

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ГЛАВНАТА ГРЕДА НА МОСТОВ КРАН ПРИ СЕИЗМИЧНО ВЪЗДЕЙСТВИЕ ЧРЕЗ УМАЛЕН ФИЗИЧЕН МОДЕЛ

Калин Радлов¹

¹ Университет по архитектура, строителство и геодезия, 1046 София, E-mail: kradlov@abv.bg

РЕЗЮМЕ. Настоящата разработка е посветена на експерименталното изследване на динамичното поведение и напрегнатото състояние главната греда на двугредов мостов кран в условия на сеизмично въздействие, посредством умален физичен модел и виброплатформа за възбуждане на сеизмични трептения. Извършени са резонансен тест, хармоничен анализ и динамичен тест с акселерограма за три различни местоположения на количката в отвора на моста на крана: в средата, на 1/3 от края на моста и на 1/6 от края на моста. Получените накрая изводи от анализа на експериментални резултати могат да бъдат полезни в проектантската практика при изготвянето на сеизмични квалификации на носещи конструкции на мостови кранове.

Ключови думи: мостов кран, експериментален стенд, сеизмично въздействие, собствена честота

BRIDGE CRANE MAIN BEAM EXPERIMENTAL RESEARCH IN CASE OF EARTHQUAKE BY USING A MINIATURE MODEL

Kalin Radlov¹

¹ University of architecture, civil engineering and geodesy, 1046 Sofia, E-mail: kradlov@abv.bg

ABSTRACT. The present development is devoted to dynamic behavior and stressed state experimental research of bridge crane main beam in case of earthquake, by using a bridge crane miniature model and a shaking table for seismic vibrations excitation. There are performed a resonance test, harmonic analysis and dynamic test by using an accelerogram for three different crane trolley locations in the bridge crane span - at the middle, 1/3 distance from bridge end and 1/6 distance from bridge end. The obtained conclusions following the result analysis can be very useful in bridge crane designing practice by preparing a bridge crane's seismic qualifications.

Key words: bridge crane, test stand, seismic action, natural frequency

Въведение

Напоследък все по интензивно се развиват ЕИМ, като едновременно с това при анализа на динамичното поведение на механичните системи все повече навлизат и методите основаващи се на компютърното моделиране и симулация. По редица причини масово се пренебрегват физическите експерименти по отношение на изследването на главните греди от носещите конструкции на мостови кранове. Ясно е обаче, че при множеството проведени до този момент компютърни експерименти е невъзможно да бъдат отчетени реалните механични характеристики на системата, както и всички влияещи фактори, засягащи сложното динамично реагиране на главната греда на мостов кран в условия на сеизмично въздействие.

Тъй като по отношение на изследванията върху носещи конструкции на мостови кранове при сеизмични въздействия, един експеримент върху реална конструкция на мостов кран би изискал огромни капиталовложения, то напоследък все по-масово се използват експерименталните изследвания върху подобни модели. Това е много полезен метод, тогава когато се изследват отговорни конструкции със сложна форма. Получените чрез директни измервания върху подобния модел резултати след това се пренасят към реалната конструкция, чрез умножаване с подходящи мащабни коефициенти [1].

Целта на настоящата разработка да бъдат анализирани и правилно интерпретирани, резултатите от експериментално изследване на динамичното поведение и напрегнатото състояние на главна греда на мостов кран в условия на сеизмично въздействие, които са извършени по разработена в [2] методика за експериментално изследване посредством умален физичен модел и мащабни коефициенти.

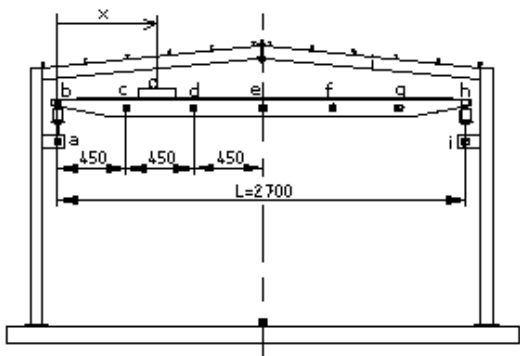
Постановка на експеримента

Тъй като сеизмичното въздействие се предава от земната повърхност към носещата конструкция на мостов кран през носещата конструкция на сградата, то при настоящото експериментално изследване се счита за удачно да се изследва цялостната система "мостов кран сграда" Използвания за настоящите изследвания експериментален стенд е показан на фиг. 1.



Фиг.1. Експериментален стенд- умален физичен модел на система "мостов кран-сграда"

За възбуждането на сеизмични трептения в хоризонтална посока е използвана еднокомпонентна виброплатформа (Shaking Table), изградена на базата на сервохидравлична система Instron и задвижвана от два гидроцилиндъра.



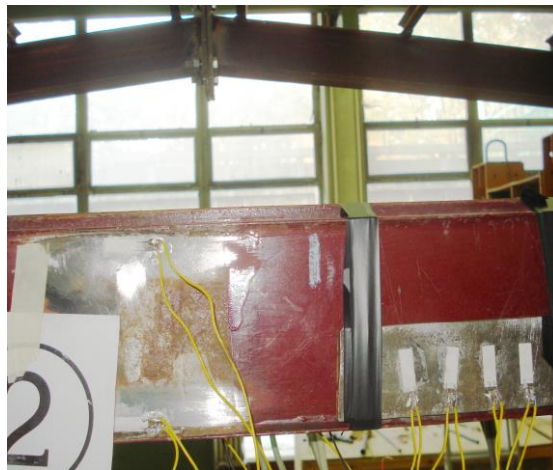
Фиг.2. Разположение на акселерометрите за измерване на динамичното поведение на главна греда в хоризонтално направление- схема и общ вид

За измерване на динамичното поведение на главна греда се използват акселерометри от индуктивен тип, марка Hotinger модел B12/200, които са масово използвани за измерване на ускоренията при микротрептенията [3]. Акселерометрите се разполагат в седем точки, равномерно разпределени по дължината на главната греда по начина показан на фиг.2.

Напреженията в средното сечение на главна греда на мостов кран определят по метода на електросъпро-

тивителните тензопреобразуватели. Използват се жични тензопреобразуватели тип X-1 със съпротивление $R=121,2[\Omega] \pm 0,5\%$ и коефициент на тензочувствителност $K=2,09 \pm 0,5\%$.

Разположението на тензодатчиците за измерване на напрегнатото състояние в средата на главна греда е показано на фиг.3

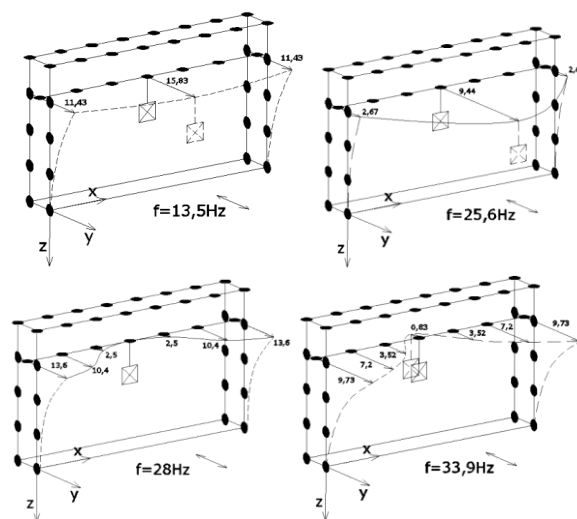


Фиг.3. Разположение на тензодатчиците за измерване на напрегнатото състояние в средното сечение на главна греда

Експерименталното изследване се извършва за три различни разположения на крановата количка спрямо левия край на моста на крана (разстоянието от крановата количка до левия край на моста на крана е означено с "x" на фиг.2) : количка в средата на моста; количка на 1/3 от края на моста и количка на 1/6 от края на моста.

Резонансен тест

От проведения резонансен тест при разположение на крановата количка по средата на моста са получени следните по- важни собствени честоти и форми на трептене, показани на фиг.4



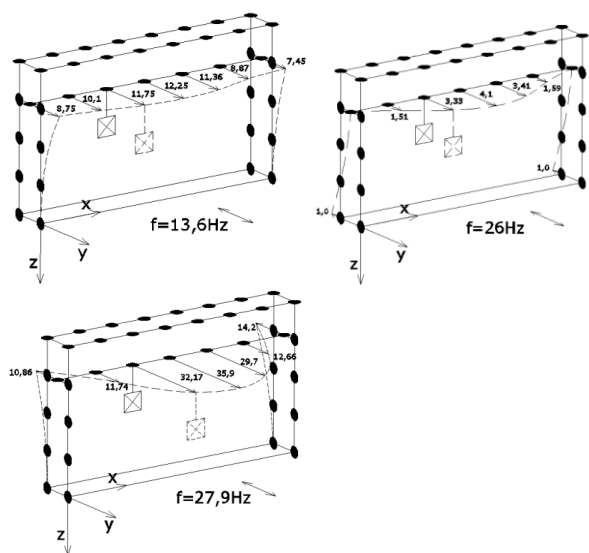
Фиг.4. Собствени честоти и форми при разположение на количката в средата на моста

От собствените форми представени на фиг.4 може да се направи извода, че честотата 13,5Hz представлява

честотата на първа собствена форма на носещата конструкция на сградата по ос 'y'. Вижда се, че 25,6Hz представлява честотата на първа собствена форма на носещата конструкция на моста на крана по ос 'y'. Честоти 28Hz и 33,9Hz представляват честоти на трептене на носеща конструкция на системата "мостов кран - сграда" около точката на окачване на товара.

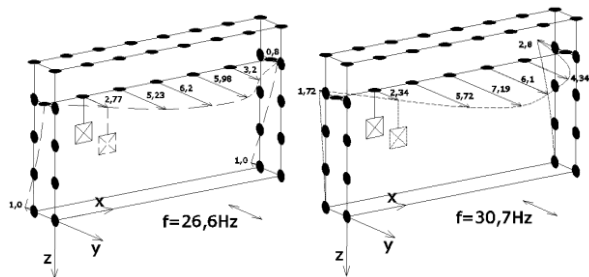
От проведения резонансен тест при разположение на крановата количка на разстояние 1/3 от края на моста са получени следните по-важни собствени честоти и форми на трептене, показани на фиг.5.

От собствените форми представени на фиг.5 може да се направи извода, че честотата 13,6Hz представлява честотата на първа собствена форма на носещата конструкция на сградата по ос 'y'. Честотата 26Hz представлява честотата на първа собствена форма на носещата конструкция на мостовия кран. Честотата 27,9Hz представлява собствена честота на системата "мостов кран-сграда", при която вече настъпва плъзгане на ходови колела върху релса откъм челната греда, разположена от отсрещната страна на страната на окачване на товара.



Фиг.5. Собствени честоти и форми при разположение на количката на 1/3 от края на моста

От проведения резонансен тест при разположение на крановата количка на разстояние 1/6 от края на моста са получени следните по-важни собствени честоти и форми на трептене, показани на фиг.6



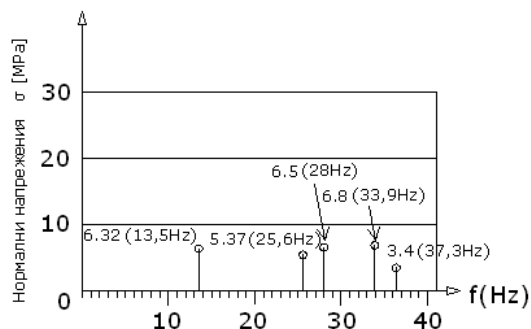
Фиг.6. Собствени честоти и форми при разположение на количката на 1/6 от края на моста

От собствените форми представени на фиг.6 може да се направи извода, че честотата 12Hz представлява честота на усукване на носещата конструкция на системата "мостов кран- сграда", а честотата 13,6Hz представлява честотата на първа собствена форма на носещата конструкция на сградата по ос 'y'. Също така се вижда, че честотата 26,6Hz представлява честотата на първа собствена форма на носещата конструкция на мостовия кран, а честотата 33,8Hz представлява честота на усукващи трептения на цялата система "мостов кран-сграда" около точката на окачване на товара. Честотата 30,7Hz пък, подобно на горният случай, че представлява собствена честота на системата "мостов кран-сграда", при която настъпва плъзгане на ходовите колела върху релсата откъм челната греда, разположена от отсрещната страна на страната на окачване на товара.

Измерване на напрежения при хармонично въздействие

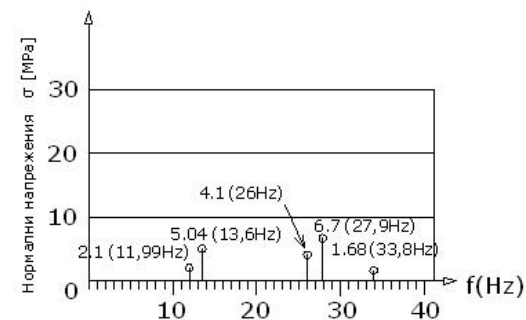
Към виброплатформата се подава хармонично въздействие с амплитуда $A=0,05 \cdot g[m/s^2]$. Последователно се подават установените при резонансния тест собствени честоти.

От проведения хармоничен анализ при разположение на крановата количка по средата на моста са получени следните резултати, показани на фиг.7



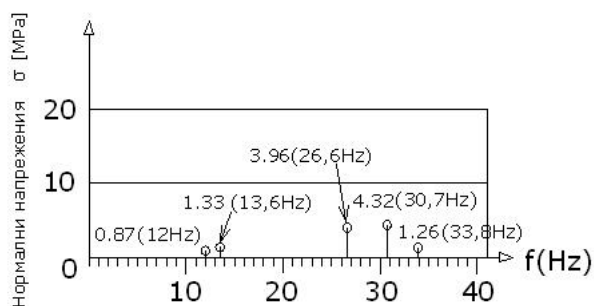
Фиг.7 Честотна характеристика на напреженията в средата на главна греда на мостов кран при количка в средата на моста

От проведения хармоничен анализ при разположение на крановата количка на разстояние 1/3 от края на моста са получени следните резултати, показани на фиг.8



Фиг.8.Честотна характеристика на напреженията в средата на главна греда на мостов кран при количка на 1/3 от края на моста

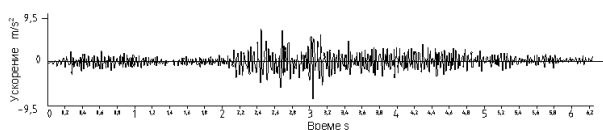
От проведения хармоничен анализ при разположение на крановата количка на разстояние 1/3 от края на моста са получени следните резултати, показани на фиг.9



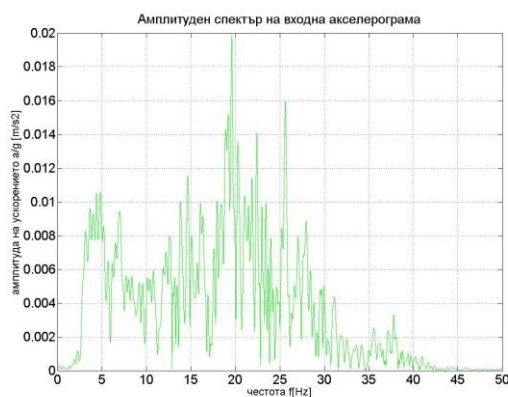
Фиг.9.Честотна характеристика на напреженията в средата на главна греда на мостов кран при количка на 1/6 от края на моста

Измерване на напрежения и ускорения при входно въздействие акселерограма

За входна смущаваща акселерограма, за настоящите изследвания е избрана реална акселерограма регистрирана вследствие на Вранчанското земетресение от 31 Август 1986г с магнитуд $M=7.0$ [5]. След мащабирането на тази акселерограма с мащабните коефициенти установени в [2], тя придобива вида показан на фиг.10. Амплитудния ѝ спектър е показан на фиг.11. За да се построи амплитудния спектър е използван алгоритъм с Бързо Преобразуване на Фурие [4].

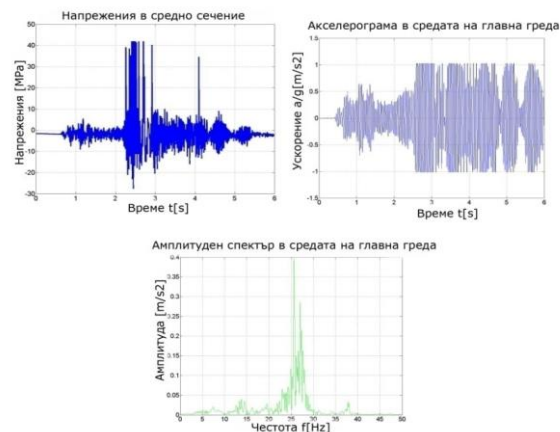


Фиг.10.Мащабирана акселерограма



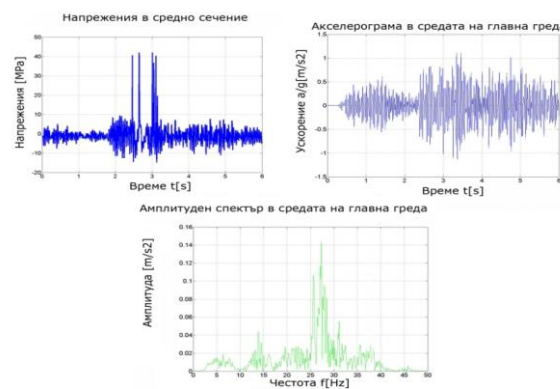
Фиг.11.Амплитуден спектър на мащабирана акселерограма

След подаване на мащабираната акселерограма към виброплатформата, и при разположение на крановата количка по средата на моста на крана, са получени резултатите показани на фиг.12



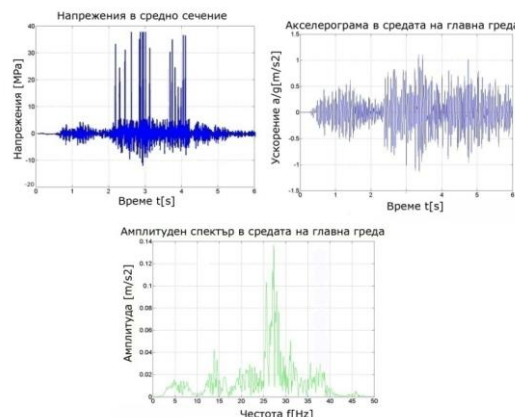
Фиг.12.Напрежения и ускорения в средно сечение и разположение на количката в средата

След подаване на мащабираната акселерограма към виброплатформата, и при разположение на крановата количка на разстояние 1/3 от края на моста, са получени резултатите показани на фиг.13.



Фиг.13.Напрежения и ускорения в средно сечение и разположение на количката на 1/3 от края на моста

След подаване на мащабираната акселерограма към виброплатформата, и при разположение на крановата количка на разстояние 1/6 от края на моста, са получени резултатите показани на фиг.14.



Фиг.14.Напрежения и ускорения в средно сечение и разположение на количката на 1/6 от края на моста

Изводи

След анализ на получените резултати, могат да се направят следните заключения:

-усилващия ефект, който носещата конструкция на сградата оказва върху амплитудите на сеизмичните трептения по хоризонтално направление, които се предават от земната повърхност към средното сечение на главната греда на мостовия кран е от порядъка на $\beta = 1,5$;

-най-високи сеизмични напрежения в средното сечение на главна греда при сеизмично въздействие по хоризонтално направление, се получават в случая при разположение на количката по средата на моста и са от порядъка на $\sigma = 45 \text{ MPa}$;

- при разположение на количката по средата на моста, най-голямо влияние върху напрегнатото състояние вследствие на хоризонтално сеизмично въздействие, оказват две собствени честоти на системата- първа собствена честота на трептенията на моста на крана в хоризонтално направление и честотата на трептене на системата "мостов кран- сграда" около точката на качване на товара;

- при разположение на количката встрани от средата на моста, най-голямо влияние върху напрегнатото състояние вследствие на хоризонтално сеизмично въздействие, оказват две собствени честоти на систе-

мата- първа собствена честота на трептенията на моста на крана в хоризонтално направление и честотата която настъпва плъзгане на ходовите колела върху релсата откъм челната греда, разположена от отсрещната страна на страната на товара.

Литература

- Петков Г., М.Проданов, П.Караиванов, П. Ексаров, Д. Камбуров. Експериментално изследване на подемно-транспортни машини. изд.Техника 1980г.
- Радлов. К., Моделни изследвания на система „носеща конструкция на мостов кран- носеща конструкция на сграда“ при сеизмични натоварвания, „Механика на машините“, Изд. на ТУ–Варна, № 85, година XVIII , кн. 1, 2010г.
- Финк К.Х., Робарх., Измерение напрежений и деформации,М., 1966г.
- Доневска С., Б.Доневски Бързо преобразуване на Фурие, изд. "Технически Университет"- София, 2000г.
- www.ngdc.noaa.gov/hazard/data/cdrom/ag.strong_motion_vol3
- Дворников В.И., Е.Р.Кърцелин, Об учете массивности проводниковых систем, IX нац. конф. с межд. участие по открыт и подводен добив на полезные ископаемые, 10-14 IX 2007 г., гр. Варна, България, Св. доклады, стр. 195-200.

*Препоръчана за публикуване от
Редакционен съвет*