

○東北大学 学生員 千田 洋
 東北大学 正会員 鈴木 基行
 東北大学 正会員 尾坂 芳夫

1. まえがき

構造物の安全性を評価するには、耐力の情報だけではなく荷重の情報也不可欠である。そこで本研究では地震荷重に着目し過去の地震のデータから最大加速度を求め、それによりn年i番目最大加速度分布を推定し、それが構造物の破壊確率とどのような関係があるのかを考察した。

2. 地震荷重の確率論的評価

地震の資料としては、1885年～1983年3月の地震月報で、マグニチュード、震央の位置のデータを用いた。これは観測データが十分に長くないという欠点はあるが、精度の点ではかなり信用してよいと思われる。ただし、1896～1915年では $M = M - 0.6$ 、1885～1895年及び1916～1925年では $M = M - 0.5$ の補正を行った。これは、“長期間のエネルギー累積曲線の勾配はほぼ一定であり、また1926～1973年における勾配は日本付近に特有の値を示している。”という考えに基づいている。

マグニチュードから最大加速度を求める方法として、建設省から提案されている次式を用いた。

$$a_{max} = 18.4 \cdot 10^0 \cdot 3.02^n \cdot \Delta^{-0.8} \quad \dots (1)$$

ここで a_{max} は最大加速度、 Δ は震央距離、 M はマグニチュードである。しかし、式(1)は震央付近になると合わなくなってくるので、最大加速度の上限値を設定しなければならない。そこで震央直上における最大加速度をもって上限値とした。岡本の墓石の転倒による震央直上における最大加速度の推定より、

$$\{a_{max}\}_{max} = 15.56M^2 - 54.89M + 182.52 \quad \dots (2)$$

式(1)の値が式(2)の値を越えた場合は式(2)の値を採用した。

データ不足を補うために、“ある地域内において十分離れた点における地振動強度の時系列分布は同一母集団に属し、互いに独立である。”という仮定を導入した。そうすると、ある地域内10か所の地点における98年間の最大加速度の計算値は、その地域内の最大加速度の母集団を98年間観測したものとみなすことができる。以上により地震動強度区分図のA地域において、98年i番目最大値分布の分布型を推定すると表-1 のようになった。次に極値理論を用いて、98年i番目最大値分布からn年i番目最大値分布を求めた。

表-1 最大値分布の分布型

i	分布型
1	極値Ⅲ型
2	極値Ⅰ型
3	極値Ⅱ型
4	極値Ⅱ型
5	極値Ⅱ型

3. 解析方法と結果

解析には図-1 のような、ポストテンション方式PC単純Tげた橋の張出し式橋脚を使った。解析断面は、矩形の対称断面で、図-2 の通りである。このような橋脚に自重と上部工死荷重が軸力として作用し、また

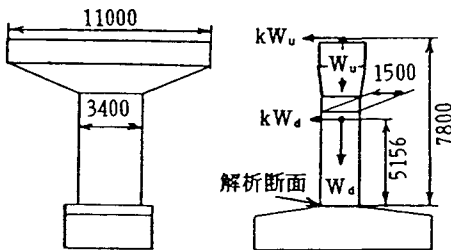


図-1 橋脚寸法

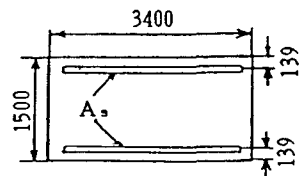


図-2 断面諸元

それらが地震時に慣性力として水平方向に作用するものとする。そうすると解析断面が受ける荷重は、軸力 $N = 1698$ (ton), 曲げモーメント $M_s = k \cdot 12810$ (ton·m)となる。ここで k は震度で、2. において評価した地震加速度を重力加速度で除したものである。破壊形式は曲げによるコンクリートの圧縮破壊とし、耐力算定式はHognestadの理論を用いて次式のようになる。尚、軸力は確定値とした。

$$M_R = (d-h/2) T + (d-h/2) T' + (h-\beta_{ix}) C / 2$$

ここに、 T は鉄筋の引張り応力の合力、 T' は鉄筋の圧縮応力の合力、 C はコンクリートの圧縮応力の合力、 h は断面高さ、 d は有効高さ、 β_{ix} は応力ブロックの高さである。表-2 のような設計変数をそれぞれ正規分布と仮定し、モンテカルロシミュレーションにより曲げ耐力の分布を求めた。シミュレーションの回数は10万回である。結果を図-3 に示す。平均値は2396.0 (ton·m)で、変動係数は4.64%となった。また、この耐力分布は正規分布と思われる。上記の耐力分布と50年 i 番目最大値分布の関係は図-4 のようになった。これらの情報から、数値積分により破壊確率を求めた。図-5 はそれぞれ50年、100年、150年、200年最大値分布を用いて、 i と破壊確率(PF)の関係を示したものである。 i が大きくなるにつれて破壊確率は小さくなっていくが、どれもその減少の割合がほぼ一定となっている。この橋脚は設計震度として0.2という値を使って設計されているが、推定した n 年 i 番目最大加速度分布は震度に直して平均値が0.2~0.3付近に集中している。従って、破壊確率はかなり大きな値となる。

表-2 入力データ

変数	平均値	変動係数
コンクリート終局歪 ϵ_{cu}	0.0035	10%
コンクリート圧縮強度 σ_c'	255 kg/cm ²	10%
鉄筋降伏強度 σ_{sv}	3850 kg/cm ²	6%
鉄筋断面積 A_s	282.7 cm ²	6%
鉄筋ヤング係数 E_s	$2.04 \cdot 10^6$ kg/cm ²	10%

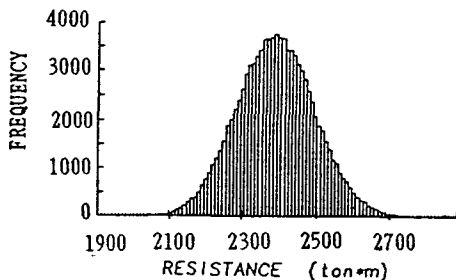


図-3

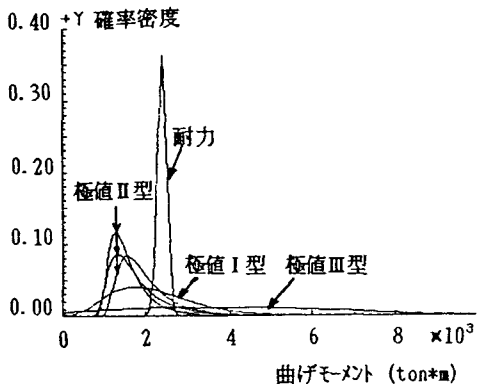


図-4 耐力分布と50年 i 番目最大値分布の関係

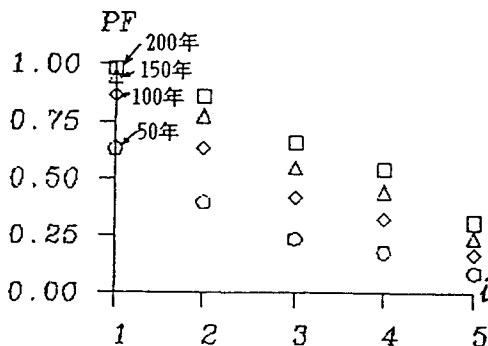


図-5 i と破壊確率(PF)の関係

4. 結び

本研究において算定された破壊確率はその荷重の特性上大きな値をとるが、これが構造物の信頼性とどのような関係があるのか定量的に評価していかなければならない。

参考文献

昭和57年度改訂版 建設省土木研究所編：建設省制定土木構造物標準設計 第6~12巻 手引き（橋台・橋脚・2車線）