ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ СОФИЯ

Том 57 Volume 2024 Брой 2 Issue

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY SOFIA

Получена: 19.01.2024 г.
Приета: 09.02.2024 г.

АЛТЕРНАТИВНИ РЕШЕНИЯ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА СЪОРЪЖЕНИЯ ОТ ТРАНСПОРТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА С МАЛКИ ОТВОРИ

Е. Владимиров[1], П. Николов[2]

Ключови думи: *иновация, пътни и железопътни съоръжения*

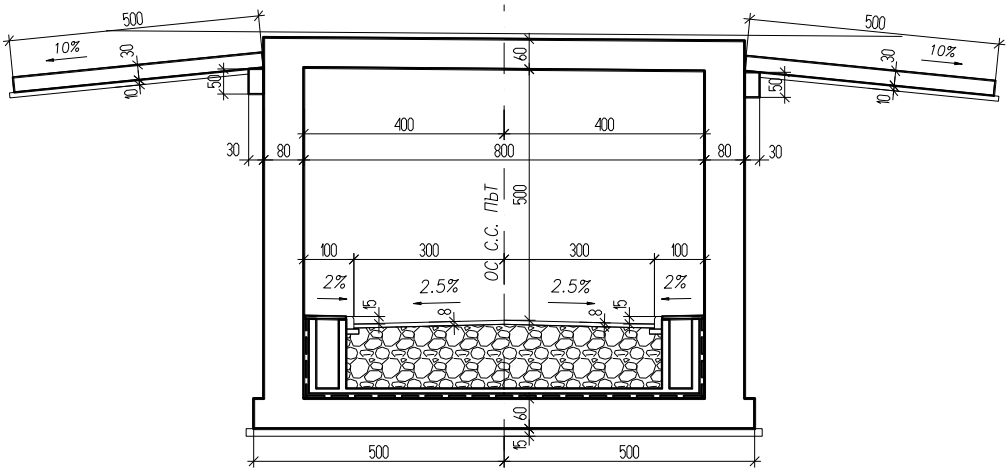
РЕЗЮМЕ

Все по-динамичните процеси в света поставят предизвикателства и пред развитието на транспортната инфраструктура. Добрата свързаност между региони и населени места, качествени пътища и съоръжения, не на съвсем последно място – и естетика, са съществени не само за добрата среда на обитание и труд, но и за привлекателността за инвестиционни проекти. Една нова, иновативна технология за България, би могла да отговори на стремежа към бързо, качествено и ефективно изпълнение при строежа на нови пътни съоръжения, както и за ремонт и реконструкция на вече съществуващите. Заслужават внимание няколко варианта от гледна точка на използваните материали и техните характеристики, срокове за изпълнение, количества бетон и армировка, работна ръка, механизация и всички други процеси, свързани с изграждане на едно пътно съоръжение. От съществено значение са и областите на приложение на тези технологии, както и предимствата за тези области. Разглеждат се особеностите при прилагане на съоръжения от тънки стоманени листове, които са сравнително рядко използвани в България, но има потенциал за тяхното по-масово приложение.

[1] Емил Владимиров, инж. докторант, кат. „Пътища и транспортни съоръжения“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: emilvladimirov49@gmail.com
[2] Петър Николов, доц. д-р инж., кат. „Пътища и транспортни съоръжения“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: nikolov_fte@uacg.bg

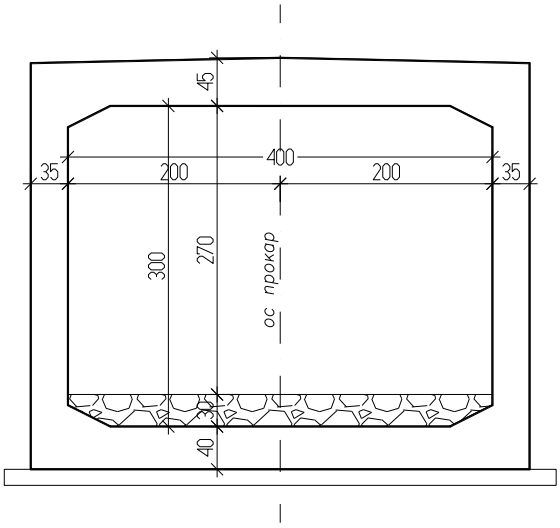
1. Съоръжения с малки отвори

При класифицирането на едноотворни съоръжения от транспортната инфраструктура обикновено водещ критерий е светлият им отвор. В масовия случай, при дължина, по-малка от 5 m, тези съоръжения се разглеждат като „малки“ – в тази група попадат водостоци с различно напречно сечение, прокари, пешеходни подлези и др., а останалите – като „големи“ – пътни, железопътни и селскостопански подлези и мостове над малки дерета [1]. В настоящото изложение ще се разшири диапазонът и ще се анализират възможностите за изграждане на съоръжения с отвори до около 14 – 16 m. Обикновено при тях се прилагат рамкови конструкции от стоманобетон. Предвид малките подпорни разстояния връхните конструкции са плочни с постоянна дебелина (фиг. 1) или с вути (фиг. 2) при връзката със стените на устоите.



Фиг. 1. Надлъжен разрез на селскостопански подлез под автомобилен път

Най-често фундирането на тези съоръжения е върху обща плоча, която обединява двата устоя, а при по-здрава земна основа (например скална) фундаментите са ивични. Въпреки че се прилагат масово, този тип конструкции за малките съоръжения имат някои недостатъци, които са свързани с голямото количество армировъчна стомана и бетон, необходимостта от тежки подпорни скелета при кофриране на горната плоча, сравнително голяма трудоемкост и продължителност на изграждане. Всичко това дава основание да се търсят и решения, с които тези недостатъци (или част от тях) да бъдат преодолени или поне минимизирани. От една страна, това може да стане с прилагането на сглобяеми стоманобетонни елементи с пълен профил на напречното сечение (кръгло и правоъгълно). Те са подходящи при малки статически отвори – например за тръбни водостоци с диаметър до 200 cm и за правоъгълни съоръжения със светли размери до около 300/300 cm. Горната граница на габаритите на тези елементи е свързана с ограничаването на теглото им и с възможностите за транспортиране по пътната мрежа. Например, за показаното на фиг. 2 напречно сечение масата за един линеен метър в другата посока е около 15,5 тона. При по-големите съоръжения би могло да се търсят решения със сглобяеми елементи (предплочи), за връхната конструкция, с които да се елиминира необходимостта от подпорни скелета. Тези елементи обикновено са с високи около 2/3 от общата дебелина на плочата, а останалата част е монолитно изпълнен на място бетон.



Фиг. 2. Надлъжен разрез на прокар под жп линия

За проектиране на описаните конструкции има нормативна база (системата документи Еврокод и Българските национални приложения), а също така и издадени учебници и ръководства [2], които да подпомагат проектантите.

2. Конструкции от вълнообразни стоманени листове

При проектиране на съоръжения от транспортната инфраструктура с малки подпорни разстояния – водостоци, прокари, подлези и малки мостове, освен традиционните стоманобетонни конструкции, може да се прилагат и други решения, които да осигуряват същите експлоатационни параметри при оптимизиране на строителните процеси – по-къси срокове на изпълнение, по-малки разходи за изграждане, необходимост от по-малко работници и др.

Едно от съвременните решения за такъв тип съоръжения е прилагането на конструкции от вълнообразна стомана – студено формувани елементи, свързвани посредством болтова връзка. В зависимост от подпорното разстояние, натоварването и геоложките условия, стоманените листове могат да бъдат със затворен профил или да се опират върху стоманобетонни фундаменти. Пример за такива съоръжения са предлаганите от VIACON Multiplate MP200, SuperCor и UltraCor и др. [3].

За да се осигури възможност за използването на такива елементи със сравнително малка огъвна коравина, е необходимо съоръженията да са със сводово очертание в напречен разрез. От съществено значение е и покритието над ключа на свода, за който също има минимални изисквания, например:

- за пътни съоръжения – $H = \min \{B/6[m]; 0,6[m]\}$;
- за железопътни съоръжения – $H = \min \{B/4[m]; 0,6[m]\}$.

Сводовото очертание и покритието над ключа най-често водят до необходимост от по-голяма нивелетна разлика за осигуряване на светлия габарит, сравнено с едно

традиционно решение с правоъгълна рамкова стоманобетонна конструкция. Донякъде този недостатък се компенсира със значително по-малката конструктивна височина, която за стоманобетонните рамки при пътни премоствания е от порядъка на В/12, а при железопътни – В/10.

Отворените конструкции от вълнообразна стомана се полагат върху бетонни или стоманобетонни фундаменти. За монтирането на стоманените листове върху тях се използват анкерни устройства, които предварително се вграждат във фундамента.

Конструкциите със затворени форми се полагат върху легло от подходящ уплътнен материал с дебелина около 60 cm. Най-горният пласт на леглото (5 – 15 cm) трябва да се остави неуплътнен, за да могат вълните на конструкцията да заемат правилна форма върху земното легло.

За изпълнение на основата и обратния насип трябва да се използва инертен материал: чакъл, чакълено-пясъчна смес, трошен камък. Зърнометрията на материала е необходимо да бъде съобразена с профила на вълната. Материалът за насипа трябва да бъде добре уплътнен, като коефициентът на уплътняване според стандартния Проктор-тест трябва да възлиза на мин. 0,95 в непосредствена близост до конструкцията и мин. 0,98 в останалата част от насипа. Уплътняването се извършва едновременно от двете страни на конструкцията на пластове от 30 cm, като по време на насипване не се допуска разлика между нивата на насипа от двете страни, по голяма от един пласт. Деформациите по време на засипване на съоръжението са търсен ефект, като по този начин се формира взаимодействието между конструкцията и насипа. Деформируемите стоманени конструкции, заедно със заобикалящия ги обратен насип, образуват комбинирана конструкция, при която насипът има носеща функция.

За предпазване на конструкцията от атмосферни води, които могат да проникнат през насипа, над конструкцията обикновено се изпълнява защита, например – геомембрана, защитена с два пласта геотекстил.

Сред основните предимства на този тип конструкции, в сравнение с традиционно прилаганите монолитни стоманобетонни съоръжения, е скоростта на тяхното изпълнение. Монтажът се осъществява бързо и лесно, с лека механизация. Например, за монтаж на една конструкция, която се състои от 45 – 50 бр. вълнообразни плочи, се приема, че при добри атмосферни условия една бригада от 6 – 8 души може да я монтира за един ден (при 8-часова смяна).

Съществен въпрос, който трябва да се решава при проектирането на съоръжения от вълнообразни стоманени листове, е дълготрайността на конструкцията. Като се има предвид относително малката дебелина на листовете, редукцията на напречното сечение от корозия би намалило значително носещата способност на елементите. Върху дълготрайността на стоманените конструкции влияят различни фактори: агресивност на средата, абразия, функция и начин на експлоатация, вид използвана защита от корозия, дебелина на стоманата, периодичност и качество на поддръжката. Повишаване на корозионната устойчивост, а оттам и на дълговечността на конструкцията, може да се реализира с промяна на типа и дебелината на корозионната защита и/или с увеличаване на дебелината на стоманените листове. Като се има предвид сравнително ниското ниво на поддръжка на транспортната инфраструктура в България, не е реалистично да се разчита, че по време на експлоатация ще се провеждат редовни инспекции и ще се взимат навременни и адекватни мерки за възстановяване на участъци с нарушено и/или амортизирано антикорозионно покритие от вътрешната (въздушната) страна на конструкцията.

От гледна точка на експлоатационните параметри особено внимание трябва да се обръща при проектирането на пътни подлези от вълнообразни стоманени листове, особено когато провежданият през подлеза път е от висок клас и ще се обработва

интензивно с препарати против замръзване през зимните месеци. В такива случаи може да се окаже, че заместването на традиционните стоманобетонни рамкови конструкции с разглежданото алтернативно решение ще бъде икономически нецелесъобразно. Разбира се, при сравнителния анализ, на базата на който трябва да се направи избор на конструктивно решение, не трябва да се счита, че стоманобетонните конструкции са вечни и нямат нужда от никаква поддръжка, каквото е общоприетото мнение. Може да се дадат множество примери за стоманобетонни съоръжения със сравнително къс период на експлоатация, при които има нужда от ремонт или подмяна на елементи поради липса на адекватна поддръжка. Оценката на тяхната носимоспособност и методи за усилване са сериозно предизвикателство за проектантите, включително и поради липса на нормативна база в тази област [4, 5].

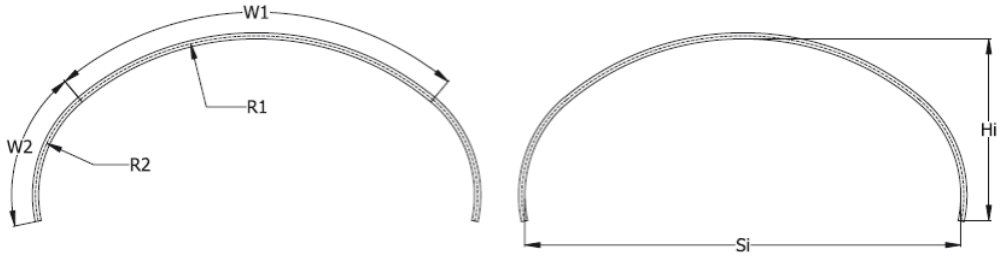
Съгласно националното приложение към Еврокод за проектиране на бетонни и стоманобетонни мостове, за такива съоръжения изискванията към класа на бетона по въздействие на околната среда са много високи :

- за стените на устоите до височина 2 метра – XC4, XF2, XD3 – минимален клас по якост на натиск C35/45;
- за останалата част от стените на устоите – XC4, XF2, XD1 – минимален клас по якост на натиск C30/37;
- за връхни конструкции – XC3, XF1, XD1 – минимален клас по якост на натиск C30/37.

Въпреки това, поне за съоръженията от републиканската пътна мрежа (стопанисвани от Агенция Пътна инфраструктура), се изисква и полагане на допълнително защитно покритие в съответствие с изискванията на БДС EN 1504-2.

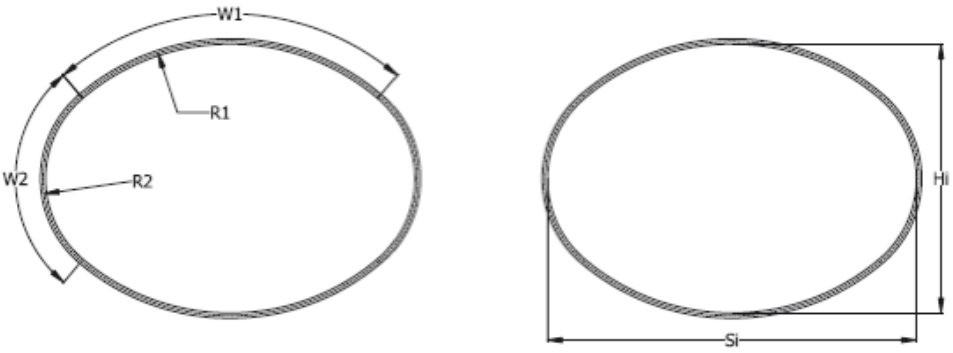
По-високите изисквания към бетоните и допълнителното защитно покритие увеличават разходите за бетона с около 10 – 12 %. Въпреки това, обикновено общата стойност на съоръженията от вълнообразна ламарина е по-ниска. В зависимост от подпорното разстояние и натоварването, много често количеството на армировъчната стомана в една рамкова стоманобетонна конструкция е съизмеримо с теглото на стоманената конструкция, а отпадат много от останалите разходи – за кофражи и подпорни скелета, за бетон за устои и връхна конструкция и др.

Като примери на конструкции от вълнообразни стоманени листове на фиг. 3 и на фиг. 4 са показани избрани решения от системата Multi Plate на Via Con, с диапазони на размерите, за които могат да се прилагат [6].



Параметър	Si [m]	Hi [m]
VB1	3,2	1,24
VB30	11,59	4,33

Фиг. 3. VIACON MULTIPLATE VP – диапазон на размери на напречното сечение [6]



Параметър	Si [m]	Hi [m]
VB1	3,22	2,34
VB30	11,61	7,62

Фиг. 4. VIACON MULTIPLATE VS – диапазон на размери на напречното сечение [6]

3. Заключение

При избора на технология за изграждане на всяко едно съоръжение от транспортната инфраструктура трябва са се държи сметка за удовлетворяване на следните параметри:

- експлоатационна пригодност и надеждност;
- цена за изпълнението и за поддръжката;
- технологичност на изграждането;
- естетика.

Тъй като в България все още няма наредба за проектиране на мостове [7], най-често всички решения, свързани с конструкцията, се взимат от проектанта, на базата на неговия опит и възможности. Приоритетно се осигурява експлоатационната пригодност и надеждността при използване на традиционни решения, с които всички участници в инвестиционния процес – инвеститори, проектанти, консултанти и строители – са свикнали [8]. По този начин се ограничават възможностите за прилагане на по-добри съвременни технологии, с които се подобряват и останалите параметри, без да се компрометира сигурността и надеждната експлоатация.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Topurov, K.* Stomanobetonni pytni i jelezopytni mostove v dva toma. ABC Tehnika, 2012.

2. *Nikolov, P.* Stomanobetonni mostove – rykovodstvo za proektirane. Konsult 2000, 2013.

3. https://viacon.bg/bridges-and-culverts/, poseten na 08.02.2024.

4. *Topurova, Iv.* Normativi za sushtestvuvashti mostove. Chetvurti simpoziym po transportni suorujeniq UASG, Sofia, Prilojenie kum tom XLVII, // Godishnik na UASG, Sofia, 2015.

5. *Topurova, Iv., Gaisler, K.* Ocenka na syshtestvuvashti pytni mostove. Mejdunarodna nauchna konferenciq UASG 2012, 12 – 17 Noemvri 2012.

6. https://viacon.bg/wp-content/uploads/2022/07/catalogue_multiplate_mp_200_en.pdf, poseten na 08.02.2024.

7. *Nikolov, P.* Nasoki kym sudurjanieto na naredba za proektirane na mostove v Bulgariq. 2019, // Godishnik na UASG, tom 52, broy 3.

8. Wai-Fah Chen, Lian Duan "Bridge Engineering Handbook". CRC Press LLC, 1999.

ALTERNATIVE SOLUTIONS FOR CONSTRUCTION OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE FACILITIES WITH SMALL OPENINGS

E. Vladimirov[1], P. Nikolov[2]

***Keywords**: innovation, road and railway facilities*

ABSTRACT

The increasingly dynamic processes in the world also pose challenges to the development of transport infrastructure. Good connectivity between regions and settlements, quality roads and facilities, not least – aesthetics, are essential not only for a good living and working environment, but also for the attractiveness of investment projects. A new, innovative technology for Bulgaria could meet the desire for fast, high-quality and efficient execution in the construction of new road facilities, as well as for repair and reconstruction of already existing ones. Several options deserve attention from the point of view of the materials used and their characteristics in terms of execution, quantities of concrete and reinforcement, work flow, mechanisation and all other processes related to the construction of a road facility. The areas of application of the these technologies, as well as the advantages for these areas, are also essential. The peculiarities of the application of structures made of thin steel sheets, which are relatively rarely used in Bulgaria but there is a potential for their more widespread application, are considered.

[1] Emil Vladimirov, Eng. PhD student, Dept. "Road Construction and Transport Facilities", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: emilvladimirov49@gmail.com
[2] Peter Nikolov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Road Construction and Transport Facilities", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: nikolov_fte@uacg.bg