

高架道路橋に対する地震リスクマネジメントによる目標性能設定

中央大学大学院 学生会員 小藤 智久
中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

現在、構造設計の国際標準化の動きや経済状況を背景として、我が国でも信頼性設計法を基礎とした性能設計法による設計法の統一化が国土交通省から出された「土木・建築にかかる設計の基本」によりなされている。性能設計とは、それぞれの構造物に対して目標性能を明示し、それを満足していることを様々な技術によって示す設計方法である。

性能設計での問題点の一つは、個々の構造物に対する目標性能を設定することである。構造物ごとの社会的重要度や災害危険度に応じてこれを決めるべきであるが、その決定方法はそれぞれの設計指針によって異なる。これを市民のリスク認知を考慮した地震リスクマネジメントによって決定することを本研究の目的とする。

2. リスク認知を考慮した地震リスクマネジメント

リスクマネジメントの基本的な考え方として期待総費用最小化原則がある。これは初期費用(C_i)と期待損失額(Risk)の和を最小化するものである。リスクの算定方法は本研究では、リスク性状を読み取れるリスクカーブ法(図1)を用いる。これは両軸とリスクカーブが囲む面積が期待損失額(リスク)となる。また、市民のリスク認知は、専門家と異なり一度に

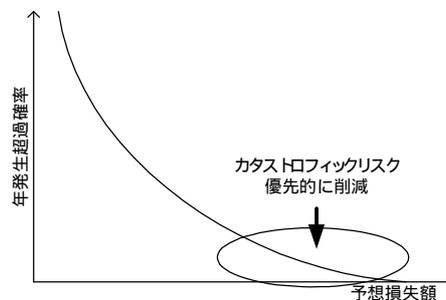


図1 リスクカーブの例

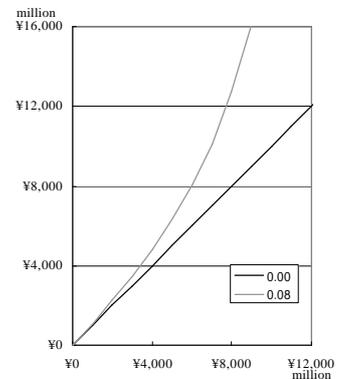


図2 破滅的損失忌避効用関数

大きな損失を被る破滅的損失を嫌う。これを表すのが図2の破滅的損失忌避効用関数である。これにより破滅的損失になればなるほど過剰に大きな損失を市民は感じるようになる。従ってリスクカーブの右側のカタストロフィックリスクを減らすことを優先するようになる。

3. 対象構造物

5kmのバイパスを通すために鋼製橋脚により支持される道路橋が必要になる。道路橋はそこを通る交通量により社会的重要度が決まる。また、建設場所により地震危険度が異なる。社会的重要度を2段階、地震危険度を3段階設定し合計6つの道路橋を所有する事業者を想定する(表1)。構造解析対象は図3に示す鋼製橋脚のみとし、限界状態は塑性ヒンジが2つの状態を半壊4つの状態を全壊とした。また、供用期間を50年とする。

表1 各構造物の状況設定

地震危険度 低 社会的重要度 低	地震危険度 中 社会的重要度 低	地震危険度 高 社会的重要度 低
地震危険度 低 社会的重要度 高	地震危険度 中 社会的重要度 高	地震危険度 高 社会的重要度 高

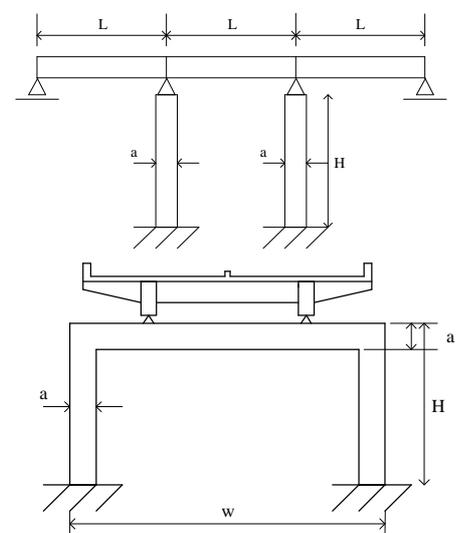


図3 対象構造物

4. 解析方法

マネジメントの初期段階として6つの構造物を全て許容応力度設計法により設計する。これらの構造物に対して断面の増減によるリスクの変化量 R の感度を求めて、比較する。感度の最小なもの板厚を1mm削って、最大なものを同僚増やすという操作を順次繰り返す。最終的に感度が均一化したところで収束とする。その後は、経済状況により更にこれらの道路橋に投資することができれば最も効率(R/C)が良い箇所の断面を増やすことができる。さらにこれを投資できるところまで繰り返す。

キーワード 目標性能 リスクマネジメント リスク認知

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 設計工学研究室 TEL 03 (3817) 1816 E-mail kofuji@kc.chuo-u.ac.jp

5. 解析結果

効用関数の勾配が 0.00 の場合と 0.08 の場合を考える。0.00 は専門家のリスク認知であり 0.08 は破滅的損失を厭うリスク認知を表している。0.00 では 11 回 0.08 では 13 回板厚の増加と減少を伴うリスクマネジメントを繰り返す。その後は例として 1 千万円の追加額を板厚増加として効率的に分配する。そのときの各構造物のリスクと初期費用の和である期待総費用の推移は図 4、図 5 のようになる。図 5 では、図 4 より破滅的損失を伴う可能性のある構造物すなわち社会的重要度が高い構造物のリスクを減らすことを優先している。

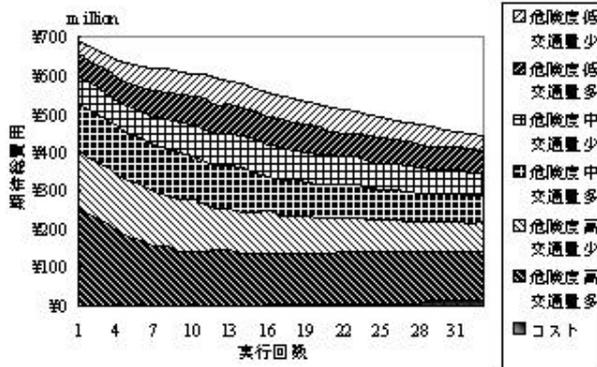


図 4 期待総費用の推移 (0.00)

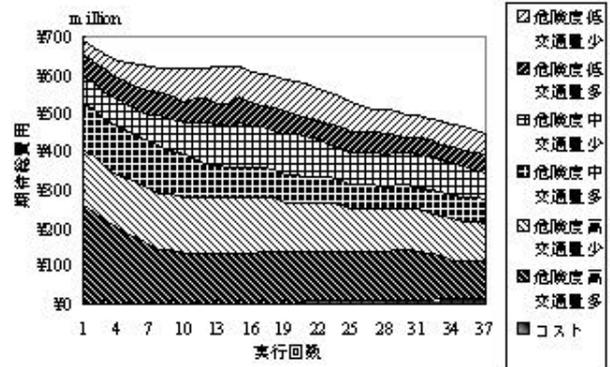


図 5 期待総費用の推移 (0.08)

6. 目標性能の表示

目標性能とは、市民に対する説明責任を果たすため簡易な表現でなくてはならない。これまでに示されている目標性能も「機能健全」「機能維持」「崩壊に近い」など言葉により表現されている。本研究のこれまでの解析結果を言葉で表現するために以下の表により目標性能を表現する。横軸に地震加速度をとりそれぞれの構造物の性能を示している。以下の図は追加額を投資する前の状態を示している。すなわち現状と同じ予算で建設可能な構造物である。図中の数字を伴う直線は地震加速度に対応する再現期間を表している。

これらはともに重要度が高い構造物や地震危険度が高い構造物の目標性能が高くなることを示している。特に破滅的損失を嫌うリスク認知を考慮した表 3 では重要度が高い構造物の目標性能がより高くなることを示している。

表 2 目標性能表 (0.00)

道示	500 半壊 1000 1500			
	機能健全	半壊	全壊	全壊
重要度 高				
危険度 高	500	1000		
重要度 高				
危険度 高	500	1000		5000
重要度 中				
危険度 中	500	1000		5000
重要度 高	500	1000		
危険度 低				
重要度 低				
危険度 高	500	1000		5000
重要度 低				
危険度 中	500	1000		5000
重要度 低	500	1000		
危険度 低				

表 3 目標性能表 (0.08)

道示	500 半壊 1000 1500			
	機能健全	半壊	全壊	全壊
重要度 高				
危険度 高	500	1000		
重要度 高				
危険度 高	500	1000		5000
重要度 中				
危険度 中	500	1000		5000
重要度 高	500	1000		
危険度 低				
重要度 低				
危険度 高	500	1000		5000
重要度 低				
危険度 中	500	1000		5000
重要度 低	500	1000		
危険度 低				

今回は紙面の都合上、追加額を投資した際の目標性能表は記載しない。

7. まとめと今後の課題

本研究では、社会的重要度と地震災害危険度を考慮した上で、初期費用とリスクの和を最小化することを目標とした上でリスクマネジメントを行い性能設計における目標性能を設定することを行った。これは、許容応力度設計法によって全ての場所で同じように建設される場合より、限られた予算を災害に対して効率的に配分することができたことになる。特に市民が破滅的な損失を嫌うことを考慮したことで安全かつ安心な構造物を造ることができる。

今後は限界状態などの解析上の問題や破滅的損失忌避効用関数を損失の種類ごとに変えることを考える。

参考文献

- 構造物の地震リスクマネジメント 星谷勝 中村孝明 山海堂 2002.4
 環境リスク論 中西準子 岩波書店 1995.10
 耐震基準における目標性能の設定 大塚久哲 土木学会安全問題討論会資料集 1999.3