

○ 建設省土木研究所 正員 荒川 直士
 〃 〃 〃 〃 〃 川島 一彦
 日本道路公団 和佐勇次郎

1. まえがき

構造物の耐震性検討を目的として地震時動的応答解析を行うに当たっては、対象地点で想定すべき地震動強度を適格に定める必要がある。本小文は、東京湾地区を例にとり、対象地点周辺の既往の地震活動度に基づき、確率的に地震動の最大加速度および加速度応答スペクトルの強度期待値を試算した結果を報告するものである。

2. 解析手法

図1は1885～1979年の間に東京湾湾央を中心とする半径300kmの範囲に発生した地震の分布を示すものである。地震発生状況は地域によりかなり異なる。このため、着目地点周辺の解析範囲を円弧から成る多数のサブゾーンに分割し、年平均地震発生回数および最大地震の規模を各サブゾーンごとに評価するものとした。

いま、サブゾーンの個数をN、第iサブゾーンの単位面積当りの年平均地震発生回数を λ_i 、最大地震のマグニチュードを m_{ui} とすれば、第iサブゾーンで発生した地震によって、着目地点の地震動強度Yがある設定値 y を超える確率は $P(Y > y | E_i) = P(M > m | E_i)$ となる。ここで、 $m (= g(y, r))$ は震央距離rの所で発生した地震による着目点での地震動強度が y となるような地震のマグニチュードであり、切りつめた Gutenberg-Richter 式の場合に、その確率は次式となる。

$$P[M > m | E_i] = 1 - \frac{1 - \exp(\beta_i(g(y, r) - m_{oi}))}{1 - \exp(-\beta_i(m_{ui} - m_{oi}))} \quad (1)$$

したがって、第iサブゾーンの範囲を $r_i = r_{2i} - r_{1i}$ 、 $\theta_i = \theta_{2i} - \theta_{1i}$ とすれば、全サブゾーンで $Y > y$ となる地震発生回数 $\lambda(y)$ は次式で求められる。

$$\lambda(y) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \int_{\theta_{1i}}^{\theta_{2i}} \int_{r_{1i}}^{r_{2i}} P[M > m | E_i] d\theta dr \quad (2)$$

ここで、ポアソン分布を仮定すれば、再現期間 T_R および耐用年数 T_D 内の非超過確率Pは次式で与えられる。

$$T_R = 1 / \{1 - \exp(-\lambda(y))\}, \quad P = \{1 - 1/T_R\}^{T_D} \quad (3)$$

3. 計算例

式(3)により、東京湾湾央部の地震動最大加速度 A_{max} および加速度応答スペクトル $S_a(T)$ の期待値を試算することとした。東京湾周辺は日本海溝、相模トラフ、火山フロント等により地震発生状況が区切られている。ここでは図1に示すように解析地点周辺を5つのサブゾーンに分割した。各サブゾーンごとのマグニチュードと地震発生回数の関数を図2に示す。解析に当たって、Gutenberg-Richter 式の係数に関しては、地域による有意な差はないものとした。また解析に用いた最大加速度 A_{max} および加速度応答スペクトル $S_a(T)$ の距離減衰式は次式である。

$$A_{max} = 46 \times 10^{-0.202M} \times (\Delta + 10)^{-0.4826}, \quad S_a(T) = a \times 10^{bM} \times (\Delta + 30)^c \quad (a, b, c \text{は表1参照}) \quad (4)$$

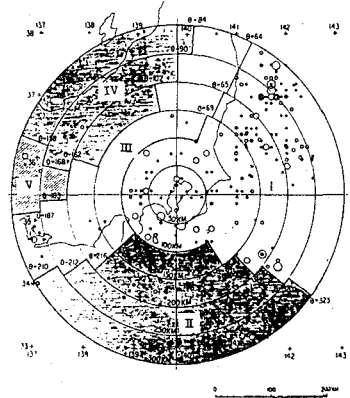


図1 東京湾周辺の地震発生状況(1885～1979年)およびサブゾーン分割

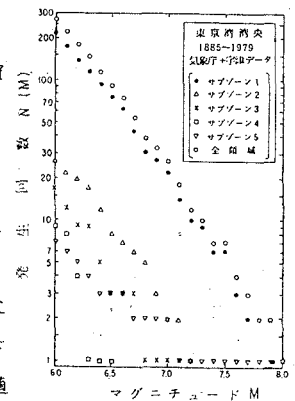


図2 マグニチュードMと発生回数N(M)の関係

式(4)を図化したもの一例を図3、図4に示す。ただし同図中GROUP 1, 2, 3 は地盤種別を示すもので、GROUP 1は道路橋示方書による1種、GROUP 2は同示方書の2種および3種、GROUP 3は同示方書の4種に相当する地盤である。東京湾湾岸部の基盤においては地盤種別をGROUP 1相当と判断し、式(3)及び式(4)に従って A_{max} ~ 再現期間の関係を求めたものを図5に示す。また A_{max} ~ 耐用年数 ~ 非超過確率の関係を図6に、耐用年数 T_D を50年とした場合の S_A スペクトル ~ 耐用年数 ~ 非超過確率の関係を図7に示す。

4. あとがき

構造物の動的応答解析に当っては、入力地震動を、想定地震によるか、あるいは経験的判断によって最大加速度を決めるとともに既往地震記録による波形特性等が用いられて来ている。本小文は、これらの点に着目し、既往の地震活動度を基に確率的に着目地点の地震動強度を求める手法を示したものである。また、解析に用いた地震記録は、SMAC型強震計による記録を短周期補正したものであり、道路橋示方書に示されているものに比し、最大加速度の値としてはかなり大きな値となっている。入力地震動の設定に当っては、最大加速度の値のみに着目するのではなく、周期特性をも包含した形で検討する必要があると思われる。

参考文献

- 1) 岩崎, 川島他: 既往地震活動度に基づく地震動強度の期待値推定法, 土研資料第1696号, 1981
- 2) 岩崎, 川島, 相沢: 地震動強度期待値に及ぼす地域区分の影響, 土木技術資料Vol24-2, 1982
- 3) 荒川, 川島, 相沢: 東京湾地区の地震動強度期待値の一解析例, 土木学会年次学術講演会 1982
- 4) 川島, 相沢, 高橋: 最大地震動および地震応答スペクトルの統計解析, 第6回日本地震工学シンポジウム, 1982.

表1: 式(4)の係数

| T | a | b | c |
|------|-------|--------|---------|
| 0.07 | 1902 | 0.1964 | -1.198 |
| 0.1 | 2543 | 0.2189 | -1.199 |
| 0.15 | 2090 | 0.2024 | -1.120 |
| 0.2 | 1558 | 0.2595 | -1.258 |
| 0.3 | 1140 | 0.3134 | -1.447 |
| 0.5 | 111.0 | 0.2611 | -0.9239 |
| 0.7 | 60.24 | 0.2857 | -0.9687 |
| 1 | 57.69 | 0.3657 | -1.321 |
| 1.5 | 13.47 | 0.4691 | -1.428 |
| 2 | 10.77 | 0.4537 | -1.422 |
| 3 | 2.466 | 0.4849 | -1.331 |
| 4 | 4.433 | 0.3630 | -1.267 |

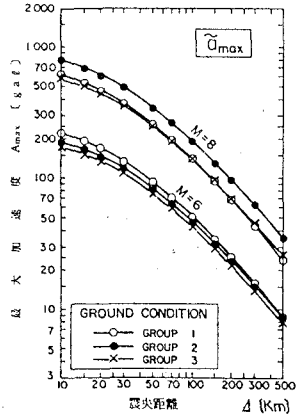


図3 最大加速度の距離減衰

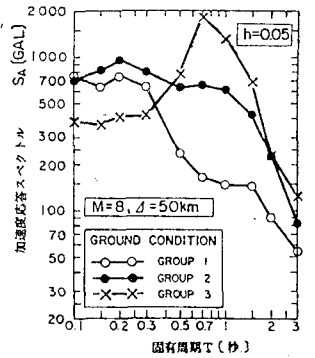


図4 加速度応答スペクトル (M=8)

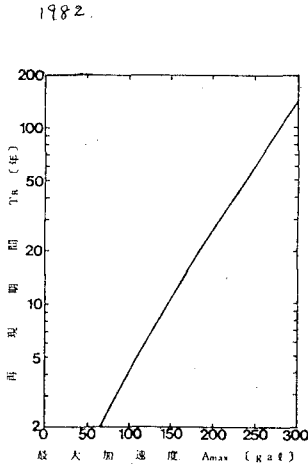


図5 最大加速度期待値に対する再現期間

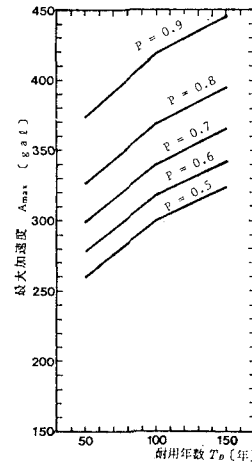


図6 最大加速度と耐用年数の関係

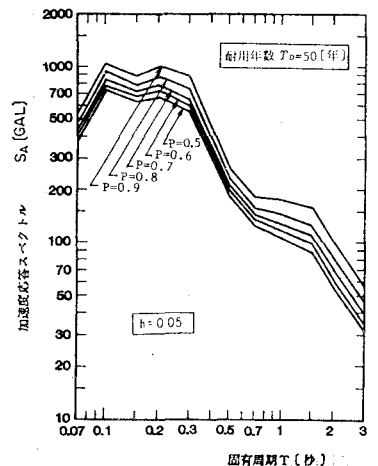


図7 加速度応答スペクトルの期待値