

筑波大学 学生員 ○ 磯山 検
 筑波大学 正 員 大野 友則
 筑波大学 正 員 西岡 隆

1 まえがき

現行の耐震設計法においては、地盤、地域、重要度、固有周期等を考慮して簡便な形にした震度法及び修正震度法が一般に使われている。これらの方法には、構造物の耐用年数の考え方は入っていない。しかし、耐用年数という概念を用いるならば、構造物を一層経済的かつ安全に設計できると思われる。ここで、耐用年数という概念は、一般に長い期間建っている構造物は、地震により壊れる可能性が大きいので、それなりに高い設計震度を必要とするということである。そこで、本研究においては、耐用年数間における価値の変化及び過去の地震記録から推定した地震生起確率¹⁾を用い、さらに、損失率を仮定した上で、経済性、安全性を考慮しつつ耐用年数と設計震度との関係について検討を加えたものである。

2 耐用年数と損失率

地震によって構造物が破壊される時の損失は、その構造物の設計震度、設計震度の関数である構造物の建設費用、価値曲線、耐用年数、地震生起確率等に関連しているはずである。そこで、この損失の指標として構造物の地震損失率 E.L.R は、耐用年数 T 内のある時点 t における構造物の価値 V に、その時点 t における各震度の地震生起確率 P_i (i : 震度階) 及びその地震が起こった場合の被害率 B_i^k (k : 設計震度) を乗じたものを震度毎、耐用年数間の時間 Δt 毎に足し合わせて求め、さらに、耐震設計に余分にかかる費用の内他に対して利益をもたらさない固有の損失とみなされる部分を加えたものである。ただし、ここでは、時点 t での構造物の価値は、その建設費からの比率をとるものとする。この地震損失率を次のように定義する。

$$E.L.R(T, k) = \sum_{i=1}^n \sum_{t=0}^T V(k, T) \times P_i(i, t) \times B_i^k(i, k) \times \Delta t + D(k)$$

構造物の価値 $V(k, T)$ は、利用状況、社会的重要度、竣工からの時間、耐用年数等多くの要素に関連している。そのため、全ての構造物に対して定義できるものはない。そこで、ここでは税法に規定されている減価償却の定額法及び定率法を用いて価値を仮定する。 r を償却率、添字 G を定額法、 R を定率法として定式すると

$$V_G(t) = 1 - r_G \times n \Delta t \quad , \quad V_R(t) = (1 - r_R \Delta t)^n$$

となる。ここに、 $t = n \Delta t$ 。償却率 r は、耐用年数経過後の残存価値より決定する。また、構造物の価値は、上で述べたように時間とともに減少し、そして設計震度が高くなる事によって増加する。この設計震度が高くなる事によつての建設費の増加率を $C.I(k)$ とする。 $C.I(k)$ は、試算例によれば、 k が 0.1 高くなる毎に 7.5% 程度増加するとされている²⁾。これを、地震被害に対して特別な費用をかけない場合を基準にとり、設計震度 k の式で表わすと次のようになる。

$$C.I(k) = 74.5k - 0.75$$

しかしながら構造物を耐震的にするための費用は、地震以外の目的に対しては全て損失であるという事もできるが、構造物を耐震にした場合の構造物の耐久性等への寄与や使用者に対する安心感の付与等といった事を考慮すると必ずしも全てが損失であるとは言えない。そこで、重み係数 α を $C.I$ に乗ずることによって、新たに、建設費の増加分の実損失を次のように定義する。

$$D(k) = Q \times C \cdot I(k)$$

したがって、上記の構造物の価値 $V(t)$ に設計震度 k の要素を加えた式が次のように定式化される。

$$V(k, T) = \{1 + (1 - a) \times C \cdot I(k)\} V(t)$$

次に、地震生起確率は、各震度毎の地震が生起する確率をマルコフ連鎖を用いて次のように表わすことができる。

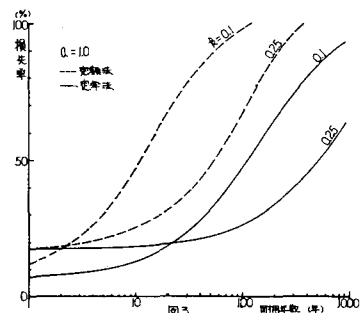
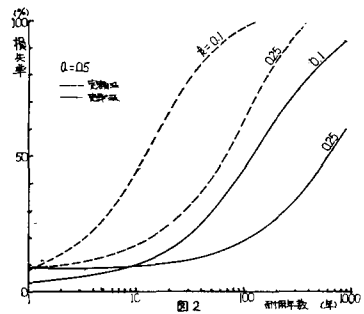
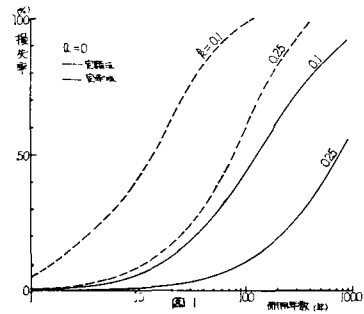
$$P_i(i, t) = \lambda_i \cdot \Delta t (1 - \lambda_i \cdot \Delta t)^{n-1}$$

ここに、 λ は、1ヶ月あたりの地震到着率、添字 i は、 $I > i$ となる気象庁震度階を表わす。

最後に、被害率 B_i^k は、ここでは、復旧費/その時点での再建設費と定義する。この被害率は、現実の技術水準を反映するものであり、将来においては技術の進歩によって減少していくと考えられる。ところで、現実的に考えるならば被害率は過去の地震被害の記録から求めるべきであるが、過去における設計震度毎の被害記録を得ることは困難である。そこで本研究では、設計の理念から考えて、設計震度を越えない地震に対しては、被害率 0%、越えるものに対しては 100% として計算を行なった。しかしながら、この被害率は、より現実的な観点から、数値上の取り扱いについて、さらに検討する必要がある。

③ 計算結果及び考察

計算にあたって、償却率 r は残存価値を零（定額法 0%，定率法 10%）として求めている。これは、耐用年数が来て構造物が壊された時点で、材料としての価値はもつが構造物としての価値は零である、という考え方に基いている。 Δt を 1ヶ月として、地震到着率 λ (回/月) は、気象庁の発表した過去 72 年間の記録により、東京の場合について求めたものを使っている ($\lambda_{III} = 0.2863$, $\lambda_{IV} = 0.0480$, $\lambda_V = 0.0080$, $\lambda_{VI} = 0.0013$, $\lambda_{VII} = 0.3436$, $\lambda_{VIII} = 0.0573$, $\lambda_{IX} = 0.0093$, $\lambda_{X} = 0.0013$)。設計震度としては、気象庁震度階 IV, V に合わせて 0.1 及び 0.25 の値をとり計算を行なった。図-1 は $Q=0$ 、図-2 は 0.5、図-3 は 1.0 とした場合の結果を示したものである。定率法と定額法を比べると、損失率に大きな差が認められ、いずれも定率法の方が低い値を示している。これは、構造物の価値の算定方法によって損失率が大きく左右される事を示しており、また算定に当たっては、定率法が妥当であると言える。実際において、減価償却に定率法が多く使われている事と良く対応している。次に、各価値算定法毎の設計震度と耐用年数及び損失率の関係についてであるが、紙面の都合上細部は当日発表する。(参考文献)



— 設計震度と耐用年数の関係 —

1) Nishioka, T., Shah, H.; Application of the Markov Chain on Probability of Earthquake Occurrence, Proc. of JSCE, No. 298, June 1980.

2) 猪熊 弘久保; 道路橋の設計水平震度の選択に関する考え方, 生産研究 速報 32巻7号, 1980.7.