

I-498 統計的手法による設計震度の評価に関する研究

東北大学 学生員 高桑 靖匡
東北大学 学生員 香取 匡貴
東北大学 正会員 尾坂 芳夫

1 まえがき

我国における構造物の設計は、地震荷重によって支配される場合がかなり多い為、地震荷重の評価は、合理的設計を確立する上で重要な問題の一つである。これまで多くの構造物の耐震設計に用いられてきた震度法における設計震度の決定方法には、明確な根拠があるのではなく、例えば道路橋示方書の耐震設計編では、「標準設計水平震度の値は、従来からの慣行と経験上の事実を総合したうえで、……定めている。」と記されている。また、土木学会の「コンクリート構造の限界状態設計法指針(案)」でも、地震荷重の設定には従来の震度法または修正震度法による設計震度を用いることとしており、その理論的根拠は十分合理的であるとは言い切れない。そこで本研究では、設計方法の限界状態設計法への移行に伴ない、過去100年間の地震記録をもとに、確率統計的手法により設計に用いる震度を評価する事を目的とした。震度は現行の震度法に対応して、日本全国について地盤種別毎に算定した。尚、本研究で扱う震度とは、地動最大加速度を重力加速度で除いたものである。

2 地震記録及び最大加速度算定式

$$A_{max} = Q \cdot 10^{bM} \cdot \Delta^c \cdots \cdots (1)$$

解析に用いる地震記録は、1885年から1984年までの100年間に日本及びその周辺で発生した地震のうち、マグニチュードが4以上の地震記録21665個とした。このうち1885年から1925年までの地震記録は、それ以後の地震記録に比べて精度が低いので、建設省建築研究所の提案に従いマグニチュードを修正して用いた。また、マグニチュードと震央距離から最大加速度を計算するには、地盤種別に震度を評価する点を考慮し、建設省土木研究所が提示している式(1)を用いた。この際、最大加速度の上限値を設定する為に次の条件を取り入れた。

A_{max} : 最大加速度(gal)

M: マグニチュード

Δ : 震央距離(km)

Q, b, c: 定数(表-1)

$$A_{max} = 12M^2 \cdots \cdots (2)$$

表-1 最大加速度算定式(1)中の定数

	a	b	c
1種地盤	28.5	0.207	-0.598
2種地盤	13.2	0.330	-0.806
3種地盤	32.1	0.254	-0.757
4種地盤	6.47	0.423	-0.977

- i) 我国で起こり得る地震の最大マグニチュードは9.2である。
- ii) 震央付近での最大加速度は式(2)で表される上限値を持つ。

3 評価方法

本研究では日本全国から緯度経度0.5度刻みに200ヶ所を解析地域として選んだ。そして、それぞれの地域について地盤種別に年最大震度を算定してこれの分布を推定し、確率論を用いて50年最大震度分布の分布関数パラメータ及び上側5%の特性値を算定した。解析地域の最大加速度には、解析地域の中心から半径25kmの範囲の平均値を用い、分布の推定の際は、工学的に重要な分布の上側の裾の形状を特に重要視する為、年最大震度の上位50個のみを用いた。以下に解析手順の詳細を説明する。

- 1) 計算に必要な地震記録の選択: 21665個の地震記録から、年最大震度の上位50個を計算する為に必要な地震記録を選び出した。
- 2) 年最大震度の算定: 各地震による解析地域の最大加速度を計算して、年最大震度を採し出した。最大加速度の上限値の設定により、解析地域の震度の上限値は、各種地盤についてそれぞれ表-2のように算定された。
- 3) 分布形の選択: 式(3)によって年最大震度に経験的非超過確率を与え、震度の理論値と観測値の差の二乗和が最小となる分布形とその分布関数のパラメータを求めた。分布形としては、極値I型最

表-2 震度の上限値

1種地盤	0.48
2種地盤	1.04
3種地盤	0.84
4種地盤	1.04

大値分布，極値Ⅱ型分布，極値Ⅲ型最大値分布の3種類を仮定し，計算の結果，仮定した分布形と，震度の差の二乗和が最小となった解析地域数は表-3のようになった。これより年最大震度分布として，分布関数が式(4)で示される極値Ⅱ型分布をあてはめることにした。

$$P_m = m / (N + 1) \quad \text{----- (3)}$$

P_m : m 番目に小さい標本の経験的非超過確率 N : 標本数

$$F_X(x) = \exp[-(A/x)^B] \quad \text{----- (4)}$$

$F_X(x)$: 極値Ⅱ型分布の分布関数 A, B : パラメータ

表-3 震度差二乗和最小の解析地域の数

	極値Ⅰ型	極値Ⅱ型	極値Ⅲ型
1種地盤	41	129	30
2種地盤	44	144	12
3種地盤	40	137	23
4種地盤	35	157	8

4) 分布関数の修正: 年最大震度には上限値があるのにもかかわらず，極値Ⅱ型分布は上限値を持たない。従って極値Ⅱ型分布の分布関数を式(5)のように修正して，年最大震度の分布関数とした。

$$G_X(x) = F_X(x) / F_X(R_{max}) = \exp[-(A/x)^B + (A/R_{max})^B] \quad \text{----- (5)}$$

$G_X(x)$: 年最大震度の分布関数 R_{max} : 上限値

5) 年最大震度分布関数の決定: 年最大震度の上位50個が最も良くあてはまるように式(5)のパラメータを計算し，年最大震度の分布関数を決定した。

6) 特性値の算定: 確率論を用いて年最大震度分布から50年最大震度分布を推定し，その分布関数パラメータ及び特性値を算定した。確率論によれば，50年最大震度の分布関数は式(6)のようになる。

$$G_{50x}(x) = \{G_X(x)\}^{50} = \exp[-(50^{1/B} A/x)^B + (50^{1/B} A/R_{max})^B] \quad \text{----- (6)}$$

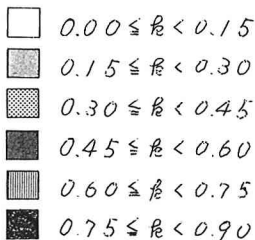
$$= \exp[-(A/x)^B + (A/R_{max})^B] \quad (A = 50^{1/B} A \text{ とする})$$

$G_{50x}(x)$: 50年最大震度の分布関数

4 まとめ

50年最大震度の特性値のうち，1種地盤及び2種地盤についての地域別分布を右下図に示す。今回評価された設計に用いる震度は，あくまで50年最大震度の特性値であり，現行の震度法における設計震度とは性格を異にする。本研究では，得られた値が検討を加えられたうえで限界状態設計法に取り入れられることを想定しており，将来これらの値を基にして，合理的な耐震設計法が確立する事を望む。

凡例 R : 震度



参考文献 1) 建設省建築研究所: 地盤種別地震入力の実験解析，
2) 土岐憲三: 構造物の耐震設計
技報堂出版，3) 岡本舜三: 耐震
工学 オーム社

