

広島技調技術情報誌 平成20年(2008年) 12月発行

# 広島技調じゃけん！通信

## 第5号

### - Contents -

#### ●設計技術研修

・平成20年12月3～5日開催

#### ●連載【第3回】

・部分係数法と安全率法(その1)

#### ●業務成果

- ・局地気象モデルを導入した台風時の海上風高潮・波浪の推算(その2)
- ・港湾における地振動の設定について(その4 地震動の設定方法)

### - 設計技術研修 -

平成20年 12月3～5日開催

#### ■研修概要■

- ・基準改正の概要
- ・波浪推算
- ・係留施設の耐震設計と演習
- ・新基準における地盤の設計定数の求め方と設計方法
- ・地震動について
- ・防波堤の設計法と演習

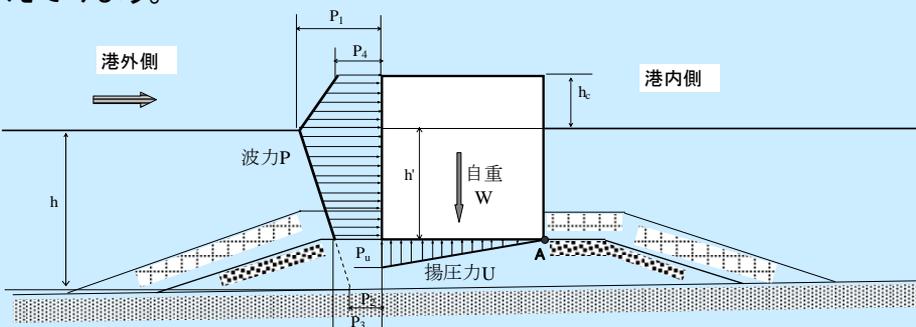


### - 連載 -

#### 【第3回】 部分係数法と安全率法 (その1)

広島大学大学院 工学研究科 土田 孝 教授

昨年改訂された港湾施設の技術上の基準では、仕様規定型から性能規定型の設計体系に変更するとともに信頼性設計が大幅に導入されている。信頼性設計法にはレベル1からレベル3までであるが、改訂基準で採用されているのは主にレベル1の部分係数法である。従来の安全率法から部分係数法に変わること、設計の方法がどのように変わったのだろうか。下図のような防波堤の滑動に対する安定について、考えてみよう。



設計の対象となる波高による波力は、図に示す合田の波圧公式を用い、水平方向の波圧合力 $P_H$ とケーソンの下面に上向きに作用する揚圧力 $P_B$ を計算する。ケーソンを滑動させようとする力は $P_H$ であり、これに抵抗するのはケーソン底面の摩擦力である。

ケーソンの全重量を $W$ 、摩擦係数を $f$ とすると、ケーソンの上向きに浮力 $P_B$ と揚圧力 $P_U$ が作用しているので、摩擦力 $R$ は、 $R=f \cdot (W - P_B - P_U)$ となる。ここで滑動に抵抗する力と滑動させる力の比を安全率と定義し、この比が所定の安全率よりも大きくするように設計するのが従来の安全率法である。式で表すと(1)式のようになる。

$$\frac{f \cdot (W - P_B - P_U)}{P_H} \geq F$$

【(1)式】

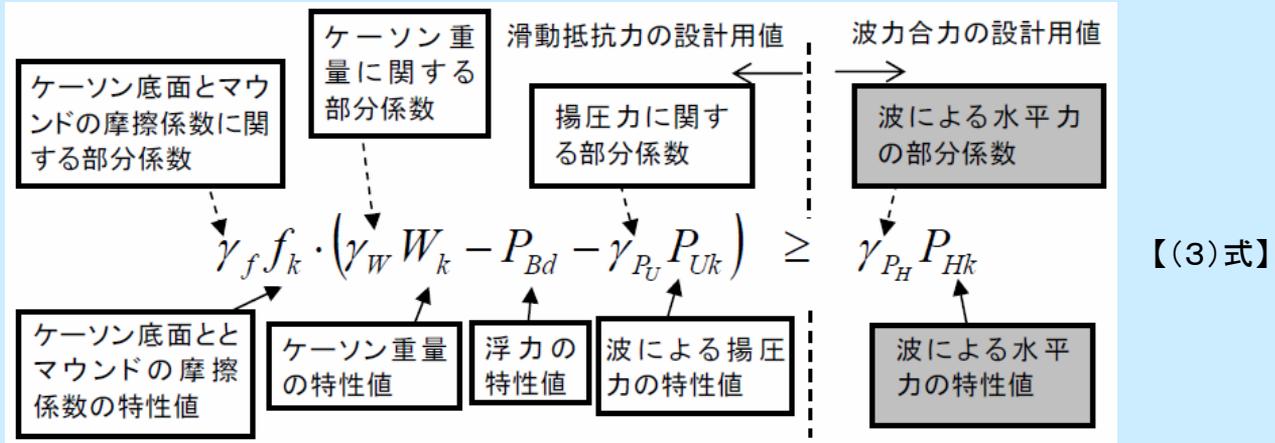
このように安全率法は設計に用いるパラメータについて代表的な値を設計値として計算し、最終的に抵抗値と外力の比を安全率として

(抵抗値)/(外力) ≥ 安全率 を満足するように設計する方法である。

算定した抵抗値や外力がすべて確実な値であれば、安全率が1を少しでも上回れば安全は確保されるが、実際には設計で用いる各パラメータの値にばらつきや不確実性があり、さらには設計の理論にも不確実性があるので、これらをカバーするために経験的に設定した安全率を用いる。防波堤の滑動安定においては通常1.2が用いられるので、(1)式は次式のように表される。

$$f \cdot (W - P_B - P_U) \geq 1.2P_H \quad \text{【(2)式】}$$

一方、部分係数法を導入した新基準では滑動安定の照査式は次式のようにになっている。



$f_k, W_k, P_{Uk}, P_{Hk}$ はそれぞれ摩擦係数、ケーソン重量、揚圧力、波圧合力の「特性値」である。特性値というのはそれぞれのパラメータの代表的評価値であり、安全率法では設計値に相当する。(3)式のように、部分係数法では、各特性値に対してそのばらつきや不確実性を考慮するために設定した部分係数をそれぞれ乗じて設計用値を計算する。

(3)式では左辺が滑動抵抗力の設計用値、右辺が滑動をさせる力である波力合力の設計用値であり、

**滑動抵抗力の設計用値 ≥ 波力合力の設計用値**

とするのが部分係数法である。

(1)式と(3)式を比較すると、部分係数法ではいままで安全率という一つの数字でカバーしていた不確実性を各設計定数ごとに「個別に」かつ「安全側の方向に」設定した方法であることがわかる。

たとえば抵抗力の算定に用いられるケーソン底面の摩擦係数については不確実性が高いため0.79を乗じて低減し、外力である波圧合力の不確実性は、1.04(水深変化が緩いとき)、1.17(水深変化が急なとき)によって増加させるのである。

部分係数法は、従来の安全率法と比べどのような長所があるだろうか？ 安全率法では各構造物ごとに安全率が経験的に設定されており、防波堤の滑動の例でもなぜ1.2以上なのか、その値が構造物の信頼性(たとえば破壊確率)とどのような関係があるのかという説明が十分なされていなかった。すなわち、構造物の安全性に関する「性能」に関する説明責任を十分に果たせないのである。

また、実績が十分にある構造物では、経験的に定められている安全率の妥当性が裏付けられているといえるが、全く新しい形式の構造物の場合や部分的に新しい技術を導入する場合は、安全率をどのように設定すればよいか常に問題となり、開発した技術を実際に活用する上で大きなハードルとなっていた。さらに安全率というひとくくりのパラメータですべての不確実性が処理される設計体系では、個々の設計定数の不確実性が研究により解明されても、それらを活かして設計法を合理化しコストを削減することが困難であった。

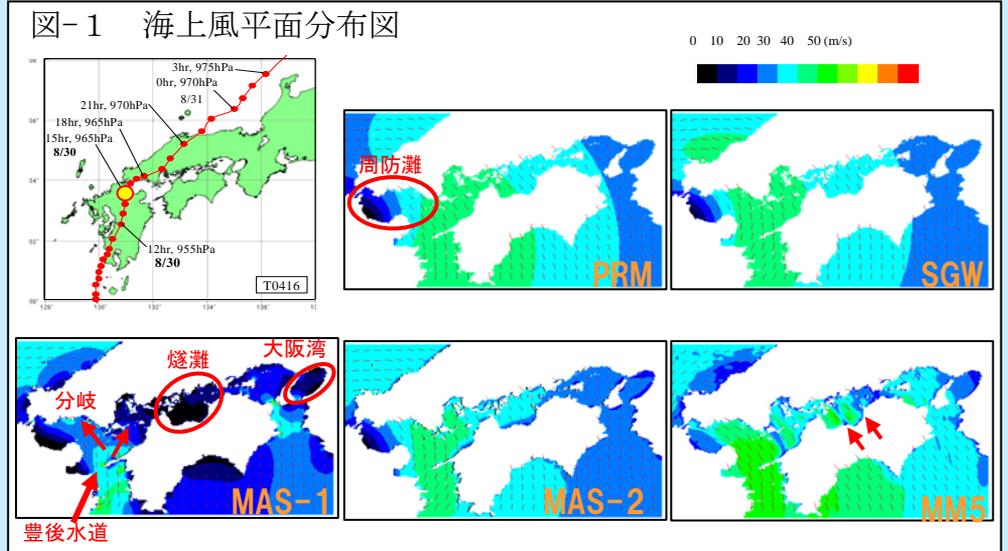
部分係数法は、安全率という一つの数字でカバーされていた不確実性を、構造物の信頼性が一定のレベルになるように、個々の設計定数に分解し部分係数として設定しているということができる。したがって、今後、たとえば、ケーソン底面の摩擦係数の不確実性が技術開発によって減少させることができれば、 $\gamma_f$ の値をより大きくし、コストを低減させることも可能になる。ISOやユーロコードなど国際基準において広く用いられている点も部分係数法の大きな長所であり、その導入はある程度必然的な流れであるともいえる。このように大きな長所を有する部分係数法であるが、今回は部分係数法導入の短所について考えてみたい。

$\gamma_f$	0.79
$\gamma_W$	コンクリート 0.98 砂 1.01
$\gamma_{P_U}$ と $\gamma_{P_H}$	水深変化が緩い時 1.04 水深変化が急な時 1.17

部分係数の値

【調査課】

前号まで：従来の海上風推算モデル（経験的台風モデルやマスコンモデル）では島嶼域の瀬戸内海では海上風の再現性が難しかった。そこで気象物理過程を考慮した局地気象モデルMM5の導入についてまで報告しました。今号は海上風について現地観測で得られた観測値と従来モデルの推算結果とを比較、検証について報告します。



豊後水道

1. 海上風推算結果

図-1は各海上風推算モデルの推算結果の平面分布を示します。従来の経験的台風モデル (PRM, SGW) では全く陸上地形が考慮されていないことが分かります。また、マスコンモデル (MAS-1, 2) は陸域が考慮されていますが、島背後や高知沖が過小に算出されています。一方、今回導入した局地気象モデルでは、従来のモデルに比べ、陸域の影響を細かく反映し、高知沖など過小に算出することなく、島に囲まれた瀬戸内海の風場の再現性を向上することが出来ました。

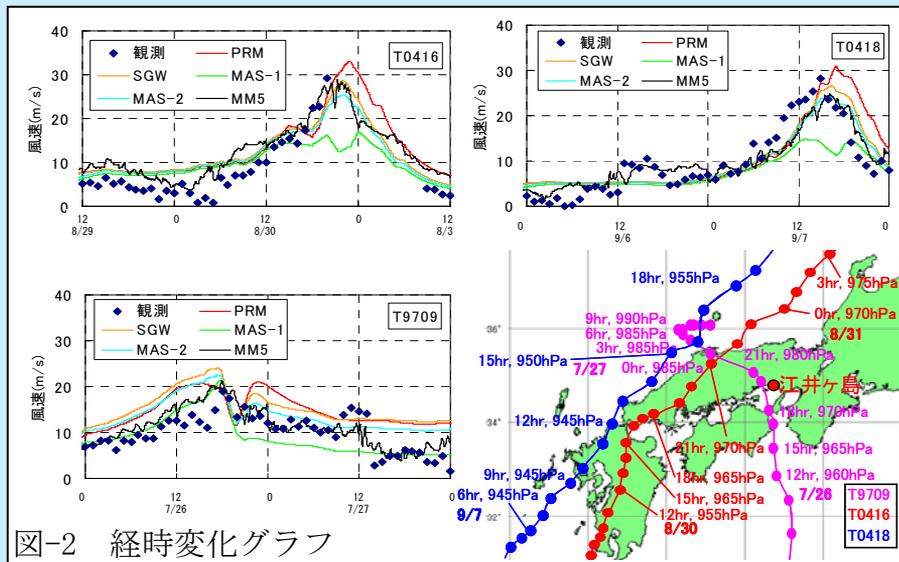


図-2 経時変化グラフ

次の図-2は、観測値と推算値の経時変化グラフを示します。このグラフからも、これまでの推算モデルに比べ、局地気象モデルは、非常に再現性のよい結果が得られていることが分かります。この局地気象モデルの推算結果を入力条件として、高潮及び波浪推算モデルによる再現性の確認を行います。

2. 高潮推算

局地気象モデルMM5にて推算された海上風を入力条件に、これまで使用されてきている高潮推算モデル（単層・非線形長波方程式モデル）を用いて推算精度の確認を行いました。

3. 高潮推算結果

図-3の高潮偏差の平面図でもわかるとおり、海上風の推算結果の違いが、高潮推算結果に現れています。高潮偏差の観測値と推算値の関係は図-4のとおりとなりました。従来の海上風推算値を入力条件にした場合と比べ、局地気象モデルの推算結果を用いた場合では、一部過大な値が出る地点もありますが、全体的に偏りやバラツキが小さくなっており、非常に良い結果を得ることが出来ました。

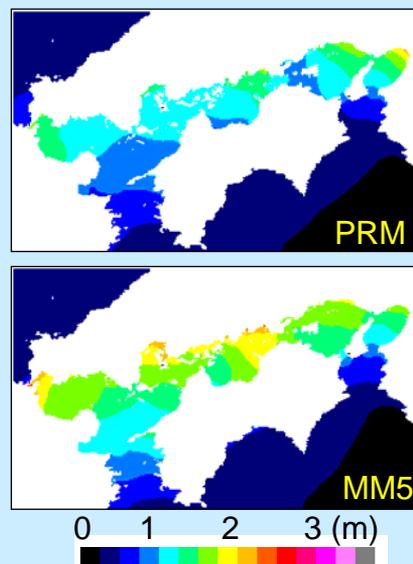


図-3 最大高潮偏差の平面分布

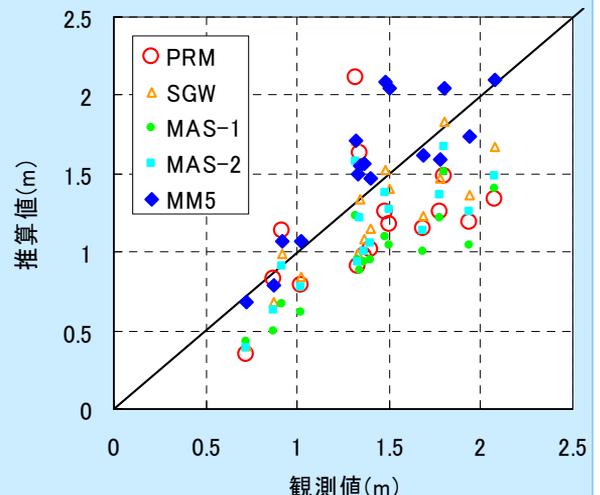


図-4 最大高潮偏差の観測値と推算値の相関性(T0416)

波浪推算結果については次号以降に報告します。

- 港湾における地振動の設定について(その4 地震動の設定方法) -

【技術開発課】

前回は広島技調で観測している地震データの概要について説明しました。今回より、地震動の設定方法について説明をしていきます。

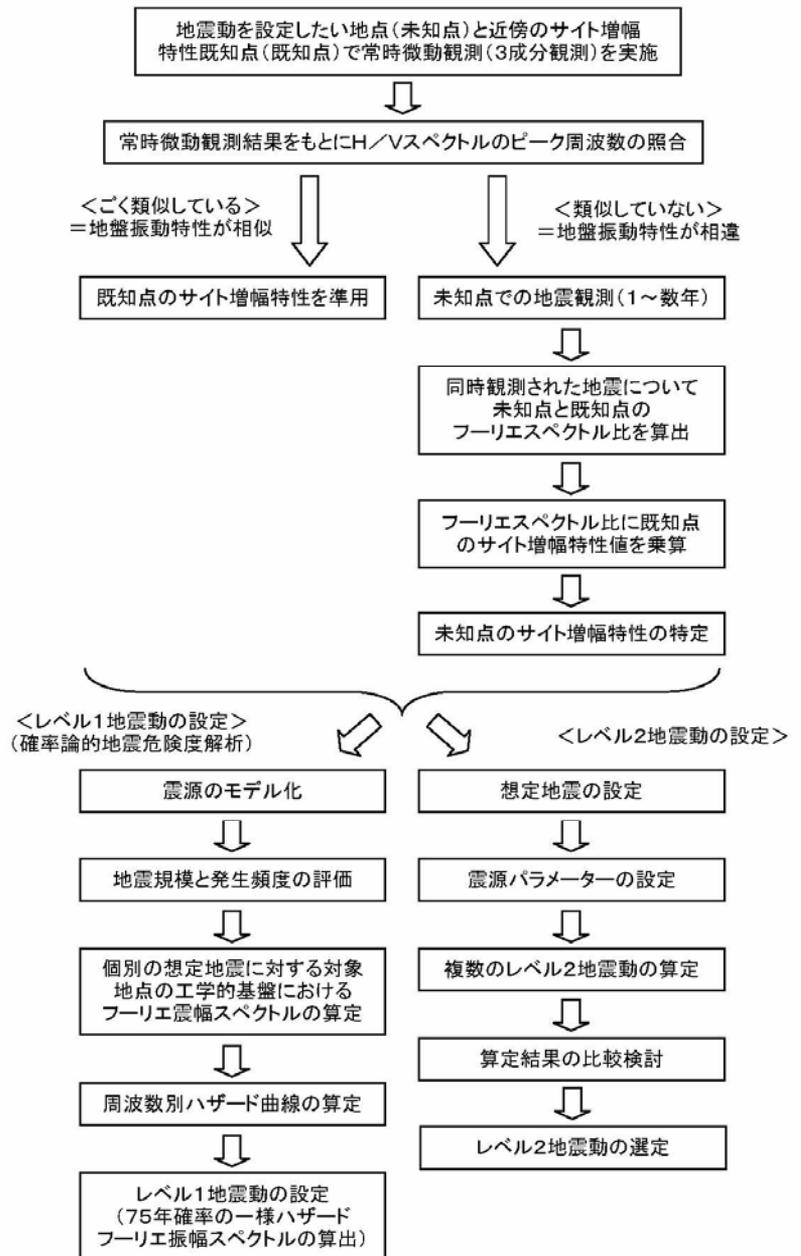
まず、右図にレベル1及びレベル2地震動の設定までの基本的な流れを示します。

地震動にはレベル1地震動とレベル2地震動の二種類があり、それぞれの定義は告示により次のとおり示されています。

「レベル1地震動は、地震動の実測値をもとに、震源特性、伝播経路特性及びサイト特性を考慮して、確率論的時刻歴波形を適切に設定するものである。レベル2地震動は、地震動の実測値、想定される地震の震源パラメータ等をもとに、震源特性、伝播経路特性及びサイト特性を考慮して、時刻歴波形を適切に設定するものとする。」  
レベル1地震動は地震の発生確率(再現期間75年)を考慮して地震動を設定するのに対し、レベル2地震動では対象港湾に最も厳しい揺れをもたらす地震を選定し、地震動を設定していきます。

それでは次号より、図の流れにより順次概説していきます。

図 レベル1及びレベル2地震動設定までの基本的な流れ



- 雑記帳 -

気付けばすっかり冬です。毎日寒いですね。お布団から中々出れません。ですが冬は年末から年始にかけてイベントが沢山あるので街が華やいで見えます。中でもクリスマスはあちこちでイルミネーションがされたりしていて、なお、綺麗に見えますね！本来クリスマスはどここの国でも家族と一緒に過ごすのが基本のようで、恋人と一緒に過ごしたり各販売店が商戦に勝負をかけたりますのは日本くらいなようです。アメリカの軍事基地では毎年12月24日にレーダーを使ってサンタクロースを発見し、戦闘機で追跡するつもりで捜索をしているそうです。未だに追跡できたことがないようですが、大人になっても夢を持つことは素敵なことですね。

発行:国土交通省 中国地方整備局 広島港湾空港技術調査事務所  
〒730-0029 広島市中区三川町2-10 愛媛ビル6F  
【TEL】082-545-7015 【FAX】082-545-7019  
【URL】<http://www.pa.cgr.mlit.go.jp/gicyo/>  
【e-mail】[info-hg87s3@pa.cgr.mlit.go.jp](mailto:info-hg87s3@pa.cgr.mlit.go.jp)



ご意見、ご感想をお待ちしております。