

模型振動実験によるタイヤ式門型クレーンの地震時変形挙動の検討

海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 正会員 ○小濱 英司

三井 E&S マシナリー

久保 博司

小浜 優

関東学院大学 正会員

菅野 高弘

1. はじめに

港湾のコンテナターミナルにおけるタイヤ式門型クレーン (Rubber Tired Gantry crane, RTG) は、ヤード内におけるコンテナの整理、トレーラーシャーシへの積み下ろしに用いられる荷役機械である。近年はコンテナターミナルの荷役能力の向上と労働人口減少や高齢化への対応を図るために RTG の遠隔操作化も測られている。RTG の耐震設計においては、一般的にはクレーン構造規格をもとに設計震度 0.2 を用いた設計が行われている。1995 年兵庫県南部地震においては神戸港のコンテナターミナル荷捌地内における RTG には損傷がなかったことが報告されているが¹⁾、その地震時挙動には不明な点も多い。そこで本検討では、RTG の振動模型を用いて加振実験を行い、その動的変形挙動を検討する。

2. RTG 模型

実規模 RTG の構造諸元を考慮し、相似則にフルード則 (長さの縮尺を 1/10) を用いて模型を製作した²⁾。RTG 主構造部材のガーダー、脚、シルビームは曲げ剛性 (EI)、脚水平材は軸剛性 (EA) を考慮した。

3. 実験結果

RTG 模型を三次元振動台上に搭載して、地震動波形を用いた加振実験を行った。加振波には 1995 年阪神淡路大震災の神戸港ポートアイランドの地表で観測された地震動 (NS 成分) を用いた。横行方向と走行方向に加振した結果を図 2 に示す。ここでもクレーン応答としてクラブフレーム上での加速度を示している。振動台制御の制約によりクレーン走行方向と横行方向で入力 (振動台) 加速度振幅がやや異なったが、走行・横行方向でそれぞれ入力 (振動台) 最大加速度が 309Gal と 358Gal に対し、クレーン (クラブフレーム上) での応答の最大加速度が 569Gal, 933Gal となった。

ひずみゲージによるひずみ値からそれぞれの箇所での軸ひずみ、曲率を算出し、それらを相似率で実物スケールに換算し、実物における部材断面高さおよびヤング率を考慮して実物スケール相当の断面縁応力を算定した。走行方向加振、横行方向加振時の脚、ガーダー、シルビームでの縁応力の時刻歴を図 3~5 に示す。縁応力は、横行方向加振時において最大でガーダーで 204N/mm²、脚中間部で 145N/mm² となった。走行方向加振ではシルビーム端部において 140N/mm² となった。これらはほとんど曲げ成分によって生じており、横行方向加振時ではガーダーで鉛直方向の曲げ、脚では横行方向の曲げとなった。主要構造は SM490Y、SM490 で制作されることが多く、それらの降伏応力より小さい。

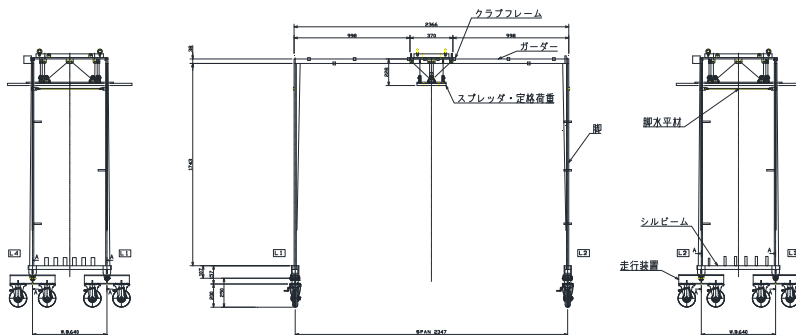


図1 RTG模型



写真1 RTG模型

キーワード クレーン, 地震時挙動, 模型振動実験

連絡先 〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1 (国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 TEL 046-844-5058

振動台加速度、クラブフレーム加速度および変位、図3および図4の箇所のガーダーおよびシルビームの曲率のフーリエスペクトルを図5（横行方向加振）、図6（走行方向加振）に示す。これらは、比較しやすいように、重ねて示しており、単位の異なるものは左右の軸に分け、対数軸上での最大最小の幅が同等になるようにして比較できるようにしている。横行方向加振時のガーダー曲

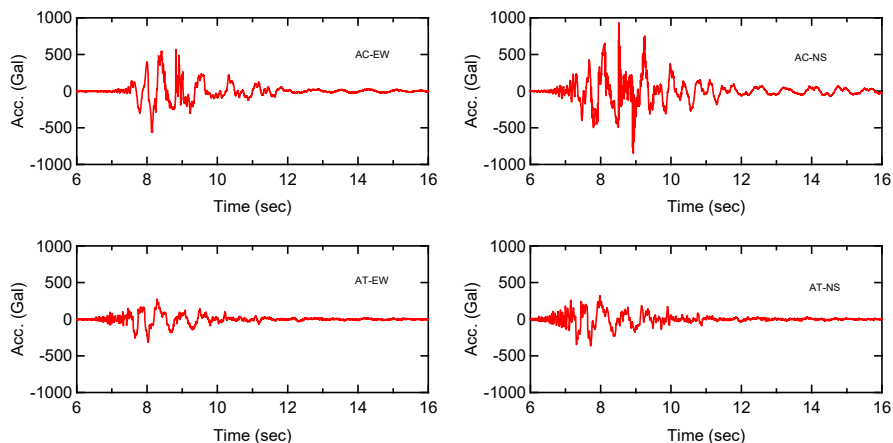


図2 振動台およびクレーン応答の加速度時刻歴
上段：クレーン加速度、下段：振動台加速度
左：走行方向加振、右：横行方向加振

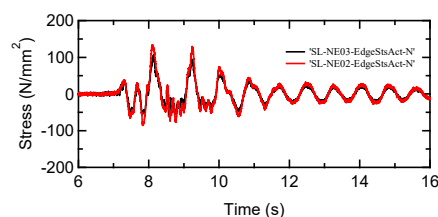


図3 部材断面の縁応力（実スケール相当、横行方向加振）
左：脚(NE)上部（黒）、中央部（赤）、右：ガーダー(E)端部

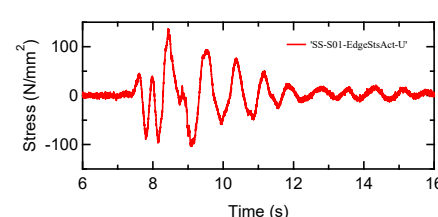
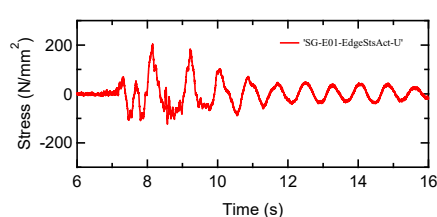


図4 部材断面の縁応力シルビーム(S)端部（実スケール相当、走行方向加振）

率および走行方向加振時のシルビーム曲率のフーリエスペクトルの形は、クラブフレームの加速度および変位のどちらのフーリエスペクトルにも完全には一致はしない。横行方向加振時ガーダーおよび走行方向時シルビームの曲率のスペクトルのピークはそれぞれ1.28Hz、1.03Hzである。横行方向加振時のガーダー曲率では10Hz付近にもピークが見られ、クラブフレーム加速度においても同じ振動数でピークが見られる。

参考文献

- 1) 藤本健幸：兵庫県南部地震による港湾施設の被害考察（その2）被害状況－港湾荷役施設－，港湾技研資料，No. 813，運輸省港湾技術研究所，港湾施設被害検討委員会編，1995.9. 2) 小濱英司，久保博司，小浜優，菅野高弘：模型振動実験によるタイヤ式門型クレーンの地震時挙動の基礎的検討，CS10-96，令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会，2022.9.

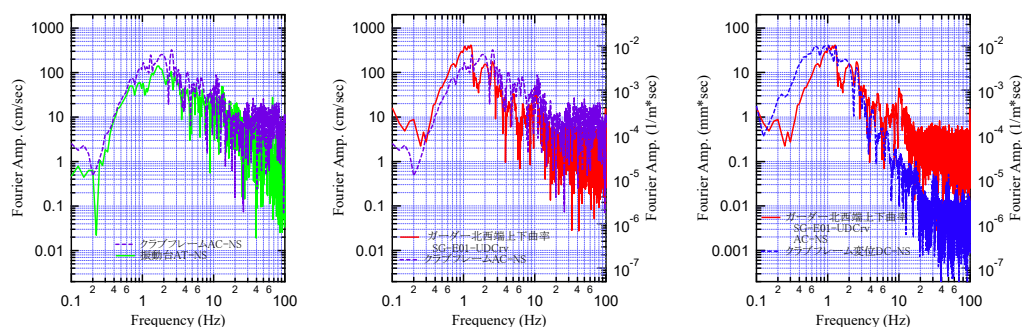


図5 フーリエスペクトル（横行方向加振）
振動台加速度（ピンク）、クラブフレーム加速度（紫）、
ガーダー端部上下曲げ曲率（赤）、クラブフレーム変位（青）

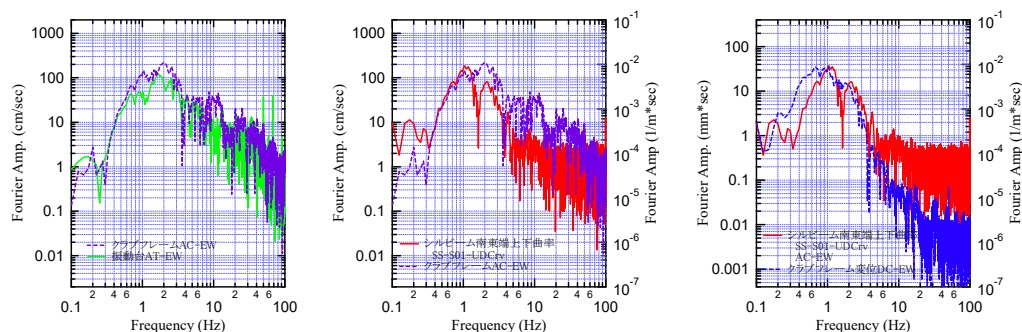


図6 フーリエスペクトル（走行方向加振）
振動台加速度（緑）、クラブフレーム加速度（紫）、
シルビーム端部上下曲げ曲率（赤）、クラブフレーム変位（青）