	36.8
	差					0.0	0.0	0.0
	比					1.0	1.0	1.0
名田庄	平常時						37.1	46.2
	災害時						37.1	46.2
	差						0.0	0.0
	比						1.0	1.0
大飯	平常時							9.1
	災害時							9.1
	差							0.0
	比							1.0

… 平常時と比較して20分以上遅れが見られる地域間
… 平常時と比較して1.5倍以上遅れが見られる地域間

これを見ると、切断リンクをはさんだ東西の地域間交通に影響がでていることがわかる。最も影響が出た三方～上中間では、平常時の 2.3 倍の移動時間がかかっている。これは、迂回路として一般国道 162 号、一般県道上中田島線が利用されているが、その整備水準が低いと考えられる。また、切断リンクの平均トリップ長は 85.8km と長く、かなり広域的に利用される重要なリンクといえる。

4. まとめ

本研究では、自然災害がどの程度道路ネットワークに影響を及ぼすのかを、まず、道路網の強靱性をファジィ理論を用いて強靱性指標の重要度を設定するとともに、その評価を行った。次に、強靱性評価の結果をふまえ、代替性について交通配分シミュレーションによって分析、評価を行った。

今後の課題として、今後は県境部さらには隣接県を含めた広域的な視点で評価を行う必要がある。