

地震時被災リスクを用いた道路の耐震対策優先順位決定手法の提案

オーグス総研	正会員	窪田 諭
関西大学工学部	学生会員	○米田貴浩
関西大学工学部	フェロー	三上市藏
関西大学大学院	学生会員	石川知憲

1. まえがき

我が国では、東海地域における大規模地震に関しては予断を許さず、地震に対する危機管理のあり方が防災の観点から重要な検討課題として注目されており、耐震対策の一層の推進について要請が高まっている。しかし、道路構造物の耐震対策は遅れている¹⁾。耐震対策が遅れている原因として、その優先順位が合理的に決定できないことが挙げられる。一般的に耐震対策優先順位は、構造物の耐震性を把握するために、詳細な耐震性調査を行い決定される。しかし、我が国の厳しい財政的制約の中、耐震対策に確保できる公共事業予算が十分であるとは言えず、全ての道路構造物を対象に耐震性調査を行うことは困難²⁾である。さらに、地震時に道路構造物が被災する可能性と被害状況を定量的に把握することができないため、効率的かつ経済的な耐震対策優先順位決定手法が確立されていない。

そこで、本研究では、耐震対策優先順位を容易に決定するために、道路の地震時崩壊発生確率と道路崩壊における損失を算定することで被災リスクを定量化し、定量化した被災リスクを用いて道路の耐震対策優先順位を合理的に決定する手法を提案する。対象とする道路構造物は、道路盛土、トンネル、橋梁である。

2. 被災リスクの定義

本研究では、地震時の被害シナリオ発生確率に被害シナリオ発生による損失を乗じたものを被災リスクと定義する。したがって、道路構造物の地震時被災リスクは次式で定量化できる。

$$R_i = P_i \times L_i \quad (1)$$

ここで、 R_i は被害シナリオ i の被災リスク、 P_i は被害シナリオ i の発生確率、 L_i は被害シナリオ i の発生における損失である。

3. 地震時の道路構造物被害シナリオのモデル化

道路構造物の被災リスクを定量化するために、道路構造物が地震時に崩壊した場合に想定される被害シナリオをイベントツリーによりモデル化する。イベントツリーを用いることにより、地震時に想定される全ての道路構造物被害シナリオを抽出し、被害シナリオを簡易にモデル化することができる。トンネルの崩壊パターンの一部を図-1に示す³⁾。また、表-1はトンネルの被災度⁴⁾であり、被災度はそれぞれの崩壊パターンについて区分できる。本研究では、道路盛土、橋梁についても同様に崩壊パターンを示し、それぞれの崩壊パターンについて被災度を区分する。道路構造物が崩壊した場合、イベントツリーのフェーズは、フェーズ1(道路構造物崩壊)、フェーズ2(通行規制)、フェーズ3(利用者の被災)の三つである。トンネルの被害シナリオの一部を図-2に示す。トンネルの場合、被害シナリオは53通りである。道路盛土と橋梁の場合も同様に、イベントツリーにより被害シナリオをモデル化する。道路盛土の被害シナリオは七通りであり、橋梁の被害シナリオは287通りである。

4. 地震時の道路構造物被害シナリオ発生確率算定方法

地震時の道路構造物被害シナリオ発生確率は、イベントツリーにおいて、その被害シナリオに至る経路の各分岐確率を乗じることにより算定できる。フェーズ2の通行規制発生確率は被災度により決定され、フェーズ1の道路構造物崩壊発生確率とフェーズ3の通行者車両被災確率を算定することにより算定できる。道路構造

キーワード 被災リスク、イベントツリー、耐震対策優先順位

連絡先 〒560-0083 大阪府豊中市新千里西町 1-2-1 (株)オーグス総研 TEL 06-6871-7999

物崩壊発生確率は、被害域に存在する道路構造物の被害個数の全ての道路構造物の個数に対する百分率と定義し、通行者車両被災確率は実際の地震で道路利用中に通行者車両が被災を負った確率を用いて被害シナリオの発生確率を算定する。

5. 地震時の道路構造物被害シナリオ発生における損失算定

地震時に道路構造物が崩壊した場合、損失の種類として、道路構造物復旧費、道路利用中の通行者車両の損失である直接人身損失、道路遮断による道路迂回損失、物流遮断などによる事業所営業収入損失、救急医療が受けられないための人身損失である間接人身損失が考えられる。道路構造物復旧費は、被災度別に補修方法を定義することで算定する。直接人身損失は、人身損失額と物的損失額を加算したものと定義し算定する。道路迂回損失は、迂回による走行時間損失と走行経費損失を加算したものと定義し算定する。事業所営業収入損失は、事業所を物流に大きく関連する製造業、卸売業、小売業の事業所と定義し、それぞれの事業所について営業収入損失を算定する。間接人身損失は、一人あたりの人身損失額に通行止め発生確率と地震による負傷者数を乗じて算定する。被害シナリオ発生における損失は、各被害シナリオ発生において、直接人身損失、道路迂回損失、事業所営業収入損失、間接人身損失のそれぞれが起こる可能性を考慮し算定する。

6. 被災リスクを用いた耐震対策優先順位決定方法

道路の耐震対策優先順位は、式(1)により被害シナリオにおける被災リスクを算定し、被災リスクの大きい被害シナリオの発生を防止するように設定する。本研究では、兵庫県南部地震のデータをもとに兵庫県内の道路を対象に提案手法を適用する。その結果、道路盛土では、被災度 A を想定し、耐震対策を施さなければならないことがわかった。トンネルでは、被災度 A の不良地山区間の崩壊を想定し、耐震対策を施さなければならないことがわかった。橋梁では、支承の耐震対策から施さなければならないことがわかった。

7. あとがき

本研究では、道路を対象とした地震時被災リスクの定量化による耐震対策優先順位決定手法を提案した。被災リスクを用いることで耐震対策の優先順位を明確に設定でき、道路構造物の耐震対策を推進することができる。本手法は、道路構造物の耐震対策優先順位を経済的かつ効率的に決定できる手法である。

参考文献

1) 大津宏康, 大西有三, 水谷守: 高速道路に近接する斜面を対象とした自然災害に対するリスクマネジメント手法に関する提案, 土木学会論文集, Vol.658, No. -48, pp.245-254, 2000.9.

2) 佐藤忠信, 吉田郁政, 増本みどり, 金治英貞: ライフサイクルコストを考慮した道路橋の補強戦略, 土木学会論文集, Vol.784, No. -66, pp.125-138, 2005.3.

3) 朝倉俊弘, 志波由紀夫, 松岡茂, 大矢敏雄, 野城一英: 山岳トンネルの地震被害とそのメカニズム, 土木学会論文集, Vol.659, No. -52, pp.27-38, 2000.9.

4) 社団法人 日本道路協会: 道路震災対策便覧(震災復旧編), 丸善, 2002.7.

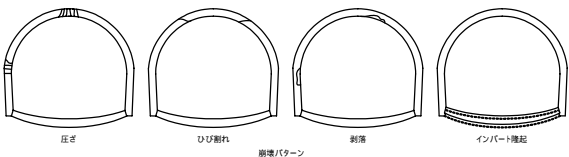


図-1 トンネル崩壊パターン(一部)³⁾

表-1 トンネル被災度区分⁴⁾

被災度	定義	交通規制
A	大被害(崩落土砂がトンネルを閉鎖し、トンネル周辺地山の緩みが生じている場合)	通行不可
B	中被害(覆工コンクリートの破損等の被害が生じ、放置すれば地山の緩みに繋がる場合)	通行可能
C	小被害(少量の剥離した覆工コンクリートの断片や坑口周辺に少量の崩落土砂が認められるが、周辺地山は安定している場合)	
D	無被害(軽微なクラック程度が特に異常が認められない場合)	

フェーズ1-1 崩壊パターン		フェーズ1-2 崩壊パターン	フェーズ1-3 崩壊パターン	フェーズ2 通行規制	フェーズ3 利用者の被災	
地震動	被災度D	被災度D	被災度D	No	No	(1)
			被災度B,C	No	No	(2)
			被災度A	Yes	No	(3)
					Yes	(4)
					No	(5)
	被災度B,C	被災度D	被災度D	No	No	(6)
			被災度B,C	No	Yes	(7)
			被災度A	Yes	No	(8)
					Yes	(9)
					No	(10)
	被災度A	被災度D	被災度D	Yes	Yes	(11)
			被災度B,C	Yes	No	(12)
			被災度A	Yes	Yes	(13)
					No	(14)
					Yes	(15)
					No	(16)
					Yes	(17)

図-2 トンネル被害シナリオのモデル化(一部)