

地震荷重の確率モデルについて

関西大学大学院 学生員 後藤秀典* 香川大学工学部 正会員 白木 渡**
 関西大学工学部 正会員 堂垣正博*

1. はじめに

欧米諸国では、信頼性理論に基づく設計基準、いわゆる、限界状態設計基準が設けられている。一方、わが国では、この種の基準が確立されておらず、設計基準の制定が以前から望まれている。しかし、その基礎となる荷重、特に地震荷重においては、その確率モデルが未だに確立されるに至っていない。

本研究では、地震動に対応した地震荷重の確率モデルを提案する。具体的には、対象地点で発生する地震動の大きさを地動最大加速度で表し、構造物の供用期間中に発生する地動最大加速度の確率モデルとして提案する。

2. 地動最大加速度の確率モデル

設定した地域における歴史地震データから、設定地点の地動最大加速度を算定し、それを確率量で表す。図-1 に算定手法のフローを示す。

2.1 設定条件

本研究では、近畿圏を対象地域に選び、大阪、兵庫、京都、和歌山、奈良、滋賀の5府県の県庁所在地をモデル地点とした。近畿圏で発生した地震のうち、発震年、マグニチュード、震源の経緯度が明確な地震動に限定し、西暦2000年までのデータを利用した。ただし、マグニチュードが5未満の地震動は土木構造物への影響が少ないものと仮定し、その下限値を5.0に設定した。

2.2 距離減衰式による地動最大加速度の推定

千数百年の間に記録された歴史地震を活用し、断層に関する情報も取り入れて地動最大加速度を推定したいが、歴史地震がどの断層で起こったかを判断するだけのデータが十分に揃っていない。それゆえ、地動最大加速度 A_{max} (gal)がマグニチュード M と震央距離 Δ (km)から推定できる

$$A_{max} = 232.5 \times 10^{0.313M} \times (\Delta + 30)^{-1.218} \quad (1)$$

$$A_{max} = 126.8 \times 10^{0.552M} \times (\Delta + 30)^{-1.965} \quad (2)$$

を適用する。ここに、式(1)は道路橋示方書の距離減衰式¹⁾、式(2)は井合らが提案した距離減衰式²⁾である。

2.3 条件付き確率モデル

歴史地震で発生した地震動を距離減衰式により推測し、その値を極値分布に当てはめる。ここでは、Kolmogorov-Smirnov検定を行った結果をもとに、ワイブル分布を適用した。この段階での確率モデルは、構造物に影響を及ぼすような地震動が生起したという条件の下での地動最大加速度の大きさを示している。

2.4 地震動の発生確率

大規模な地震動ほど記録が残っており、規模が小さくなるにつれて記録漏れが多くなる。本研究では、このような記録漏れに対して、 $M5$ レベルの地震動は1890年以降のデータを、 $M6$ レベルの地震動は1700年以降のデータを、 $M7$ 以上の地震動は1300年以降のデータを使用することで、データの不均一性を補正した。このルールに基づくと、供用期間中に地震動が発生する確率は、以下ようになる。

対象地点に $T(>700)$ 年間で n 回地震動が発生した場合、 $M5$ 以上の地震の年発生確率 ν は

$$\nu = \nu_5 + \nu_6 + \nu_7 \quad (3)$$

となる。ここに ν_5 、 ν_6 、 ν_7 はそれぞれ $M5$ レベル、 $M6$ レベル、 $M7$ 以上の地震動の年発生確率である。供用期間 t 年間

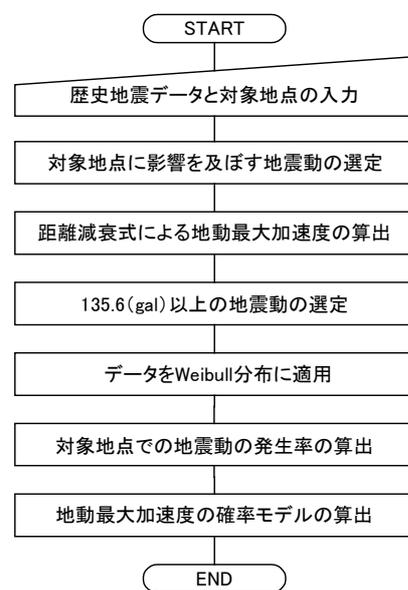


図-1 確率モデルの算定手法

キーワード：地震荷重，確率モデル，地動最大加速度，距離減衰式

* 〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 TEL/FAX 06-6368-0882

** 〒760-8526 香川県高松市林町 2217-20 TEL/FAX 087-864-2243

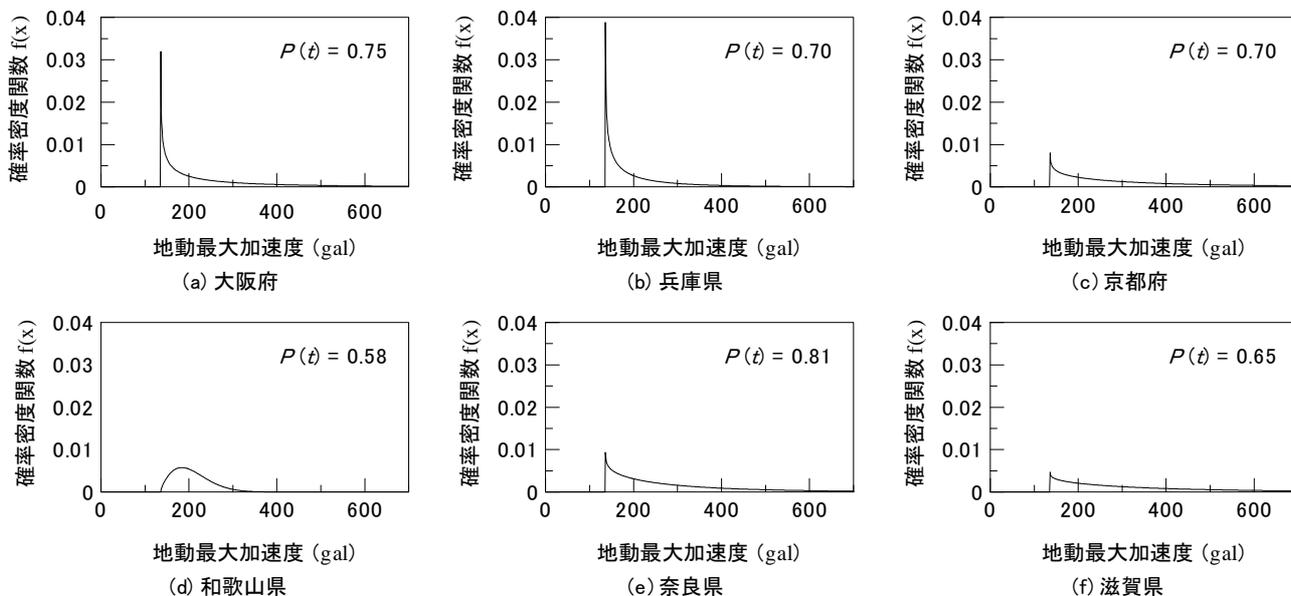


図-2 対象地点における地動最大加速度の確率モデル

に地震動が発生する確率 $P(t)$ は

$$P(t) = 1 - (1 - \nu)^t$$

となる。

3. 解析結果とその考察

以上の手法を用いて対象地点における地震荷重の確率モデルを作成すると、図-2 のようになる。ただし、供用期間は 100 年とした。図中、 $P(t)$ は供用期間中にマグニチュード 5 以上の地震動が発生する確率である。

図から明らかなように、対象地点ごとに確率モデルの分布形状が異なる。特に、和歌山県のモデルはその他の地点と異なり、データのばらつきが少ない。この地域はプレート境界型地震の影響を強く受ける。それゆえ、これはプレート境界型地震の特性を表す確率モデルと考えられる。

さらに、対象地域を近畿圏全域に拡張し、供用期間 100 年、超過確率 10% の値を地図上にプロットし、ハザードマップを作成すると、図-3 のようになる。図からわかるように、近畿南部での等高線は、太平洋岸のプレートとほぼ平行をなし、これらの地域ではプレート境界型地震の影響が強い。また、近畿北中部にみられる値の大きい地域は、過去に大規模な内陸直下型地震が発生したことを示している。

4. あとがき

諸外国には、信頼性理論に基づいた設計基準が設けられている。一方、わが国の鋼道路橋の設計基準は、依然として許容応力度設計法に立脚している。それゆえ、信頼性理論に基づく設計基準への移行が望まれている。信頼性理論に基づく設計基準には、確率量で表現された荷重モデルが必要である。ここでは、地震荷重に着目し、その地表レベルでの確率モデルを提案した。

なお、K-NET の歴史地震データを利用させていただいた。関係各位に深謝する次第である。

参考文献 1) 日本道路協会編：道路橋示方書・同解説・耐震設計編，丸善，1990-2。2) 井合・倉田・向井：地震最大加速度の距離減衰，港湾技研資料，No.724，1992-3，運輸省港湾技術研究所。

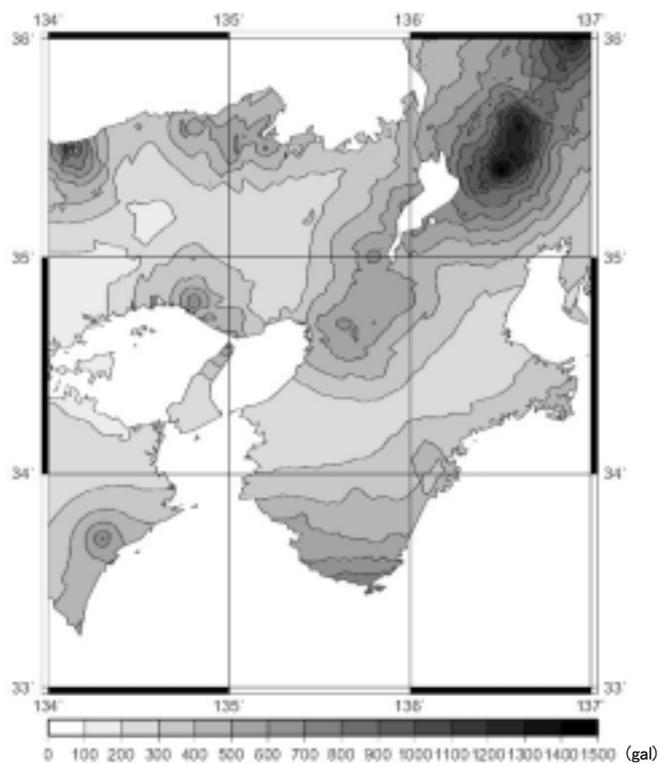


図-3 ハザードマップ