



ИЗПОЛЗВАНЕ НА ДИСПЕРСНА АРМИРОВКА В КОНСТРУКЦИИ НА БЕТОННИ ПЪТНИ НАСТИЛКИ

Христо Г. Стаменов
stamenovhg@abv.bg

**ВТУ “Тодор Каблешков“, София, ул. “Гео Милев“ №158,
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** дисперсна армировка, бетонна пътна конструкция*

***Резюме:** В последните години в страните, в които се строят бетонни пътни настилки все повече се използва дисперсно пространствено армиране. На пътни участъци с продължителни изкачвания и спускания; криви с малки радиуси; места, в които се извършва често спиране, потегляне и ускоряване в градски условия; спирки на масовия градски транспорт; кръстовища, включително с кръгово движение; площадки с различно предназначение и във всички случаи на повишени изисквания към експлоатационните показатели на пътищата и улиците се препоръчва да се използват в пътните конструкции бетонни смеси, армирани с метални фибри. Чрез използването на различни видове дисперсна армировка, самостоятелно или в комбинация, се постига подобряване на физико-механичните свойства на бетонните смеси и повишаване на експлоатационните характеристики на бетонните пътни конструкции.*

В доклада са представени основни изисквания към най-често използваните видове фибри в бетонните пътни конструкции и някои конструктивни ефекти от тяхното приложение. С оглед на факта, че най-слабият елемент от бетонните пътни конструкции са фугите и по-специално разширителните фуги, които създават най-голям дискомфорт по време на движение, тук ще бъдат разгледани ефектите от използването на дисперсна армировка върху възможността за увеличаване на разстоянията между фугите (намаляване на броя им).

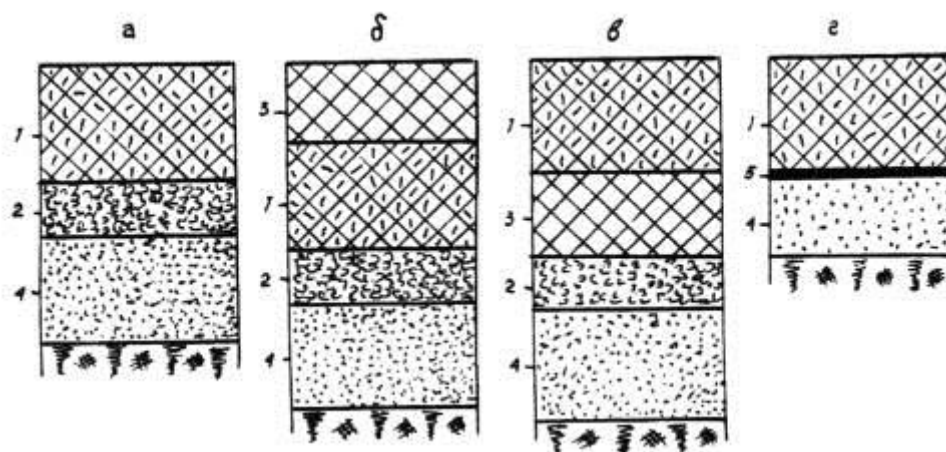
ВЪВЕДЕНИЕ

В последните 10-20 години в страните, в които се строят бетонни пътни настилки все повече се използва дисперсно пространствено армиране. Дисперсно армираният бетон представлява композитен материал, състоящ се от бетонна матрица и армиращи влакна – фибри, равномерно разпределени по целия обем на сместа. Неармираният бетон е крехък материал с малка якост на опън при огъване. Поради това, за да се контролира появата и развитието на пукнатини вследствие напреженията от комбинираното въздействие на различни фактори бетонните пътни настилки се армират с конвенционална армировка (пръти или мрежи) и/или дисперсна армировка (фибри). В зависимост от желаните ефекти, обикновено в бетонните пътни конструкции се влагат стоманени и полипропиленови фибри или комбинация от тях (хибридна дисперсна армировка).

Дисперсното армиране със стоманени фибри е предимно с конструктивно предназначение. Полипропиленовите влакна се влагат с основна цел намаляване на пластичното съсъхване и микрорукнатините при тежки натоварвания, а също така възпрепятстват изпаряването на водата.

Чрез дисперсното армиране се подобряват както якостно – деформационни характеристики (якост на опън при огъване, Е-модул, коефициент на Поасон) на бетона, така и някои специфични свойства, свързани с дълготрайността при определени експлоатационни условия – устойчивост на образуване на пукнатини, газонепроницаемост, водонепропускливост, поведение при динамични въздействия, устойчивост на износване, остатъчната якост след напукване и др.

Варианти на бетонни конструкции за пътища и улици с покрития и основи от дисперсно армиран бетон са показани на фигура 1.



Фиг.1 Типови бетонни пътни конструкции за пътища и улици

1 - покритие или основа от бетон или дисперсно армиран бетон; 2 - основа от слаб уплътнен бетон или трошен камък; 3 - покритие от асфалтобетон при пренастилане или междинен разделителен пласт; 4 - пясъчен пласт; 5 - полиетиленово фолио.

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ МАТЕРИАЛИТЕ ЗА ДИСПЕРСНО АРМИРАНИ БЕТОННИ СМЕСИ, ИЗПОЛЗВАНИ ЗА КОНСТРУКЦИИ НА ПЪТНИ НАСТИЛКИ

При използване на дисперсна армировка, тя трябва да отговаря на изискванията на БДС EN 14889-1:2006 (за стоманени фибри), БДС EN 14889-2:2006 (за полимерни фибри) и съответните национални приложения - БДС EN 14889-1:2006/NA:2013 и БДС EN 14889-2:2006/NA:2013.

За подобряване на физико-механичните свойства на бетона се използват различни по дължина, форма на напречното сечение и краищата, със или без антикорозионно покритие метални фибри, които освен на горепосочените стандарти трябва да отговарят и на изискванията в таблица 1:

Таблица 1. Характеристики на стоманени фибри, препоръчвани за дисперсно-армиран пътен бетон

Характеристики на фибрите	Мярка	Стойност
Дължина, (L)	мм	35 - 40
Диаметър, (d)	мм	0,4 – 0,7
L/d	-	80 - 100
Якост на опън	МПа	400 - 1100
Относително удължение	%	14 - 8

Оптималното съдържание на стоманени фибри за бетон, използван в покрития, е 2,5 – 3%, а в основи на пътища, е 2,0 – 2,5%.

Типичните дози на стоманените фибри са между 30 и 70 кг/м³ бетонна смес. Добавянето на малки количества стоманени фибри (под 30 кг/м³) има незначителен ефект върху модула на еластичност и якостта на опън при огъване на бетона.

Количеството и геометричните размери на стоманените фибри зависят от максималния размер на добавъчния материал. Колкото той е по-едър, толкова по-дълги трябва да са влакната. За бетонните пътни настилки се препоръчва отношението L/d на металните фибри да не е повече от 80-100. Най-често се използват такива с дължини от 35 до 60 мм. За да се оптимизира ефективността на работата на фибрите в бетона и за да се подобрят свойствата на сместа, големината на ЕДМ не трябва да надвишава с най-големия си размер 1/2 от дължината на фибрите. За защита от корозия стоманените влакна се произвеждат с медно или цинково покритие.

При смеси с малки водоцементни отношения, влагането на стоманени влакна над 2% обемно, може да доведе до съществено намаляване на обработваемостта. Също така големи дози синтетични фибри могат да предизвикат намаляване на обработваемостта. Този недостатък се компенсира чрез използване на водонамаляващи добавки и увеличаване на съотношението между ЕДМ и пясъка. В таблица 2 е даден ориентировъчен състав на дисперсно армирани бетонни смеси полагани директно от автобетоносмесители или с бетонпомпи.

Таблица 2. Ориентировъчен съств на дисперсно армирани бетонни смеси полагани директно от автобетоносмесители или с бетонпомпа

Клас на бетона	Консистенция, см	Материали, кг/м ³					
		Вода	Цимент	Пясък	Чакъл	Фибри	Суперпластификатор, % от масата на цимента
B30, C25/30	17 - 18	175	430	710	1000	70	0,7
B27,5	17 - 18	177	380	790	970	60	0,7
B25, C20/25	17 - 18	174	470	785	975	55	0,7
B22,5	17 - 18	160	350	860	950	50	0,7
B15, C12/15	17 - 18	55	75	50	20	0	0,7

Консистенцията на дисперсно армирани бетонни смеси полагани директно от автобетоносмесители или с бетонпомпи и добавка суперпластификатор трябва да бъде в границите 16-18 см (S4), а в случаите на полагане на сместа при надлъжни наклони 3% и по-големи, да не надвишава 12-14 см (S3).

Като дребен добавъчен материал в пътния бетон трябва да се използва естествен или трошен пясък, отговарящ на изискванията на БДС EN 12620/NA и БДС EN 206 – 1. Модулът на едрина на пясъка трябва да бъде по-голям от 1,8. За ограничаване на обемното съсъхване се препоръчва пясък с модул на едрина между 2,3 и 3,8. Съдържанието на глина, тиня, прах и други вредни частици в пясъка не трябва да надвишава 3% по маса за основи и 1% по маса за покрития.

Като ЕДМ в пътния бетон трябва да се използва чакъл и трошен камък, отговарящи на изискванията на БДС EN 12620/NA и БДС EN 206 – 1. Най-големият размер на зърната за покрития е 20 мм, а за основи – 40мм, във вид на следните разделно дозирани фракции: 5-10 мм, 10-20 мм, 20-40мм. Съдържанието на отмиваеми частици е както при пясъка.

Дисперсно армираният бетон, използван в различни пътни конструкции трябва да отговаря на изискванията на БДС EN 206-1:2002 и да има стойности не по-малки от посочените в таблица 3.

Таблица 3. Нормативни изисквания към дисперсно армиран бетон за различни пътни конструкции

Предназначение	Клас по якост на натиск, МПа	Якост на опън при огъване, МПа
Покрития на магистрални пътища и скоростни градски магистрали	B30, C25/30	6,1
	B27,5	5,0
Покрития на пътища и улици с местно значение	B27,5	5,5
	B25, C20/25	5,0
Покрития на тротоари, площадки и основи	B25, C20/25	5,0
	B15, C12/15	4,0

КОНСТРУКТИВНИ ЕФЕКТИ ОТ ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ДИСПЕРСНА АРМИРОВКА ПРИ БЕТОННИ ПЪТНИ НАСТИЛКИ

С оглед на факта, че най-слабият елемент от бетонните пътни конструкции са фугите и по-специално разширителните фуги, които създават най-голям дискомфорт по време на движение, тук ще бъдат разгледани ефектите от използването на дисперсна армировка върху възможността за увеличаване на разстоянията между фугите (намаляване на броя им).

Таблица 4. Разстояния между разширителните фуги в конструкции от бетонни смеси, полагани с бетонпомпи и директно от автобетоносмесители

Място в пътната конструкция	Дебелина на пласта, см	Температура на въздуха по време на полагането на бетонната смес, °C							
		< 5	5 - 15	16 – 25	> 25	< 5	5 - 15	16 – 25	> 25
		Разстояние между разширителните фуги, м							
в конструкции от бетонни смеси, полагани с бетон помпи и директно от автобетоносмесители				в конструкции, армирани с мрежи и армировъчни пръти					
Покритие	21 - 24	40	50	60	80	60	70	80	100
	18 - 20	20	30	40	60	40	50	70	90
Основа	Всички	100	Не се изпълняват			120	Не се изпълняват		

Разстоянието между разширителните фуги се определя по изчисление в зависимост от температурата на въздуха по време на бетониране, вида на бетонната смес и дебелината на конструкцията. В таблица 4 са дадени разстояния между разширителните фуги в конструкции от неармирани и армирани с разпределена армировка бетонни смеси, полагани с бетонпомпи и директно от автобетоносмесители, а в таблица 5 разстоянието между разширителните фуги в неармирани покрития за умерен климат, какъвто е характерен за България.

Таблица 5. Разстояние между разширителните фуги в зависимост от климата

Климат	Покритие	Дебелина на покритието, см	Температура на въздуха по време на полагането на бетонната смес, °С			
			По-малко от +5	От +5 до +10	От +10 до +20	Повече от +20
			Разстояние между разширителните фуги, м			
Умерен	Неармирано	22 - 24	25 - 28	50 - 56	80 - 90	90 - 110
		20	24 - 25	35 - 42	50 - 54	80 - 90
		18	18 - 20	25 - 30	30 - 35	40 - 45

За сравнение в таблица 6 са дадени разстоянията между разширителните фуги в дисперсно армирани покрития и основи на пътища и улици.

Таблица 6. Разстоянията между разширителните фуги в дисперсно армиран бетон

Място в пътната конструкция	Дебелина на пласта, см	Температура на въздуха по време на полагането на бетонната смес, °С			
		< 5	5 - 15	16 - 25	> 25
		Разстояние между разширителните фуги, м			
Покритие	20 - 22	90	110	120	140 или не се изпълняват
	17 - 19	70	90	110	
	15 - 16	50	70	100	
Основа	Всички	120	Не се изпълняват		

Както се вижда от таблиците разстоянията между разширителните фуги при използване на дисперсно армиран бетон при определени условия могат да бъдат увеличени с до 50% в сравнение с конструкциите с обикновен бетон и с тези, армирани с разпределена армировка, а в някои случаи необходимостта от този вид фуги отпада.

Също така, при строителство на покрития от дисперсно армирани смеси при съдържание на стоманени фибри в количество 3% от масата на бетона, разширителни фуги не се изпълняват.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На пътни участъци с продължителни изкачвания и спускания; криви с малки радиуси; места, в които се извършва често спиране, потегляне и ускоряване в градски условия; спирки на масовия градски транспорт; кръстовища, включително с кръгово движение; площадки с различно предназначение и във всички случаи на повишени

изисквания към експлоатационните показатели на пътищата и улиците се препоръчва да се използват в пътните конструкции бетонни смеси, армирани с метални фибри.

Използването на дисперсна армировка в конструкции на бетонни пътни настилки доказано осигурява много и различни ползи по отношение на якостно - деформационните и експлоатационните им характеристики. С оглед на факта, че най-слабия елемент от бетонните пътни конструкции са фугите, чрез влагане на дисперсна армировка могат да се увеличат разстоянията между фугите (да се намали броят им) и/или да отпадне необходимостта от изпълнение на някои видове фуги.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] ТР 86-98 Технически рекомендации по технологии применения дисперсно-армированных бетонных смесей для строительства монолитных покрытий и оснований городских дорог повышенной эксплуатационной надежности, Москва, 1999
- [2] ТР 147-03 Технически рекомендации по устройству дорожных конструкций из литых бетонных смесей, Москва, 2004
- [3] ТР-135-02 Технически рекомендации по конструкциям и технологии строительства дорог в местах, подверженных усиленному воздействию транспортных нагрузок, Правительство Москвы, Комплекс архитектуры, строительства, развития и реконструкции города, 2003

USING FIBRE REINFORCEMENT IN CONCRETE PAVEMENT STRUCTURES

Hristo G. Stamenov
stamenovhg@abv.bg

*Todor Kableshkov University of Transport
158 Geo Milev Street, Sofia 1574,
BULGARIA*

***Key words:** fibre reinforcement, concrete pavement*

***Abstract:** In recent years dispersive fibre reinforcement concrete has been increasingly used in countries where concrete pavements are built. It is recommended to use steel fibre reinforced concrete mixtures in road pavements on sections of road with long ascents and descents; curves with small radii; frequent stopping, starting and accelerating in urban areas; stops for public transport; junctions, including roundabouts; areas of different uses and in all cases of increased operational requirements for roads and streets. The use of different types of dispersive reinforcement, either independently or in combination, improves the physical-and-mechanical properties of concrete mixtures and the performance of concrete road structures.*

The paper presents basic requirements for the most commonly used types of fibre in concrete road structures and some constructive effects of their application. Considering the fact that joints and particularly the expansion joints are the weakest elements of concrete road structures that create great discomfort with travelling, the effects of using dispersive reinforcement as a possibility of increasing the space between joints (reducing their number) have been examined.