

**FDR ԽԱՌՆՈՒՐԴԻ ՁԳՄԱՆ ԱՍՐՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐԵԼԱՎՈՒՄԸ ԲԱԶԱԼՏԵ
ԹԵԼԻԿՆԵՐՈՎ ԵՎ ՑԵՄԵՆՏՈՎ**

Հակոբ Հարությունի Գյուլզադյան*, Խաչիկ Սիմոնի Չքոյան

Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

**hakob_gyulzadyan@bk.ru*

Ներկայացվում է ասֆալտրետոնային ծածկերով պատվածքների ամբողջ խորությամբ վերականգնման ժամանակ ստացվող FDR խառնուրդի մեջ բազալտե թելիկների և ցեմենտի ներմուծման ազդեցության գնահատման համար լաբորատոր փորձարկումների արդյունքները: Արձանագրվել է, որ FDR խառնուրդի ձգման ամրության բարելավման տեսակետից օպտիմալ են բազալտե թելիկների պարունակության 0,4 % և երկարության 20 մմ արժեքները: Արձանագրվել են ինչպես FDR խառնուրդում միայն ցեմենտի ներմուծման արդյունքում նախնական խառնուրդի հետ համեմատած ձգման ամրության սահմանի աճի, այնպես էլ ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ներմուծման արդյունքում միայն ցեմենտով ամրացված փորձանմուշների հետ համեմատած ձգման ամրության սահմանի աճի ցուցանիշները: Փորձանմուշների սեղմման ամրության սահմանի վրա համանման ազդեցությունների հետ համեմատությամբ արձանագրվել է, որ ինչպես միայն ցեմենտի ներմուծումը, այնպես էլ ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ներմուծումն ավելի արդյունավետ է ազդում FDR խառնուրդի ձգման, քան սեղմման ամրության բնութագրերի բարելավման վրա:

Բանալի բառեր. ասֆալտրետոն, ամբողջ խորությամբ վերաօգտագործում, հավելանյութեր, բազալտե թելիկներ, ցեմենտ, ճաքակայունություն, սեղմման ամրության սահման, խզման ժամանակ ձգման ամրության սահման

Ներածություն

Հայաստանի ճանապարհային ցանցի վերականգնման գործընթացներում վերջին տարիներին զգալի տարածում է ստացել ամբողջ խորությամբ վերաօգտագործման (հետագայում FDR – Full Depth Reclamation) տեխնոլոգիան [1, 2]: Համեմատած ոչ կոշտ ճանապարհային պատվածքների վերականգնման այլ տեխնոլոգիաների հետ, ամբողջ խորությամբ վերաօգտագործման տեխնոլոգիայի կիրառման ժամանակ զգալիորեն նվազում են նոր հավելանյութերի ներմուծումները, էներգիայի ծախսը և դեպի մթնոլորտ վնասակար արտանետումները: Կառուցվածքային տեսակետից ոչ կոշտ պատվածքների վերականգնման ամբողջ խորությամբ վերաօգտագործման տեխնոլոգիան հնարավորություն է տալիս լիովին վերացնել ճանապարհածածկի վրա անվահետքերի (rutting) և արտացոլվող ճաքառաջացման (reflective cracking) հետ կապված բոլոր հիմնախնդիրները: Գոյություն ունեցող ասֆալտրետոնի և ստորև տեղադրված շերտերի մանրացումը թույլ է տալիս ստանալ պատվածքի հատիկային շերտ, որը կարող է օգտագործվել ինչպես

առանց հավելանյութերի կիրառման, այնպես էլ կայունացնող հավելանյութերով: Խառնուրդի մեջ կայունացնող հավելանյութերի ավելացման կարիք սովորաբար լինում է այն դեպքերում, երբ մանրացված նյութը չի ունենում անհրաժեշտ մեխանիկական բնութագրեր և կառուցվածքային ամրություն՝ դիմագրավելու համար սպասվող արտաքին բեռնվածքներին: FDR խառնուրդներում առավել տարածված հավելանյութերից է պորտլանդցեմենտը [3]: Որպես հավելանյութ FDR խառնուրդներում պորտլանդցեմենտը կիրառություն է ստացել նաև ՀՀ-ում: [4]-ում ներկայացված է FDR խառնուրդներում պորտլանդցեմենտի և փրփրաբիտումի համալիր կիրառման վերլուծություն:

Ասֆալտբետոնային խառնուրդների վերաօգտագործման պրակտիկայում որպես հավելանյութ կիրառություն են ստացել բազալտե թելիկները [5-8]: Բազալտե թելիկը առանձնանում է իր բարձր մեխանիկական ամրությամբ, որը թույլ է տալիս դիմակայել մեծ ծանրաբեռնվածություններին, ցածր ջրակլանմամբ, ինչը նվազեցնում է խոնավության հետևանքով առաջացող վնասները և կայուն քիմիական հատկություններով, որոնք ապահովում են երկարաժամկետ դիմացկունություն: [9]-ում ներկայացված է FDR խառնուրդի սեղմման ամրության փոփոխության վրա բազալտե թելիկների երկարության և պարունակության ազդեցությունը: Որպես օպտիմալ պարամետրեր սահմանվել են 0,4 % պարունակությունը և 20 մմ երկարությունը, որը մեր կողմից ընդունվել է հետագա լաբորատոր և դաշտային փորձարկումների համար: [10]-ում կատարվել է FDR խառնուրդի սեղմման ամրության փոփոխության վրա բազալտե թելիկների և ցեմենտի համալիր ազդեցության վերլուծություն: Արձանագրվել է, որ FDR խառնուրդում 4,0 % ցեմենտի և 0,4 % բազալտե թելիկների համալիր ներմուծումը միայն ցեմենտով ամրացված փորձանմուշների հետ համեմատած բերել է սեղմման ամրության սահմանի 16,2 % աճի:

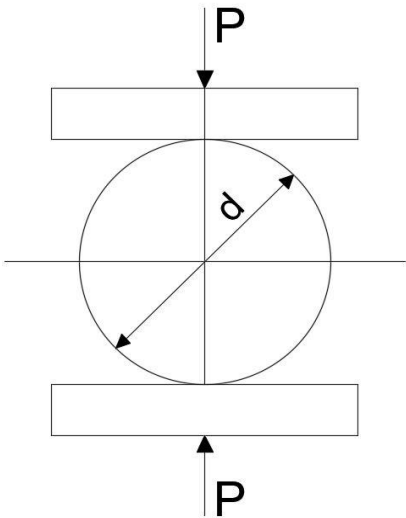
Ինչպես ցույց է տալիս FDR տեխնոլոգիայի կիրառման փորձը, ստացվող կառուցվածքային շերտի աշխատունակությունը մեծ մասամբ պայմանավորվում է դրա սահքաղիմացկանությամբ և ճաքակայունությամբ: Կառուցվածքային շերտի նյութի սեղմման ամրության սահմանը ոչ լիովին է գնահատում այդ շերտի սահքաղիմացկանության և ճաքակայունության ցուցանիշները, քանի որ ոչ լրիվ է համապատասխանում ձևավորվող հաշվարկային սխեմային: Նշված հատկությունների բնորոշման համար կիրառվում են այլ ցուցանիշներ, որոնցից են անուղղակի ձգման ամրությունը (indirect tensile strength) և առաձգականության մոդուլը (resilient modulus) [11]: Մեր կողմից հետագա ուսումնասիրության համար ընդունվել է ԳՕՍՍ 12801-98 ստանդարտով կանոնակարգվող խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանը (предел прочности на растяжение при расколе): Խառնուրդի այդ բնութագիրը գրեթե լիովին համապատասխանում է անուղղակի ձգման ամրությանը և կարող է ընդունվել որպես կառուցվածքային շերտի սահքաղիմացկանության և ճաքակայունության ցուցանիշ:

Նյութեր և մեթոդներ

Լաբորատոր փորձարկումների նկարագրությունը

FDR խառնուրդի խզման ժամանակ ձգման ամրության փոփոխության վրա բազալտե թելիկների ներմուծման ազդեցության գնահատման նպատակով պատրաստվել են փորձարարական նմուշների չորս խմբաքանակներ: Առաջին խմբաքանակը կազմել է նախնական աղացած խառնուրդը՝ առանց որևէ հավելանյութի: Երկրորդից չորրորդ խմբաքանակներում նախնական խառնուրդին ավելացվել է համապատասխանաբար 0,3, 0,4 և 0,5 % բազալտե թելիկներ: Երկրորդից չորրորդ խմբաքանակներում փոփոխության է ենթարկվել նաև ներմուծվող բազալտե թելիկների երկարությունները: Ընդունվել են երեք երկարություններ՝ 5, 10 և 20 մմ, ստանալով ենթախմբեր: Յուրաքանչյուր ենթախմբում ընդգրկվել են երեքական նմուշներ, որոնց ընդհանուր զանգվածը կազմել է 5400 գրամ: Ընդհանուր առմամբ խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի փորձարկման համար լրացուցիչ պատրաստվել է 30 գլանաձև փորձանմուշ, որոնց չափերը համապատասխանում են սեղմման ամրության ստուգման համար պատրաստված փորձանմուշների չափերին:

Խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի որոշման փորձարկումն իրականացվել է ըստ ԳՕՍՏ 12801-98 ստանդարտի սխեմայի (նկ. 1): Փորձարկումն իրականացվել է լաբորատոր մամլիչով՝ փոփոխելով ազդող ուղղաձիգ ուժը՝ մինչև փորձանմուշի խզումը:

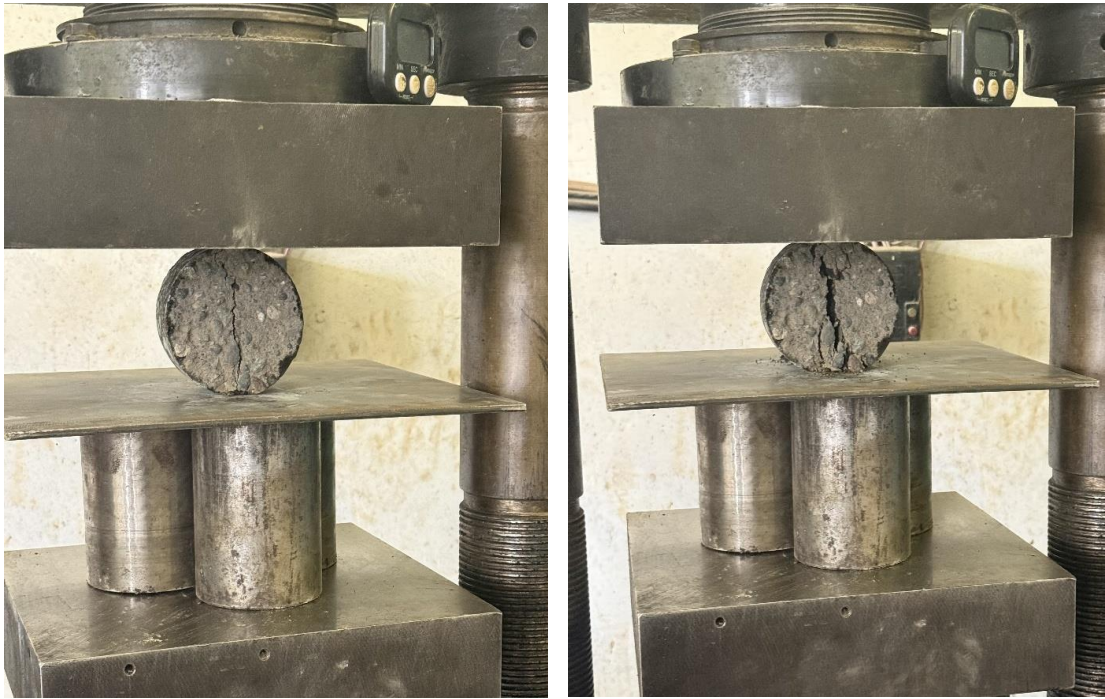


Նկ. 1. Ձգման ամրության սահմանի որոշման փորձարկման սխեմա

Նկ. 2-ում ցույց է տրված փորձարարական գլանաձև նմուշների խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի որոշումը մամլիչային փորձասարքի վրա:

Խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանների փորձնական արժեքները որոշվել են ըստ ԳՕՍՏ 12801-98-ի հետևյալ բանաձևի՝

$$R_p = \frac{P}{h \cdot d} \cdot 10^{-2}$$



Նկ. 2. Գլանաձև նմուշների ճարտարազգման գործնականը՝ մինչև դրանց խզումը

որտեղ R_p -ն խզման ժամանակ ձգման ամրությունն է, $U\eta a, P$ -ն՝ քայքայող ուժը, h -ը՝ նմուշի բարձրությունը, u/d -ն՝ նմուշի տրամագիծը, u/d :

Արդյունքներ և քննարկում

Աղ. 1-4-ում բերված են ըստ առանձին խմբաքանակների խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանների փորձնական արժեքները, ինչը թույլ է տվել կատարել հետևյալ եզրակացությունը՝ բազալտե թելիկների ներմուծումը FDR խառնուրդի մեջ բերել է փորձանմուշների խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանների աճին: Համեմատած առանց բազալտե թելիկների փորձանմուշների, 0,3 % բազալտե թելիկների հավելումով փորձանմուշներում սեղմման ամրության աճը՝ կախված թելիկների երկարությունից կազմել է 10,0...27,9 %: 0,4 և 0,5 % բազալտե թելիկների հավելումով փորձանմուշներում համապատասխան աճերը կազմել են 12,8...30,0 և 13,6...30,7%: Հիմնվելով բազալտե թելիկների ներմուծման արդյունքում խզման ժամանակ ձգման ամրության աճերի արձանագրված արժեքների վրա, կարող ենք եզրակացնել, որ բազալտե թելիկների ներմուծման համար առավել օպտիմալ պարունակությունները կազմում են 0,4...0,5 %: Սակայն հաշվի առնելով, որ բազալտե թելիկների 0,5% պարունակության դեպքում ձգման ամրության աճը 0,4% պարունակության համեմատ աննշան է, մեր կողմից հետագա հետազոտությունների համար որպես օպտիմալ ընդունվել է բազալտե թելիկների ներմուծման 0,4% արժեքը:

Աղյուսակ 1

Առանց բազալտե թելիկների խմբաքանակի փորձանմուշների խզման ժամանակ ձգման ամրության որոշման արդյունքները

| Փորձանմուշի №№ | Փորձանմուշի լայնական հատվածքի մակերեսը, սմ ² | Քայքայող ուժը, Ն | Խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանը, ՄՊա |
|----------------|---|------------------|--|
| 1 | 78,40 | 2600 | 0,26 |
| 2 | 78,50 | 2900 | 0,29 |
| 3 | 78,40 | 2900 | 0,29 |
| Միջին արժեք | 78,43 | 2800 | 0,28 |

Աղյուսակ 2

0,3 % բազալտե թելիկների հավելումով խմբաքանակի փորձանմուշների խզման ժամանակ ձգման ամրության որոշման արդյունքները

| Փորձանմուշի №№ | Փորձանմուշի լայնական հատվածքի մակերեսը, սմ ² | Քայքայող ուժը, Ն | Խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանը, ՄՊա | Չզման ամրության աստիճան, % |
|--|---|------------------|--|----------------------------|
| <i>Բազալտե թելիկների երկարությունը 5 սմ</i> | | | | |
| 1 | 78,46 | 3060 | 0,306 | |
| 2 | 78,43 | 3100 | 0,310 | |
| 3 | 78,39 | 3080 | 0,308 | |
| Միջին արժեք | 78,43 | 3080 | 0,308 | 10,0 |
| <i>Բազալտե թելիկների երկարությունը 10 սմ</i> | | | | |
| 1 | 78,42 | 3310 | 0,331 | |
| 2 | 78,50 | 3340 | 0,334 | |
| 3 | 78,44 | 3340 | 0,334 | |
| Միջին արժեք | 78,45 | 3330 | 0,333 | 18,9 |
| <i>Բազալտե թելիկների երկարությունը 20 սմ</i> | | | | |
| 1 | 78,47 | 3590 | 0,359 | |
| 2 | 78,50 | 3600 | 0,360 | |
| 3 | 78,46 | 3550 | 0,355 | |
| Միջին արժեք | 78,48 | 3580 | 0,358 | 27,9 |

0,4 % բազալտե թելիկների հավելումով խմբաքանակի փորձանմուշների խզման ժամանակ ձգման ամրության որոշման արդյունքները

| Փորձանմուշի №№ | Փորձանմուշի լայնական հատվածքի մակերեսը, սմ ² | Քայքայող ուժը, Ն | Խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանը, ՄՊա | Ձգման ամրության աճը, % |
|--|---|------------------|--|------------------------|
| <i>Բազալտե թելիկների երկարությունը 5 սմ</i> | | | | |
| 1 | 78,44 | 3120 | 0,312 | |
| 2 | 78,46 | 3170 | 0,317 | |
| 3 | 78,46 | 3190 | 0,319 | |
| Միջին արժեք | 78,45 | 3160 | 0,316 | 12,8 |
| <i>Բազալտե թելիկների երկարությունը 10 սմ</i> | | | | |
| 1 | 78,45 | 3470 | 0,347 | |
| 2 | 78,49 | 3480 | 0,348 | |
| 3 | 78,48 | 3460 | 0,346 | |
| Միջին արժեք | 78,47 | 3470 | 0,347 | 23,9 |
| <i>Բազալտե թելիկների երկարությունը 20 սմ</i> | | | | |
| 1 | 78,47 | 3660 | 0,366 | |
| 2 | 78,50 | 3650 | 0,365 | |
| 3 | 78,50 | 3610 | 0,361 | |
| Միջին արժեք | 78,49 | 3640 | 0,364 | 30,0 |

Ներմուծվող բազալտե թելիկների երկարության մեծացումը դրական ձևով է արտահայտվել խզման ժամանակ ձգման ամրության արժեքների աճի վրա: Կախված խառնուրդում թելիկների պարունակությունից, խզման ժամանակ ձգման ամրության աճը 5 սմ երկարությամբ ներմուծվող թելիկների դեպքում կազմել է 10,0...13,6%: 10 և 20 սմ երկարությամբ ներմուծվող թելիկների դեպքում խզման ժամանակ ձգման ամրության աճերը համապատասխանաբար կազմել են 18,9...24,3 և 27,9...30,7 %: Խզման ժամանակ ձգման ամրության աճի արձանագրված արժեքները թույլ են տալիս եզրակացնել, որ խզման ժամանակ ձգման ամրության աճի տեսակետից ներմուծվող բազալտե թելիկների օպտիմալ երկարությունը կազմում է 10...20 սմ: Մեր կողմից հետազոտ հետազոտությունների համար որպես օպտիմալ ընդունվել է բազալտե թելիկների երկարության 20 սմ արժեքը:

**0,5 % բազալտե թելիկների հավելումով խմբաքանակի փորձանմուշների խզման ժամանակ
ձգման ամրության որոշման արդյունքները**

| Փորձանմուշի №№ | Փորձանմուշի լայնական հատվածքի մակերեսը, սմ ² | Քայքայող ուժը, Ն | Խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանը, ՄՊա | Չզման ամրության աճը, % |
|--|---|---------------------|--|------------------------------|
| <i>Բազալտե թելիկների երկարությունը 5 սմ</i> | | | | |
| 1 | 78,45 | 3180 | 0,318 | |
| 2 | 78,45 | 3170 | 0,317 | |
| 3 | 78,40 | 3190 | 0,319 | |
| Միջին արժեք | 78,43 | 3180 | 0,318 | 13,6 |
| <i>Բազալտե թելիկների երկարությունը 10 սմ</i> | | | | |
| 1 | 78,42 | 3490 | 0,349 | |
| 2 | 78,50 | 3490 | 0,349 | |
| 3 | 78,44 | 3460 | 0,346 | |
| Միջին արժեք | 78,45 | 3480 | 0,348 | 24,3 |
| <i>Բազալտե թելիկների երկարությունը 20 սմ</i> | | | | |
| 1 | 78,47 | 3660 | 0,366 | |
| 2 | 78,49 | 3690 | 0,369 | |
| 3 | 78,50 | 3630 | 0,363 | |
| Միջին արժեք | 78,48 | 3660 | 0,366 | 30,7 |

Մեր կողմից փորձնականորեն գնահատվել է նաև FDR խառնուրդի ձգման ամրության բարելավման վրա ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ազդեցությունը:

Խառնուրդում պորտլանդցեմենտի պարունակությունն ընդունվել է անփոփոխ՝ 4% ըստ զանգվածի, իսկ բազալտե թելիկների ներմուծման պարունակությունը և երկարություններն ընդունվել են համապատասխանաբար 0,4 % և 20 սմ: Փորձանմուշների ընդհանուր քանակը կազմել է 6:

Աղ. 5-ում բերված են ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ներմուծմամբ փորձանմուշների խզման ժամանակ ձգման ամրության որոշման արդյունքները: Խզման ժամանակ ձգման ամրության փորձնական արժեքները որոշվել են ըստ բանաձևի:

Աղ. 6-ում բերված են որպես հիմնական ընդունված 0,4 % և 20 սմ երկարությամբ բազալտե թելիկների ներմուծմամբ տարբերակի համար խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանների համեմատությունն առանց ցեմենտի և ցեմենտի 4 % հավելումով դեպքերի համար:

Աղյուսակ 5

Ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ներմուծմամբ փորձանմուշների խզման ժամանակ ձգման ամրության որոշման արդյունքները

| Փորձանմուշի №№ | Փորձանմուշի լայնական հատվածքի մակերեսը, սս ² | Քայքայող ուժը, Ն | Խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանը, ՄՊա |
|---|---|------------------|--|
| Միայն ցեմենտի ներմուծմամբ փորձանմուշներ | | | |
| 1 | 78,50 | 8130 | 0,813 |
| 2 | 78,40 | 8120 | 0,812 |
| 3 | 78,50 | 8050 | 0,805 |
| Միջին արժեք | 78,46 | 8100 | 0,810 |
| Ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ներմուծմամբ փորձանմուշներ | | | |
| 1 | 78,48 | 10000 | 1,000 |
| 2 | 78,50 | 9900 | 0,990 |
| 3 | 78,50 | 10400 | 1,040 |
| Միջին արժեք | 78,49 | 10100 | 1,010 |

Աղյուսակ 6

Խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի վրա հավելանյութերի ներմուծման արդյունավետության համեմատական բնութագիր

| Խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի միջին արժեքը, ՄՊա | | | | $\frac{R_{p3} - R_{p1}}{R_{p1}} \cdot 100\%$ | $\frac{R_{p4} - R_{p3}}{R_{p4}} \cdot 100\%$ |
|---|---|-------------------------------|---|--|--|
| առանց հավելանյութերի, R_{p1} | բազալտե թելիկների ներմուծմամբ, R_{p2} | ցեմենտի ներմուծմամբ, R_{p3} | բազալտե թելիկների և ցեմենտի ներմուծմամբ, R_{p4} | | |
| 0,280 | 0,364 | 0,810 | 1,010 | 189,3 | 24,7 |

Աղ. 5 և 6- ը թույլ են տվել կատարել հետևյալ եզրակացությունները՝

- ◆ FDR խառնուրդում 4 % ցեմենտի ներմուծումը նախնական խառնուրդի հետ համեմատած բերել է խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի 189,3 % աճի,
- ◆ խառնուրդում 4,0% ցեմենտի և 0,4% բազալտե թելիկների համալիր ներմուծումը միայն ցեմենտով ամրացված փորձանմուշների հետ համեմատած բերել է խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի 24,7 աճի:

Համեմատելով փորձանմուշների սեղմման ամրության փոփոխության վրա ցեմենտի և բազալտե թելիկների ներմուծման ազդեցության հետ [10], կարող ենք կատարել հետևյալ եզրակացությունները՝

- ◆ ցեմենտի ներմուծման ազդեցությունը FDR խառնուրդի խզման ժամանակ ձգման ամրության արժեքի բարելավման վրա ավելի զգալի է, քան նույնի ազդեցությունը սեղմման ամրության սահմանի բարելավման վրա: Եթե 4 % ցեմենտի ներմուծումը բերել է FDR խառնուրդի սեղմման ամրության սահմանի 115,5 % աճի, ապա նույն քանակությամբ ցեմենտի ներմուծմամբ խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի արժեքի աճը կազմել է 189,3 %,
- ◆ համեմատած FDR խառնուրդում միայն ցեմենտի ներմուծման հետ, ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ներմուծման դեպքում խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի արժեքի աճն ավելի զգալի է սեղմման ամրության սահմանի աճի համեմատությամբ: Եթե ցեմենտով փորձանմուշներում բազալտե թելիկների ներմուծումը բերել է սեղմման ամրության սահմանի 16,2 % աճի, ապա խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի արժեքի աճը կազմել է 24,7 %:

Եզրակացություն

Բազալտե թելիկների ներմուծումը FDR խառնուրդի մեջ բերել է փորձանմուշների խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանների աճին: Համեմատելով տարբեր պարունակություններով և երկարություններով բազալտե թելիկների ազդեցությունը փորձանմուշների ձգման ամրության փոփոխության վրա, որպես օպտիմալ ընդունվել են բազալտե թելիկների պարունակության 0,4 % և երկարության 20 մմ արժեքները:

FDR խառնուրդում 4 % ցեմենտի ներմուծումը նախնական խառնուրդի հետ համեմատած բերել է խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի 189,3 % աճի: Խառնուրդում 4 % ցեմենտի և 0,4% բազալտե թելիկների համալիր ներմուծումը միայն ցեմենտով ամրացված փորձանմուշների հետ համեմատած բերել է խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի 24,7 % աճի:

Ցեմենտի ներմուծման ազդեցությունը FDR խառնուրդի ձգման ամրության արժեքի բարելավման վրա ավելի զգալի է, քան նույնի ազդեցությունը սեղմման ամրության սահմանի բարելավման վրա: Եթե 4,0 % ցեմենտի ներմուծումը բերել է FDR խառնուրդի սեղմման ամրության սահմանի 115,5 % աճի, ապա նույն քանակությամբ ցեմենտի ներմուծմամբ ձգման ամրության սահմանի արժեքի աճը կազմել է 189,3 %: Համեմատած FDR խառնուրդում միայն ցեմենտի ներմուծման հետ, ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ներմուծման դեպքում ձգման ամրության սահմանի արժեքի աճն ավելի զգալի է սեղմման ամրության սահմանի աճից: Եթե ցեմենտով փորձանմուշներում բազալտե թելիկների ներմուծումը բերել է սեղմման ամրության սահմանի 16,2 % աճի, ապա ձգման ամրության սահմանի արժեքի աճը կազմել է 24,7 %:

Գրականության ցանկ

- [1] **Հ. Հ. Գյուլզադյան, Ա.Ս. Ղազարյան**, Ասֆալտբետոնային ծածկերի վերաօգտագործման տեխնոլոգիայի կիրառության միջազգային փորձի վերլուծություն, ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ III (66) (2017) 32-39:
- [2] **Հ. Հ. Գյուլզադյան, Խ. Ս. Չքոյան**, Ճանապարհային պատվածքների ամբողջ խորությամբ վերաօգտագործելու փորձի վերլուծություն, ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ I (82) (2022) 31-40:
- [3] **D.R. Luhr, W.S. Adaska, G.E. Halsted**, Guide to Full-Depth Reclamation (FDR) with Cement, Portland Cement Association, 2007.
- [4] **Խ.Ս. Չքոյան**, Ճանապարհային պատվածքի ամբողջ խորությամբ վերաօգտագործման տեխնոլոգիայում փրփրաբիտումի և ցեմենտի օգտագործման վերլուծություն, ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ II (92) (2025) 89-96:
- [5] **I. Asi, F.I. Shalabi, J. Naji**, Use of basalt in asphalt concrete mixes, Construction and Building Materials 23(1) (2009) 498-506.
- [6] **N. Morova**, Investigation of usability of basalt fibers in hot mix asphalt concrete, Construction and Building Materials 47 (2013) 175-180.
- [7] **Y. Zheng, Y. Cai, G. Zhang, H. Fang**, Fatigue property of basalt fiber-modified asphalt mixture under complicated environment, Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed. 29(5) (2014) 996-1004.
- [8] **Խ.Ս. Չքոյան**, Բազալտե թելիկների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները և դրանց կիրառությունը ճանապարհաշինարարության մեջ Հայաստանի Հանրապետությունում, ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ II (92) (2025) 97-102:
- [9] **Խ.Ս. Չքոյան**, Լաբորատոր պայմաններում բազալտե թելիկների չափերի օպտիմալ որոշումն ասֆալտբետոնե խառնուրդներում, ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ III (93) (2025) 16-26:
- [10] **Խ.Ս. Չքոյան**, Ասֆալտբետոնե խառնուրդների բարելավում բազալտե թելիկների և ցեմենտի հավելումով, ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ III (93) (2025) 27-35:
- [11] **W. Fedrigo**, Full-depth reclamation of pavements with Portland cement: Setting the basis for a mix design method. MSc thesis, Federal University of Rio Grande do Sul, 2015.

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НА РАСТЯЖЕНИЕ FDR СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН И ЦЕМЕНТА**

Акоп Арутюнович Гюлзадян*, Хачик Симонович Чколян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, Ереван, Армения

**hakob_gyulzadyan@bk.ru*

Представлены результаты лабораторных испытаний для оценки эффекта введения базальтовых волокон и цемента в смесь FDR, получаемую при восстановлении на всю глубину дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями. Было установлено, что с точки зрения улучшения прочности на растяжение при разрыве смеси FDR, значения содержания базальтовых волокон 0,4% и их длины 20 мм являются оптимальными. Были зафиксированы, как показатели улучшения прочности на растяжение при разрыве в результате введения только цемента в смесь FDR по сравнению с исходной смесью, так и показатели аналогичных улучшений комплексного введения цемента

и базальтовых волокон по сравнению с образцами с введением в качестве добавок только цемента. По сравнению с аналогичным воздействием на предел прочности испытательных образцов на сжатие, было зарегистрировано, что как введение в качестве добавок только цемента, так и комплексное введение цемента и базальтовых волокон более эффективно влияют на улучшение характеристик прочности смеси FDR на растяжение, чем на сжатие.

Ключевые слова: асфальтобетон, повторное использование на всю глубину, добавки, базальтовые волокна, цемент, устойчивость к растрескиванию, предел прочности на сжатие, предел прочности на разрыв

IMPROVEMENT OF THE TENSILE STRENGTH OF FDR MIXTURE USING BASALT FIBERS AND CEMENT

Hakob Gyulzadyan^{*}, Khachik Chkolyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA

^{*}hakob_gyulzadyan@bk.ru

This paper presents the results of laboratory investigations conducted to evaluate the effect of incorporating basalt fibers and cement into Full Depth Reclamation (FDR) mixtures obtained during the rehabilitation of asphalt concrete pavements. It was established that, from the standpoint of improving the tensile strength characteristics of the FDR mixture, the optimal parameters are a basalt fiber content of 0.4% and a fiber length of 20 mm. The study recorded an increase in the tensile strength limit of the mixture compared with the initial mixture as a result of introducing cement alone, as well as a further increase in tensile strength compared with specimens stabilized only with cement when cement and basalt fibers were incorporated jointly. In comparison with the corresponding effects on the compressive strength limit of the specimens, it was determined that both the incorporation of cement alone and the combined incorporation of cement and basalt fibers exert a more significant influence on the improvement of the tensile strength characteristics of the FDR mixture than on its compressive strength characteristics.

Keywords: Asphalt concrete, full depth reclamation, additives, basalt fibers, cement, crack resistance, compressive strength limit, indirect tensile strength limit at failure

Գյուլզադյան Հակոբ Հարությունի, տ.գ.թ., դոցենտ (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, «Ճանապարհներ և կամուրջներ» ամբիոն, (+374)94151019, hakob_gyulzadyan@bk.ru, **Չոկոյան Խաչիկ Միսնի, տ.գ.թ.** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, «Շինարարական արտադրության տեխնոլոգիայի և կազմակերպման» ամբիոն, (+374)77028155, xachik.chqolyan@mail.ru

Гюлзаян Акоп Арутюнович, к.т.н. доцент (РА, г. Ереван) – НУАСА, кафедра “Дорог и мостов”, (+374)94151019, hakob_gyulzadyan@bk.ru, **Чокоян Хачик Симонович, к.т.н.** (РА, г. Ереван) – НУАСА, кафедра “Технологии и организации строительного производства”, ассистент, (+374)77028155, xachik.chqolyan@mail.ru

Gyulzadyan Hakob, doctor of philosophy (PhD) in Engineering, Associate Professor (RA, Yerevan) – NUACA, Chair “Highways and Bridges”, (+374)94151019, hakob_gyulzadyan@bk.ru, **Chkolyan Khachik, doctor of philosophy (PhD) in Engineering** (RA, Yerevan) – NUACA, Chair “Technology and Organisation of Construction Production”, (+374)77028155, xachik.chqolyan@mail.ru

Ներկայացվել է՝ 10.04.2026թ.

Գրախոսվել է՝ 29.04.2026.

Ընդունվել է տպագրության՝ 30.04.2026թ.