

長周期・長継続地震動を対象としたコンテナクレーン設計時における

1 質点モデルの適用性に関する実験的検討

港湾空港技術研究所 正会員 ○竹信 正寛

国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 宮田 正史

港湾空港技術研究所 正会員 菅野 高弘

国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所 正会員 小濱 英司

国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所 久保 哲也

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震によるコンテナクレーンの被災を契機として、免振化されたコンテナクレーンの導入が全国各地で進みつつある。一般に、免振クレーンを設計する段階では 3 次元 FEM を用いた時刻歴応答計算を実施することにより耐震性能の照査が行われるが、この解析に係留施設の設計段階で実施することは極めて困難である。このため、係留施設の設計段階において製作・設置可能なコンテナクレーンの緒元を決定するために、簡易な 1 質点モデルを用いた検討が提案されており、その基本的な動的特性は 1 質点モデルで十分に把握できることが示されている¹⁾。しかしながら既往の検証は、継続時間が短く、かつ長周期成分もそれほど卓越していない地震動を対象としたものである。

以上のことから本研究では、実スケールの 1/15 クレーン模型を対象とした振動台実験を通じて、長周期・長継続時間の入力地震動の場合にも 1 質点モデルによる適用可能か否かを検討することとし、また、重心位置の最大加速度に基づくクレーンの浮き上がりの照査の妥当性についても評価した。更に、1 質点モデルで問題となるクレーン重心位置と免振位置の変位の関係について、実験結果より整理を行った。

2. 実験概要

本検討における実験模型は、実機におけるコンテナクレーンの 1/15 縮尺としたものを用いた。適用相似則は表-1 に示すものを用いた。本実験で対象としたガントリークレーンはレールスパン 30m、重量約 10000kN 相当のものである。写真-1 に実験に用いた模型および振動台の全景を、図-1 に実験に用いた模型の概略図ならびに各種計測器の取り付け位置を示す。免震装置はクレーン横行方向のスライド機構と積層ゴムを有する水平型免震装置を用いた(写真-2)。入力地震動については各地の港湾において、耐震設計に用いられている L2 地震動とし、加速度振幅を種々に変化させ加振実験を行った。

表-1 適用相似側

物理量	実機/模型	縮尺比
長さ	λ	15.00
時間	$\lambda^{1/2}$	3.87
加速度	1	1.00
重量	λ^3	3375
曲げ剛性	λ^5	759375

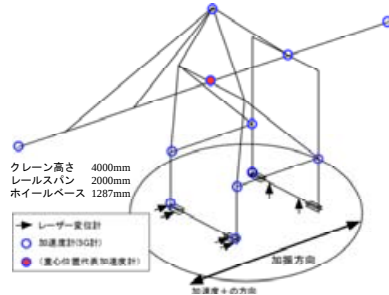


図-1 計器類設置箇所



写真-1 コンテナクレーン模型設置状況



写真-2 実験に使用した脚部免振装置

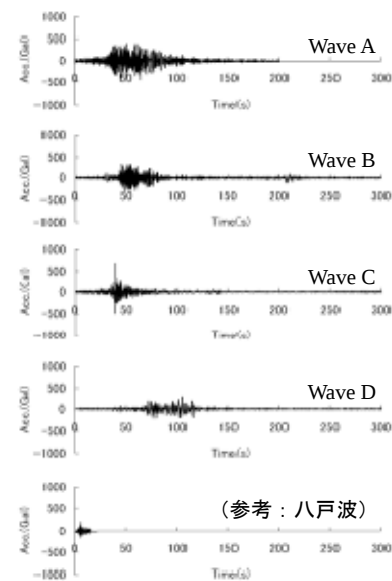


図-2 実験に用いた入力波形

キーワード コンテナクレーン・免震装置・1 質点モデル・振動台実験

連絡先 〒239-0836 横須賀市長瀬 3-1-1 独立行政法人港湾空港技術研究所 地盤・構造部 耐震構造研究チーム tel 046-844-5058

3. コンテナクレーン模型重心位置における加速度応答と1質点モデル解析値の比較

図-3に wave A (入力最大加速度振幅=175Gal) を入力した際の重心位置加速度に関する実験結果並びに1質点モデルを用いた場合の解析結果を、免震装置の有無と共に比較して示す。なお解析においては、質量 M については実験模型の値、剛性 K は実験結果より得られたクレーンの固有周期と質量 M を用いて逆算したものを、また減衰定数 h は模型を自由振動させた際の重心位置加速度時刻歴より算定したものをを用いた。

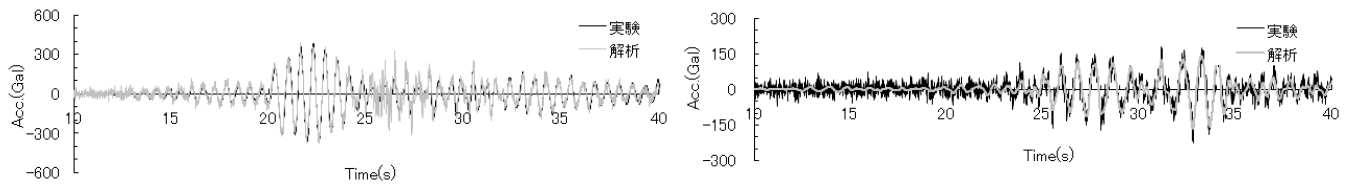


図-3 重心位置加速度に関する実験結果と解析結果の比較 (左: 免振なし 右: 免振あり)

図に示すように、実験結果と解析結果は加速度振幅、位相共に概ね一致しており、クレーン本体の基本的な動的挙動は長周期・長継続時間の入力地震動に対しても1質点系モデルで把握できるものであると考えられる。

4. 浮き上がり加速度に関する検討

図-4はクレーン車輪の脱輪の有無について、振動台の入力最大加速度とクレーン重心位置加速度の関係として、実験全ケースの結果について一つのグラフに整理したものである。図中×印はクレーンの脱輪が目視で判断できるもの、△印は脱輪には至らないが、鉛直変位計の記録により浮き上がりが確認されたもの、○印は脱輪・浮き上がり共に確認されないものである。

図中には静的なつり合い式より算定したクレーン脚部の浮き上がり限界加速度についても記載した。図に示すように、概ねこの加速度を境界線として脚部浮き上がりの有無が明瞭に分かれていることから、クレーン脚部の浮き上がり限界加速度は、静的な釣合式を解くことで簡便に算定できると考えられる。一方、上記3.における検討結果より、重心位置加速度は1質点モデルで十分に評価可能であると判断できるため、コンテナクレーンの浮き上がり加速度を、係留施設の設計段階におけるクレーンに関する所与条件の一つとして与えることにより、例えば加速度応答スペクトル等を用いて、係留施設上に設置可能なコンテナクレーンの固有周期、減衰定数の組み合わせ等を提示することが可能である。

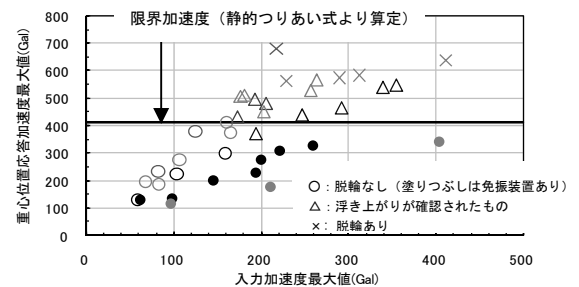


図-4 重心位置応答加速度と脱輪の有無に関する整理

5. 重心位置応答変位に関する検討

免震装置(積層ゴム型の免震装置を想定)を導入したコンテナクレーンでは、重心位置の応答加速度を低減する効果が得られる一方で、免震装置の許容ストロークが問題となるケースがある。このため、応答変位についても照査する必要があるが、1質点モデルの解析で得られる応答変位は重心位置変位であることから、重心位置変位と免震装置自体の変位の関係性を把握する必要がある。

図-5は実験より得られた、免震装置部分の変位および重心位置変位(重心位置加速度データの値を2回積分した値)について、重心位置変位最大値と免震装置最大変位の関係性を示したものである。図のように、同一の免震装置の場合には、入力地震動に因らず免震装置変位と重心位置変位の比はほぼ一定であると考えられる。ただし、この比については、免震装置の構成やコンテナクレーン本体の剛性によっても異なるため、今後更にデータの収集、検討が必要である。

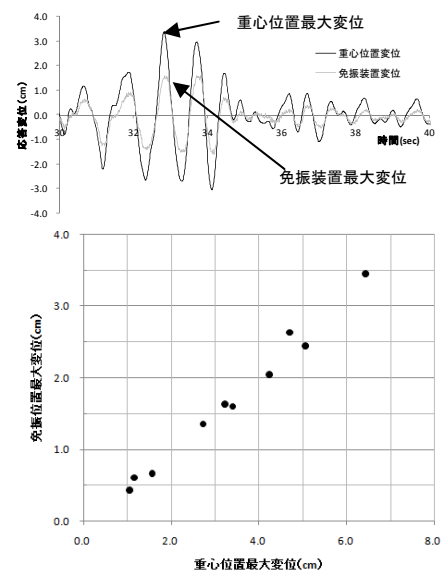


図-5 重心位置・免震装置の最大変位の関係

参考文献 1) 菅野高広・塩崎禎郎: コンテナクレーンの地震時挙動に関する数値解析法の検討, 土木学会地震工学論文集, Vol. 29, 2007.