

I-41 道路橋の地震時間接被害と設計震度の選択問題について

宮崎大学大学院 学生員 ○ 稲森 光洋  
 宮崎大学工学部 正員 原田 隆典  
 宮崎大学工学部 正員 堤 一

1. まえがき 1978年の宮城県沖地震では、地震被害を受けて機能の停滞した道路橋の復旧に、長期間にわたって交通規制を必要とするなど、都市部のような人口の過密した地域では、橋梁の復旧が社会一般に与える影響(地震時間接被害)は、橋の直接被害(修理費)に比べると、極めて大きくなると予想される。従って、本研究では、この間接被害を考慮して、公共経済的な観点から道路橋の最適な設計震度の検討を行ったので、その概要を報告する。

2. 方法の概説 設計震度  $k$  で設計された道路橋の耐用年数  $T$  年間に期待される費用、期待全建設費  $TEC(k)$  を、式(1)で定義する(2)。設計震度  $k$  を上げると、初期建設費  $IC(k)$  は増加するが、期待直接被害額  $E[DDC(k)]$  と期待間接被害額  $E[IDC(k)]$  は、構造物が破壊しにくくなるため、減少するものと考えられる。従って、初期建設費と将来期待される被害額とのトレード・オフをすることにより、公共経済的に最適な設計震度を求めることができよう。

$$TEC(k) = IC(k) + E[DDC(k)] + E[IDC(k)] \quad (1)$$

(1) 初期建設費  $IC(k)$  現行の耐震設計において初期建設費を考へる。橋梁全体の建設費に対する下部工の建設費の割合を  $a$  とすると、 $IC(k)$  は、ほぼ次式のように与えることができる(2)。

$$IC(k) = IC(0.1) [1 + a \cdot b \cdot (k - 0.10)] \quad (2)$$

ここで、 $b$  の値は下部工の型式によって 1~2 程度と見積られている(3)。

(2) 期待直接被害額  $E[DDC(k)]$  震度階  $I$  の地震の平均被害率  $MDR_I(k)$  は過去の被害データや専門家へのアンケート調査により、図-1に示すように与えられる(3)。 $MDR_I(k)$  に震度階  $I$  の地震の年平均発生率  $SR_I$  を乗じると、期待年被害率  $EADR(k)$  は、式(3)で計算することができる。

$$EADR(k) = \sum_I MDR_I(k) \cdot SR_I \quad (3)$$

図-1.  $k$  と被害率  $MDR_I(k)$  の関係。

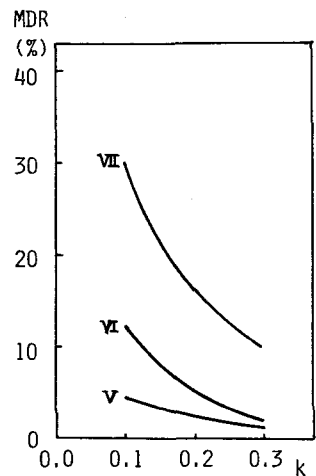
ここで、 $MDR_I(k) = (\text{修理費}) / (\text{新たに建設するための建設費 } IC(k))$ 。この期待年被害率に建設費  $IC(k)$  を乗じると、1年当たりの期待直接被害額が求められ、耐用年数中の期待直接被害額(期待修理費)  $E[DDC(k)]$  は、これに社会的割引率  $r$  を考慮して、現在価値に変換すると、式(4)のようになる。

$$E[DDC(k)] = \delta \cdot IC(k) \cdot EADR(k) \quad (4)$$

$$\delta = \sum_{n=1}^T (1+r)^{-n} \text{ : 経済的耐用年数}$$

$r$  の値は、一般に 6% が用いられるが、耐用年数  $T=50$  年では、経済的耐用年数  $\delta$  の値は、15.9 年と計算される。

(3) 期待間接被害額  $E[IDC(k)]$  間接被害の評価方法は色々考えられる。詳細に計算する方法として、道路システムの



1日当りの通行便益に橋の停止日数を乗じたもので評価する方法と計算例を示したが(4)、本研究では、巨視的に間接被害の影響をみるために、次式のように間接被害を直接被害の $\alpha$ 倍としてみる。以上述べた評価式を使

$$E[IDC(R)] = \alpha \cdot E[DDC(R)] \quad (5)$$

って、地震危険度の比較的高い東京都について、経済的耐用年数 $\delta = 15.9$ 年として、設計震度 $R$ と期待全建設費 $TEC(R)/IC(0.1)$ の関係を試算し、図-2の結果を得た。図-2より、 $\alpha = 3, 5$ では、どの $R$ 値を選択しても $TEC(R)/IC(0.1)$ は、ほぼ一定だが、 $\alpha = 50$ では、選択する $R$ 値によって、 $TEC(R)/IC(0.1)$ にかなりの差が生じる。このことは、設計震度の選択問題を考えるうえで、間接被害もどの程度見積るかという問題が極めて重要になることを示している。今、最適な設計震度 $R_{opt}$ として図-2の縦軸の値 $TEC(R)/IC(0.1)$ が最少となる震度を採用するものとする、この $R_{opt}$ と $TEC(R)/IC(0.1)$ 、 $\alpha$ の関係を求めることができる。 $\delta = 0.5 \sim 30$ 年に対して、このような操作を実行して、整理すると、図-3のような関係を得ることができる。図-3の縦軸は最適な設計震度 $R_{opt}$ の値を、横軸は式(5)で定義される $\alpha$ 値で、直接期待被害額に対する間接期待被害額の程度を表す。従って、 $\alpha$ が大きくなることは、間接期待被害額が大きくなることを意味する。橋の重要度はその橋が通行制限等を受ける場合に、それが周辺地域に与える影響度の大きさとも考えることができるため、 $\alpha$ は橋の重要度も示す1つの尺度とも考えられよう。すなわち $\alpha$ の値が大きいほど、その橋の重要度も高いといえよう。 $\alpha$ 値の設定は極めて難しい問題であるが、現行の設計指針とのキャリブレーションにより、図-3を用いて $\alpha$ 値を決めてみよう。東京都の才2種地盤を考えた場合、現行の設計指針では設計震度 $R$ は橋の重要度によって、 $R = 0.16 \sim 0.22$ の範囲となる。橋の耐用年数50年、社会的利率 $r = 6\%$ とすると、 $\delta = 15.9$ 年であるから、図-3より $\alpha = 0.6 \sim 1.5$ 程度と求められる。この $\alpha$ 値を、問題はあるが文献(4)で求めた広島南バイパスでの $\alpha$ 値と比較すると、広島では道路便益を[時間便益と走行費便益]だけで評価しても、 $\alpha$ は10程度であった。従って、現行の設計震度に対する $\alpha$ の値はかなり小さいものと思われる。また、 $\alpha$ は道路橋の重要度によって大きな幅をもつものとも考えられるので、現行の設計指針の重要度別補正係数の選択の範囲に関しては、今後、議論の余地が残されているように思われる。なお、地震危険度 $SR_I$ の異なる地域で、以上述べたことを試算し、比較検討した結果については、当日発表を行う。

図-2.  $R$ と $TEC(R)/IC(0.1)$ の関係

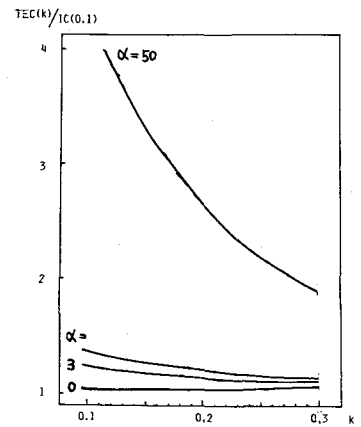
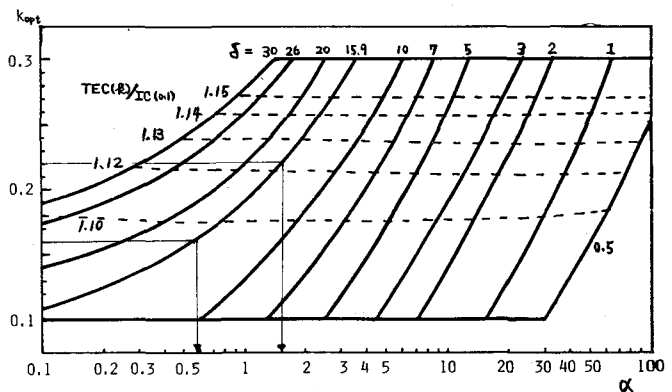


図-3. [経済的耐用年数 $\delta$ ]に対する $R_{opt}$ と $\alpha$ の関係



- 参考文献 (1) 岩崎 他：土木構造物の震災復旧技術の開発研究について、才37回年次講演概要集。  
 (2) 稲森, 原田：道路橋の設計水平震度の選択問題に関する間接被害の影響, 才38回年次講演概要集。  
 (3) 猪熊：道路橋の設計水平震度に関する決定分析, 修士論文, 1980年, 東京大学。  
 (4) 稲森, 原田：道路橋の設計水平震度の選択に関する基礎的研究, 昭和57年度西部支那研究発表会概要集。