

緊急輸送道路ネットワークの脆弱性評価*

Vulnerability evaluation in emergency road network**

粟本 太朗***

By Taro AWAMOTO***

1. はじめに

近年、国内のインフラ管理者の間で、将来の維持管理費の増大を懸念し、アセットマネジメントの考え方を取入れた効率的な維持管理手法を模索する動きが強まっている。多くの場合、いわゆる金融工学的な確率統計手法を活用して最適な維持/更新時期を求めるモデルを構築し、事業費を平準化する計画を策定しているが、過去に小林ら¹⁾が指摘した会計や制度設計についての課題はほとんど解決されておらず、計画は策定したものの財政当局と制度設計的な協議が整わずに実施できないケースも発生している。その間、アセットマネジメントの評価手法自体についての研究は発展を続け、現在ではほぼ確立された状態となりつつあり、貝戸ら²⁾は今後の課題として各手法の高度化に加え総合リスクマネジメントへの展開を掲げている。

インフラ管理者は、これまでも安全確保のために橋梁の耐震対策など多くの事業を実施してきているが、これらはリスクマネジメントの文脈で捉えると緊急時に発生するリスクを低減させるために平常時に実施している計画的な事業ともいえ、アセットマネジメントの総合リスクマネジメントへの展開という視点は、既存の実務体系にアセットマネジメントをどのようにして組み込むかという制度設計的観点からも重要である。

従来、インフラ管理におけるリスクマネジメントでは被害額と発生確率で定量的評価を行う例が多かったが、小林³⁾は、近年は機能停止が重大な影響を及ぼすクリティカル・インフラの存在やインフラシステムの相互依存性の高まりを背景に、インフラシステム全体で信頼性と潜在的な脆弱性について計測し、監視する必要性が増加していると指摘している。本研究はインフラ管理者が今後、アセットマネジメントの展開においてリスクマネジメントを導入していくにあたり、重要な概念になる脆弱性に着目し、緊急輸送道路ネットワークにおける脆弱性評価手法について検討を行ったものである。

※キーワード：維持管理計画, 計画手法論

※※：正員、東京都建設局

(東京都新宿区西新宿2-8-1

TEL:03-5320-5366)

2. 東京都の緊急輸送道路ネットワーク計画

緊急輸送道路とは、地震直後に発生する救助や医療・消防活動、ライフラインの応急復旧や緊急物資の輸送等を円滑に実施するために、他県と都を結ぶ主要道路と、都内の陸上、海上、航空、水上輸送基地及び地域内輸送拠点等を結ぶ道路で、知事管理道路延長 2,251km 中、1,216km が指定されている⁴⁾。

緊急輸送道路は、第一次交通規制として全線車両通行禁止となる緊急交通路（都道は 26 路線）と、被災地域・被災状況等の実態に対応して緊急交通路の追加指定を行う第二次交通規制に備えて道路状況の視察・点検を実施する交通視察重点路線（都道は 7 路線）、（第二次交通規制対象）緊急交通路、その他の緊急輸送道路で構成されており、緊急交通路と交通視察重点路線は上記 1,216km 中 464km が指定されている。

東京都緊急輸送道路ネットワーク計画は、平成 8 年 12 月に策定され、最新の社会経済指標や東京直下地震の被害想定、東京都地域防災計画（H19.5）における防災拠点リストなどを反映し、平成 19 年 9 月に計画が更新されている。このなかで、多重性、代替性について以下の考え方が示されている。

- ①第1次、第2次緊急輸送道路ネットワークにおいては、多重化、代替性を確保する。
- ②脆弱区間（規制区間、狭隘区間、防災対策の要対策箇所等）については、特に考慮する。
- ③東京都区部においては、ネットワークが比較的密であり、多重化、代替性は確保されているものとみなす。
- ④多摩地域においても概ね多重化、代替性は確保されているが、国道 411 号及び主要地方道上野原あきる野線では地形等の要因により、多重化、代替性の確保は困難なため、今後は、平行する路線等の緊急輸送道路への指定を検討する必要がある。

3. 国道 411 号青梅駅以西における脆弱性評価

東京都の緊急輸送道路ネットワーク計画は、多重性、代替性の確保を基本戦略としている。国道 411 号青梅駅以西及び主要地方道上野原あきる野線武蔵五日市駅～檜原村役場間については、多重性、代替性の確保が困難で

あるため、平行道路を緊急輸送道路として整備していくという解決策は提案されてはいるものの、現状の脆弱性についての詳細な評価については実施されていない。ここではケーススタディとして、多重性、代替性が確保されていないとされる国道 411 号の青梅駅以西を対象として現状の脆弱性を評価した。

脆弱性評価にあたっては、米国における高速道路の脆弱性評価ガイドライン「A guide to Highway Vulnerability Assessment」をベースとし必要な修正を加えて行った。本ガイドラインは 2001 年 9 月 11 日に発生したテロをきっかけとして、テロ対策用として作成されたものであり、そのまま地震災害に適用することはできないが、現行の耐震基準で想定している以上の地震に襲われたような場合は、今まで想定していなかった脅威への対応という点では本ガイドラインの想定と同様であるため、活用可能と判断した。

評価方法は重大性、脆弱性を個別に算定して指数化し、マトリックスにより総合評価を行う方式である。重大性の評価は、対象区間上のクリティカル・インフラを同定し、要素毎に重みづけをしたスコアリングを行う。脆弱性の評価は、脆弱性因子の定義付けを行い、評価基準を決定した後、重大性と同様にスコアリングする。

4. 評価結果

重大性評価結果を表 - 1、表 - 2 に、脆弱性評価結果を表 - 3、表 - 4、表 - 5 に示す。小河内ダムへの経路でありながら、代替道路がない奥多摩町中心部から小河内ダムまでの区間に架かる橋梁やトンネルが最も重大性が高いという結果を得た。脆弱性については、桧村橋が最も高いという結果であった。

総合評価の結果、重大性、脆弱性係数が 50 以上の資産はクリティカルな資産であると同時に地震の脅威に対して脆弱な資産として、対策を講じる必要がある。本試算の結果では重大性、脆弱性係数が 50 以上の資産がなかったが、桧村橋が総合評価では最も脆弱性対策を検討すべき資産との結果を得た。

表 - 1 クリティカル資産因子と重要度評点

(A guide to Highway Vulnerability Assessment に加筆修正)

クリティカル資産因子	評点	具体項目
地震からの防御		
A) 保護能力	1	耐震対策困難/可能
B) 地震への脆弱性	2	山岳/市街地
損失・被害		
C) 人的被害リスク	5	人的被害可能性有/無
D) 環境への影響	1	生態系への影響有/無
E) 復旧費用	3	復旧費用多/少
F) 復旧時間	3	復旧時間多/少
公共サービス・一般市民への影響		
G) 緊急対応機能	5	緊急活動への影響有/無
H) 行政の継続性	5	行政機能継続に必要/不必要
I) 防災的重要性	5	防災機能上必要/不必要
J) 代替資産の利用可能性	4	代替ルート無/有
K) 通信の依存性	1	通信依存性有/無
L) 経済的影響	5	経済的影響大/小
M) 機能的的重要性	2	機能確保のネットワーク全体における価値有/無
N) 象徴的重要性	1	象徴的意味有/無

表 - 2 クリティカル資産のスコアリング集計表

Critical Asset	クリティカル資産因子														スコア総計 (x)
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
青梅～古里	1	2	5	0	0	0	5	5	5	0	1	5	2	0	31
古里～海沢	1	2	5	0	0	0	5	5	5	4	1	5	2	0	35
海沢～奥多摩町中心部	1	2	5	0	0	0	5	5	5	0	1	5	2	0	31
新氷川トンネル	0	2	5	0	3	3	5	5	5	0	1	5	2	0	36
奥多摩町中心部～小河内ダム	1	2	5	0	0	0	5	5	5	4	0	5	2	0	34
桧村橋	0	2	5	0	3	3	5	5	5	4	0	5	2	0	39
中山トンネル	0	2	5	0	3	3	5	5	5	4	0	5	2	0	39
小河内ダム～都県境	1	2	5	0	0	0	5	0	0	4	0	0	2	0	19
大妻代トンネル	0	2	5	0	3	3	5	0	0	0	0	0	2	0	20
坂本トンネル	0	2	5	0	3	3	5	0	0	4	0	0	2	0	24
峰谷橋	0	2	5	0	3	3	5	0	0	4	0	0	2	1	25

表 - 3 脆弱性因子の定義

脆弱性因子	定義
発生確率と交通量	地震の発生確率と、資産上を通過する交通量
構造的脆弱性	耐震対策の必要性和対策結果の確認
現場特有のハザード	復旧作業の困難性と二次災害を含む被害の大きさ

5. 考察

主な考察は以下のとおりである。

(1) 定量的評価による施策の比較検討効果

対策の検討が必要である古里～海沢間では現在、代替道路の建設計画があるが、巨額の費用を要する代替機能確保だけでなく、例えば奥多摩町が青梅市と連携を密にとり行政機能・ノウハウを青梅市内に確保するなどにより行政の継続性を移転しておくことも同様の有効性を持つことが分かる。視覚的に施策の有効性を比較検討するツールとして有効性がある。

(2) アカウンタビリティの向上

今回の結果は、通常業務の中で言葉として説明してきた内容を裏付けるようなものであった。このような定量的な評価方法の採用は意思決定過程を透明化し、アカウンタビリティを向上させる効果がある。

6. 今後の課題

今後の課題としていくつかの点を挙げる。

(1) スコアリングモデルの精緻化・高度化

区間毎の大まかな傾向を掴む目的であれば今回のような試算でも十分であると考えられるが、橋梁とトンネルの優先順位付けなど細目レベルではもう少し詳細な評価項目がないと差別化は難しい。

(2) 合意形成による評点モデル設定の必要性

今回は小河内ダムまでの経路を重要性が高い区間として設定したが、防災上の重要拠点としての位置付けはなされてなく判断が分かれる区間であると思われる。評価モデルの実務での運用にあたっては関係者の合意形成方法について検討が必要である。

表 - 4 脆弱性因子と評価基準

脆弱性因子と初期値		定義
発生確率と交通量	発生確率 (A)	1 過去に大きな被害をもたらす地震の発生がなく今後の予測もされていない
		2 過去に大きな被害をもたらす地震の発生があったが今後発生が予測されていない
		3 過去に大きな被害をもたらす地震の発生がなかったが今後の発生が予測されている
		4 過去に大きな被害をもたらす地震の発生があり今後の予測もされている (確率低)
		5 過去に大きな被害をもたらす地震の発生があり今後の予測もされている (確率高)
	交通量 (平日 12 時間) (B)	1 1 0 0 0 台未満
		2 1 0 0 0 台以上 3 0 0 0 台未満
		3 3 0 0 0 台以上 5 0 0 0 台未満
		4 5 0 0 0 台以上 1 0 0 0 0 台未満
		5 1 0 0 0 0 台以上
構造的脆弱性	耐震対策の必要性 (C)	1 必要性なし
		2 必要性があり、対策がされている。対策工は構造的複雑性を持っていない
		3 必要性があり、対策がされている。対策工は構造的複雑性をやや持っている
		4 必要性があり、対策がされている。対策工は構造的複雑性を持っている
		5 必要性あるが対策不可能
	対策効果の確認 (D)	1 必要性がないため効果確認も必要ない (耐震対策の必要性で 1 を選択)
		2 効果を実際に確認することができる
		3 効果をほとんど確認することができる
		4 効果をあまり確認できない
		5 効果の確認は困難である
現場特有のハザード	復旧作業の困難性 (E)	1 復旧作業は容易であり、復旧費用も少額である
		2 復旧作業は容易であるが、復旧費用が多額である
		3 復旧作業は困難であるが、復旧費用は少額である
		4 復旧作業は困難であり、復旧費用も多額である
		5 復旧作業は不可能である
	被害の大きさ (F)	1 二次災害を含めて被害の発生はない
		2 被害は発生するが二次災害の発生はない
		3 被害が発生し、小さな二次災害も発生する
		4 二次災害は少ないものの大きな被害が発生する
		5 二次災害を含めて大きな被害が発生する

表 - 5 脆弱性因子のスコアリング

クリティカル資産	脆弱性因子										スコア計 (y)	
	(A	×	B)	+	(C	×	D)	+	(E	×		F)
青梅～古里	3		3		2		3		1		2	17
古里～海沢	3		4		2		3		2		2	22
海沢～奥多摩町中心部	3		3		2		3		1		2	17
新氷川トンネル	3		3		1		1		4		4	26
奥多摩町中心部～小河内ダム	3		3		2		3		1		2	17
桧村橋	3		3		3		4		4		4	37
中山トンネル	3		3		1		1		4		4	26
小河内ダム～都県境	3		2		2		3		2		2	16
大麦代トンネル	3		2		1		1		4		4	23
坂本トンネル	3		2		1		1		4		4	23
峰谷橋	3		2		3		4		4		4	34

(3) アセットマネジメントへの導入方法の検討

定期的を実施している橋梁や道路施設の健全度調査と同じタイミングで脆弱性評価についても実施し、アセットマネジメントのサイクルの中でリスクマネジメントを含めた総合的に評価を行っていく。総合評価方法の検討や既定計画との整合性が課題となる。

4) 東京都建設局: 東京都緊急輸送道路ネットワーク計画, 平成19年9月

7. さいごに

本研究では、脆弱性評価モデルを実際の路線に適用して検討を行ったが、非常にラフな設定条件にもかかわらず、活用の可能性を感じるとともに今後の課題を明らかにすることができた。今後も引き続き研究を進め、実務での適用を目指していきたい。

参考文献

- 1) 小林潔司, 上田孝行: インフラストラクチャ・マネジメント研究の課題と展望, 土木学会論文集, No.744/IV-61, pp.15-27, 2003.10
- 2) 貝戸清之, 青木一也, 小林潔司: 実践的アセットマネジメントと第二世代研究への展望, 土木技術者実践論文集, vol.1, pp.67-82, 2010.3
- 3) 小林潔司: アセットマネジメント総論 (2) Critical Infrastructure と脆弱性, Summer School 2009 建設マネジメントを考える, pp.73-85