

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

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 には損傷が無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 の振動模型を作成して加振実験を行い、その動的挙動を検討する。

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。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、相似率 (曲げ剛性 1/10⁵、軸剛性 1/10³) により模型における目標値を算出し、それらに近い値となるように部材断面を設定した。コンテナを掴むスプレッダは、定格荷重分の錘とともにガーダー上のクラブフレームからワイヤーで吊下げた。これらは質量について相似率 (1/10³) を考慮して目標値を定め、一般的な板厚の鋼板を用い、その目標値に近くなるように鋼板寸法を設定した。シルビーム上には制御盤やエンジンセットが載せられ、また、一つの脚にはクラブフレームにある運転台に上るための階段があり、これらについても、相似率を考慮して定めた質量の錘としてシルビーム上および脚に配置した。シルビーム下には 4 つの走行装置があり、各走行装置に 2 輪の車輪 (タイヤ) を装着した。結果として、高さ 2138mm、幅 2366mm、質量 207kg の RTG 模型を製作した。

3. 実験結果

RTG 模型を三次元振動台上に搭載して加振実験を行った。最初に入力加速度振幅 100Gal のパルス波を入力した自由振動により応答特性を把握した (図 2)。応答加速度のフーリエスペクトルより、走行方向および横行方向の一次の卓越周期 (振動数) はそれぞれに 0.625s (1.6Hz)、0.690s (1.45Hz) となった。これらは実スケールにおいてはそれぞれ 1.98s (0.51Hz)、2.18s (0.46Hz) に相当する。

次に、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) と、港湾構造物の設計に用いられる工学基盤でのレベル 1 地震動を

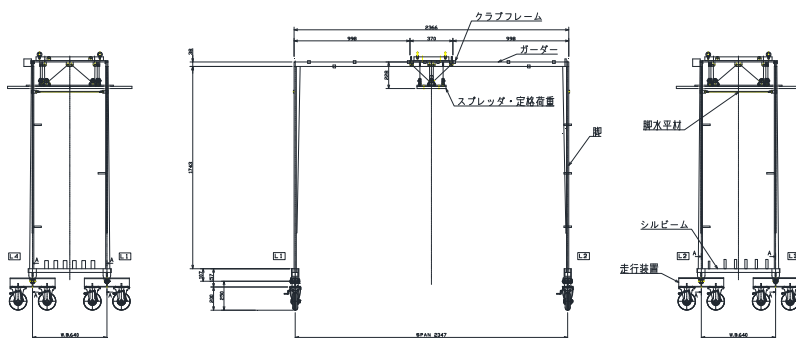


図 RTG模型



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

用いて地震応答解析により算出された地表での地震動を用いた。

それぞれの地震波について横行方向と走行方向に加振した結果を図3および図4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)加速度振幅が異なったが、港湾レベル1地震動では、走行方向では入力最大加速度197Galに対してクレーン(クラブフレーム)上で566Gal, 横行方向では425Galに対して777Galと、大きく増幅した応答を示した。横行方向の加振においては、脚スパンが狭まる方向に脚がたわむ挙動が見られた。これは、横行方向に大きい加速度が生じたときに自重と慣性力の荷重が片側の脚に偏って作用して内側にたわみ、もう片側の脚への自重の作用は小さくなって車輪の摩擦抵抗が低減して滑ることで、脚間隔が狭まるような挙動になったことが考えられる。

1995年兵庫県南部地震の際の神戸港ポートアイランド地表観測地震動(NS成分)を用いた場合においては、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。

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.

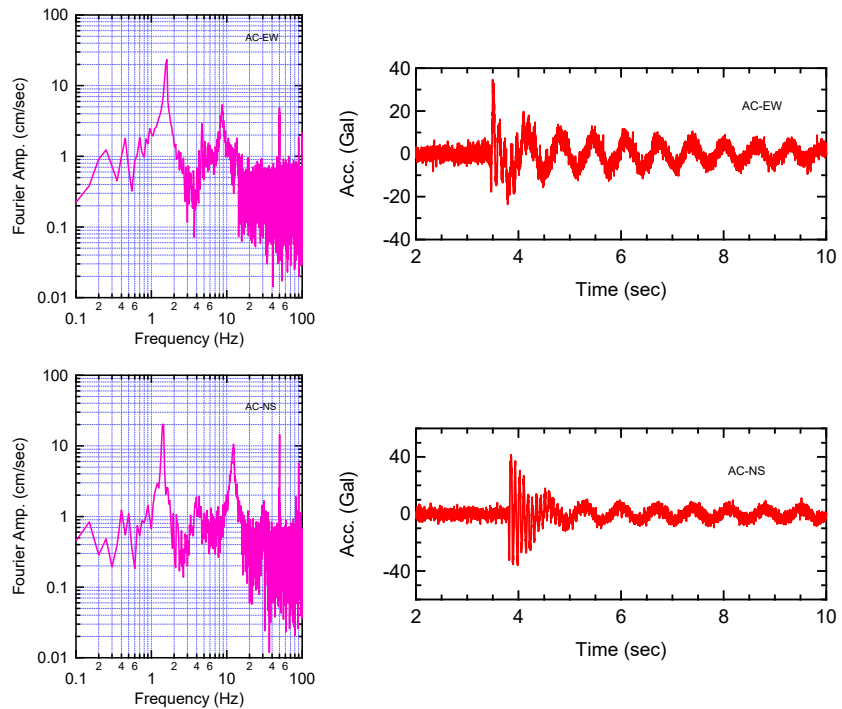


図2 パルス加振によるクレーン(クラブフレーム)応答加速度のフーリエスペクトルおよび時刻歴
上段：走行方向加振、下段：横行方向加振

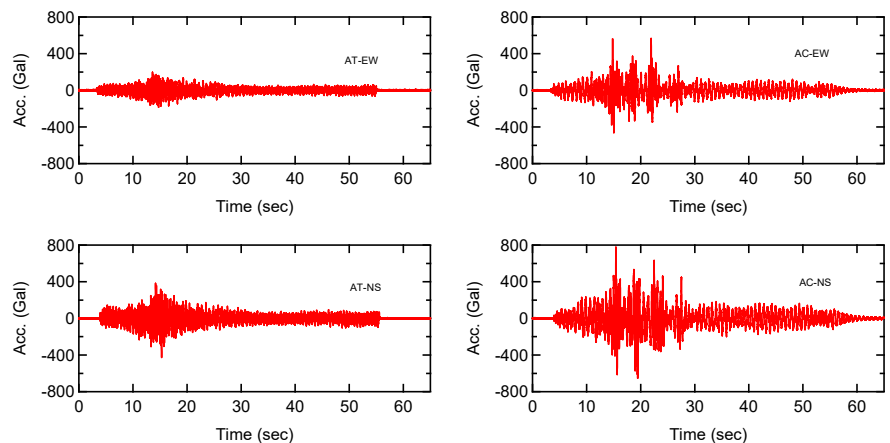


図3 L1地震波加振による振動台およびクレーン応答の加速度時刻歴
上段：走行方向加振、下段：横行方向加振、
左：振動台加速度、右：クレーン加速度

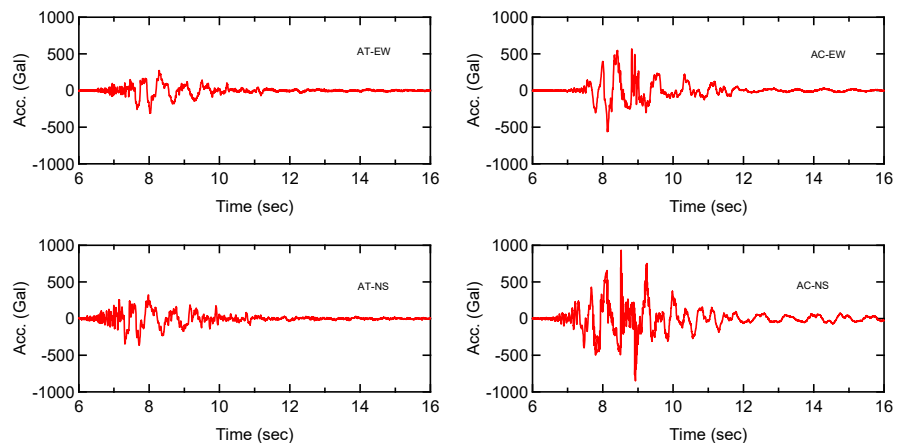


図4 ポートアイランド波加振による振動台およびクレーン応答の加速度時刻歴
上段：走行方向加振、下段：横行方向加振
左：振動台加速度、右：クレーン加速度