SANOAT CHIQINDILARIDAN BAZALT TOLALI KAM CHO‘KUVCHAN GAZOBETON XOSSALARINI O‘RGANISH

Bazarbaev Quralbay Oralbay ulı
Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti o‘qituvchi-stajyor
Tolegenov Batirbay Dauletiyarovich
Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti o‘qituvchi-stajyor

Annotatsiya: Tadqiqotning maqsadi tolali chiqindilarning avtoklavlanmagan gazobetonning qisqarish deformatsiyasini kamaytirishga ta’sirini o‘rganishdir. Avtoklavlanmagan qotishdagi gazobetonning fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilashga qaratilgan tadqiqot natijalari keltirilgan. 28 kunlik yoshdagi avtoklavlanmagan gazobeton namunalarining mikrostrukturasi va texnik xususiyatlari Yaponiya ishlab chiqaruvi bo‘lgan JEOL JSM 6490 qurilmasida tadqiq qilindi. Ishda B4 turdagi tajriba rejalashtirish matritsasi keltirilib, uning natijalari asosida suv-sement (S/S) nisbati va alyuminiy kukuni miqdoriga bog‘liq matematik modellar olingan. Tadqiqotda portlandsement, PBO (polimer bog‘lovchi o‘zgartiruvchi) va VBO (voloknist bog‘lovchi o‘zgartiruvchi) asosidagi 28 kunlik yoshdagi avtoklavlanmagan gazobeton namunalarining mikrostrukturasi o‘rganildi.

Sanoat chiqindilaridan foydalanilganda, avtoklavlanmagan qotishdagi gazobetonning fizik-mexanik xususiyatlari yaxshilanadi va qisqarish deformatsiyalari kamayadi. Olingan namunalarning elektron mikroskopik tahlili tolali chiqindilardan qisqarishni tartibga soluvchi modda sifatida foydalanish mumkinligini tasdiqladi. Aniqlanishicha, gazobeton tarkibiga tolali chiqindilar qo‘shilganda, zichligi 600 kg/m³ bo‘lgan material uchun 180 kunlikda qisqarish 31 % ga kamayadi.

Kalit so‘zlar: tolali chiqindilar, changsimon bazalt chiqindilari, avtoklavlan-magan gazobeton, qisqarish, mustahkamlik koeffitsienti, mikrostruktura, qisqarish.

Аннотация. Цель исследования – изучение влияния волокнистых отходов на уменьшение деформаций усадки неавтоклавного газобетона. Представлены результаты исследований, направленных на улучшение физико-механических свойств неавтоклавного газобетона. Микроструктура и технические характеристики образцов неавтоклавного газобетона возрастом 28 суток исследованы с использованием прибора JEOL JSM 6490 японского производства. В работе приведена матрица планирования экспериментов типа B4, на основе которой получены математические модели зависимости от водоцементного отношения (В/Ц) и количества алюминиевого порошка. В исследовании изучена микроструктура 28-дневных образцов неавтоклавного

ISSN 3030-3907

газобетона на основе портландцемента, ПСМ (полимерного связующего модификатора) и ВСМ (волокнистого связующего модификатора).

Установлено, что использование промышленных отходов способствует улучшению физико-механических свойств неавтоклавного газобетона и снижению деформаций усадки. Электронно-микроскопический анализ полученных образцов подтвердил возможность использования волокнистых отходов в качестве вещества, регулирующего усадку. Установлено, что при добавлении волокнистых отходов в состав газобетона усадка материала плотностью 600 кг/м³ за 180 суток уменьшается на 31%.

Ключевые слова: волокнистые отходы, порошкообразные базальтовые отходы, неавтоклавный газобетон, усадка, коэффициент прочности, микроструктура, деформация усадки.

Abstract. The aim of the research is to study the effect of fibrous waste on reducing shrinkage deformation in non-autoclaved aerated concrete. The paper presents the results of research aimed at improving the physical and mechanical properties of non-autoclaved aerated concrete. The microstructure and technical characteristics of 28-day-old non-autoclaved aerated concrete samples were examined using a JEOL JSM 6490 device made in Japan. A B4-type experimental design matrix is presented in the work, and mathematical models were obtained based on water-to-cement (W/C) ratio and aluminum powder content. The microstructure of 28-day-old non-autoclaved aerated concrete samples based on Portland cement, PBO (polymer binder modifier), and FBO (fibrous binder modifier) was studied.

The use of industrial waste improves the physical and mechanical properties of non-autoclaved aerated concrete and reduces shrinkage deformation. The electron microscopic analysis of the samples confirmed the possibility of using fibrous waste as a substance that regulates shrinkage. It was found that when fibrous waste is added to the composition of aerated concrete, shrinkage in 600 kg/m³ density material is reduced by 31% over 180 days.

Keywords: fibrous waste, powdered basalt waste, non-autoclaved aerated concrete, shrinkage, strength coefficient, microstructure, shrinkage deformation.

Kirish

Hozirgi vaqtda energiya resurslari narxining oshishi bilan yuqori issiqlik izolatsiya xususiyatlariga ega bo‘lgan mineral qurilish materiallariga barqaror qiziqish paydo bo‘ldi [1, 2]. G‘ovak betonning zichligi va g‘ovakligi uning ko‘plab fizik-mexanik xususiyatlarini belgilovchi eng muhim ko‘rsatkichlar hisoblanadi [3]. Ishda [4, 5] changsimon va tolali chiqindilardan foydalanilgan avtoklavlanmagan gazobetonning tajriba tarkibi ishlab chiqilgan. Ishlab chiqarish

ISSN 3030-3907

chiqindilari qo‘shilgan kompozitsion materiallarning mustahkamlik xususiyatlariga oid ma’lumotlar olingan [6].

Yangi yengil ko‘pikli beton tarkibida qisqa polimer tolalari yordamida ichki armatura mavjud [7]. Avtoklavlanmagan gazobetonning asosiy kamchiliklari uning past mustahkamligi va yoriqlarga chidamliligining yetishmasligidir [8]. Xom ashyo aralashmasining 1–3 % sement massasiga nisbatan dispers armatura bilan modifikatsiyalanishi yangi hosil bo‘layotgan tuzilmalarning morfologiyasini o‘zgartiradi [9]. Gazobetonning yoriqlarga chidamliligini oshirish uchun eng samarali dispers armatura usuli bazalt tolalaridan foydalanish bilan bog‘liq [10, 11]. Sinovlar natijasida tolalar bilan ishqorli faollashtirilgan matritsa o‘rtasidagi kimyoviy bog‘lanish PVA (polivinil spirt) tolalari bilan taqqoslaganda 87,6 % yuqori bosimga chidamlilikni ko‘rsatdi (PVA tolalari 1,2 % qoplamaga ega) [12]. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, bazalt tolasi qo‘shilganda mexanik xususiyatlar yaxshilanadi va qisqarish deformatsiyalari kamayadi [13]. Qurish jarayonida avtoklavlanmagan gazobetonning qisqarishi 2–3,5 mm/m gacha yetishi mumkin.

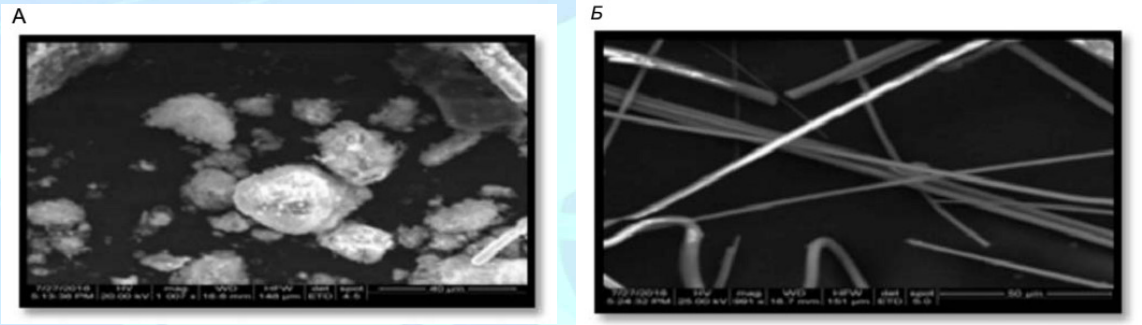
Qisqarish ko‘rsatkichlariga sezilarli darajada ta’sir qiluvchi omillardan biri bu g‘ovaklararo devor holatidir [14]. Dispers armatura (masalan, polipropilen tolalar kiritilishi) 28 kunlik yoshda qisqarishni 16–20,2 % ga kamaytiradi [15]. Bazalt tolali betonning mikrostrukturasi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, mustahkamlik oshishi mezoniga ko‘ra bazalt tolalarining optimal miqdori sement massasiga nisbatan 0,5 % ni tashkil etadi [16].

Avtoklavlanmagan gazobetonning qisqarish deformatsiyalarini kamaytirishda VBO (voloknist bazalt chiqindilari)ning ta’sirini o‘rganishdan iborat. Shu munosabat bilan avtoklavlanmagan qotishdagi betonning fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilashga qaratilgan tadqiqotlarni o‘tkazish dolzarb hisoblanadi.

Avtoklavlanmagan beton tayyorlash uchun asosiy komponentlar sifatida quyidagilar qo‘llanildi: portlandsement (markasi PC500D0), changsimon bazalt chiqindilari (PBO), VBO (yog‘in zichligi 190 kg/m³), alyuminiy kukuni (markasi PAP-2) hamda superplastifikator SP-1.

Changsimon bazalt chiqindilari mineral mikrotoluvchi modda sifatida qo‘llanildi. U 346 m²/kg maxsus sirtga, 2180 kg/m³ haqiqiy zichlikka va 680 kg/m³ yirik zichlikka ega bo‘lgan kukun shaklida taqdim etiladi. Namunalarning mikrostrukturasi (1-rasm) va ularning kimyoviy tarkibi Quanta 200 skanerlovchi elektron mikroskopi yordamida, element tahlili uchun mo‘ljallangan Apollo 40 qurilmasi bilan, energodispersiyali spektroskopiya (EDS) usuli orqali aniqlangan.

ISSN 3030-3907



1-rasm–Changsimon bazalt chiqindilarining (A) va tolali bazalt chiqindilarining (B) mikrostrukturasi

Sement va changsimon bazalt chiqindilarining granulometrik tarkibi MicroSizer 201 lazerli zarracha tahlil qiluvchi analizator yordamida aniqlandi.

Kompozitsiyalarning fizik-mexanik xususiyatlari **RUF GOST 18105-2010 "Betonlar. Mustahkamlikni nazorat qilish va baholash qoidalari"** standartiga muvofiq 70×70×70 mm, 40×40×160 mm va 100×100×100 mm o'lchamdagi namunalarda o'rganildi.

Avtoklavlanmagan qotgan betonning qisqarish deformatsiyalarini aniqlash uchun 40×40×160 mm o'lchamdagi prizmalardan foydalanishga ruxsat etiladi. Qisqarish va sudralish (polzuchest) deformatsiyalarini aniqlash uchun namunalar o'lchami beton aralashmasidagi eng yirik agregat zarrachalari hajmiga bog'liq holda **GOST 10180-78** talablariga muvofiq tanlanadi.

1-jadvalda keltirilganidek, changsimon bazalt chiqindilarining kimyoviy tarkibida asosiy oksid sifatida **SiO_2 (kremniy dioksidi)** mavjud bo'lib, uning massaviy ulushi **68,33 %** ni tashkil etadi.

1-jadval

Oksid	CO_2	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	SO_3	Cl_2O	K_2O	CaO	Fe_2O_3
Massaviy miqdori, %	4.62	3.83	8.83	2.87	68.33	1.08	1.38	1.65	3.81	3.59

2-jadvalda tolali chiqindilarning kimyoviy tarkibi keltirilgan. Asosiy oksidlar quyidagilar hisoblanadi:

- **SiO_2 (kremniy dioksidi) – 53,67 %,**
- **CaO (kalsiy oksidi) – 12,91 %,**
- **Al_2O_3 (alyuminiy oksidi) – 11,14 %,**
- **MgO (magneziy oksidi) – 9,06 %,**
- **Fe_2O_3 (temir(III) oksidi) – 7,87 %.**

ISSN 3030-3907

2-jadval

Tolali bazalt chiqindilarining kimyoviy tarkibi

Oksid	CO_2	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	SO_3	K_2O	CaO	Ti_2O	Fe_2O_3
Massaviy miqdori, %	1.45	1.58	9.06	11.14	53.67	0.65	0.57	12.91	1.10	7.87

Granulometrik tarkib

Changsimon bazalt chiqindilari (PBO) zarrachalari 0,4 dan 75 mikrometrgacha bo‘lgan o‘lchamdagi zarrachalardan iborat. Minerallar plyonkalarini qayta ishlash natijasida olingan tolali bazalt chiqindilari (VBO) gazobetonning dispers armatura komponenti sifatida qo‘llanildi. Bazalt chiqindilari 40–705 mikrometrgacha bo‘lgan qalinlikdagi tolalar, uzunligi esa 2–8 mm bo‘lgan tolalar shaklida mavjud.

Gazobeton aralashmasi tayyorlash usuli

Barcha komponentlar tadqiqot dasturiga muvofiq doza bo‘yicha olinadi. Agar testda xamirning yoyilishi diametri 28 sm dan kichik bo‘lsa, eritmaga qo‘shimcha suv qo‘shiladi va sinov takrorlanadi. Agar yoyilishi 28–30 sm oralig‘ida bo‘lsa, namunalar shakllantiriladi. Natija **4-jadval** (RS, sm) ga yoziladi. Aralashma 5 daqiqa davomida aralashtiriladi, so‘ngra quruq tayyor aralashma 50ºC ga qizdirilgan suvga solinadi va 150–180 ob/min tezlikda propellerli aralashtirgich yordamida 2 daqiqa davomida aralashtiriladi. Tayyorlangan gazobeton aralashmasi 10x10x10 sm o‘lchamdagi qoliplarga solinadi, avval 40–45ºC gacha qizdirilgan qoliplarga solinadi. Gazobeton aralashmasi qoliplarda 20 daqiqa davomida shishadi. Shundan so‘ng, 3 soat o‘tib, qolipdan ortiqcha qism (g‘orbushka) metall ip bilan kesiladi.

Gazobeton tarkibini optimallashtirish uchun B4 turidagi uch darajali to‘rt omilli tajriba o‘tkazildi. O‘zgartirish omillari sifatida **V/T (voda/cement)** nisbati va **alyuminiy kukuni miqdori** qabul qilindi. **3-jadvalda** tajriba rejasining B4 turidagi matritsasi keltirilgan bo‘lib, uning natijalari asosida **V/T nisbati va alyuminiy kukuni miqdori** o‘rtasidagi matematik bog‘lanishlar modelini aniqlash mumkin bo‘ldi.

3-jadval

Tajriba rejasini tuzish shartlari

Omillar		O‘zgarish darajasi			O‘zgarish oralig‘i
Tabiiy	Shifrlash	–1	0	+1	
ПБО/Ц	x_1	0.50	0.75	1.00	0.25

ISSN 3030-3907

NaOH	x_2	0	0	1.00	0.50
Al	x_3	550	600	650	50
B/T	x_4	0.62	0.64	0.66	0.02

7 kunlik gazbeton qorishmasidan tayyorlangan namunalarning matematik modeli quyidagi tenglamalar tizimi ko‘rinishida taqdim etilishi mumkin: siqilishdagi mustahkamlik chegarasi

$Y(R_{сж})=F(x_1x_2x_3x_4)=1.47557-0.4309*x_1+0.10842*x_2-0.0332*x_3-0.06116*x_4 + 0.11204\cdot x_1^2 - 0.018\cdot x_2^2 - 0.072963*x_3^2 - 0.012963*x_4^2$

Namlik

$Y(W,\%)=F(x_1x_2x_3x_4)=43.0514-0.45592*x_1-0.1446*x_2-0.05*x_3-0.09452*x_4-1.0654*x_1^2-0.2655*x_2^2-1.41545*x_3^2-0.61545*x_4^2$

o‘rtacha zichlik

$Y(\rho_{ср})=F(x_1x_2x_3x_4)=562.272-26.744*x_1-8.5624*x_2-19.238*x_3-14.1224*x_4+16.8034*x_1^2-5.6966*x_2^2-2.6966*x_3^2-2.3034*x_4^2+4.437*x_1*x_2+4.0625*x_2*x_4+2.9375*x_3*x_4.$

$F_p<F_{jadv}$ bo‘lganligi sababli, olingan regressiya tenglamalari adekvat deb hisoblanadi va ularni tadqiq qilinayotgan omillar o‘zgarish sohasi uchun matematik model deb qarash mumkin.

Mustahkamlik koeffitsiyenti siqilishga mustahkamlik chegarasining materialning o‘rtacha zichligi kvadratiga nisbatiga teng:

$$K_{PR} = \frac{R}{\rho^2}$$

Shundan kelib chiqib, gazobetonning o‘rtacha zichligini tartibga solishda alyuminiy kukuni miqdorini o‘zgartirish eng samarali usul hisoblanadi. Eng maqbul tarkib 4-raqamli tarkib bo‘lib, undan foydalanilganda mustahkamlik koeffitsienti eng yuqori qiymatga – 5,74 ga erishiladi. Optimal tarkib (eng yuqori bosimga chidamlilik chegarasi, eng kam sement sarfi va eng kichik betonning qisqarishi) PBO/SE = 1 nisbatida olingan (4-jadvalga qarang).

4-jadval

D600 markali gazobetonning 1 m³ uchun optimal tarkibi

Sement, kg	PBO, kg	Al kukuni, g	SP-1, kg	NaOH, kg	Suv, l
250	250	550	1.92	2.50	298

TBO ning maqbul miqdorini aniqlash uchun chiqindilar miqdorini 0 dan 6% gacha oraliqda o‘zgartirib, bir omilli tajriba o‘tkazildi. 5-jadvalda siqilishga bo‘lgan mustahkamlikning SBO miqdoriga bog‘liqligi ko‘rsatilgan.

ISSN 3030-3907

5-jadval

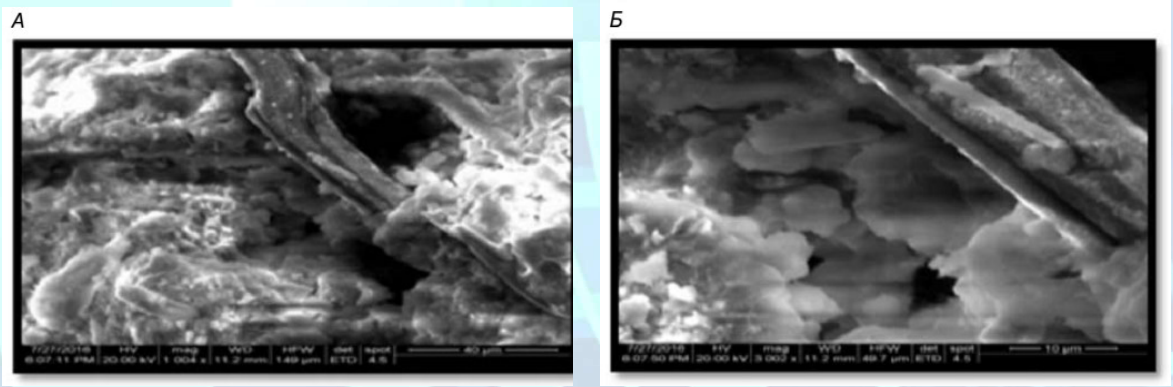
VBO dan foydalangan holda gazbetonning fizik-mexanik xususiyatlari

№	YAHM, %	Ko‘p-chish vaqti, daq	G‘adir-budur, mm	Namlik W, %	Siqilish-dagi mustah-kamlik R_{siq}, MPa, 7 sutka	Siqilish-dagi mustah-kamlik R_{siq}, MPa, 28 sutka	O‘rtacha zichlik, kg/m^3	Mustah-kamlik koeffi-tsiyenti K_p.
1	0	10	+15	38	1.31	1.71	490	7,064
2	2	12	+8	38	1,58	1,80	504	6,53
3	4	14	+8	39	1,68	1,86	515	6,54
4	6	16	-2	42	1,80	1,85	526	5,79

3-raqamli tarkib optimal hisoblanadi, chunki 4% YOMB ishlatilganda 6.54 MPa ga teng bo‘lgan eng yuqori mustahkamlik koeffitsiyentiga erishiladi.

Avtoklavda qotirilmagan portlandsement, PBO va VBO asosidagi gazobeton namunalarining 28 kunlik mikrostrukturasi o‘rganildi.

Uchinchi tarkibli avtoklav bo‘lmagan gazobeton birinchi tarkibga nisbatan zichroq tuzilishga ega ekanligi va yoriqlar hosil bo‘lishini ko‘rsatmasligi aniqlandi (2-rasm).



2-rasm–Gazobetonning uchinchi tarkibiga oid namunaning mikrotuzilishi: 500X (A); 3000X (B)

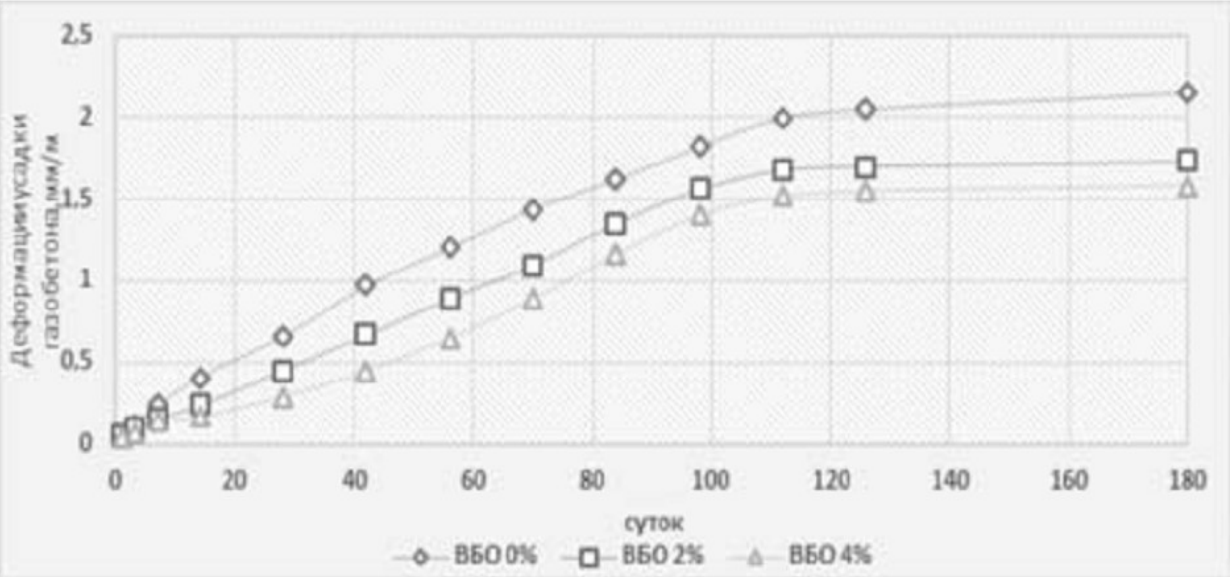
Avtoklavlanmagan gazobetonning qisqarishi gidratatsiya jarayonida bog‘lanmagan suvning yo‘qolishi natijasida yuz beradi, bunda BBO (bog‘lovchi bog‘lamalovchi oksidlar) bog‘lovchi komponent vazifasini bajaradi. Gazobetonning qisqarish deformatsiyasi Rossiya Federatsiyasi GOST 24544-81 talablariga muvofiq, 40x40x160 mm o‘lchamdagi avtoklavlanmagan gazobeton namunalarida o‘rganildi.

Sinov boshlanishidan oldin namunalar uch sutka davomida suvga solindi va gorizontal holatda saqlandi. Chiziqli deformatsiyalarni nazorat qilish uchun

ISSN 3030-3907

bo‘linish narxi 0,002 mm bo‘lgan soat tipidagi indikator qo‘llanildi. Sinov va namunalarni saqlash havo-nam sharoitida, harorat **t = (20±2)°C** va havoning nisbiy namligi **(60±5)%** da olib borildi. Aniqlanishicha, gazobeton tarkibiga tolali chiqindilar qo‘shilganda, 600 kg/m³ zichlikdagi material uchun 180 sutkada qisqarish 31% ga kamayadi.

Gazobeton qisqarishi bo‘yicha o‘lchov natijalari 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm – Gazobetonning qisqarish deformatsiyasining “sutkalar” bo‘yicha o‘zgarishi

Aniqlandiki, tarkibida 4% tolali bazalt chiqindilari mavjud bo‘lgan avtoklavlanmagan gazobetonning qisqarishi, bu dispers-armirovchi komponent bo‘lmagan 1-raqamli tarkibga nisbatan 30% ga kam.

Sement massasiga nisbatan 2% tolali chiqindilarni o‘z ichiga olgan 2-raqamli tarkibdan foydalanilganda esa, gazobetonning qisqarishi 21,73% ga kamayadi.

Shunday qilib, “РЦ500Д0 markali portlandsement, changsimon bazalt chiqindilari (PBO) va tolali chiqindilar (VBO) asosida avtoklavlanmagan qotuvchi gazobeton” mavzusidagi ilmiy-tadqiqot ishlari doirasida ishlab chiqilgan aralashma asosida avtoklavlanmagan gazobetonning optimal tarkiblari aniqlandi.

Olingan namunalar mikrotuzilmasining tadqiqoti shuni ko‘rsatadiki, tolali chiqindilardan foydalanish yoriq hosil bo‘lishini sezilarli darajada kamaytirishga yordam beradi.

Xulosa

Kam qisqaruvchi, avtoklavlanmagan gazobetonning fizik-mexanik xossalari yaxshilangan tarkiblari ishlab chiqildi. Sementning bir qismini changsimon bazalt chiqindilari bilan almashtirish va aralashmaga sement massasiga nisbatan 4%

ISSN 3030-3907

miqdorida tolali chiqindilar qo‘shish gazobetonning ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilashga xizmat qiladi.

Sanoat chiqindilaridan foydalanish natijasida avtoklavlanmagan gazobetonning fizik-mexanik ko‘rsatkichlari yaxshilanadi, shuningdek, qisqarish deformatsiyalari kamayadi.

Olingan namunalarning elektron mikroskopik tahlili shuni tasdiqladiki, tolali chiqindilarni qisqarishni boshqaruvchi komponent sifatida qo‘llash mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Сарайкина К.А., Голубев В.А. Повышение коррозионной стойкости базальтового волокна в цементных бетонах // Строительные материалы. 2016. № 1-2. С. 27-30.
2. Степанова В.Ф. Перспективы применения композитов в производстве бетони железобетона // Технологии бетонов. 2016. № 9-10 (110-111). С. 8-9.
3. Белов В.В., Али Р.А. Влияния волокнистых базальтовых отходов на характеристики неавтоклавного газобетона // Научное обозрение. 2016. № 15. С. 48-54.
4. Али Р.А., Белов В.В. Дисперсно-армированный газобетон с использованием базальтовых отходов // Цемент и его применение. 2016. № 3. С. 78-81.
5. Свинарев А.В., Глушков А.М., Куприна А.А. Технологический модель ТМ-25 для производства неавтоклавных фибропенобетонных изделий // Строительные материалы. 2014. № 6. С. 4-6.
6. Bonakdar A., Babbitt F., Mobasher B. Physical and mechanical characterization of Fiber-Reinforced Aerated Concrete (FRAC). Cement and Concrete Composites. Volume 38, April 2013. P. 82-91.
7. Кудяков А.И., Плевков В.С. Совершенствование технологии изготовления базальтофибробетона с повышенной однородностью // Строительные материалы. 2016. № 1-2. С. 76-79.
8. Езерский В.А. Улучшение свойств мелкозернистого бетона с помощью комплексных минеральных добавок // Строительные материалы. 2015. № 6. С. 4-6.

ISSN 3030-3907