

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific Library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

16-iyun, 2025



engineer.tstu.uz

**“QURILISHDA YASHIL IQTISODIYOT, SUV VA ATROF-MUHITNI ASRASH
TENDENSIYALARI, EKOLOGIK MUAMMOLAR VA INNOVATSION
YECHIMLAR” MAVZUSIDAGI RESPUBLIKA MIQYOSIDAGI
ILMIY-AMALIY KONFERENSIYA
TASHKILIY QO‘MITASI**

1. Abdurahmonov O.K. – O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi ijtimoiy rivojlantirish departament rahbari, Toshkent davlat transport universiteti rektori
2. Gulamov A.A – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
3. Shaumarov S.S – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
4. Suvonqulov A.X. – O‘zsuvta’minoti AJ raisi
5. Xamzayev A.X. – O‘zbekiston ekologik partiyasi raisi
6. Maksumov N.E. – O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi sohasida nazorat qilish inspeksiyasi boshlig‘i o‘rinbosari
7. Baratov D.X. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
8. Turayev B. X – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
9. Norkulov S.T. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
10. Adilxodjayev A.E. – Universitetdagi istiqbolli va strategik vazifalarni amalga oshirish masalalari bo‘yicha rektor maslahatchisi
11. Negmatov S.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK ilmiy rahbari, O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Akademigi
12. Abed N.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK raisi
13. Merganov A.M – Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo‘limi boshlig‘i
14. Ibadullayev A. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası professori
15. Rizayev A. N. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası professori
16. Xalilova R.X. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası professori
17. Babayev A.R. – “Qurilish muhandisligi” fakulteti dekani
18. Boboxodjayev R.X – Tahririy nashriyot va poligrafiya bo‘limi boshlig‘i
19. Talipov M.M – Ilmiy nashrlar bilan ishlash bo‘limi boshlig‘i
20. Maxamadjonova Sh.I. - Matbuot xizmati kontent-menedjeri
21. Umarov U.V. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası mudiri
22. Eshmamatova D.B. – Oliy matematika kafedrası mudiri
23. Muxammadiyev N.R. – Bino va sanoat inshootlari qurilishi kafedrası mudiri
24. Tursunov N.Q. – Materialshunoslik va mashinasozlik kafedrası mudiri
25. Shermuxammedov U.Z. – Ko‘priklar va tonnellar kafedrası mudiri
26. Lesov Q.S. – Temir yo‘l muhandisligi kafedrası mudiri
27. Pirnazarov G‘.F. – Amaliy mexanika kafedrası mudiri
28. Teshabayeva E.U. – Tabiiy fanlar kafedrası professori
29. Chorshanbiyev Umar Ravshan o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası dotsent v.b.
30. Obidjonov Axror Jo‘raboy o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrası assistenti



Flexible concrete (ECC) and its potential for sustainable construction in Uzbekistan

N.R. Mukhammadiev ¹, M.Kh. Mukhammdrasulov ¹, D.M. Tursinaliyev

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Annotation: Engineered cementitious composites (ECC) are a class of high-performance fiber-reinforced materials designed to address the brittleness of conventional concrete. ECC has tensile strengthening properties that control micro-crack formation, making it an ideal material for building resilient infrastructure. This paper provides a brief overview of fiber-reinforced cementitious composites. It also evaluates the feasibility of implementing ECC in Uzbekistan in terms of local resource availability, construction sector needs, and environmental goals. The results of the study indicate that ECC has great potential to improve seismic performance and support the sustainable development of the country's construction industry.

Keywords: ECC, green building, plastic concrete, fiber reinforced composites, seismic resistance

Egiluvchan beton (ECC) va ularning O'zbekistonda barqaror qurilish uchun qo'llanish imkoniyatlari

Mukhammadiyev N.R.¹, Mukhammdrasulov M.X.¹, Tursinaliyev D.M.

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Muhandislik tsementli kompozitlar (ECC) — an'anaviy betonning mo'rtligini bartaraf etish uchun ishlab chiqilgan yuqori samarali tolali mustahkamlangan materiallar sinfidir. ECC kuchlanish paytida kuchlanishni qattiqlashtiruvchi xususiyatlarga ega bo'lib, mikro yoriqlarni boshqarishga imkon beradi, bu esa uni bardoshli infratuzilmani qurish uchun ideal materialga aylantiradi. Ushbu maqolada tola bilan mustahkamlangan tsement asosidagi kompozit materiallar haqida qisqacha ma'lumot berilgan. Shuningdek, u mahalliy resurslarning mavjudligi, qurilish sektori ehtiyojlari va ekologik maqsadlar nuqtai nazaridan O'zbekistonda ECCNI amalga oshirishning maqsadga muvofiqligini baholaydi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, ECC seysmik barqarorlikni oshirish va mamlakat qurilish sanoatida barqaror rivojlanishni qo'llab-quvvatlash uchun katta imkoniyatlarga ega.

Kalit so'zlar: ECC, barqaror qurilish, egiluvchan beton, tola bilan mustahkamlangan kompozitsiyalar, seysmik chidamlilik

1. Kirish

So'nggi yillarda qurilish sanoati barqaror materiallar va amaliyotlarga o'tish bo'yicha tobora kuchayib borayotgan bosimga duch kelmoqda. Ushbu ehtiyojlarni qondirish maqsadida ishlab chiqilgan innovatsion materiallar orasida muhandislik sement kompozitlari (ECC) o'zining ajoyib mexanik xossalari va mustahkamligi bilan katta e'tiborni tortmoqda. ECC, ko'pincha egiluvchan beton deb ataladi, an'anaviy betonning mo'rtligini bartaraf etish uchun ishlab chiqilgan bo'lib, yoriqlarga chidamlilik va cho'zilishga mustahkamlikni oshirish maqsadida ishlab chiqilgan.

Zilzilalarga moyil hududda joylashgan va tez urbanizatsiyalanayotgan mamlakatimiz O'zbekiston uchun uzoq muddatli va barqaror infratuzilma qurilishi katta muammolardan biri hisoblanadi. An'anaviy portland sementiga va oddiy beton materiallariga tayanish bu muammolarni, ayniqsa uzoq muddatli mustahkamlik va seysmik bardoshlilik nuqtai nazaridan, to'liq hal etolmaydi.

2. Usullar va materiallar

ECC — bu yuqori samarali tolali sement asosidagi kompozit materiallar sinfiga kiradi, u tortish kuchi ostida cho'zilishda mustahkamlik va mayda yoriqlarni nazorat

qilish xususiyatlari bilan ajralib turadi [3]. An'anaviy tolali betonlardan farqli ravishda, ECC 3–5% gacha tortilish deformatsiyasiga bardosh bera oladi va har birining kengligi 60 mikrondan kam bo'lgan ko'plab mikro yoriqlar hosil qiladi (rasm-1) [1].



1-rasm. Oddiy temirbeton va ECC da yuklama ta'sirida yoriqlar hosil bo'lishidagi farqlar

ECC texnologiyasi 1990-yillarning boshida Michigan Universitetida professor Viktor C. Li tomonidan ishlab chiqilgan. Uning dizayni matritsa va tolalar orasidagi muvozanatni ta'minlaydigan mikromexanik modellar asosida quriladi. ECCning noyob xatti-harakati, tarkibida ko'mir kuli, to'ldiruvchi va ayniqsa PVA (polivinil alcohol) tolalari mavjud bo'lgan maxsus ishlab chiqilgan matritsasi

tufayli yuzaga keladi.

An'anaviy betondan farqli o'laroq, ECC yorilishga qarshi mukammal nazorat, yuqori mustahkamlik va atrof-muhitning zararli ta'sirlariga qarshi chidamlilikka ega [2]. Bu xususiyatlar uni ayniqsa zilzilaviy hududlar, infratuzilma ta'miri va barqaror qurilishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Egiluvchan beton yirik to'ldiruvchilarni olib tashlab uning o'rniga ko'proq tola qo'shish orqali olinadi. Qorishma tarkibida chaqiq toshning chiqarib tashlanishi tolalarning bir tekis taqsimlanishi va yorilishga qarshi nazoratni kuchaytirish maqsadida amalga oshiriladi. Boshqacha qilib aytganda sement, tola, qum va suvdan iborat bo'lgan aralashmaga plastiklashtiruvchi xususiyat beradigan modda qo'shiladi. Bulardan bir nechtasi quyidagilardir.

Tola: Silikat, azbest, bazalt, polietilin, PVA, shisha yoki po'lat tolalar ishlatiladi. Bu tolalar betonning egiluvchanligini ta'minlaydi. Tollarning yana bir boshqa vazifasi betonning mustahkamligini oshirishidir.

Bog'lovchi: Ananaviy beton ishlab chiqarishda foydalaniladigan Portland sementdan foydalanish mumkin.

Agregatlar: mayda qumdan (0.063-0.2 mm) foydalanish egiluvchan beton ishlab chiqarish uchun ideal to'ldiruvchidir. Farqli materiallar masalan odatiy (normal) qum (0.2-0.63mm), shlak, kul ham foydalanish mumkin.

Plastifikatorlar: Egiluvchan betonlarni konstruksiyalarda qo'llash uni yanada ishlov berish oson bo'lishini talab qiladi. Ushbu bosqichda plastifikator ta'siriga ega bo'lgan lignin, naftalin, melamin formaldegid, sulfonat, polikarboksilat efir va lignosulfonatlar qo'llaniladi.

O'zbekistonda issiqlik elektr stansiyalaridan olinadigan ko'mir kuli mavjudligi bu resursdan ECC ishlab chiqarishda foydalanishni va chiqindilarni boshqarishni ta'minlaydi. ECCni aralashtirish jarayoni mikromexanik prinsiplar asosida amalga oshiriladi. Muhim parametrlarga matritsaning yorilishga chidamliligi, tolalarning uzunlik-diametr nisbati, tolalar hajmi (odatda 2% atrofida) va sirt bog'lanish xossalari kiradi [1]. ECCni tayyorlashda tolalarning to'planib qolmasligi va bir tekis tarqalishini ta'minlaydigan aniq aralashtirish texnikasi zarur. Garchi bu keng tarqalishiga to'sqinlik qilsa-da, ko'plab O'zbekiston qurilish kompaniyalarida zamonaviy aralashtirish uskunalarining mavjudligi bu yo'nalishda ijobiy imkoniyatlar yaratadi.

ECC ayniqsa tortish va egilish kuchlariga nisbatan a'lo darajadagi mexanik xossalarga ega. Uning egilishdagi mustahkamligi va mayda yoriqlarni ko'plab hosil qilish qobiliyati plastiklik va energiyani yutish salohiyatini oshiradi, bu esa zilzilaviy hududlardagi konstruksiyalar uchun juda muhim.

3. Natijalar

Mexanik xususiyatlari. ECCning siqilishdagi mustahkamligi odatda 30 dan 60 MPa gacha bo'lib, buni an'anaviy beton bilan solishtirish mumkin. Ammo uning asosiy ustunligi tortishdagi o'zini tutishidir — oddiy beton 0.01% cho'zish deformatsiyasida sinadi, ECC esa undan 300–500 baravar katta tortishlarga bardosh bera oladi (rasm-2) [4].



2-rasm. Namunalarni cho'zilishga sinash testi

An'anaviy betonlar deyarli egiluvchan emas, faqat 0,1% egilish qobiliyatiga ega bo'lib, juda mo'rt va qattiq hisoblanadi. ECC esa 3% dan ortiq cho'zilish qobiliyatiga ega bo'lib, mo'rt shisha emas, balki egiluvchan metall kabi harakat qiladi (rasm-3).



3-rasm. Namunalarni egilishga sinash(chapda oddiy beton, o'ngda ECC)

Yoriq bardoshlilik va sovuqqa chidamlilik. ECCning yoriqlar kengligi 60 mikrondan oshmaganligi zararli moddalar, masalan xlorid ionlari, karbonat angidrid va suvning kirib borishini sezilarli darajada kamaytiradi [2]. Natijada, ECC qurilmalari uzoq xizmat muddati, kamroq ta'mir xarajatlari va past hayotiy davr qiymatiga ega bo'ladi. O'zbekistonning quruq kontinental iqlimi, shu jumladan muzlash-va-erish sikllari va yuqori yozgi haroratlar sharoitida ECCning chidamliligi ayniqsa muhimdir. Laboratoriya sinovlari ECC 300 martadan ortiq muzlash-erish sikliga sezilarli yemirilishsiz bardosh berganligini ko'rsatmoqda [1].

O'zbekistonda joriy etish imkoniyati. ECC dunyoning ko'plab nuqtalarida infratuzilma loyihalarida muvaffaqiyatli qo'llanilgan. Masalan, Yaponiyadagi Mitaka ko'prigida ECC ko'priki usti plitalarida yoriqlarning oldini olish va mustahkamlikni oshirish uchun ishlatilgan. AQSHda esa ECC ko'priki ustunlarida, seysmik bardoshli balka va ustunlar bog'lanishlarida hamda yo'llarning ustki qatlamlarida ishlatilgan(rasm-4).



4-rasm. 2005-yilda AQSHning Michigan shtatining janubi-sharqida amalga oshirilgan ECC-betondan ko'priki qoplamasi loyihasi[5]

Yevropada, ayniqsa Italiya va Turkiyada ECC zilzilalarga bardoshli qurilishda potensial material sifatida o'rganilmoqda. ECCdan yupqa konstruktiv elementlarda va qayta mustahkamlashda foydalanish natijasida uning ishlash

samaradorligi va xizmat muddatini oshirish imkoniyati ko'rsatildi. Ushbu xalqaro tajribalar O'zbekiston uchun foydali saboqlar bo'lib, ECCni mahalliy infratuzilma, ayniqsa muhim va zilzilaviy hududlarda qo'llash imkoniyatlarini ko'rsatmoqda.

4. Muhokamalar

ECCning ustunliklariga qaramay, O'zbekistonda uni joriy etishda bir qator muammolar mavjud. Asosiy to'siqlardan biri ECCning an'anaviy betonga nisbatan yuqori boshlang'ich narxidir, bu esa PVA tolalari va maxsus aralashtirish usullarining narxi bilan bog'liq. O'zbekistonning uchuvchi kul va mayda qumlarga bo'lgan boy resursi ECCni mahalliy ishlab chiqarish uchun mustahkam asos yaratadi. Shuningdek, hukumatimizning infratuzilmani modernizatsiyalash va barqaror rivojlanishni targ'ib qilish siyosati ECCni joriy etish bilan uyg'unlashadi. Mahalliy manbalardan olinadigan tolalar va bog'lovchilardan foydalanib arzon ECC formulalarini ishlab chiqish bo'yicha akademik va sanoat hamkorliklarining imkoniyati mavjud. Shahar infratuzilmasi, ko'priklar qurilishi va zilzilaviy mustahkamlashda sinov-tajriba loyihalar ECCning amaliy foydasini namoyon etoladi.

5. Xulosalar

ECC barqaror va chidamli qurilishning kelajagi uchun o'zgaruvchan, innovatsion material sifatida e'tirof etiladi. Yuqori egiluvchanlik, yoriqlarga qarshilik va mustahkamlik kabi xususiyatlari bilan ECC O'zbekistonning seysmik va ekologik sharoitlariga juda mos keladi. Amalga oshirish imkoniyati bo'yicha tahlillar resurslarning mavjudligi va talabga mosligini tasdiqlaydi.

O'zbekistonda ECCni joriy qilish uchun quyidagi choralarni tavsiya etamiz:

Tadqiqot va ishlanmalar: Mahalliy materiallardan foydalanib ECC tarkibini ishlab chiqishga qaratilgan milliy tadqiqot dasturlarini yo'lga qo'yish.

Sinov-tajriba loyihalar: Universitetlar va qurilish firmalari bilan hamkorlikda namuna loyihalarni boshlash.

Ta'lim va o'qitish: ECC texnologiyasini fuqarolik muhandisligi o'quv dasturlariga kiritish va quruvchilar uchun maxsus o'quv kurslarini tashkil etish.

Foydalanilgan adabiyotlar / References

- [1] Li, V. C. (2003). On Engineered Cementitious Composites (ECC). *Journal of Advanced Concrete Technology*, 1(3), 215–230.
- [2] Lepech, M. D., & Li, V. C. (2009). Sustainable infrastructure: ECC for improved resilience. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 7(1), 21–30.
- [3] Zhang, J., & Li, V. C. (2002). Development of durable ECC for structural applications. *High Performance Fiber Reinforced Cement Composites Workshop*.
- [4] Yang, E. H., & Li, V. C. (2010). Strain-hardening fiber cement optimization and LCA. *Cement and Concrete Composites*, 32(9), 673–682.
- [5] Michael D. Lepech., Victor C. Li, "Application of ECC for bridge deck link slabs", *Materials and Structures*, DOI 10.1617/s11527-009-9544-5.

Mualiflar haqida ma'lumot/ Information about the authors

Mukhammadiev Ne'matjon	Toshkent davlat transport universiteti Bino va sanoat inshootlari qurilishi kafedrasini mudiri E-mail: nemat.9108@mail.ru https://orcid.org/0009-0004-2390-6961
Muxammadrasulov Xasanjon Muxammadrasulovich	Toshkent davlat transport universiteti 1-bosqich tayanch doktoranti. E-mail: xasanjonmuhammadrasulov@gmail.com https://orcid.org/0009-0008-2886-7024
D.M.Tursinaliyev	Toshkent davlat transport universiteti

V. Soy, J. Turgaev, N. Takhirzhanov <i>Strength investigation of modified vermiculite concrete.....</i>	142
N. Mukhammadiev, M. Mukhammadrasulov, D. Tursinaliev <i>Flexible concrete (ECC) and its potential for sustainable construction in Uzbekistan</i>	145
S. Komilov <i>The main factors in determining optimal operating modes when compacting road foot grills with vibrating catocs.....</i>	148
S. Komilov <i>Method of detecting interaction paramaters between the physical model valet and grunt.....</i>	151
A. Abdusattarov, N. Ruzieva <i>Methodological approaches to the implementation of the calculation of shell pipelines beyond the limits of elasticity under cyclic loading.....</i>	154
G. Khalfin <i>Current trends and innovative solutions in the construction sector.....</i>	161
U. Akishev, K. Lesov <i>Comprehensive assessment of the probability and severity of accidents at the mines of Donskoy gok using the Kinney method.....</i>	164
G. Khalfin <i>The introduction of the latest technologies and devices in the field of railway transport conditions.....</i>	168
A. Islomov <i>The maintenance of rails is a minor factor contributing to the extension of the service life of the railway track.....</i>	171
A. Islomov <i>Impact of high-speed trains on the service life of the rails.....</i>	174
A. Abdujabarov, M. Khamidov, M. Mekhmonov <i>Study and mitigation measures for the effects of stresses and vibrodynamic forces on rails resulting from the movement of freight train wheels.....</i>	177
I. Hikmatova, F. Zokirov <i>Determination of the displacements of the conjugated ends of the span structures of bridge structures and recommendations for selecting modern designs of deformation joints.....</i>	182