ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 1

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

BETONNING MEXANIK XOSSALARIGA BAZALT TOLALARNING TA'SIRINI O'RGANISH

Arslanov Islom Kimsanovich
Toshkent Kimyo xalqaro universiteti professori v.b.
E-mail: islom05@mail.ru
Meyliyev Dilyor Bayramali o'g'li
Toshkent Kimyo Xalqaro Universiteti magistranti
E-mail: meyliyevdilyor8@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolaning asosiy maqsadi - beton tarkibida kesilgan tolalar, mini sterjenlar, kuchaytiruvchi armaturalar va to'rlar shaklida qo'llaniladigan bazalt tolalarning ta'sirini ochib berish hamda ularni betonning fizik va mexanik xossalariga ta'sirini tushuntirishdir. Taklif etilgan sharh maqolasi beton tarkibiga bazalt tolalarni turli yuklama sharoitlarida qo'shish bo'yicha mavjud dalillarni umumlashtiradi.

Kalit so'zlar: bazalt tolalar bilan armaturalangan beton (BTAB), bazalt tolalari, statik holat, dinamik xususiyatlar, tahlil, tolalarning uzunlik-diametr mutanosibligi, tolalarning hajmiy miqdori, chidamlilik, energiyani singdirish, mustahkamlik.

Аннотация. Основная цель данной статьи — выявить влияние базальтовых волокон, используемых в виде рубленых волокон, мини-стержней, армирующих арматур и сеток в составе бетона, и объяснить их влияние на физические и механические свойства бетона. Предлагаемая обзорная статья обобщает имеющиеся данные о включении базальтовых волокон в состав бетона в различных условиях нагружения.

Ключевые слова: бетон, армированный базальтовыми волокнами; базальтовые волокна; статическое поведение; динамические свойства; обзор; отношение длины к диаметру волокон; объёмное содержание волокон; прочность; поглощение энергии; жёсткость.

Annotation. The main objective of the study is to highlight the effect of basalt fibers applied in the form of chopped fibers, mini rods, reinforcement bars, and meshes on the physical and mechanical properties of concrete. The proposed review summarizes existing evidence on incorporating basalt fibers into concrete under different loading conditions.

Keywords: basalt fiber reinforced concrete; basalt fibers; static behavior; dynamic properties; review; fiber length-to-diameter ratio; fiber volume fraction; durability; energy absorption; stiffness.

KIRISH.

Beton sanoati so'nggi yillarda innovatsion hamda tabiiy materiallardan foydalanish orqali barqaror qurilish yo'nalishida izchil rivojlanib kelmoqda. Ushbu

ISSN 3030-3907

sohaning taraqqiyotiga turtki beruvchi yondashuvlardan biri – tolalar bilan mustahkamlangan betonni qo‘llashdir. Betonning asosiy kamchiliklaridan biri uning tortish kuchlariga nisbatan zaifligidir. Aynan shu omil beton tarkibiga turli tolalarni kiritish zaruratini yuzaga keltiradi. Tolalar qo‘shilishi natijasida betonning material xususiyatlari, ya’ni mustahkamligi va egiluvchanligi sezilarli darajada yaxshilanadi.

Beton tarkibida mavjud bo‘lgan nuqsonlar tortish kuchlarini uzatishda zaiflikni keltirib chiqaradi. Natijada, tortish ta’siri ostida bu nuqsonlar rivojlanib, yoriqlar kengayadi va konstruksiyaning umumiy mustahkamligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu bois, tolalar bilan mustahkamlash betonning strukturaviy barqarorligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu sababli, qurilish sanoati turli sohalarda qo‘llaniladigan tolalarning keng miqyosda ishlab chiqarilishi bilan faol shug‘ullanmoqda. Tolalar ishlab chiqarishdagi yutuqlar texnik hamda ekologik talablarni qondira oladigan materiallarga ehtiyoj mavjudligini ko‘rsatadi. Umuman olganda, tolalar uch asosiy guruhga ajratiladi: organik tolalar, metall tolalar va mineral tolalar. Ular o‘zlarining ustun xususiyatlari va qo‘llanish maqsadiga qarab tanlanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, kompozit materiallarning mustahkamligi quyidagi omillar orqali sezilarli darajada oshirilishi mumkin: tolalarning uzunlik-diametr nisbati, modul nisbati, tolalarning miqdori hamda ularning yo‘nalishdagi tartibi.

Kesilgan mayda tolalar keng qo‘llaniladi, chunki beton ichki yoki tashqi kuchlanishlar ta’sirida yorilganda, tasodifiy tarqalgan tolalar yoriqlarning paydo bo‘lishi va kengayishini cheklash vazifasini bajaradi. Uzluksiz tolalar esa quyidagi afzalliklarga ega: yuqori darajadagi qattiqlik, tortishish zonasidagi yo‘naltirilgan uzluksiz tayanch, yoriqlarning yaxshiroq taqsimlanishi va konstruksiyaning umumiy barqarorligi.

Beton tarkibidagi tolalar quyidagi xususiyatlarga ega bo‘lsa, material yanada mustahkam va qattiq hisoblanadi:

- tolalarning mexanik mukammalligi;
- beton tarkibidagi tolalarning hajmiy ulushi;
- materialning qayta ishlanish imkoniyati;
- tolalarning beton ichidagi joylashuvi va yo‘nalishi.

Umuman olganda, tolalar yorilishdan keyingi zonada muhim rol o‘ynaydi. Ularning asosiy vazifasi – birinchi yoriqdan keyin ham qarshilik-deformatsiya egri chizig‘i ko’tarilishini davom ettirishi, bu holat deformatsion qattiqlashuv deb ataladi. Shuningdek, tolalar kiritilgan kompozit materialning energiya yutish qobiliyati va mustahkamligi ortadi. Hatto qarshilik-deformatsiya egri chizig‘i

ISSN 3030-3907

pasaygan taqdirda ham bu jarayon deformatsion yumshash sifatida namoyon bo‘ladi.

Qisqa tolalar qo‘llanilgan holatlarda deformatsion yumshash xatti-harakati ustunlik qiladi, chunki tolalar uzunligi yetarli bo‘lmagani sababli yuqori deformatsiya bosqichida tolali ko‘priklashish mexanizmi zaiflashadi va bu yoriqlarning rivojlanishiga olib keladi. Tolalarning individual xususiyatlari faqat molekulyar darajada namoyon bo‘ladi. Bazalt tolasi esa mineral tolalar turkumiga kiruvchi tabiiy material bo‘lib, texnik va ekologik talablarni qondira oladigan bir qator ustun xususiyatlarga ega. Jumladan:

- metallar, yelim va epoksidlar bilan mustahkam bog‘lanish qobiliyati;
- mexanik xususiyatlarga nisbatan yuqori darajadagi qarshilik;
- akustik, elektr va issiqlik jihatdan ajoyib ko‘rsatkichlar

Bazalt tolalari o‘zining bog‘lovchi kuchi hamda energiyani yutish salohiyati bilan mashhurdir. An’anaviy tolalarni tabiiy tolalar bilan almashtirish ijtimoiy va sanoat sohalariga kamroq zarar yetkazadi va ishonchli muqobil sifatida qaraladi. Shu bilan birga, tolalarni ishlab chiqarish jarayoni katta miqdorda energiya sarfini talab etadi. So‘nggi ilmiy izlanishlar bazalt polimer kompozitlarining mexanik va issiqlik xususiyatlari, shuningdek bazalt tolalarining ohak aralashmalarida hamda maxsus sanoat tarmoqlarida qo‘llanish imkoniyatlarini ko‘rsatmoqda. Ushbu maqola bazalt tolalari bilan mustahkamlangan betonning statik va dinamik yuklama sharoitlaridagi xatti-harakatlarini tahlil qilishga qaratilgan.

Mazkur ishda ko‘rib chiqilgan keng qamrovli adabiyotlar bazalt tolalarining ustun sifatlarini chuqurroq anglashga yordam beradi. Bazalt tolalar bilan armaturalangan beton (BTAB) bo‘yicha so‘nggi ilmiy maqolalarda turli yuklama sharoitlarida bazalt tolalarining afzalliklari alohida ta’kidlab o‘tilgan.

Bazalt tolali betonning statik yuklama sharoitidagi xususiyatlari

Tolali betonning mexanik xatti-harakati, avvalo, tolalarning uzunlik-diametr nisbati, keyingi o‘rinda esa hajmiy ulushi bilan belgilanadi. Ko‘plab tadqiqotchilar bazalt tolalari bilan mustahkamlangan betonning statik yuklama sharoitidagi ishlashini chuqur o‘rganishgan. Bazalt tolali betonning asosiy mexanik xususiyatlarini aniqlash maqsadida siqilish, cho’zilish va egilish sharoitida turli tajribalar o‘tkazilgan. P.Iyer va hamkorlari bazalt tolalarining hajmiy ulushi hamda uzunligining siqilish va egilish jarayonlariga ta’sirini tadqiq etishgan. Ularning tajribalarida hajmiy ulush 0,15% dan 0,46% gacha bo‘lgan.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, tolalar miqdori va uzunligi ortgani sari betonning xarakatlanuvchanligi pasaygan. Shu bilan birga, siqilish va egilish qarshiligi sharoitida samarali ko‘rsatkichlar quyidagicha aniqlangan: tolaning optimal uzunligi - 36 mm, diametric - 16 μm, hajmiy zichligi esa - 18 kg/m³.

ISSN 3030-3907

T.Ayub va hamkorlari [1] tomonidan yuqori samarali beton tarkibiga bazalt tolalari kiritilib, ularning hajmiy ulushi 1% dan 3% gacha bo‘lgan. Tadqiqotda asosiy parametrlar sifatida siqilish mustahkamligi, elastiklik moduli va silindr namunani yorilishdagi cho’zilishga bo’lgan mustahkamligi o‘rganilgan. Natijalarga ko‘ra, metakaolin qo‘shilishi sababli siqilishdagi optimal mustahkamlik 2% hajmiy ulushda kuzatilgan. Mualliflarning ta’kidlashicha, tolalarning hajmiy ulushi ortishi betonning siqilish va cho’zilishdagi mustahkamligini oshiradi. Optimal hajmiy ulushda elastiklik modulida ham biroz o‘sish qayd etilgan.

Y.X.Yang va boshqalar [2] esa yirik to’ldiruvchisi 5 mm dan 15 mm gacha bo’lgan bazalt tolali betonning mexanik ishlashini o‘rganishgan. Bazalt tolalarning hajmiy ulushi 0,25% dan 0,75% gacha bo‘lgan. Beton siqilish, cho’zilish va egilish sharoitida sinovdan o‘tkazilib, optimal mustahkamlik aniqlangan. Ularning natijalariga ko‘ra, 0,3 - 0,5% hajmiy ulush, 6 - 16 mm uzunlik va 10 - 20 mikron diametr eng maqbul ko‘rsatkichlar sifatida topilgan.

C.High va hamkorlari [3] tomonidan quritilgan va oldindan qotirilgan bazalt tolalarining 1:2, 0:3 va 2:2 nisbatlari qo‘llanilib, sinovlarda beton konstruksiyalarining siqilish hamda egilish mustahkamligi tahlil qilingan.

Havoni ushlab turuvchi, suvni kamaytiruvchi va qotishni tezlashtiruvchi qo‘shimchalar bilan past suv-sement nisbati qo‘llanilganda, 28 kun ichida betonning siqilish va egilish mustahkamligi sezilarli darajada oshgan. Shuningdek, nano-silikatli va bazalt tolali betonning makroskopik tahlili [4] 3 kg/m³ hajmiy ulushda siqilish va cho’zilishga bo’lgan mustahkamligining ortganini ko‘rsatgan. Mikroskopik tahlillar esa 3 va 4 kg/m³ bazalt tolasi qo‘shilganida tolalar bilan sement matritsasi o‘rtasidagi bog‘lanish kuchli bo‘lgani aniqlagan.

Katkhuda va hamkorlari [5] bazalt tolalari qo‘shilgan betonning xatti-harakatini oddiy yirik to’ldiruvchilar hamda ishlov berilgan va berilmagan qayta ishlangan yirik to’ldiruvchilar bilan solishtirib tahlil qilganlar. Qayta ishlangan yirik to’ldiruvchilar 0,1M HCl eritmasida 24 soat davomida ishlov berilib, qorishma olib tashlangan. Tadqiqotda tolalarning hajmiy ulushi 0,1% dan 1,5% gacha bo‘lgan. Siqilish, cho’zilishga va egilish sinovlari natijasida optimal hajmiy ulush 1% va 1,5% deb topilgan, ayniqsa yirik to’ldiruvchi va ishlov berilgan yirik to’ldiruvchilar uchun eng samarali natijalar qayd etilgan. [6] Zilzila chiqindilaridan olingan qayta ishlangan tosh material 0%, 50% va 100% nisbatlarda almashtirilib, bazalt tolalari 0,2 va 4 kg/m³ hajmiy ulushda qo‘shilgan holda BTAB baholangan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, bazalt tolalari miqdori ortishi bilan betonning egilish xossalari sezilarli darajada yaxshilangan. [7] Shisha tolalarni bazalt tolalari bilan almashtirish siqilish va egilish sharoitida 2% hajmiy ulushda, yuqori samarali suv

ISSN 3030-3907

kamaytiruvchi qo‘shimchalar bilan tahlil qilingan. Mualliflar bazalt tolalari egilishda shisha tolalarga nisbatan samaraliroq ishlashini aniqlashgan. Namuna issiqlik-yomg‘ir sikllariga duchor qilingan va 50 ta sikldan keyin ham tolalar yuzasida qatlam ajralishi kuzatilmagan.

Hannawi va boshqalar [8] esa 1% gacha bo‘lgan turli tolalar bilan ultra yuqori samarali betonning mikrostrukturasi va mexanik xossalarini o‘rganishgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, bazalt tolalari yuqori uzunlik-diametr nisbati tufayli namunaga egiluvchanlik xususiyatini qo‘shgan, garchi yonalishdagi deformatsiyani kamaytirmagan bo‘lsa ham. Bazalt tolalarining tuzilishi shisha tolalarga o‘xshashligi sababli, mualliflar [9] ikkala tolaning bir xil geometriya va uzunlik-diametr nisbati sharoitida beton tarkibidagi mexanik xatti-harakatini solishtirishgan. Natijalar bazalt tolali beton qorishmasining xossalari shisha tolalarnikidan yaxshiroq ekanini ko‘rsatgan. Bazalt tolalarining optimal hajmiy ulushi 0,5% bo‘lib, bu eng yuqori siqilish mustahkamligini ta’minlagan.

Shisha tolalarga nisbatan bazalt tolali betonning Yung moduli qiymatlarida pasayish kuzatilmagan. Tolalar miqdori ortishi bilan betonning yorilishdagi cho’zilishga bolgan mustahkamligi, egilish mustahkamligi va buzilish energiyasi oshgan. Qarshilik kontsentratsiyasi koeffitsienti va yoriqlarni ochilish bo‘yicha ma’lumotlar ham bazalt tolali beton foydasiga yaxshilangan. [10] Bazalt tolalarining pussolanik xususiyatlari siqilish va cho’zilishdagi mustahkamlikning ortishini izohlaydi. Mehmet Emin Arslan va hamkorlari [11] bazalt tolali betonning cho’zilish, siqilish va uch nuqtali egilishdagi mexanik ko‘rsatkichlarini shisha tolali beton bilan solishtirib tahlil qilganlar. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, 3 kg/m³ miqdorda bazalt tolasi qo‘shilganda, siqilishga bo’lgan maksimal mustahkamlik 7% ga oshgan. Optimal miqdor 2 kg/m³ deb topilgan bo‘lib, bu shisha tolalarga nisbatan yorilishdagi cho’zilish va egilish mustahkamligida ustunlik bergan. Buning sababi sement pastasi bilan tolalar orasidagi bog‘lanishning kuchliroq bo‘lishidadir.

Tolalar to‘planmagan, balki bir tekis tarqalgan holda kuzatilgan. Bundan tashqari, yoriqlarni ochilish o‘lchovlari orqali buzilish energiyasi parametrlari ham notekis namunalar asosida o‘rganilgan. Ishqoriy muhitga chidamli bazalt tolalariga alohida e’tibor qaratilganda, sirkoniy bilan mustahkamlangan bazalt tolalari beton bilan birgalikda yuqori samaradorlik ko‘rsatgan. Tadqiqotchilar [12] ushbu tolalarni siqilish, cho‘zilish va uch nuqtali egilish sharoitida sinovdan o‘tkazib, yanada ijobiy natijalar qayd etganlar.

J. Branston va hamkorlari [13] BTAB ning yorilishdan oldingi va keyingi xatti-harakatlarini solishtirishgan. Ular 17 mkm diametrli bazalt filamentlar bilan mustahkamlangan epoksid asosidagi qatronli mini-armaturalar (43 mm uzunlikda,

ISSN 3030-3907

0.65 mm diametrda) hamda maydalangan tolalarni (36 mm va 50 mm uzunlikda, 16 mkm diametrda) o‘rganishgan. Oddiy portland sement massasiga nisbatan maydalangan bazalt tolalarning hajmiy ulushi 0.15% dan 0.45% gacha, mini-armaturalarning miqdori esa 6 kg/m³ dan 40 kg/m³ gacha bo‘lgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, 50 mm uzunlikdagi va 12 kg/m³ hajmiy ulushdagi tolalar egilishdagi birinchi yoriq kuchiga sezilarli ta’sir ko‘rsatgan, 20 kg/m³ miqdordagi mini-armaturalar esa birinchi yoriqdan keyingi kuch va zarbaga ijobiy ta’sir ko‘rsatgan.

Tehmina Ayub va Sadaqat Ullah Khant [14] maydalangan bazalt tolalarining 1–3% hajmiy ulushida beton balkalarining yuk ko‘tarish qobiliyatini o‘rganishgan. Eng yuqori yuk ko‘tarish qobiliyati 2% ulushda kuzatilgan, undan keyin esa bu ko‘rsatkich pasaygan. Mualliflar beton balkaning egilish xossalari barcha tolalar hajmiy ulushi uchun sement miqdori bir xil bo‘lgani sababli farq qilganini ta’kidlaganlar.

Bazalt tolalarining turli uzunlikdagi (12 mm, 24 mm) shakllari beton tarkibiga ta’siri [15] tadqiqotda ko‘rsatilgan. Namunalarda suv-sement nisbati 0.45 va 0.65 bo‘lib, tolalar miqdori 2 kg/m³ va 4 kg/m³ qilib belgilangan. 0.45 suv-sement nisbatida betonning siqilish mustahkamligi sezilarli darajada kamaygan, 0.6 nisbatda esa 12 mm uzunlikdagi va maksimal miqdordagi tolalar bilan egilish mustahkamligi yaxshiroq bo‘lgan. 0.45 nisbatda esa 24 mm uzunlikdagi va minimal miqdordagi tolalar bilan egilish mustahkamligi oshgan. Biroq, tolalar uzunligi va hajmi ortgani sari, ayniqsa past suv-sement nisbatida, ularning tarqalishida muammolar kuzatilgan. Yan Ru Zhao tomonidan [16] uch nuqtali egilish sinovi yordamida maydalangan bazalt tolalari bilan mustahkamlangan temir-beton balkaining muzlash va erish sikllariga bo‘lgan munosabati o‘rganildi. Tola miqdori 1 kg/m³ dan 2.5 kg/m³ gacha o‘zgartirildi. Taxminan 2 kg/m³ hajm optimal miqdor sifatida baholanib, egilish ostida samarali xatti-harakat ko‘rsatgan. Biroq, muzlash-erish sikllari ta’sirida elastik deformatsiya mexanizmi sezilarli darajada o‘zgarib, betonning mo‘rt tabiati plastik xususiyatga o‘tgan.

Bazalt tolalari epoksid qatroniga botirilgan holda qo‘llanilganda betonning mexanik xatti-harakatini ko‘rsatish uchun Dingce Huang [17] tomonidan beton namunalar siqilish va egilishga bo’lgan mustahkamligi tekshirilgan. Epoksid qatroniga botirilgan tolalar ishlov berish qulayligi, bir tekis taqsimlanishi va suv miqdorini kamaytirish kabi afzalliklarga ega bo‘lgan. Betonga 1% bazalt tolasi qo‘shilganda siqilish mustahkamligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmagan bo‘lsa-da, egilish mustahkamligi 14.1% ga oshgan va an’anaviy betonga nisbatan yuk ko‘tarish qobiliyati yaxshilangan. Bazalt bilan mustahkamlangan betonning xatti-harakati tadqiqotchilar [18] tomonidan ham tahlil qilingan. Ular beton tarkibiga kremniy dioksidi va metakaolin qo‘shib, uning samaradorligini o‘rganganlar. Tola

ISSN 3030-3907

miqdori 1% dan 3% gacha bo‘lgan. Sinov natijalariga ko‘ra, metakaolin va 2% bazalt tolalari qo‘shilgan beton egilish mustahkamligi va cho‘zilish xossalari bo‘yicha yaxshilangan natijalarni ko‘rsatgan. Bu holat tolalar va metakaolin tarkibidagi kremniy hamda Al_2O_3 mavjudligi bilan izohlangan.

Tadqiqotchilar [19] bazalt tolali armatura va po‘lat armaturalarning egilish elementlardagi ishlashini solishtirishgan. Mualliflar hayotiy sikl tahlili va ekologik ko’rsatkichlarni o‘rganib, basalt tolali oldindan zo’riqtirilgan polimer armaturalarning mustahkamligi po‘lat armaturalarga nisbatan yuqori ekanini ta’kidlaganlar. Hayotiy sikl tahlili 18 ta ekologik ko‘rsatkich asosida olib borilgan va natijalar basalt tolali oldindan zo’riqtirilgan polimer armaturalarning yupqa kesimlari po‘lat armaturalarga qaraganda atrof-muhitga kamroq zarar yetkazishini ko‘rsatgan. Shunga o‘xshash tadqiqot Marek Urbanski va hamkorlari [20] tomonidan amalga oshirilgan. Ular 20 kg/m³ hajmda qo‘llangan basalt tolali polimer armaturalarning po‘lat armaturaga nisbatan birinchi yoriq kuchida ijobiy natijalar berganini aniqlashgan (po‘lat armatura 40 kg/m³ hajmda qo‘llanilgan). Biroq, maydalangan bazalt tolalar bilan ishlatilgan betonda salbiy ta’sirlar, jumladan, katta egilish va keng yoriqlar kuzatilgan. Mini-armaturalar esa betonning egilish ostidagi xatti-harakatida maydalangan tolalarga qaraganda ko‘proq plastik (egiluvchan) xususiyat ko‘rsatgan.

Egilish qarshiligini kuchaytiruvchi armaturasi sifatida bazalt tolali polimer armaturalar qo‘llanilganda, bir xil armatura nisbati sharoitida an’anaviy armaturaga nisbatan yaxshiroq natijalar qayd etilgan. Bazalt tolali polimer armaturalar qirqilishga ishlaganda uzilish orqali ishdan chiqqan bo‘lsa-da, uning yuk ko‘tarish qobiliyati egilishga bo’lgan qarshiligi orqali saqlanib qolgan. Shuningdek, bazalt tolali polimer armaturalar namunasi qirqilish orqali buzilgan holatlarda ham normallashgan qirquvchi kuchlanishlarda mustahkamligi oshish kuzatilgan.

Ahmed El Refai va hamkorlari [21] qum bilan qoplangan bazalt tolali armaturalar yordamida betonning qirqilishga bo’lgan mustahkamligini o‘rganishgan. Armatura ikki guruhda, 8 mm, 10 mm va 12 mm diametrli turli miqdordagi novdalar bilan ta’minlangan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, balkaning qirqilishga bo’lgan mustahkamligi bo‘ylama armaturalash nisbatiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri proporsional bo‘lib, bo‘ylama armaturaning o’qli bikrligi bazaltli armaturalangan betonning qirqilishga bo’lgan mustahkamligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatgan. Mualliflar betonning qirqilishga bo’lgan mustahkamligini bashorat qilishda qo‘llaniladigan loyihalash usullari tajriba natijalari bilan mos kelishini ta’kidlaganlar.

XULOSA

ISSN 3030-3907

Bazalt tolalari bilan mustahkamlangan betonning statik yuklama sharoitidagi xatti-harakati keng qamrovli tarzda ko‘rib chiqildi. Adabiyotlar tahlili asosida quyidagi xulosalar chiqarildi:

- bazalt tolali beton maydalangan tolalar, mini-sterjenlar, armaturalar va to‘rlar shaklida istiqbolli material sifatida topildi. Bunga uning quyidagi ustun xossalari sabab bo‘ldi: yaxshilangan mustahkamlik indeksi, energiyani yutish qobiliyati, egilish xossalari, cho‘zilish mustahkamligi va bog‘lanish mustahkamligi;

- adabiyotlar asosida quyidagicha xulosa qilish mumkin: betonning mustahkamlik xossalarini yaxshilash uchun 6-36 mm uzunlik, 10–25 mkm diametr va maksimal 2% hajmiy ulushdagi tolalar maqbul hisoblanadi. Agar beton tarkibiga optimal miqdorda mikrokremnezyom va metakaolin kabi qo‘shimchalar qo‘shilsa, tolalar hajmiy ulushi 4% gacha oshirilishi mumkin;

- bazalt tolalarining turli shakllarda qo‘shilishi betonning statik va dinamik yuklama sharoitlaridagi ko’rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilashi mumkin. Shunday ekan, bazalt tolalari fuqarolik qurilishi sohasida samarali tanlov bo‘lishi aniq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. T. Ayub, N. Shafiq va M. F. Nuruddin, “Bazalt tolalari bilan mustahkamlangan yuqori samarali betonning mexanik xossalari,” ‘Procedia Engineering’, jild 77, bet 131–139, 2014.
2. Y. X. Yang va J. Lian, “Bazalt tolali mustahkamlangan beton,” ‘Advanced Engineering Materials’, jild 194–196, №194–196, bet 1103–1108, 2011.
3. C. High, H. M. Seliem, A. El-Safty va S. H. Rizkalla, “Beton konstruksiyalar uchun bazalt tolalaridan foydalanish,” ‘Construction and Building Materials’, jild 96, bet 37–46, 2015.
4. Q. Ma va Y. Zhu, “Nano-SiO_2 va bazalt tolalari qo‘shilgan betonning mikrostruktura, siqilish va cho‘zilish xossalari bo‘yicha tajriba tadqiqoti,” ‘Underground Space’, jild 2, №3, bet 175–181, 2017.
5. H. Katkhuda va N. Shatarat, “Maydalangan bazalt tolalari va kislota bilan ishlov berish orqali qayta ishlangan beton agregatining mexanik xossalarini yaxshilash,” ‘Construction and Building Materials’, jild 140, bet 328–335, 2017.
6. J. F. Dong, Q. Y. Wang va Z. W. Guan, “Zilzila chiqindilaridan tayyorlangan bazalt tolali betonning material xossalari,” ‘Construction and Building Materials’, jild 130, bet 241–251, 2017.
7. Z. C. Girgin va M. T. Yıldırım, “Bazalt tolalarining tolali tsement kompozitlarida qo‘llanish imkoniyati,” ‘Materials and Structures’, jild 49, №8, bet 3309–3319, 2016.

ISSN 3030-3907

8. K. Hannawi, H. Bian, W. Prince-Agbodjan va B. Raghavan, “Turli xil tolalarning ultra-yuqori samarali tolali betonlarning mikrostruktura va mexanik xatti-harakatiga ta’siri,” ‘Composites Part B’, jild 86, bet 214–220, 2016.
9. A. B. Kizilkanat, N. Kabay, V. Akyüncü, S. Chowdhury va A. H. Akça, “Bazalt va shisha tolali betonning mexanik xossalari va yorilish xatti-harakati: tajriba tadqiqoti,” ‘Construction and Building Materials’, jild 100, bet 218–224, 2015.
10. S. Arivalagan, “Bazalt tolali beton elementlarining bosimga va yoriq hosil bo‘lishiga qarshi mustahkamlik xossalarini o‘rganish,” Muhandislik tadqiqotlari jurnali, jild 12, № 4, 23–28-betlar, 2012-yil.
11. M. E. Arslan, “Bazalt va shisha tolalar qo‘shilishining oddiy betonning yorilish energiyasi va mexanik xossalariga ta’siri: CMOD o‘lchovi,” Qurilish va binolar materiallari, jild 114, 383–391-betlar, 2016-yil.
12. Y. V. Lipatov, S. I. Gutnikov, M. S. Manylov, E. S. Zhukovskaya va B. I. Lazoryak, “Betonni mustahkamlash uchun yuqori ishqoriy muhitga chidamli bazalt tolasi,” Materiallar jurnali, 2015-yil.
13. J. Branston, S. Das, S. Y. Kenno va C. Taylor, “Bazalt tolali betonning mexanik xatti-harakati,” Qurilish va binolar materiallari, jild 124, 878–886-betlar, 2016-yil.
14. T. Ayub va S. U. Khan, “PVA va bazalt tolalari bo‘lgan FRC balkai uchun cheklangan elementlar modellashtirilishi: taqqoslovchi tadqiqot,” AIP konferensiya materiallari, jild 1872, 2017-yil.
15. N. Kabay, “Bazalt tolali betonlarning ishqalanishga chidamliligi va yorilish energiyasi,” Qurilish va binolar materiallari, jild 50, 95–101-betlar, 2014-yil.
16. Y. Zhao, L. Wang, Z. Lei, X. Han va J. Shi, “Muzlash va erish sikllari ostida bazalt tolali betonning egilishdagi shikastlanishi va buzilishi bo‘yicha tadqiqot,” Qurilish va binolar materiallari, jild 163, 460–470-betlar, 2018-yil.
17. D. Huang va boshqalar, “Bazalt tolasini botirishning betonning mexanik xossalariga ta’siri,” IC3ME konferensiyasi materiallari, 2026–2030-betlar, 2015-yil.
18. N. Shafiq, T. Ayub va S. U. Khan, “PVA va bazalt tolali balkaning egilish ta’siriga bo‘lgan ishlashini o‘rganish,” Kompozit konstruksiyalar, jild 153, 30–41-betlar, 2016-yil.
19. M. Inman, E. Rafn va K. Azrague, “Bazalt tolali polimer (BFRP) armaturasi va po‘lat armaturaning beton balkadagi mexanik va ekologik bahosi va taqqoslanishi,” Energiya protsedurasi, jild 111, № 1876, 31–40-betlar, 2017-yil.
20. M. Urbanski, A. Lapko va A. Garbacz, “An’anaviy temir-beton konstruksiyalarining samarali muqobili sifatida bazalt armaturalari bilan mustahkamlangan beton balkani o‘rganish,” Procedia Engineering, jild 57, 1183–1191-betlar, 2013-yil.

ISSN 3030-3907

21. D. Tomlinson va A. Fam, “Egilish va kesishga nisbatan bazalt FRP bilan mustahkamlangan beton balkaning ishlashi,” Dx.Doi.Org, jild 04014036, № 10, 4014036-bet, 2014-yil.

ISSN 3030-3907