

実機コンテナクレーンの固有周期に対する各種評価手法の適用性

国土技術政策総合研究所	正会員	宮田正史
(独)港湾空港技術研究所	正会員	竹信正寛・菅野高弘
関東地方整備局横浜港湾空港調査事務所	正会員	小濱英司・久保哲也
(株)ニュージェック	正会員	前川 太・吉川慎一

1. はじめに

2007年に「港湾の施設の技術上の基準」が全面改正され、性能規定型の技術基準へと移行した。基準改正にともない、耐震強化岸壁上に設置される耐震強化施設として位置付けられるコンテナクレーンについては、レベル2地震動に対する耐震性能照査の実施が規定された¹⁾。しかしながら、クレーンの地震時応答に大きな影響を及ぼす固有周期や減衰定数については、実機における計測事例が少ないため、不明な点が多い。

そこで、本研究では、東京港に設置されている実機クレーンを対象として、微動観測、振動計測、強震観測および3次元FEM解析(固有値解析)の結果から固有周期を評価した。また、既に提案されている簡易手法²⁾による固有周期の精度について、観測記録との比較により確認した。最後に、全国の既存クレーンの設計情報を収集し、簡易手法により固有周期を算出し、30mスパン級の既存クレーンの固有周期の特徴等を把握した。

2. 実機コンテナクレーンの固有周期の評価

(1) 概要

実機コンテナクレーン(図-1)を対象として、以下に示す5つの手法により、クレーンの耐震設計上において最も重要なパラメータであるクレーン横行方向(岸壁法線直交方向)の固有周期を評価した。

強震観測：クレーン上の強震観測記録(加速度)の結果から、卓越周期(スペクトル)と減衰定数を算出

振動計測：クレーンを強制的(クレーン運転手により吊り荷を移動させて振動を発生)に振動させた状態で実施した振動計測(クレーン上)の結果から、卓越周期と減衰定数を算出

微動観測：静止状態におけるクレーン上の常時微動観測の結果から、卓越周期を算出

3次元FEM解析：実機クレーンの部材諸元をベースに骨組モデル化し、固有値解析より固有周期を算出

簡易手法：クレーンの主部材を単純なラーメン構造として評価し、ラーメン構造に単位水平力を作用させた際のラーメン構造の応答水平変位との関係から固有周期を算出

(2) 結果

図-2に、強震観測・振動計測・微動観測で計測されたクレーン横行方向の加速度時刻歴の一部を抜粋したものを示す。また、図-3に各時刻歴波形のフーリエ振幅スペクトルを示す。これらの結果から、いずれの結果も固有周期は概ね2.1秒であり、クレーン横行方向の固有周期の評価については、微動観測のみでも十分な精度が確保されることが分かる。次に、上述した5つの手法による横行方向固有周期の算出結果を表-1に示す。この結果から、いずれの手法でも概ね同程度の固有周期が算出されていることが分かる。特に、簡易手法は、ラーメン構造としての主部材の長さや断面剛性のみから固有周期を算出しているが、クレーン構造設計の基本情報から、一定の精度で実機クレーンの固有周期を評価することが可能であることが確認できた。

一方、減衰定数については、強震観測および振動計測の時刻歴波形から減衰定数を評価した。この結果、今回の強震記録(クレーン機械室での横行方向の最大応答加速度約25Gal)では、減衰定数は約3.45%であった。一般的に、コンテナクレーンの減衰定数は2~3%程度と言われているが、今回の計測結果はそれらの数値と整合的であった。なお、振動計測の場合は、最大加速度が1.0Gal程度であるが、強震記録から算出した減衰定数より非常に小さい値(約0.9%)であった。

キーワード コンテナクレーン, 固有周期, 常時微動観測, 振動計測, 強震観測, FEM解析

連絡先 〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土技術政策総合研究所港湾研究部 TEL 0468-44-5029

3. 簡易手法による全国既存コンテナクレーンの固有周期の評価

前章で述べたとおり，コンテナクレーンの横行方向固有周期については，簡易手法で一定の精度の評価が可能であることが確認された．そこで，全国の既存クレーン（レールスパン 30m 級）の約 60%(89 基/146 基）のクレーンについて設計情報を収集し，簡易手法により横行方向の固有周期を評価した．図-4 に，簡易手法による横行方向固有周期の算出結果を示す．なお，横軸はクレーン規模を代表する指標としてクレーン自重としている．この結果から，900t 程度以下のクレーン（90 年代半ば以前の製作が多い）は概ね 1.6~2.9 秒，900t 程度以上のクレーン(90 年代半ば以後の製作が多い)は概ね 1.8~2.2 秒程度の固有周期であることが分かる．

4. おわりに

実機コンテナクレーンの横行方向の固有周期は，微動観測，振動計測，強震観測，3 次元 FEM 解析（固有値解析）及び簡易手法のいずれの手法によっても一定精度で評価することができることを確認した．簡易手法に基づき，全国既存コンテナクレーン（30m スパン級）の固有周期を把握した．最後に，クレーンの現地計測にご協力頂いた東京港埠頭㈱及び関係機関各位に心より感謝の意を表する次第である．



図-1 対象コンテナクレーン

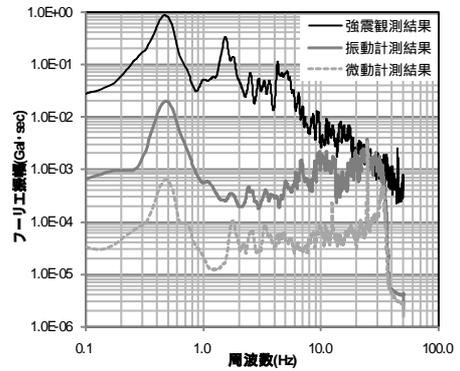


図-3 フーリエ振幅スペクトル

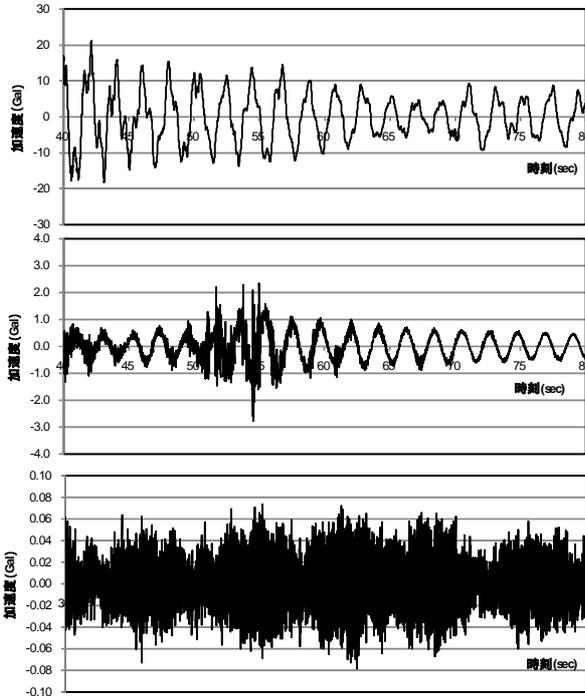


図-2 加速度時刻歴
(上から，強震観測，振動計測，微動観測)

表-1 固有周期・減衰定数の一覧

算出方法	固有周期(sec)	減衰定数(%)
強震観測	2.10	3.45
振動計測	2.10	0.9
微動観測	2.10	-
3次元FEM	2.05	-
簡易手法	2.02	-

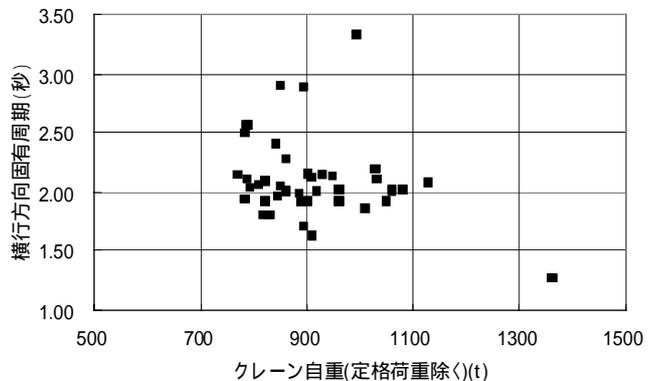


図-4 固有周期とクレーン自重の関係

参考文献 1)宮田正史ほか：耐震強化施設としてのコンテナクレーンの耐震性能照査手法に関する研究(その1),国総研資料,No.455,2008 2)(社)日本クレーン協会：クレーン耐震設計指針(JCAS1101-1989),1989