

道路防災事業の費用便益分析手法の開発

Development of Cost Benefit Analysis Method for Road Disaster Prevention Projects

小路泰広** 鶴田舞** 日下部毅明***

By Yasuhiro SHOJI・Mai TSURUTA・Takaaki KUSAKABE

1. はじめに

地震防災事業が着々と進められてきた一方で、事業の効果を定量的に説明することが求められており、施設管理者が容易に扱うことができる事業評価方法の確立が必要とされている。

本報告では、対象地域を襲う様々な地震に対して、防災事業による減災効果を定量的に評価する手法¹⁾について、評価手法の概要および評価手法を用いてモデル地域におけるケーススタディを実施した結果について述べる。

2. 評価手法の概要

防災事業効果の定量的評価手法として、費用便益分析を適用する。費用便益分析は、「費用便益分析マニュアル」(平成15年8月 国土交通省 道路局 都市・地域整備局)に基づくが、便益と費用は次のように設定している。

便益：防災事業の実施により軽減される被害額の期待値
費用：耐震補強に要する費用

評価手順を図-1に示す。

2.1 地震ハザード解析

まず、対象地域における地震ハザード(地震動強さ及び発生確率)を設定する。道路施設に影響を及ぼす恐れのある地震(シナリオ地震)を全て考慮することとした。

道路施設位置における地震動強さ(最大加速度、SI値、最大速度、計測震度)は、各震源のデータから距離減衰式²⁾により推定する。また、推定結果より、道路施設に影響を及ぼす恐れのあるシナリオ地震を、しきい値を最大加速度250galとして選定する。

地震の発生確率は、活動周期が確認されている地震については時間依存性を考慮、それ以外の地震についてはポアソン過程に従うものとしている。

2.2 被災度評価

道路施設の地震被災度評価手法については種々の方法が提案されているが、ここでは橋梁と盛土について、地震動強さおよび施設管理者が容易に集めうるデータから被災度を推定する手法を用いる。

(1) 橋梁

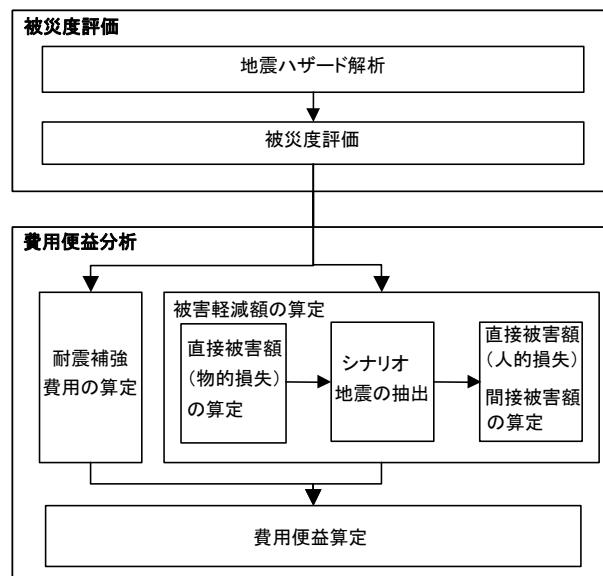
既往の震災データに基づき、施設位置での地震動強さ

*キーワード：道路防災事業、費用便益分析

**正員,国土技術政策総合研究所地震防災研究室

(茨城県つくば市旭1, Tel: 029-864-3244, Fax: 029-864-0598, E-mail: shoji-y92pc@nilim.go.jp)

***正員, (独) 土木研究所耐震研究グループ



と各橋梁の基本的な諸元情報をもとに被災度を簡便に推定する手法が提案されている⁴⁾。評価結果は、A(大被害)、B(中被害)、C(小被害)に分類される。

(2) 盛土

当該地点の地震動強さおよび平成8年の道路防災総点検の評価点数から沈下量を推定する評価式が提案されている⁵⁾。ここでは、橋梁の評価分類に合わせて、沈下量が1m以上の場合A(大被害)、1m未満の場合C(小被害)と呼ぶ。

2.3 評価に必要なデータ一覧

評価に用いるデータは、現場での入手が容易なものとした。評価に必要なデータ一覧およびその入手先、補助解析ツールを表-1に示す。

表-1 使用データ一覧

評価項目	使用データ	入手先	解析ツール
地震ハザード解析	震源データ		地震危険度解析プログラム
	構造物位置、地盤種別	道路防災総点検データ	
被災度評価	計測震度、SI値	地震ハザード解析結果	防災マップ作成マニュアル
	構造物諸元	道路防災総点検データ	
直接被害額(物的損失)	地震発生確率	地震ハザード解析結果	—
直接被害額(人的損失)	地震ネットワークデータ、OD交通量データ	道路管理者	配分シミュレーションプログラム
間接被害額			

3. 便益の算定

3.1 対象とする便益項目の選定

地震被害を起因とする道路施設の損失評価項目として、道路施設の被害が直接原因となる直接損失と、道路施設が有していた機能の低下が波及することにより生じる損失等の間接損失に大別して抽出した。これらの項目について、データの収集および評価の難易度、損失の大きさ、貨幣価値化の可否から、評価項目としての選定を行った。結果を表-2に示す。評価項目として○をつけたものを算定対象としている。

3.2 直接被害額（道路施設本体の物的損失）の算定

道路施設そのものが損傷することにより生じる被害額であり、施設の復旧に要する費用がこれに相当する。被害額の算定にあたっては、被災度に応じた復旧費用を適用する。

3.3 直接被害額（人的損失）の算定

道路利用者が道路施設の地震被害により死傷することによる被害額である。ここでは、

- ① 落橋する橋梁上を通行する利用者
- ② 落橋する橋梁の下に道路があった場合（跨道橋）、その道路を通行する利用者

について、人的損失額を算定している。

人的損失額は、次式により算出するものとする。

$$\text{人的損失額} = \text{施設利用者数} \times \text{被災率} \times \text{被災状況別の金銭的対価}$$

道路施設の利用者数は、地震発生時に施設上を通過する交通量および跨道橋下を通過する交通量から設定する。

被災率は、①については兵庫県南部地震の被災事例から設定(表-3参照)し、②については100%と仮定した。

表-3 落橋する橋梁上にいる利用者の被災度⁶⁾

	死亡	重傷	軽傷
	3%	6%	9%

被災状況別の金銭的対価は、表-4に示す人的被害額と事業者主体の被害額を足し合わせたものとする。なお、物的被害額は乗車車両の被害額であるため、人的被害額には含めないものとした。

表-4 死傷者1人当たりの人的・物的損失⁷⁾

被災者の状況	人的損失の金銭対価の内容(千円)		
	人的被害額	物的被害額	事業者主体被害額
死亡	33,515	400	807
残後遺症(重傷)	11,517	400	217
完治障害(軽傷)	652	400	50

3.3 間接被害額（迂回による損失）の算定

平常時の道路状況における移動費用と、地震発生後の道路状況における移動費用を、交通量配分シミュレーションを用いて算定し、その差を迂回による被害額とする。

表-2 道路施設の地震被害を起因とする損失項目

損失項目		被害額の算定の難易度	被害額の大きさ	評価項目としての考慮	評価内容および評価項目○としなかった場合についてはその理由		
直接損失	道路施設本体の物的損失	普通	中	○	橋梁、盛土等の津路施設が損傷することにより生じる被害額		
	道路施設の損傷に起因する物的損失	跨線橋下部の鉄道施設	困難	大	△	落橋時に被災する鉄道車両の被害額および乗車人員の被害額。被害額の設定が難しいため、可能であれば評価する。	
		添架ライフラインの損失	普通	小	△	道路施設に添架しているライフライン配管の物的被害額。添架位置および地震動の大きさに応じた被災状況の設定が難しいため、これらの設定が可能であれば評価する	
	道路施設の損傷に起因する人的損失	普通	大	○	道路利用者が道路施設の損傷により死傷することによる被害額		
間接損失	通常交通の通行障害	迂回	普通	大	○	道路施設の損傷により生じる迂回交通の走行時間、走行経費の増加等による被害額	
		交通の取り止め	普通	大	×	道路利用者が地震後に道路を利用することをやめたことによる損失であるが、道路利用者の交通需要の変化を計測することは一般に困難である。	
		公共サービスの低下	困難	小	×	ごみ収集等の公共サービスレベルが低下することによる損失であるが、通常の道路投資の評価においても計測が困難である。	
		交通事故の増加	困難	小	×	道路施設の損傷を原因とした交通事故による被害額であるが、道路施設の損傷と交通事故の因果関係を評価することは困難である。	
		住民生活の快適性の減少	困難	小	×	通勤・通学等日常生活の快適性が低下することによる損失であるが、通常の道路投資の評価においても計測が困難である。	
	交通機能低下による損失	緊急車両の通行障害	消防活動車両	普通	中	△	消防隊が消火可能時間以内に到達できず家屋等が焼失することによる被害額。建物棟数データ、消防署位置と道路ネットワークデータのリンク付けに手間を要するため、必要に応じて算定する。
			救護搬送車両	普通	中	△	救急搬送車が救護可能時間以内に病院に到達できず死傷することによる被害額。建物棟数データ、救急医療機関位置と道路ネットワークデータのリンク付けに手間を要するため、必要に応じて算定する。
			復旧工事車両	困難	大	×	復旧機材等の輸送に時間を要し、復旧工事が遅延することにより生じる被害額。復旧工事の内容が対象施設により異なり、一貫性のある評価の適用が困難である。
			緊急物資輸送車両	困難	小	×	緊急物資の輸送が遅延することにより生じる被害額。時間価値原単位、走行経費原単位の客観的な設定が困難である
			避難支障	困難	小	×	住民等の避難が遅延することにより生じる被害額。時間価値原単位、走行経費原単位の客観的な設定が困難である
空間機能低下による損失	跨線橋下部の鉄道機能停止	普通	大	△	鉄道の運行がストップすることにより生じる鉄道利用者および鉄道事業者の被害額。鉄道の利用者数等のデータを入手することは容易ではないため、可能であれば評価する。		
	添架ライフラインの供給停止	普通	大	△	配管・配線等が破断されることによりライフライン事業者・利用者の被害額。水道幹線網等のデータを道路管理者が入手することは容易ではないため、可能であれば評価する。		
その他	自然環境の悪化	困難	小	×	大気汚染、騒音、および地球温暖化への影響等が考えられるが、地震後の道路施設の被害との因果関係の評価が困難であること等から評価しない。		

防災事業の実施前後それぞれの被害額を比較することにより、投資効果を評価することができる。

移動費用は、所要時間を貨幣換算した「時間費用」と、車両の走行にかかるすべての費用を考慮した「走行費用」とする。時間費用および走行費用の算定は、費用便益分析マニュアルに示されている方法に準じて行う。

なお、地震発生後の交通量推計については、地震時 OD および交通量を設定することが望ましいが、両者を推定することは現時点では困難であるため、ここでは地震発生後についても平常時 OD および交通量を適用している。

道路施設の損傷に起因する交通規制期間は、平成7年の兵庫県南部地震および平成16年の新潟県中越地震での復旧事例をもとに、道路施設の被災度と管理者に応じて設定した(表-6)。ここで、交通規制の形態には全面通行止めと一部通行規制の2パターンがあるが、計算の簡略化のため、全面通行止めに日数を換算して平均期間を求めた。その際、全面交通止めと一部交通規制の換算比率は2:1とした。

表-6 施設被災度別の交通規制期間の設定

	被災度	管理者	交通規制期間
橋梁	A	国	~75日
		地方自治体	~300日
	B	共通	~4日
	C	共通	なし
跨道橋	A	共通	~7日 ※跨道橋下の道路通行止め
盛土	A	国	~7日
		地方自治体	~300日
	C	共通	なし

表-6より、復旧段階は、①被災直後から4日、②5~7日、③8~75日、④76~300日の4段階とした。

3.4 シナリオ地震の絞りこみ

対象地域によっては、2.1の地震ハザード解析で選定されたシナリオ地震数が膨大となり、交通量配分シミュレーションの計算コストが大きくなる恐れがある。このような場合には、シナリオ地震を絞り込んだうえで、直接被害額と間接被害額の比率から推計した。

4. 費用便益分析

4.1 費用の算定

道路防災事業の費用は、施設の耐震補強に要する費用を算定する。橋梁と盛土における復旧費用の例をそれぞれ表-5、6に示す¹⁾。

表-5 橋梁の復旧費用

被災度	復旧 (千円/1000m ²)	耐震補強 (千円/橋脚)	摘要
A	190,700	—	撤去、再構築
B	2,500	25,000	補修、橋脚補強
C	—	—	補修不要

表-6 盛土の復旧費用

被災度	復旧(千円/1000m ³)	摘要
A	6,200	撤去、再構築
C	—	補修不要

評価期間は、道路施設の平均的な耐用年数に基づき50年と設定した。また、社会的割引率については、「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針」(平成16年2月 国土交通省)に基づき4%と設定した。

3. ケーススタディ

大規模地震の発生確率が高まっている東北地方から1国道事務所程度のエリアを選定し、主要地方道以上の道路ネットワークを設定した。また防災事業として、同ネットワークから補強路線を選定し、当該路線にある橋梁の耐震補強を実施した場合を想定し、事業の効果を算定した。道路ネットワークおよび補強路線・橋梁の位置を図-3に示す。

対象エリアについて地震ハザード解析を実施したところ、79のシナリオ地震が選定された。これらすべての地震について被災度評価を行い、補強前後それぞれの道路ネットワークの状況を推定した。ある地震における補強対策実施前の被災度評価結果を図-4に、地震直後の交通量を図-5に示す。また、あるシナリオ地震における被害額の算定結果を表-8に示す。

便益は、補強事業実施による被害軽減額とし、シナリオ地震それぞれの年発生確率を被害軽減額に乘じ、これを全ての地震について累計することにより年間被害軽減期待額を算定した。評価期間50年、社会的割引率4%として総便益Bを算出した結果、約412億円となった。一方、費用は耐震補強費とし、3年間で補強を実施するものとして同様に算定した結果、総費用C=約75億円となった。以上より、B/Cは約5.4と導出できた。

なお、この数値は本評価手法におけるいくつかの仮定の上導出されたものであり、数値そのものの取扱いについては検討が必要ではあるものの、補強事業を実施する効果が大きいことが示された。

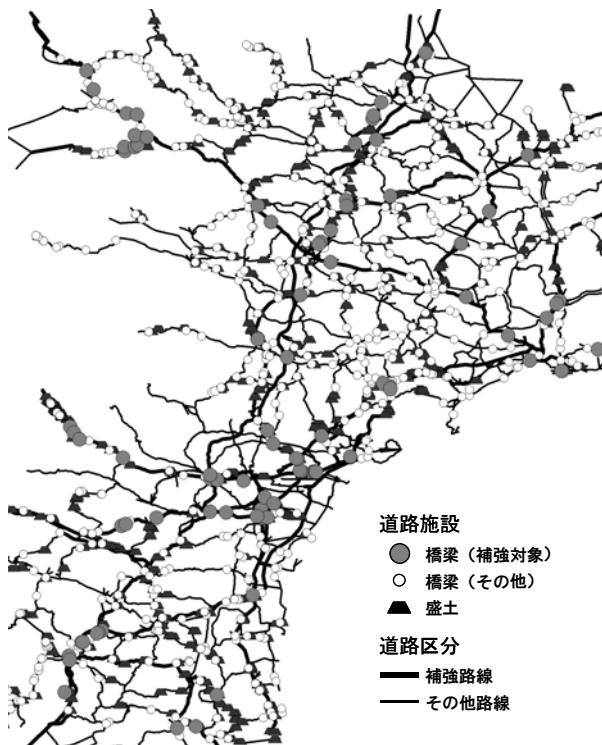


図-3 道路ネットワークモデル図



図-4 被災度評価結果の例

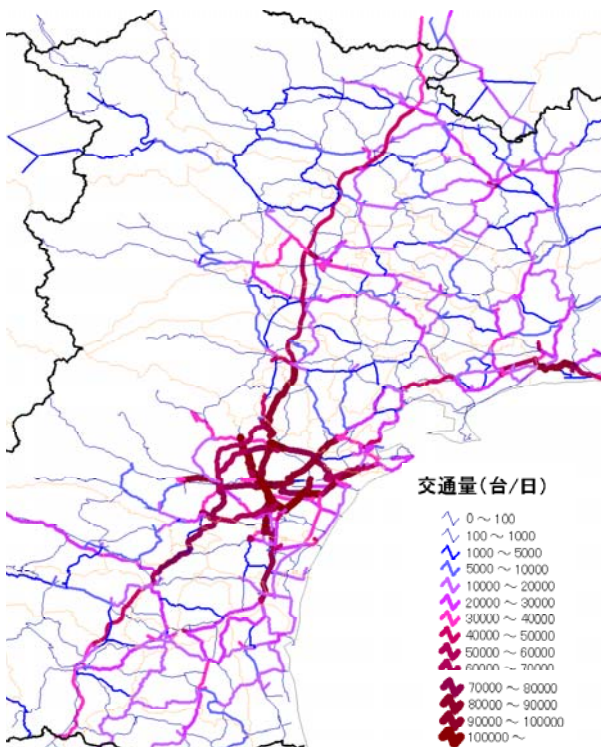


図-5 地震直後の交通量推計結果

4. まとめ

本研究により提案された防災事業効果評価手法を用いて、事業効果を定量的に評価できることが示された。当手法を用いて、橋梁耐震補強3箇年プログラム等の事業効果の説明への活用が期待できる。

表-8 被害額の算定結果

	補強前	補強後
直接被害額	345	236
物的被害	337	230
人的被害	9	6
間接被害額	2,237	1,962
合計	2,582	2,198
被害減少額	—	384

(単位：億円)

参考文献

- 1) 日下部毅明、谷屋秀一、吉澤勇一郎：道路施設に対する地震の防災投資効果に関する研究、国土技術政策総合研究所資料160号、平成16年3月
- 2) 片岡正次郎、佐藤智美、松本俊輔、日下部毅明：短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式、土木学会論文集、平成18年（投稿中）
- 3) 中尾吉宏、日下部毅明、村越潤、田村敬一：確率論的な地震ハザードマップの作成手法、国土技術政策総合研究所研究報告第16号、平成15年10月
- 4) 小林寛、運上茂樹：大地震時における道路橋の被災度推定手法、土木技術資料、Vol.47、No.12、平成17年12月
- 5) 土木研究所：道路盛土の簡易耐震性評価法（案）、平成15年
- 6) 大阪府地震想定調査報告書、平成9年3月
- 7) 国土交通省道路局 道路事業評価手法検討委員会：交通事故減少便益の原単位の算出方法、平成15年2月