

自然災害を考慮した道路網評価に関する研究

A Study on Evaluation of Road Network for Natural Disaster

宇佐美誠史* 寺内義典** 川上洋司*** 本多義明****

Seiji USAMI, Yoshinori TERAUCHI, Yoji KAWAKAMI, Yoshiaki HONDA

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、道路網の機能に大きな影響を及ぼすことはよく知られており、そのような自然災害時においても平常時とあまり変わらない時間で目的地まで到達できる代替性の高い道路網が望ましい。

道路網の代替性の評価について過去に嶋田らの研究がある¹⁾。そこでは災害時の道路網における交通量配分を行い、平常時との比較を行うことで道路網の評価を行っている。しかし、自然災害時において寸断される道路はランダムに抽出されており、実際の道路の強靱性については触れられてはいない。

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)が道路交通に及ぼす影響について、その道路の代替性を評価することにより分析を行っているが、ここでは新たに、既研究における代替性評価のプロセス上での災害発生時の切断リンク設定において、道路網を構成するリンクの強靱性をファジィ積分の手法を用いて指標化を行っている。

2. 道路網の強靱性評価

ここでは、道路の強靱性評価(自然災害時における道路の寸断されにくさ)にあたり、強靱性を示す個別指標の重要度を一対比較法から求め、ファジィ積分により指標の総合化を行っている。

Keywords : 交通網計画、代替性

* 学生員 福井大学大学院博士前期課程
〒910 福井市文京 3-9-1 TEL0776-27-8607 FAX0776-27-8746
** 学生員 修(工) 福井大学大学院博士後期課程
〒910 福井市文京 3-9-1 TEL0776-27-8607 FAX0776-27-8746
*** 正会員 工博 福井大学工学部環境設計工学科
〒910 福井市文京 3-9-1 TEL0776-27-8608 FAX0776-27-8746
**** 正会員 工博 福井大学工学部環境設計工学科
〒910 福井市文京 3-9-1 TEL0776-27-8607 FAX0776-27-8746

分析の対象となる道路として、福井県内の一般国道(冬期通行不能道路を除く)と主な主要地方道を抜き出し、それらの道路の中で一般県道以上の道路との交差点で区切った各道路区間を分析対象リンク(263 リンク)とする。

本研究では強靱性の指標として、「過去に異常気象などにより通行止の規制がなされたか」「過去に自然災害により通行止となった道路区間があるかどうか」「防災点検において、道路のり面の落石、崩土などに対する防災対策を要するとされた箇所があるかどうか」を挙げており、内容は表 1 に示すとおりである。

表 1 強靱性を示す個別指標

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)

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、日頃から道路計画の業務に携わっている人々を対象とした意識調査を行い、一対比較法を適用して、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%)。

各指標の重要度の一対比較の結果として、その平

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。これを見ると、Cの重要度が最も高く、Aが最も低いことがわかる。

この原因としては以下のように考えられる。人々が道路を評価するとき、Aは規制されていなければ通行に伴う危険性は少ないということで重要度は低く、Bは通行止が過去にあったということは、そこには何らかの対策が施されているだろうということで重要度はAより高いがCより低くなっており、Cは要対策斜面があるということは点検によりそこは危険であると判断され、これから何らかの対策を施さなければならないのではないかとということで、重要度が高くなっている。

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、ファジィ理論の概念を用いた対象の評価手法の1つであり、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

$h(x_n)$: 各評価指標に対する評価値

$g(H_n)$: 評価指標の集合に対する重要度
(ファジィ測度)

表2 強靱性指標の一対比較表

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

強靱性評価の結果は表4に示すとおりである。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号における県境～一般県道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。さらに、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。また、平野部においてはいずれも評価値は低く強靱性が高いといえる。

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305号	02-01	県境～金津インター線	0.16	23
	02-46	湯谷王子保停車場線～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
	03-10	三方五湖公園線～国道162号	0.07	30
国道27号	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	舞鶴野原港客浜線～県境	0.14	26
	04-01	県境～新神谷鳴鹿森田線	0.07	35
	05-01	県境～上唯野西屋勝山線	0.59	1
国道158号	05-08	四谷大野線～武生美山線	0.26	8
	05-09	武生美山線～徳尾勝山線	0.07	27
	05-10	徳尾勝山線～福井東部広域農道	0.07	36
	06-01	国道8号～県境	0.22	15
国道161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
	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
	10-01	国道305号～鯖江織田線	0.33	7
	10-03	鯖江織田線～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
	22-06	福井大森河野線～殿下福井線	0.21	18
	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

3. 道路網の代替性評価

ここでは、大規模地震を除く自然災害を想定した道路網の代替性の検討を行う。まず、福井県内の一般県道以上(一部ネットワーク構成上重要と思われる市町村道および広域農道を含む)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当該リンクが切断された場合にネッ

トワーク構成上最も影響があると考えられるリンクを、自然災害時における切断箇所（リンク）として仮定する。なお、福井県内の各広域行政圏（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する（図1）。

次に、平常時と切断リンクの仮定に基づく災害時との交通量配分シミュレーションを行う。今回はODデータの都合上、嶺北地域と嶺南地域に分割して交通量配分シミュレーションを行っており、災害時を想定した配分ケースは、以下のように嶺北地域でケース1～4、嶺南地域でケース5を設けた。

〈嶺北地域〉

ケース1：福井・坂井地域からリンクを1箇所切断

ケース2：奥越地域からリンクを1箇所切断

ケース3：丹南地域からリンクを1箇所切断

ケース4：ケース1～3までの3箇所を同時に切断

〈嶺南地域〉

ケース5：嶺南地域からリンクを1箇所切断

そして、それぞれのケースと平常時（切断リンク無し）と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。

（1）移動時間による評価

ここでは、交通配分シミュレーションにおける圏域内地域間それぞれの平常時最短所要時間と配分ケースごとのそれとの変化を捉える。各配分ケースごとに地域間最短所要時間に影響のあった地域間、つまり所要時間が増大した地域間を以下に示す。

ケース1：主として坂井郡と越前、越廼といった越前海岸周辺の地域間

ケース2：主として奥越と吉田、足羽郡との地域間

ケース3：主として河野と三国、越前、越廼といった海岸部との地域間

ケース4：ケース1～3までの影響がすべて現れている

ケース5：切断リンクを境に東西の地域間

また、県内の各市（7市）と周辺市町村間の移動時間の変化をみると、ケース2における勝山、大野と周辺市町村間、ケース5における敦賀、小浜と周辺市町村間で影響が大きいといえる（表5）。

（2）迂回距離による評価

ここでは、上述の各配分ケースごとに最も移動時間に影響の出た地域間を対象として、平常時と災害

時ルートを比較することにより評価を行う。ただし、ケース4はケース1～3の影響と重複するために省いた。

ケース1では、三国一越廼間が最も影響が大きく、切断リンクの迂回路として一般県道福井三国線、主要地方道福井四ヶ浦線が利用されている。一般国道305号の迂回路としては、かなり距離的に離れたところを通っているため移動時間が大幅に増加している。

ケース2では、大野一美山間が最も影響が大きく、切断リンクの迂回路として一般国道476号と

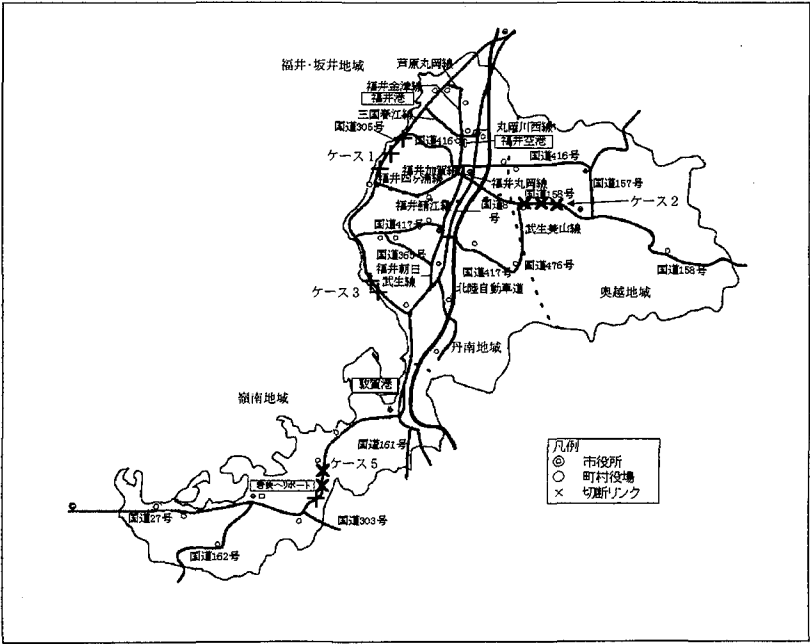


図1 切断リンク

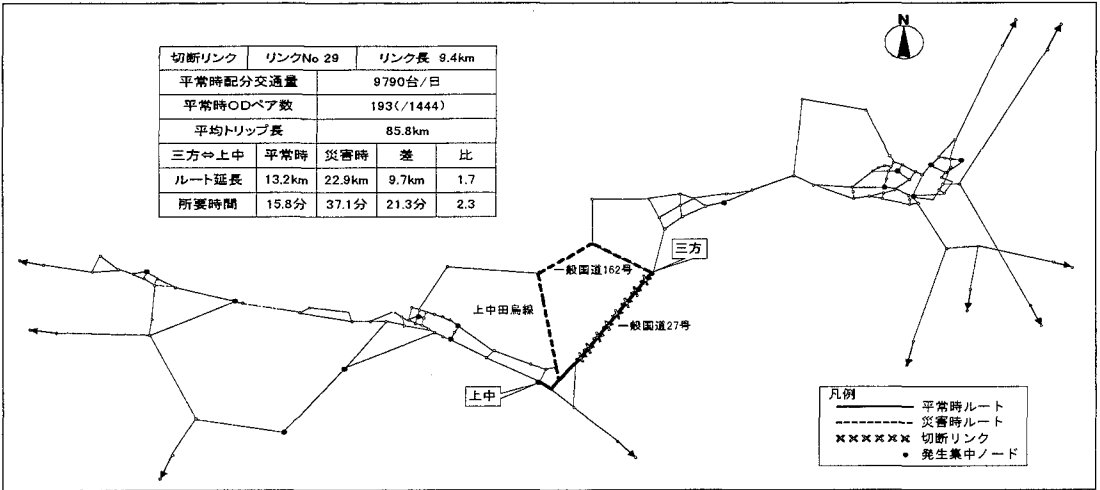


図2 ケース5(三方-上中間)

主要地方道武生美山線が利用されている。大野との他の地域間移動で、ほとんどこの迂回路が利用されており、一般国道476号の水準(道路規格)が低いために移動時間が大幅に増加している。

ケース3では、河野一越前間が最も影響が大きい、影響は少なく他ケースに比べると代替性があるといえる。

ケース5では、三方-上中間が最も影響が大きく、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。切断リンクの迂回路として一般国道162号、一般県道上中田鳥線が利用されてい

るが、ともに水準が低いいため移動時間が大幅に増加している(図2)。

以上のように、ケース3を除いた各ケースで影響がみられ、いずれも切断されるリンク延長が長いこと、またそれに対応した迂回路が近くに無く、水準も低いことが要因としてあげられる。ちなみに、影響を受ける地域間数が最も多いのはケース5で、影響を受ける交通量が最も多いのは、12,419台/日でケース2となっている。また、ケース5の場合、切断リンクの平均トリップ長が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。

表5 移動時間(ケース5)

		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	56.7	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	56.6	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	22.8	21.3	21.3
	比		1.0	1.5	1.9	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			1.7	2.3	1.4	1.5	1.4
小浜	平常時				14.2	24.4	16.6	25.7
	災害時				15.8	26.0	16.6	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

4. まとめ

本研究では、まず道路網の強靱性について一対比較法を用いて強靱性指標の重要度を設定し、ファジィ積分を用いてリンクごとの強靱性評価を行った。次に、自然災害がどの程度道路網に影響を及ぼすかを、強靱性評価の結果をふまえて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。

今回は福井県内の道路網を対象として評価を行っているが、今後は県境部や隣接県を含めた広域的な視点で評価を行っていく必要がある。

【参考文献】

1) 嶋田喜昭他, 自然災害を考慮した道路網評価に関する基礎的考察-福井と試験におけるケーススタディー-, 第30回日本都市計画学会学術研究論文集, pp97-102, 1995