

## 第6章 結論

本資料では、道路施設に対する地震時の防災投資効果の評価手法について、実務的に利用できるツールという観点から取りまとめた。また、第3章で述べた地震時の損失評価手法を用いて、事例解析を行った。本章では、研究の成果をまとめるにあたり、抽出された今後の課題について述べる。

### (1) 情報について

全ての評価の基本となる地震被害関数が、橋梁以外の殆どの施設に対して整備されていないのが現状であり、今後これらを整備する必要がある。また、橋梁についての研究成果も橋脚など、特定部位に限ったものが多く、本業務で必要する情報までにはいたっていない。また、地震時・後の各種被害額を算定するためには、各施設の被害額だけでなく、被害の程度、またこれに応じた交通状況の低下度などの情報も必要になる。このため将来的に地震被害関数を整備するのであれば、このような被害程度とそれが与える影響までを考慮した評価が必要となる。

### (2) 評価単位について

道路施設本体、道路施設の損傷に起因する被害額については施設位置での被害額をそれぞれ算出するため、被害額の評価単位として個別施設すなわち点であり、最終的にはこれら点全てを合計し被害額を算定している。一方、迂回損失に関しては、対象道路である程度交通量が均一であると思われる区間、つまり評価単位を線とし被害額を算定している。さらに、緊急車両の通行障害においては、道路周辺地域の波及被害を評価しているため、評価単位はエリア（消防署の分担エリア、救護医療機関の分担エリア）すなわち面的な被害額を算定している。どの項目も道路防災事業として評価すべき項目であると考えますが、施設個々で評価しているもの、区間で評価しているもの、道路周辺を面的に評価しているものとそれぞれ異なる。これら全てを合算してよいものかどうかは今後検討すべき課題と考える。

### (3) 計上すべき被害額について

現状は、添架ライフライン配管、跨線橋下の鉄道車両の被害額、ならびにこれらが損傷した場合の利用者・事業者の被害額を計上しているが、収集情報、被害範囲の限定にかなり割り切った仮定を行っている。また、これらが道路防災事業として計上すべき評価項目であるか否かなど、災害時の責任の所在などについての検討が現状できていないため、今後これら評価項目が、本当に道路防災事業として計上すべき被害額であるかは検討する必要があると思われる。

### (4) 被害の貨幣換算について

地震被害を貨幣価値化することは様々な防災施策の検討、事業評価のための費用便益分析では必要なことである。しかしながら、どの被害をどこまで金銭価値化すべきか、特に人命は本来貨幣価値できないものであり、如何に客観的な根拠・情報を参照し設定しても、この金額であれば必ず社会的に合意されるというものはない。また、妥当な数値であっても特定被害について過大被害額を計上されると、他の被害が全体に与える影響を過小評価してしまう可能性もある。全体被害額における被害額のバランスや、特に人命価値の評価方法については、今後も検討していくべき項目と考

える。

#### (5) 被害関数について

本研究における被害関数の設定は、現段階で最善と思われるものを用いた。しかしながら、(1)でも述べたように問題点もあり、今後の研究課題であると考えられる。

- ・本研究における橋梁の被害関数においては、耐震補強後は H8 年道路橋示方書と同レベルとして計算を行ったが、実際には補強後の被害関数を設定すべきであると考えられる。
- ・盛土の被災度と影響率の設定においては、他の道路施設との整合性および実状に即しているかどうかの観点から、今後の研究課題であると考えられる。

なお、上記は今後将来的に解決していくべきものであるが、現状の評価方法についても、今後複数地域のケーススタディ等により評価方法の問題点を抽出し、さらに検討していく必要があると思われる。また、検討時点において評価に必要な研究成果・公開情報が得られればそれらを逐次充実させていく必要があると考える。

## 参考文献

- 1) 土木学会 耐震性基準等に関する提言, (社)土木学会, 1996年5月20日, pp4, 7, 21, 23-26, 34, 58, 70-74
- 2) 新時代を迎える地震対策－地震に強いみちづくりへの提言, 建設省道路局道路防災対策室監修, pp14-17
- 3) 水谷守・中村孝明・下野正人・亀村勝美: 確率論的アプローチによる地震リスクマネジメント(SRM)手法の提案, 土木学会第51回年次学術講演会講演概要集, pp738-739, 1996年9月
- 4) 上田孝行, 「防災投資の便益評価－不確実性と不均衡の概念を念頭において－」, 道路計画学研究・講演集 No.19(2), pp17, 1996年11月
- 5) 社会基盤施設の耐震性水準の合理的な設定方法に関する基礎的研究, 第25回地震工学研究発表会, 1997.7
- 6) 社会基盤施設の耐震性水準の合理的な設定方法に関する基礎的研究, 第22回土木計画学研究発表会, 1997.10
- 7) 中村孝明, 星谷勝, 望月智也: 地震リスクを考慮した確率論的 DCF 法による資産価格とマネジメント, 土木学会論文集, 2004.1
- 8) Takahashi Toshimasa, Kobayashi Shunji, Fukushima Yoshimitsu, Zhao John X., Nakamura Hirokazu, Somerville Paul G.: A Spectral Attenuation Model for Japan Using Strong Motion Data Base, Proc.6th International Conference of Seismic Sonation, 2000.
- 9) 内閣府, 「地震被害想定支援マニュアル」, <http://www.susono.com/new/nsvc/siryo/manual/>
- 10) 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 長期的な地震発生確率の評価手法について, 2001
- 11) 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, No.16, 2003.10
- 12) 松田時彦, 古川真希: 陸域の  $M \geq 5$  地震と活断層の分布関係－断層と地震の分布関係－その 2, 活断層研究, 13, 2001
- 13) 活断層研究会: 新編日本の活断層, 東京大学出版会, 1991
- 14) 科学技術庁, 平成7年度・平成8年度地震調査研究交付金成果報告会, 1997
- 15) 科学技術庁, 平成9年度地震調査研究交付金成果報告会, 1998
- 16) 科学技術庁, 平成10年度地震調査研究交付金成果報告会, 1999
- 17) 科学技術庁, 平成11年度地震調査研究交付金成果報告会, 2000
- 18) 文部科学省, 平成12年度地震調査研究交付金成果報告会, 2001
- 19) 地震調査所, 平成9年度活断層・古地震研究調査概要報告書, 1998
- 20) 地震調査所, 平成10年度活断層・古地震研究調査概要報告書, 1999
- 21) 損害保険料率算定会, 被害地震と活断層の都道府県別一覧, 1999
- 22) 松田時彦: 陸上活断層の最新活動期の表, 活断層研究, 13, 1995
- 23) 荻原尊禮: 日本列島の地震－地震工学と地震地体構造－鹿島出版, 1991
- 24) 真田晃宏, 長屋和宏, 日下部毅明, 村越潤: 動的解析を用いた RC 橋脚の被害関数に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料, No.\*\*\*, 2004.4
- 25) 中村孝明, 岡田和明, 本間直樹: 統計手法による地震時斜面崩壊確率に関する研究, 土木学会論文集, No.570/I-40, pp.73-82, 1997.7

- 26) 道路投資の評価に関する指針（案），道路投資の評価に関する指針検討委員会編，(財)日本総合研究所,1998
- 27) 長谷川浩一,翠川三郎：地域メッシュ統計を利用した広域での都市建築物群の震害予測，第10回日本地震工学シンポジウム，pp.3379-3384, 1998.
- 28) 土木構造物の耐震設計法等に関する第3次提言，土木学会，2000.6
- 29) 災害リスク研究の最前線と社会への提言，土木学会，2000.7
- 30) 課題への対応，国土交通省公共事業評価システム研究会，2002.8  
(<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha02/13/130830.html>)
- 31) インシュアランス損害保険統計号－平成13年度版，保険研究所，2001.12等
- 32) 多々納裕一，災害リスクマネジメントにおける最近の話題，災害リスク研究の最前線と社会への提言，土木学会，2000.7
- 33) 旧建設省：治水経済マニュアル（案），P.87，2000.

# 卷末付録

# 巻末付録

## 1. 橋梁、盛土の耐震性能に基づいた試設計

### ①橋梁

#### (1)本研究における橋梁の被害関数の設定方法

第3章の図3-2の橋梁についての地震動強さと損傷度の関係は、橋脚の被害関数のみから橋梁全体の損傷度を推定している。本来であれば、上部構造を含めた被害関数から橋梁全体の損傷度を推定しなければならないが、現段階では困難である。また、構造物がある地震動を受けた場合の損傷状態には小被害から大被害まであり、ある地震動に対して確定的な被害が生じるとするのは実状と異なる。一方で、図1(1)～(5)に示すようなフラジリティ曲線を用いて被害額の推定を行うと計算が非常に煩雑となり、事業評価者が本手法を用いる際に大きな負担となる。そこで、本研究における防災投資効果の評価手法は実務的な観点からまとめたものであるため、図3-2のように、ある地震動に対して確定的な被害が生じると仮定した。図3-2の設定方法は、図1を用いて以下とおりとする。

- (a) 損傷度 A(倒壊)及び損傷度 D(被害なし)の確率が75%以上の部分は、各々の損傷状態になるとする。
- (b) 75%以下の部分は、間の損傷が生じる、つまり、損傷度 B、Cが生じるとし、発生確率を以下のように仮定する。

損傷度 B の発生確率 → 損傷度 A の発生確率 + 損傷度 B の発生確率

損傷度 C の発生確率 → 損傷度 C と発生確率 + 損傷度 D の発生確率

- (c) (a)以外の部分では、発生確率の高い損傷度が確定的に生じるとする。

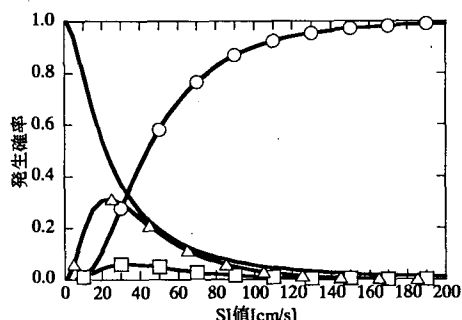


図1(1) 昭和55年以前道路橋示方書

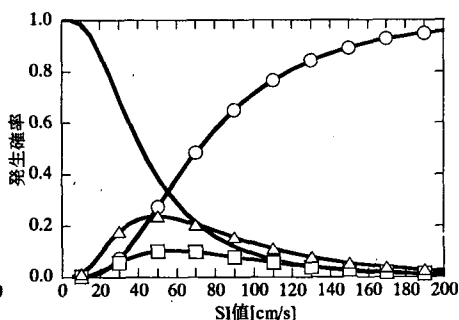


図1(2) 昭和55年道路橋示方書

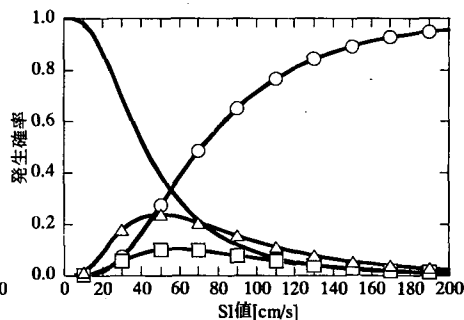


図1(3) 平成2年道路橋示方書

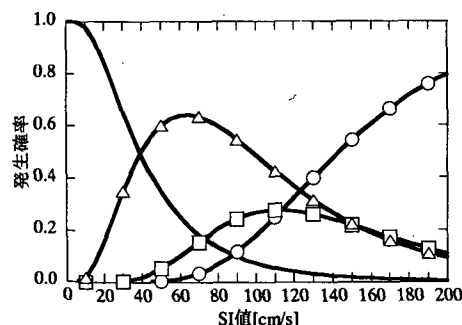


図1(4) 平成7年道路橋示方書

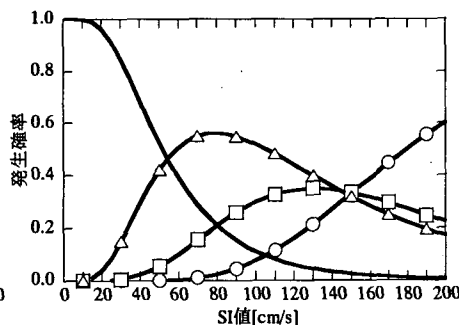
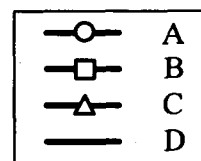


図1(5) 平成8年道路橋示方書

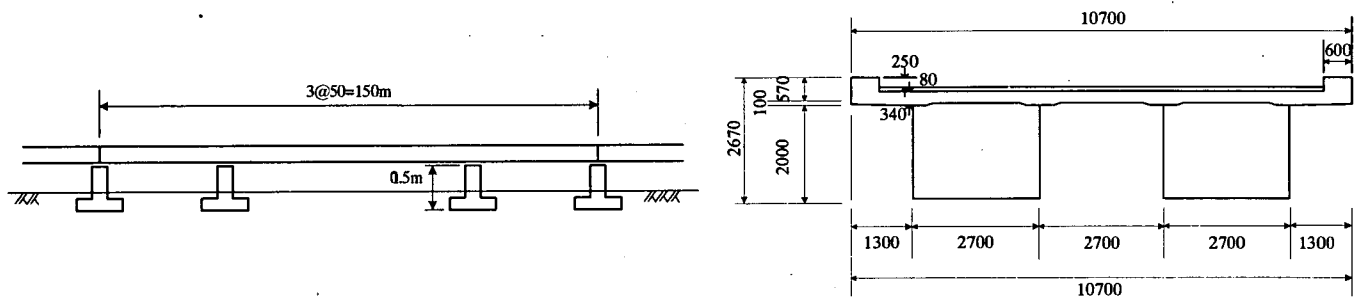


A	倒壊。損傷変形が著しく大きい。鉄筋の破断等の損傷または変形が大きい。
B	鉄筋の一部の破断やはらみだしおよび部分的なかぶりコンクリートの剥離や亀裂がみられる。
C	ひびわれの発生や局所的なかぶりコンクリートの剥離がみられる。
D	損傷がないか、あっても耐荷力に影響のない極めて軽微なもの。

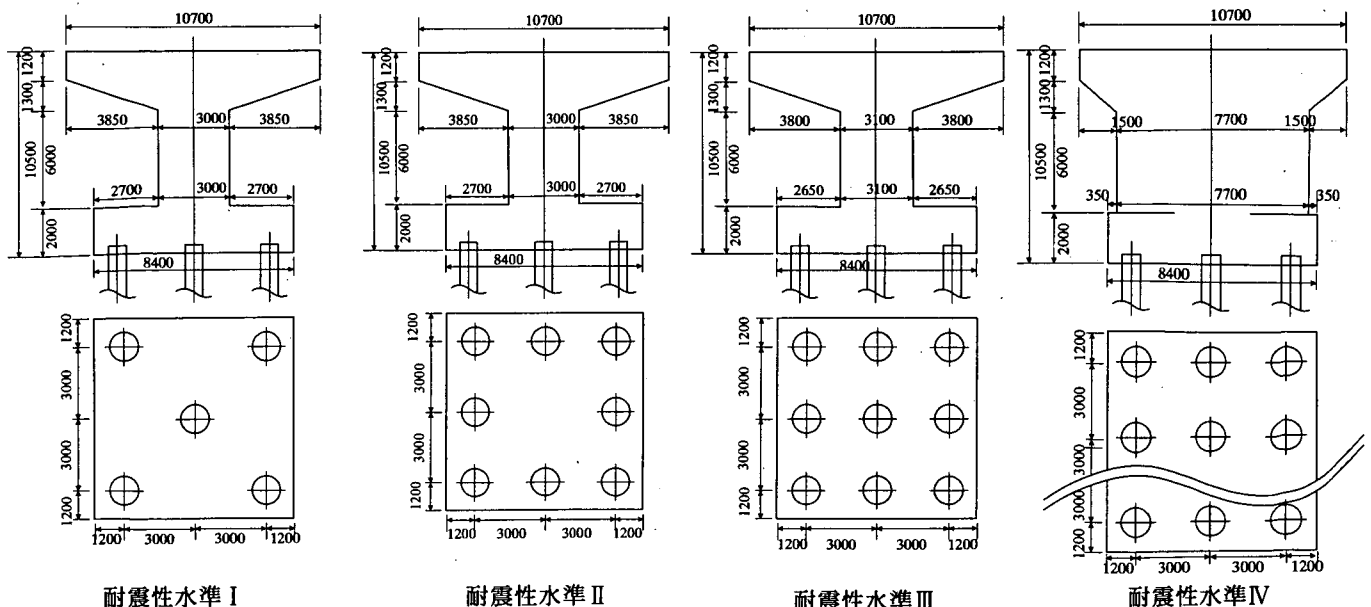
(2) 耐震性水準別の橋梁の試設計

本研究で試設計した橋梁の主な構造・地盤条件は以下の通りである。

- ・構造形式：上下線分離構造
- ・橋梁形式：3径間連続橋(3×50m=150m、幅員 10.7m、片側 2車線)
- ・上部工形式：RC床版鋼箱桁(2主桁)
  - 支承条件：反力分散支承
  - 死活重反力：6200kN(=橋脚が支持する上部工重量)
  - 活加重反力：4700kN
- ・下部工形式：RC橋脚(高さ 10m)
- ・基礎工形式：場所打ち杭(CCOφ1200 (D32-20)、杭長 22m)
- ・地盤条件：Ⅱ種地盤
- ・地層構成：第1層(フーチング下面-0.0m~10.0m、粘性土層、平均N値 4)
  - 第2層(フーチング下面-10.0m~20.0m、砂質土層、平均N値 20)
  - 第3層(フーチング下面-20.0m以深、砂レキ層、平均N値 50以上)



	耐震性水準Ⅰ (L1地震動に対し健全)	耐震性水準Ⅱ (L2地震動に対し致命的損傷を防止)	耐震性水準Ⅲ (L2地震動に対し限定的な損傷)	耐震性水準Ⅳ (L2地震動に対し健全)
支承	950×950×100 常時の $\gamma=45\%$ 地震時の $\gamma=76\%$	1450×1450×100 常時の $\gamma=30\%$ 地震時の $\gamma=243\%$	1450×1450×100 常時の $\gamma=30\%$ 地震時の $\gamma=243\%$	1450×1450×100 常時の $\gamma=30\%$ 地震時の $\gamma=243\%$
柱	3000×2000 橋軸方向の鉄筋=D32 ctc. 125 橋軸直角方向の鉄筋=D32 ctc. 125	3000×2000 橋軸方向の鉄筋=D32 ctc. 125 橋軸直角方向の鉄筋=D32 ctc. 125	3100×2100 橋軸方向の鉄筋=D32 ctc. 125 橋軸直角方向の鉄筋=D32 ctc. 125	7700×3200 橋軸方向の鉄筋=2×D38 ctc. 125 橋軸直角方向の鉄筋=2×D32 ctc. 125
杭	5本	8本	9本	27本



また、新設時及び各被災状況時における建設費・補修費を調査した。調査結果を表1(1)～(2)に示す。

表1(1) 橋梁の新設時の建設費用[単位：千円]

		備考	単価	単位	耐震性水準Ⅰ		耐震性水準Ⅱ		耐震性水準Ⅲ		耐震性水準Ⅳ	
					数量	金額	数量	金額	数量	金額	数量	金額
上部工	上部工面積		300	m <sup>2</sup>	1,425.00	427,500	1,425.00	427,500	1,425.00	427,500	1,425.00	427,500
支承	支承体積		15,000	m <sup>3</sup>	0.54	8,130	1.89	28,350	1.89	28,350	1.89	28,350
橋脚	コンクリート	掘削込み	30	m <sup>3</sup>	663.00	19,890	663.00	19,890	678.00	20,340	2,012.00	60,360
	鉄筋		110	t	71.70	7,887	80.80	8,888	83.30	9,163	212.00	23,320
	型枠		14	m <sup>2</sup>	576.00	8,064	576.00	8,064	586.00	8,204	1,020.00	14,280
杭	杭長(φ1200)		80	m	330.00	26,400	528.00	42,240	594.00	47,520	1,320.00	105,600
費用概算					498,000		535,000		542,000		667,000	

表1(2) 橋梁の被災状況別の費用[単位：千円]

		単位	単価	備考	中規模被害		大規模被害		大被害		落橋	
					数量	金額	数量	金額	数量	金額	数量	金額
上部工	上部工面積	m <sup>2</sup>	300		0.0	0	0.00	0	0.0	0	0.0	0
	補修重量	t	1,000		0.0	0	0.00	0	96.3	96,300	0.0	0
	架替面積	m <sup>2</sup>	400	撤去込み	0.0	0	0.00	0	0.0	0	1425.0	570,000
支承	支承体積	m <sup>3</sup>	15,000		0.0	0	0.00	0	0.0	0	0.0	0
	取替え体積	m <sup>3</sup>	23,000		0.0	0	0.00	0	1.9	43,470	1.9	43,470
橋脚	コンクリート	m <sup>3</sup>	30	掘削込み	0.0	0		0	678.0	20,340	678.0	20,340
	鉄筋	t	110		0.0	0		0	83.3	9,163	83.3	9,163
	型枠	m <sup>2</sup>	14		0.0	0		0	586.0	8,204	586.0	8,204
	ひび割れ補修	m <sup>2</sup>	20		187.2	3,744	0.00	0	0.0	0	0.0	0
	断面補修	m <sup>2</sup>	50		0.0	0	180.00	9,000	0.0	0	0.0	0
	取り壊し撤去	m <sup>3</sup>	40		0.0	0	0.00	0	678.0	27,120	678.0	27,120
杭	杭長(φ1200)	m	80		0.0	0	0.00	0	594.0	47,520	594.0	47,520
	撤去処分	m	90		0.0	0	0.00	0	594.0	53,460	594.0	53,460
費用概算					4,000		9,000		306,000		780,000	



## ②盛土

本研究で試設計した盛土の主な構造・地盤条件は以下の通りである。

- ・盛土高さ：10m
- ・盛土天端幅：14m
- ・盛土材料： $\gamma=18\text{kN/m}^3$ 、 $\phi=30^\circ$ 、 $c=0$
- ・基礎地盤材料： $\gamma=18\text{kN/m}^3$ 、 $\phi=30^\circ$ 、 $c=0$
- ・地盤改良： $\gamma=18\text{kN/m}^3$ 、 $\phi=0^\circ$ 、 $c=300\text{kN/m}^2 \times$ 改良面積比
- ・盛土改良(セメント安定処理)： $\gamma=18\text{kN/m}^3$ 、 $\phi=0^\circ$ 、 $c=50\text{kN/m}^2$ ( $\times$ 改良率)
- ・計算方法：地表面加速度を重力加速度で除して設計震度とし、円弧すべり法により計算を行う。耐震性評価は、安全率 1.0 を満足するものを健全、任意の損傷状態はニューマーク法による沈下量から推定することとした。また、ニューマーク法から沈下量を推定する場合の地表面の地震動波形は、「1995年兵庫県南部地震 大阪ガス葺合供給所構内地盤上記録」の波形を対象最大化速度により振幅調整して用いた。

表 2-1 盛土の耐震性水準別の条件

	耐震性水準Ⅰ (L1地震動に対し健全)	耐震性水準Ⅱ (L2地震動に対し致命的損傷を防止)	耐震性水準Ⅲ (L2地震動に対し限定的な損傷)	耐震性水準Ⅳ (L2地震動に対し健全)
耐震性評価	地表面加速度100galに対する安全率：1.0	地表面加速度700galに対する安全率：	地表面加速度700galに対する安全率：	地表面加速度700galに対する安全率：1.0
法勾配	1:1.8	1:1.8	1:1.8	1:1.8
盛土改良	30kN/m <sup>2</sup> (改良率60%)	35kN/m <sup>2</sup> (改良率70%)	40kN/m <sup>2</sup> (改良率80%)	40kN/m <sup>2</sup> (改良率80%)
地盤改良	なし	なし	なし	170kN/m <sup>2</sup> (改良率50%)

表 2-2(1) 盛土の新設時の建設費用[単位：千円]

新設			耐震性水準Ⅰ			耐震性水準Ⅱ			耐震性水準Ⅲ			耐震性水準Ⅳ		
		単位	数量	単価	金額	数量	単価	金額	数量	単価	金額	数量	単価	金額
土工	盛土	m <sup>3</sup>	42,000	2.0	84,000	42,000	2.4	100,800	42,000	2.7	113,400	42,000	2.7	113,400
	法面整形	m <sup>2</sup>	6,177	0.5	3,089	6,177	0.5	3,089	6,177	0.5	3,089	6,177	0.5	3,089
舗装	地盤改良	m <sup>3</sup>										196,875	4.3	846,563
	路盤+As舗装	m <sup>2</sup>	1,500	5.4	8,100	1,500	5.4	8,100	1,500	5.4	8,100	1,500	5.4	8,100
費用概算			96,000			112,000			125,000			972,000		

表 2-2(2) 盛土の耐震性水準Ⅰの被災度別補修費用[単位：千円]

耐震性水準Ⅰ		軽微な損傷				大規模損傷				崩壊					
	単位	数量	単価	金額	備考	数量	単価	金額	備考	数量	単価	金額	備考		
土工	盛土	m <sup>3</sup>	0	2.4	0	70%	0	2.0	0	60%	0	2.0	0	60%	
	法面整形	m <sup>2</sup>	0	0.5	0		6,177	0.5	3,089		6,177	0.5	3,089		
	盛土補修	m <sup>3</sup>					2,100	6.0	12,600	t=1.0m	14,000	6.0	84,000	1/3	
	法面補修	m <sup>2</sup>	1,853	0.9	1,668	30%	0	0.9	0	30%	0	0.9	0	30%	
舗装	路盤+As舗装	m <sup>2</sup>	0	5.4	0		1,500	5.4	8,100		1,500	5.4	8,100		
	オーバーレイ	m <sup>2</sup>	1,500	1.7	2,550	t=125	0	1.7	0	t=125	0	1.7	0	t=125	
	舗装撤去	m <sup>3</sup>					150	30.0	4,500		150	30.0	4,500		
	路盤撤去	m <sup>3</sup>					750	5.0	3,750		750	5.0	3,750		
基礎地盤	補強	m <sup>3</sup>											20%		
費用概算													130,500		
					5,000						32,500				

表 2-2(3) 盛土の耐震性水準Ⅱの被災度別補修費用[単位：千円]

耐震性水準Ⅱ		軽微な損傷				中規模損傷				大規模損傷				崩壊						
	単位	数量	単価	金額	備考	数量	単価	金額	備考	数量	単価	金額	備考	数量	単価	金額	備考			
土工	盛土	m <sup>3</sup>	0	2.4	0	70%	0	2.4	0	70%	0	2.4	0	70%	0	2.4	0	70%		
	法面整形	m <sup>2</sup>	0	0.5	0		3,088	0.5	1,544		6,177	0.5	3,089		6,177	0.5	3,089			
	盛土補修	m <sup>3</sup>					1,050	6.0	6,300	T=0.5m	2,100	6.0	12,600	t=1.5m	14,000	6.0	84,000	1/3		
	法面補修	m <sup>2</sup>	1,853	0.9	1,668	30%	0	0.9	0	30%	0	0.9	0	30%	0	3.0	0	30%		
舗装	路盤+As舗装	m <sup>2</sup>	0	5.4	0		750	5.4	4,050		1,500	5.4	8,100		1,500	5.4	8,100			
	オーバーレイ	m <sup>2</sup>	1,500	1.7	2,550	t=125	750	1.7	1,275	t=125	0	1.1	0	t=80	0	1.7	0	t=125		
	舗装撤去	m <sup>3</sup>					0	30.0	0		150	30.0	4,500		150	30.0	4,500			
	路盤撤去	m <sup>3</sup>					75	5.0	375		750	5.0	3,750		750	5.0	3,750			
基礎地盤	補強	m <sup>3</sup>																20%		
	地盤改良	m <sup>3</sup>	0	10.0	0		0	10.0	0					13,500	2.0	27,000	B=18m			
費用概算																		130,500		
					4,500						14,000					32,500				

表 2-2(4) 盛土の耐震性水準Ⅲの被災度別補修費用[単位：千円]

耐震性水準Ⅲ		軽微な損傷				中規模損傷				大規模損傷				崩壊						
	単位	数量	単価	金額	備考	数量	単価	金額	備考	数量	単価	金額	備考	数量	単価	金額	備考			
土工	盛土	m <sup>3</sup>	0	2.7	0	1	0	2.7	0	80%	0	2.7	0	80%	0	2.7	0	80%		
	法面整形	m <sup>2</sup>	0	0.5	0		3,088	0.5	1,544		6,177	0.5	3,089		6,177	0.5	3,089			
	盛土補修	m <sup>3</sup>					1,050	6.0	6,300	T=0.5m	2,100	6.0	12,600	T=1.0m	14,000	6.0	84,000	1/3		
	法面補修	m <sup>2</sup>	1,853	0.9	1,668	30%	0	0.9	0	30%	0	0.9	0	30%	0	3.0	0	30%		
舗装	路盤+As舗装	m <sup>2</sup>	0	5.4	0		750	5.4	4,050		1,500	5.4	8,100	t=80	1,500	5.4	8,100			
	オーバーレイ	m <sup>2</sup>	1,500	1.7	2,550	t=125	750	1.7	1,275	t=125	0	1.7	0		0	1.7	0	t=125		
	舗装撤去	m <sup>3</sup>					0	30.0	0		150	30.0	4,500		150	30.0	4,500			
	路盤撤去	m <sup>3</sup>					75	5.0	375		750	5.0	3,750		750	5.0	3,750			
基礎地盤	補強	m <sup>3</sup>																20%		
	地盤改良	m <sup>3</sup>	0	10.0	0		0	10.0	0					13,500	2.0	27,000	B=18m			
費用概算																		130,500		
					4,500						14,000					32,500				

表 2-2(5) 盛土の耐震性水準Ⅳの被災度別補修費用[単位：千円]

耐震性水準Ⅳ		数量	単位	単価	金額	備考
土工	盛土	0	m <sup>3</sup>	2.7	0	80%
	法面整形	0	m <sup>2</sup>	0.5	0	
	盛土補修	0	m <sup>3</sup>	4.3	0	50%
	法面補修	1,853	m <sup>2</sup>	0.9	1,668	t=300,30%
舗装	路盤+As舗装	0	m <sup>2</sup>	5.4	0	
	オーバーレイ	1,500	m <sup>2</sup>	1.7	2,550	t=125
基礎地盤	地盤改良	0	m <sup>3</sup>	10.0	0	
費用概算						4,500

## 2. 道路施設に対する耐震性水準の設定に関する検討

第3章では、単一道路施設ではなく、橋梁、盛土、斜面等複数の土木構造物から構成される道路網として考え、地震時の損失を個々の道路ではなく道路網としての通行機能を評価した。

ここでは、単一の橋梁に対して、新規建設時における最適な耐震性水準を設定する方法について一検討を行った。ここで用いた手法は、巻末付録1に示した複数の耐震性水準に対して行ったし設計および耐震性能評価を基に地震被害による期待損失を算出し、それに初期建設費を加えたトータルコストを各耐震性水準に対して計算する。そして、それらの関係について検討を行うことで、適切な耐震性水準を設定する手法の検討を行った。図-2にトータルコスト算出のフローチャートを示す。

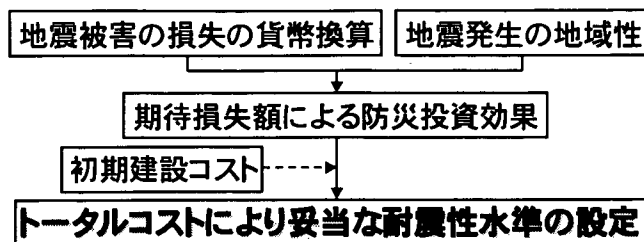


図2 トータルコスト算出のフローチャート

橋梁を対象として、4パターンの耐震性水準に対する試設計(巻末付録1参照)及びその地震時性能の評価をもとに、地震被害による期待損失の試算を行った。また、初期建設費用と期待損失の和であるトータルコストとの関係について検討を行った。なお、試設計において、耐震性水準Ⅱは、道路橋示方書におけるA種橋、耐震性水準ⅢはB種橋に相当する。

道路施設の地震被害に伴う損失項目としては、①損傷した構造物を復旧するための再調達価格、②施設を通行中の利用者が被災することによる人的損失、③地震後の交通規制に伴う通行車両の迂回損失、の3つを考慮した。そして、それぞれ貨幣換算するとともに各地震動レベルの発生確率との積をとることにより、各耐震性水準の持つ期待損失を算出、さらに初期建設費用との和をとることによりトータルコストの算出を行った。なお、主な試算条件は次の通りである。

橋梁における試算結果を表-3に示す。また、トータルコストと耐震性水準の関係を示したものを図-3に示す。図より、トータルコストが最小となる耐震性水準が経済的な観点から最適なものとなることより、本試算では耐震性水準Ⅲが最適となる。

このように、施設の地震被害による期待損失を貨幣ベースで表現することができ、これを各耐震性水準で比較することにより地震防災投資効果を算出することも可能である。また、複数の耐震性水準に対して、初期建設費用と期待損失を考慮することにより、費用対効果の観点から適切な耐震性水準の設定を行うことができる。

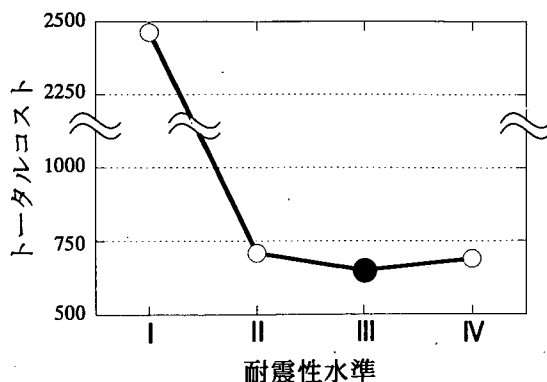


図3 トータルコストの試算結果

表3 耐震性水準別のトータルコスト計算表

耐震性水準I	地震動強度	100	250	500	700	900	1100	期待損失
	超過確率	0.9427	0.3895	0.0586	0.0121	0.0027	0.001	
	(発生確率)	0.5532	0.3309	0.0465	0.0094	0.0017	0.001	
	被災度	損傷なし	損傷なし	落橋	落橋	落橋	落橋	
物的損失	復旧費用	0	0	701	701	701	701	41.1
人的損失額	人的損失額	0.0	0.0	168.1	168.1	168.1	168.1	9.9
	死亡[人]	0.0	0.0	3.6	3.6	3.6	3.6	
	後遺症[人]	0.0	0.0	4.2	4.2	4.2	4.2	
	完治[人]	0.0	0.0	6.5	6.5	6.5	6.5	
迂回損失	交通止め期間	0	0	10	10	10	10	1788.8
	迂回時間損失額	0.0	0.0	30525.9	30525.9	30525.9	30525.9	
	迂回距離損失額	0.0	0.0	2161.4	2161.4	2161.4	2161.4	
総損失額		0.0	0.0	33556.4	33556.4	33556.4	33556.4	1966.4
初期建設費用								498
トータルコスト								2464.4

耐震性水準II	地震動強度	100	250	500	700	900	1100	期待損失
	超過確率	0.9427	0.3895	0.0586	0.0121	0.0027	0.001	
	(発生確率)	0.5532	0.3309	0.0465	0.0094	0.0017	0.001	
	被災度	損傷なし	軽微な損傷	中規模損傷	大規模損傷	落橋	落橋	
物的損失	復旧費用	0	0	4	9	767	767	2.3
人的損失額	人的損失額	0.0	0.0	0.0	5.1	168.1	168.1	0.5
	死亡[人]	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	
	後遺症[人]	0.0	0.0	0.0	0.4	4.2	4.2	
	完治[人]	0.0	0.0	0.0	0.6	6.5	6.5	
迂回損失	交通止め期間	0	0	0.3	1	10	10	158.4
	迂回時間損失額	0.0	0.0	1017.5	3052.6	30525.9	30525.9	
	迂回距離損失額	0.0	0.0	72.0	216.1	2161.4	2161.4	
総損失額		0.0	0.0	1093.6	3282.8	33622.4	33622.4	172.5
初期建設費用								535
トータルコスト								707.5

耐震性水準III	地震動強度	100	250	500	700	900	1100	期待損失
	超過確率	0.9427	0.3895	0.0586	0.0121	0.0027	0.001	
	(発生確率)	0.5532	0.3309	0.0465	0.0094	0.0017	0.001	
	被災度	損傷なし	軽微な損傷	中規模損傷	中規模損傷	大被害	落橋	
物的損失	復旧費用	0	0	4	4	306	780	1.5
人的損失額	人的損失額	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	168.1	0.2
	死亡[人]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	
	後遺症[人]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	4.2	
	完治[人]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	6.5	
迂回損失	交通止め期間	0	0	0.3	0.3	2.5	10	100.4
	迂回時間損失額	0.0	0.0	1017.5	1017.5	7631.5	30525.9	
	迂回距離損失額	0.0	0.0	72.0	72.0	540.4	2161.4	
総損失額		0.0	0.0	1093.6	1093.6	8482.9	33635.4	109.2
初期建設費用								542
トータルコスト								651.2

耐震性水準IV	地震動強度	100	250	500	700	900	1100	期待損失
	超過確率	0.9427	0.3895	0.0586	0.0121	0.0027	0.001	
	(発生確率)	0.5532	0.3309	0.0465	0.0094	0.0017	0.001	
	被災度	損傷なし	損傷なし	損傷なし	損傷なし	大規模損傷	大規模損傷	
物的損失	復旧費用	0	0	0	0	148	148	0.4
人的損失額	人的損失額	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	5.1	0.01
	死亡[人]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	後遺症[人]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	
	完治[人]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	
迂回損失	交通止め期間	0	0	0	0	2.5	2.5	20.6
	迂回時間損失額	0.0	0.0	0.0	0.0	7631.5	7631.5	
	迂回距離損失額	0.0	0.0	0.0	0.0	540.4	540.4	
総損失額		0.0	0.0	0.0	0.0	8324.9	8324.9	22.5
初期建設費用								667
トータルコスト								689.5