

利用者と事業者による高架橋建設に対する地震リスクマネジメントに関する研究

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

阪神大震災以来、土木構造物に対するリスクマネジメントの必要性が認識されるようになってきた。既往の研究ではリスクの保有者は事業者のみとしているが、それだけでは十分ではない。利用者がどのようなリスクを許容するのかを考え、リスク保有者として利用者を取り入れる必要がある。更に、従来からリスク（年期待損失）は、年発生確率 × 予想損失額と定義されている。しかし、利用者のリスクへの考えはこれで十分とは言えない。利用者はあまりにカタストロフィクなリスクを極度に嫌う傾向がある。これら二つのことを考慮したリスクマネジメントの手法を提案することを本研究の目的とする。本研究の対象構造物は片側2車線の3径間連続桁橋とし、橋脚は鋼製一層ラーメン型橋脚とする。

2. リスクマネジメントのフロー

既往の研究の事業者によるリスクマネジメントのフローの前段階に利用者によるリスクマネジメントを行う。それによって許容できないとされたものは以後採用されない。このようにすることにより事業者、利用者双方によるリスクマネジメントが成立する。（図1）また、リスクの定量化にはリスク性状を把握できるリスクカーブを用いる。

3. 許容リスクの判断

利用者はリスク（R）が享受する便益（B）に見合うかで、そのリスクが許容できるか判断する。その構造物を造ることにより、非常に便利になるのなら、多めのリスクを負っても良いと考える。特別な場合として、リスクがカタストロフィクな要素を多く含む性状の場合、利用者はこのような損害を嫌うので、ある便益に対して少なめのリスクだけしか許容できない。このように利用者の安全への意識をモデル化する。¹⁾

次に、事業者はコストを最小化しようとする。ここでいうコストとはライフサイクルコスト（LCC）であり、この場合、

$$LCC = C_f (\text{初期建設費用}) + R (\text{リスク}) \quad \dots(1)$$

とする。更に、投資の効率を考え、費用対効果（B/C）の値がある一定以上である必要がある。

4. 解析モデル 解析

現在、平均時速 30km/h でしか走れない道路が存在する。そこにバイパスとして 5km の道路を建設し、全体として平均時速を 60km/h にする。その際に高架橋を建設する必要がある。この建設案をマネジメント対象とする。高架橋の諸元は表1に示す。供用期間は 50 年とする。

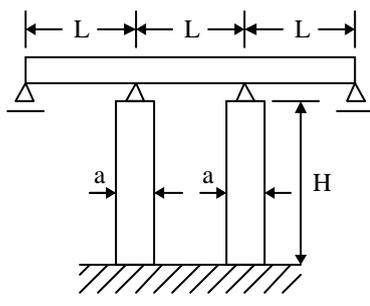


図2 側面モデル

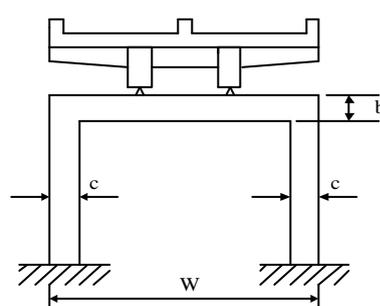


図3 正面モデル

表1 諸元

L	60
H	15
W	20
h	14.17
l	18
a	3
b	1.67
c	1.75

表2 板厚

	t _b 梁板厚	t _c 柱板厚
	0.0214	0.0215
	0.0264	0.0265
	0.0314	0.0315
	0.0364	0.0365
	0.0414	0.0415
	0.0464	0.0465
	0.0514	0.0515
	0.0564	0.0565

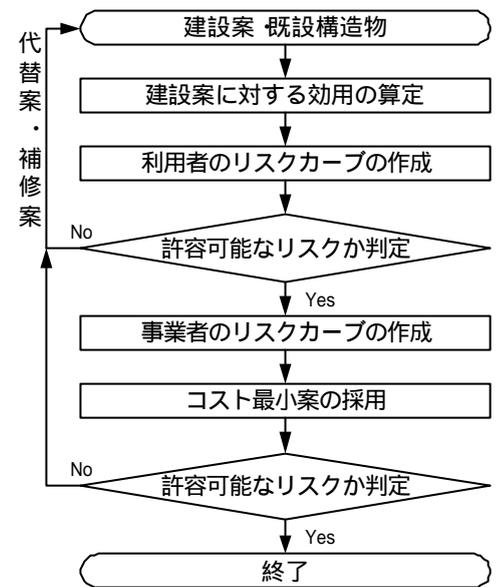


図1 リスクマネジメントフロー

キーワード：リスクカーブ、カタストロフィクリスク、ライフサイクルコスト

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 tel.03-3817-1816

解析は鋼製一層ラーメン型橋脚のみについて行う。地震力は JSCE コンクリート標準示方書〔耐震設計編〕【関東 F】に記載されたデータより、ハザードカーブを作成する。地震力が作用することにより、まず柱の根元が塑性ヒンジ化する。この状態を半壊とする。更に強い地震力が作用すると柱の上部が塑性ヒンジ化し、倒壊する。この状態を全壊とする。それぞれの場合における事業者及び利用者の損失額は表 3 に示す。

表 3 損失マトリクス 単位:円

	事業者損失			利用者損失	
	原形復旧費	営業損失	補償費	営業損失	死亡損失
半壊	663,000,000	4,380,000,000	1,200,000,000	4,380,000,000	1,200,000,000
全壊	2,210,000,000	8,760,000,000	6,000,000,000	8,760,000,000	6,000,000,000

部材強度の変動係数は 10% とし、これらの設定の下フラジリティカーブを作成し、リスクカーブを作成する。²⁾ (図 4)

簡単のため構造番号 1 から 8 に向けて柱、梁の板厚を 5mm ずつ増加させたモデルを 8 個作成し、それぞれのリスクカーブ及びリスクを算定する。構造番号 4 は道路橋示方書に則り設計した。断面の板厚は表 2 に示す。リスクカーブと両軸の囲む面積がリスク（年期待損失額）となる。その際、利用者・事業者それぞれが保有するリスクを算出する。また、交通量は上下全車線で 48,000 台/日、時間価値を 3,000 円/時間とし、高架橋を建設することによる年間の時間短縮便益は 8.76×10^9 円とする。これより便益対リスク (B/R) を求める。また、利用者が 1.0×10^{10} 円以上の損失を伴うリスクをカタストロフィックであると判断するとし、これ以上のリスクの和をカタストロフィックリスクとする。これらを各モデルについて計算すると図 5 のようになる。利用者は許容リスク曲線より上の構造番号 4~8 を許容し、下の 1~3 を許容しない。許容リスク曲線は正の傾きを持っている。これはカタストロフィックリスクを多く含むことを利用者が嫌うことを表している。

次に事業者は (1) 式によるライフサイクルコストを最小にする選択をする。初期建設費は 1 年目にかかる費用だが、リスクは各年にかかる費用であるので、社会的割引率 4% とし、現在価値化し、ライフサイクルリスク (LCR) とする。

5. 結果

ライフサイクルコストとして図 6 のような結果が得られる。板厚が厚い構造番号 8 は初期建設費が高くなるが、リスクが小さくなる。ライフサイクルコストが最小になるのは構造番号 4 であり、ライフサイクル全体での費用対効果の値は最高値となる。事業者はこれを採用する。これは利用者にも許容されている。従って、最終的に両者によって が採用される。

6. まとめ

本研究で、利用者のカタストロフィックな損失を嫌うという心理を考慮した上で、利用者と事業者の双方が許容できるリスクを決定する流れを示すことができた。今後は事業者が債務超過になるような損失に対して損害保険を利用することも考慮し、また、利用者がカタストロフィックな損失と感じる損失額と許容リスク曲線の形状について調査し、実際に利用者のリスクへの心理を取り入れたい。更に今後は、このフローに既設構造物を適用し、それが許容リスク曲線より下に推移し、利用者に許容されないとされるほど劣化(断面減少)した場合に補修を施すという判断材料にも活用することも考える。

参考文献

- 1) 中西準子 環境リスク論、岩波書店、1995
- 2) 遠藤照彦、吉川弘道 RC 橋脚に対する地震リスクカーブの作成、武蔵工業大学土木工学科

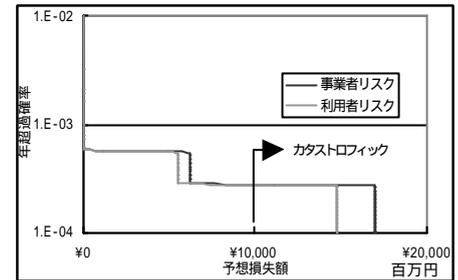


図 4. リスクカーブ

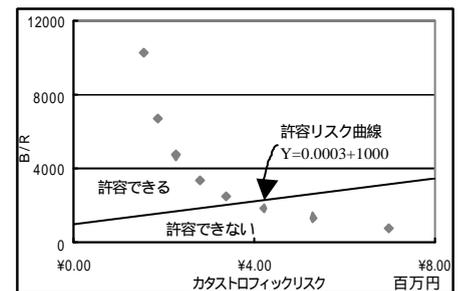


図 5. 許容リスク曲線

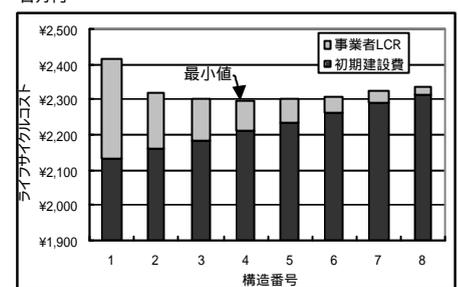


図 6. ライフサイクルコスト