

香川大学工学部 正会員 白木 渡 関西大学工学部 学生員○後藤秀典
関西大学大学院 学生員 山本優也 (株)ニュージェック 正会員 保田敬一
関西大学工学部 正会員 堂垣正博

1. まえがき

今日、信頼性理論に基づく設計基準を常備していることが世界の常識になりつつある。それを受け、わが国の設計基準も、将来、信頼性理論に基づく設計法へと移行されるものと考えられる。そのためには、確率論的に表現された荷重の設計値が必要である。また、以前よりあらゆる構造物に適用できる荷重指針の必要性が唱えられている。このような状態を勘案すれば、荷重の確率モデルが不可欠であろう。

ここでは、地震動に着目し、それに対する荷重の確率モデルを提案する。具体的には、地盤種・震央距離・マグニチュードなどの地震データから対象とする地点の地表加速度を距離減衰式で算出する。そして、そこで得られた地表最大加速度のデータを極値統計学で統計処理し、地震荷重の確率モデルを作成する。

2. 地震荷重モデルの提案

(1)地震荷重モデルの作成手順

地震荷重モデルの作成手順は、以下のようである。

- ①わが国で発生した地震の記録を調査する。
- ②対象とする地域を地盤種別によりゾーニングし、設定したゾーンでの地震の発震年月日、マグニチュード、震源の緯度と経度などのデータを入手する。
- ③距離減衰式から地表最大加速度を推定する。
- ④③で得られた地表最大加速度のデータをもとにヒストグラムを作成する。
- ⑤地震動の性質上、地震荷重の作成に必要なデータが十分に得られないため、少ないデータで統計データの評価が可能な極値統計学を適用する。

以上の①～⑤の過程を経て、地表最大加速度の確率モデルが作成できる。

(2)設定条件

ここでは、対象地域を近畿圏、対象地点を大阪府、兵庫県、京都府、奈良県、和歌山県、滋賀県の府県庁所在地と

した。それぞれの地点の緯度と経度をTable 1に示す。対象地震動は有史に近畿圏で発生した地震の発震年、マグニチュード、震源の緯度と経度が明確なデータを適用した。

Table 1 対象地点の緯度と経度

	N 緯度(°)	E 経度(°)
大阪府	34.68	135.52
兵庫県	34.68	135.18
京都府	35.01	135.75
和歌山県	34.22	135.17
奈良県	34.68	135.83
滋賀県	35.00	135.87

(3)適用する距離減衰式

距離減衰式は、マグニチュードと震央距離から地表最大加速度が推定できる簡便かつ有効な手法である。ここでは、式(1)に示す道路橋示方書³⁾に規定されている距離減衰式(以下、道示の式と称す)と、式(2)に示す井合ら²⁾によって提案された距離減衰式(以下、井合らの式と称す)を適用した。

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

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

ここに、 A_{max} は地表最大加速度、 M はマグニチュード、 Δ は震央距離である。

Fig.1に兵庫県南部地震の観測値、道示と井合らの式による地表最大加速度の推定値を示す。図から明かなように、道示の式は震源から遠い位置での地表最大加速度の推定に適しており、井合らの式は震源近傍での地表最大加速度の推定に適している。そこで、震源近傍では井合らの式を、

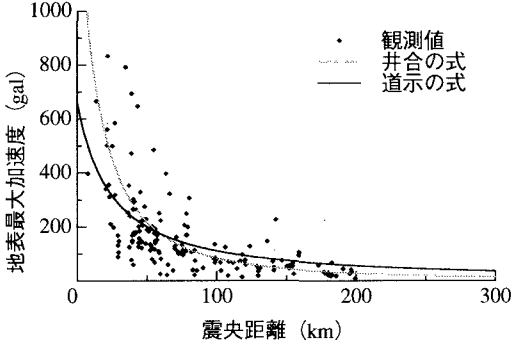


Fig.1 兵庫県南部地震の観測記録と距離減衰式

震源から遠い位置では道示の式を適用した。

(4) データの処理

上述の距離減衰式からTable 1に示す対象地点別の地表最大加速度データを得る。ここでは、マグニチュード $M=5.0$ 以下の地震動は構造物に影響しないと仮定し、式(1)に、震央距離 $\Delta=0$ とマグニチュード $M=5.0$ を代入して得られた地表最大加速度 $A_{max}=135.6\text{gal}$ を下限値とした。

3. 数値計算結果とその考察

一般に、地表最大加速度の確率密度は極値Ⅲ型のワイブル分布に当てはまることが知られている。ワイブル分布は、3つのパラメータ、すなわち、形状係数 k 、最頻値 w 、下限値 ε で決定される。本研究では、下限値 ε を $135.6(\text{gal})$ としたため、残りのパラメータ、すなわち形状係数 k と最頻値 w は、データの標本平均 μ と標本標準偏差 σ から、

$$1 + \left(\frac{\sigma}{\mu - \varepsilon} \right)^2 = \frac{\Gamma(1 + 2/k)}{\Gamma^2(1 + 1/k)} \quad (3)$$

$$w = \varepsilon + \frac{\mu - \varepsilon}{\Gamma(1 + 1/k)} \quad (4)$$

のように求められる。ここに、 $\Gamma(x)$ はガンマ関数で、

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} e^{-t} dt \quad (5)$$

式(3)と式(4)から得られた形状係数 k 、最頻値 w 、下限値 ε をTable 2に示す。この結果を式(6)に代入すれば、対象地点における地震荷重の確率モデルを得る。

Table 2 府県別の計算結果

	データ数 n	形状係数 k	最頻値 w (gal)	下限値 ε (gal)
大阪府	26	0.511	192.98	135.6
兵庫県	13	0.647	194.19	
京都府	23	0.833	357.43	
和歌山県	11	1.487	205.99	
奈良県	26	0.791	273.29	
滋賀県	23	0.847	344.603	

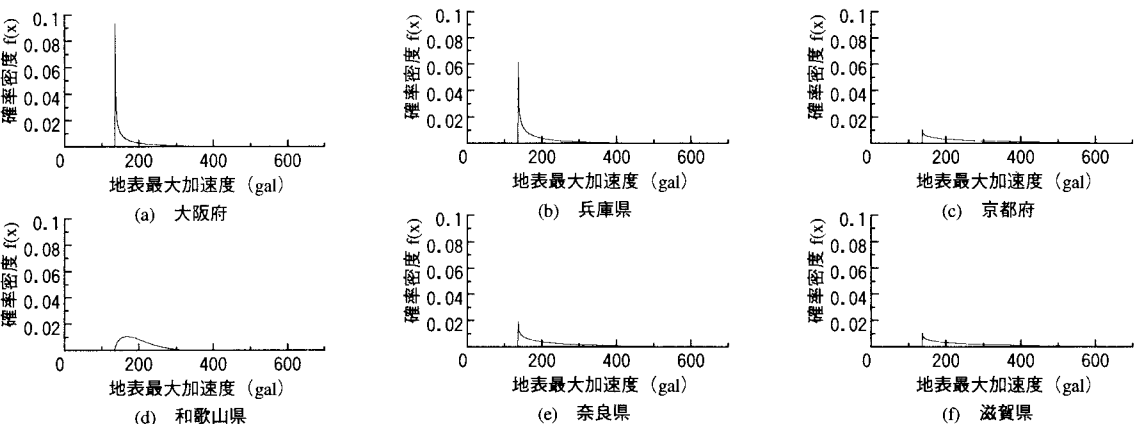


Fig.2 各対象地点における地震荷重の確率モデル

$$f(x) = \frac{k}{w - \varepsilon} \left(\frac{x - \varepsilon}{w - \varepsilon} \right)^{k-1} \exp \left[- \left(\frac{x - \varepsilon}{w - \varepsilon} \right)^k \right] \quad (6)$$

得られた結果を図示すれば、各地点での地震荷重の確率モデルが Fig. 2 のように得られる。図から明らかなように、近畿地方で扱われる地震荷重の確率モデルは以下の3種のタイプに分類でき、対象地点で地震荷重モデルの分布形に違いのあることが明らかになった。すなわち、

- 1) 大阪府・兵庫県：巨大地震の発生率が低い地域の荷重モデル
- 2) 和歌山県：太平洋沿岸で発生するプレート境界型地震の影響を受ける地域の荷重モデル
- 3) 京都府・奈良県・滋賀県：地震の発生率が高く、その規模もさまである地域の荷重モデル

このように、対象地点で地震荷重の形状が異なる。そのため、設計地点に固有の荷重モデルがあらかじめ準備されておれば、より理想的な構造物の設計が可能である。

4. まとめ

地震荷重の確率モデルの作成手法を提案した。その一例として、近畿圏を対象地域とし、大阪府・兵庫県・京都府・和歌山県・奈良県・滋賀県の府県庁所在地での地震荷重の確率モデルを提案した。その結果、荷重モデルは3種類のタイプに分類できることがわかった。

参考文献

- 1) 日本道路協会編：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，丸善，1993-12.
- 2) 井合ら：地震最大加速度の距離減衰，港湾技研資料，運輸省港湾技術研究所，No.724，1992-3.