

潜水構造物による波の変形

愛媛大学工学部

正会員 ○高 学平

媛大学地域共同研究センター

正会員 井内国光

愛媛大学工学部

正会員 柿沼忠男

1. まえかき 波浪制御構造物としての潜水構造物上での波の変形特性や碎波限界などを明らかにすることは、工学的にも学術的にも重要な課題である。潜水構造物の形式は、潜水固定構造物（没水平板）、潜堤及びステップ型構造物（地形）などである。これまでに、それぞれ潜水構造物による周期波の変形や内部特性などがあきらかになってきている。しかし、潜水構造物の違いによる波の変形などの差異に関して総括的に研究したものはほとんど見られない。こうしたことから、本研究は境界適合座標法を用いて N-S 方程式に基づいた数値解析を行い、形式の異なった潜水構造物による波の変形や内部特性及びそれらの相異を解明する。

2. 境界適合座標法 境界適合座標法 (Boundary Fitted Coordinate 法、以下 BFC 法と呼ぶ) とは、実空間上の解析領域を直交格子から成る長方形領域に座標変換し、写像空間で物理現象を支配する偏微分方程式を解く方法である (図-1)。

支配方程式は連続の式および N-S 方程式である。物理空間 (x, y, t) から写像空間 (ξ, η, τ) への座標変換は $x=x(\xi, \eta, \tau)$ 、 $z=z(\xi, \eta, \tau)$ 、 $t=\tau$ である。

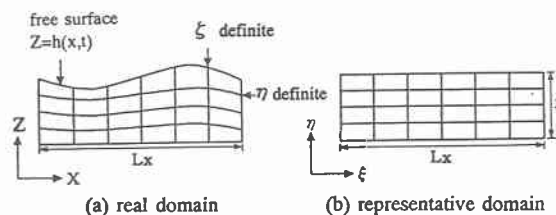


Fig. 1 Coordinate transformation

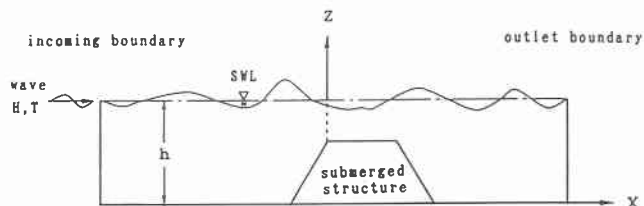


Fig. 2 Computational domain and coordinate

3. 計算方法の検証 図-2 は解析領域である。流入境界は 2nd-order Stokes 波で、流出境界は Sommerfeld 型放射条件を課す。2nd-order Stokes 波の理論による解析結果および実験データ (台形潜堤がある場合) と比較して、本文 BFC 法の潜水構造物に対する妥当性が確かめられた。

4. 解析結果と考察 本研究では、形式の異なった潜水構造物 (図-3) を対象とし、非碎波の場合についてそれぞれの水位変動、波高変化、速度分布、エネルギーなどの特性およびそれらの相異を解明することを試みる。

波浪条件：水深 $h=0.50\text{m}$ 、入射波の波高 $H_{in}=0.05\text{m}$ 、周期 $T=2.68\text{s}$ 、波形勾配 $H/L=0.009$ 。潜水構造物の高さ $D=0.35\text{m}$ 、潜水構造物の天端幅 $B=1.50\text{m}$ 、没水平板の厚さ $d=0.025\text{m}$ 。

図-4 は、各構造物周辺における平均水位の比較である。ステップ型構造物 (地形) 上では水位が上昇している、没水平板を通過した後が水位が一番低く、矩形潜堤と台形潜堤の場合はほぼ同じ値である。

図-5 は、各構造物周辺における平均波高の比較したものである。没水平板による波高の変化が一番大きく変化している。没水平板を通過する前から通過直後までは著しく変化しているが、それ以降は変化に乏しく、4つの構造物の中で一番低い値になっている。ステップ型構造物 (地形) 上では、波高は大きくなっている。矩形潜堤・台形潜堤の場合においては、互いに似たような変化をしている。

波のもつ、一周期における平均位置エネルギー E_p 、運動エネルギー E_k と全波動エネルギー E は次式で定義される。

$$E_p = \frac{1}{T} \int_0^T \int_0^\pi \rho g z dz dt, \quad E_k = \frac{1}{T} \int_0^T \int_0^\pi \frac{1}{2} \rho (u^2 + v^2) dz dt, \quad E = E_p + E_k$$

ここで、 η は静水水面を基準面とした波面の変化量である。

図一6は、各構造物周辺におけるエネルギー分布である。没水平板、矩形潜堤、台形潜堤の場合は運動エネルギーがそれぞれの構造物の直前と直後に大きく変化し、構造物を通過した後は、運動エネルギーと位置エネルギーはこの3つのどの場合もほとんど同じ値である。またステップ型構造物（地形）上では、運動エネルギーが位置エネルギーよりも大きくなる。全エネルギーはいずれの場合も運動エネルギーと同じ位置で大きく変化し、没水平板、矩形潜堤、台形潜堤の場合においては構造物を通過する以前よりもその後のほうが値は小さくなっている。

各構造物周辺の速度の変化について、没水平板の下部では戻り流れが発生していることや、矩形潜堤の後ろ側では顕著に渦が形成されている。またステップ型構造物（地形）上では極端に速度が大きくなっていることが特徴としてあげられる。

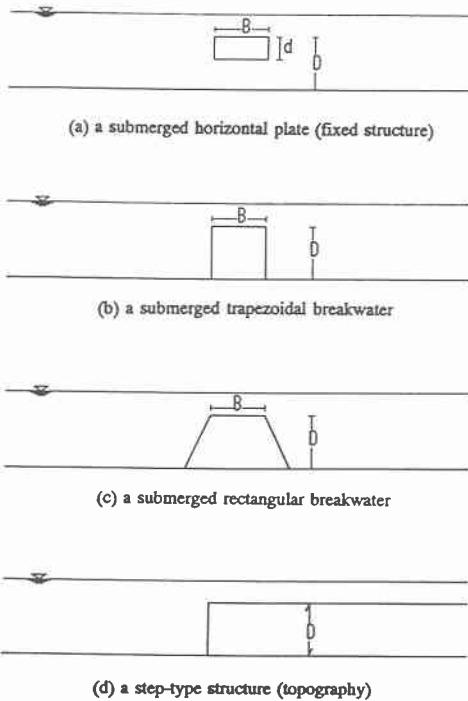
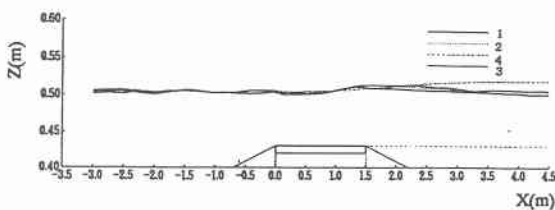
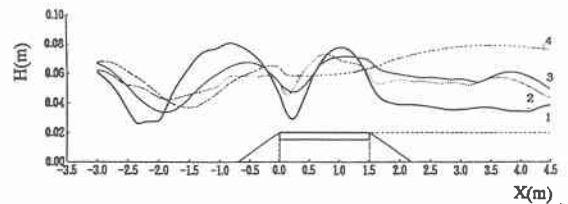


Fig. 3 The forms of submerged structures



1: a submerged horizontal plate 2: a submerged trapezoidal breakwater
3: a submerged rectangular breakwater 4: a step-type structure (topography)

Fig. 4 The changes of mean water level around submerged structures
($h = 0.50\text{m}$, $H_{1/2} = 0.05\text{m}$, $T = 2.68\text{s}$, $H/L = 0.009$)



1: a submerged horizontal plate 2: a submerged trapezoidal breakwater
3: a submerged rectangular breakwater 4: a step-type structure (topography)

Fig. 5 The changes of mean wave height around submerged structures
($h = 0.50\text{m}$, $H_{1/2} = 0.05\text{m}$, $T = 2.68\text{s}$, $H/L = 0.009$)

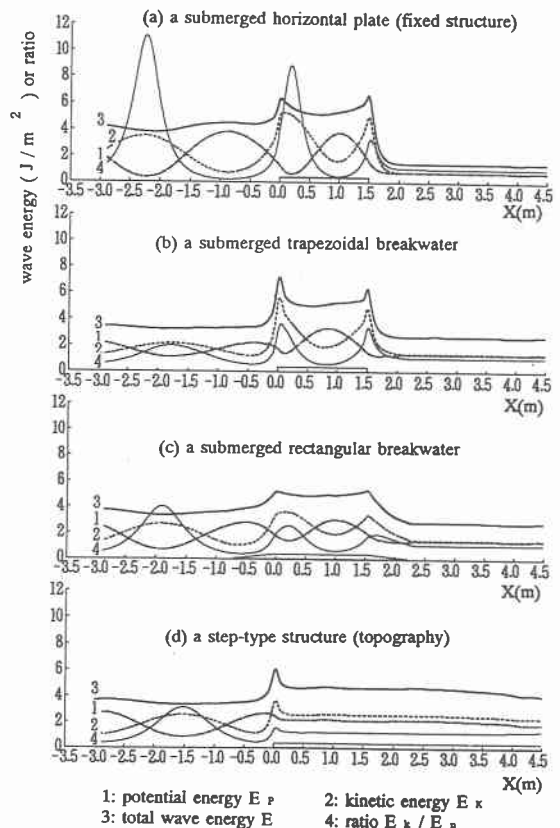


Fig. 6 The distributions of wave energy around submerged structures
($h = 0.50\text{m}$, $H_{1/2} = 0.05\text{m}$, $T = 2.68\text{s}$, $H/L = 0.009$)