



MAYDALANGAN BETON TO'LDIRUVCHILAR ASOSIDA TAYYORLANGAN BETONLARNING OPTIMAL TARKIBI VA XOSSALARINI TADQIQ QILISH

Texnika fanlari doktori: Akramov Muslim Muxtorovich

TAQU:1-bosqich magistranti Xidirov Abdulhoshim

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19470656>

ARTICLE INFO

Received: 4th April 2026

Accepted: 5th April 2026

Published: 8th April 2026

KEYWORDS

ABSTRACT

Ushbu tadqiqot qayta ishlangan beton to'ldiruvchilari (keyingi o'rinlarda QIBT) yordamida tayyorlangan betonning optimal tarkibi va xossalarini o'rganishga bag'ishlangan. Zamonaviy qurilishdagi asosiy muammolardan biri beton ishlab chiqarishning atrof-muhitga ta'siri, xususan, tabiiy to'ldiruvchilarning kamayib borishidir. Ushbu tadqiqot tabiiy to'ldiruvchilar qisman yoki to'liq QIBT bilan almashtirilgan betonning samaradorligini tahlil qilish orqali ushbu muammoni hal qiladi. Metadiskurs qurilish sohasida qayta ishlangan materiallardan foydalanish orqali aylanma iqtisodiyot modelini joriy etishning ekologik va iqtisodiy afzalliklarini belgilashga qaratilgan. Asosiy natijalar shuni ko'rsatadiki, QIBTni ma'lum almashtirish nisbatlarida (30% gacha) qo'llash betonning siqilishga mustahkamligi va ishlovchanligi kabi xossalariga jiddiy salbiy ta'sir ko'rsatmasdan, unga teng yoki hatto yaxshilangan xususiyatlarga ega beton ishlab chiqarish imkonini beradi. Asosiy xulosa shundan iboratki, QIBTdan foydalanish qurilish sanoatida barqarorlikni ta'minlash uchun hayotiy va muhim strategiyadir. Ushbu tadqiqot QIBTning chiqindilarni kamaytirish, tabiiy resurslarni tejash va yanada barqaror qurilgan muhitga hissa qo'shish salohiyatini tasdiqlaydi va uni amaliy qo'llash uchun asos yaratadi.

Kirish: Global qurilish sanoati tabiiy resurslarning asosiy iste'molchisi bo'lib, beton eng ko'p ishlatiladigan material hisoblanadi. An'anaviy beton ishlab chiqarish qum va shag'al kabi tabiiy to'ldiruvchilarni (keyingi o'rinlarda TT) qazib olishga tayanadi. Ushbu keng ko'lamli qazib olish jarayoni landshaftning buzilishi, biologik xilma-xillikning yo'qolishi va yuqori uglerod emissiyalari kabi jiddiy ekologik tanazzulga olib keladi. Shu bilan birga, eski inshootlarning buzilishi natijasida katta miqdordagi beton chiqindilari hosil bo'ladi va ular odatda poligonlarga tashlanib, qimmatli maydonni egallaydi va ifloslanishga sabab bo'ladi. Ushbu "olish-ishlab chiqarish-tashlab yuborish" chiziqli modeli uzoq muddatli istiqbolda barqaror emas.

Ushbu o'zaro bog'liq muammolarning istiqbolli yechimi yangi beton aralashmalarida tabiiy to'ldiruvchilarning qisman yoki to'liq o'rnini bosuvchi sifatida qayta ishlangan beton

to'ldiruvchilaridan (QIBT) foydalanishdir. QIBT buzilgan inshootlardan olingan eski betonni maydalash va qayta ishlash orqali ishlab chiqariladi. Uning qo'llanilishi chiqindilarni qimmatli resursga aylantirish orqali aylanma iqtisodiyotni qo'llab-quvvatlaydi, shu bilan birga yangi materiallarga bo'lgan talabni kamaytiradi va qurilish sektorining ekologik izini yumshatadi. Biroq, QIBTning keng qo'llanilishiga uning betonning yakuniy xossalariga ta'siri bo'yicha har tomonlama tushunchalarning yetishmasligi to'sqinlik qilmoqda. QIBT sifatining o'zgaruvchanligi, asosan, unga yopishib qolgan eritma mavjudligi sababli, hosil bo'lgan betonning ishlovchanligi, mustahkamligi va uzoq muddatli chidamliligiga ta'sir qilishi mumkin. Shuning uchun, xavfsizlik va ishonchlilikni ta'minlagan holda samaradorlikni maksimal darajada oshiradigan optimal tarkibni aniqlash uchun tizimli tadqiqot talab etiladi.

Ushbu maqolada QIBTning betonning asosiy xossalariga ta'siri bo'yicha batafsil tadqiqot taqdim etilgan. O'zbekistondan olingan ma'lumotlarni tahlil qilish va uni global tadqiqotlar bilan to'ldirish orqali ushbu ish beton ishlab chiqarishda QIBTdan samarali foydalanish uchun ilmiy asos yaratishni maqsad qilgan. Tadqiqot qayta ishlangan materiallar bilan bog'liq bo'lgan muammolarni bartaraf etish uchun optimal almashtirish darajalari va qayta ishlash usullarini o'rganadi va natijada yanada barqaror qurilish amaliyotlariga yo'l ochadi.

Adabiyotlar tahlili: Betonda qayta ishlangan materiallardan foydalanish g'oyasi yangi emas, ammo so'nggi o'n yillikda kuchayib borayotgan ekologik xavotirlar tufayli u katta e'tibor qozondi. Ko'plab tadqiqotlar QIBT o'z ichiga olgan betonning maqbulligi va samaradorligini o'rgangan. Dastlabki tadqiqotlar QIBT va TT o'rtasidagi fundamental farqlarga qaratilgan edi. Ma'lumki, QIBT odatda TTga qaraganda yuqori g'ovaklilikka, ko'proq suv singdirish qobiliyatiga va pastroq zichlikka ega bo'lib, bu asosan asl to'ldiruvchi yuzasiga yopishib qolgan eski sement eritmasi bilan bog'liq.

Ko'plab tadqiqotchilar ushbu xususiyatlarning betonning mexanik xossalariga ta'sirini o'rganishgan. Umumiy fikrga ko'ra, QIBT almashtirish nisbatining oshishi siqilishga mustahkamlik, cho'zilishga mustahkamlik va elastiklik modulini pasaytiradi. Biroq, ko'plab tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, aralashma tarkibiga tegishli o'zgartirishlar kiritish – masalan, suv-sement nisbatini sozlash, superplastifikatorlardan foydalanish yoki QIBTga oldindan ishlov berish orqali an'anaviy betonga teng samaradorlikka ega QIBTli beton ishlab chiqarish mumkin. Misol uchun, yirik to'ldiruvchilar uchun 30% gacha almashtirish darajalari ko'pincha mustahkamlikning ahamiyatsiz darajada pasayishiga olib keladi, bu esa uni keng ko'lamli konstruktiv qo'llanmalar uchun mos qiladi.

So'nggi tadqiqotlar QIBTli betonning chidamliligiga ham qaratilgan. Uning g'ovakli mikro tuzilmasi tufayli o'tirishi, siljishi va xlorid ionlari kirib borishiga yuqori moyilligi haqida xavotirlar mavjud. Ammo, ilg'or tadqiqotlar kul, shlak yoki kremniy ular kabi qo'shimcha sementlovchi materiallardan foydalanish g'ovak tuzilishini yaxshilash va to'ldiruvchi hamda yangi sement qorishmasi o'rtasidagi o'tish zonasini (interfacial transition zone - ITZ) takomillashtirish orqali QIBTli betonning chidamliligini samarali oshirishi mumkinligini ko'rsatadi.

Global tadqiqotlar mustahkam poydevor yaratgan bo'lsa-da, mintaqaviy tadqiqotlarda bo'shliq mavjudligi tan olingan. O'zbekiston kabi qurilish jadal rivojlanayotgan hududlarda QIBTdan foydalanish salohiyati juda katta. Biroq, mahalliy materiallarning xususiyatlari va qurilish amaliyotlari maxsus tadqiqotlarni talab qiladi. Ushbu tadqiqot mavjud xalqaro adabiyotlarga tayanib, QIBTdan foydalanish bo'yicha amaliy va mahalliy sharoitga mos yo'riqnomalarni ishlab chiqish uchun O'zbekistonning o'ziga xos sharoitiga e'tibor qaratadi.

Metodologiya: Ushbu tadqiqot uchun ma'lumotlar ikki asosiy manbadan to'plandi: O'zbekistonda milliy miqyosda o'tkazilgan laboratoriya tajribalari va mavjud global ilmiy adabiyotlarning keng qamrovli tahlili. Ushbu qo'shaloq yondashuv natijalarni mahalliy

sharoitda tasdiqlash bilan birga, ularning xalqaro standartlar va ilg'or tajribalarga mos kelishini ta'minlash imkonini berdi.

Tajriba bosqichi turli beton aralashmalarini ishlab chiqarish va sinovdan o'tkazishni o'z ichiga oldi. O'zbekistondagi mahalliy qurilish maydonlaridan olingan buzilish chiqindilari yirik QIBT ishlab chiqarish uchun to'plandi va qayta ishlandi. QIBT maydalandi, iflosliklardan tozalandi va an'anaviy yirik to'ldiruvchilarning zarracha hajmi taqsimotiga o'xshash taqsimotni olish uchun elakdan o'tkazildi.

Nazorat beton aralashmasi 100% tabiiy yirik to'ldiruvchilardan foydalanib tayyorlandi. Keyinchalik, tabiiy yirik to'ldiruvchilarni QIBT bilan turli foizlarda: hajm bo'yicha 15%, 30%, 50% va 100% almashtirish orqali bir nechta tajriba aralashmalari yaratildi. Barcha aralashmalarda QIBTning ta'sirini izolyatsiya qilish uchun sement, mayda to'ldiruvchi (tabiiy qum), suv va kimyoviy qo'shimchalar miqdori doimiy saqlandi.

Yangi va qotgan betonning xossalari standartlashtirilgan sinovlar seriyasi orqali baholandi:

Yangi beton xossalari: Tayyorlangandan so'ng darhol beton aralashmalarining ishlovchanligi va konsistensiyasini baholash uchun cho'kish (slump) sinovi o'tkazildi.

Qotgan beton xossalari: Har bir aralashma uchun kubik namunalarda (20x20x40 mm) quyildi va standart laboratoriya sharoitida parvarishlandi.

Siqilishga mustahkamlik 7, 14 va 28 kundan keyin aniqlandi. Bundan tashqari, betonning g'ovakliligi va potensial chidamliligini baholash uchun 28 kunlik namunalarda suv singdirish sinovlari o'tkazildi.

Ma'lumotlar tahlili QIBTli beton aralashmalarining natijalarini nazorat aralashmasi bilan taqqoslashni o'z ichiga oldi. Kuzatilgan farqlarning ahamiyatini aniqlash va QIBT miqdori bilan o'lchangan beton xossalari o'rtasidagi bog'liqlikni o'rnatish uchun statistik usullardan foydalanildi.

Natijalar: Tajribaviy tadqiqot QIBT o'z ichiga olgan betonning samaradorligi haqida batafsil ma'lumot berdi. Natijalar yangi va qotgan beton xossalari uchun taqdim etilgan.

Yangi beton xossalari: Cho'kish (slump) sinovi bilan o'lchangan betonning ishlovchanligi QIBT miqdori oshishi bilan izchil pasayishni ko'rsatdi. Nazorat aralashmasi (0% QIBT) eng yuqori cho'kish qiymatini namoyish etdi. Cho'kish 15%, 30%, 50% va 100% QIBT almashtirilgan aralashmalarda progressiv ravishda kamaydi. Bu pasayish QIBTning TTga nisbatan yuqori suv singdirishi va dag'alroq yuzasi bilan bog'liq bo'lib, bu aralashma ichidagi ichki ishqalanishni oshiradi va moylash uchun mo'ljallangan erkin suvning bir qismini iste'mol qiladi.

Qotgan beton xossalari: Siqilishga mustahkamlik: Siqilishga mustahkamlik natijalari QIBT almashtirish darajasi bilan bog'liq aniq tendensiyani ko'rsatdi. 28 kunda, 15% QIBTli beton aralashmasi nazorat aralashmasiga deyarli teng siqilishga mustahkamlik ko'rsatdi. 30% QIBTli aralashma mustahkamlikda faqat marginal pasayishni (taxminan 5-8%) namoyish etdi, bu ko'plab konstruktiv qo'llanmalar uchun maqbul chegaralarda qoldi. Biroq, 50% va 100% kabi yuqori almashtirish darajalarida nazorat aralashmasiga nisbatan siqilishga mustahkamlikning sezilarli darajada pasayishi kuzatildi, taxminan 15-20% va 25-30% ga kamaydi. Bu pasayish asosan zaifroq o'tish zonasi (ITZ) va QIBTdagi yopishib qolgan eritmaning o'ziga xos zaifligi bilan bog'liq.

Suv singdirish: Qotgan betonning suv singdirishi QIBT foizi oshishi bilan ortdi. Nazorat betonida eng past suv singdirish darajasi kuzatildi. 100% QIBTli beton eng yuqori ko'rsatkichni namoyish etdi, bu esa yanada g'ovakli mikro tuzilmani ko'rsatadi. Bu qayta ishlangan to'ldiruvchilarga yopishib qolgan eski sement eritmasining g'ovak tabiatining bevosita natijasidir.

Umuman olganda, natijalar tabiiy to'ldiruvchilarni QIBT bilan o'rtacha darajada (30% gacha) almashtirish betonning asosiy mexanik xossalari jiddiy putur yetkazmasdan amalga oshirilishi mumkinligini tasdiqlaydi.

Muhokama: Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, QIBTni beton ishlab chiqarishiga integratsiyalash murakkab, ammo boshqariladigan jarayondir. Ishlovchanlik va siqilishga mustahkamlikdagi kuzatilgan tendensiyalar kengroq ilmiy adabiyotlarga mos keladi va QIBT bilan bog'liq universal muammolar va imkoniyatlarni tasdiqlaydi.

QIBT miqdori oshishi bilan ishlovchanlikning pasayishi muhim amaliy masala hisoblanadi. Ushbu ta'sirga qarshi kurashish uchun pudratchilar va muhandislar bir nechta strategiyalarni qo'llashlari mumkin, masalan, aralashtirishdan oldin QIBTni oldindan namlash yoki superplastifikatorlar dozasini oshirish. Bu betonning oson joylashtirilishi va zichlanishini ta'minlab, bo'shliqlar kabi nuqsonlarning oldini oladi.

Siqilishga mustahkamlikni baholash qo'llash uchun aniq yo'riqnoma beradi. 30% gacha QIBT almashtirish maqbul mustahkamlikka ega beton berishi haqidagi topilma muhim ahamiyatga ega. Bu shuni anglatadiki, beton chiqindilarining sezilarli qismi poligonlardan poydevor, yo'l qoplamalari va yuk ko'tarmaydigan elementlar kabi yangi qurilish loyihalariga yo'naltirilishi mumkin. Yuqori mustahkamlikdagi yoki muhim konstruktiv komponentlar uchun QIBTdan foydalanish cheklangan bo'lishi yoki karbonizatsiya yoki polimer emdirish kabi ilg'or texnikalar kerak bo'lishi mumkin.

Ushbu tadqiqot obyektining xulosasi shundan iboratki, u aniq va amaliy doirada o'rganilgan: barqarorlik va samaradorlik o'rtasida optimal muvozanatni aniqlash. "Optimal tarkib" yagona qiymat emas, balki qo'llashning o'ziga xos talablariga bog'liq bo'lgan diapazondir. Umumiy maqsadli beton uchun 30% almashtirish darajasi mustahkam va ishonchli tanlov bo'lib, minimal texnik murosaga kelgan holda sezilarli ekologik foyda keltiradi. Ushbu tadqiqot O'zbekiston va shunga o'xshash mintaqalarda QIBTdan foydalanish uchun standartlar va spetsifikatsiyalarni ishlab chiqish uchun asosiy ramkani taqdim etadi.

Xulosa: Ushbu tadqiqot qayta ishlangan beton to'ldiruvchilardan foydalanishning betonning asosiy xossalari ta'sirini muvaffaqiyatli aniqladi. Tadqiqot tabiiy yirik to'ldiruvchilarni QIBT bilan almashtirish barqaror qurilishni rivojlantirish uchun hayotiy strategiya ekanligini tasdiqlaydi. Asosiy xulosalar quyidagilardan iborat:

QIBTning qo'shilishi yangi betonning ishlovchanligining pasayishiga va qotgan betonning siqilishga mustahkamligining kamayishiga olib keladi, bu ta'sirlar yuqori almashtirish darajalarida yanada yaqqolroq namoyon bo'ladi.

30% gacha bo'lgan optimal QIBT almashtirish darajasi an'anaviy betonga teng mexanik xossalarga ega beton ishlab chiqarish imkonini beradi, bu esa uni keng ko'lamli konstruktiv qo'llanmalar uchun mos qiladi.

QIBTdan foydalanish poligon chiqindilarini kamaytirish, tabiiy to'ldiruvchi resurslarini tejash va qurilish loyihalarining umumiy uglerod izini pasaytirish orqali sezilarli ekologik va iqtisodiy foyda keltiradi.

O'zbekiston va global manbalardan olingan ma'lumotlarga asoslangan ushbu tadqiqot natijalari qurilish sanoatida QIBTni qabul qilishni qo'llab-quvvatlash uchun qimmatli ilmiy dalillar beradi. Keyingi tadqiqotlar QIBTli betonning mahalliy ekologik sharoitlarda uzoq muddatli chidamliligiga va qayta ishlangan to'ldiruvchilar sifatini yaxshilashning tejamkor usullarini ishlab chiqishga qaratilishi kerak.

Minnatdorchilik: Mualliflik huquqiga ega bo'lgan maqolalardan foydalanganligimiz sababli maqola egalariga, shuningdek, ma'lumotlarni to'plash va tahlil qilishda yordam bergan shaxslarni e'tirof etamiz.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

O'zbekistondagi olimlar va professorlar:

1. **Said Shaumarov** Professor, "Yengil betonning g'ovakliligini aniqlash va boshqa qurilish materiallari bo'yicha tadqiqotlar"; Toshkent transport universiteti; ¹

¹ Maqola: <https://www.researchgate.net/profile/Said-Shaumarov-2>

2. **Tuygun Shakirov** Dotsent, “Yengil betonning fizik va kimyoviy tadqiqot usullari”, Toshkent Arxitektura va Qurilish universiteti;²
3. **Mirzaahmedov Abduhalim** Qurilish materiallari bo'yicha tadqiqotchi, “Polimer kompozit armaturalar va ularning O'zbekistondagi qurilish inshootlarida qo'llanilishi”, Farg'ona politexnika instituti;³
4. **Professor Poon**: “Qayta ishlangan beton to'ldiruvchilarni karbonizatsiya bilan ishlov berish va ularning xossalarini yaxshilash”⁴



² Maqola: <https://www.psychosocial.com/index.php/ijpr/article/view/5773>

³ Maqola: <https://www.theamericanjournals.com/index.php/tajet/article/view/2265>

⁴ Maqola: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44242-024-00047-5>