

I-B471 最新の基盤加速度データに基づいた地震荷重の変動係数の地域特性

運輸省港湾技術研究所構造部 正会員 米山治男

運輸省港湾技術研究所構造部 正会員 白石 悟

運輸省港湾技術研究所構造部 正会員 上部達生

1. はじめに 港湾構造物および海洋構造物の現行設計法である許容応力度法が限界状態設計法に移行されることを前提に、既に地震荷重の変動係数を求めている¹⁾。しかし、その後の地震データの蓄積により基盤加速度を求めるための地震動の距離減衰式の見直しが行われ²⁾、また、設計震度の地域区分の変更も行われた³⁾ことに伴い、地震荷重の変動係数を算定し直す必要が生じている。そこで本研究では、日本の沿岸地域における最新の基盤加速度データを用いて、設計震度の地域区分ごとに地震荷重(水平震度)の変動係数を算定した。

2. 水平震度の算定法 本研究では港湾構造物を震度法を用いて耐震設計する場合を検討し、構造物の耐用年数N年間の水平震度の最大値(N年最大水平震度)の平均値および変動係数を極値分布を用いて計算する。基盤の最大加速度データは、日本の沿岸地域280地点において、野津ら²⁾が提案した地震動の距離減衰式を用いて1885年1月～1995年5月の最新の地震データから算定した。そして、各地点における最大加速度データの上位20個を極値時系列データとして水平震度に変換して使用した。変換においては、基盤最大加速度と地盤最大加速度は等しいとして、野田・上部の地盤加速度と作用水平震度の関係式⁴⁾である次式を0.59倍したものをを用いた。

$$K_h = (1/3) \cdot (A/g)^{1/3} \quad (A \geq 200 \text{ Gal}), \quad K_h = A/g \quad (A < 200 \text{ Gal}) \quad (1)$$

ここで、 K_h : 最大水平震度、 A : 地盤最大加速度 (Gal)、 g : 重力加速度 (Gal)、である。この式を0.59倍した式は、港湾構造物に対する地域別震度を地域区分ごとに設定した際の基準である³⁾。

3. N年最大水平震度の平均値および変動係数の計算法 水平震度の年最大値または極大値の確率分布関数からN年最大値の確率分布関数を推定することで、N年最大水平震度の平均値および変動係数を算定する必要がある。年最大値または極大値の確率分布関数 $P(x)$ としては、適合性の高い極値分布関数であるグンベル分布とワイブル分布を仮定し、線形回帰分析により確率分布の未知パラメータを求めた。その場合、回帰式で計算された推定データと原データとの相関係数が最大になるときの確率分布関数を最適な確率分布関数とした。

$$\text{グンベル分布: } P(x) = \exp[-\exp\{-(x-B_1)/A_1\}], \quad \text{ワイブル分布: } P(x) = 1 - \exp[-\{(x-B_2)/A_2\}^k] \quad (2)$$

ここで、 $P(x)$: 水平震度の確率分布関数、 x : 水平震度、 A_1, B_1 : グンベル分布のパラメータ、 A_2, B_2, k : ワイブル分布のパラメータ、である。未知パラメータのうち k についてはベトルアスカス・アーガードに従って $k=0.75, 0.85, 1.0, 1.1, 1.25, 1.5, 2.0$ と仮定した。パラメータ算定の際のプロットング公式は、ワイブルプロットング公式を用いた。

$$\text{ワイブルプロットング公式: } P(K_h < x_m) = 1 - m/(n+1) \quad (3)$$

ここで、 x_m : 大きい方から m 番目の最大水平震度、 n : 最大水平震度のデータ数(ここでは20)、 K_h : 最大水平震度、である。各年の水平震度の年最大値の発生確率が互いに独立であれば、年最大値の確率分布関数 $P(x)$ を用いてN年最大値の確率分布関数 $P_N(x)$ が $P_N(x) = [P(x)]^N$ と表される。よって、N年最大値の確率分布関数は、

$$\text{グンベル分布: } P_N(x) = \exp[-\exp\{-(x-B_1-A_1 \ln N)/A_1\}], \quad \text{ワイブル分布: } P_N(x) = \{1 - \exp[-\{(x-B_2)/A_2\}^k]\}^N \quad (4)$$

となる。N年最大値の平均値 x_{Nm} および変動係数 V_N は、グンベル分布に関しては以下の式、またワイブル分布に関しては解析解が求められないため数値積分により算定する。

$$x_{Nm} = (B_1 + \gamma A_1) + A_1 \ln N, \quad V_N = (\pi A_1) / (\sqrt{6} \cdot x_{Nm}) \quad (5)$$

ここで、 γ : オイラー定数 ($\gamma=0.5772$)、 π : 円周率、である。なお、最大水平震度データは、約110年間における上位20個の極値データであるため、上式の N の代わりに $N \cdot (n/K)$ (K : 極値分布の解析に用いたデータの対象年数(ここでは110.4年))とする必要がある。

キーワード: 限界状態設計法、地震荷重、水平震度、変動係数、基盤加速度

連絡先: 〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 運輸省港湾技術研究所構造部海洋構造研究室 TEL 0468-44-5032

4. N年最大水平震度の平均値および変動係数の地域特性

日本の沿岸地域 280 地点における 50 年最大水平震度の変動係数を範囲ごとに分類して示す (図-1)。変動係数が 0.3 以上の○および△の地域は、北海道のオホーツク海側および日本海側、本州の日本海側、東海地方沿岸、瀬戸内海沿岸、四国、九州の北部および西部、沖縄などに分布している。これに対して、0.3 未満の▲および●の地域は、北海道および東北の太平洋側、関東から静岡までの太平洋沿岸、紀伊半島西部、九州南東部などに分布している。ここで、地域別震度の地域区分は A～E の 5 地区である³⁾ (図-2)。E 地区→A 地区の順に地域別震度は大きくなる。図-1 と図-2 を比較すると、東海地方沿岸、四国の太平洋側、九州東部の太平洋沿岸などの一部を除き、地域別震度が大きい地区ほど各地点の 50 年最大水平震度の変動係数が小さいという関係がわかる。続いて、各地域区分に含まれる地点の N 年最大水平震度の平均値および変動係数を地域区分ごとに各々平均し、地域区分ごとの値を算定した (図-3、図-4)。構造物の耐用年数が長くなるほど、また地域別震度の大きい地区ほど、最大水平震度の平均値は大きく、変動係数は小さくなる傾向にある。ただし、図-4 に示す A 地区、B 地区の変動係数については順序が逆転している。A 地区の中で東海地方沿岸などの変動係数が大きいことが原因と考えられる。耐用年数 50 年は地域別震度を設定した際に用いた再現期間 75 年に相当する³⁾。そこで、地域区分ごとの 50 年最大水平震度の平均値と地域別震度を比較すると、A～C 地区ではほぼ同程度、D 地区、E 地区では前者がやや小さいが、全体的にはおおむね良い一致を示している。

5. おわりに 最新の基盤加速度データを用いて地震荷重 (水平震度) の変動係数の地域特性について検討した。限界状態設計法の適用時に必要となる地域区分ごとの地震荷重の荷重係数を算定することが今後の課題である。

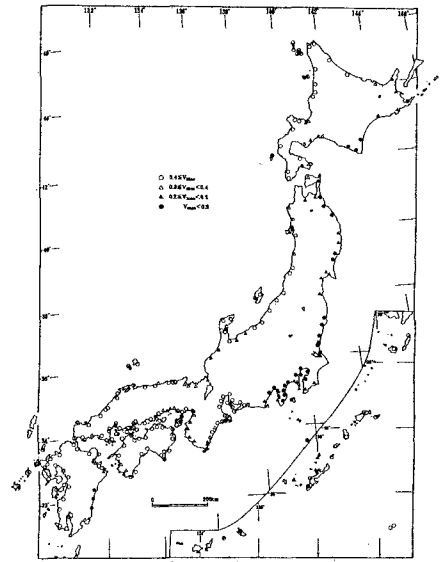


図-1 50 年最大水平震度の変動係数の地域特性

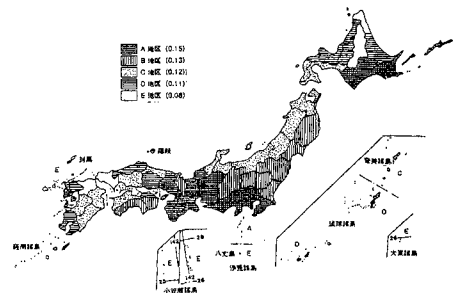


図-2 地域区分と地域別震度

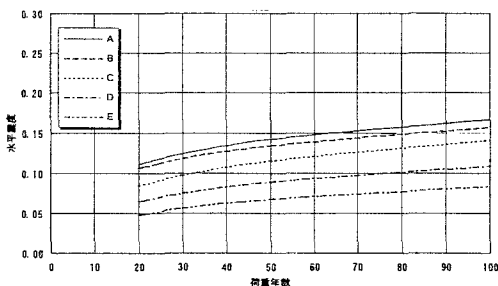


図-3 N 年最大水平震度の平均値 (地域区分ごと)

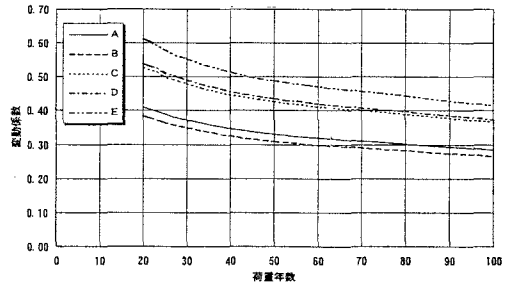


図-4 N 年最大水平震度の変動係数 (地域区分ごと)

参考文献

- 1) 白石悟他：限界状態設計法における地震荷重の荷重係数の検討、港湾技研資料 No.708、1991.6、27p.
- 2) 野津厚他：距離減衰式から推定した地盤加速度と設計震度の関係、港湾技研資料 No.893、1997.12、104p.
- 3) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、1999.5 (発行予定)
- 4) 野田節男他：重力式岸壁の震度と地盤加速度、港湾技術研究所報告、第 14 巻第 4 号、1975.12、pp.67～111