



Получена: 11.06.2024 г.

Приета: 25.06.2024 г.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗПИТВАНЕ НА СТОМАНЕН ЖП МОСТ В ЕКСПЛОАТАЦИЯ ПО ВТОРА ГЛАВНА ЖП ЛИНИЯ СОФИЯ – ВАРНА В РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

М. Лепоев¹, Л. Георгиев², Ст. Иванов³, Л. Здравков⁴, В. Танев⁵

Ключови думи: стоманен жп мост, изпитване, реални влакове

РЕЗЮМЕ

В рамките на научен проект по дог. БН-282-23 беше проведено натурно изпитване на стоманен мост в експлоатация по Втора главна жп линия София – Мездра – Варна над р. Искър на km 92+049. Главната конструкция на моста представлява стоманена четириотворна непрекъсната греда. Направено е измерване на премествания и ускорения в определени точки от първия отвор на двете успоредни греди по двата коловоза. Съпоставени са резултатите с тези от числен компютърен модел, със симулиран товар на жп състав, включващ четириосен локомотив серия 44.

1. Въведение

При модернизация и реконструкция на железния път обикновено в съвременната практика и норми са заложили приложимите европейски стандарти. С оглед преценка на

¹ Милчо Лепоев, проф. д-р инж., кат. „Железници“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: mlepoev_fte@uacg.bg

² Лазар Георгиев, доц. д-р инж., кат. „Пътища и транспортни съоръжения“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: lazar_fte@uacg.bg

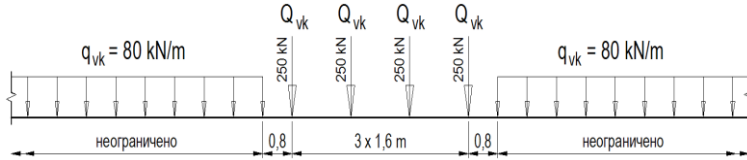
³ Стоян Иванов, доц. д-р инж., кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: denkov_fce@uacg.bg

⁴ Любомир Здравков, доц. д-р инж., кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: zdravkov_fce@uacg.bg

⁵ Вълго Танев, доц. д-р инж., кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: tanev_fce@uacg.bg

съответствието на съществуващите мостови съоръжения по отношение на вертикалните товари е важно да се съпоставят въздействията върху тях от нормираните товарни модели в [1 – 3]. Според [3] за железопътни мостове се прилага UIC71 (LM71). Сравнително изследване на въздействия от дефинирани модели в стари норми за Швеция е представено в [4].

На фиг. 1 е представен товарният модел UIC-71 (LM71, TM71), дефиниран в [3].

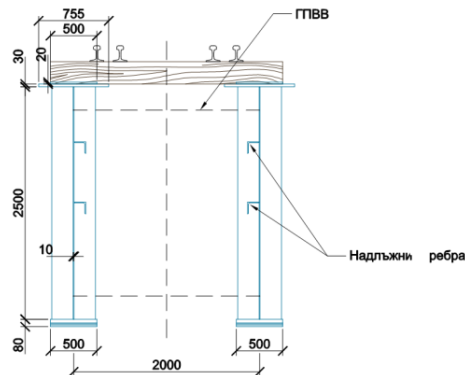


Фиг. 1. Товарен модел UIC71

Целта на представеното изследване е да бъдат съпоставени резултати от ефекти при преминаването на реални влакове върху експлоатиран стоманен жп мост с главна конструкция непрекъснатата греда – фиг. 2, фиг. 3 и отвори 4×36 m. На фиг. 4 и фиг. 5 са представени преминаващи реални жп състави ефекти, които са измерени на място при проведеното изследване. Сравнението на измерените резултати с ефектите от TM71 е представено в [6].



Фиг. 2. Мост над р. Искър на km 92+049



Фиг. 3. Мост над р. Искър на km 92+049 – напречно сечение



Фиг. 4. Пътнически жп състав с локомотив Шкода серия 44



Фиг. 5. Пътнически жп състав с локомотив Сименс

2. Експериментално изпитване

2.1. Описание на реалните жп товари, от които са извършени измерванията

Направените измервания на линейни вертикални премествания и ускорения се дължат на преминаващите реални влакове върху стоманен жп мост, вж. фиг. 5 и фиг. 6, имащ статическа схема непрекъсната пълностенна греда. Той е разположен над р. Искър, на km 92+049 по Втора главна жп линия София – Мездра – Варна.

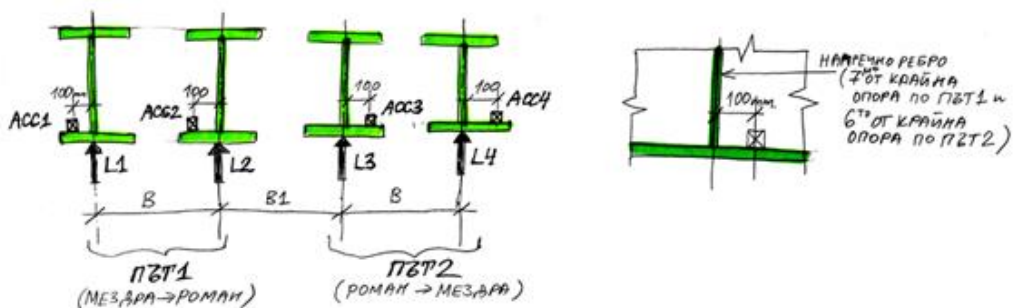
2.2. Описание на разположението на датчиците за измерване на линейно преместване и на ускорения

На фиг. 6 е представено разположението на датчиците за линейно преместване във вертикална посока и за измерване на ускоренията на връхната конструкция при преминаване на реалните жп състави, представени в таблица 1.

Таблица 1. Описание на реални влакове, от преминаването на които е направено измерване на вертикални премествания и ускорения в съответните локации

Влак / Запис	дата	час	локомотив	брой вагони	ПЪТ
1-6	6.7.2023	15:02:00	-	-	-
2-6	6.7.2023	16:01:05	Škoda-44	1	1
3-6	6.7.2023	16:42:15	Škoda-44	4	2
4-6	6.7.2023	17:02:35	Škoda-44	4	1
5-6	6.7.2023	17:27:30	Škoda-44	2	1
6-6	6.7.2023	17:57:12	Škoda-44	3	1
1-7	7.7.2023	11:55:00	Siemens	4	1
2-7	7.7.2023	12:47:00	Škoda-44	4	2
3-7	7.7.2023	13:18:00	Siemens	4	2
4-7	7.7.2023	14:55:00	Siemens	4	1

Линейните премествания във вертикална посока са измервани с датчици L1, L2, L3, L4 от типа Draw Wire Sensor SX50-1000-10V-KA15-S1 [7]. Ускоренията на връхната конструкция във вертикална посока са измервани с акселерометри ACC1, ACC2, ACC3, ACC4.



Фиг. 6. Разположение на измервателната апаратура по път 1 и път 2

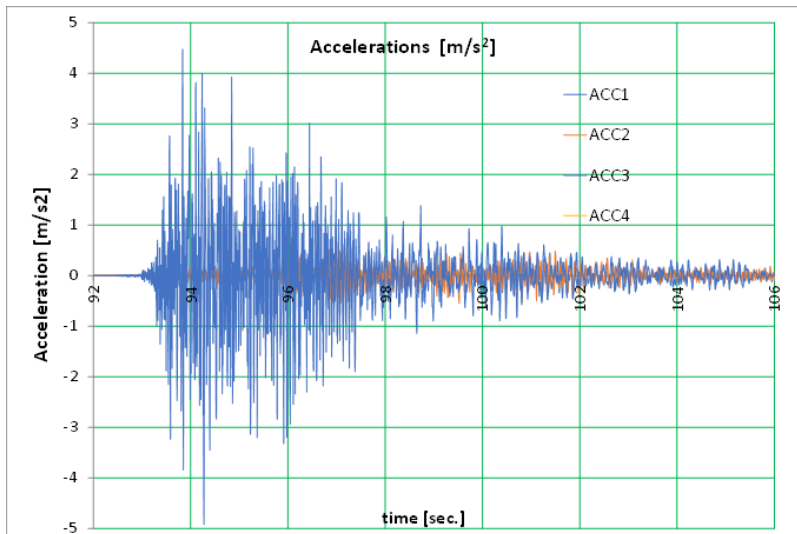
Резултатите от измерените вертикални премествания и сравнение с тези определени от модел по МКЕ с реален динамичен коефициент [6] са представени в таблица 2.

Таблица 2. Съпоставка на измерени от реалните жп състави и изчислени вертикални премествания в съответните локации

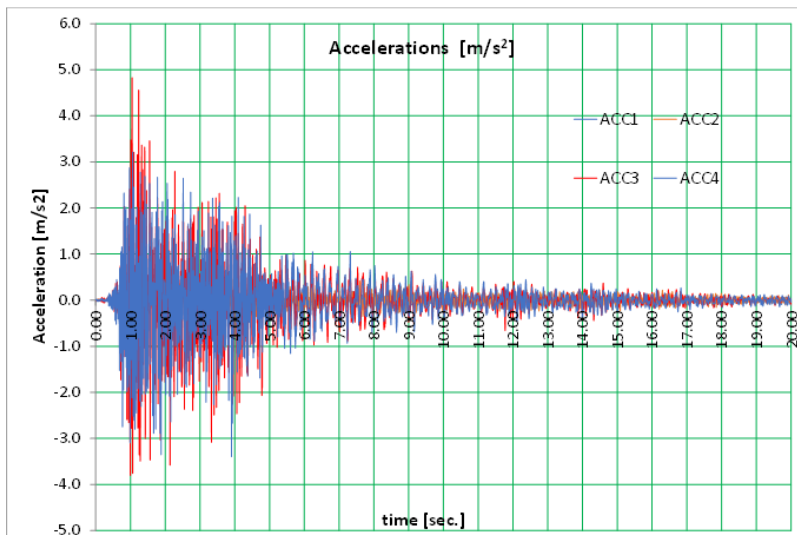
Влак / Запис	Път	Път 1 (max/min)		средно	Път 2 (max/min)		средно	Модел МКЕ*ф	
		L1[mm]	L2[mm]	[mm]	L3[mm]	L4[mm]	[mm]	Път 1 [mm]	Път 2 [mm]
1-6	-	0.005	0.013	0.009	0.034	0.016	0.025	10.100	8.900
		-0.032	-0.012	-0.022	-0.096	-0.009	-0.052		
2-6	1	2.929	3.314	3.122	2.165	3.873	3.019	10.100	8.900
		-11.473	-10.978	-11.225	-2.698	-2.734	-2.716		
3-6	2	0.009	0.008	0.009	0.803	0.006	0.404	10.100	8.900
		-0.088	-0.096	-0.092	-10.826	-10.874	-10.850		
4-6	1	3.065	3.115	3.090	0.145	0.018	0.081	10.100	8.900
		-10.958	-10.600	-10.779	-2.358	-0.025	-1.191		
5-6	1	3.155	3.688	3.422	3.916	0.012	1.964	10.100	8.900
		-10.684	-10.468	-10.576	-0.811	-0.016	-0.414		
6-6	1	3.029	3.483	3.256	9.348	0.014	4.681	10.100	8.900
		-10.833	-10.654	-10.744	-1.997	-0.017	-1.007		
1-7	1	3.168	3.142	3.155	0.073	0.029	0.051	10.100	8.900
		-9.700	-10.044	-9.872	-0.019	-0.021	-0.020		
2-7	2	0.097	0.027	0.062	0.468	1.091	0.779	10.100	8.900
		-0.028	-0.023	-0.025	-10.883	-9.809	-10.346		
3-7	2	0.316	0.176	0.246	1.193	0.956	1.075	10.100	8.900
		-0.027	-0.012	-0.020	-9.469	-9.181	-9.325		
4-7	1	2.700	2.869	2.785	0.028	0.018	0.023	10.100	8.900
		-9.883	-2.488	-6.186	-0.013	-0.016	-0.014		

2.3. Динамично реагиране на конструкцията

На фиг. 7 и фиг. 8 са представени измерените ускорения на връхната конструкция на моста при преминаване на жп състав на влак 3-7 и влак 3-6.



Фиг. 7. Записи от акселерометри при влак 3-7



Фиг. 8. Записи от акселерометри при влак 3-6

3. Заключение

При проведеното натурно изпитване се получава добро съвпадение на резултатите между измерените в съответните локации вертикални премествания по път 1 и път 2 и

разработения модел по МКЕ, където е моделиран четириосен локомотив Skoda-44 с динамичен коефициент за реални влакове според Еврокод.

Вертикалните премествания от товарен модел 71 (LM71 без динамичен коефициент и без коефициент на класифицирани вертикални товари) в съответните локации са около три пъти по-големи от тези, измерени от реално преминалите влакове [6], което потвърждава сериозната консервативност на модела и възприетия коефициент на класифицирани вертикални товари 1,21.

Измерени са максимални ускорения над 4 m/s^2 , което се доближава до ограничението от 5 m/s^2 според т. А2.4.4.2.1 от Еврокод 1990 [6] за отворен тип пътна конструкция. Тези стойности обаче значително надхвърлят лимитите за вертикални ускорения с оглед на осигуряване на приемливо ниво на комфорт на пътуване от 2 m/s^2 [6].

Благодарности

Авторите изказват благодарност на ДП „НКЖИ“ и специално на инж. Иво Петров (Директор на жп секция „Враца“) за оказаната сериозна логистична подкрепа, без която настоящото изследване нямаше да може да се реализира.

Настоящата научноизследователска разработка по договор БН-282/23 е подкрепена финансово от Центъра за научни изследвания и проектиране при УАСГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Standards for Design of Road and Railway Bridges and Culverts. KTSU, Sofia, 1989.
2. BS EN 15528:2015. Railway applications – Line categories for managing the interface between load limits of vehicles and infrastructure BS, ISBN 978 0 580 80451 9, ICS 03.220.30; 45.060.20.
3. BDS EN 1991-2:2006. Eurocode 1: Actions on structures. Part 2: Traffic loads on bridges. Bulgarian institute of standardization, May 2010.
4. *James, G.* Analysis of Traffic Load Effects on Railway Bridges. Structural Engineering Division, Royal Institute of Technology. SE-100 44 Stockholm, Sweden, Doctoral Thesis, 2003.
5. BDS EN 1990:2003/A1:2006. Basis of structural design. Bulgarian institute of standardization, September 2010.
6. Comparative Analysis of Railway Load Models for Railway Line Categorisation in Republic of Bulgaria with Respect to European Standards. Scientific Report on Contract BN-282-23, Head of Project – Prof. Miltcho Lepoev, Center for Research and Design, UACEG, 2023.
7. <https://www.waycon.de/>, visited on 2024.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF A STEEL RAILWAY BRIDGE IN EXPLOITATION ALONG THE SECOND MAIN RAILWAY LINE SOFIA – VARNA IN THE REPUBLIC OF BULGARIA

M. Lepoev¹, L. Georgiev², St. Ivanov³, L. Zdravkov⁴, V. Tanev⁵

Keywords: manuscript, preparation, typeset, format

ABSTRACT

Within the framework of the scientific project BN-282-23, field testing of a steel bridge in operation along the second main railway line Sofia – Mezdra – Varna over the Iskar river at km. 92+049 was carried out. The superstructure of the bridge is a steel four-span continuous girder. The displacements and accelerations were measured at certain points of the first span of the two parallel main girders along the two tracks. The results are compared with those of an FEM model with a modeled load of a four-axle locomotive series 44.

¹ Miltcho Lepoev, Prof. Dr. Eng., Dept. “Railway Construction”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: mlepoev_fte@uacg.bg

² Lazar Georgiev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Road Construction and Transport Facilities”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: lazar_fte@uacg.bg

³ Stoyan Ivanov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Steel, Timber and Plastic Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: denkov_fce@uacg.bg

⁴ Lyubomir Zdravkov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Steel, Timber and Plastic Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: zdravkov_fce@uacg.bg

⁵ Vatyu Tanev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Steel, Timber and Plastic Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: tanev_fce@uacg.bg