

論文の内容の要旨

氏名：佐藤千昭

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：ポンツーン型海洋構造物の初期計画法に関する基礎的研究

第1章：序論

わが国では1990年代後半にメガフロート技術研究プロジェクトが行われた。このプロジェクトの目的は世界で初めての超大型浮体構造物および浮体空港の実現であるが故、浮体空港に特化した解析ツールである諸ソフト、実証実験、強度解析、建造手法の研究・開発に重点が置かれた。対象の構造物として中小型浮体ではなく超大型の浮体空港に焦点が置かれたため、メガフロート技術研究プロジェクトから10年以上が経過したが新たな浮体式海洋構造物（以下、浮体とする）は実現には至っていない。この理由として、中小型浮体に関する有効な技術開発が少なかったことに加え、浮体プロジェクトが技術的に難解であると認識されていることが挙げられる。

一方、平成23年3月の東日本大地震の発生を契機にして、災害に強いインフラストラクチャーを日本社会が必要とする状況が生まれつつあり、埋め立てが不要で地震に強い新しい浮体プロジェクトに関する多くの提案が望まれている。

更に現在は地球規模で温暖化が進行しこのままで行けば今世紀末には海面の高さが現状より90cmも上昇する旨の予測がIPPCより出されている。大都市圏では埋め立てを含む沿岸部に工場や人家、街並みが集中しており、その影響は小さくないと思われる。潮位変動に対応し易い浮体は今後の都市計画で再考される日も遠くない。

そのような状況を踏まえ、本研究は特性の異なる複数浮体の初期計画の具体例を示し、今後新しい浮体の構想が出た時に、その取り組みの参考となることを期待し、浮体プロジェクトの実現が促進されることを企図するものである。

第2章：研究の背景と目的

未だ実現していない新しいコンセプトの浮体システムの提案は新しいプロジェクトの提案とも言える。船舶やバージと異なり量産型でない新しいプロジェクトでは、プロジェクトマネジメント的思考が必要であり、特に初期に全体像を把握することは重要である。その場合、通常の計画・設計と同じようにSBD（Simulation Based Design）や解析を行うと、新しい浮体であるが故に大変な時間が掛かることが予想される。そこで日本ではまだ普及していないFEED（Front End Engineering Design）という新しい概念に近い初期計画のステージが極めて重要になるとと思われる。本研究で扱う「初期計画」の位置付けを計画・設計の時間軸の中で示すと下図のようになる。

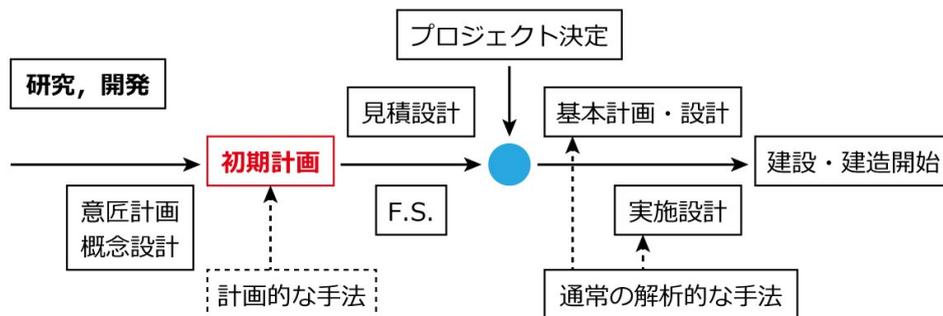


図 初期計画の位置付け

具体的には概念設計の提案が出た後、実際のプロジェクトが始まる前の技術的、設計的な計画作業であり、プロジェクトがスタートした後の計画・設計とは目的ならびに方法が異なることに留意が必

要である。

本研究では、大きさや用途、設置海域など特性が全く異なる2つ浮体の初期計画の具体例を示し、全体像を把握し、評価・総括することにより、一般的な浮体初期計画時に必要な計画的な手順と海洋工学エンジニアであれば誰でも実行できると思われる実用的な浮体の初期計画技術と手法を具体的に示し、更に後工程で検討すべき課題を抽出することを目的とする。なお対象としている浮体はメガフロートのような超大型浮体ではなく、一つは中規模浮体でありもう一つは常時人間が滞在するバージと呼ばれるような長さが100m以下の小型浮体である。

研究の進め方については、対象とする救急医療支援浮体（以下、医療浮体）と石炭貯蔵・積出用浮体（以下、石炭浮体）の概念を把握するための資料および各浮体が必要とされる理由や経緯をまとめ、特性の異なる医療浮体、石炭浮体の特性を整理し、共に全体配置、構造、係留の3つの項目を同時に計画する。また実際にはそれらは互いに影響し関連しているため、初期計画といえども設計スパイラルを回す必要があることを示している。また計画に係わるメガフロート研究の成果を参考資料として掲載している。

第3章：全体配置に関する初期計画

二つの浮体全体の平面配置に関連する項目を取り上げて整理し、計画の手順を示している。石炭浮体の石炭艙の配置に関しては多くの選択肢があることを示し、それぞれを評価して最終案を決定したプロセスを示している。医療浮体の設置水域については、災害時の救急救命を効果的に実行できる場所を選定するプロセスも示している。両浮体共に平面配置を決定する場合の各区画の容積や面積を具体的に決定する手順も示している。その際、浮体の水平度を保つためにバラストタンクの配置と容積も同時に計画する必要性と手順を述べている。

第4章：構造強度の初期計画

まず大きな計画方針と手順を述べ、その後に計画の流れと注意すべき事項を具体的に述べている。構造計画の前提として設置海域の波浪状態の把握と波浪の特性を把握する必要性と参考資料を掲載している。また全体強度検討の手順と最初に必要な構造部材の仮設定の方法を示し、更に構造の安全性をどのように確認するかを、安全基準に関する参考資料と共に示している。

次に、医療浮体と石炭浮体について実施した構造部材の初期設定法を具体的に述べ、その結果を示している。医療浮体に関しては、3種類のモデル即ち、全長85m、浮体幅28m、構造深さ4mの浮体と、全長100m、浮体幅33m、構造深さ6mの浮体および全長180m、浮体幅100m、構造深さ12mの浮体についての構造重量がそれぞれ1,075t、1,595t、18,337tとなったことを報告している。

石炭浮体に関しては、最初の荷役状態である一つの石炭艙を満載した場合の縦方向隔壁の強度を汎用解析ソフトであるMSC/NASTRANを使って解析して、かなり大きな応力が発生することを示した。次に縦方向規則波による動的な構造応答を、本理工学部が開発した三次元弾性応答解析プログラムを使用して解析し、全体的な傾向とある波周期では急に応答が大きくなる場合があること、喫水影響は小さく積載重量の影響の方が大きいことを示した。また等価一様平板モデルでの弾性応答解析結果から、複雑な格子型構造である石炭浮体の波浪による応力を推定する方法を示した。その結果、複雑な大型浮体の構造解析に必要とされている複雑で膨大な計算時間を要する流体・構造一体解析プログラムを使わずに、初期構造計画ができることを示した。

なお、今回計画された石炭浮体の構造重量は約11万tと大きな値であることを報告している。更に石炭浮体では積載状態のパターンが多く、また横波や斜波による動的構造応答など実施設計で検討すべきケースが膨大にあることから、構造計画をどのように効率的に進めるかを事前に検討する必要があることを指摘している。

第5章：係留装置の初期計画

海洋構造物で採用される係留装置一般について概説し、ドルフィン係留やチェーン・カテナリー係留の実施例を示している。次に係留計画の具体的な手順をフローで示している。

初期計画での係留外力は定常係留外力をベースとすること、またその装置の大きさと要目の設定法や、各浮体の喫水にも留意が必要であることを述べている。計画フローに従い二つの浮体について係留装置を選定し、要目を決定したプロセスを具体的に示し、ドルフィン係留とカテナリー係留の特徴

と計画する場合の注意事項を具体的に述べている。

結果としては、両浮体とも運用時に大小の船舶が接触するので水面下での障害となるカタナリー・チェーン係留方式を採用せず、医療浮体では 8 基の単杭式ドルフィン係留、石炭浮体でも大きなフェンダーを装備した 9 基のドルフィン係留を採用して、その配置図も示している。

第 6 章：浮体建造法の検討

大型であることから通常の船舶のようにドックで全体を建造できない石炭浮体では、ユニットに分割・建造・曳航して洋上で接合・完成させる必要がある。そのためメガフロートの技術研究で確立された洋上接合の技術を紹介している。また石炭浮体でのユニット分割法と接合順序を示し、係留ドルフィンの配置も接合手順に関係していることを示している。

第 7 章：全体の考察および成果と課題の整理

初期計画という新しい概念と計画ステップを導入することにより、実用的な設計ツールを用いて新しい浮体の全体像を把握し、提案書を作成できることを示すことができた。

また配置図、構造、係留という 3 項目を体系化して計画することで、各浮体の特性を明らかにすると共に全体コストを概算できる材料が得られた。更にどのような設計上の項目が後工程で重要になるか等の課題が抽出でき、新浮体のプロジェクトにおいて設計時間やトータルコストの節約に寄与することを示せた。

医療浮体に関しては、新しい要求や制約条件が出てきた場合でも迅速に対応が可能になった。

石炭浮体に関しては、世界で初めて 50 万 t 以上貯蔵できる大型浮体構造物の主要目、構造、荷役装置、係留装置の概略を明らかにした。また入力データの作成や計算に膨大な時間を要する弾性応答・構造応力一体解析プログラムを使用せずに、汎用ソフトの MSC/NASTRAN と扱いやすい三次元弾性応答解析プログラムを使用して、複雑な格子型構造の構造応力が推定できることを示した。更に石炭浮体の運用では、最初に石炭を積載する状態が最も構造応力的に厳しい状態であることを明らかにした。

第 8 章：結論

本研究の成果を要約すると以下に示す通りである。

- ・ 初期計画法は新しい浮体の提案を実現し普及させるのに有効な手法である。
- ・ FEED の概念に近いと思われる初期計画法では現在普及している実用的な設計手法で、平面配置計画、構造計画、係留装置計画を一体化して計画するので、新しい浮体の全体像、特性を事前に把握し、途中で条件の変更が生じた場合でも柔軟に対応できる。
- ・ 初期計画を実施すると、プロジェクトを決定する前に多くの課題を見つけ出すことができ、新しい浮体が具体化した場合に、大きなコスト損失を防ぐことができる。