

道路橋の耐震性および設計水平震度の選択に関する基礎的研究

宮崎大学工学部 ○学生員 稲森光洋

宮崎大学工学部 正会員 原田隆典

1. まえがき 道路橋の耐震設計上の設計水平震度の値は過去の被害、応答解析、専門家の勘などから経験的慣習的に決められてきた。本研究では、設計水平震度を上げることによる建設費の増加と橋自体の直接被害や通行制限などの間接被害を考慮して、橋の全期待費用を最小にする値を決める方法論とその試算例を述べる。このような方法論の展開の利点は、これまで経験的に決められてきた設計水平震度のシステムティックな分析にあり、これは問題の所在を明らかにするのに役立つものと思われる。

2. 方法の概説 公共的に橋の建設費を考えれば、建設費は建設時の建設費 $IC(k)$ と将来橋が破損したときの被害額を合計したものと考えられる。ここに、 $IC(k)$ は設計水平震度 k で設計したときの建設費を意味する。たとえば、高い設計水平震度 k を採用した橋の建設費は高くなるが、それだけ地震による被害の可能性が小さくなり将来の損失費が低くなる。また、低い k では、これとは逆になるであろう。つまり、橋の耐震性を高めるための投資額と予想される地震被害額とのトレードオフを行なうことによって、経済的に最適な k を決めることができる。予想される地震被害額は橋自体の修理費(耐用年間 T の期待修理費) $E[DDC(k)]$ と通行規制などによる期待間接被害額 $E[IDC(k)]$ の和と考えられる。したがって、期待全建設費 $TEC(k)$ は、

$$TEC(k) = IC(k) + E[DDC(k)] + E[IDC(k)] \text{----- (1)}$$

(1) $IC(k)$ について 現行の耐震設計では、 k の値は下部工と上部工の設計に影響を与え、上部工の設計への影響は極めて小さい。したがって、橋全体の建設費に対する下部工の建設費の割合を α とし、下部工のみの建設費増加率の関係を $b \cdot (k - 0.10)$ とすると、橋全体の建設費 $IC(k)$ は

$$IC(k) = IC(0.1) \cdot [1 + \alpha \cdot b \cdot (k - 0.10)] \text{----- (2)}$$

b の値は1~2程度と見積られる(1)。

(2) $E[DDC(k)]$ について 震度 I を受けたときの平均被害率 $MDR(k)$ は過去のデータアンケートにより、図-1に示す様にとらえて(1)。これに震度 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

$$EADR(k) = \sum_I MDR_I(k) \cdot SR_I \text{----- (3)}$$

$\therefore MDR(k) = (\text{修理費}) / (\text{新たに建設するための建設費: } IC(k))$
これに社会的割引率 r を考へて、現在価格に変換すると、期待修理費 $E[DDC(k)]$ は

$$E[DDC(k)] = \delta \cdot IC(k) \cdot EADR(k) \text{----- (4)}$$

ここに $\delta = \sum_{t=1}^T (1+r)^{-t}$

r の値は一般に6%の値がよく用いられる(2)。たとえば、 $T=50$

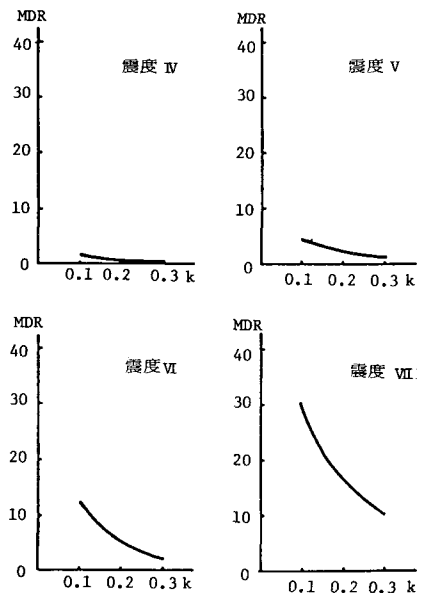


Fig. 1

年を考えれば $\delta = 16.7$ 年となる。

(3) $E[IDC(k)]$ について 宮城県

沖地震(1978年)の通行規制データをもとに、橋長別にまとめた各震度別の平均停止日数 $MSD_i(k)$ を図-2に示す(3)。期待停止日数 $EASD(k)$ は

$$EASD(k) = \sum MSD_i(k) \cdot SR_i \quad \cdots (5)$$

間接被害額は1日当りの通行便益に停止日数を乗じたものとする、期待間接被害額 $E[IDC(k)]$ は、

$$E[IDC(k)] = \frac{\beta \gamma}{365 \cdot \alpha} EASD(k)$$

$$\times \sum_{n=1}^T B_n (1+r)^{-n} \quad \cdots (6)$$

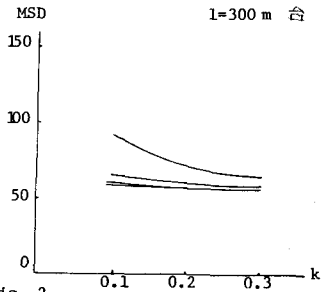
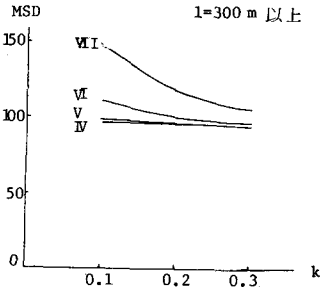
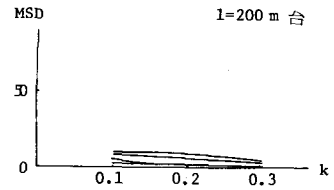
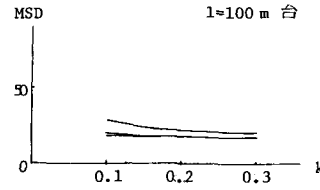


Fig. 2

ここに、 B_n = n 年目の1年間当りの道路システムの通行便益額、 α = 道路システムにおける橋の重要度係数(例えば、 $\alpha = 1.0$ を平均的な橋とすると $\alpha = 2.0$ では、平均的な橋の停止日数の半分で複旧することになる。)、 β = 復旧能力の違いを表す係数、 γ = 道路システムの通行便益 B_n にしめる橋の通行便益の割合(例えば、 $\gamma = 1.0$ とすると、橋の通行便益 = 道路システムの通行便益となる。すなわち、橋が不通であれば道路システムも不通になることを表わす。)

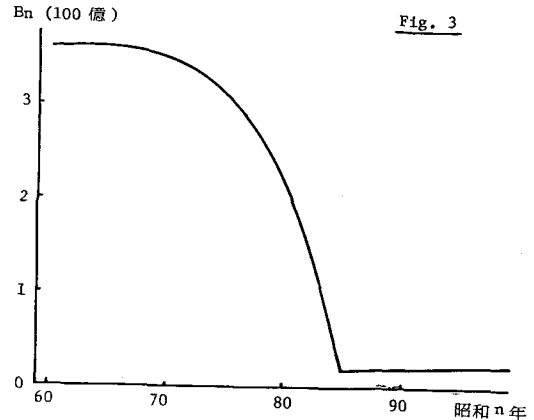


Fig. 3

3. 試算例 B_n の値は道路システムに依存し、また、その評価は議論の多いものであるが、図-3は時間便益と走行便益から広島南道路について求めたものである(2)。この道路システムにおける橋長 $l = 350$ m、幅 25 m の橋を対象に $TEC(k)$ を計算した。 $k = 0.1$ における単位面積当りの建設費は 25 万円/m² と仮定した。また $\alpha = 1.0$ 、 $\beta = 1.0$ 、 $\gamma = 0.2$ とし、 $r = 6\%$ 、 $T = 50$ 年のもとでは、 $TEC(k)/IC(0.1)$ は図-4のようになる。(1)式の橋の修理費と建設費の増加を考慮した場合は図-4の一点破線のようになり、最適は $k = 0.1$ になるのに対し間接被害まで考えると実線のように $k = 0.18$ が最適となる。

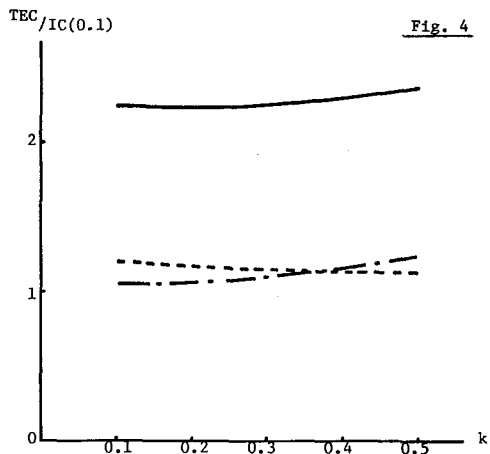


Fig. 4

参考文献 (1)猪熊:「道路橋の設計水平震度の選定に関する基礎的研究」,1980年,修論,東大。(2)石川,沼田:「広島南道路整備効果分析調査について」,管内技術研究発表論文集,555年,中国地建局。(3)橋森:「修論」,1983年,宮崎大学。