

ВПЛИВ РІЗНИХ АДСОРБЕНТНИХ ДОБАВОК НА ВЛАСТИВОСТІ ЩЕБЕНЕВО-МАСТИКОВОГО АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Нечаєв К.Д. ст. гр. Д-61-19, ХНАДУ,
Ільїн Я.В. м.н.с. кафедри ТДБМіХ, ХНАДУ
yailin12011993@gmail.com

Довговічність дорожніх конструкцій суттєвим чином залежить від дії на неї транспортного навантаження, яке останнім часом має тенденцію до зростання, а також від дії природно-кліматичних факторів. Щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА) став нині найбільш перспективним матеріалом щодо покращення поверхневих експлуатаційних характеристик (зчеплення, шорсткість). Його характерною особливістю і вагомою відмінністю від інших різновидів асфальтобетону є наявність в його складі стабілізуючої добавки, введення якої сприяє підвищенню стійкості до розшарування при транспортуванні, укладанні та ущільнюванні суміші. Крім цього різновид стабілізуючої добавки (мінерального або органічного походження) впливає на оптимальний вміст в'язучого в суміші та формування фізико-механічних властивостей щебенево-мастикового асфальтобетону.

Метою даного дослідження було порівняння якості традиційних щебенево-мастикових сумішей та щебенево-мастикових асфальтобетонів з їх аналогами на основі бітумомінеральних в'язучих та порошкових мінеральних і полімерних адсорбентів, вибір оптимальних складів за фізико-механічними та технологічними показниками (показник «стікання» серед головних).

В якості адсорбентів бітуму в щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішах були прийняті: волокно органічного походження Antrocel-G, вапняковий мінеральний порошок та гранульований полімер RWelast®E (розроблений фірмою Road wax solutions – Франція). RWelast®E – це гранули, що складаються з бітуму і термоеластопласту типу SBS, він є альтернативою технологіям, в основі яких лежить попереднє виготовлення на асфальтобетонних заводах бітуму, модифікованого полімером (БМП).

Для вивчень впливу в'язучих використовували бітум БНД 70/100 та БМП 50/70 (5 % SBS), властивості яких наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Властивості бітумних в'язучих

Марка в'язучого	Пенетрація, $P_{25} \times 0,1$ мм	$T_{розм.}, ^\circ C$	$T_{кр.}, ^\circ C$	$D_{25},$ см	Еластичність, %	Зчеплення зі склом, %	Індекс пенетрації
БНД 70/100	86	48,6	-19	94	-	24	-0,018
БМП 50/70	51	68	-27,5	70	96	96	5,155

Запроектовано склад мінеральної частини, який відповідає вимогам стандарту ДСТУ Б.В.2.7-127:2015, що пред'являється до сумішей ЩМА-15.

Включає: щебінь фр. 10-15 – 54 %; щебінь фр. 5-10 – 18 %; відсів подрібнення граніту – 13 %; мінеральний порошок – 15 %.

Програма експериментальних робіт включала такі об'єкти: дослідження ЩМАС та ЩМА використані в [1], виходячи з того, що за даними ЩМАС-15 [1] не забезпечувала нормальне стікання в'язучого; ЩМАС-22 за умови, що вона повністю відповідає вимогам ДСТУ без використання волокнистого адсорбенту. Таким чином ці суміші слугували зразками на які необхідно було орієнтуватись при введенні в ЩМАС волокнистого адсорбенту Antrocel-G; суміші з гранульованим полімерним адсорбентом RWelast®E, а також суміш з одночасним введенням БМП та волокневого адсорбенту досліджені для з'ясування оптимального співвідношення цих компонентів. Для встановлення впливу цих технологічних факторів для всіх сумішей визначали: стікання за методом Шеленберга; середню густину; водонасичення; міцність на стиск при 20 °C та 50 °C; коефіцієнт довготривалого водонасичення.

Забезпечуючи необхідну нормовану товщину бітумної плівки за рахунок збільшення адсорбційної здатності поверхні мінерального порошку, можна попередити стікання бітуму з поверхні зерен щебеню без використання при цьому волокнистого адсорбенту і підвищити міцність самої мастичної складової асфальтобетону. Критерієм для оцінки суміші, не схильної до стікання, може бути середня товщина бітумної плівки в суміші, вона дорівнює близько 3 мкм. В роботі використовували суміші з вмістом мінерального порошку: 15 та 22 %. Вміст зерен в складах дрібніше 0,071 мм при цьому відповідно дорівнював: 10,9 % та 15,5 %. Вміст бітуму у всіх сумішах відповідно до нормативних вимог [3] був рівним 6,2 %. При цьому відношення МП / Б в перерахунку на зерна дрібніше 0,071 мм відповідали таким значенням: 1,76 і 2,5. Результати виконаних досліджень ЩМА показали, що збільшення вмісту мінерального порошку призводить до збільшення витрати бітуму, який відповідає допустимій межі стікання, а відношення МП / Б стає вище 2,3, що властиво для звичайних малощебенистих сумішей, наприклад, з 30 % щебеню. В такому випадку можна чекати ускладнення процесів перемішування і укладання сумішей, тому що з ростом МП / Б значно зростає в'язкість асфальтов'язучого.

Під час приготування асфальтобетонних сумішей на поверхні мінеральних зерен формуються адсорбційно-сольватні структуровані шари органічного в'язучого, їх властивості такі як в'язкість, когезія, пластичність, адгезія, змінюються в міру віддалення від поверхні мінеральних часток і на пряму залежать від хіміко-мінералогічного складу поверхневих шарів мінеральних частинок, структури і текстури, питомої поверхні мінеральних компонентів, складу органічних в'язучих і в'язкості. Когезія визначає міцність асфальтобетону, збільшує опір до напружень, які виникають в матеріалі при дії на нього навантаження від автотранспортних засобів. Адгезія визначає міцність зчеплення в'язучого з мінеральними матеріалами і при впливі короточасних циклічних навантажень зобов'язана забезпечувати опір напруженням, які виникають в структурованому шарі бітуму і прагнуть викликати відрив в'язкої речовини від поверхні мінеральних часток.

Для того щоб поліпшити властивості асфальтов'язучої речовини було додано полімерні модифікатори, які при направленому впливі на структуру нафтових дорожніх бітумів, дозволяють отримати якісно нове в'язуче. В цьому разі, за рахунок просторової сітки з надмолекулярних утворень, можливо знижувати концентрацію напружень з високомолекулярних сполук, що має позитивно відобразитися на стіканні та міцнісних показниках ЦМА.

В таблиці 2 наведено дані щодо впливу якості в'язучого та типу адсорбенту на фізико-механічні властивості асфальтобетону

Таблиця 2 – Фізико-механічні властивості щебенево-мастикових асфальтобетонів з різними адсорбентами

Характеристика сумішей	Середня густина ρ , кг/м ³	Водо-насичення, W, %	Міцність на стиск, МПа		Водостійкість		Стікання, %
			R ₂₀ , МПа	R ₅₀ , МПа	R _{20в} ¹⁵ , МПа	K _в ¹⁵	
ЦМА без волокон (БНД 70/100) 15 % МП	2422	0,3	2,0	1,00	1,98	0,99	1,46
ЦМА + 0,32 % волокон Antrocel-G (БНД 70/100)	2408	0,2	2,0	1,03	1,97	0,98	0,49
ЦМА без волокон +15% на БМП (5% СБС 1101)	2423	0,2	2,8	1,25	2,76	0,99	0,31
ЦМА(0,32) з волокном +15% на БМП (5% СБС 1101)	2408	0,1	2,6	1,27	2,57	0,99	0,03
ЦМА без волокон (БНД 70/100) 22 % МП	2430	0,1	2,3	0,97	2,28	0,98	0,24
ЦМА без волокон (БНД 70/100) 15 % МП + 8 % RWelast®E	2401	0,1	2,6	1,12	2,53	0,97	0,31

Згідно показникам водонасичення (0,1–0,3) прийнято завищений вміст в'язучого. Це мало вплинути на інші показники ЦМА і зокрема на стікання ЦМАС.

Втім показники міцності при 20 °С та при 50 °С, водонасичення, водостійкості перевищують ті, що наведені в [3]. Найбільші значення міцності при 20 °С і 50 °С відповідають суміші на БМП 50/70 та з волокном: 2,6 МПа та 1,27 МПа. Це відповідає літературним даним відносно впливу БМП зі значним вмістом бітуму на показники міцності [4].

У роботі [5] показано, що міцність на стиск асфальтополімербетону на БМП з 5 % СБС (0,25 МПа) в 1,45 рази вище ніж асфальтобетону (0,17 МПа) на вихідному бітумі. Відповідно даним табл. 2. це співвідношення при 20 °С дорівнює 1,3 рази, а при 50 °С – 1,27 рази. Волокно, введене в асфальтополімербетонну суміш, практично не вплинуло на показники міцності.

Це стосується також сумішей на чистому бітумі (базова суміш без волокон та суміш з волокнами Antrocel-G). Показники міцності після введення волокна залишаються без зміни (2,0 МПа та 1,0 МПа). Подібно цьому діє гранульований полімер RWelast®Е при використанні якого міцність ЩМА при 20 °С зростає порівняно з базовою сумішшю в 1,3 рази. Міцність ЩМА підвищується також у разі введення в суміш 22 % порошку проти 15 %. З викладеного витікає, що введення волокна в суміш практично не впливає на механічні властивості ЩМА.

Отримані значення коефіцієнту тривалої водостійкості підтверджують літературні дані про високу протидію ЩМА руйнуючій дії води, що викликано значною товщиною бітумної плівки на поверхні кам'яних матеріалів.

Критерієм стабільності складу ЩМА в технологічному процесі з часу відвантаження з АБЗ до ущільнення в покритті є показник стікання Шеленберга. Його нормативне значення має бути не більшим 0,2 %. Цей показник визначають при температурі 170 °С.

Щебенево-мастиковою суміш з 15 % мінерального порошку, що в перерахунку на вміст зерен менше 0,071 дорівнює 10,5, при 6,5 % в'язучого має відношення МП/Б=1,6. Така суміш з крупністю зерен щебеню 15 мм повинна мати стікання близьким до 3,5 %. Ця розбіжність пояснюється надмірним вмістом в суміш в'язучого, з його зменшенням має зменшуватись і показник стікання.

Вплив добавок до цієї суміші та використання БМП призвело до таких наслідків. Найменше стікання 0,03 % відповідає суміші, в якій міститься волокно та БМП. Використання самого волокна зменшує стікання від 1,46 % до 0,49 %, тобто майже на 1 %. Використання БМП з 5 % СБС зменшує стікання від 1,46 % до 0,31 %, тобто на 1,15 %. Отже ефект дії бітумополімерного в'язучого (більшої високої консистенції) дещо більший, ніж традиційного волокна. Додавання в ЩМАС з БМП волокна фактично усуває стікання (0,03 %), тобто зменшує його ще на 0,27 %. Аналогічним чином впливає на стікання і введення в суміш з 15 % мінерального порошку гранульованого полімеру RWelast®Е (зменшення стікання до тих до 0,31 %).

Для перевірки якісної та кількісної тенденції зниження стікання за рахунок введення мінерального порошку (адсорбенту) було виготовлено суміш з 22 % порошку, в перерахунку на зерна менше 0,071 мм це становить 15,4 %. В цьому випадку стікання суміші (МП/Б=2,36) відповідало тому ж значенню, що й у випадку БМП – 0,24 %. Згідно даним [5] воно мало б бути близьким 0,2 %. Отримана близькість результатів стікання підтверджує справедливості прийнятих передумов дослідження і є аргументом на користь достовірності отриманих в роботі результатів відносно впливу різних в'язучих та адсорбентів технологічного стікання щебенево-мастикових сумішей.

Висновки

1. Розвинуто уявлення про можливості регулювання стікання щебенево-мастикових сумішей за рахунок підвищення консистенції асфальтов'язучої речовини шляхом введення мінерального порошку в кількості необхідній для забезпечення нормативного стікання.

2. Показано, що сумісне використання волокнистого адсорбенту та бітумополімерного в'язучого ефективно знижує стікання.

3. Введення в щебенево-мастикову суміш гранульованого полімеру RWelast®Е дозволяє знизити стікання до нормативного та підвищити міцність асфальтобетону.

Література

1. Золотарьов В.А., Асфальтобетоны без волокнистого адсорбента / Золотарьов В.А., Корюк В.П., Єфремов С.В. // Автомобильные дороги. – Ноябрь, 2015. С. 64-69.
2. Кирюхин Г.Н., / Покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона. / Кирюхин Г.Н., Смирнов Е.А. М.: ООО «Издательство «Элит»». – 2009. – С. 176.
3. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия: ДСТУ Б В.2.7-127:2015 – [Чинний від 01.07.2016] - ГП «Государственный дорожный научно-исследовательский институт имени М.П. Шульгина» (ГП «ГосдорНИИ»). 2015 -30 с. (Національний стандарт України).
4. Золотарьов В.А. , Чугуєнко С.А., Галкін А.В. - Про взаємозв'язок властивостей бітумополімерних в'язучих і зсувостійкості асфальтобетону, / Автошляховик України (3) 2004. - № 3. С.25-30.
5. Бітумомінеральні суміші. Методивипробування. Частина 18. Відтік в'язучого: ДСТУ EN 12697-18:2018 – [Чинний від– 01.07.2019] - Технічний комітет стандартизації ТК 307 «Автомобільні дороги і транспортні споруди, 31 с. (Національний стандарт України).