

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՀՈՎՍԵՓ ԱՇՈՏԻ ՀՈՎԵՅԱՆ

**ՏԵՂԱԿԱՆ ՀՈՒՄՔՈՎ ԶՐԱԿԱՅՈՒՆ ԿՐԱՇԱՂԱԽՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ
ՊԱՏՄԱԿԱՆ ՀՈՇԱՐՁԱՆՆԵՐԻ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ՀԱՄԱՐ**

Ա Տ Ե Ն Ա Խ Ո Ս ՈՒ Թ Յ ՈՒ Ն

**Ե.23.01- «Շինարարական կոնստրուկցիաներ, շենքեր, կառույցներ,
շինարարական նյութեր և շինարարական մեխանիկա»
մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման համար**

Գիտական ղեկավար՝
տեխնիկական գիտությունների դոկտոր,
պրոֆեսոր Գ. Շ. ԳԱԼՍՏՅԱՆ

ԵՐԵՎԱՆ – 2018

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

4

ԳԼՈՒԽ 1	ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏԱԿԱՆ ՀՈՒՇԱՐՁԱՆՆԵՐԻ ՔԱՐԱՇԱՐՎԱԾՔՈՒՄ ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ՀՆԱԳՈՒՅՆ ԿՐԱՇԱՂԱԽՆԵՐԻ ՋՐԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՀԱՐՅԵՐԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾԱԿԱՆ ԱԿՆԱՐԿ	9
ԳԼՈՒԽ 2	ԵԼԱԿԵՏԱՅԻՆ ՆՅՈՒԹԵՐ	25
2.1	Օդային և հիդրավլիկական կրային կապակցանյութերի առանձնահատկությունները	26
2.2	Կապակցանյութերի քիմիական կազմը և հիմնական ֆիզիկա- մեխանիկական բնութագրերը	31
2.3	Բնական և թրծակավի ավազների հատիկաչափական կազմի և հիմնական ֆիզիկա-մեխանիկական բնութագրերի հետազոտում	32
2.4	Քիմիական բարեփոխիչներ	35
2.5	Եզրակացություններ ըստ ԳԼՈՒԽ 2-ի	36
ԳԼՈՒԽ 3	ՀՆԱԳՈՒՅՆ ՀՈՒՇԱՐՁԱՆՆԵՐԻ ՇԱՂԱԽՆԵՐԻ ՋՐԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ	38
3.1	Հնագույն հայկական մայրաքաղաք Արտաշատի խմելու ջրամբարի քարաշարվածքից նմուշառված շաղախների հետազոտում	40
3.2	«Տաթև» վանական համալիրի քարաշարվածքից նմուշառված շաղախների հետազոտում	44
3.3	Շուշիի «Գյովհար-Աղա» իրանական մզկիթի և մեդրեսեյի քարաշարվածքներից նմուշառված շաղախների հետազոտում	51
3.4	Եզրակացություններ ըստ ԳԼՈՒԽ 3-ի	60
ԳԼՈՒԽ 4	ՕԴԱՅԻՆ ՉՀԱՆԳԱԾ ԿՐՈՎ ՄՇԱԿՎԱԾ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ՇԱՂԱԽՆԵՐԻ ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ԵՎ ԴՐԱՆՅ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՈՒ ՀԱՆՔԱԲԱՆԱԿԱՆ ԲԱՂԱԴՐԱԿԱԶՄԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ	63
4.1	Շաղախների բազային բաղադրակազմերը և դրանց ջրակայունության, խտության, ամրության և ջրակլանման հետազոտում	64
4.2	Շաղախների քիմիական և ռենտգենազրային հետազոտում	69

4.3	Եզրակացություններ ըստ ԳԼՈՒԽ 4-ի	71
ԳԼՈՒԽ 5	ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ՇԱՂԱԽՆԵՐԻ ԳՈՐԾԱՌՆԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ	74
5.1	Շաղախների ջերմահաղորդականության հետազոտում	75
5.2	Շաղախների հետ քարի հարակցման ամրության հետազոտում	79
5.3	Շաղախների սառնակայունության հետազոտում	89
5.4	Հուշարձանների վերականգնման համար մշակված քարաշարվածքի լիցքի և կարանախցման ջրակայուն կրաշաղախների արտադրական փորձաքննություն և ներդրում	92
5.5	Եզրակացություններ ըստ ԳԼՈՒԽ 5-ի	95
	ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ	97
	ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ	100
	ՀԱՎԵԼՎԱԾ. ՀՆԱԳՈՒՅՆ ՀՈՒՇԱՐՁԱՆՆԵՐԻ ԼՈՒՍԱՆԿԱՐՆԵՐ	110

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Մշակութային ժառանգության պատմությունը սերտորեն առնչվում է հնագույն հուշարձաններում օգտագործված կապակցանյութերի հետ: Հայաստանի հուշարձանները հանդիսանում են նաև հնագույն տեխնոլոգիաների յուրահատուկ հուշարձաններ: Օդային կրի ստացման տեխնոլոգիան կրաքարի թրծման միջոցով հայտնի էր դեռևս մեր թվարկությունից 2500...3000 տարի առաջ: Հնագույն շաղախները, հատկապես անտիկ շրջանի, ի տարբերություն ժամանակակից շաղախների, առանձնանում են իրենց երկարակեցությամբ: Հնագույն շաղախների բաղադրակազմերի բազմակողմանի ուսումնասիրությունները հնարավորություն են տալիս պարզաբանել օդային կրի հենքով պատրաստված շաղախների երկարակեցության հիմնական պատճառները:

Հայտնի է, որ օդային կրի ֆիզիկա-քիմիական հատկությունները թույլ չեն տալիս աշխատել այդ նյութի հետ մաքուր վիճակում, քանի որ չորանալով օդային պայմաններում, այն ամրանում է դանդաղ, և այդ ընթացքում կծկումների հետևանքով առաջանում են նստվածքային ճաքեր: Բացի դրանից, օդային կրով ստացված բետոններն ու շաղախները ջրակայուն չեն: Այդ թերությունների վերացման նպատակով հնուց օգտագործվել են բուսական և կենդանական ծագում ունեցող մանրաթելից լցանյութեր, տարբեր օրգանական սուսինձներ, բնական մանրահատիկ ու թրծած կավային ջարդոններից ստացված փոշենման մասնիկներ, ինչպես նաև այլ բազմատեսակ հավելանյութեր: Առանձնահատուկ կարևորություն էր տրվում օդային կրով ստացված նյութերի ջրակայունության խնդիրներին: Այդ խնդիրների լուծման ճանապարհին գտնվել են այնպիսի հավելանյութեր, որոնք օդային կրին տվել են հիդրավլիկական կրի հատկություններ:

Հայկական ճարտարապետական հուշարձաններից նմուշառված կրաշաղախների և կրաբետոնների հետազոտությունները թույլ են տալիս պարզաբանել դրանց ջրակայունության պատճառները: Դրանք, հավանաբար, կապված են մի դեպքում թրծած կավի աղացվածքից ստացված հավելանյութի, մեկ այլ դեպքում՝ բնական

կարբոնատային, լիթոիդապեմզային և տուֆային լցանյութերի օգտագործման հետ, որոնք պարունակում են զգալի քանակությամբ փոշենման փոցոլաններ:

Հնագույն հուշարձանների վերականգնման որակը կախված է «նոր» շաղախների ընտրությունից: Տեխնիկական հատկությունների երկարատև պահպանումը կամ գործառնական վերականգնումը որոշակի մակարդակում՝ հնարավոր է երկու դեպքում. առաջին՝ երբ արտաքին ազդեցությունը չի առաջացնում աղետալի քայքայում, և երկրորդ՝ երբ միջավայրի հարաչափերը գործնականում անփոփոխ են մնում: Կրային շաղախների համար ընդունելի է «կառուցվածքա - գործառնական հարմարվողականություն» հասկացությունը, որն իրենից ներկայացնում է քիմիական ռեակցիաների և ֆիզիկա-քիմիական պրոցեսների ամբողջություն, ինչը դրված է շրջակա միջավայրի պայմանների փոփոխության նկատմամբ նրա հարմարվողականության հիմքում և ուղղված է որոշակի սահմաններում ներքին վիճակի էական փոփոխությունների պահպանմանը: Այդ ապահովում է գործառնական հատկությունների բավարար շրջանակ:

«Նոր» շաղախները, համաձայն վերականգնման հիմնական օրենքի, պետք է համատեղելի լինեն քարե կոնստրուկցիաների «հին» նյութերի հետ և, հնարավորության դեպքում, նման՝ տեխնիկական հատկություններով: Ընդ որում՝ դրանք պետք է ունենան ջրակայունություն և սառնակայունություն: Բացի նշվածից, կոնստրուկցիայում քարի և շաղախի համատեղ աշխատանքի կարևոր պայման է հանդիսանում հիմնական ցուցանիշերի այնպիսի համապատասխանությունը, ինչպիսիք են նյութերի ջերմաֆիզիկական հատկությունները և դրանց շաղկապման ամրությունը:

Աշխատանքի արդիականությունը:

Հնագույն հայկական հուշարձանների վերականգնման աշխատանքների ամբողջ համալիրի կարևորագույն խնդիրներից մեկը վերականգնված հուշարձանների երկարակեցությունն է: Հնագույն հուշարձանների քարե կոնստրուկցիաների վերականգնման համար նոր շաղախների ընտրությանը անհրաժեշտ է մոտենալ չափազանց լրջամտորեն և ուշադիր, և այդ պատճառով բավական արդիական են այն հետազոտությունները, որոնք ուղղված են ավանդաբար կիրառվող տեղական

նյութերով որակյալ շաղախների մշակումը, ուսումնասիրությունը և ներդրումը:

Հետազոտությունների նպատակը և խնդիրները

Աշխատանքի նպատակն է ստանալ բարելավված տեխնիկական և գործառնական հատկություններով վերականգնման շաղախներ, օգտագործելով տեղական կապակցանյութեր, գետային, լիթիդապեմզային ու թրծակավային ավազներ և քիմիական բարեփոխիչներ:

Աշխատանքի խնդիրներն են.

- ❖ նագույն հուշարձանների քարաշարվածքի կրաշաղախների օգտագործման փորձառության ուսումնասիրություն, h
- ❖ նագույն կրաշաղախների ելանյութերի նյութաբանական ու չափաքանակային բաղադրակազմերը և դրանց ջրակայունությանը նպաստող հիմնական գործոնների հետազոտություն, h
- ❖ իմնական ելանյութերի՝ կապակցանյութերի, բնական և թրծակավի ավազների քիմիական, հանքաբանական կազմերի և հիմնական ֆիզիկա-մեխանիկական բնութագրերի հետազոտություն, h
- ❖ ենքային բաղադրակազմերի մշակում, h
- ❖ երականգնման շաղախների տեխնիկական հատկությունների (խտության, ամրության, ջրակայունության և ջրակլանման) հետազոտություն, վ
- ❖ երականգնման շաղախների քիմիական և հանքաբանական կազմերի հետազոտում, վ
- ❖ երականգնման շաղախների գործառնական հատկությունների (քարի հետ

հարակցման, սառնակայունության և ջերմահաղորդականության,) ուսումնասիրություն:

Հետազոտությունների մեթոդաբանությունը

Աշխատանքի արդյունքները հիմնված են ծավալուն փորձարարական նյութերի համալիր վերլուծությունների վրա: Հին և նոր շաղախների հատկությունների հետազոտություններն իրականացվել են պետական ստանդարտների պահանջներին համապատասխանող մեթոդներով և չափագիտորեն վավերացված սարքերով: Հետազոտությունների արժանահավատությունը հաստատվել է արտադրական պայմաններում գործնական փորձաքննությամբ:

Գիտական նորույթ

Աշխատանքն ունի հետևյալ գիտական նորույթները

- ❖ վերականգնման միջազգայնորեն ընդունված օրենքների շրջանակներում տեղական բնական և արհեստական ելանյութերի հենքի վրա հուշարձանային կառույցների վերականգնման համար բազմաբաղադրիչ շաղախների ստացման տեխնիկական նոր հնարավորությունների բացահատում,
- ❖ կիրառված կապակցանյութերի, ավազների ու հավելանյութերի տեսակներից կախված, քարե հուշարձանային կառույցների վերականգնման շաղախների ամրության, խտության, ջերմահաղորդականության, ջրակլանման ջրակայունության, սառնակայունության և շարվածքի քարերի հետ հարակցման ամրության և կախվածությանների որոշում:

Ատենախոսական աշխատանքի գործնական նշանակությունը

Տեղական կապակցանյութերի հենքի վրա, բնական և արհեստական ավազներով, քիմիական բարեփոխիչների օգտագործմամբ կրաշաղախների մշակումը և հատկությունների ուսումնասիրությունը, հնարավորություն կտա ստանալ բարելավված տեխնոլոգիական, տեխնիկական և գործառնական հատկություններով վերականգնման շաղախներ վերականգնման շաղախներ, որոնց կիրառությունը կբերի Հայաստանի տարածքի հնագույն հուշարձանային կառույցների քարե կոնստրուկցիաների վերականգնման աշխատանքների արդյունավետության բարձրացմանը և կապահովի դրանց երկարակեցությունը:

Աշխատանքի հրապարակումները

Աշխատանքի հիմնական դրույթները հրապարակվել են յոթ գիտական հոդվածներում [3, 31,32,33,34,71,72]:

Պաշտպանությանը ներկայացվում է

❖ Ելակետային նյութերի հիմնական բնութագրերի ուսումնասիրության արդյունքները:

❖ Հնագույն հայկական մայրաքաղաք Արտաշատի, «Տաթև» վանական համալիրի և Շուշիի "Գյովհար-Աղա" իրանական մզկիթի և մեդրեսեյի քարաշարվածքից նմուշառված լիցքի և սվադի շաղախների հետազոտության արդյունքները:

❖ Դային չհանգած կրով մշակված վերականգնման շաղախների 0

ուսումնասիրություններից ստացված հետևյալ հատկությունների ցուցանիշները.

○ տություն, ամրություն, ջրակայունություն և ջրակլանում, խ

○ իմիական ու հանքաքանական բաղադրակազմեր, ք

○ երմահաղորդականության գործակիցներ, ջ

○ արի հետ հարակցման ամրություն, ք

○ առնակայունության մակնիշ, ս

❖ Դային չհանգած կրով մշակված վերականգնման շաղախների արտադրական 0

փորձահավանության և ներդրման արդյունքները:

❖ Իմնական եզրակացությունները: Հ

Իմնական եզրակացությունները:

Աշխատանքի կառուցվածքը և ծավալը

Ատենախոսական աշխատանքը կազմված է ներածությունից, 5 գլուխներից, 5 հիմնական եզրակացություններից, գրականության ցանկից 103 անվանումով և հավելվածից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը կազմում է 109 էջ, ներառյալ 31 աղյուսակ, 25 նկար: Ատենախոսական աշխատանքը գրված է հայոց լեզվով:

**ԳԼՈՒԽ 1. ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏԱԿԱՆ ՀՈՒՇԱՐՁԱՆՆԵՐԻ ՔԱՐԱՇԱՐՎԱԾՔՈՒՄ
ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ՀՆԱԳՈՒՅՆ ԿՐԱՇԱՂԱԽՆԵՐԻ ԶՐԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ
ՀԱՐՑԵՐԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾԱԿԱՆ ԱԿՆԱՐԿ**

Տարեցտարի ավելի արդիական են դառնում պատմամշակութային հուշարձանների միջազգային իրավական պաշտպանության խնդիրները: Շրջակա միջավայրի ոչ բարվոք վիճակը, բնական աղետները, ռազմական հակամարտությունները, տեխնածին գործոնները միջազգային հանրությանն ու առանձին պետությունների առավել սերտ համագործակցության առաջ են կանգնեցնում՝ հիմնվելով ինչպես երկկողմանի, այնպես էլ բազմակողմանի հարաբերությունների վրա, ինչպես նաև գործող միջազգային կազմակերպությունների շրջանակներում:

Այս գործընթացն ընթանում է պատմամշակութային հուշարձանների պաշտպանության ազգային օրենսդրության զարգացմանն ու կատարելագործմանը զուգահեռ՝ հիմնված նշված ոլորտում միջազգային իրավական հիմնարար ակտերի դրույթների վրա [76, 85]:

Ներկայումս պատմամշակութային հուշարձանների պաշտպանության ոլորտում ձևավորվել և գործում է միջազգային իրավական նորմերի համակարգ, որն իր մեջ ներառում է հետևյալ միջազգային հիմնական կոնվենցիաների դրույթները.

- ❖ 1954թ. մայիսի 14-ի «Ընդհարման դեպքում մշակութային արժեքների պաշտպանության մասին» Հաագայի կոնվենցիայի (ՍՍՀՄ և արտասահմանյան պետությունների միջև գործող պայմանագրերի, համաձայնագրերի և կոնվենցիաների հավաքածու),
- ❖ 1970թ. նոյեմբերի 14-ի «Մշակութային արժեքների ապօրինի ներմուծումը, արտահանումը և դրանց նկատմամբ սեփականության իրավունքի փոխանցումն արգելելու և կանխելու միջոցառումների մասին» փարիզյան կոնվենցիա (ՅՈՒՆԵՍԿՕ),

- ❖ 1972թ. նոյեմբերի 16-ի «Մշակութային և բնության համաշխարհային ժառանգության պաշտպանության մասին» փարիզյան կոնվենցիա (ՅՈՒՆԵՍԿՕ),
- ❖ 1995թ. հունիսի 24-ի UNIDROIT-ի «Գողացված կամ ապօրինի կերպով արտահանված մշակութային արժեքների մասին» Հռոմի կոնվենցիա,
- ❖ 2001թ. նոյեմբերի 2-ի «Ստորջրյա մշակութային ժառանգության պաշտպանության մասին» փարիզյան կոնվենցիա:

Կապակցանյութերի զարգացման ընթացքը սերտորեն կապվում է հասարակության ընդհանուր զարգացման հետ: Պարզագույն օդային կապակցանյութերը, ինչպիսիք են կավը, գիպսը և կիրը, օգտագործվել են դեռևս մեր թվարկությունից առաջ, իսկ մեր թվարկության սկզբից մինչև 17-րդ դարն ընկած միջակայքում գերակշռում էին կրափոցոլանային կապակցանյութերը, այն ժամանակ, երբ բնական հիդրավլիկ կրակապակցանյութերը, առավել ևս այսպես կոչված «հոմեական ցեմենտ»-ը, ունեցել են չափազանց սահմանափակ օգտագործում:

Հնում առավել տարածված և այսօր էլ լայնորեն օգտագործվող թրծվող կապակցանյութի՝ կրի կիրառման ժամանակի և տեղի վերաբերյալ ստույգ տեղեկություններ չկան: Պատերի կառուցման ընթացքում աղյուսների, փոքր քարերի և այլ նյութերի հարակցման, այնուհետև ներկման կամ այլ հարդարանքի համար անհրաժեշտ հարթ մակերևույթ ստանալու նպատակով կապակցանյութերի օգտագործումը կիրառվում էր դեռ վաղնջական ժամանակներում: Հավանաբար, մարդիկ սկսել են կապակցանյութեր կիրառել, այն բանից հետո, երբ սովորեցին աղյուս պատրաստել: Աղյուսի թրծման արվեստին տիրապետումը նախորդել է կրաքարի թրծմանը: Անշուշտ պարզ է, որ պլաստիկ և չորանալու ընթացքում ամրացող խոնավ կավի օգտագործումը ծագել է նախքան կրի կիրառումը՝ որպես կապակցանյութ: Կրի հատկությունների բացահայտման և արտադրության մեթոդների հաստատման համար անհրաժեշտ էին որոշակի դիտարկումներ, գիտելիքներ և փորձ [60]:

Պատմությունը լի է այնպիսի օրինակներով, երբ երկրագնդի տարբեր մասերում միմյանցից անկախ ծագել են կրակապակցանյութերի հետ կապված նույնանման գաղափարներ: Դժվար է պատկերացնել, թե ինչպես կարող էին նույն տեխնիկական

լուծումները գտնվել տարբեր ժամանակ տարբեր տարածաշրջաններում: Այսպես օրինակ, Արտաշատի (II դար մ.թ.ա.), Պանտիկապեյի (II դար մ.թ.), Հերսոնեսոսի (X դար մ.թ.) ջրի խեցեգործական խողովակների կցվանքների կարանախցման կրանյութերը զարմանալիորեն նման են միջնադարյան Սուդակի և հին փյունիկյան Կեստոնի (XII դար մ.թ.ա.) նույնատիպ կրանյութերին: Դրանք բոլորն էլ ամուր են, խիտ ու անջրաթափանց: Կազեինը, որպես միջնադարում բավականաչափ ընդունված հավելանյութ կրաշաղախների ջրակայունության ապահովման համար, օգտագործվել է և՛ Հայաստանում, և՛ Կենտրոնական Ասիայում, և՛ Բրիտանիայում, այն տարբերությամբ միայն, որ մի դեպքում օգտագործվել է ձվի սպիտակուց, մյուսում՝ ուղտի թթվասեր, իսկ երրորդում չեստերական պանիր:

Մի շարք որմնանկարների հիմք հանդիսացող կրաշաղախային սվաղների ուսումնասիրություններից պարզվել է, որ դրանց բաղադրակազմերը պարունակում են տարբեր օրգանական հավելանյութեր՝ կազեինի, բնական խեժի, ձվի սպիտակուցի, արյան, ձավարեղենի թուրմի և բուսական յուղերի օգտագործմամբ: Ըստ սրբապատկերների խոշոր գիտակ, քահանա Պավել Ֆլորենսկո՝ ձվի սպիտակուցի օգտագործումը որմնանկարների ստեղծման համար ունի խոր փիլիսոփայական իմաստ: Ոչ պակաս խոր իմաստ ունի և հին Եգիպտոսի դիմակների կապակցանյութերում ջրի մեջ օգտագործած իրական արյունը [75]:

Ըստ հին փիլիսոփաների ու բնագետների՝ աշխարհի սկիզբը հողը, ջուրը, կրակը և օդն են: Ընդունելով այս տեսակետը, Մարկոս Վիտրովիուսը հունական և հռոմեական ճարտարապետական արվեստի գործնական կանոններին նվիրված իր աշխատությունում փորձել է տեսականորեն ընդհանրացնել կրաքարի թրծման և կրի ստացման գործընթացը: «Նետված լինելով ջեռոց և բռնկված կրակի տաք բոցով կրաքարը կորցնում է նախկին խտությունը, հեռանում է զորությունը, տանելով իր հետ քարի ամրությունը, թողնելով միայն դատարկված անցքեր ու թաքնված էներգիա: Եվ ընկղմված լինելով ջրի մեջ, անցքերը լցվում են ջրով, ներքին ջերմության անհետացմամբ տեղի է ունենում կրի սառեցումը» [23]:

Այն գաղափարը, որ բնական քարանյութը փոխակերպվում է կապակցանյութի, իսկ կապակցանյութը խառնվելով ջրին՝ արհեստական քարանյութի, ունի խոր իմաստ

նույնիսկ ժամանակակից պատկերացումներով: Կրաքարը (CaCO_3) թրծման ընթացքում դեկարբոնիզացվում է կալցիումի օքսիդի (CaO), ջրով հանգցնելուց փոշիանում է՝ հիդրատացված վիճակում օդում չորանալով կարբոնատացվում է, նորից փոխակերպվելով կրաքարի (CaCO_3), «Ամեն ինչ վերադառնում է իր սկզբին»:

Բաբելոնացիները, եգիպտացիները, փյունիկացիները, կարթագենացիները, հույները և հայերը շաղախներով մանր քարերը հարակցել են միմյանց: Բետոնը կիրառվել է եգիպտական լաբիրինթոսի միջանցքներում, ինչպես նաև Նիմի բուրգի միաձույլ թաղում: Արգոսի ուղանցույցը (վիադուկ) Արգոլիդում կառուցվել է մարմարի խճով խառնված կրաշաղախով, իսկ Սպարտայի ջրամբարները՝ շատ խիտ շաղախով և գլաքարով: Բետոնե հիմքեր են հայտնաբերվել Մեքսիկայի հուշարձաններում [60]:

Հին Միջագետքում կիրը համեմատաբար հազվադեպ են օգտագործել: Ժամանակակից Թեփե-Հավրի շրջանում գտնվող տաճարի Հավր XIII համալիրում (մոտավորապես մ.թ.ա. IV հազարամյակի կես, Ասորեստան) հարթ հում աղյուսից կավի շաղախով պատրաստված պատերն արտաքինից պատված էին սպիտակ կրաշաղախով: Սկսած մ.թ.ա. 2300թ. (Աքքադի թագավորություն) Միջագետքում կիրառել են թրծված աղյուս: Այստեղ թրծված աղյուսի հետ միասին, որը սովորաբար տեղադրվում էր բիտումի վրա, գիպսային շաղախի հետ երևան եկան և երբեմն կիրառվում էին շարվածքային կրաշաղախներ: Շումերական հնագույն քաղաքներից մեկում և միացյալ Շումերա-Աքքադական պետության մայրաքաղաքում՝ Ուրայում, գտնվող Մոհեյրի ավերակները վկայում են տաճարներում աղյուսի շարվածքում կրով և մոխրով պատրաստված շաղախների օգտագործման մասին: Նմանատիպ շաղախներ հայտնաբերվել են նաև ջրհորների և այլ հիդրոտեխնիկական կառույցների մնացորդներում: Հնագետները հայտնաբերել են նաև Միջագետքում պատրաստված աղյուսներ՝ շաղկապված խոշորահատիկ կրի շերտերով [92]:

Կավը հնագույն նյութ է, որը բացառիկ կարևոր նշանակություն ունի շատ ժողովուրդների շինարարական տեխնիկայում և մշակույթում: Այն օգտագործում էին հում և թրծված վիճակում՝ կավաշեն կացարաններում և խեցեգործության մեջ՝ պատերի և ծածկերի ծեփման, հատակների և վառարանների, ինչպես նաև, կենցաղային պարագաների և սպասքի պատրաստման համար: Թրծված կավը՝

այսպես կոչված թրձակավի փոշին, ավելացնում էին օդային կրով պատրաստված շաղախների մեջ՝ դրանց ջրակայունություն տալու և ամրության բարձրացման համար:

Կավային թափոնները՝ կախված կոնստրուկտիվ առանձնահատկություններից և աշխատանքի պայմաններից, կիրառում էին մեծ կտորների տեսքով, մանրացված՝ խճի և ավազի հատիկաչափական կազմությանը համապատասխանող տարբեր չափերով, ինչպես նաև աղացած՝ ալյուրի տեսքով: Սովորական քարե շարվածքի ժամանակ, ամրացման պրոցեսների կարգավորման նպատակով, կրաշաղախի մեջ ներմուծում էին թրձակավի կոպտահատիկ խիճ, քանի որ թրձված կավի կտորների կողմից ջրի կլանումը խոչընդոտում է շաղախի չափազանց արագ չորացմանը: Թրձակավի նուրբ աղացվածքն ապահովում էր հիդրավլիկական հավելանյութի և կրաշաղախների ու բետոնների մակերևույթը կոռոզիայից պաշտպանելու գործառույթները: Թրձակավի ալյուրը կրաքարի հետ օգտագործում էին սվաղային, ինչպես նաև, ջրանցքների, գինեգործարանների ճզմիչ հարթակների և ամբարների ծեփման աշխատանքներում [77]:

Մարկոս Վիտրովիոս Պոլիոն (մ.թ.ա. I դար) իր «Տասը գիրք ճարտարապետության մասին» երկում նկարագրում է կղմինդրի ջարդոնի կիրառությունը՝ հունական կառույցների սալահատակների կրաշաղախների մեջ: Սկզբում տեղադրում էին խամքարային շերտը, այնուհետև հանգամանորեն խտացված բետոնը՝ կազմված կրավազային շաղախից և խճից: Վրայից իրականացվում էր նույն բաղադրակազմի կրավազային շաղախի շերտ, սակայն կղմինդրի ջարդոնի հավելումով, իսկ վրան տեղադրում էին վերջնական ծածկաշերտը՝ տաշված քարերից կամ քարե սալերից: Բաց տերասների կառուցման դեպքում ցրտահարություններից և եղյամից պաշտպանելու համար, բետոնը պատրաստում էին կրավազային շաղախով և խճով, ավելացնելով կղմինդրի ջարդոն: Ընդ որում, հատակը սալարկվում էր կղմինդրով կամ սալերով՝ պատրաստված կրավազային կղմինդրային շաղախով, իսկ կարանները ձմռան գալուն պես տոգորում էին ձիթապտղի յուղով: Առանձին դեպքերում, հատակների համար բետոնի և շաղախի շերտերի միջև լրացուցիչ միջադիր էին տեղադրում կղմինդրե սալերով, որոնց կարանները լցոնում էին ձիթապտղի յուղով շաղախված կրով: Մալտան, որն իրենից ներկայացնում էր գինու մեջ հանգցրած

կրային շաղախ՝ թրծակավի փոշու, խոզի ճարպի և խաղողի հատիկների հավելումով, օգտագործվում էր հռոմեացիների կողմից որպես տարբեր մակերևույթների պաշտպանիչ և դեկորատիվ ծածկույթ [23]:

Կավագործության թափոններ հայտնաբերվել են Հայաստանի տարածքում դեռ մեր թվարկությունից առաջ կառուցված հնագույն շինությունների՝ պահպանված քարե կոնստրուկցիաների կրաշաղախներում: Այսպես, հայկական ճարտարապետության հնագույն հուշարձանների նյութերի ուսումնասիրության շրջանակներում, կատարված «Դիդակոնդ. Օշական» (մ.թ.ա VII դար) ամրոցի քարե շարվածքի բաղադրակազմերի և հատկությունների հետազոտությունը ցույց տվեց, որ կրաշաղախների երկարակեցությունը՝ պայմանավորված հիմնականում բարձր ջրակայունությամբ և ամրությամբ, կապված է ավազի տեսքով թրծակավի օգտագործման հետ [5]:

I - II դարերում Հայաստանի մայրաքաղաք Արտաշատի՝ հում աղյուսից պատրաստված կոնստրուկցիաները խոնավությունից պաշտպանելու համար շարվածքային կրաշաղախներում և բետոններում բնական ավազների մի մասը փոխարինվել է թրծակավով, իսկ տաք բաղնիքների հատակները գոլորշիներից պաշտպանվել են թրծված կավի ալյուրով և օդային կրով պատրաստված շաղախով ծեփման միջոցով [94, 96]:

Տաթևի վանքում (IX - XIII դ.դ.) թրծակավի փոշու հաջող կիրառման օրինակ են հանդիսանում Սբ. Պողոս-Պետրոս եկեղեցու մանրազնին տոփանված բազմաշերտ հիմնատակի կրաշաղախները: Ստորին շերտը զբաղեցնում են թրծակավի փոշով պատրաստված, կրաշաղախով թաթախված տարբեր չափերի հարթ՝ հիմնականում կլորավուն քարերը: Երկրորդ շերտը կազմված է նույն, բավականին շարժունակ շաղախից, սակայն առանց ավազի, որը լցվում էր վերևից մինչև միջքարային տարածությունների լիարժեք լցոնումը և մակերևութային բարակ շերտի առաջացումը: Երրորդ շերտը պատրաստված է խարամի և թրծակավի ավազախճային խառնուրդից ու կրից, որը նախապես խոնավացվում էր և տևական ժամանակ հանգամանորեն խառնվում՝ մինչև համասեռ սոսնձանման զանգվածի առաջանալը: Այնուհետև այն մանրամասնորեն խտացվում և հասցվում էր այնպիսի վիճակի, որի դեպքում մակերևույթի վրա լցված ջուրը չէր ներծծվում տոփանված շերտի մեջ: Չորրորդից

մինչև վեցերորդ շերտը ամեն ինչ կրկնվում է նյութերի անփոփոխ բաղադրակազմով, միայն որոշակիորեն փոփոխելով շերտերի հաստությունները: Վերին շերտը բաղկացած է խիտ և ծակոտկեն ավազով պատրաստված կրաշաղախից՝ կավային փոշու տեսքով հավելանյութի ավելացումով, որը մեծացնում է շաղախի ջրակայունությունը և ամրությունը [101]:

Փյունիկայում կրաշաղախն օգտագործել են մանր, անտաշ (բնական խոշոր բեկորների բացակայության դեպքում) քարերից շարվածքի պատրաստման և դրանք արհեստական միաձուլվ զանգվածների մեջ շաղկապելու համար: Ընդ որում, փյունիկացիները կրաշաղախն օգտագործում էին միայն շարվածքի կապակցման համար՝ հաշվի չառնելով նրա դերը բեռնվածքի բաշխման մեջ: Նրանք տաշած քարերը տեղադրում էին չոր վիճակում, մետաղական ամրակներով կապում էին միմյանց, ապա կապար էին լցնում: Այսպիսի պրակտիկա կիրառվում էր մայրցամաքային Փյունիկայում և Միջերկրական ծովի ավազանի կղզիներում ու առափնյա մասերում տեղակայված փյունիկյան գաղութներում, ինչպես նաև, Պաղեստինում, որտեղ խոշոր շինարարությունն իրականացնում էին փյունիկացիները: Միջագետքում՝ հում աղյուսի և բիտումի երկրում, թրծված աղյուսի երևան գալուն պես, առանձին դեպքերում սկսեցին օգտագործել նաև այստեղ դեֆիցիտային համարվող կրաքարը: Նրա համեմատաբար սակավ օգտագործումը շաղախներում և սվաղներում երբեմն ուղեկցվում էր կրաշաղախի մեջ մոխրի՝ թույլ հիդրավլիկական հավելանյութի, ներմուծմամբ [63-35]:

Առավել մեծ և ռացիոնալ կիրառում գտավ կիրը մայրցամաքային Փյունիկայում, նրա միջերկրածովյան գաղութներում և Պաղեստինում, որտեղ աշխատում էին փյունիկյան շինարարները: Փյունիկացիներն օդային կրաշաղախներն օգտագործում էին մանր, անտաշ քարերից շարվածքի և արհեստական միաձուլվ զանգվածներ, մեջ՝ դրանք շաղկապելու (բետոն), ինչպես նաև, կավե ջրատար խողովակների միացման համար: Հիդրոտեխնիկական կառույցների օդային կրաշաղախների ջրակայունությունն ապահովելու նպատակով փյունիկացիները շաղախի մեջ աղյուսի ալյուր էին ավելացնում [94]:

Փյունիկացիները ծանոթ էին պարարտ օդային կրաշաղախին աղյուսե ալյուրի ավելացմանը՝ որպես շաղախի ամրացումն ու ջրում ծառայությունն ապահովող միջոց:

Հին Իսրայելում, օրինակ, այս հնարքը կիրառվել է Երուսաղեմում ջրամբարների (հավանաբար մինչև մ.թ.ա. 10-րդ դար) և Սողոմոն թագավորի օրոք (մ.թ.ա. 10-րդ դար) ջրամբարներից դեպի քաղաքներ տանող ջրագծերի կառուցման ժամանակ: Ջրի տարանների ստորին մասերը և կարաններով միացված քարե ջրատար խողովակները պատված են եղել ջրանթափանց սվաղով՝ պատրաստված կրաշաղախից և թրծված կավի մանր ջարդոնից: Հետագայում, երբ այս տարանները սկսեցին չհամապատասխանել ջրի մեծացող պահանջարկին, Երուսաղեմում կառուցվեցին մեծ ամբարտակներ, որոնցով ձևավորվեցին այսպես կոչված Սողոմոնի լճակները: Սողոմոնի ժամանակաշրջանի շինարարությունը, այդ թվում նաև նրա Երուսաղեմի տաճարի կառուցումը, որը քանդվել էր հռոմեացիների կողմից մ.թ. 70թ., իրականացնում էին փյունիկացիները [18]:

Փոքր Ասիայում կրի հետագա օգտագործման մասին մեզ հասած տեղեկությունները վերաբերում են արխայիկ (մ.թ.ա. VII – VI դարեր) և հելլենիստական դարաշրջաններին (մ.թ.ա. 321թ. - մ.թ.ա. 31թ.): Թիրա կղզում (իտալական Սանտորինի՝ համանուն հրաբխով, գտնվում է հունական Կիկլադյան կղզիների արշիպելագում) հայտնաբերվել են մոտավորապես մ.թ.ա. 700թ. ջրի պահման համար կառուցված բաց քարե տարաններ (ցիստեռններ): Համաձայն նյութերի փորձարկման գերմանական կայանի՝ դրանց շաղախը կազմված է 43 % կարբոնացված կրից, 10 % տեղական փոցոլանային հավելանյութից՝ սանտորինյան հողից և 47 % ծովային ավազից: Ելակետային կիրը, ինչպես և ամրացման սկզբում առաջացող կալցիումի հիդրոսիլիկատները (կրի մի մասի և հիդրավլիկ հավելանյութի ակտիվ սիլիկահողի փոխազդեցության արդյունք) ամբողջությամբ կարբոնացված են:

Ծովային ավազի հետ քիչ քանակությամբ (մոտավորապես հինգ անգամ պակաս, քան ավազը) փոցոլանի օգտագործումը, որն իր հատիկաչափական կազմով լիարժեքորեն կարող էր շարվածքային շաղախների համար ծառայել որպես տեղական ավազ, վկայում է այն մասին, որ նրան վերապահված է եղել հատուկ հիդրավլիկական հավելանյութի, այլ ոչ թե չեզոք լցանյութի գործառույթ:

Անընդհատ ջրի մեջ գտնվող շինությունում տեղին չէր շաղախի կրաքարա-փոցոլանային կապակցանյութի գերակշռությունը, ինչը ամբողջովին արդարացված է

ջրամբարների համար օգտագործած կրանյութերում, քանի որ դրանք ծառայել են փոփոխական խոնավացման և չորացման պայմաններում [60]: Կիրը, որը հույներին՝ որպես սվադային, երեսապատման, իսկ հետագայում նաև հիդրոտեխնիկական աշխատանքների համար կապակցանյութ հայտնի էր դեռ Մեկենյան ժամանակաշրջանից, առավելագույնս պահպանել է իր այս առանձնահատուկ նշանակությունն ընդհուպ մինչև հռոմեական ժամանակաշրջանը, երբ այն ստացավ մասսայական կիրառություն շաղախների մեջ թրծված աղյուսները կամ քարերը միմյանց հարակցելու համար:

Թիրա կղզու հռոմեական կառույցներում, սանտորինյան հողն օգտագործվել է որպես սովորական շինարարական ավազ, որի հետ հիդրավլիկական շաղախների պատրաստման ժամանակ ավելացվում էր արհեստական հիդրավլիկական հավելանյութ՝ աղյուսի փոշի: Սակայն հետագայում, ընդհուպ մինչև մեր օրերը, սանտորինյան հողը տարբեր երկրներում համարվում է ամենաճանաչված բնական հիդրավլիկական հավելանյութը [60]:

Արխայիկ և հելլենիստական ժամանակաշրջաններում Էգեյան ծովի ավազանի կղզիներում և Փոքր Ասիայում ապրող ժողովուրդների համար շենքերի ու հիդրավլիկական կառույցների շինարարության ժամանակ բնորոշ էր պարարտ օդային կրաշաղախների համակարգված և ռացիոնալ օգտագործումը: Շաղախներում, սվաղներում և պալատների ու մեծ առանձնատների որմնանկարների նախաշերտերում այն օգտագործում էին կարբոնատային, երբեմն ցեմենտաքարային լցանյութերով: Նավահանգստային շինությունների, տարաների և ջրատարների պաշտպանիչ քսուքների պատրաստման համար կիրառում էին հիդրավլիկական հավելանյութեր՝ սանտորինյան հող և մոխիր [94-96]:

Աղյուսային (կղմինդրե) հավելանյութը գտել է իր կիառությունը տարբեր նշանակության երկու տեսակի կրաքարաթրծակավային փոշուց պատրաստված խառնուրդներում, որոնք կիրառվել են շինությունների վերգետնյա հատվածներում: Պատերի բարակաշերտ սվաղների դեպքում կրի մեջ ներմուծում էին մեծ քանակությամբ աղյուսի մանր և շատ մանր փոշի այնպես, որ թվում էր թե հարդարվող մակերևույթը պատրաստված է փխրուն աղյուսից: Թրծակավի մանր աղացվածքն

ապահովել է արհեստական հիդրավլիկական հավելանյութի գործառույթը, որն արագացրել է անդացումը և լցովի ու սվաղային շաղախների ամրության աճը:

Խոնավ պայմաններում սվաղային աշխատանքները նկարագրելիս՝ Մարկոս Վիտորովիուսը, դիտարկում է կրաշաղախում ավազի փոխարինումը կղմինդրի ջարդոնով՝ որպես խոնավությունից սվաղի և երեսապատման պաշտպանիչ միջոց: Բացի դրանից, նա առաջարկում է տաք բաղնիքների փայտե կամարածն ծածկերը գոլորշիներից պաշտպանել կրից ու թրծված կավից և հետագա սվաղից կազմված քսվածքով [23]:

Հատակներում և սվաղներում կղմինդրի ջարդոնի լայնորեն տարածված կիրառությունից բացի սովորական քարե շարվածքների, հաճախ նաև, միաձույլ պատերի կառուցման ժամանակ կրաշաղախի (բետոն) մեջ ներմուծում էին խիստ կոպտահատիկ խիճ աղյուսից: Այդ պատճառով պահպանված հռոմեական շենքերի շարվածքային շաղախների սպիտակ կամ մոխրագույն զանգվածը հաճախ պարունակում է մասամբ խիտ տեղադրված աղյուսի կտորներ: Կոպտահատիկ աղյուսե հավելանյութը չէր կարող լինել հիդրավլիկական, բայց այն շաղախին տալիս էր կոշտություն, որը տեղին էր հաստ կարաններով շարվածքի համար: Բացի դրանից աղյուսի կտորների կողմից ջրի կլանումը խոչընդոտում էր շաղախի չափազանց արագ չորացմանը և նպաստում էր կրի ամրացմանը օդի ածխաթթու գազի ազդեցության տակ կարբոնատացման հաշվին:

Հռոմեացիները աղյուսի այլուրը կրի հետ կիրառում էին ջրանցքների, գինեգործարանների մամլիչ հարթակների և ռեզերվուարների, ձկներն աղը դնելու տարաների ծածկերում և սվաղներում՝ մաշվածությունից ու կոռոզիայից շաղախի և բետոնի մակերևութային պաշտպանության նպատակով:

Երբեմն կարանների և արտաքին ծածկույթների ջրանթափանցությանը հասնում էին կրաշաղախը ձիթապտղի յուղով տոգորելու, ինչպես նաև կիրը նախապես ձիթապտղի յուղով կամ այլ օրգանական նյութերով շաղախելու միջոցով: Կավե խողովակների կարանները հերմետիկացվում էին քսվածքով, որը պատրաստվում էր թարմ հանգած կրից՝ խառնված ձիթապտղի յուղով:

Յուղած մակերևույթների համար օգտագործվել է «մալտան», որը պնդանալով թանձրանում է և դառնում քարից ամուր: Այն կազմված էր գինու մեջ հանգցրած, կրից՝ ավելացրած մանրացված խոզի ճարպ ու խաղողի հատիկներ: Մալտան քսում էին մակերևույթի վրա երկու անգամ 9 – 12 մմ հաստությամբ: Այն հեշտությամբ էր հղկվում և տարբեր գունավորում կարող էր ընդունել: Նմանատիպ բաղադրակազմերի ամրացումը բացատրվում է անլուծելի կրային օճառի և սպիտակուցային ծեփանի առաջացմամբ [60]:

Մեր թվարկության առաջին դարից սկսած կրաշաղախը լայնորեն օգտագործում էին Հռոմում թրծված աղյուսով մինչև չորս-հինգ հարկանի զանգվածային բնակելի կառույցների շինարարությունում: Հաճախ աղյուսը կիրառում էին սրբատաշ քարերի հետ համատեղ, իսկ երբեմն էլ դրանով պատրաստում էին խամքարե պատեր: Կրաշաղախը մեծ ճանաչում ձեռք բերեց սրբատաշ քարով և բետոնով իրականացվող հատկապես հուշարձանային, հիդրոտեխնիկական, ճանապարհային և ամրոցային շինարարությունում:

Մոնումենտալ հասարակական շենքերում բետոնը զանգվածային և կատարելագործված կիրառություն ստացավ Հռոմեական կայսրությունում, որը ձեռք էր բերել համաշխարհային նշանակություն և իր տրամադրության տակ ուներ աճող պահանջարկը բավարարելու համար անհրաժեշտ բոլոր ռեսուրսները: Գերազանց նյութերը, բետոնե կոնստրուկցիաների և աշխատանքների պարզությունը, չորակավորված ստրուկների, ռազմագերիների, զինվորների և աշխատանքային պատիժ կրող բնակչության կողմից դրանց կատարման հասանելի լինելը, ինչպես նաև կոնստրուկցիաների բացառիկ զանգվածայնությունը թույլ էին տալիս արագ և արդյունավետորեն կառուցել մեծ թռիչքներով ամուր և երկարակյաց շինություններ: Փոցոլանի ավելացումը ուժեղացնում էր բետոնի ամրությունը, տալիս էր ջրանթափանցություն ու ջրակայունություն: Սկսած մ.թ.ա. 2-րդ դարից բետոնը դառնում է համապիտանի նյութ ոչ միայն հիմքեր և պատեր կառուցելու համար, այլ և բազմատեսակ կամարներ՝ առանձին կամ աղյուսի, խամքարի և սրբատաշ քարի հետ համակցված [75]:

Հոռմեական բետոնը հիմնականում իրենից ներկայացնում է միաձուլված քարե շարվածք խճից (տուֆի, լավայի և կրաքարի կտորներ, աղյուսի և կղմինդրի արտադրության թափոններ) և կրային (կրավազային-փոցոլանային կամ խառը) շաղախից: Ի տարբերություն ներկայիս պրակտիկայի՝ բետոնի բաղադրամասերը խառնում էին ոչ թե նախօրոք, այլ կոնստրուկցիայի մեջ դրանց տեղադրման ընթացքում: Բետոնե պատերի կառուցման ընթացքում խճի շերտերը հաջորդաբար տեղադրվում էին կաղապարի մեջ կամ սրբատաշ քարից կամ թրծված աղյուսից երեսապատման պատերի միջև, ապա լցվում պլաստիկ շաղախով:

Իտալիայում և նվաճված երկրներում հոռմեացիները բետոնը լայնորեն կիրառում էին ռազմավարական նշանակության մեծ ճանապարհների կառուցման համար: Մեր թվարկության I-II դարերի սահմանագծում այդպիսի ճանապարհների ցանցի ընդհանուր երկարությունը (հոռմեական ֆորումից սկսած) հասնում էր մինչև 10 հազար մղոնի (մոտավորապես 15 հազար կմ): Շատ ծանր բեռնվածքի և հնարավորինս առանց նորոգման շահագործման համար նախատեսված ճանապարհները բաղկացած էին հզոր՝ մինչև 1.5մ հաստության, հիմնատակից և վերին ծածկույթից: Միաձուլված հիմնատակը կազմված էր տափակ քարերի ստորին շերտից և վերին շերտից՝ կրաշաղախի մեջ տեղադրված տարբեր չափերի խճից: Վերին շերտը հաճախ իրենից ներկայացնում էր մեծ, հարթ, համապատասխանեցված տափակ քարերից, երբեմն սալերից պատրաստված: Այս կերպ կառուցվեցին հոռմեական ճանապարհները, այդ թվում, հանրահայտ Ապպիի ճանապարհը [60]:

Եթե հոռմեացիների մոտ քաղաքային և ճանապարհային շինարարությունում գերակշռում էր բետոնը, ապա հզոր ինժեներական կառույցներում՝ կամուրջներում և ակվեդուկներում հիմնական շինանյութ էր հանդիսանում ամուր շաղախի մեջ տեղադրվող տաշած քարը, իսկ բետոնը ենթակա դեր էր կատարում:

Հոռմեական կարևորագույն հուշարձանները՝ կառուցված մ.թ.ա I դարից մինչև մ.թ. III դարը, գտնվում են ոչ միայն Իտալիայում, այլև այն երկրներում, որոնք եղել են Հռոմի տիրապետության տակ: Բազմաթիվ դարերի ընթացքում, ընդհուպ մինչև նոր ժամանակները, այս կանոնները օրինակ էին հանդիսանում հետագա ժողովուրդների համար: Այս կանոնների արդյունավետությունը լավագույնս ստուգվում է պահպանված

հուշարձանների ուսումնասիրության և օգտագործված նյութերի փորձարարական հետազոտությունների միջոցով՝ հաշվի առնելով դրանց ծառայության պայմանները:

V դարի վերջի և VI դարի սկզբի հայկական շինարարություն տեխնիկապես առանձնանում էր բարձր որակով, քանի որ այս ժամանակներից են մեզ հասել համեմատաբար լավ պահպանված հուշարձանային կառույցները:

Հայկական ճարտարապետությունը շատ գծերով տարբերվում է ինչպես Փոքր Ասիայի արևմտյան, այնպես էլ հյուսիսային և հյուսիսարևելյան Սիրիայի ու հյուսիսարևելյան Միջագետքի տարածքներից: Հայկական տարածքներում ուշ անտիկ ժամանակաշրջանի շինարարական տեխնիկայի հիման վրա սկսվեց ձևավորվել քարաշարվածքի նոր տեսակ, համատեղելով կրաբետոնե և քարե կոնստրուկցիաների առավելությունները և թույլ տալով միջոցների ու աշխատաժամանակի զգալի խնայողություն: IV-VI դարերի հայկական «միդիս» տեխնիկան հետագա դարերում դարձավ Անդրկովկասում հիմնականը [5, 73]:

Միջնադարյան Հայաստանի շինարարական տեխնիկան մեկուսացված էր հռոմեական ավանդույթից, «միդիս» քարաշարվածքը դիտվում էր բացառապես յուրահատուկ՝ կտրուկ տարբերվելով «բյուզանդականից»: Այդ քարաշարվածքը կարծես մոտ էր սիրիականին, և քարե շինարարության առկայությունն այս երկու երկրներում վկայում էր դրանց ընդհանրության մասին: Այնուամենայնիվ, քարաշարվածքի երկու մոտեցումներում առկա է սկզբունքային տարբերություն. Հայաստանում պատի միջին մասում կրավազային լցոնման և Սիրիայում դեպի ավելի վաղ Հելլենիստական ավանդույթը ձգվող չոր շարվածքի միջև: Տարբերությունն արտահայտվում է շինությունների կոնստրուկտիվ առանձնահատկություններում: Առաջինը՝ ունենալով ողջ կառույցի համար ամբողջական կրաբետոնե միջնաշերտ, լայն հնարավորություններ է ընձեռում կամարներով բարդ տարածական կառուցվածքների կառուցման համար, որոնք բնորոշ են վաղ միջնադարյան Հայաստանի համար: Այս քարաշարվածքի հետ միասին կիրառվում էր նաև խառը շարվածք՝ համատեղելով սրբատաշի տարրերն ավելի մանր կոպտատաշ քարից պատերի հատվածների հետ [65]:

Ներկայիս և պատմական Հայաստանի տարածքները հարուստ են ճարտարապետական հուշարձաններով, որոնցից շատերը համաշխարհային մշակութային ժառանգության արժեքներ են: Դրանք քարե կառույցներ են, որոնցում կիրառվել են տուֆային կրաքարային, բազալտային ապարների բազմաթիվ տարատեսակներ և, հիմնականում՝ կրաշաղախներ, տարբեր՝ խիտ ու ծակոտկեն, բնական ավազներով: Համաձայն կիրառված նյութերի բազմազանության, տեխնոլոգիայի և կոնստրուկտիվ լուծումների, այս հնագույն կառույցներն ունեն առանձնահատկությունների ամբողջական շարք և հատուկ մոտեցում են պահանջում իրենց վերականգնման համար [6, 63-64, 96]:

Ճարտարապետների և հնագետների համագործակցությունը 20-րդ դարում հանգեցրել է հնագույն հուշարձանների վերականգնման վերլուծական մեթոդի մշակմանը, որը հանդիսանում է այն հիմքը, ինչի հիման վրա մշակվել են ճարտարապետական հուշարձանների վերականգնման ժամանակակից տեսական սկզբունքները՝ գործնականում պայմանավորելով մեծ նվաճումներ այս ոլորտում: Այս ժամանակահատվածից վերականգնողական մեթոդների զարգացման պատմության մեջ սկսվում է նոր փուլ՝ իսկապես գիտական վերականգնման փուլ:

Ճարտարապետական հուշարձանների ժամանակակից վերականգնման զարգացման մեջ՝ լիովին կախված լինելով վերլուծական կամ հնագիտական մեթոդից, այս փուլն անվանվեց հնագիտական: Միաժամանակ ձևավորվեց նաև «մահացած» (ավերված) ճարտարապետական հուշարձանների վերականգնման, այսպես կոչված, «անաստիլոգի մեթոդ»: Ըստ էության «անաստիլոգի մեթոդը» նույնպես հանդիսանում է հնագիտական կամ վերլուծական վերականգնողական մեթոդ և հիմնվում է նույն սկզբունքների վրա: Սակայն վերլուծական մեթոդը կիրառվում է այն հուշարձանների համար, որոնք շահագործվում են ըստ իրենց սկզբնական նշանակության: Վերլուծական մեթոդի դեպքում աշխատանքները հիմնականում վերանորոգման-վերականգնողական են, իսկ անաստիլոգի դեպքում՝ աշխատանքները պահպանողական են, այսինքն՝ շենքի կամ շինության տարրերի ամրացում իրենց պահպանված վիճակում՝ առանց տեսքի և տեղադրման որևէ փոփոխության:

Վերականգնման վերլուծական մեթոդը հիմնված է հինգ հիմնական դրույթների վրա [18, 75]:

Ճարտարապետական հուշարձանը դիտարկում են ոչ թե որպես ճարտարապետական ստեղծագործություն կամ հուշահամալիր, այլ որպես գիտական փաստաթուղթ, որպես պատմական աղբյուր:

Վերականգնման հիմնական նպատակը հուշարձանի ուսումնասիրությունն է, դրա «կարդալը»՝ որպես պատմական աղբյուր, և միաժամանակյա վերանորոգման-պահպանողական աշխատանքների կատարումը: Վերականգնման հիմքում ընկած է հնարավոր նվազագույն ծավալի աշխատանքների կատարումը:

Վերականգնման ընթացքում նոր ներառվող կոնստրուկտիվ տարրերն ու դեկորատիվ դետալներն ընդգծվում են, որպեսզի դրանցից պարզորոշ առանձնացվեն հնագույն հավաստի մասերը: Կառույցի կցակառույցները կամ շինությունները օգտագործման նպատակով իրականացվում են վերականգնման ժամանակաշրջանի ոճով:

Լավագույն վերականգնումը թույլ չի տալիս ակտիվ միջամտություն: Այս գործընթացը ենթադրում է վերանորոգման և պահպանողական հնարավոր նվազագույն ծավալով աշխատանքների անշտապ կատարում [14]:

Ճարտարապետական հուշարձանների երկարակեցությունը մեծմասամբ կախված է կիրառված նյութերից: Հինավուրց վանական շինությունների ուսումնասիրության ընդգրկումն փորձը ցույց է տալիս, որ քարաշարվածքների շաղախային բաղադրիչն օգտագործված նյութերից ամենաթույլն է: Հնագույն կառույցներում տարբեր կոնստրուկտիվ տարրերում՝ հաշվի առնելով դրանց ծառայության պայմանները, կիրառվել են շաղախներ, պատրաստված տարբեր բաղադրատոմսերով և նյութերով [64]:

Հայկական հնագույն հուշարձանների շինարարական նյութերի հետազոտությանը նվիրված աշխատանքներում զգալի տեղ են գրավում կրաշաղախների բազմակողմանի ուսումնասիրությունները: Այսպես, Պողոս – Պետրոս եկեղեցի - (V – VI դար); Երերույքի բազիլիկա (Անի) - (V դար), Կարնուֆի եկեղեցի - (IV – V դար), Ավանի մայր տաճար - (VI – VII դար), Կաթողիկե եկեղեցի (Երևան) - (XIII դար), Դվինի մայր տաճար - (VII

դար), Պտղնիի տաճար - (VI դար), Թալինի մեծ տաճար - (VII դար) հուշարձանների քարե շարվածքներից նմուշառված շաղախների հետազոտությունները ցույց են տվել, որ, ունենալով 1.1...1.7 գ/սմ³ միջին խտություն, դրանցում որպես կապակցանյութ օգտագործված է բացառապես օդային կիր, իսկ որպես լցանյութ՝ պեմզա, հրաբխային խարամը, տուֆը, կարբոնատային ապարները, կվարցային ավազը և այլն: Շաղախների կազմության մեջ պարունակվում են մեծ քանակով կարբոնատներ և ավելի փոքր չափով սիլիկահողի հիդրատներ, տարբեր հիդրոսիլիկատային միացություններ, ինչպես նաև գիպսային և ածխային մասնիկներ: Հետազոտված շաղախների երկարակեցությունը բացատրվում է նրանց կազմության մեջ բարձր հիդրավիլի ակտիվության հրաբխային նյութերի ներկայությամբ [10, 73]:

Համաձայն ժամանակակից պահանջների, հուշարձանների վիճակի հետազոտության ժամանակ անհրաժեշտ է պահպանել նաև դրանցում գոյություն ունեցող շաղախների հիմնական որակական ցուցանիշները: Վերականգնման նոր շաղախների լավագույն ընտրության համար առանձնապես կարևոր է, որ դրանք ողջամիտ համատեղության մեջ լինեն կիրառվող այլ նոր նյութերի հետ և համապատասխանեն «հին» շաղախներին [69, 77, 93]:

Ներկայումս հուշարձանների վերականգնման ժամանակ կրաշաղախի բաղադրակազմի և պատրաստման ու կիրառման տեխնոլոգիայի նկատմամբ ոչ ճիշտ վերաբերմունքն արդեն 10-20 տարի հետո կարող է հանգեցնել նյութի քայքայմանը [102]:

Կրաշաղախների շահագործման հատկությունների բարելավման միջոցներից մեկը տարբեր հավելանյութերի օգտագործումն է՝ այդ թվում հանքային լցանյութերի և քիմիական հավելանյութերի: Օդային կրով բազմաբաղադրիչ մոդիֆիկացված շաղախների բաղադրակազմերը փոփոխվում են կախված պահանջներից՝ թելադրված արտաքին պայմաններով, ինչպես նաև, ներառված նյութերի բնույթով և որակով [35, 58, 59, 66]:

ԳԼՈՒԽ 2. ԵԼԱԿԵՏԱՅԻՆ ՆՅՈՒԹԵՐ

Հնագույն հուշարձանի վերականգնման ընթացքում տարատեսակ ամրակայման և պաշտպանական միջոցառումների իրականացման նպատակով թույլատրվում է օգտագործել ամենաժամանակակից նյութեր և միջոցներ: Դրա հետ մեկտեղ, «ժամանակի պատինան» պահպանելու համար, ճարտարապետական ժառանգության հետ աշխատելիս առաջնահերթությունը տրվում է ավանդական նյութերին և տեխնոլոգիաներին:

Վերականգնման ժամանակակից գիտական մեթոդաբանության համաձայն մշակված կանոնների շրջանակներում «նոր» նյութերը պետք է համատեղելի լինեն «հինների» հետ: Որպես գլխավոր ուղղորդիչներ պետք է ծառայեն հնագույն կառույցի նյութերի հիմնական բնութագրերի հետազոտության արդյունքները [25, 93]:

Իրականացված հետազոտություններում օգտագործվել է հայկական շինարարական մշակույթում հնուց կիրառվող ավանդական տեխնոլոգիական հնարքը. հիմնական բաղադրամասի փոփոխություն (կիր կամ ավազ) այլ նյութով՝ տվյալ կոնկրետ կիրառության համար պահանջվող վերջնական որակի ստացման նպատակով:

Սույն աշխատանքում օգտագործվել են հետևյալ ելակետային կապակցանյութերը. օդային չհանգած կիր և պորտլանդցեմենտ (Արարատի գործարան): Հիդրավլիկական կրի հենքով «Antique MC» պատրաստի չոր շինարարական խառնուրդը («Mapei» Իտալիա) դիտարկվել է համեմատական վերլուծության նպատակով:

Որպես լցանյութ օգտագործվել են բնական ավազներ՝ գետային ավազ (Արաքսավանի հանք), լիթոիդապեմզային ավազ (Ջրաբերի հանք) և կավագործական արտադրության աղացած թափոններից ստացված ավազ: Որպես քիմիական բարեփոխիչներ աշխատանքում օգտագործվել են «Mapefluid N200» գերալլաստիկարար հավելանյութեր և սինթետիկ կաուչուկի լատեքս «Planicrete»:

Կապակցանյութերի և ավազների քիմիական կազմի հետազոտությունը կատարվել է ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանության ինստիտուտի քիմիական լաբորատորիայում:

Կապակցանյութերի և լցանյութերի հիմնական ֆիզիկա-մեխանիկական ցուցանիշները հետազոտվել են «Հորիզոն 95» շինարարական ընկերության փորձարարական լաբորատորիայում:

2.1 Օդային և հիդրավիկական կրային կապակցանյութերի առանձնահատկությունները

Շինարարական օդային կիրը հանդիսանում է (կալցիումի օքսիդը CaO) կրաքարի (կալցիումի կարբոնատ CaCO_3) թրծման և այդ ընթացքում՝ $1000-1200^\circ \text{C}$ ջերմաստիճանում հետևյալ ռեակցիայով տեղի ունեցող դիսոցման արդյունք. $\text{CaCO}_3 = \text{CO} + \text{CO}_2 \uparrow - 42.5$ կկալ: Տեսականորեն կալցիումի կարբոնատը պարունակում է 56% կալցիումի օքսիդ և 44% ածխաթթու գազ: Թրծման արդյունքն օգտագործում են շինարարությունում կամ անմիջականորեն՝ կոշտ կտորներով չհանգած կրի կամ հանգած (հիդրատացված) կրի ձևով, որն առաջանում է չհանգած կրի ջրով մշակման արդյունքում և ունի նուրբ փոշու (կրափոշի) տեսք: Տեղի է ունենում հետևյալ ռեակցիան. $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + 15.6$ կկալ: Այնուհետև չհանգած մասնիկները մաղվում են: Օգտագործելուց առաջ կարելի է չհանգած կիրը մանրացնել, աղալ: Այս դեպքում ավալեցուկային ջրով այն հանգցնելուց առաջանում է պլաստիկ թանձրության կրային խմոր՝ կազմված կալցիումի հիդրօքսիդից՝ Ca(OH)_2 և մեխանիկորեն խառնված ջրից [68]:

Կախված ելակետային կրաքարի մեջ կավային խառնուկների պարունակությունից, տարբերում են օդային կրի երկու տեսակ՝ պարարտ կիր, որը հեշտությամբ հանգչում է և առաջացնում պլաստիկ, շոշափելիս՝ ճարպանման խմորի տպավորություն թողնող (3%-ից ոչ ավելի խառնուկներ) և վտիտ կիր, որն ավելի դանդաղ է հանգչում՝ առաջացնելով նվազ պլաստիկ, խորդուբորդ խմոր՝ մանր, ռեակցիայի ընթացքում չտրոհված հատիկներով (3-6% խառնուկներ): 6% - ից ավելի կավային խառնուկների առկայության դեպքում կավակրաքարային ապարը թրծվում է ավելի ցածր ջերմաստիճանում, իսկ թրծման արդյունքն ունենում է հիդրավիկ հատկություններ: Շաղախվելով օդում, շարունակում է ամրանալ նաև ջրում, ավելի ամուր է և կոչվում է հիդրավիկական կիր: Կախված խառնուկների քանակից տարբերում են թույլ և ուժեղ հիդրավիկական կրեր:

Ինչպես հայտնի է, օդային չհանգած կիրը հանդիսանում է մինչև 6% կավային խառնուկների պարունակությամբ կարբոնատային ապարների հալման ջերմաստիճանից ցածր պայմաններում թրծման և բեկորային կրաքարի հետագա աղացվածքի արդյունք։ Օդային կրաքարից կապակցանյութերի պնդացումը տեղի է ունենում ջրի գոլորշիացման և կալցիումի հիդրօքսիդի բյուրեղացման արդյունքում։ Խոնավության կորստի դեպքում $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – ի մանրագույն մասնիկները մոտենում և սերտաճում են միմյանց՝ ձևավորելով կրաքարային կմախք։ Ջրի գոլորշիացմանը զուգահեռ բյուրեղները շատանում են և աստիճանաբար վերածվում բյուրեղային սերտաճվածքի։ Ընդ որում, այդ ընթացքում կատարվում է $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – ի կարբոնացում։ Սա բերում է կառուցվածքների խտացման, ամրացման, ինչպես նաև ջրակայունության մեծացման, քանի որ CaCO_3 – ի լուծելիությունը 40 անգամ փոքր է քան $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – ինը։

Հիդրավիկական կիրը հանդիսանում է 6-ից 20 % կավային խառնուկներ պարունակող կարբոնատային և մերգելային ապարների թերթրծման արդյունք։ Հիդրավիկական կրի ստացման ընթացքը բաղկացած է հումքի արդյունահանումից, հորանային վառարաններում 900-1100°C ջերմաստիճանում դրա թրծումից և աղալուց, կամ ստացված կրի մարումից (հիդրավիկ կիրը մարվում է միայն կրափոշու)։ Մերգելային կրաքարերի թրծման դեպքում ածխաթթու կալցիումի քայքայումից հետո առաջացած CaO -ի մի մասը միանում է կավային նյութերի կազմի մեջ մտնող SiO_2 , Al_2O_3 և Fe_2O_3 օգսիդների հետ. $2\text{CaO} + \text{SiO}_2 = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$; $2\text{CaO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$; $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ։ Ձևավորված կալցիումի սիլիկատները, ֆերիտները և ալյումինատները պայմանավորում են հիդրավիկ կրի պնդացման ունակությունը ոչ միայն օդում, այլև ջրում [9]։

Հումքի թրծման ժամանակ կավ պարունակող բաղադրիչները (սիլիկահող, կավահող և երկաթի օքսիդ) կարող են կրի հետ առաջացնել հեշտ հալվող միացություններ՝ իջեցնելով կրի հալման կետը և հանգեցնելով գերայրված, վատ հանգչող մասնիկների առաջացմանը։ Ամրացող կրախմորի չորացման ժամանակ մեծ քանակությամբ նստվածքի և ճաքերի առաջացման պատճառով, կիրը հիմնականում կիրառում են ավազի հետ խառնուրդում (կամ այլ վտիտացնող լցանյութերով) օդային

կամ հիդրավլիկ պլաստիկ շինարարական շաղախների ձևով՝ կախված ելակետային կրից:

Մեկ մասնաբաժին կրախմորի համար երկուսից չորս ծավալային մասնաբաժին ավազի կիրառումը շինարարության համար նաև էժանացնող գործոն է հանդիսանում: Կրաշաղախների ելակետային կառուցվածքային կամ նյութական բաղադրակազմը խիստ տատանվում է՝ կախված ելակետային նյութերի հատկություններից՝ շաղախների ծառայության պայմաններից և շինարարական տեխնիկայի զարգացածությունից: Հայտնի են, օրինակ, շաղախներ՝ շատ պարարտ (1: 0, 1...1: 1, 5), պարարտ (1: 2...1: 4) և վտիտ (1: 5...1: 7) [60]:

Բացահայտված է, որ օդային կրաշաղախների ամրացումը հիմնված է երկու պրոցեսների վրա: Ավելցուկային՝ շաղախման ընթացքում մեխանիկորեն խառնված ջրի գոլորշիացման և հազեցած շաղախից կալցիումի հիդրատի աստիճանաբար բյուրեղացման:

Ածխաթթու գազի ազդեցության տակ կալցիումի հիդրատի կարբոնատացման. $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ և կալցիումի կարբոնատի բյուրեղացման: Պրոցեսներն ընթանում են չափազանց դանդաղ, և նույնիսկ շատ հին կառույցներում հարյուրավոր տարիների ընթացքում ամրացող շաղախները կալցիումի կարբոնատի հետ պարունակում են նաև կալցիումի չկարբոնացված հիդրատներ [80]:

Ժամանակակից պայմաններում կրաշաղախի պնդացումն արագացնելու և ամրությունը մեծացնելու նպատակով շարվածքային կրաշաղախի մեջ հաճախ ավելացնում են ցեմենտ, իսկ սվաղային կրաշաղախների մեջ՝ ցեմենտ կամ շինարարական գիպս: Օդային կրաշաղախի ամրացման ընթացքում առաջացող նորագոյացությունները՝ Ca(OH)_2 և CaCO_3 , բյուրեղային սերտաճվածքների տեսքով խտացնում, ամրացնում են շաղախը և հանդիսանում են դրա առաջնային կառուցվածքային ամրության բաղադրիչները: Օդային կրի առաջնային նյութը՝ Ca(OH)_2 -ը, ջրում լուծելի է, որի պատճառով պիտանի չէ ջրում ամրացման և ծառայության նպատակով նախատեսված շաղախների համար: Ի հակառակ, կրի ամրացման երկրորդական նյութը՝ CaCO_3 -ը, ջրում դժվար լուծելի է [74]:

Օդային կրաշաղախին ջրակայունություն և հիդրավիկություն, այսինքն՝ ջրում ամրանալու և ծառայելու հատկություն տալու համար օդային կրին խառնում են, այսպես կոչված, հիդրավիկ կամ փոցոլանային հավելանյութեր, որոնք հարուստ են ամորֆ վիճակում գտնվող ակտիվ սիլիկահողով: Դրանց անվանումն առաջացել է Պոզուոլի լեռներից, որոնք գտնվում են Նեապոլի շրջակայքում և հայտնի են հրաբխային ծագման հիդրավիկ հավելանյութերով: Այսպիսի կրաքարափոցոլանային խառնուրդները ջրով խառնելու և օդում նախապես պնդանալու դեպքում պահպանում են ստացված ամրությունը և շարունակում են ամրանալ նաև ջրում [60]:

Այս երևույթը տեղի է ունենում այն պատճառով, որ ջրում հեշտ լուծվող և դրանով լվացվող պնդացող կալցիումի հիդրօքսիդը ադսորբվում է կրաշաղախից, այնուհետև քիմիապես կապվում է հիդրավիկ հավելանյութի ակտիվ սիլիկահողի՝ SiO_2 -ի հետ՝ առաջացնելով գործնականում անլուծելի միացություն՝ կալցիումի ջրային սիլիկատ:
$$x\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SiO}_2 \cdot \text{aq.} \rightarrow x\text{CaCO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{aq.}:$$

Առաջացած կալցիումի հիդրօքսիլիկատն աստիճանաբար ենթարկվում է խտացման: Այն հանդիսանում է շաղախի ամրության կրիչը: Այս ռեակցիայի վրա էլ հիմնված է օդային կրով և սիլիկահողային հիդրավիկ հավելանյութով պատրաստված կրաշաղախի ամրացումը ջրում: Երկար ժամանակահատվածի ընթացքում նմանատիպ կերպով կիրը նաև փոխազդեցության մեջ է մտնում լցանյութերի սիլիկահողի հետ [24]:

Կալցիումի հիդրօքսիլիկատի կարբոնատացումը համարվում է օդում երկարատև ամրացող կրաքարափոցոլանային շաղախի երկրորդական պրոցեսը:

Հաճախ շաղախի երկարատև ամրացման այս սկզբնական օգտակար նորագոյացության քայքայման պրոցեսը դիտարկվում է որպես շաղախի օդակայունության բացակայության գործոն: Սակայն, այս դեպքում կալցիումի կարբոնատի առաջացումը նպաստում է շաղախի ամրությանը, իսկ սիլիկաթթվի գելի անջատումը՝ կախված պայմաններից, կարող է ունենալ և՛ վնասակար, և՛ օգտակար ազդեցություն:

Հիդրավիկական հավելանյութերը բաժանվում են երկու խմբի՝ բնական և արհեստական ծագման: Գործնականում բոլոր հիդրավիկական հավելանյութերն ավանդաբար անվանում են փոցոլանային նյութեր կամ փոցոլաններ (բնական կամ

արհեստական): Բնական հավելանյութերն են դիատոմիտներ, տրեպելներ, օպոկներ, մոխիրներ, տուֆեր, պեմզաներ, տրասներ:

Արհեստական հավելանյութերից են՝ սիլիկահողային թափոնները, որոնք ստացվում են թրծված կավից, որոշ տեսակների վառելանյութերի թթու վառելիքային մոխիրները սիլիկատային հալույթներ [57, 68]:

Հիդրավլիկական կրաքարի թրծման ժամանակ ($900...1000^{\circ}\text{C}$) մերգելային կրաքարերից, որոնք պարունակում են 6 ... 20% կավային մաս, SiO_2 - ի, Al_2O_3 -ի, Fe_2O_3 -ի, կավի և CaO -ի միջև փոխազդեցության արդյունքում, կախված դրանց հարաբերակցությունից (հիմնականում պինդ վիճակում ռեակցիաների միջոցով)՝ կարող են առաջանալ կալցիումի սիլիկատներ, ալյումինատներ և ֆերիտներ հետևյալ կազմով. $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$: Նշված միացությունների կողքին թրծման արդյունքում հատիկների տեսքով ազատ վիճակում առկա են նաև CaO , MgO և SiO_2 : Թրծված կրի մարման ընթացքում ազատ CaO -ն և MgO -ն հիդրատացվում են $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ի և $\text{Mg}(\text{OH})_2$ -ի՝ ինչպես օդային կրի դեպքում: Մնացած բաղադրամասերը ենթակա չեն մարման [9]:

Կրի ամրացման ժամանակ նրա միներալները հիդրատացվում են, իսկ առաջացած հիդրատներն աստիճանաբար ենթարկվում են խտացման: Մնացորդային CaO -ի և MgO -ի հիդրատները՝ ինչպես օդային կրի դեպքում, ենթարկվում են բյուրեղացման և կարբոնատացման: Օդում երկարատև ամրացման դեպքում ամրացող հիդրավլիկական կրի մնացած նորագոյացությունները նույնպես ենթարկվում են կարբոնատացման:

Կավահողային մասի ավելի բարձր պարունակությամբ հումքի թրծման ժամանակ ($800 \dots 1100^{\circ}\text{C}$) ձևավորվում է հիդրավլիկական կապակցանյութ՝ ռոմանցեմենտ, որը ենթակա չէ մարման: Ի լրումն հիդրավլիկական կրի թրծման ընթացքում առաջացած նյութերի, այն պարունակում է $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$, և սովորաբար չի ունենում մնացորդային ազատ CaO : Ամրացման ընթացքում տեղի են ունենում նույն երևույթները, ինչպես նաև ակտիվ MgO -ի հիդրատացիա (և կարբոնատացում): Օդային, հիդրավլիկական կրերը և ռոմանցեմենտը՝ կախված CaO -ի և MgO -ի հարաբերակցությունից, լինում են քիչ մագնեզիումային, մագնեզիումային, դոլոմիտացված և դոլոմիտային [4, 24, 87]:

2.2 Կապակցանյութերի քիմիական բաղադրակազմը և հիմնական ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը

Հետազոտվել են հետևյալ կապակցանյութերը. Արարատի գործարանի օդային չհանգած կիրն ու պորտլանդցեմենտը և հիդրավիկ կրի հենքով «Մապեյ» ընկերության «Antique MC» պատրաստի չոր շինարարական խառնուրդը:

Կապակցանյութերի հիմնական ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշները բերված են Աղ. 2.1 - Աղ. 2.3, իսկ քիմիական կազմը՝ Աղ. 2.4 [1, 36-42]:

Աղյուսակ 2.1

Օդային կրի որակի հիմնական ցուցանիշները (ք. Արարատ)

Ցուցանիշների անվանումը	Չափման միավոր	Ցուցանիշի մեծությունը
Աղացվածքի մանրություն: անցում N02 մաղով	%	99
Աղացվածքի մանրություն: անցում N008 մաղով	%	90, 0
Լցվածքային խտություն	կգ/մ ³	880
Իրական խտություն	գ/սմ ³	3, 12
Նորմալ թանձրություն	%	33, 4
Ակտիվ CaO + MgO պարունակություն	%	83, 4
Ծավալի փոփոխության համաչափություն	-	Բավարարում է
Շաղկապման ժամկետներ. սկիզբ/վերջ	Ժամ-րոպե	0-25/0-58
Սեղմման ամրություն	ՄՊա	5,2

Աղյուսակ 2.2

Պորտլանդցեմենտի որակի հիմնական ցուցանիշները (ք. Արարատ)

Ցուցանիշների անվանումը	Չափման միավոր	Ցուցանիշի մեծությունը
1	2	3
Աղացվածքի մանրություն: անցում N02 մաղով	%	98, 6
Աղացվածքի մանրություն: անցում N008 մաղով	%	91, 0
Լցվածքային խտություն	կգ/մ ³	1150
Իրական խտություն	գ/սմ ³	3, 09
Ցեմենտախմորի նորմալ թանձրություն	%	25, 4
Կապակցման սկիզբը	Ժամ-	1-48

1	2	3
Կապակցման վերջը	Ժամ-	4-05
Ծավալի փոփոխության համաչափություն	-	Բավարարում է
Սեղմման ամրություն	ՄՊա	41, 9
Ծռման ամրություն	ՄՊա	3, 3

Աղյուսակ 2.3

«Մապեյ» ընկերության «Antique MC» -ի որակի հիմնական ցուցանիշները (Իտալիա)

Լցվածքային խտություն, կգ/մ ³	Իրական խտություն, գ/սմ ³	Ջրապահանջմունք, %	Ծավալի փոփոխ. համաչափ.	Սեղմման ամրություն, ՄՊա	Ծռման ամրություն, ՄՊա
1525	1, 88	16	դիմացավ	12, 0	2, 0

Աղյուսակ 2.4

Կապակցանյութերի քիմիական բաղադրակազմը

Նյութի անվանումը	Բաղադրիչների պարունակությունը, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	CO ₂
Պորտլանդ ցեմենտ, (ք. Արարատ)	21, 3	5, 4	2, 8	66, 4	1, 6	1, 5	-	-	-	-
Օդային կիր (ք. Արարատ)	1, 5	0, 8	2, 5	78, 8	4, 6	-	-	-	0, 3	2, 7
Antique MC, “Mapei ”	25, 8	3, 2	2, 4	63, 3	0, 8	-	-	0, 1	0, 52	-

2.3 Բնական և թրծակավի ավազների հատիկաչափական կազմի և հիմնական ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերի հետազոտում

Սույն հետազոտություններում օգտագործվել են տեղական բնական ավազներ՝ գետի, լիթոիդապեմզային և թրծակավային՝ ավազային խառնուրդ կավագործական ջարդոնից:

Տեղական հրաբխածին ապարների մանրահատիկ և փոշենման մասնիկները, ինչպես հայտնի է, մեծ մասամբ ունակ են տարբեր ակտիվությամբ կապակցվելու կրի հետ, ընդ որում՝ քիմիական ակտիվությամբ օժտված է ապարների միայն ալյումինասիլիկատային ալկալիական ապակե ֆազան: Բնական ավազներից

ամենամեծ ակտիվությամբ՝ փոցուլանային հատկություններով, օժտված են պեմզաներն ու պեռլիտները (75...95%), այնուհետև բյուրականյան և հետո երևանյան տուֆերը: Քիչ ակտիվությամբ են առանձնանում Արթիկի տուֆերը և խարամները, իսկ բազալտները գործնականորեն ակտիվ չեն:

Էլեկտրոնամանրադիտակային, ռենտգենագրային և ապարագիտական հետազոտություններով բացահայտվել է, որ լիթիդային պեմզայի քիմիական ակտիվությունը պայմանավորված է քիմիական, կառուցվածքային և ֆիզիկական բնույթ ունեցող միկրոանհամասեռ կազմվածքով: Միկրոանհամասեռությունները յուրահատուկ լարումների կուտակման կենտրոններ հանդիսանալով, ակտիվացնում են ապարի ռեակցիաունակ բաղադրիչները (ամորֆ սիլիկահող և արգնահող), որոնք փոխազդում են ոչ ջրակայուն կալցիումի հիդրօքսիդի հետ: Արդյունքում առաջանում են ջրակայուն միներալներ՝ կալցիումի հիդրոսիլիկատներ և հիդրոալյումինատներ [13, 15, 29, 62, 86]:

Ավազների հիմնական ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները հետազոտվել են «Հորիզոն-95» լաբորատորիայում, համաձայն գործող նորմատիվների և ստանդարտների պահանջներին [1, 43-46]: Հետազոտության արդյունքները ներկայացված են Աղ. 2.5-ում:

Աղյուսակ 2.5

Ավազների հիմնական ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը

Ցուցանիշների անվանումը, չափման միավոր	Ավազի տեսակը		
	գետային	լիթոիդապեմզային	թրծակալ
	Ցուցանիշի մեծությունը		
1	2		
Լրիվ մնացորդ 2.5 մմ մաղի վրա, %	11, 0	22, 0	-
Լրիվ մնացորդ 1. 25 մմ մաղի վրա, %	29, 5	41, 2	14, 25
Լրիվ մնացորդ 0. 63 մմ մաղի վրա, %	55, 0	55, 8	41, 75
Լրիվ մնացորդ 0. 315 մմ մաղի վրա, %	83, 0	67, 9	60, 25
Լրիվ մնացորդ 0. 14 մմ մաղի վրա, %	96, 25	79, 9	73, 25
Խոշորության մոդուլ	2, 75	2, 66	1, 89
Հատիկների պարուն. 5 մմ-ից խոշոր հատիկների պարունակություն, %	10, 2	32, 0	-

1	2		
Հատիկների պարուն. 0.14 մմ-ից մանր հատիկների պարունակություն, %	3, 75	20, 1	26, 75
Լցվածքային խտություն, կգ/մ ³	1765	1110	1315
Իրական խտություն, գ/սմ ³	2, 6	1,9	2,53
Միջհատիկային դատարկամիջություն, %	32, 1	41,6	48,0

Ավազների քիմիական հետազոտությունը կատարվել է ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբության քիմիական լաբորատորիայում: Քիմիական վերլուծության արդյունքները ներկայացված են Աղ. 2.6-ում:

Աղյուսակ 2.6

Ավազների քիմիական վերլուծության արդյունքները

Օքսիդների անվանումը	Օքսիդների պարունակությունը ավազներում, %		
	գետային	լիթոիդապեմզային	թրծակավային
SiO ₂	55, 3	75, 5	50, 8
Al ₂ O ₃	19, 4	14, 9	26, 9
TiO ₂	1, 01	0, 01	-
Fe ₂ O ₃	6, 42	1, 08	4, 4
FeO	-	1, 12	2, 6
CaO	10, 5	1, 03	3, 5
MgO	4, 99	0, 01	2, 2
CO ₂	-	-	2, 6
P ₂ O ₅	-	0, 02	0, 13
MnO	0, 17	-	2, 3
Na ₂ O	-	-	1, 1
K ₂ O	-	-	2, 9
H ₂ O	-	-	-
SO ₃	0, 03	-	0, 57

2.4 Քիմիական բարեփոխիչներ

Աշխատանքում օգտագործվել են հետևյալ քիմիական բարեփոխիչները՝ գերալաստիկարար “Mapefluid N200” և սինթետիկ կաուչուկի լատեքսային “Planicrete” հավելանյութերը («Mapei», Իտալիա) [20-22, 26, 29, 35, 61, 66, 70, 78-80, 84]:

Գերալաստիկարար “Mapefluid N200” հավելանյութի գործողությունը ուղղված է տեխնոլոգիական, տեխնիկական և գործառնական հատկությունների բարելավմանը: «Mapefluid N200» - ը կիրառվում է բետոններում և շաղախներում՝ համասեռություն, շարժունակություն և կենսունակություն ապահովելու նպատակով: Այս նյութը ջրի նվազեցմամբ (20...40%), նպաստում է բոլոր հիմնական հատկությունների, այդ թվում նաև՝ խտության, ամրության, սառնակայունության և ջրակայունության ցուցանիշների բարձրացմանը: «Mapefluid N200» - ը ակտիվ պոլիմերի 40%-անոց ջրային լուծույթ է, որի խտությունը կազմում է 1, 20 ± 0, 03 կգ/լ: համաձայն EN 99/45 նյութը դասակարգվում է որպես ոչ վտանգավոր: Արտադրողի կողմից առաջարկված քիմիական հավելանյութի բաղադրաչափը կազմում է 0.5...1.5% ցեմենտի ծախսից: Որքան շատ է օգտագործման քանակը, այնքան բարձր կլինի գործող ազդեցությունը: Բետոնների և շաղախների պատրաստման ժամանակ արդյունավետության բարձրացման համար հավելանյութ ավելացվում է խառնուրդին՝ բոլոր բաղադրիչներից հետո: «Հորիզոն-95» լաբորատորիայում կատարված գիտական հետազոտություններում բացահայտվել է, որ տվյալ գերալաստիկարար հավելանյութի օպտիմալ չափաբաժինը տեղական լցիչներով պատրաստված բետոնների և շաղախների համար կազմում է 0.5... 0.7% ցեմենտի ծախսից և դա հնարավորություն է տալիս 10...15%-ով բարելավել վերջիններիս տեխնոլոգիական և տեխնիկական ցուցանիշները:

«Planicrete» հավելանյութը իրենից ներկայացնում է սինթետիկ կաուչուկի լատեքսային նյութ, որի խտությունը կազմում է 1,020 գ/սմ³: Արտադրողի կողմից առաջարկված քիմիական հավելանյութի բաղադրաչափը կազմում է 5...8 % կապակցանյութի զանգվածային ծախսից: Համաձայն EEC 88/379 նյութը դասակարգվում է որպես առողջության համար ոչ վտանգավոր: «Planicrete» քիմիական

հավելանյութը նախատեսվում է օգտագործել ներքին և արտաքին սվաղային շաղախների պլաստիկության, ամրության, կաշողականության, ջրակայունության ու սառնակայունության բարելավման նպատակով: Այս նյութը բարձրացնում է շաղախների մեխանիկական հատկությունները, այդ թվում նաև՝ առաձգականության մոդուլը, դիմադրողականությունը քերծվածքների և թթուների, ալկալիների, խիտ լուծույթների, ինչպես նաև յուղերի ազդեցությունների նկատմամբ:

2.5 Եզրակացություններ ըստ ԳԼՈՒԽ 2-ի

1. Սույն հետազոտություններում օդային չհանգած կրի հիմնական որակական ցուցանիշների ուսումնասիրության արդյունքները ցույց տվեցին, որ այն դասվում է առանց հավելումների երկրորդ տեսակի կալցիումային կրին (ըստ 5 %-ից ցածր MgO -ի պարունակության և 80%-ից մեծ ակտիվ $CaO + MgO$ – ի պարունակությամբ):
2. Ցեմենտի փորձարկման արդյունքները ցույց տվեցին հետևյալը. ցեմենտախմորի նորմալ թանձրություն 25,4 %, ծավալի փոփոխությունը համաչափ է, SO_3 զանգվածային պարունակությունը կազմում է 1,5 %, ինչը համապատասխանում է ստանդարտների պահանջներին, կապակցանյութը նորմալ շաղկապվող և ամրացող պորտլանդցեմենտ է, ըստ սեղմման ամրության՝ M400 մակնիշի է:
3. Իտալիայից ներկրված «Մապեյ» ընկերության «Antique MC» նյութի քիմիական կազմի ուսումնասիրությունը ցույց տվեց, որ այն պարունակում է հիդրավլիկ կրին բնորոշ օքսիդներ: Ըստ ակտիվ՝ $CaO + MgO$ – ի (ոչ մեծ քան 65 % և ոչ պակաս քան 40%) պարունակության, այս նյութն իր քիմիական կազմով բավարարում է թույլ հիդրավլիկ կրի համար ստանդարտների պահանջներին: Սակայն, կապված այն փաստի հետ, որ ֆիրմային նյութն իր բաղադրակազմում պարունակում է կառուցվածքի բարեփոխիչներ, ամրության ուսումնասիրության ժամանակ ստացվել են բարձր արժեքներ, որոնք համապատասխանում են ուժեղ հիդրավլիկ կրին:
4. Գետային և լիթոիդապեմզային ավազներն իրենց հատիկային կազմով պատկանում են «խոշոր», իսկ թրծակավի ավազը՝ «մանր» խմբին: Լիթոիդապեմզային ավազի խոշոր (>5 մմ) հատիկների պարունակությունը կազմում է 32 %: Թրծակավի ավազում փոշենման մասնիկները կազմում են 26,8 %, ինչով և պայմանավորված է դրա 48,0 % դատարկամիջոցային ցուցանիշը:

5. Ելակետային նյութերի հետազոտության արդյունքները ցույց տվեցին, որ կապակցանյութերը և ավազները իրենց հիմնական բնութագրերով ընդհանուր առմամբ համապատասխանում են շաղախներում օգտագործման համար առաջադրվող պահանջներին[47]: Շեղումը միայն այն է, որ լիթոիդային պեմզայի ավազի մեջ 5մմ-ից խոշոր հատիկների քանակը գերազանցում է թույլատրելի սահմանը, սակայն հաշվի առնելով, որ ավազներն օգտագործվելու են վերականգնման հատուկ շաղախների բաղադրակազմերում, այդ անհամապատասխանությունը կարող է նույնիսկ դրական դեր ունենալ քարաշարվածքի լիցքի շաղախների ամրության ցուցանիշի վրա:

ԳԼՈՒԽ 3. ՀՆԱԳՈՒՅՆ ՀՈՒՇԱՐՁԱՆՆԵՐԻ ՇԱՂԱԽՆԵՐԻ ՋՐԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ

Հուշարձանների վերականգնման աշխատանքներն ունեն մի շարք առանձնահատկություններ: Ճիշտ որոշումներ կայացնելու համար նախ անհրաժեշտ է իրականացնել հետազննում՝ ուղղված հնագույն կառուցվածքների քարե կոնստրուկցիաների իրական տեխնիկական վիճակի բացահայտմանը: Հետազննման իրականացման գործընթացը կարգավորվում է ՄԺՀ 11-17.2004 «Շենքերի, տաճարային կառուցվածքների և օժանդակ նշանակության համալիրների հետազննման կանոններ» շինարարական մեթոդական փաստաթղթով, որը սահմանում է համակարգված մոտեցում և աշխատակազմ՝ տեխնիկական վիճակի և շինարարական կոնստրուկցիաների ու նյութերի փաստացի կրողունակության ուսումնասիրության, ինչպես նաև առաջացած դեֆորմացիաների և վնասվածքների պատճառների բացահայտման համար [14]:

Հնագույն շենքերը և շինությունները էականորեն տարբերվում են այլ կառուցվածքներից՝ կիրառված կոնստրուկտիվ լուծումներով և շինարարական նյութերով: Այսպես օրինակ, շատ հայկական հուշարձանների միջհարկային ծածկերի և վերնածածկերի կրող կոնստրուկցիաներ են հանդիսանում կամարային համակարգերը, բարդ թաղերը, գմբեթները: Կոնստրուկցիաների յուրաքանչյուր տեսակին համապատասխանում է շարի դարսվածքի որոշակի հնարքներ և որոշակի նյութեր: Բացի դրանից, այս կառույցների առանձնահատկությունն այն է, որ դրանց կրող և եզրափակող կոնստրուկցիաներն օրգանապես և անխզելիորեն կապված են բազմադարյա ավանդական ձևավորումներով: Շարվածքի քարերի ճաքերը, քայքայումը և կենսաբանական վնասվածքները կարող են բերել խզումների, սվաղային շերտերի շերտազատման և որմնանկարների անդառնալի կորուստների [67]:

Հնամյա շենքերի և շինությունների դեֆորմացիաներն ու վնասվածքները պայմանավորված են բնական գործընթացներով, հիմնատակերի բնահողերի վիճակի փոփոխությամբ, ժամանակակից տեխնաձին ազդեցություններով, դրանց ոչ նպատակային օգտագործմամբ, անտնտեսվար պահպանությամբ, վանդալիզմով,

պատերազմներով: Համալիր զննումը թույլ է տալիս օբյեկտիվորեն ախտորոշել կոնստրուկցիաների վիճակը, ընդ որում, հատուկ ուշադրություն է դարձվում կիրառված նյութերի վրա: Հետազոտության առաջին փուլում կատարվում է հուշարձանի դիտազննում, որի հիման վրա արվում են այն հատվածների նկարագրությունները, որտեղ առկա են ճաքեր և խզումներ, քարերի կորուստներ, քարաշավաձքի խոնավացումներ, շաղախների հողմահարումներ և լվացումներ, որմնանկարների սվաղային շերտի փքումներ, քայքայում ու թափվածքներ, աղազատվածքներ, պիզմենտային կետեր: Քարե կոնստրուկցիաների նյութերի հետազոտության երկրորդ փուլի ընթացքում վերցվում են փորձանմուշներ անմիջապես կրող, քիչ բեռնավորված կամ քանդման ենթակա տարրերից, որոնք լաբորատոր պայմաններում ենթարկվում են մանրազնին ուսումնասիրությունների [63, 95]:

Հայկական հուշարձանների քարե կառույցներում հիմնականում կիրառվել են բնական նյութեր՝ տուֆեր, բազալտներ, կրաքարեր, ինչպես նաև տարբեր չափերի, կողերի ողորկության և ամրության կավե աղյուս: Շարվածքի կապն իրականացվում էր կրային կապակցանյութի հենքով պատրաստված շինարարական շաղախներով՝ մաքուր վիճակում և կավի հավելումով:

Ճարտարապետական հուշարձանների երկարակեցությունը կախված է ոչ միայն կոնստրուկտիվ լուծումներից, այլև կիրառվող նյութերից: Հնագույն ժամանակներից մանրակրկիտ մշակված կանոններով խստորեն կարգավորվել են շինարարական նյութերի նախապատրաստման և կիրառման տեխնոլոգիաները: Չնայած դրան, հուշարձանների ուսումնասիրության ընդգրկուն փորձը ցույց տվեց, որ շաղախային բաղադրիչը քարաշարվածքների ամենաթույլ օղակն է :

Վերականգնման նոր շաղախների լավագույն ընտրության համար անհրաժեշտ է հաշվի առնել հնագույն կառույցի տարբեր կոնստրուկտիվ տարրերում շաղախային բաղադրիչների ծառայության պայմանները: Ընդ որում, դրանք ողջամիտ համատեղության մեջ պետք է լինեն կիրառվող նոր այլ նյութերի հետ, ինչպես նաև համապատասխանեն «հին» շաղախներին՝ ըստ ելակետային նյութերի և հիմնական որակական ցուցանիշների: Համաձայն ժամանակակից պահանջների՝ հուշարձանների վիճակի հետազոտության ժամանակ կիրառվելիք շաղախների ելակետային

հարաչափերի սահմանման համար իրականացվում է նաև դրանցում գոյություն ունեցող շաղախների բազմակողմանի ուսումնասիրություն [69, 85]:

3.1 Հնագույն հայկական մայրաքաղաք Արտաշատի խմելու ջրամբարի քարաշարվածքից նմուշառված շաղախների հետազոտություն

Ուսումնասիրվել են մեր թվարկությունից առաջ II դարում հիմնադրված հնագույն մայրաքաղաք Արտաշատի (Նկ. 3.1 և Նկ. 3.2) խմելու ջրամբարի պատերից նմուշառված երկու շերտերի սվաղային շաղախները:



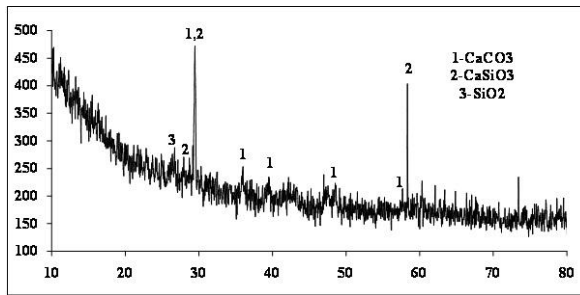
Նկ. 3.1



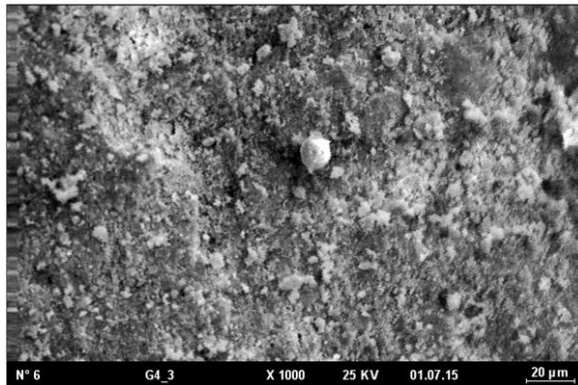
Նկ. 3.2

Գտածոները վերցված են խմելու ջրամբարի յուրահատուկ կոնստրուկտիվ լուծում ունեցող պատերից: Դրանք կառուցվել են հում աղյուսով և ծածկվել 4,0 սմ հաստությամբ երկշերտ նյութով, առաջինը՝ 1,2 սմ հաստությամբ մանրահատիկ շաղախով, երկրորդը՝ 2,8 սմ հաստությամբ բետոնով: Այդ երկու շերտերի միջև տարբեր հեռավորությունների վրա ուղղահայաց տեղադրվել են եղեգնի ձողեր, որոնք ժամանակի ընթացքում մեծամասամբ փոշիացել են՝ թողնելով բետոնի մեջ ուղղահայաց անցքեր: Եղեգնի ձողերի օգտագործումը, ըստ երևույթին, ունեցել է մի քանի կիրառական նշանակություն՝ ակնհայտորեն ապահովվել է առաջին և երկրորդ շերտերի ավելի սերտ միացությունը, նվազել է պատի ջերմահաղորդականության ցուցանիշը, իջել է մոնոլիտ բետոնի ընդհանուր ծավալը:

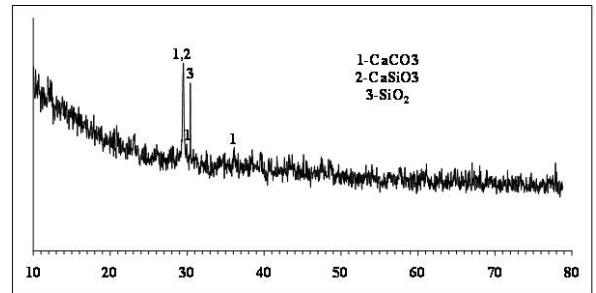
Արտաշատի խմելու ջրամբարի սվաղի 1-ին և 2-րդ շերտերի ռենտգենագրային և էլեկտրոնամանրադիտակային հետազոտությունների արդյունքները ներկայացված են համապատասխանաբար Նկ. 3.3 և Նկ. 3.4-ում:



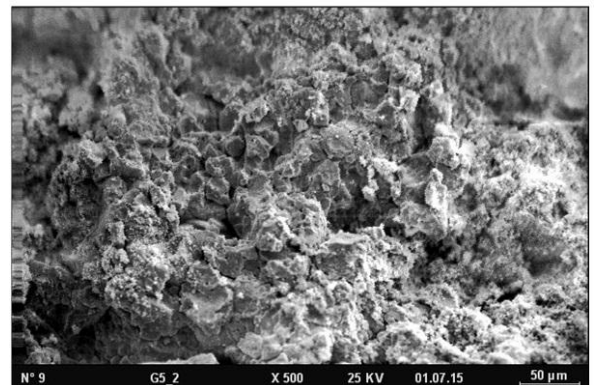
G-4 XRD and SEM



Նկ. 3.3



G-5 XRD and SEM



Նկ. 3.4

Իրականացված տեխնոլոգիական, քիմիական և ապարագիտական հետազոտությունների արդյունքները ներկայացված են ստորև՝ Աղ. 3.1, Աղ. 3.2 և Աղ. 3.3-ում:

Աղյուսակ 3.1

Սվաղալին շաղախի (1 և 2 շերտերի) հիմնական ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը

NN	Նմուշառման տեղամասը	Կարբոնացվածություն %	Իրական խտությունը գ/սմ ³	Սեղմման ամրությունը ՄՊա	Լուծելի մասը/ (ջրակլանում) %	Բաղադրակազմը (կիր/լցանյութեր)
1	Սվաղի 1-ին շերտ	44	1,9	8,4	0/(7,5)	1 մաս /3 մաս
2	Սվաղի 2-րդ շերտ	48	2,48	10,3	0/(3,2)	1 մաս /2 մաս

Աղյուսակ 3.2

Սվաղային շաղախի (1-ին և 2-րդ շերտեր) քիմիական անալիզի արդյունքները

N N ըստ Աղ.1	Բաղադրիչների պարունակությունը, %												
	Si	Al	Mg	Ca	Fe	Na	Mn	Zn	P	>	Cr	Zr	Cu
1	25	18	3,2	48,6	4,2	0,32	0,018	0,003	0,56	0,024	0,018	0,042	0,024
2	25	10	3,0	55,4	5,6	0,32	0,056	0,005	0,56	0,024	0,018	0,0024	0,0056

Աղյուսակ 3.3

Սվաղային շաղախի (1-ին և 2-րդ շերտեր) ապարագիտական վերլուծության արդյունքները

Միներալի անվանումը	Միներալների քանակ. պարունակություն, % ըստ Աղ. 3.1-ի	
	N1	N2
Ծանր չափամաս		
Մագնետիտ	18.0	19.0
Լիմոնիտ	55,0	59,0
Հեմատիտ	առանձին հատիկներ	-
Հիպերսթեն	3.0	-
Դիոպսիդ	2.0	1,0
Ավգիտ	7.0	5.0
Եղջրախափ սովորական	6.0	7.0
Եղջրախափ բազալտային	1.0	-
Ակտինոլիթ	5.0	6,0
Էպիդոտ	առանձին հատիկներ	առանձին հատիկներ
Ցիրկոն	1.0	2,0
Տրեմոլիտ	2.0	1,0
Թեթև չափամաս		
Հողմահարված հատիկներ	47.0	45.0
Օպալ	28.0	40.0
Կվարց	6,0	-
Բիոտիտ	1,0	առանձին հատիկներ
Պլագիոկլազներ	6.0	15.0
Քլորիդ	12,0	

Փորձարկումների արդյունքները ցույց տվեցին, որ նմուշառված սվաղային շաղախների առաջին, և երկրորդ շերտերում որպես կապակցանյութ օգտագործվել է օդային կիր:

Հիմնական ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերի հետազոտությամբ և ապարագիտական արդյունքների վերլուծությամբ պարզաբանվեց, որ սվաղի առաջին շերտը իրականացվել է բավականաչափ ամուր (> 8 ՄՊա) պարարտ կրաշաղախով (1 մաս կիր/ 3 մաս լցանյութի և հավելանյութի խառնուրդ): Այդ կրաշաղախում, որպես լցանյութ, օգտագործվել է գետային մանր ավազ, իսկ որպես հավելանյութ՝ թրծած կավի աղացվածքից ստացված մանրահատիկ և փոշենման մասնիկների խառնուրդ: Իսկ սվաղի երկրորդ շերտը իրականացվել է էլ ավելի ամուր (> 10 ՄՊա) գերպարարտ (1 մաս կիր / 2 մաս լցանյութի և հավելանյութի խառնուրդ) կրաբետոնով, որտեղ օգտագործված գետային մանր ավազի քանակի մոտավորապես 10 %-ը փոխարինվել է ավելի խոշոր (10...12 մմ) մասնիկներով՝ կոպիճով և թրծած կավի ջարդվածքով: Որպես հավելանյութ օգտագործվել է նույն թրծած կավի աղացվածքից ստացված մանրահատիկ և փոշենման մասնիկների խառնուրդ:

Կրաշաղախի և կրաբետոնի փորձանմուշները ջրում չմասնատվեցին և չլուծվեցին, պահպանվեց նրանց միաձույլ տեսքը, ծավալը և զանգվածը, այլ կերպ ասած, կրանյութերը ցուցաբերեցին բավականին բարձր ջրակայունություն: Ռենտգենագրային, էլեկտրոնամանրադիտակային հետազոտությունները հնարավորություն տվեցին բացահայտել ջրակայունության այդպիսի բարձր ցուցանիշի խորքային առավել հավանական պատճառը: Հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ կրանյութերում ազատ կալցիում չկա, հայտնաբերված են հիդրոսիլիկատներ - CaSiO_3 և տարբեր աստիճանի ջրազրկված սիլիկահող՝ օպալային դոնդողի - SiO_2 ջրազրկման արդյունքում առաջացած բյուրեղային խալցեդոնը - SiO_2 :

Արտաշատի ջրամբարի պատերի կրանյութերի ջրակայունությանը, ինչպես պարզվեց, օժանդակել է թրծած կավային ջարդոնների և դրանցից ստացված մանրահատիկ և փոշենման մասնիկների օգտագործումը:

3.2 «Տաթև» վանական համալիրի քարաշարվածքից նմուշառված կրաշաղախների հետազոտություն

Հայկական միջնադարյան փառահեղ հուշարձաններից մեկը՝ «Տաթև» վանական համալիր դարերի ընթացքում կառուցվելով և վերակառուցվելով, քանդվելով ու վերականգնվելով, մեր ժողովրդի բազմաթիվ հաղթանակների և պարտությունների վկա է եղել, վերապրել է շատ դժբախտություններ և աղետներ: Նախկինում երկրաշարժերից մասամբ ավերված հուշարձանի վերականգնումը նախորդ դարի 70-ական թվականներից սկսած կարճատև ընդմիջումներով, շարունակվում է առ այսօր (Նկ. 3.5):



Նկ. 3.5 «Տաթև» վանական համալիր

«Տաթև» վանական համալիրի հնագույն շաղախների ուսումնասիրության համար մշակվել էր հետազոտական աշխատանքների հատուկ ծրագիր՝ տարբեր գիտական ուղղվածության մասնագետների ներգրավմամբ: Նոր վերականգնման շաղախների ընտրության նպատակով, հետազոտվել են մի քանի տասնյակ շաղախների փորձանմուշների բաղադրակազմեր և հատկություններ: Փորձանմուշները վերցվել են համալիրի տարբեր պատմական ժամանակաշրջաններում կառուցված քարաշարվածքից և առանձին շինությունների հիմքերից [29, 33-34]:

Աշխատանքն իրականացվել է «Հորիզոն-95» շինարարական ընկերության (տ.գ.դ. պրոֆեսոր Գ.Գալստյան), Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանի Շինարարական նյութերի, պատրաստվածքների և կոնստրուկցիաների արտադրության տեխնոլոգիայի ամբիոնի, վարիչ (տ.գ.թ.,

Ար.Արզումանյան), ՀՀ ԳԱԱ Քիմիական ֆիզիկայի ինստիտուտ (ՀՀ ԳԱԱ թղթ.անդամ, Ս.Խառատյան) և ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբության ինստիտուտի (երկր.և հանք. գ.թ. Ժ.Ստեփանյան և Ա.Սահակյան) լաբորատորիաներում:

Այս աշխատանքում ներկայացված են երկու քարաշարվածքային լիցքերի և երկու սվաղային շաղախների բնութագրերի ուսումնասիրությունները:

«Տաթև» վանական համալիրի քարաշարվածքային լիցքերի շաղախների ֆիզիկամեխանիկական հետազոտության արդյունքները ներկայացված են աղ. 3.4-ում, քիմիական կազմի ուսումնասիրությունը՝ Աղ. 3.5-ում և ապարագիտական վերլուծության արդյունքները՝ Աղ. 3.6-ում, իսկ ռենտգենագրային և էլեկտրոնամանրադիտակային հետազոտությունների արդյունքները բերված են Նկ. 3.6-ում և Նկ. 3.7-ում:

Աղյուսակ 3.4

«Տաթև» վանական համալիրի Սբ. Պողոս և Պեպրոս եկեղեցու

քարաշարվածքի լիցքի շաղախների ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը

NN	Նմուշառման տեղամասը	Խտություն կգ/մ ³	Ամրություն ՄՊա	Լուծվող մաս %	Կարբոնատություն %
1.	Հիմնային քարաշարվածք	1800	2.5	20	48
2.	Պատի քարաշարվածք	1825	6.0	15	40

Աղյուսակ 3.5

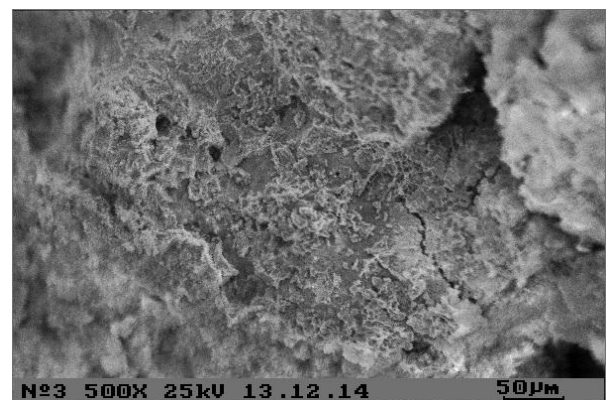
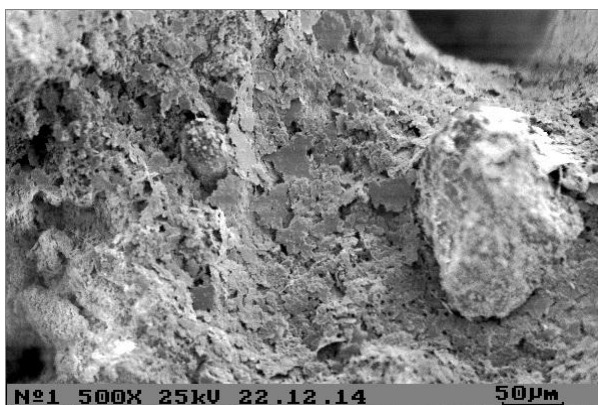
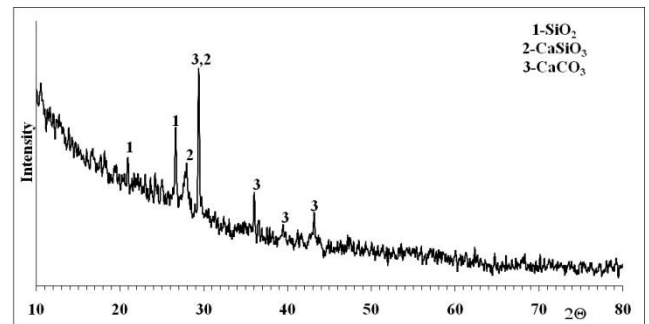
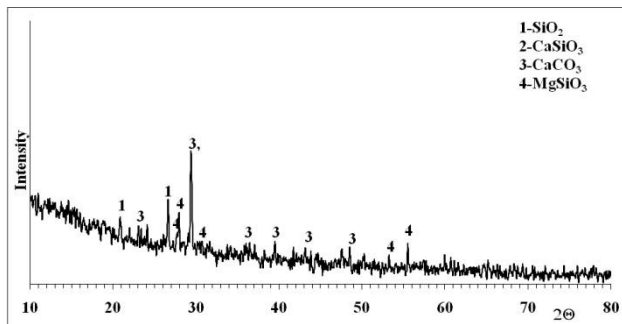
«Տաթև» վանական համալիրի Սբ. Պողոսի և Պեպրոսի եկեղեցու

քարաշարվածքի լիցքի շաղախների քիմիական վերլուծության արդյունքները

NN ըստ Աղ. 3.4-ի	Օքսիդների պարունակություն %												
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	CO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O
1.	20.4	7.3	0.30	2.61	0.53	36.1	1.16	23.4	0.19	0.07	1.70	0.70	0.93
2.	17.6	5.4	0.10	1.14	0.14	41.0	1.27	31.2	0.13	0.07	1.30	0.30	0.31

**«Տաթև» վանական համալիրի Սբ. Պողոսի և Պետրոսի եկեղեցու քարաշարվածքի
լիցքի շաղախների ապարագիտական վերլուծության արդյունքները**

NN ըստ Աղ. 3.4-ի	Միներալների քանակական պարունակությունը %														
	Ծանր չափամաս											Թեթև չափամաս			
	Մագնետիտ	Լիմոնիտ	Հեմատիտ	Հիպերսթեն	Դիոպսիդ	Ալգիտ	Տիտանալ գիտ	Եղջրախաբ	Եղջրախաբ բազալտալին	Ակտինոլիթ	Տրեմոլիտ	Հոլմախաբված հատիկներ	Հրաբխային ապակի	Կվարց	Պլագիոկլասներ
1.	30	20	5	2	8	18	16	6	3	2	-	58	35	-	7
2.	30	15	1	2	10	36	2	2	-	1	1	50	43	3	4



Նկ. 3.6

Նկ. 3.7

Իրականացված հետազոտություններով որոշվել է, որ «Տաթև» վանական համալիրի շարվածքային շաղախներում, որպես կապակցանյութ, օգտագործվել է բացառապես օդային կիր: Փորձնական ճանապարհով հաստատվել է, որ կապակցանյութի հարաբերությունը ավազի նկատմամբ կազմում է 1/1-ից և 1/4, այսինքն՝ կիրառվել են «պարարտ» և «շատ պարարտ» բաղադրակազմեր, որը որոշ առումով չի համապատասխանում հայկական կրաշաղախների վերաբերյալ լայնորեն տարածված կարծիքին: Հայաստանի միջնադարյան հուշարձաններում կիրառվել են շաղախներ, որոնց համար, հակառակ բյուզանդականներին, բնորոշ է ավազի՝ հատկապես ծակոտկեն, զգալի քանակություն: Կրի որակի մասին դատել են ըստ ավազի քանակի, որը կարող էր «ընդունել» կիրը. ինչքան շատ ավազ, այնքան լավ կիր:

Քարաշարվածքի լիցքի շաղախները ցույց են տվել հետևյալ արդյունքները. խտություն՝ 1800 և 1825 կգ/մ³ ու ամրություն 2.5 և 6.0 ՄՊա: Կրաշաղախները ջրում մասնատվել և մասամբ լուծվել են (20 և 15%), այլ կերպ ասած, կրանյութերը չեն ցուցաբերել ջրակայունություն:

Քարաշարվածքի լիցքի շաղախների ապարագիտական արդյունքների վերլուծությունը թույլ տվեց եզրակացնել, որ այդ շաղախներում օգտագործվել են տվյալ տարածաշրջանի ավազները՝ կվարցասպաթային և հրաբխային ապարների խառնուրդներից:

Ռենտգենագրային հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ կրանյութերում ազատ կալցիում չկա, հայտնաբերված են կալցիումի կարբոնատ (CaCO_3), կարբոնացված հիդրոսիլիկատներ (CaSiO_3) և բյուրեղային խալցիդոն (SiO_2): Անկախ այն հանգամանքից, որ նշված հիմնական բաղադրիչները (CaCO_3 , CaSiO_3 և SiO_2) լուծվող չեն, շաղախները ջրում մասնատվեցին: Դա պայմանավորված է նրանով, որ օգտագործված ավազները, ըստ ապարագիտական արդյունքների, պարունակում են հողմահարված հատիկների զգալի քանակություն (կեսից ավելի):

«Տաթև» վանական համալիրի հետազոտված քարաշարվածքի լիցքի շաղախները ոչ օդակայուն են, ոչ էլ ջրակայուն, և ժամանակի ընթացքում, ինչպես չոր օդային, այնպես էլ խոնավ պայմաններում դրանց որակական ցուցանիշների վատթարացումն է: Քարե կոնստրուկցիաների առատորեն խոնավացման դեպքում

շարվածքային շաղախների անկայունությունը ջրի նկատմամբ, քարե ծածկույթների շաղախի կապակցանյութի և պատերի ներսում շաղախի մասնակիորեն լվացման պատճառ է դարձել, որը հանգեցրել է կարանների զգալի բացվածքների և տեղ-տեղ ճարտարապետական ստորուկցիոն կմախքի թուլացմանը: Քարե կոնստրուկցիաների մշտական խոնավացման ընթացքում կրաշաղախները մեծ մասամբ լուծվել են ջրում, քանի որ ջուրը, միանալով ածխաթթվի հետ կործանարար ազդեցություն է ունենում կալցիումի վրա: Առաջանում է կալցիումի հիդրոկարբոնատ՝ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, որն ինչպես հայտնի է, համեմատած կալցիումի կարբոնատի հետ՝ CaCO_3 , ունի շուրջ 100 անգամ մեծ լուծելիություն: Սա կարող էր տեղի չունենալ, եթե շաղախները պարունակեին հատուկ հավելանյութեր փայտի մոխրի, թրծակավի փոշու կամ բնական փոցոլանների տեսքով:

Հետազոտվել են նաև «Տաթև» վանական համալիրի օժանդակ շինությունների արտաքին և ներքին սվաղային շաղախները: Ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը բերված են Աղ. 3.7-ում, քիմիական կազմի ուսումնասիրության արդյունքները՝ Աղ. 3.8-ում, ապարագիտական վերլուծության արդյունքները՝ Աղ. 3.9-ում:

Աղյուսակ 3.7

«Տաթև» վանական համալիրի օժանդակ շինությունների սվաղի շաղախների ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը

NN	Նմուշառման տեղամասը	Խտություն կգ/մ ³	Ամրություն ՄՊա	Լուծվող մաս %	Կարբոնատություն %
1.	Արտաքին մակերես	1695	1.2	35	10.5
2.	Ներքին մակերես	1890	1.8	20	12.0

Աղյուսակ 3.8

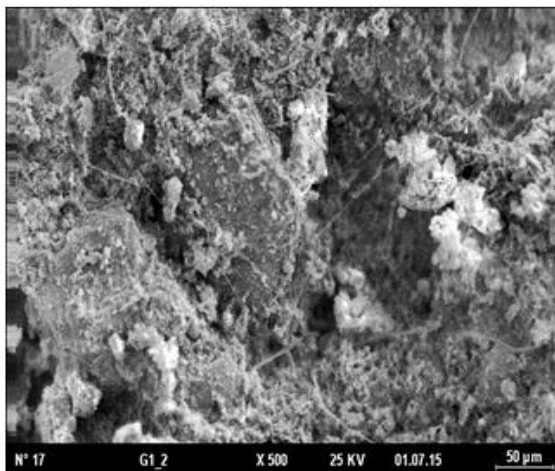
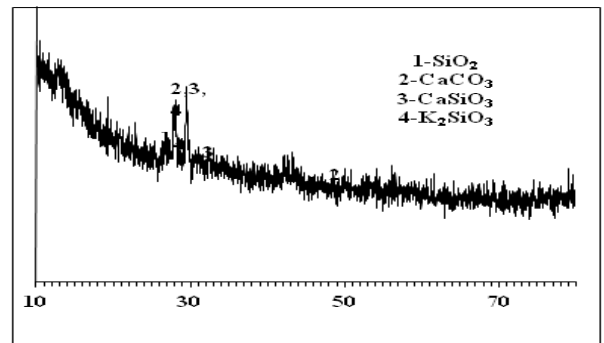
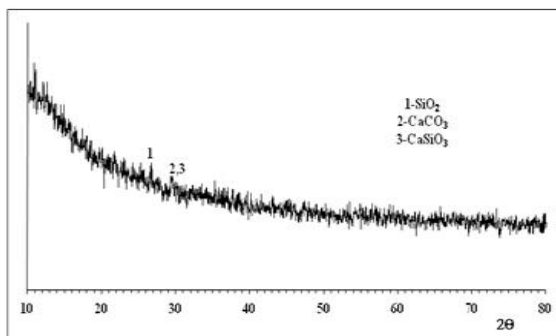
«Տաթև» վանական համալիրի օժանդակ շինությունների սվաղային շաղախների քիմիական վերլուծության արդյունքները

NN ըստ Աղ. 3.7-ի	Օքսիդների Պարունակություն %												
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	CO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O
1.	25.0	18,5	0.56	2.23	0.01	28.0	3.25	20.6	0.11	0.21	0.32	0.01	-
2.	18.0	10.2	0.42	2.4	0.02	41.4	2.06	22.4	0.08	0.09	0.32	1.33	-

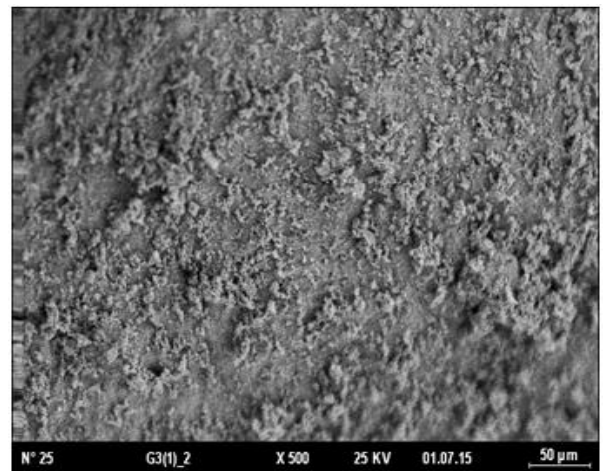
«Տաթև» վանական համալիրի օժանդակ շինությունների սվաղի շաղախների ապարագիտական վերլուծության արդյունքները

NN ըստ Աղ. 3.7-ի	Միներալների քանակական պարունակությունը %														
	Ծանր չափամաս											Թեթև չափամաս			
	Մագնետիտ	Լիմոնիտ	Հեմատիտ	Հիպերսթեն	Դիոպսիդ	Ապֆիտ	Տիտանալ գիտ	Եղջրախաբ	Եղջրախաբ բազալտային	Ակտինոլիթ	Տրեմոլիտ	Հողմահարված հատիկներ	Հրաբխային ապակի	Կվարց	Պլագիոկլազներ
1.	25.0	-	25.0	-	0.5	17	-	10	20	1	0,5	65	25	-	10
2.	25.0	-	25.0	-	-	14	-	12	20	2,5	-	45	40	-	15

Ռենտգենագրային և էլեկտրոնամանրադիտակային հետազոտությունների արդյունքները ներկայացված են Նկ. 3.8 և Նկ. 3.9-ում:



Նկ. 3.8 Արտաքին սվաղ



Նկ. 3.9 Ներքին սվաղ

«Տաթև» վանական համալիրի օժանդակ շինությունների սվաղի շաղախներում օգտագործվել են օդային կիր և խարամային լեռնային ապարների բնական հողմահարման արդյունքում ձևավորված տեղական բնական ավազներ:

Շաղախներն ունեն հետևյալ բաղադրակազմերը 1 մաս կիր և 1 մաս մանր հատիկավոր ավազային խառնուրդ՝ արտաքին սվաղի համար, 1 մաս կիր և 2 մաս միջին և մանր հատիկավոր ավազի խառնուրդ՝ ներքին սվաղի համար:

Կրաշաղախների կարբոնատությունը կազմում է համապատասխանաբար՝ 10,5 և 12 %: Կալցիումի ազատ հիդրօքսիդը բաղադրակազմերում բացակայում է:

Ռենտգենագրերում արձանագրված կալցիումի կարբոնացված սիլիկատները և կայծքարի օքսիդը վկայում են այն մասին, որ կրաշաղախներից կալցիումի հիդրօքսիդը՝ բավականին երկարատև ժամանակահատվածի ընթացքում փոխազդել է օգտագործված բնական ավազների սիլիկահողային բաղադրիչների հետ:

Սվաղի շաղախներում նույնպես օգտագործվել են տեղական բնական ավազներ, ամենայն հավանականությամբ՝ ստացված խոշորաչափ բեկորների մանրացման միջոցով, կամ ձևավորված խարամային լեռնային ապարների բնական քայքայման արդյունքում: Օգտագործված ավազները, ըստ ապարագիտական արդյունքների՝ պարունակում են հողմահարված հատիկների զգալի (65 և 45 %) քանակություն, որը որոշ չափով պայմանավորել է սվաղային շաղախների բարձր (30 և 25 %) լուծելիությունը: Հետազոտված սվաղային շաղախների քայքայման հիմնական պատճառը հանդիսացել է դրանց անկայունությունը ջրի նկատմամբ: Հայտնի է, որ առատ, անընդհատ և երկարատև խոնավացման դեպքում ջուրը, միանալով ածխաթթվի հետ, կալցիումի վրա քայքայիչ ազդեցություն է թողնում, կալցիումի կարբոնատը՝ CaCO_3 փոխակերպվում է կալցիումի երկկարբոնատի՝ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, որի լուծելիությունը հարյուր անգամ մեծ է, քան կալցիումի կարբոնատի լուծելիությունը:

Արտաքին սվաղի շաղախում օգտագործվել է ծղոտ, հավանաբար կաչողականության բարձրացման և ամրացման ժամանակ նյութի ճաքճքումը կանխելու նպատակներով: Արտաքին սվաղի մեջ որպես դիսպերս ամրանավորում օգտագործված ծղոտը, կուտակելով խոնավությունը մակերևույթի վրա, ժամանակի

ընթացքում դարձել է այս սվաղի շաղախի ճաքճքման և հետագա քայքայման ևս մեկ լրացուցիչ գործոն:

3.3 Շուշիի «Գյովհար-Աղա» իրանական մզկիթի և մեդրեսեի քարաշարվածքներից նմուշառված շաղախների հետազոտում

19-րդ դարի վերջի իրանական մշակութային ժառանգության մուսուլմանական հուշարձաններից մեկի՝ Շուշիի «Գյովհար -Աղա» մզկիթի (Նկ. 3.10) վերականգնման հետ կապված աշխատանքների շրջանակներում ուսումնասիրվել են մզկիթի և մեդրեսե քարաշարվածքի լիցքի և մզկիթի արտաքին ու ներքին սվաղային շաղախները:



Նկ. 3.10 Իրանական մզկիթ «Գյովհար-Աղա»

Իրանական «Գյովհար-Աղա» մզկիթի և մեդրեսե քարաշարվածքի լիցքի շաղախների ֆիզիկամեխանիկական հետազոտության արդյունքները բերված են Աղ. 3.10-ում, քիմիական կազմի ուսումնասիրությունը՝ Աղ. 3.11-ում և ապարագիտական վերլուծության արդյունքները՝ Աղ. 3.12-ում:

Աղյուսակ 3.10

«Գյովհար- Աղա» մզկիթի և մեդրեսե քարաշարվածքի լիցքի շաղախների ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը

NN	Նմուշառման տեղամաս	Բաղադրակազմ	Խտություն կգ/մ ³	Ամրություն ՄՊա	Ջրակլանում %
1.	Մզկիթ	1 մաս կիր, 3 մաս ավազ	2000	7,2	45
2.	Մեդրեսե	1 մաս կիր, 4 մաս ավազ	1750	2,8	35,7

Աղյուսակ 3.11

«Գյովհար-Աղա» մզկիթի և մեդրեսե քարաշարվածքի լիցքի շաղախների քիմիական վերլուծության արդյունքները

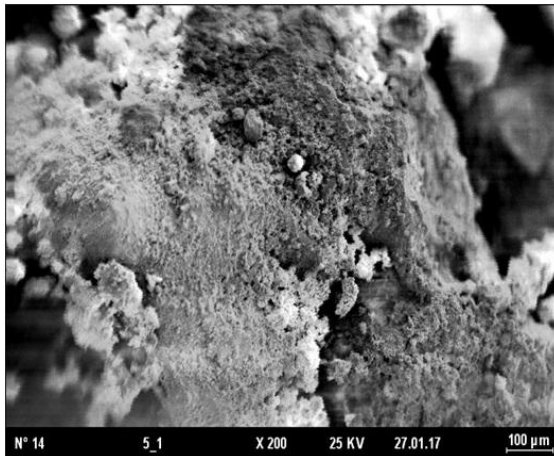
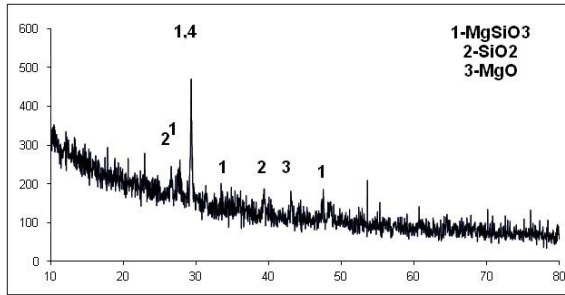
NN ըստ Աղ. 3.10	Բաղադրամասերի պարունակություն %											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	CO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O
1.	15,9	5,15	0,20	2,14	0,42	37,8	1,60	31,8	0,13	0,8	0,65	1,46
2.	26,9	9,36	0,30	2,98	0,56	29,0	1,80	25,0	0,25	1,1	1,0	1,75

Աղյուսակ 3.12

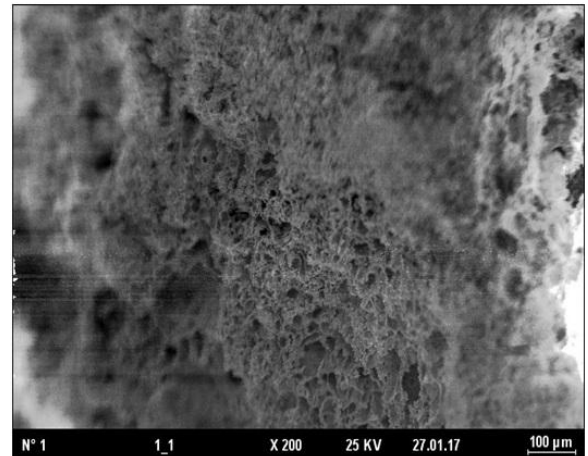
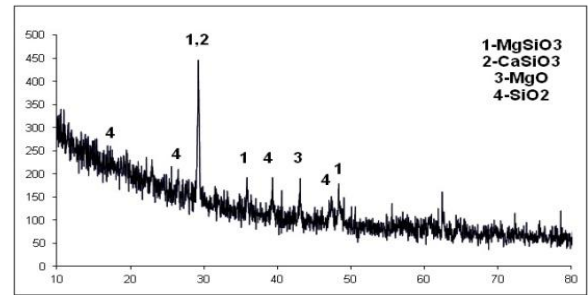
«Գյովհար-Աղա» մզկիթի և մեդրեսե քարաշարվածքի լիցքի շաղախների ապարագիտական վերլուծության արդյունքները

NN ըստ Աղ. 3.10	Միներալների քանակական պարունակությունը %														
	Ծանր չափամաս											Թեթև չափամաս			
	Մազնետիտ	Ապատիտ	Հեմատիտ	Հիպերսթեն	Դիոպսիդ	Ալգիտ	Երկաթի հիդրօքսիդներ	Եղջրախաբ	Եղջրախաբ բազալտային	Ակտինոլիթ	Բիոտիտ	Հողմահարված հատիկներ	Հրաբխային ապակի	Կվարց	Պլագիոկլազներ
1.	45.0	2,0	12.0	-	0,5	1,0	3,0	41	2,0	2,0	3,0	52	44	1	3
2.	50.0	4,0	-	-	1,0	6,0	2,0	16	20	2,5	1,0	59	30	1	10

Իրանական «Գյովհար-Աղա» մզկիթի և մեդրեսեի ռենտգենագրական և էլեկտրոնամանրադիտակային հետազոտությունների արդյունքները ներկայացված են ստորև Նկ. 3.11 և Նկ. 3.12-ում:



Նկ. 3.11



Նկ. 3.12

Իրանական «Գյովհար-Աղա» մզկիթի և մեդրեսեի պատերից վերցված շաղախներն ունեն համապատասխանաբար՝ հետևյալ հատկությունները. ծավալային խտություն՝ 2000կգ/մ³ և 1750կգ/մ³, իրական խտություն՝ 2,15գ/սմ³ և 2,14գ/սմ³, ամրություն 5,2 ՄՊա և 2,8 ՄՊա, ջրակլանում 45% և 35,7%, երկու շաղախների լուծելիությունը բացակայում է:

Շաղախներն ունեն համապատասխանաբար՝ հետևյալ բաղադրակազմերը. 1 մաս օդային կիր և 3 մաս ավազ, 1 մաս օդային կիր և 4 մաս ավազ:

Քարաշարվածքի լիցքի երկու շաղախներում օգտագործված օդային կիրը ստացվել է դոլոմիտացված կրաքարերի նստվածքային ապարներից, որոնք կազմված են կալցիտից և դոլոմիտից (կալցիումի և մագնեզիումի երկկարբոնատ՝ CaCO₃ և MgCO₃), ինչի մասին վկայում են քիմիական և ռենտգենագրային հետազոտությունների արդյունքները:

Այս շաղախների ավազները պարունակում են հողմահարված հատիկների (59 և 52 %), հրաբխային ապակու (30 և 44 %) զգալի քանակ, ինչպես նաև, մագնետիտի, եղջրախաբի և այլ միներալների քիչ քանակ, ինչը վկայում է տեղական բնական փոքր

և միջին ֆրակցիայի ավազների օգտագործման մասին, որոնք իրենցից ներկայացնում են մագմատիկ (դիորիտներ), մետամորֆիկ (գնեյսեր, ամֆիբոլներ) և նստվածքային (ավազաքար) ապարների կալցիումանատրիումային դաշտասպաթային խառնուրդներ: Բացի դրանից, մզկիթի շաղախում՝ որպես լցանյութ օգտագործվել է փայտածուխ (1,5...2 մմ) կապակցանյութի զանգվածից մոտավորապես 0,5...1 % քանակով:

Ռենտգենագրային հետազոտություններով արձանագրվել է մագնեզիումի և կալցիումի ($MgSiO_3$ և $CaSiO_3$) հիդրոսիլիկատների զգալի քանակություն: Օդում երկարատև ամրացման դեպքում, այնպիսի պայմաններում, որոնք բացառում են կրաշաղախների խոնավացումը, կրաշաղախներից կալցիումի և մագնեզիումի հիդրօքսիդները ժամանակի ընթացքում փոխազդել են օգտագործված ավազների սիլիկահողային բաղադրիչների հետ: Կալցիումի և մագնեզիումի հիդրօքսիդները մակակլանվել են, իսկ այնուհետև կապվել են լցանյութերի ակտիվ սիլիկահողի հետ՝ առաջացնելով տոբերմորիտային խմբի կալցիումի և մագնեզիումի հիդրոսիլիկատներ (այս բյուրեղների ձևը համապատասխանում է միկրոնկարների վեցանկյուն թիթեղիկներին): Քարաշարվածքի լիցքի շաղախների ռենտգենագրերը ցույց տվեցին նաև կայծքարի և մագնեզիումի բյուրեղային անջուր օքսիդների պիկերը, որոնց առաջացումը կապված է շարվածքային շաղախներում սիլիկահողի շրջապատույտի արդյունքում ընթացող անընդհատ որակական փոփոխությունների հետ: Կալցիումի և մագնեզիումի հիդրոսիլիկատներից ($CaSiO_3$ և $MgSiO_3$) ածխաթթու գազի (CO_2) ազդեցության տակ անջատվել են գելային գոյացություններ, որոնք աստիճանաբար կարող էին ջրազրկվել և վերադառնալ բյուրեղային անջուր վիճակի:

Քարաշարվածքի լիցքի երկու շաղախներում լուծելիությունն ամբողջությամբ բացակայում է, ընդ որում, առկա են ջրակլանման բարձր արժեքներ՝ 45 և 35,7 %: Քիմիական վերլուծության արդյունքները ցույց տվեցին սիլիկահողի՝ 15,9 և 26,9 %, կավահողի՝ 5,2 և 9,4 % պարունակություն, որը վկայում է օգտագործված ավազում կաոլինիտի և մոնտմորիլոնիտի շերտավոր միներալների պոլիմորֆների առկայության մասին: Շաղախների մանրադիտակային նկարները նաև ակնառու կերպով ցույց տվեցին միներալների շերտայնությունը բյուրեղների և դրանց կրկնակների տեսքով (ծիծեռնակի պոչ): Ինչպես հայտնի է, կավային միներալների պոլիմորֆները

կազմավորում են չափազանց նուրբ դիսպերսային խիտ զանգվածներ, խոնավ միջավայրում դրանք ուռչում են միջփաթեթային տարածության հաշվին, չոր մթնոլորտում ջուրը հեռանում է և բյուրեղները ծավալով փոքրանում են: Սրանով էլ բացատրվում է մզկիթի և մեդրեսեի շարվածքային շաղախների բարձր ջրակլանումը լուծելիության բացարձակ բացակայության դեպքում, որով պայմանավորված է հետազոտված կրային նյութերի ջրակայունությունը:

Հետազոտվել են նաև «Գյովհար-Աղա» մզկիթի արտաքին և ներքին սվաղային շաղախները: Ֆիզիկա-մեխանիկական բնութագրերը բերված են Աղ. 3.13-ում, քիմիական կազմի ուսումնասիրության արդյունքները՝ Աղ. 3.14-ում, ապարագիտական վերլուծության արդյունքները՝ Աղ. 3.15-ում, ռենտգենագրային և էլեկտրոնամանրադիտակային հետազոտությունների արդյունքները ներկայացված են Նկ. 3.13 և Նկ. 3.14-ում:

Աղյուսակ 3.13

«Գյովհար -Աղա» մզկիթի սվաղի շաղախների ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը

NN	Նմուշառման տեղամաս	Խտություն կգ/մ ³	Ամրություն ՄՊա	Լուծելիություն % ըստ կշռի	Ջրակլանում %
1.	Արտաքին մակերես	2570	5,7	-	11.1
2.	Ներքին մակերես	1870	3,5	-	20.0

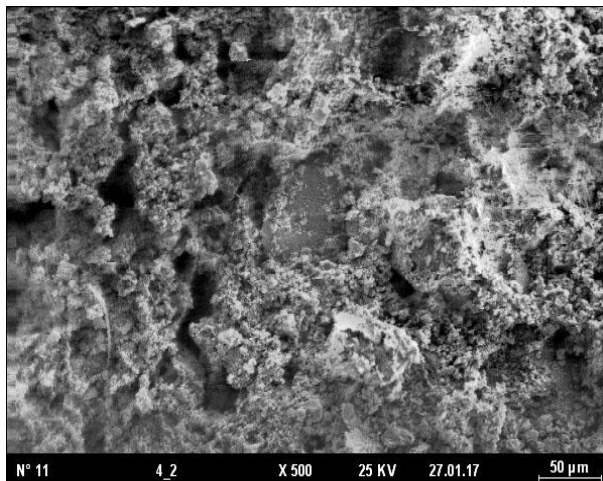
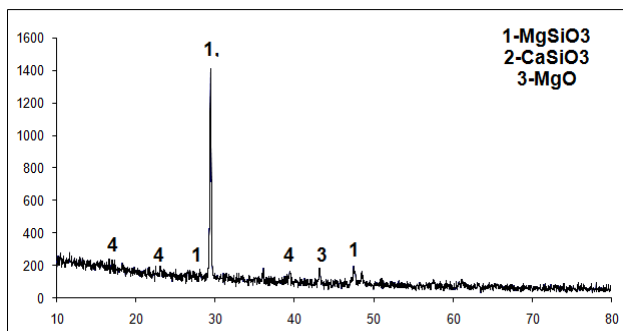
Աղյուսակ 3.14

«Գյովհար- Աղա» մզկիթի սվաղի շաղախների քիմիական վերլուծության արդյունքները

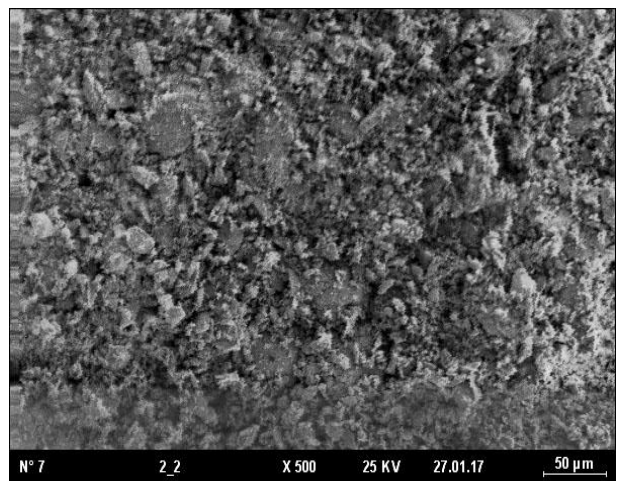
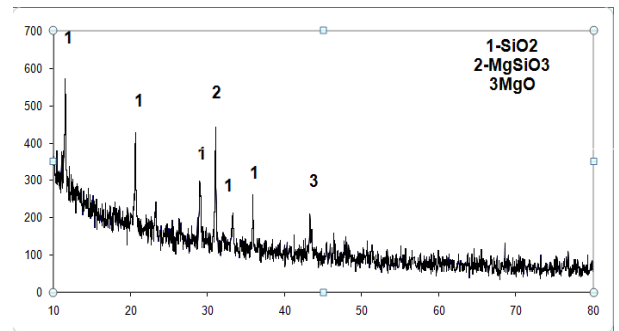
NN ըստ Աղ. 3.13-ի	Բաղադրամասերի պարունակություն %												
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	CO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O	SO ₃
1.	9.60	2.80	0.05	1.85	0.14	30.4	1.50	2.50	0.04	0.40	0.50	5.20	45.0
2.	8.59	3.84	0.10	1.45	0.14	43.7	11.4	34.9	0.18	0.60	0.60	0.70	2.30

«Գյովհար- Աղա» մզկիթի սվաղի շաղախների ապարագիտական վերլուծության արդյունքները

NN ըստ Աղ. 3.13	Միներալների քանակական պարունակությունը %														
	Ծանր չափամաս											Թեթև չափամաս			
	Մագնետիտ	Էպիդոտ	Ցիոկոն	Հիպերսթեն	Դիոպսիդ	Ալգիտ	Երկաթի հիդրօքսիդներ	Եղջրախաբ	Եղջրախաբ բազալտալին	Ակտինոլիթ	Բիոտիտ	Հողմահարված հատիկներ	Հրաբխային ապակի	Պլագիոկլազներ	Քլիգոսիլ
1.	50	2	-	1	2	10	1	12	18	2	2	30	-	2	68
2.	50	1	1	1	4	10	1	12	20	-	-	55	35	10	-



Նկ. 3.13 Ներքին սվաղ



Նկ. 3.14 Արտաքին սվաղ

Շուշիում «Գյովհար-Աղա» մզկիթի ներքին մակերևույթից վերցված շաղախը պատրաստված է երեք մաս գիպսային կապակցանյութի (SO_3 -45%, CaO -30,4%) օգտագործմամբ՝ ավելացնելով մեկ մաս կավային, թերթաքարային և գնեյսային խառնուրդներ: Անհիդրիդի պարունակությունը զուգահեռ-մանրաթելային կառուցվածքով կրկնակի բյուրեղների տեսքով հեշտ նկատվում է մանրադիտակային նկարում: Ներքին սվաղի նյութն իր որակական կազմով մոտ է գաջին (կավագիպս), որում քանակական բաղադրակազմի մեկ չորրորդ մասը հիմնականում սերպանտինի խմբի մեջ մտնող քրիզոտիլի մանր, շատ մանր և փոշենման մասնիկներն են: Շաղախի ռենտգենագիրը ցույց տվեց կայծքարի (SiO_2) և մագնեզիումի (MgO) բյուրեղային անջուր օքսիդների պիկերը (գագաթները): Սերպանտինի խումբը կազմող մագնեզիումի շերտավոր սիլիկատները $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ հանդիսանում են կավային թերթաքարերի և գնեյսերի հիմնական միներալները:

Գիպսային սվաղի հավելյալ բաղադրիչները կարող էին ներառվել կազմի մեջ մտածված՝ ինչպես ընդունված է կրաշաղախներում, կամ դրանք կարող էին պարունակել ելակետային ապարներում՝ աղտոտող խառնուկների տեսքով: Ճիշտ այսպիսի՝ քիչ թրծված բնական խառնուրդների փոփոխական պարունակությամբ գիպսի տեսակ է հայտնաբերվել Եգիպտոսում պալատական, տաճարային կառույցների, ինչպես նաև, դամբարանների սվաղներում, որոնք լայնորեն կիրառվել են որմնանկարների տակ:

Եվ այսպիսի օրինակները քիչ չեն տարբեր ժամանակաշրջանների այլ մշակույթներում: Սկսած 15-րդ դարի երկրորդ կեսից՝ այսպես կոչված «կունդալ» որմնանկարչությունը լայնորեն կիրառվել է մզկիթների ինտերիերների դեկորատիվ ձևավորման մեջ: Այն իրենից ներկայացնում է ռելիեֆային զարդանկար կարմիր կավից՝ բուսական սոսնձի և գիպսի խառնուրդով, որի ուռուցիկ մասերը պատված են ոսկու նուրբ շերտով, իսկ հիմնապատառը լրացված է կապույտ գույնով ներկված մանր բուսական նախշերով [60]:

Հայտնի է, որ այս հարդարանքի տակ սվաղի համար օգտագործվել է գիպս կավի բնական խառնուրդով, ինչպես նաև սիլիկահողի և կարբոնատների որոշակի քանակությամբ: Այդ բնական նյութը (գաջ) տաքացնում էին մինչև 130°C , մանրացնում և

մաղում: Խոշորահատիկ բաց մոխրագույն գաջը (թեզ-գաջ) հին վարպետներն օգտագործում էին շարվածքային շաղախներում, իսկ մաքրված, մանր աղացվածքի սպիտակ գաջը (գյուլ-գաջ)՝ սվաղային շաղախներում, որմնանկարների և փորագրությունների տակ:

Շուշիի «Գյուլհար-Աղա» մզկիթի ներքին սվաղի գիպսային շաղախի բաղադրակազմում շերտավոր միներալների առկայությունը հանգեցրել է դրա էական ջրակլանմանը (լուծելիության լիարժեք բացակայության դեպքում): Շերտավոր միներալների կողմից ջրի մոլեկուլների կլանման ժամանակ, դրանք միջփաթեթային տարածությունների հաշվին ուռչում են, իսկ հեռացման դեպքում ենթարկվում են ծավալային փոքրացման: Այս պրոցեսի բազմակի կրկնությունը կարող էր նպաստել մակերևութային ճաքերի առաջացմանը: Հայտնի է, որ շինարարական գիպսի ամրացումը հիմնված է ջրում լուծվելու, հիդրատացիայի և հետագա բյուրեղացման վրա, որի ընթացքում առաջանում է ամուր սերտանվածք՝ կալցիումի սուլֆատի դիհիդրատ ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$):

Գիպսային շաղախի առանձին մասնիկները, լավ շաղկապվելով միմյանց հետ և քսվելով աղյուսե շարվածքի մակերևույթի վրա, միաժամանակ չունեն ներթափանցման հատկություն (դիֆուզիա): Գիպսային սվաղի քայքայումը կապված է աղյուսե շարվածքի մակերևույթի վրա կոնդենսատի (խտուցք) առաջացման մեխանիզմի հետ, որտեղ սվաղի շաղախի մակերևութային ճաքերով թափանցում է խոնավությունը: Բազմակի սառչումը, հալումը, խոնավացումը և չորացումը հանգեցնում են սվաղի խզմանը և քայքայմանը: Բացի դրանից, քայքայման գործընթացը կախված է աղյուսե շարվածքի խոնավացումից, կախված տանիքային ջրամեկուսացման վնասվածքներից, որի մասին է վկայում աղյուսե շարվածքի որոշ հատվածների բացակայությունը: Ջուրը՝ թափանցելով ամրացող կրաշաղախի միջով, կուտակվել է գիպսային շաղախի և կավային աղյուսի բաժանարար մակերևույթի վրա, հեշտությամբ պոկելով դրանք միմյանցից: Ժամանակի ընթացքում խոնավությունը հանգեցնում է կրաշաղախի լվացմանը, առանձին աղյուսների արտանկմանը, ընդհանուր շարվածքի թուլացմանը և արագացրել է գիպսային սվաղի հետագա քայքայման պրոցեսը:

«Գյուվհար-Աղա» մզկիթի արտաքին մակերևույթից վերցված շաղախը պատրաստված է 9 մաս օդային կրի և 1 մաս կարբոնատային ավազի օգտագործմամբ:

Շաղախի ռենտգենագիրը ցույց տվեց կայծքարի և մագնեզիումի բյուրեղային անջուր օքսիդների պիկերը (գագաթները), որը վկայում է այն մասին, որ կրային կապակցանյութ ստանալու համար օգտագործվել են նստվածքային ապարներ դոլոմիտացված կրաքարերից՝ կազմված կալցիտից և դոլոմիտից (կալցիումի և մագնեզիումի կրկնակի կարբոնատ՝ CaCO_3 և MgCO_3):

Ավազն իրենից ներկայացնում է շատ մանր և փոշենման ֆիակցիայի կալցիումա-նատրիումային դաշտա-սպաթային դիորիտների, գնեյսերի և ամֆիբոլների խառնուրդներ: Կալցիումի ազատ հիդրօքսիդը բաղադրակազմերում բացակայում է: Ռենտգենագիրն արձանագրեց մագնեզիումի՝ MgSiO_3 , կալցիումի՝ CaSiO_3 հիդրոսիլակատի և կայծքարի օքսիդի զգալի քանակություն, որը վկայում է կալցիումի հիդրօքսիդի և օգտագործված բնական ավազների սիլիկահողային բաղադրիչների երկարատև փոխազդեցության մասին: Այս սվաղի ամրությունը (5,7 ՄՊա) պայմանավորված է կալցիումի կարբոնատի մեծ քանակությամբ (կարբոնատություն 89%): CaCO_3 -ը խտացնում, ամրացնում է շաղախը և հանդիսանում է դրա առաջնային կառուցվածքային ամրության բաղադրիչը:

Մագնեզիումային կապակցանյութը Շուշիի «Գյուվհար-Աղա» մզկիթի արտաքին սվաղների համար ապահովել է շերտի ավելի ամուր մակերևույթ: Կրային կապակցանյութի ստացման համար օգտագործված դոլոմիտացված կրաքարային նույն ապարների օգտագործումը նաև որպես լցանյութ, հանգեցրել է ամրացած կապակցանյութի կալցիտի հատիկների՝ ըստ լցանյութի հատիկների, վերականգնման (ռեգեներացիայի): Այսինքն՝ տեղի է ունեցել աստիճանական անցում՝ լցանյութից կապակցանյութ: Սրանով է պայմանավորված կառուցվածքի բարձր խտությունը և հավասարաչափությունը, բաղադրիչների լավ կապակցումը, և որպես հետևանք՝ այս սվաղային շաղախի համեմատաբար ցածր ջրակլանումը: Կրաշաղախում կարբոնատային լցանյութերի կիրառումը, ամուր բյուրեղային սերտաճվածքից բացի թույլ է տալիս օգտագործել սովորական կրաքարային արտադրության թափոնները (թերթրծում, կրաքարային մանրուք, գերթրծում, խարամացված մասեր): Լուծելիության

բացարձակ բացակայության դեպքում առկա է «Գյուվհար-Աղա» մզկիթի արտաքին սվադի մասնակի քայքայում: Քայքայման մեխանիզմը կապված է երկարատև ժամանակահատվածի ընթացքում ինչպես շաղախի առանձին բաղադրամասերի, այնպես էլ ընդհանուր քարային շարվածքի պարբերաբար սառեցման, հալման, խոնավացման, չորացման և այլ ագրեսիվ՝ քիմիական, ֆիզիկական և կենսաբանական գործոնների ազդեցության տակ ընթացող տարբեր ջերմաստիճանային դեֆորմացիաների տարբերությունների հետ:

3.4 Եզրակացություններ ըստ ԳԼՈՒԽ 3-ի

1. Հնագույն հայկական մայրաքաղաք Արտաշատի բաղնիքի քարաշարվածքից նմուշառված երկշերտ սվադի հիմնական ֆիզիկա-մեխանիկական բնութագրերի հետազոտությունից և ապարագիտական արդյունքների վերլուծությունից պարզվել է, որ սվադի առաջին շերտը իրականացվել է բավականաչափ ամուր (> 8 ՄՊա) պարարտ կրաշաղախով (1 մաս կիր/ 3 մաս լցանյութի և հավելանյութի խառնուրդ): Այդ կրաշաղախում, որպես լցանյութ, օգտագործվել է գետի մանր կվարցային ավազ, իսկ որպես հավելանյութ՝ թրծած կավի աղացվածքից ստացված մանրահատիկ և փոշենման մասնիկների խառնուրդ: Իսկ սվադի երկրորդ շերտը իրականացվել է էլ ավելի ամուր (> 10 ՄՊա) գերպարարտ (1 մաս կիր / 2 մաս լցանյութի և հավելանյութի խառնուրդ) կրաբետոնով, որտեղ օգտագործված գետի մանր կվարցային ավազի քանակի մոտավորապես 10%-ը փոխարինվել է ավելի խոշոր (10...12 մմ) մասնիկներով՝ կոպիճով և թրծած կավի ջարդվածքով: Որպես հավելանյութ օգտագործվել է նույն թրծած կավի աղացվածքից ստացված մանրահատիկ և փոշենման մասնիկների խառնուրդ:

Կրաշաղախի և կրաբետոնի փորձանմուշները ջրում չմասնատվեցին և չլուծվեցին, պահպանվեց նրանց միաձույլ տեսքը, ծավալը և զանգվածը, այլ կերպ ասած, կրանյութերը ցուցաբերեցին բավականին բարձր ջրակայունություն:

Ռենտգենագրային, էլեկտրոնամանրադիտակային հետազոտությունները հնարավորություն տվեցին բացահայտել ջրակայունության այդպիսի բարձր ցուցանիշի խորքային առավել հավանական պատճառը: Հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ կրանյութերում ազատ կալցիում չկա, հայտնաբերված են կարբոնացված

հիդրոսիլիկատներ - CaSiO_3 և տարբեր աստիճանի ջրագրկված սիլիկատներ՝
օպալային դոնդողի - SiO_2 ջրագրկման արդյունքում առաջացած բյուրեղային
խալցեդոնը - SiO_2 : Արտաշատի կրանյութերի ջրակայունությանը, ինչպես պարզվեց,
օժանդակել է թրծած կավային ջարդոնների և դրանցից ստացված մանրահատիկ և
փոշենման մասնիկների օգտագործումը:

2. «Տաթև» վանական համալիրից նմուշառված քարաշարվածքի լիցքի ու արտաքին և
ներքին սվաղների հետազոտված շաղախները ջրակայուն չեն: Պարզվել է, որ
շաղախները պատրաստված են օդային կրի հենքով, ընդ որում՝ լիցքի շաղախների
բաղադրակազմում առկա են տվյալ տարածաշրջանի կվարցասպաթային և
հրաբխային ապարների խառնուրդներից ավազները: Շաղախները ցույց են տվել
հետևյալ արդյունքները. խտություն՝ 1800 կգ/մ^3 և 1825 կգ/մ^3 ու ամրություն՝ 2.5 ՄՊա
և 6.0 ՄՊա : Կրաշաղախները ջրում մասնատվեցին և մասամբ լուծվեցին (20%
և 15%)

Արտաքին սվաղի մեջ որպես դիսպերս ամրանավորում օգտագործված է ծղոտ:
Ապարագիտական հետազոտման արդյունքներից ի հայտ է եկել, որ ավազները
պարունակում են հողմնահարված հատիկների $50 - 58\%$ քանակություն, ինչը
զգալիորեն նպաստում է ջրային միջավայրում կրանյութերի մասնատմանը: Ըստ
ռենտգենագրային հետազոտման արդյունքների, կրաշաղախների հիմնական
բաղադրիչներից երեքը՝ կալցիումի կարբոնատը, կարբոնացված
հիդրոսիլիկատները և բյուրեղային խալցեդոնը, լուծվող միներալներ չեն, իսկ
կալցիումի երկկարբոնատի լուծելիությունը բարձր է, հարյուր անգամ գերազանցում է
կալցիումի կարբոնատի լուծելիությանը, ինչով և մեծ մասամբ պայմանավորված է
կրաշաղախների անկայունությունը ջրի նկատմամբ: Սա կարող էր տեղի չունենալ,
եթե շաղախները պարունակեին հատուկ հավելանյութեր փայտի մոխիրի,
թրծակավի փոշու կամ բնական փոցողանների տեսքով: Զրահագեցած կրաշաղախի
ճաքճքման ևս մեկ լրացուցիչ գործոն է արտաքին սվաղների մեջ օգտագործած
ծղոտը:

3. "Գյովհար-Աղա" իրանական մզկիթի և մեդրեսեի քարաշարվածքից նմուշառված
լիցքի ու արտաքին և ներքին սվաղների հետազոտված շաղախները ջրակայուն են:

Պարզվել է, որ լիցքի պարարտ և արտաքին սվաղի գերպարարտ շաղախները պատրաստվել են դոլոմիտային կրաքարերի նստվածքային ապարներից ստացված օդային կրով և տեղական դիորիտների, գնեիսերի և ավազաքարերի կալցիումա-նատրիումային, դաշտասպաթային բնական խառնուրդների ավազներով: Կրային կապակցանյութի ստացման համար օգտագործված դոլոմիտացված կրաքարերի նույն ապարների օգտագործումը որպես լցանյութ, նպաստել է բաղադրիչների լավ կապակցմանը: Սրանով է պայմանավորված կրաշաղախների կառուցվածքի բարձր խտությունը և ջրակայունությունը:

Մագնեզիումային կապակցանյութը Շուշիի «Գյովհար-Աղա» մզկիթի արտաքին սվաղների համար ապահովել է շերտի ավելի ամուր մակերևույթ: Կրային կապակցանյութի ստացման համար օգտագործված դոլոմիտացված կրաքարերի նույն ապարների օգտագործումը որպես լցանյութ, հանգեցրել է ամրացած կապակցանյութի՝ կալցիտի հատիկների՝ ըստ լցանյութի հատիկների, վերականգնման (ռեգեներացիայի): Այսինքն՝ տեղի է ունեցել աստիճանական անցում՝ լցանյութից կապակցանյութ: Սրանով է պայմանավորված կառուցվածքի բարձր խտությունը և հավասարաչափությունը, բաղադրիչների լավ կապակցումը, և որպես հետևանք՝ սվաղի շաղախի համեմատաբար ցածր ջրակլանումը: Կրաշաղախում կարբոնատային լցանյութերի կիրառումը, բացի ամուր բյուրեղային սերտաճվածքի, թույլ է տալիս օգտագործել սովորական կրաքարային արտադրության թափոնները (թերթրծում, կրաքարային մանրուք, գերթրծում, խարամացված մասեր): Լուծելիության բացարձակ բացակայության դեպքում առկա է «Գյովհար-Աղա» մզկիթի արտաքին սվաղի մասնակի քայքայում: Քայքայման մեխանիզմը կապված է երկարատև ժամանակահատվածի ընթացքում ինչպես շաղախի առանձին բաղադրամասերի, այնպես էլ ընդհանուր քարային շարվածքի, պարբերաբար սառեցման, հալման, խոնավացման, չորացման և այլ ազդեցիկ՝ քիմիական, ֆիզիկական և կենսաբանական գործոնների ազդեցության տակ ընթացող տարբեր ջերմաստիճանային դեֆորմացիաների տարբերությունների հետ:

**ԳԼՈՒԽ 4 ՕԴԱՅԻՆ ՉՀԱՆԳԱԾ ԿՐՈՎ ՄՇԱԿՎԱԾ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ
ՇԱՐԱԽՆԵՐԻ ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ԵՎ ԴՐԱՆՑ
ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՈՒ ՀԱՆՔԱԲԱՆԱԿԱՆ ԲԱՂԱԴՐԱԿԱԶՄԵՐԻ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ**

Հնագույն շինությունների մշակութային և պատմական արժեքը պահպանելու համար ժամանակակից վերականգնողական կանոնները թույլ չեն տալիս ակտիվ միջամտություն իրականացնել հուշարձանների արտաքին տեսքի մեջ: Վերականգնման գործընթացը ենթադրում է ամրացնող և պահպանողական ամենաանհրաժեշտ միջոցառումների իրականացում՝ օգտագործելով ամենաժամանակակից պաշտպանիչ միջոցները և նյութերը:

Հնագույն հուշարձանի վերականգնման ընթացքում տարատեսակ ամրակայման և պաշտպանական միջոցառումների իրականացման նպատակով թույլատրվում է օգտագործել ամենաժամանակակից նյութեր և միջոցներ [58-59, 81, 83]: Դրա հետ մեկտեղ, «ժամանակի պատինան (բրոնզափառ հետքի)» պահպանման համար, ճարտարապետական ժառանգության հետ աշխատելիս առաջնահերթությունը տրվում է ավանդական նյութերին և տեխնոլոգիաներին [63, 93]: Վերականգնման ժամանակակից գիտական մեթոդաբանությամբ մշակված կանոնների շրջանակներում «նոր» նյութերը պետք է համատեղելի լինեն «հինների» հետ: Որպես գլխավոր ուղղորդիչներ պետք է ծառայեն հնագույն կառույցի նյութերի հիմնական բնութագրերի հետազոտության արդյունքները [64]:

Հնագույն տաճարների վերականգնումը՝ կոմպոզիցիոն նյութերի հիմնավորված ընտրության դեպքում, կարող է կանխատեսելի երկարաժամկետ ծառայության համար ապահովել քարե կոնստրուկցիաների հուսալիություն և երկարակեցություն: Հնագույն կրաշաղախների և քարերի հատկությունների հետազոտությունները թույլ են տալիս սահմանել շաղախների նկատմամբ հիմնական ելակետային պահանջները:

Չափանիշների մեջ, որոնք սահմանում են ավելի բարձր երկարակեցության վերականգնման նյութերի հայեցակարգը, պահանջվող ամրության և

դեֆորմատիվության օպտիմալ արժեքների դեպքում ջրակայունության ու սառնակայունության բարձր արժեքների նկատմամբ պահանջները հատուկ ընդգծվել են գիտական համայնքի կողմից:

Նոր ներարկվող նյութերը պետք է հնարավորինս նման լինեն նախկինում օգտագործվածներին, ունենան բարձր ջրակայունություն և սառնակայունություն, ինչպես նաև այնպիսի հատկություններ, որոնք կապահովեն լավ ներթափանցում պատի հաստության մեջ, հարակցվում քարի հետ և առանձին մասերի ամրապնդում (կոնսոլիդացիա)՝ այդ թվում նաև նախնական շաղախների փոշենման և բեկորային մնացորդների հետ [81, 101]:

4.1 Շաղախների բազային բաղադրակազմերը և դրանց ջրակայունության, խտության, ամրության և ջրակլանման հետազոտումը

Հայկական ճարտարապետության մի շարք հուշարձանների նյութերի վիճակի ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ քարային շարվածքի ամենախոցելին՝ կապված ջրակայունության ցուցանիշների հետ, օդային կրով շաղախներն են: Բարելավված տեխնիկական հատկություններով վերականգնման շաղախների մշակմանն ուղղված հետազոտությունների շրջանակներում «Հորիզոն-95» լաբորատորիայում ուսումնասիրվել է թրծակավի փոշու ազդեցությունը օդային կրի հենքով և տեղական բնական ավազներով պատրաստվող շաղախների հիմնական որակական ցուցանիշների վրա:

Աշխատանքում կիրառվել են նախապես հետազոտված ելակետային նյութերը: Դրանք են՝ օդային չհանգած կիրը, պորտլանդցեմենտը (Արարատի գործարան), գետային ավազը (Արաքսավանի հանք), լիթոիդային ավազը (Ջրաբերի հանք), կավագործական արտադրության աղացած թափոնները, «Mapefluid N200» գերպլաստիկարարը և «Planicrete» սինթետիկ կաուչուկի լատեքսը (Մապեյ, Իտալիա):

Իրականացված հետազոտություններում օգտագործվել է հայկական շինարարական մշակույթում հնուց կիրառվող ավանդական տեխնոլոգիական հնարքը. հիմնական բաղադրամասի փոփոխություն (կիր կամ ավազ) այլ նյութով՝ տվյալ կոնկրետ կիրառության համար պահանջվող վերջնական որակի ստացման նպատակով [32, 71, 88-90, 94, 97]:

Մշակվել են կրային և կրացեմենտային շաղախների բաղադրակազմեր գետային և լիթոիդապեմզային թրծակավային ավազների հիման վրա [13, 47-48, 82, 84]:

«Հորիզոն-95» լաբորատորիայում նախկինում կատարված հետազոտական աշխատանքների ընթացքում տարբեր կապակցանյութերով և ավազներով պատրաստված շաղախների համար որոշվել են «Mapefluid N200» գերալաստիկարարի և «Planicrete» սինթետիկ կաուչուկի լատեքսային նյութի արդյունավետությունը և օպտիմալ բաժնորոշումը: Մշակված շաղախների բաղադրակազմերը բերված են Աղ. 4.1-ում:

Աղյուսակ 4.1

Շաղախների բաղադրակազմերը

NN	Նյութերի ծախսը 1 մ ³ շաղախի համար կգ							
	Կիր	Ցեմենտ	Ավազ գետային	Ավազ լիթոիդա-պեմզային	Թրծակավի ավազ	Ջուր	«Mapefluid N200»	«Planicrete»
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	580	-	1350	-	-	270	3.0	
2	580	-	965	-	385	270	3.0	
3	580	-	-	1050	-	365	3.0	
4	580	-	-	645	385	365	3.0	
5	290	290	1350	-	-	250	3.0	
6	290	290	-	1050	-	345	3.0	
7	580	-	965	-	385	240	3.0	8.0
8	580	-	-	645	385	300	3.0	8.0

Ներկայացված բաղադրակազմերով բարձր շարժունակության շաղախախառնուրդներից, պատրաստվել են խորանարդ-նմուշներ՝ խտության, ամրության, ջրակայունության, ջրակլանման ուսումնասիրության նպատակով: Փորձարկումներն իրականացվել են նմուշները 28 օր պահելուց հետո: Առանց թրծակավի փոշու կրաշաղախների նմուշների մի մասը պահպանվել է օդային չոր պայմաններում ($t = 18 \pm 2^\circ \text{C}$), իսկ կրաթրծակավային և կրացեմենտային շաղախների նմուշները՝ նորմալ ջերմաստիճանային և խոնավության պայմաններում ($t = 18 \pm 2^\circ \text{C}$,

$W = 95 \pm 5 \%$): Հետազոտություններն իրականացվել են համաձայն գործող նորմատիվների և ստանդարտների պահանջների [47-50]:

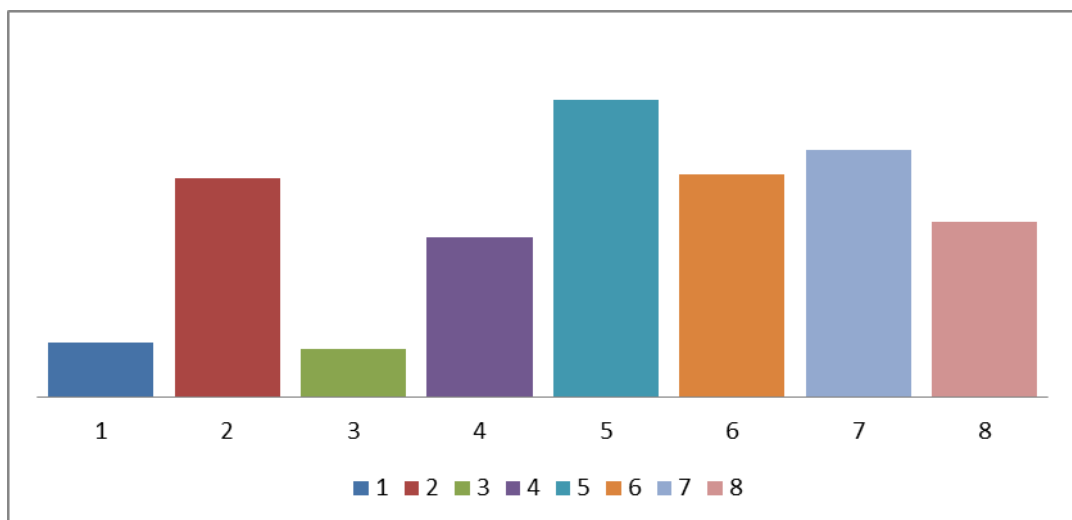
Փորձարարական ճանապարհով որոշվել են շաղախների ջրակայունությունը, ամրությունը, ջրակլանումը: Շաղախների հիմնական տեխնիկական բնութագրերը ներկայացված են Աղ. 4.2-ում:

Աղյուսակ 4.2

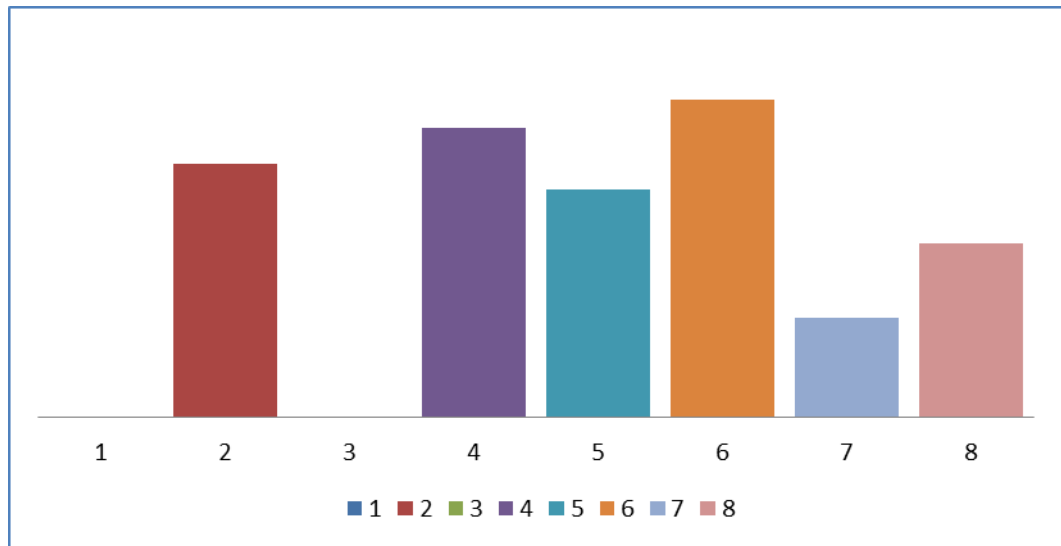
Շաղախների հիմնական տեխնիկական բնութագրերը

NN ըստ Աղ.4.1	Խտություն կգ/մ ³	Լուծելի մաս %	Ջրակլանում %	Ամրություն չոր վիճակում ՄՊա	Ամրություն խոնավ վիճակում ՄՊա	Փափկացման գործակից
1	2110	12,0	-	5,5	-	-
2	2110	-	6,8	24,0	20,8	0,87
3	1735	10,1	-	4,8	-	-
4	1735	-	8,3	16,2	16,8	1,04
5	2355	-	6,5	30,1	29,5	0,98
6	2060	-	9,1	22,6	20,5	0,91
7	2090	-	3,5	26,0	20,5	-
8	1700	-	5,0	17,8	20,5	-

Նկ. 4.1 և Նկ. 4.2ում ներկայացված են շաղախների հարաբերական ամրությունների և ջրակլանման դիագրամները, համարակալումը բերված է ըստ Աղ. 4.1ի :



Նկ 4.1 Շաղախների հարաբերական ամրության դիագրամ



Նկ 4.2 - Շաղախների ջրակլանման հարաբերական դիագրամ

Չհանգած օդային կրով, առանց թրծակավի օգտագործման, գետային (N1, Աղ. 4.1) և լիթոիդապեմզային (N3, Աղ. 4.1) ավազներով պատրաստված քարաշարվածքի լիցքի շաղախները ջրակայուն չեն՝ 28 օր օդային պայմաններում ամրացած նմուշները ջրակլանման փորձարկման ընթացքում փափկեցին և կորցրեցին իրենց երկրաչափական կառուցվածքը: Այդ կրաշաղախների փորձարկումներից ստացվել են հետևյալ արդյունքները. լուծվող մասը կազմել է համապատասխանաբար՝ 10,1 ու 12,0%, և սեղմման ամրությունը՝ 5,5 ու 4,8 ՄՊա:

Չհանգած օդային կրով, թրծակավի օգտագործմամբ, գետային (N2, Աղ. 4.1) և լիթոիդապեմզային (N4, Աղ. 4.1) ավազներով պատրաստված քարաշարվածքի լիցքի շաղախները ջրակայուն են: Այդ կրաշաղախների փորձարկումներից ստացվել են հետևյալ արդյունքները. սեղմման ամրությունը կազմել է համապատասխանաբար՝ 24,0 ու 16,2 ՄՊա և ջրակլանումը՝ 6,8 ու 8,3 %:

Քարաշարվածքի լիցքի կրացեմենտային շաղախները՝ պատրաստված գետային (N5, Աղ. 4.1) և լիթոիդապեմզային (N6, Աղ. 4.1) ավազներով, ջրակայուն են: Այդ կրաշաղախների փորձարկումներից ստացվել են հետևյալ արդյունքները. սեղմման ամրությունը կազմել է համապատասխանաբար՝ 30,1 ու 22,6 ՄՊա և ջրակլանումը՝ 6,5 ու 9,1 %:

Չհանգած օդային կրով, թրծակավի օգտագործմամբ, գետային (N7, Աղ. 4.1) և լիթոիդապեմզային (N8, Աղ. 4.1) ավազներով պատրաստված քարաշարվածքի կարանախցման շաղախները ջրակայուն են: Այդ կրաշաղախների փորձարկումներից ստացվել են հետևյալ արդյունքները. սեղմման ամրությունը կազմել է համապատասխանաբար՝ 26,0 ու 17,8 ՄՊա և ջրակլանումը՝ 3,5 ու 5,0 %:

Բնական ավազի մի մասը թրծակավով և օդային կրի մի մասը պորտլանդցեմենտով փոխարինման արդյունավետությունը փաստացիորեն նույնն է. շաղախները ձեռք են բերում հիդրավլիկական հատկություններ: Կրաշաղախները, որոնցում ավազի մի մասը փոխարինված է թրծակավով, օդային և ջրային պայմաններում ամրանում են հիդրավլիկական կրի նման՝ հիդրատացմամբ, կարբոնացմամբ, վերաբյուրեղացմամբ և չորացմամբ: Իսկ այն շաղախները, որոնցում օդային կրի մի մասը փոխարինվել է ցեմենտով, օդային և ջրային պայմաններում պնդանում և ամրանում են հիդրոլիզի և հիդրատացիայի պատճառով:

Օդային պայմաններում անթրծակավ կրաշաղախների ամրացման ընթացքում կալցիումի հիդրօքսիդի՝ $\text{Ca}(\text{OH})_2$, և կալցիումի կարբոնատի՝ CaCO_3 , նորագոյացությունները, որպես առաջնային կառուցվածքային ամրության բաղադրիչներ, նպաստում են կառուցվածքի խտացմանը և ամրացմանը: Ինչպես հայտնի է, համեմատած կալցիումի կարբոնատի հետ կալցիումի հիդրօքսիդն ունի զգալիորեն մեծ լուծելիություն (40 անգամ), ինչով էլ պայմանավորված է անթրծակավ կրաշաղախների անկայունությունը ջրի նկատմամբ:

Խոնավ պայմաններում ամրանալու ընթացքում կրաթրծակավային շաղախներում կալցիումի հիդրօքսիդի՝ $\text{Ca}(\text{OH})_2$, և կալցիումի կարբոնատի՝ CaCO_3 , առաջնային միներալների ձևավորումից հետո, դրանք փոխազդեցության մեջ են մտնում թրծակավի և օգտագործված ավազների ակտիվ բաղադրիչների հետ: Արդյունքում, առաջացած կալցիումի հիդրօքսիլիկատները՝ $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, մտնում են քիմիական ռեակցիայի մեջ մնացորդային ազատ կալցիումի հիդրօքսիդի՝ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – ի հետ: Ընդ որում, ջրում լուծված ածխաթթու գազի՝ CO_2 -ի, առկայության դեպքում, կրկին կատարվում է կարբոնացում և առաջանում է սիլիկաթթվային գել՝ $\text{SiO}_2 \cdot \text{aq.}$: Հայտնի է, որ վտիտ կրաշաղախներում սիլիկաթթվային գելը հանգեցնում է ամրության նվազման,

իսկ պարարտներում՝ նպաստում է դրանց հետագա ամրացմանը: Մշակված կրաթրծակավային շաղախների բաղադրակազմերում կրի բարձր պարունակության հետ կապված, երկու նորագոյացությունները կազմավորում են խիտ ավազակրային խառնաքար, որը դառնում է շաղախի ամրության լրացուցիչ գործոն:

Կրացեմենտային շաղախներում, բացի կրայիններից, առաջանում են նաև ցեմենտային միներալներ, որոնց հայտնի ձևափոխությունները, ժամանակի ընթացքում ապահովում են նյութի բարձր ամրությունը:

4.2 Շաղախների քիմիական և ռենտգենագրային հետազոտում

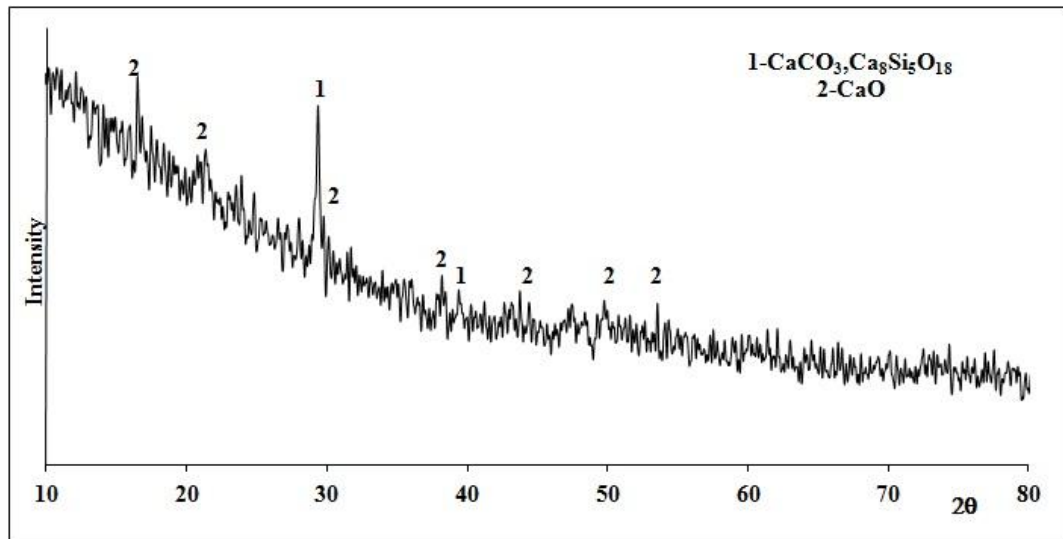
Հետազոտվել են գետային և լիթոիդապեմզային ավազներով կրաթրծակավային և գետային ավազով կրացեմենտային քարաշարվածքի լիցքի շաղախները: Աշխատանքը կատարվել է ՀՀ ԳԱԱ Քիմիական Ֆիզիկայի և Երկրաբանության ինստիտուտների լաբորատորիաներում:

Շաղախների քիմիական կազմերը՝ բերված են Աղ. 4.3ում, իսկ ռենտգենագրաֆիան ներկայացված է Նկ. 4.3 - Նկ. 4.5ում:

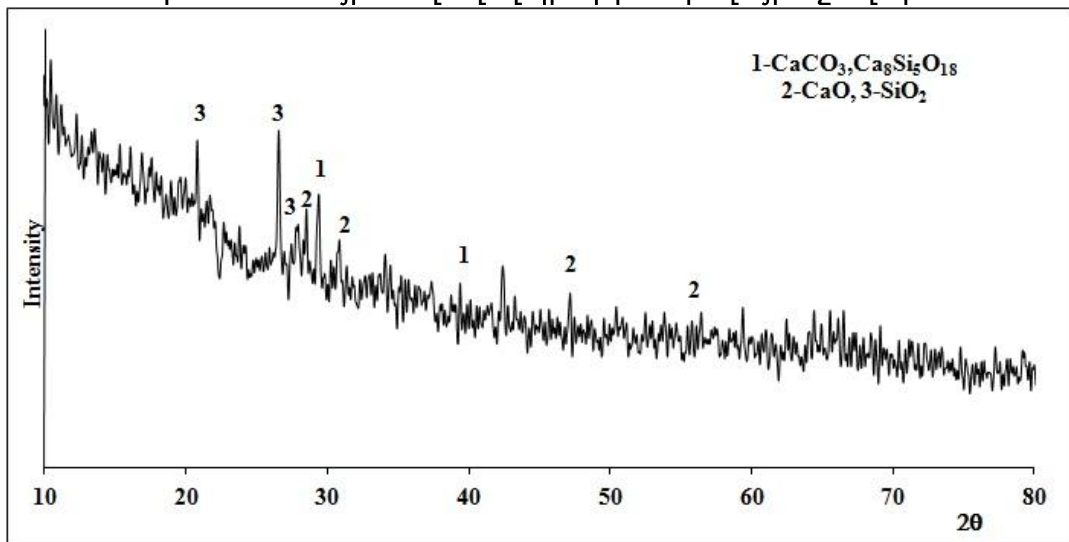
Աղյուսակ 4.3

Շաղախների քիմիական կազմը

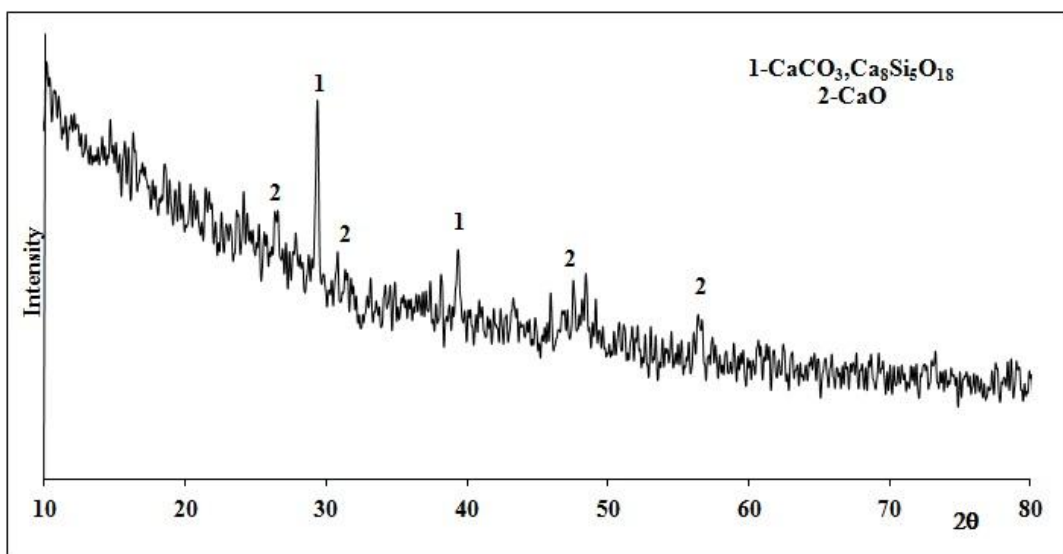
NN ըստ Աղ. 4.1	Օքսիդների անվանումը, %												
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	CO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O
N2	34, 6	8,85	0,27	0,38	0,56	28, 9	2,2 8	19, 0	0,1 3	0,25	1,20	1,00	0,9 0
N4	23,5	5,99	0,27	2,76	1,12	35, 7	1,9 9	19, 4	0,1 3	0,23	0,6 8	0,37	3,44
N5	33, 3	6,11	0,27	1,14	0,55	29, 4	1,8 5	18, 3	0,1 3	0,27	1,10	0,98	2,85



Նկ 4.3- Գետային ավազով կրաթրծակավային շաղախ



Նկ 4.4- Լիթոիդապենճային ավազով կրաթրծակավային շաղախ



Նկ 4.5- Գետային ավազով կրացեմենտային շաղախ

Շաղախների քիմիական կազմի վերլուծությունը և ռենտգենագրային հետազոտությունները ցույց են տվել հետևյալը:

Կրաթրծակավային շաղախների մեջ կալցիումի օքսիդի պարունակությունը կազմում է. գետային ավազի դեպքում՝ 35,7 %, իսկ լիթոիդապեմզային ավազի դեպքում՝ 28,9 %, ածխածնի օքսիդի պարունակությունը կազմում է. գետային ավազի դեպքում՝ 21,8 % ու լիթոիդապեմզային ավազի դեպքում՝ 19,0 %, սիլիցիումի օքսիդի պարունակությունը կազմում է. գետային ավազի դեպքում՝ 25,5 % ու լիթոիդապեմզային ավազի դեպքում՝ 34,6 %, ալյումինի օքսիդի պարունակությունը կազմում է. գետային ավազի դեպքում՝ 8,72 % ու լիթոիդապեմզային ավազի դեպքում՝ 8,85 %:

Գետային ավազով կրացեմենտային շաղախի մեջ կալցիումի օքսիդի պարունակությունը կազմում է 35,7 %, ածխածնի օքսիդի պարունակությունը՝ 19,4 %, սիլիցիումի օքսիդինը՝ 23,5 %, ալյումինի օքսիդինը՝ 5,99 %:

Հիմնական օքսիդների քիմիական կազմի մեջ մտնող միներալներ ձևավորող կառուցվածքային հիմնական տարրերի պարունակությունը կրաթրծակավային և կրացեմենտային շաղախների մեջ, նույն ավազի դեպքում, գրեթե համընկնում են, հենց դրանով էլ պայմանավորված է դրանց ջրակայունությունը:

Գետային և թրծակավի ավազներով կավային շաղախի հանքաքանական կազմի պարունակությունը մոտ 27% կալցիումի օքսիդ է (CaO), իսկ կալցիումի կարբոնատը (CaCO_3) և կալցիումի սիլիկատները ($\text{Ca}_8\text{O}\cdot\text{Si}_5\text{O}_{18}$) - 35% :

Լիթոիդապեմզային և թրծակավի ավազներով կավային շաղախի հանքաքանական կազմի պարունակությունը մոտ 33% կալցիումի օքսիդ է CaO , իսկ կալցիումի կարբոնատը (CaCO_3) և կալցիումի սիլիկատները ($\text{Ca}_8\text{O}\cdot\text{Si}_5\text{O}_{18}$) - 38% :

Գետային ավազով կրացեմենտային շաղախի հանքաքանական կազմի պարունակությունը մոտ 12% կալցիումի օքսիդ է (CaO), սիլիկահողի օքսիդը (SiO_2) - 10% իսկ կալցիումի կարբոնատը (CaCO_3) և կալցիումի սիլիկատները ($\text{Ca}_8\text{O}\cdot\text{Si}_5\text{O}_{18}$) - 25% :

4.3 Եզրակացություններ ըստ ԳԼՈՒԽ 4-ի

1. Չհանգած օդային կրով, առանց թրծակավի օգտագործման, գետային և լիթոիդապեմզային ավազներով պատրաստված քարաշարվածքի լիցքի շաղախները ջրակայուն չեն՝ 28 օր օդային պայմաններում ամրացած նմուշները ջրակլանման

փորձարկման ընթացքում փափկեցին և կորցրեցին իրենց երկրաչափական կառուցվածքը: Այդ կրաշաղախների փորձարկումներից ստացվել են հետևյալ արդյունքները. լուծվող մասը կազմել է համապատասխանաբար՝ 10,1 ու 12,0%, և սեղմման ամրությունը՝ 5,5 ու 4,8 ՄՊա:

2. Չհանգած օդային կրով, թրծակավի օգտագործմամբ, գետային և լիթոիդապեմզային ավազներով պատրաստված քարաշարվածքի լիցքի շաղախները ջրակայուն են: Այդ կրաշաղախների փորձարկումներից ստացվել են հետևյալ արդյունքները. սեղմման ամրությունը կազմել է համապատասխանաբար՝ 24,0 ու 16,2 ՄՊա և ջրակլանումը՝ 6,8 ու 8,3 %:
3. Քարաշարվածքի լիցքի կրացեմենտային շաղախները՝ պատրաստված գետային և լիթոիդապեմզային ավազներով, ջրակայուն են: Այդ կրաշաղախների փորձարկումներից ստացվել են հետևյալ արդյունքները. սեղմման ամրությունը կազմել է համապատասխանաբար՝ 30,1 ու 22,6 ՄՊա և ջրակլանումը՝ 6,5 ու 9,1 %:
4. Չհանգած օդային կրով, թրծակավի օգտագործմամբ, գետային և լիթոիդապեմզային ավազներով պատրաստված քարաշարվածքի կարանախցման շաղախները ջրակայուն են: Այդ կրաշաղախների փորձարկումներից ստացվել են հետևյալ արդյունքները. սեղմման ամրությունը կազմել է համապատասխանաբար՝ 26,0 ու 17,8 ՄՊա և ջրակլանումը՝ 3,5 ու 5,0 %:
5. Կրացեմենտային շաղախներում, բացի կրայիններից, առաջանում են նաև ցեմենտային միներալներ, որոնց հայտնի ձևափոխությունները ժամանակի ընթացքում ապահովում են նյութի բարձր ամրությունը:
6. Շաղախների քիմիական կազմի վերլուծությունը և ռենտգենագրային հետազոտությունները ցույց են տվել հետևյալը՝ կրաթրծակավային շաղախների մեջ կալցիումի օքսիդի պարունակությունը կազմում է. գետային ավազի դեպքում՝ 35,7 %, իսկ լիթոիդապեմզային ավազի դեպքում՝ 28,9%, ածխածնի օքսիդի պարունակությունը կազմում է. գետային ավազի դեպքում՝ 21,8% ու լիթոիդապեմզային ավազի դեպքում՝ 19,0 %, սիլիցիումի օքսիդի պարունակությունը կազմում է. գետային ավազի դեպքում՝ 25,5 % ու լիթոիդապեմզային ավազի

դեպքում՝ 34,6 %, ալյումինի օքսիդի պարունակությունը կազմում է. գետային ավազի դեպքում՝ 8,72 % ու լիթիդապեմզային ավազի դեպքում՝ 8,85 %:

Գետային ավազով կրացեմենտային շաղախի մեջ կալցիումի օքսիդը կազմում է 35,7 %, ածխածնի օքսիդը՝ 19,4 %, սիլիցիումի օքսիդը՝ 23,5 %, ալյումինի օքսիդը՝ 5,99 %:

Հիմնական օքսիդների քիմիական կազմի մեջ մտնող միներալներ ձևավորող կառուցվածքային հիմնական տարրերի պարունակությունը կրաթծակավային և կրացեմենտային շաղախների մեջ, նույն ավազի դեպքում, գրեթե համընկնում է, հենց դրանով էլ պայմանավորված է դրանց ջրակայունությունը, իսկ գետային և թրծակավի ավազներով կավային շաղախի հանքաքանական կազմի պարունակությունը մոտ 27% կալցիումի օքսիդ է (CaO), իսկ կալցիումի կարբոնատինը (CaCO_3) և կալցիումի սիլիկատներինը՝ ($\text{Ca}_8\text{O}\cdot\text{Si}_5\text{O}_{18}$) - 35% :

Լիթիդապեմզային և թրծակավի ավազներով կավային շաղախի հանքաքանական կազմի պարունակությունը մոտ 33% կալցիումի օքսիդ է CaO , իսկ կալցիումի կարբոնատը (CaCO_3) և կալցիումի սիլիկատները ($\text{Ca}_8\text{O}\cdot\text{Si}_5\text{O}_{18}$) - 38%: Գետային ավազով կրացեմենտային շաղախի հանքաքանական կազմի պարունակությունը 12% կալցիումի օքսիդ է (CaO), սիլիկահողի օքսիդը (SiO_2) - 10%, իսկ կալցիումի կարբոնատ (CaCO_3) և կալցիումի սիլիկատներինը ($\text{Ca}_8\text{O}\cdot\text{Si}_5\text{O}_{18}$) - 25% :

ԳԼՈՒԽ 5. ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ՇԱՂԱԽՆԵՐԻ ԳՈՐԾԱՌՆԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ

Հինավուրց հուշարձանային կառույցների վերականգնման միջազգայնորեն ձևավորված կանոնակարգի համաձայն՝ կիրառվող «նոր» նյութերն, այդ թվում նաև շաղախները, իրենց հիմնական հատկություններով պետք է համապատասխանեն հնում օգտագործվածներին և ունենան տեղի բնակլիմայական և տեխնաժին ազդեցությունների նկատմամբ բարձր կայունություն: Այս առումով, խոնավության տեղային կուտակումները բերում են ջրի նկատմամբ բարձր կայունություն չունեցող կրաշաղախների կառուցվածքային խեղումների, առավել թրջվող մասերում դրանց սառնաքայքայումների, քարաշարվածքի բաղադրիչների առանձնացմանը և այլն: Ի թիվս այլ բնութագրերի, էական դեր ունի քարե կառույցներում կիրառվող շաղախների ջերմահաղորդականությունը, որը ևս որոշակիորեն կանխորոշում է շարվածքի մեջ ջերմային դաշտերի բաշխման ու դրան համապատասխան խոնավության շարժի ու կուտակումների ընթացքը: Այս երևույթները, բացի եզրափակող պատերի ջերմամեկուսիչ ունակության վրա ազդեցությունից, ուղղակի ազդեցություն ունեն նաև շարվածքի ջերմային դեֆորմացիաների ու երկարակեցության վրա: Վերջինս պայմանավորված է նրանով, որ անհամաչափ ջերմային դաշտերի պայմաններում բեռնվածքի տակ գտնվող ու ջրակլանման մեծ ցուցանիշ ունեցող կրաշաղախներում տեղաշարժվող խոնավությունը բերում է վերջիններիս տեղային ջրափափկացումների ու դրան հետևող կրողունակության կորստի ու դեֆորմացիաների:

Գործառնական հատկություններից, որպես առավել կարևոր, աշխատանքում հետազոտվել են ջերմահաղորդականությունը, քարերի հետ հարակցման ամրությունը և սառնակայունությունը: Դիտարկվել են մշակված վերականգնման քարաշարվածքի լիցքի շաղախներից երեքը՝ գետային ու լիթոիդապեմզային ավազներով կրաթրծակավային երկու շաղախներ և գետային ավազով կրացեմենտային մեկ շաղախ: Համեմատության համար զուգահեռաբար ուսումնասիրվել են նաև երկու

շաղախներ պատրաստված՝ ցեմենտային գետային ավազով և «Antique MC» չոր շինարարական խառնուրդով:

5.1 Շաղախների ջերմահաղորդականության հետազոտում

Փոփոխական բնակլիմայական պայմաններում քարե կառույցների եզրափակող կոնստրուկցիաների պահվածքը սերտորեն կապված է դրանցում կիրառված շարվածքի քարերի և շաղախների կառուցվածքային առանձնահատկությունների, ֆիզիկամեխանիկական, ջերմատեխնիկական և այլ բնութագրերի հետ: Այս շարքում իր ուրույն տեղն ունի նաև պատի ջերմամեկուսիչ հատկությունը, որն ընդհանուր առմամբ բնութագրվում է այն կազմող նյութերի ջերմահաղորդականությամբ:

Ինչպես հայտնի է, ջերմությունը կարող է տարածվել ցանկացած նյութով և, անգամ, վակուումային միջավայրով: Ընդ որում, բացարձակ ջերմամեկուսիչ նյութեր չկան: Նյութերում ջերմությունը տարածվում է դրանք կազմող մոլեկուլների, ատոմների, էլեկտրոնների և այլ ջերմահաղորդիչ միկրոմասնիկների կողմից կատարվող ջերմափոխանցումների միջոցով [3, 12, 100]:

Ջերմահաղորդականության քանակական գնահատականը բնորոշվում է ջերմահաղորդականության λ գործակցով՝ ջերմության այն քանակով, որն անցնում է նյութի միավոր հաստության շերտի միջով միավոր ժամանակամիջոցում, երբ շերտի հանդիպակաց մակերևույթների ջերմաստիճանների միջև տարբերությունը կազմում է մեկ աստիճան: Այլ կերպ ասած, դա իզոթերմիկ մակերևույթին ուղղահայաց տեսակարար ջերմային հոսքն է, որն այդ ուղղությամբ մարմնի միավոր երկարության վրա առաջացնում է ջերմաստիճանի մեկ աստիճանի փոփոխություն [54-55]:

Հայկական հնագույն քարե հուշարձանային կառույցների վերականգնողական աշխատանքներում կիրառելու նպատակով «Հորիզոն-95» լաբորատորիայում մշակված ջրակայուն կրային և կրացեմենտային շաղախների ջերմահաղորդականության գործակցի որոշման փորձերն իրականացվել են Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանի էներգաարդյունավետության, ինչպես նաև Շինարարական նյութերի ու պատրաստվածքների լաբորատորիաներում: Փորձարկումը կատարվել է սենյակային ջերմաստիճանի պայմաններում, չոր փորձանմուշներով, ИТП-МГ4 100 ստացիոնար սարքի վրա: Սարքի աշխատանքի

սկզբունքը հիմնված է փորձանմուշով ուղղահայաց անցնող հաստատուն ջերմային հոսքի ստեղծման ու չափման վրա [2, 8]:

Շաղախների պատրաստման համար որպես ելանյութեր օգտագործվել են չհանգած օդային կիր և պորտլանդցեմենտ (Արարատի), գետային ավազ (Արաքսավանի), լիթոիդապեմզային ավազ (Ջրաբերի), թրծած կավի ջարդոն և գերպլաստիկարար հավելանյութ «Mapefluid N200» («Mapei», Իտալիա): Շաղախների բաղադրակազմերը բերված են Աղ. 5.1-ում:

Փորձարկումները կատարվել են 28 օր նորմալ ջերմախոնավային պայմաններում ($t = 18 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $W = 95 \pm 5 \%$)՝ փորձանմուշների ամրացնելուց ու չորացնելուց հետո:

Շաղախների որոշ բնութագրերի, այդ թվում նաև՝ ջերմահաղորդականության գործակցի որոշման արդյունքները բերված են Աղ. 5.2-ում [54, 100]:

Աղյուսակ 5.1

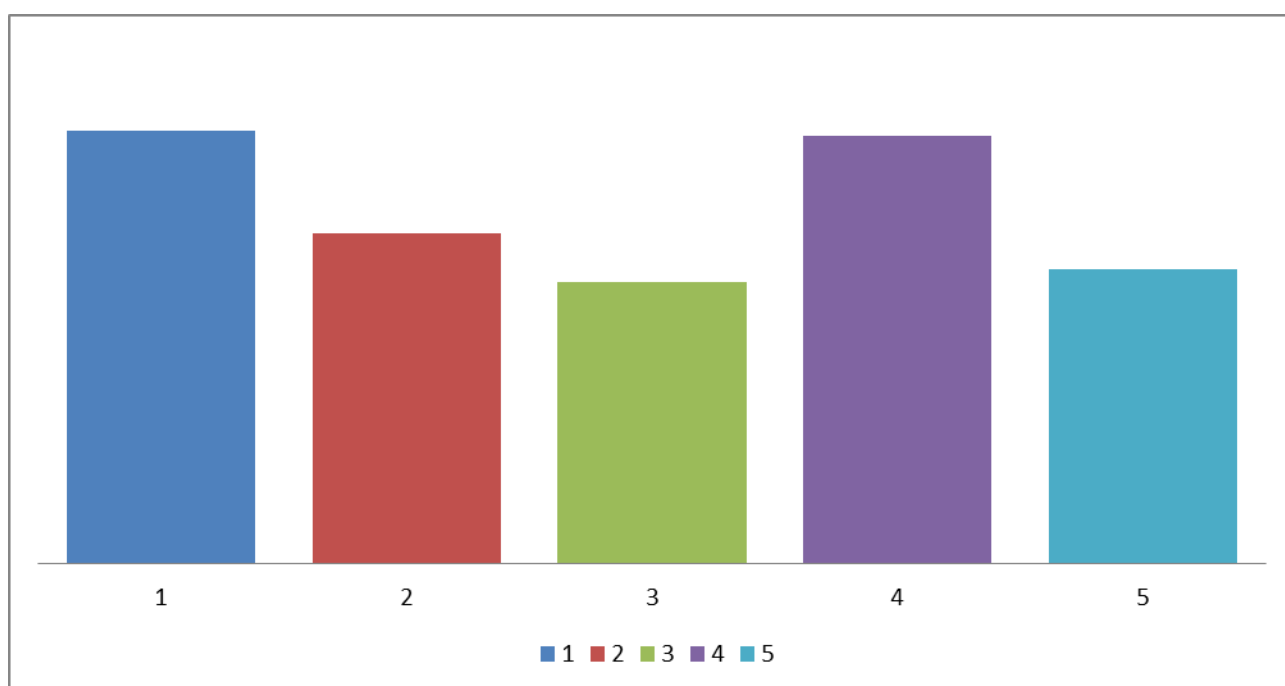
Շաղախների բաղադրակազմերը

NN	Շաղախի տեսակը	Ելանյութերի ծախսը 1 մ ³ շաղախում կգ							
		Ցեմենտ	Կիր	Չոր խառնուրդ Antque MC	Գետային ավազ	Լիթոիդապեմզային ավազ	Թրծակավի ավազ	Ջուր	Գերպլաստիկարար Mapefluid N200
1	Ցեմենտային	580	-	-	1480	-	-	244	3,5
2	Կրաթրծակավային	-	580	-	965	-	385	270	3,0
3	Կրաթրծակավային	-	580	-	-	645	385	365	3,0
4	Կրացեմենտային	290	290	-	1480	-	-	250	3,0
5	Հիդրավլիկական կրի հենքով պատրաստի չոր խառնուրդ	-	-	1550	-	-	-	250	-

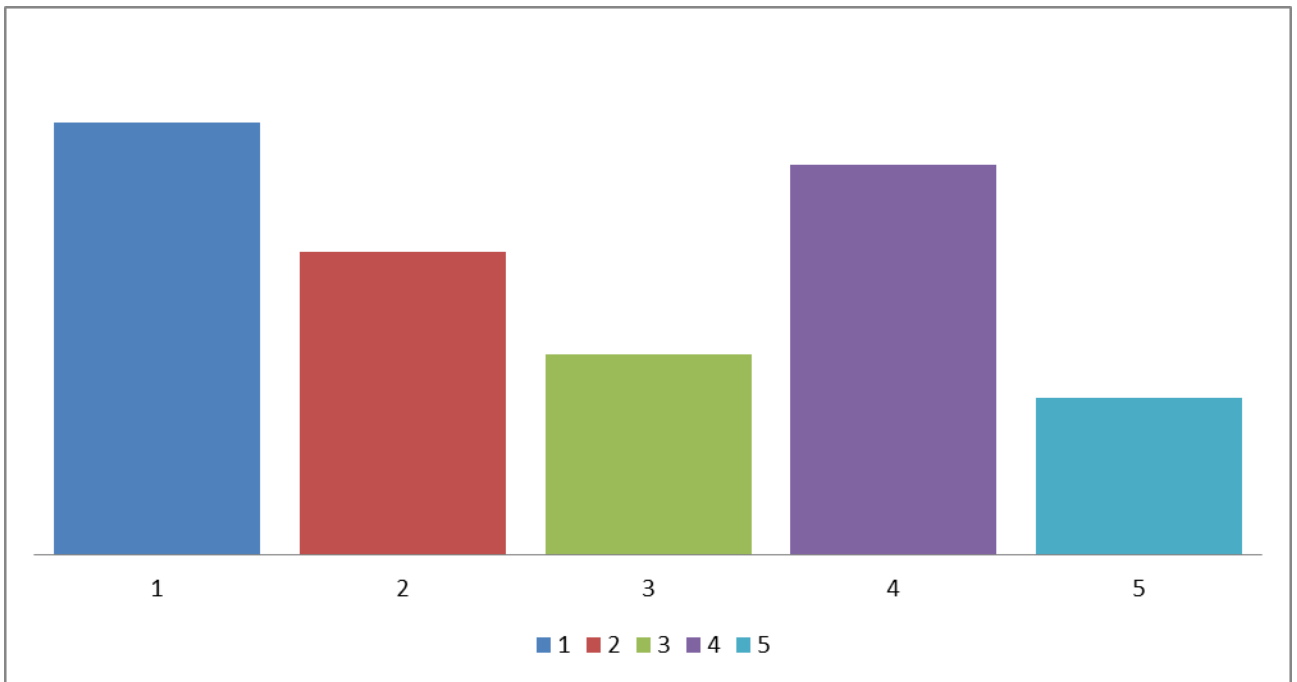
Շաղախների ջերմահաղորդականության հետազոտության արդյունքները

NN ըստ Աղ. 5.1- ի	Միջին խտություն կգ/մ ³	Սեղմման ամրություն ՄՊա	Ջերմահաղորդականության գործակից (λ) Վտ/մ K
1	2275	34,3	0,661
2	2110	24,0	0,505
3	1735	15,9	0,440
4	2240	31,0	0,654
5	1680	12,5	0,446

Նկ. 5.1 և Նկ. 5.2-ում ներկայացված են շաղախների ջերմահաղորդականության և սեղմման ամրության հարաբերական դիագրամները:



Նկ. 5.1 Շաղախների ջերմահաղորդականության հարաբերական արժեքների դիագրամ



Նկ. 5.2 Շաղախների սեղմման ամրության հարաբերական արժեքների դիագրամ

Հետազոտության արդյունքում ստացված բնութագրերի համեմատական վերլուծությունը ցույց է տվել հետևյալը.

- ❖ Դիտարկված 5 շաղախներից 0,440 Վտ/մK կազմող նվազագույն ջերմահաղորդականության գործակից ունի լիթոիդապեմզային ու թրծակավային ավազներով պատրաստված կրաշաղախը (N3), որն իր համալիր բնութագրերով ընդհանուր առմամբ համարժեք է 0,446 Վտ/մK ջերմահաղորդականության գործակից ունեցող «Antique MC» ֆիրմային չոր շինարարական խառնուրդից պատրաստված շաղախին (N5):
- ❖ Միայն ավազի տեսակով տարբերվող N2 և N3 բաղադրակազմերի կրաշաղախների բնութագրերի բաղդատումը ցույց է տալիս, որ լիթոիդապեմզայինի փոխարեն գետային ավազի կիրառումը շաղախի միջին խտության ու ամրության ցուցանիշների մեծացման հետ բերում է ջերմահաղորդականության գործակցի էական բարձրացման մինչև 0,505 Վտ/մK:
- ❖ Գետային ավազով պատրաստված ցեմենտային (N1) և կրացեմենտային (N4) շաղախներն ունեն համապատասխանաբար՝ 0,661 և 0,645 Վտ/մK կազմող իրար մոտ

ջերմահաղորդականության գործակիցներ և մնացածի հետ համեմատած, միջին խտության ու ամրության բարձր ցուցանիշներ:

5.2 Քարի հետ շաղախների հարակցման ամրության հետազոտում

Քարե շարվածքի ամրությունը և միաձուլությունը հնագույն շինությունների երկարակեցության համար հանդիսանում են կարևոր գործոններ, որոնք զգալիորեն կախված են ոչ միայն օգտագործված քարերից և շաղախներից, այլև այս նյութերի հարակցման ամրությունից:

Դարերի ընթացքում պահպանված հայկական ճարտարապետական հուշարձաններն առանձնանում են կիրառված նյութերի, տեխնիկական հմտությունների և տեխնոլոգիական հնարքների մեծ բազմազանությամբ:

Քարաշարվածքն իրականացվում էր տեղական քարային նյութերի՝ հիմնականում տուֆե և բազալտե ապարներից, առավելագույնս օգտագործմամբ: Տաշած քարի օգտագործումը շարվածքի մեջ կապված էր քարի սրբազան ընկալման հետ՝ որպես չար ոգիներից պահպանող միջոց և «բարձրագույն աստվածային մշակույթի» տարր:

Հնագույն շարվածքային շաղախների պատրաստման համար օգտագործում էին օդային կիր, տարատեսակ լցանյութեր և հավելանյութեր: Տարբեր հուշարձանների քարե կոնստրուկցիաներից վերցված և հետազոտված հնագույն կրաշաղախների մեջ հանդիպում են. մանր գլաքար, գետային ավազ, խիտ և ծակոտկեն լեռնային ավազների խառնուրդներ, քարի ջարդոն, հիդրավլիկական հավելանյութի դեր կատարող մանր աղացված թրծված կավ, որպես լցանյութ ծառայող կավագործության խոշորաբեկոր թափոններ, երբեմն էլ փայտածուխ:

Հայկական շինարարական «միդիս» տեխնիկան իրենից ներկայացնում է կոնստրուկցիա՝ միմյանց լավ հարմարեցված քարերի երկու զուգահեռ շարքերով՝ տաշված միայն արտաքինից: Շարվածքի երեսապատումը հաճախ կատարվում էր երկարավուն խամքարերով, որոնց հաջորդական՝ երկայնադրակ և լայնադրակ տեղադրումն ապահովում էր լավագույն կապ շարվածքի զանգվածի հետ: Ընդ որում, երկայնադրակների և լայնադրակների չափերը ճշգրիտ չէին պահպանվում այնպես,

ինչպես շարքերի բարձրությունը, որի շնորհիվ շարվածքը գեղատեսիլ տեսք էր ստանում:

Իր արմատներով «միդիս» տեխնիկան գալիս է դարերի խորքից, դրա տարրերը հայտնաբերվել են ցիկլոպյան ժամանակաշրջանի շինություններում: Սկզբում այս շարվածքը կիրառվել է բացառապես պալատական և տաճարային համալիրների կառուցման մեջ: Ժամանակի հետ այսպիսի տեխնիկայով կառուցվում էին բոլոր ներկայացուցչական կառույցները: Սեփական շինարարական ավանդույթների աստիճանաբար զարգացումը, հարստացված այլ մշակույթների ազդեցությամբ, բերեց հայկական «միդիս» շարվածքի փոխակերպման՝ խիստ սրբազանից, քարե շինությունների կառուցման զուտ կիրառական տեխնիկայի:

«Միդիս» քարաշարվածքի շարքերի միջև տարածությունը լցունվում էր ճեղքված խամքարով (տուֆ, կրաքար, ավազաքար, խարամ, բազալտ) և կրային կապակցանյութով: Համաձայն Թորոս Թորամանյանի նկարագրության՝ հին քարաշարվածքի խամքարումն իրականացվում էր հեղուկ շաղախի լիցքից հետո, որի մեջ տափակակողմով տեղադրում էին տարբեր չափերի քարե կտորներ: Հեղինակի կարծիքով, այդ շարվածքում, որն ուներ 0,9...1,1մ հաստություն, միջին շերտը հանդիսանում էր կրող և սովորաբար զբաղեցնում էր 0,4...0,6 մ:

Հնագույն «միդիս» քարաշարվածքի միջին գոտին, կախված օգտագործված խամքարի քանակից, համարվում էր կոնստրուկցիայի առավելագույնս ենթարկվող մասը: Հարակցման հուսալիությունն, իհարկե, կախված է քարի հետ շաղախի հարակցման ամրությունից: Միաձույլ քարաշարվածքում ապահովվում է բեռնվածքի փոխանցումը եզրային հզոր քարերի վրա: Հակառակ դեպքում, գերբեռնվածությունը կարող է հանգեցնել ներքին գոտու դեֆորմացիաների, վնասվածքների և նույնիսկ արտաքին քարերի ճեղքվածքների: Ժամանակի ընթացքում սա կբերի քարաշարվածքի խարխլման և քարերի անջատման, քանի որ, վատ հարակցման դեպքում, ինչպես հայտնի է, գերբեռնվում է ամենաթույլ օղակը՝ չունենալով անհրաժեշտ սեփական կրողունակություն [81, 91, 97-99]:

«ՃՇՀԱՀ շինարարական նյութերի և պատրաստվածքների» ու «Հորիզոն-95» լաբորատորիաներում կատարված վերականգնման շաղախների մշակման և

հատկությունների հետազոտական աշխատանքների շրջանակում ուսումնասիրվել է 5 տարբեր շաղախների հարակցումը տուֆե և բազալտե ապարներից քարերի հետ (Նկ. 5.1 – Նկ. 5.4)՝ դրանք հնագույն հայկական հուշարձանների քարե կոնստրուկցիաների վերականգնման ընթացքում օգտագործելու նպատակով:

Հրաբխային տուֆերն իրենցից ներկայացնում են շերտերի կամ ապարազանգվածների տեսքով տեղադրված ծակոտկեն քարային ապարներ, որոնք կտրատված են բնական ճաքերի համակարգով: Ըստ ծագման՝ հրաբխային տուֆերը ժայթքած ապարներ են՝ արտահայտված այս կամ այն կերպ եռակալված բեկորային ապարների տեսքով: Այս ապարների ջերմային, զանգվածափոխանակային, դեֆորմատիվ և այլ հատկություններն են հիմնականում որոշում ծակոտիների չափերը, դրանց եզրաձևերը, փոխդասավորվածությունը և փոխադարձ կապերը: Տուֆերի տարբեր ծակոտկենությունը պայմանավորված է դրանց ձևավորման ոչ միատեսակ պայմաններով և հետագայում տարատեսակ գործոնների ազդեցությամբ: Երևանյան տիպի տուֆերն ունեն տեսանելի ծակոտկենություն՝ երկարաձգված ծակոտիների ձևով: Երևանյան տուֆերի ընդհանուր ծակոտկենությունը տատանվում է 30-60%-ի սահմաններում՝ ծավալային կշռի 2400-2700 կգ/մ³ տատանումների դեպքում: Հիմնական զանգվածի հրաբխային ապակին ներառում է դաշտային սպաթների և այլ նյութերի բյուրեղներ: Երևանյան տուֆի կառուցվածքը և կազմվածքը ապակենման բյուրեղաբեկորային է՝ մոխրային և հեղուկ ապակենման հիմնական զանգվածով: Տուֆային լեռնազանգվածների ստորին շերտերում հրաբխային ապակին մասամբ բյուրեղացած է:

Բազալտների խմբի ապարների կառուցվածքը: Բազալտներն իրենցից ներկայացնում են սառած լավային հոսքեր, որոնք հրաբխային ժայթքումների ընթացքում դուրս են եկել երկրի մակերևույթ: Նորմալ բազալտների կազմության մեջ ներառված են հիմնական պլագիոկլազի, մոնոկլինային պիրոքսենի, օլիվինի, մագնետիտի բյուրեղային հատիկները և հրաբխային ապակու աննշան քանակություն:

Բազալտների խմբի ապարներն առանձնանում են խտությամբ և բարձր ամրությամբ, սակայն կան նաև մանրածակոտկեն և խոշորածակոտկեն տարատեսակներ: Ըստ կառուցվածքային և ապարագիտական հատկանիշների

բազալտները բաժանվում են երեք խմբի: Առաջին՝ մանրաբյուրեղային՝ պլագիոկլազի անկանոն դասավորված մանրաբյուրեղներով, որոնք ձևավորում են երկաթամագնեզիումային միներալներով լցված անկյունաձև միջանցքներով ցանցային համակարգ ու 10% հրաբխային ապակու պարունակությամբ: Երկրորդ՝ խոշորաբյուրեղային՝ պլագիոկլազի դեղահատային ձևի բյուրեղներով և պլագիոկլազի բյուրեղների միջև ընկած արանքների մեջ լցված գունավոր միներալներով: Երրորդ՝ գաղտնաբյուրեղային՝ մանրահատիկային հիմնական զանգվածով: Բազալտների ծակոտկենությունը տատանվում է 5...30%-ի սահմաններում՝ 2650...2950 կգ/մ³ ծավալային կշռի դեպքում [7, 16]:

Աշխատանքում օգտագործվել են հետևյալ նյութերը. Արարատի պորտլանցեմենտ Մ400 մակնիշի և չհանգած աղացած օդային կիր, գետային ավազ (Արաքսավանի հ.), լիթոիդապեմզային ավազ (Ջրաբերի հ.), թրծված կավի թափոններ (թրծակավի փոշի), գերպլաստիկարար «Mapefluid N200» («Mapei», Իտալիա), ինչպես նաև հիդրավլիկական կրի հենքով չոր շինարարական խառնուրդ «AntiqueMC» («Mapei», Իտալիա), որը պարունակում է էկոփոզոլաններ, մանր և միկրոավազներ, պոլիմերային լցանյութեր և քիմիական հավելանյութերի համալիրներ:

Ջրաքանակի նվազեցման և տեխնոլոգիական հատկությունների կարգավորման նպատակով շաղախներում օպտիմալ բաժնորոշմամբ օգտագործվել է «Mapefluid N200» հավելանյութը:

Պատրաստվել են 10 փորձանմուշներ՝ երկու տեսակի քարով (տուֆ, բազալտ) և բարձր շարժունակության 5 տեսակի շաղախներով (Աղ. 5.1). ցեմենտային՝ գետային ավազով, կրային՝ գետային և թրծակավային ավազների խառնուրդով, կրային՝ լիթոիդապեմզային և թրծակավային ավազների խառնուրդով, կրացեմենտային՝ գետային ավազով ու շաղախ «AntiqueMC» ֆիրմային չոր խառնուրդից:

Շաղախների հիմնական որակական ցուցանիշների ուսումնասիրության համար երկշերտ փորձանմուշների հետ միաժամանակ պատրաստվել են նաև խորանարդ-փորձանմուշներ: Փորձանմուշների քարե մակերևույթի վրա նախապես շաղափվել են 50 մմ տրամագծով շրջանագծեր, որոնց խորությունը համապատասխանում է քարե

սալի հաստությանը + 1...1,5 մմ: Անցքերի վրա հատուկ պոլիմերային սոսնձով ամրացվել են մետաղական սկավառակներ [52-53, 56, 98-99]:

Սկավառակների սոսնձումից և սենյակային ջերմաստիճանում 24 ժամ պահելուց հետո որոշվել է չոր վիճակում պոկման ամրությունը, իսկ մինչև ջրահագեցած վիճակում պոկման փորձարկումը, սոսնձված սկավառակներով փորձանմուշները երեք օրվա ընթացքում պահվել են ջրում (Նկ. 5.3):

Հետազոտություններն իրականացվել են նորմալ ջերմաստիճանախոնավային պայմաններում 28 օր պահելուց հետո՝ $t = 18 \pm 2^\circ\text{C}$; $W=95 \pm 5 \%$: Քարերի հիմնական ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը բերված են Աղ. 5.3-ում:



Նկ. 5.3

Աղյուսակ 5.3

Քարերի և շաղախների հիմնական ֆիզիկամեխանիկական բնութագրեր

Նյութի անվանումը	Խտություն կգ/մ ³	Զրակլանում %	Ամրություն ՄՊա	Փափկացման գործակից
1	2	3	4	5
Բազալտ (Արմվանի հ.)	2520	2,2	98,5	0,99

1	2	3	4	5
Երևանյան տիպի տուֆ	1875	5,3	52,0	0,98
Ցեմենտային շաղախ	2275	5,5	34,3	0,96
Կրացեմենտային շաղախ	2110	8,3	24,0	0,87
Կրաթրծակավային շաղախ	1735	6,8	15,9	1,06
Կրաթրծակավային շաղախ լիթ.պեմզ.	2240	6,5	31,0	0,97
Շաղախ «AntigueMC»	1680	5,2	12,5	0,79

Ստացված արդյունքների վերլուծությունը ցույց տվեց: Տուֆե ու բազալտե քարերով և լիթոիդապեմզային ավազով կրաթրծակավային շաղախով պատրաստված փորձանմուշների շերտերի պոկումը ինչպես չոր, այնպես էլ ջրահագեցած վիճակում տեղի է ունեցել ըստ շաղախի: Տուֆե քարերով և կրացեմենտային շաղախով պատրաստված փորձանմուշի շերտերի պոկումը ինչպես չոր, այնպես էլ ջրահագեցած վիճակում տեղի է ունեցել ըստ քարի: Մնացած փորձանմուշների պոկումը տեղի է ունեցել քար – շաղախ սահմանին: Հարակցման ամրությունը որոշվել է ադիեզիայի «Матест» E142 չափիչի օգտագործմամբ, 16 կՆ առավելագույն բեռնվածքով. Այդ աշխատանքի արդյունքները ներկայացված են Աղ. 5.4-ում:

Աղյուսակ 5.4

Քարերի և շաղախների քիմիական կազմը

Նյութի անվանումը	Բաղադրիչների պարունակությունը %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	CO ₂
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Բազալտ (Աբովյանի)	50,9	24,0	5,85	0,92	9,03	6,05	-	-	1,98	1,25	-
Երևանյան տիպի տուֆ	63,8	17,0	4,54	0,61	3,33	0,82	-	-	4,46	3,25	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ցեմենտային շաղախ գետային ավազով	18,9	6,67	4,88	0,28	34,3	2,65	6,68	0,07	1,0	0,4	19,7
Կրացեմեն- տային շաղախ գետային	23,5	5,99	3,88	0,27	35,7	1,99	4,5	0,23	0,68	0,37	19,4
Կրաթրծա- կավային շաղախ գետային ավազով	25,5	8,72	2,28	0,27	35,7	2,21	1,07	0,24	0,62	0,5	21,8
Կրաթրծա- կավային շաղախ լիթ.պեմզ. ավազով	34,6	8,85	0,94	0,27	28,9	2,28	1,69	0,25	1,2	1,0	19,0
Շաղախ «AntigueMC» չոր	25,8	3,2	2,4	-	63,3	0,8	-	-	0,1	0,52	-

Աղյուսակ 5.5

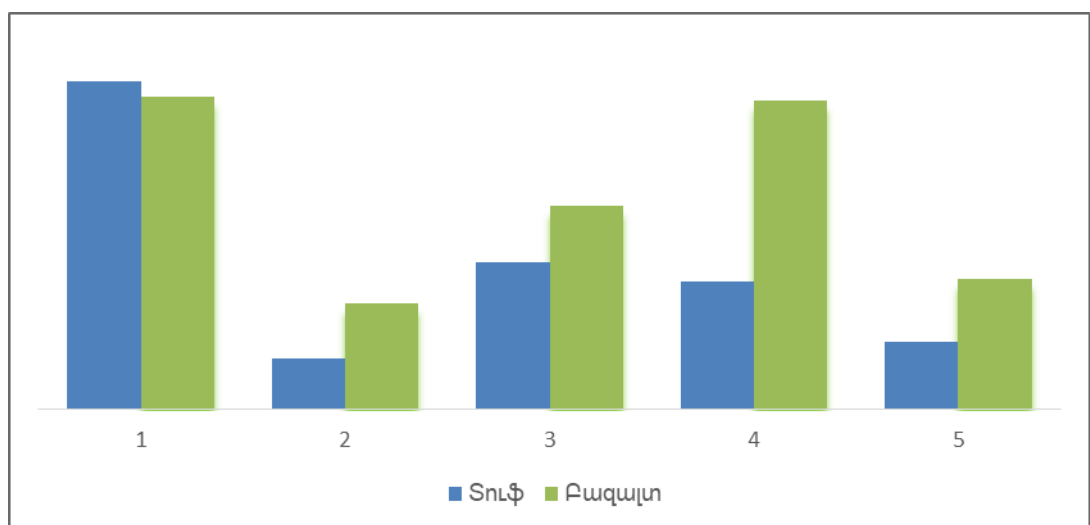
Շաղախների հարակցումը քարի հեղ

Երկշերտ փորձանմուշների նյութերը			Փորձանմուշի չոր վիճակում		Փորձանմուշի ջրահագեցված վիճակում	
շաղախ		քար	սարքի ցուցմունք (կՆ)	ադիեզիա (Ն/մմ ²)	սարքի ցուցմունք (կՆ)	ադիեզիա (Ն/մմ ²)
կապակցանյութ	ավազ					
1	2	3	4	5	6	7
Ցեմենտ	Գետային	Տուֆ	5,267	2,68	-	-
Ցեմենտ	Գետային	Բազալտ	5,028	2,56	-	-
Օդային կիր	Գետային, թրծակավ	Տուֆ	0,806	0,41	0,654	0,33

1	2	3	4	5	6	7
Օդային կիր	Գետային, թրծակավ	Բազալտ	1,719	0,87	1,215	0,62
Օդային կիր	Լիթոիդապեմզային, թրծակավ	Տուֆ	2,357	1,20	2,427	1,24
Օդային կիր	Լիթոիդապեմզային, թրծակավ	Բազալտ	3,258	1,66	2,956	1,51
Օդային կիր, ցեմենտ	Գետային	Տուֆ	2,061	1,05	0,830	0,42
Օդային կիր, ցեմենտ	Գետային	Բազալտ	4,969	2,53	1,736	0,88
Հիդրավլիկ. կիր «AntiqueMC»	Հատուկ մանրավազներ	Տուֆ	0,507	0,55	-	-
Հիդրավլիկ. կիր «AntiqueMC»	Հատուկ մանրավազներ	Բազալտ	2,100	1,07	-	-

Չհանգած օդային կրի և տեղական նյութերի հիման վրա մշակվել են բարելավված որակական ցուցանիշներով բազմաբաղադրիչ կրաթրծակավային և կրացեմենտային ջրակայուն շաղախներ: Մշակված շաղախների հարակցման ամրությունը տուֆե և բազալտե քարերի հետ, պետք է համապատասխանի պահանջվող նորմատիվային արժեքներին՝ $\geq 0,4$ Ն/մմ² [52-53, 98-99]:

Նկ. 5.4-ում ներկայացված է շաղախների քարի հետ հարակցման ամրության հարաբերական դիագրամը:



Նկ. 5.4 Շաղախների քարի հետ հարակցման ամրության հարաբերական արժեքների դիագրամ

- 1- ցեմենտային, գետային ավազով,
- 2- կրաթրծակավային, գետային ավազով,
- 3- կրաթրծակավային, լիթոիդապեմզային ավազով,
- 4- կրացեմենտային, գետային ավազով,
- 5- «AntiqueMC»:

Չոր վիճակում հարակցման ամրության առավելագույն արժեքը դիտվել է տուֆե ու բազալտե քարերով և ցեմենտային շաղախով պատրաստված փորձանմուշների մոտ (համապատասխանաբար՝ 2,68 և 2,56 Ն/մմ²), որն, անշուշտ, կապված է ցեմենտային շաղախի բարձր ամրության հետ (34,3 ՄՊա): Այս փորձանմուշների ադիեզիան՝ ջրահագեցած վիճակում, հնարավոր չի եղել որոշել, քանի որ նվազագույն բեռնվածքի դեպքում տեղի էր ունենում սոսնձված սկավառակների պոկում:

Տուֆե քարով և կրացեմենտային շաղախով պատրաստված փորձանմուշների հարակցման ամրությունը չոր վիճակում կազմել է 1,05 Ն/մմ²: Այս շաղախի և բազալտե քարի հարակցման ամրությունը չոր վիճակում կազմել է 2,53 Ն/մմ², որն այլ հավասար պայմանների դեպքում գործնականորեն հանընկնում է ցեմենտային շաղախի ժամանակ ադիեզիայի ցուցանիշների հետ:

Այս երկու փորձանմուշների հարակցման ամրությունը ջրահագեցած վիճակում կազմել է համապատասխանաբար՝ 0,42 և 0,88 Ն/մմ²: Երկու քարերի համար դիտվել են հարակցման ամրության մոտավորապես նույն կորուստները (35-40 %),՝ չնայած չոր վիճակում արժեքների մեծ տարբերությանը (ավելի քան երկու անգամ):

Տուֆե ու բազալտե քարերով և լիթոիդապեմզային ավազով կրաթրծակավային շաղախով պատրաստված փորձանմուշների հարակցման ամրությունը չոր վիճակում կազմել է համապատասխանաբար 1,20 և 1,66 Ն/մմ², իսկ ջրահագեցած վիճակում՝ համապատասխանաբար 1,24 և 1,51 Ն/մմ²: Այլ հավասար պայմաններում գետային ավազով պատրաստված նմուշների փորձարկման միջոցով դիտվել են հարակցման ամրության հետևյալ արժեքները՝ համապատասխանաբար 0,41 և 0,87 Ն/մմ², իսկ ջրահագեցած վիճակում՝ համապատասխանաբար 0,33 և 0,62 Ն/մմ²:

Հաստատվել է, որ լիթիդապենդային ավազի դեպքում ջրահագեցումը գործնականորեն չի փոխել նյութերի հարակցման ամրությունը, իսկ կվարցային ավազի դեպքում տեղի է ունեցել այդ ցուցանիշի աննշան նվազում: Բացի դրանից, լիթիդապենդային ավազով կրաթրծակավային շաղախի ամրությունը տուֆե քարի հետ տարբերվում է շատ ավելի ամուր բազալտե քարի նմանատիպ արժեքներից՝ ընդամենը 0,46 Ն/մմ² – ով:

Այս երևույթի բնույթն, անշուշտ, կապված է լիթիդապենդային ավազի՝ հատկապես դրա փոշենման ֆրակցիաների քիմիական ակտիվության հետ: Ըստ քիմիական վերլուծության արդյունքների՝ դրանում կարևոր դեր է խաղում նաև քարերի ապարագոյացման միներալների նմանությունը լիթիդապենդային ավազով կրաթրծակավային շաղախի միներալների հետ. սիլիկատներ և կալցիումի ալյումինատներ: Այսպես, տուֆի և բազալտի քիմիական կազմում սիլիցիումի օքսիդների՝ SiO₂ քանակը կազմում է համապատասխանաբար 50,9 և 63,8 %, իսկ ալյումինի օքսիդներինը՝ Al₂O₃, համապատասխանաբար՝ 24,0 և 17,0 %, իսկ շաղախինը՝ SiO₂՝ 34.6% և Al₂O₃՝ 8.85 %:

Գետային ավազի դեպքում շաղախի քիմիական կազմում սիլիցիումի օքսիդների՝ SiO₂ քանակը 25,56 % է, իսկ ալյումինի օքսիդներինը՝ Al₂O₃, 8.72 %, որը որոշ չափով զիջում է լիթիդային ավազով շաղախների նմանատիպ տվյալներին՝ միաժամանակ գերազանցելով մնացած փորձարկված նմուշների քիմիական վերլուծությունների արդյունքները:

Տուֆե ու բազալտե քարերով և «AntiqueMC» ֆիրմային չոր խառնուրդից շաղախով պատրաստված փորձանմուշների հարակցման ամրությունը չոր վիճակում կազմել է համապատասխանաբար՝ 0,55 և 1,07 Ն/մմ²: Այս փորձանմուշների ադիեզիան ջրահագեցած վիճակում, ինչպես ցեմենտային շաղախով փորձանմուշների դեպքում, հնարավոր չի եղել որոշել, քանի որ սոսնձված սկավառակները պոկվել են:

Շաղախները հաջողությամբ կարող են կիրառվել հայկական ճարտարապետական հուշարձանների վերականգնման աշխատանքներում: Ստացված արդյունքների համեմատական վերլուծությամբ հաստատվել է, որ հարակցման ամրությամբ դրանք չեն զիջում, իսկ որոշ հարաչափերով նույնիսկ գերազանցում են

վերականգնման համար նախատեսված հիդրավլիկական կրի հենքով «AntiqueMC» ֆիրմային նյութի հիմնական բնութագրերի արժեքները, որն ունի գործնական կիրառության զգալի փորձ Իտալիայի, Ռուսաստանի և այլ երկրների հնագույն պատմական հուշարձանների քարե կոնստրուկցիաների վերականգնման աշխատանքներում:

5.3 Շաղախների սառնակայունության հետազոտում

Հայկական հնագույն հուշարձանների քարե կոնստրուկցիաների վերականգնման համար «Հորիզոն 95» ընկերության լաբորատորիայում մշակվել են մոդիֆիկացված կրաշաղախների բաղադրակազմեր տեղական ավազների հիման վրա (գետային, լիթոիդապեմզային):

Որպես վերականգնման կրաշաղախներին ներկայացվող ընդհանուր պահանջ համարվում է դրանց կայունությունը շրջակա միջավայրի քայքայող ազդեցության նկատմամբ և նյութի սառնակայունությունը հանդիսանում է որակական ցուցանիշներից ամենակարևորներից մեկը:

Շահագործման պայմաններում ջերմաստիճանի և խոնավության կրկնվող տատանումների դեպքում նյութը կարող է ունենալ նվազեցված դիմադրողականություն և քայքայվել՝ կառուցվածքում անդառնալի փոփոխությունների կուտակումից հոգնածության արդյունքում: Միևնույն ժամանակ, նույնիսկ ցածր ամրության նյութը՝ ներքուստ ամբողջությամբ լարումներից բեռնաթափված կառուցվածքով, բազմիցս կրկնվող ջերմաստիճանային ազդեցությունների պայմաններում կարող է ունենալ մեծ դիմադրողականություն:

Հայտնի է, որ օդային կապակցանյութերի հիման վրա պատրաստված շաղախները սառնակայունության համար չեն փորձարկվում [48]: Սակայն հաշվի առնելով, որ մշակված կրաշաղախներն իրենց բաղադրակազմերում պարունակում են թրծված կավից ավազ, որը տալիս է հիդրավլիկ հատկություններ, օդային կրով շաղախները փորձարկվել են սառնակայունության համար:

Միաժամանակ, համեմատության համար, մշակված կրաշաղախների հետ հետազոտվել է նաև շաղախների սառնակայունությունը՝ պատրաստված ցեմենտի

կապակցանյութերի հիման վրա գետային ավազով և հիդրավլիկական կրի հենքով "AntqueMC" ("Mapei", Իտալիա) պատրաստի խառնուրդի:

Սառնակայունությունը որոշվել է երկրորդ արագացված մեթոդով, որի դեպքում նմուշները հազեցվել և հալեցվել են նատրիումի քլորիդի 5% -անոց ջրային լուծույթում, իսկ սառեցվել են օդային միջավայրում՝ $-18...-20^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանում՝ 2,5...3 ժամվա ընթացքում [51]:

Յուրաքանչյուր ցիկլի սառնակայունության փորձարկումների իրականացման համար պատրաստվել են 6 ստուգիչ և 6 հիմնական 70 մմ կողմով փորձանմուշ-խորանարդներ:

Սառնակայունությունը գնահատվել է ստուգիչ և հիմնական փորձանմուշների ամրությունների համեմատման միջոցով, որոնք հաշվարկվել են որպես սեղմման ամրության 6 արժեքների միջին արժեք:

Փորձարկումն անցած են համարվել շաղախային այն փորձանմուշները, որոնց պարբերաբար սառեցումից և հալեցումից հետո ամրության կորստի արժեքը սեղմման դեպքում կազմել է ոչ ավել քան 15%:

Շաղախների սառնակայունության փորձարկումների արդյունքները ներկայացված են՝ Աղ. 5.6, Աղ. 5.7 և Նկ. 5.5:

Աղյուսակ 5.6

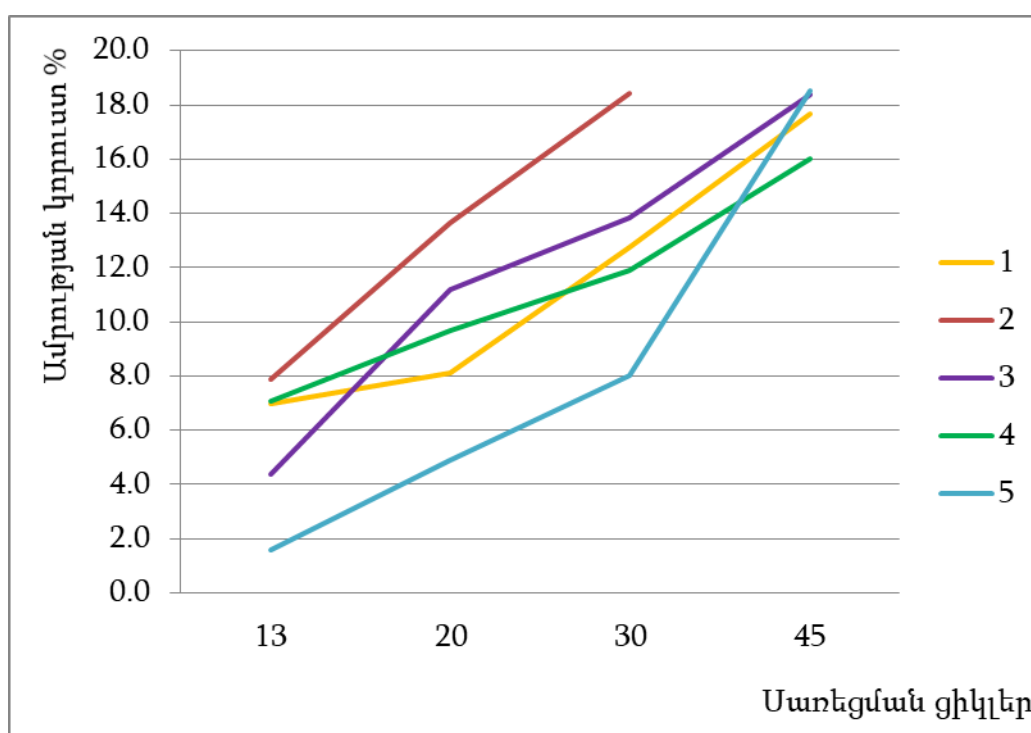
Շաղախների սառնակայունության փորձարկման արդյունքներ

NN ըստ Աղ.5.1-ի	Ստուգիչ փորձանմուշների ամրություն ՄՊա				Հիմնական փորձանմուշների ամրություն ՄՊա			
	13 g.	20 g.	30 g.	45 g.	13 g.	20g.	30 g.	45 g.
1	34.5	34.6	34.5	34.5	32.1	31.8	30.1	28.4
2	24.1	24.2	23.9	-	22.2	20.9	19.5	-
3	16.0	16.1	15.9	16.0	15.3	14.3	13.7	12.9
4	31.2	31.0	31.1	31.2	29.0	28.0	27.4	26.2
5	12.5	12.3	12.5	12.4	12.3	11.7	11.5	10.1

Աղյուսակ 5.7

Շաղախների սառնակայունությունը

NN ըստ Աղ. 5.1	Հիմնական փորձանմուշների ամրության կորուստը %				Սառնակայունությն մականիշը
	13 g.	20 g.	30 g.	45 g.	
1	7.0	8.1	12.8	17.7	F150
2	7.9	13.6	18.4	-	F100
3	4.4	11.2	13.8	19.4	F150
4	7.1	9.7	11.9	16.0	F150
5	1.6	4.9	8.0	18.5	F150



Նկ. 5.5 Շաղախների սառնակայունությունը

Հինգ տեսակի շաղախների սառնակայունության փորձարկումների հետազոտությունների արդյունքների վերլուծությունը ցույց տվեց հետևյալը:

Գետային ավազով պատրաստված ցեմենտային շաղախի ամրության կորուստը 45 ցիկլից հետո կազմեց 17,7 %, հետևաբար այս բաղադրակազմով շաղախն ունի F150 մականիշին համապատասխան սառնակայունություն:

Ցեմենտակրային կապակցանյութով և գետային ավազով պատրաստված շաղախի ամրության կորուստը 45 ցիկլից հետո կազմեց 16,0 %, հետևաբար այս բաղադրակազմով շաղախն ունի F150 մակնիշին համապատասխան սառնակայունություն:

Հիդրավլիկական կրի հենքով, էկոփոցուլաններով, հատուկ ավազներով, պոլիմերային մանրաթելերով, միկրոլցանյութերով և տարբեր հավելանյութերով կազմված «AntqueMC» ֆիրմային շինարարական խառնուրդից պատրաստված շաղախի 45 ցիկլից հետո ամրության կորուստը կազմեց 18,5 %, ինչը վկայում է այս շաղախի F150 մակնիշի սառնակայունության մասին:

Գետային ավազով կրաթրծակավային շաղախի ամրության կորուստը 30 ցիկլից հետո կազմեց 18,4 %, հետևաբար այս բաղադրակազմով շաղախն ունի F100 մակնիշին համապատասխան սառնակայունություն, իսկ լիթոիդապեմզային ավազով շաղախի 45 ցիկլից հետո ամրության կորուստը կազմեց 19,4 %, ինչը վկայում է F150 մակնիշի սառնակայունության մասին:

5.4 Հուշարձանների վերականգնման համար մշակված քարաշարվածքի լիցքի և կարանախցման ջրակայուն կրաշաղախների արտադրական փորձահավանություն և ներդրում

Մշակված շաղախների արտադրական փորձահավանություն իրականացվել է «Տաթև» վանական համալիրի վերականգնման աշխատանքների շրջանակում:

Արտադրական պայմաններում ստուգվել են մշակված շաղախների բաղադրակազմերը, պատրաստման և իրականացման տեխնոլոգիաները: Տեխնիկական հատկությունները ստուգվել են ստացված կրաշաղախներից պատրաստված նմուշների լաբորատոր փորձարկումների միջոցով:

Փորձահավանության համար շինարարական հրապարակում քարաշարվածքի լիցքի երեք շաղախների (առաջին՝ 1 զնգ. մաս. կիր : 1,7 զնգ. մաս. գետային ավազ : 0,7 զնգ. մաս. թրծակավ, երկրորդ՝ 1 զնգ. մաս. կիր : 1,1 զնգ. մաս. լիթոիդային ավազ : 0,7 զնգ. մաս. թրծակավ, երրորդ՝ 0,5 զնգ. մաս. կիր : 0,5 զնգ. մաս. ցեմենտ : 2,4 զնգ. մաս. գետային ավազ) և կարանախցման մեկ շաղախի (1 զնգ. մաս. կիր : 1,7 զնգ. մաս. գետային ավազ : 0,7 զնգ. մաս. թրծակավ) պատրաստվել են (30 լ) մոդիֆիկացված

շաղախախառնուրդներ՝ օգտագործելով «Mapefluid N200» գերալաստիկարար քիմիական հավելանյութը: Կարանախցման կրաթրծակավային շաղախում, բացի այդ քիմիական նյութից, օգտագործվել է նաև «Planicrete» սինթետիկ կաուչուկի լատեքսը:

Կրաթրծակավային լիցքի շաղախների ելանյութերի խառնման հերթականությունը հետևյալն էր՝ լցվել է նախատեսված չափով ջուր, ավելացվել ամբողջ քանակով օդային չհանգած կիրը և գետային (լիթոիդապեմզային) ավազի նախատեսված քանակի կեսը, 0,5 ռոպեից խառնելը դադարեցվել է մինչև կրի լիովին հանգչելը: Խառնման գործընթացը վերականգնելով, ավելացվել է նախատեսված չափով «Mapefluid N200» գերալաստիկարար քիմիական հավելանյութը, թրծակավային ավազի ամբողջ քանակը և գետային (լիթոիդապեմզային) ավազի մնացորդը: 2.0-2.5 ռոպե հետո շաղախը պատրաստ է եղել օգտագործման համար:

Կարանախցման կրաթրծակավային շաղախում «Planicrete» սինթետիկ կաուչուկի լատեքսը ավելացվել է խառնման ամենավերջում:

Կրացեմենտային լիցքի շաղախի ելանյութերի խառնման հերթականությունը հետևյալն էր՝ լցվել է նախատեսված չափով ջուր, ավելացվել ամբողջ քանակով օդային չհանգած կիրը և գետային ավազի նախատեսված քանակի կեսը, 0,5 ռոպե խառնելը դադարեցվել է մինչև կրի լիովին հանգչելը: Խառնման գործընթացը վերականգնելով, ավելացվում է ամբողջ նախատեսված չափով «Mapefluid N200» գերալաստիկարար քիմիական հավելանյութը և ցեմենտի ամբողջ քանակը: 1-1,5 ռոպե խառնվելուց հետո, ավելացվում է գետային ավազի մնացորդը ու է 1,5-2,0 ռոպե հետո շաղախը պատրաստ է լինում օգտագործման համար:

Վերոնշյալ եղանակով ստացվել են բարձր շարժունակությամբ (13-15 սմ) չջերտավորվող, կենսունակ (ավելի քան 90 ռոպե) լիցքի շաղախախառնուրդներ, որոնցից պատրաստված նմուշների լաբորատոր փորձարկումը իրականացվել է 28 օր նորմալ ջերմախոնավային պայմաններում պահելուց հետո:

Կրաթրծակավային քարաշարվածքի լիցքի շաղախների համար ստացվել են հետևյալ արդյունքները. սեղմման ամրությունը՝ 15-17 ՄՊա լիթոիդապեմզային ավազի և 23-25 ՄՊա՝ գետային ավազի օգտագործմամբ, իսկ ջրակլանումը՝ համապատասխանաբար՝ 7,5 և 9,0 %: Գետային ավազով կրացեմենտային շաղախի

համար ստացվել են հետևյալ արդյունքները. սեղմման ամրությունը՝ 28,5-29,0 ՄՊա, իսկ ջրակլանումը՝ 7,0-7,5 %: Գետային ավազով կարանախցման կրաթրծակավային շաղախի համար ստացվել են հետևյալ արդյունքները. սեղմման ամրությունը՝ 24,8-25,0 ՄՊա, իսկ ջրակլանումը՝ 3,7-4,0 %:

Փորձահավանություն անցած կրաթրծակավային շաղախը, լիթոիդապեմզային ավազի օգտագործմամբ ներդրվել է՝ կիրառվելով որպես լիցք, հուշարձանի Հյուսիսային գլխավոր մուտքի և Սուրբ Աստվածածին եկեղեցու տանիքների ծածկասալերի տակ: Նույն շաղախը, գետային ավազի օգտագործմամբ, ներդրվել է Հյուսիսային մուտքի պատերի քարաշարվածքի աշխատանքներում, իսկ գետային ավազով կարանախցման կրաթրծակավային շաղախը՝ պարսպի և կից կառույցների քարաշարվածքի կարանախցման աշխատանքներում:

Փորձահավանություն անցած կրացեմենտային շաղախը ներդրվել է, կիրառվելով որպես լիցք Սուրբ Աստվածածին եկեղեցու թմբուկի վերաշարվածքի և համալիրի տարածքի արտաքին սալապատման քարային աշխատանքներում:

«Տաթև» վանական համալիրի վերականգնողական աշխատանքների շրջանակում իրականացված արտադրական փորձահավանության և ներդրման հետ կապված դրվագները ներկայացված են Նկ. 5.6-ում:





Նկ. 5.6 Արտադրական փորձահավանություն և ներդրում

5.5 Եզրակացություններ ըստ ԳԼՈՒԽ 5-ի

1. Տեղական հումքով մշակվել և հետազոտվել են բարելավված տեխնոլոգիական, ջերմատեխնիկական և գործառնական տեխնիկական հատկություններով օժտված բազմաբաղադրիչ կրային և կրացեմենտային բարեփոխված շաղախներ: Լիթոիդային պեմզայի ավազի և թրծած կավի ջարդոնի հենքի վրա պատրաստված կրաշաղախն իր ջերմահաղորդականությամբ ($0,440 \text{ Վտ/մK}$) համարժեք է Իտալիայում և մի շարք այլ երկրներում հուշարձանային քարե կառույցների վերականգնման աշխատանքների մեջ լայն կիրառություն գտած «Antique MC» իտալական ֆիրմային չոր խառնուրդային շաղախանյութին ($0,446 \text{ Վտ/մK}$):

Օդային չհանգած կրով, գետային ու լիթոիդապեմզային ավազներով և «Mapefluid N200» գերալաստիկարարով, թրծակավի աղացվածքով պատրաստված քարաշարվածքի լիցքի շաղախների փորձարկումներից ստացվել են հետևյալ արդյունքները. ջերմահաղորդականության գործակիցը համապատասխանաբար՝ $0,505$ ու $0,440 \text{ Վտ/մK}$, իսկ գետային ավազով և «Mapefluid N200» գերալաստիկարարով պատրաստված կրացեմենտային շաղախի փորձարկումներից ստացվել է $0,654 \text{ Վտ/մK}$:

2. Օդային չհանգած կրով, գետային ու լիթոիդապեմզային ավազներով և «Mapefluid N200» գերալաստիկարարով, թրծակավի աղացվածքով պատրաստված քարաշարվածքի լիցքի շաղախների փորձարկումներից ստացվել են հետևյալ արդյունքները. տուֆե ու բազալտե քարերի հետ հարակցման ամրությունը կազմել է համապատասխանաբար՝ $0,41$ և $1,20 \text{ Ն/մմ}^2$ ու $0,87$ և $1,66 \text{ Ն/մմ}^2$, իսկ գետային ավազով և «Mapefluid N200» գերալաստիկարարով պատրաստված կրացեմենտային

շաղախի փորձարկումներից ստացվել են համապատասխանաբար՝ 1,05 և 2,53 Ն/մմ²:

3. Օդային չհանգած կրով, գետային ու լիթոիդապեմզային ավազներով և «Mapefluid N200» գերպլաստիկարարով, թրծակավի աղացվածքով պատրաստված քարաշարվածքի լիցքի շաղախների սառնակայունության փորձարկումներից ստացվել են հետևյալ արդյունքները. Համապատասխանաբար՝ F100 և F150, իսկ գետային ավազով և «Mapefluid N200» գերպլաստիկարարով պատրաստված կրացեմենտային շաղախի սառնակայունությունը համապատասխանում է F150 մակնիշին:
4. Մշակված շաղախների արտադրական փորձահավանությունը իրականացվել է «Տաթև» վանական համալիրի վերականգնման աշխատանքների շրջանակում: Արտադրական պայմաններում ստուգվել են մշակված շաղախների բաղադրակազմերը, պատրաստման և իրականացման տեխնոլոգիաները: Տեխնիկական հատկությունները ստուգվել են ստացված կրաշաղախներից պատրաստված նմուշների լաբորատոր փորձարկումների միջոցով:

Փորձահավանություն անցած կրաթրծակավային շաղախը լիթոիդապեմզային ավազի օգտագործմամբ ներդրվել է կիրառվելով որպես լիցք, հուշարձանի հյուսիսային գլխավոր մուտքի և Սուրբ Աստվածածին եկեղեցու տանիքների ծածկասալերի տակ: Նույն շաղախը գետային ավազի օգտագործմամբ ներդրվել է Հյուսիսային մուտքի պատերի քարաշարվածքի աշխատանքներում, իսկ գետային ավազով կարանախցման կրաթրծակավային շաղախը՝ պարսպի և կից կառույցների քարաշարվածքի կարանախցման աշխատանքներում:

Փորձահավանություն անցած կրացեմենտային շաղախը ներդրվել է, կիրառվելով որպես լիցք, Սուրբ Աստվածածին եկեղեցու թմբուկի վերաշարվածքի և համալիրի տարածքի արտաքին սալապատման քարային աշխատանքներում:

ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Տեխնոլոգիական, քիմիական, ապարագիտական և էլեկտրոնային մանրադիտակով կատարված հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա պարզաբանվել են ճարտարապետական հուշարձանների հնագույն շաղախների նյութաբանական և քանակական կազմերը և դրանց ջրակայունությանը նպաստող հիմնական գործոնները:
2. Հնագույն հայկական մայրաքաղաք Արտաշատի բաղնիքի քարաշարվածքից նմուշառված երկշերտ սվաղի հետազոտումով որոշվել է. առաջին շերտը իրականացված է պարարտ կրաշաղախով՝ գետային մանր ավազի ու թրծակավի փոշու պարունակությամբ, երկրորդը՝ գերպարարտ կրաբետոնով, որի մեջ օգտագործված են գետային ավազ, գլաքար, թրծակավի խոշոր ջարդոնք և փոշենման աղացվածք: Կրասվաղի ջրակայունությանը նպաստել է կավային ջարդոնների և դրանցից ստացված մանրահատիկ և փոշենման մասնիկների ազդեցությունը:
3. «Տաթև» վանական համալիրից նմուշառված քարաշարվածքի լիցքի արտաքին և ներքին սվաղների հետազոտված շաղախները ջրակայուն չեն: Պարզվել է, որ շաղախները պատրաստված են օդային կրի հենքով, ընդ որում՝ լիցքի շաղախների բաղադրակազմում առկա են տվյալ տարածաշրջանի կվարցասպաթային և հրաբխային ապարների խառնուրդներից կազմված ավազները: Արտաքին սվաղի մեջ որպես դիսպերս ամրանավորում օգտագործված է ծղոտ: Ապարագիտական հետազոտման արդյունքներից պարզվել է, որ ավազները պարունակում են հողմնահարված հատիկների 50 – 58 % քանակություն, ինչը զգալիորեն նպաստում է ջրային միջավայրում կրանյութերի մասնատմանը: Ըստ ռենտգենագրային հետազոտման արդյունքների՝ կրաշաղախների հիմնական բաղադրիչներից երեքը՝ կալցիումի կարբոնատը, կարբոնացված հիդրօսիլիկատները և բյուրեղային խալցեդոնը, լուծվող միներալներ չեն, իսկ կալցիումի հիդրակարբոնատի

լուծելիությունը բարձր է: Այն հարյուր անգամ գերազանցում է կալցիումի կարբոնատի լուծելիությանը, ինչով և մեծ մասամբ պայմանավորված է կրաշաղախների ջրի նկատմամբ անկայունությունը: Ջրահագեցած կրաշաղախի ճաքճքման ևս մեկ լրացուցիչ գործոն է արտաքին սվաղների մեջ օգտագործած ծղոտը:

4. «Գյովհար-Աղա» իրանական մզկիթի և մեդրեսեի քարաշարվածքից նմուշառված լիցքի ու արտաքին և ներքին սվաղների հետազոտված շաղախները ջրակայուն են: Պարզվել է, որ լիցքի պարարտ և արտաքին սվաղի գերպարարտ շաղախները պատրաստվել են դոլոմիտային կրաքարերի նստվածքային ապարներից ստացված օդային կրով և տեղական դիորիտների, գնեյսերի և ավազաքարերի կալցիումանատրիումային դաշտասպաթային բնական խառնուրդների ավազներով: Կրային կապակցանյութի ստացման համար օգտագործված դոլոմիտացված կրաքարերի նույն ապարների օգտագործումը, որպես լցանյութ նպաստել է բաղադրիչների լավ կապակցմանը: Սրանով է պայմանավորված կրաշաղախների կառուցվածքի բարձր խտությունը և ջրակայունությունը: Մզկիթի ներքին մակերևույթից վերցված շաղախը պատրաստված է երեք մաս գիպսային կապակցանյութի և մեկ մաս կավային, թերթաքարային և գնեյսային խառնուրդների օգտագործմամբ, որի մի մասը քրիզոտիլի շատ մանր և փոշենման մասնիկներ են: Ներքին սվաղի գիպսային շաղախի բաղադրակազմում շերտավոր միներալների առկայությունը հանգեցրել է դրա էական ջրակլանմանը, լուծելիության լիարժեք բացակայության դեպքում: Ջրահագեցման բազմակի կրկնությունը նպաստել է գիպսային շաղախի մակերևութային ճաքերի առաջացմանը և քայքայմանը:

5. Հնագույն հուշարձանների վերականգնողական աշխատանքների համար տեղական հումքով թրծակավի աղացվածքի և քիմիական բարեփոխիչների օգտագործմամբ մշակվել, հետազոտվել և ներդրվել են ջրակայուն կրային և կրացեմենտային լիցքի և կարանախցման շաղախներ՝ բարելավված տեխնոլոգիական, տեխնիկական և գործառնական հատկություններով:

Օդային չհանգած կրով, գետային ու լիթոիդապեմզային ավազներով և «Mapefluid N200» գերալաստիկարարով, առանց թրծակավի պատրաստված քարաշարվածքի լիցքի շաղախների փորձարկումներից ստացված արդյունքները ցույց տվեցին, որ շաղախները ջրակայուն չեն և սեղմման ամրությունը համապատասխանաբար կազմում է՝ 5,5 ու 4,8 ՄՊա:

Մշակված շաղախները՝ պատրաստված թրծակավի աղացվածքով և կրացեմենտային կապակցանյութով, այլ հավասար պայմաններում ունեն 4-ից 5 անգամ ավելի բարձր սեղմման ամրություն, դրանք ջրակայուն ու սառնակայունություն են (հիմնականում F150), ջերմահաղորդականության գործակիցը համարժեք է նույնատիպ ֆիրմային նյութերի ցուցանիշներին, իսկ քարի հետ հարակցման ամրության ցուցանիշները՝ 2-ից 4 անգամ գերազանցում են նորմատիվ պահանջներին:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Արզումանյան Ար. Ա., Բադալյան Մ.Մ., Կարապետյան Ա.Կ., Սահակյան Է.Ռ., Արզումանյան Ավ. Ա., Գևորգյան Հ.Ս. Շինարարական նյութերի ֆիզիկամեխանիկական համընդհանուր բնութագրերի հետազոտման մեթոդներ: Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, 2017 – 255 էջ
2. Արզումանյան Ար. Ա., Բադալյան Մ.Մ., Կարապետյան Ա.Կ., Սահակյան Է.Ռ., Արզումանյան Ավ. Ա., Գևորգյան Հ.Ս. Շինարարական նյութերի և պատրաստվածքների ջերմատեխնիկական բնութագրերի հետազոտման մեթոդներ - Եր.: Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, 2017 – 217 էջ:
3. Գալստյան Գ. Շ., Արզումանյան Ար. Ա., Արզումանյան Ավ. Ա, Թադևոսյան Վ. Գ., Հովեյան Հ.Ա, Բնական ավազներով կրային և կրացեմենտային բազմաբաղադրիչ շաղախների ջերմահաղորդականության հետազոտություն: ՃՇՀԱՀ Գիտ. աշխատություններ, Հ I(68), 2018- 12-17 էջ
4. Գրիգորյան Վ.Ի., Ղուկյան Ա.Բ., Բադալյան Վ.Ս., Պողոսյան Վ.Վ., Վասիլևա Ա.Ի., Ամրոյան Պ.Ա., Պետրոսյան Հ.Վ., Ենոքյան Կ.Բ., Գյուրջինյան Հ.Գ., Շինարարական արտադրության տեխնոլոգիա, I մաս, Երևան, 2005, 288 էջ
5. Թորամանյան Թ. Ա. Շինանյութերն ու նրանց գործածության կերպը հին Հայաստանում, Երևան, 1932, 39 էջ
6. Իսրաելյան Վ.Ռ., Չոբանյան Դ.Լ. Հայաստանի պատմական կառույցներում օգտագործված շինանյութերը և նրանց ուսումնասիրության մեթոդները, Երևան, ՀՀ ԳԱԱ Հայոց ցեղասպանության թանգարան-ինստիտուտի հրատարակչություն, 2001, 88 էջ
7. Հացագործյան Զ.Ա., Մարտիրոսյան Օ.Ա., Հայաստանի տուֆերը և մարմարները:, Երևան, Լույս, 1959, 142 էջ

8. ՀՀՇՆ II-7.02-95 «Շինարարական ջերմաֆիզիկա շենքերի պատող կոնստրուկցիաների» ՀՀ քաղաքաշինության նախարարություն, Երևան, 1995, 46 էջ
9. Հովհաննիսյան Գ.Վ., Կապակցող նյութեր:, Երևան, ԵՐՃՇՊՀ – ի հրատ. 2002, 231 էջ
10. ՀՍ 116-95, Իրեր խեցեղեն կավե և թրծակավե. Ընդհանուր տեխնիկական պայմաններ, Երևան, 1995, 25 էջ
11. ՀՍ 43-94, Հայաստանի Հանրապետության հրաբխային ապարների բնական ծակոտկեն լցիչներ բետոնի համար, Երևան, 1994, 15 էջ
12. Քարամյան Կ., Պողոսյան Վ. «Ճարտարապետական- ճարտարագիտական ֆիզիկա», Երևան, 2006, 263 էջ
13. Аракелян А. А.-. Строительные растворы на некоторых песках армянской ССР.- Ереван.- 1957.-90 с.
14. Алтухова А. С.,. Иванов В. Н.- Методика реставрации памятников архитектуры.- Москва.- 1961.-216 с.
15. Ацагорцян З.А. Естественные пористые заполнители Армянской ССР., Строительные материалы, N 2, 1959 - с.8-11
16. Ацагорцян З. А. Природные каменные материалы Армении. Изд. литературы по строительству. М., 1967. – 239с.
17. Баженов Ю.М. и др. Мелкозернистые бетоны., М.: 1998 – 429 с.
18. Байер В. Е. Архитектурное материаловедение.- Архитектура – Строительство.- 2005. – 264с.
19. Барщевский Ю. А. Строительные растворы повышенной прочности на основе молотой негашенной извести, Киев, 1995, 20 с.
20. Батраков В.Г. Модификаторы бетона., Железобетон в XXI веке, НИИЖБ, Готика, М.: 2001 – с.69-91
21. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны., Москва: 1998 - 768 с.
22. Булгакова М.Г., Вовк А.И., Фаликман В.Р. Кратковременные и длительные характеристики бетонов с нафталинформальдегидными суперпластификаторами

- различного молекулярного веса., Исследование и применение химических добавок в бетонах, НИИЖБ, М.: 1989 – с.20-35
23. *Витрувий* М. П. Десять книг об архитектуре. М. Архитектура-С., 2006 –328 с.
24. Волженский А.В.- Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.
25. Волков Н.В., Рыбаков Ю.Т., Фискинд Е.С. К вопросу обследования зданий и сооружений храмовых комплексов., Бетон и железобетон – пути развития. Научные труды II Международной конференции, Т2, М.: 2005 – 655-662 с.
26. Галстян Г. Ш., О структурообразовании и минералогическом составе цементного камня на араратском портландцементе, модифицированного химическими добавками. Бюллетень строителей Армении, N4 – 5, 2009, с. 3 – 11
27. Галстян Г.Ш, Арзуманян А.А., Гулян С.Л. Исследование свойств известковых композиций на материалах фирмы “MAPEI” для их применения в реставрационных работах. //Известия НУАСА. – Ереван. изд. НУАСА. – Т. 6(44) – 2014.- С.44-47
28. Галстян Г.Ш., Арзуманян А.А, Гулян С.Л. О материалах фирмы “MAPEI” на основе гидравлической извести. //Известия ЕГУАС.- Ереван., изд. ЕГУАС. 2014. – Т. 3(41). – С. 53-56
29. Галстян Г.Ш. Бетоны на природных заполнителях Армении для монолитного строительства., ВНИИГ им.Б. В. Веденеева, Санкт-Петербург: 2009-206 с.
30. Галстян Г.Ш. О морозостойкости многокомпонентных цементных систем на природных материалах., Сб.ст. X Международной конференции. ”Эффективные строительные конструкции: теория и практика”, Пенза: 2010- с.12 - 16
31. Галстян Г.Ш., Арзуманян Ар. А., Арзуманян Ав. А., Тадевосян В. Г., Овеян О. А., О сцеплении камня с модифицированным раствором при различных минеральных вяжущих. Научные труды НУАСА -2018.- Т.I (68)- с.18- 26.
32. Галстян Г. Ш., Арзуманян Ар. А., Арзуманян Ав. А., Тадевосян В. Г., Овеян О. А., Влияние цемянки на основные технические характеристики модифицированных

- известковых растворов на природных песках// Известия НУАСА. – Ереван: изд. НУАСА, 2018.-N 1.- С.3-11.
- 33.Галстян Г.Ш., Тадевосян В. Г., Овеян О. А., О водостойкости кладочных растворов мечети "Гоухар-Ага" в Шуши - Известия союза строителей армении. Сборник научных трудов.- № 3.- Ереван.- 2017.- с. 27-32.
- 34.Гаркави М.С., Долгова О.А. Бетоны с химическими добавками для ремонтно-восстановительных работ., Долговечность и защита конструкций от коррозии, Материалы международной конференции 25-27 мая 1999 – с.614-618.
- 35.ГОСТ 9179-77 Известь строительная. Технические условия.- Москва. Стандартиформ -1979.- 8с.
- 36.[ГОСТ 22688-77 Известь строительная. Методы испытаний.](#) - Москва. Стандартиформ,-1979.- 13с.
- 37.ГОСТ 30515-2013 Цементы. Общие технические условия Москва. Стандартиформ, 2014.- 48с.
- 38.ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. технические условия. Москва. Стандартиформ,1986 - 9с.
- 39.ГОСТ 310-76 Цементы. Методы испытаний. Москва. Стандартиформ, 1976 – 19с.
- 40.ГОСТ 31189-2015 Смеси сухие строительные. Классификация.- МНТКС.-2003.- 11с.
- 41.ГОСТ 31356-2013 Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний. МНТКС.-2013.- 13с.
- 42.ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний.- Москва. Стандартиформ,-1989.-33с.
- 43.ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ. Технические условия. - ОКСТУ 5711: Издательство стандартов № 1995, 2009.- 12с.
- 44.ГОСТ 9758-86 Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний.- ОКСТУ 5709.- 1988.- 40с.

- 45.ГОСТ 22263-76 Щебень и песок из пористых горных пород. Технические условия.- Москва. Стандартиформ,: Издательство стандартов № 200, 1977.- 10 с.
- 46.ГОСТ 28013-98 Растворы строительные. Общие технические условия. ОКСТУ 5870, 1998, 13с.
- 47.ГОСТ 5802-86 Растворы строительные. Методы испытаний.- Москва. Стандартиформ,: 2010.- 14с.
- 48.ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.- Москва. Стандартиформ,: 2006.- 30с.
- 49.ГОСТ 12730-84 Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости. Москва. Стандартиформ, 1984, - 9с
- 50.ГОСТ 10060-95 Методы определения морозостойкости. Общие требования.- Москва. Стандартиформ,- 1995.- 5с.
- 51.ГОСТ 28089-2012 Конструкции строительные стеновые. Метод определения прочности сцепления облицовочных плиток с основанием.- Москва. Стандартиформ, 2013.- 9с
- 52.ГОСТ 24992-2014 Конструкции каменные. Метод определения прочности сцепления в каменной кладке. - Москва. Стандартиформ,-2015.-18с.
- 53.ГОСТ 7076-99 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. Москва. Стандартиформ,1999.-18с.
- 54.Гурова Е.В. Определение теплопроводности строительных материалов Методические указания по выполнению лабораторной работы. – Омск: Изд-во СиБАДИ, 2007. – 16 с.
- 55.Деркач В.Н. Прочность касательного сцепления цементных растворов в каменной кладке: Инженерно-строительный журнал. 2012. №3. С. 19-28.
- 56.Домокеев А. Г. Строительные материалы. Высшая школа., - М.: 1989 - 495с

- 57.Заднепровский Р. П. О рациональном фракционном составе многокомпонентных смесей с учетом дисперсности и энергетической активности микро- и наночастиц., Сухие строительные смеси.N2, М.: 2010-с.33-35
- 58.Захаров С.А., Калачик Б.С. Высокоактивный метакаолин как инновационное решение для бетонов и сухих строительных смесей., Современные технологии сухих смесей в строительстве, Материалы 8-ой Международной научно-технической конференции 21-23 ноября 2006, М.: 2006 – с.78-81
- 59.Значко-Яворский И.Л. Очерки истории вяжущих веществ от древнейших времен до середины XIX века., Изд. АН СССР, М-Л.: 1963 -494с.
60. Иванов Ф.М. Основы эффективного использования суперпластификаторов., Исследование и применение бетонов с суперпластификаторами, Труды НИИЖБ. М.: 1982 – с.3-6
- 61.Исраелян В.Р. Вулканические пористые заполнители для бетонов., Ереван: Айастан, 1998 – 120 с.
- 62.Исраелян В.Р., Чобанян Д.Л., Чугурян В.В. К вопросу обеспечения надежности и долговечности восстанавливаемых древних памятников архитектуры., Деп. рук. N7479 ВНИИ и С, Москва: N4 1987
- 63.Исраелян В.Р., Чобанян Д.Л., Захаров Л.А. Исследование строительных растворов памятников Армении., Арм. Хим. Журнал т.41, N4 Ереван: 1988 - с. 191-194
- 64.Казарян А.Ю. Архитектура Армении IV-VI веков и особенности раннехристианской традиции в соседних странах Византийский временник. Т. 60 (85). М.: 2001 – с. 126-158
- 65.Калашников В.И., Хвастунов В.Л., Кузнецов Я.С., Мороз М.Н.,Ананьев С.В. Водоредуцирующее действие суперпластификаторов и гиперпластификаторов в суспензиях микрокремнезема и цементноминеральных смесей., Материалы XV академических чтений РААСН Международной технической конференции “Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии”. Т.1, КазГАСУ, Казань: 2010 - с.225-230

66. Князева В.В., Фиссер С.В. Механизмы биохимической коррозии строительных материалов в условиях городской среды., Долговечность и защита конструкций от коррозии, Материалы международной конференции, М.: 1999 г. – с.448-456
67. Комар А.Г., Баженов Ю.М., Сулименко Л.М. Технология производства строительных материалов. М.: Высш. шк., 1990г. -446с
68. МДС 11-17.2004 “Правила обследования зданий, храмовых сооружений и комплексов вспомогательного назначения”
69. Методические рекомендации по производству бетонных работ с применением суперпластификаторов и других эффективных добавок., ЦНИИОМТП, М: 1985 – 61 с.
70. Овоян О. А., О применении модифицированных реставрационных растворов на смешанных вяжущих.- Известия Союза строителей Армении. Сборник научных трудов.- № 3.- Ереван.- 2017.- с. 56-58
71. Овоян О. А., О морозостойкости кладочных реставрационных растворов.- Известия Союза строителей Армении. Сборник научных трудов.- № 4 (573).- Ереван.- 2017.- с. 36-39
72. Папкова Л.П., Геворкян, Х. О., Мchedlov-Петросян, О. П др. О вяжущих материалах некоторых древних сооружений Армении., Изв. АН Арм.ССР, серия техн. Наук, XVII, N2, 1964- с.61-66.
73. Плотников В.В. Химия вяжущих материалов и бетонов. М.: Издательство АСВ, 2015г. -400с.
74. Подъяпольский С. С., Бессонов Г. Б., Беляев Л. А., Постников Т. М..- Реставрация памятников архитектуры : Учебное пособие для вузов.- Москва, Стройиздат, 1988. - 262 с.
75. Правовая охрана памятников истории и культуры в зарубежных странах: Сб. науч. тр. /РАН. ИНИОН; Ин-т законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ. – Москва, 2005. – 172 с.
76. Пруцын О. И. Реставрационные материалы.– Москва.- 2004.-264 с.

- 77.Рамачандран В.С. и др. Добавки в бетон. Справочное пособие., Стройиздат, М.: 1988 – 572с.
- 78.Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон., Стройиздат, М.: 1989 - 188 с.
- 79.Ребиндер П.А., Сегалова Е.Е., Амелина Е.А. и др. Физико - химические основы гидротационного твердения вяжущих веществ., VI Международный конгресс по химии цемента. Тез.доклад. Т.2, М.: 1976 – с.58-64
80. Рекомендации по повышению качества каменной кладки и стыков крупнопанельных зданий инъецированным раствором под давлением., ЦНИИ строительных конструкций им. В.А.Кучеренко, Госстроя СССР, Стройиздат, М.: 1987 – 69 с.
- 81.Рекомендации по подбору составов тяжелых и мелкозернистых бетонов., (ГОСТ 27006-86). Л.А.Малинина, М.И.Бруссер, С.А.Подмадова и др, ЦИТП, М.: 1990 – 68 с.
- 82.Родионов Р.Б. Инновационный потенциал нанотехнологий в производстве строительных материалов., Строительные материалы, N8,2006 - с.72-76
- 83.Руководство по применению химических добавок в бетоне., НИИЖБ, М.: 1981 – 56 с.
- 84.Свод реставрационных правил, СРП, 2007, 39с.
- 85.Симонов М.З. Основы технологии легких бетонов., Стройиздат, М.: 1973 – 203с.
86. Солонина В.А. Воздушные вяжущие вещества.- Москва.- 2014.-20 с.
- 87.СНиП II-22-81* Каменные и армокаменные конструкции.- Москва.- 2012.-74 с.
88. СП 82-101-98. Приготовление и применение растворов строительных.- Москва.- 1999.-33 с.
89. *СНиП 10-01-9.* Строительные нормы и правила российской федерации система нормативных документов в строительстве
90. Степанян. В. А. Нормальное сцепления раствора с камнем. - Ереван.- 1950.-240 с.
- 91.Тер-Мартirosов Ф. И., Микаелян Л.Ш. Древние корни строительной техники «мидис» // ВоН. РА, Ереван, - 2009. - No 2,- с. 131-144.

92. Тойхерт Л., Ровенский А.П. Совместимость ремонтных материалов и бетона – залог эффективного и долговечного ремонта железобетонных сооружений., Бетон и железобетон – пути развития, Научные труды II Международной конференции, Т4, М.: 2005 – с.703-709
93. Тораманян Т. А., Материалы по истории армянской архитектуры. Сборник трудов Академии наук СССР, Армфан, Институт истории и материальной культуры, Ереван, - 1942 - с. 159—160.
94. Физдель И.А. Дефекты в конструкциях, сооружениях и методы их устранения., Стройиздат, М.: - 336 с.
95. Халпахчян О.С. Строительные традиции народных мастеров Армении., В книге Архитектурное наследие, Госиздат литературы по строительству и архитектуре, М.: 1953 – с.13-15.
96. Шагинян, С. А. [Экспериментальное исследование кладки мидис.](#) Известия АН АрмССР, (1950) №7, с.605-618
97. EN 1542:2000, Products And Systems For The Protection And Repair Of Concrete Structures - Test Methods - Measurement Of Bond Strength By Pull-off from SAI Global.
98. EN 1015-12 :2016. Methods of test for mortar for masonry. Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates.
99. EN 13687-2 :2002 Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test methods. Determination of thermal compatibility. Thunder-shower cycling (thermal shock)
100. Galstyan G. Sh., Arzumanyan Av. A., Hoveyan H. A., About water resistance of plasters of Tatev Monastery complex and Govhar Agha Mosque in Shushi, 9th international conference on contemporary problems of architecture and construction, Batumi, Georgia.- 2017.-pp. 92-96
101. Galstyan G. Sh., Gevorgyan H. S., «Study of «ancient» materials of masonry constructions of buildings, constructions and structures of «Tatev «monastery

- complex. / « New «materials for usage in restoration works of «Tatev» monastery complex», Yerevan, 2016 -127p.
102. Melander J.M., Lauersdorf L.R. Masonry: Design and Construction, Problems and Repair, ASTM, 1993- 138p
103. Tsai, *Meng-Hao* and *Huang, Tsuei-Chiang*, *Numerical investigation on the progressive collapse resistance of an RC building with brick infills under column loss*. International Journal of Engineering and Applied Sciences, №7:1, 2011 pp. 27-34.

ՀՆԱԳՈՒՅՆ ՀՈՒՇԱՐՁԱՆՆԵՐԻ ԼՈՒՍԱՆԿԱՐՆԵՐ

ՆԿԱՐՆԵՐԻ ՑԱՆԿ

Էջ

ՀՆԱԳՈՒՅՆ ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՄԱՅՐԱՔԱՂԱՔ ԱՐՏԱՇԱՏ
(Նկ. Հ.1 – Նկ. Հ.8)

112

«ՏԱԹԵՎ» ՎԱՆԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼԻՐ
(Նկ. Հ.9 – Նկ. Հ.23)

120

ՇՈՒՇԻԻ «ԳՅՈՎՀԱՐ-ԱՂԱ» ԻՐԱՆԱԿԱՆ ՄԶԿԻԹ և ՄԵԴՐԵՍԵ
(Նկ. Հ.24 – Նկ. Հ.33)

135



Նկ. 2.1



Նկ. Հ.2



Նկ. 2.3



Նկ. 2.4



Նկ. 2.5



Նկ. 2.6



Նկ. 2.7



Նկ. 2.8



Նկ. 2.9



Նկ. 2.10



Նկ. 2.11



Նկ. 2.12



Նկ. 2.13



Նկ. 2.14



Նկ. 2.15



Նկ. 2.16



Նկ. 2.17



Նկ. 2.18



Նկ. 2.19



Նկ. 2.20



Նկ. 2.21



Նկ. 2.22



Նկ. 2.23



Նկ. 2.24



Նկ. 2.24



Նկ. 2.25



Նկ. 2.26



Նկ. 2.27



Նկ. 2.28



სქ. 2.29



Նկ. 2.30



Նկ. 2.31



