

大型石炭貯蔵浮体の応答解析
大型石炭貯蔵浮体の弾性応答解析に関する基礎的研究
Response analysis of large-scale coal storage Floating
Fundamental study on elastic response analysis of large-scale coal storage Floating

岸田智之¹, ○鈴木航太¹, 増田光一², 惠藤浩朗², 佐藤千昭³, 居駒知樹², 清水研⁴
 Tomoyuki Kishida¹, *Kota Suzuki¹, Koichi Masuda², Hiroaki Eto², Chiaki Sato³, Tomoki Ikoma², Ken Shimizu⁴

Abstract: From the increase in coal demand in Asia Pacific Ocean region, its production volume to expand is expected. Indonesia is a coal-supplying countries, Kalimantan Island is a major area of coal production among them. However, infrastructure development is delayed in Kalimantan Island, barge transport utilizing the river is subjective. Concept of large offshore floating in a current such with a facility for temporarily storing the coal in water have been studied.

1. 研究背景

現在、インドネシアはアジア太平洋地域において主要な石炭供給国である。今後もアジア太平洋地域の石炭需要の増大とインドネシア国内の石炭火力発電などへの需要の増大から、その生産量は拡大することが予測される。日本にとってもインドネシアは重要な石炭供給国であり、特にカリマンタン島は石炭生産の主要な地域である。カリマンタン島を Figure1 に示す。しかし、東カリマンタンのマーカム川河口では沿岸の海底が遠浅になっているため、貨物船が沿岸域に到達することが困難である。そのため貨物船の積荷を小型船で少しずつ運ぶ非効率的なバージ輸送が主体となっている。このような現状の中、水上で石炭を一時的に貯蔵する設備を備えた大型浮体式構造物の構想が検討されている。カリマンタン島での大型浮体式構造物の利点を以下に挙げる。人口が増加し土地が高騰する中、土地の確保が不要であること、プレートが集中した境界線付近の地震の影響をほとんど受けないこと、急速な経済発展を遂げる中、開発が必要な地域へ移動が可能なことなどが挙げられる。さらに、環境社会影響の点では大規模な湾港、道路などが不要になるため環境破壊の防止につながる。一方、自然環境影響の点では生物の生態、海流などへの影響が懸念されている。また、国土のほとんどが海に面している我が国でも 1990 年代後半にメガフロートプロジェクトが実施された。海洋進出が活発化する中、今後もこのような大型浮体式構造物の計画が予想される。



Figure1. Kalimantan Island

2. 既存の研究

佐藤ら^[1]の研究によりカリマンタン地域の調査結果、矩形型とハニカム型の構造モデルの試設計は行われた。しかし、弾性応答解析についての研究は行われていない。大型石炭貯蔵浮体は構造深さが大きく、大きな隔壁を有する。よって、静水圧を浮体に作用させて近似的に応答解析をする静力学的解析と付加質量や造波減衰を考慮する動力的解析では、求められる結果が異なる可能性があるため動的な解析を行う必要があると考える。

3. 研究目的

そこで本研究では、インドネシアのマーカム川河口での大型石炭貯蔵浮体の導入について、構造解析を通して安全性および経済性の評価をすることを目的とする。具体的には、海域の流体力を計算し、応答を求め構造応力を算出する。構造応力を算出する際、リーズナブルな構造モデルからグローバルな変形を求めるため、より簡易なモデル化を検証する。これにより応答計算プログラムの普及を図り、様々な積み付け状態での波による動的解析の検証を行う。

4. 現状報告

効率的な構造モデルから全体的な変形を求めるため、簡易なモデル化を検証する。詳細および簡易モデルを Figure2, Figure3 に示す。

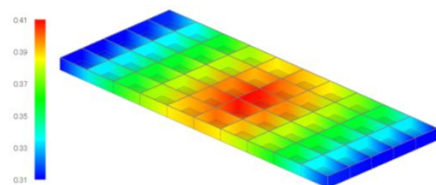


Figure2. Details model

1 : 日大理工・学部・海建, 2 : 日大理工・教員・海建, 3 : 日大理工・上席研究員・海建, 4 : 日大理工・院 (前)・海建

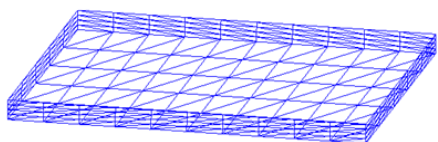


Figure3. Simple model

石炭浮体の概要を Figure4 に、石炭浮体のサイズを Table1 に、モデルの計算条件を Table2 に示す。また、格子モデルを水面に浮かべ、中央部に約 2 区画分の石炭が積載した状態での静的解析の結果を Figure5 に示す。

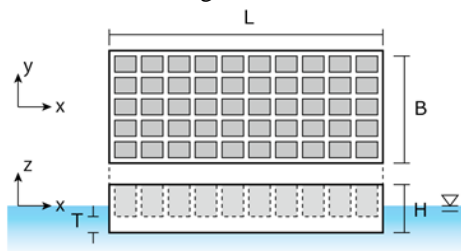


Figure4. Coal floating overview

Table1. Size of coal floating body

L	520[m]	B	210[m]
H	18[m]	T	8[m]

Table2. Calculation conditions of the model

ヤング係数	0.147×10^6
ポアソン比	0.300

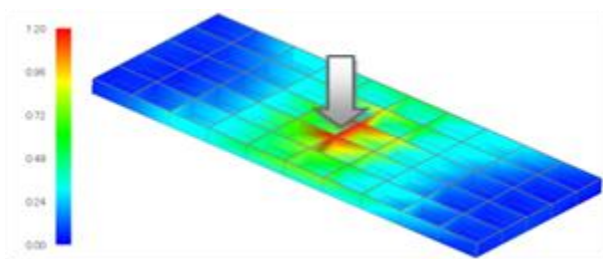


Figure5. The static analysis with distributed load
Maximum stress : 2.77[N/mm²]

5. 今後の研究計画

偏心率の高い配置や波の周波数と浮体構造物の固有振動数が共振するような危険な積み付け状態を検討するために様々な積み付け状態での波による動的解析を行う。積み付け状態の例を Figure6 に、動的運動方程式²⁾を(1)式に、行列の詳細を(2),(3),(4)に示す。

$$[M]\{\ddot{\delta}\} + [C]\{\dot{\delta}\} + [K]\{\delta\} = \{F(t)\} \quad (1)$$

$$[M] = [M_s] + [M_{ad}] \quad (2)$$

$$[C] = [C_s] + [C_w] \quad (3)$$

$$[K] = [K_s] + [K_w] + [K_G] \quad (4)$$

ただし、 $\{F(t)\}$: 外力 $[M_s]$: 構造質量
 $[M_{ad}]$: 付加質量 $[C_s]$: 構造減衰
 $[C_w]$: 造波減衰 $[K_s]$: 構造剛性
 $[K_w]$: 水バネ $[K_G]$: 地盤剛性²⁾



Figure6. Examples of conditions stowage

この(1)式は変形をモードの重ね合わせで解析し、付加質量および造波減衰をラディエーション問題、外力に当たる波力をディフラクション問題として扱う。周期的な外力に対応することが可能であり、不規則波はフーリエ解析して重ね合わせることで計算する。これらを踏まえ、波浪の周波数と浮体の固有振動数を避けて共振を回避する積荷の配置や浮体の規模を検討する。

また、大型浮体式構造物は水深に対して喫水が小さいため、無限水深として近似することができたが大型石炭貯蔵浮体は喫水が大きくなる可能性があるため、近似ができるか検証する必要がある。しかし、現状の動的構造解析プログラムには水深影響が考慮されていないので水深の影響を考慮したプログラムを開発する。質量とシェル構造との接合方法や質量分布をより詳細に検討する必要がある。石炭浮体は隔壁を有するので壁への圧力も考慮していく。

6. 将来的な見通し

将来的には石炭だけでなく、コンテナなどの貨物を一時的に保管できるようなハブ基地に発展させていく。その過程で、誰もが理解し計算できる解析プログラムと安全側の保障マニュアルを作成し、普及を図る。

7. 参考文献

- [1]佐藤千昭, 菊地, 木下 : 大型石炭貯蔵浮体の隔壁配置に関する検討, 日本大学理工学部卒業論文, 2013
- [2]Hiroaki Eto: "Natural frequency analysis of elastic plate", ASME ASIA '97 (The American Society of Mechanical Engineers) Congress and Exhibition, Paper No.97-AA-99, 1997