

# 土木施設の耐震性能水準の評価に関する一案

篠塚研究所 正会員 中村孝明 大成建設 正会員 上田孝行  
篠塚研究所 正会員 望月智也 大成建設 正会員 亀村勝美

## 1. はじめに

耐震投資と貨幣換算されたリスクとの和が最小となる点を見出す、いわゆる期待総費用最小化の方法は、経済性を追及した耐震性能評価の一手法であり、合理的ではあるものの、利用者に対するリスクの強要 (Forced Risk) という一面を持つ。個人所有の建物等に対して適用することに異論はないが、不特定多数の人々が利用する公益施設では、Forced Risk は必ずしも受け入れられるわけではない。公益施設の耐震性能は、本来社会的なリスクの受容限界を見極めた上で設定することが望ましいと考える。本研究は、リスクの社会的受容限界から適正な耐震性能を見出す方法の開発を目的とし、本報ではその考え方について報告する。

## 2. 耐震性能水準の考え方

土木構造物の多くは公益を目的とした施設であるため、その機能が地震によって失われた場合、住民生活への影響、経済的な影響、人命など、施設の物的損害に加え様々な波及的損害が生じる。これら全てを貨幣換算することが可能ならば、損害の期待値計算に従ってリスクは定量的に求められる。そして、このリスクに社会的な受容限界があるならば、限界を超えない範囲で耐震性能の適性水準は一義的に求めることができる。ところが、ここにリスクの受容限界の評価ならびに人命の貨幣換算という2つの難題が存在している。

人命の貨幣換算の公示例としては、航空機事故に伴う賠償額の上限として、各航空会社が示したものがある。また、Fishsr<sup>1)</sup>による確率論的生命の価値(100~800万ドル)、保険業におけるホフマン式算定法などがある。しかしこれらは、企業や行政など組織の枠組みの中で、残された家族の生活を補償することを目的としており、心的打撃や精神的な葛藤は棚上げされている。不安や恐怖、怒りといった主観的な問題に客観的な価値を見いだすことの難しさが理由である。しかしながら、実生活での幸不幸の実感、物質的な問題よりもむしろ精神的な問題の方が大きい。このような人間生活の実情を考えると、人命の価値を安易に貨幣換算しリスクとして一元化することは良策とは考えられず、リスクを測る新たな指標を考えていくほうが現実的である。一方、社会的に受容できるリスク評価法としての仮想評価法 (CVM ; Contingent Valuation Method) は、環境の悪化改善における支払意志額 (WTP ; Willingness To Pay)、受容れ意志額 (WTA ; Willingness To Accept) をアンケート調査し、受容リスクを評価するもので、客観的ではあるものの、仮想ゆえの現実乖離が問題とされている。一方、Starr<sup>2)</sup>は過去に発生した様々な事故災害による死亡と便益の関係から、自然災害による年間当たりの許容死亡確率はおよそ $10^{-6}$ であることを見出している。人命に着目することの理由は、だれもが何時は対峙しなければならない宿命的な物理事象であり、だれもが最悪の事態であるという共通した認識を持っていることである。許容死亡確率は経験的な評価ではあるものの、最悪の事態という共通の認識の下では、合理的でありかつ安定した結果と言える。そこで、社会的なリスクの受容限界の指標として年間当たりの死亡確率を用いると、施設の耐震性能水準は下式に基づき一義的に評価することができる。

$$P_D < P_{DF} \tag{1}$$

ここに、 $P_D$ は対象施設の地震による年間当たりの人命損失の期待値、 $P_{DF}$ は年間の許容死亡確率で、次元の整合上一人当たりの年間死亡期待値に変換したものである。

キーワード : 耐震性能, 適正水準, 社会的受容リスク, 年間死亡確率, 人命損失の期待値

連絡先 : 株式会社 篠塚研究所

(住所 : 〒160-0023 東京都新宿区西新宿4-5-1 幸伸ビル新宿3F, 電話 : 03-5351-37841, FAX : 03-5351-3783)

### 3. 人命期待値の評価方法

土木施設が地震被害を受けた場合、人命以外にも様々な波及的損害が生じる。場合によっては、人命より価値の大きい経済的損失を被ることも考えられ、人命だけを被害項目とするのは十分とは言えない。そこで、中村ら<sup>3)</sup>が提案している、個人が被る被害に重みを付けさらに人命で基準化する個人の損失価値曲線を利用する。同曲線は、意識調査に基づき一人の命を1.0とした場合の損害の大きさを数値化したもので図-1に一例を示す。一方、地震被害は蓋然事象であるとの前提で、被害の発生確率は地震被害要因の組み合わせを背反な事象の集合として扱うイベントツリー (E.T.) 解析によって評価することができる。図-2に橋を対象としたE.T.を例示する。帰結として緊急時の使用性、復旧期間、人命への影響、住民生活への影響を被害項目毎に記している。そして図-3に示すように、被害項目の発生確率、損害を被る世帯数、それぞれの損失価値を乗じて総和することで、人命に換算した地震リスクを評価することができる。さらに、地震の年間発生確率を乗じて、年間当たりの人命損失の期待値が求められる。

### 4. まとめ

様々な波及的損害を人命に換算したリスクとして捉え、年間当たりの許容死亡確率との比較から土木施設の耐震性能水準を評価する考え方を示した。特徴は、最悪の事態という共通の認識の下、経験的とは言え社会的な受容限界として許容死亡確率に着目していること、様々な波及的損害を人命に換算することで一元化できること、民意を反映していること、などである。具現化においては、施設が機能しないことによる社会的影響、損害を受けるであろう世帯数の評価、個人の損失価値に関する意識調査、さらに $10^{-6}$ の妥当性など、様々な課題が山積している。しかしながら、適正な耐震性能を見出す方法の一案としては有効と考えられ、課題の検討と共に、順次具現化を図って行きたい。

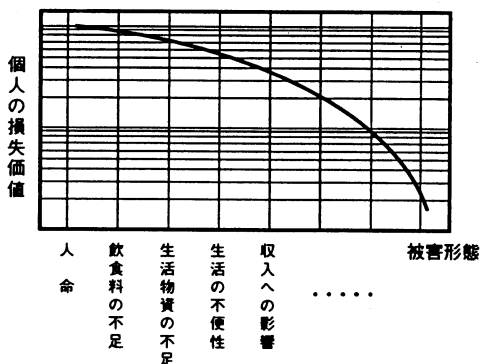


図-1 個人の損失価値曲線

地震	(被害形態)		(被害形態)			
	(橋脚の被害)	(桁の被害)	緊急時	復旧期間	人命	住民の生活への影響
地震	無被害	無被害	使用可	0	無	無
		移動	使用可	10日	無	生活の不便性
		落下	使用不可	40日	有	飲食料・生活物資の不足, 収入への影響
		倒壊	使用不可	90日	有	飲食料・生活物資の不足, 収入への影響
	軽微	無被害	使用可	0	無	無
		移動	使用可	10日	無	生活の不便性
		落下	使用不可	40日	有	飲食料・生活物資の不足, 収入への影響
		倒壊	使用不可	90日	有	飲食料・生活物資の不足, 収入への影響

図-2 橋を対象としたE.T.

被害形態	発生確率: P	発生世帯数: N	個人の損失価値: V	人命に換算したリスク: R (R=P×N×V)
人命	0.001	1.5	1.0	$0.15 \times 10^{-4}$
飲食料の不足	0.005	50	$1.0 \times 10^{-3}$	$2.5 \times 10^{-4}$
生活物資の不足	0.01	100	$0.5 \times 10^{-4}$	$0.5 \times 10^{-4}$
生活の不便性	0.02	1000	$1.0 \times 10^{-6}$	$0.2 \times 10^{-4}$
収入への影響	0.015	50	$0.5 \times 10^{-3}$	$3.75 \times 10^{-4}$
				$\Sigma = 2.2 \times 10^{-3}$

図-3 人命に換算した地震リスク評価

### 参考文献

- 1) Fisher, A., etc. : The Value of Reducing Risks of Death. , J. of Policy analysis and Management 8, 1989, pp.88-100.
- 2) Starr, C. : Social Benefit Versus Technological Risk. , Science, 165, 1969, pp.1232-1238.
- 3) 中村孝明, 望月智也 : 地域防災計画における災害指標の提案, 第8回地域安全学会論文集, 1998, pp.196-201.