

ԿԱՐԾԻՔ
ՊԱՇՏՈՆԱԿԱՆ ԸՆԴԴԻՄԱԽՈՍԻ

Սուրեն Աշոտի Մալումյանի «Ածխածնային նանոխողովակներով շաղախի և բետոնի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների հետազոտում» թեմայով Ե.23.01 – Շինարարական կոնստրուկցիաներ, շենքեր, կառույցներ, շինարարական նյութեր և շինարարական մեխանիկա մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար

Սուրեն Աշոտի Մալումյանի կողմից ներկայացված «Ածխածնային նանոխողովակներով շաղախի և բետոնի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների հետազոտում» թեմայով ատենախոսական աշխատանքը շատ արդիական է, քանի որ ժամանակակից շինարարության մեջ բետոնն ամենալայն կիրառվող նյութերից է և բետոնե ու երկաթբետոնե կոնստրուկցիաների որակի բարելավումն ու ամրության բարձրացումը եղել և մնում է խիստ արդիական խնդիր:

Բետոնագիտությունը, շինարարական նյութագիտության դինամիկ զարգացող ճյուղ է, և տարբեր ժամանակներում բետոնի բարեփոխման համար օգտագործվել են տարբեր բնույթի և տեսակի հավելանյութեր: Ժամանակակից բետոնները բարեփոխում են համալիր հավելանյութերով, բետոնի կազմի մեջ բացի ավանդական հավելանյութերից ներմուծելով նաև նանոմասնիկներ, որոնք բարելավում են վերջնարդյունքում ստացվող նյութի միկրոկառուցվածքը և, որպես հետևանք, բետոնե և երկաթբետոնե կոնստրուկցիաների շահագործական բնութագրերը: Այսօր բետոնի մոդիֆիկացման համար լայնորեն օգտագործվում են նանոսիլիկահող, տարբեր մետաղական օքսիդների նանոմասնիկներ, նանոկավեր, նանոգլներ, ածխածնային նանոմասնիկներ (խողովակներ, ֆոլիոններ) և այլ հավելանյութեր:

Հաշվի առնելով, որ առաջադեմ երկրներում բետոնների մոդիֆիկացման լայնածավալ գիտահետազոտական աշխատանքներն իրականացվում են ածխածնային նանոխողովակներով, ասպիրանտը նպատակ է դրել մշակել և ուսումնասիրել ՀՀ հումքային բազայի հիման վրա ստացվող նանոբետոնների և շաղախների բաղադրակազմերն ու ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը: Նպատակին հասնելու համար ասպիրանտն իրականացրել է լայնածավալ

հետազոտություններ, ուսումնասիրել բետոնի ֆիզիկական և տեխնոլոգիական հատկությունները բարելավելու ուղղիները՝ օգտագործելով ժամանակակից մեթոդներ, ներառելով տարբեր տրամագծերով բազմաշերտ ածխածնային նանոխողովակներ (ԲԱՆԽ):

Աշխատանքը սկսվել է տեսական հետազոտությունից՝ վերլուծվել են գրականության տվյալները և այլ երկրներում նանոբետոնի արտադրության ոլորտում ձեռքբերումները, որից հետո ասպիրանտն իր առջև խնդիր է դրել՝ հաշվի առնելով մեր երկրի շինարարության ոլորտի պահանջները, մշակել տեղական կապակցանյութերի և լցանյութերի օգտագործմամբ նանոբետոնների ստացման տեխնոլոգիա:

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլուխներից և եզրակացությունից:

Ներածության մեջ բերված է շինարարական շաղախներին և բետոններին ներկայացվող արդի (ժամանակակից) պահանջները: Նոր սերնդի արհեստական կոնգլոմերատների ֆիզիկական և մեխանիկական հատկությունները բարելավելու համար անհրաժեշտ է ոչ թե ավելացնել էներգատար պորտլանդցեմենտի ծախսը, այլ ուղղորդված կարգավորել ձևավորվող արհեստական քարի կառուցվածքը՝ միկրո- և նանոմակարդակներում: Այս նպատակով օգտագործվում են տարբեր նանոհավելումներ, այդ թվում՝ սիլիկահողի, ալյումինիումի, տիտանի և երկաթի օքսիդների, ինչպես նաև ածխածնային նանոմասնիկների տարբեր տեսակներ:

Այսօր բետոնի մոդիֆիկացման համար օգտագործվող ամենատարածված նանոմասնիկներից են միաշերտ և բազմաշերտ ածխածնային նանոխողովակները (ԲԱՆԽ), ֆուլերենները և նանոկետերը, որոնք օգտագործվում են նոր սերնդի բետոններ և շաղախներ ստանալու համար: Ածխածնային նանոմասնիկների ներմուծումը կարող է մեծացնել սեղմման, ձգման և ծռման ամրությունները, ճաքադիմացկունությունը և էլեկտրահաղորդականությունը՝ միաժամանակ նվազեցնելով ծակոտկենությունը և, հետևաբար, ջրակլանումը: Բերված են տեսական հետազոտություններ և գրականության տվյալներ, ինչպես նաև նկարագրված և վերլուծված են տարբեր ուսումնասիրությունների արդյունքներ: Գրականության ակնարկի համաձայն, նանոմասնիկների ներմուծումը բետոնի և շինարարական շաղախի մեջ փոխում է արհեստական քարի ինչպես կառուցվածքը,

այնպես էլ ֆիզիկական և մեխանիկական հատկությունները: ԲԱՆԽ-ներն ամրացման սկզբնական փուլում արագացնում են ամրության աճը և 7 օրական հասակում կարող են հասնել նախագծային ամրության 90%-ին, ինչը ցույց է տալիս, որ ածխածնային նանոխողովակների ավելացումը խթանում է ցեմենտի արագ հիդրատացմանը:

Նկարագրված են նաև ածխածնային նանոմասնիկների (ԱՆՄ) սինթեզման մեթոդները՝ քիմիական գոլորշու նստեցմամբ, արկի պարպմամբ, լազերային աբլացիայով, պիրոլիզով և այլն:

Ներածական մասում նկարագրված է նանոմասնիկներով մոդիֆիկացված բետոնի և շինարարական շաղախի կառուցվածքային բնութագրերի հնարավոր մանրամասն ուսումնասիրությունը՝ լարվածա-դեֆորմացիոն վիճակում՝ տարբեր բեռների և նախագծային պարամետրերի ազդեցության տակ, տրված է այս մեթոդի գիտական հիմնավորումն ու տեխնոլոգիական արդյունավետությունը:

Ապրենախոսության առաջին գլուխը նվիրված է բազմաշերտ ածխածնային նանոմասնիկներով ցեմենտային շաղախների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների ուսումնասիրությանը: Նկարագրվում են օգտագործված հումքանյութերի՝ պորտլանդցեմենտի, գետի ավազի, դիսպերսանտի ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը, տրվում են տարբեր բազմաշերտ ածխածնային նանոխողովակների տեխնիկական բնութագրերը:

Մշակվել են բաղադրակազմեր և պատրաստվել $40 \times 40 \times 160$ մմ չափի պրիզմայաձև նմուշներ՝ ստուգողական (առանց նանոխողովակների) և նանոխողովակների ավելացմամբ: Նանոխողովակները ուտրաձայնային սարքի միջոցով ենթարկվել են ցրման, որն իրականացվել է ջրի մեջ, որպեսզի սուսպենզիայի (կախույթի) ջերմաստիճանը չգերազանցի $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$: Ուսումնասիրվել է բազմաշերտ ածխածնային նանոխողովակների քանակի փոփոխության ազդեցությունը ցեմենտային շաղախների սեղմման և ծռման ամրության վրա, ինչպես նաև դրանց չափի (տրամագծի) փոփոխության ազդեցությունը շինարարական շաղախների սեղմման ամրության վրա: Ուսումնասիրվել է բազմաշերտ ածխածնային նանոխողովակների ավելացմամբ և առանց ավելացման շաղախների էլեկտրական դիմադրությունները էլեկտրական չափիչ մուլտիմետրով՝ օգտագործելով չորս զոնդի մեթոդը: Յուրաքանչյուր փորձանմուշի էլեկտրական

չափումներն իրականացվել են 1, 7, 14 և 28 օրական հասակներում՝ օգտագործելով թվային մուլտիմետր (DMM6500, 6 1/2-նիշ, Keithley Instruments Inc., Solon, OH, ԱՄՆ): Ստացված արդյունքները որոշվել են դիմադրության միջին արժեքներով:

Արենախոսության երկրորդ գլխում ներկայացված է բազմաշերտ ածխածնային նանոմասնիկներ պարունակող ցեմենտբետոնի սեղմման ամրության ուսումնասիրությունները: Որպես խոշոր լցանյութ օգտագործվել է 5-10 հատիկաչափի բազալտե խիճ, իսկ բետոնախառնուրդի շարժունակությունը բարձրացնելու համար ավելացվել է Mapefluid N200 գերալլաստիկարար՝ ցեմենտի զանգվածի 0.5-1.5%-ի չափով: Մշակված բաղադրակազմերով պատրաստվել են 100x100x100մմ չափի խորանարդաձև նմուշներ՝ նանոխողովակների տարբեր կոնցենտրացիաներով, նաև տարբեր երկարություն-արտաքին տրամագիծ հարաբերությամբ: Ուսումնասիրվել է նանոխողովակների կոնցենտրացիայի և մասնիկի չափի ազդեցությունը ցեմենտբետոնի սեղմման ամրության վրա: Ստացված տվյալներով 7 օրական հասակում բետոնի սեղմման ամրությունը զրոյական նմուշների նկատմամբ աճել է 9.40%, 2.85% և 12.12%, համապատասխանաբար նանոածխածնային խողովակների մեծ, միջին և փոքր չափերի հարաբերակցության և 0.2%, 0.05%, 0.05% կոնցենտրացիաների դեպքում, իսկ 28 օրական նմուշների դեպքում՝ 6.09%, 3.26% և 6.62%:

Արենախոսության երրորդ գլխում ներկայացված է ANSYS վերջավոր տարրերի թվային մոդելավորման ծրագրի միջոցով իրականացված բետոնի առաձգականության մոդուլի և նորմալ լարումների թվային ուսումնասիրություն սեղմման տակ՝ օգտագործելով տարբեր արտաքին տրամագծերով բազմաշերտաշերտ նանոխողովակներ պարունակող ցեմենտային կապակցանյութ: Մոդելավորվել են տարբեր նանոխողովակների կոնցենտրացիաներով և արտաքին տրամագծերով խորանարդաձև նանոմասշտաբի նմուշներ: Հետազոտվել է նանոխողովակների կոնցենտրացիայի և արտաքին տրամագծի փոփոխության ազդեցությունը բետոնի նանոհամակարգերի առաձգականության մոդուլների վրա:

Ընդհանուր առմամբ, Սուրեն Աշոտի Մալումյանի աշխատանքն ամփոփ ուսումնասիրություն է, որը ներկայացնում է տեսական և գործնական մեծ հետաքրքրություն: Ներդրման պարագայում այն ևս մեկ աստիճանով կնպաստի շինարդունաբերության զարգացմանը:

Աշխատանքի բովանդակության վերաբերյալ կան հետևյալ դիտողություններն ու առաջարկությունները.

1. Հեղինակի կողմից ներկայացված նպատակներն ավելի ընդգրկուն են, քան ներկայացված աշխատանքը: Մասնավորապես, ժամանակակից աշխարհում, թե՛ շինարարական նյութագիտության, թե՛ բետոնագիտության մեջ, զգալի ուշադրություն է դարձվում էներգախնայող տեխնոլոգիաներին: Մինչդեռ տվյալ աշխատանքում ավելի շատ ուշադրություն է դարձված բետոնի երկարակեցության բարձրացմանը, քան էներգախնայողությանը՝ պայմանավորված ԱՆԽ-ի ցրման էներգատարության հետ:
2. Ներածության և արդիականության հիմնավորման մասերը չափազանց ծավալուն են, ինչը բերում է նշված խնդիրների լուծման պայմանների և պահանջների դժվարընկալման:
3. Քանի որ ՀՀ-ն գտնվում է սեյսմակտիվ գոտում, ուստի արդիական խնդիր է հանդիսանում նաև շինարարական կոնստրուկցիաներում կիրառվող բարձր ամրության բետոնների միջին խտության նվազեցումը՝ մեխանիկական հատկությունների պահպանմամբ: Ցանկալի կլինի հետազայում նանոբետոնների հետազոտությունները շարունակել՝ բաղադրակազմերում ծանր լցանյութերը մասնակի կամ ամբողջությամբ փոխարինելով թեթև լցանյութերով:
4. Աշխատանքի տեքստում առկա են ձևակերպումների որոշ անճշտություններ:

Սակայն վերոնշյալ մեկնաբանությունները չեն նվազեցնում ստացված արդյունքների նշանակությունը և չեն ազդում Սուրեն Աշոտի Մալումյանի ատենախոսության հետազոտության ընդհանուր դրական գնահատականի վրա:

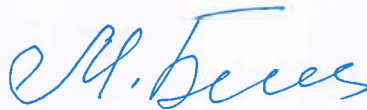
Հետազոտության հիմնական արդյունքները հրապարակվել են չորս գիտական հոդվածներում, որոնցից մեկը՝ Scopus ամսագրում, երեքը՝ բարձրագույն որակավորման հանձնաժողովի (ԲՈԿ) պարբերականների ցանկում ընդգրկված տեղական ամսագրերում:

Սեղմագիրը և տպագրված աշխատանքները լիովին արտացոլում են
ատենախոսության հիմնական բովանդակությունը:

Հաշվի առնելով վերոնշյալը, գտնում եմ, որ ներկայացված «Ածխածնային
նանոխողովակներով շաղախի և բետոնի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների
հետազոտում» թեմայով ատենախոսությունը համապատասխանում է ՀՀ-ում
գիտական աստիճանաշնորհման կանոնակարգի 7-րդ կետի պահանջներին, իսկ
հեղինակը՝ Սուրեն Աշոտի Մալումյանը լիովին արժանի է Ե.23.01 – Շինարարական
կոնստրուկցիաներ, շենքեր, կառույցներ, շինարարական նյութեր և շինարարական
մեխանիկա մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Պաշտոնական ընդդիմախոս՝

ՃՇՀԱՀ ՇՆՊԿԱ ամբիոնի
տ.գ.դ., պրոֆեսոր



Մարիա Բադալյան

Մ.Մ.Բադալյանի ստորագրության իսկությունը հաստատում եմ,

ՃՇՀԱՀ-ի գիտական քարտուղար
տ.գ.թ., դոցենտ



Լ.Լ.Լևոնյան

10 դեկտեմբերի 2025թ.