

## 栈橋と荷役機械の動的相互作用を考慮した連成解析の実施

(株)JERA 非会員 服部 真未子  
大成建設(株) 正会員 ○新井 秀幸  
大成建設(株) 正会員 野勢 辰也

### 1. はじめに

今後起こりうる可能性が高い巨大地震相当のレベル2地震動に対する栈橋の設計では、荷役機械と栈橋の質量及び固有周期の違いによる栈橋の地震時応答特性の変化を考慮することが重要である。特に、栈橋の重量に対して荷役機械の重量が大きい場合は、その影響は無視できないと考えられる。しかしながら、栈橋設計の段階では荷役機械と栈橋の設計は独立して行われることが多く、必ずしも荷役機械との動的相互作用を同時に反映しているとは言い難い。

そこで、本稿では栈橋設計で行った荷役機械との3次元連成効果を組み入れた事例を対象として、荷役機械のモデル化の方法とモデルの妥当性について検証を行ったので、その内容を報告する。

### 2. 計画概要

対象とする栈橋の概要を以下に示す。(図-1, 2)

- ・対象船舶：7,000～100,000DWT級石炭運搬船
- ・荷役機械：揚炭機(1,500t/h)2基
- ・バース長および幅：375m×26m
- ・バース天端：K.P.+5.50m
- ・計画水深：K.P.-12.00m
- ・下部工：鋼管杭(斜杭) ・上部工：RC構造

### 3. 連成解析モデルの概要

連成解析モデルは、25m×26mを1ブロックとする3次元骨組モデルである。(図-3参照)1次元地盤応答解析より杭下端位置での時刻歴加速度を求め、モデル全体に時刻歴加速度として作用させる。また、設計海底面以下の地盤には、1次元地盤応答解析より求めた各層の時刻歴地盤変位及び速度を杭に設置した地盤ばねに作用させ、動的解析を実施する。

### 4. 揚炭機のモデル化

揚炭機は、図-4に示すように機械メーカー作成の詳細モデルと同じ固有周期を有する立体ラーメンとしてモデル化する。(以下、簡易モデルと称する)ま

キーワード 栈橋, 荷役機械, 連成解析, 3次元解析

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1(新宿センタービル) TEL03-5381-5419



図-1 栈橋全体図

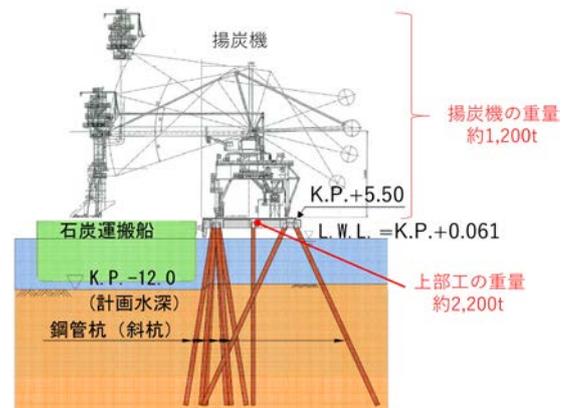


図-2 栈橋断面図

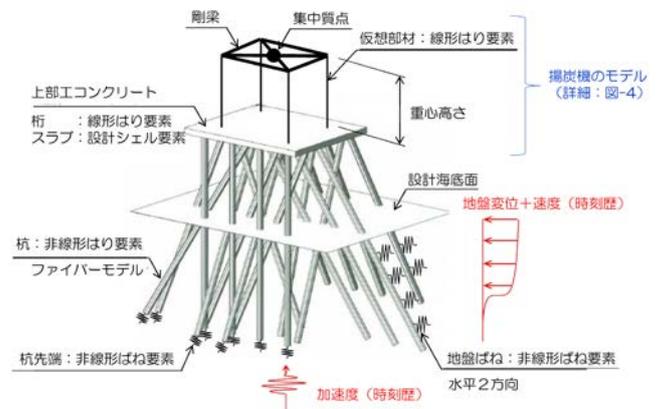


図-3 栈橋と揚炭機の3次元骨組モデルイメージ

た、レール平行方向に揚炭機は固定されていないため、滑りを再現できるように軸力依存バネを下端境界条件として設定する。

### 5. 揚炭機の解析モデルの比較

揚炭機のモデル化の違いが栈橋の設計にどの程度の影響を与えるかについて検証する。そこで、栈橋に作用する揚炭機の脚反力に着目し、栈橋との連成ではなく、揚炭機のみを対象とした動的解析を別途実

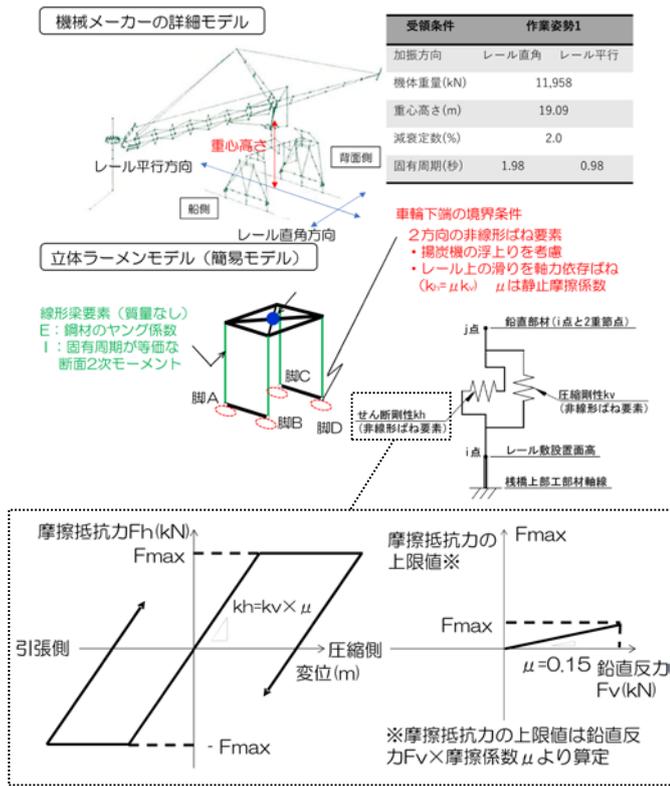


図-4 揚炭機のモデル化

施し、簡易モデルの脚反力と機械メーカーの詳細モデルの脚反力の比較を行うものとする。

1) レール直角方向加振ケースの脚反力の比較

揚炭機の各脚の時刻歴の反力のうち鉛直及び水平方向の脚反力の最大値を表-1 に示す。脚反力の最大値を比較すると鉛直で3%、水平で33%の差であった。本稿で示す簡易モデルの方が大きい反力が作用するため、栈橋を設計するという観点において安全側のモデルだと言える。簡易モデルの脚反力が大きい理由は、簡易モデルの方が詳細モデルに比べて転倒しやすいモデルであることが原因の一つと考えられる。これは、メーカーから受領した重心位置に揚炭機の

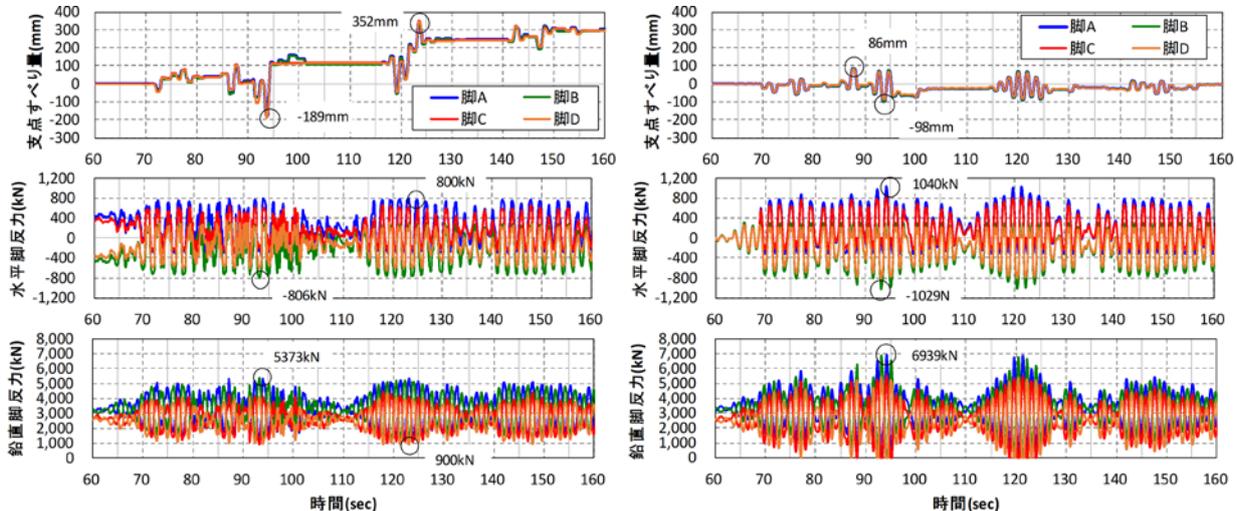


図-5 レール平行方向加振ケースにおける揚炭機の滑り量及び脚反力 (左: 詳細モデル、右: 簡易モデル)

全重量を集中質点としてモデル化したためと考えられる。

2) レール平行方向加振ケースの脚反力の比較

揚炭機の各脚の時刻歴の反力及びレール方向の時刻歴滑り量 (支点滑り量) を図-5 に示す。脚反力の最大値を表-1 に示す。脚反力の最大値を比較すると鉛直で29%、水平で29%の差であった。レール直角方向加振と同様に簡易モデルの方が大きい反力が作用することが確認できる。また、レール平行方向の滑り量を比較すると簡易モデルの方が滑りにくいことが分かる。これは、簡易モデルがレール直角方向加振と同様に揚炭機が転倒しやすいモデルであり鉛直方向の脚反力が増えたことで、脚下端の摩擦抵抗力が増えたことが原因として考えられる。

表-1 揚炭機の脚反力(単位: kN)

加振方向	簡易モデル	詳細モデル
レール直角	鉛直 7,735 : 水平 2,613	鉛直 7,531 : 水平 1,970
レール平行	鉛直 6,939 : 水平 1,040	鉛直 5,373 : 水平 806

6. まとめ

栈橋を設計する段階で機械メーカーが荷役機械を設計するとき使用する詳細な3次元モデルを解析モデルに反映することは時間的制約などにより実施することが難しい。そこで、本稿で示すような簡易な立体ラーメンモデルを用いることで3次元連成解析の実施を試みた。完全な再現は難しいが、栈橋設計の観点からは揚炭機の脚反力が30%増の差であり、安全側なモデル化と考えられる。解析の精度をより高めるには、機械メーカーの詳細モデルのような転倒しにくさを再現するために一質点ではなく、多質点のモデルを採用する必要があると考えられる。