

# 自然災害に対する道路リスクアセスメントの取組み

乗川純弥・中尾吉宏・中川拓真

## 1. はじめに

我が国では、近年、頻発化・激甚化する自然災害に対応するべく、防災・減災、国土強靱化に関する取組みが推進されている。

国土交通省では、国土強靱化の取組みとして、発災後、概ね1日以内に緊急車両の通行を確保し、概ね1週間以内に一般車両の通行を確保することを目標に災害に強い道路ネットワークの構築を進めている(図-1)。道路ネットワークを効率的・効果的に災害に強いものにしていくためには、路線間の耐災害性を相対的に把握し、対策優先度の検討などに考慮できるようにする必要がある。しかしながら、様々な道路構造で構成される路線間のリスクを統一的な視点で相対的に把握する手法は確立されていなかった。そこで、災害に強い道路ネットワークの効率的・効果的な強化に向けた対策検討の基礎資料を得るため、道路ネットワークの災害に対するリスクの現状を評価することを目的として「道路リスクアセスメント要領(案)」(以下、「要領(案)」という)が取りまとめられており、令和4年3月の第16回道路技術小委員会<sup>2)</sup>で審議されたところである。

国総研では、道路ネットワークの災害に対するリスクを評価する手法に関する研究を行っており、その成果が要領(案)として反映されている。

本稿では、要領(案)の概要や、要領(案)に基づいて過去の被災した道路での試行結果等について報告する。

## 2. 要領(案)の概要

### 2.1 道路のリスク評価の取組み

リスク評価に関連する既存の取組みを整理する

基本方針 1 防災・減災、国土強靱化 ～災害から国民の命とくらしを守る～

■ 切迫する大規模地震や激甚化・頻発化する気象災害から国民の命とくらしを守る必要があります。発災後概ね1日以内に緊急車両の通行を確保し、概ね1週間以内に一般車両の通行を確保することを目標として、災害に強い道路ネットワークの構築に取り組むとともに、避難や救命救急・復旧活動等を支える取組や危機管理対策の強化を推進します。

図-1 災害時に求められる道路の性能<sup>1)</sup>

と、道路法第42条に基づいて実施される、5年に一度の橋梁・トンネル等の道路構造物の近接目視点検(以下「法定点検」という)や、豪雨・豪雪等に関する道路防災点検などが挙げられる。例えば、法定点検は、近接目視を基本として、個々の道路構造物の状態を把握し、その状態から道路構造物の機能に支障が生じるリスクを健全性として診断し、必要な措置を講ずるためのものである。

このように、既存の定期点検等の取組みは、その目的に照らして、路線を構成している様々な道路構造物について、あくまでも個々の道路構造物ごとのリスクを評価するものとなっている。

一方で、要領(案)によるリスク評価は道路ネットワークの災害に対するリスクの現状を評価することを目的としているため、路線単位でリスクを評価するものとなっている。

### 2.2 要領(案)に基づくリスク評価の流れ

#### (1) リスクの定義

様々な道路構造物から構成される道路ネットワークの災害に対するリスクを相対的に把握するためには、路線内の土工、橋、トンネルなどの構造物の種類に依らない統一的な指標としてリスクを定義する必要がある。

要領(案)は、道路構造物の被災等に伴う通行の障害が、①段差凹凸、②線形不正、③障害物、④耐荷力不足の4種類に区分できることに着目し(図-2)、それらによって生じる可能性がある3種類の通行規制(速度規制、車線規制、重量規制)の程度を道路のリスク(表-1、表-2)として定義している。

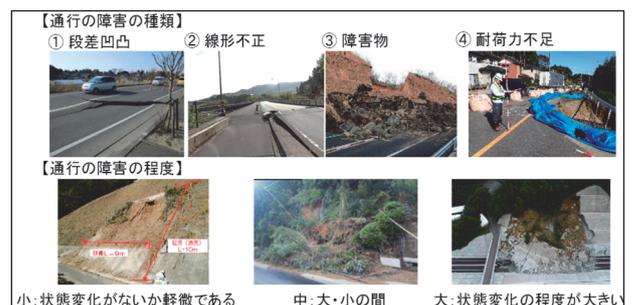


図-2 道路断面の状態の種類とその程度<sup>2)</sup>

表-1 道路のリスクと通行の障害の関係<sup>2)</sup>

道路のリスク	通行機能	通行の障害
速度規制	走行性	段差 凹凸 線形 不正 障害 物
車線規制	容量の確保	線形 不正 障害 物 一部の幅員で耐荷力不足
重量規制	荷重の支持	耐荷力不足

表-2 道路リスクの程度の区分<sup>2)</sup>

I	通行規制が生じない可能性が高いと認められる。
II	一時的に通行止めになる可能性があるが、一定期間内に一定の規制で通行できる可能性が高いと認められる。
III	通行止めとなる可能性が高いと認められる。

(2) リスク評価の流れ (概要)

リスク評価にあたっては、まず、道路を構成する構造物の違いや道路区域外からの危害の可能性の有無、路肩条件などの立地条件の違いからリスク評価を行う道路断面を選定する。

そして、想定するハザードに対して、道路断面における道路構造物の構成要素ごとの耐災害性能を評価し、評価した耐災害性能を通行障害の種類(段差凹凸、線形不正、障害物、耐荷力不足)とその程度に変換する。

通行障害の種類と程度は、通行機能の低下の程度に、走行性、容量の確保、荷重の支持の観点から変換し、結果として生じうる通行規制(速度規制、車線規制、重量規制)の程度をリスクとして評価する。また、立地条件に由来するリスクは道路防災点検の点検結果を活用して評価する(図-3)。そして、個別の道路断面のリスク評価結果を踏まえ、道路構造物の種別に区分した道路構造区間やそれらを包括する交差点間で区切られた道路区間としてのリスクを評価する。

以降で、図-3に示すリスク評価をステップごとに事例をあげながら紹介する。

(3) 想定するハザードと構造物の状態評価

要領(案)では、想定するハザードとして、100年程度を念頭に生じうるL1地震動、L2地震動などを考慮している(表-3)。

これらの想定するハザードに晒された場合の構造物の構成要素の状態を「A」～「D」の4段階(表-4)で評価する。その際、構造物の構成要素に適用されている設計基準の違いから生じる相対的な安全余裕の差違に着目する。これは、設計基準が、過去の災害事例を踏まえて改訂されることから、想定されるハザード(状況)とそれに対する抵抗

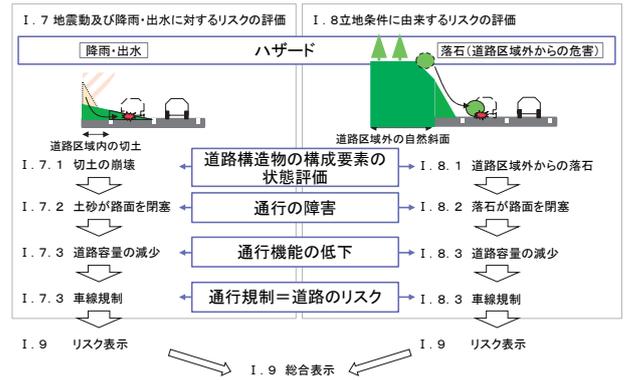


図-3 道路断面のリスク評価の流れ<sup>2)</sup>

表-3 想定するハザード<sup>2)</sup>

地震動	レベル1地震動、レベル2地震動
降雨・出水	100年程度を念頭に生じうる降雨・出水
道路区域外からの危害	落石・斜面崩落・土石流・地すべり・岩盤崩壊

表-4 構成要素の状態の区分<sup>2)</sup>

- A 変状がないか、軽微である
- B 機能に障害が生じるが、当該構成の安全性や形状の変化に重大な影響を及ぼさない
- C 致命的な状態には至らないが、当該構成の安全性や形状の確保の観点から措置が必要となることが想定される
- D 致命的な状態になることが想定される

などの考え方が適応される基準によって異なることに着目したものであり、ハザードに対する構造物の状態を相対的に評価することが可能となる。なお、構造物の状態の評価にあたり、構造物の各構成要素により担う機能や道路断面に与える影響が異なることから、構成要素ごとに評価することが必要となる。

ここで例として、橋梁を取り上げ、構成要素の状態評価について述べる。橋梁は、上部構造、下部構造、支承部、橋台背面アプローチ部の構成要素に分割できる。ここで、橋梁の下部構造(躯体)、支承部に着目し、地震動に対する状態評価と設計基準の関係を、表-5及び表-6に示す。下部構造(躯体)の場合は、昭和55年の道路橋示方書の改定時に、段落とし部の規定が改定され、垂直方向の作用に対する抵抗が向上したこと、平成8年の改定により、作用としてL2地震動の設計水平震度が追加されたことが主要な改定内容であるため、昭和55年と平成8年の基準を境界とした状態評価としている。支承部の場合は、平成8年道路橋示方書の改定によりL2地震動が考慮されたため、評価区分の境界になっている。

ここで、同じ設計基準で設計された構造物であっても劣化の進捗や補強・フェールセーフの有無に

表-5 躯体に関する基準の変遷と状態評価<sup>3)</sup>

設計基準	作用	抵抗	状態評価
T15道路構造に関する細則案	地震の影響の考慮(震度法の導入)	弾性設計	D
S46道路橋耐震設計指針	設計水平震度 $K_{h1}=0.1\sim 0.3$	弾性設計 RC橋脚の軸方向鉄筋段落し部の鉄筋定着長の見直し RCのせん断力に対する許容応力度の見直し 板と補剛板の局部座屈の考慮	
S55道示V編			
H2道示V編	設計水平震度 $K_{h1}=0.1\sim 0.3$ RC橋脚のみ: 設計水平震度 $K_{h2}=0.7\sim 1.0$	弾性設計 + RC橋脚のみ: 塑性設計	C
H7復旧仕様 H8道示V編	L1: 設計水平震度 $K_{h1}=0.1\sim 0.3$	L1: 弾性設計	B
H14道示V編	L2: 設計水平震度 $K_{h2}=1.5\sim 2.0$	L2: 塑性設計(地震時保有水平耐力法)変形能を高めるための構造細目	
H24道示V編			
H29道示V編			

表-6 支承部に関する基準の変遷と状態評価<sup>3)</sup>

設計基準	作用	抵抗	状態評価
T15道路構造に関する細則案	地震の影響の考慮(震度法の導入)	弾性設計	D
S46道路橋耐震設計指針	設計水平震度 $k_{h1}=0.1-0.3$	弾性設計 タイプA: L1には支承のみで、L2には変位制限構造と補完して抵抗 タイプB: 支承のみで抵抗	
S55道示V編	設計鉛直震度 $K_v=0.1$		
H2道示V編			A
H7復旧仕様 H8道示V編	L1: 設計水平震度 $kh1=0.1-0.3$ 設計鉛直震度 $=0.5kh1$ (下限値0.1Rd)	弾性設計 タイプA: L1には支承のみで、L2には変位制限構造と補完して抵抗 タイプB: 支承のみで抵抗	
H14道示V編	L2(水平): 橋脚耐力(保耐法: 設計水平震度 $kh2=1.5-2.0$ ) 変位制限構造: $3kh1$		
H24道示V編	L2(鉛直): 水平 $\times 0.67$ (下限値0.3Rd)	弾性設計 タイプBのみ(タイプAの廃止)	
H29道示V編			

より構造物の状態に差が生じる。そのため、法定点検結果による老朽化の状況や補強・フェールセーフの実施の有無も踏まえて評価する。例えば、橋梁の支承部にフェールセーフである落橋防止システムを設置している場合は、設置していない場合より安全性の向上が認められるため、表-6でD評価に区分されたものをB及びC評価に上方修正することとしている。

(4) 通行の障害の程度と道路リスクの評価

(3) で述べた構成要素の状態から通行の障害の程度を評価する。通行の障害は、(1) で述べた①段差凹凸、②線形不正、③障害物、④耐荷力不足の4種類に区分しており、構成要素の状態や立地条件から、これらの障害の程度を「小」「中」「大」の3段階で評価する。各道路構造物の構成要素の種類により、通行の障害の種類と程度は様々であるため、構成要素ごとに通行の障害を評価する。

例えば、橋梁の構成要素である、支承部に関する

表-7 通行の障害の種類と程度の関係(支承部)<sup>2)</sup>

構成要素の状態	通行の障害の種類と程度の区分			
	①段差凹凸	②線形不正	③障害物	④耐荷力不足
上下部接続部(支承部)	Dの場合 ・支承高が高く(20cm以上)通行止めに至る場合は大。それ以外は中 ・負反力支承の場合は大 Cの場合: 中 A,Bの場合: 小	Dの場合 ・斜角等を有し、回転できる条件の場合(道示V13.3.4)は大。それ以外は中。 Cの場合: 中 A,Bの場合: 小	-	Dの場合: 大 Cの場合: 中 A,Bの場合: 小

表-8 段差凹凸から道路リスクへの変換<sup>2)</sup>

段差凹凸	速度規制	車線規制	重量規制
小	I	-	-
中	II	-	-
大	III	-	-

る通行の障害の種類と程度の関係は、表-7のとおりである。支承部と段差凹凸の関係としては、支承部の状態がDの場合に着目すると、支承高さが高い場合の影響は大、それ以外は中となる。これは、支障高が高いと路面に生じる段差が大きくなることが想定されるため、通行の障害の程度としても大きいと考えられるためである。

この通行障害の程度を表-1に示す通行機能の低下の程度に変換し、その結果として生じうる通行規制の程度をリスクとして評価する。例えば、段差凹凸の通行障害では、段差凹凸が「大」であれば、走行性の通行機能が低下するため、速度規制がリスクIIIとなる(表-8)。

道路構造区間や道路区間のリスクは個別の道路断面のリスク評価結果を踏まえて評価する。具体的に、土工や橋梁などの道路構造物の種類に区分した区間を道路構造区間として設定し、高規格幹線道路、重要物流道路、緊急輸送道路同士を結ぶ交差点を主要交差点とし、それらの交差点間を道路区間の評価区間として設定する。評価区間のリスク評価は、区間内の道路断面におけるリスク評価の最悪値を当該区間のリスクとみなす。これにより、1箇所の被災がその区間に影響を及ぼすことを表すようになっている(図-4)。

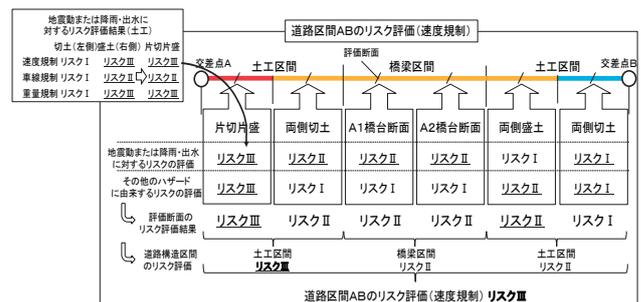


図-4 道路区間のリスク評価のイメージ<sup>2)</sup>

### 3. 平成28年熊本地震での試行結果

平成28年4月に発生した熊本地震では、阿蘇大橋地区において大規模な斜面崩落が発生するなど多くの箇所が被災し、長期の通行止めが発生した。

被災箇所における路線間のリスクを相対的に把握するため、要領（案）に基づき、被災により通行止めが生じた当該地区の国道57号現道ルートと国道57号北側復旧ルートを対象に地震動に対する道路区間のリスク評価を試行した結果を図-5に示す（現道ルートは地震発生当時のデータで評価）。

国道57号現道ルートの阿蘇西IC入口交差点～ミルクロード入口交差点の①区間は、リスクⅡの評価となっているが、被災はなかった。

一方、②区間はリスクⅢで、リスクが高い構造物を複数有しており、いくつかの構造物が実際に被災している。こうした被災箇所について、2.2で述べた目視による法定点検の結果を確認してみると、リスクを捉え切れていなかったものが含まれており、リスク評価を行うことで区間ごとの相対的なリスクの差異が評価されている。目視による評価自体の意義は疑う余地はないが、評価の方法が全く異なる要領（案）に基づくリスク評価も行うことで、リスクの見逃しが減らせる可能性があることが示唆されている。

なお、③区間は、熊本地震後に新たに整備された路線であり、リスクⅠの評価となっている。

### 4. リスクアセスメントの活用に向けて

既述の通り、リスク評価結果は実際に生じる構造物被害と必ずしも一対一の関係になるものではないが、災害リスクを路線毎に相対的に把握でき、目視による評価と組み合わせることで、リスクの見逃しが減らせる可能性があることが分かった。

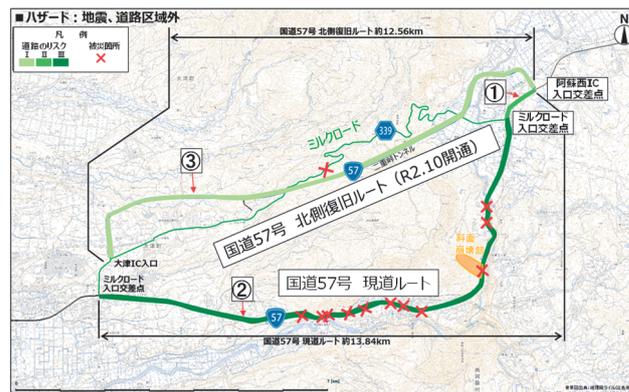


図-5 国道57号におけるリスク評価

このようなリスク評価の信頼性を踏まえながら、アセットマネジメントに関する従来の意思決定プロセスの中で、リスクアセスメントを具体的にどの様に活用していくのかについて、今後さらに検討していくことが必要である。

### 5. まとめ

本稿では、道路構造物の耐災害性能に着目して道路のリスクを評価する「道路リスクアセスメント要領（案）」の概要について紹介し、熊本地震を対象とした試行結果等について報告した。

国土強靱化を推進する上で道路ネットワークが抱える災害リスクを把握し、アセットマネジメントに活用していけるよう、リスク評価の信頼性を踏まえた活用方法の検討を鋭意進めていきたい。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省道路局・都市局、令和5年度道路関係予算概算要求資料、2022
- 2) 国土交通省ウェブサイト、社会資本整備審議会道路分科会第16回道路技術小委員会資料、[https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01\\_sg\\_00\\_0600.html](https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01_sg_00_0600.html)
- 3) 中川拓真、中尾吉宏：道路ネットワークのリスク評価手法の概要と阿蘇大橋地区での試行結果、第13回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム講演集、Vol.13、pp.59～64、2023

乗川純弥



国土交通省国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部道路地震防災研究室 研究官  
NORIKAWA Junya

中尾吉宏



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 道路地震防災研究室 室長、現 長崎県 土木部長  
NAKAO Yoshihiro

中川拓真



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 道路地震防災研究室 研究官、現 国土交通省道路局 環境安全・防災課 計画係長  
NAKAGAWA Takuma