



Получена: 14.05.2021 г.

Приета: 16.08.2021 г.

## ОЦЕНКА НА СЪСТОЯНИЕТО И ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТ ЗА УСИЛВАНЕ НА КОМБИНИРАН ПЪТЕН МОСТ ДО ЖП ГАРА КОПРИВЩИЦА

А. Жионов<sup>1</sup>, В. Николов<sup>2</sup>, Л. Георгиев<sup>3</sup>

*Ключови думи:* комбинирани мостове, рамкова връзка, състояние, МКЕ, усилване

### РЕЗЮМЕ

В настоящата публикация е разгледан пътен комбиниран стомано-стоманобетонен мост близо до жп гара Копревщица. Мостът е просто подпрян върху еластомерни лагери. Извършена е визуална оценка на състоянието на моста и са описани съответни видими дефекти по конструкцията. Въз основа на извършени измервания на основни размери е направен модел по МКЕ. Направено е сравнение на конструктивното поведение в съществуващо състояние и при вариант на реализиране на рамкова връзка с устоите.

### 1. Въведение

Комбинираните стомано-стоманобетонни върхни конструкции са ефективно решение в областта на средните отвори или при малки отвори, когато бързината на изграждане е от съществено значение. Конструктивното им поведение и анализ са относително сложни поради реологичните свойства на бетона и ограниченията, наложени от връзката между бетон и стомана. Напрегнатото и деформирано състояние на тези конструкции зависи от технологията на изграждане и е променливо във времето на експлоатация [1, 2]. Необходимостта от прецизен конструктивен анализ и изпълнение, както и дефицитът на познания в тази област в инженерната колегия у нас, са основните причини за относи-

---

<sup>1</sup> Александър Жионов, гл. ас. д-р инж., кат. „Пътища и транспортни съоръжения”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: ajirov\_fte@uacg.bg

<sup>2</sup> Васил Николов, инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: v.tz.nikolov@gmail.com

<sup>3</sup> Лазар Георгиев, доц. д-р инж., кат. „Пътища и транспортни съоръжения”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: lazar\_fte@uacg.bg

телно ограниченото приложение на комбинирани стомано-стоманобетонни връхни конструкции у нас. Реализирани комбинирани стомано-стоманобетонни мостове в България, които се експлоатират към момента, са описани в [3, 4].

## 2. Визуална оценка на състоянието на комбиниран мост у нас

По време на експлоатация жп линиите през определени периоди следва да се модернизират с оглед на осигуряване на изискуемите експлоатационни параметри и съответствие с измененията във времето на нормативната база [8, 10], също съществуващите конструкции трябва да са в съответствие с дефинираните габарити [9]. Изследван е комбиниран стомано-стоманобетонен пътен мост до жп гара Копривщица с отвор 35 m, построен през 1971 г. (МК-1) – фиг. 1.



Фиг. 1. Общ изглед на МК-1



Фиг. 2. Общ изглед на МК-1

Мостът преминава на трета жп линия до входа на тунел „Козница“. Това е първият комбиниран стомано-стоманобетонен мост в България. Мостовата конструкция се състои от три стоманени главни греди, обединени за съвместна работа със стоманобетонна плоча – фиг. 2. Между главните греди са предвидени прътови напречници с оглед

на осигуряване на разпределение на усилията в напречна посока. Крайният напречник е с по-голяма носеща способност на огъване, за да осигури възможност за повдигане на връхната конструкция. Стоманените греди са просто подпирани в устоите посредством еластомерни лагери. Мостът е въведен в експлоатация през 1971 г. (към 2020 г. е от 49 година в експлоатация). Според проучване, извършено от авторите в ИПМ (Институт по пътища и мостове) към АПИ (Агенция пътна инфраструктура), липсва конструктивна документация или документация от провеждани рехабилитации или изпитвания.

Стоманените греди са в относително добро общо състояние само в зоните на опорите, поради течове и незадоволително ниво на поддръжка се регистрира сериозна корозия – фиг. 3, фиг. 4.



**Фиг. 3. МК-1 – корозия в зоната на опорите**



**Фиг. 4. МК-1 – опирание при устоя**

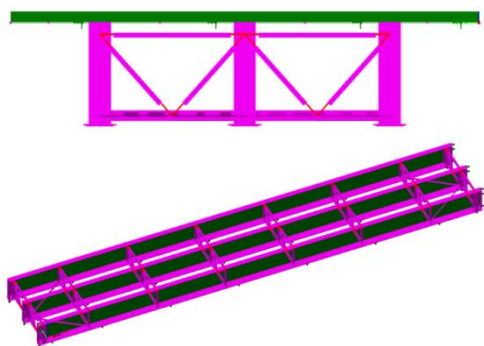
Напречните ребра са свързани с долния опънен пояс посредством пас-плочка – фиг. 5. Наблюдава се нарушаване на антикорозионното покритие и съответно ниво на корозия, изрезите на напречните ребра са конструирани без закръгления, което е неприемливо от гледна точка на създаващите се концентрации на напрежения. Детайлът на водоотвеждане е неприемлив, тъй като създава предпоставка за обливане на крайната главна греда и ускоряване на процесите на повреда на антикорозионната защита и инициране и прогресиране на корозия – фиг. 1.



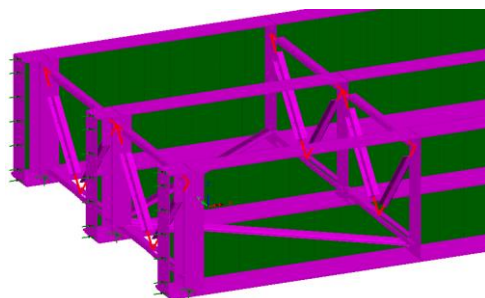
Фиг. 5. МК-1 – детайли по напречните ребра

### 3. Модел по МКЕ и сравнение на поведението при преминаване към рамкова конструкция

Разработени са 3D модели по МКЕ с помощта на програмен продукт LUSAS [5 ÷ 7] за определяне на основни параметри на конструкцията за вариант МК-1-V1 (съществуващо положение) представен на фиг. 6, а за вариант МК-1-V2 (корава рамкова връзка между връхната конструкция и устоите) е представен на фиг. 7.



Фиг. 6. Модел по МКЕ на МК-1, вариант МК-1-V1



Фиг. 7. Модел по МКЕ на МК-1, вариант МК-1-V2

Анализирани са разрезни усилия, нормални и тангенциални напрежения, абсолютни деформации, напрежения и периоди на собствените трептения за конструкцията.

Някои основни параметри, определящи конструктивното поведение на връхната конструкция, са описани в табл. 1.

При преминаване към рамкова система се закоравява връхната конструкция, което е видно от преместванията в средата на отвора и честотите при огъвна собствена форма.

Вертикалното провисване от полезен товар в средата на отвора е  $\sim 1/437L$ ; при съществуващо състояние е  $1/673L$ ; при преминаване към рамкова конструкция – тогава е удовлетворена препоръката да не надхвърля  $1/500L$  (с  $L$  е означен отворът на връхната конструкция, представляващ осовото разстояние между двете опори).

**Таблица 1. Сравнение на основни параметри от МК-1-V1 и МК-1-V2**

Х-ка	Мерни единици	МК-1-V1	МК-1-V2	Разлика V1-V2 в %	Коментар
N	kN	3032	1168	61.5	Осова сила в стоманено напречно сечение
Mm	kNm	7568	4832	36.2	Огъващ момент в средата на отвора за комбинираното сечение
Ms	kNm	0	2785	-	Огъващ момент при опората за комбинирано сечение
$\sigma_{m,stop}$	N/mm <sup>2</sup>	-116	-106	-8.6	Напрежения в горен пояс за стоманено сечение в средата на отвора
$\sigma_{m,sbot}$	N/mm <sup>2</sup>	106	74	30.2	Напрежения в долен пояс за стоманено сечение в средата на отвора
$\sigma_{m,c top}$	N/mm <sup>2</sup>	-7.3	-4.4	-39.7	Напрежения в горен ръб бетон в средата на отвора
$\tau_s$	N/mm <sup>2</sup>	75	83	-10.7	Максимални тангенциални напрежения за стеблото при опората
$d_m$	mm	80	52	35.0	Провисване в средата на отвора от полезен товар
f1	Hz	0.235	0.123	47.7	МК-1-V1 - огъвна, МК-1-V2 - усуквателна
f2	Hz	0.222	0.142	36.0	МК-1-V2 - усуквателна, МК-1-V2 - огъвна

#### 4. Заключение

Комбинираните стомано-стоманобетонни мостове имат редица предимства пред стоманобетонните и стоманените връхни конструкции в областта на средноголемите отвори. При правилно концептуално решение и конструктивно детайлиране стоманата и бетонът допълват положителните си страни и се редуцира влиянието на отрицателните.

При анализа на разглежданата мостова конструкция са съпоставени алтернативни вариантни решения, като може да се отбележи, че при преминаване към рамкова конструкция, за сметка на усложнени конструктивни връзки между връхна конструкция и долно строене се постига съществено оптимизиране на конструктивното поведение – огъващият момент в полето намалява с ~36%, рамковото решение има предимството, че поради липсата на фуги и течове при тях се подобрява експлоатационното поведение. Връхната конструкция се закоравява като провисването в средата на отвора намалява с около 35%. Провисването от полезен товар в средата на отвора е  $\sim 1/437L$ , а при съществуващо състояние е  $1/673L$  при преминаване към рамкова конструкция. При това следва да се извършат проверки за допълнителните усилия в долното строене и в случай на необходимост да се предвиди адекватно усилване.

#### Благодарности

Авторите изразяват благодарност към ЦНИП при УАСГ за финансиране на проекта „Изследване на експлоатирани комбинирани мостове в България“ – БН 234/20.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Kazimierz Flaga, Kazimierz Furtak*. Application of composite structures in bridge engineering. problems of construction process and strength analysis. CEER 2014; 14 (3): 57-85, DOI: 10.1515/ceer-2014-0035, ISSN 2080-5187.

2. *Johnson, R. P.* Composite structures of steel and concrete. Vol. 1, Second Edition published by Blackwell Scientific Publications 1994, ISBN 0-632-02507-7.

3. *Pampulov, E., Ivanov, St.* Parviyat kombiniran stomano-stomanobetonen most s kutieobrazno sechenie v Bulgaria. // Godishnik na UASG, ISSN 1310-814X – печатно izdanie, ISSN 2534-9759 – onlayn izdanie.

4. *Georgiev, L.* Analysis of particular steel and concrete composite bridges in republic Bulgaria. Proceedings of the 18th international symposium of mase, Ohrid, North Macedonia, 2 – 5 October 2019, ISBN 978-608-4510-36-9, pp. 1033-1043.

5. LUSAS, Theory Manual Volume 1.

6. LUSAS, Theory Manual Volume 2.

7. LUSAS, Element Reference Manual.

8. *Tasev, Y., Lepoev, M., Tasev, P.* Modernizatsiyata na Podbalkanskata zh.p. linia – neobhodima i vazmozhna – sp. Zhelezopaten transpor”, kn. 6/2018 g., str. 20-24.

9. *Lepoev, M., Georgiev, L., Zhekov, V.* Opredelyane na stroitelni gabariti na bazata na kinematichni gabariti GB i GA. International Scientific Conference “Machinery and Construction Technologies in Transport” 2020, 9th-11th September.

10. *Lepoev, M., Georgiev, L.* Normativna uredba za osiguruyavane na operativna savmestimost na zhelezniya pat v R Bulgaria. 24 mezhdunarodna nauchna konferentsia “Transport 2019 g.”, VTU “Todor Kableshev”, Borovets, 3-5.10.2019 g.

## **CONDITION EVALUATION AND INVESTIGATION OF A STRENGTHENING VARIANT OF A COMPOSITE ROAD BRIDGE NEAR THE KOPRIVSHITSA RAILWAY STATION**

**A. Jiponov<sup>1</sup>, V. Nikolov<sup>2</sup>, L. Georgiev<sup>3</sup>**

*Keywords: composite bridges, frame connection, statement, FEM, strengthening*

### **ABSTRACT**

A composite steel and concrete road bridge near the Koprivshitsa railway station is presented in this paper. The superstructure is simply supported on elastomeric bearings. Visual inspection of the bridge is performed and respectively visible defects in the superstructure are described. A FEM is developed based on in situ measurements of basic dimensions. Comparison of the structural behavior of the bridge in current condition and in a variant with realization of rigid joints between the superstructure and abutments is developed.

---

<sup>1</sup> Alexander Jiponov, Chief Assist. Dr. Eng., Dept. “Road Construction and Transport Facilities”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: ajiponov\_fte@uacg.bg

<sup>2</sup> Vasil Nikolov, Eng., Dept. “Reinforced Concrete Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: v.tz.nikolov@gmail.com

<sup>3</sup> Lazar Georgiev, Prof. Dr. Eng., Dept. “Road Construction and Transport Facilities”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: lazar\_fte@uacg.bg