

大水深海域での湧昇流構造物に作用する潮流力と波力について

大阪大学 正会員 木田 英之、大阪大学 正会員 出口 一郎
愛媛大学 正会員 中村 孝幸、愛媛大学 正会員 井内 國光

1. 目的 近年、水深 200m 程度の大陸棚を対象にして、底設構造物の設置により海底付近の栄養塩類を有光層まで湧昇させ、海域の基礎生産力を増強しようとする試みが進められつつある。既に著者らは、大水深海域でも経済的な建設が可能になると考えられる、直立壁構造の湧昇流構造物を対象にして、湧昇流の生成効果が得られる構造形状を数値流体力学に基づく解析法と水理模型実験により検討してきた。本研究では、比較的高い湧昇効果が認められた、V 字型の平面形状を有する湧昇流構造体を中心にして、潮流などの準定常流による流体力の特性を 3 次元流れの数値シミュレーションおよび定常流を用いた水理模型実験により明らかにする。この際、流体力係数に及ぼす模型の縮尺効果などについても考察する。一方、現場海域では、潮流のみならず波の作用も受けることから、作用波力の特性を理論的に検討すると共に潮流力との比較から想定すべき設計外力について検討する。

2. 3次元流れ解析による流体力の算定

(1) 解析手法 解析は、DHI で開発された MIKE3 と呼ばれる数値解析ソフトを用いて、行った。図 - 1 に示す代表的な 2 種類の湧昇流生成構造物を対象にして、3 次元流れの様態および作用流体力の算定を行った。これら 2 種類の構造物による湧昇効果は、その他の形状の構造体に対する検討を含め、既に研究報告を済ませており、V 字型の湧昇流構造物が最も効果的であることなどが判明している。このとき、V 字型堤体の諸寸法は、図 - 1(a)に示すものが経済的でしかも効果的であることなどが確認されている。

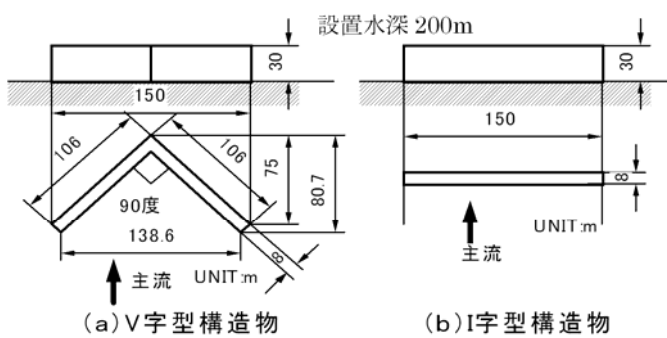


図-1 衝立式の湧昇流構造物

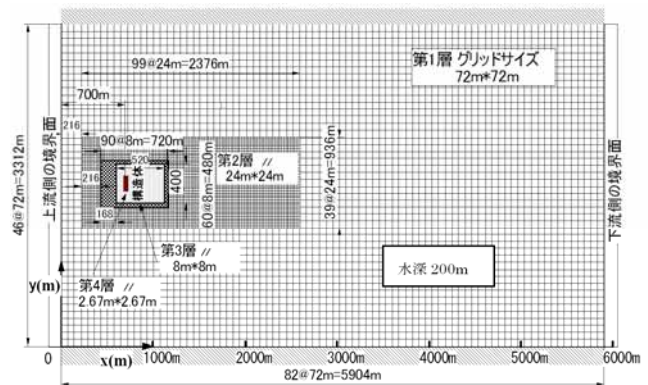


図-2 水平面内での計算メッシュ分割の状況

数値解析モデルでは静水圧近似は使用せず Boussinesq 近似を、また乱流モデルは k-ε 2 方程式乱流モデルを用いた。図 - 2 は、計算に用いた差分メッシュの分割状況および解析領域を示す。

(2) 水理実験模型 V 字型堤体および直立版の I 字型堤体の 2 種類を対象にして、定常流を用いた水理模型実験を実施した。模型の縮尺は 1/333 であり、フルードの相似則を用いた。V 字型堤体を例にした実験概要を図 - 3 に示す。図中に示すように、多数の面圧計を構造体の壁の裏表で組みとなるように配置して、壁に作用する動水圧の差およびそれを面的に加算した全流体力を測定した。実験では、水位を 60cm(現地量で 200m)に固定して、各種の流速条件

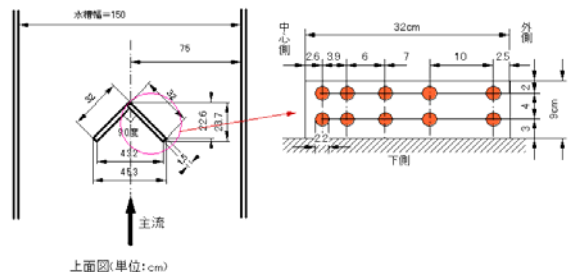


図 - 3 V 字型実験模型と面圧計の配置を採用して、模型堤体に作用する流体力を測定し、差圧の空間分布や抗力係数などを求めた。

キーワード 湧昇流、漁場施設、流体力、波力、3次元解析、大水深

連絡先 : 愛知県豊橋市明海町 1 日鉄トピーブリッジ(株) 木田 英之 TEL 0532-25-9553

Email : kida.hideyuki@nsc-eng.co.jp

3、実験結果と解析結果

(1)抗力係数と幅高さ比の関係 図-4は、現地量のV字型およびI字型堤体を想定して数値シミュレーションを行い、その算定結果に基づき求めた抗力係数Cdの結果を示す。図中では、堤体の横幅Bを3種類に変化させたときの結果を横幅・高さ比の変化で示すもので、主流速の差異についても検討できるようにしてある。この図より、V字型堤体のCdは、横幅・高さ比が大きくなると減少する傾向にあり、逆にI字型堤体では両端部の3次元的な影響が少なくなるためか増大する傾向にある。

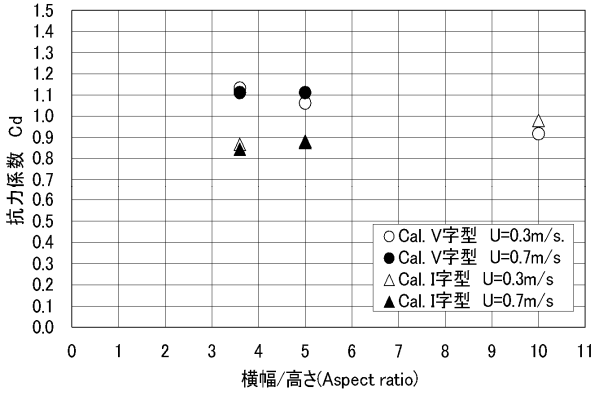


図-4 V字型およびI字型堤体の横幅・高さ比による

抗力係数 Cd の変化(Reynolds 数 10^7 のオーダ)

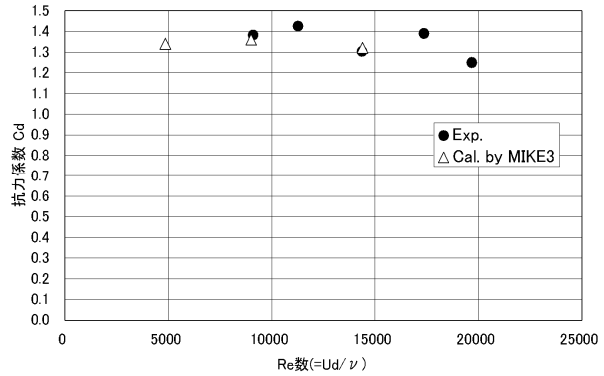


図-5 V字型堤体の抗力係数

模型スケールでの算定結果と実験結果の比較)

(2)抗力係数の実験と解析値の比較 図-5は、模型実験により求められたV字型堤体のCdと上記とは別途に模型スケールの構造体を対象にして実施した数値シミュレーションによるCdの比較を Reynolds 数(Re 数)の変化で示す。この図より、模型スケールでのV字型堤体のCdの算定結果は、縮尺効果によるものか原型に対するそれよりも2割程度大きくなることや実験結果とほぼ一致することなどが認められる。

(3)構造に作用する波力 図-6は、図-1の2種類の構造体に作用する水平波力強度を3次元波動場のグリーン関数法を用いて算定した結果を示したものである。この図から、長周期の条件になるほど波力強度が増大することや、波力の空間的な位相差が少ないI字型堤体で波力強度が大きいことが分かる。

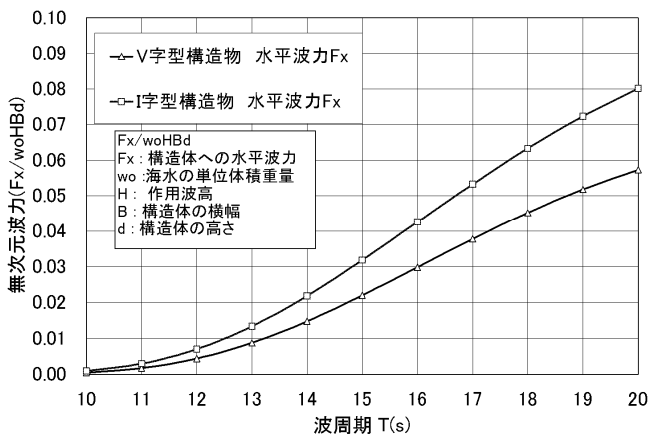


図-6 水平波力強度

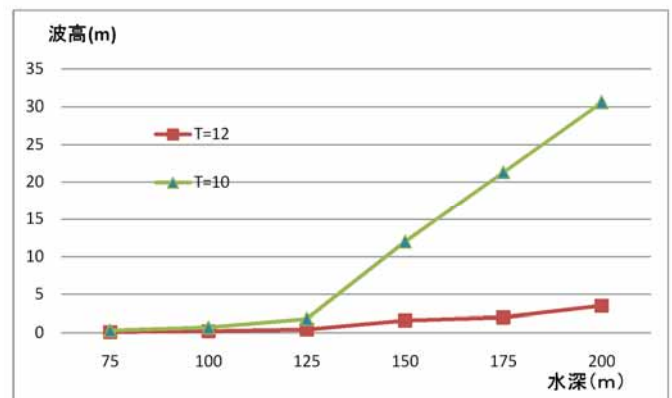


図-7 潮流力と波力の逆転波高

(4)潮流による抗力と波力の比較 図-7は、上記した抗力と波力の大小関係を示し、図中に示す流速のときV字型堤体に作用する抗力と同強度の波力が作用するための波高値を周期10秒と12秒の場合で示したものである。これより、波周期が12秒程度のうねり性の波になると、波力が潮流力よりも卓越しやすくなることが分かる。また水深150m以浅の海域では、周期10秒の波でも波力が卓越する。

あとがき 本研究では、水深200mの海底付近に高さ30mの構造物設置する場合、その構造物に作用する流体力および波力について検討した。本検討が、今後の沖合漁場整備の参考になれば幸いである。 以上