

ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ

Първа научно-приложна конференция с международно участие
„СТОМАНОБЕТОННИ И ЗИДАНИ КОНСТРУКЦИИ – ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА“

22 – 23 октомври 2015

22 – 23 October 2015

First Scientific-Applied Conference with International Participation

“REINFORCED CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES – THEORY AND PRACTICE”

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

48 ^{ТОМ}
vol.

2015

св. 12 – II
fasc.

ОБСЛЕДВАНЕ НА ВРЪХНАТА КОНСТРУКЦИЯ НА МОСТ НА РЕКА ТУНДЖА В ГРАД ЯМБОЛ ЗА РАЗШИРЯВАНЕ НА ПЪТНОТО ПЛАТНО

Д. Димитров¹, К. Дедов², В. Василев³

Ключови думи: стоманобетонен пътен мост, връхна конструкция, обследване, рехабилитация

Научна област: стоманобетон и стоманобетонни конструкции, обследване, възстановяване и усилване

РЕЗЮМЕ

Представени са резултатите от заснемането и обследването на връхната конструкция на 3-отворен пътен мост в гр. Ямбол. Извършено е във връзка с инвестиционното намерение за разширяване на моста. Мостът е от тип “герберова греда”. Анализирани са състоянието на елементите на връхната конструкция – монолитни: пътна плоча, главни и напречни греди и причините за повреди в тях. Чрез вземане и изпитване на пробни цилиндри е определена якостта на натиск на бетона. Дадено е идейно решение за разширение на пътното платно, без да се нарушава трафикът по моста. Предложено е усилване на главните греди с армирани влакнести полимери (FRP). Дадени са необходимите мерки за рехабилитация и увеличаване на дълготрайността на моста.

1. Въведение

Изградените у нас нови мостови съоръжения са основно по приоритетните автомагистрални мрежи и първокласните пътища. Липсата на инвестиции за общините

¹ Димитър Димитров, проф. д-р инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: simeonovd_fce@uacg.bg

² Коста Дедов, инж., „Кия Консулт 08” ООД, e-mail: dedov2010@gmail.com

³ Васил Василев, инж., „АВВ Конструкции” ООД, e-mail: avv@avv-bg.com

налага приоритетно да се поддържат и при необходимост да се усилят съществуващите съоръжения. Състоянието на конструкцията на много мостове е тревожна. Липсата на инспектиране на съоръженията и на инвестиции за ремонти и рехабилитация, вкл. усилване, водят до намаляване на дълготрайността на съоръженията.

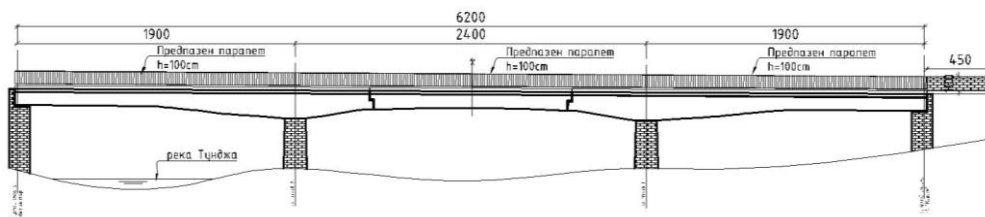
В статията е представено заснемането и обследването на едно съоръжение, за което дадените по-горе констатации са изцяло валидни. Мостът е разположен в централната част на гр. Ямбол над един от ръкавите на река Тунджа. Съоръжението е с интензивен трафик и често в работни дни се получава задръстване върху него. Двете ленти на пътното платно не са достатъчни да поемат увеличения трафик и е необходимо уширение на съоръжението, без да се прекъсва изцяло движението по моста. Необходимо е при възможност да се запази и широчината на тротоарите, тъй като по моста има също интензивно пешеходно движение. Липсва каквато и да е документация за проектирането и изпълнението на конструкцията на моста. Може да се предполага, че е построен през 50-те години на миналия век. Основанието за това е, че мост с аналогична конструкция (“герберов мост”), с брой отвори и дължини на отворите, подобни на обследвания, който е разположен над река Бързия, в близост до град Монтана, е обследван от авторите. Известно е, че този мост е завършен през 1943 г., вероятно от германски инженери. Понастоящем нови мостове от “герберов” тип у нас не се проектират, тъй като в процеса на тяхната експлоатация се констатираха някои труднопреодолими техни недостатъци, които са анализирани в т. 2.

Обектът на заснемането и обследването е **само връхната конструкция** на моста както следва:

- описание и състояние на конструкцията на моста;
- описание и състояние на носещите части на моста;
- установяване на характеристиките на материалите за основните елементи;
- определяне на носещата армировка в плочата и гредите;
- препоръки за рехабилитация;
- идейно решение за разширение на пътното платно.

2. Описание и състояние на конструкцията на обекта

Мостът е с обща дължина от 62 m и се състои от 3 отвора, фиг. 1, съответно 19+24+19 m.

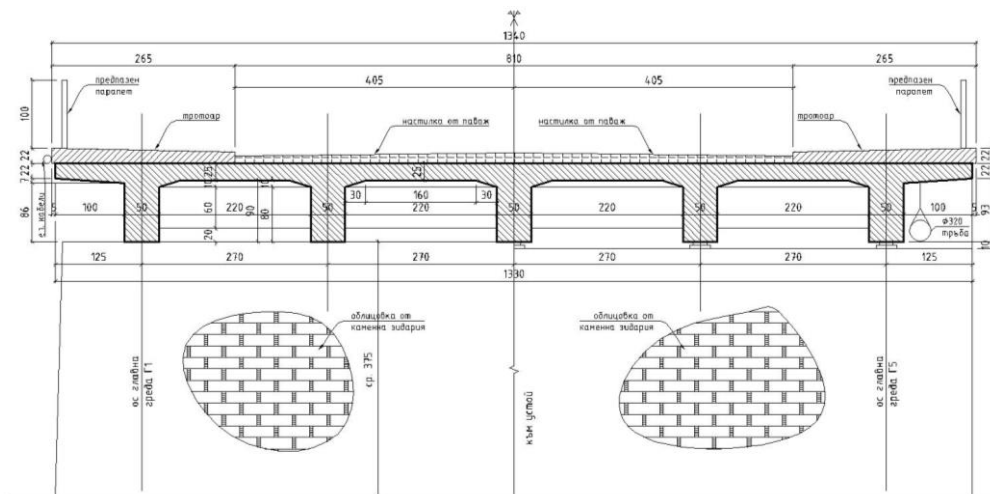


Фиг. 1

Съоръжението ситуационно е в права с малка косота от 8,5°. Връхната конструкция е изцяло монолитна от обикновен стоманобетон, фиг. 2, и се състои от:

- плоча с дебелина 25 cm. За връзка с гредите са конструирани вути с типичния наклон от 1:3 (10/30 cm);

- 5 главни греди с правоъгълно напречно сечение през осово разстояние 270 cm. Широчината на гредите е 50 cm. Височината им е променлива и нараства към стълбовете. За поемането на натисковите напрежения при стълбовете е конструирана долна плоча с дебелина 20 cm, обединяваща гредите в зоната с променливата им височина;
- по 2 напречни греди за всеки отвор. Сечението им е правоъгълно с размери 30 cm широчина и 95 cm височина, включително плочата;
- напречни греди при двата стълба и двата устоя.



Фиг. 2

Статическата схема на конструкцията е класическа “герберова греда” с две “стави” в средния отвор. Окачената греда се свързва с двете основни части чрез стоманени тангенциални лагери.

Така описаната конструкция има следните предимства:

- дължината на първия отвор е $L_1 = 19$ m, което е около 80% от дължината на втория отвор $L_2 = 24$ m и води до благоприятно разпределение на огъващите моменти;
- осовото разстояние между “герберовите стави” е 13,60 и е 56,7% от отвора $L_2 = 24$ m, което е в рамките на препоръчаните оптимални отношения от 50 – 60%;
- конструкцията съчетава предимствата на статически определимите мостови конструкции и непрекъснатите греди с оптимални отвори.

Основен недостатък на конструкцията са “герберовите стави”. Липсата на водоплътност на фугата при ставите е довела до проникване на вода и обрушване на бетона, разрушаване на бетонното покритие и до корозия на армировката, снимка 1. “Герберовите зъби” са силно армирани и поради това бетонът не може да се уплътнява добре. Друг проблем е, че цялостната оценка на състоянието на “герберовата става” по дължината ѝ визуално е невъзможна. Може да се установи чрез повдигане на конструкцията на окачената част, което е предмет на специално проектиране и ще доведе до прекъсване на движението по моста.



Снимка 1

Друг недостатък е, че вследствие на чупките в линията на огъване при ставите, се засилва динамичното действие на подвижните въздействия. Това е особено характерно за мостове с няколко големи отвори, какъвто е разглежданият обект. Динамичният ефект при обследвания мост е още по-засилен поради лошото състояние на покритието, което е от паваж.

Долното строене е от “стенен тип” – 2 устоя и 2 стълба от монолитен стоманобетон. Каменната им облицовка не позволява оценка на състоянието им. Сеизмичната устойчивост на моста не е обект на обследването. Следва обаче да се отбележи, че “герберовите греди не се препоръчват за сеизмични райони”, вж. [2].

С изключение на състоянието на “герберовите стави”, състоянието на останалите елементи на конструкцията е добро, без видими провисвания и недопустими пукнатини. Състоянието на армировката по-подробно е представено в т. 4.

3. Описание и състояние на неносещите части на моста

Дилатационните фуги при устоите са без преходна конструкция и поради това прониква вода, което води до аналогични повреди, както при “герберовите стави”.

Пътното платно е с широчина 810 cm. Двама тротоара са с широчина 265 cm. Направената нивелация показва липсата на ясно оформен напречен наклон на покритието към отводнителите. Грапавостта на паважното покритие допълнително засилва динамичния ефект от возилата върху конструкцията.

Надлъжният наклон е около 0,55%, което е приблизително равно на необходимия минимален наклон от 0,50%.

Парапетът е ажурен, метален и е в сравнително добро състояние.

Предпазни огради няма, което прави опасно преминаването на пешеходци през моста.

Състоянието на тротоарните блокове е лошо. Няма добре оформен наклон за оттичане на повърхностните води. На места липсва бетонно покритие и видима армировка.

Отводняването е с чугунени отводнителите. Намират се в лошо състояние поради запушване. Хидроизолацията в зоната на отводнителите е нарушена, прониква вода по повърхността на пътната плоча, поврежда се бетонното покритие и това води до корозия на армировката. Цялостно обследване на състоянието на хидроизолацията не е възможно поради постоянния трафик по моста.

Извън обхвата на техническото задание е хидравличното обследване на моста. Състоянието на речното корито обаче е тревожно. Не е почиствано в продължителен период и съществува опасност от заливане на моста.

4. Определяне на техническите характеристики на материалите за конструкцията

Извършено е чрез ЦНИП към УАСГ. Определянето на обемната плътност и еднородността на бетона е съгласно БДС EN 12390-7: "Изпитване на втвърден бетон: Плътност на втвърден бетон". Определянето на якостта на натиск на бетона е чрез изпитване на изрязани от всички елементи на връхната конструкция цилиндрични пробни тела (ядки) с размери 104/100 mm. Местата на изваждане на пробните тела са определени от авторите на статията. Спазват се изискванията на БДС EN 12504-1 "Якост на натиск на втвърден бетон в конструкции чрез изваждане на ядки" и БДС EN 13791:2007/NA:2011 "Оценяване на якостта на бетона на място на конструкции и готови бетонни елементи. Национално приложение (NA)".

Контролно вероятната якост на натиск е определена допълнително и по безразрушителен метод, вж. [1], основаващ се на измерване на еластичния отскок чрез склерометър съгласно изискванията на БДС EN 12504-2 "Изпитване на бетон в конструкции. Част 2: Изпитване без разрушаване. Определяне на големината на отскока." Основните резултати са:

- якостта на натиск на бетона за различните елементи от конструкцията, определена чрез пробни ядки, варира в границите от 20,18 МРа до 32,61 МРа, като по-ниските стойности са за главните и напречните греди в средния отвор;
- средната якост на натиск, получена след статистическа обработка, е 25,36 МРа от изпитването на ядките и 25,30 МРа от изпитване без разрушаване чрез склерометър. Съпадението на резултатите е очевидно много добро;
- и по двата начина може да се приеме клас В20 (С16/20) за бъдещо проектиране на усилване на конструкцията.

За стоманата е извършено безразрушително определяне на електропотенциала на армировъчната стомана и степента на корозия в засегнати от атмосферните въздействия елементи на конструкцията. Тази методика се използва за:

- оценка на корозията на стоманата, когато това не е възможно визуално;
- оценка на сцеплението между бетона и стоманата;
- диференциране на зоните със и без корозия.

Тъй като корозията е електрохимичен процес, то армировъчните пръти и бетонната среда се представят като галваничен елемент.

Електропотенциалът е качествен показател за сцеплението на бетона и стоманата. Намаляването на потенциала отразява повишаващата се активност на стоманата, което се наблюдава при недостатъчно бетонно покритие в зоната на пукнатини на бетона и в участъците с недостатъчна бетонна плътност. Граничните стойности за електропотенциала са от +200 mV до -900 mV. В зависимост от отчетените резултати се определя степента на корозия и влошеното сцепление в зоните с корозия. Резултатите от обследването са:

1. Пътна плоча в зоната на фугите и отводнителите. Електропотенциалът между носещата армировка и повърхността на бетона е в границите от -558 mV до -580 mV. Това показва, че корозията е обхванала над 60 – 70% от повърхността на армировката, което води до редуциране на сцеплението “бетон-стомана”. Активността на корозионните процеси се обуславя от периодичното намокряне на бетона на плочата с атмосферни води или разтвори на противообледенителни соли. Необходимо е да се вземат мерки за възстановяване на бетонното покритие и отстраняване на причините за протичане на вода през конструкцията.

2. Пътна плоча между главни греди 1 и 2. Електропотенциалът между носещата армировка и повърхността на бетона е в границите от -267 mV до -282 mV. Това показва, че корозията е обхванала около 20 – 25% от повърхността на армировката и все още сцеплението с бетона е добро. В тази зона следва да се вземат мерки за пасивиране на бетонната повърхност с подходящи импреграционни средства за предпазване на армировъчната стомана срещу развитие на корозионни процеси.

3. Крайна главна греда. Електропотенциалът между носещата армировка и повърхността на бетона е в границите от -259 mV до -323 mV. Изцяло са валидни констатациите в т. 2 за плочата. Следва да се приложат същите мерки, както за плочата.

4. Второстепенна греда. Електропотенциалът между носещата армировка и повърхността на бетона е в границите от -150 mV до -152 mV. Това показва, че корозионните процеси все още не са засегнали носещата армировка.

5. Безразрушително определяне на наличната армировка

За безразрушителното определяне на армировката е използван сканиращ уред – Ferroscaп PS 200 на HILTI, с който се добива моментална представа за наличната армировка (диаметър и бетонно покритие) на сканирания елемент.

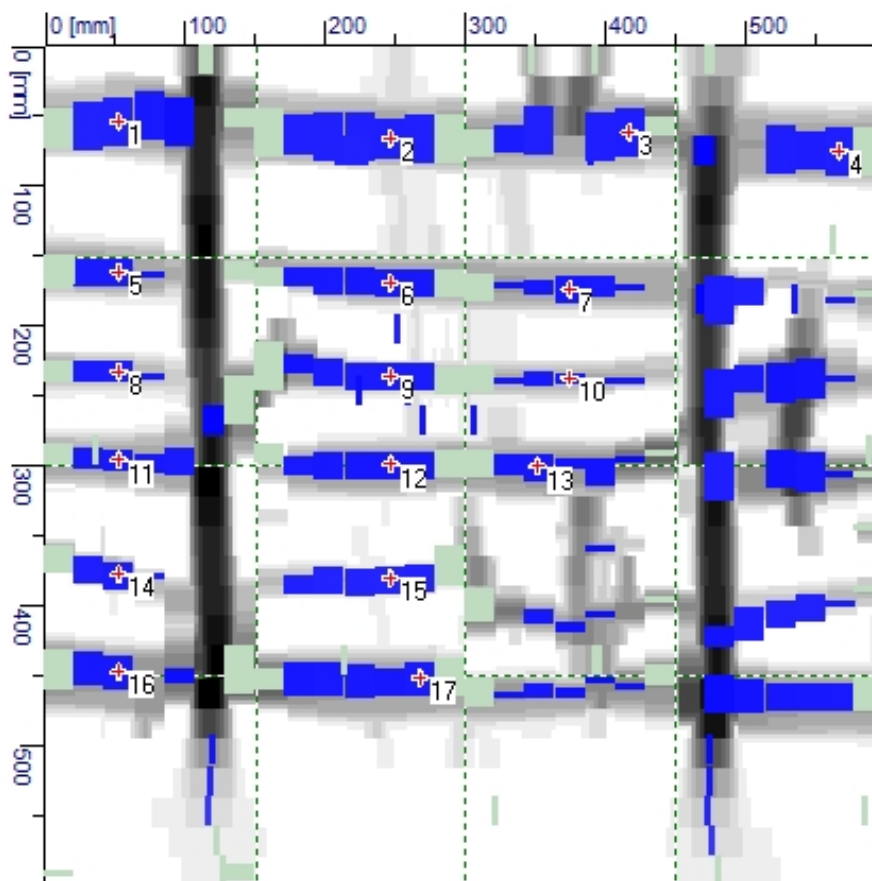
На местата с ерозирало бетонно покритие не бе необходимо заснемане на армировката, поради факта, че нейният брой и диаметър до известна степен биха могли да се определят непосредствено.

След обработването на снимките с HILTI PROFIS Ferroscaп може да се заключи, че събраната информация от местата с видима армировка съвпадна с безразрушителното ѝ определяне, но също трябва да се има предвид фактът, че максималният диаметър, който може да определи Ferroscaп (36 mm), съвпада със заснетата армировка в гредите, т.е. възможно е действителният диаметър да е по-голям от определения на снимките.

Технически параметри на използваната апаратура:

- максимална дълбочина на засичане на армировка – 180 mm (при 36 mm диаметър);
- точност на позициониране – 3 mm;
- максимална дълбочина на определяне на покритието – 160 mm (при 36 mm диаметър);
- максимална дълбочина за определяне на диаметъра – 60 mm;
- диапазон на определяната армировка – 6 до 36 mm;
- максимална скорост на снимане – 0,5 m/s;
- точност на определяне на армировката ± 1 mm, в зависимост от дълбочината и режима на сканиране.

Показана е една снимка от извършеното заснемане (снимка 2), а данните от обработката на информацията от нея са поместени в табл. 1:



Снимка 2. Снимка отдолу на плочата между греди Г2, Г3 /устой, НГ1 за определянето на носещата долна армировка

Таблица 1

Точка:	x: [mm]	y: [mm]	Покр. [mm]	Армировка:	Посока:	Определено чрез:
1	117	203	13	12 mm	Вертикално	Измерване
2	232	181	12	12 mm	Вертикално	Измерване
3	327	203	14	12 mm	Вертикално	Измерване
4	445	203	14	12 mm	Вертикално	Измерване
5	528	203	16	12 mm	Вертикално	Измерване
6	129	374	13	12 mm	Вертикално	Измерване
7	245	374	12	12 mm	Вертикално	Измерване
8	334	374	15	12 mm	Вертикално	Измерване
9	458	374	14	12 mm	Вертикално	Измерване
10	537	374	15	12 mm	Вертикално	Измерване
11	74	263	26	6 mm	Хоризонтално	Измерване
12	267	259	29	6 mm	Хоризонтално	Измерване
13	74	559	20	6 mm	Хоризонтално	Измерване
14	181	559	20	6 mm	Хоризонтално	Измерване
15	396	556	22	6 mm	Хоризонтално	Измерване

Очаквана долна армировка Ø12 /100 mm, бетонно покритие – от 12 до 16 mm;

Очаквана разпределителна армировка Ø6/250 mm, бетонно покритие – от 20 до 29 mm;

Окончателно данните са систематизирани в табл. 2.

Таблица 2

Греда №:	Надлъжна армировка диаметър	Покритие:	Напречна армировка диаметър	Покритие:
НГ	2 бр.Ø36	от 15 до 18 mm	Ø8 през 200 mm	от 8 до 26 mm
Г1	2 бр. Ø36 + 4 бр. Ø20	от 17 до 30 mm	Ø8 през 400 mm	от 50 до 56 mm
Г2	5 бр. Ø36	от 15 до 25 mm	Ø10 през 350 mm	от 12 до 18 mm
плоча	Ø12 през 100 mm	от 12 до 16 mm	–	–
Г4	2 бр. Ø36 + 4 бр. Ø20	от 22 до 37 mm	Ø8 през 400 mm	от 50 до 56 mm

6. Препоръки за рехабилитация на моста

За увеличаването на дълготрайността на моста и на неговата конструкция е необходимо да се изпълнят следните мерки:

1. След премахване на паважа да се инспектират долните предпазни пластове и пластове за наклон. При наличие на дефекти в тях да се изпълнят нови такива.

2. Да се ремонтира хидроизолацията в зоната на отводнителите. Ако се налага, да се подмени изцяло с нова изолация.

3. След извършване на мероприятията по т. 1 и т. 2 да се положи нова асфалто-бетонна настилка с дебелина най-малко 10 cm, като се възстановят нивелетата на моста, напречните и надлъжните наклони.

4. Да се изпълнят съвременни преходни конструкции за дилатационните фуги при двата устоя и при герберовите стави.

5. Да се почисти видимата армировка, за предпочитане е ръчно, и да се възстанови бетонното покритие.

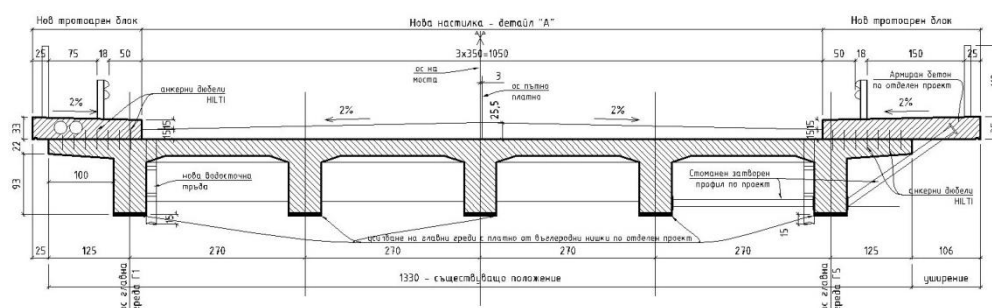
6. Да се възстанови тротоарният блок и се оформи необходимият напречен наклон към отводнителите.

7. Да се подменят всички отводници, като долният им край да бъде най-малко на 15 cm от долния ръб на гредите, а не както е сега на 15 cm от долния ръб на плочата.

8. Да се изпълнят еластични огради, липсата на които сега застрашава пешеходното движение.

9. Да се изпълни нов парапет. Минималната височина съгласно съвременните изисквания е 110 cm, докато сега е 100 cm.

7. Идеино решение за разширение на моста



Фиг. 3

Инвестиционното намерение е да се разшири габарита на съществуващия път от 810 cm до 1050 cm като се оформят 3 ленти за движение по 350 cm всяка, вж. фиг. 3. За целта е необходимо:

1. Изпълнение на нов тротоарен блок от едната страна, в който светлата ширина за преминаване на пешеходците е 75 cm, а динамичният габарит е 50 cm. Подменя се парапетът и се монтира нова еластична ограда.

2. От другата страна, тротоарът е с ширина 150 cm. Необходимо е изпълнение на нова плоча, чрез която да се осигури необходимото уширяване със 106 cm. Плочата се поддържа със стоманени подкоси. Подкосите се опират на крайната главна греда.

3. Увеличеното въздействие основно върху крайната главна греда, но и върху някои от вътрешните греди, ще наложи усиляването им. Подходящ съвременен начин е с платна от армирани влакнести полимери (FRP).

4. Връзката на стария и новия бетон в зоната на тротоарите може да стане с анкери по каталога на фирмите производители.

5. Изпълнява се бетон за оформяне на наклоните. Горната повърхност на бетона следва да позволява директно полагане на хидроизолация върху нея. Хидроизолацията следва да е с минимална дебелина от 1 cm. Не се полага предпазен бетон, за да не се увеличава неблагоприятно постоянното въздействие. Полага се нова асфалтобетонна настилка с дебелина най-малко 10 cm.

За изпълнение на мерките в точки 1 – 5 е необходим проект за разширение на пътното платно и усиляване на главните греди. В проекта могат да се дадат и други възможни начини за усиляване. В проекта за усиляване следва да се приеме, че класът на бетона на елементите на моста сега е B20 (C16/20).

8. Заключение

Извършеното обследване е показателно за състоянието на много от мостовите съоръжения, които са проектирани и изпълнени около средата на миналия век. Извършените мероприятия са представителни за необходимите мероприятия, които следва да се извършат за оценката на състоянието на подобни мостове конструкции.

Предложен е рационален метод за уширяване на пътното платно без да се нарушава трафикът по моста. Усилването на съществуващите греди също може да се осъществи без затруднения, например с армирани влакнести полимери (FRP) или по други начини, при условията на непрекъснат трафик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Димов, Д. Безразрушителни изпитвания на строителни конструкции. Дайрект Сървисиз, С., 2011.
2. Иванчев, И., Топуров, К. Стоманобетонни мостове. ABC Техника, С., 2002.

INVESTIGATION OF THE SUPERSTRUCTURE OF THE BRIDGE OVER TUNDJA RIVER AT THE TOWN OF YAMBOL FOR THE CARRIAGEWAY WIDENING

D. Dimitrov¹, K. Dedov², V. Vassilev³

Keywords: reinforced concrete road bridge, superstructure, investigation, rehabilitation

Research area: reinforced concrete structures (bridges)

ABSTRACT

The results of the investigation of the 3-span road bridge superstructure at the town of Yambol are presented. It is completed in response to the investor's intention for bridge widening. The type of the bridge is "Gerber beam". The conditions and the reasons for the observed damage of the bridge superstructure elements have been analyzed – cast in place road slab, main beams and transversal beams. The concrete compressive strength has been determined using cylinder tests. A preliminary decision for carriageway widening has been proposed without traffic interruption. A strengthening of the main beams is proposed by using fiber reinforced polymers (FRP). Measures for rehabilitation and for increasing the durability of the bridge are given.

¹ Dimitar Dimitrov, Prof. Dr. Eng., Dept. "Reinforced Concrete Structures", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: simeonovd_fce@uacg.bg

² Kosta Dedov, Eng., "KIYA CONSULT 08" LTD, e-mail: dedov2010@gmail.com

³ Vassil Vassilev, Eng., "AVV CONSTRUCTIONS" LTD, e-mail: avv@avv-bg.com