

論文番号 168

著者名 伊藤一教, 東江隆夫, 織田伸幸, 勝井秀博, 和田憲治

論文題名 水底トンネル押し出し工法施工時の函体に働く流体力

討議者 無記名 (東亜建設工業(株)大阪支店)

質疑

研究では1万 数万TONの大型船舶を対象とした研究と思われます。実際に沈埋トンネルの施工においては、むしろ高速船等の小型船舶の方が航跡波が大きく、作業に影響を受けました。

そういった船舶の種類による影響を検討されておられるのでしたらお教え願いたい。

回答

本研究は航行船舶による流体力算定法の提案を目的としており、この算定法は船舶の種類や速度を考慮できるので、大型船舶を対象とした研究と限定したものではありません。ただ、算定法の妥当性を確認するために大型船舶模型を使用して実験をしているだけです。

航跡波の波高は、概ね船の長さの1/6乗に比例し、航行速度の1/2乗に比例します。よって、高速船等の小型船舶の方が航跡波が大きいです。本研究の航行船舶による流体力は、左図に示す航行船舶そのものによる流体力を対象としております。御指摘の航跡波は左図に示す縦波や横波と呼ばれるものをイメージされていると考えます。この航跡波による流体力は、波浪として取り扱い境界要素法によって波力として算出できます。

航行船舶による流体力に及ぼす船舶の種類の影響は、船の吃水が大きく、航行速度が早いほど流体力は大きくなります。また、特徴的なことは、船体の形状(断面変化)に流体力が依存します。

討議者 前野詩朗 (岡山大学 環境工学部 環境デザイン工学科)

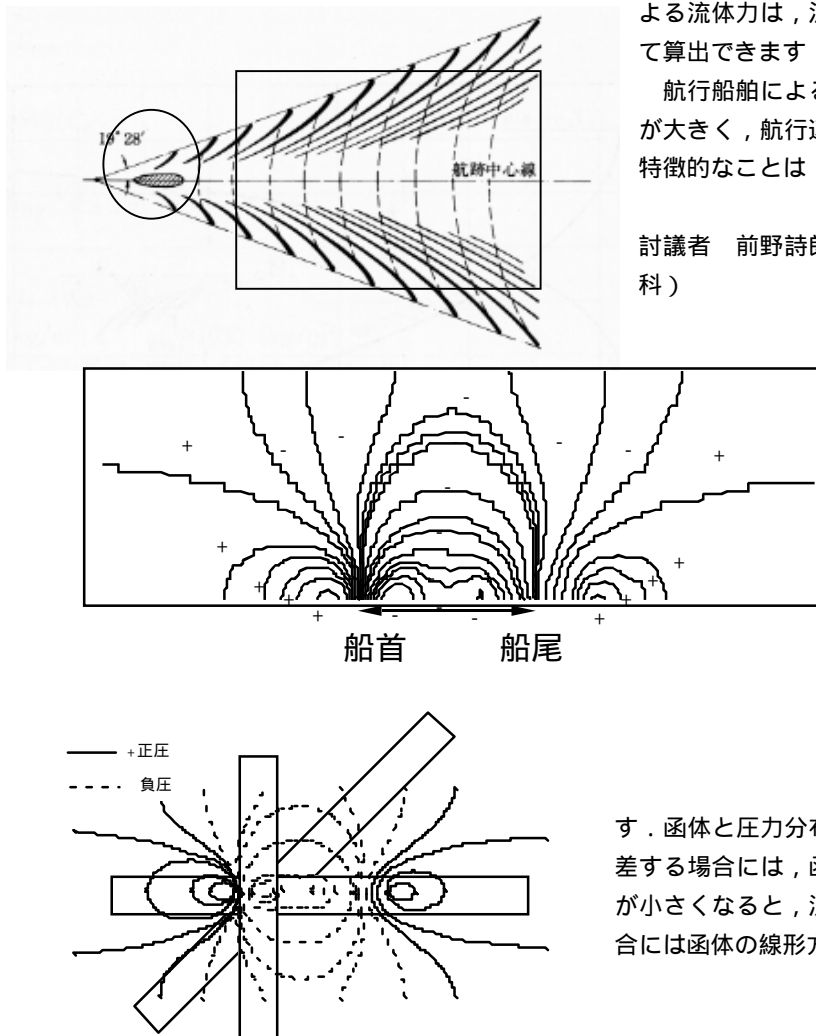
質疑

函体と船舶の角度が90度の場合を対象に函体に作用する流体力を算出していますが、この交差角が小さくなると流体力はどのようになりますか。

回答

添付図は3次元計算による海底面に作用する平面圧力分布の結果で、船体の片側半分を示しています。航行船舶が函体上を通過する際には、ほぼこの圧力分布が船の速度で通過すると解釈して頂ければ良いと思います。船首船尾前面で正圧、船体下で負圧になります。

函体と圧力分布の関係を下図に示した。函体と船舶が直角に交差する場合には、函体全体に揚力が作用します。函体と船舶の交差角が小さくなると、流体力は小さくなり、函体と船舶が同一方向の場合には函体の線形方向に揚力と押力が分布する。



本研究で提案した算定法は実務的な簡易法ですから、流体力が厳しい場合を対象に検討しましたが、この方法を用いれば函体と船舶の交差角も容易に考慮できます。

論文番号 169

著者名 石崎崇志, 荒木英二, 藤原隆一, 倉田克彦, 永田修一, 吉田尚史, 田中洋

論文題目 ケ-ソンの曳航・据付時の動揺および索張力

討議者 白石悟（運輸省 港湾技術研究所）

質疑

ケ - ソンの動揺量について Sway, Surge, Heave については加速度計の記録を二階積分して変位を求めているようであるが、とくに据付時において長周期成分の評価において誤差が生じているようなことは無かったか。

回答

誤差が生じているようなことは無かったと考えている。

討議者 森屋陽一（五洋建設 技術研究所）

質疑

短周期から長周期まで含んだ動揺量を評価する場合に、論文中の(1)式を用いると付加質量係数(A_{ij}())や造波減衰力係数(B_{ij}())の選び方によっては、正しく動揺量を評価できないと思う。今回の計算において使用したA_{ij}()とB_{ij}()を算出した周波数の値と、その値を選択した理由を教えてください。

回答

ケ - ソンの動揺量の計算における付加質量係数A_{ij}()と造波減衰力係数B_{ij}()の値は、特定の(単一の)周波数に対するものではない。

まず、広い周期帯(周波数帯)にわたってA_{ij}()およびB_{ij}()を計算しておき、それらの値を用いて波浪の入射角ごとにケ - ソンの動揺に関する周波数特性を求めておく。この周波数特性と入射波の周波数スペクトルならびに方向分散(方向スペクトル)からケ - ソンの動揺スペクトルを求め、得られたスペクトルからケ - ソンの動揺量(例えば有義動揺振幅)を計算した。このようにして求めた結果が図 - 11である。

このように、論文中の動揺量に関する計算の方法と結果は不規則波に対応したものであると言える。

論文番号 170

著者名 田端竹千穂, 八尋明彦, 播本一正, 相澤幹夫, 平石哲也, 永松宏一

論文題目 垂下型汚濁防止膜の係留力に関する模型実験

討議者 青木伸一(豊橋技術科学大学 建設工学系)

質疑

膜のたるませ方(Gap ratio)の影響は実験結果にどう現れたのか。また、その影響は係留力算定モデルにどのように反映されているのか?

回答

本研究では長さ20mの膜モデルを5基設置し、係留点間長を標準値とされている19.5mと現地展張条件に相当する18.5mの2条件に変化させて実験を行いました。膜のたわみ量は係留点間長によって変化することになりますが、実験条件とした係留点間長に有為な差がなかったことや、フロート群が非常にフレキシブルな構造であることから、発生する張力に大きな違いは現れませんでした。そのため、係留力算定モデルでは膜のたわみ度の項は設けておりませんが、フレキシブルな運動特性を質量係数Mの設定において評価しています。

討議者 白石悟(運輸省 港湾技術研究所 構造部)

質疑

張力算定モデルにおいて水粒子の運動によるフロートの最大水平速度U_{max}を使って、エネルギーの釣り合いで最大張力を求めています。鉛直方向の運動が考慮されていません。一方、実験結果によれば、SwayやHeaveが最大になっているところで最大張力が発生しているようなので、これが図 - 11において計算値が実験値よりも約10~20%小さくなっていることの原因になっていないでしょうか?

回答

ご指摘のとおりであると思います。現在、現地海域において浮沈式と固定式の汚濁防止膜に作用する波・流れや係留力の観測を進めている所でありますので、今後の課題として鉛直方向の運動を考慮した係留力算定モデルについて評価検討していきたいと思っております。

討議者 安井章雄(太陽工業(株))

質疑

図 - 7 ~ 図 - 9における流速条件はいくらであるか?特に、図 - 9で流速が作用していれば、図 - 4に示された膜のふ

かれ変形の影響で張力比率が 1.0 付近に分布するのはその通りだと思うが、流速が 0 m/s で波だけが作用した場合は図 - 5, 6 で示されたとおりかなり大きい値になり、それで膜が受ける抗力がフロートの運動につながり、張力が作用するというように思われる。

回答

図 - 7 ~ 図 - 9 は汚濁防止膜の構造様式が係留力に及ぼす影響を調べた結果で、それぞれフロート径、膜重量、膜丈長について比較検討しています。これらはすべて波・流れ共存場における実験結果で、流速は 0.25m/s と 0.75m/s の 2 条件に変化させています。図 - 9 において張力比率が 1.0 付近に分布しているのは、ご指摘の通り膜のふかれ変形が影響しているものと考えられ、比較的大きな流速のために、すべての膜丈長条件において膜のふかれ変形後の有効高さがほぼ同じになるため、膜の受ける抗力に大きな違いが発生しなかったものと考えられます。

論文番号 171

著者名 池野正明, 高橋健吾

論文題目 非線形境界要素法を用いた浮体の 3 次元有限振幅運動の解析法

討議者 大山巧 (清水建設 (株) 技術研究所)

質疑

速度ポテンシャルに関する境界積分方程式 (3) を時間で偏微分しても、内角やグリーン関数が時間の関数になるため、加速度ポテンシャルに関する式 (7) にはならないのではないですか。

回答

境界要素法では、速度ポテンシャルに関するラプラス方程式 (1・a) が成立するとして、これを直接解く代わりに、これと等価なグリーン関数の境界積分方程式 (3) を解いています。式 (1・a) を時間で偏微分すると、加速度ポテンシャルに関するラプラス方程式 (1・b) が成立します。そこで、これを直接解く代わりにこれと等価なグリーン関数の境界積分方程式 (7) を解くことにしました。結果として、式 (3) と式 (7) を比較してみますと、内角やグリーン関数および境界要素の空間形状等の幾何学的な条件は速度場と加速度場で同じものとして解法すれば良いことになり、グリーン関数マトリックスの計算が 1 回で済み 3 次元計算の効率化につながります。

討議者 合田良実 (横浜国立大学)

質疑

通常の浮体の運動方程式に比べて、浮体の運動方程式 (6) では、付加質量の項や造波抵抗の項が見られませんが、その理由をご説明ください。

回答

通常の線形波浪場を仮定した場合、速度ポテンシャルを入射波、固定浮体による回折散乱波、浮体の 6 自由度運動に対応した各々のラディエーション波に起因するポテンシャルの線形和として表現します。このため、これらを使って浮体の運動方程式 (6) を表現すると、ラディエーション波から得られる流体力のうち、浮体の運動加速度に比例する成分から付加質量が現れ、運動速度に比例する成分から造波抵抗が現れます。これに対し、本研究では、非線形波浪場を対象としていますので、これらの線形重ね合わせが成り立ちません。式 (6) 右辺のベルヌイ式の圧力項の中に含まれていることになります。

論文番号 172

著者名 藤畑定生, 秦禎勝, 中山晋一, 森屋陽一, 関本恒浩, 池野正明, 笹健児

論文題目 船体動揺計算における港内副振動の考慮方法と粘性減衰係数の評価

討議者 平石哲也 (運輸省 港湾技術研究所)

質疑

港内の長周期波をすべて副振動成分として取り扱っているが、直接、港口からバースへ向かう自由波を取り扱っているのか。

回答

船体動揺の外力としての長周期波は、Boussinesq 方程式の数値計算結果を用いて、船体重心位置での成分波の重ね合わせとして表した。具体的には、各成分の振幅および周波数については、船体重心位置での水位の周波数スペクトルをエネルギー等分割することにより評価し、各成分の波向については、周波数スペクトルのピークに対応する周波数帯の空間的な波高比分布の勾配により評価した。よって、エネルギー的に有意な成分について、長周期波を拘束波と自由波とに分

離せず、まとめて取り扱っていることになる。

ただし、エネルギー的に有意な長周期波成分は港内では重複波浪場になると考え、1つの周波数成分は相反する(180degズレた)波向の2成分波とし、同一周波数の2成分間の位相差は、護岸(反射面)と船体重心位置との距離により決定した。位相差を決定する際の長周期波の波速は、長周期波を自由波だと考えて評価している。

討議者 大山巧(清水建設(株) 技術研究所)

質疑

Surgeの実測結果では、 $f=0.008\text{Hz}$ 付近で大きなピークが現れているが、計算では再現されていない。波のスペクトル(図-3)では、この周波数でピークを持たないことから、Surgeの固有周期に対応しているのではないかと推測できる。このピークの物理的意味がわかれば教えてもらいたい。

回答

著者らの研究(海工論,第45巻,pp.306-310,図6,7)によれば、波のスペクトルでもP2地点の水位変動やP4地点でのN-S方向流速変動では、 0.008Hz 付近にエネルギーのピークが見られる。また、これらの結果は、Boussinesq方程式の数値計算結果でも再現できている。

しかし、 0.008Hz 付近のピークが船体重心位置での水位変動のパワースペクトルに現れなかったため、本手法では十分再現できなかったものと考えられる。この問題に対応するために、今後、船体動揺計算の外力評価に水位のみでなく、流速変動のパワースペクトルを用いた手法を考えていく予定である。

論文番号 173

著者名 白石悟,久保雅義,榊原繁樹,笹健児

論文題目 長周期船体動揺の数値計算による再現性に関する研究

討議者 合田良実(横浜国立大学)

質疑

事例3の動揺計算結果について、コンテナ埠頭の稼働率との関係も含めてご教示ください。

回答

一般的にコンテナ船の荷役許容動揺量は他船種に比べて小さいことが特徴的であり、このため論文中の事例3につきましては、外洋からの波浪の影響を受けるおそれのある場所にコンテナバースが計画されていますことから、長周期波を考慮して係留船舶の動揺計算を行った上で当該バースにおける稼働率についての検討を別途行っております。その結果によれば、目標とする年間稼働率97.5%が確保できるものと推定されています。

論文番号 174

著者名 大山巧,長谷部雅伸,古川忠稔,古田均

論文題目 最適制御理論に基づく複数連結浮体の動揺制御

討議者 池野正明(電力中央研究所)

質疑

制御力の働きについて、「物理的意味」を交えてわかりやすく説明してください。

回答

一般に、「制御」とは対象となる系に適切な操作を加え、目的に合うような系の状態を作り出すことです。これは、無制御状態の系の運動方程式に新たな項を追加すること、もしくは、その運動方程式中の項を操作していることに相当します。

本論では浮体構造物の動揺制御にフィードバック制御方式を適用しています。これは、対象となる構造物の状態量(各浮体各自由度の変位および速度)すなわち出力を感知しながら、制御対象に与える制御入力を決する方法です。具体的には、この制御入力はフィードバックゲインと浮体の状態量の積で表現され、制御装置に指令として送らることで力を発生させます。このときに制御装置から構造物に与えられる力が制御力であり、これによって対象となる構造物の運動を制御するわけです。なお、フィードバックゲインとは、制御システムの特性を決定づける重要な係数であり、本論では制御効果と制御装置(制御力)規模に関する評価関数を対象に、最小原理を適用して求めています。

論文番号 176

著者名 高村 浩彰, 増田 光一, 前田 久明, 別所 正利
 論文題目 超大型浮体式海洋構造物における海震時の応答推定法に関する研究(第2報)
 粗密波の伝播特性に関する考察
 討議者 榎木亨(大阪産業大学)

質疑

メガフロートといった実証実験において, この論文の焦点となる応答変位の計測が行われているのか?

回答

地震観測時に, それらしい浮体の応答が観測されたが, 有意な応答ではなかった聞いている。

論文番号 177

著者名 藤池貴史, 木村克俊, 林忠志, 土井善和
 論文題目 消波ブロック被覆堤の前面マウンド被覆材の耐波安定性
 討議者 橋村隆介(熊本工業大学), 谷本勝利(埼玉大学)

質疑

無次元流速パラメーターを流速と揚圧力の傾向に基づいて決定していますが, 異なる次元のものをを用いた理由を説明して下さい。

回答

被覆ブロックは, まず上下面の圧力差によって浮動し, その後の流れによって回転し被災する傾向があります。波力測定用のブロックは固定されているため, ブロック浮上後の作用波力は調べることができません。このためブロックを回転させる外力を流速の2乗に比例する抗力と仮定して, とりあえず流速と揚圧力との関係を調べました。

こうした作用波力の傾向は安定実験結果とおおむね一致していますが, ブロックの被災メカニズムを定量的に説明するには至っておりません。今後さらに検討を進める予定です。

討議者 松本朗(株テトラ)

質疑

提案された算定法は h'/h がどの程度の条件まで適用できるかを教えて下さい。

回答

今回の安定実験では, h'/h が0.26~0.67の範囲に対して検討を行い, 提案した算定法の適用性を確認しております。

現地では h'/h が0.6程度となる条件が一般的ですので, 今後, 施工事例の追跡調査を行って, 算定法の妥当性を確認していきたいと考えています。

また, 環境面やコスト縮減の要請が高い場合には, 高いマウンドを有する構造が採用される可能性があると思います。今後は, こうした条件に対するマウンド被覆材の耐波安定性についても検討する予定です。

論文番号 178

著者名 柳青魯, 金憲泰, 孫柄奎, 李泰煥
 論文題目 捨石護岸の断面的・平面的安定性と水理特性
 討論者 田中茂信(国土開発技術研究センター)

質疑

TTPが道路に飛んで落ちたという記述があるがブロックの足は壊れていなかったかどうか。日本でも富山などで, 周期の長い波でブロックが背後のコンクリート面に壊れるずに落ちている事例がある。

論文番号 179

著者名 岩瀬浩二, 池谷毅, 安部鐘一, 白川部秀基, 天野英樹
 論文題目 天端被覆ブロック護岸の設計法に関する研究
 討議者 長船徹(東電設計(株) 原子力土木部)

質疑

従来の消波ブロック被覆堤に対するコストダウン率は?
 また, どんな水深においてもコストダウンができるのか?

回答

水深や波浪条件によっても変わって来ると思いますが、モデル地点のコスト試算の結果、消波ブロック量を10%、ケーソン体積を20%それぞれ低減することができました。

水深が4.5mの浅い海域ではコストの低減効果は少ないと思われませんが、通常の消波ブロック被覆ケーソン護岸が使用される水深の海域ならば、コスト縮減効果はあると考えます。

討議者 熊本工業大学 土木

質疑

護岸天端上の利用面について、従来のものに比べ不都合は生じませんか？

回答

従来の消波護岸はケーソン天端を道路などに利用している場合が多いと思われます。しかし、防波護岸などは、海域を埋め立てて構築されることが多いため、通常の埋立面積から考えれば、ケーソン天端の面積は非常に小さいと見なされるため、大きな障害にはならないと考えます。

論文番号 180

著者名 福島雅紀, 山本幸次, 佐藤慎司, 山本吉道

論文題目 低天端離岸堤の被覆ブロック被災機構に関する研究

討議者 不明

質疑

- 1) 堤体設置位置を設置水深ではなく、汀線位置からの距離(4.5m)で決定したのはどうしてか？
- 2) 透過率において、堤体岸側での波高を沖波波高ないしは堤体直前の波高で無次元化するのではなく、堤体のない状態での波高で無次元化している理由は？また、その場合の利点と欠点は？
- 3) ブロックの回転する条件で、天端沖側と岸側では回転運動の支点が異なるということですが、発表中にも言っていたようにブロック同士に十分な隙間があるなら、沖側も岸側も条件は同じで、共に支点はブロックの岸側下部になってしまわないでしょうか？

回答

- 1) 本文中の記述では、汀線位置からの距離で堤体設置位置を記述していますが、実際は設置水深で決定しました。海底勾配が分かっていますので、汀線位置からの距離で設置水深は決定されます。設置水深の値ですが、従来の離岸堤が主に設置されてきた水深を参考に決定しました(現地換算=4.5m)。
- 2) 透過率の定義からすると、質疑の中で言われているような方法で計算すべきです。その意味からすると、ここで透過率という言葉を使うべきではなかったかもしれません(欠点)。本論文中でこのような定義を用いた理由ですが、構造物を設置したことによる波高の減衰効果を調べたかったからです。つまり、構造物設置前に岸まで到達していた波高が、構造物を設置することによってどの程度低減したかが明らかになります(利点)。沖波や堤体前波高をこの場合の計算に用いたのでは、この効果を評価することはできませんでした。
- 3) もともと、天端沖側と岸側とで流体力の作用の仕方が異なるのではないかとこの質問に対して、ブロック同士に十分な隙間があることを理由に同様な流体力が作用すると説明いたしました。天端沖側と岸側とでほぼ同様な流体力が作用していたことは分力計の測定値から明らかですが、その理由に関しては適切でなかったと考えています。正しい理由ですが、天端岸側のブロックがその沖側にあるブロックにより直接流体力を受けないのと同様に、天端沖側のブロックも表のり面のり肩のブロックにより直接流体力を受けない状態であったと考えています。したがって、質疑で言われるほど隙間が広がったわけではなく、天端沖側と岸側のブロックが回転するときの支点は論文で示しましたように異なっていたと言えます。

論文番号 181

著者名 荒木進歩, 藤原由康, 出口一郎

論文題目 確率論的手法を用いた人工リーフ被覆石の安定性の検討

訂正

図-7の凡例中にある周期の無次元量に間違いがあり、 $T/\sqrt{gD_{50}}$ ではなく $T\sqrt{g/D_{50}}$ が正しい。

討議者 半沢稔(株)テトラ)

質疑

抵抗係数のばらつきの影響が大ということですが、実際にはどの程度を考えたらいいのでしょうか？ 実験 現地への適用はどう考えたらいいのでしょうか？

回答

今回は、抵抗係数と捨石粒径の2つを確率変数としたときの移動確率を実験室スケールで検討したものであり、現地への適用については具体的には考えておりませんでした。ただ、計算モデルの一つである三球体モデルにおいて、論文中に記した方法により、純粋な摩擦係数(かみ合わせの効果を含まない、静止転がり摩擦係数)の平均値は0.43、標準偏差は0.145と算定されました。したがって、かみ合わせの効果も含めた抵抗係数の平均値が1.45、標準偏差が0.487であることから、抵抗係数のばらつきを抑えるためには、かみ合わせの効果のばらつきを抑えることが効果が大きいと考えられます。具体的には、個々の被覆材の大きさ・形状を整える、材質をできるだけ均一にする、などが挙げられると思います。