

港湾設計業務シリーズ

港内波高計算システム(水深変化モデル)

商品概説書

— 目 次 —

1.	はじめに	1
1.1	まえがき	1
1.2	システムの特徴	1
1.3	システムの制限事項	2
1.4	システムの動作条件	2
2.	機能説明	1
2.1	計算理論及び、適応性について	3
2.2	計算条件について	4
2.2.1	規則波・不規則波共通データ	4
2.2.2	不規則波用データ	4
2.2.3	境界分割率について	6
2.2.4	メッシュピッチについて	6
2.3	データ作成についての制限事項及び、注意事項	7
2.3.1	水深線設定について	7
2.3.2	水域閉線設定について	9
2.3.3	水深領域設定について	10
2.4	碎波について	13
2.5	複雑な形をした港湾形状を有する場合の注意事項	14

1. はじめに

1.1 まえがき

本説明書は当社が開発する港湾設計業務シリーズパッケージプログラムのうち、「港内波高計算システム（水深変化モデル）」について説明したものです。

尚、この製品は愛媛大学工学部 環境建設工学科 中村教室の論文「任意平面形状を有する堤体構造物まわりの波変形の解析法について」をベースに、水深変化を柵形に与えることによって水深変化による影響を考慮できるよう拡張した「鉛直線グリーン関数法による水深変化を伴う港湾域の波高分布の算定法」を元に作成されたものです。お手元のパソコンで簡単に入力ができ、手軽に解析可能となりましたのでご利用ください。

1.2 システムの特徴

本システムは、防波堤計画に必要となる波高分布をV.L.G関数法(Issacson による Vertical Line Green's function[鉛直線グリーン関数法])に基づいて計算しますが、沖防波堤のように壁厚が波長に比して小さくなる場合や、直立消波護岸などの低反射構造物にも適用できるよう修正を加え、従来よりも汎用性のあるしかも効率的な算定が可能となっています。また、水深を柵形に分割し、境界分割法を用いて近似することにより、水深変化による波の変形を考慮します。

さらに、港湾形状・沖防波堤の設定にタブレット読み込みや、DXF・CSVファイル読み込みを用いることにより、簡単に任意形状を入力できるよう考慮されています。

また、複数の港湾形状・港湾開口部が入力可能となっており、港湾平面形状、波浪諸元に関わらず入力が容易で遮蔽された領域がある場合でもデータを分割することなく一度に計算可能です。従って、データ作成者の熟練度に関わらず、初心者でも一般的に解法が行えます。

本システムには、以下のような特徴があります。

- 港湾形状の入力には、タブレット読み込み、DXFファイル読み込み、CSVファイル読み込みなどを用意しています。
- 多方向不規則波、規則波の解析が可能です。
- 計算結果は、定常解となっていますので、境界条件が一致していれば、一定の解析結果が算出されます。
- 構造物の壁厚が考慮できるため、壁体厚が変化する場合の効果も考慮できます。
- 港内の水深を柵形に分割し、境界分割法を用いて近似する事により、水深変化による波の変形（屈折、浅水変形）を考慮します。ただし、碎波による波高の減衰等の影響は考慮できません。そのような条件の解析を行うことは可能ですが、解析結果の妥当性はありません。
- 港湾境界に任意の反射率を与えることが可能となっています。
- 複数の港湾開口部や遮蔽された領域がある場合でもデータを分割することなく一度に計算可能です。
- 港湾形状の変更や追加などCAD画面を用いることにより、容易に行うことができます。
- 不規則波の波高分布は、規則波の結果をエネルギー的に重ね合わせる方法を用いて計算します。
- 港外からの進入波、港内における低反射条件を考慮した多重反射、多重回折が考慮できます。
- 作図図面として「回折係数分布図」「実波高分布図」「回折係数コンター図」「実波高コンター図」を用意しています。
- 分布図とコンター図を重ねて作図することが可能です。
- コンター線の任意の位置に標高を記入することができます。
- 分布図は、指定した位置から一定間隔で記入できます。
- 作図データがDXFファイル形式に出力可能です。
- 作図イメージが画面で確認可能です。

1.3 システムの制限事項

[使用機種]

- グラフテック社製 タブレット KD及び、KWシリーズ
- ※ 現対応OSでは、動作しません。

[データ容量]

- 最大構成座標数(入力値) 10000点

1.4 システムの動作条件

オペレーティングシステム

Microsoft Windows10
Microsoft Windows8.1
Microsoft Windows7

メモリ

2GB以上（推奨 4GB以上）

ハードディスクの空き容量

アプリケーション用に20MB程度

モニタ

1024×768と同等、またはそれ以上の解像度を推奨

マウス・プリンタ

使用するオペレーティングシステムに対応したもの

その他

Microsoft .NET Framework Version 4.5.X以上
ヘルプ表示用にADOBE READER

- ※ ただし、使用メモリー量は、計算する港湾領域・波浪条件により変動します。領域が同等の場合、入射波周期が長い場合と短い場合では、短い方がメモリーを多く消費します。また、大領域の解析を行う場合は、できるだけ多くのメモリーを搭載していただくことを推奨します。また、計算に必要なメモリー量が搭載メモリー量を越えた場合、ハードディスクをメモリー代わりに使用するため、計算は行いますが処理が非常に遅くなりますので注意してください。

2. 機能説明

2.1 計算理論及び、適応性について

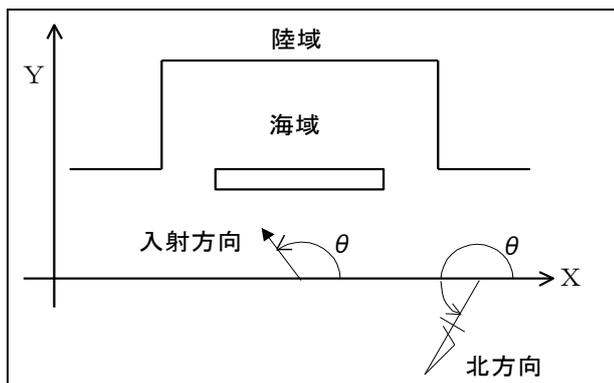
本システムの計算理論及び、適応性について「水深変化を伴う港湾域の波高分布の算定法－グリーン関数法に基づく近似解法－」を別冊として用意しております。計算理論など不明な点や本システムの適応性については、そちらを参照してください。

2.2 計算条件について

本システムでは、波高解析を行うために、計算条件として各種データを設定する必要があります。

2.2.1 規則波・不規則波共通データ

- ・ 入射波高値(m)
 - ・ 入射波周期(sec)
 - ・ 設計潮位(m)
 - ・ 最浅地盤高(m)
 - ・ 入射角(度)
 - ・ 磁北の角度(度)
 - ・ 入射方向の16方位表記
-
- ・ 設計潮位、最浅地盤高からプログラム内部で最も浅い位置の水深を計算します。その水深を用いて、境界分割波長及び、メッシュピッチの推奨値を計算します。各水深領域の水深は、別途設定します。
 - ・ 本システム内部では、データの座標系として数学座標を採用しています。従って、入射角及び、磁北の角度は、数学座標のX軸からY軸に向かう方向を正とした角度を設定してください。



2.2.2 不規則波用データ

- ・ 方向分布関数の分割数(方向分割数)
不規則波は、無数の方向の波が重なり合って合成されていると考えられます。計算上はいくつかの方向の波を合成して実際の波を近似します。
方向分割数は、計算時に考慮する代表的な波向方向の数を指定します。各方向への波のエネルギー分布は方向集中度パラメータを使用して自動的に決定されます。尚、波の有効入射角の範囲は別途に指定します。
- ・ 方向集中度パラメータ(Smax)
不規則波は複数の方向の波が重なり合って合成されていると考えられます。方向集中度パラメータは、卓越波向方向へのエネルギーの集中度を示す値です。一般に以下のような値を用います。

a.風波	$H0/L0 > 0.03$	Smax=10
b.減衰距離の短いうねり	$0.03 \geq H0/L0 > 0.015$	Smax=25
c.減衰距離の長いうねり	$0.015 \geq H0/L0$	Smax=75

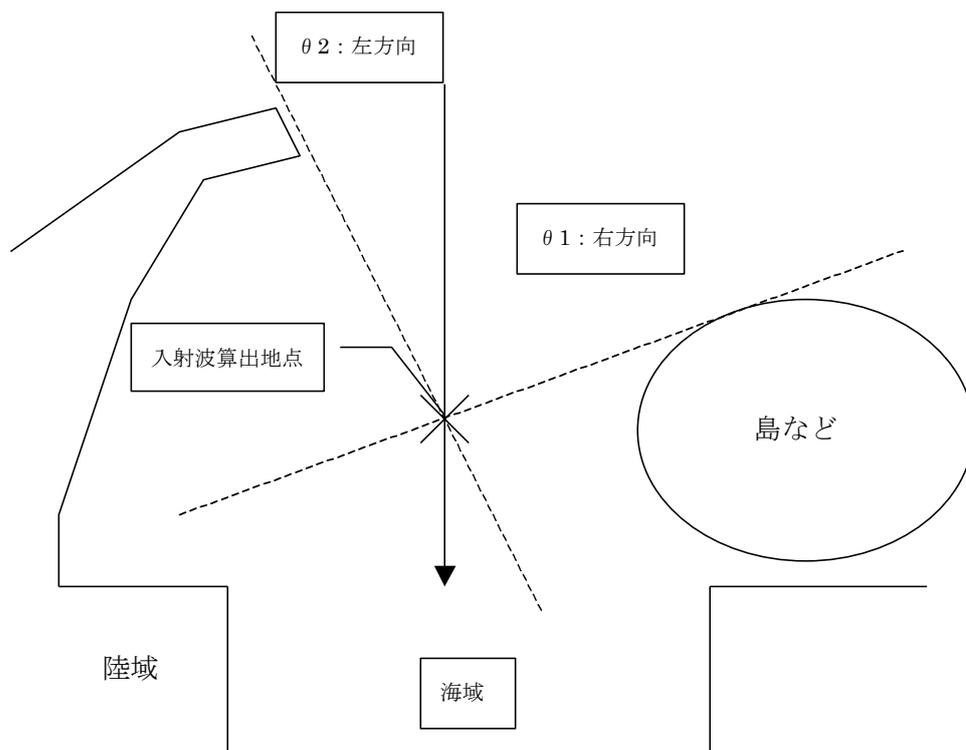
注) $H0/L0$ は、深海波の波形こう配です。

- 入射方向より右方向・左方向の成分波の広がり

成分波の広がりとは、来襲波(入射波)を推算あるいは推定したとき、既に島や岬などの障害物の影響が考慮されており、その障害物を波高計算のデータとして必要とせず、入力しない場合に設定します。設定の仕方は、下図に見られるように幾何光学的な関係を利用するのが一般的です。

一方、障害物の沖側で来襲波(入射波)を推算あるいは推定したときには、障害物を波高計算データの一部として入力すればよく、このとき障害物の影響は計算内部で自動的に考慮されることから、成分波の広がり、右方向(90度)～左方向(90度)に設定すればよいことになります。

成分波の広がり設定方法を下図に示します。



※ 左右の角度の設定は、入射波算出地点に自分が立つと考えて沖側に向いて考えるのがわかりやすいと思います。また、エネルギーは、指定した角度内で100%になるように分割されます。従って、角度をカットすればその分、中心部分にエネルギーが卓越するようになります。

- 周波数スペクトルの分割数(周期分割数)

不規則波は、無数の周期の波が重なり合って合成されていると考えられます。計算上は有限個の異なる周期の波を合成して実際の波を近似します。周期分割数は計算時に合成する波の周期の数を指定します。分割数だけ指定すれば波の諸元は自動的に計算されます。

2.2.3 境界分割率について

本システムでは、水深(設計潮位－最浅地盤高)と入射波周期より、計算波長を算出(※)し、本項目で指定した分割率により分割波長を算出し、境界を分割します。

画面には、現在指定されている境界分割率から計算した分割波長が表示されています。港湾形状が複雑な場合や、波長に比較して壁厚が小さい部材がデータとしてある場合は、できるだけ最小の部材幅に近い値になるように分割率を設定した方が良好な結果が算出されます。

また、比較的単純な港湾形状や、壁厚の小さい部材が無い場合はおおむね、規則波で 1/8、不規則波で 1/4 程度でほぼ収束すると思われます。

計算を行う上で注意すべき点を以下に示します。

※ 不規則波の場合は、さらに周期分割により算出された最低周期を用いて計算波長を算出します。

- ・ 分割波長に比較してあまりにも壁厚が小さくなる場合
分割波長に比較してあまりにも壁厚が薄い構造物がある場合、分割波長が長いまま計算すると、計算結果が十分に収束しないうちに終了してしまい、結果が不安定となる可能性があります。そのような場合には、分割波長をできるだけ短く(※)していただくか、あるいは考慮しないようなデータとした方が良好な結果となる場合があります。

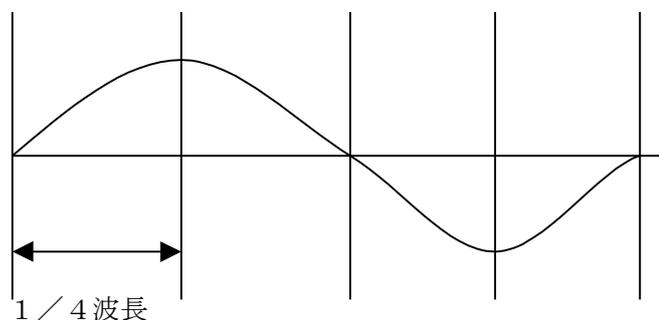
※ しかし、あまりにも分割波長を短くしてしまうと計算に必要なメモリー量が増加しますので計算ができなくなる可能性があります。

2.2.4 メッシュピッチについて

本システムでは、実波高値・回折係数値を算出する領域を矩形で指定します。計算領域を指定する場合、メッシュピッチを指定します。理想的なメッシュピッチとして、分割周期の1/4波長位を推奨値として表示しています。

推奨値を分割周期の1/4波長位とした理由として、波は腹や節といったように場所により高さが違い、特に規則波のような単一周波・単一方向の波に関しては、いっそう顕著に現れます。それを防ぐ方法として、メッシュ間隔を分割周期の1/4波長程度にすれば少なくとも以下の図くらいの位置は、押さえられるため傾向もわかりやすくなります。

ここに表示している値は、あくまでも推奨値であり、必ずこの値以下にする必要はありませんが、あまりにもメッシュピッチの間隔が大きい場合、コンター図がうまく作図できない場合があります。

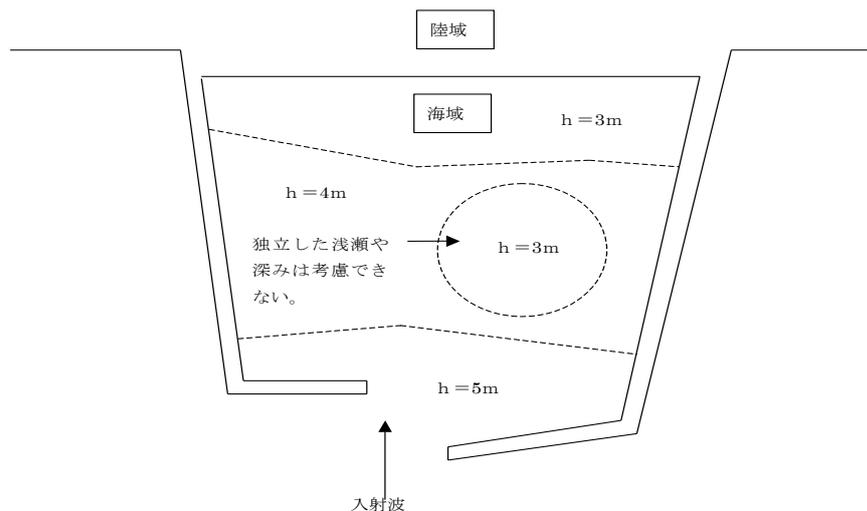


2.3 データ作成についての制限事項及び、注意事項

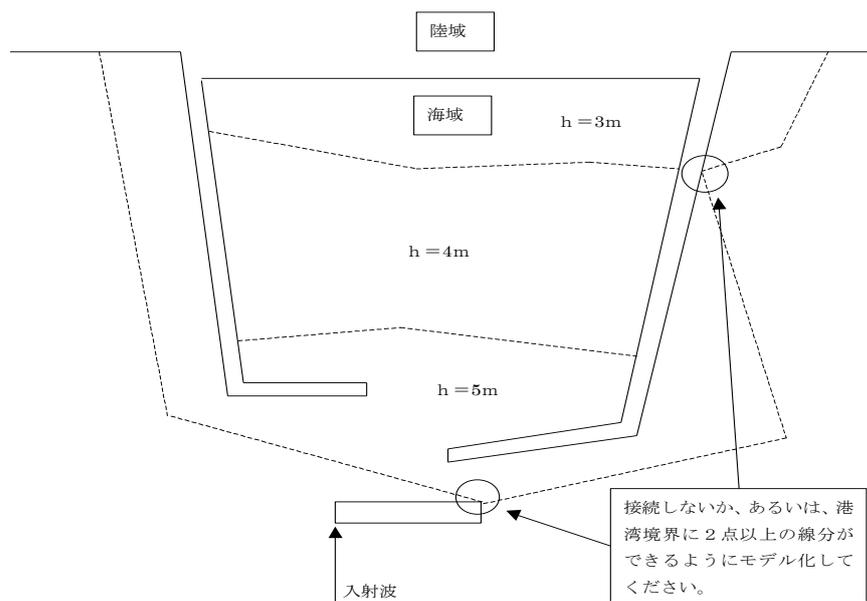
波高計算に必要なデータを作成する際に、以下のような制限事項・注意事項があります。
尚、プログラムでは各水域ブロックに地盤高を設定しますが、ここでの説明には水深を用いています。

2.3.1 水深線設定について

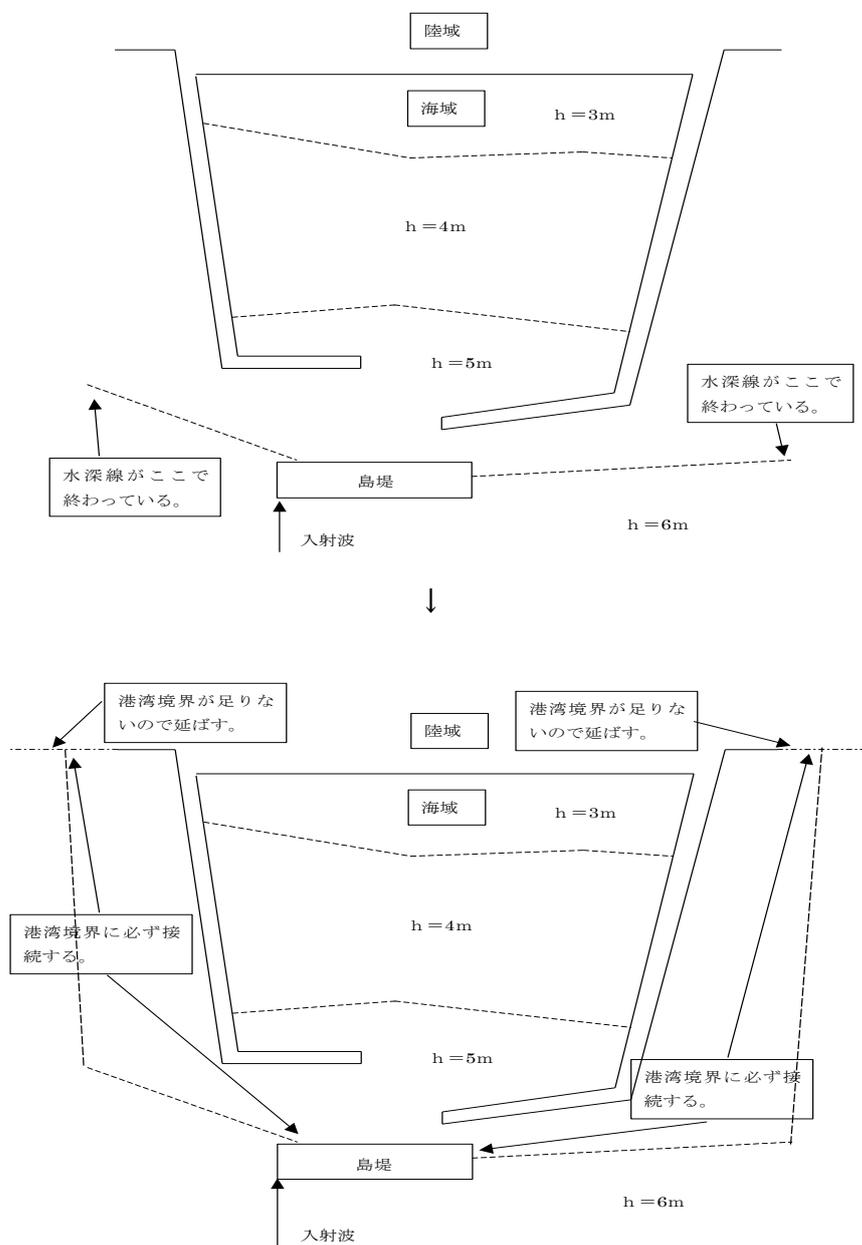
水深線は、港湾境界から始まり、港湾境界で終わる必要があります。したがって、独立した浅瀬や深みなどがある場合は考慮できません。



また、水深線と港湾境界が1点のみで接続する様なケースは、考慮していません。そのようなケースが発生した場合は、2点以上で接続するようモデル化を行ってください。

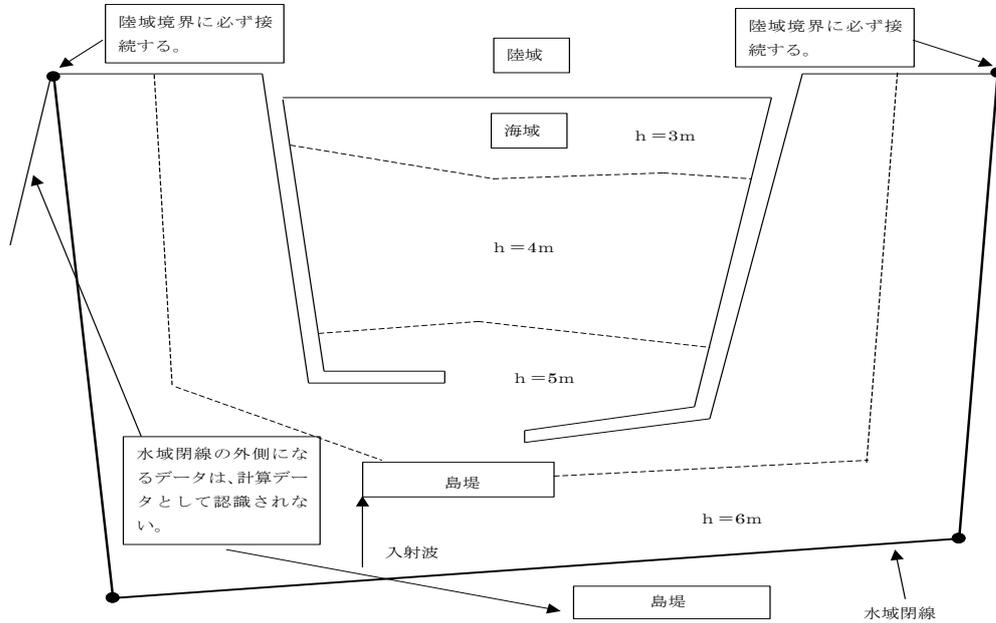


また、下図のように海域の途中で水深線が終了しているようなデータの場合、水深線を必ず港湾境界に接続してください。ただし、港湾境界に接続した水深線も実際の計算には影響しますので、できるだけ入射波に対して影響のない方向に設定してください。また、水深線や水域閉線を接続するために、港湾境界を仮想的に延長などした場合、反射率は、0.0 としておいた方が良いでしょう。尚、ここでの港湾境界とは、島堤境界も含みます。

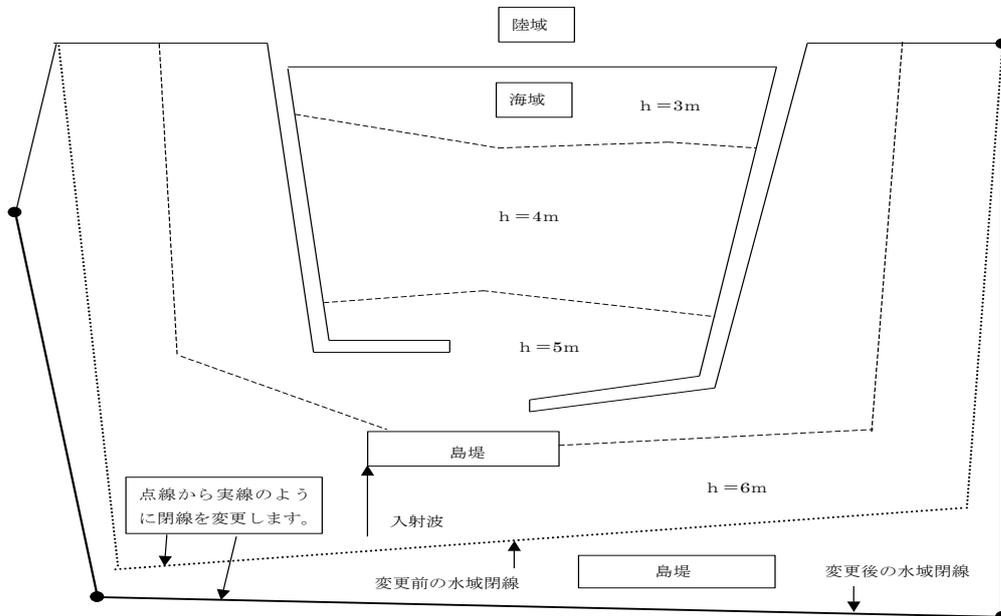


2.3.2 水域閉線設定について

最深部の水深領域は、水域閉線データで領域を閉じる必要があります。水域閉線は、必ず陸域境界に接続している必要があります。プログラムでは、水域閉線データより外側のデータは、計算データとして認識しません。また、このデータは、領域の認識を行うためのデータなので、計算したいデータを含んでいれば、任意の位置に設定してかまいません。



上図のケースで、全てのデータを含ませる場合は、下図の様に水域閉線を設定します。

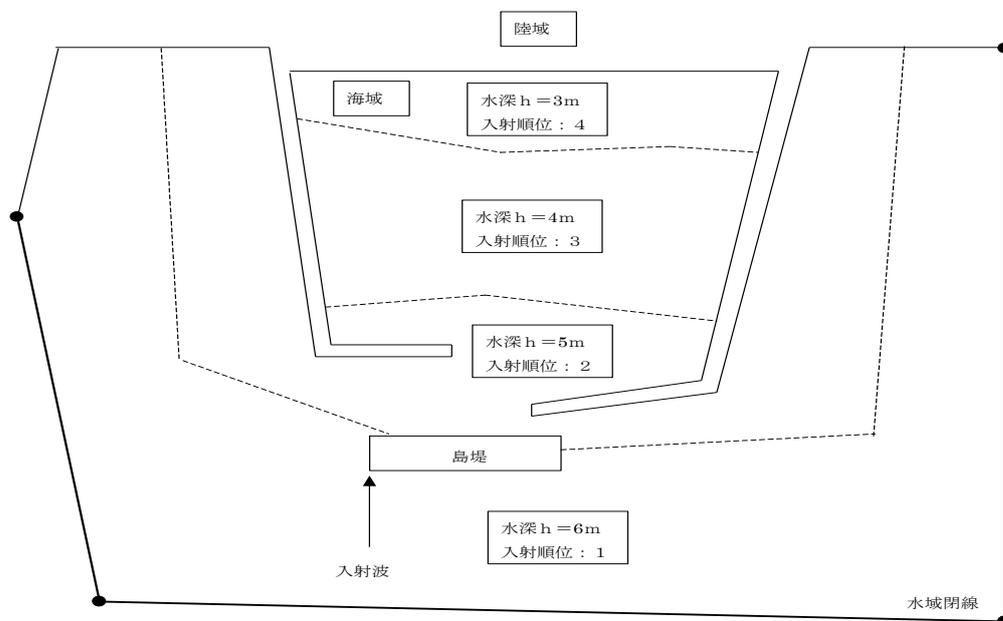


2) 入射順位の設定について

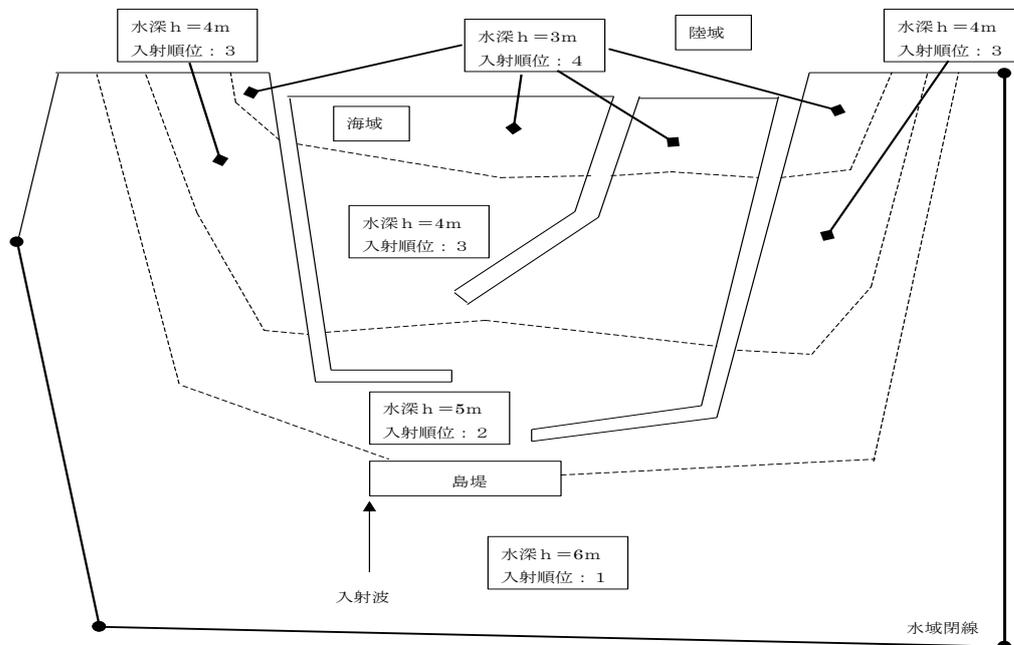
入射順位とは、沖側から入射してくる波が水深ブロックに入ってくる順番で、最も沖側(水域閉線を含むブロック)を1番目として、順次岸側に設定していきます。

以下に、モデル毎に入射順位の設定方法を示します。現在作成中のモデルに近いものを参照していただき、作業を行ってください。

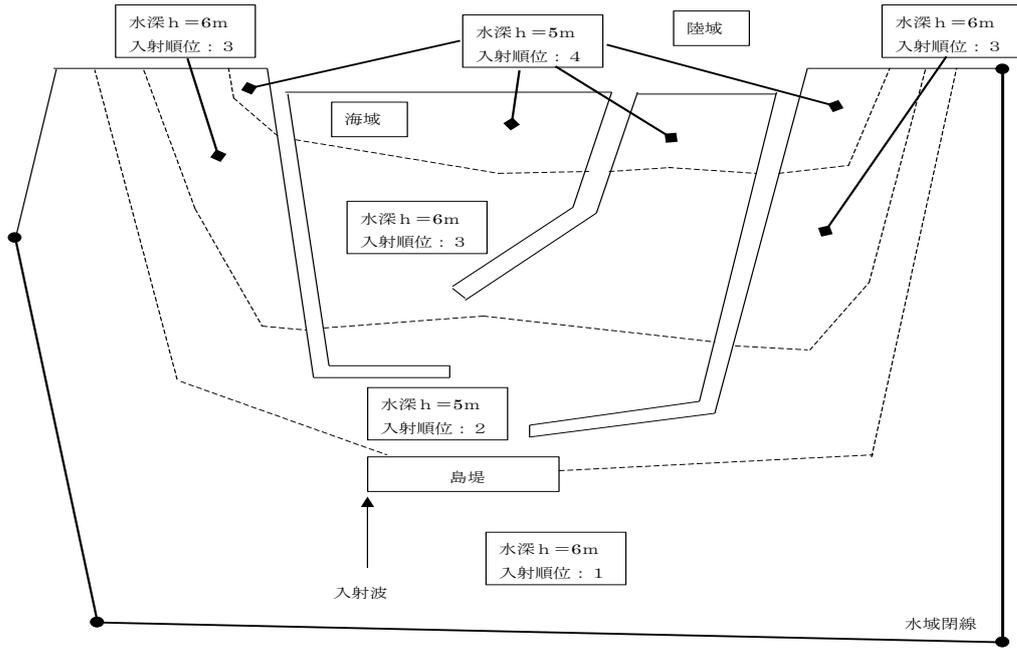
(最も簡単なケースー沖側から順次水深が浅くなる。)



(同一水深の領域が港湾境界により分割されるケース)



(水深が「深い→浅い→深い」や「浅い→深い→浅い」になるようなケース)



2.4 砕波について

本システムでは砕波による波高の減衰等の影響は考慮できません。そのような条件の解析を行うことは可能ですが、解析結果の妥当性はありません。また、砕波の条件としては以下の2つの条件が考えられます。

1. 水深の影響により砕波する場合

計算結果として対象となっている堤体に前面の波高水深比(H/h)が約1.0よりも大きくなる場合は、砕波する可能性があります。したがって計算結果としては、現地と沿わない結果となる可能性があります。その場合は反射率を低減し、砕波によるエネルギーの損失を考えてください。

2. 波形勾配により砕波する場合

水深が十分にあって、波高が高く砕波限界の波形勾配を越える場合があります。砕波限界の波形勾配は、海底勾配を考えなければ以下の式で算出することができます。

[進行波における砕波限界の波形勾配の算定(ミツシェの式)]

$$H/L = 0.14 \cdot \tanh(kh)$$

ここに、

0.14・ $\tanh(kh)$: 沖波の限界波形勾配

H: 砕波限界波高

L: 沖波波長

k: 波数 = $2\pi/L$

h: 水深

$\tanh(kh)$ は、波長に比べて水深が深い場合($h > L/2$)は、 $\tanh(kh) \doteq 1$ として表せます。

どちらも、波高と水深に依存しています。周期については、どんな周期でもかまいません。

一般に進行する波は一番とがった状態から崩れ始めます。これを砕波点と呼びます。そこから岸までの間を砕波帯と呼びます。

2.5 複雑な形をした港湾形状を有する場合の注意事項

下図のように港湾形状が、短い間隔でジグザグに変化しているような場合、港内の波高値が不安定な結果となる場合があります。そのような場合には、下図破線のようにできるだけ単純モデル化した方が良好な結果となる場合があります。

